



A manera de prólogo

Cuando hace algún tiempo leímos "*La radio?... Mais c'est tres simple!*" pudimos confirmar las informaciones coincidentes de que se trataba de un pequeño libro. Conocíamos la personalidad del autor, E. Aisberg, a través de su vasta obra publicitaria. Técnico distinguido, reúne a la vez la cualidad de buen escritor. Autor de varios libros sobre radioelectricidad, dirige la interesante revista francesa "*Toute la radio*" y, en el contacto con sus lectores, descubre sus gustos y necesidades y sabe traducirlos en lecciones simples y provechosas.

En el año 1926 publicó su primer libro "*J'ai compris la T. S. F.*", libro elemental que fue traducido a veinte idiomas, pero que "en la actualidad no está de acuerdo con el adelanto alcanzado por la técnica", según su propia confesión. Por eso y porque quiso aplicar la experiencia adquirida en largos años de enseñanza y de redacción escribió "*La radio? ... Mais c'est tres simple!*", libro original en su estructura, de apariencia modesta y de lectura fácil y amena. El texto, en forma de diálogo entretenido, pero ajustado a la verdad técnica, deleita enseñando y a menudo el "*esprit*" francés provoca la risa, por los ingeniosos recursos comparativos a que apela el autor y por las ilustraciones intencionadas que marginan cada página.

Cuando se inicia la lectura de "*¿LA RADIO? ... ¡PERO SI ES MUY FÁCIL!*" el interés se despierta en el lector, sea éste un neófito en radio, un afanoso radiómano o un profesional. El primero descubre un mundo nuevo que lo atrae de inmediato; el segundo encuentra el libro simple, sin fórmulas, — ¡esas obsesionantes fórmulas! — que te explica muchas incógnitas, y el tercero, conocedor de la técnica, comprueba con cierta admiración el esfuerzo realizado por el maestro a fin de descender hasta el alumno para iniciar con él la marcha ascendente y eliminarle todos los obstáculos. El éxito obtenido en Francia fue muy superior al que esperaban autor y editor, obligando a varias ediciones, acontecimiento excepcional en obras técnicas y en plazos breves.

Traducido al italiano, holandés y griego, tuvo también gran suceso en los respectivos países, y en la actualidad están tramitándose arreglos para traducirlo a otros idiomas.

LOS EDITORES

CURSO COMPLEMENTARIO DE RADIOELECTRICIDAD

Prólogo

Si bien existen en la actualidad gran número de obras llamadas "de divulgación" que tratan, sobre radioelectricidad, el libro de E. Aisberg "*¿La Radio?... ¡pero si es muy fácil!*" ocupa en este campo un lugar aparte. Desde su publicación, primeramente bajo la forma de una serie de artículos aparecidos en la revista "*Toute la Radio*" y luego bajo la forma de un volumen, ha sido acogido con entusiasmo, tanto por parte de los lectores como por la crítica especializada, que lo ha premiado con los mejores elogios.

Esta obra para la iniciación en la ciencia radioeléctrica, que por su forma y espíritu no se parece a ninguna otra, ha permitido a muchas decenas de miles de personas aprender la teoría fundamental de la radio. Ha producido frecuentemente verdaderos "milagros", haciendo retornar a la radio a muchos profanos que habían fracasado en sus estudios debido a dificultades que creían insalvables y que les ha hecho sortear fácilmente. Lejos de componerse solamente de principiantes, la legión de lectores de este libro comprende también una cantidad considerable de técnicos experimentados, muchas veces provistos de diplomas otorgados por escuelas importantes. Les ofrece la posibilidad de coordinar sus conocimientos y sus ideas haciéndoles ver el lado físico de los fenómenos analizados, es decir el aspecto de las cosas que desgraciadamente se dejan de lado con demasiada frecuencia en los métodos de enseñanza, en donde es reemplazado muchas veces por un exceso de matemáticas.

A pesar de su tamaño reducido, el libro de E. Aisberg contiene lo necesario para la comprensión suficiente del funcionamiento de los modernos aparatos de radio. Naturalmente que para alcanzar semejante condensación de una técnica tan compleja en una obra de 104 páginas, el autor ha debido eliminar todo lo que no era realmente esencial. De la misma manera, ha tenido que suprimir ciertos desarrollos que, sin ser indispensables, hubieran podido ser ciertamente de utilidad al lector. Esto ha motivado una gran cantidad de cartas por parte de los lectores,

que reclamaban imperiosamente un libro que fuera la continuación de "*¿La Radio? ... ¡pero si es muy fácil!*", es decir, algo así como un segundo ciclo del curso, que permitiera una asimilación más profunda de los conocimientos ya adquiridos, que los completara con aquello que el autor hubiera voluntariamente omitido y que tuviera agregado todo lo que el progreso de la técnica ha venido creando en los últimos años.

La radio, en rápido perfeccionamiento, ha recorrido en pocos años un camino que, si bien ha dejado en pie el valor íntegro de las nociones fundamentales, requiere igualmente la adquisición de ciertos conocimientos nuevos.

Atendiendo todas estas razones, el autor ha preparado un "*Curso Complementario*", destinado únicamente a los lectores de "*¿La Radio? ... ¡pero si es muy fácil!*" En calidad de tal ha sido incluido en las nuevas ediciones de la obra últimamente citada.

Este curso ha sido concebido con un doble objetivo:

1. Contribuir a una mejor asimilación de los conocimientos adquiridos. A este efecto, todos los cuestionarios tratados en la primera parte son nuevamente expuestos, ya sea como simples resúmenes, ya bajo una forma sensiblemente diferente; esto último, si bien sin alterar las conclusiones, por lo menos en lo que se refiere a la forma de encarar los temas. Presentadas así, con una nueva "iluminación", las nociones de radio adquieren un "relieve" que facilita notablemente la rápida comprensión.

2. Agrandar el círculo de conocimientos adquiridos mediante el estudio de un cierto número de nuevos temas, que no pudieron hallar lugar en "*¿La Radio? ... ¡pero si es muy fácil!*" y omitidos, ya sea por no encuadrar dentro de una obra realmente elemental, o por su carácter de novedad (por ejemplo, progresos realizados en los últimos años, o ideas relativamente viejas, pero que sólo adquieren importancia práctica en fecha relativamente reciente).

Dentro de este orden de ideas, se hallará aquí el estudio del montaje push-pull, de los diferentes regímenes de amplificación en BP, de los condensadores eléctricos, de la alimentación por el sistema "dos corrientes", del antifading

retardado, el monocomando en los superheterodinos, las antenas de cuadro, la realimentación negativa, etc...

De la misma manera, en ciertos casos se han introducido datos prácticos para fijar, el orden de magnitud de algunos elementos que intervienen en tal o cual montaje. Hasta, en algunas oportunidades, y sin recurrir a conocimientos matemáticos que sobrepasen los elementos primarios del álgebra, se dan unas pocas fórmulas para precisar ciertas relaciones -entre las magnitudes eléctricas y permitir así al lector realizar algunos cálculos sencillos.

Como consecuencia, lo concerniente a la realización de los aparatos ha sido tratado en una forma más concreta, lo cual no fue posible llevar a cabo en "*¿La Radio?... ¡pero si es muy fácil!*".

A fin de aprovechar al máximo este curso, será conveniente leer cada capítulo luego de haber releído la conversación correspondiente de la obra anterior. De esta manera, el lector logrará franquear, sin dificultades, el segundo grado de su estudio de la radioelectricidad.

Hagamos notar, para finalizar, que las indicaciones de figuras en cifras arábigas se refieren a las figuras de "*¿La Radio? ... ¡pero si es muy fácil!*", mientras las cifras romanas se refieren, en cambio, a las figuras de este mismo "*Curso Complementario*".

Los editores

¿A quién está dirigido este libro?

Tanto por su presentación como por su contenido, este libro no se parece a ningún otro.

Los dibujos marginales, debidos a la pluma festiva del talentoso dibujante Guilac, podrían hacer creer que se trata de un libro para niños. En realidad, "¿La Radio? ... ¡Pero si es muy fácil!" está dirigido a los principiantes y a los técnicos de toda edad.

Para el novicio trae una exposición fácil de las leyes fundamentales de la electricidad y radio, y la explicación sencilla del funcionamiento de los receptores. La lectura de este libro no requiere conocimientos preliminares de electricidad y física. Las nociones indispensables de esas ciencias figuran en las páginas del texto, cuando ellas son necesarias para la mejor comprensión de los problemas de la radio.

La lectura atenta de estas páginas permitirá al profano iniciarse, sin dificultad, en los pretendidos "misterios" de la radioelectricidad, técnica sugestiva y apasionante, cuyas aplicaciones aumentan día a día y nos liberan de la tiranía del tiempo y del espacio.

Si este libro es útil al principiante, no lo es menos al técnico que quiere poner orden en sus conocimientos. Por su rápido desarrollo, la radioelectricidad ha contribuido a esparcir ideas confusas y a veces falsas, que es necesario aclarar, ordenar y verificar, adoptando un sistema lógico. Por otra parte, los textos rigurosamente científicos y las casas de enseñanza dan de la mayor parte de los fenómenos de la radio una idea demasiado matemática y abstracta.

Es por eso que, con el objeto de "ordenar los conocimientos" en forma racional, el técnico leerá con provecho esta obra, cuyo autor se ha preocupado constantemente de proporcionarle una imagen física concreta de cada uno de los fenómenos estudiados.

Para vulgarizar no hay necesidad de ser vulgar. Para ser sencillo no son menester las explicaciones simplistas. Y para ser serio, no hay por qué ser enojoso.

El autor cree haber podido evitar esos tres escollos de la mala vulgarización. A través de sus explicaciones se ha basado, invariablemente, en las teorías

generalmente admitidas por la ciencia actual. Se ha negado enérgicamente a "simplificar" en detrimento de la verdad.

A fin de evitar cualquier postura académica, ha adoptado la forma de diálogo, que da vivacidad a la lectura y permite, además, al lector ponerse en guardia contra los falsos conocimientos, que el autor conoce perfectamente por su experiencia de varios años de enseñanza.

Sin pretender el título de "manual del constructor", este libro no es menos indispensable para aquellos que quieren emprender la construcción racionalmente técnica de un radioaparato. Dejando, deliberadamente, de lado toda técnica amanerada y vieja, el autor sólo se ha preocupado de suministrar al lector los conocimientos y principios más modernos, en lo que a la construcción de radioaparatos se refiere. De acuerdo con estos preceptos, sin dilatar exageradamente la obra y provocar el cansancio del lector, el autor ha adoptado un estilo de exposición que, siendo científico y ameno a la vez, no caiga en los dominios de la "literatura" superflua.

A pesar de su apariencia, este libro constituye una exposición condensada, que conviene leer atentamente, no pasando a la página siguiente mientras el contenido de la que la precede no haya sido perfectamente comprendido.

Si esta obra contribuye a fijar los conocimientos y a despertar el amor a la radio, el autor se sentirá feliz de haber aportado su modesta contribución a la difusión de esta maravillosa ciencia.

NOTA IMPORTANTE

Las ediciones precedentes de esta obra, que totalizaron 37.500 ejemplares, fueron publicadas sin modificaciones de consideración. Hubiéramos podido, naturalmente, proceder de la misma manera con esta nueva edición, ya que los recientes progresos de la radio no se refieren más que a cuestiones de detalle, sin contribuir con nuevos elementos a las nociones y teorías esenciales, que son el principal objeto de este libro.

No obstante, guiado por consideraciones de carácter didáctico, el autor ha juzgado útil hacer seguir las 20 conversaciones, que constituyen siempre la parte

fundamental de la obra, por comentarios reunidos al final del volumen. Estos comentarios persiguen un doble objetivo: profundizar ciertas explicaciones y completar la exposición de ciertos temas.

A fin de obtener el máximo provecho de estos comentarios, es necesario leer, después de cada conversación, el comentario correspondiente.

Igualmente puede adoptarse el método de leer primeramente todas las conversaciones, y luego recomenzar la lectura de cada conversación, haciéndolas seguir esta vez por el estudio del comentario correspondiente.

Cualquiera que sea el método adoptado, los comentarios permitirán al lector rever ciertos temas bajo un aspecto diferente, aprender detalles prácticos muy útiles y llegar así en su estudio de la radioelectricidad, más lejos y en forma más fácil.



LOS PERSONAJES

El primero es un joven inteligente y simpático, RADIOL, a quien hace tiempo, su tío, el ingeniero IGNOTUS, enseñó las nociones de radioelectricidad. El autor relató sus charlas en un libro que alcanzó lisonjero éxito (fue traducido a 20 idiomas); pero en la actualidad no está de acuerdo con el adelanto alcanzado por la técnica.

Hoy RADIOL tiene 23 años. No ha perdido su afición ni su entusiasmo juvenil. Es un técnico de radio experimentado, que sabe exponer con precisión y claridad los conocimientos de esta ciencia. Ya lo conoceremos.

¿CURIOSUS? ... Es la curiosidad hecha hombre. Completamente reñido con las matemáticas, sólo conoce las más elementales nociones de física.

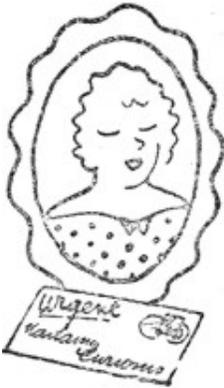
Lo persigue la duda. Constantemente le preocupa el deseo de aprender y le asalta el temor de no comprender nada. Pero, a pesar de sus 16 años, no es atrasado. Lo empezaremos a conocer desde la...PRIMERA CONVERSACIÓN



PRIMERA CONVERSACIÓN

En el curso de esta conversación se desarrollan las nociones fundamentales de electricidad. Respecto de la teoría electrónica, Radiol ha tenido el acierto de presentar sus exposiciones en forma tan clara, que seguramente facilitarán la comprensión de las conversaciones siguientes.

Curiosus navega en un medio desconocido



Radiol. — Tome asiento, Curiosus, y permítame que le explique el motivo de esta urgente cita... Usted puede serme útil... Creo que usted sabe que tengo una madrina, a quien estimo de veras. Ayer precisamente, la visité, y me pidió que le construyera un aparato de radio. Pero me toma eso muy ocupado, porque me hallo construyendo un bote. ¿Podría disponer de su ayuda para armar ese aparato?

Curiosus. — ¡Con mucho gusto!... Pero ¿qué puedo yo hacer si no entiendo un ápice de radio?

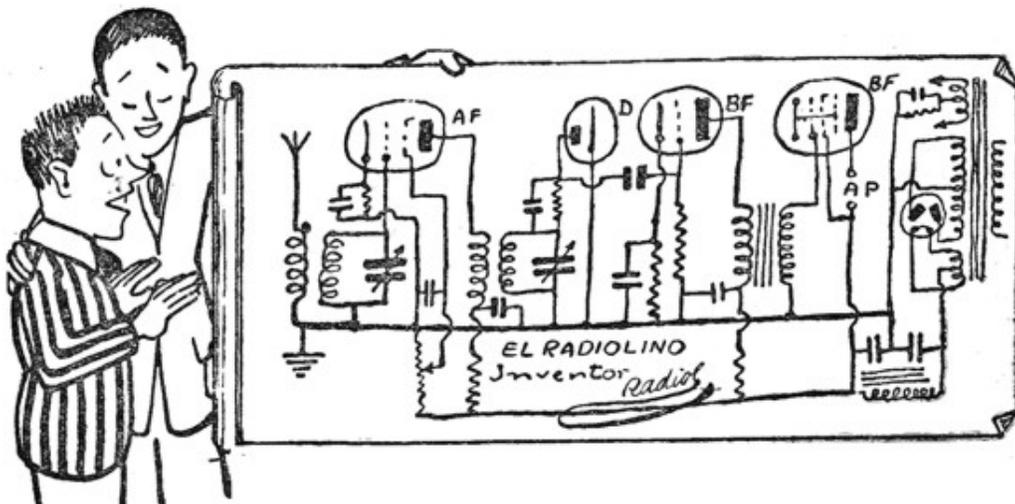


Figura 1.

Rad. — ¿La radio?... ¡Pero si es muy fácil! Voy a contarle en seguida sus secretos de la manera más sencilla y agradable. Aquí tiene usted el esquema (figura 1) que he preparado para el aparato de mi madrina.

Cur. — ¡Pero esto es terriblemente complicado!

Rad. — Aquí está la lámpara que acabo de comprar con el anticipo que ella me ha hecho. Después me irá entregando el resto de dinero, hasta completar el receptor.

Cur. — Me parece que esta lámpara no sirve para gran cosa. Está medio opaca y no ha de alumbrar muy bien.

Rad. — ¡Gran tonto! Esta lámpara no es de alumbrado. Es un triodo amplificador a calentamiento indirecto.

Cur. — Si usted va a emplear palabras insultantes para burlarse de mí me retiro inmediatamente...

Rad. — Voy a explicarle... Atienda... Esta es una lámpara para radio; una válvula. En su interior ocurren cosas interesantes. La corriente va de aquí del cátodo, que es negativo, al ánodo, que es positivo.

Cur. — ¡De peor en peor! ¿Conque la corriente va del negativo al positivo? Pues desde mi tierna infancia me enseñaron todo lo contrario. ¿Cómo quiere que lo entienda?



Radiol empieza por el principio

Rad. — Decididamente es necesario que le explique las primeras nociones de electricidad, ya que usted, según veo, sólo posee los conocimientos inexactos que 'le dieron sus libros de escuela. ¿Usted sabe, por, lo menos, qué es el átomo?

Cur. — Sí... Es la más pequeña parte en que ha podido dividirse la materia, y, por consiguiente, es indivisible.

Rad. — ¡Ya decía yo! Pues sepa usted que ésa es una vieja teoría pasada de moda; la que le enseñó, seguramente, su viejo profesor de física. Ha de saber usted ahora que el átomo no sólo no es indivisible, sino que se sabe que está constituido por una cierta cantidad de partículas...

Cur. — Siguiendo así, acaso esas partículas vuelven a dividirse en otras más pequeñas...



Rad. — ¡Tal cual! Eso es lo que se enseñará a nuestros niños... cuando los tengamos. En lo sucesivo se considerará, pues, que el átomo se compone de electrones y protones. Los primeros poseen una carga elemental positiva. Entre los electrones y los protones existe una fuerte atracción.



Cur. — Entonces se aglomerarán los unos sobre los otros...

Rad. — No, porque entre los mismos electrones, por una parte, y los protones entre sí, por otra, existe una fuerza de repulsión. De ello resulta que en el átomo, las fuerzas de atracción y repulsión se equilibran cuando los electrones gravitan (como los planetas alrededor del sol) en torno del núcleo central, constituido por protones y algunos electrones (figura 2).



Cur. — Entonces eso es un verdadero sistema solar en miniatura.

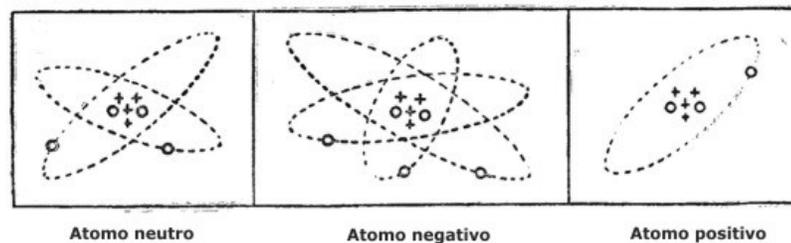
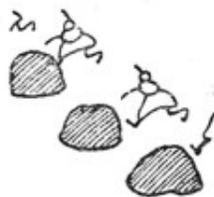


Figura 2. —Las cruces representan los protones; los círculos indican los electrones.



Rad. — Justamente. Recuerde ahora que cuando en un átomo hay tantos electrones como protones, el átomo es neutro; y cuando hay más electrones que protones, la carga negativa es superior a la positiva, y el átomo es entonces negativo; y, en fin, cuando...

Cur. —...hay menos electrones que protones, el átomo será positivo...

Rad. — ¡Perfectamente! Veo que me ha comprendido.

El buen sentido tiende al equilibrio

Cur. — Sin embargo, yo quisiera saber cómo el átomo puede convertirse en positivo o negativo.

Rad. — Va a saberlo. Los electrones que gravitan lejos del núcleo, sólo son atraídos débilmente. Si llegan a la zona de atracción de un átomo vecino, pobre en electrones, dejarán su propio átomo para restablecer el equilibrio del átomo vecino.

Cur. — Entonces hacen como los japoneses...

Rad. — No comprendo en qué los hijos del imperio del Sol Naciente...

Cur. — ¡Pero sí!... Estando el Japón superpoblado, sus habitantes emigran a otros países menos densos...

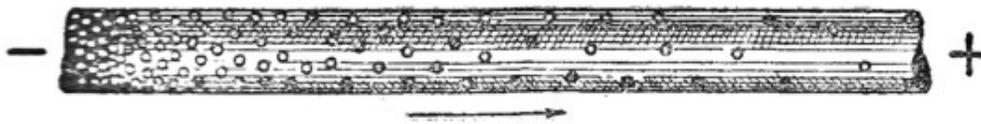


Figura 3. — La corriente eléctrica es una migración de electrones que tiende a restablecer el equilibrio en su reparto

Rad. — No está mal la analogía... Volviendo al tema, no olvide usted que los electrones muy numerosos de los átomos negativos, van al encuentro de los átomos menos poblados de electrones, o positivos. Así, si por un procedimiento en el extremo de un alambre los átomos negativos — cargados de electrones — y en el otro extremo, los positivos — carentes de ellos —, éstos saltarán de un átomo a otro y aun a través de todos los átomos intermediarios, hasta el momento en que el equilibrio haya sido restablecido. ¿En qué sentido irán los electrones?

Cur. — Muy sencillo: del extremo negativo al positivo.

Rad. — Bien. Esta migración de electrones, verdadera corriente electrónica, es lo que nosotros denominamos corriente eléctrica (figura 3).

Cur. — ¡Formidable! Entonces es verdad que la corriente va del negativo al positivo... ¡Y pensar que nuestro profesor nos había enseñado que...!

Rad. — Es que entonces, amigo Curiosus, se hablaba de un modo convencional. En aquella época se adoptó arbitrariamente un sentido para la corriente eléctrica, ya que se desconocía la teoría electrónica, cayendo en el error de considerar que la misma iba del positivo al negativo. A pesar de nuestros

adelantos, usted hallará todavía ese error en muchas obras publicadas hace pocos años. A no olvidar, entonces, que los electrones van del negativo al positivo, o del menos (—) al más (+), como se dice comúnmente.

6.000.000.000.000.000 de electrones

Cur. — Usted me habla siempre de un hilo metálico... Yo sé que la corriente va siempre por los metales, pero ¿por qué?

Rad. — La corriente puede atravesar, también, soluciones ácidas o alcalinas y, asimismo, el carbón. Todos esos cuerpos, en consecuencia, son conductores, sin ser metales. Sus átomos contienen muchísimos electrones que escapan fácilmente de la atracción del núcleo. Pero hay otros cuerpos cuyos electrones están demasiado ligados al núcleo para poder escapar del átomo. En estos cuerpos, que se denominan aislantes o dieléctricos, la corriente no puede circular. Entre los mejores aislantes que se conocen, puedo citar el cuarzo, la ebonita, el ámbar, la bakelita, el vidrio, la porcelana, la parafina, etc. Entre los aislantes y los conductores se hallan los semiconductores, tales como la madera húmeda, en la que el agua asegura la conductibilidad.

Cur. — ¿Cuál es el mejor aislante?

Rad. — El aire seco.

Cur. — ¿Y el mejor conductor?

Rad. — La plata. Pero como el cobre es casi tan buen conductor como ella y, además, cuesta menos, se lo prefiere.

Cur. — ¿Pero cómo se explica que la plata sea mejor conductora que el cobre?

Rad. — Porque, a idénticas secciones, un hilo de plata puede ser atravesado por una corriente de intensidad mayor que uno de cobre.

Cur. — ¿A qué llama usted "intensidad de corriente"?

Rad. — Al número de electrones que participe en el movimiento que conocemos por corriente eléctrica.



Cur. — ¿Entonces podemos hablar de una intensidad de 10 electrones o de 1.000 electrones?



Rad. — Podríamos, pero prácticamente medimos esa intensidad en amperes. Un ampere corresponde al paso de 6.000.000.000.000.000.000 (seis trillones) de electrones por segundo, en números redondos.

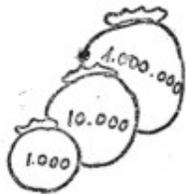
Cur. — ¡Gracias! ...

Rad. — Frecuentemente se emplean los submúltiplos del ampere: el miliampere (mA), que equivale a 1/1.000 de ampere; y el microampere (μ A), que es igual a 1/1.000.000 de ampere. Como usted ve, esto es muy sencillo.



Cur. — Para usted, pero no para mí; porque, dígame, ¿de qué depende, entonces, la intensidad de la corriente?

Rad. — De la tensión aplicada a los extremos del conductor y de su resistencia.



Los nombres cambian de significado

Cur. — Yo suponía que la "tensión" y "resistencia" tenían en electricidad algún significado especial... Es como el círculo...

Rad. — ¿Como el círculo?

Cur. — ¡Es claro! Mientras no me enseñaron geometría, sabía muy bien lo que era el círculo; pero después que me dijeron que es "el lugar geométrico en que todos los puntos de la periferia se hallan a igual distancia de otro dado", me hice un lío...



Rad. — Bueno, bueno... En electricidad, la resistencia es la propiedad que tiene un conductor de oponer... más o menos resistencia al paso de la corriente. La resistencia depende de la

naturaleza del conductor, es decir, del número de electrones que puede desprenderse fácilmente de sus átomos. La resistencia depende, también, de la longitud del conductor: cuanto más largo, mayor es la resistencia. Y, en fin, depende de la sección. Si ésta es grande, más electrones pueden pasar

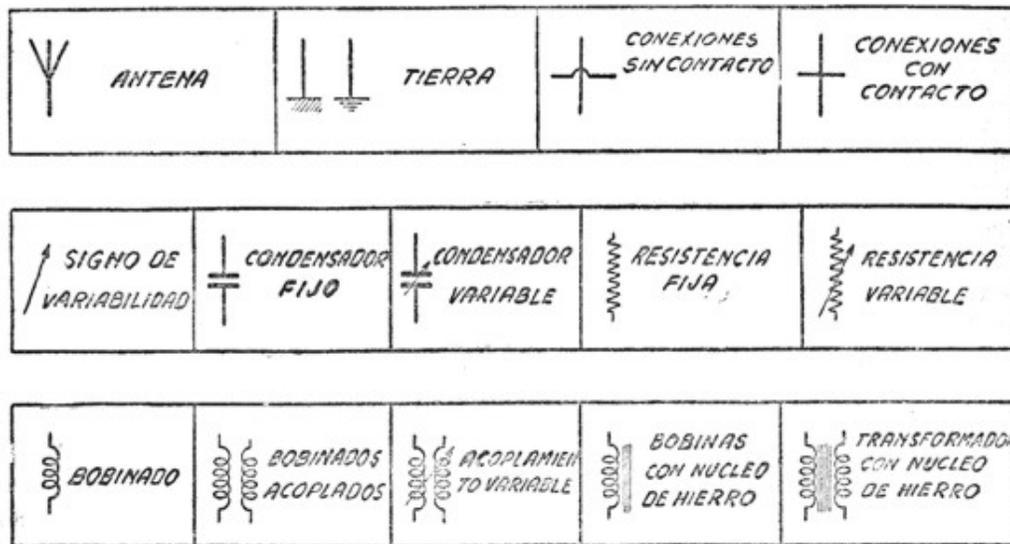
simultáneamente, y, por lo tanto, la resistencia será menor¹. La resistencia se mide en ohms (Ω), o en millones de ohms o megahms ($M\Omega$). Un ohm es, aproximadamente, la resistencia que opone un hilo de cobre de 62 metros de largo, cuya sección sea de 1 mm².

Consideraciones filosóficas sobre la relatividad

Cur. — Pero usted no me ha dicho todavía qué es la tensión.

Rad. — La tensión, por decirlo así, es la presión que ejerce sobre los electrones la diferencia de estado eléctrico en los extremos del conductor.

ALGUNOS SIMBOLOS UTILIZADOS EN LOS ESQUEMAS DE APARATOS DE RADIO



Cur. — Esto es terriblemente complicado y confuso...

¹ ¿Una fórmula? Hela aquí: la resistencia R (en ohms) depende de la longitud L (en centímetros) y de la sección S (en centímetros cuadrados), según la ley:

$$R = \rho \frac{L}{S}$$

En esta expresión, ρ es un coeficiente que denota la naturaleza del conductor, se denomina resistencia específica o resistividad.

Rad. — ¡Al contrario! Como le expresé antes, la proporción de electrones y protones es la que determina el estado eléctrico o el potencial de un átomo. Supóngase usted que tiene dos átomos y que al primero le faltan 3 electrones y al segundo 5...

Cur. — Los dos serán positivos y hasta me atrevería a decir que el segundo es más positivo que el primero.

Rad. — Y diría muy bien. Pero admitiendo, en principio, que los átomos son positivos, podemos decir, por comparación, que el primero es negativo con respecto al segundo.

Cur. — Eso será un ejemplo... Bueno, que en la vida todo es relativo...

Rad. — Sí, señor. Imagínese dos personas, de las cuales una de ellas posee 1.000 pesos y la otra un millón. La primera será evidentemente más pobre que la segunda pero aquélla será más rica que una tercera que tenga por toda fortuna 10.00 pesos de deuda. En el mundo de los átomos, el que tiene, por ejemplo, tres electrones de menos es negativo con respecto al que tiene diez electrones de menos, y positivo con respecto al que tiene dos electrones de más. Esos tres átomos tienen potenciales diferentes.

Cur. — ¿Y las diferencias de potencial se miden también por el número de electrones?

Rad. — Es lo que debía ser, pero prácticamente la diferencia de potencial o, lo que es lo mismo, la tensión, se mide en volts. El volt es la tensión que, aplicada a los extremos de un conductor de un ohm de resistencia, origina una corriente de la intensidad de un ampere.

Cur. — Entonces, si yo no he comprendido mal, la tensión vendría a ser algo así como la presión eléctrica que empuja los electrones de un extremo al otro del conductor, ¿eh?

Rad. — Exactamente. Y del mismo modo usted habrá comprendido que cuanto mayor es la tensión...

Cur. —... mayor es la intensidad de la corriente.

Rad. — Y que por el contrario, cuando la resistencia crece...

Cur. —... disminuye la intensidad de la corriente.



Rad. — Poco a poco venimos, de ese modo, a descubrir una ley fundamental de la electricidad: la ley de Ohm. Se dice, abreviando, que la intensidad es igual a la tensión dividida por la resistencia²

Cur. — Siento que empieza a formarse una verdadera ensalada en mi caja craneana... Electrones, protones, resistencia, ohms, tensión, volts, intensidad, amperes, ley de Ohm... ¡Todo esto es terriblemente complicado!...

Rad. — Un poco de paciencia y aguarde nuestra próxima conversación. Verá usted que todo es muy sencillo.

Comentarios a la primera conversación

Potencial. Conductores y aislantes.

En esta primera conversación, Radiol ha logrado exponer a Curiousus una cantidad de nociones indispensables sobre electricidad, las cuales: trataremos de resumir.

Los átomos de todos los cuerpos se componen de un cierto número de electrones y de protones. Los primeros representan cargas elementales de electricidad negativa; los protones son cargas elementales positivas. La relación entre el número de estas cargas determina el estado eléctrico, o potencial, del átomo. Este será neutro si contiene tantos electrones como protones. Será negativo si el número de electrones es superior al número de protones y positivo en el caso contrario.

Hay que tener en cuenta que en un átomo dado, el número de protones queda siempre constante; solamente ciertos electrones pueden pasar de un átomo al otro, librándose de la fuerza de atracción que existe entre los protones y los electrones. Y aun así, tales electrones "libres" existen solamente en ciertos cuerpos

² He aquí, para los matemáticos, la fórmula clásica de la ley de Ohm:

$$I = \frac{E}{R}$$

en donde: I es la intensidad de la corriente en amperes; E, la tensión en volts entre las extremidades del conductor, y R, la resistencia en ohms del conductor.

llamados conductores. Los cuerpos que no comprenden electrones libres pertenecen a la categoría de los aislantes

Corriente eléctrica.

Cuando entre los átomos de un conductor existe una diferencia de estado eléctrico, o diferencia de potencial, el equilibrio se restablece gracias al paso de los electrones excedentes en el extremo negativo (o polo negativo) hacia el extremo (o polo) positivo del conductor, donde faltan. Este paso de electrones del polo negativo hacia el polo positivo constituye la corriente eléctrica. Su sentido real es opuesto al sentido convencional (del positivo al negativo), arbitrariamente elegido en una época en que se ignoraba todavía la naturaleza íntima de la corriente.

Es conveniente recordar que el recorrido de los elementos a lo largo de un conductor tiene lugar con menos simplicidad de lo que dejan-suponer las explicaciones de Curiousus. No es el mismo electrón el que recorre el conductor de uno a otro extremo. La, mayoría de las veces no hace más que pasar de un átomo al átomo vecino de donde, a su vez, otro electrón salta al átomo siguiente y así sucesivamente. La velocidad individual del electrón es relativamente pequeña, pero el movimiento general se propaga con una velocidad constante cercana a los 300.000 kilómetros por segundo, que es la velocidad de la corriente eléctrica.

Si no hay nada que contribuya a mantener entre los extremos del conductor una diferencia de potencial (o tensión), una vez que el equilibrio eléctrico se haya restablecido cesará la circulación de corriente. Para que la corriente circule sin descanso, es necesario agregar constantemente electrones a los átomos del polo negativo y retirar átomos del polo positivo. Es éste el papel de toda fuente de electricidad que produce energía eléctrica, ya se trate de una pila eléctrica (en la cual la energía química se transforma en energía eléctrica), de una pila termoeléctrica (que transforma el calor en electricidad) o de una dínamo instalada en una central eléctrica y que transforma la energía mecánica de un motor en corriente eléctrica.

Volt, Ampère, Ohm.

La diferencia de potencial, o tensión, existente entre dos puntos de un conductor, se mide y expresa en volts.

El número de electrones que atraviesan la sección de un conductor en un segundo puede ser más o menos elevado.

Es justamente este número el que determina la intensidad de la corriente, la cual se expresa en amperes.

Según su longitud, su sección y la naturaleza misma del material, un conductor opone al pasaje de la corriente una resistencia más o menos elevada. La resistencia se mide en ohms.

Cuando más longitud posea un conductor, más elevada será su resistencia. Por el contrario, cuanto mayor sea su sección menor será su resistencia.

Ley de Ohm.

Aumentando la tensión aplicada a los extremos de un conductor dado, aumentamos en la misma proporción el número de electrones puestos en movimiento, es decir, la intensidad de la corriente. Así constatamos que la intensidad de la corriente es directamente proporcional a la tensión.

Aplicando la misma tensión a conductores de resistencia diferente, comprobamos que los conductores de mayor resistencia dejan pasar una corriente menor. De esto deducimos que la intensidad de la corriente es inversamente proporcional a la resistencia.

Las dos comprobaciones anteriores se hallan resumidas en la Ley de Ohm: la intensidad de la corriente es directamente proporcional a la tensión e inversamente proporcional a la resistencia.

Por lo tanto, cuando se conoce el valor de la tensión (en volts) aplicada a los extremos de un conductor de resistencia conocida (expresada en ohms), se puede calcular la intensidad de la corriente (en amperes) que recorre el conductor, dividiendo el primer valor (tensión) por el segundo (resistencia). Por lo tanto, aplicando 10 volts a un conductor de 5 ohms, tendremos una corriente de 2 amperes. De la misma manera, una tensión de 1 volt aplicada a un conductor de 1 ohm dará lugar a una corriente de 1 ampere.

Las tres expresiones de la Ley de Ohm.

En la fórmula de la Ley de Ohm

$$I = \frac{E}{R}$$

la tensión E figura como dividendo, la resistencia R como divisor y la intensidad I como cociente, y recordando que el dividendo es igual al producto del divisor por el cociente, podremos expresar la misma ley en una nueva forma:

$$E = I \times R$$

¿Qué quiere decir ésta? Que la tensión es igual al producto de la intensidad por la resistencia.

Por lo tanto, conociendo la intensidad de la corriente que atraviesa un conductor de resistencia dada podemos, multiplicando estos dos valores, determinar el valor de la tensión que provoca la corriente en cuestión.

Finalmente, partiendo de esta segunda expresión de la Ley de Ohm y recordando que el producto (E) dividido por uno de los multiplicadores (I) debe dar el otro (R), podemos escribir:

$$R = \frac{E}{I}$$

la cual constituye una tercera expresión de la Ley de Ohm. Vemos que la resistencia es igual a la tensión dividida por la intensidad.

Si conocemos el valor de la tensión existente entre los extremos de un conductor y la intensidad de corriente que la misma provoca, dividiendo el primer valor por el segundo obtendremos el valor de la resistencia del conductor.

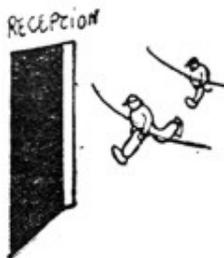
Es sobre esta ley que se hallan basados los "óhmetros", que son instrumentos que sirven para medir la resistencia de los conductores. Comprenden: una pila cuya tensión es conocida, y un amperímetro (instrumento que mide la intensidad de la

corriente). Hallándose aplicada la tensión de la pila al conductor a medir, el amperímetro indica la intensidad de la corriente que se establece. Será suficiente, entonces, dividir la tensión conocida de la pila por la intensidad indicada por el amperímetro, para hallar el valor de la resistencia medida.

SEGUNDA CONVERSACIÓN

Curiosus ignora cuanto se refiere a corriente alternada, frecuencia, período. Desconoce, asimismo, el electromagnetismo. Pero después de esta conversación sabrá perfectamente qué es longitud de onda, qué es un electroimán, un campo magnético... Podrá explicar también los fenómenos de inducción... A pesar de sus escasos conocimientos, hallamos en Curiosus un muchacho dócil...

Algunas idas y venidas



Curiosus. — La última vez me habló usted de electrones, protones y de la corriente eléctrica. Está muy bien eso, ¿pero cuándo me va a hablar de la radio?

Radiol. — ¡Pero, amigo mío, en la radio no se habla sino de corriente eléctrica!... Ante todo debe usted conocer las leyes elementales que la rigen.



Cur. — Y yo que creía que la radio era cuestión de ondas...

Rad. — Ciertamente, las ondas juegan ahí un papel importantísimo. Son ellas las que establecen a distancia la unión entre las antenas transmisoras y receptoras. Pero esas ondas son engendradas por corriente alternada de alta frecuencia, que, recorriendo la antena de la estación emisora, provocan en los aparatos receptores una corriente análoga, aunque menos intensa, después de ser recogidas por la antena.



Cur. — ¡Vamos bien! Usted me habla de "corriente alternada de alta frecuencia", sin explicarme el significado de esos términos...

Rad. — Ya ve, entonces, que es necesario aprender los secretos de la electricidad antes de profundizar en la radio... Hasta ahora sólo habíamos hablado superficialmente de la corriente continua, es decir de la corriente que va siempre en el mismo sentido y conserva una intensidad constante.

Cur. — Será como el agua que mana de una canilla.

Rad. — Si usted quiere... Supóngase una máquina eléctrica (alternador) u otro dispositivo que haga cambiar periódicamente la polaridad en las extremidades de un conductor. De este modo, cada una de ellas vuélvese a intervalos positiva, su potencial disminuye, pasa luego por cero y se hace más y más negativo: después de alcanzar el máximo (llámele amplitud), disminuye, vuelve a pasar por cero, tórnase positivo, aumenta... y todo vuelve a empezar (figura 4).



Cur. — Eso se parece, entonces, a un columpio, que sube, luego desciende, pasa por la posición más baja, luego se remonta por el otro lado, etc.

Rad. — La comparación es acertada. Usted ha comprendido, pues, que la corriente que se origina en el conductor con tal tensión, llamada alternada, será también alternativa, es decir, cambiará periódicamente de sentido, y su intensidad variará proporcionalmente con los cambios de tensión.

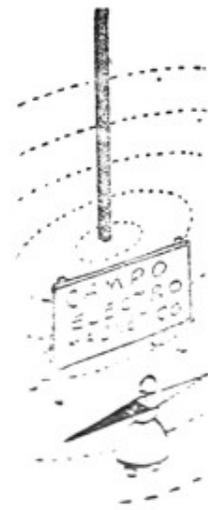


Cur. — Creo comprender. En este caso de la corriente alternada, los electrones vendrían a efectuar incesantes viajes de ida y vuelta...

Rad. —Eso es. Y el tiempo que dura el viaje de ida y vuelta se llama período.

Cur. — ¿Y dura mucho un período?

Rad. — Hay corrientes en que el período dura 0.06 de segundo, y también las hay, que dura sólo 0.000.000.000.3 de segundo. Ello depende de la frecuencia.



Cur. — ¿Y qué es la frecuencia?

Rad. — Se llama frecuencia al número de períodos por segundo. De modo que si el período dura $1/50$ de segundo, significa que hay 50 en un segundo, y entonces decimos que la frecuencia es igual a 50 períodos por segundo.

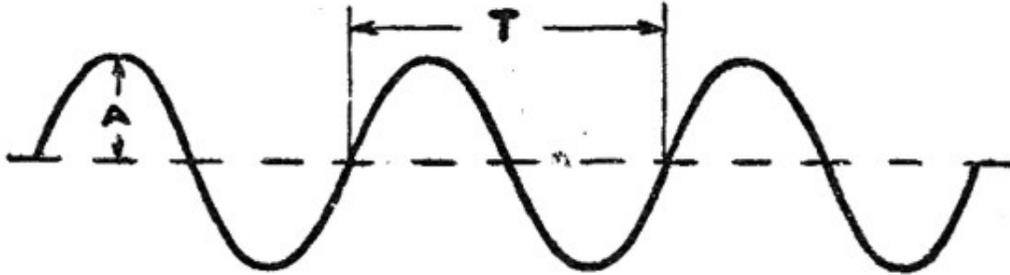


Figura 4. — Curva representativa de la corriente alternada: A, amplitud; T, período.

En el dominio de las ondas

Cur. — Ahora empiezo a comprender lo que usted decía hace poco acerca de la corriente alternada de alta frecuencia.

Rad. — Reciben este nombre las corrientes cuya frecuencia es superior a los 10.000 períodos por segundo. Tales corrientes, cuando circulan por un conductor vertical, engendran ondas electromagnéticas que, desprendiéndose del conductor, se propagan a manera de anillos, cuyo radio crece con la rapidez de 300.000 kilómetros por segundo (figura 5).

Cur. — Pero ésa es la velocidad de la luz.

Rad. — En efecto. Y ello se debe a que la luz está constituida, también, por ondas electromagnéticas, pero de más corta longitud que las ondas radioeléctricas.

Cur. — ¿Y a qué llama usted longitud de onda?

Rad. — Es la distancia que media entre dos anillos electromagnéticos que se desprenden sucesivamente de la antena (conductor vertical). A cada período de la corriente de alta frecuencia se desprende un anillo. Así, en el momento en que el segundo anillo abandona la antena, el primero ha recorrido ya una cierta distancia, que es, precisamente, la que llamamos longitud de onda, y que es igual a...

Cur. — ...la velocidad multiplicada por la duración, según creo... En este caso la velocidad es 300.000 kilómetros por segundo y la duración entre dos ondas

sucesivas es el período de la corriente. Entonces la longitud de onda es igual a la velocidad de propagación multiplicada por el período...

Rad. — ¡Mis felicitaciones! Se puede decir también que la longitud de onda es igual a la distancia recorrida en un segundo, dividida por el número de ondas emitidas en ese tiempo, es decir, la frecuencia³.

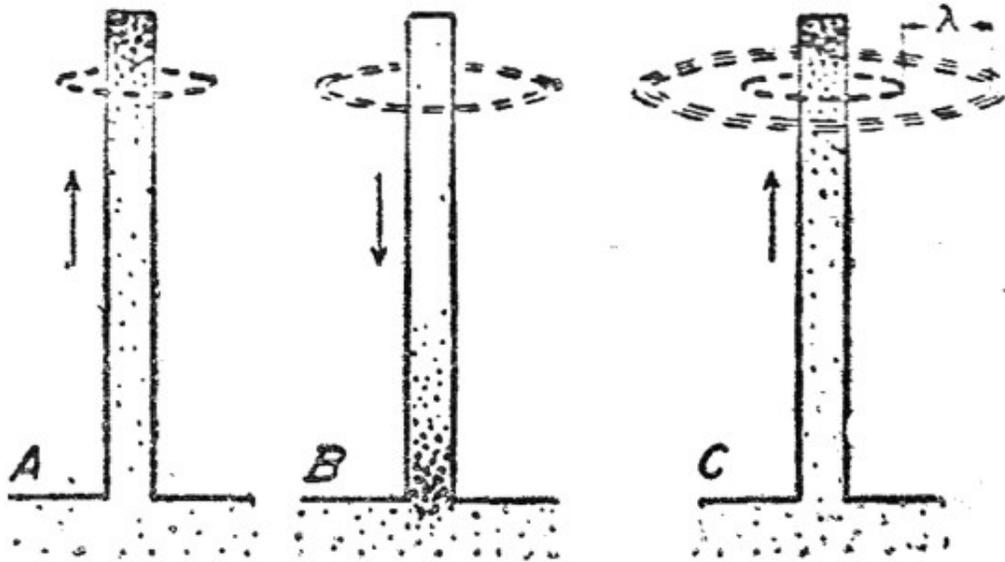


Figura 5. — Movimiento de los electrones en la antena y formación de las ondas.

Cur. — Eso se parece a los dos galopines que veo correr todo el día por la calle.

Rad. — No comprendo...

Cur. — Va a ver. Uno es alto, con largas piernas, y el otro chico. Como ambos corren prendidos de la mano, van a la misma velocidad. El mayor corre a grandes zancadas, pero con ritmo más suave que el otro, que trota a su lado. Esto vendría a probar que cuanto mayor es la longitud de onda (longitud de un paso, menor es la frecuencia (número de pasos por segundo}), y viceversa.

Rad. — Está bien la comparación.

Se trata de cosas invisibles

³ He aquí unas fórmulas... para los que gustan de ellas:

Designando a T el período, F, la frecuencia y l, la longitud de onda, podemos las relaciones siguientes:

$T = 1/F$; $F = 1/T$; $l = 300.000$; $T = 300.000/F$

Cur. — Sin embargo, hay algo que no comprendo bien. ¿Qué son, en realidad, esos anillos que usted llama ondas electromagnéticas?

Rad. — Para hablarle con sinceridad, yo no lo sé exactamente y creo que los mismos sabios no están de acuerdo al respecto. Sólo puedo decirle que se forma alrededor de un conductor recorrido por una corriente eléctrica un campo electromagnético, es decir, un conjunto de fuerzas eléctricas (atracciones y repulsiones de electrones y protones, sobre lo que me he referido antes) y también un conjunto de fuerzas magnéticas. Usted puede descubrir ese fenómeno aproximando a un conductor una brújula. Verá que la aguja se orienta perpendicularmente al conductor (figura 6).

Cur. — Entonces es un campo análogo al que engendra un imán.

Rad. — Sí, pero con la diferencia de que al acercar una brújula a un imán, la aguja va en dirección a él.

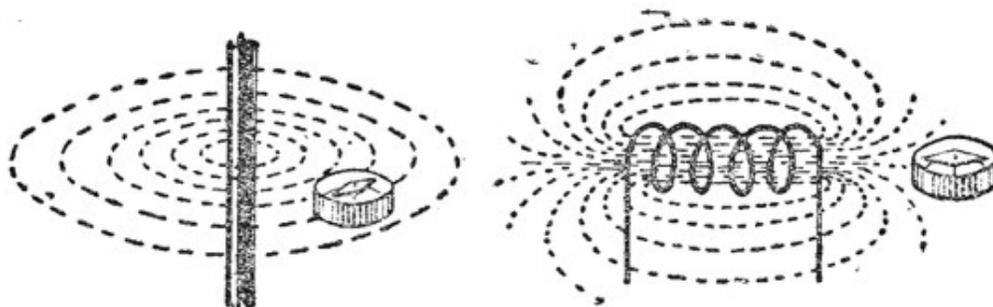


Figura 6. — Campo magnético de un conductor rectilíneo y de un bobinado.

Cur. — ¿Y podríamos servirnos de un conductor recorrido por una corriente como si fuera un imán?

Rad. — Desde luego; pero la fuerza magnética es en este caso muy débil. Para reforzarla hay que disponer numerosos conductores que sigan una misma dirección, de modo que sus campos magnéticos se refuercen mutuamente.

Cur. — ¿Y cómo se hace eso?

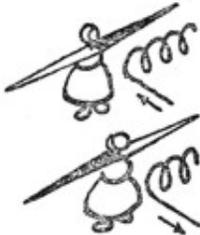
Rad. — Prácticamente basta enrollar un hilo en espiral. Obtenemos así un electroimán, que puede llegar a ser más poderoso que un imán natural. Esa bobina

puede armarse también sobre un núcleo de hierro o acero, con lo que se obtendrá un campo magnético más intenso aún.

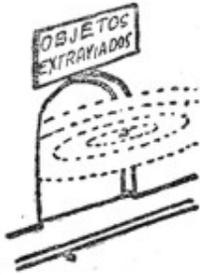
Cur. — ¿Y la polaridad de ese imán depende del sentido de la corriente?



Rad. — Sí. De modo que si para una corriente dada, un polo del electroimán atrae el polo norte de la aguja, al invertir el sentido de la corriente, ese mismo polo atraerá entonces el sur; porque el campo magnético tiene un sentido que depende de la dirección de la corriente que lo crea. Y cada variación del sentido o de la intensidad de la misma se traduce en una variación del campo magnético.



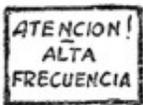
Cur. — Entonces, si yo no he comprendido mal, las ondas electromagnéticas no serían otra cosa que campos que abandonan las corrientes que los crearon y se van a pasear por el espacio a la respetable velocidad de 300.000 kilómetros por segundo. ¿Pero cómo se reciben?



Fenómenos reversibles

Rad. — Existe en la naturaleza un gran número de fenómenos llamados "reversibles". La formación de un campo magnético originado por una corriente es uno de ellos. De modo que si la corriente crea un campo magnético, éste, o con más exactitud sus variaciones, originan una corriente en un conductor.

Cur. — ¿De modo, entonces, que cualquier conductor expuesto al paso de las ondas electromagnéticas es influenciado por éstas?



Rad. — Evidentemente. Así en este soporte metálico que contiene mi brocha y jabón hay en este momento cierta corriente de alta frecuencia producida por todas las emisoras que ahora están en funcionamiento.

Cur. — ¿Y cuando se afeita no tiene miedo de electrocutarse?

Rad. — No, porque esas corrientes son sumamente débiles, dada la gran distancia que nos separa de las diversas estaciones, cuyas ondas llegan aquí con un campo muy débil.

Cur. — Perdóneme usted, pero todo esto me parece terriblemente complicado.

Rad. — Para demostrarle cuán sencillo es, voy a realizar en su presencia un experimento clásico. Aquí hay dos bobinas en un tubo, que compré para el aparato de mi madrina; la pila de mi linterna de bolsillo y un miliamperímetro.

Cur. — ¿Qué es eso?

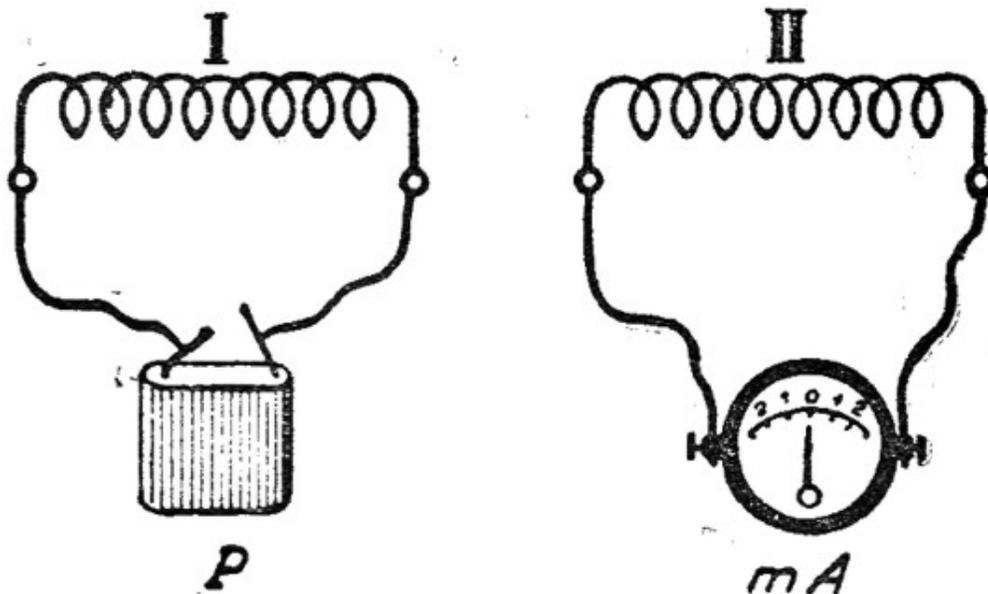


Figura 7. — Los bobinados I y II están acoplados por inducción, P, pila; mA, miliamperímetro.

Rad. -- Hubiera podido adivinarlo. Es un instrumento para medir la intensidad de la corriente. Conecto la pila a la primera bobina y el miliamperímetro a la otra (figura 7) y acoplo las dos bobinas.

Cur. — Pero no se pueden juntar, ¿no ve que están separadas?

Rad. — Usted se confunde. Se trata aquí de un acoplamiento electromagnético: la segunda bobina se halla en el campo de la primera. Y, además, usted verá eso en seguida.

Deducciones por inducción

Cur. — Sin embargo, yo persisto en creer que está usted en un error, pues si la segunda bobina se halla en el campo de la primera, debía igualmente formarse en ella una corriente, de acuerdo con lo que me ha expresado repetidamente a propósito de la producción de una corriente por un campo. Y en este caso su miliamperímetro está a cero.

Rad. — Pero recuerde que le he dicho que la corriente sólo se origina* debido a variaciones del campo magnético. En este caso la primera bobina está recorrida por una corriente continua, por cuya razón el campo es constante y no hay motivo para que aparezca una corriente en la segunda bobina. Ahora, atención: desconecto la pila en la primera bobina.

Cur. — ¡Formidable! La aguja del miliamperímetro se ha movido hacia la derecha, acusando una corriente de corta duración.

Rad. — Esa corriente se debe a que el campo magnético acaba de desaparecer, lo que equivale a una variación. Ahora conecto de nuevo la pila

Cur. — La aguja se ha movido, pero hacia la izquierda.

Rad. — Es porque se ha restituido el campo, lo que equivale a variaciones en el sentido contrario. Ahora bien, si en lugar de conectar y desconectar la pila hago pasar por la bobina una corriente alternada...

Cur. —...el campo variará constantemente, y en la segunda bobina aparecerá también una corriente alternada.

Rad. — Conviene que sepa ahora que la corriente originada por un campo magnético se denomina inductora, y la que es producida por aquél la llamamos inducida. El fenómeno de producción a distancia de una corriente por otra recibe el nombre de inducción electromagnética.

Cur. — En resumen, la primera bobina es usted, la segunda soy yo. La corriente de sus pensamientos, por intermedio del campo sonoro de sus palabras,



induce una corriente de pensamientos iguales en mí. ¿No nos hemos, pues, inducido?

Rad. — Sus deducciones son acertadas.

Comentarios a la segunda conversación

Corriente alterna.

Habiendo logrado Curiosus en la primera conversación exponer las propiedades fundamentales de la corriente continua, vale decir de una corriente producida por una tensión de valor y polaridad constantes, aborda con todo entusiasmo, en la segunda conversación, el estudio de la corriente alterna.

La corriente alterna es producida por una tensión alterna; se llama así a una tensión variable de tal naturaleza que cada extremo de un conductor se halla, en relación con el otro, a potenciales alternativamente positivos y negativos, pasando por todos los potenciales intermedios (y comprendido el potencial cero). Resulta de esto una corriente que cambia constantemente de sentido: en un sentido aumenta, alcanza un valor máximo (llamado amplitud), disminuye, durante un instante se anula, luego aumenta (pero esta vez en sentido opuesto) alcanza el mismo valor máximo, disminuye en seguida, pasa por cero y comienza un nuevo ciclo de sus variaciones.

El tiempo durante el cual se realiza un tal ciclo (que comprende una ida y vuelta de la corriente) se llama período de la corriente alterna. El número de períodos que completa la corriente en un segundo recibe el nombre de frecuencia de la corriente. Es fácil de comprender que cuanto más corto es el período, mayor número de ellos habrá en un segundo y, por lo tanto, tanto más elevada será la frecuencia. Es la corriente alterna la que más se utiliza en la mayor parte de las redes de distribución de electricidad actuales en las ciudades y campaña. Es producida por máquinas llamadas "alternadores". La frecuencia usual en Europa es de 50 períodos por segundo y en Estados Unidos de Norteamérica de 60 períodos por segundo⁴.

⁴ También aquí, en la República Argentina, la frecuencia usual es de 50 períodos por segundo, aunque hay algunos casos de 25 períodos (N. del T.).

Ondas electromagnéticas.

Las recién mencionadas son frecuencias "industriales", las cuales, para un radiotécnico, son muy "bajas". En efecto, para generar en radio las ondas que sirven para la transmisión, se utiliza corriente de alta frecuencia, que tiene por lo menos 10.000 períodos por segundo, vale decir un período igual o inferior a los 0,0001 de segundo. Cada período de una tal corriente lanzado en un hilo vertical (antena de emisión), da lugar a una onda electromagnética que se propaga en el espacio en la forma de un anillo que se va agrandando constantemente alrededor de la antenna. Este agrandamiento se realiza a una velocidad prodigiosa, que aleja la onda de la antenna a razón de 300.000.000 de metros por segundo, velocidad igual a la de propagación de la luz. Este hecho no tiene nada de asombroso, desde que las ondas de radio y las ondas luminosas son de la misma naturaleza; en ambos casos se trata de ondas electromagnéticas. Sólo se diferencian por su frecuencia, la cual, para las ondas luminosas, es mucho más elevada aún.

La distancia entre dos ondas emitidas sucesivamente por una antenna se denomina longitud de onda. Cuanto más corto es el período (o cuanto más elevada es la frecuencia), tanto más pequeña será esta distancia, sucediéndose las ondas a intervalos más cortos. Se distinguen en radio varias categorías o "gamas" de onda, fijadas de una manera algo arbitraria:

- Las ondas largas: longitud de onda mayor de 600 metros.
- Las ondas medias: entre los 200 y 600 metros.
- Las ondas cortas: de 10 a 200 metros.
- Las ondas ultra cortas: de 1 a 10 metros.
- Las ondas decimétricas: de 10 centímetros a 1 metro.
- Las ondas centimétricas: de 1 a 10 centímetros.

La longitud de estas últimas ondas alcanza casi la correspondiente a las radiaciones infrarrojas.

Llagamos notar, además, que en radioelectricidad, en lugar del término "período", se emplea frecuentemente "ciclo". También pueden reemplazarse las expresiones "período por segundo" o "ciclo por segundo" por hertz (del nombre del

físico que ha demostrado experimentalmente la existencia de las ondas electromagnéticas u ondas hertzianas). Como en radio se trabaja generalmente con frecuencias elevadas, también se utilizan múltiplos de esta unidad:

kilohertz: 1.000 hertz (o períodos por segundo) y el

megahertz: 1.000.000 de hertz (o períodos por segundo).

Campo magnético.

La creación de ondas electromagnéticas por la corriente, es una de las múltiples manifestaciones del estrecho parentesco que une los fenómenos eléctricos y magnéticos. Todo desplazamiento de electrones crea en las cercanías un estado particular del espacio que llamamos campo magnético. La aguja imantada de una brújula revela la presencia del campo magnético creado alrededor de un conductor recorrido por una corriente, orientándose perpendicularmente con respecto al conductor. Si se invierte el sentido de la corriente la aguja describe un semicírculo, lo cual demuestra que el campo magnético posee una polaridad determinada por el sentido de la corriente.

El campo magnético de un conductor puede intensificarse enrollando el conductor (alambre metálico) de manera que forme una bobina. Los campos magnéticos de cada una de las espiras se suman entre sí. Y la bobina, recorrida por la corriente, se comporta como si fuera un verdadero imán de barra.

La acción de un tal imán será reforzada al introducir en el interior del bobinado una barra de hierro. El hierro ofrece a las fuerzas magnéticas una mayor permeabilidad que el aire. Dado que el campo magnético se concentra en el núcleo magnético así formado, obtenemos un electroimán. Si el núcleo es de hierro dulce, pierde su imantación cuando se corta la corriente (sólo se conserva una pequeña parte del magnetismo). Si es de acero quedará imantado. Es mediante este procedimiento que se fabrican actualmente imanes artificiales.

Inducción.

Si las variaciones de corriente eléctrica comprenden variaciones correspondientes del campo magnético que está creando, inversamente las variaciones del campo magnético engendrarán corrientes variables en los

conductores. Es así como alejando o acercando un imán a una bobina hacemos aparecer en ésta una corriente que sólo durará mientras dure el movimiento del imán, es decir, durante la variación del campo.

En lugar de un imán puede aproximarse un electroimán, formado por una bobina recorrida por una corriente continua; el resultado será el mismo. También se puede dejar fija esta segunda bobina en la proximidad de la primera y hacerla recorrer por una corriente de intensidad variable. Esta última engendrará un campo magnético variable, el cual, a su vez, dará lugar en la segunda bobina a la aparición de una corriente variable. Es así como una corriente alterna que recorre la primera bobina dará lugar a una corriente alterna en la segunda. Nos hallamos en presencia del fenómeno de inducción. Sin que sea necesario ningún contacto material para lograr esto, existe un acoplamiento magnético entre las dos bobinas cuyo conjunto constituye un transformador eléctrico. Más adelante veremos el motivo de este nombre.

TERCERA CONVERSACIÓN

Prosiguiendo el estudio de los fenómenos de inducción, Radiol guiará a Curiosus a redescubrir la autoinducción, cuyo efecto se opone al paso de la corriente alternad& En seguida, con el auxilio de analogías sencillas, ambos amigos examinarán las propiedades de los condensadores, y analizando los diversos factores de que depende la capacidad, Curiosus pondrá de manifiesto la suya propia.

Inducción = Contradicción

Curiosus. — He reflexionado largamente acerca de sus explicaciones sobre la inducción. Comprendo perfectamente que una variación de corriente en una bobina, determina una corriente inducida en la otra, ¿pero cuál es el sentido y la intensidad de la corriente inducida?

Radiol. — La corriente inducida tiene muy mal carácter, pues está siempre en contradicción con la corriente inductora. Así, cuando ésta va aumentando, aquélla va en sentido contrario... (Figura 8 a).

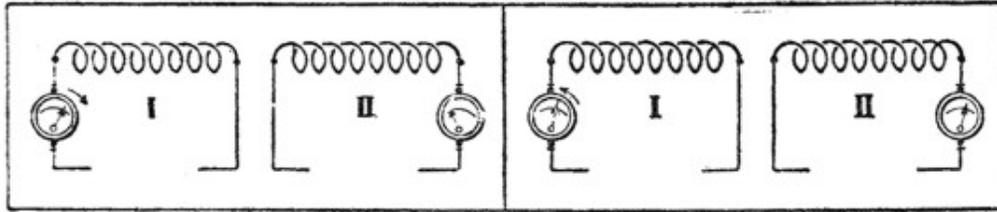


Figura 8a (izquierda). — Cuando la corriente en la bobina I aumenta, induce en la bobina II otra corriente de sentido contrario. Figura 8b (derecha). — Cuando la corriente en la bobina I disminuye, induce en la bobina II otra corriente del mismo sentido.

Cur. — ¿De modo, entonces, que cuando en la bobina inductora la corriente va en el sentido de las agujas del reloj, la corriente inducida irá en sentido opuesto?

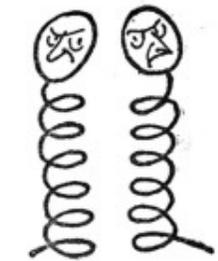
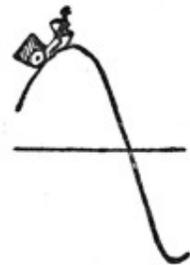
Rad. — Exactamente. Y por el contrario, cuando la corriente inductora disminuye de intensidad, la corriente inducida va en el mismo sentido, como si quisiera oponerse a la disminución de la primera (figura 8 b).

Cur. — Hace como el perro de mi tío Julio.

Rad. — ¿Otra broma de las suyas?

Cur. — Nada de eso. El perro de mi tío es obstinado como un asno... Por la mañana, cuando mi tío se entrega a la cultura física, hace un trotecito alrededor del jardín llevando al perro atado. Al principio, cuando acelera el paso, el perro se obstina en no dejarlo andar, frenándolo violentamente; después, cuando mi tío, cansado, va deteniéndose, el animal se empeña en batir un "record" de velocidad...

Rad. — Tengo la vaga impresión de que esta historia ha sido inventada para estimular a alguien. Ella prueba, de todos modos, que usted ha comprendido los fenómenos de la inducción. Podría agregarse al ejemplo que cuando su tío más



acelera o retarda la marcha, el perro más la contrarresta; del mismo modo, la intensidad de la corriente inducida es proporcional a la rapidez de variación de la corriente inductora y también a su intensidad (figura 9).

Cur. — Será, muy desacertado lo que le diga, pero a mí me parece que si una bobina puede inducir una corriente en las espiras de otra más o menos alejada, con más razón deberá inducir en las suyas propias...

Rad. — ¡Mi amigo Curiosus, usted acaba de redescubrir la autoinducción! ¡Mis felicitaciones! Sí, señor, la corriente inducida aparece igualmente en la bobina recorrida por la corriente inductora, donde coexiste con esta última y se opone, siguiendo su espíritu de contradicción, a sus variaciones.

Cur. — Cuéntase que entre los romanos psicólogos, "una voz interior" se oponía también al designio de los héroes...

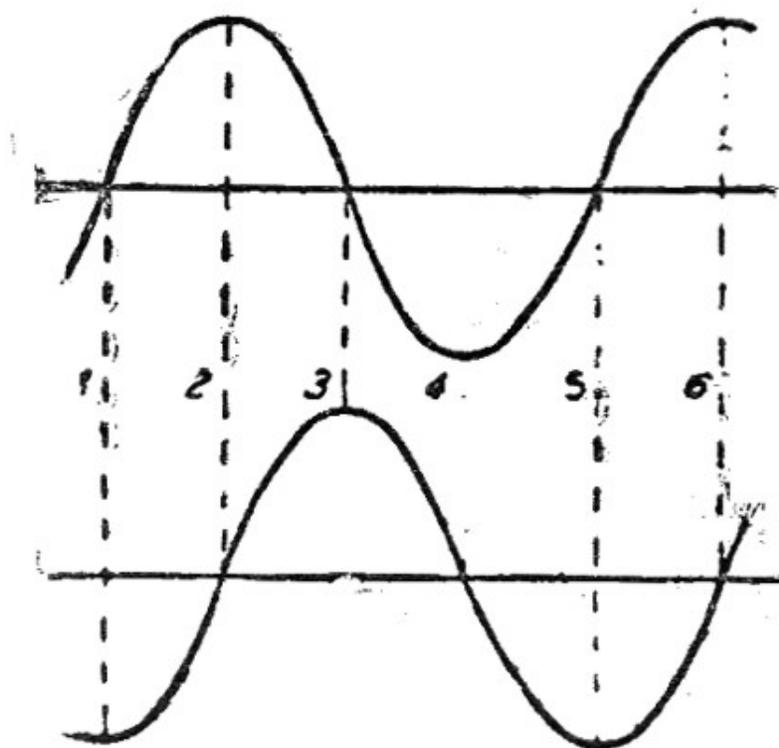


Figura 9. — Arriba, corriente alternada; abajo, corriente inducida por la anterior: 1. La corriente inductora aumenta muy rápidamente. La corriente inducida es de sentido contrario. 2. La corriente inductora no varía durante un corto instante. La corriente inducida es nula. 3. La corriente inductora disminuye. La corriente inducida va en el mismo sentido. 4. La corriente inductora no varía durante un corto instante. La corriente inducida es nula.

Rad. — Usted haría mejor si leyera un buen tratado de electricidad. Volviendo al asunto, la autoinducción es comparable a la inercia mecánica. Así como ésta se opone a que un cuerpo salga del estado de movimiento o de reposo en que se halla, la autoinducción se opone a la aparición de una corriente en la bobina (la corriente cruzada provoca una corriente inducida de sentido contrario) y tiende a mantener la corriente existente cuando quiere desaparecer (la corriente que disminuye induce otra del mismo sentido).

Cur. — ¿Entonces, una corriente alternada que cambiara constantemente de intensidad, apenas podría atravesar una bobina?

Rad. — Desde luego, pues la autoinducción se opone a sus variaciones. Esa resistencia de la autoinducción se denomina inductancia. No hay que confundirla con la simple resistencia "óhmica" de un conductor. La inductancia depende de la autoinducción de la bobina, es decir, de la acción inductiva de cada espira sobre las sucesivas y también de la frecuencia de la corriente.



Cur. — ¿Por qué?

Rad. — Muy sencillo. A medida que la frecuencia aumenta, las variaciones de la corriente son más rápidas y, en consecuencia, las corrientes inducidas son más poderosas y se oponen a esas variaciones.

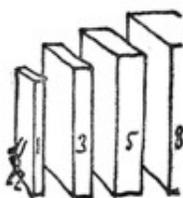


Cur. — ¿De modo, entonces, que para las frecuencias elevadas la inductancia de una bobina es mayor que para las frecuencias bajas? Es bueno saber, pero presiento que esto se vuelve terriblemente complicado.

Rad. — Por eso no le he hablado todavía de los condensadores.

Hablemos un poco de los condensadores

Cur. — Sé bien lo que son. Los he visto en los receptores. Se parecen a una prensa de hacer puré... Tienen chapas redondas que entran y salen de otras fijas.



Rad. — Sí; éstos son los condensadores variables. Hay otros fijos, en los cuales las láminas ("armaduras") no se mueven, de modo que su capacidad es fija.

Cur. — ¿Capacidad, dice? ¿Y qué es eso?

Rad. — Una cosa en extremo sencilla. El condensador viene a ser así como si colocáramos dos conductores aislados, uno junto al otro, y les aplicáramos una determinada tensión.

Cur. — No comprendo muy bien que puedan recibir el nombre de condensador dos cables aislados uno de otro...

Rad. — Un condensador es comparable a dos recipientes separados por una membrana de material elástico (figura 10). Una bomba accionando breves instantes creará entre los recipientes 1 y 2 una diferencia de presión...

Cur. — Creo entenderlo ahora. La bomba vendría a ser la pila... Los recipientes serían las chapas o armaduras del condensador, y la diferencia de presión correspondería a la diferencia de potencial...

Rad. — ¡Estupendo! Acertó. Solamente que como todas las analogías, la mía tiene también un valor relativo. En efecto, cuando se remueve el aire en los recipientes, tenemos en 2 muchas moléculas repartidas uniformemente en todos los puntos. En 1, tendremos muchas menos, aunque su distribución será uniforme también.

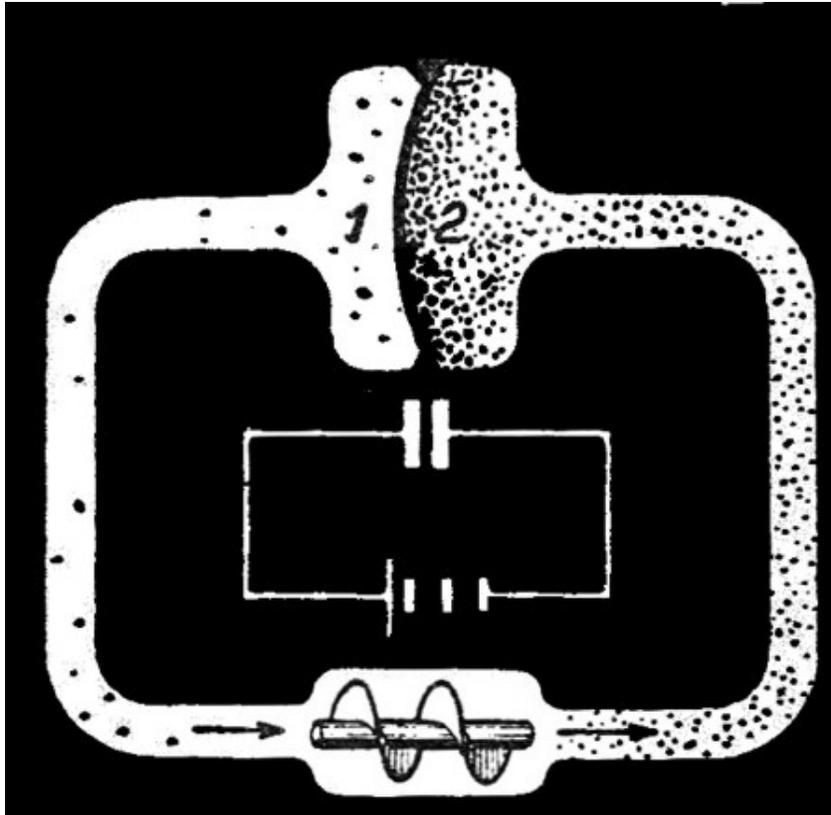


Figura 10. — Dos recipientes separados por una membrana elástica son comparables a un condensador. La bomba que origina una diferencia de presión, es análoga a una pila que origina una diferencia de potencial eléctrico.

Cur. — Me parece que los electrones, asimismo, se distribuirán de igual modo.

Rad. — Ahí está su equivocación. Como los átomos de la armadura 1 son positivos (carencia de electrones), atraerán, a través de la débil membrana que los separa, los electrones de la armadura 2, de modo que éstos se condensarán en la parte de esta armadura, frente a la otra. Este amontonamiento de electrones permite almacenar en las armaduras del condensador cargas eléctricas mucho mayores que las que podríamos obtener sin el recurso de la atracción de electrones por los átomos positivos.

Cur. — Entonces, si no he comprendido mal, la propiedad esencial de un condensador sería la de permitir acumular cargas eléctricas en sus armaduras.

Rad. — Eso es. Y tal propiedad es lo que se denomina capacidad de un condensador. A su juicio, ¿de qué depende la capacidad?

Cur. — Ante todo creo que la capacidad depende del espesor de la membrana. Cuanto más delgada es, más puede curvarse y, por consiguiente, dejar más lugar a las moléculas de gas en el recipiente 2.

Rad. — Exactamente. Respecto del condensador diremos que su capacidad es inversamente proporcional a la distancia de las armaduras. Volviendo a los recipientes, le diré que la capacidad depende también de la naturaleza de la membrana elástica.

Cur. — Es claro; si es de caucho, los efectos no serán los mismos que si es de lata.

Rad. — En consecuencia, la capacidad de un condensador depende igualmente de la naturaleza del dieléctrico (aislante que separa las armaduras). El coeficiente numérico que caracteriza la mayor e menor aptitud de un dieléctrico para aumentar la capacidad se denomina *constante dieléctrica*. Para el aire se ha adoptado la constante 1. En tales condiciones, la constante dieléctrica de la mica, por ejemplo, es 8. De modo que si en un condensador a aire, de 10 microfaradios, usted coloca entre sus armaduras hojas de mica, la capacidad aumentará a 80 microfaradios.

Cur. — ¿Es en microfaradios como se mide la capacidad?

Rad. — La unidad de medida de capacidad es el faradio (F). Pero en la práctica ésa es una capacidad muy grande. Nos servimos, entonces, de sus submúltiplos: microfaradio (μF), que es la millonésima parte de un faradio, y del milésimo—microfaradio ($m\mu F$), que es la milésima parte de un microfaradio⁵.

Cur. — Me parece muy complicado este sistema... Volviendo a los factores de que depende la capacidad, puede ser que ésta dependa también de la superficie de la membrana, pues cuanto mayor sea ella, aumentará asimismo la esfera de acción de los átomos positivos sobre los electrones⁶



⁵ Los países anglo—sajones miden la capacidad con otra unidad llamada centímetro (cm), la que, dicho sea de paso, no guarda relación alguna con la unidad de longitud del mismo nombre. Una milésima de microfaradio es igual, en ese caso, a 900 centímetros.

⁶ La capacidad de un condensador se expresa así:

$$C = 0,0885 K \times S / d \text{ microfaradios}$$

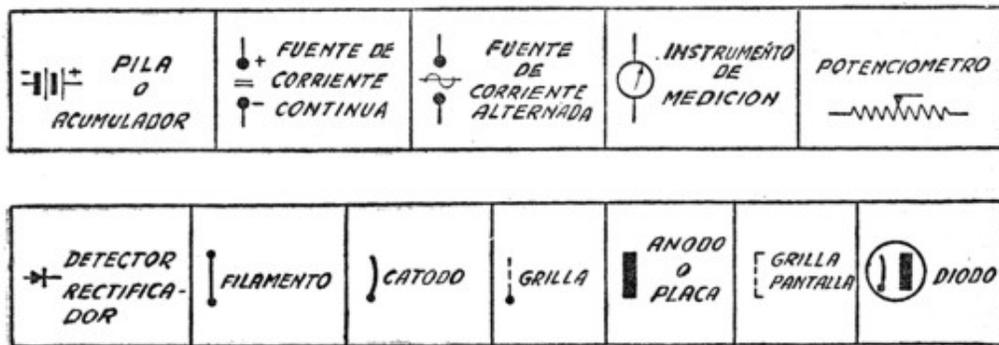
Rad. — En efecto, pues la capacidad es proporcional a la superficie de las armaduras.

Cur. — Entonces, para aumentar la capacidad de un condensador puede recurrirse a dar mayor superficie a las armaduras, o bien aproximar éstas.

Rad. — ¡Muy peligroso eso! Si disminuye demasiado el espesor de la membrana, llegará un momento en que por efecto de la presión estallará. Del mismo modo, entre las armaduras muy próximas, la tensión hará saltar entre ellas una chispa: los electrones violentamente atraídos atravesarán el dieléctrico.

Cur. — En resumen, un mal condensador sería un buen eslabón eléctrico.

ALGUNOS SIMBOLOS UTILIZADOS EN LOS ESQUEMAS DE APARATOS DE RADIO



Comentarios a la tercera conversación

Ley de Lentz.

Prosiguiendo el estudio de la inducción magnética, nuestros jóvenes amigos redescubrieron, sin nombrarla, la Ley de Lentz. Constataron, en efecto, que la corriente inducida parece oponerse en todo instante a las variaciones de la corriente conductora. Cuando ésta aumenta, la corriente inducida circula en el sentido

en donde K es la constante dieléctrica; S. la superficie de una armadura en cm., y d, la distancia entre las armaduras, en centímetros también.

opuesto; y cuando la corriente inductora disminuye, la corriente inducida circula en el mismo sentido.

Como podemos ver, los fenómenos de la inducción obedecen a una ley muy general de la naturaleza: la ley de la acción y de la reacción.

La corriente inducida depende de la velocidad de variación de la corriente inductora, como también de su intensidad.

Auto-inducción.

Si la corriente que circula por una bobina induce corrientes en los bobinados que se encuentran en su vecindad, con mayor razón aun las inducirá en sus propias espiras, por la cual circula. Este fenómeno de auto-inducción está sometido a las mismas leyes que rigen el de inducción. En consecuencia, como la intensidad de la corriente circulante por una bobina tiende a aumentar, aparece una corriente de autoinducción de sentido opuesto, que tiende a retardar el crecimiento de la corriente inductora. Por esta razón, cuando se aplica una tensión a un bobinado, la corriente que se establece no puede alcanzar instantáneamente su intensidad normal (tal como se la determina por la Ley de Ohm); se requiere para ello cierto tiempo, tanto más prolongado cuanto más elevada sea la autoinducción de la bobina. Igualmente, cuando aumentamos progresivamente la tensión en los extremos de una bobina, la intensidad de la corriente seguirá este aumento con un cierto retardo, actuando en sentido opuesto la corriente de autoinducción.

Si, por el contrario, disminuimos la tensión aplicada a la bobina, también se producirá con cierto retardo la disminución de la intensidad, yendo entonces la corriente de autoinducción en el mismo sentido que la corriente inductora y prolongándola más o menos considerablemente. En el caso extremo, cuando se produce una brusca anulación de la tensión aplicada a una bobina (abriendo un interruptor por ejemplo), la rapidísima variación de la corriente inductora provoca una tensión inducida que puede ser de valor elevado y da lugar a una chispa que salta entre los contactos del interruptor.

Inductancia.

Cuando se aplica una tensión alterna a una bobina de autoinducción, la corriente alterna a la cual da lugar entretiene un campo magnético alterno, el cual, a su vez, mantiene una corriente de autoinducción que se opone constantemente a las variaciones de la corriente inductora y de esta manera le impide alcanzar la intensidad máxima que hubiera podido alcanzar en caso de no existir la autoinducción. No olvidemos, en efecto, que cuando aumenta la corriente inductora, la corriente inducida va en sentido inverso y, en consecuencia, debe ser sustraída. Todo tiene lugar como si a la resistencia normal (se dice "resistencia óhmica") del conductor, se sumara una resistencia debida a la autoinducción. Esta resistencia de autoinducción, o inductancia, es tanto más elevada cuanto mayor es la frecuencia de la corriente (ya que las variaciones más rápidas de la corriente inductora provocan corrientes de autoinducción más intensas) y que la autoinducción misma es más elevada.

La autoinducción de una bobina depende solamente de sus propiedades geométricas: número y diámetro de las espiras y su disposición. Crece rápidamente con el aumento del número de las espiras. La introducción de un núcleo de hierro eleva en forma considerable la autoinducción al intensificar el campo magnético. La autoinducción de un bobinado se expresa en henrios o en submúltiplos de esta unidad: milihenrios (mH) que es la milésima parte del henry y el microhenrio (μH); millonésimo de henrio.

Si se designa con L la autoinducción de una bobina expresada en henrios, una corriente de frecuencia f encontrará una oposición de $6,28 \times L \times f$ ohms. (Se notara que 6,28 se toma como valor aproximado de 2π).

Condensador.

Habiendo así pasado revista a los principales fenómenos de inducción y de autoinducción, Radiol y Curiosus se han lanzado de lleno en el estudio de los condensadores que poseen la capacidad de acumular cargas eléctricas. El condensador se compone de dos conductores (que constituyen las armaduras), separadas por un cuerpo aislante o, dicho en estilo "ingenieril", por un dieléctrico. Si se conectan las dos armaduras a una fuente de corriente eléctrica los electrones se acumulan en la que se halla conectada al polo negativo, y, por el contrario,

abandonan la conectada al polo positivo. Esta carga es intensificada por el fenómeno de repulsión entre electrones de las dos armaduras enfrentadas. Si las mismas armaduras se encontraran alejadas, no podrían almacenar las mismas cargas de electricidad.

En el momento que la fuente es conectada al condensador se establece una corriente de carga, la cual es primeramente intensa y luego cada vez más débil, hasta que las armaduras quedan cargadas al mismo potencial de la fuente. La corriente cesa de circular cuando se alcanzan estos potenciales. Su duración total es muy breve.

Capacidad.

Según que sea mayor o menor la cantidad de electricidad que puede almacenar un condensador, se dice que es mayor o menor su capacidad. La capacidad se mide en farads o en sus submúltiplos; el microfarad (μF), millonésimo de farad, el milimicrofarad ($\text{m}\mu\text{F}$), igual a 0,000000001 F y el micromicrofarad o picofarad ($\mu\mu\text{F}$), igual a 0,000000000001 F.

La capacidad depende evidentemente, de la superficie enfrentada de las armaduras, aumentando con la misma. La capacidad es tanto más elevada cuanto más cercanas se hallan entre sí las armaduras, no siendo posible, por otra parte, ir demasiado lejos en este sentido, desde que un espaciado demasiado reducido del dieléctrico hace correr el riesgo de que éste sea atravesado por una chispa bajo los efectos de una tensión aplicada (el condensador se "quema" o se "chispea", como se dice en la "jerga" radioeléctrica). Finalmente la capacidad depende también de la naturaleza del dieléctrico. El mejor (y también el menos costoso) de los dieléctricos es el aire seco. Si se le substituye con algunos otros tipos de dieléctrico, la capacidad del condensador puede aumentar.

Notemos que, por el contrario, la capacidad del condensador es independiente de la naturaleza y del espesor de las armaduras.

CUARTA CONVERSACIÓN

Esta charla comienza con una comprobación que no deja de sorprender a Curiosus: la corriente alternada atraviesa los conductores, aunque bien es cierto que éstos le oponen alguna capacitancia... Curiosus empieza a confundirse con las diferentes impedancias. Pero el lector no tomará en serio su enojoso ejemplo y seguirá cómodamente los razonamientos de Radiol.

¡La corriente pasa!...

Curiosus. — La última vez me habló usted de los condensadores. Creo haber interpretado sus explicaciones. Cuando se conectan las dos armaduras de un condensador a una pila, se acumulan cargas eléctricas en sus armaduras...

Radiol. — Exactamente. En tal caso el condensador está cargado.

Cur. — Entonces, en el momento en que conectamos el condensador a una fuente de corriente, éste suministra una cierta corriente de carga. Pero cuando el condensador está cargado, ¿la corriente continúa pasando?

Rad. — No; todo se detiene. Pero reemplazando la pila por una resistencia, se produce una descarga del condensador.

Cur. — ¿Cómo es eso?

Rad. — Muy sencillo: permitiendo a los electrones en exceso sobre la armadura negativa que completen los átomos deficientes en electrones de la armadura positiva. La corriente de corta duración que irá en ese momento a través de la resistencia se denomina corriente de descarga.

Cur. — Entonces el condensador viene a ser una especie de resorte, que puede extenderse, y que en seguida, cuando se larga, vuelve a contraerse.

Rad. — La última vez, recordará usted, utilizamos un ejemplo parecido, al comparar el condensador con una membrana elástica que separa dos recipientes. La descarga del condensador a través de la resistencia es comparable al aflojamiento de la membrana que expulsa el agua a través del tubo estrecho (figura 11).

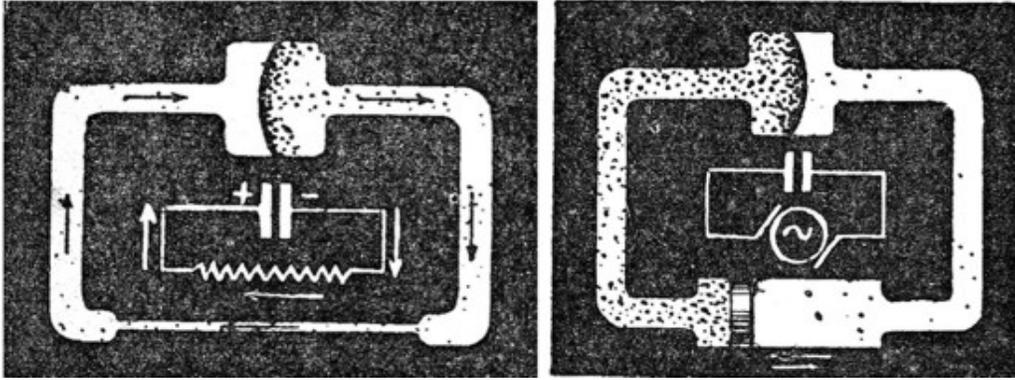
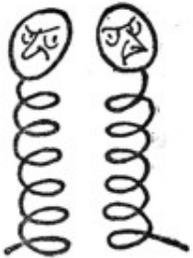


Figura 11. — Izquierda, descarga de un condensador a través de una resistencia óhmica. Figura 12. — Derecha, pasaje de la corriente alternada a través de un condensador.

Cur. — Puede ser muy interesante eso de cargar y descargar un condensador, pero, a la verdad, no veo claramente la utilidad de ese trabajo. Porque una vez cargado, todo ha terminado, ¿no es así?



Rad. — Así es en efecto cuando se trata de corriente continua. Pero las cosas cambian cuando se dispone de un alternador, es decir, de una máquina que produce corriente alternada. Tal máquina puede estar representada en nuestro ejemplo por un pistón animado de un movimiento de vaivén (figura 12).

Cur. — Comprendo. Yendo hacia la extremidad derecha o izquierda del cilindro, el pistón carga el condensador, es decir, curva la membrana; y cuando pasa por el punto medio facilita la descarga del condensador.

Rad. — Usted ve, entonces, que en nuestro "circuito" hay un movimiento alternado ininterrumpido de electrones. Circula ahí una verdadera corriente alternada.

Cur. — Y eso a pesar de la presencia del condensador, que corta en cierto modo el circuito.



Las diferentes "ancias"...

Rad. — Los técnicos llegan a decir que la corriente alternada "atraviesa" el condensador. Eso no significa que los electrones penetren a través del dieléctrico (la membrana), sino que la presencia de un condensador no impide el movimiento de vaivén de los electrones, es decir, el paso de la corriente alternada por el circuito.

Cur. — Necesitaré cierto tiempo para asimilar esas nociones. Me parece que por muy elástica que sea esa membrana, siempre será un obstáculo...

Rad. — Desde luego. Es por eso que se denomina capacitancia a la resistencia que se opone al paso de la corriente alternada.

Cur. — ¡Vamos bien! Otro término en "ancia". ¡Eso es una "complicancia" terrible! ...

Rad. — Al contrario, Curiosus; todo eso, en el fondo, es muy sencillo. Usted adivinará fácilmente de qué factores depende la capacitancia.

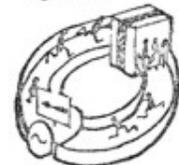
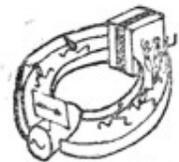
Cur. — Me parece que, ante todo, depende del valor de la capacidad. Cuanto más flexible es la membrana, más se curva y, en consecuencia, deja entrar electrones por una parte y salir por la otra.

Rad. — Entonces, a medida que la capacidad aumenta, la corriente alternada circula más cómodamente; en tal caso decimos que la capacitancia disminuye.

Cur. — Justamente lo contrario, entonces, de lo que ocurre con la inductancia, que crece con la autoinducción de las bobinas. Pero la capacitancia, lo mismo que la inductancia, ¿no dependen por igual de la frecuencia de la corriente?

Rad. — Ciertamente, pues a medida que la frecuencia aumenta, mayor es el número de cargas y descargas por segundo de un condensador y, en consecuencia, mayor será también la cantidad total de electrones que atraviese en un segundo un punto cualquiera del circuito.

Cur. — Entonces, la intensidad de la corriente crece con la frecuencia, lo que prueba que la capacitancia disminuye ¿no es eso?... Pero, amigo Radiol, ¿cuándo va



a terminar usted las resistencias en reserva? Empiezo a notar que la mía disminuye sensiblemente...

Rad. — Tranquilícese. Ahora usted conoce las tres clases de resistencia utilizadas en electricidad. Bien; para resumirle sus propiedades he preparado este cuadrito:

| | | |
|---|--|---|
| Resistencia óhmica pura | Independientemente de la frecuencia | |
| Inductancia o resistencia de la autoinducción | Proporcional a la autoinducción | Proporcional a la frecuencia |
| Capacitancia o resistencia de la capacidad | Inversamente proporcional a la capacidad | Inversamente proporcional a la frecuencia |

Todas ellas son impedancias simples: éste es el nombre general de todas las resistencias.

Cur. — ¿Y pueden combinarse entre sí esas impedancias?

Rad. — Según y conforme. Además, a decir verdad, es bastante raro que obtengamos una impedancia pura. Así, por ejemplo, una bobina, además de su autoinducción propia, posee, igualmente, cierta resistencia óhmica, que depende de su longitud, de su diámetro y de la naturaleza química del alambre. Tiene también una capacidad "distribuida", debida a la proximidad de sus espiras, que desempeñan el papel de las armaduras de un condensador. Pero se pueden colocar al paso de la corriente alternada varias impedancias de naturaleza diversa.

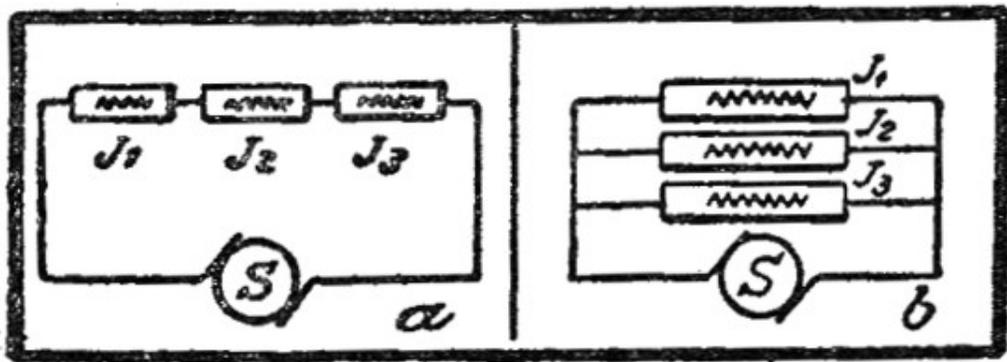


Figura 13. — Conexión en serie (a) y en paralelo (b).

La vida de la familia de las impedancias

Cur. — ¿En ese caso sus valores se suman?

Rad. — ¡Oh, eso no es una cosa tan sencilla! En primer lugar hay dos formas distintas de disponer varias impedancias en el camino de la corriente. La primera (figura 13 a) consiste en colocarlas en serie, de manera que sean recorridas por toda la corriente. La segunda es la disposición de las impedancias en paralelo (figura 13 b) o derivación; la corriente en este caso se divide en tantas corrientes como impedancias hay en paralelo; en cada rama será tanto más intensa cuanto menor sea la resistencia.

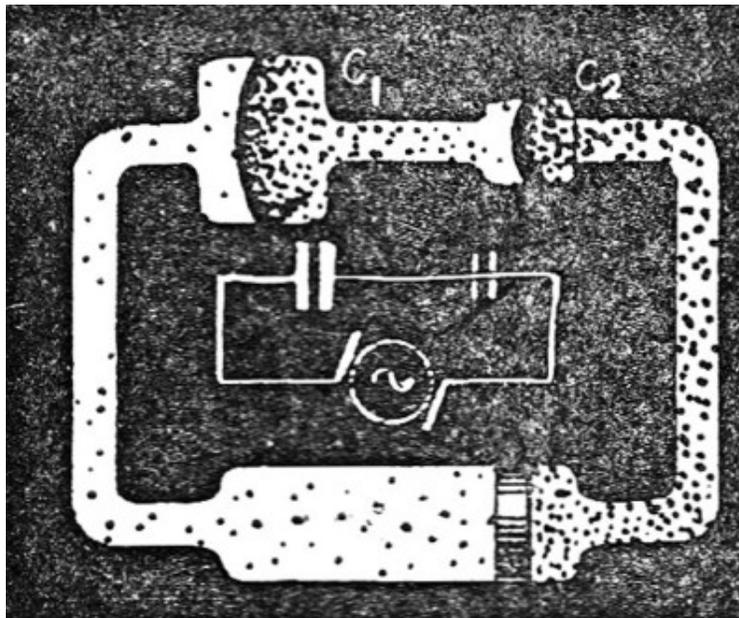


Figura 14. — Condensadores conectados en serie.

Cur. — Es como cuando la corriente de un río es dividida en dos por una isla: por el brazo mayor pasará más agua que por el otro.

Rad. — Por consiguiente, dos resistencias óhmicas conectadas en serie...

Cur. —...oponen una resistencia igual a la suma de ambas.

Rad. — Así es. ¿Y cuando están en paralelo?

Cur. —...yo creo que en este caso los electrones pasarán más fácilmente. Es como si tuviéramos un conductor de sección igual a la suma de los derivados.

Entonces la resistencia disminuye. Creo que ha de ser lo mismo para las inductancias y las capacitancias.

Rad. — Está en lo cierto.

Cur. — Por consiguiente, en serie las resistencias, las autoinducciones y las capacidades se suman, y en paralelo el valor total es, por lo contrario, más pequeño que cada uno de sus valores por separado.

Rad. — Usted va un poco ligero atribuyendo a las resistencias, bobinas y condensadores las mismas propiedades que a sus impedancias. Eso está bien cuando usted trata de resistencias óhmicas y de autoinducción, para las cuales la inductancia es proporcional a la autoinducción. Pero para los condensadores no puede decirse lo mismo, pues la capacitancia es inversamente proporcional a la capacidad. Por consiguiente, si en serie las capacitancias se suman, por el contrario, las capacidades se debilitan mutuamente.

Cur. — Un ejemplo...

Rad. — Creo que sería del todo inútil recurrir en este caso a las matemáticas... He aquí (figura 14) dos condensadores, C1 y C2 en serie. Fíjese que C2 es de capacidad inferior a C1, ya que su membrana es más chica. La cantidad de líquido que el pistón puede desplazar es limitada sobre todo por C2. En cuanto a C1, que habría podido almacenar mucho más no podrá acumular más

de lo que C1 deja pasar, y aun algo menos debido a la tensión de su propia membrana. Por consiguiente, en serie, la capacidad del sistema C1-C2 es menor que la capacidad C2.

Cur. — Pienso ahora que, por lo contrario, puestas en paralelo, las capacidades se suman, pues sería equivalente a aumentar la superficie de la membrana. — Evidentemente...

Comentarios a la cuarta conversación



Paso de la corriente alterna a través de un condensador.

En la conversación precedente hemos abandonado nuestro condensador cargado. Desconectándolo de la fuente de electricidad y conectando sus armaduras a una resistencia, provocaremos su descarga. Los electrones excedentes sobre la armadura negativa, irán a compensar, a través de la resistencia, el déficit de la armadura positiva. La corriente de descarga será intensa al principio, se hará luego más pequeña cada vez y a medida que disminuye la diferencia de potencial entre las armaduras, y finalmente cesará cuando ambas armaduras se hallen al mismo potencial.

Se puede producir una serie ininterrumpida de cargas y descargas del condensador, conectándolo a una fuente de corriente alterna. Las armaduras se cargan, descargan y se vuelven a cargar repetidamente al ritmo de la tensión alterna y, en el circuito, (se llama así al conjunto de elementos recorridos por la corriente) se establece una verdadera circulación de corriente. Esto permite decir que el condensador es atravesado por la corriente alterna, sin que, en realidad, haya electrones que pasen por él a través de su dieléctrico, de una armadura a la otra.

Capacitancia.

Naturalmente que el pasaje de la corriente alterna a través de un condensador no tiene lugar con la misma facilidad que a través de un buen conductor; el condensador opone a la corriente una cierta resistencia capacitiva a la cual llamamos capacitancia. *Esta es tanto más pequeña cuanto más elevada es la capacidad y cuanto más elevada es también la frecuencia.* Cuantas más variaciones haya por segundo, mayor será el número de electrones que atraviesan en un segundo una sección de los conductores del circuito.

Si designamos por C a la capacidad expresada en farads de un condensador atravesado por una corriente de frecuencia f, la capacitancia será igual a

$$\frac{1}{6,28 C f} \text{ ohms}$$

Se puede ver, comparándolas, que la inductancia y la capacidad poseen propiedades netamente opuestas; mientras que la inductancia crece con la autoinducción y la frecuencia, la capacitancia disminuye cuando aumenta la capacidad o la frecuencia.

Desfasaje.

La oposición entre la autoinducción y la capacidad se manifiesta también en otra forma, bien curiosa por cierto. Recordemos que debido a la autoinducción la intensidad de la corriente sigue las variaciones de la tensión alterna con un cierto retardo. Este decalaje entre corriente y tensión recibe el nombre de desfasaje. Se dice también que la corriente y la tensión "*no se hallan en fase*".

Estudiando la circulación de la corriente alterna en un circuito que comprende un condensador (figura 12), se observará que el movimiento de los electrones se detiene (la corriente se hace cero) en el momento en que la tensión se hace máxima. Luego, cuando la tensión comienza a disminuir, la intensidad de la corriente crece. La corriente es máxima cuando la tensión pasa por cero para cambiar de sentido. En seguida, a medida que el condensador se recarga, es decir que la tensión aumenta en el sentido opuesto, la intensidad disminuye para llegar a hacerse nula en el momento en que la tensión alcanza su valor máximo. Este desarrollo de los fenómenos se hace especialmente evidente cuando, observando la figura 12, se nota que los máximos de tensión corresponden a las posiciones extremas del pistón (o curvatura máxima de la membrana) y que la tensión pasa por cero cuando el pistón se halla en la posición media (y la membrana es plana). Vemos aquí que la intensidad de la corriente varía en adelante con las variaciones de la tensión, ya que cuando ésta todavía es nula, la corriente ya es máxima. Estamos, por lo tanto, como en el caso de la autoinducción, en presencia de un desfasaje, pero en sentido opuesto.

Si el circuito no comprende más que una autoinducción pura o una capacidad pura, el desfasaje alcanza a un cuarto de período. Este caso se halla gráficamente representado en las figuras 16 y 17, que merecen ser observadas detenida y largamente por el lector.

En realidad, la autoinducción o la capacidad no existen nunca en estado "puro"; el circuito comprende siempre y obligatoriamente una cierta resistencia óhmica. Igualmente, el desfase no alcanza nunca el valor máximo de $\frac{1}{4}$ de período que le asigna la teoría.

Asociación de impedancias.

En todo circuito, un examen atento revelará la presencia de tres clases de impedancias, que son la inductancia, la capacitancia y la resistencia óhmica. No olvidemos, en efecto, que hasta un conductor rectilíneo posee una cierta autoinducción; igualmente pueden constatarse efectos de capacidad entre sus diferentes puntos. En la práctica, sin embargo, sólo se tienen en cuenta los dominantes; por ejemplo, en una bobina que ofrece a una corriente de una dada frecuencia una inductancia de 10.000 ohms, se desprecia voluntariamente los 10 ohms de resistencia óhmica. Pero si este bobinado es sometido a tensión continua, serán estos 10 ohms los que deberán tomarse en cuenta solamente, ya que la autoinducción sólo se manifiesta para tensiones variables.

En un circuito las impedancias pueden, asociarse de diversas maneras, más o menos complejas. Se dice que se hallan conectadas en serie si la corriente las atraviesa sucesivamente; se dice que están conectadas en paralelo (o en derivación o en *shunt*) si la corriente, bifurcándose, las atraviesa simultáneamente.

Cuando las impedancias se hallan dispuestas en serie, los efectos de estos obstáculos sucesivos se suman. Es así que varias resistencias conectadas en serie equivalen a una resistencia igual a su suma. Las inductancias y capacitancias en serie se suman también, pero no en la forma elemental tal como la concibe Curiosus. Indagando los efectos contrarios que ejercen sobre la corriente la autoinducción y la capacidad, se puede imaginar fácilmente que deben neutralizarse en cierta medida. La impedancia de un circuito integrado por una autoinducción y una capacidad conectadas en serie, será tanto más pequeña cuanto más se acerquen los valores independientes de inductancia y capacitancia. La suma pura y simple de las impedancias en serie, es sólo válida cuando el circuito se compone únicamente de resistencias óhmicas, o bien únicamente de capacitancias, o bien

únicamente de inductancias. Y aun en este último caso no debe existir inducción mutua entre los diferentes bobinados.

Impedancias en serie.

Dado que las inductancias en serie se suman, se saca en conclusión que las autoinducciones (a las cuales son proporcionales, no lo olvidemos), deben también sumarse. Dicho en otras palabras, varias bobinas conectadas en serie son equivalentes, por sus efectos eléctricos, a una sola bobina cuya autoinducción es igual a la suma de sus autoinducciones.

¿Será lo mismo para los condensadores? Naturalmente que no, dado que sus capacitancias son inversamente proporcionales a las capacidades, como las capacitancias de varios condensadores conectados en serie se suman, serán los inversos de sus capacidades los que deben ser usados para dar el inverso de la capacidad equivalente. Si llamamos C_1 , C_2 , C_3 , etc., a las capacidades de los condensadores en serie, la capacidad C del condensador único que podría reemplazarlas estará determinada, en consecuencia, por la expresión:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots$$

En el caso particular en que se trata solamente de dos condensadores C_1 y C_2 :

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{C_1 \times C_2}{C_1 + C_2}$$

Se notará que la capacidad equivalente es siempre inferior a la más pequeña de las capacidades componentes. Esto era previsible, por otra parte, ya que crece la capacitancia resultante de la conexión en serie de varios condensadores.

Impedancia en paralelo.

Estudiemos ahora el comportamiento de las impedancias conectadas en paralelo. Dispuestas en esta forma, ofrecen a la corriente diversos caminos en lugar

de un camino único, facilitando así su paso. Contrariamente a lo que sucede en el caso de la conexión en serie, ya no son sus resistencias, sino sus conductancias las que se suman. Como es fácil adivinarlo, *la conductancia es el inverso de la resistencia.*

Cuando varias resistencias óhmicas R_1, R_2, R_3, \dots etc. se conectan en paralelo la resistencia equivalente de este conjunto podrá determinarse fácilmente por la suma de sus características la cual debe ser igual a su propia conductancia.

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$

En el caso particular de solamente dos resistencias, R_1 , y R_2 la resistencia equivalente es:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$$

Si conectamos en paralelo dos resistencias de igual valor, la resistencia equivalente será igual a la mitad de dicho valor.

Un razonamiento análogo nos permitirá obtener idénticos resultados para las inductancias y para las autoinducciones de bobinas conectadas en paralelo (pero no acopladas por inducción).

Encontraríamos igualmente que, en el caso de los condensadores conectados en paralelo, el inverso de la capacitancia equivalente es igual a la suma de los inversos de las capacitancias componentes. Pero en cuanto a las capacidades, sería imprudente someterlas a igual tratamiento matemático. Ya hemos visto en el caso. La causa de su conducta especial reside en el hecho de que la capacitancia es inversamente proporcional a la capacidad.

Igualmente llegaremos sin esfuerzo a la conclusión de que sí son los inversos de las capacitancias las que conviene sumar, *serán los valores mismos de las capacidades los que sumaremos para calcular la capacidad equivalente de varios condensadores conectados en paralelo.*

Puede ser que todas estas nociones de resistencia, autoinducción, capacidad por una parte y sus impedancias respectivas por la otra, asociadas ya sea en serie, ya sea en paralelo creen cierta confusión en el espíritu del lector. Esto será bien perdonable, por cierto. Pero Radiol se encargará de velar por que se pongan bien en claro a partir de la próxima conversación para lo cual la anterior exposición ha preparado mucho el terreno, a fin de lograr una más fácil y mejor comprensión.

QUINTA CONVERSACIÓN

Radiol reanima el espíritu decaído de Curiosus y le presenta un cuadro que resume, en forma sencilla, las propiedades de la resistencia, autoinducción y capacidad y de sus impedancias asociadas en serie o en paralelo. En seguida ambos amigos abordan el problema de la resonancia, fenómeno fundamental de la radio. Radiol insiste sobre ciertos puntos que facilitarán más adelante el estudio de los circuitos radioeléctricos.

Match: autoinducción contra capacidad

Curiosus. — Me complace volverlo a ver, Radiol, pero... nuestra última conversación me ha dejado la cabeza loca. Estoy enfermo. Creo que jamás podré colaborar en la construcción del aparato de su madrina...

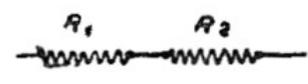
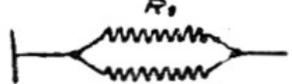
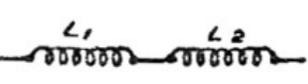
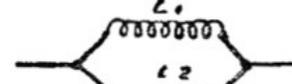
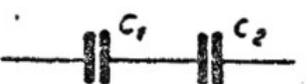
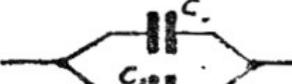
| SERIE | PARALELO |
|---|--|
|  $R = R_1 + R_2$ |  $R = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$ |
|  $L = L_1 + L_2$ |  $L = \frac{L_1 \times L_2}{L_1 + L_2}$ |
|  $C = \frac{C_1 \times C_2}{C_1 + C_2}$ |  $C = C_1 + C_2$ |
| IMPEDANCIA | |
| $J = J_1 + J_2$ | $J = \frac{J_1 \times J_2}{J_1 + J_2}$ |

Figura 15. — Cuadro que resume las propiedades de las resistencias, autoinducción y capacidades, y sus impedancias en serie y en paralelo.



Radiol. — Hay que animarse. Para facilitarle las cosas le he preparado un pequeño cuadro (figura 15), que resume las propiedades de las resistencias, condensadores y autoinducción, conectadas en serie o en paralelo, así como las de sus impedancias.



Cur. — Se lo agradezco. Esto ha de contribuir a poner un poco de orden en mis ideas, pues mis insomnios empiezan a darme serias inquietudes.

Rad. — ¡Caramba! ¿Será, acaso, la radio qué?...



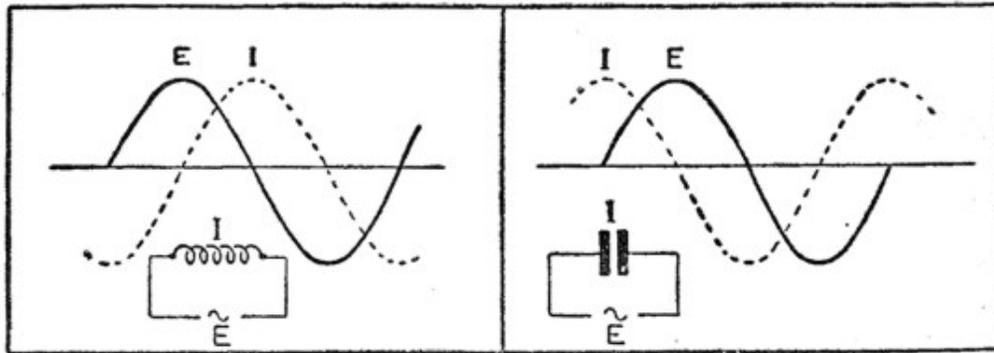


Figura 16 (izquierda). — Desfasaje de la corriente I en relación a la tensión E , originada por una autoinducción. Figura 17 (derecha). — Desfasaje producido por una capacidad. La corriente I está avanzada, con respecto a la tensión E .

Cur. — Sí, señor. Me he pasado toda la noche reflexionando acerca de lo que puede resultar conectando en serie un condensador y una bobina... ¡y no he podido hallar la solución!

Rad. — No hay que sorprenderse por eso, ya que no le concedo al asunto una importancia primordial por ahora. La autoinducción y la capacidad oponen una resistencia al paso de la corriente alternada, pero ambas resistencias obran, en cierto modo, de una manera diferente. Mientras que la autoinducción con su inercia retarda la aparición de la corriente cuando se aplica la tensión (dícese entonces que la corriente se desfasa con respecto a la tensión), la capacidad posee una propiedad opuesta: la corriente es más intensa en el momento que se descarga el condensador y, por consiguiente, la tensión es nula: y a medida que el condensador se carga y la tensión crece, la corriente disminuye (figuras 16 y 17).

Cur. — Voy comprendiendo... Cuando la membrana se ha hinchado, todo cesa; y es en el momento en que está desinflada cuando circula el mayor número de electrones.

Rad. — Los electricistas emplean un lenguaje más adecuado que el suyo y dicen entonces que la corriente se desfasa adelantada con respecto a la tensión.

Cur. — Sea... ¿Pero qué sucede cuando la tensión alternada se aplica a una capacidad conectada en serie con una autoinducción? ... Yo quisiera dormir esta noche sin sobresaltos.

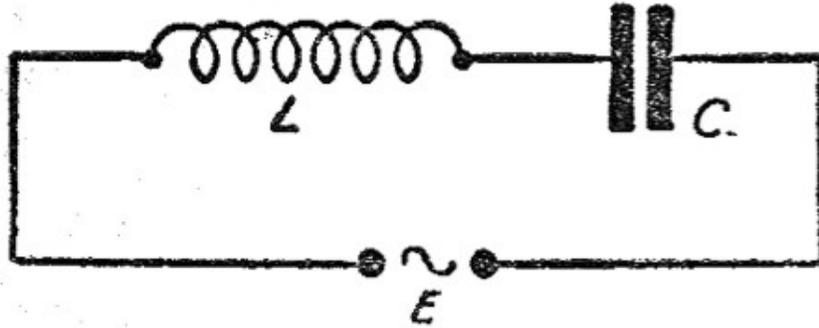


Figura 18. — Autoinducción L y capacidad en serie. Debido a la frecuencia de resonancia, la impedancia y el desfasaje de esta unión son nulos.

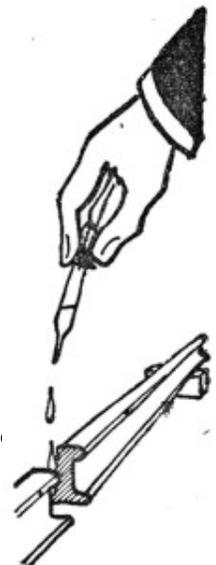
Rad. — Todo depende, en ese caso, de la relación entre las resistencias de la autoinducción y la capacidad. Si la inductancia es superior a la capacitancia, ésta prevalecerá, y viceversa, pues la capacitancia debe ser deducida de la inductancia, ya que obra de una manera diametralmente opuesta.

Cur. — Si eso es así, voy a plantearle otra cuestión difícil. Supóngase que tenga un condensador y una bobina en serie y vaya aplicando una tensión de frecuencia cada vez más elevada. ¿Qué ocurrirá?

Rad. — Usted lo sabe muy bien.

Cur. — Tiene razón... Con el aumento de la frecuencia la inductancia crecerá y la capacitancia disminuirá. Llegará forzosamente un momento en que para una cierta frecuencia, la inductancia y la capacitancia se igualarán. Y puesto que una debe ser deducida de la otra, nuestro circuito tendrá una impedancia nula (figura 18).

Rad. — No está del todo mal ese razonamiento. Pero usted olvida que la resistencia óhmica, la que en ningún caso depende de la frecuencia, estará presente en el circuito; no obstante hay que convenir en que para una determinada frecuencia, la inductancia y la capacitancia se anulan y que en ese momento no habrá más desfasaje entre la corriente y la tensión.



La gota que corta el riel

Cur. — En ese momento, entonces, la resistencia del circuito será mínima y la intensidad de la corriente, en consecuencia, llegará al máximo...

Rad. — En efecto; entonces decimos que nuestra corriente está en resonancia.

Cur. — ¿No es ésa la historia de las gotas de agua que quiebran el acero?

Rad. — ¿Qué hay aún con esa invención?

Cur. — He leído no sé dónde que se puede cortar un riel de acero apoyado en sus dos extremos, con sólo dejar caer gotas de agua en su punto medio. Debido a cierta cadencia en la caída de las gotas, el riel entra en vibración, alcanzando ésta tal violencia que lo quiebra.

Rad. — Es un caso de resonancia mecánica. Lo mismo que un circuito compuesto por una autoinducción y un condensador posee una frecuencia denominada de resonancia, por la cual su resistencia disminuye considerablemente y en donde las oscilaciones van en aumento, así también una barra metálica que posea cierta masa (equivalente a la autoinducción) y cierta elasticidad (equivalente a la capacidad), tiene también una frecuencia de resonancia, por la cual sus vibraciones van cada vez en aumento. La primera gota origina una vibración muy débil, pero la segunda caerá en el momento oportuno para reforzarla, y así sucesivamente.

Cur. — Comprendo ahora. Si las gotas caen más o menos rápidamente no tendrán casi efecto vibratorio alguno en la barra y hasta lo anularán; pero por la frecuencia de resonancia, sus efectos se sumarán y la barra terminará por quebrarse cuando las vibraciones aumenten mucho.

¿Movimiento continuo?

Rad. — Volvamos ahora, si a usted le parece, a la electricidad. Supóngase (figura 19) que tenemos un condensador cargado y que conectamos en sus bornes una bobina de autoinducción. ¿Qué pasará?

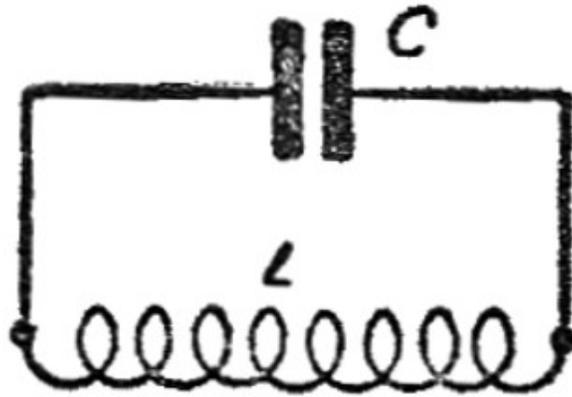


Figura 19, — Circuito oscilante.

Cur. — Lo sé muy bien. En una de nuestras anteriores conversaciones nos habíamos referido a la descarga de un condensador a través de una resistencia. Y como una bobina es en realidad una resistencia, el condensador se descargará a través de la autoinducción... Eso es todo.

Rad. — Esos son silogismos lanzados a la ligera. Usted olvida, querido amigo, una cosa: que la autoinducción es una resistencia algo especial, análoga a la inercia. En cuanto los electrones se ponen en movimiento, no es tan fácil detenerlos de inmediato. En consecuencia, cuando el condensador se haya descargado, la corriente de electrones continuará pasando en el mismo sentido y...

Cur. —...el condensador volverá a cargarse, pero cambiando de polaridad. ¿Y cuándo se habrá cargado de una vez?

Rad. — Nunca. Volverá a descargarse, y así sucesivamente.

Cur. — ¿Entonces eso no para jamás? ¿Bastaría, pues, cargar el condensador una sola vez, para que en seguida descargándose sobre la autoinducción se volviera a cargar y descargar eternamente? Entonces eso es el movimiento continuo... (Figura 20).

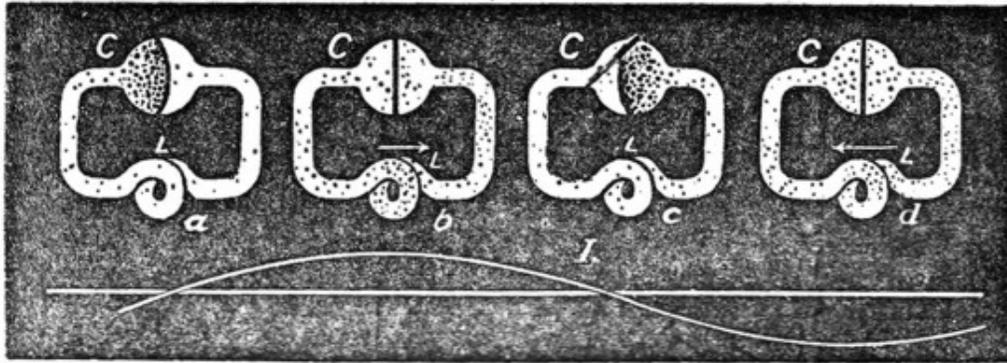


Figura 20. —Movimiento de los electrones en el circuito oscilante durante un período. En a y c la corriente es nula, pero la tensión condensador C es máxima. En b y d, al contrario, la corriente es máxima y la tensión en C es nula.

Rad. — ¡Deténgase! ... Recuerde que nuestro circuito tiene una resistencia óhmica y que la corriente sufrirá cierto debilitamiento para vencer esa resistencia a través de su curso. Las oscilaciones, en consecuencia, serán cada vez más débiles, para anularse finalmente (figura 21)

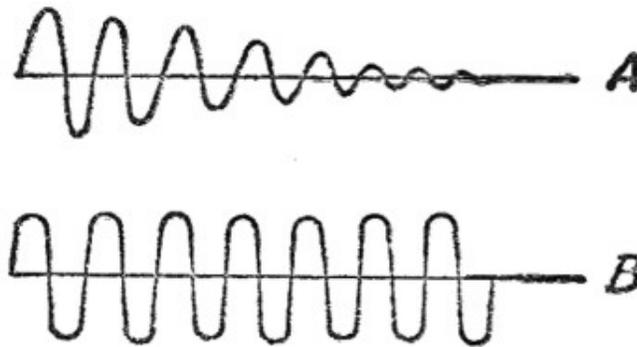


Figura 21. — Oscilaciones amortiguadas en A y oscilaciones entretenidas en B.



Cur. —En una palabra, ésa es la historia del péndulo, al que es suficiente darle un impulso para que empiece a balancearse, pero cuyo movimiento va cesando gradualmente debido a la resistencia que le opone el aire.

Rad. — Acaba de citar usted el ejemplo clásico por excelencia, que aparece en todos los tratados de radio. ¿Cuál será, pues, la frecuencia de las oscilaciones en nuestro circuito?



Cur. — Me parece que los electrones son suficientemente inteligentes y perezosos para dejar de seguir la ley del menor esfuerzo. Por eso oscilan a la frecuencia de la resonancia del circuito, frecuencia por la cual la impedancia tiene un valor bajo.

Rad. —Eso es lo que hacen, precisamente. De este modo, en un circuito compuesto por una autoinducción y una capacidad, denominada circuito oscilante, la descarga del condensador da origen a oscilaciones amortiguadas (corriente alternada de amplitud decreciente) de frecuencia propia o frecuencia de resonancia del circuito.

El grande y el pequeño circuito

Cur. — ¿Y no hay forma de mantener indefinidamente esas oscilaciones?

Rad. —Sí. Se pueden obtener oscilaciones de amplitud constante (oscilaciones entretenidas) compensando, a cada oscilación, la parte de energía perdida, mediante pequeñas dosis de ésta traídas del exterior.

Cur. — Comprendo. Ocurre aquí lo mismo que al péndulo del reloj, al cual un resorte le comunica un ligero impulso a cada oscilación.

Rad. —Exactamente. Basta para ello poner el circuito oscilante en comunicación con otro circuito recorrido por una corriente alternada de frecuencia de resonancia o semejante. Eso puede efectuarse con acoplamiento por inducción (figura 22 a), o bien intercalando directamente el circuito oscilante en el otro circuito (figura 22 b).

Cur. — Creo que en ambos casos sólo una corriente de la frecuencia de resonancia es capaz de producir otra muy intensa en el circuito oscilante.



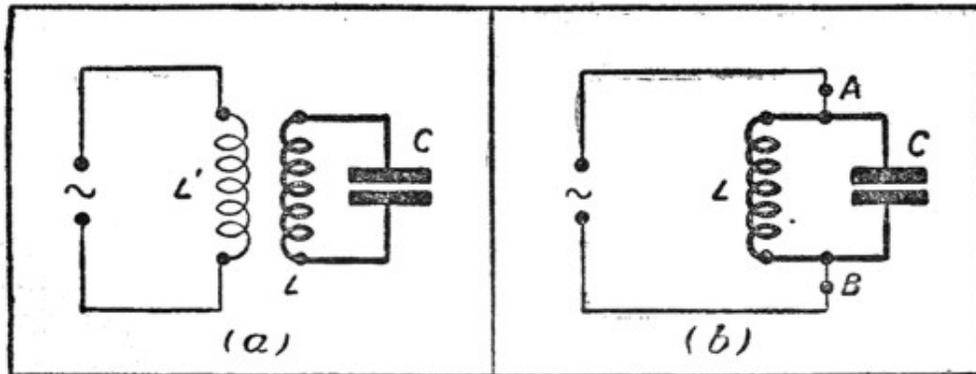


Figura 22. — El circuito oscilante LC recibe la energía, bien por inducción (en a), o directamente (en b).

Rad. — Está usted en lo cierto. Pero lo que es muy importante — y ruego a usted poner mucha atención—es que en el caso del sistema oscilante que aparece en la figura 22 b, el segundo circuito constituye una impedancia muy elevada para la corriente de resonancia.

Cur. — ¡Ahora sí que no lo comprendo! ¿No me había dicho usted hace un instante que para la corriente de resonancia la impedancia del circuito tiene un valor muy escaso?

Rad. — ¡Qué confusión!... Fíjese que tenemos aquí dos circuitos bien distintos. Uno, que aparece en trazos gruesos, es nuestro circuito oscilante; en cuanto al otro es el circuito recorrido por la corriente de la frecuencia de resonancia...

Cur. — ¿Pero de dónde viene esa corriente?

Rad. — Ya lo verá usted más tarde: de la antena o del circuito de placa. Pero no importa eso por ahora... Por el interior mismo del sistema oscilante circula una corriente por la cual la impedancia del circuito es muy débil. Fíjese usted ahora en el circuito de trazo fino. Las cosas cambian aquí de aspecto. Ese circuito no puede sino transmitir a cada período al circuito oscilante la débil cantidad de energía que éste habrá perdido durante ese corto instante. No puede, entonces, circular más que una corriente muy débil. Sacamos en conclusión que nuestro circuito oscilante juega, en cuanto al gran circuito, el papel de una impedancia elevada.

Cur. — Esto es terriblemente complicado. Sin embargo, creo haber comprendido...

Rad. — Atienda ahora una conclusión muy importante; puesto que el circuito oscilante constituye una fuerte impedancia para la corriente de resonancia del gran circuito, esa corriente origina, de acuerdo con la ley de Ohm, una fuerte tensión alternada en los bornes A y B del pequeño circuito.

Cur. — ¿Y qué ocurrirá si en lugar de la frecuencia de resonancia, tenemos una corriente de frecuencia diferente?

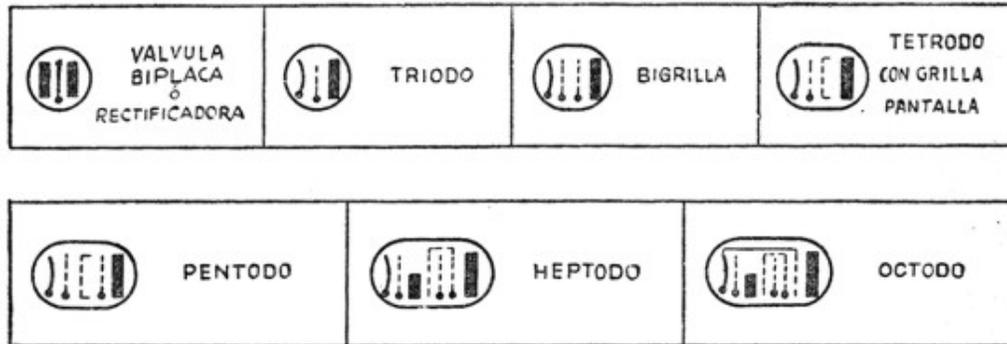
Rad. — En ese caso, las oscilaciones forzadas que van formándose en el circuito oscilante serán mucho más débiles, y, por el contrario, ofrecerá una impedancia mucho más débil para la corriente del gran circuito de la figura b. Tanto es así que si en el gran circuito pasan simultáneamente varias corrientes de frecuencias distintas, sólo la corriente de frecuencia de resonancia será capaz de crear en el circuito oscilante una corriente intensa, y en los bornes una tensión considerable. Usted puede, entonces, entre varias corrientes, seleccionar la que más convenga, esto es, la de la frecuencia de resonancia.



Cur. — Me gustaría saber de qué depende la frecuencia de resonancia cuando...

Rad. — Creo que por hoy usted estará próximo a saturarse, y sería mejor que dejáramos todo esto para una próxima oportunidad. En esa ocasión podremos, más descansados, dar término a todas estas nociones preliminares de los dominios de la electricidad general y abordar la técnica de radio propiamente dicha.

ALGUNOS SIMBOLOS UTILIZADOS EN LOS ESQUEMAS DE APARATOS DE RADIO



Comentarios a la quinta conversación

Resonancia eléctrica.

Avanzando las explicaciones de Radiol, hemos expuesto en nuestros comentarios la noción del desfase y demostrado que, pasando por una autoinducción, la corriente se halla retrasada con respecto a la tensión, mientras que se halla adelantada cuando pasa por una capacidad. Igualmente se hizo resaltar el hecho de que la autoinducción y la capacidad poseen propiedades opuestas y hemos dicho que cuando están conectadas en serie, la inductancia y la capacitancia se neutralizan recíprocamente.

Analicemos más cuidadosamente la impedancia de un tal conjunto (figura 18), en el cual se hallan conectadas en serie una bobina y un condensador, a su vez conectadas a los bornes de una fuente de tensión alterna. Admitamos, además, que podemos modificar a voluntad la frecuencia de la tensión alterna.

Si para una frecuencia dada, la inductancia es inferior a la capacitancia, será el efecto de la capacidad el que domine, vale decir que la corriente se hallará adelantada con respecto a la tensión y la impedancia del conjunto será igual a la capacitancia menos la inductancia (despreciando la resistencia óhmica).

Aumentemos ahora progresivamente la frecuencia. ¿Qué es lo que sucede? El aumento de la frecuencia tendrá por efecto aumentar el valor de la inductancia y

disminuir el de la capacitancia. Llegará, por lo tanto, un momento en que, para una frecuencia dada, la inductancia será igual a la capacitancia. Estos dos valores iguales, anulándose uno a otro, harán que la impedancia del conjunto sea nula. También el desfase será nulo, es decir que la corriente se hallará en fase con la tensión. Y, desde que la impedancia del conjunto es nula, la intensidad de la corriente (teóricamente al menos) será infinitamente elevada. (En realidad, el circuito posee siempre una cierta resistencia óhmica de manera que su impedancia no puede llegar nunca a ser cero y por lo tanto la corriente quedará limitada a un cierto valor.)

Si proseguimos aumentando la frecuencia, será la inductancia la que se hará superior a la capacitancia, con lo cual la corriente se hallará atrasada con respecto a la tensión y la impedancia comenzará nuevamente a aumentar.

Vemos, por lo tanto, que hay una sola frecuencia para la cual la impedancia, si bien no se hace nula, es mínima y la corriente máxima. Esta es la frecuencia de resonancia. Se dice también que para esta frecuencia la corriente se halla en resonancia con el circuito.

Descarga oscilante.

Se pueden observar los mismos fenómenos de resonancia conectando una bobina a los bornes de un condensador cargado (figura 19). Mientras que en una resistencia óhmica la corriente se descarga, debilita y se anula luego de un tiempo muy breve, en este caso observaremos, en cambio, una "descarga oscilante". La autoinducción, recordémoslo, se opone a la disminución de una corriente, prolongándola en cierta manera mediante una corriente de autoinducción que va en el mismo sentido. Esta corriente vuelve a cargar el condensador invirtiendo las polaridades de las armaduras. El condensador se descarga nuevamente (yendo ahora la corriente en sentido inverso), se vuelve a cargar bajo los efectos de la autoinducción y así sucesivamente. De esta manera circula por nuestro circuito una corriente alterna sin ninguna ayuda exterior de energía. Y no habría razón alguna para que este movimiento se detuviera... si no fuera porque nuestro circuito posee siempre una cierta resistencia óhmica en la cual se disipa poco a poco la energía inicial que estaba contenida en la carga del condensador.

Debido a esta pérdida progresiva de energía, cada oscilación subsiguiente es más débil que la precedente y, por último, habiéndose disipado toda la energía, la oscilación se detiene. Este era el mecanismo de las oscilaciones amortiguadas (figura 21 A), utilizadas antiguamente en radiotelegrafía, en las cuales cada descarga excitante era provocada por una chispa. Este método primitivo de ondas amortiguadas fue más tarde substituido por el empleo de las ondas entretenidas (figura 21 B). La corriente que las engendra es también una corriente alterna que nace en un circuito oscilante, que es como se le llama al circuito compuesto por un condensador conectado a los bornes de una bobina. Para evitar el debilitamiento progresivo de las oscilaciones, como es el caso con las ondas amortiguadas, será suficiente compensar las pérdidas de energía aportando externamente al circuito oscilante las dosis de energía necesarias y suficientes para mantener constante la amplitud de las oscilaciones.

Es preciso que este aporte o "reaprovisionamiento" se efectúe a la misma cadencia que las oscilaciones propias del circuito, las cuales, se sobreentiende, tienen lugar a su frecuencia de resonancia (para la cual la impedancia es mínima). Si los impulsos externos son inyectados al circuito oscilante a una frecuencia diferente de su frecuencia de resonancia, lejos de mantenerlas constantes se opondrán a las oscilaciones y, al final de cuentas, sólo obtendremos en el circuito una corriente muy débil.

Resonancia en serie y en paralelo.

Teniendo por objeto la fuente de tensión alterna el reaprovisionamiento de energía del circuito oscilante, se hallará acoplada al mismo ya sea por inducción (figura 22 a), ya sea directamente (figura 22 b). Si el circuito oscilante disipa poca energía (por ser reducida la resistencia óhmica u otras causas de pérdidas), se dice que se halla poco amortiguado. En tal caso, la energía que tomará de la fuente de tensión alterna será también pequeña (ya que es igual a la energía perdida que debe compensar). En consecuencia, cuanto menos amortiguado esté el circuito oscilante, menor energía tomará del circuito exterior que lo alimenta. Y he aquí que nos hallamos en presencia de una situación casi paradójica. Mientras en el interior del circuito la corriente alterna alcanza una gran intensidad (tanto más considerable

cuanto menor amortiguado esté el circuito), en el circuito exterior (indicado con trazo fino en la figura 22 b) la corriente es pequeña (tanto más pequeña, cuanto menos amortiguado esté dicho circuito). O también, y éste es otro aspecto del mismo fenómeno, la impedancia del circuito oscilante es muy pequeña para la corriente que circula dentro del mismo; en cambio, a la corriente del circuito exterior le opone una impedancia muy elevada. Todo esto, naturalmente, a la frecuencia de resonancia.

Si Radiol hubiera deseado hacer comprender mejor aun las cosas a Curiosus, hubiera ido a... la cocina en busca de una comparación oportuna, comparando el circuito oscilante a una cacerola llena de agua llevada a la ebullición. Si la cacerola pierde poco calor en el aire ambiente, la temperatura de ebullición puede ser mantenida con una llama muy débil (caso de un circuito de pocas pérdidas en el cual las oscilaciones son entretenidas por un pequeño aporte de energía). Pero si la cacerola pierde mucho calor, por ejemplo debido a que su superficie de refrigeración es muy extensa, se requerirá una llama intensa para mantener la ebullición. Es el caso del circuito oscilante fuertemente amortiguado.

Impedancia de un circuito oscilante.

Resumamos ahora las nociones que hemos adquirido sobre la resonancia. En el caso de la figura 18, nos hallamos en presencia de un condensador y de una bobina conectados en serie con la fuente de tensión. A la frecuencia de resonancia, este circuito en serie ofrece el mínimo de impedancia y la intensidad de la corriente es máxima.

En el caso de la figura 22 b, el condensador y la bobina se hallan conectados en paralelo con la fuente de tensión alterna. El circuito oscilante opone ahora a la fuente su impedancia máxima y deja pasar una corriente de intensidad muy reducida; no obstante, esta pequeña corriente es suficiente para entretener en el circuito oscilante una corriente de gran intensidad.

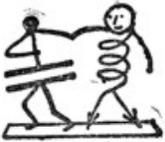
Se comprenderá, examinando este último caso, que las tensiones de frecuencias distintas a la de resonancia ya no gozarán más de las mismas propiedades. Las oscilaciones forzadas que engendrarán en el circuito oscilante

serán pequeñas y también será pequeña la impedancia que les opondrá el circuito oscilante.

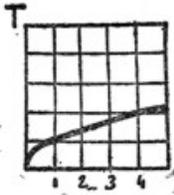
SEXTA CONVERSACIÓN

Las cinco conversaciones precedentes han permitido a Curiosus (y a usted, amigo lector) estudiar y asimilar las nociones indispensables de electricidad general. Ahora, a instancias de Radial, Curiosus va a abordar el estudio de la radio. Basados en la anterior conversación, ambos amigos examinan el problema de la selectividad y sintonía de los circuitos oscilantes.

Curiosus y las matemáticas



Radial. — La última vez, al separarnos, usted iba a preguntarme, creo, de qué factores depende la frecuencia de resonancia de un circuito oscilante.



Curiosus. — En efecto; pero luego reflexionando sobre el tema creo haber hallado la solución. Primeramente, un circuito oscilante no consta más que de un condensador y un bobinado. Entonces, forzosamente, su frecuencia propia no puede depender de otra cosa que de la capacidad y la autoinducción.



Rad. — No es necesario ser Sherlock-Holmes para llegar a esa conclusión...



Cur. — Cierto, pero voy a ir más lejos... En lo que concierne a la capacidad, cuanto más grande es, más duración tendrá cada carga y descarga. Del mismo modo, cuanto más grande es la autoinducción, más se opone a cualquier variación de la corriente y, en consecuencia, disminuyen las oscilaciones. En resumen, el período de las oscilaciones propias de un circuito crece a medida que la capacidad y la autoinducción aumentan.



Rad. — Y, en consecuencia, la frecuencia disminuye al mismo tiempo... Felicito a usted, amigo Curiosus: su razonamiento es excelente. Conviene agregar, ahora, que la frecuencia (y el período) no varían tan rápidamente como la capacidad o la autoinducción. Si a usted le gustan las matemáticas, puedo decir también que el período es proporcional a la raíz cuadrada de la capacidad y de la autoinducción⁷.

Cur. — Usted sabe que las matemáticas no simpatizan conmigo y que ese sentimiento es compartido... Por otra parte, además, aun a riesgo de aparecer ingrato, no hallo qué utilidad pueden tener para la radiotelefonía todas esas cuestiones de circuitos oscilantes...

Los anillos del humo del cigarrillo

Rad. — Ya le expliqué en nuestra segunda conversación que cuando en un cable vertical, denominado antena, circula una corriente de alta frecuencia...

Cur. —...ondas electromagnéticas se desprenden y se propagan como los anillos del humo del cigarrillo, que se alargarán a la velocidad loca de 300.000 km por segundo.

Rad. — Perfectamente. Veo que la memoria no le falla. Ahora bien, ¿qué pasa cuando en su largo trayecto esas ondas encuentran otro cable vertical?

Cur. — Me parece que puedo aplicar aquí el principio de la reversibilidad de los fenómenos y deducir que los anillos originarán en el cable hallado corrientes de alta frecuencia.

Rad. — Así es. Y para llamar a las cosas por su verdadero nombre, diremos que las ondas originan en la antena de recepción



⁷ Conociendo la autoinducción L y la capacidad C, se determina fácilmente el período T mediante la fórmula de Thomson:

$$T = 2\pi\sqrt{LC}$$

en donde p = 3,14... Pero Curiosus no quiere fórmulas...

una corriente análoga a la que circula en la antena emisora. Será, ciertamente, mucho más débil, pues a medida que recorren espacio, las ondas se debilitan.

Cur. — Lo mismo que los anillos del humo del fumador, que se alargan.

Curiosus teme electrocutarse

Rad. — Piense ahora en una cosa bastante grave. A cada instante hay en el mundo entero millares de estaciones en funcionamiento.

Cur. — Usted no pretenderá que todas esas emisoras originen al mismo tiempo corrientes en el extremo de ese hilo vertical...

Rad. — Sí, señor. Y hasta usted mismo, que constituye un conductor, bastante imperfecto, es recorrido a cada instante por la corriente de esas estaciones.

Cur. — Eso es muy peligroso. Mejor no me lo hubiera dicho. Sin embargo, yo no siento nada...

Rad. — Pero hay que aclarar que esas corrientes son muy débiles. Por otra parte, mientras la corriente alternada o continua, pero de baja frecuencia, se propaga a través de toda la sección del conductor, la corriente de alta frecuencia sólo recorre la superficie del mismo. Este fenómeno se conoce con el nombre de efecto pelicular.

Cur. — Esto me tranquiliza un poco...; pero hay otro punto que aun me confunde. Puesto que la antena recoge la corriente de todas las estaciones en funcionamiento forzosamente ha de producirse en los aparatos una mezcla de cuanto se transmite, y yo, francamente, no veo qué ventaja hay en captar simultáneamente estaciones de la China, de Roma, Nueva York, Río de Janeiro...

La selectividad

Rad. — Usted sabe muy bien que no ocurre tal cosa. Los radiorreceptores son selectivos, es decir, pueden captar de entre todas las emisiones que llegan a la antena, únicamente la que convenga a nuestros propósitos.

Cur. — ¿De qué manera?

Rad. — Mediante uno o varios circuitos oscilantes. La antena, en tal caso, estará acoplada por inducción (figura 23) con un circuito oscilante. Volvemos,

precisamente, al caso que habíamos examinado en nuestra última conversación. De todas las corrientes que circulan en la antena, sólo aquella que tenga la frecuencia de resonancia del circuito oscilante L-C inducirá corrientes que originarán entre los puntos A y B una cierta tensión alternativa.

Cur. — Entonces, si no he entendido mal, las diferentes estaciones emisoras deben tener forzosamente su frecuencia propia.

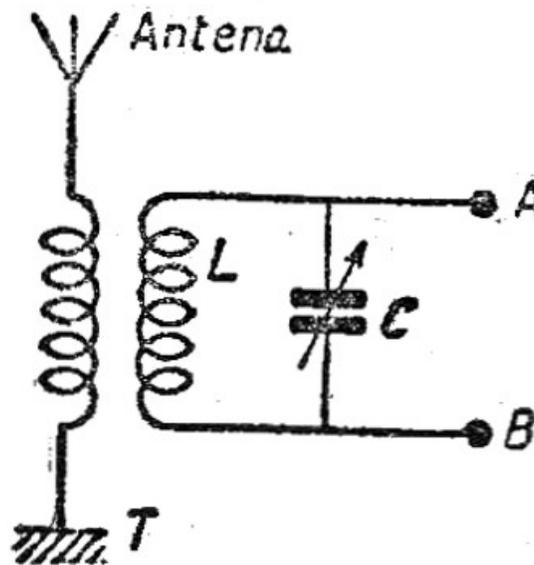


Figura 23.

Rad. — En efecto; la frecuencia representa para cada emisora, lo mismo que el número telefónico para cada abonado.

Cur. — Pero si en el circuito oscilante no puede haber más que una frecuencia de resonancia, ¿cómo se explica que podamos escuchar las diversas emisoras?

Rad. — Simplemente, sintonizando las diferentes frecuencias. Para cambiar la frecuencia de resonancia basta modificar, ya sea la autoinducción o la capacidad del circuito. ¿No ve usted que en la figura el condensador está atravesado por una flecha? En los esquemas, la flecha indica, comúnmente, que el valor del instrumento es variable. En la práctica nos servimos de un condensador de capacidad variable, o, como se dice vulgarmente, de un "condensador variable".

Cur. — En resumen, tenemos, entonces, en la antena numerosas corrientes de frecuencias diversas. Modificando la capacidad del condensador variable es

posible pescar por vez una sola en el circuito oscilante. Tenemos, entonces, entre los puntos A y B una tensión alternada y... ¿qué hacemos ahora?...

Rad. — Esa tensión es generalmente muy débil. Es necesario amplificarla antes de cualquier otro tratamiento... Para ello se recurre a lámparas especiales, cuyos misterios le explicaré más adelante.

Comentarios a la sexta conversación

Fórmula de Thomson.

El período propio, o período de resonancia, de un circuito aumenta con el aumento de la autoinducción o de la capacidad. Esto resulta perfectamente lógico, desde que todo lo que hemos aprendido con respecto a estas dos magnitudes demuestra que su aumento sólo puede retardar las oscilaciones.

Las pocas fórmulas que hemos establecido en nuestros comentarios, nos permitirán deducir la fórmula de la resonancia sin confiarnos a acrobacias matemáticas peligrosas.

Tal como hemos visto, la resonancia tiene lugar cuando la inductancia se hace igual a la capacitancia para una cierta resonancia. Tratemos de determinar esta frecuencia estableciendo la igualdad enunciada.

La inductancia, como ya lo dijéramos, es igual a $6,28 f L$, donde f es la frecuencia y L la autoinducción (en henrios).

De la misma manera, la capacitancia es igual a:

$$\frac{1}{6,28 f C}$$

donde C es la capacidad (en farads).

Nuestra igualdad quedará expresada, por lo tanto, de la siguiente manera:

$$6,28 f L = \frac{1}{6,28 f C}$$

Tenemos ahora lo que se llama una ecuación. No resultará difícil determinar a qué es igual f , es decir la frecuencia que buscamos. A tal efecto, multipliquemos los dos términos (valores iguales reunidos por el signo =) por f y dividámoslos por $6,28L$. Obtendremos en tal caso:

Y, para finalizar, extraigamos la raíz cuadrada de ambos términos, con lo cual nos quedará:

$$f = \frac{1}{6,28 \sqrt{L C}}$$

Como el período T es el inverso de la frecuencia f , podremos escribir igualmente:

$$T = 6,28 \sqrt{L C}$$

Y aquí tenemos ya la fórmula de Thomson, establecida con todo el rigor matemático deseado... más o menos. Y decimos más o menos, porque hemos despreciado la resistencia óhmica, la cual interviene, en realidad, sobre todo si es de valor importante. Pero en los circuitos empleados en radio nos esforzamos, por otra parte, por reducir la resistencia óhmica al mínimo. Por lo tanto, en la práctica, la fórmula que acabamos de establecer resulta perfectamente válida.

La misma nos demuestra, entre otras cosas, que si aumentamos la capacidad (o la autoinducción) 4, 9, 16 ó 25 veces, el período no aumentará más que 2, 3, 4 ó 5 veces respectivamente (y por lo tanto la frecuencia disminuirá de la misma manera).

Selectividad.

El fenómeno de la resonancia ofrece en radio la preciosa posibilidad de seleccionar entre las numerosas emisiones realizadas a frecuencias diferentes,

aquella que deseamos recibir. Es gracias a su selectividad que los receptores no reproducen simultáneamente todas las emisiones cuyas ondas agitan el éter y engendran corrientes de alta frecuencia en la antena de recepción.

Circuitos oscilantes en número más o menos elevado (un receptor de modelo corriente comprende generalmente unos cinco), dispuestos en los puntos apropiados de los circuitos eléctricos del receptor, permiten no dejar pasar más que la frecuencia característica de un emisor con exclusión de todas las demás.

Es así como un circuito oscilante, dispuesto en la antena, dejará pasar fácilmente hacia tierra todas las corrientes de diferentes frecuencias, menos la de su frecuencia de resonancia. Oponiendo a esta última una impedancia elevada, se formará, por lo tanto, a los bornes del circuito oscilante una tensión alterna que será transmitida a través de la serie de circuitos de utilización del receptor.

De la misma manera, si el circuito oscilante se halla acoplado a la antena por inducción, como en la figura 23, solamente las corrientes de la frecuencia de resonancia provocarán una corriente importante en el circuito oscilante y harán aparecer una tensión alterna entre sus bornes A y B.

Ajuste de los circuitos.

Para poder elegir la emisión, se hace necesario poder variar la frecuencia de resonancia de los circuitos oscilantes o, como se suele decir, sintonizarlos a diferentes frecuencias (se dice igualmente circuito sintonizado para designar un circuito oscilante sintonizado a la frecuencia del emisor).

La sintonización de los circuitos se lleva a cabo variando el valor de uno de sus componentes: autoinducción o capacidad. Para poder cubrir toda una "gama" de diferentes frecuencias sin ningún "pozo", es decir para cambiar progresivamente la sintonía sobre una cierta extensión de frecuencias, resulta generalmente más cómodo recurrir al cambio de la capacidad; esto se lleva a cabo con la ayuda de los condensadores variables, que comprenden una armadura fija y una armadura móvil. Cada una de estas armaduras se compone de varias láminas, estando intercaladas las láminas móviles entre las fijas y las primeras montadas todas sobre un eje. La rotación de este eje hace salir las láminas móviles más o menos de entre las láminas fijas, lo cual tiene por efectos disminuir más o menos la superficie

enfrentada de las armaduras y, en consecuencia, la capacidad misma del condensador.

Para que la sintonía pueda ser realizada con precisión, el movimiento de la perilla de gobierno es desmultiplicado con la ayuda de un mecanismo apropiado, denominado desmultiplicador (por ejemplo, un sistema de engranajes), de manera que se requieren varias vueltas de la perilla para hacer recorrer a las láminas móviles todo su curso útil.

El eje del condensador variable comanda al mismo tiempo el movimiento de una aguja que se desplaza frente a una escala calibrada en frecuencias (o bien en longitudes de onda), correspondiendo, por lo tanto, la indicación de las posiciones de sintonía a las principales estaciones de radiodifusión.

Los condensadores variables más usuales son de $0,5 \mu\text{F}$ ($500 \mu\mu\text{F}$) o capacidades menores.

En la posición extrema, en la cual las láminas móviles salen fuera de las láminas fijas, queda siempre, sin embargo, una cierta capacidad entre las armaduras. Se llama capacidad residual a esta capacidad mínima. Según la construcción del condensador, la capacidad residual puede variar entre 10 y $25 \mu\mu\text{F}$.

Veremos más adelante que también se recurre a la variación de la autoinducción para la sintonía; la autoinducción no es variada progresivamente, como la capacidad, sino por puntos, y estas variaciones sirven para pasar de una gama de ondas a la otra.

SÉPTIMA CONVERSACIÓN

Para entrar en los dominios de la radio es indispensable, ante todo, conocer la válvula de varios electrodos, que es hoy la utilizada en todos los aparatos radioeléctricos. Del todo fiel a su promesa, Radiol entra de lleno en el tema, exponiendo primero las propiedades de las válvulas más sencillas: el diodo y el triodo (dos y tres electrodos, respectivamente). Curiosus aprende así la función del cátodo, del ánodo y de la grilla.

Curiosus se documenta



Curiosus. — Como usted me prometió la última vez hablarme de las lámparas de radio, yo me he preparado un poco por mi cuenta. Consultando un diccionario, he aprendido que también se llaman "lámparas electrónicas".



Radiol. — ¡Muy bien, Curiosus! Me complace su preocupación. Para ampliar los datos que le ha proporcionado su lectura, le diré que los electrones juegan, efectivamente, un papel muy importante en esas lámparas.



Cur. — Creo que no se burlará de mí. ¿Qué hacen los electrones en las lámparas?



Rad. — Son emitidos por el cátodo, y después de atravesar el vacío y varias grillas que encuentran al paso son atraídos por el ánodo.



Cur. — De peor en peor... Cátodo, ánodo, grilla... Como si me explicara en sánscrito el cálculo integral...

Rad. — Entonces comencemos por el principio. ¿Sabe usted qué es el calor?

Cur. — Mi libro de física explica en sus nociones que el calor no es otra cosa que el movimiento rápido y desordenado de las moléculas, es decir, de las partículas elementales de un cuerpo.

Rad. — Y ¿qué les ocurrirá a los electrones de las moléculas de un cuerpo caliente?

Cur. — Yo creo que esos electrones pueden compararse a los viajeros que van en un automóvil que marcha vertiginosamente en zigzag. Los electrones viajeros son sacudidos y deben, por lo tanto, sufrir...

Rad. — La ciencia no posee hasta ahora datos acerca del estado moral de los electrones... Pero usted acierta al decir que los electrones son sacudidos fuertemente. Supóngase que la temperatura del cuerpo sea muy elevada...

Cur. — En este caso, el movimiento de las moléculas-automóvil vuélvese tan rápido y desordenado, que los electrones viajeros, muy a pesar suyo, se verán proyectados afuera.

Rad. — Eso es lo que se denomina, la emisión electrónica de un cuerpo. Lleve a la incandescencia un hilo metálico y éste despedirá una cantidad de electrones. Ahora bien, existen ciertos óxidos de metales en los cuales la emisión electrónica da comienzo a una temperatura relativamente baja.

Cur. — Debe ser que en esos óxidos los viajeros no se prenden bien a sus vehículos. Pero dígame usted, ¿de qué medio se vale para calentar el metal a fin de obtener la emisión electrónica?

Rad. — Todas las fuentes de calor pueden ser utilizadas: el gas, el carbón, el petróleo, la electricidad.

Cur. — Casi me hace reír. No sabía que hubiera lámparas de radio calentadas a petróleo...

Rad. —Prácticamente se calientan siempre los cátodos (se denomina así en una válvula al electrodo que origina la emisión electrónica) con la corriente eléctrica. Pero esa corriente de calentamiento tiene aquí un papel secundario y puede, en consecuencia, ser reemplazada por otra fuente cualquiera de calor. En las lámparas modernas (figura 24) nos encontramos con un filamento calefactor análogo al de las lámparas de alumbrado, y que puede ser llevado a la incandescencia por medio de una corriente (continua o alternada, es indiferente). Ese filamento está envuelto por un cilindro de porcelana, que transmite el calor a otro tubo de níquel que lo contiene a su vez. En fin, la superficie externa del tubo de níquel se halla recubierta de una capa emisiva, compuesta de diferentes óxidos, que es lo que constituye el cátodo propiamente dicho.

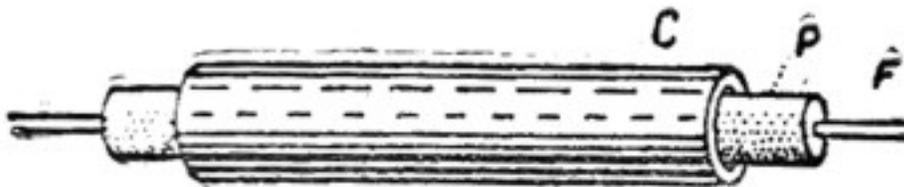
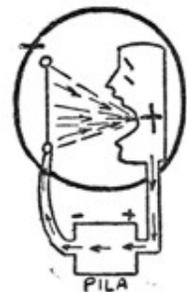


Figura 24. — Cómo está formado el cátodo: F, filamento, P, cilindro de porcelana, y C, tubo de níquel recubierto de una substancia a base de óxidos.

Cur. — Eso viene a parecerse a un brasero eléctrico, sobre el cual hubiera una pava con agua, de cuyo vapor escaparían los electrones.

Rad. — La comparación no es mala. Pero piense que nuestros electrones escapados del cátodo no podrán ir muy lejos si en el trayecto encuentran moléculas de aire. Para permitir, pues, que corran libremente, se sitúa el cátodo en una ampolla de cristal, en la que se ha hecho el vacío.

Cur. — ¿Pero dónde quiere usted que vayan los electrones?

He aquí el diodo...

Rad. — Los electrones hallan en la ampolla una especie de cepo. Este está constituido por un cilindro colocado a cierta distancia, alrededor del cátodo, y cargado positivamente mediante la energía de una pila.

Cur. — Creo ahora adivinar lo que sucede. Los electrones, siendo partículas negativas de electricidad, serán atraídos por el cilindro cargado positivamente, y se establecerá una corriente de electrones del cátodo al cilindro.

Rad. — El cilindro en cuestión se llama ánodo o placa, y la corriente que va del cátodo al ánodo, la cual después de atravesar la batería vuelve al cátodo, se denomina corriente anódica o corriente de placa. Usted puede descubrir su presencia con el auxilio de un miliamperímetro conectado en el circuito de placa (figura 26).

Cur. — Es admirable eso de que los electrones se desplacen así en el vacío... Pero, dígame, si por distracción conecto la batería a la inversa, es decir, haciendo el cátodo positivo y el ánodo negativo, ¿los electrones irán entonces, de éste a aquél?

Rad. — Nada de eso, por cuanto estando el ánodo frío no emitirá electrones.

Cur. Entonces nuestra lámpara es con respecto a los electrones una calle de una sola mano.

Rad. — Sí, pero en nuestro lenguaje, a esa lámpara de dos electrodos (diodo) se la llama válvula electrónica (figura 25).

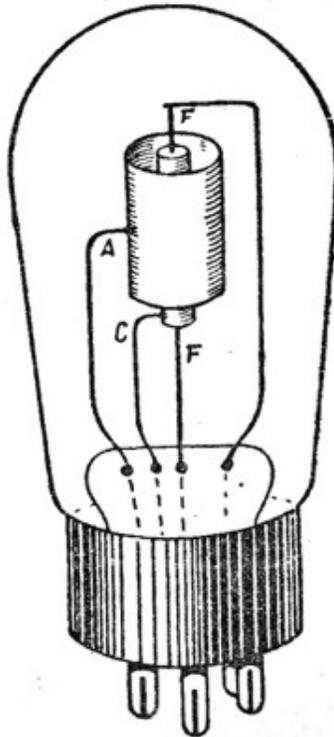


Figura 25. — El diodo, o válvula de dos electrodos. *F*, filamento; *C*, cátodo, y *A*, ánodo.

Cur. — Creo que la corriente en un diodo debe ser muy débil.

Rad. — Está en lo cierto, por lo menos en lo que se refiere a válvulas de recepción. La corriente, en este caso, raramente pasa de unas decenas de miliampere.

Cur. — ¿Y de qué factores depende esa corriente?

Rad. — Ante todo, de la tensión aplicada entre el ánodo y el cátodo: cuanto mayor es esa tensión, tanto más grande será la intensidad de la corriente.

Cur. — Me parece bien, por cuanto si la atracción del ánodo se hace poderosa, mayor será el número de electrones que acudirá a él.

Rad. — Pero ese fenómeno tiene su límite, pasado el cual, aun aumentando la tensión, la intensidad de la corriente no crecerá más (figura 27).

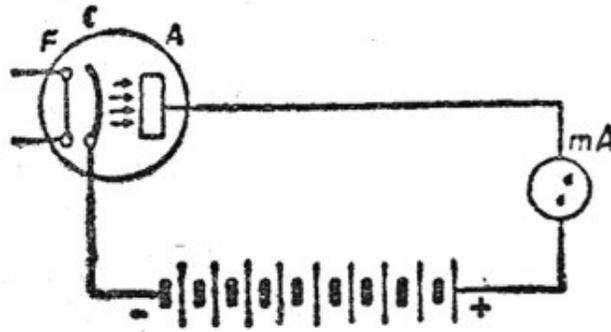


Figura 26. — El miliamperímetro mA permite medir la corriente que pasa del cátodo C al ánodo A.

Cur. — ¿Y por qué?

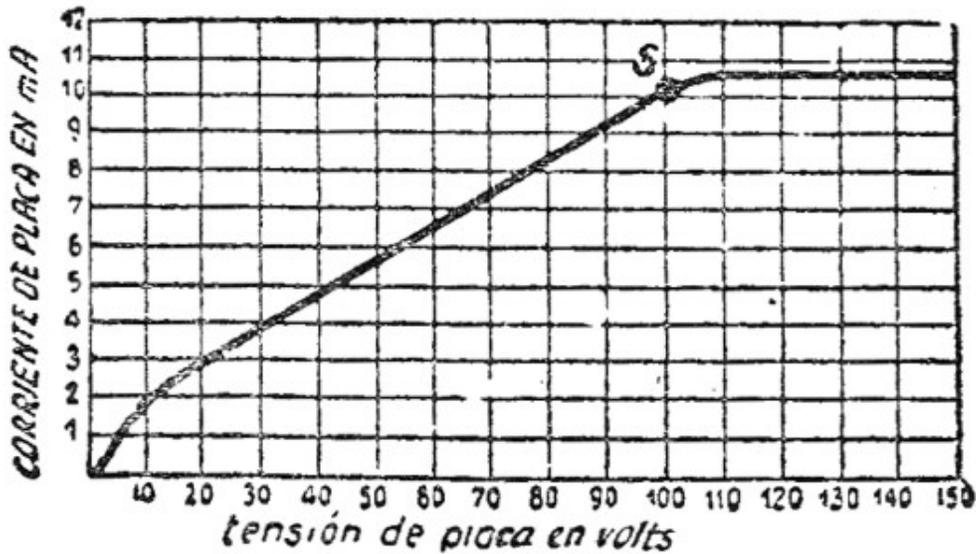


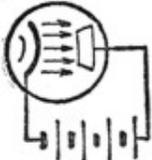
Figura 27. — Curva que muestra la variación de la corriente de placa en función de la tensión de la misma. A partir de S empieza la saturación.

Rad. — Porque para determinada tensión, todos los electrones emitidos por el cátodo habrán sido atraídos por el ánodo. Habremos llegado como se dice, a la corriente de saturación, o, de otro modo, a la corriente máxima a que el cátodo puede dar lugar.

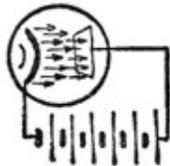
Curiosos descubre la América



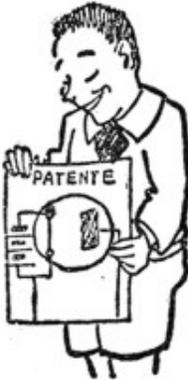
Cur. — Evidentemente, el mejor cátodo del mundo no puede dar más que lo que tiene... Pero, a propósito de los cátodos, me asalta una idea formidable. Hasta creo que podré sacar patente...



Rad. — ¿Y cuál es ese invento sensacional?

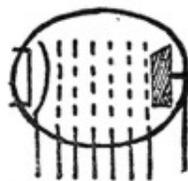


Cur. — Yo creo que se podría simplificar mucho la estructura del cátodo, reuniendo en un solo elemento, el filamento calefactor y la superficie emisora de electrones. Sería suficiente hacer circular la corriente de calentamiento a través de un hilo cuyo metal tuviera buenas propiedades emisoras. En esas condiciones el mismo filamento, una vez conectado, emitiría electrones y constituiría el cátodo más simple que pueda imaginarse.



Rad. — ¡Mis felicitaciones, amigo Curiosus! Usted acaba de inventar el cátodo a calentamiento directo, que, en efecto, es mucho más simple que el cátodo de calentamiento indirecto, cuya composición le expliqué. Pero su invención llega un poco tarde. Las válvulas de calentamiento directo precedieron en mucho a las de calentamiento indirecto. En la actualidad, aquellas válvulas sólo se utilizan en algunos receptores de radio alimentados a baterías y en otros casos que tal vez veremos más adelante.

Cur. —Decididamente, he nacido muy tarde y ya no queda nada por inventar.



En el laberinto de las grillas

Rad. — Al contrario, pues en el dominio de las válvulas hay mucho que hacer. En estos años últimos, los nuevos tipos de válvulas se han sucedido con rapidez vertiginosa. Aumentando el número de grillas, su forma y su disposición, los técnicos han llegado a construir válvulas muy interesantes.

Cur. — ¿Y para qué sirven esas famosas grillas de que usted me habla?

Rad. — Las grillas — verdaderos enrejados metálicos, de mallas más o menos tupidas, están situadas en el trayecto de los electrones entre el cátodo y el ánodo. Desde el punto de vista puramente geométrico, apenas constituyen un obstáculo al paso de los electrones. Pero hallándose más cerca del cátodo que 'del ánodo, ejercen sobre la corriente de electrones una influencia mucho más grande que el ánodo.



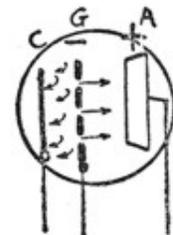
Cur. — No veo esto muy claro. ¿De qué clase de influencia me habla usted?

Rad. — De la influencia de la tensión de grilla sobre la intensidad de la corriente anódica. Tomemos la válvula más simple (aparte del diodo): la que integra una sola grilla, y que con el cátodo y el ánodo completa tres electrodos solamente. Se la llama triodo. Después de los modernos heptodos, «todos, etc., aquélla ya figura entre los antepasados...



Cur. — Preferiría que me hablara primero del triodo. Los electrones quizá sean suficientemente inteligentes para encontrar su camino entre un enjambre de electrodos, pero yo encuentro esto terriblemente complicado.

Rad. —Usted verá más tarde que en realidad es todo muy sencillo... Para demostrarle en un triodo la influencia que ejerce la grilla sobre la corriente anódica, conecto entre el cátodo y la grilla una pequeña batería Bg, de modo que aquél tome el punto medio (figura 28). Así podré aplicar a la grilla tensiones negativas (conectando a la izquierda del punto medio), o bien positivas (conectando a la derecha de la toma control). De esta suerte podré variar la tensión de grilla, con respecto al cátodo, de -2 a $+2$ volts. Podré hacer variar, asimismo, la tensión de placa que suministra la batería Ba de la que el polo negativo está conectado a cátodo.



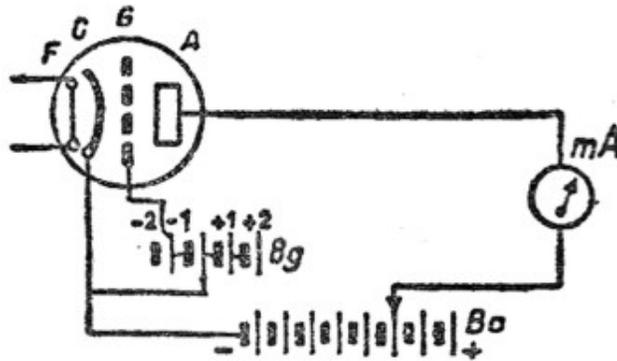


Figura 28. — He aquí un circuito que permite comparar las influencias relativas de las tensiones de grilla y ánodo con respecto a la corriente de éste. La batería de grilla Bg y la de placa Ba son a tensiones variables, lo que permite modificar éstas a voluntad.

Cur. — Veo que para la placa usa usted una batería de 120 volts, mientras que para la grilla utiliza una de sólo 4 volts. ¿Por qué?

Rad. — Muy sencillo; porque, como usted lo comprenderá dentro de un instante, las más débiles variaciones de la tensión de grilla producen sobre la corriente anódica el mismo efecto que las fuertes variaciones de la tensión de placa. Compruébelo usted mismo. Demos al ánodo A, 80 volts y a la grilla — 2 volts. ¿Cuál es la corriente que nos registra el miliamperímetro mA?

Cur. — Un miliampere.

Rad. — Bien; ahora doy a la grilla — 1 volt, es decir, aumento su potencial en un volt. La corriente de placa es ahora de 4 miliamperes. Hay un aumento, pues, de 3 miliamperes para una variación de un volt en la tensión de grilla.

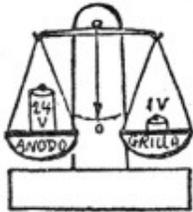
Cur. — Creo que eso se debe a que al ser menos negativa la grilla, rechaza menos enérgicamente los electrones que escapan del cátodo.

Inclinación y coeficiente de amplificación

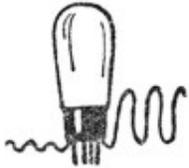
Rad. — Evidentemente. Le diré de paso que el incremento que experimenta la corriente anódica al aumentar en un volt la tensión de grilla, se denomina inclinación de la válvula, y se mide en miliamperes por volt (mA-V). Así, la inclinación de nuestro triodo es de 3 mA-V, porque al aumentar en un volt la tensión de grilla hemos elevado en 3 miliamperes la corriente de placa.

Cur. — Pero, de acuerdo con lo que usted había señalado anteriormente, podemos, asimismo, elevar la corriente de placa aumentando la tensión anódica.

Rad. — Allá voy. Volvamos a la tensión — 2 volts de grilla y ensayemos ahora un aumento de la corriente de placa hasta alcanzar el mismo valor de 3 miliamperes, pero operando con la corriente anódica. Para ello me veo obligado a pasar de los + 80 a los + 104 volts, es decir, aumentar esa tensión en 24 volts si quiero conseguir los mismos efectos que obtenía con la variación de un volt en la tensión de grilla.



Cur. — Ahora comprendo claramente lo que usted quería significarme al decirme que las variaciones de grilla tienen una influencia sobre la corriente anódica mucho mayor que la corriente de placa. En una palabra, cuando la grilla murmura un débil llamamiento a los electrones, es cuando la placa los llama a pleno pulmón.



Rad. — Ni más ni menos. Y la cifra que registra cuántas veces la variación de la tensión de placa es superior a la variación de la tensión de grilla, para producir el mismo efecto, se llama coeficiente de amplificación de la válvula.

Cur. — Comprendo. Hemos debido modificar la tensión de placa en 24 volts para obtener una variación de corriente anódica de 3 miliamperes. Por otra parte, la misma variación fue obtenida con sólo un volt sobre la grilla. Por consiguiente, la variación de la tensión de placa es 24 veces más grande que la de grilla. Nuestro coeficiente de amplificación es, pues, 24.

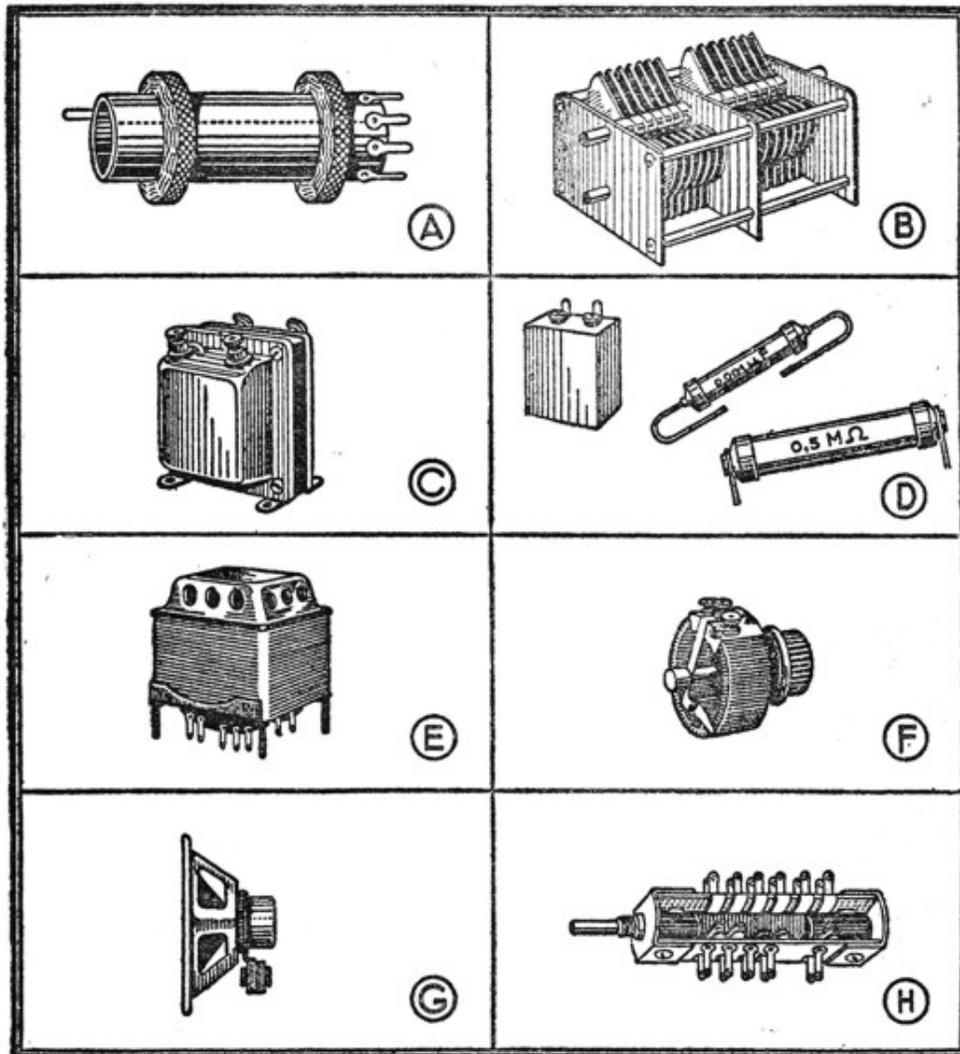
Rad. — Perfectamente. Veo que me ha comprendido. Ahora bien, a propósito de todo cuanto hemos estudiado hoy, usted debe fijar esta importante conclusión: Las débiles variaciones de la tensión de grilla provocan fuertes variaciones de la corriente de placa.

Cur. — Empiezo a comprender que es por eso que las válvulas pueden amplificar.



Rad. — Está usted en lo cierto.

ALGUNOS ACCESORIOS UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCION DE APARATOS



A, bobina de alta frecuencia. B, condensador variable (doble tándem). C, transformador de baja frecuencia. D, condensadores y resistencia fijos. E, transformador de alimentación. F, potenciómetro. G, altoparlante electrodinámico. H, llave de cambio.

Comentarios a la séptima conversación

Válvulas electrónicas.

Hasta el presente, nuestros jóvenes amigos evolucionaban, no sin cierta curiosidad, en el dominio de la electricidad general. Reconozcamos que, entre las diversas leyes que la rigen, Radiol ha efectuado una selección prudente, a fin de no llenar el cerebro de Curiosus con nociones que no le serían de utilidad inmediata en el estudio de la radio.

Pero abordando el estudio de las válvulas electrónicas, nuestros amigos han entrado de lleno en el dominio de la radio propiamente dicha, desde que toda la técnica de las comunicaciones inalámbricas se basa actualmente en el empleo de estas válvulas. Por otra parte, sus aplicaciones están muy lejos de limitarse a la radio; se las halla, hoy en día, en todas las ramas de la ciencia y de la técnica, extendiéndose día a día el campo de sus aplicaciones.

¿De qué se compone una válvula electrónica (o lámpara, o tubo, como también se las llama)?

Exteriormente es una ampolla fijada sobre una base aislante, premunida de varios contactos en forma de fichas, de patitas o de bornes. La ampolla propiamente dicha está hecha de vidrio o bien de acero, como en las válvulas de creación reciente (válvulas metálicas). Su cualidad esencial es la de ser perfectamente impermeable a los gases, puesto que en su interior se practica un vacío lo más riguroso que sea posible. Este vacío es indispensable para asegurar a los electrones un fácil paso en el interior de la ampolla. En presencia del aire, los electrones chocarían constantemente con las moléculas, quedando interrumpido su flujo y, lo que sería aun más grave, las moléculas de aire saldrían de estas colisiones eléctricamente cargadas (se dice que quedan "ionizadas"), perturbando así el funcionamiento normal de las válvulas.

En el interior de la ampolla hallamos un de electrodos más o menos complejo. Cualquiera que sean estos electrodos, se requieren por lo menos dos para hacer circular los electrones: el cátodo y el ánodo.

El cátodo y su calentamiento.

El cátodo tiene por función proyectar electrones en el espacio. Esta emisión electrónica se obtiene llevando un cuerpo a una temperatura muy elevada. No todos

los cuerpos poseen en igual medida este poder emisor; ciertos de ellos se prestan mejor que los demás, como es particularmente el caso de los óxidos de bario o de estroncio. La calefacción del cátodo se efectúa mediante la ayuda de una corriente eléctrica continua, o alterna, que pasa a través de un alambre resistivo llamado filamento y comparable con el filamento de las lámparas de alumbrado. El cátodo está compuesto de una mezcla de óxidos que recubren un cilindro de níquel, el cual rodea, a su vez, el filamento. La aislación entre el cátodo y el filamento queda asegurada por una capa de material aislante refractario (cilindro de porcelana en los tipos antiguos de válvulas).

Esta es la composición relativamente complicada de los cátodos a calefacción indirecta. No obstante, las funciones de calefactor (filamento) y de emisor de electrones (cátodo propiamente dicho) pueden ser asumidas por el mismo filamento, convenientemente tratado a fin de incorporar en él los materiales emisores. En tal caso nos hallamos en presencia de válvulas de calefacción directa. Todas las válvulas de tipos anteriores al año 1930 pertenecían a esa categoría.

Conviene insistir sobre el papel completamente auxiliar que desempeña la corriente de calefacción, la cual tiene por única misión la de desarrollar el calor que, requiere el cátodo para desprender los electrones. No solamente se podría hacer uso de otras fuentes de calor (calefacción con gas, esencias, etc.), sino que hasta podrían utilizarse cátodos sin calefacción. En las células fotoeléctricas, por ejemplo, corrientemente empleadas en televisión, el cátodo se compone de una capa de material alcalino, el cual emite electrones cuando inciden sobre él rayos luminosos. Podría ser, también, que un estudio de los cuerpos radioactivos nos proporcionara un cátodo de emisión potente que no requiriera calefacción.

El diodo.

El efecto de emisión electrónica, descubierto por Edison no habría servido de gran cosa si, en 1904, Fleming no hubiera tenido la idea de disponer cerca del cátodo un segundo electrodo, el ánodo o placa, positivo en relación al cátodo. Los electrones proyectados en el espacio por el cátodo son atraídos por el ánodo. Y si una fuente de corriente continua mantiene el ánodo positivo con respecto al cátodo, se establece una corriente, llamada corriente anódica o corriente de placa. Partiendo

del cátodo, los electrones pasan a través del vacío de la válvula y alcanzan el ánodo; luego, a través del circuito exterior que comprende la fuente de tensión, los electrones vuelven al cátodo (figura 26). Esta válvula (llamada diodo), nos permite "ver" por primera vez la corriente eléctrica en su estado "puro"; y vemos bien claro que los electrones van del negativo al positivo, vale decir, en sentido contrario al sentido convencional adoptado antiguamente para la circulación de la corriente eléctrica.

Notemos que en el diodo la corriente no puede ir más que en un solo sentido: del cátodo al ánodo. Si hiciéramos negativo al ánodo con respecto al cátodo, desaparecerían las condiciones anteriores. Los electrones serían rechazados por el ánodo y este último, como está frío, no emite electrones que sean capaces de ser atraídos por el cátodo. Por lo tanto, nuestro diodo es una verdadera válvula. Se concibe así fácilmente que una tensión alterna aplicada entre sus dos electrodos dará lugar a una corriente unidireccional que, pasando durante el semiperíodo que hace positivo al ánodo, se interrumpirá durante el otro semiperíodo. Esta facultad del diodo de "rectificar" la corriente alterna es utilizada, como veremos más adelante, para la detección y para la alimentación de los receptores que funcionan con la línea de corriente alterna.

Como en toda resistencia, la intensidad de la corriente anódica del diodo depende de la tensión aplicada entre el cátodo y ánodo (tensión anódica), obedeciendo aproximadamente a la Ley de Ohm. La corriente aumenta proporcionalmente al aumento de la tensión, pero solamente hasta un cierto valor; un aumento ulterior de la tensión ya no traería aparejado ningún aumento correspondiente de corriente, debido a que todos los electrones emitidos por el cátodo forman parte de la corriente anódica. Se dice que estamos en presencia de la corriente de saturación. En realidad, solamente los cátodos a calefacción directa presentan el fenómeno de la saturación en la forma que acabamos de describir.

El triodo.

Dos años después de la invención del diodo, Lee de Forest tuvo la idea de interponer entre el cátodo y el ánodo un tercer electrodo, la grilla. Esta última, constituida por una rejilla o por una espiral cilíndrica, rodea al cátodo. En nuestra

válvula de tres electrodos, o triodo, la grilla se halla dispuesta, por lo tanto, en el trayecto de los electrones, lo cual le permite controlar el consumo. En efecto, la intensidad de la corriente electrónica ya no depende solamente de la tensión anódica, sino también del potencial de grilla en relación con el cátodo.

Cuanto más negativa es la grilla, más frenará el paso de los electrones, mayor número de ellos rechazará hacia el cátodo y menos de ellos son los que, atraídos por el ánodo, alcanzarán a seguir su camino. Si la grilla es muy negativa no dejará pasar ningún electrón, a pesar de la atracción del ánodo; la corriente será nula por lo tanto. Haciéndola cada vez menos negativa, veremos aparecer una corriente que crece con el aumento del potencial de la grilla (un potencial aumenta al hacerse menos negativo).

Hay que hacer notar que la influencia sobre la intensidad de la corriente anódica ejercida por la grilla es mucho más intensa que la ejercida por la placa. Una pequeña variación del potencial de grilla es suficiente para determinar una fuerte variación de la corriente de placa. Si dejamos la grilla a un potencial constante y deseamos provocar la misma variación de corriente modificando la tensión de placa, habrá que modificar mucho más esta última. Esto se explica fácilmente por el hecho de que la grilla se halla dispuesta mucho más cerca del cátodo que de la placa. Es justamente sobre este fenómeno que se halla basada la propiedad amplificadora de la válvula.

Pendiente.

Se llama pendiente (o transconductancia, conductancia mutua) de la válvula la variación que origina en la corriente de placa la variación del potencial de grilla. Se la expresa en miliamperes por volt (mA/V). Por lo tanto, la pendiente indica cuántos miliamperes aumenta (o disminuye) la corriente de placa cuando aumentamos (o disminuimos) en 1 volt el potencial de grilla. Las válvulas comunes tienen una pendiente que va de 1 a 15 mA/V.

Si designamos por dI_a la variación de corriente anódica y por dE_g la variación del potencial de la grilla, la pendiente S será expresada por:

$$S = \frac{dI_a}{dE_g}$$

Coeficiente de amplificación.

Ya hemos dicho en su oportunidad que para provocar una misma variación de la corriente de placa, es necesario modificar más la tensión de placa, que la tensión de grilla. La relación entre estas dos variaciones de tensión recibe el nombre de coeficiente de amplificación. Si, por ejemplo, para aumentar en 1 miliampere la corriente, se puede lograr este resultado aumentando en 24 volts la tensión anódica o bien aumentando 2 volts la tensión de grilla, el coeficiente de amplificación será igual a $24 : 2 = 12$.

El coeficiente de amplificación de los triodos sobrepasa muy raramente un valor de 100, pero en las válvulas de más de tres electrodos alcanza frecuentemente un valor de varios miles.

Designando por dE_a la variación de la tensión de placa, el coeficiente de amplificación K será igual a

$$K = \frac{dE_a}{dE_g}$$

Resistencia interna.

Existe, finalmente, una tercera característica que Radiol ha pasado por alto, pero que resultará útil conocer: es la resistencia interna de la válvula. Recordemos la Ley de Ohm, de acuerdo a la cual se expresa la resistencia por la relación entre la tensión y la intensidad. De esta manera, no nos extrañará demasiado que la resistencia interna de una válvula se defina como la relación entre la variación de la tensión anódica y la variación que la misma produce en la, intensidad de la corriente anódica. Designando con ρ (letra, griega rho) la resistencia interna, tendremos, por lo tanto:

$$\rho = \frac{dE_a}{dI_a}$$

La resistencia interna se expresa en ohms. Para los triodos, su valor varía entre algunos miles y algunas decenas de miles de ohms. Para las válvulas de más de tres electrodos, en cambio, es del orden de los centenares de miles de ohms y hasta, a veces, de más de un megaohm.

Relaciones entre S, K y ρ .

Es de hacer notar que la pendiente y la resistencia interna de una válvula dada pueden variar dentro de ciertos límites, según el potencial de grilla: el coeficiente de amplificación, por el contrario, permanece prácticamente independiente de las tensiones de los electrodos, desde que sólo se halla determinado por la disposición y las dimensiones estos últimos.

No ha sido por el simple placer de acumular fórmulas que hemos dado las expresiones matemáticas de S, K y ρ . Ellas nos permiten establecer la simple relación que liga entre sí a estas tres magnitudes. Multiplicando S por r tendremos:

$$S \times \rho = \frac{dI_a}{dE_g} \times \frac{dE_a}{dI_a} \times \frac{dE_a}{dE_g} = K$$

Vemos en consecuencia, que el coeficiente de amplificación es igual al producto de la pendiente por la resistencia interna. Si la pendiente se expresa en mA/V, habrá que expresar la resistencia interna en millares de ohms, pues de lo contrario obtendríamos resultados absurdos.

Gracias a la relación que acabamos de establecer, bastará conocer dos de las magnitudes para poder calcular la tercera. Por ejemplo, si la pendiente de una válvula es de 3 mA/V y su resistencia interna de 80.000 ohms, (80 millares de ohms) podremos calcular fácilmente su coeficiente de amplificación:

$$K = 3 \times 80 = 240$$

OCTAVA CONVERSACIÓN

¿Qué es la entrada y la salida de una válvula? ¿A qué se llama curva característica?... ¿Cómo se representa y cuál es su forma? ¿Qué es el "punto de funcionamiento" y la "polarización"?... Tales son las cuestiones que Radiol expone a Curiosus al estudiar las condiciones en las cuales una válvula amplifica sin deformación las tensiones aplicadas entre la grilla y el cátodo.

Curiosus se porta mal

Radiol. — Su mamá, Curiosus, acaba de quejarse amargamente de su conducta. Al parecer, usted llenó la mesa del comedor con pilas, válvulas, bobinas y otros, accesorios y, además, tendió un cable al radiador, en el cual se enredó la buena señora y cayó al suelo.

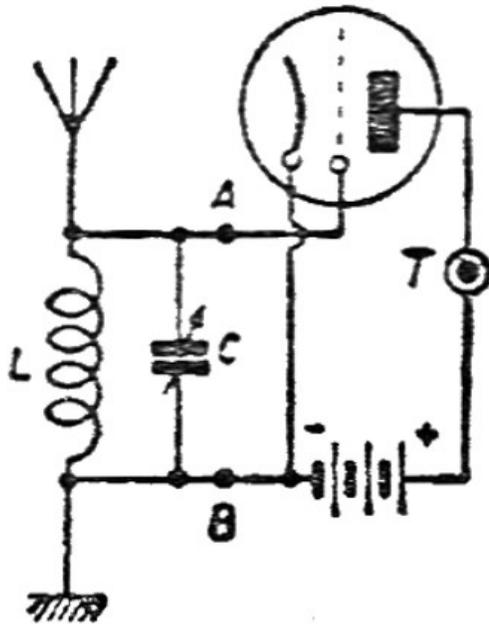


Figura 29. — Receptor construido por Curiosus. La válvula, está perfectamente conectada como amplificadora... pero las oscilaciones amplificadas no acusan señal alguna en los teléfonos.

Curiosus. — Todo eso, le aseguro, me deja completamente indiferente. Lo que siento de verdad, es que mi aparato no funciona.

Rad. — ¿Pero usted ha construido un receptor? ¿Y quién le ha dado el esquema?

Cur. — Me parece que con las nociones que tengo de radio-electricidad estoy en condiciones de prepararlo yo mismo. Aquí está (figura 29). Usted ve que entre la



antena y la tierra hay un circuito de sintonía LC. En los bornes A y B de este circuito aparecen las tensiones alternativas de alta frecuencia provocadas por la corriente de antena, según me ha explicado usted. Y bien, esas tensiones las he aplicado entre el cátodo y la grilla de la válvula. En nuestra última conversación habíamos dicho que las débiles variaciones de la tensión de grilla originan fuertes variaciones en la corriente de placa. En consecuencia, en el auricular telefónico T, que he intercalado en ese último circuito, debería tener corrientes variables y... escuchar la música.

Rad. — ¿La oyó usted?



Cur. — ¡Ja! No he oído nada. Tal vez la válvula está estropeada...

Rad. — A pesar de todo, su razonamiento es perfecto, aunque hasta cierto punto. En efecto, pues, para utilizar las propiedades amplificadoras de la válvula, se debe aplicar la tensión a amplificar entre su grilla y su cátodo, electrodos ambos que constituyen la "entrada" de la válvula. La "salida", se obtiene entre el ánodo y el cátodo, es decir, en el circuito de placa, donde se recogen las oscilaciones amplificadas bajo la forma de una corriente variable de placa. Desde ese punto de vista su circuito está bien. Pero, por varias razones, el teléfono no registrará ningún sonido. Por de

pronto su membrana no puede vibrar a la frecuencia de las oscilaciones radioeléctricas.

En el reino de las curvas

Cur. — ¿Qué hacer entonces?

Rad. —Deje a un lado por ahora su aparato y ocupémonos de la válvula. La última vez habíamos considerado muy someramente la dependencia que existe entre la corriente de placa y la tensión de grilla. Para conocerla más a fondo hagamos uso nuevamente del dispositivo que utilizamos en nuestra última conversación (figura 30) y anotemos cuidadosamente cuál es el valor de la corriente de placa para cada valor de la corriente de grilla.

Cur. — Veo que para -4 volts de grilla, la corriente es nula: la grilla se hace muy negativa y rechaza todos los electrones. Para - 3 volts, tenemos 0,2 mA; para - 2 volts, 1 mA; para - 1 volt, 4 mA; para 0 volt, 7 mA; para + 1 volt, 10 mA; para + 2 volts, 11 mA; para + 3 volts y para todas las tensiones superiores tenemos 12 mA, y ya no hay más cambios.

| E_g | I_a |
|-------|-------|
| -4 | 0 |
| -3 | 0,2 |
| -2 | 1 |
| -1 | 4 |
| 0 | 7 |
| +1 | 10 |
| +2 | 11 |
| +3 | 12 |
| +4 | 12 |

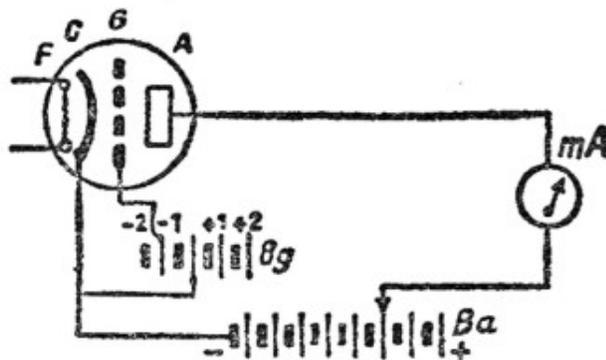
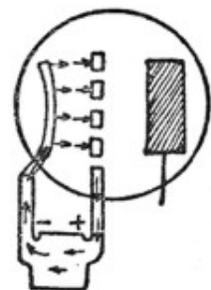


Figura 30. — Dispositivo que permite trazar la curva característica de una válvula.

Rad. — Con esos valores podemos trazar la curva característica de la válvula (figura 31). Esta curva viene a ser algo así como el pasaporte de la válvula; nos da a conocer sus propiedades para que así podamos utilizarla mejor. Veamos esta curva. La extremidad izquierda, justamente el punto A, es el codo inferior.

En seguida, entre A y B la corriente crece proporcionalmente a la tensión de grilla: es la parte rectilínea de la curva. Y, finalmente, a partir de B, tenemos el codo superior seguido de un trazo horizontal, que corresponde a la saturación: todos los electrones emitidos por el cátodo acuden al ánodo.



Cur. — ¿Y tendríamos la misma curva, si en lugar de 80 volts hubiéramos aplicado al ánodo una tensión diferentes?

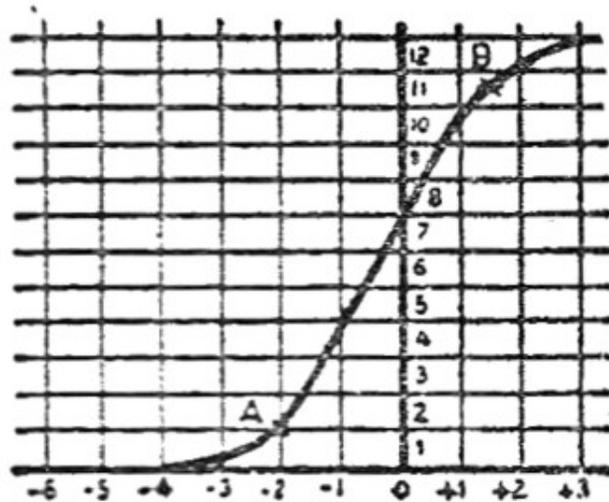


Figura 31. — Curva característica de una válvula.

Rad. — Ciertamente, no. Si, por ejemplo, la tensión de placa es superior, el ánodo atrae los electrones más vivamente y, por consiguiente, para la misma tensión de grilla, la corriente de placa es superior. Se puede, además, trazar una curva característica para cada tensión de placa, y de esa suerte obtendríamos toda una "familia" de características (figura 32).

Cur. — Veo que las curvas van desplazándose hacia la izquierda a medida que la tensión de placa aumenta.

Rad. — Hay interés, casi siempre, en utilizar tensiones elevadas de placa, a fin de desplazar la curva característica (sobre todo su parte rectilínea) a la izquierda del punto cero de las tensiones de grilla.

El dominio prohibido

Cur. — No comprendo muy bien para qué se hace eso.

Rad. — Más tarde lo comprenderá. Basta que sepa por ahora que se prefiere mantener la grilla en el dominio de las tensiones negativas (es decir, a la izquierda del punto cero), para evitar la aparición de corriente de grilla, que se origina cuando ésta se vuelve positiva.

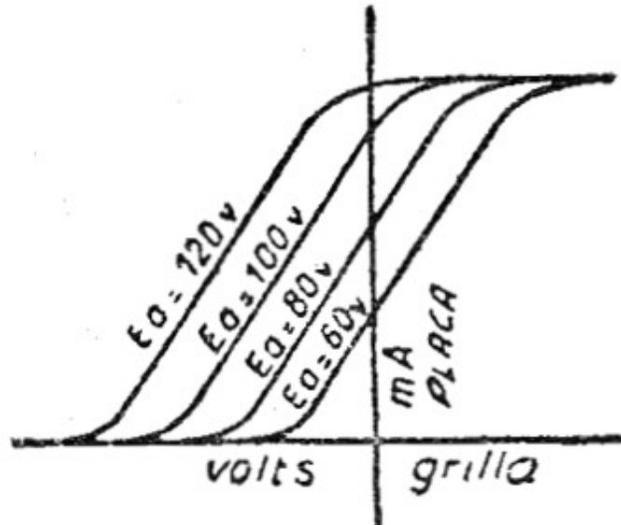
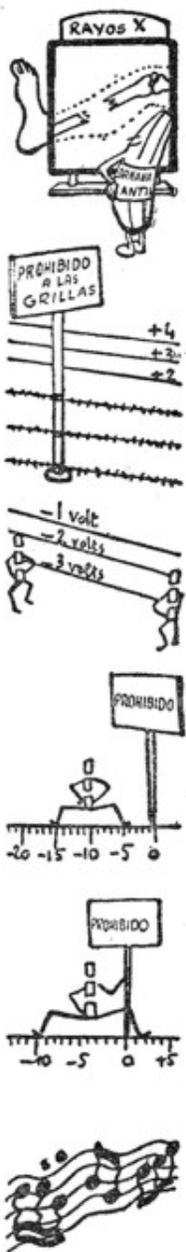


Figura 32. —Familia de curvas. Cada una corresponde a una tensión determinada de placa (E).

Cur. — ¿Corriente de grillas? ¿Qué es eso?

Rad. — Cosa fácil de comprender. Cuando la grilla se vuelve positiva con respecto al cátodo, obra en la misma forma que el ánodo, es decir, atrae electrones. Créase así una corriente del cátodo a la grilla, corriente muy débil pero que puede, en determinadas circunstancias, traer consecuencias enojosas.

Cur. — Pequeñas causas, grandes efectos, como dice mi tío, que al resbalar en una cáscara de banana se rompió una pierna. ¿Pero cómo es posible mantener la grilla en el dominio de las tensiones negativas siguiendo sus elegantes conceptos?

Rad. — Ante todo, amigo mío, es necesario que usted distinga perfectamente la diferencia que hay entre tensión media de grilla,

o, como se ha dado en decir, punto de funcionamiento, y los valores instantáneos de la tensión. Tensión media es aquella que se aplica a la grilla en reposo, es decir, en ausencia de señal, o, dicho de otro modo, de tensiones alternativas.

Cur. — Estaba pensando que la grilla debe encontrarse, por lo regular, en el mismo potencial que el cátodo, es decir, al potencial cero.

Rad. — ¡Gran error! En la mayor parte de las válvulas amplificadoras, la grilla es polarizada negativamente con respecto del cátodo, es decir, se le aplica cierta

tensión negativa con el envino de una pequeña pila, de la que apenas consume corriente (figura 33).

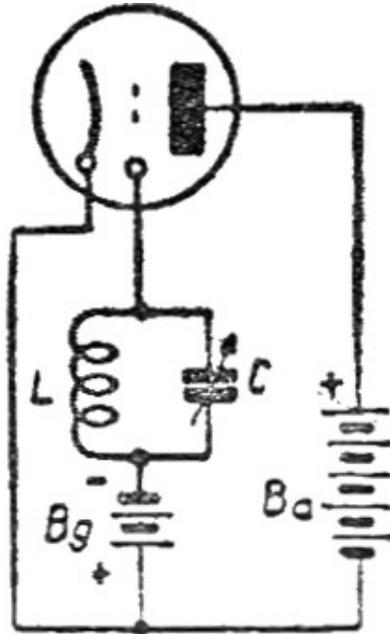


Figura 33. — Polarización de grilla por la batería B_g .

Cur. — Comprendo ahora. Es precisamente para que la grilla resida en el dominio de las tensiones negativas.

Rad. — Eso es, pero además de esa tensión permanente, a la grilla de una válvula amplificadora se le aplican, igualmente, tensiones alternativas. Por ejemplo, supóngase que además de una tensión de polarización de -9 volts, aplicamos a la grilla una tensión alternativa de 5 volts. ¿Cuáles serán en este caso las tensiones instantáneas extremas de la grilla?

Cur. — Durante la alternancia negativa, la grilla tendrá $-9 - 5 = -14$ volts, y durante la alternancia positiva $-9 + 5 = -4$ volts.

Rad. — ¡Bravo! Veo que no es tan ignorante en álgebra... Ahora supóngase que la grilla sólo está polarizada con -3 volts. Aplicando, además la misma tensión alternativa...

Cur. —...tendremos por una parte $-3 - 5 = -8$, y por la otra $3 + 5 = +2$ volts... Y ahora descubro que en este último caso llegamos al dominio vedado de tensiones

positivas, con su corriente de grilla y sus fastidiosas consecuencias. Por consiguiente la polarización, suficiente en el primer caso, no lo es ahora.

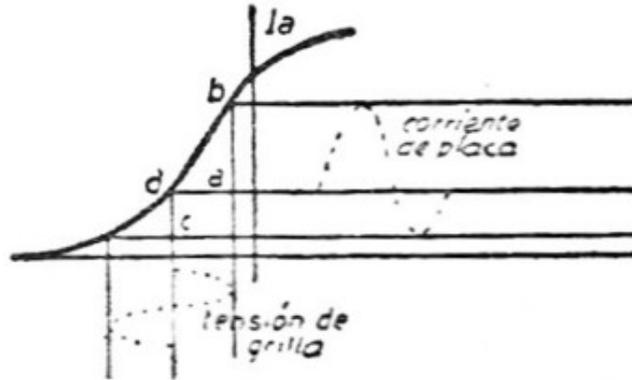


Figura 34. — Si la válvula trabaja por encima del codo de la curva hay deformación.

Condiciones de buen funcionamiento

Rad. — Sus conclusiones están sugeridas por un buen sentido. Vemos, ante todo, que la polarización negativa aplicada a la grilla debe ser, al menos, igual a la amplitud de la tensión alternativa. Pero, además, hay otra condición importante para que la amplificación se efectúe sin deformación: es necesario que la válvula funcione en la parte rectilínea de la curva.

Cur. — No veo la razón.

Rad. — Para evitar la deformación es preciso que las variaciones de corriente de placa sean rigurosamente proporcionales a las variaciones de la tensión de grilla. Haciendo funcionar la válvula en la parte rectilínea, tendremos esa proporcionalidad. Pero supóngase (figura 34) que las tensiones instantáneas de la grilla tocan una parte acodada de la curva. En esas condiciones una alternancia positiva ocasionará un aumento ab de corriente de placa, superior al que se produce por la alternancia negativa.

Cur. — Sí; veo que la curva de la corriente de placa no es tan simétrica como la de la tensión de grilla.

Rad. — Perfectamente. Usted conoce ahora las mejores condiciones de funcionamiento de una válvula que trabaja como amplificadora.



Cur. — Sí, sí... Pero ignoro aún la manera de armar un receptor que funcione, y no sé, por el momento, para qué sirven las numerosas grillas de las válvulas modernas de que usted me ha hablado.

Rad. — Esos son temas para nuestras próximas conversaciones.



Comentarios a la octava conversación

Curva característica.

Como ya lo hemos visto, la intensidad de la corriente de placa de una válvula triodo depende simultáneamente, pero no en la misma proporción, de la tensión de grilla y de la tensión de placa. La primera posee una influencia mayor que la segunda.

Se puede representar gráficamente la manera en que varía la intensidad de la corriente de placa I_a , según los valores que posean ya sean la tensión de grilla E_g , ya sea la de placa E_a . Para trazar la curva de I_a , en función de E_g , mantenemos la tensión de placa E_a en un valor constante, y dando a la tensión de grilla E_g una serie de valores diferentes (en orden creciente o decreciente) anotamos los valores, correspondientes de la corriente anódica

Luego trazamos sobre un papel cuadriculado dos ejes perpendiculares: el eje horizontal que será afectado por las tensiones de grilla y el eje vertical que se graduará en intensidades de corriente de placa. Consideraremos el punto de cruzamiento de ambos ejes como punto cero y llevaremos los valores negativos de las tensiones de grilla a la izquierda de este punto, mientras los valores positivos serán llevados a la derecha.

Por lo tanto, corresponderá un punto a cada par de valores correspondientes de E_g , e I_a que hemos anotado. Este punto lo obtendremos por el cruce de las perpendiculares trazadas por los puntos correspondientes de los ejes. Por ejemplo, si para -1 volt de tensión de grilla la corriente anódica es de 4 mA, obtenemos el punto correspondiente de la siguiente manera: por el eje horizontal elevamos una perpendicular al punto -1 V, y sobre el eje vertical trazamos una horizontal al punto 4 mA. El punto de cruzamiento de ambas perpendiculares determinará, al mismo tiempo, los dos valores correspondientes.

Luego de haber trazado varios puntos de esta manera, los reuniremos mediante una línea que será la característica de corriente de placa en función de la tensión de grilla. A medida que la grilla se va haciendo menos negativa, la corriente aumenta primero muy lentamente y luego, más allá del codo inferior de la curva, con mayor rapidez. La característica comprenderá una porción recta, lo cual indica que dentro de estos intervalos de tensiones de grilla la corriente de placa será proporcional a aquéllas. Bastante más allá, la característica se vuelve a curvar, sobre todo si se trata de una válvula de calentamiento directo, sujeta al fenómeno de saturación.

Otras curvas.

Mediante un procedimiento similar se podría relevar una segunda curva, pero esta vez fijando la tensión de placa a un valor más elevado. En este caso, la corriente será más intensa y la curva se hallará desplazada a la izquierda de la primera.

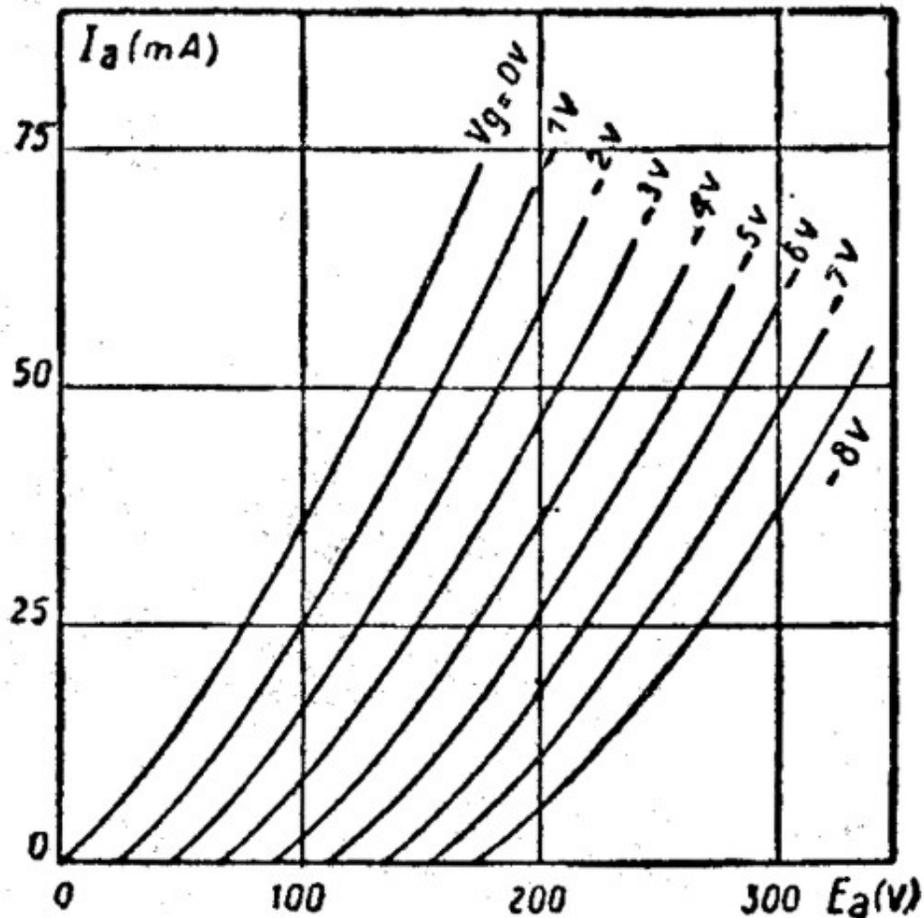


Figura I. — Estas curvas muestran la variación de la corriente de placa de un triodo en función de las variaciones de la tensión de placa. Cada curva ha sido relevada para una determinada tensión de grilla.

A fin de caracterizar debidamente una válvula, resultará conveniente relevar un juego completo (o "familia") de estas curvas, correspondiendo cada una de ellas a una dada tensión de placa.

Se puede trazar otro sistema de curvas, partiendo de un punto de vista algo diferente. Se puede fijar la tensión de grilla, variar la tensión anódica y anotar los valores correspondientes de la corriente de placa. Llevando sobre el eje horizontal los valores de E_a y sobre el eje vertical los valores de I_a , tendremos la característica de corriente de placa en función de la tensión de placa (figs. I y II).

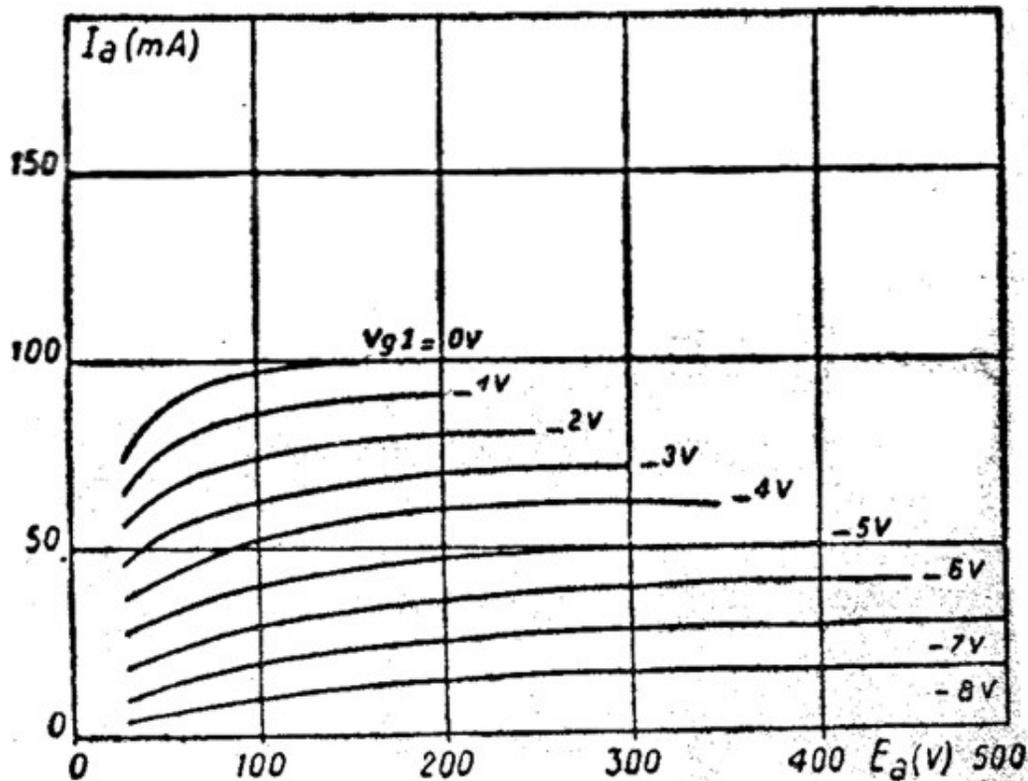


Figura II. — Las mismas curvas de la figura I, pero relevadas para un pentodo.

También en este caso podemos trazar todo un juego de curvas, correspondiendo cada una de ellas a una dada tensión de grilla. Y mediante una operación muy simple, pero que no indicamos aquí, se puede pasar de un sistema de curvas al otro.

Las curvas de una válvula ilustran al radiotécnico sobre las propiedades de la misma, la mejor forma de utilizarla, la manera en la cual se comportará en tal o cual montaje, etc.

Determinación gráfica de S , K y ρ .

La pendiente, como se, recordará, indica cuánto varía la corriente de placa si variamos en 1 volt la tensión de grilla. Tomemos sobre el juego de características de la fig. III una curva dada, por ejemplo la que corresponde a $E_a = 160$ volts. Vemos que para una tensión de grilla de -3 V, el punto A da una intensidad de 3 mA y que para -2 V el punto B da 6 mA. Por lo tanto, aumentando 1 V la tensión

de grilla hemos aumentado 3 mA la corriente de placa. En consecuencia, la pendiente será de 3 mA/V.

Se notará que generalmente la pendiente es igual a la relación entre BO y AC. Cuanto más empinada sea la curva mayor será la pendiente. Se comprenderá mejor así la razón por la cual se ha elegido el término pendiente para esta cualidad de las válvulas. Obsérvese que si bien la pendiente permanece constante en toda la parte recta de la característica, disminuye, en cambio, en el codo (será más reducida en el punto D).

Pasemos ahora a la determinación del coeficiente de amplificación, que es la relación entre las variaciones de las tensiones de placa y de grilla, que dan lugar, a la misma variación de la corriente de placa. Reunamos mediante una línea horizontal dos puntos P y Q de dos curvas contiguas. Estos dos puntos corresponden al mismo valor de corriente de placa. Cuando pasamos de Q a P ¿qué es lo que hacemos, en realidad? Aumentamos por una parte la tensión de grilla en 1,5 V (ya que pasamos de -3 a $-1,5$ V); esto debería provocar un aumento de la corriente de placa. No obstante, esta última queda constante, desde que el efecto de la variación de la tensión de grilla queda neutralizado por la disminución en la tensión de placa. Esta queda disminuida en 40 volts, desde que hemos pasado de la curva $E_a = 200$ V a la curva $E_a = 160$ V. En otras palabras, la variación de 40 V de la tensión de placa produce sobre la corriente anódica el mismo efecto que la variación de 1,5 V de la tensión de grilla. El coeficiente de amplificación, que es la relación entre estas dos tensiones, será por lo tanto igual a:

$$40 : 1,5 = 26,7$$

Para terminar, tratemos de obtener de nuestras curvas el valor de la resistencia interna. Esta es, como ya lo hemos dicho, la relación entre la variación de tensión anódica y la variación de la corriente anódica que provoca. Se supone, naturalmente, que la tensión de grilla queda constante.

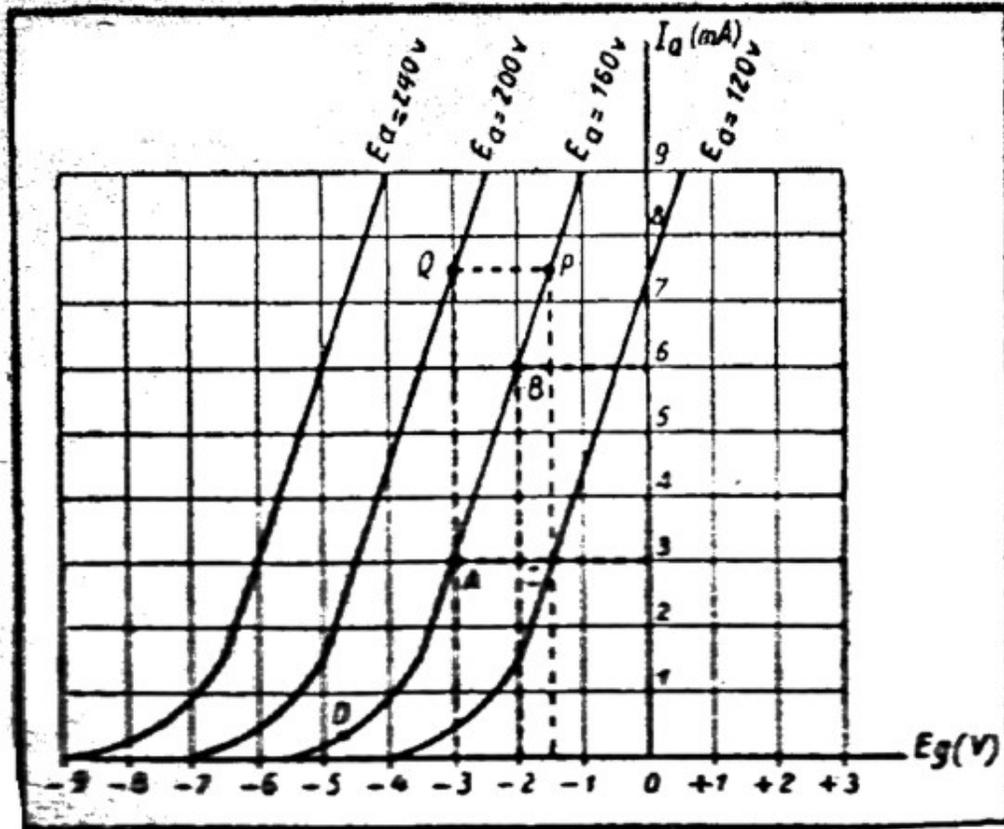


Figura III. — Las curvas de la variación de la corriente de placa en función de la tensión de grilla permiten determinar la pendiente, el coeficiente de amplificación y la resistencia interna de la válvula.

En nuestro gráfico, todos los fenómenos que se producen sin variar la tensión de grilla se sitúan sobre una vertical. Suponiendo que la grilla esté a -3 V, será la vertical que pasa por el punto 3 V del eje horizontal. Si la tensión anódica pasa de 160 V (punto A) a 200 V (punto Q), tenemos una variación de tensión de 40 V. Esta variación comprende un aumento de corriente, la cual pasa de 3 mA (en el punto A) a 7,5 mA (en el punto Q), es decir una variación de 4,5 mA, lo cual equivale en amperes a 0,0045 A. Por lo tanto, la resistencia interna será igual a:

$$40 : 0,0045 = 8.900 \text{ ohms aproximadamente.}$$

Podemos verificar que es justificada la relación $k = S \times \rho$. En efecto, tomando $\rho = 8,9$ millares de ohms, tendremos:

$$S \times \rho = -3 \times 8,9 = 26,7$$

O sea que, hemos hallado el valor $K = 26,7$, lo cual demuestra que reina el orden en el dominio de la radio.

Entrada y salida de una válvula.

A fin de aprovechar las cualidades amplificadoras de una válvula, se aplica la tensión alterna a amplificar entre la grilla y el cátodo. Haciendo variar de esta manera el potencial de la grilla con respecto al cátodo, provocamos considerables variaciones en la intensidad de la corriente de placa (serán K veces más fuertes que en el caso en que la tensión fuera aplicada entre ánodo y cátodo). A su vez, estas variaciones de corriente de placa pueden ser reamplificadas por una segunda válvula, tal como veremos más adelante.

De esta manera, la tensión a amplificar es aplicada a lo que convendremos en llamar entrada de la válvula (grilla-cátodo), hallándose la salida en el circuito anódico.

Las tensiones alternas a la entrada serán relativamente pequeñas. La primera válvula, destinada a las ondas en el circuito sintonizado de la antena, recibirá a su entrada una tensión del orden de algunos microvolts (millonésimos de volt) o algunas decenas de microvolts. Solamente un emisor cercano y potente puede llegar a provocar tensiones de centenares de milivolts. Las últimas válvulas de la cadena amplificadora de un receptor tendrán que manejar, por el contrario, tensiones de entrada fuertemente amplificadas, que pueden alcanzar uno a dos centenares de volts.

Polarización de grilla.

Además de la tensión variable aplicada entre grilla y cátodo, conviene tener en cuenta también la tensión media de grilla, es decir, la tensión continua aplicada entre la grilla, y el cátodo en ausencia de tensiones variables (por ejemplo, en los períodos durante los cuales el emisor no transmite sonidos). Esta tensión (llamada de polarización de grilla) puede ser fijada, por ejemplo, con la ayuda de una pila Bg (figura 33) dispuesta entre grilla y cátodo. Es esta tensión de polarización la que

determina sobre la característica de la válvula su punto de funcionamiento. En la figura III, por ejemplo, si la tensión de placa es de 160 volts y si la grilla se halla polarizada a -3 volts, su punto de funcionamiento se hallará en A. La corriente anódica media (o corriente de reposo) es de 3 mA.

Cuando se aplica a la grilla una tensión alterna, la tensión varía alrededor de la tensión media en más o en menos. Admitiendo que la tensión media es de -3 volts, y que la amplitud de la tensión variable es de 2 volts, las tensiones instantáneas de grilla variarán entre -5 y -1 volt. Simultáneamente variará también la corriente de placa alrededor de su valor medio hasta los valores extremos que corresponden a las tensiones de -5 y -1 volt de la grilla.

Deben evitarse dos peligros, bajo pena de provocar deformaciones (distorsión dicen muchos radio-técnicos). Por una parte, se hace necesario que las variaciones de la corriente de placa sean proporcionales a las variaciones de la tensión de grilla. Esta condición quedará satisfecha si las tensiones instantáneas de grilla no sobrepasan la parte recta de la característica. Es por esta razón que las deformaciones debidas a la curvatura de la característica reciben el nombre de "distorsión no lineal"; dicho con cierta oportunidad y "acento científico", este término produce casi siempre un cierto efecto sobre todo en aquellos que ignoran su significado.

El otro peligro nos espera en el punto donde la tensión de grilla se hace igual a cero. Si sobrepasamos este punto, vale decir, si la grilla se hace positiva, se establece corriente de grilla. Esto es lógico, desde que la grilla, al hacerse positiva, se comporta como un anodo. Atrae electrones que comienzan a circular, por el circuito de grilla hasta volver al cátodo. En realidad, la corriente de grilla comienza ya cuando la grilla es aún ligeramente negativa ($-1,5$ a -1 volt), según la válvula, lo cual es debido a la energía, con la cual son proyectados los electrones por el cátodo. La corriente de grilla produce perturbaciones graves. Su mantenimiento exige un cierto consumo de energía por parte del circuito de grilla, en el cual debe evitarse justamente esta clase de trabajo.

En resumen, vemos que las tensiones instantáneas de grilla deben limitarse a la parte recta de la característica, sin sobrepasar el dominio de las tensiones negativas. Es de interés, en consecuencia, elegir la polarización en forma tal que el punto de funcionamiento se halle en el centro de la porción recta, a la izquierda del

eje vertical. De esta manera, si la amplitud de la tensión alterna de grilla no sobrepasa el valor de la polarización, los potenciales de la grilla se mantendrán prudentemente en la parte recta y no llegarán nunca a ser positivos.

NOVENA CONVERSACIÓN

En esta charla, enteramente destinada a la emisión, Radiol expone el mecanismo del heterodino, u oscilador a válvula, y el proceso de la modulación musical

Los viajes singulares de la baja frecuencia

Curiosus. — Discúlpeme que vuelva a la carga... Usted no me ha explicado todavía por qué el receptor que armé no funciona.

Radiol. — Para eso sería necesario que usted supiera en qué forma las ondas electromagnéticas inducen sobre su antena y de qué corriente se trata. Esto me obliga a exponerle brevemente el funcionamiento de un radiotransmisor.

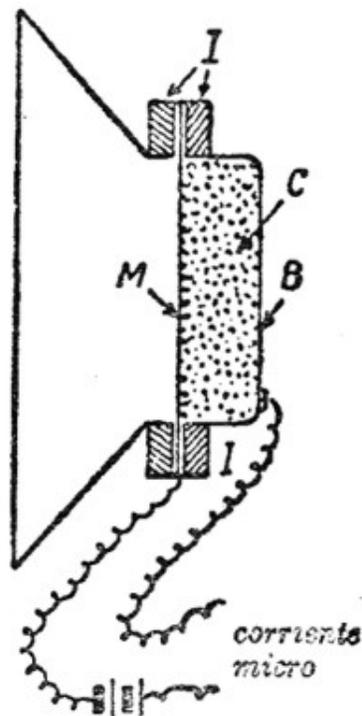


Figura 35. — Micrófono: *M*, membrana; *I*, aisladores; *C*, carbón, y *B*, cápsula o envoltura.

Cur. — Sé que allí hay un estudio y que en esa sala se encuentra un micrófono...

Rad. — Es cierto. Veo que ha observado algo de esas cosas. ¿Pero usted sabe, en realidad, qué es un micrófono?



Cur. — Ciertamente. En nuestro teléfono hay uno. El otro día lo abrí y vi que está lleno de pequeños granos de carbón. Desde entonces nuestro teléfono funciona mal...

Rad. —Entonces usted sabe que el micrófono sirve para captar los sonidos y...

Cur. —... transformarlos en corriente eléctrica.



Rad. —Eso no es del todo exacto. El micrófono (figura 35) se compone de una delgada membrana metálica separada por minúsculos granos de carbón de una caja metálica. La corriente de una batería pasa de la membrana a la caja a través de los granos de carbón. La intensidad de esa corriente depende evidentemente de la resistencia del carbón. Ella varía de acuerdo con la presión ejercida sobre la membrana.

Cur. —Comprendo: Estando más comprimidos, los granos ofrecen una superficie de contacto mayor y la corriente pasa más fácilmente. ¿Pero qué es lo que hace variar la presión de la membrana?

Rad. —Las ondas sonoras que la ponen en vibración. Usted sabe, mi querido amigo, por sus estudios de física, que el sonido no es otra cosa que la vibración de moléculas del aire que oscilan en el sentido de la propagación del sonido a frecuencias que van siguiendo la altura del sonido, de 16 períodos por segundo para la nota audible más grave, hasta 16.000 p/s para las notas más agudas. Ciertos sabios pretenden que los oídos particularmente sensibles perciben sonidos hasta de 40.000 p/s.

Cur. —Entonces, si yo no he comprendido mal, las ondas sonoras vienen a golpear la membrana del micrófono, y haciéndola vibrar comprimen más o menos los granos de carbón y hacen variar la intensidad de la corriente que las atraviesa.

Rad. — Exacto. De esa suerte la corriente microfónica traduce fielmente por esas variaciones todas las vibraciones del sonido. En radio, el sonido en sí sólo interviene en ambos extremos de la cadena de transmisión: primero, delante del micrófono y después en el altoparlante. Entre los dos el sonido estará representado por la corriente microfónica, que se denomina también corriente musical corriente de baja frecuencia, dado que su frecuencia es muy pequeña en comparación con las corrientes que aseguran la creación de ondas electromagnéticas, corrientes denominadas de alta frecuencia por la técnica.

Cur. — ¡Caramba, caramba!... Iba a exponer, precisamente, una idea que acaba de caer en el vacío... Quería proponerle que enviáramos directamente la corriente microfónica a la antena emisora, de manera que creara ondas electromagnéticas... y ahora veo que es preciso para eso utilizar corrientes de alta frecuencia...

Rad. — La corriente microfónica, amigo Curiosus, puede compararse a un viajero que para salvar una gran distancia se sirviera de un tren de corrientes de alta frecuencia. Toma asiento en la estación de partida (emisor) y lo deja al llegar (receptor). Este ejemplo indica que la alta frecuencia juega únicamente un papel auxiliar de medio de transporte para la corriente de baja frecuencia.

Cur. — Esto que acaba de explicarme parece muy sencillo, pero en realidad debe ser terriblemente complicado, pues yo no veo claro cómo la baja frecuencia se sienta en la alta, es transportada por esta última y en seguida la deja sin abonarle propina, como si se tratara de un chófer de taxi...

Rad. — Todo eso es muy sencillo y usted lo comprenderá cuando le explique el funcionamiento del heterodino (oscilador).



Cómo se origina la alta frecuencia

Cur. — He leído en la propaganda de los constructores de radioaparatos, ofrecimientos de "superheterodino", pero nunca de heterodinos simples. ¿Será aquello una exageración publicitaria?

Rad. — Nada de eso. El superheterodino es un sistema de aparato acerca del cual hablaremos más tarde. Por el contrario, el heterodino es un dispositivo destinado a la producción de corrientes alternativas de alta y baja frecuencia.

Quando el heterodino produce corrientes poderosas de alta frecuencia y esas corrientes son dirigidas a la antena, estamos en presencia de un radioemisor, Ahora, si una corriente microfónica se superpone a la corriente de alta frecuencia, o si, como se dice, la modula, entonces tendremos un transmisor de radiotelefonía.

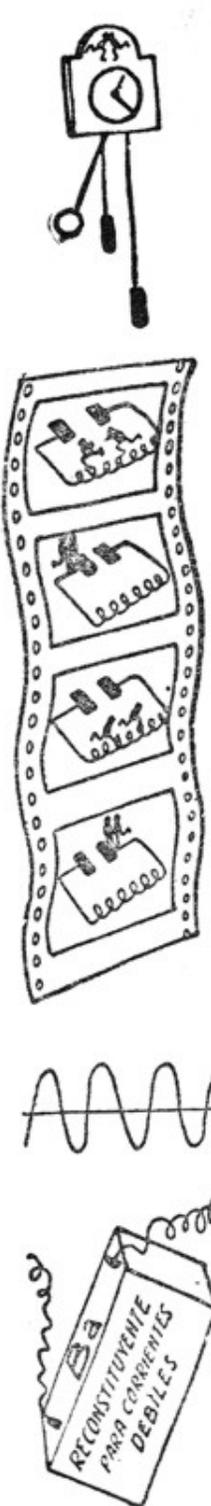
Cur. —Pero yo quisiera saber cómo está construido el heterodino. ¿Será una especie de gran alternador, como esos que funcionan en las usinas eléctricas?

Rad. — ¡Pero no, mi amigo! Del mismo modo que un buen cocinero sabe preparar los huevos de mil maneras los técnicos de radio saben utilizar las válvulas de muchas maneras también. He aquí (figura 36,1) el esquema más simple del heterodino. ¿Qué ve usted?

Cur. —Veo un circuito oscilante LO, conectado entre la grilla y el cátodo. En otra parte, una bobina L se halla intercalada en el circuito de placa y, en fin, una pila Bg polariza la grilla negativamente con respecto al cátodo.

Rad. — Observe, igualmente, que las bobinas L y están dispuestas de tal modo que entre ellas existe acoplamiento inductivo. Además, sus enrollamientos van en el mismo sentido, es decir, que yendo del cátodo a la grilla en L, la corriente volverá en el mismo sentido por L' al ir del ánodo al polo positivo de la batería de alta tensión Ba.

Cur. — Todo esto es muy claro en su dibujo, pero ¿cuál es el objeto de ese proceso?



Rad. — ¿Qué pasará en el momento de poner en funcionamiento este montaje?

Cur. — Nada de sensacional... Los electrones emitidos por el cátodo serán atraídos por el ánodo a través de la grulla; atravesarán en seguida la bobina L' de izquierda a derecha y, recorriendo la batería B_a , volverán al cátodo. Y yo no veo nada más...

Rad. — Pero junto con eso ocurre algo más, pues no olvide que los bobinados L y L' están acoplados por inducción.

Cur. — ¡Es verdad! Entonces en el momento en que por la bobina L' empiece a circular una corriente de izquierda a derecha, inducirá en la otra L una corriente, pero de sentido contrario, en virtud del espíritu de contradicción de la inducción.

Rad. — Justamente: ya que la corriente en L' está en aumento, la corriente en L tendrá un sentido contrario, para oponerse así al crecimiento de la corriente inductora.

Cur. — Ahora, esa corriente yendo por L de derecha a izquierda atraerá electrones de la grilla y de la armadura derecha del condensador O y los amontonará sobre el cátodo y la armadura izquierda (figura 36,2).

Rad. — Usted ve, entonces, que la grilla se vuelve más positiva.

Cur. — Si, pero eso originará un nuevo aumento de la corriente de placa, la que inducirá en L una corriente aun más fuerte, que volverá a la grilla más positiva, y...

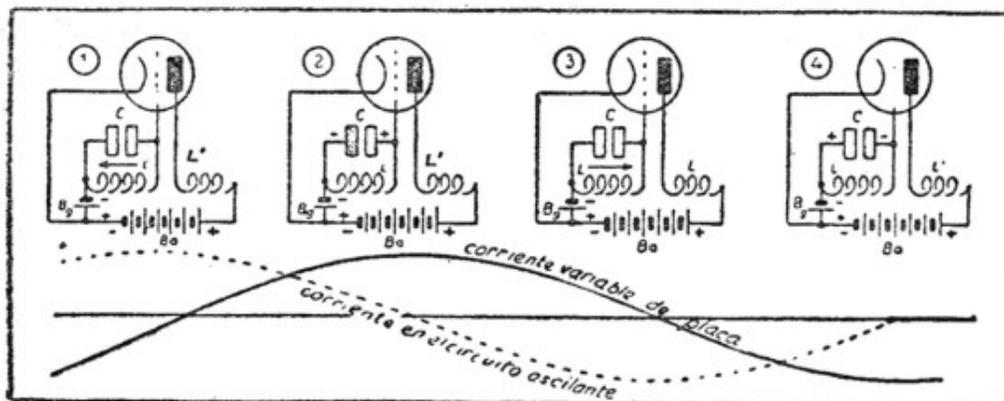


Figura 36. — Cuatro fases de la oscilación del heterodino. Abajo, las curvas de variación de la corriente en la bobina L' de placa y en la de grilla L . Obsérvese la distribución de electrones en las armaduras del condensador C .

Rad. — ¡Pare, pare!... Si usted continúa así, pronto hablará de millones de amperes... Usted olvida, al parecer, que la corriente de placa no puede crecer indefinidamente.

Cur. — Ahora me acuerdo; está limitada por la corriente de saturación. Entonces, cuando la grilla es suficientemente positiva como para que la corriente de placa alcance la saturación, no aumentará más. Este estado de invariabilidad hará que tampoco haya más corriente en la bobina L.

Rad. — ¡Qué horror! Ciertamente, no inducirá más corriente, pero ¿no ve usted que en ese momento el condensador C está cargado?

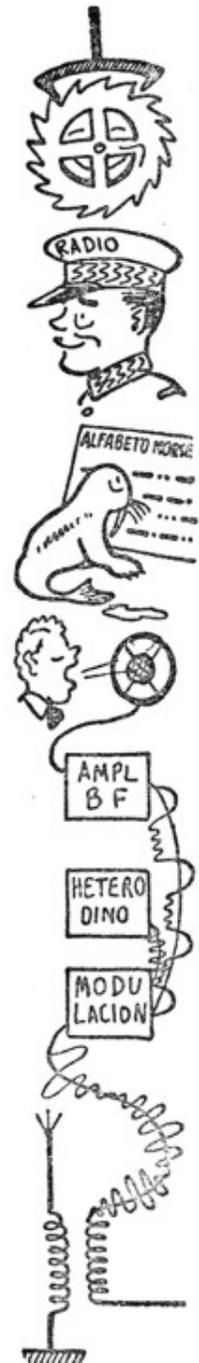
Cur. — ¡Es cierto! Empezará, entonces, a descargarse, volviendo a la grilla, más negativa. Pero me parece que ahora la corriente de placa empezará a decrecer.

Rad. — Así es. Y esa nueva variación de corriente en L' provocará también en L una nueva corriente inducida; ¿pero en qué sentido irá ahora?

Cur. — Sin duda, de izquierda a derecha. Primero, porque usted me ha interrogado con ese tono... y segundo porque decreciendo la corriente en L', la corriente en L, por su espíritu de contradicción, irá en el mismo sentido, es decir, de izquierda a derecha, para oponerse a ese decrecimiento.

Rad. — ¡Estupendo! Y de esa manera, cuando el condensador se haya descargado (figura 36,3), las cosas no quedarán ahí: la corriente en L' seguirá induciendo en L una corriente que, volviendo a la grilla más y más negativa, traerá finalmente la desaparición de la corriente de placa.

Rad. — Eso mismo. Sólo que en lugar de amortiguarse y detenerse al cabo de algunas oscilaciones, la corriente alternativa es mantenida por el constante aporte de energía de la batería Ba por la inducción de L' sobre L.



Cur. — Creo comprender ahora. En síntesis, el movimiento de electrones en el circuito oscilante es, como ya dijimos, análogo al del péndulo. Y lo mismo que el péndulo se detiene al cabo de cierto número de balanceos, si nada concurre a mantener este movimiento, los electrones de un circuito oscilante se detienen también después de pasar alternativamente de una armadura del condensador a otra a través de la autoinducción. Para que el movimiento del péndulo sea constante es preciso que el reloj cuente con un resorte que le comunique un pequeño impulso a cada oscilación. En el heterodino parece ser, que la batería B hace las veces de ese resorte.

Rad. — ¿Qué es lo que hace las veces de escape?

Cur. — Debe ser la grilla.

Rad. — Curiosus, lo felicito calurosamente. Le auguro una brillante carrera técnica.

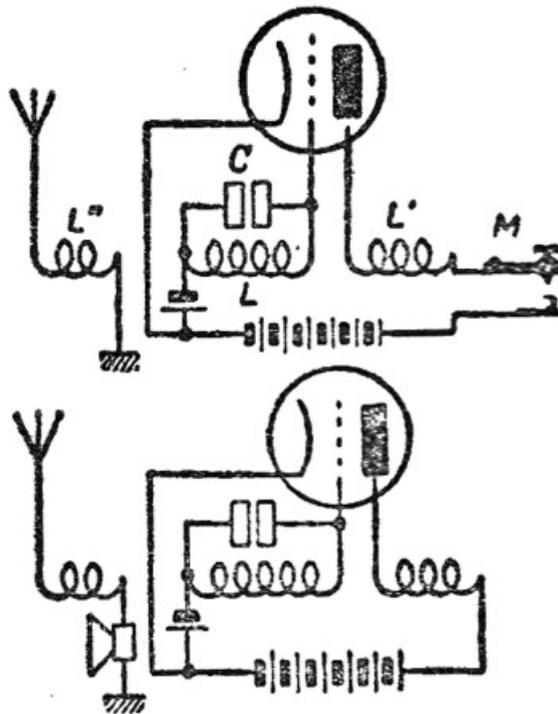


Figura 37. — Arriba: transmisor radiotelegráfico, con su manipulador M. — Abajo: transmisor radiotelefónico, con su micrófono.

Cur. — Muchas gracias. Pero ahora que sé cómo el heterodino produce corrientes entretenidas de alta frecuencia, ¿puede decirme cómo se realiza la emisión?

Rad. —Muy sencillamente. Basta comunicar la corriente alternada a la antena. Lo haremos por inducción, acoplando a la bobina L otra L', intercalada entre el cable de la antena y la toma de tierra (figura 37). Conectando en el circuito de placa un interruptor o manipulador estaremos en condiciones de transmitir signos breves o largos, correspondientes a los puntos y rayas del alfabeto Morse. De esta suerte haremos radiotelegrafía.

Cur. — Pero a mí me interesa la radiotelefonía. Usted ha prometido explicarme cómo se transporta el viajero de baja frecuencia en la corriente de alta frecuencia.

Rad. — Tiene razón. Es una cosa sencilla. Podemos, por ejemplo, intercalar un micrófono en el circuito de antena. Como la resistencia del micrófono varía por efecto de las ondas sonoras, la corriente de antena variará, a su vez, en intensidad. Dicho de otro modo, en lugar de una serie de oscilaciones entretenidas de igual amplitud (figura 38 a), tendremos una serie de oscilaciones de amplitud variable (figura 38 c), o una corriente de alta frecuencia modulada.

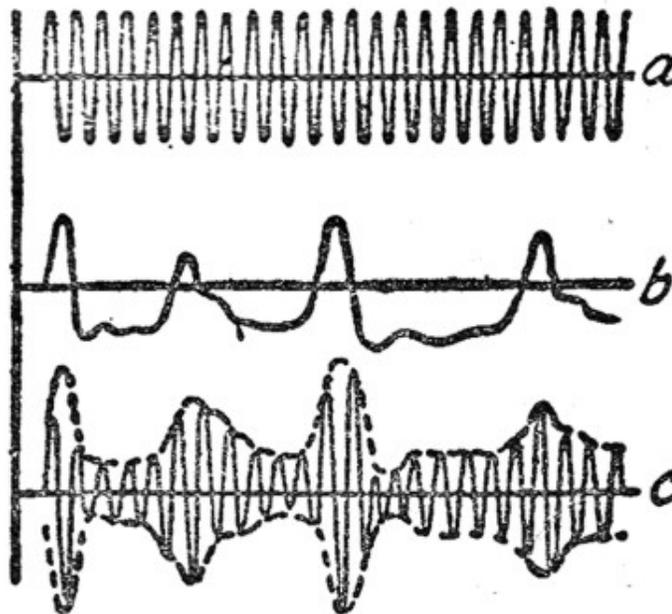


Figura 38. — Corriente de alta frecuencia no modulada, en s; modulación en bala frecuencia del micrófono, en b, y corriente de alta frecuencia modulada en c.

Cur. — Comprendo. Cuando la resistencia del micrófono aumenta, la amplitud disminuye. Y son esas diferencias de amplitud las que esconden la corriente sonora.

Comentarios a la novena conversación

Micrófono.

En esta conversación, Radiol se ha dedicado al estudio de los primeros eslabones de la cadena de transmisión radioeléctrica. Ha comenzado por el principio: el micrófono y las ondas sonoras que lo actúan.

Las ondas sonoras, esas vibraciones de las moléculas del aire cuyas frecuencias se extienden desde 16 períodos por segundo (para los sonidos más graves) hasta los 40.000 períodos por segundo (para las notas más agudas), son "traducidas" mediante la ayuda del micrófono en variaciones correspondientes de una corriente eléctrica.

El micrófono a carbón descrito por Radiol y que funciona por variaciones de resistencia, es muy sensible a sonidos relativamente débiles, pero en cambio se halla afectado por ciertos defectos que conspiran contra la pureza de la reproducción. Hay otros sistemas de micrófono que permiten lograr mayor fidelidad, pero son al mismo tiempo menos sensibles (lo cual importa poco, en realidad, desde el momento que se pueden amplificar siempre las corrientes demasiado débiles mediante la ayuda de válvulas). Tales son, por ejemplo, los micrófonos electrodinámicos, en los cuales oscila un bobinado muy liviano dentro del campo magnético de un imán, al impulso de las ondas sonoras. Sabemos que bajo estas condiciones aparecerán corrientes inducidas en el bobinado.

La corriente microfónica, fiel imagen eléctrica de las ondas sonoras, es de frecuencia demasiado baja como para poder engendrar ondas eléctricas. Para transportar esta corriente de baja frecuencia en el espacio que separa la antena de emisión de la antena de recepción, es necesario incorporarla previamente a una

corriente de alta frecuencia, la cual, ella sí, tendrá las propiedades necesarias para crear las ondas eléctricas.

Modulación

¿De qué manera se introduce la baja frecuencia en la corriente de alta frecuencia? O dicho en términos más técnicos, ¿cómo se modula la alta frecuencia con la baja frecuencia?

En su estado puro, cuando no es modulada, la corriente de alta frecuencia se presenta bajo la forma de una corriente alterna clásica, tal como la conocemos bien (figura 38a). La modulación mediante la baja frecuencia, tiene por efecto destruir la hermosa igualdad de sus amplitudes. Estas son aumentadas o disminuidas, según la forma de la corriente de baja frecuencia, de manera tal que reuniendo las crestas de todos los semi-periodos, se obtiene una línea que tiene la forma de la corriente microfónica (en línea punteada en la figura 38 c).

Es esta desigualdad de las amplitudes de la alta frecuencia la que representa la baja frecuencia. Modular una corriente viene a equivaler, en cierto sentido, a modelarla.

Emisión.

La corriente de alta frecuencia pura (o sea no modulada) es generada por una válvula montada en disposición osciladora. El superheterodino ofrece un ejemplo de tal montaje y Radiol ha tenido razón en detenerse en el análisis de su funcionamiento. Sin volver a insistir sobre las diferentes fases del proceso del entretenimiento de las oscilaciones, recordemos simplemente que el heterodino comprende esencialmente un circuito oscilante montado entre grilla y cátodo y acoplado por inducción con un bobinado intercalado en el circuito de placa. Las cargas y descargas alternativas del condensador del circuito oscilante producen la corriente de alta frecuencia, la cual se detendría al cabo de un cierto número de períodos (como en la figura 21-A), si la bobina de placa no reinyectara por inducción en la bobina del circuito oscilante, y en los momentos oportunos, la energía necesaria para compensar las pérdidas. Gracias a este aporte de energía constantemente renovado, las oscilaciones, una vez establecidas, son entretenidas

con una amplitud constante y una frecuencia que es la de resonancia del circuito oscilante.

Es por lo tanto, al final de cuentas, la energía proporcionada por la fuente de corriente anódica la que entretiene las oscilaciones del heterodino.

En un emisor, las oscilaciones relativamente pequeñas del heterodino son amplificadas por un potente amplificador de alta frecuencia, antes de ser aplicadas a la antena de emisión. Una de las etapas de este amplificador es afectada por la modulación; en el caso de telegrafía, mediante interrupciones de la corriente con la ayuda de un manipulador y en el caso de la telefonía por la corriente microfónica. Esta última es, en la mayoría de los casos, demasiado débil como para poder modular la alta frecuencia. Se la refuerza mediante un amplificador de modulación, antes de aplicarla a la etapa moduladora.

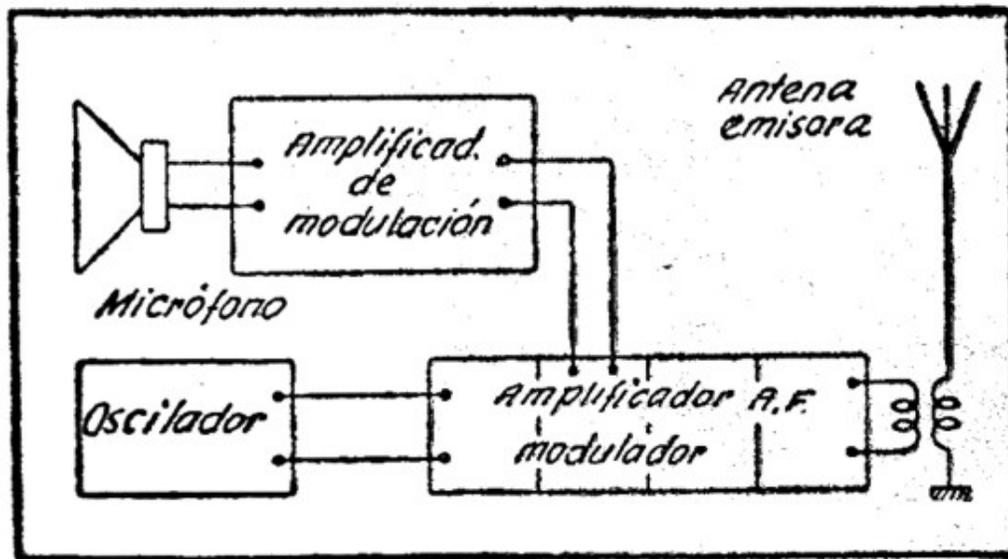


Figura IV. — Composición de un emisor de radiotelefonía.

Por lo tanto, el esquema muy esquematizado por cierto, de un emisor radiotelefónico, podrá representarse en la forma indicada en la figura IV.

DÉCIMA CONVERSACIÓN

Tres elementos son indispensables en el radiorreceptor más sencillo: el colector de ondas (antena), el detector y el reproductor de los sonidos. En esta charla, nuestros dos amigos estudian la función y el mecanismo de la detección. Empiezan, desde luego, por el método más sencillo: la detección por diodo. La galena, que cuenta siempre con muchos adictos, se menciona también. Finalmente, Radiol expone la "detección por placa"

El tren llega a la estación



Curiosus. — Estoy enojado con usted. La otra ocasión me abandonó a causa de sus exámenes, en el momento en que la charla me resultaba más interesante. La última vez, después de tomar asiento el viajero "baja frecuencia" en el tren "alta frecuencia", dimos la señal de partida... Pero nuestro ferrocarril de "alta frecuencia modulada", ¿cuándo se detiene?

Radiol. — En efecto, es hora ya de llegar. Usted sabe, además, que las ondas se detendrán en una estación que se llama "antena de recepción". Esas ondas dan lugar en la antena a una corriente modulada de alta frecuencia, que es una reproducción, aunque mucho más débil, de la corriente que circula en la antena emisora.

Cur. — Me acuerdo también que para tener cierta selectividad colocamos en la antena de recepción (o acoplamos a ella) un circuito oscilante, en cuyos bornes se desarrollarán tensiones alternativas. Bien; yo quisiera aplicar ahora esas tensiones a un teléfono, pero usted me dice que no oiré nada... Y así es en efecto...

Rad. — Usted está ahora en condiciones de comprender por qué ocurre eso. No olvide que quiere aplicar a sus teléfonos tensiones de alta frecuencia modulada. La membrana del teléfono es muy lerda para vibrar a una frecuencia tan elevada como la que nosotros denominamos de "alta frecuencia"; su inercia se opone terminantemente a ello.

Cur. — Pero se podría fabricar una membrana tan sutil, tan ligera, que pudiera vibrar a esa frecuencia...

Rad. — Usted mismo no percibiría nada, pues su oído no está en condiciones de captar sonidos de frecuencia tan elevada. Por otra parte, esa corriente no puede atravesar las pequeñas bobinas del teléfono, en las cuales la autoinducción le opone un obstáculo casi infranqueable.

Cur. — Pero para tales efectos no nos interesa esa corriente de alta frecuencia. Es la modulación de baja frecuencia que queremos hacer audible; porque el papel traslativo de la alta frecuencia ya está cumplido: llegar a la estación; no nos queda, sino recibir al viajero "baja frecuencia".

Rad. — Completamente de acuerdo. La operación de extraer, de revelar a baja frecuencia de la alta modulada se conoce en la técnica con el nombre de detección.

Cur. — Si estoy en lo cierto, la detección sería lo contrario de la modulación, en donde incorporamos la baja frecuencia en la alta.

Rad. — Eso es. En la corriente modulada, la baja frecuencia está expresada por la variación de amplitud de la corriente de frecuencias elevadas. Enderezando a éstas haremos aparecer la baja frecuencia.

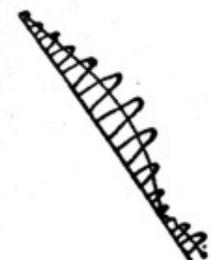
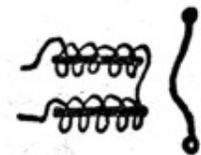
Cur. — No veo cómo puede ser esa.

Rad. — Es muy sencillo. Para enderezar la corriente basta colocar en su camino un dispositivo de conductividad unilateral, es decir, que la deje pasar fácilmente en un sentido y le impida el paso en el otro.

Cur. — No comprendo del todo cómo puede ser ese dispositivo enderezador

Rad. — Usted ya conoce uno; la válvula diodo, en la que los electrones pueden ir del cátodo al ánodo, pero no al revés.

Cur. — Es verdad. No caía.



Y he aquí cómo se detecta...

Rad. —Y bien, además de conectar en los bornes del circuito oscilante el teléfono, intercalaremos en serie con aquél una válvula diodo (figura 39). En este caso, las tensiones de alta frecuencia modulada (figura 41 A) crearán a través del diodo y del teléfono una corriente unilateral (figura 41 B). Sin el diodo, habríamos tenido impulsos radiofrecuentes en los dos sentidos alternativamente. Gracias, pues, a la acción enderezadora del diodo, todos esos impulsos son dirigidos en el mismo sentido.

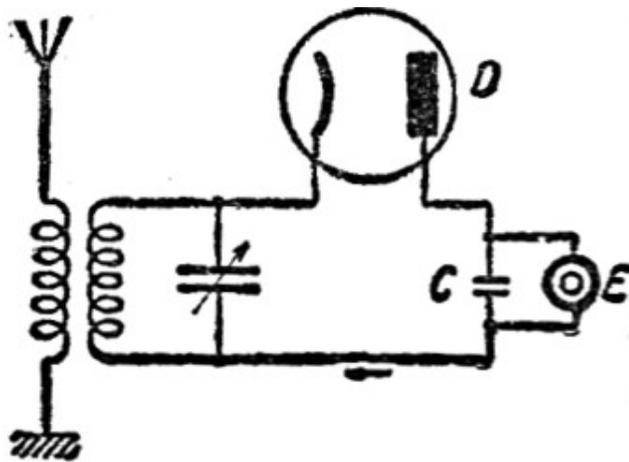


Figura 39. — La válvula *D* permite enderezar o rectificar las oscilaciones, las que una vez detectadas se hacen audibles en el teléfono *E*.

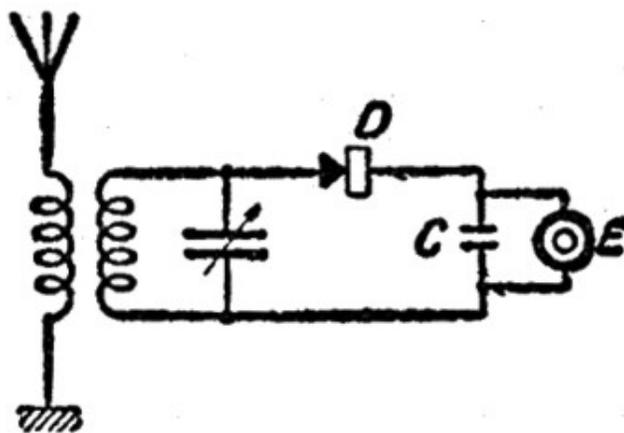


Figura 40. — Un detector *D*, a contacto, puede rectificar las corrientes débiles.

Cur. — ¡Eureka! He comprendido. Debido a que van en el mismo sentido, vienen a ejercer sobre la membrana del teléfono acciones que, completándose, la

atraen más o menos. Digo "más o menos" porque las amplitudes de esos impulsos no deben ser iguales: varían, y es precisamente en esas variaciones en que se basa nuestra baja frecuencia musical que hará vibrar a su cadencia la membrana del teléfono.

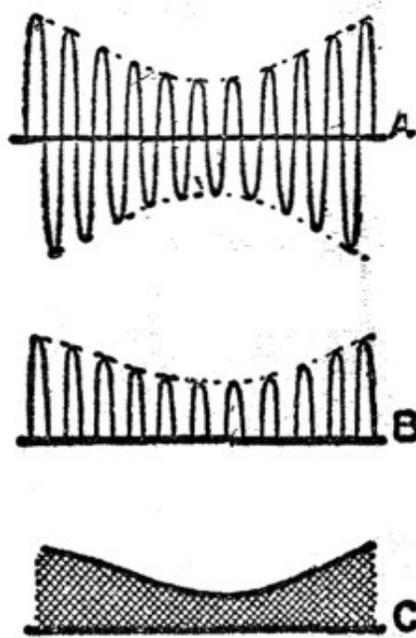


Figura 41. — Oscilación de alta frecuencia modulada, en A; oscilación rectificada, en B; corriente de baja frecuencia, en C.

Depósito acumulador-distribuidor de electrones

Rad. — Usted ha adivinado certeramente la marcha del fenómeno en sus líneas generales. Pero en nuestros razonamientos no hemos tenido en cuenta el hecho de que los impulsos, aun unilaterales (figura 41 B), pero de alta frecuencia, no pueden atravesar las bobinas del teléfono debido a su autoinducción.

Cur. — ¿Y entonces...no oiremos nada?

Rad. — Sí, pero a condición de completar esos, impulsos antes de aplicarlos al teléfono. A tal efecto conectamos en los bornes del mismo un pequeño condensador C (figura 39), que los impulsos cargarán más o menos de electrones. En seguida ese condensador se descargará a través del teléfono. La carga es más o menos grande, siguiendo la amplitud de los impulsos. Ocurrirá lo mismo, en consecuencia, respecto de la corriente de descarga (figura 41 C), la que atravesará el teléfono y se convertirá en una verdadera corriente de baja frecuencia.



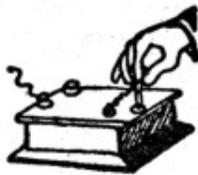
Cur. — En resumen, el condensador C vendría a ser un depósito acumulador de cargas, que apenas recibidas son devueltas y así continuamente.

Rad. — Me gusta su ejemplo. Haciendo más completa la analogía, puede comparar el condensador C a un depósito destinado a recoger agua de lluvia, y en el que la canilla deja caer un hilo de agua continuo, más o menos fuerte, de acuerdo con la intensidad de la lluvia



Curiosus ha comprendido la detección

Cur. — Desearía resumir todo lo que me ha dicho acerca de la detección. Así, las tensiones de alta frecuencia modulada son enderezadas por el diodo. Obtenemos, entonces, una sucesión de impulsos de alta frecuencia unilaterales de amplitud desigual. Esos impulsos cargan constantemente el condensador C, que devuelve una corriente de baja frecuencia en el auricular telefónico... y percibimos la música... ¡Ah, si yo tuviera un diodo no dilataría ese ensayo!



Rad. — El diodo no es indispensable sino para rectificar tensiones de algún valor. En cambio, para las tensiones débiles, un detector a contacto bastará (figura 40).



Cur. — Usted se refiere probablemente al detector a galena, que se compone de ese mineral y de un punto metálico que se apoya ligeramente sobre su superficie, ¿no es así?



Rad. — No, precisamente. Un detector a contacto puede estar constituido de diversas maneras. En cuanto ponemos en contacto dos conductores que presenten una disimetría cualquiera (diferencia de composición química, de forma o de temperatura) la

conductividad no es la misma en los dos sentidos. Y como no existen prácticamente dos cuerpos absolutamente idénticos, puede decirse que todos los contactos imperfectos son rectificadores. No obstante, ciertos contactos poseen propiedades rectificadoras muy marcadas y se los prefiere en la práctica. Así, el contacto del

sulfuro de plomo (galena) con un metal constituye un excelente detector, aunque tiene el defecto de dejar pasar sólo corrientes muy débiles y ser inestable.

Cur. — Ah sí, es una cosa muy entretenida pasarse el tiempo buscando "el punto sensible" de la galena.

Rad. — Pero existen detectores a contacto que carecen de ese defecto, tal como el de cobre y el óxido de este metal.

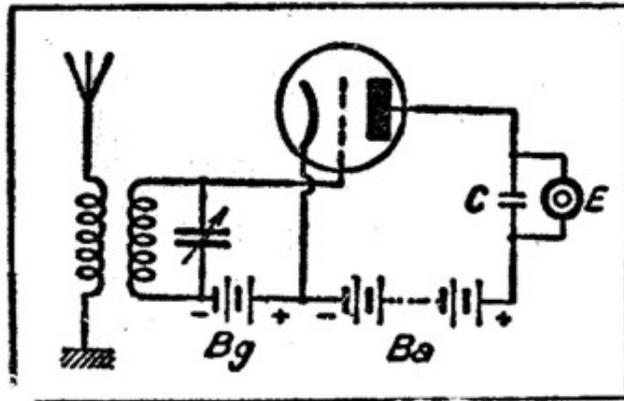


Figura 42. — Esquema que muestra la detección por curvatura de la característica de placa.

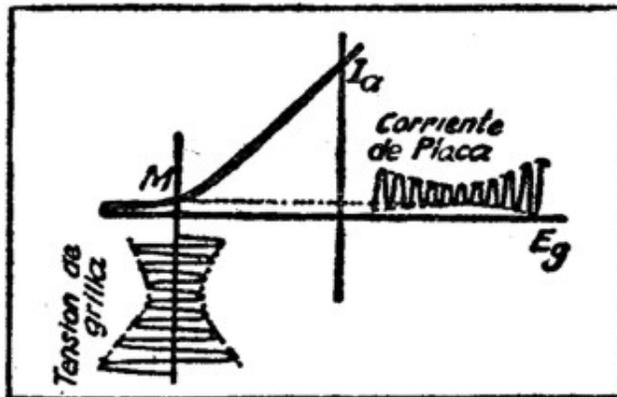
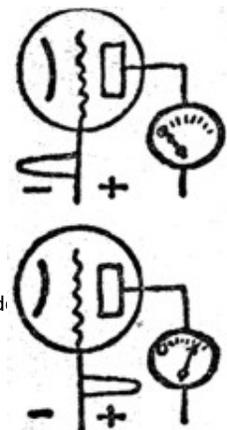


Figura 43. — En el punto de trabajo M, las tensiones alternadas de grilla crean una corriente rectificadora en placa.

Cur. — Por lo que veo, un detector es siempre un rectificador.

Rad. — Exactamente. Pero se puede también rectificar de otra manera distinta de la que hemos estudiado hasta aquí. Se



utiliza a ese efecto una válvula amplificadora, cuya grilla esté polarizada por una batería Bg (figura 42) a una tensión negativa que haga casi nula la corriente de placa (punto M del codo inferior de la característica de la válvula en la figura 43). Se aplican las tensiones de alta frecuencia moduladas, entre la grilla y el cátodo. De este modo, las alternancias positivas dan lugar a la aparición de una corriente de placa más o menos intensa. Por el contrario, las alternancias negativas haciendo a la grilla aun más negativa, impiden prácticamente que aparezca corriente alguna en el circuito de placa.

Cur. — Entiendo perfectamente lo que ocurre. En el circuito de placa tenemos una serie de impulsos de corriente en un solo sentido, que se suceden a alta frecuencia, y en el que la intensidad varia. El pequeño condensador C permite completarlos, y descargándose en el teléfono alimenta a éste con corriente de baja frecuencia, tal como habíamos visto en el caso de la detección por diodo.

Rad. —Veo que ha comprendido bien la detección. El sistema empleado en la figura 42 se llama detección por curvatura de la característica de placa. Sus amigos le hablarán, probablemente, también de la "detección por grilla". No les haga caso. Eso es un término para descubrir la ignorancia de los "técnicos" que no han comprendido la técnica. Sobre esto, que llaman detección, hablaremos pronto.



Comentarios a la décima conversación

Auriculares.

Si la cadena de la transmisión radiotelefónica comienza con el micrófono, termina, en cambio, en los auriculares. En efecto, son los auriculares o su pariente

próximo y más potente, (el altoparlante) los que asumen las funciones inversas a las del micrófono: la transformación de las corrientes de baja frecuencia en ondas sonoras.

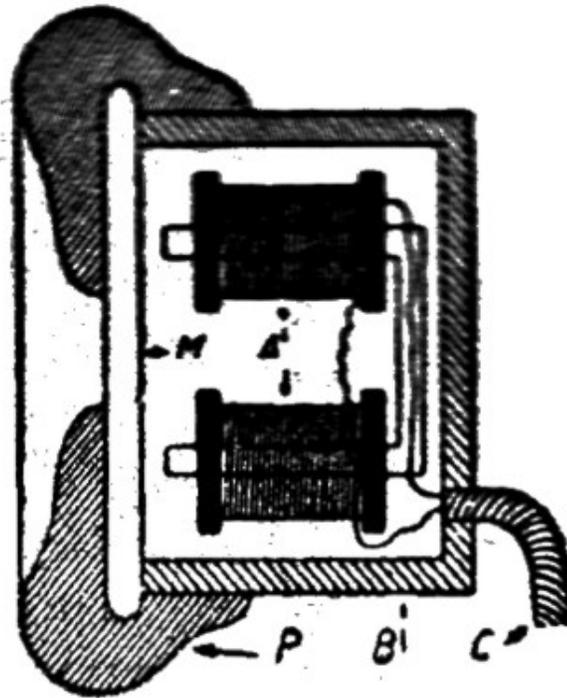


Figura V. — Constitución de un auricular, A, electroimán; M, membrana; B, caja; C, cordón que conduce la corriente de baja frecuencia.

Un auricular (figura V) se compone de un electroimán con núcleo de acero imantado, dispuesto detrás de una membrana delgada de acero flexible.

El conjunto se halla dispuesto en una caja de metal o de material plástico. Las corrientes de baja frecuencia recorren los arrollamientos del electroimán, aumentando y disminuyendo alternativamente la imantación del núcleo, el cual atraerá más o menos la membrana. Esta última se curvará más o menos, respondiendo a la cadencia de las variaciones de la corriente y las vibraciones así producidas se comunican a las capas de aire circulantes, propagándose en forma de ondas sonoras. Si ninguna de las múltiples transformaciones sufridas por la corriente en su recorrido, desde el micrófono del emisor hasta el auricular del receptor, la han deformado, el sonido reproducido por el auricular será comparable al que ha excitado el micrófono.

Detección.

Es la corriente de baja frecuencia la que debe recorrer los arrollamientos del auricular. No conduciría a resultado práctico alguno tratar de escuchar el sonido producido por una corriente de alta frecuencia modulada. La membrana, que posee demasiada inercia, se negaría a vibrar a una frecuencia tan elevada. Además, aun suponiendo que, por un milagro, pudiera vibrar a esas frecuencias, el "sonido" generado sería de una frecuencia que el oído humano no podría percibir. Por último, las corrientes de alta frecuencia no podrían circular por los arrollamientos del auricular, que le opondrían una inductancia demasiado elevada. Por lo tanto hay tres razones, cada una de las cuales sería suficiente de por sí, que nos llevan a realizar una operación inversa de la modulación: extraer de la corriente de alta frecuencia modulada su componente de baja frecuencia. Esta operación recibe el nombre de detección.

Para poner en evidencia la componente de baja frecuencia de una corriente modulada, será suficiente con rectificarla, es decir, suprimir todos los subperíodos (o alternancias) que van en un cierto sentido. En tal caso se obtendrán impulsos de corriente que van todos en el mismo sentido, sucediéndose al ritmo de la alta frecuencia y cuya amplitud varía de acuerdo a la forma de la baja frecuencia (figura 41 B). Bastará con anular estos impulsos sobre las armaduras de un condensador de pequeña capacidad, para que descargándose a través del auricular (o cualquier otra impedancia), engendre una corriente de baja frecuencia (figura 41 C). Tal es, visto en líneas generales, el mecanismo de la detección. Veamos más en detalle la forma de llevarla a cabo.

Detectores.

La rectificación de la corriente se lleva a cabo con la ayuda de un conductor unidireccional. Un tal conductor opone a la corriente una resistencia relativamente pequeña para su paso en un cierto sentido y mucho más elevada (o basta infinita) para su paso en el otro sentido. El diodo es un ejemplo de un detector de resistencia infinita en el "sentido prohibido", ya que la corriente no puede pasar del ánodo al cátodo. Los detectores llamados "a contacto imperfecto", del cual el más

conocido es el integrado por una punta metálica que se apoya sobre un cristal de galena, dejan pasar la corriente con una facilidad considerablemente mayor en un cierto sentido que en el sentido opuesto.

Por lo tanto, Radiol tiene razón al decir que toda disimetría (física, química o geométrica) entre dos cuerpos en contacto determina una conductibilidad desigual, de acuerdo al sentido de la corriente. Y dado que la simetría perfecta no existe nunca, se puede decir que todos los contactos imperfectos detectan en mayor o menor grado. Este es, justamente, un fenómeno que frecuentemente resulta muy indeseable. De ahí el peligro de los contactos mal realizados y la necesidad, en el montaje de un aparato de radio, de asegurar contactos perfectos entre las conexiones mediante la ayuda de soldaduras ejecutadas con el mayor cuidado posible.

Si bien el detector a cristal posee con respecto al diodo la ventaja de no requerir corrientes de alimentación, también es cierto, por otra parte, que no puede proporcionar más que corrientes detectadas muy débiles. En consecuencia, hoy en día no se le emplea más que en los receptores sin válvulas, que funcionan sin ninguna clase de amplificación y en los cuales la débil corriente de antena, luego de ser detectada, pasa a accionar directamente los auriculares. Estos aparatos, llamados "a galena", no pueden ser utilizados más que para la recepción de emisores locales. Pero, en cualquier forma, ¿no es acaso igualmente un milagro el que realiza un tal receptor, en el cual la ínfima fracción de energía que recoge su antena en el espacio es suficiente para animar de movimiento a la membrana de los auriculares?

El condensador que sirve para acumular los impulsos unidireccionales de la corriente rectificada, ha de ser de capacidad lo suficientemente pequeña como para ofrecer una elevada resistencia a la corriente de baja frecuencia. De lo contrario, esta última lo atravesaría. Su valor usual es del orden de los 2 m μ F (0,002 μ F).

Detección por placa.

La válvula con grilla permite lograr simultáneamente la detección y la amplificación de la corriente modulada. A tal efecto se aplica la tensión detectar entre la grilla y el cátodo, estando la grilla polarizada con una tensión mucho más

negativa que la que se utiliza para fines de amplificación: es necesario llevar el punto de funcionamiento al codo inferior de la característica. Bajo estas condiciones, las alternancias negativas de la tensión de alta frecuencia no provocarán más que disminuciones muy pequeñas de la corriente de placa, mientras que las alternancias positivas darán lugar a fuertes aumentos de la corriente de placa. Por lo tanto, esta última presentará también las características de una serie de impulsos unidireccionales de alta frecuencia y de amplitud desigual. Un condensador colocado en el circuito de placa, cargado por estos impulsos, los suministrará a los auriculares (u otra impedancia) bajo la forma de corriente de baja frecuencia. Tal es el mecanismo de la detección por curvatura de la característica de placa. Se reduce, al fin de cuentas, a una amplificación que sufre una fuerte y voluntaria deformación.

UNDÉCIMA CONVERSACIÓN

Ambos amigos charlan largamente aquí sobre amplificación. Después de establecer su utilidad, tanto para las corrientes de alta como de baja frecuencia, Radiol expone los principios de acoplamiento por transformador. De paso examina los diversos sistemas de alimentación y se refiere particularmente al método de polarización generalmente utilizado en los receptores alimentados con la corriente de canalización.

La fatiga del viaje

Curiosus. — Amigo Radiol, gracias a nuestra última charla sé por fin cómo se procede en la detección, es decir, cómo el viajero "baja frecuencia" desciende del tren "alta frecuencia" que lo ha conducido al receptor. Ahora ardo en deseos de iniciar la construcción de un aparato, aunque sea tan modesto que no se componga más que de un circuito oscilante, un detector a diodo y un parlante...

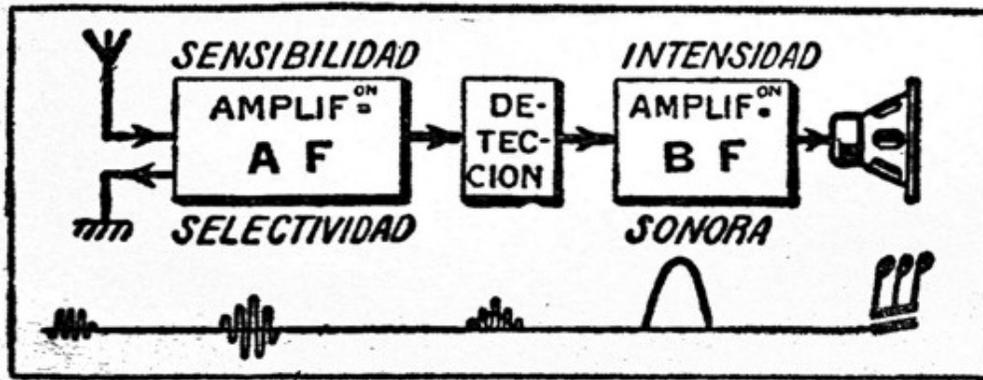


Figura 44. — El esquema... muy esquematizado de un receptor.

Radiol. — Decididamente, Curiosus, usted está poseído de ideas irrealizables. Su parlante quedará mudo como una estatua. No olvide que su viajero, después de haber andado a la tremenda velocidad de 300.000 kilómetros por segundo, llega al receptor muy cansado y débil.

Cur. — ¿Y qué hay con eso?

Rad. — La corriente será muy débil para accionar el altoparlante. Es necesario, pues, vigorizarla, amplificarla después de la detección y antes de que llegue al altavoz. He aquí la función de la amplificación de baja frecuencia, que tiene por objeto aumentar la amplitud de la corriente sonora. Además, si el viajero viene de lejos, llegará tan extenuado que acaso no tenga fuerza para descender por sí mismo del tren. Dicho de otra manera, la corriente que las ondas habrán engendrado en la antena del receptor serán tan débiles que no será posible detectarlas.

Cur. — Entonces sería bueno proporcionar fuerzas al viajero antes de que descienda del tren, ¿no le parece?

Rad. — Es así como se opera. Antes de la detección se amplifica la corriente de alta frecuencia, de manera que esté en condiciones de ser detectada. Gracias a esta amplificación de alta frecuencia, es posible rectificar las señales más débiles. Eso contribuye a aumentar la sensibilidad del receptor y, en consecuencia, su radio de acción.



Curiosus plantea el problema

Cur. — En suma, en un receptor normal es preciso amplificar antes y después de la detección (figura 44). Pero en lo que concierne a la amplificación, creo que va nada nos queda por decir.

Rad. — Error grande el suyo. Usted sabe únicamente en qué forma la válvula amplifica. Recordará, según le dije, que las menores variaciones aplicadas a la entrada, es decir, entre la grilla y el cátodo, provocan variaciones relativamente grandes en la corriente de placa. Pero usted ignora completamente cómo se establecen los circuitos de acoplamiento que permiten conectar dos válvulas amplificadoras consecutivas.

Cur. — Mi profesor de matemáticas decía a menudo que un problema bien planteado está medio resuelto. Voy a intentar, pues, enunciar éste que usted quiere exponer. En la válvula (figura 45) tenemos una "entrada": la grilla y el cátodo. Entre estos dos electrodos aplicamos una tensión alternada de alta o baja frecuencia. Por otra parte tenemos la "salida": el circuito de placa, en el cual entre el ánodo y el polo positivo de la fuente de alta tensión podemos recoger la corriente variable. Pero no es una *corriente* variable la que necesitamos para obrar sobre la válvula siguiente: es una tensión variable que queremos aplicar entre su grilla y su cátodo.

Rad. — Está en el verdadero camino de la lógica. Es, pues, indispensable transformar la corriente variable de placa en una tensión variable.

Cur. — Eso se dice fácilmente, ¿pero cómo se hace?

Rad. — Esa transformación es posible con el auxilio de un... transformador.

Un antiguo conocido

Cur. — ¿Quién es ese señor?

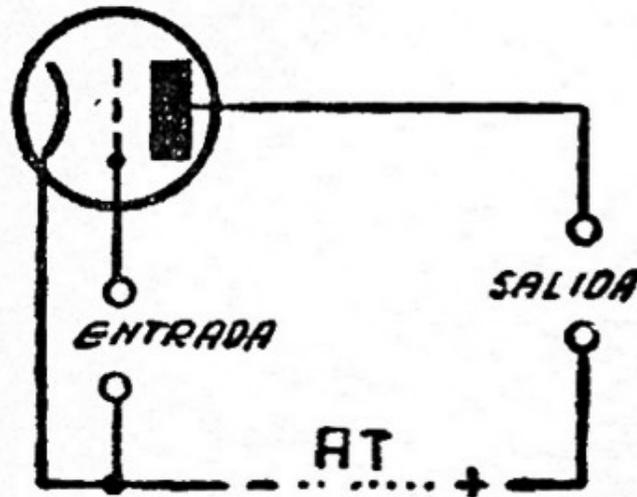


Figura 45. — Los cuatro "puntos cardinales" de la válvula: la entrada, entre la grilla y el cátodo; la salida, entre el ánodo y de A.T.

Rad. — El transformador es para usted un viejo conocido, sólo que ignora su nombre. Reciben, en efecto, ese nombre, dos enrollamientos acoplados por inducción. Usted sabe que cuando el cátodo es recorrido por una corriente variable, otra corriente análoga es inducida en el segundo. Ahora bien, si este último enrollamiento está abierto (es decir, ninguna resistencia lo cierra), no habrá en él corriente inducida alguna, aunque sí notaremos la presencia de una tensión. Cuando por el primer enrollamiento (llamado primario del transformador) circula una corriente alternada, en el segundo (secundario) los electrones se desplazarán constantemente al ritmo de la corriente inductora, creando, de tal suerte, tensiones alternativas entre las extremidades de este bobinado (figura 46).

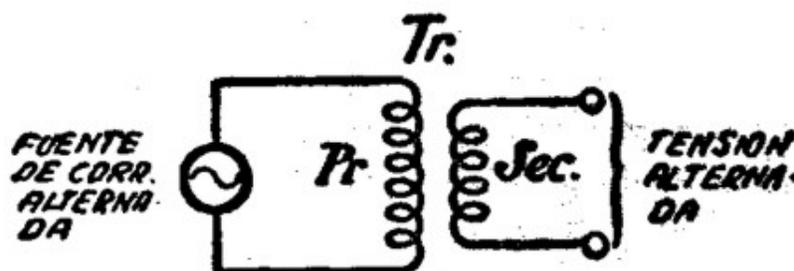


Figura 46. — La corriente alternada que recorre el primario P_r del transformador Tr induce una tensión alternativa entre los bornes de su secundario $Sec.$

Cur. — Ya veo ahora la solución: basta intercalar en el circuito de placa de la primera válvula el primario de un transformador, cuyo secundario lo conectaremos entre la grilla y el cátodo de la segunda válvula (figura 47). Así el primario será recorrido por la corriente variable del circuito de placa de la primera válvula, que inducirá tensiones alternativas en las extremidades del secundario, tensiones que serán pasadas entre la grilla, y el cátodo de la segunda válvula... con lo que hemos resuelto el problema.

Rad. — Espere para triunfar. Hasta aquí nuestro esquema presenta un grave inconveniente: habrá notado que cada válvula necesita para su funcionamiento una fuente aparte de alta tensión para alimentar el circuito de placa. Este mantenimiento, que se obtiene mediante una batería, o con la corriente de canalización, es bastante costoso. Y si queremos continuar la amplificación, es decir, conectar a la segunda una tercera válvula y varias más, serían menester tantas fuentes de corriente como válvulas dispusiéramos, lo que nos resultaría muy oneroso.

La alimentación y sus problemas

Cur. — ¿No se podría emplear una fuente para todas las válvulas?

Rad. — Es lo que se hace en la práctica. Aquí en el esquema (figura 48) las tres válvulas están alimentadas con la misma fuente. Los cátodos se conectan al polo negativo, y los circuitos de placa, al positivo.

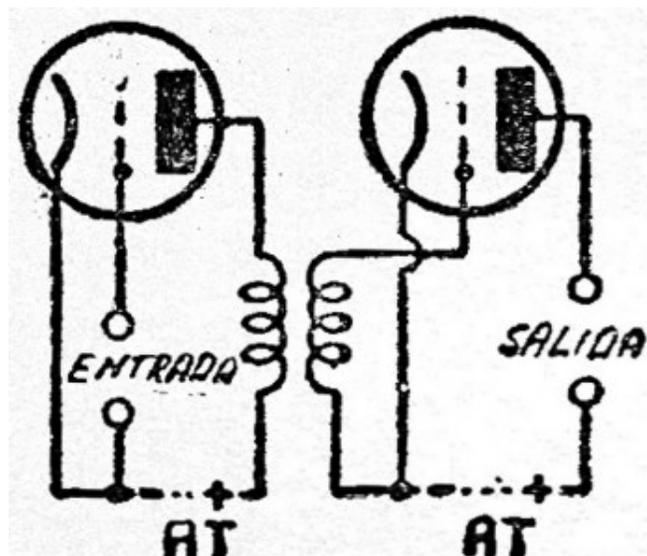


Figura 47. — Acoplamiento por transformador de dos válvulas amplificadoras.

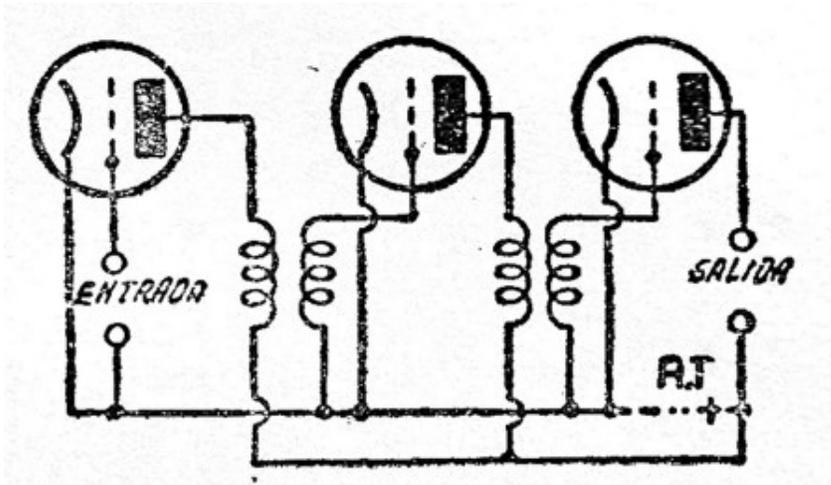


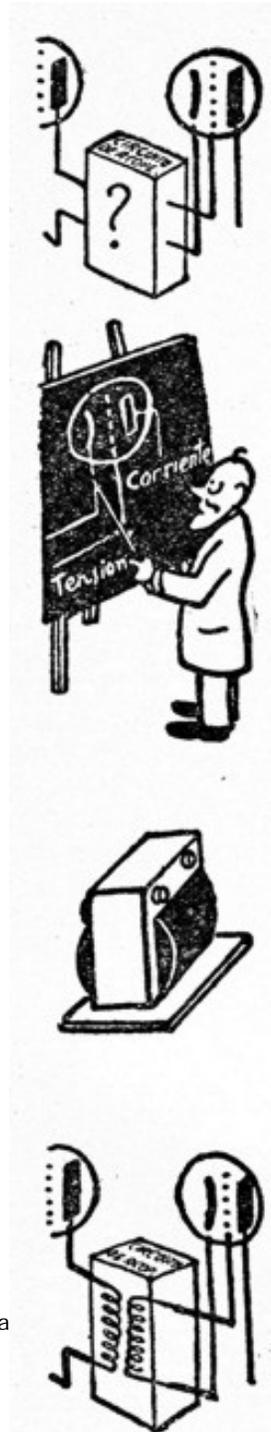
Figura 48. — Alimentación de tres válvulas con una misma fuente de A. T.

Cur. — Me parece correcto. En lugar de proveer la alimentación de cada válvula por separado, se las alimenta en la cocina común del restaurante...

Rad. — Puesto que usted no va más allá en sus reflexiones, voy a agregar que la alimentación de las válvulas no comprende sólo el encendido del filamento y la provisión de corriente de placa sino también la polarización de grilla.

Cur. — Tiene razón, olvidé los fiambres surtidos de que usted me habló... Si mis recuerdos no fallan, la grilla, debe ser llevada a una tensión negativa con respecto al cátodo, de manera que el punto de funcionamiento de la válvula se halle en la porción rectilínea de su característica, y que por efecto de la tensión alternativa que se le aplica, la grilla no pueda llegar a ser en ningún caso positiva.

Rad. — Usted olvida, sin embargo, que la grilla no debe tampoco penetrar en la porción curva de su característica, so pena de deformación de las oscilaciones a amplificar.



Cur. — ¿Y de qué manera volveremos prácticamente a la grilla negativa con respecto al filamento? Yo creo que lo más sencillo sería utilizar una pequeña batería.

Rad. — Es así como se hace con los receptores totalmente alimentados a batería. Pero en la mayoría de los casos los receptores son alimentados con la corriente de canalización. Para obtener en este caso la tensión de polarización se apela a un dispositivo tan ingenioso como sencillo: la caída de tensión producida por la corriente de placa a través de una resistencia.

Curiosus se mete en la piel del electrón

Cur. — Ante todo quisiera saber a qué se llama caída de tensión.

Rad. — Cuando la corriente halla en su camino una resistencia (figura 49), los electrones la atravesarán con dificultad. Se acumulan en la entrada y no son muy abundantes en el otro extremo de la resistencia. Por consiguiente, la entrada será más negativa que la salida. La tensión así creada por el paso de corriente a través de una resistencia se llama caída de tensión de la corriente. Tal caída, evidentemente, es tanto mayor cuanto la corriente es más intensa y la resistencia más elevada⁸.

Cur. —Ocurre en este caso lo mismo que al público que quiere salir apresuradamente de un vasto local por una puerta estrecha. Se aglomera antes en ella, y luego, a la salida, se esparce y respira libremente. Creo comprender ahora qué es la diferencia de presión o la caída de tensión...

Rad. —Veo que usted se está metiendo cómodamente en la piel del electrón, si cabe la frase. Volviendo a la polarización, basta para ello intercalar una resistencia R en el trayecto de la corriente de placa (figura 50), entre el polo negativo de la fuente de alta tensión y el cátodo. La corriente de placa va del cátodo al ánodo,



⁸ (en volts) es igual a la intensidad de la corriente (en amperes) multiplicada por la resistencia R. La ley de Ohm, citada en la primera conversación en esta forma: $I = E/R$, de la que se deriva que si una corriente de 3 amperes que atraviesa una resistencia de 5 ohms provocara una caída de tensión de 15 volts.

atraviesa el primario del transformador de acoplamiento, pasa a través de la fuente de alta tensión y, por la resistencia R , vuelve al cátodo. Al atravesar la citada resistencia se produce una caída de tensión que hace su extremidad inferior negativa con respecto a la superior. La grilla está conectada en la parte inferior, y el cátodo en la superior, según puede verse. De este modo está polarizada negativamente con respecto al cátodo.

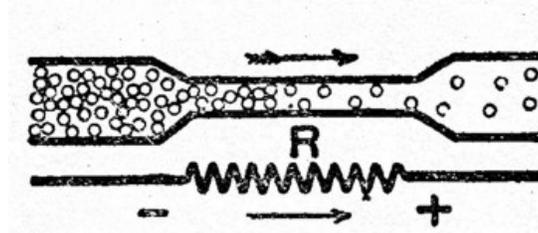


Figura 49. — Al atravesar una resistencia R , la corriente crea una tensión en sus extremos.

Cur. — Eso parece bastante sencillo. Pero ¿para qué sirve el condensador C (figura 50) que está conectado en paralelo con la resistencia R ?

Rad. — No olvide que la corriente de placa no es constante sino cuando el potencial de grilla lo es. Cuando usted aplica a la grilla una tensión al cátodo, aparecen en la corriente de placa variaciones de la misma frecuencia. Estas variaciones pasarán difícilmente a través de la resistencia R , mientras que el condensador les ofrece un paso cómodo. Se dice entonces que el condensador C es atravesado por la "componente" alternada de la corriente de placa.

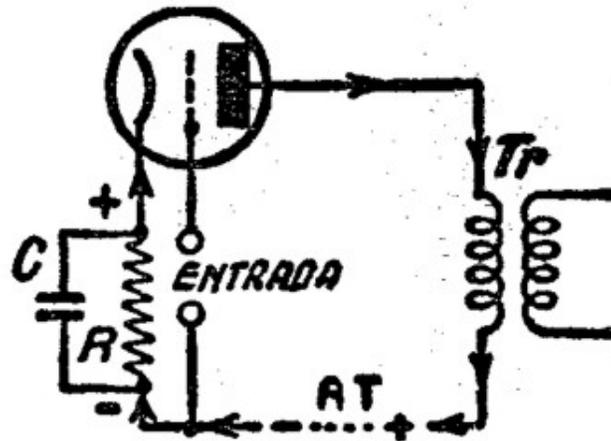


Figura 50. — Al atravesar la corriente de placa la resistencia R , origina una tensión entre la grilla y el cátodo.

Cur. — Entonces, ¿debe ser usado ese dispositivo de polarización en el circuito de placa de cada válvula amplificadora?

Rad. — Sí, señor. Aquí tiene el esquema (figura 51) de dos válvulas amplificadoras unidas por transformador. La primera está polarizada con la resistencia R_1 y la segunda con R_2 .

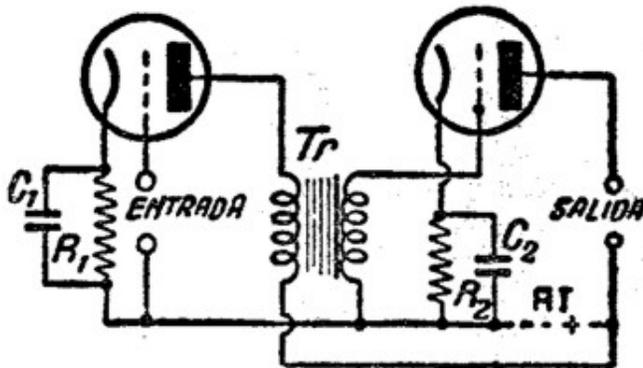


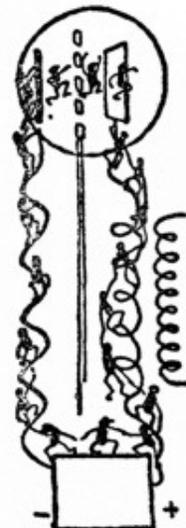
Figura 51. — Amplificador de dos válvulas con sus grillas polarizadas por las resistencias R_1 y R_2 .

Transformadores de alta y baja frecuencia

Cur. — ¿Y qué son esas líneas paralelas que ha dibujado entre los enrollamientos del transformador?

Rad. — Es el símbolo del núcleo de hierro utilizado en los transformadores de baja frecuencia. Siendo el hierro más permeable al campo magnético que el aire, se aumenta la autoinducción de los enrollamientos bobinándolos sobre un núcleo de hierro. Para que la corriente alternada que circula por aquéllos no pueda inducir en el hierro corrientes de inducción, se emplea un núcleo de delgadas láminas de hierro aisladas entre sí.

Cur. — ¿Y por qué sólo los transformadores de baja frecuencia tienen núcleo?



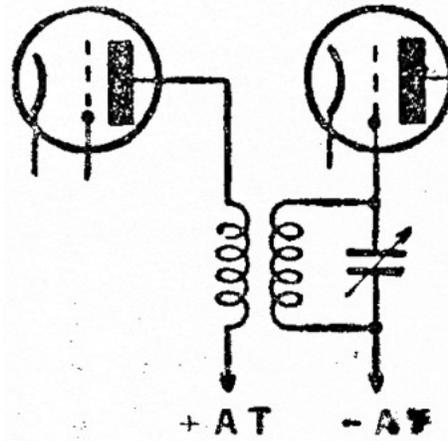
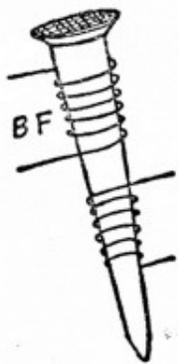
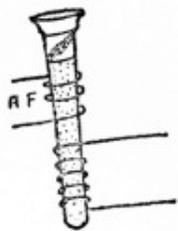


Figura 52. — Acoplamiento por transformador de A.F. con secundario sintonizado.

Rad. — Porque las corrientes de alta frecuencia, en virtud de su rápida variación, inducirían en el hierro corrientes que traerían otras tantas pérdidas para la corriente inductora. Es por eso que en alta frecuencia se prefieren los transformadores con núcleo de aire.

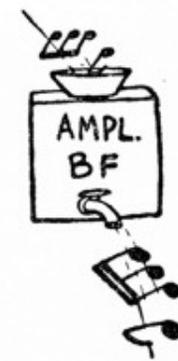


Cur. — ¿No se podría reducir al mínimo la corriente inducida, haciendo al núcleo escasamente permeable? Podría, por ejemplo, estar formado por partículas de hierro aisladas unas de otras.



Rad. — Es lo que se hizo más tarde. Y de esa suerte el núcleo de los transformadores de alta frecuencia está constituido por polvo de hierro mezclado con una substancia aislante.

Cur. — Resumiendo, la única diferencia entre la amplificación de alta y baja frecuencia consiste, si estoy en lo cierto, en la permeabilidad del núcleo. En el primer caso, es de aire, o de polvo de hierro; en el segundo, de láminas de hierro, ¿no es así?



Rad. No; la diferencia va mucho más allá. Cuando amplificamos las corrientes de baja frecuencia, tomamos las mayores precauciones para amplificarlas todas en la misma proporción, a fin de que la gama musical sea reproducida con sus intensidades relativas. No tenemos ningún interés en favorecer



determinadas frecuencias en detrimento de otras. En cambio, por lo que respecta a las corrientes de alta frecuencia, sólo tenemos interés en seleccionar una de la emisora que queremos encontrar, con prescindencia absoluta de todas las demás.

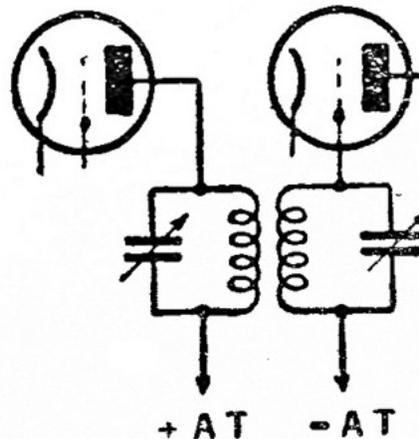


Figura 53. — Acoplamiento por transformador de A.F. con primario y secundario sintonizados.

Cur. —Entonces, ¿es indispensable en la amplificación de alta frecuencia utilizar circuitos selectivos, o, dicho de otro modo, sintonizados?

Rad. — Vamos por partes. El proceso de la selección iniciado en el circuito de sintonía de la antena debe ser seguido por los circuitos de amplificación de alta frecuencia. Emplearemos, entonces, transformadores sintonizados en uno (figura 52) o en los dos enrollamientos (figura 53). Esos transformadores no trabajarán sino a la frecuencia en que están sintonizados, con exclusión de cualquier otra.

Comentarios a la undécima conversación

Amplificación de AF y BF

En la mayoría de los receptores actuales la amplificación tiene lugar tanto antes como después de la detección. La alta frecuencia debe ser amplificada para que, la tensión aplicada al detector no sea demasiado pequeña, a fin de que la detección tenga lugar bajo condiciones normales. Es de hacer notar que todo detector posee su "umbral de sensibilidad", representado por la tensión más

pequeña que todavía puede detectar normalmente. Cuando, por una razón cualquiera (por ejemplo que el emisor escuchado se halla muy lejos o es poco potente) la tensión aplicada al detector es inferior a la tensión de dicho umbral, no tendrá lugar ninguna detección, o bien ésta será defectuosa.

La amplificación de AF (alta frecuencia) permite escuchar, por lo tanto, emisoras de poca potencia y muy lejanas. Por lo tanto sirve para aumentar la sensibilidad del receptor. Al mismo tiempo, aunque es secundario, se disponen las cosas en forma que los circuitos de acoplamiento entre las válvulas amplificadoras de AF contribuyan a aumentar la selectividad del receptor.

La tensión detectada es generalmente demasiado pequeña como para poder ser aplicada directamente a un altoparlante. Este último requiere una energía más o menos grande, lo cual lleva a amplificar, luego de la detección, la corriente de BF (baja frecuencia) a la cual da lugar. En principio, un triodo amplifica con la misma eficacia tensiones de AF que de BF Aplicada a la entrada de la válvula (entre grilla y cátodo) una tensión variable engendra variaciones en la corriente anódica. Si queremos hacer sufrir a la corriente amplificada una nueva amplificación mediante una segunda válvula, será preciso transformar primeramente la corriente variable en una tensión variable.

El transformador.

Esta operación puede realizarse de diversas maneras. Una de las más comunes consiste en confiarla a un transformador. Recordemos que un transformador no es nada más que un conjunto de dos arrollamientos acoplados por inducción. Si aplicamos una tensión variable a uno de los dos arrollamientos (al cual llamamos primario), aparecerá una tensión inducida de la misma forma en el otro arrollamiento (llamado secundario). Si ambos arrollamientos comprenden el mismo número de espiras, la tensión inducida en el secundario será igual a la tensión aplicada al primario. Si el secundario posee dos veces más espiras que el primario, la tensión será el doble de la del primario, desde que puede considerarse como compuesto por dos arrollamientos en serie, de los cuales cada uno posee el mismo número de espiras que el primario. En tal caso, cada uno de estos arrollamientos

desarrollará la misma tensión que la primaria y, como están conectados en serie, las tensiones se sumarán.

En general, la relación de la tensión del secundario con respecto a la del primario, es igual a los respectivos números de sus espiras. Si el secundario comprende mayor número de espiras que el primario, el transformador se llamará elevador de tensión. En el caso contrario, tendremos un transformador reductor de tensión. La relación entre el número de espiras del secundario y del primario se llama relación de transformación. Esta relación es superior a 1 para un transformador elevador de tensión e inferior a 1 para un transformador reductor de tensión

Teniendo en cuenta la alta permeabilidad magnética del hierro, los transformadores destinados a trabajar con corrientes de BF comprenden un núcleo de hierro. A fin de que no puedan desarrollarse en el núcleo corrientes inducidas (llamadas corrientes de Foucault) las cuales provocarían una pérdida perjudicial de energía, dicho núcleo se compone de chapas muy finas y aisladas, en lugar de ser macizo.

Los transformadores para AF pueden poseer igualmente núcleo magnético. Pero en estos casos, teniendo en cuenta la frecuencia elevada, no resulta suficiente con dividir el núcleo en hojas a fin de evitar las corrientes de Foucault; resulta necesario construir el núcleo con hierro pulverizado, debiendo estar aislado cada uno de sus granos microscópicos de los granos vecinos mediante algún material aislador.

Por último, en los transformadores para frecuencias muy elevadas, no debe utilizarse hierro alguno. En efecto, los transformadores para ondas cortas y ultracortas no comprenden ninguna clase de núcleo de hierro y son bobinados preferentemente con alambre desnudo y rígido, sin ningún soporte aislante. Esto último es debido a que se producen pérdidas hasta en los mejores aislantes, cuando éstos se hallan dispuestos en un campo eléctrico de frecuencia muy elevada.

Acoplamiento por transformador.

Para que un transformador sirva de circuito de acoplamiento entre dos válvulas, se le conecta de la siguiente manera. El primario a la salida de la primera

válvula (entre el ánodo y el polo positivo de la fuente de tensión anódica) y el secundario a la entrada de la segunda válvula (entre grilla y cátodo). De esta manera, las variaciones de intensidad de la corriente anódica que circula por el primario, desarrollarán en el secundario tensiones variables que son aplicadas a la entrada de la válvula siguiente.

Polarización automática.

Generalmente basta con una sola fuente de tensión anódica para la alimentación de todas las válvulas del receptor. En cuanto a la polarización negativa de las grillas, se la obtiene por la "caída de tensión" que produce la corriente anódica en una resistencia intercalada entre el cátodo de cada válvula y el polo negativo de la fuente de tensión anódica.

Se llama "caída de tensión", a la tensión que aparece entre los extremos de una resistencia debido a la corriente que la atraviesa. De acuerdo a la Ley de Ohm, esta caída de tensión es igual al producto de la intensidad de la corriente (en amperes) por la resistencia (en ohms: $E = I \times R$).

Si intercalamos entre el cátodo y el negativo de la tensión de placa una resistencia de 2.000 ohms, una corriente anódica de 0,003 A producirá una caída de tensión de $0,003 \times 2.000 = 6$ volts.

El sentido de la corriente indica que es el extremo de la resistencia conectada al negativo de la tensión de placa el que se hace también negativo con respecto al cátodo. Es a este extremo que se conectará justamente el circuito de grilla, de manera que la grilla resultará negativa con respecto al cátodo.

No obstante, surge una dificultad. Mientras la polarización debe tener un valor fijo lo más estable posible, la corriente anódica que provoca la caída de tensión es, en cambio, variable, por lo menos cuando se aplica una tensión variable a la entrada de la válvula. Por lo tanto, en tales condiciones la caída de tensión que sirve para polarizar la grilla será igualmente variable. ¿Cómo se puede remediar esto?

Separación de las componentes.

Examinando más detenidamente la forma de la corriente de placa, vemos que, no obstante ser unidireccional (ya que en la válvula no puede ir más que en un solo sentido: del cátodo al ánodo), su intensidad varía de acuerdo a las variaciones de la tensión de grilla. Mediante una abstracción mental, se puede considerar que la corriente de placa se compone de dos corrientes distintas: una corriente continua (corriente de reposo, tal cual es en ausencia de la tensión variable sobre la grilla) y una corriente alterna resultante de las variaciones de la tensión de grilla. La componente alterna hace variar la intensidad de la corriente de placa alrededor del valor de la componente continua, sumándose las alternancias positivas y restándose las negativas.

Esta imagen que puede formarse en nuestra mente de la forma de la corriente anódica, considerándola como la suma de una componente continua y una componente alterna, nos ayudará a resolver la dificultad surgida con respecto a la polarización. En efecto, basta, para que ésta sea estable, que la caída de tensión sea debida únicamente a la componente continua de la corriente anódica. En cuanto a la componente alterna, evitaremos que pase por la resistencia de polarización desviándola a través de un condensador. Si éste es de capacidad suficientemente elevada, ofrecerá a la corriente alterna un camino mucho más expedito que la resistencia y ya se ha logrado lo que se deseaba.

Esta separación de las componentes continua y alterna es una operación muy común en radio-electricidad y tendremos muchas oportunidades todavía para hacer uso de ella. Se comprenderá fácilmente que la capacidad del condensador deberá ser tanto más elevada cuanto más baja es la frecuencia, a fin de que la capacitancia que opone a la componente alterna no sea demasiado elevada. Por otra parte, cuanto más pequeña sea la resistencia de polarización, mayor deberá ser la capacidad, a fin de que la componente alterna tenga real interés en tomar el camino del condensador. Por lo menos, ésta es la forma en que se expresa Radiol.

Transformadores de BF y AF

Luego de esta digresión consagrada a las cuestiones referentes a la alimentación, retornemos a nuestro transformador. Cuando se halla destinado a uso en BF comprende un gran número de espiras (varios miles) en cada arrollamiento.

Se forman capacidades entre las espiras, al igual que entre ambos arrollamientos. También tienen lugar ciertas pérdidas debidas a corrientes de Foucault y otras causas. Todo esto da como resultado que no todas las frecuencias sean transmitidas con la misma eficacia. Vale decir, el transformador introduce una cierta deformación. Es necesario que sea de muy buena calidad para que la deformación sea pequeña. El ideal sería, evidentemente, que todas las frecuencias musicales fueran transmitidas en forma idéntica. Pero esto no es más que un ideal.

Tal exigencia, ideal en BF, sería inadmisibile en AF en donde, por el contrario, se busca favorecer a una sola frecuencia, la del emisor a recibir, en detrimento de todas las demás. Los transformadores de AF deben ser, por lo tanto, selectivos. A tal efecto, se sintoniza mediante condensadores variables, ya sea uno solo de sus arrollamiento (el, primario o bien el secundario), o bien los dos al mismo tiempo.

Montaje push-pull.

Para terminar con el tema de la amplificación a transformadores, queda todavía por estudiar un montaje que Radiol ha pasado por alto y que, sin embargo es famoso y merece realmente serlo. Se trata del montaje push-pull o simétrico.

En este montaje (figura VI), la primera válvula V1, excita simultáneamente, a través del transformador TR1 a las dos válvulas V2 y V3 que componen la etapa push-pull propiamente dicha. La figura pone en evidencia la perfecta simetría del montaje, cuyo funcionamiento analizaremos de inmediato.

Las dos válvulas V2 y V3 se hallan sometidas en cada instante a tensiones de grilla opuestas. En efecto: si durante una alternancia los electrones en el secundario de TR1 son impulsados de arriba hacia abajo, la grilla de V2, se hace menos negativa y la de V3 más negativa. Justamente lo contrario tendrá lugar durante la alternancia siguiente. Por lo tanto, cuando la corriente anódica de V2, aumenta, la de V3 disminuye y viceversa. Ambas válvulas funcionan en oposición de fase lo cual explica también el nombre: push (empuja); pull (tira).

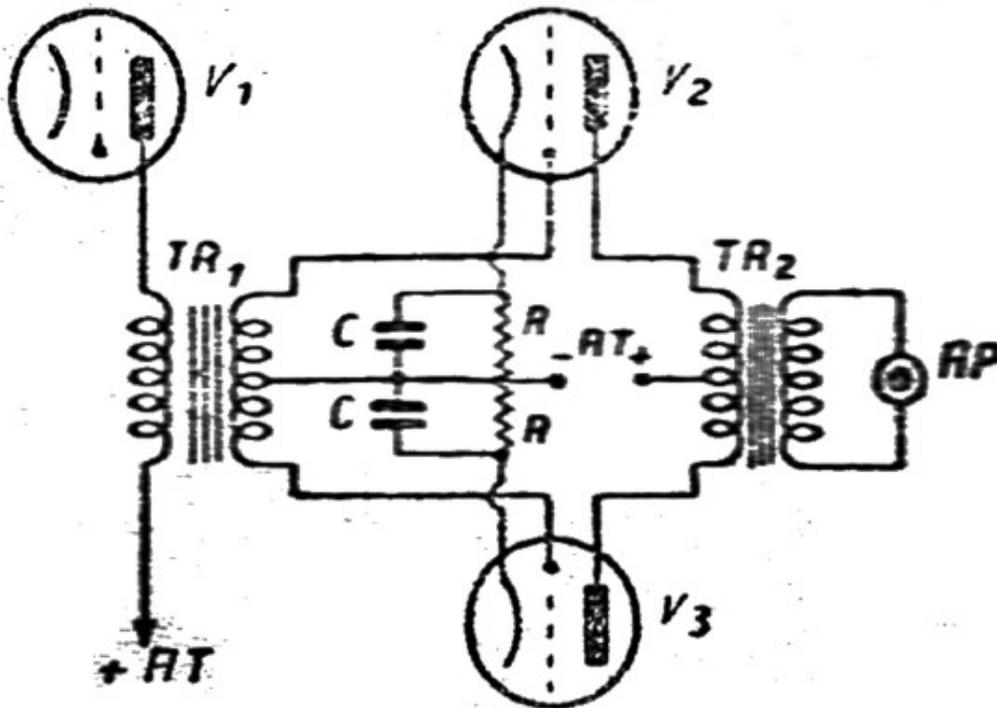


Figura VI. — Esquema de montaje push-pull.

Para utilizar las corrientes anódicas con sus variaciones opuestas, se emplea un segundo transformador TR2 con derivación central en su primario. Por lo tanto, la corriente de cada válvula recorre solamente una mitad del primario. Dado que las corrientes realizan sus recorridos en direcciones opuestas y, por otra parte, dado que también sus variaciones son opuestas, las acciones de ambas corrientes se suman, desde que sus campos magnéticos tienen el mismo sentido. De tal manera, colaborando entre sí las dos componentes alternas, inducen en el secundario una corriente que accionará el altoparlante AP.

Mientras las dos componentes alternas de las corrientes anódicas colaboran entre sí, las componentes continuas, muy por el contrario, siendo ambas de igual intensidad pero ~ando en sentidos opuestos en ambas mitades del primario, crean campos magnéticos de sentido contrario que se anulan mutuamente. Esta es justamente una de las varias ventajas del montaje.

Debido a la ausencia de campo magnético continuo, el núcleo del transformador trabaja en condiciones óptimas, debiéndose toda su imantación únicamente a las componentes alternas. La permeabilidad del hierro, que aumenta

cuando aumenta la intensidad del campo magnético, será mucho más elevada que en presencia de un campo permanente creado por la componente continua.

Otras ventajas vienen a agregarse a la anterior. Por ejemplo, en el montaje push-pull, gracias a que ambas válvulas trabajan en oposición de fase, se neutralizan ciertas deformaciones debidas a la curvatura de las características (deformaciones no lineales).

Diversos regímenes de amplificación.

En el montaje push-pull puede elegirse el punto de funcionamiento de las válvulas sobre el codo inferior de la característica.

Basta con polarizarlas mucho más de lo necesario para condiciones normales de funcionamiento de las válvulas amplificadoras comunes. En tales condiciones, solamente las alternancias positivas de la tensión de grilla darán lugar a variaciones apreciables de la corriente anódica. De esta manera, las dos válvulas funcionarán alternativamente. No obstante, en el transformador de salida TR3, las variaciones completas quedarán reconstruidas, desde que las alternancias se sucederán con sus respectivos sentidos. En esta condición de funcionamiento, llamada clase B, se puede aplicar a las grillas tensiones alternas de amplitud mucho más elevada (alrededor del doble) que en clase A, es decir, en el régimen común de amplificación, en el cual el punto de funcionamiento debe estar fijado en la mitad de la parte recta utilizable de la característica. En un push-pull que funciona en clase las válvulas son aprovechadas al máximo, obteniéndose una potencia considerablemente mayor que en clase A.

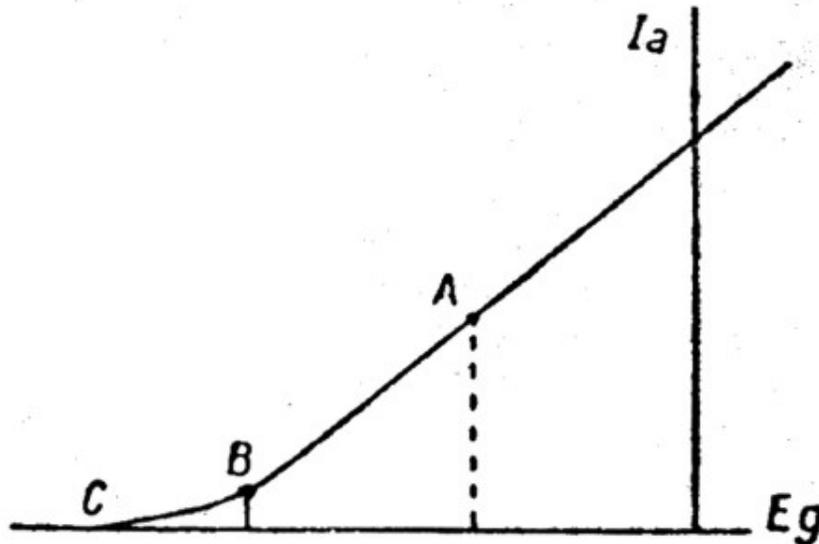


Figura VII. — Puntos de funcionamiento de las válvulas amplificando en clase, A, B o C.

Se sobreentiende que el punto de funcionamiento de las válvulas de un push-pull puede ser elegido en cualquiera de los puntos intermedios entre aquellos correspondientes a clase A y B. Se dice en tal caso que las válvulas funcionan en clase A' o clase AB (figura VII).

Mencionemos también de paso el funcionamiento en clase C, en el cual el punto de funcionamiento se halla a la izquierda del codo inferior de la característica y en el cual solamente las crestas de las alternancias positivas dan lugar a corriente anódica. Sólo se recurre a este régimen de funcionamiento en los emisores y unos pocos aparatos de medición.

DUODÉCIMA CONVERSACIÓN

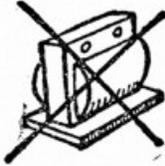
Todo parece marchar bien. Curioso se inicia sin dificultades en los métodos de acoplamiento por impedancia. De esta suerte le ha sido fácil acoplar una válvula diodo-detectora a una primera de baja frecuencia. Es más: ha vuelto a descubrir lo que se llama vulgarmente "detección por grilla" ... ¿Por qué, entonces, antes de terminar esta amable charla Radiol da tan gran disgusto a su amigo?



Uniones peligrosas

Radiol. — La última vez habíamos examinado la amplificación con acoplamiento por transformador. Ahora debo agregar que...

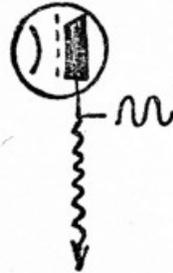
Curiosus. — No siga. Creo adivinar lo que quiere decirme: que hay, probablemente, otros sistemas de amplificación, ¿no es eso?



Rad. — En efecto. ¿Y cómo lo adivinó usted?

Cur. — Acaso sea una tontería, pero me asalta una idea formidable. Pienso que se puede prescindir del transformador para el acoplamiento entre las válvulas amplificadoras.

Usted me dijo la última vez que la corriente, al atravesar una resistencia, crea en sus extremidades una caída de tensión. Si la corriente es variable, la tensión en las extremidades de la resistencia creo que la será igualmente.



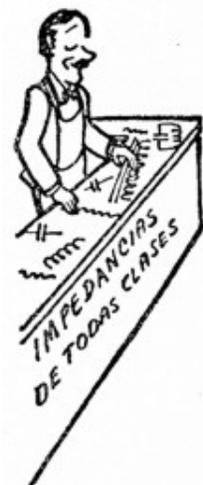
Rad. — Exactamente.

Cur. — ¿Y qué buscamos en el acoplamiento de las válvulas? Transformar las variaciones de la intensidad de la corriente de placa de la primera válvula en variaciones de tensión, para aplicarlas entre la grilla y el cátodo de la segunda válvula.

Basta pues, colocar una resistencia en el circuito de placa de la primera válvula. Las variaciones de tensión que la corriente originará en esta resistencia pasarán al circuito grilla-cátodo de la segunda válvula (figura 54).

Rad. — Con cuidado, amigo mío. La idea es, en principio, excelente. Pero no se puede conectar directamente la grilla de la segunda válvula a la resistencia colocada en el circuito de placa de la primera.

Cur. — ¿Por qué no?



Rad. — Porque esa resistencia está conectada al polo positivo de la fuente de alta tensión. Y si procediéramos como usted lo ha hecho, la grilla se volvería muy positiva. Es una unión peligrosa...

Cur. — ¿Qué hacer entonces?

Rad. — Desgraciadamente usted ha olvidado ya que la grilla de una válvula amplificadora debe ser polarizada negativamente. El dominio de las tensiones positivas le está prohibido a las grillas. De realizar su idea, la grilla de la segunda válvula trabajaría a la saturación, por haber llevado la primera a una tensión tan elevada como la de su corriente de placa.

Cur. — Tiene razón. Tan positiva, la grilla atraería todos los electrones emitidos por el cátodo.

Rad. — Usted ve, entonces, adónde nos lleva su imprudente proyecto.

Cur. — ¿Entonces, no hay remedio?

Rad. — ¡Cómo no! Lo que queremos transmitir a la grilla, son las tensiones variables. Y para ello nos valdremos, sencillamente, de un condensador C, que les ofrece paso, intercalado entre la resistencia R1 (figura 55) y la grilla de la segunda válvula. La grilla estará así a cubierto de la alta tensión positiva pero, en cambio, las tensiones alternativas tendrán hacia ella libre acceso.

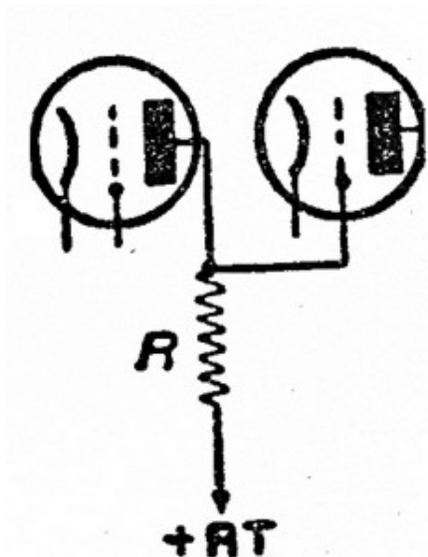


Figura 54. — Las tensiones desarrolladas en R por la corriente de placa de la primera válvula pasan a la grilla de la segunda.

Cur. — ¿Y para qué sirve la resistencia R2?

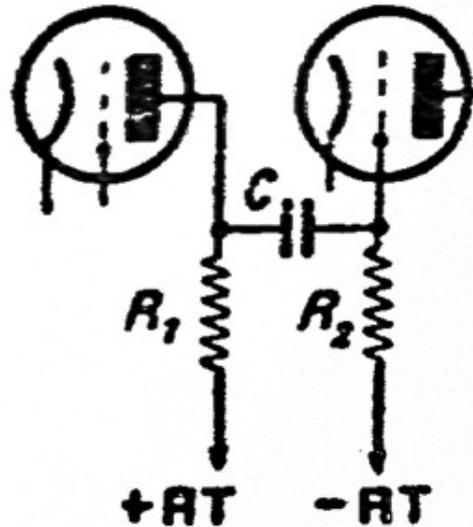


Figura 55. Acoplamiento por resistencias y capacidad ; R1, resistencia de placa ; C; condensador de acoplamiento ; R2, resistencia de escape.

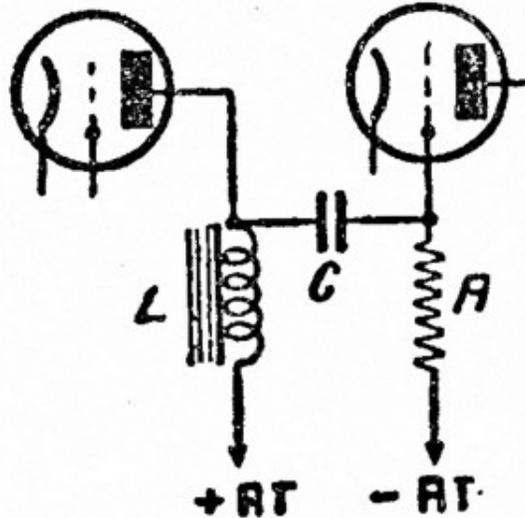


Figura 56. Acoplamiento por inductancia L, a núcleo de hierro.

Rad. — Si ella no estuviera, una parte de los electrones emitidos por el cátodo se acumularían en la grilla, la que, desde el punto de vista de la corriente continua, quedaría completamente aislada, o, como se dice, "en el aire". Esos electrones harían la grilla tan negativa que no dejaría pasar ninguna corriente. La válvula quedaría "paralizada". A fin de permitir, pues, que los electrones escapen

libremente de la grilla, empleamos la resistencia de "escape" R_2 , conectándola al polo negativo de la fuente de alta tensión, con lo que mantendremos fijo el potencial de grilla.

Cur. — ¿De modo, entonces, que la tensión alternada es dirigida hacia la grilla de la segunda válvula por el condensador C , y la tensión continua, que regula el punto de funcionamiento, por la resistencia R_2 ?

En el reino de las impedancias

Rad. — Exactamente. Ese sistema se llama "acoplamiento por resistencia y capacidad". Pero en lugar de la resistencia puede utilizarse cualquiera otra impedancia en que la corriente variable desarrolle tensiones alternativas.

Cur. — ¿Puede usarse, por ejemplo, una inductancia?

Rad. — Desde luego. A menudo, en la amplificación de baja frecuencia se emplea el acoplamiento a inductancia (figura 56). En este caso la inductancia, L está constituida por un enrollamiento con núcleo de hierro.

Cur. — ¿Qué sistema de acoplamiento es mejor?

Rad. — Eso depende... Cada uno tiene sus inconvenientes y ventajas. El acoplamiento a resistencia tiene el defecto de la gran caída de tensión continua que provoca la resistencia R_1 (figura 55). Llega sólo a la placa de la válvula una parte más o menos grande de la tensión total de la fuente. Por el contrario, la resistencia a la corriente continua de una inductancia puede ser muy reducida y, por consiguiente, la caída de tensión será mucho menor. Pero, por otra parte, el acoplamiento por inductancia tiene el defecto que no amplifica por igual todas las frecuencias sonoras.

Cur. — ¿Cómo es eso

Rad. — Usted sabe que la inductancia de un enrollamiento depende de la frecuencia de la corriente. Así, para las frecuencias más elevadas, correspondientes a las notas agudas, la inductancia será también mayor: las tensiones alternativas que se desarrollan en la inductancia serán entonces más poderosas. Resultado: las notas agudas serán más amplificadas.

Cur. — ¿Y la simple resistencia da una amplificación pareja a todas las frecuencias?

Rad. — En cierto modo. Queda todavía una impedancia usada a menudo en esos acoplamientos.

Cur. — ¿La capacitancia, acaso?

Rad. — No, señor. No podemos intercalar en el circuito de placa sólo un condensador, toda vez que impediría el paso hacia ella de la tensión continua.

Cur. — No veo, entonces, cuál es la impedancia que podría servirnos para el caso. Me callo.

Rad. — Usted recordará que un circuito oscilante constituye también una impedancia, aunque de un orden particular: no opone una gran resistencia sino a las frecuencias en las que está sintonizado.

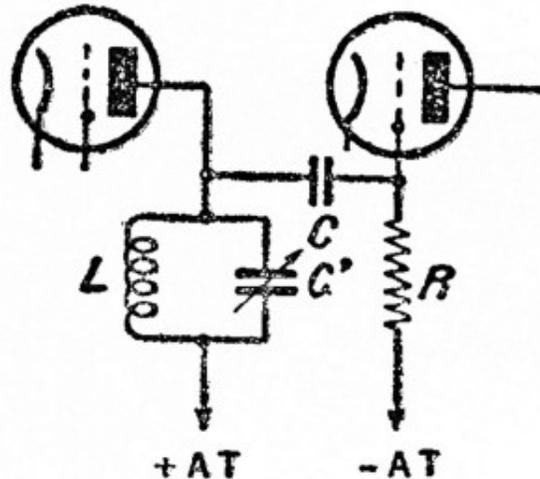


Figura 57. — Acoplamiento mediante el circuito oscilante LC condensador C y resistencia de escape R .

Cur. — Creo comprender. Se puede realizar un circuito de acoplamiento empleando como impedancia un circuito oscilante LC (figura 57). Pero semejante acoplamiento ¿no está sólo destinado a la amplificación de alta frecuencia?

Rad. — Ciertamente. Y usted ve que se trata de un circuito de acoplamiento selectivo, pues sólo las corrientes de la frecuencia sintonizada del circuito oscilante desarrollarán en sus extremidades tensiones alternativas, que, a través del condensador C , serán transmitidas a la grilla de la segunda válvula.

Un caso particular

Cur. — Creo haber comprendido bien los diversos sistemas de acoplamiento que usted acaba de explicar, pero temo no poderlos aplicar en el caso de la detectora diodo, porque no atino cuál es su entrada y salida.

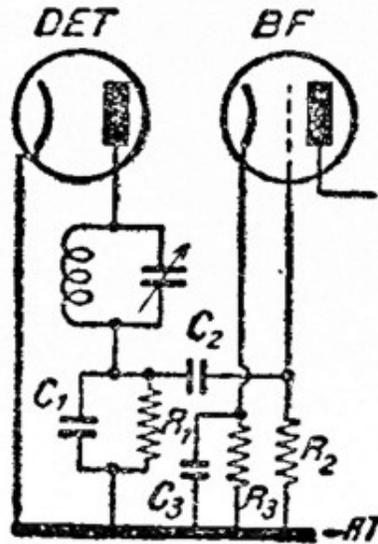


Figura 58. — «Acoplamiento entre diodo y triodo en baja frecuencia. Las tensiones desarrolladas en C_1 R_1 pasan a través de C_2 , a la grilla de BF., cuya resistencia de escape es R_2 ; C_3 y R_3 aseguran la polarización de esta válvula.

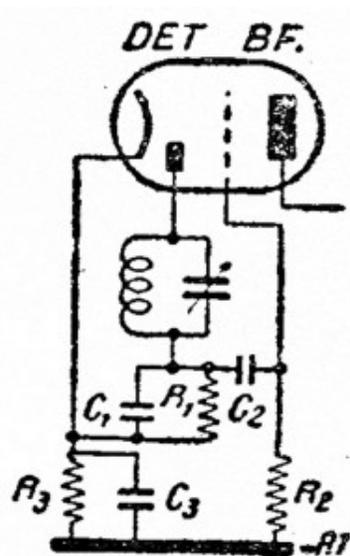
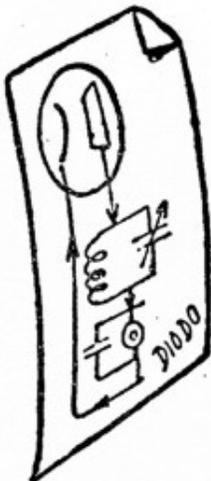
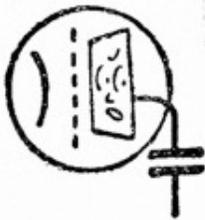


Figura 59. — Las dos válvulas de la figura 58 aparecen aquí reunidas en una sola ampolla, formando un diodo-triolo. Este esquema no difiere del anterior, y los elementos están designados con las mismas letras.

Rad. — Se trata, en efecto, de un caso especial. Pero la solución no puede ser más sencilla. Usted convendrá en que, gracias a la conductibilidad unilateral del diodo, obtenemos en el circuito cátodo-ánodo impulsos unilaterales que se acumulan !In un pequeño condensador, de suerte que los teléfonos son recorridos por una corriente de baja frecuencia.

Cur. — SI, pero como se trata de amplificar esa corriente, ya no podremos conectar el teléfono después del diodo.



Rad. —Vamos por partes. En lugar del teléfono conectaremos una resistencia, R1, no omitiendo el condensador-depósito C1 (figura 58). La corriente de baja frecuencia que atravesará R1 desarrollará en sus extremidades una tensión alternada que aplicaremos, a través del condensador de acoplamiento C a la grilla de la primera válvula de baja frecuencia.

Cur. — ¿Y la resistencia R2?

Rad. —Es la conocida resistencia de escape que usted no acaba de individualizar de una vez.

Cur. — Se equivoca; reconozco en R2 la resistencia de polarización de la válvula de baja frecuencia.

Rad. — ¡Por fin! Ahora quiero hacerle notar que, frecuentemente, en lugar de una válvula diodo autónoma y de una amplificadora de baja frecuencia, se utiliza una sola válvula combinada diodo-triodo, que contiene en la misma ampolla dos sistemas de electrodos La simplificación es notoria, por cuanto el diodo y el triodo emplean un cátodo común.

Cur. — Esa válvula permite, entonces, efectuar economía de espacio y de corriente de calentamiento. Es una válvula ideal para estas épocas de crisis.

Rad. — La instalación de diodo-triodo (figura 59) es absolutamente idéntica a la de las dos válvulas separadas. Usted notará que la resistencia R2 polariza negativamente la grilla, volviendo al cátodo positivo con respecto al polo negativo de la

alta tensión. Pero la placa del diodo se halla, en ausencia de oscilaciones, en el mismo potencial del cátodo, puesto que la corriente de aquél, después de atravesar R1, vuelve directamente al cátodo.

Una idea de Curiosus

Cur. — Me asalta una idea...

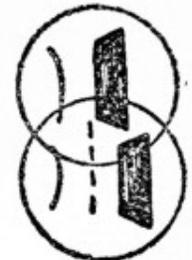
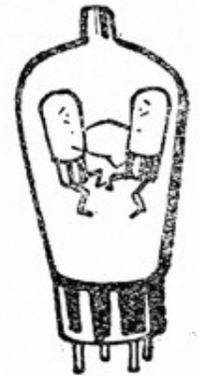
Rad. — Desconfío de ella... Pero hable...

Cur. — Me disculparé si no puedo expresarme con la debida propiedad y confundo buenamente el ánodo y el diodo con la grilla del triodo. Las tensiones de alta frecuencia llegadas así entre la grilla y el cátodo (figura 60) serán rectificadas por el procedimiento normal de la detección diodo; la grilla, en mi ejemplo, vendría a ser la placa del diodo. Las tensiones de baja frecuencia que se hallan, en consecuencia, en las extremidades de la resistencia R1 (debido a la acción acumuladora del condensador C1) serían aplicadas entre esta misma grilla y el cátodo. La válvula trabaría, entonces, como amplificadora de baja frecuencia... ¿Por qué se ríe? ¿He dicho alguna tontería?

Rad. — Muy al contrario! Estoy encantado. Acaba usted de descubrir nuevamente y explicar con claridad un procedimiento muy usado que se llama "detección por grilla". Como usted lo ha dicho muy bien, no se trata de un método de detección especial, pero en la detección diodo combinada con la amplificación de baja frecuencia, hácese que el mismo electrodo sea a la vez ánodo del diodo y grilla del triodo. Esto, perfectamente lógico, ha tenido la virtud de revolucionar a los técnicos quienes para explicar la famosa "detección por grilla" se han lanzado a las lucubraciones más complejas y oscuras.

Cur. — Estoy a su disposición para aclararle todos los problemas de la radio-electricidad.

Rad. — Cuidado con las burlas, amigo Curiosus, si quiere que le muestre el verdadero esquema de la "detección por grilla".



Cur. — ¿Entonces no es el mío?

Rad. — No difiere gran cosa. Por razones de comodidad de montaje se han alterado los lugares del circuito oscilante y de la resistencia R_1 (figura 61) con su condensador C_1 , pero esto no cambia nada. Además, en lugar de ser conectada al cátodo a través del circuito oscilante (figura 60), la resistencia R_1 puede ser conectada directamente (figura 61 bis) ... ¡Pero qué está dibujando usted ahí?

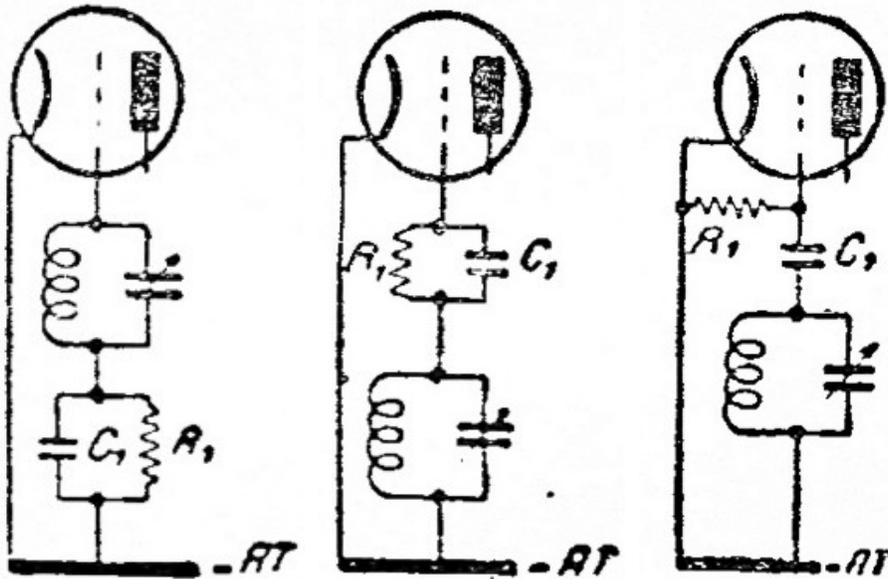


Figura 60. — La llamada "detección por grilla". Figura 61. — Modificación del esquema anterior. Figura 61 bis. Variante del circuito de la figura 61

Un esquema de Curiosus

Cur. — Entusiasmado por los cumplimientos de que usted me hace objeto, he dibujado el esquema de un receptor de cinco válvulas (figura 62). Comprende dos etapas de alta frecuencia, como usted puede ver. El acoplamiento entre las dos primeras válvulas se hace mediante la impedancia del circuito oscilante R_3C' y del condensador C_2 . Entre la segunda amplificadora de alta frecuencia y el diodo (detectora), utilizo para el acoplamiento un transformador $L_4 L_5$, con secundario sintonizado por C'' . Las tensiones detectadas y llevadas a R_4 , pasan, a través del condensador C_5 , a la grilla de la primera válvula de baja frecuencia. Esta, mediante un transformador Tr , actúa sobre la última válvula, en cuyo circuito de placa he conectado el altoparlante... ¿Qué le parece mi esquema?

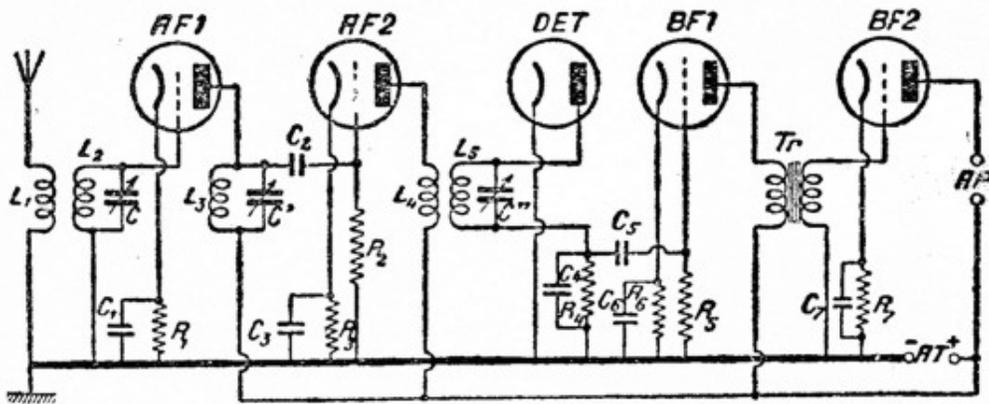
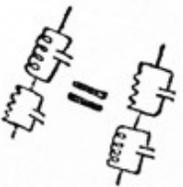


Figura 62. — ¡Un esquema trazado por Curiosus... Las resistencias de polarización son R1, R3, R6 y R7, y los condensadores correspondientes, C1, C2, C6 y C7; R2 y R5 son las resistencias de escape.



Rad. — Me parece que si no está mal puede estar peor, porque hay muchas probabilidades de que un aparato armado así no funcione...

Cur. — ¡Caramba! ¿Y por qué?

Rad. — Porque en ese tipo de aparatos hay cosas que su esquema no muestra, aunque no significa que ellas sean necesarias.

Cur. — ¡Ah! ...Esto es terriblemente complicado y terminará por enfermarme!...

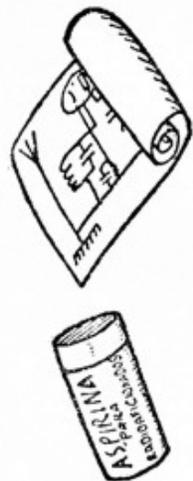


Comentarios a la duodécima conversación

Acoplamiento a impedancia.

En esta conversación nuestros dos amigos han examinado la segunda categoría de acoplamientos entre válvulas: los acoplamientos a impedancia.

Su principio es bien simple. En el circuito anódico de una primera válvula se halla conectada una impedancia. Sabemos que la corriente anódica produce una caída de tensión variable, ya que



la corriente misma comprende una componente variable. La tensión variable es luego aplicada a la grilla de la válvula siguiente a través de un condensador de capacidad conveniente. Finalmente, el potencial medio de esta grilla (punto de funcionamiento alrededor del cual varían estas tensiones instantáneas), es fijado mediante la ayuda de una "resistencia de escape" conectada al polo negativo de la fuente de alta tensión (AT).

El condensador de acoplamiento dispuesto entre el ánodo de la válvula precedente y la grilla de la válvula siguiente, debe ser de valor suficiente como para que las tensiones alternas pasen sin dificultad. En alta frecuencia resulta suficiente un valor de 0,5 m μ F (0,0005 μ F o sea 500 μ F), mientras que para baja frecuencia, la cual pasa más dificultosamente a través de la capacidad, habrá que adoptar un valor del orden de los 10 m μ F (0,01 μ F).

La resistencia de fuga posee generalmente un valor de varios miles de ohms; 0,5 megaohm es uno de los valores más usuales.

Amplificador a resistencias.

En cuanto a la impedancia del circuito anódico, la más simple es la constituida por una resistencia óhmica. Es la solución que se ha adoptado para la amplificación en baja frecuencia en la mayoría de los receptores actuales. No resulta aplicable en alta frecuencia, desde que no proporcionaría ninguna ganancia ni selectividad. Pero en baja frecuencia ofrece la notable ventaja de que permite amplificar en una relación aproximadamente igual todas las frecuencias musicales y de ser de una realización muy económica.

El valor de la resistencia anódica depende de muchos factores, entre los cuales se halla la resistencia interna de la válvula. Según el tipo de válvula utilizado, podrá ser de varias decenas o varios centenares de miles de ohms.

No hay que olvidar que también la componente continua de placa produce una caída de tensión en esta resistencia, lo cual va a expensas de la tensión real aplicada entre ánodo y ca-todo. Por ejemplo, si la fuente de alta tensión es de 250 volts, la resistencia anódica de 150.000 ohms y la corriente anódica media de 0,6 mA (0,0006 A), la caída de tensión será de:

$$0,0006 \times 150.000 = 90 \text{ volts}$$

y entre placa y cátodo no quedarán aplicados más que $250 - 90 = 160$ volts.

Amplificador a inductancia.

El empleo de una inductancia en lugar de una resistencia óhmica, permite reducir considerablemente la caída de tensión continua, lo cual hace que esta solución sea especialmente indicada en los casos en que se dispone de una fuente de corriente anódica de tensión relativamente baja.

No obstante, comparado con el amplificador a resistencias, el amplificador a inductancia presenta el inconveniente de favorecer las notas agudas (frecuencias musicales elevadas) en perjuicio de las notas graves. Siendo la inductancia proporcional a la frecuencia, las frecuencias más elevadas desarrollan en la inductancia tensiones proporcionalmente más elevadas, de lo cual surge una sobre-amplificación de las notas agudas. En la práctica, los arrollamientos de baja frecuencia inteligentemente proyectados y realizados no acusan dicho defecto más que en una proporción muy pequeña. Por lo tanto, no hay por qué descartar la amplificación a inductancia como si estuviera sujeta a deformaciones inaceptables.

Otros montajes a impedancia.

En alta frecuencia, la amplificación a inductancia se emplea relativamente poco, desde que no proporciona ninguna ganancia ni selectividad. Para tales aplicaciones, se prefiere sustituirla por esa impedancia muy especial que es el circuito oscilante a resonancia. En tal caso nos hallamos en presencia de un circuito de acoplamiento (figura 57) de baja resistencia óhmica y elevada impedancia a las corrientes de la frecuencia de resonancia. Ausencia de caída de tensión continua, selectividad aguda y buena amplificación, son las características esenciales que distinguen favorablemente a este montaje.

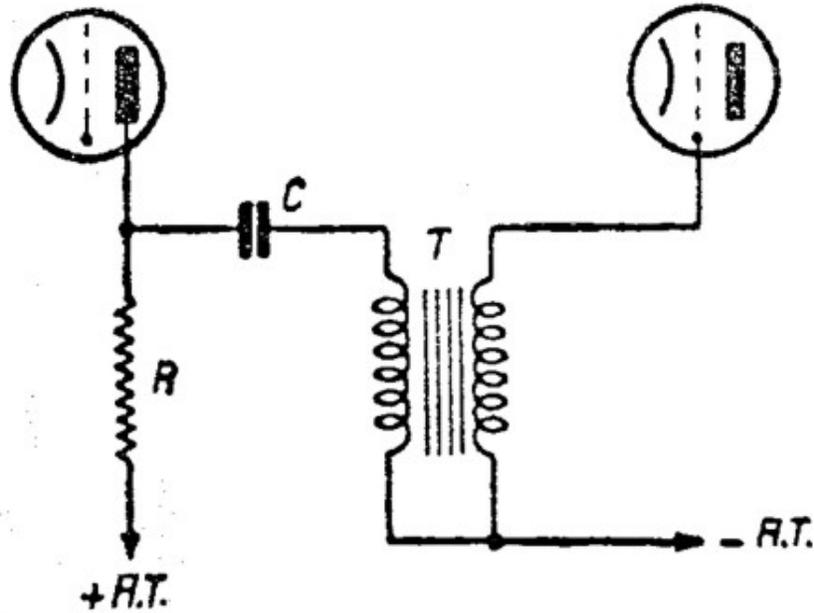


Figura VIII. — Circuito de acoplamiento mixto a resistencia y transformador.

A veces se obtienen ciertas ventajas utilizando un circuito de acoplamiento que combina los principios del transformador y de la resistencia, tal como el indicado en la figura VIII. En este montaje, las dos componentes de la corriente anódica se bifurcan a la salida del ando. Mientras la componente continua toma el camino de la resistencia R , la componente variable atraviesa el condensador de acoplamiento C y el primario del transformador T , haciendo aparecer en el secundario de este último tensiones variables que excitan la grilla de la válvula siguiente. La ventaja de este procedimiento reside en el hecho de que no estando recorrido el primario del transformador por ninguna corriente continua, su núcleo trabaja en inmejorables condiciones (ésta es igualmente una de las ventajas del sistema push-pull, como lo dijéramos anteriormente).

Hasta el presente, al examinar los diferentes montajes de acoplamiento entre válvulas, hemos supuesto siempre que la válvula precedente es un triodo. Por supuesto que todo lo dicho al respecto hasta el presente puede aplicarse solamente a válvulas de más de tres electrodos, las cuales estudiaremos más adelante. El esas del diodo, no obstante deberá ser estudiado más aparte.

Acoplamiento del diodo.

En lo que se ha dicho hasta ahora con respecto al detector diodo, se ha supuesto que la corriente detectada se aplicaba a los auriculares. Sin embargo, los receptores actuales comprenden una o más válvulas amplificadoras de baja frecuencia después del detector.

El acoplamiento entre el diodo y las válvulas siguientes, se lleva a cabo mediante la ayuda de una resistencia conectada en el circuito, en lugar de los auriculares (comparar las figuras 39 y 58). Esta resistencia desempeña el papel de impedancia anódica, no ofreciendo el resto del circuito ninguna particularidad especial.

La tendencia hacia la reducción del tamaño y del precio de los receptores, ha llevado a los fabricantes a proyectar y construir válvulas combinadas, las cuales comprenden, dentro de la misma ampolla, y con un cátodo común, un diodo y un triodo. El segundo sirve como primer amplificador de baja frecuencia. Hasta existen válvulas que comprenden dos diodos y un pentodo, como veremos más adelante.

El montaje de una válvula combinada detectora amplificadora, es el mismo que en el caso en que se emplean dos válvulas distintas (comparar las figs. 58 y 59). Dado que la amplificadora debe ser polarizada negativamente, la resistencia de escape R2 se halla conectada al extremo negativo de la resistencia de polarización lis. El anodo, del diodo, en cambio, no debe ser polarizado negativamente; por tal razón se conecta directamente al cátodo la resistencia anódica.

Detección "por grilla"

En lugar de transferir la tensión de baja frecuencia a la grilla a través del condensador de acoplamiento C2 se pueden reunir la grilla y el anodo del diodo en un solo electrodo. Se obtiene así un triodo montado como detector por grilla, tal como lo muestra la figura 60, con sus variantes equivalentes de las figs. 61 y 62.

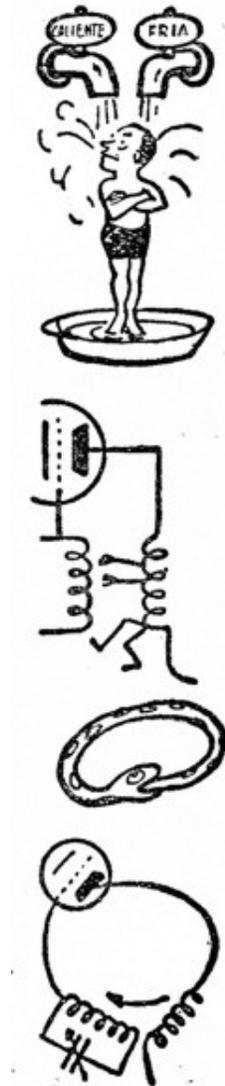
Este método combinado de detección y amplificación, otrora muy popular, todavía suele emplearse en muchos casos hoy en día. Ofrece las ventajas de simplicidad y sensibilidad. Pero, por otra parte, se halla bien lejos de estar libre de deformación, lo cual proviene del hecho de que la grilla no puede ser polarizada a un potencial negativo fijo, que sería lo deseable para su funcionamiento como amplificadora.

Notemos que en este montaje, los valores tradicionales de los elementos son R1 del orden del megaohm y C1 entre 0,5 a 0,15 mμF (50 a 150)

Número de etapas de baja frecuencia.

Una válvula, con su correspondiente circuito de acoplamiento que la precede, forma una etapa de un receptor. En el montaje push-pull las dos válvulas, conjuntamente con el transformador que las precede, no forman más que una sola etapa.

En los receptores actuales, la amplificación de baja frecuencia se cumple raramente con más de dos etapas. Generalmente, la detección es seguida por una primera etapa llamada pre-amplificadora de baja frecuencia, de elevada amplificación, a la cual sigue, a su vez, una etapa final, llamada etapa de potencia, debido a que el papel de la válvula (o de las dos válvulas en el caso de un push-pull) es desarrollar la potencia necesaria para accionar el altoparlante. En algunos casos se emplea una sola etapa de baja frecuencia, equipada con una válvula que proporcione suficiente amplificación y potencia.



DECIMOTERCERA CONVERSACIÓN

La reacción, que hizo las delicias de los primeros aficionados y continúa estando en boga (sin que ellos lo deseen) en los receptores modernos, constituye el motivo de esta charla. De los diferentes sistemas propuestos para su uso, Radiol no expone sino los principales... Curiosus tiene, por fin, la satisfacción de conocer las válvulas de más de tres electrodos: las de grilla pantalla y las de triple grilla o pentodos. ¿Quiere usted seguirlos, lector, en su amena charla?

Propósitos reaccionarios

Curiosus. — Usted me hace soportar un verdadero régimen de ducha escocesa. Tan pronto me colma de alabanzas, como me

cubre-de ironías, poniendo en ridículo mis entusiasmos por esta técnica...

Radiol. — Seréense usted y dígame por qué cree que soy injusto al considerar sus entusiasmos, sus iniciativas...

Cur. — La última vez borroneé, muy a pesar mío, el esquema de un excelente receptor. Después de analizarlo y dedicarme los cumplimientos del caso, me espetó fríamente que "*en razón de que faltan en el esquema algunas cosas, que, por otra parte, no se necesitan, este receptor no está en condiciones de funcionar*". Esto es confuso... irónico...

Rad. — Seréense, amigo. Quise referirme, únicamente, a los acoplamientos parásitos entre los circuitos de grilla y placa de cada válvula, los que introducirán tales perturbaciones que no permitirán el normal funcionamiento de su receptor.

Cur. — ¿Y de qué naturaleza y efectos son esas perturbaciones?

Rad. — Para explicárselo mejor, volvamos al esquema del heterodino (figura 63). En éste, la bobina L' del circuito de placa está acoplada a la otra, L, que forma parte del circuito oscilante de grillo... ¿Sospecha usted qué resulta de tal acoplamiento?

Cur. — Creo que sí. Se originan oscilaciones en el circuito grilla-placa y nuestro heterodino se convierte en un pequeño transmisor.

Rad. — Así es, sobre todo si el acoplamiento entre ambas bobinas es suficientemente estrecho. En cambio, si es débil no habrá oscilaciones, pero el caso no es menos interesante, por cuanto no podremos desterrar enteramente el acoplamiento entre los circuitos de grilla y placa, es decir, la acción del circuito de salida sobre el de entrada, que es lo que se llama reacción.

Cur. — Eso viene a ser como el símbolo de la sabiduría entre los antiguos: la serpiente que se muerde la cola.

Rad. — Si usted quiere... Admita que una válvula (figura 63) con reacción sea empleada como amplificadora en un receptor. Tendremos, entonces, en el circuito LO tensiones a amplificar, y en la bobina L' corrientes amplificadas. Pero estas corrientes amplificadas inducirán en la bobina de grilla L nuevas tensiones. Si la "bobina de reacción" L' está convenientemente dispuesta con respecto a L, las tensiones inducidas por la primera sobre la segunda vendrán a reforzar las originariamente producidas.

Cur. — Así, la reacción de L' sobre L , si he comprendido bien, reforzará las oscilaciones en L . Pero en este caso, tales oscilaciones serán, a su vez, amplificadas por la válvula y darán lugar, en la bobina de reacción L' , a una corriente aun más intensa. Esta corriente, por inducción, refuerza todavía más las oscilaciones de L , y así sucesivamente. ¿Y la amplificación crece indefinidamente?

Rad. — No, por cierto. Cuando las oscilaciones aumentan en el circuito de grilla, las pérdidas de corriente (por efecto de la resistencia y también debido a otras razones) aumentan también y terminan por equilibrar el aporte de energía del circuito de placa. Sin embargo, la ganancia obtenida gracias a la reacción es muy apreciable, sobre todo cuando el acoplamiento es suficientemente grande como para que la válvula trabaje en el punto inicial de las oscilaciones heterodinas.

Cómo dosar la reacción

Cur. — La reacción me hace pensar en las picaduras de los mosquitos.

Rad. — No hallo sentido a la comparación...

Cur. — Es claro. Cuando a uno le pica un mosquito, lo primero que hace es rascarse para calmar el ardor. Eso, en realidad, no hace sino aumentarlo. Entonces se frota más vivamente, hasta congestionar la picadura, y termina algunas veces sangrando por efecto de los arañazos...

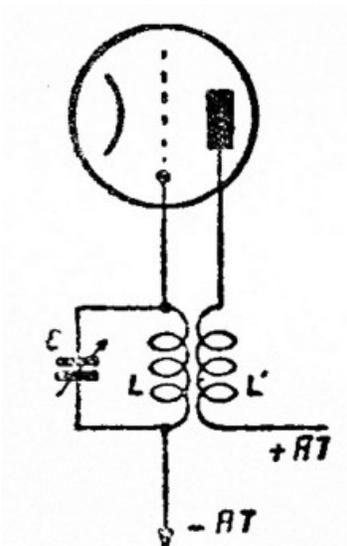


Figura 63. — Esquema del heterodino: L , bobina de grilla; L' bobina de placa.

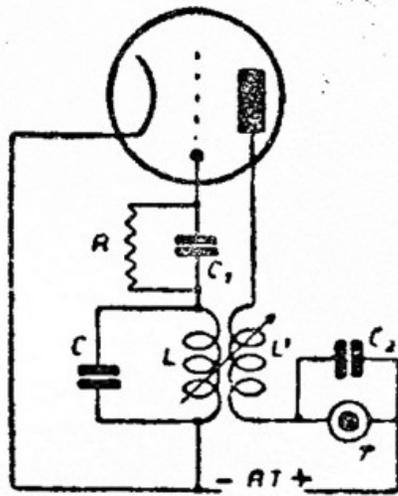


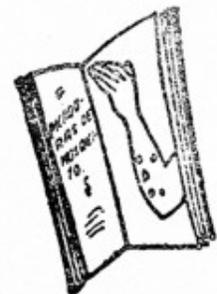
Figura 64. — Detección a reacción variable, por modificación del acoplamiento entre L y L' .

Del mismo modo, la débil oscilación del circuito de grilla es por inducción reforzada por la corriente amplificada de placa. Originase, como consecuencia, una corriente más intensa en el circuito de placa. Este excita más y más el circuito de grilla, etc.; pero, por el contrario, esto terminará sin efusión de sangre, toda vez que las pérdidas en el circuito de grilla juegan un papel moderador, cuyo ejemplo deberíamos imitar cuando nos pica un mosquito...

Rad. — Sería mejor que los mosquitos no nos picaran. Le dije que el efecto de la reacción es singularmente eficaz cuando el acoplamiento entre los circuitos de grilla y placa mantienen a la válvula en su punto inicial de oscilación, sin sobrepasarlo.

Cur. — Me parece que esto es muy fácil de conseguir. Bastaría colocar, una vez por todas, las dos bobinas L y L' a una distancia entre sí que asegurara el acoplamiento máximo que la válvula puede soportar sin entrar en oscilación.

Rad. — Este recurso, si bien sería viable para un orden de frecuencia, no lo es para otro. Usted ha olvidado que la inducción varía de acuerdo con la frecuencia, y aumenta con ella. Así, la



reacción que sería óptima para una frecuencia determinada, no lo sería para otra superior, por demasiado enérgica, ni para otra inferior, por excesivamente débil.

Cur. — Vuelvo a ver esto terriblemente complicado y no hallo la manera de arreglar las cosas.

Rad. — Sin embargo, es muy fácil: basta hacer variable el acoplamiento de los dos circuitos, por ejemplo alejando o acercando la bobina de placa L' de la fija de grilla L . Este es el circuito a reacción (figura 64) que ha hecho las delicias de los aficionados durante más de diez años. Se trata de una válvula que trabaja como detectora, "por grilla", en cuyo circuito de placa hay una bobina, L' , móvil con respecto a la de grilla L , fija (como lo indica la flecha que las atraviesa).

Cur. — No veo que sea muy práctico eso de mover la bobina...

Rad. — No crea, es un deporte interesante. Sin embargo, hay otros medios más prácticos para ajustar la reacción, por ejemplo sirviéndonos de un condensador variable.

Cur. — No entreveo cómo puede llegarse a esa posibilidad.

El condensador y la canilla

Rad. — Veamos algunos principios. En la detección llamada "por grilla", bollamos en la corriente de placa tres factores distintos. Primero, la corriente permanente, es decir, la que pasa por la válvula en reposo.

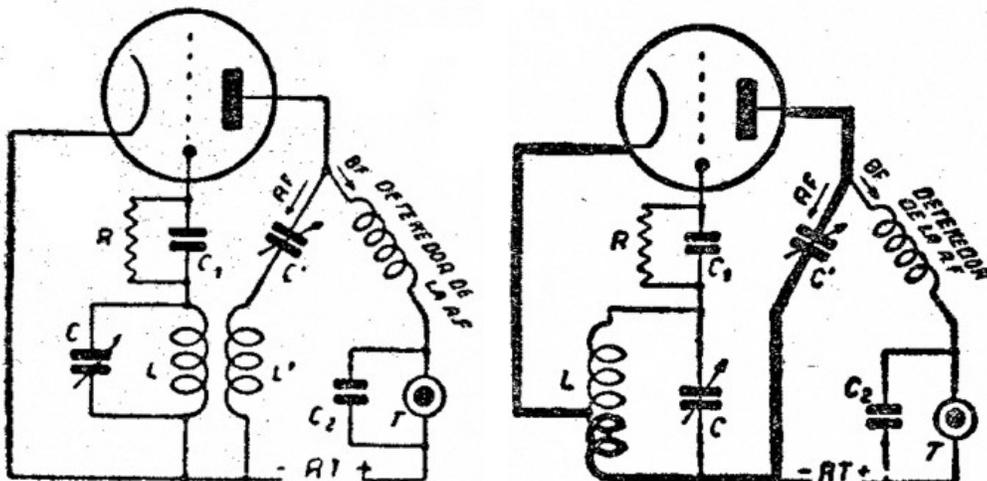
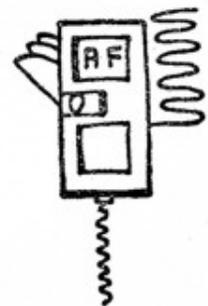
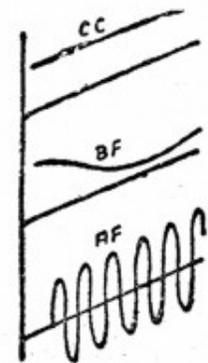


Figura 65. — (Izquierda): Ajuste de la reacción mediante el condensador variable C' . Figura 66. — (Derecha): El llamado circuito Hartley. El camino de la alta frecuencia aparece con trazo, grueso.

En seguida hallamos la componente de baja frecuencia, o sea la ondulación que resulta de la detección, y, por fin, la componente de alta frecuencia, constituida por los impulsos unilaterales de corriente, cuya acumulación da lugar, precisamente, a la corriente de baja frecuencia. Es esta, última componente la que da origen a la reacción. Procederemos, pues, a separarla de las otras dos...

Cur. — ¿Por qué medio?

Rad. — Vea el esquema (figura 65). Bifurcamos la corriente de placa por vas diferentes. La marcada A. T. comprende un condensador de poca capacidad. Ni la corriente continua ni la componente de baja frecuencia podrán atravesarlo. Sólo la componente de alta frecuencia podrá emprender ese camino, que seguirá más o menos fácilmente, de acuerdo con la capacidad del condensador e.



Cur. — ¡Ah, ya comprendo! El condensador C' es variable y representa para la alta frecuencia una verdadera canilla, que puede estar más o menos abierta. Regalamos pues, con el auxilio de ese condensador la entrada de la alta frecuencia en la bobina L' y, por consiguiente, dosamos la reacción. ¿Pero por qué la alta frecuencia no puede emprender el otro camino?

Rad. — Porque le hemos colocado una bobina de choke, es decir, una bobinita de elevada autoinducción. Este enrollamiento, como usted sabe, ofrece una resistencia inductiva tanto más elevada cuanto mayor es la frecuencia. En tanto que la corriente continua y la componente de baja frecuencia pasan cómodamente a través del choke, la alta frecuencia, en cambio, no puede pasar.

Cur. — Es muy ingeniosa esta nueva aplicación del viejo principio *divide ut regnes*.

Rad. — Bravo, por el latinajo... Ahora, si usted quiere un esquema verdaderamente ingenioso, he aquí el del circuito Hartley, que es una variante de la detección a reacción y que lleva el

nombre de un aficionado norteamericano que asegura no haberlo inventado. En este circuito (figura 66) se utiliza la misma bobina L para la sintonía y la reacción. Tiene una derivación en la parte media, y en su totalidad, junto con el condensador variable C , forma el circuito de sintonía. Pero la parte inferior de la bobina es recorrida, además, por la componente de alta frecuencia de la corriente de placa, y el condensador C' regula la intensidad de esa componente, de la misma manera que en el circuito anterior.

Cur. — Ingenioso el sistema, y si usted quiere llamarlo "circuito Curiosus", yo no me opondré a ello como el aficionado Hartley... Pero entretanto no veo en qué forma la reacción puede entorpecer el buen funcionamiento de un receptor, como usted me hizo entrever en nuestra última charla.

Rad. — Lo comprenderá en seguida. La reacción, es decir, el acoplamiento entre los circuitos grilla y placa, existe con frecuencia sin que lo sepamos. De aquí que se originen oscilaciones peligrosas que escapan a nuestro control y que si las ajustáramos podrían sernos útiles.

Cur. — No acabo de comprender cómo pueden aparecer espontáneamente esas oscilaciones por el acoplamiento grilla-placa y por qué causa son nocivas.

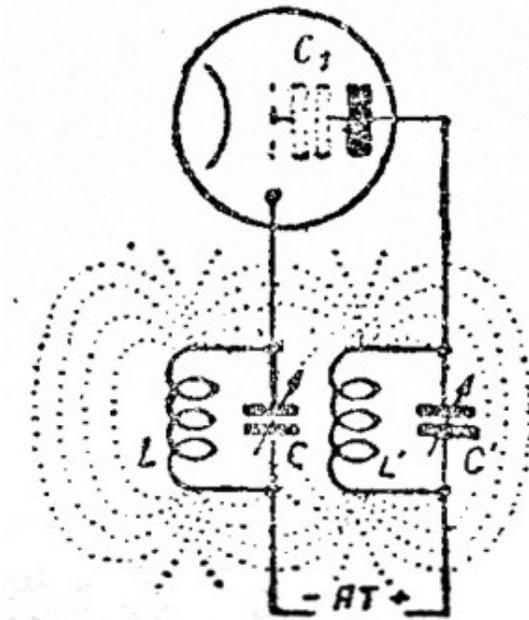


Figura 67. — Acoplamientos parásitos por inducción (campo magnético representado por las líneas de puntos) y por capacidad, entre grilla y placa.

La reacción es la mejor y la peor de las cosas

Rad. — Precisamente, como la reacción es susceptible de originar oscilaciones intempestivas, fenómenos que los técnicos llaman acoplamiento espontáneo, la válvula, en lugar de trabajar como amplificadora, con frecuencia se convierte en transmisora, contrariando su función. Además, esos acoplamientos indeseables originan fenómenos de distintos órdenes. Supóngase que una válvula amplificadora esté conectada como muestra el esquema (figura 67), en que LO forma el circuito oscilante de grilla y L'C' el de placa. Las bobinas L y L', aunque alejadas, se hallan cada una en el campo magnético de la otra, de modo que L' obra reactivamente sobre L. Además de este acoplamiento inductivo pueden presentarse otros por capacidad, debidos a la proximidad de conexiones procedentes de la grilla y placa.

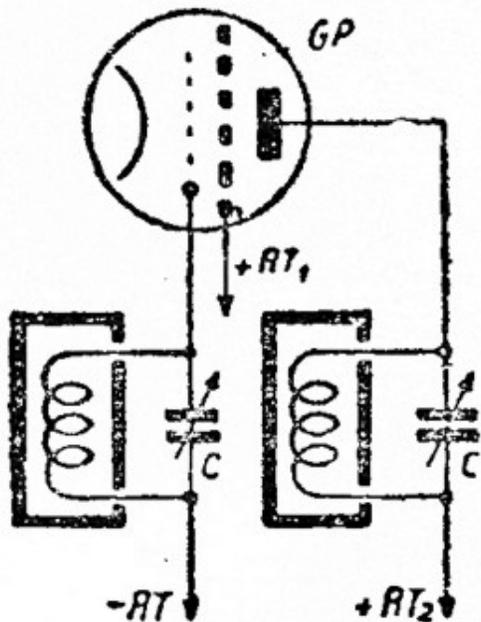


Figura 68. — Supresión del acoplamiento gracias al blindaje de las bobinas y a la grilla-pantalla.

Cur. — ¿No podrían alejarse suficientemente entre sí esas conexiones para reducir al mínimo los efectos de capacidad originados?

Rad. — Es lo que se hace. Pero queda todavía otra pequeña capacidad molesta, que durante muchos años ha preocupado a la técnica, pero cuyos efectos han sido ya subsanados.

Cur. — ¿Y cuál es esa maldita capacidad?

Rad. — La que forma, a manera de las armaduras de un condensador, la grilla y la placa de la válvula (C1 en la figura 67). El acoplamiento que se origina entre los circuitos correspondientes basta para comprometer la estabilidad de una amplificadora de alta frecuencia en cuanto hay más de una etapa.

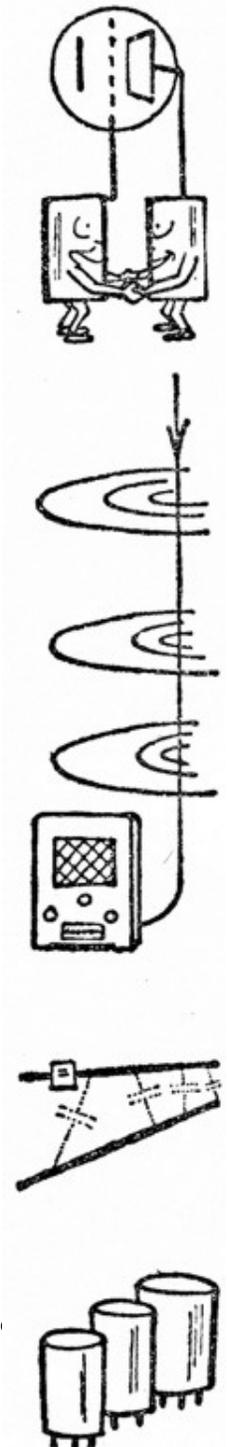
Cur. — Consideraría la situación espantosa si no supiera que tiene usted la costumbre de amontonar obstáculos para destruirlos en seguida de un soplo. ¿Y cuál es el remedio?

Rad. — Hay tres: blindaje, blindaje y blindaje. Cada grupo de bobinas es herméticamente cerrado en una caja metálica que lo aísla del campo magnético y evita que las bobinas se acoplen entre sí. Hay aún otro blindaje en el interior mismo de las válvulas (figura 68) para anular la capacidad, entre la grilla, y la placa.

El blindaje grilla-placa

Cur. — Un momento. Si usted coloca un blindaje entre la grilla y la placa, ofrecerá una barrera al paso de los electrones y no habrá ya corriente en placa.

Rad. — Oiga usted, Curiosus: Ese blindaje en el interior de la válvula está provisto de numerosas perforaciones, a través de las cuales los electrones pasarán cómodamente, tanto más cuanto que lo llevaremos a un potencial positivo cercano a la mitad del de placa, de suerte que acelerará el movimiento de electrones, reforzando así la acción de ésta. En realidad ese blindaje está constituido por una grilla de malla tupida, que recibe el nombre de grilla-pantalla. La válvula que lo usa se denomina válvula, a grilla-pantalla, o, simplemente, por tener cuatro electrodos, tetrodo (letra, en griego, es cuatro).



Cur. — Me satisface conocer, por fin, la válvula de más de tres electrodos. ¡Es verdaderamente una válvula moderna!

Rad. — Nada de eso, pues tiene un defecto que obligó a los técnicos a agregarle un electrodo más. Cuando se le aplica a la grilla una tensión alternativa para ser amplificada, la corriente de placa varía evidentemente. Esa corriente produce en la impedancia intercalada en el circuito de esta última caídas de tensión, que también varían proporcionalmente a la intensidad de la corriente. Esas caídas de tensión disminuyen tanto la tensión efectiva que queda entre la placa y el cátodo...

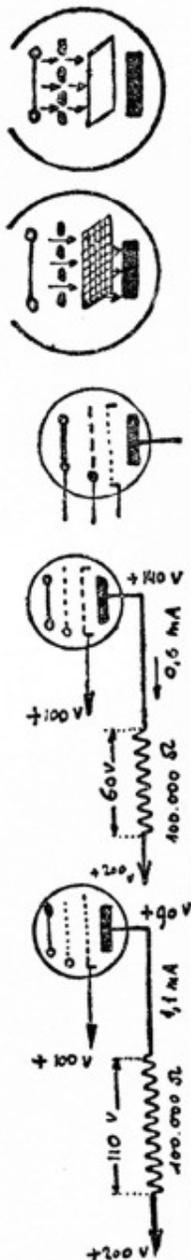
Cur. — Comprendería mejor esto con un ejemplo numérico.

Rad. — Muy bien. Supóngase que la fuente de alta tensión nos da 200 volts. Esta tensión la aplicamos entre el cátodo (obviemos la polarización) y la impedancia de placa. Para simplificar, supóngase que a ésta la representamos con una resistencia de 100.000 ohms y que la corriente de placa en reposo sea de 0,6 miliamperes. En estas condiciones, la caída de tensión en la impedancia es de 60 volts, y entre la placa y el cátodo no habrá, pues, 200, sino sólo 140 volts. Supongamos además, que la grilla-pantalla sea llevada a -1- 100 volts. Si aplicamos ahora a la grilla una tensión alternativa que haga variar la corriente de placa entre 0,1 y 3 miliamperes, la caída de tensión en la impedancia variará entre 10 y 110 volts, y la tensión efectiva de la placa con respecto al cátodo oscilará entre 190 y 90 volts. Usted ve, entonces, que por instantes la placa se encontrará en un potencial inferior al- de la grilla-pantalla. Esto no es para impresionar a nadie...

Cur. — En efecto, porque ¿qué tiene eso de particular?

La emisión secundaria

Rad. — Su desconocimiento le permite bordear los precipicios con la mayor inconsciencia. Piense lo que sucede en ese momento, cuando un electrón emitido por el cátodo, después de



(la grilla supresora) a mallas muy tupidas, que llevamos al mismo potencial que el cátodo (con frecuencia ambas están conectadas dentro de la válvula). Esta grilla impide que los electrones de la emisión secundaria se alejen de la placa.

Cur. — Me complace entrar en conocimiento de la válvula de cinco electrodos, la que si mis nociones de griego no me fallan, debe llamarse pentodo.

Rad. — Exacto. Se dará cuenta, pues, que el pentodo es un perfeccionamiento del tetrodo y que ha sido creado para eliminar los efectos nefastos de la emisión secundaria. He aquí (figura 69) cómo se dispone una etapa de amplificación con pentodo. Las resistencias R2 y R3, conectadas entre los polos de la fuente de alta tensión tienen por objeto reducirla a la mitad, casi, para el potencial de grilla-pantalla. En cuanto al condensador, C2, su función es dejar paso a la débil corriente de alta frecuencia originada en la grilla-pantalla por los electrones que van del cátodo a la placa y que se perderán en sus mallas.

Cur. — Espero que los blindajes, los tetrodos y pentodos traerán la solución definitiva del problema de los acoplamientos parásitos.

Rad. — Vana esperanza, amigo Curiosus.



Comentarios a la decimotercera conversación

Reacción.

Ya hemos tenido ocasión, en la 95 conversación, de examinar los efectos de un acoplamiento entre la grilla y la placa de una misma válvula. Debido a un tal

acoplamiento, llamado reactivo, el circuito de placa reacciona sobre el circuito de grilla, provocando a cada variación de la corriente anódica una tensión inducida. Esta tensión puede coincidir con las tensiones propias del circuito de grilla; para que tenga lugar tal coincidencia de fase, será suficiente que las espiras del bobinado de reacción sean recorridas por la corriente anódica en el sentido conveniente.

Si el acoplamiento entre ambos circuitos es lo suficientemente cerrado, la energía reinyectada en el circuito de grilla por el de placa será suficiente para compensar las pérdidas que tienen lugar y para entretener las oscilaciones, las cuales convierten a un tal montaje en un verdadero emisor.

Si, en cambio, el acoplamiento no es lo suficientemente cerrado, la reacción será insuficiente para contribuir al entretenimiento de las oscilaciones. No obstante, al compensar una parte más o menos considerable de las pérdidas del circuito de grilla, la reacción permite reducir notablemente el amortiguamiento. De esta manera las tensiones variables, desarrolladas por una válvula precedente o por las corrientes de la antena, alcanzarán un valor más elevado que en el caso de ausencia de reacción.

La tensión de grilla, al accionar sobre la corriente de placa, y accionando esta última sobre el circuito de grilla, nos proporcionarán una sobreamplificación que ofrece un medio excelente de asegurar una considerable sensibilidad, sin tener que recurrir a numerosas etapas de amplificación de AF.

Detectores a reacción.

La aplicación clásica de la reacción se halla representada por el detector a reacción, eventualmente seguido por una o dos etapas amplificadoras de BF. Es éste un montaje que sigue siendo todavía muy popular, después de tantos años. Permite lograr una buena sensibilidad y una selectividad aceptable, sin que, por ello sea inadmisibles la fidelidad de reproducción. La amplificación alcanza el máximo cuando el acoplamiento se lleva al límite extremo del enganche, es decir, del punto a partir del cual comienzan las oscilaciones de la válvula. Todo el arte del ajuste de un detector a reacción, consiste, justamente, en buscar este acoplamiento crítico, el cual, una vez sobrepasado, da lugar al enganche que se opone a toda recepción. Es de notar que en esta tentativa de aumentar la sensibilidad, se sacrifica, en cambio,

la musicalidad, ya que en el límite del enganche el circuito se hace demasiado selectivo, lo cual conduce a la atenuación de las notas agudas (más adelante veremos las causas). Pero, ¡qué es lo que no haría un aficionado principiante por poder escuchar Honolulu!

La tensión inducida depende de la frecuencia, por lo cual es necesario reajustar el grado conveniente de acoplamiento para cada emisor que se sintonice. Para lograr el ajuste del acoplamiento puede recurrirse a muchos artificios. Se puede, por ejemplo, hacer móvil una de las dos bobinas con respecto a la otra. Acercando o alejando esta bobina móvil, o bien girándola simplemente, puede modificarse a voluntad el acoplamiento.

Pero también puede recurrirse a otros medios. Por ejemplo, dejando fijas las posiciones de los bobinados, regular la intensidad de la corriente de AF que recorre la bobina de reacción. A tal efecto se divide en dos el camino de la corriente anódica, disponiendo en una de las ramas la bobina de reacción en acije con un condensador variable. Este último detendrá no solo la componente continua de la corriente anódica sino también, cuando el condensador es de poca capacidad, la componente de BF. En cambio es la segunda rama la que ofrecerá camino a la componente continua y la de baja frecuencia. El elemento de acoplamiento con la válvula siguiente (timador de baja frecuencia, resistencia o inductancia) o bien los auriculares, serán incluidos en esta segunda rama. Pero eso sí, habrá que conectar en serie con esta rama una bobina de choke, la cual, gracias a su autoinducción relativamente elevada, se opondrá al paso de la componente de AF, dejando pasar, en cambio, la AF.

El condensador variable dispuesto en serie con la bobina de reacción, permite controlar a voluntad la intensidad de la corriente de AF que la recorre, regulando así el efecto mismo de reacción. Este es un método muy práctico, que permite lograr una regulación muy precisa. Existen varias variantes, todas las cuales están basadas, sin embargo, sobre el mismo principio y que no se diferencian entre sí más que en detalles del esquema.

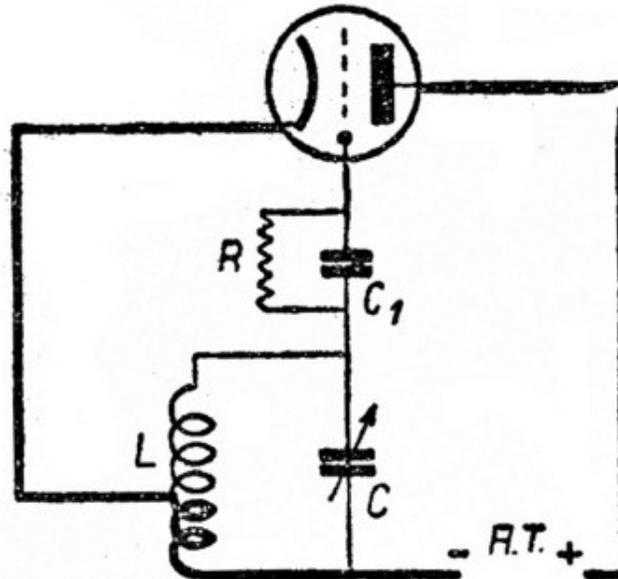


Figura IX. — Oscilador ECO. El trayecto de la corriente de placa se halla indicado en trazo grueso.

Hay que cuidarse mucho de no caer en el error muy común de llamar a este método "reacción por capacidad". Se trata siempre, en estos casos, de una reacción debida al efecto de inducción, existente entre dos bobinados; el papel del condensador se limita simplemente al de una "canilla", que regula la cantidad de alta frecuencia.

También se puede ensayar la verdadera reacción por capacidad, conectando un condensador variable entre la placa y la grilla de la válvula. Pero los resultados obtenidos son generalmente poco halagadores.

En el montaje Hartley (figura 66) se lleva a cabo un método mixto de reacción por inducción y por capacidad. En este montaje, la grilla y la placa son acopladas simultáneamente por la capacidad del condensador de sintonía y por la inducción de una mitad del bobinado de sintonía sobre el total del mismo bobinado. También en este caso se efectúa la regulación de la reacción mediante un condensador variable C.

Del montaje Hartley se puede deducir el del oscilador a acoplamiento electrónico (figura IX), también llamado ECO (del inglés *Electron Coupled Oscillator*). Este oscilador es muy utilizado en los generadores de señales. No permite regular el grado de reacción, ya que la porción del bobinado indicado con trazo grueso es recorrido continuamente por la totalidad de la componente de AF El

efecto de la reacción se podría hacer regulable si se hiciera variable la derivación del bobinado, en forma de regular el número de espiras recorridas por la corriente de reacción.

Acoplamientos parásitos.

Si bien la reacción regulable constituye frecuentemente un medio muy útil para obtener los resultados óptimos de un receptor de reducido número de válvulas, la reacción espontánea debida a acoplamientos parásitos representa, en cambio, uno de los fenómenos más enojosos de la práctica radioeléctrica. Estos acoplamientos parásitos pueden clasificarse en tres categorías: inductivos, capacitivos y por resistencia común. Esta última categoría servirá de tema para la próxima conversación de nuestros amigos. En cuanto a los acoplamientos por inducción y por capacidad, tienen lugar en todos los casos en que los elementos del circuito de placa de una válvula se hallen vecinos a los elementos de los circuitos de grilla de esta misma válvula o de las válvulas precedentes. Dos conductores de conexión que siguen cursos paralelos y próximos durante una parte de su recorrido, constituyen un condensador. Dos bobinados cualesquiera, a menos que se tomen precauciones especiales, se hallan acoplados por inducción. También los electrodos de una válvula, no obstante sus pequeñas dimensiones, forman capacidades entre ellos y también con los elementos vecinos del montaje.

Si los acoplamientos parásitos así creados son del sentido "correcto", es decir que reinyectan de los circuitos anódicos a los circuitos de grilla tensiones en concordancia de fase con las ya existentes en estos últimos, se generarán oscilaciones espontáneas al sobrepasar un cierto grado de acoplamiento y nuestro receptor queda convertido en un emisor. En la práctica, estos "enganches" espontáneos se traducen en silbidos, ronquidos o, cuando menos, en violentas deformaciones de la audición, que hacen al receptor prácticamente inutilizable para la recepción común.

Blindaje.

Hay muchos medios al alcance del técnico para atenuar estos inconvenientes. En primer lugar, habrá que adoptar una disposición inteligente de los elementos del

montaje, evitando las conexiones demasiado largas y los amontonamientos perjudiciales de los elementos. En segundo lugar, se puede recurrir al 'blindaje de los bobinados, de las válvulas y hasta de secciones completas del montaje.

Para encerrar los bobinados, se recurre a cajas metálicas en chapa de cobre o de aluminio. Gracias a estas "cajas de Faraday", los campos electromagnéticos son interceptados y se evitan así los acoplamientos parásitos. Se entiende, por supuesto, que las válvulas metálicas se hallan blindadas ya de por sí, debido a que su ampolla es metálica. A veces, hasta es necesario blindar ciertas conexiones con la ayuda de mallas metálicas y flexibles. En cuanto a los transformadores de BF, se les blindan mediante la ayuda de cajas hechas con chapa de hierro grueso.

Tetrodo.

Se llega hasta a instalar blindaje en el interior de las válvulas, entre la grilla y el ánodo. A fin de que a pesar de ello pueda tener lugar el paso libre de los electrones, se hace este blindaje mismo en la forma de una grilla, llamada grilla pantalla. De esta manera se obtienen válvulas de cuatro electrodos o tetrodos. A fin de no frenar a los electrones, se lleva la grilla pantalla a un potencial positivo comparativamente elevado. Este potencial es generalmente la mitad del potencial anódico en las válvulas adecuadas para AF y de igual valor que el de placa para las válvulas adecuadas para BF. De esta manera, la grilla, pantalla sirve simultáneamente como aceleradora de los electrones.

Gracias a la presencia de la grilla pantalla, se hace prácticamente casi nula la capacidad indeseable entre el ánodo y la grilla, con lo cual desaparece una de las causas más perniciosas de los acoplamientos. Hay que agregar todavía a esta ventaja de las válvulas con grilla pantalla la de ofrecer un coeficiente de amplificación muy elevado, que puede alcanzar a 1.000 y más.

En efecto, en los tetrodos la corriente anódica depende casi enteramente de la tensión de la grilla pantalla; en cuanto a la tensión anódica, tiene muy poca influencia sobre la corriente anódica. En tales condiciones, y de acuerdo a su definición, el coeficiente de amplificación debe ser, naturalmente, muy elevado.

Por otra parte, siendo la pendiente de los tetrodos del mismo orden de magnitud que la de los tríodos, es necesario que μ sea elevado, para que la relación

$K = \rho \times S$ sea satisfecha con un K elevado. La resistencia interna de los electrodos es muy grande; frecuentemente del orden del megaohm.

Para fijar la tensión de la grilla pantalla se suele emplear un "divisor de tensión" (llamado también "montaje potenciométrico"), disponiendo dos resistencias en serie entre ambos polos de la fuente de alta tensión. Según el valor de la suma de ambas resistencias, las recorrerá una corriente más o menos intensa, creando en cada una de ellas una caída de tensión proporcional al valor de la resistencia (la suma de ambas caídas de tensión será naturalmente igual a la tensión de la fuente). Por lo tanto, el punto común entre ambas resistencias se hallará a una tensión intermedia que se puede fijar al valor deseado mediante una acertada elección de los valores de las resistencias. Es justamente a este punto común que se conecta la grilla-pantalla. Dado que este electrodo captará naturalmente a su paso una cierta cantidad de electrones, se producirá una pequeña corriente de grilla pantalla. A fin de que estas variaciones no comprometan la estabilidad de la tensión de la grilla pantalla, se conecta un condensador entre el cátodo y la grilla pantalla, desviando directamente hacia cátodo la componente variable de la corriente.

Emisión secundaria.

Cuando al final de un rápido recorrido los electrones alcanzan el ánodo, su choque con el mismo arranca de este último nuevos electrones, que son proyectados al espacio. Este flujo de electrones emitidos por el ánodo bajo el efecto del bombardeo electrónico recibe el nombre de emisión secundaria. La velocidad de los electrones secundarios es relativamente pequeña y luego de un corto trayecto vuelven al ánodo, el cual, siendo positivo, ejerce atracción sobre ellos. Así es como pasan las cosas, por lo menos en un triodo.

Pero en un tetrodo, la emisión secundaria puede perturbar seriamente el funcionamiento de la válvula. El aludo puede bajar a un potencial inferior al de la grilla pantalla y los electrones secundarios, en lugar de retornar al ánodo, serán atraídos por la grilla pantalla. En tales condiciones tendremos una verdadera corriente que va del ánodo a la grilla pantalla; esta corriente es de sentido opuesto a la corriente anódica normal y habrá que restarla, en consecuencia, de esta última.

Un miliamperímetro conectado en el circuito anódico, indicará una intensidad igual a la diferencia entre la corriente anódica normal y la corriente secundaria.

¿En qué condiciones puede tener lugar este inconveniente? En otras palabras, ¿cómo puede hacerse inferior la tensión anódica a la tensión de la grilla-pantalla? Esta última es fija, como ya lo dijéramos. Pero la tensión real de la placa varía continuamente, ya que hay que restar- de la tensión de la fuente anódica la caída de tensión que se produce en la impedancia conectada en el circuito de placa. Si la tensión alterna de la grilla sobrepasa un cierto valor, la amplitud de las variaciones de la corriente anódica pueden llegar a ser tales que la caída de tensión en la impedancia anódica no deje en el ánodo más que una tensión inferior a la de grilla pantalla. Y es entonces que se produce el inconveniente de la emisión secundaria del ánodo hacia la grilla pantalla, tal como ya lo hemos analizado.

Pentodo.

El remedio es simple: se interpone entre la grilla pantalla y el ánodo una grilla que se mantiene al mismo potencial que el cátodo. Esta grilla supresora no tendrá ningún efecto sobre los electrones primarios en su rápido recorrido hacia el ánodo. Los electrones secundarios, en cambio, que se desplazan mucho más lentamente serán frenados por esta grilla supresora y volverán prudentemente al ánodo.

La lámpara de tres grillas, o pentodo, así formada, se halla, por lo tanto, a cubierto de los inconvenientes de la emisión secundaria. Dejando de lado este punto, posee, por lo demás, las mismas propiedades y las mismas ventajas que el tetrodo. El pentodo es actualmente la válvula más empleada, tanto para amplificación de la BF como de la AF. En ambos casos, permite lograr una amplificación muy elevada. En AF presenta, además, la ventaja adicional de una muy pequeña capacidad grilla-placa, evitando así los enganches espontáneos.

DECIMOCUARTA CONVERSACIÓN

Cuanto menor sea la influencia que ejerza el circuito de cada válvula sobre los

"vecinos, tanto mejor funcionará el receptor. Tal es la conclusión del estudio a que nuestros amigos llegan acerca de los acoplamientos parásitos. Además del blindaje aconsejado precedentemente, examinan el "desacoplamiento", que permite eliminar aquellos efectos. A la vista de un esquema práctico, Radiol expone a su amigo el principio de una llave de cambio para sintonizar varias gamas de onda.

Acoplamientos inextricables

Radiol. — Hasta aquí hemos hablado de acoplamientos por inducción magnética o por capacidad. Pero hay otros por resistencia común (o dicho de una manera más general, por impedancia).

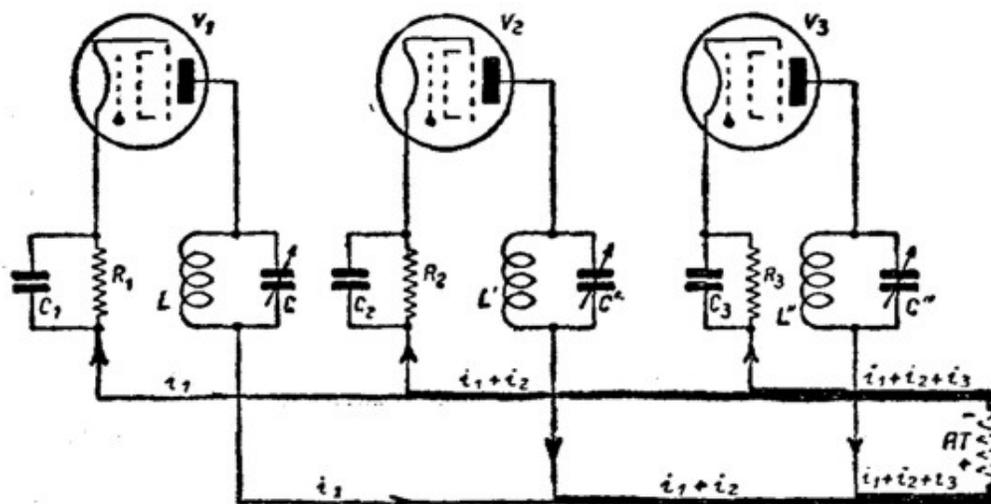


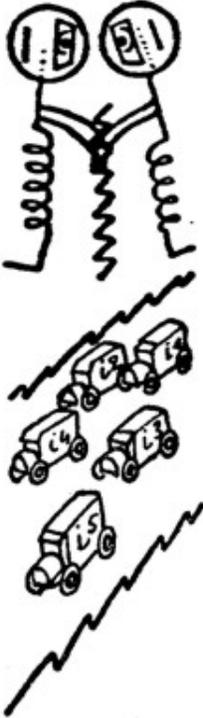
Figura 70. — En este circuito, la corriente de placa de las diversas válvulas sigue el mismo recorrido.

Curiosus. —No seo dónde se anidan esas resistencias comunes.

Rad. —He aquí (figura 70) el esquema muy simplificado de tres etapas de amplificación de alta frecuencia. Para más claridad he dibujado los recorridos de la corriente de placa i_1 , i_2 e i_3 , de las válvulas V_1 , V_2 y V_3 respectivamente. He omitido los circuitos de grilla y grilla-pantalla. Siga ahora con el lápiz el camino de las corrientes de placa. Usted ve que i_1 , salvando el cátodo de V_1 , pasa por LC, sigue por las conexiones marcadas i_1 , va a la fuente AT, de corriente de placa(i_2),

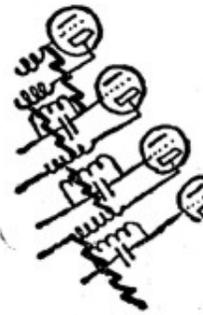
de la segunda válvula V2, ¿qué halla usted? **Cur.** — Que en una parte del recorrido se sirve de las mismas conexiones y también de la misma fuente AT. Lo mismo ocurre en lo que respecta a i3; y la batería de AT., así como los conductores

marcados i3 son recorridos, a la vez, por las tres corrientes. ¡Debe producirse una mezcla rara!



Rad. — Si la fuente —AT y las conexiones no poseyeran ninguna resistencia, no habría mezcla alguna. Desgraciadamente no es ése el caso. Cada una de las corrientes origina en esas resistencias comunes caídas de tensión. Las que son producidas por la componente constante de la corriente, son también constantes y no ocasionan inconvenientes. Pero no ocurre lo mismo en lo que respecta a las componentes variables, toda vez que originan en las resistencias comunes tensiones variables que se comunican a los otros circuitos. Así, las tensiones originadas por la componente variable i1, se harán presentes entre los cátodos y ánodos de V2 y V3. Ocurrirá lo mismo en las otras corrientes.

Cur. — Veo que esto ha de ocasionar un acoplamiento terrible entre todas las válvulas, pues las oscilaciones de cada una repercutirán inmediatamente sobre las tensiones de los electrodos de las demás. Eso debe provocar, sin duda, fenómenos desagradables.



Rad. — Desde luego. Continuando, hallamos que se produce una disminución de la amplificación (cuando las tensiones que proceden de otras válvulas obran en sentido contrario al de las oscilaciones de la válvula misma), o, a menudo, esos acoplamientos dan lugar a "enganches" espontáneos (si las oscilaciones propias de las otras válvulas obran en el mismo sentido de las propias oscilaciones de la válvula).

Cur. — Pero debe haber algún medio para que cada válvula trabaje independientemente de las otras.

Rad. — Sí. Ese medio se llama desacoplamiento y consiste en impedir que la componente variable de la corriente de placa se pasee por todo el receptor a través de las conexiones y de la fuente AT.

El triunfo del individualismo

Cur. — Entonces no hay más que separar en seguida la componente variable, de la continua.

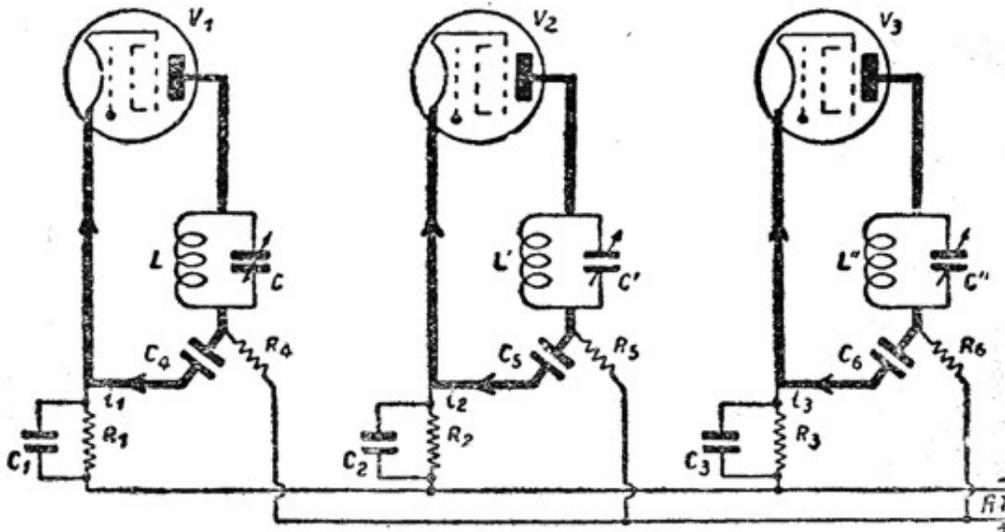


Figura 71. — Aquí, la componente alternada de la corriente de cada válvula recorre un camino individual, marcado con trazo grueso.

Rad. — Es lo que se hace. Después que la corriente total de placa i_1 , ha pasado por la impedancia de la misma, LC en el ejemplo del circuito (figura 71), se separan sus componentes, alternada y continua, mediante una bifurcación análoga a la que empleamos para ajustar la regeneración con el máximo de un condensador variable. La componente alternada pasa directamente al cátodo a través del condensador C4, que se opone al paso de la componente continua. Esta emprende, entonces, el camino de la resistencia R4, y no vuelve al cátodo sino después de pasar por la batería AT y por la resistencia de polarización. Usted ve que el recorrido de la componente alternada está limitado al circuito cátodo-ánodo (marcado con trazo grueso) propio de cada válvula. En ningún caso la componente alternada invade el dominio prohibido de las demás válvulas.

Cur. — Este sistema de desacoplamiento, si no estoy equivocado, viene a constituir para las válvulas el triunfo del individualismo.

Rad. — Es del todo exacto. Observe que, además, este sistema tiene la ventaja de disminuir los riesgos de las inducciones parásitas al acortar los recorridos de la componente variable. Ahora puedo dibujar (figura 72) el esquema completo de una etapa de amplificación, tal como la usan los receptores modernos. Es exactamente igual al circuito de la figura 71.

Cur. — No me parece. En la figura 71, los condensadores de desacoplamiento C4, C5 y C6 están conectados directamente a las válvulas respectivas, mientras que en la figura 72, el condensador C3, de igual función, va a —AT.



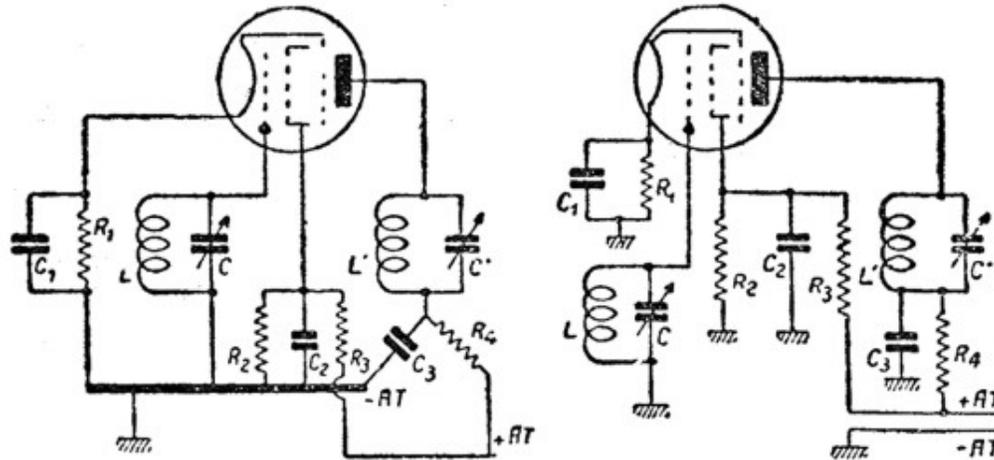
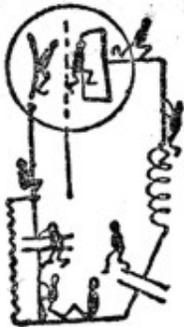
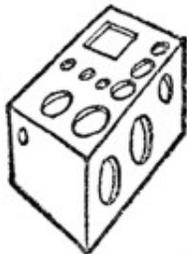


Figura 72. — (Izquierda): Forma de conectar un pentodo de modo que la componente variable quede separada de la continua. Figura 73. — (Derecha): Esquema análogo al de la figura 72, con símbolo "masa".



Rad. — Tiene razón. Teóricamente, esta última disposición es menos eficaz ya que la componente variable de la corriente de placa, en lugar de volver al cátodo directamente por el condensador, pasa antes por el condensador de polarización lo que resulta muy fatigoso. Sin embargo, esta disposición ofrece ciertas ventajas en la práctica. Usted habrá notado, sin duda, que son muchas las conexiones que acuden al polo negativo de la alta tensión. A fin de acortarlas todo lo posible se utiliza una conexión común de $-AT$ con cable grueso que recorre todo el receptor. Como frecuentemente éste se arma en un bastidor metálico, es la misma masa del chasis que hace de conexión común de $-AT$; dícese entonces, que se lleva a masa.



Cur. — Por lo que veo sería mucho más sencillo conectar el condensador de desacoplamiento a la masa del chasis, que llevar la conexión hasta el cátodo.

Del esquema parcial al esquema completo

Rad. --En efecto, y como se ha generalizado la costumbre de designar la masa con el mismo símbolo que se usa para tierra, en lugar de utilizar una conexión común de $-AT$, nos serviremos de



varias "masas". La figura 73, que es una repetición de la 72, aparece representada de esa manera. Pero métase bien en la cabeza que las diversas "masas" de un esquema no son sino conexiones comunes del polo negativo de la alta tensión.

Cur. — Y ahora que conozco todo cuanto es necesario para no comprometer el buen funcionamiento de un receptor ¿estoy en condiciones de armar uno que funcione bien?

Rad. — Sí; yo creo que usted conoce ahora, poco más o menos; todo lo que es necesario para armar un receptor. Vamos a servirnos del esquema que usted trazó ingenuamente durante nuestra duodécima charla y ensayemos el modo de volverlo práctico. Dibujémoslo primeramente — es un buen sistema— bajo la forma más esquemática.

Cur. — Supongo que no se olvidará de conectarle los pentodos en la alta frecuencia.

Rad. — Como usted puede ver (figura 74); voy aún más lejos; pues coloco otro pentodo en la primera etapa de baja frecuencia. Estas válvulas se han generalizado hoy en esa función debido a la alta amplificación que proporcionan. Usted ve que en este esquema sólo figuran los circuitos necesarios para la relación entre las válvulas. En cuanto a los elementos que evitan acoplamientos perniciosos, así como las resistencias que fijan las tensiones de polarización y de las grilla-pantalla, no figuran.

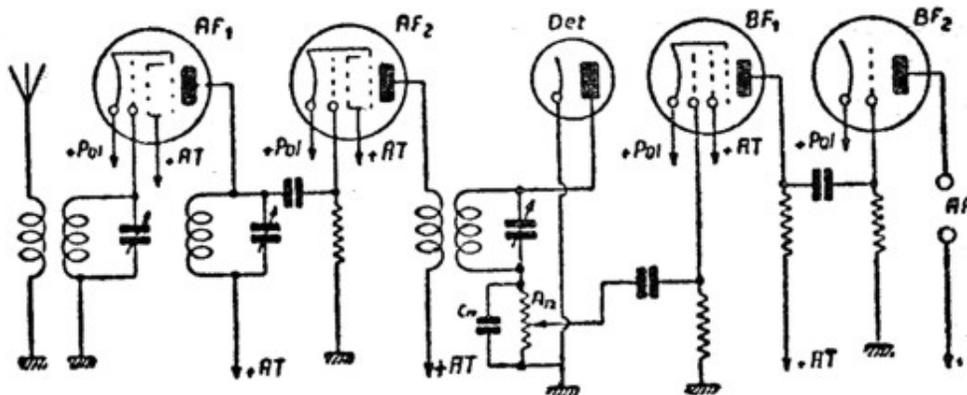


Figura 74. — Esquema-esqueleto de un receptor con dos etapas de AF.

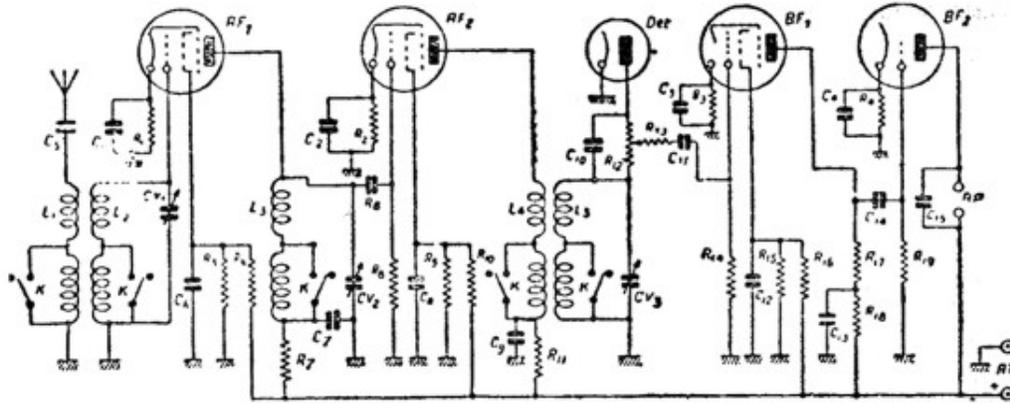


Figura 75. — Esquema definitivo del receptor. La resistencia R18, tiene por objeto cortar el camino a la componente AF., cuyos vestigios persisten después de la detección.

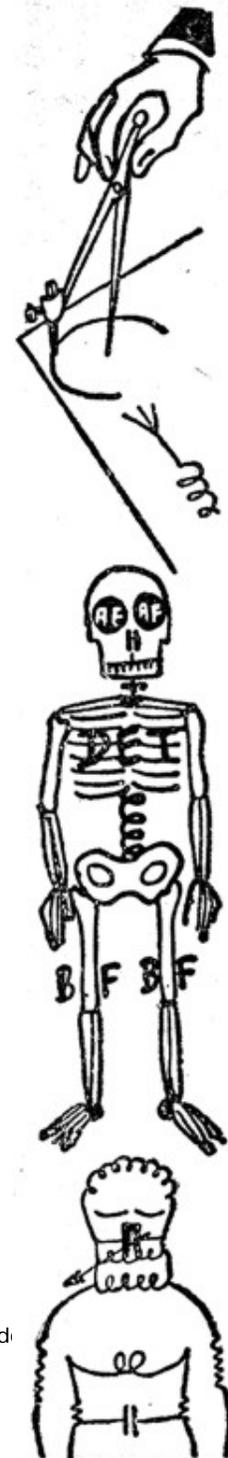
Cur. — Al parecer, usted ha representado sólo el esqueleto de un circuito con dos etapas de amplificación de alta frecuencia; detección por diodo y dos etapas de baja frecuencia. ¿Puede usted ahora cubrir ese esqueleto con, la carne que le hace falta para convertirlo en un organismo completo?

Rad. — No es difícil. He aquí el esquema completo (figura 75). Antes de cualquier otra particularidad; observe las resistencias de polarización R1, R2; R3 y R4; las que regulan las tensiones de las grilla-pantalla, R5 y R5, R9 y R10, R15 y R16; las resistencias del circuito de placa R7, R11 y R18.

Hay ondas y ondas...

Cur. — Un momento... Hay otras cosas que me intrigan: las bobinas L2, L3, L4 y L5, que están ahora divididas en dos partes...

Rad. — En efecto; cada una de esas bobinas se compone de dos secciones. Cada enrollamientos inferior puede ser puesto en cortocircuito mediante los interruptores K. Todos ellos pueden moverse simultáneamente mediante un solo control de comando, pues están dispuestos sobre el mismo eje; formando lo que se llama un conmutador.



Cur. — ¡Felizmente! ... De lo contrario, para sintonizar con rapidez un receptor tendríamos que convertirnos en arañas con varios pares de patas...

Rad. — Cuando los interruptores están cerrados; sólo la sección superior de las bobinas trabaja. Con ellas, los condensadores variables que están en paralelo pueden sintonizar longitudes de onda que van de los 200 a los 550 metros (o; más exactamente; sus frecuencias correspondientes). Es ésa la que llamamos gama de ondas medias. En algunos países; la longitud de onda de las estaciones radiodifusoras se divide en dos "gamas" o "bandas". Así; mientras algunas trabajan en onda media; otras funcionan con longitudes comprendidas entre los 1.000 y 2.000 metros; o sea ondas largas. Para recibir en esta banda es preciso aumentar la autoinducción de las bobinas, lo que se consigue mediante otras adicionales; que se ponen en serie con las primeras, gracias al conmutador. En nuestro esquema; los



bobinados suplementarios están situados debajo de los de la gama de ondas medias; de modo que basta accionar el conmutador K para que sean puestos en cortocircuito (prácticamente, se eliminan), permitiendo; entonces; la recepción en la gama media. Para escuchar onda larga se abre el conmutador K, con lo que la autoinducción aumenta en todos los circuitos; ya que ambos enrollamientos son puestos en serie.

Cur. — Felizmente no hay más que dos gamas; si no la cosa se volvería terriblemente complicada.



Rad. — He omitido agregarle que hay emisoras que trabajan con longitudes de onda inferiores a 200 metros. Esas son las ondas cortas. Algunos transmisores; sobre todo los que se utilizan en televisión funcionan con longitudes de onda que están por debajo de los 10 metros; es decir; ondas ultracortas. Para recibir todas las gamas; o al menos la larga; media y corta, es indispensable contar con varios valores de autoinducción. Así, para ir de los 12 a los 2.000 metros y disponiendo de un condensador variable de 0,0005 μF ; es necesario contar con cinco valores crecientes de autoinducción.



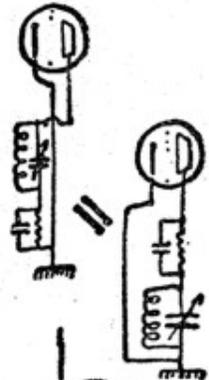
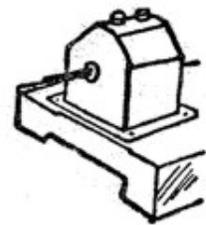
Cur. — Me parece que ese cambio de ondas se vuelve muy complicado.

Rad. —No tanto. Una llave de cambio de cinco posiciones; que no es más complicada que la que hemos visto, permite con la misma facilidad poner sucesivamente en serie los cinco enrollamientos (figura 76). Igualmente podemos hacer que cada tino de ellos trabaje de un modo independiente para cada gama (figura 77); dejando sucesivamente los otros inutilizados. En la actualidad lo más común son dos gamas: la media y la corta. Los hay también para muchas bandas. Se llaman "receptores toda onda".

Cur. — Observando de nuevo el esquema representado en la figura 75, no me puedo explicar la conexión atrevida del condensador C7. En apariencia ése es el condensador de escape (con la resistencia R7) del circuito de placa de la primera válvula. Pero ¿por qué se halla en el mismo circuito oscilante constituido por L3 y CV2?

Rad. — Por una razón elemental. En los condensadores variables modernos, las armaduras móviles no están aisladas de su armazón; lo contrario de lo que ocurre con las chapas fijas. A su vez; ese bastidor se fija directamente en. El chasis, que está al potencial negativo de la alta tensión. Es, pues; indispensable, en este caso; que las armaduras móviles de CV2 estén al mismo potencial. Además la bobina L3 está conectada a +AT a través de la resistencia R7. Es necesario, pues; separar CV2 de L3; con respecto a la corriente continua; sin anular el circuito oscilante de alta frecuencia. El condensador C7, que es de gran capacidad, se presta bien a esa función: deja libre paso a la alta frecuencia e impide que la corriente continua pase entre —AT y +AT a través de R7.

Cur.— Esta explicación me aclara otro problema que me venía intrigando hace rato. Me preguntaba por qué los elementos de detección R12 y C10; que en el esquema-esqueleto se encontraban entre el circuito L5 y CV3 y la masa; se hallan ahora entre ese circuito y el anodo del diodo. Pienso que es con el mismo propósito de llevar las armaduras de CV3 a masa.



Rad. — Veo que ha comprendido perfectamente las cosas, y soy del parecer que, como los relojes están dando los últimos toques de las doce; podríamos dar por terminada nuestra diaria.

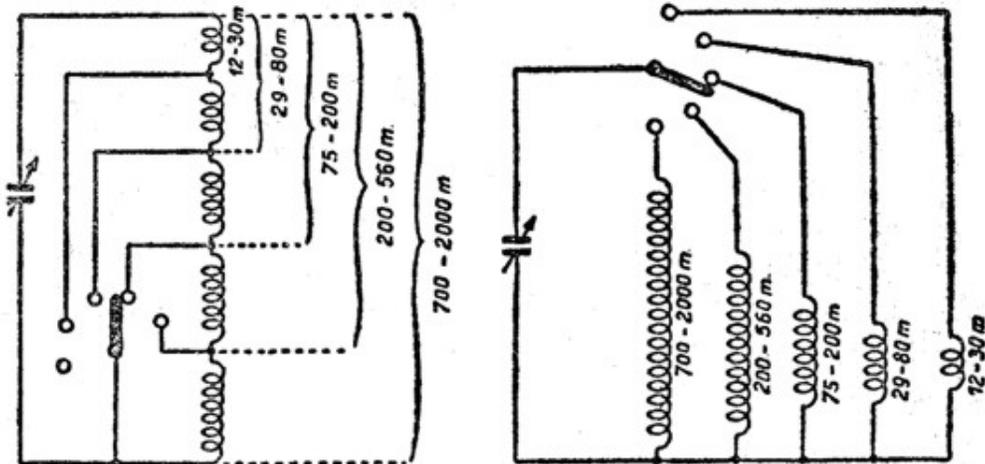
Cur. — Un instante: ¿qué hace esa flecha que se apoya sobre la resistencia R12

Rad. — Esa resistencia es en realidad un potenciómetro

Cur. — ¿Es un instrumento para registrar el potencial?

Rad. — No. La etimología de la palabra le ha inducido a error. El potenciómetro es una resistencia sobre la cual un cursor (representado en el esquema por la flecha) va haciendo contacto en todos sus puntos.

Cur. — ¿Y por qué motivo está ahí?



Figuras 76 y 77. — Dos sistemas de llaves de cambio para cinco gamas de onda : a, bobinados en serie; b, bobinados en paralelo.

Rad. — Sobre la resistencia R12 recogemos la tensión detectada. A veces ésta es muy elevada, y después de amplificada en BF nos resulta excesivamente fuerte la audición. Para reducir la intensidad sonora basta llevar a la válvula siguiente una parte de la tensión detectada. Esto se logra gracias al potenciómetro R12, cuyo cursor intercepta una parte más o menos grande de la tensión desarrollada. En consecuencia R12 es el regulador del volumen sonoro.

Cur. — Muy útil el aparatito. Lástima que no pueda usarlo con mi vecino del piso alto, que es un entusiasta del bandoneón...

Comentarios a la decimocuarta conversación

Acoplamiento por impedancias comunes.

Si bien el blindaje permite suprimir o atenuar los acoplamientos parásitos debidos a la inducción magnética y a la capacidad, no hay que olvidar por ello que pueden producirse otros acoplamientos por resistencias (o, hablando más generalmente, impedancias) que son comunes a dos o más circuitos.

Si una misma impedancia (que puede ser, por ejemplo, la fuente de alta tensión) es recorrida por las corrientes variables de varias válvulas, cada una de ellas producirá caídas de tensión variables que reaccionan sobre las tensiones de todos los electrodos de las demás válvulas. Según sean sus respectivas fases, tales acoplamiento, como los estudiados anteriormente, pueden conducir a la generación de oscilaciones espontáneas, o bien, por el contrario, atenuar fuertemente la amplificación.

Lo que hace perjudicial a la acción de las impedancias comunes son las componentes alternas de las corrientes de las válvulas; en cuanto a las componentes continuas, por el mismo hecho de su estabilidad o constancia, no pueden provocar ninguna interacción peligrosa. Por lo tanto, para combatir esta clase de acoplamientos se actúa sobre las componentes alternas de las corrientes anódicas, ya que un desacoplamiento conveniente les permite evitar caminos comunes, ofreciendo un trayecto individual corto y fácil a cada una de ellas.

Desacoplamiento.

Ya que la función esencial de la componente variable de la corriente anódica es crear una tensión variable en el circuito de acoplamiento, su misión estará ya cumplida a la salida de este último. El medio más simple será, por lo tanto, hacerle alcanzar nuevamente el punto de partida al cátodo, ofreciéndole un camino de pasaje mediante la ayuda de un condensador de capacidad suficientemente elevada. Y al mismo tiempo, para impedirle tomar el mismo camino que el de la componente continua, se dispondrá sobre el trayecto de la misma una impedancia que se opone al paso de la componente alterna.

Estamos, por lo tanto, nuevamente en presencia del acostumbrado procedimiento para separar las dos componentes de la corriente anódica: por una parte un condensador que deja pasar la componente variable y detiene la corriente continua; por la otra parte una resistencia que deja pasar la corriente continua pero se opone al paso de la componente variable.

Para este desacoplamiento se utilizan resistencias óhmicas en la rama de la componente continua, las cuales se pueden aprovechar para fijar la tensión anódica de cada válvula a su valor óptimo, gracias a la caída de tensión que se produce en esta resistencia de desacoplamiento.

En lo que se refiere a los condensadores de desacoplamiento, su valor debe ser tanto más elevado cuanto más baja es la frecuencia de las corrientes a desacoplar y también cuanto más bajo es el valor de las resistencias de desacoplamiento. En alta frecuencia, se emplean condensadores del orden de 0,1 μF , lo cual es ampliamente suficiente, ya que para una frecuencia de 1.000 kHz: (correspondiente a una longitud de onda de 300 metros), la resistencia capacitiva es del orden de 1,5 ohms solamente. En baja frecuencia, se emplean condensadores de desacoplamiento del orden de los 20 μF ; estas capacidades tan elevadas no son, por cierto, lujo superfluo, ya que su capacitancia es de 150 ohms a 50 p/s.

Realización de los desacoplamientos.

En el montaje, los elementos de desacoplamiento deben ser dispuestos lo más cerca posible de la válvula y del circuito de acoplamiento, en forma que las componentes alternas retornen a cátodo por el camino más corto.

En la práctica, los condensadores de desacoplamiento no retornan siempre a cátodo, sino más bien al polo negativo de alta tensión, lo cual obliga a la componente alterna a pasar a través del condensador conectado en derivación con la resistencia de cátodo. Esta práctica no es del todo conveniente, desde que la capacidad equivalente de los dos condensadores en serie que debe recorrer la corriente para llegar al cátodo es inferior a la capacidad del más pequeño de los dos condensadores. No obstante, se suele proceder así debido a que es muy cómodo hacer retomar a todas las conexiones que van al negativo de alta tensión (AT) a una común constituida por un alambre grueso o por la masa metálica del chasis. La

primera solución es, por supuesto, preferible. Notemos que los blindajes de los bobinados, válvulas y conexiones, deben ser conectados también a "masa", término que sirve para designar a la conexión común de la AT.

Y ahora, luego de haber demostrado la utilidad del desacoplamiento, digamos que muchos receptores funcionan mejor sin desacoplamiento. Esto se debe al hecho de que los acoplamientos parásitos pueden provocar una reacción que se halla en fase favorable con la amplificación, sin sobrepasar el límite del enganche. Es así como vemos algunos receptores de bajo precio, en los cuales por razones de economía se ha omitido el desacoplamiento, hacer gala de una excelente sensibilidad. Esta constatación, casi paradójica, no debe hacer dudar de la utilidad de los desacoplamientos. Es preferible dominar las reacciones, no aplicándolas más que con muy buen criterio en los casos en que su efecto se juzgue necesario y puedan ser controladas según las necesidades.

DECIMOQUINTA CONVERSACIÓN

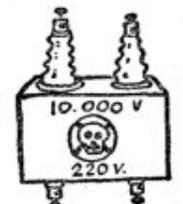


Hasta ahora Radiol ha dejado a un lado, deliberadamente, el problema de la alimentación. Se ha referido a fuentes de calentamiento y de placa, sin precisar en qué consisten. Curiosus aprenderá hoy cómo se lleva a efecto la rectificación y el filtraje de la corriente alternada. Los usos y el manejo de la corriente continua también serán tratados, de modo que la alimentación de los receptores no tendrá secretos para el lector.



Problemas alimenticios

Curiosus. — Me ocurre lo que al viajero ahíto, que, en vano, trata de hallar en el desierto un paisaje tentador. A propósito de nuestra última charla, yo creía haber resuelto definitivamente todos los problemas que pueda presentar un receptor, pero después de examinar detenidamente el esquema veo que falta una cosa...



Radiol. — ¿Qué es lo que falta, amigo Curiosus?

Cur. — Una parte muy esencial: el dispositivo de alimentación, que usted se ha limitado a señalar con las iniciales AT (alta tensión). Esa alta tensión, sin embargo, no nos viene del cielo, en forma de rayo...

Rad. — Tiene razón. Pero usted puede suponer que un receptor es susceptible de ser alimentado también por una, batería de pilas o acumuladores.

Cur. — No puedo hacerme esas suposiciones, por cuanto sé muy bien que en la actualidad ya no se utilizan las pilas ni los acumuladores para alimentar los aparatos. Eso se efectúa con la corriente de canalización, como dicen en las propagandas: "*Basta enchufar el aparato, y nada más*". Pero lo que no acabo de comprender es cómo la corriente alternada, que es la que se usa más comúnmente, puede crear una tensión continua entre los cátodos y los ánodos de las válvulas...

Rad. — Es que se procede previamente a rectificarla. Enderezar o rectificar la corriente alternada significa, sencillamente, convertirla en continua, o de una sola dirección.

Cur. — Entonces la rectificación es lo mismo que la detección.

Rad. — En efecto. Y los medios y procedimientos son análogos. Únicamente que aquí tenemos que habérnosla con una corriente industrial cuya frecuencia está comprendida entre los 50 y 60 períodos por segundo y es menester, además, rectificar una intensidad relativamente elevada: varias decenas de miliamperes. Para ello nos valemos de un diodo especial, cuyos electrodos, por su constitución, difieren bastante de los de una válvula detectora. Ese diodo se llama válvula rectificadora, o, simplemente, "*rectificadora*".

Cur. — No hay más, entonces, que intercalar esa válvula en el trayecto de la corriente alternada del sector para enderezarla, ya que los electrones no pueden ir sino del cátodo al ánodo y no inversamente.

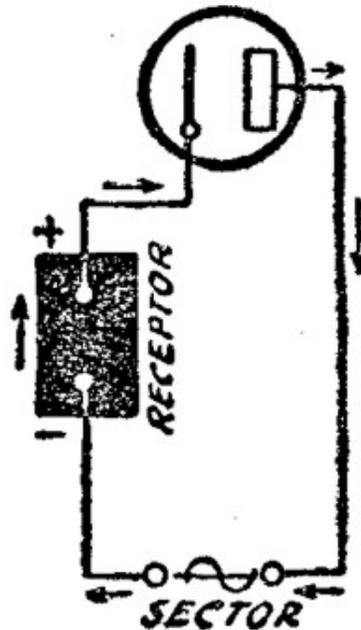


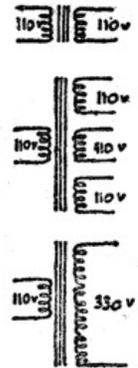
Figura 78. — Circuito del rectificador más sencillo.

Rad. — Eso es. Se la coloca (figura 78) indistintamente del lado +AT o —AT, es decir, a la salida o a la entrada de los electrones. Lo esencial es disponer la rectificadora de tal modo que la circulación de los electrones que recorran los circuitos de alimentación vaya, en las distintas válvulas del cátodo al ánodo.

¡Peligro! ... ¡Alta tensión!

Cur. — Temo que la alta tensión así obtenida sea insuficiente, porque en mi casa la tensión es sólo de 110 volts, aunque sé que en otras hay 220. Pero como usted me ha dicho que hay válvulas que deben trabajar con varios centenares de volts, ¿qué hago yo con los 110 volts?

Rad. — ¡Ja! Además, se pierde una parte por caída de tensión en la propia válvula, que, no lo olvide, posee cierta resistencia interna. Vamos, pues, en pérdida... Felizmente disponemos de un medio muy sencillo que permite elevar a voluntad la tensión alternativa del sector.



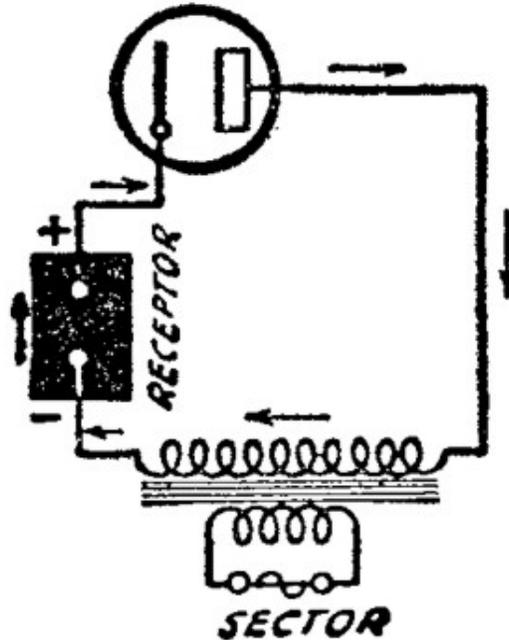


Figura 79 — Rectificador con transformador elevador de tensión.

Cur. — ¿Y cuál es ese medio maravilloso?

Rad. — Es un antiguo conocido: el transformador. Supóngase que tenemos un transformador con el mismo número de espiras en el primario y en el secundario. Si usted aplica 110 volts en el primario, ¿qué tensión aparecerá en los extremos del secundario?

Cur. — Creo que la misma, porque los coronamientos son idénticos.

Rad. — Exacto. Ahora supóngase que el transformador tenga varios secundarios, tres, utilizamos con el mismo número de espiras cada uno que el primario. En este caso, aplicando 110 volts en el primario, tendremos siempre 110 volts en cada uno de los secundarios. Unamos ahora éstos uno a continuación del otro. Las tensiones se sumarán, entonces, y entre el primer extremo de los secundarios y el último tendremos 330 volts.

Cur. — Los tres secundarios vienen a constituir, pues, un solo enrollamiento. Para demostrarle mis facultades de asimilación, deduzco que el transformador permite elevar o rebajar una tensión tantas veces como el número de espiras del primario esté contenido en el secundario, o viceversa.

Rad. — ¡Muy bien! Habla usted como un tratado de física y su nombre se prestigia más y más... Usted ve, pues, que el transformador permite elevar

cómodamente la tensión, antes de la rectificación de la corriente (figura 79). No hay más ahora que escoger el número de espiras, de acuerdo con la tensión que necesitamos (*relación de transformación*).



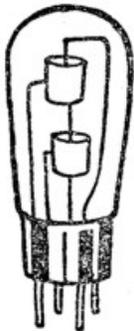
Figura 80. — La corriente rectificada con los dispositivos de las figuras 78 y 79 aparece en trazo lleno. El trazo punteado forma las alternancias no rectificadas

Cur. — Sin embargo, aun hay algo oscuro para mí. Cada período de corriente alternada supone dos alternancias: la de ida y la de vuelta. No utilizamos más que una sola (figura 80). ¿No podríamos hacer de modo que la otra alternancia fuera también utilizada a los fines de alimentar mejor el receptor?...

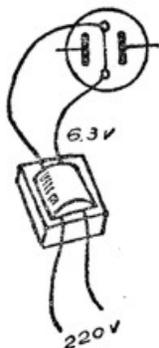


El "arte" de utilizar las alternancias desperdiciadas

Rad. — Es lo que se llama la doble rectificación. Para eso empleamos dos dispositivos idénticos al de la figura 79, que aparecen representados en la figura 81, uno al lado del otro. Vemos que en ambos la corriente recorre el receptor en el mismo sentido. Podemos alimentar así un solo receptor (figura 82). Cada una de las rectificadoras endereza una de las dos alternancias. Puede usted seguir fácilmente el camino de la corriente en cada alternancia.



Cur. — En efecto. Cuando, durante una alternancia, los electrones recorran los secundarios yendo de izquierda a derecha, entrarán en el receptor desde S1, irán del cátodo al ánodo de V1 y volverán a S1. Mientras tanto, no podrán circular por S2, puesto que el camino del ánodo al cátodo de V2 les está vedado. En la alternancia siguiente, yendo de derecha a izquierda en los secundarios, chocarán, a la salida de S1, con el ánodo de V1 y serán



detenidos. Pero en cambio, saldrán de S2, atravesarán el receptor y la válvula V2 y regresarán a ese secundario. En ambos casos, los electrones recorren el receptor en el mismo sentido.

Rad. — Usted ve, pues, cómo es posible utilizar las dos alternancias de la corriente (figura 84). Observe usted ahora que ambos secundarios tienen un extremo común. Podemos reemplazar los dos transformadores por uno solo, cuyo secundario tenga una derivación en el punto medio. Antes juntábamos los dos cátodos.

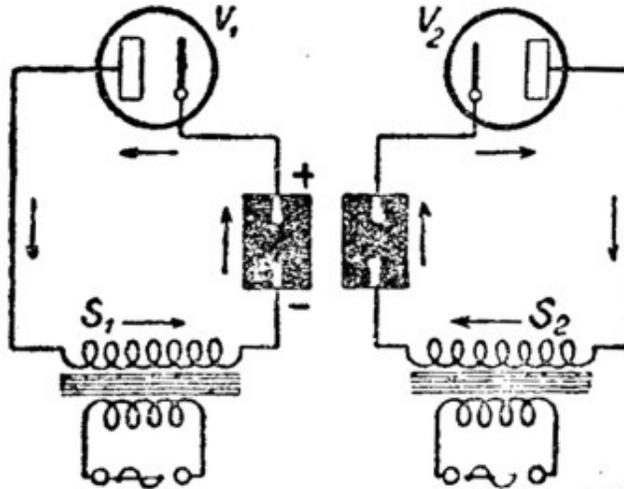


Figura 81. — Estos dos rectificadores son iguales al de la figura 79. Cada uno rectifica media onda.

Bien, encerremos ahora las dos válvulas en una sola ampolla y reemplacemos los dos cátodos por uno común. Obtenemos así una válvula de dos ánodos o una rectificadora de período o ciclo completo, cuyo esquema y aplicación están representados en la figura 83.

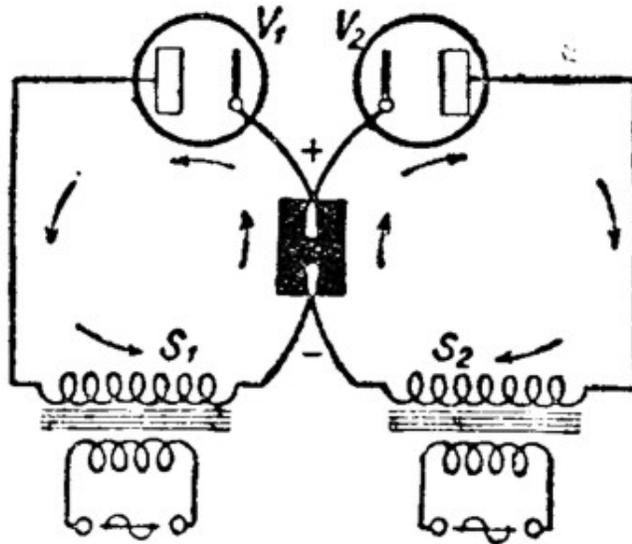
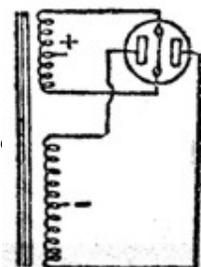
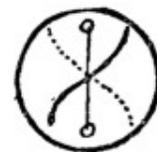
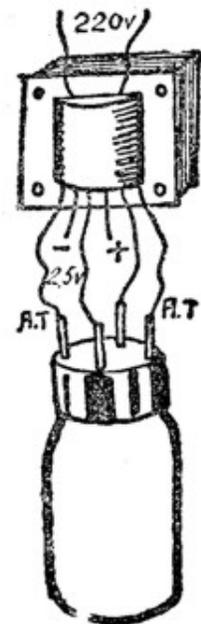


Figura 82. — Los dos rectificadores de la figura 81, conectados a un receptor, rectifican la onda completa.

Problemas de equilibrio

Cur. — Pero en todos esos sistemas de rectificación, ¿cómo se procede al encendido del filamento para llevar el cátodo a la temperatura necesaria a fin de que tenga lugar la emisión electrónica?

Rad. — El filamento es calentado por la corriente alternada de baja tensión. Puede utilizarse a ese efecto un segundo transformador reductor de tensión. Pero generalmente se obtiene ésta de un pequeño secundario adicional del transformador de alimentación general. Como hemos visto, hay válvulas de calefacción indirecta, es decir, por cátodo, y las hay sin él; en este último caso el filamento hace las veces de cátodo y es el que produce directamente la emisión electrónica.



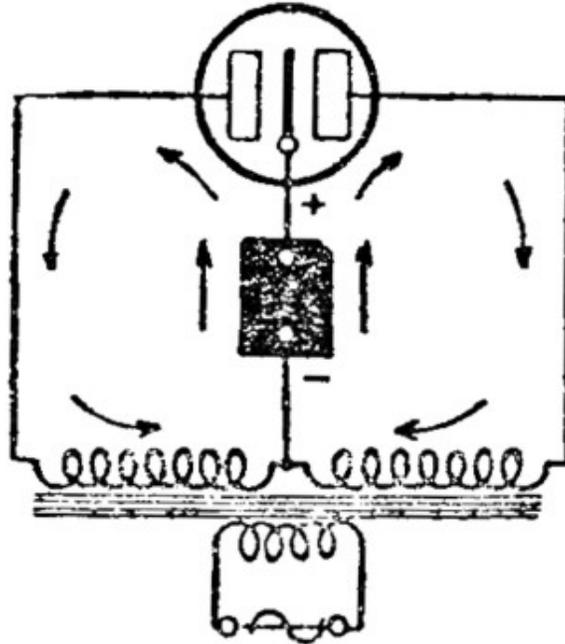


Figura 83. — Pueden reemplazarse las dos válvulas de la figura 82 por una sola biplaca.

Cur. — ¿Y en este caso se utiliza lo mismo la corriente alternada?

Rad. — Desde luego. Prácticamente los dispositivos rectificadores de media onda (figura 79) y onda completa (figura 83) se representan, para el caso, como lo indican las figuras 85 y 86, respectivamente.

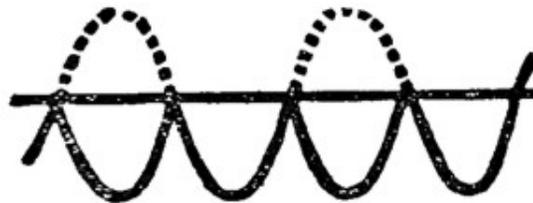


Figura 84. — En trazo lleno es como aparece la corriente rectificada en sus dos alternancias. Línea punteada: media onda detenida por una placa, pero rectificada por la otra.

Cur. — ¿Por qué aquí el receptor, en lugar de estar conectado directamente al filamento lo está al punto medio del secundario de baja tensión?

Rad. — Porque si el cátodo de calentamiento directo tenía el mismo potencial en todos sus puntos, aquí, por el contrario, el filamento, recorrido por la corriente

alternada, tiene en todos sus puntos un potencial variable. Con respecto a su punto medio, sus extremidades tienen alternativamente +2 y -2 volts.

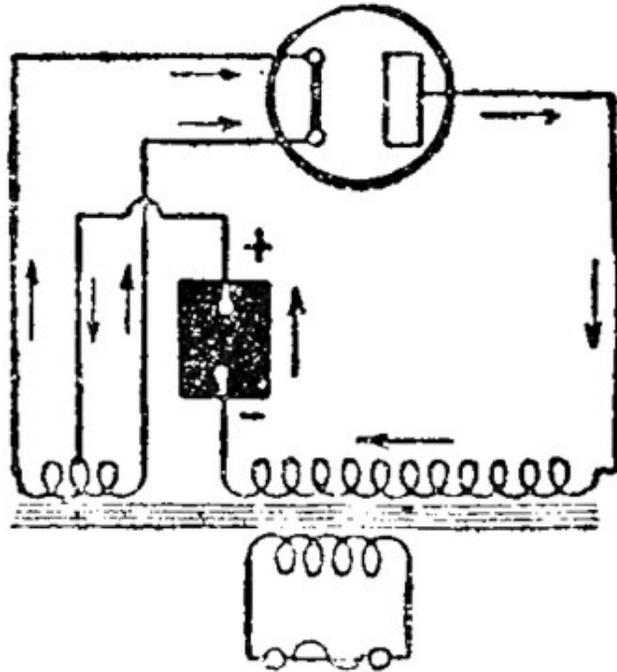


Figura 85. — Esquema práctico del rectificador de la figura 79.

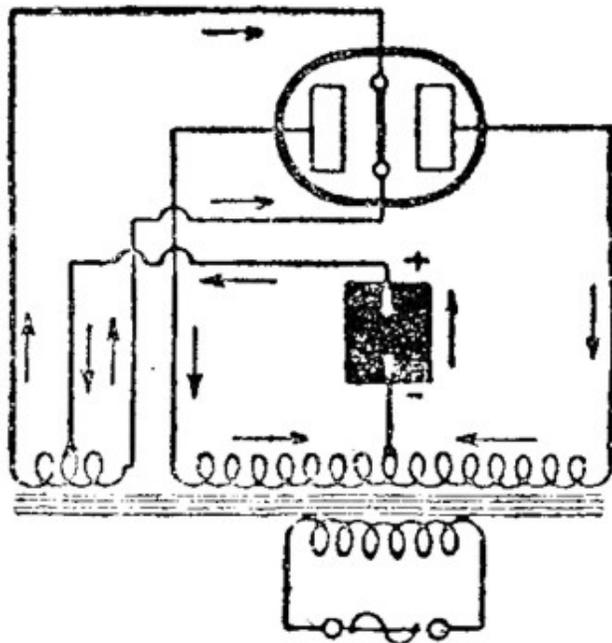


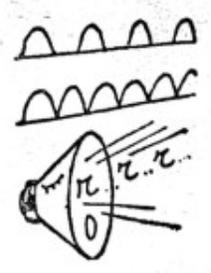
Figura 86. — Esquema práctico del rectificador de la figura 83.

Cur. — Esto me recuerda el balancín con que jugaba en mi niñez, formado con una larga tabla en equilibrio sobre un caballete.

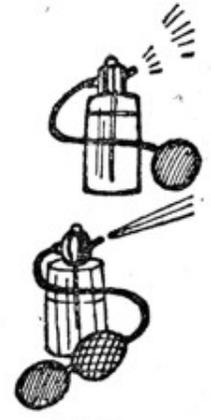
Rad. — Y bien, el único punto de la tabla que queda inmóvil es su punto medio. Del mismo modo, en el filamento, el único punto de potencial constante es su punto medio. Pero como no es posible obtenerlo dentro de la válvula misma, conectamos el receptor en el punto medio del secundario que origina la ignición. Desde el punto de vista del potencial, ambos puntos son equivalentes.

Agua de Colonia... y filtraje de la corriente rectificada

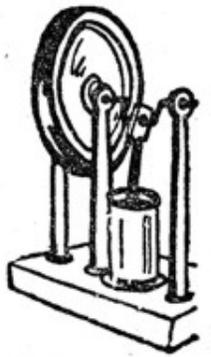
Cur. — Lo que me parece algo confuso es que en nuestra rectificación el cátodo viene a ser el polo positivo y el enrollamiento del ánodo, el polo negativo. Hasta ahora estaba acostumbrado a ver en las válvulas del receptor el positivo al lado del ánodo y el negativo en la parte del cátodo.



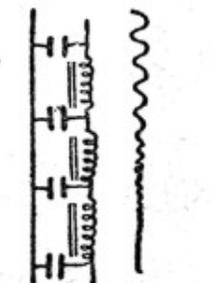
Rad. — Sus confusiones son ingenuas. ¿Por qué no habremos de usar la fuente de energía con la polaridad de acuerdo con el que la consume? No olvide que llamamos "ánodo" al electrodo del cual salen los electrones, y "cátodo", al que entran. Saliendo, pues, los electrones de los ánodos de las válvulas del receptor, entran en el cátodo rectificador, salen de, su ánodo y entran en los cátodos de las válvulas receptoras. Usted ve que nada ha variado.



Cur. — En efecto. Pero... desde hace rato me asaltan ciertas objeciones. La corriente que nos proporciona el rectificador (figura 80 u 84) me parece que está lejos de tener todas las características que distinguen a la corriente continua. No sé, pero presumo que si bien no cambia de dirección, su intensidad ha de ser algo variable todavía.



Rad. — Dice muy bien porque si usted la aplica ahí, tal cual, a las válvulas las corrientes de placa seguirán esas variaciones, que en el altoparlante se traducirán en un espantoso ronquido.



Cur. — Pero debe haber, seguramente, algún procedimiento para que esa corriente rectificadora tenga todas las características de la continua.

Rad. — En efecto. Eso se obtiene por una especie de, "nivelación" o *filtraje*. La corriente rectificadora sin filtrar se asemeja a esos pulverizadores de agua de Colonia que tienen una sola pera de goma, la que hay que comprimir varias veces para que accione. Gracias a dos válvulas colocadas en la entrada y salida del fuelle de goma, el movimiento combinado de compresión y depresión da lugar a otro movimiento unilateral, que extrae el aire.

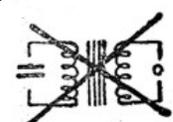
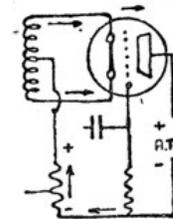
Cur. — Es un enderezamiento.

Rad. — En efecto... Pero en los pulverizadores modernos se obtiene una vaporización continua, gracias a una segunda perilla de goma. Esta, que es de una goma muy delgada y resistente, se hincha considerablemente en virtud del aire que le inyecta la otra. Mientras ésta se desinfla, aquélla arroja su carga de aire en el frasco, y como la función de las dos perillas es inversa, la pulverización es continua. La segunda perilla de goma viene a ser el receptáculo de reserva destinado a equilibrar el almacenamiento de aire, despidiendo el excedente, sólo cuando la primera está en condiciones de proporcionarle nueva carga... ¿No cae usted en la cuenta de otra cosa que juega el mismo papel en electricidad?

Cur. — El condensador. También es capaz de cargarse y descargarse.

Rad. — El condensador es, precisamente, lo que utilizamos para el filtraje. Colocándolo entre el polo positivo y el negativo del rectificador obrará como los fuelles del pulverizador. Sin embargo, un condensador, aun de gran capacidad, no sería suficiente. Recurrimos, entonces, al principio del volante, que en las máquinas a vapor y en los motores a explosión sirve para corregir la irregularidad del movimiento de vaivén de los pistones. Por su inercia, el volante mantiene la regularidad del movimiento. ¿Conoce usted algo en electricidad que, a la manera del volante, se oponga a las variaciones de la corriente?

Cur. — Sí. Es la autoinducción.



Rad. — Perfectamente. También en el camino de la corriente rectificada colocamos una bobina con núcleo de hierro (¿no se trata de muy baja frecuencia?), de elevada autoinducción. Finalmente cerraremos nuestro filtro (figura 87) con otro condensador, que completará la nivelación. Cuando se desea obtener un filtraje casi perfecto se usan varias impedancias en serie, con sus condensadores correspondientes. Pero generalmente basta el modelo representado en la figura 87 para conseguir un buen filtraje en la mayoría de los casos y evitar todo zumbido en el parlante.

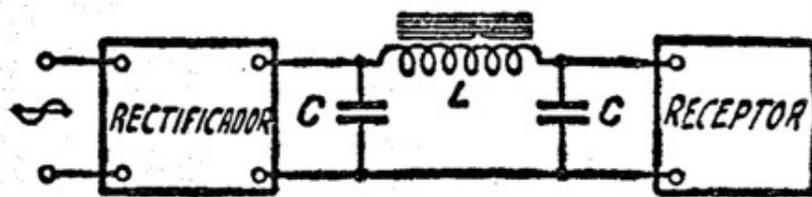


Figura 87. — Dispositivo de filtro, CLC, colocado entre el rectificador y el receptor; contribuye al "nivelamiento" de la corriente.

Cur. — Y dígame ¿la ignición de los filamentos de las válvulas se obtiene también con corriente alternada?

Pocas palabras más sobre la ignición de filamento

Rad. — Así es. A ese efecto, el transformador de alimentación lleva un tercer secundario de baja tensión que provoca la ignición del filamento de todas las válvulas del receptor. Generalmente éstas son del tipo a calefactor o calentamiento indirecto, aunque a veces la última (la válvula de salida) es del tipo de calentamiento directo. Esta válvula debe proveer al parlante una corriente relativamente intensa, y a los efectos de obtener una emisión electrónica elevada, es que se prefiere como cátodo el filamento mismo (figura 88).

Cur. — ¿Pero cómo se polariza esa válvula?

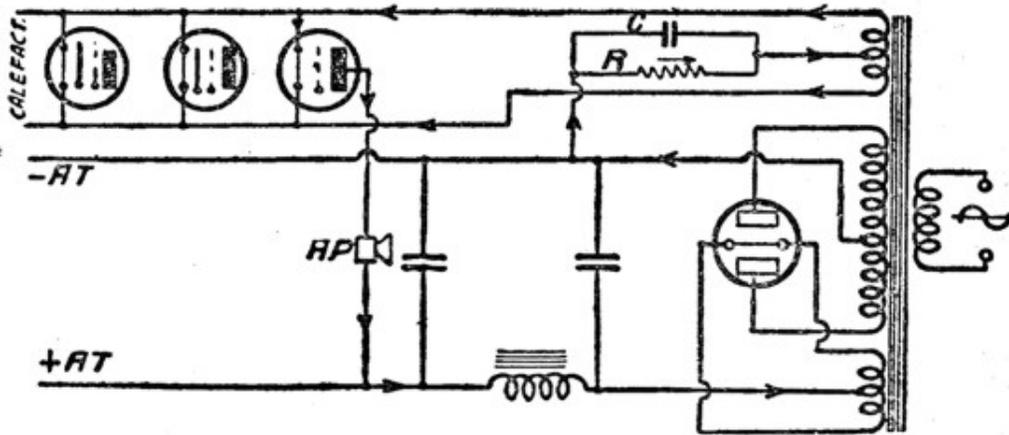


Figura 88. — Alimentación completa de un receptor conectado a la corriente alternada del sector: calentamiento, rectificación AT y filtraje de la misma. La resistencia R, con el condensador C, polariza la válvula de salida, que es a calentamiento directo. Las flechas indican el trayecto de la corriente de placa de esta válvula.

Rad. — De acuerdo con el mismo principio empleado en las válvulas, de calentamiento indirecto: haciendo el cátodo positivo con respecto a la grillo. Para ello se conecta una resistencia entre aquél y AT Pero aquí el cátodo es a potencial variable, y como dije en el caso de las válvulas a calentamiento directo, no es en el filamento mismo donde conectamos la resistencia, sino entre el punto medio del secundario de filamento de las válvulas y — AT... Usted sabe ahora cuanto se necesita conocer sobre alimentación de receptores.

Curiosus desbarra



Cur. — No del todo... Me olvidé decirle que un tío mío, dibujante humorista, a quien prometí armarle un receptor, se sirve de corriente continua de 220 volts.

Rad. — "Se Sirve"... Está bien la expresión... En ese caso es necesario emplear un grupo generador para elevar la tensión.

Cur. — ¿Y el transformador?

Rad. — ¡Curiosus, su ignorancia me indigna! ¿Ha olvidado usted que el transformador se basa en el principio de la inducción y que no hay inducción cuando no hay variaciones de corriente?



Cur. — Es verdad. No caí en eso. Entonces el transformador no puede emplearse en corriente continua. ¿Qué se hace, pues?

Rad. — Se aprovecha la tensión de que se dispone, evitando en lo posible, las pérdidas. Hoy tenemos válvulas adecuadas para esa tensión y aun pueden utilizarse las que requieren tensiones más elevadas. Pero si en este caso no es necesario rectificar la corriente, es imprescindible filtrarla.

Cur. — ¿Filtrar la corriente continua? ¿Pero para qué es continua?

Rad. — No se extrañe. La corriente del sector, que llamamos "continua", posee, en realidad, una ligera ondulación. Ella es debida a que las máquinas llamadas de "corriente continua", no son sino rectificadores sincrónicos, que en realidad surten al sector de corriente alternada rectificada.

Cur. —. Esto es terriblemente complicado y me deja en ayunas.

Rad. — Si usted poseyera algunas nociones sobre máquinas eléctricas me habría comprendido. Pero eso no es enteramente necesario para nuestros estudios. Basta que usted sepa que a causa de esa ligera ondulación, la corriente de canalización debe ser filtrada, siguiendo el mismo procedimiento indicado en la figura 87, antes de utilizarla en el receptor.

Cur. ¿Y la ignición de los filamentos?

Rad. — Respecto a esto, la continua no es tan cómoda de manejar como la alternada. En la imposibilidad de rebajar la tensión con un transformador, se obtiene la caída de la misma con una resistencia exactamente calculada, de manera que quede en los filamentos la tensión justa que requieren. Estos se conectan en serie, y como la mayoría de los filamentos de las válvulas para continua soporta tensiones elevadas sólo queda un remanente, que es el que absorbe la resistencia. Así 4 válvulas con filamento para 6,3 volts y para 25, sumarán 50,2 volts, tensión que hay que restar de 220 y dividir el resultado por la corriente del calefactor para obtener el valor de la resistencia.

Cur. — Esto me recuerda el procedimiento usado con las lamparillas de los árboles de Navidad. Un conjunto de ellas, de baja tensión conectada en serie, puede absorber la tensión del sector, o aproximadamente

Rad. — Exactamente. Y ahora que conoce todos los secretos de la alimentación con corriente alternada y continua, creo que nos hemos ganado el derecho de descansar un poco.



Comentarios a la decimoquinta conversación

Problema de la alimentación.

La alimentación de un receptor requiere dos fuentes de corriente: la fuente de alta tensión (AT) que proporciona la corriente anódica y la fuente de baja tensión (BT) que proporciona la corriente para los calefactores. La primera debe proporcionar una tensión continua del orden de los 100 a 250 volts. En cuanto a la calefacción (excepto para las válvulas especialmente proyectadas para su uso con pilas y baterías) puede ser proporcionada indiferentemente mediante corriente continua o alterna.

En lo que se refiere a la tensión de polarización, ya hemos visto cómo se obtiene de la AT, por la caída de tensión en una resistencia intercalada en el circuito catódico.

Dejemos de lado el caso de los receptores para pilas, en los cuales son pilas, baterías y acumuladores los que proporcionan todas las tensiones necesarias y en los cuales se emplean válvulas de calefacción directa que consumen una corriente muy reducida a una tensión del orden de 2 ó 1,5 volts.

Caso de la línea de corriente alterna.

El caso más frecuente es el del receptor que debe ser alimentado de la línea de corriente alterna. Un cordón premunido de una ficha sirve para obtener la alimentación de un tomacorriente y llevarla al primario de un transformador de alimentación, luego de pasar a través del interruptor de encendido del receptor. Es una precaución muy aconsejable y sabia el intercalar en este circuito un fusible, el cual, en el caso de un cortocircuito accidental, detiene el suministro de corriente.

El primario de un transformador de alimentación puede comprender varias derivaciones, previstas para diferentes tensiones de la línea. En Francia se encuentran líneas de canalización que proporcionan 110, 130, 150, 220 y 240 volts (y hasta valores distintos de éstos). Si la tensión de una línea de canalización, indicada como de 110 volts, no es lo suficientemente estable, resultará conveniente, a fin de prevenir efectos nefastos debidos a sobretensiones, utilizar la derivación del primario del transformador prevista para 130 volts, por ejemplo.

El transformador de alimentación comprende generalmente tres secundarios: el de calefacción de las válvulas, el de calefacción de la rectificadora y el de AT. Los tres poseen generalmente derivaciones centrales, por lo menos en los receptores comunes.

Las válvulas rectificadoras utilizadas son casi siempre del tipo con dos placas; si no se deseara rectificar más que una sola alternancia, se tiene siempre el recurso de unir entre sí ambas placas, constituyendo así un anodo único. Antiguamente, las válvulas requerían casi siempre para su calefacción tensiones de 4 volts (válvulas europeas) o de 2,5 volts (válvulas americanas). Actualmente la tensión de calefacción de la mayoría de las válvulas es de 6,3 volts. Además, poco a poco, se va abandonando casi por completo el empleo de las rectificadoras a calefacción directa, lo cual permite unir la conexión de AT directamente al ca-todo (en lugar de a la derivación central del secundario de "calefacción de la rectificadora").

En cuanto a lo que se refiere al secundario de AT que proporciona la corriente anódica, sus extremos son conectados a las placas de la rectificadora, siendo su derivación central la que constituye el polo negativo de AT. No debe perderse de vista el hecho de que a cada alternancia la tensión aplicada a la rectificadora es la correspondiente a la de una mitad del arrollamiento de AT. Por lo tanto, si la tensión

total del secundario de AT es de 600 volts, será solamente una tensión de 300 volts la que provoca la acción de rectificación en cada instante dado; en consecuencia, no hay que esperar hallarse con una tensión rectificada de 600 volts.

Los fabricantes de los transformadores de alimentación tienen la buena costumbre de indicar no solamente las tensiones suministradas por los arrollamientos secundarios, sino también las intensidades de las corrientes que son capaces de suministrar. No hay que engañarse con respecto a estas últimas indicaciones. No se trata de intensidades que consumirán los arrollamientos en todos los casos, sino simplemente de las intensidades máximas que se les puede exigir y que no deben sobrepasarse bajo pena de provocar un sobrecalentamiento anormal. Cuanto más grueso es el alambre y, en consecuencia, cuanto menos resistencia posee, tanto más miliamperes podrá suministrar el correspondiente arrollamiento sin calentarse excesivamente. En cuanto se refiere a cuál será el consumo exigido a cada secundario, bastará con calcular la resistencia total del circuito al cual alimenta y aplicar la Ley de Ohm.

Filtrado.

La corriente obtenida luego de la rectificación es unidireccional, sin ser por ello una corriente verdaderamente continua. Para poder ser utilizable, debe ser primeramente filtrada. Se puede considerar a tal corriente como la resultante de la combinación de otras dos corrientes: una continua y otra variable. En consecuencia, el problema del filtraje se reduce simplemente a lo siguiente: dejar pasar la componente continua y eliminar completamente la componente variable.

Ya hemos tenido ocasión de resolver un problema similar durante el estudio del desacoplamiento. La solución conste en ofrecer a la componente variable el cómodo camino de un condensador, impidiéndole seguir otra dirección mediante la intercalación, en la segunda rama, de una impedancia, la cual deja pasar, en cambio, la componente continua. Para ello se utiliza como impedancia una inductancia de resistencia óhmica relativamente pequeña, la cual se dispone en el camino de la corriente. El condensador que sirve para desviar la componente variable se halla conectado en derivación con el sistema rectificador. Finalmente, un segundo condensador, dispuesto a la salida de la célula de filtro, completa la

constitución de esta última, permitiendo eliminar el residuo de la componente alterna que pudiera haber atravesado la inductancia.

Si se requiriera un filtraje especialmente cuidado, pueden disponerse dos células de filtro en serie; en este caso, los dos condensadores del medio pueden ser reemplazados por uno solo, común a ambas células, y cuya capacidad será el doble de la de cada uno de los condensadores de los extremos.

Dado que la frecuencia de la variaciones es muy baja (en el caso de la línea de 50 p/s tendremos una frecuencia de 100 p/s, ya que cada período, en la rectificación de dos alternancias, da lugar a dos variaciones), las autoinducciones y las capacidades de filtro deben tener valores relativamente elevados. Las autoinducciones tendrán algunas decenas de henrios y estarán compuestas de arrollamientos con núcleo de hierro. En cuanto a los condensadores, su capacidad será de varios microfarads, por lo cual el empleo de un dieléctrico sólido, tal como, el papel parafinado, conduciría a tamaños prohibitivos. Por lo tanto, se utilizan modelos especiales, llamados condensadores electrolíticos.

Condensadores electrolíticos.

Los condensadores de este tipo (figura X) contienen un líquido o una pasta, a la cual se llama electrolítico constituida por la solución de una sal. En este electrolítico se halla sumergida una armadura > de aluminio, de superficie relativamente importante. Cuando se aplica una tensión entre el electrolítico y el aluminio (este último lleva aplicado el potencial positivo), la corriente que circula provoca la descomposición del electrolítico; como resultado de esta descomposición comienza a rodear al aluminio una capa de óxido, la cual, al aislarla de esta manera, interrumpe la corriente. El espesor de esta capa es tan ínfimo (del orden del milésimo de milímetro), que se comprenderá hasta qué punto será elevada la capacidad del condensador, en el cual el aluminio y el electrólito representan las dos armaduras.

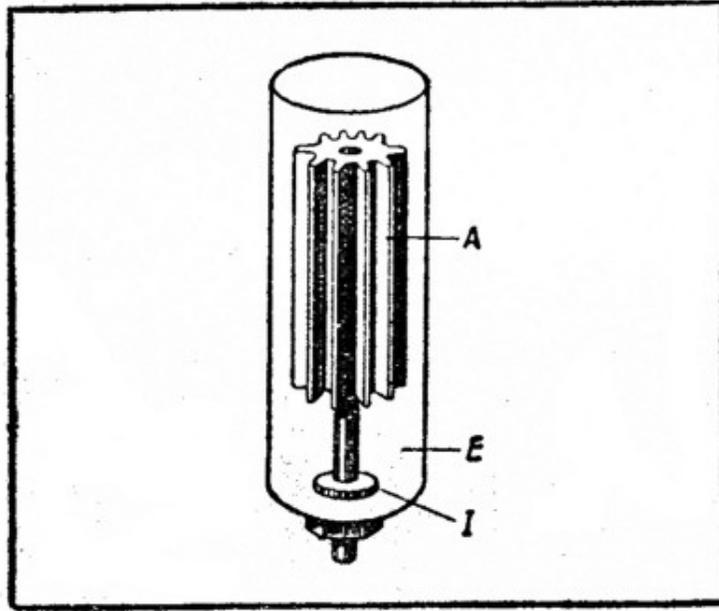


Figura X. - Composición de un condensador electrolítico. A, armadura positiva de aluminio; E, electrolito; I, aislador de pasaje para la conexión de la armadura positiva.

Notemos que el condensador electrolítico, contrariamente a los que hemos examinado hasta el presente, es polarizado; vale decir que es obligatorio aplicar el positivo de la tensión a la armadura de aluminio. Invertiendo la polaridad, se corre el riesgo de deteriorar el condensador. Por lo tanto, no hay que aplicar a un tal condensador una tensión alterna, a menos que esté superpuesta a una tensión continua más elevada y que esta última esté aplicada con la polaridad correcta.

Si el condensador electrolítico se perfora bajo los efectos de una sobretensión momentánea (es decir, si salta una chispa entre sus armaduras), el mal no será muy grave, ya que la capa de óxido se volverá a formar nuevamente. No se puede decir lo mismo del condensador de papel; el papel se carboniza bajo el efecto de una chispa, perdiendo así sus cualidades de buen aislador, estableciéndose un corto circuito más o menos franco entre sus armaduras.

Los condensadores electrolíticos están contenidos generalmente en cajas metálicas que establecen el contacto con el electrolítico y sirven para conectar así el polo negativo de la tensión. Los valores comunes de capacidad están comprendidos entre 8 y 32 μF .

Se les utiliza no solamente para el filtraje, sino en todos los casos en que haya que aplicar un desacoplamiento en BF y especialmente para el desacoplamiento de las resistencias de polarización. Notemos que la mayoría de las válvulas finales (última etapa de BF) empleadas actualmente son a calefacción indirecta y obtienen su polarización mediante una resistencia dispuesta en el circuito catódico.

Calefacción de los filamentos.

En cuanto se refiere a la calefacción, si bien las tensiones anteriormente empleadas en Europa eran de 4 volts y en América de 2,5 volts, hoy los dos continentes se han puesto de acuerdo adoptando 6,3 volts como valor normal para la calefacción con corriente alterna. Esto no excluye, por supuesto, la existencia de numerosos tipos calentados a tensiones variadas, que llegan hasta los 117 volts (lo cual evita en ciertos casos la necesidad de un transformador reductor de tensión). En los aparatos que funcionan con corriente alterna, los filamentos se conectan en derivación sobre el arrollamiento de calefacción del transformador de alimentación.

El caso es diferente, por supuesto, cuando se trata de receptores alimentados por la línea de corriente continua. En tal caso ya no se puede recurrir al empleo de un transformador que rebaje la tensión de la línea al valor exigido, con muy pocas pérdidas. Es necesario conectar en serie los filamentos de las válvulas, siendo necesario, naturalmente, que todos los filamentos de las válvulas requieran la misma intensidad de corriente para su calentamiento. En estos casos se utilizan no solamente válvulas de 6,3 volts, sino también de tipos que tienen tensiones de calefacción muy superiores, especialmente cuando se trata de la válvula final. Si la tensión total exigida por todos los filamentos conectados en serie es inferior a la tensión de la línea, se deberá disipar el excedente bajo la forma de caída de tensión provocada en una resistencia. Por ejemplo, un receptor que comprende cinco válvulas, de las cuales cuatro requieren 6,3 volts y una 25 volts, exigirá como tensión de calefacción, para los cinco filamentos conectados en serie:

$$(6,3 \times 4) + 25 = 50,2 \text{ V}$$

Si la línea es de 110 volts, será necesario perder en la resistencia los 59,8 volts excedentes. Suponiendo que la corriente de calefacción sea de 0,3 A, se requerirá (según lo indica la Ley de Ohm) una resistencia reductora de aproximadamente $60 : 0,3 = 200$ ohms. Evidentemente más de la mitad de la energía será disipada bajo la forma de calor en la resistencia, lo que hace poco económico el sistema. La resistencia reductora se dispone a veces en el mismo cordón de alimentación de la corriente de a línea, siendo del tipo llamado "cordón con resistencia".

Caso de la línea de corriente continua.

Para la alimentación anódica de los receptores que funcionan con la línea de corriente continua, no hay necesidad, por supuesto, de rectificación alguna, no obstante lo cual se impone siempre el filtraje de la corriente, ya que lo que las compañías de electricidad llaman "corriente continua", se halla afectada por una ligera ondulación, para cuya eliminación se requiere un filtro adecuado.

Como no podemos elevar la tensión continua, será necesario reducir a un mínimo la caída de tensión en la auto-inducción del filtro, a fin de que la tensión filtrada aplicada a los ánodos de las válvulas no sea demasiado pequeña. Por tal razón, se hacen los bobinados de filtro con alambre relativamente grueso (a fin de reducir la resistencia óhmica), lo cual permite disponer de menor cantidad de espiras, compensándose la menor auto-inducción resultante mediante el empleo de condensadores de filtro de capacidad más elevada. Por suerte, cuando las tensiones de línea de que se dispone son tan bajas como 110 volts, por ejemplo, pueden emplearse condensadores electrolíticos de hasta 100 μ F.

Aparatos de "dos corrientes".

Si hemos juzgado útil analizar tan en detalle la composición de los receptores alimentados con corriente continua, no es ciertamente debido a la difusión que hayan alcanzado estos aparatos, Por el contrario, el receptor de corriente continua se construye raras veces. Los que son muy populares, en cambio, son los aparatos "dos corrientes" (o de alimentación universal), que se pueden conectar-

indistintamente a la línea de corriente continua o a la de alterna, tan sin precauciones adicionales como se haría con una vulgar plancha eléctrica.

Por otra parte, la composición de estos aparatos difiere muy poco de los que ya hemos examinado al hablar de la alimentación de la línea de corriente continua solamente.

En los "dos corrientes" los filamentos son calentados completamente idénticamente, vale decir que se les conecta en serie con una resistencia reductora de tensión intercalada en el circuito.

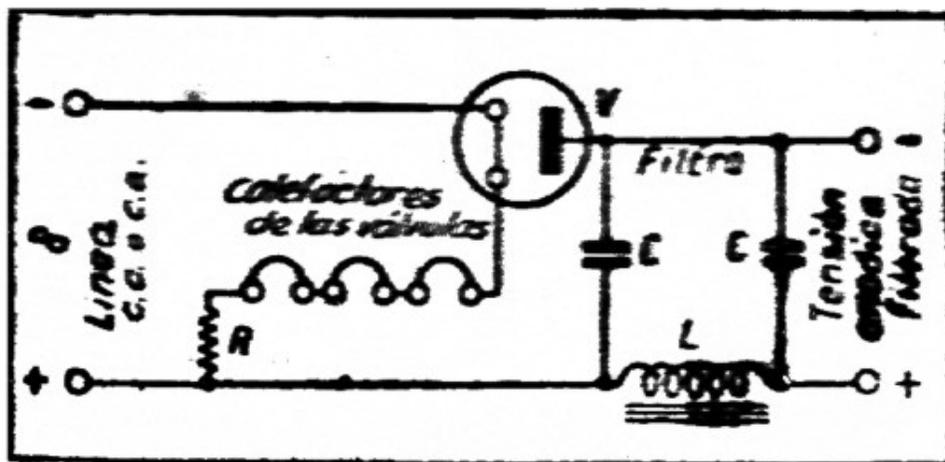


Figura XI. —Parte de alimentación de un receptor "dos corrientes".

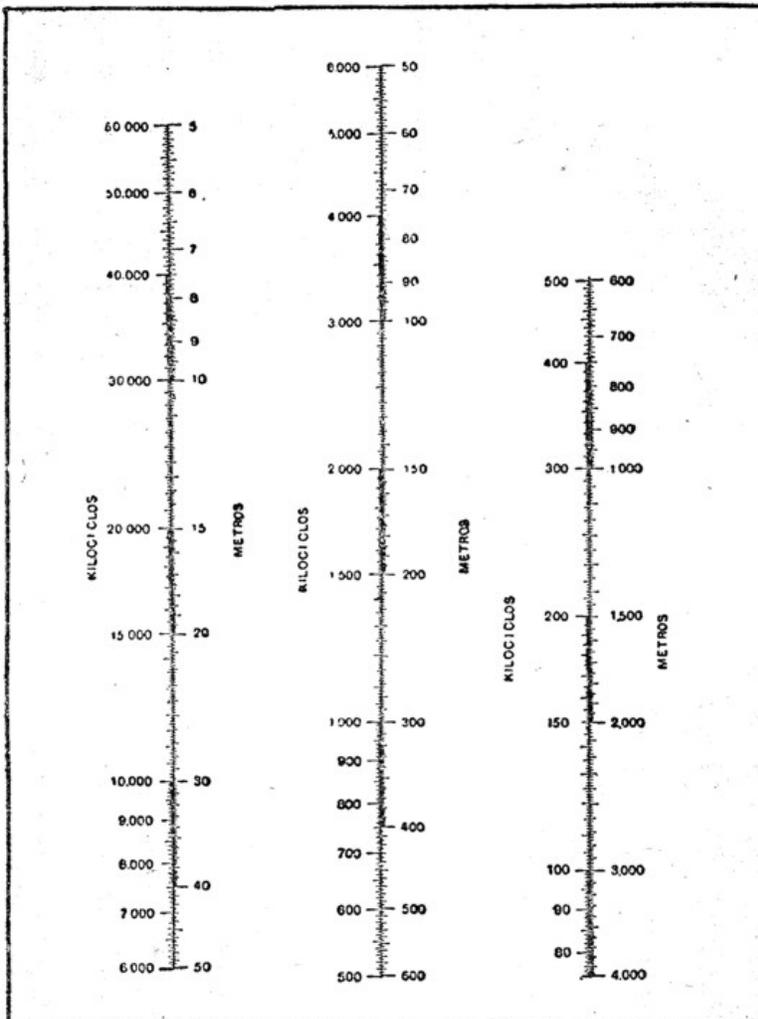
En cuanto a la alta tensión (figura XI), la corriente de la línea, antes de entrar al filtro, debe pasar por una válvula rectificadora mono-placa (la cual puede obtenerse uniendo entre sí los dos ánodos de una válvula biplaca). Si la corriente de la línea es alterna, se lleva a cabo la rectificación de una sola alternancia y todo tiene lugar como si se tratara de alimentación normal de AT en el caso de la línea de corriente alterna. Si la corriente de la línea es continua, pueden presentarse dos casos: o bien habremos enchufado el aparato en el toma-corriente en forma tal que el filamento de la rectificadora se halla conectado al positivo, en cuyo caso no podrá pasar corriente alguna, con lo cual el receptor permanecerá mudo, o bien, cuando se ha conectado el receptor en la forma correcta, la corriente continua podrá pasar fácilmente a través de la rectificadora.

Hagamos notar, finalmente, que los receptores para corriente continua y para "dos corrientes" se hallan conectados directamente a la línea, ya que no hay interpuesto transformador alguno. La línea puede hallarse, por otra parte, a un potencial bastante elevado con relación a tierra. Por tal razón, no debe conectarse nunca en forma directa la toma de tierra a los chasis de tales receptores, sino a través de un condensador, el cual, dejando pasar la AT de la antena, se opone, en cambio, al paso peligroso de la corriente de la línea hacia tierra.

DECIMOSEXTA CONVERSACIÓN

En esta charla, nuestros amigos abordan el principio de cambio de frecuencia, sobre el que se asienta el funcionamiento de los receptores llamados "superheterodinos". El comienzo de esta importante charla requerirá de Curiosus y de usted también, lector, una atención sostenida. Luego las dificultades pasan y todo se reduce a comprender bien los diversos circuitos estudiados, ampliados ahora con heptodos y octodos.

EQUIVALENCIAS ENTRE FRECUENCIAS Y LONGITUDES DE ONDA



Para hallar una longitud de onda correspondiente a, una frecuencia dada (o inversamente) se busca la frecuencia en la escala que corresponda, y a la derecha podrá leerse la longitud de onda equivalente. Las frecuencias están expresadas en kilociclos-segundo (Kc/s).

1 Kc/s = 1000

períodos/segundo (p/s)

EJEMPLOS:

20.000 Kc/s → 15 metros

1.200 Kc/s → 250 metros

400 m. → 750 Kc/s

30 m. → 10.000 Kc/s

Curiosus encoleriza a su vecino

Curiosus. — Yo no quiero asumir la postura de mártir, amigo Radiol, pero me parece que soy una víctima de la ciencia...

Radiol. — ¿Y a qué es debido eso, Curiosus?

Cur. — Cada vez que salgo de casa encuentro en la escalera a un vecino furioso, que promete estirarme las orejas si continúo haciéndole silbar el receptor... ¡Como si yo pudiera hacer silbar, cantar o llorar su caja de música a voluntad! ...

Rad. — Serénese, Curiosus. Con su receptor a reacción (que ya le ha valido varios reproches de su mamá), usted puede perfectamente hacer silbar todos los

receptores de la vecindad. Basta que se exceda del límite de oscilación para que su aparato se convierta en una pequeña estación emisora.

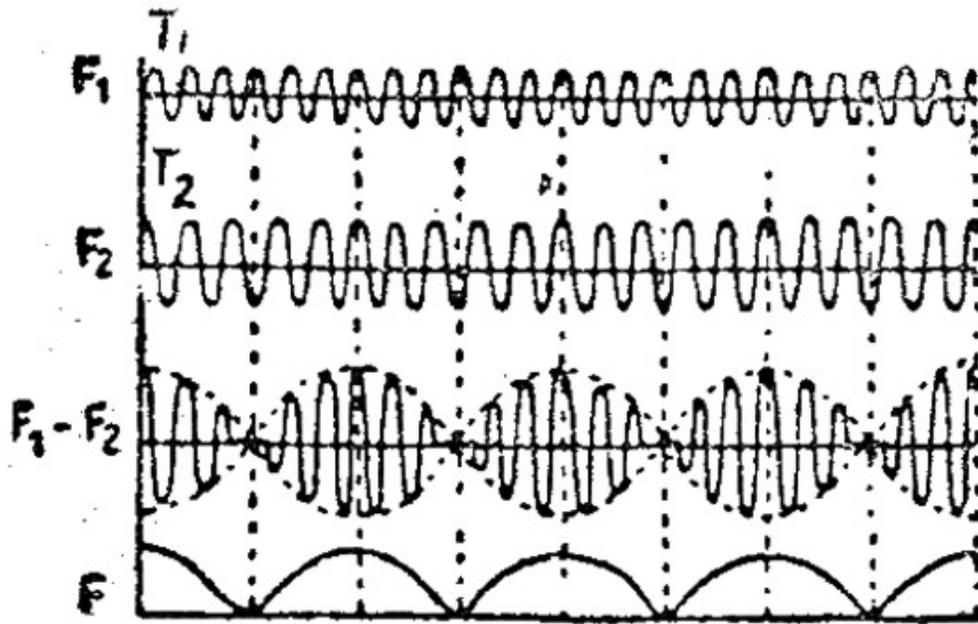


Figura 89. — Dos oscilaciones, F_1 y F_2 , superponiéndose dan origen a una oscilación compuesta $F_1 - F_2$, la que después de detectada da lugar a la corriente F .

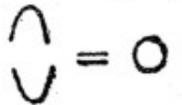
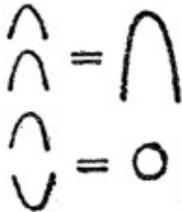
Cur. — ¿Qué me está diciendo?... Pero en el caso de que los otros reciban las ondas que yo emito, esas oscilaciones no darán lugar a sonido alguno. ¿No son ellas originadas por la alta frecuencia, Radiol? ¿Y sin modulación musical?

Rad. — En efecto, su pequeño transmisor crea corrientes de alta frecuencia no modulada. Esa corriente, después de detectada por el receptor de su vecino, no será audible si no se mezcla con las corrientes de alta frecuencia de las estaciones que aquél quiere escuchar. Ahora bien, cuando dos corrientes alternadas, de frecuencia diferente, se superponen, dan lugar a un fenómeno llamado interferencia, que es, ni más ni menos, una corriente de frecuencia audible.

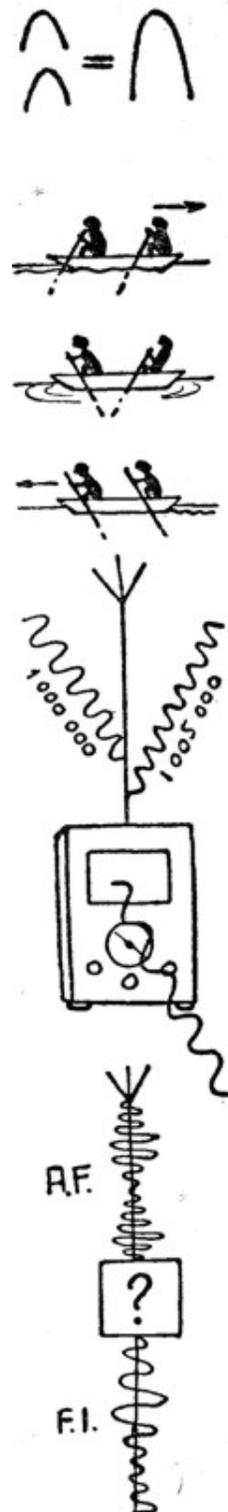


Cur. — ¡Anomalías! Parecería que en ese caso, dos corrientes de alta frecuencia deberían originar otra de frecuencia más elevada aún.

Rad. — Examinemos esta cuestión con todo detenimiento. Supóngase que tenemos dos corrientes cuyas frecuencias (y por lo tanto los períodos) no son, precisamente, las mismas (F_1 y F_2 , figura 89) y que ambas corrientes "empiezan" en el mismo instante. Al principio se refuerzan mutuamente, es decir, sus amplitudes se suman. Pero al cabo de algunos períodos el desajuste se acentúa, las amplitudes no se adicionan y bien pronto ocurre que ambas corrientes, yendo en sentido opuesto, se debilitan, al punto de anularse en el breve instante en que están exactamente en oposición. Pero el desajuste continúa y poco a poco van reforzándose de nuevo, hasta que ambas corrientes vuelven a coincidir durante otro corto instante. Y el proceso se repite, puesto= que el desajuste persiste... Usted ve, entonces, que la corriente resultante es una serie de pulsaciones en que la amplitud aumenta y disminuye periódicamente ($F_1 - F_2$, en la figura 89) y con una frecuencia inferior a la de las dos corrientes componentes. Si usted detecta esa corriente resultante, obtiene otra (figura 89), de frecuencia F , que caracteriza la variación de la amplitud de las pulsaciones. La frecuencia de la corriente resultante es igual a la diferencia de las frecuencias de las dos corrientes componentes.



Cur. — ¡Dios mío, qué complicado es esto!... Preferiría un ejemplo concreto. Me imagino dos remeros, que sin sacar los remos del agua, accionan con ritmos ligeramente diferentes. Habrá aquí dos golpes. Cuando los movimientos coincidan, la pequeña embarcación se deslizará más rápidamente, pero cuando el ritmo no sea parejo, disminuirá su velocidad. Por fin, los movimientos serán opuestos, y la embarcación se detendrá; pero poco a poco volverán a coincidir, y el barquito recobrará su movimiento. Y así, sucesivamente, irá progresando y deteniéndose.



Rad. — Veo que ha comprendido el fenómeno de la interferencia resultante de la composición de los movimientos periódicos de frecuencia diferentes. Supóngase ahora que su vecino escucha una transmisión cuya frecuencia sea de 1000 Kc/s y que su pequeño detector a reacción emita una frecuencia de 1005 Kc/s. Ambas corrientes se superponen en el receptor de su infortunado vecino y dan lugar a una nueva frecuencia, igual a la diferencia de aquéllas, o sea $1005 - 1000 = 5$ Kc/s. Esta frecuencia, perfectamente audible, se manifiesta en forma de un silbido agudo. He aquí de qué manera puede fastidiar a su vecino...

Cur. — Le confieso mi ignorancia, y ahora que sé esto...

Rad. — ... está en condiciones de comprender perfectamente la teoría del superheterodino, el receptor que está basado en el fenómeno de la interferencia.

Cur. — ¿Será un receptor que silba continuamente?

Rad. — No... O, si usted quiere, es un receptor de silbido inaudible.

Cur. — ¡Con esas explicaciones no hay duda de que la radio es una ciencia muy sencilla!...

De la alta, a través de la FI, hacia la BF

Rad. — No se asuste, mi amigo. En los superheterodinos se origina un encuentro entre la corriente de alta frecuencia de la estación que se

escucha, y otra de alta frecuencia de un heterodino producida en el mismo receptor. Basta hacer que el heterodino emita una frecuencia tal, que la corriente resultante de la interferencia comprenda una frecuencia relativamente elevada, generalmente más de 100 Kc/s: es una frecuencia evidentemente inaudible.

Cur. — No comprendo la razón de reemplazar una frecuencia elevada por otra menor y por añadidura inaudible.

Rad. — Permítame que le resuma en dos palabras el mecanismo del superheterodino, y todo quedará aclarado. Tenemos, pues, en nuestro receptor la corriente de alta frecuencia que nos llega por la antena, procedente de una emisora, y- además, otra corriente de frecuencia ligeramente diferente originada en el heterodino local. Ambas corrientes se superponen y dan lugar a una tercera, de frecuencia mucho menor, que se denomina frecuencia intermedia (FI). Esta corriente se modula, de la misma manera que la corriente original de la antena, puesto que el cambio de frecuencia no afecta en nada la modulación musical que el micrófono de la estación emisora ha incorporado en la corriente de alta frecuencia. Pero nuestra FI es mucho más fácil de amplificar que la corriente inicial, pues su frecuencia es menor y, por consiguiente, las capacidades parásitas serán menos de temer. La amplificaremos, pues, en etapas de FI y luego la detectaremos como cualquier corriente de alta frecuencia. Finalmente, tras haber amplificado en alta frecuencia, obtendremos la respuesta en el parlante.

Cur. — Veo que el superheterodino es un engendro horriblemente complicado. Hasta ahora, los receptores que hemos estudiado se componían de etapas de AF, una detectora y etapas de BF. El superheterodino, en cambio, tiene un heterodino local, un cambiador de frecuencia, etapas de FI, una detectora y etapas de B. F. Un receptor así debe ser muy difícil de acordar.

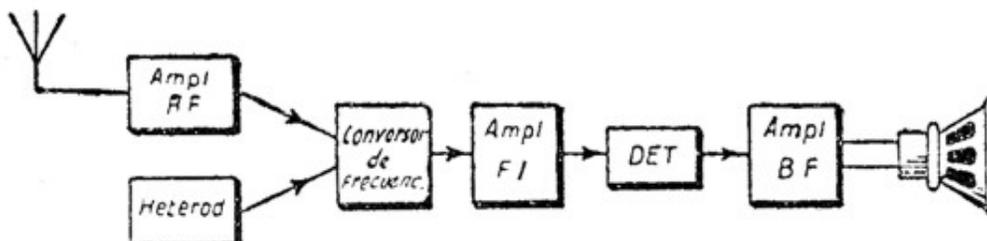


Figura 90. — Composición esquemática de un superheterodino.

En lugar de sintonizar los circuitos sobre una sola frecuencia, como hemos visto hasta aquí, en el súper hay que sintonizar el circuito de entrada a la frecuencia de una emisión dada, el circuito del heterodino a otra frecuencia, los circuitos del amplificador de FI a una tercera frecuencia...

Curiosus conquistado por el superheterodino

Rad. — Un poco de paciencia, amigo Curiosus. Todavía no le he revelado una de las principales ventajas del superheterodino: los circuitos de FI quedan sintonizados permanentemente a una frecuencia determinada. Basta luego sintonizar el heterodino a cada frecuencia, de manera que su corriente, superponiéndose a la de la antena, dé siempre la misma frecuencia resultante.

Cur. — Creo que comprendería mejor las cosas con un ejemplo numérico.

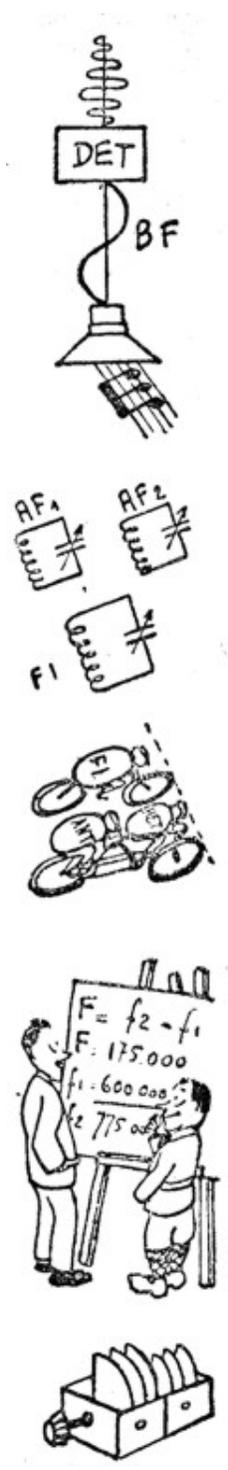
Rad. —Supóngase que tenemos un súper cuyas etapas de F. L estén sintonizadas en 175 Kc/s. Para recibir una estación que trabaja en 600 Kc/s. (500 metros de longitud de onda) es menester sintonizar el heterodino a 775 Kc/s. En efecto, la frecuencia resultante será igual a la diferencia de las frecuencias componentes;

$$775 - 600 = 175 \text{ Kc/s}$$

Para recibir otra estación de 850 Kc/s, por ejemplo, sintonizamos el heterodino a la frecuencia de 1025 Kc/s, o sea:

$$1025 - 850 = 175 \text{ Kc/s}$$

Cur. — Ahora creo comprender. Los circuitos de FI no hay necesidad de sintonizarlos cada vez que se pasa de una audición a otra; y pienso, asimismo, que no es menester tampoco utilizar condensadores variables, porque la frecuencia queda ahí fija.



Entonces en el súper no hay más que dos circuitos a sintonizar: el de entrada (o sea el de antena) y el circuito del heterodino (de una frecuencia superior o inferior a la FI elegida). Verdaderamente es, entonces, un aparato fácil de sintonizar.

Rad. — Más de lo que usted cree. Ambos condensadores variables se mueven a la vez, porque van, montados sobre el mismo eje (tándem). Hay que buscar la forma de que las dos frecuencias a sintonizar tengan una diferencia constante en toda la rotación.

Cur. — ¿Y cómo se logra prácticamente la superposición de las dos oscilaciones?

Rad. — Hay numerosos sistemas de cambio de frecuencia. Casi todos son análogos. Bastará que le describa los principales, y, sobre todo, los más usuales. Uno de los más antiguos es, desde luego, el que dio lugar primitiva súper y que muestra la figura 91. Una heterodina (o como es común decir, una *osciladora*) separada V_2 , comprende en su circuito oscilante L2C2 una pequeña bobina L_3 , que se acopla por inducción a la bobina L_1 , del circuito de entrada, o sea de antena. Gracias a este acoplamiento, el oscilador "inyecta" sus oscilaciones al circuito L1C1. De esta suerte, se aplican en la grilla de la válvula V_1 dos tensiones alternadas: la que proviene de la antena y la de la osciladora. Además, la corriente de placa reflejará las variaciones de la oscilación resultante de la superposición de las dos frecuencias aplicadas a la grilla: ésa es la corriente de frecuencia intermedia. Tal como he dibujado el receptor, comprende dos etapas de amplificación de FI (V_3 y V_4) por transformadores a primario y secundario sintonizados. En seguida viene la detectora, V_5 y la amplificadora de baja frecuencia V_6 .

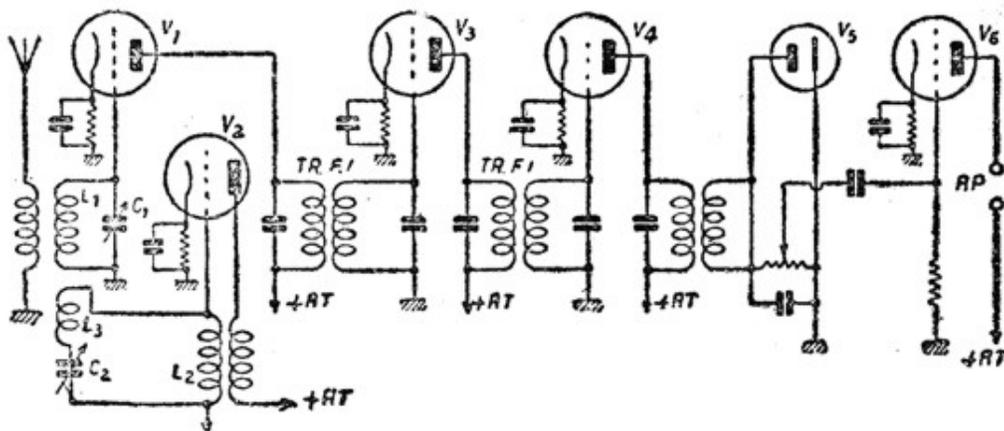


Figura 91. — Circuito de superheterodino con válvula osciladora (Va) aparte.

Cur. — He advertido que las etapas de FI están formadas por seis circuitos oscilantes. Debe ser un receptor de una selectividad enorme.

Rad. —Realmente. Es otra de las ventajas del superheterodino. En los receptores de radiofrecuencia sintonizada, que hemos visto, no es muy cómodo aumentar el número de circuitos sintonizados, por la dificultad de acordar simultáneamente tantos condensadores variables. En el súper, por el contrario, nada se opone a la multiplicación de los circuitos oscilantes, toda vez que la frecuencia intermedia queda invariable.

Cur. — Me siento conquistado por las ventajas del superheterodino. ¿Puedo armar un receptor siguiendo su esquema?

Las grillas se multiplican

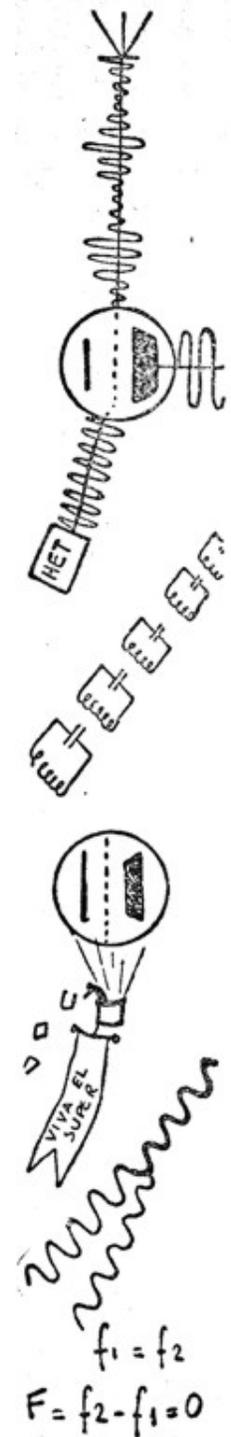
Rad. — ¡Ni soñarlo! El esquema está lleno de defectos. Desde hace mucho, ya no se llevan las dos oscilaciones al mismo electrodo de la válvula, con lo que se evita el acoplamiento demasiado estrecho entre los circuitos oscilantes de entrada y del heterodino.

Cur. — ¿Y es un inconveniente que haya mucho acoplamiento?

Rad. — Sí, y grave. Siendo casi análogos los circuitos, el heterodino puede entrar a oscilar, no en la frecuencia de su circuito L2C2, sino en la del circuito de entrada L1C1, y no tendremos, en este caso, cambio de frecuencia alguno. Se llama a eso, "bloqueo" de oscilaciones.

Cur. — Fastidiosa la cosa. No veo otra forma de superponer las oscilaciones que acoplando los circuitos.

Rad. — El problema lo resuelven las válvulas de varias grillas. No necesitamos ahora sino una de dos grillas o bigrilla. La oscilación del heterodino se aplica (figura 92) en la primera grilla, y



la oscilación proveniente de la antena, en la segunda. Así, simultáneamente, las dos oscilaciones obran sobre la corriente de placa, que será su resultante. Usted ve que en este circuito no hay acoplamiento magnético entre los circuitos L_1C_1 y L_2C_2 .

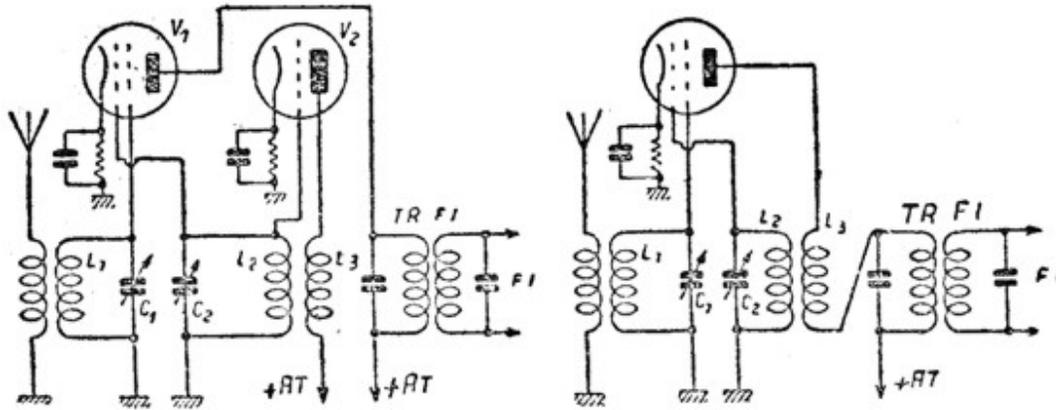


Figura 92. — Izquierda: cambio de frecuencia con moduladora bigrilla, V_1 , y osciladora triodo V_2 . Figura 93. — Derecha: Esquema clásico de conversor de frecuencia con bigrilla osciladora-moduladora.

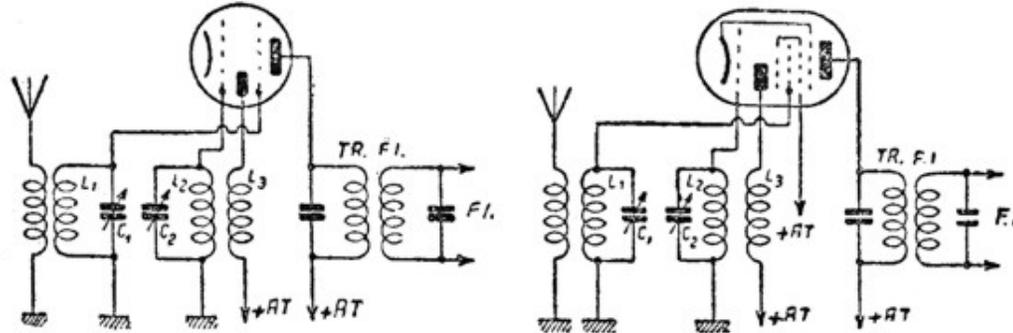
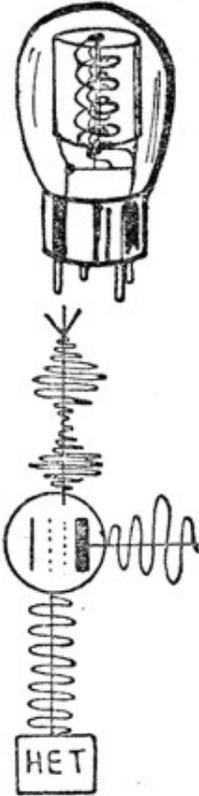


Figura 94. — Izquierda: Conversor de frecuencia con una válvula bigrilla-biplaca, que no existe más que en la imaginación de Radiol. Figura 95. — Derecha: Circuito del conversor de frecuencia octodo. El heptodo carece de la última grilla.

Red. — Además, puede realizarse el circuito con una sola válvula bigrilla que trabaje al mismo tiempo como cambiadora de frecuencia — o convertora — y osciladora (figura 93). Observe que la corriente de placa viene ahora a originar la reacción necesaria para crear las oscilaciones en el heterodino.

Cur. — No me satisface mucho este circuito. No es normal que la misma corriente de placa represente la frecuencia intermedia y al propio tiempo sirva de reacción para el heterodino de alta frecuencia.

Cur. — En efecto. Las dos oscilaciones obran sobre la corriente de placa, independientemente una de la otra.



Rad. Eso no tiene nada de extraordinario, mientras las componentes de cada una de las frecuencias cumplan su función de superponerse. Pero ya que usted tiende a salvaguardar la independencia de las corrientes de placa de frecuencia intermedia y alta, le propongo la válvula de cinco electrodos de la figura 94. La primera grilla y la primera placa (su pequeño tamaño no impide el paso de los electrones) están destinados al heterodino. Las oscilaciones provenientes de la antena se aplican a la segunda grilla, y en el circuito de la otra placa hallamos la corriente de frecuencia intermedia.

Cur. — Esto me satisface más.

Rad. — Sin embargo, tal como se lo he descrito, ese circuito no existe. Debido a la capacidad recíproca de los electrodos de la válvula, sobreviene el acoplamiento entre los dos circuitos L1 C1 y L2 C2, que es suficiente, a veces (sobre todo en ondas cortas), para provocar -bloqueos.

Cur. — ¡Todavía esas capacidades parásitas! ¿Cómo vencerlas?



En el reino de las grillas

Rad. — Del mismo modo que se procedió con la amplificación de alta frecuencia ya estudiada. Es menester blindar los electrodos, interponiendo grillas-pantalla.

Cur. — ¿Por consiguiente es necesaria una grilla-pantalla entre la pequeña placa y la segunda grilla?

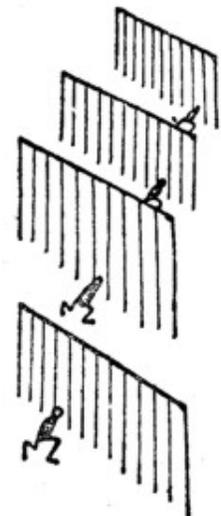
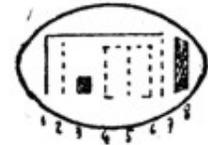
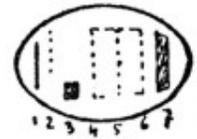
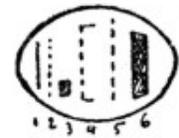
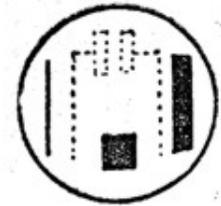
Rad. — En realidad, esa sola grilla adicional suprimiría de hecho el acoplamiento por capacidad; pero atraería la mayor parte de electrones, de suerte

que pocos serían los que tenderían hacia el ánodo final. La verdadera solución (figura 95) está en utilizar dos grillas-pantalla, la segunda de las cuales muy cerca de la placa mayor. Esta última grilla, tiene por objeto ayudar a los electrones, gracias a su potencial positivo, a proseguir su largo recorrido hacia el ánodo. Además, ambas grillas-pantalla están al mismo potencial, y a ese efecto se las ha unido dentro mismo de la válvula. Para evitar la emisión secundaria — esa plaga de las válvulas a grilla-pantalla —, se emplea aún otra grilla, la supresora, que se coloca muy próxima al ánodo final y se une al cátodo. Obtenemos así una válvula de ocho electrodos, u octodo. Si la válvula no tiene grilla supresora, entonces es de siete electrodos y se denomina heptodo.

Cur. — Me ha saturado completamente con esa abundancia de electrodos... Para ejercitarme voy a tratar de resumir las funciones de, los diferentes electrodos del octodo:

1. Cátodo, que, desde luego, sirve para la emisión electrónica.
2. La primera grilla, o sea la del heterodino local. Es, pues, la grilla osciladora.
3. El pequeño ánodo del heterodino, o ánodo-oscilador.
4. La primera grilla-pantalla, destinada a eliminar el efecto de la capacidad entre las grilla-osciladora y la grilla sensible, o la que recoge las oscilaciones de la antena.
5. La grilla sensible, cuya función acabo de señalar.
6. Segunda grilla-pantalla, destinada a acelerar la marcha de los electrones.
7. Grilla supresora de la emisión secundaria, que impide a los electrones volver de la placa hacia la segunda grilla-pantalla.
8. La segunda placa, que provee la corriente resultante de frecuencia intermedia.

Rad. — ¡Muy bien, Curiosus! Veo que usted los ha individualizado perfectamente.



Cur. — Pero lo que yo no comprendo es cómo los electrones llegan a reconocerse y a no equivocarse nunca de camino...

Comentarios a la decimosexta conversación

Amplificación directa.

Los receptores estudiados hasta el presente pertenecen a la categoría de los receptores a amplificación directa. La corriente de AF de la antena es amplificada por una o más etapas antes de ser detectada.

No obstante, una tal amplificación no puede llevarse demasiado lejos, ya que en tal caso, cualesquiera que fueran las precauciones que se tomasen en cuanto a blindaje y desacoplamiento, difícilmente podrían evitarse los enganches espontáneos cuando el número de etapas de AF pasa de dos o tres. Estas dificultades aumentan con la frecuencia, no solamente desde el punto de vista de las oscilaciones espontáneas, sino también en lo que se refiere a la eficacia misma de la amplificación. En ondas cortas, por ejemplo (frecuencias muy elevadas), la amplificación resulta muy poco eficaz.

Además, el aumento de la cantidad de etapas amplificadoras de AF tiene por consecuencia el aumento correspondiente de los circuitos que deben ser sintonizados simultáneamente, lo cual trae aparejada toda clase de dificultades.

La conclusión es simple. El receptor a amplificación directa debe emplearse solamente en los casos en que se requiere una sensibilidad limitada. No sirve, por lo tanto, para la recepción a distancias más o menos considerables. Esta recepción se halla más bien reservada al superheterodino.

Principio do superheterodino.

En este montaje se comienza por reducir la frecuencia de las corrientes de AF antes de someterlas a una amplificación realmente 'enérgica; más exactamente, cualquiera sea la frecuencia de las corrientes de la antena, se las reduce a una frecuencia más baja, que es siempre la misma para un receptor dado, y a la cual

llamamos frecuencia intermedia (FI). Por supuesto que el amplificador de FI se halla previsto solamente para una frecuencia única. Por lo tanto, no hay necesidad de variar la sintonía de sus circuitos al pasar de una a otra emisión. Y como funciona a una frecuencia relativamente baja (pero que sin embargo aun pertenece al dominio de las altas frecuencias), la amplificación es eficaz y, al mismo tiempo, resulta fácil evitar los riesgos de los enganches espontáneos.

Habiendo así especificado las ventajas esenciales del superheterodino, examinaremos los medios a que se recurre para su realización.

Conversor de frecuencia de 2 válvulas.

La disminución de frecuencia o, para ser más precisos, la conversión de frecuencia, está basada sobre el fenómeno de la heterodina, del cual da la física numerosos ejemplos en el estudio de las vibraciones luminosas (interferencias), acústicas y mecánicas (péndulos acoplados).

Cuando se superponen dos movimientos periódicos de diferentes frecuencias, el movimiento resultante contendrá una componente de frecuencia igual a la diferencia de las frecuencias de los dos movimientos. De la misma manera, superponiendo dos corrientes de frecuencias f_1 y f_2 obtenemos una corriente compuesta, cuyas oscilaciones varían en amplitud a la frecuencia $f_1 - f_2$ (figura 89); esta última frecuencia, llamada frecuencia heterodina, queda en evidencia luego de detectarse la corriente compuesta.

El cambio de frecuencia, así llevado a cabo, no afecta en nada la forma de la modulación de BF, la cual puede estar incorporada sobre una de las corrientes componentes. Si superponemos la corriente de frecuencia diferente de un oscilador local a la corriente de AF modulada de la antena, la corriente compuesta tendrá, luego de su detección, una frecuencia igual a la diferencia de las frecuencias de la corriente de antena y de la corriente del oscilador local; además, será portadora de la misma modulación de BF que la corriente incidente de la antena.

El oscilador local no es otra cosa que un generador comprendido dentro del montaje del mismo receptor. Se puede superponer su oscilación a la de la antena, estableciendo un ligero acoplamiento entre el circuito sintonizado de antena y el del generador. Por lo menos, era así como se hacían las cosas en los primeros montajes

con conversión de frecuencia (figura 91). No obstante, esta forma de funcionamiento presenta un serio inconveniente: el generador corre el riesgo, debido al acoplamiento, de "sincronizarse" con el circuito de antena, es decir, entrar á oscilar a la frecuencia de este último, en vez de a su frecuencia propia. Siendo así iguales las dos frecuencias componentes, la frecuencia resultante (que debe ser igual a su diferencia) será por lo tanto nula, lo cual no es por cierto el resultado deseado; en estos casos se dice que se produce un "bloqueo".

Para evitarlo, es preciso suprimir todo acoplamiento entre los circuitos sintonizados de AF y del generador. A tal fin se recurre a blindajes y desacoplamientos, superponiéndose las dos oscilaciones en el interior de una válvula que posee dos grillas control, cada una de las cuales lleva aplicada una de las dos oscilaciones. La corriente anódica de una tal válvula (llamada moduladora), es controlada, por lo tanto, simultáneamente por la AF de la antena y por la frecuencia del oscilador local. Hay, por lo tanto, superposición. Y como la válvula rectifica la corriente resultante, hallarnos en su corriente anódica la componente de frecuencia intermedia deseada (figura 92).

Válvulas osciladoras-moduladoras.

Una misma válvula puede cumplir simultáneamente las funciones de moduladora y osciladora. Para ello es suficiente disponer, después de la grilla afectada por las oscilaciones locales, un pequeño ánodo auxiliar, cuya corriente servirá para el entretenimiento de las oscilaciones locales mediante la ayuda de una bobina de reacción (figura 94). Una válvula así compuesta sería, en realidad, un doble triodo, usándose el primer triodo como oscilador y el segundo como modulador.

No obstante, las capacidades interelectrónicas de una tal válvula serían suficientes para crear un acoplamiento entre los circuitos, provocando de tal manera los bloqueos indeseados. A fin de evitar esto, se rodea la segunda grilla control (grilla moduladora) de dos grillas-pantalla mantenidas a un elevado potencial positivo, obteniéndose así una válvula con siete electrodos o heptodo. A fin de evitar la emisión secundaria del ánodo principal, se puede disponer; además, una

grilla supresora entre esta placa y la segunda grilla pantalla, lo cual lleva a ocho el número total de electrodos, constituyendo un octodo.

Pueden aplicarse otros métodos y otros tipos de válvulas para cumplir la doble función de oscilación y modulación que exige la conversión de frecuencia. Es así como una válvula puede contener dos sistemas distintos de electrodos, con un cátodo común, a ambos, del cual el primero sirve para la producción de las oscilaciones locales, mientras se reserva el segundo para la modulación. Tal es el caso, por ejemplo, del triodo-hexodo (figura XII), en el cual el triodo es empleado como oscilador y el hexodo (válvula de seis electrodos) como modulador. Nótese que las oscilaciones locales se aplican a la tercera grilla del hexodo mediante una conexión muy corta realizada en el interior de la misma válvula.

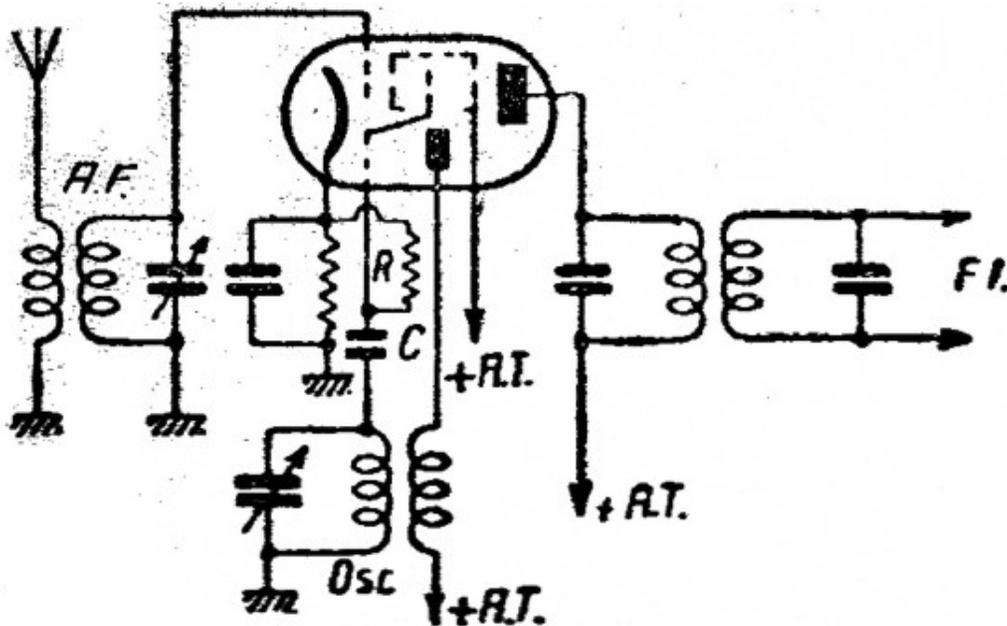


Figura XII. — Conversión de frecuencia con un triodo-hexodo.

Amplificación de FI

El oscilador local se halla sintonizado siempre en forma tal, que la diferencia entre su frecuencia y la de la emisión recibida en el circuito sintonizado sea igual al valor fijado para la FI. Este valor de la FI se halla actualmente normalizado en Francia: por varias razones se ha adoptado el valor de 472 kilohertzios. Si bien esta frecuencia es ligeramente superior a la frecuencia de los emisores de la gama de

ondas largas es inferior a las ondas de la gama de broadcasting y, especialmente, a la de onda corta. Recordemos, por otra parte, que son precisamente estas dos gamas las que más necesidad tienen que se rebaje su frecuencia.

El amplificador de FI comprende generalmente una sola etapa y en algunos casos más bien raros dos etapas, estando equipado con pentodos. Los circuitos de acoplamiento se hallan constituidos por transformadores que tienen sintonizados tanto el primario como el secundario al valor de la FI. En el caso de una sola etapa de FI tendremos, por lo tanto, cuatro circuitos sintonizados. Dos de ellos constituyen el transformador de acoplamiento entre la convertora de frecuencia y la válvula amplificadora de FI, mientras los otros dos constituyen el transformador que acopla la válvula de FI con el detector, ya que la corriente, luego de su amplificación en FI, es detectada y finalmente amplificada en BF.

Se comprenderá fácilmente hasta qué punto la presencia de estos cuatro circuitos sintonizados contribuye por una parte al aumento de la selectividad y también cómo, por otra parte, hubieran dificultado la sintonía y el ajuste si hubieran estado dispuestos en la parte de AF. En FI, en cambio, son ajustados una vez por todas al valor de la FI y no requerirán ningún ajuste posterior -si sus elementos constitutivos son lo suficientemente estables.

Los transformadores de FI actuales se componen de dos arrollamientos del tipo "nido de abeja", poseyendo en muchos casos un núcleo con polvo de hierro. La sintonía se lleva a cabo mediante la ayuda de pequeños condensadores ajustable (trimmers). Una realización conocida de estos condensadores ajustables es la de hojitas de mica plateada en ambas caras, constituyendo la mica el dieléctrico y la placa las armaduras. Raspando la capa de plata se logra reducir la capacidad al valor conveniente. Otros condensadores ajustables se hallan constituidos por laminillas metálicas elásticas, las cuales son comprimidas en mayor o menor grado mediante un tornillito. Hay otros modelos que reproducen en miniatura los condensadores variables con dieléctrico de aire.

Algunas veces se logra la sintonía de los transformadores de FI por variación de la auto-inducción de los arrollamientos, en lugar de por variación de la capacidad, siendo los condensadores de capacidad fija. Para ello, se emplean

núcleos magnéticos regulables, que pueden desplazarse en el interior, de los arrollamientos, modificando así la auto-inducción de estos últimos.

Cualquiera que sea la construcción de los transformadores de FI, se les encierra, conjuntamente con sus respectivos condensadores de sintonía en blindajes metálicos, a fin de evitar acoplamientos parásitos por inducción.

Aparte de que la presencia de los cuatro circuitos sintonizados de FI (sin contar los que pudieran hallarse en la parte de AF, es decir, antes de la convertora de frecuencia) contribuye, como ya lo hemos dicho, al aumento de la selectividad, esta última se encuentra aumentada aún más por el mismo hecho de la reducción de la frecuencia. La demostración de este último fenómeno, si bien sería relativamente simple, saldría fuera de los alcances de estos comentarios.

Sintonía monocontrol.

Uno de los problemas más difíciles que se presentan para la realización del superheterodino, es lograr sintonía monocontrol o monocomando de sus circuitos de AF. Cuando se trata de un receptor de amplificación directa, el monocomando se logra en forma relativamente simple; será suficiente que todos los circuitos posean bobinados de igual auto-inducción y que sean sintonizados por otros tantos condensadores variables idénticos que posean un eje de rotación común a todos ellos y comandados por una única perilla. Las pequeñas diferencias que pudieran existir (debidas, por ejemplo, a capacidades parásitas entre conexiones), son corregidas mediante condensadores ajustables de capacidad reducida, conectados en derivación con los circuitos oscilantes.

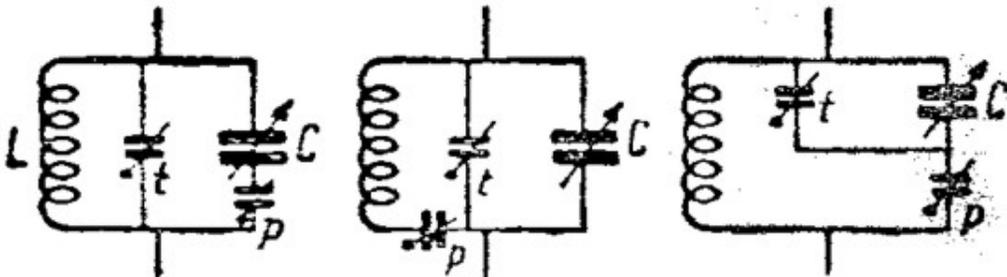


Figura XIII. Tres formas de conectar los trimmers t y los padders p en el circuito de sintonía del oscilador, a fin de lograr la sintonía monocomando.

En el superheterodino, en cambio, el problema de la sintonía monocontrol se vuelve muy complejo. Aquí se trata de sintonizar los circuitos de AF y del oscilador a dos frecuencias distintas, manteniendo entre ellos una diferencia constante (igual al valor de la FI) a lo largo de toda una gama y en cada una de las gamas. Por ejemplo, en un receptor cuya FI es de 472 kHz, es necesario que la frecuencia del oscilador se halle constantemente 472 kHz por encima (o por debajo) de la frecuencia del circuito de sintonía de AF, y que esta condición se cumpla para todas las posiciones posibles del condensador variable y en todas las gamas. Teniendo los condensadores variables de ambos circuitos capacidades idénticas, será naturalmente necesario, para establecer una tal diferencia, emplear auto-inducciones diferentes para, los circuitos de AF y del oscilador. De esta manera se logrará una diferencia entre las respectivas frecuencias de sintonía.

Desgraciadamente, esta diferencia no se mantiene constante para todas las posiciones del condensador variable. Para hacerla constante, se recurre a un artificio que permite modificar la pendiente de la variación de la sintonía del circuito oscilador en función de la posición del condensador variable. Se conecta en derivación con el condensador variable C del oscilador un pequeño condensador t, llamado trimmer, y en serie con C otro condensador ajustable p de capacidad más elevada, llamado padder. Se puede llevar a cabo la conexión de estos condensadores ajustables según cualquiera de los tres métodos indicados en la figura XIII.

Recordando las reglas de la asociación de condensadores en serie y en paralelo, vemos que el trimmer aumenta la capacidad del condensador variable, mientras que, por el contrario, el padder la disminuye, al estar conectado en serie.

Pero la influencia de cada uno de estos condensadores ajustables sobre la capacidad de C, será más o menos notable según que C se halle en su posición de máxima o de mínima capacidad. Cuando el condensador variable se halla en su capacidad mínima, la capacidad del trimmer, pesar de ser ínfima, resulta de importancia al compararla con él. Con el padder sucede otra cosa, ya que, como su capacidad es elevada comparada con la del condensador variable, tiene poca o ninguna influencia sobre la capacidad total resultante, por lo cual disminuye a esta última en forma apenas perceptible. Por lo tanto, al principio del curso del

condensador variable (es decir, para las frecuencias más elevadas, o sea ondas más cortas de una gama), es el trimmer el que tiene mayor influencia sobre la corrección de la capacidad de sintonía.

Muy distinta es la situación, en cambio, cuando el condensador variable, alcanza su máxima capacidad. En tal caso, la pequeña capacidad del trimmer se hace despreciable en comparación con la del condensador variable. En cuanto al padder, sucede lo contrario. Su capacidad es ahora cercana a la del condensador variable y ejerce una marcada influencia sobre C.

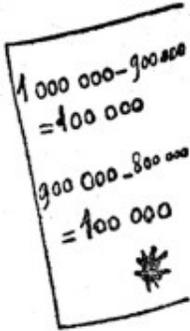
De esta manera, actuando sobre las capacidades de ambos condensadores ajustables (sobre la del trimmer al comienzo del recorrido y sobre la del padder al final del mismo) se puede llegar a dar definitivamente la pendiente deseada a la variación de capacidad del conjunto, provocada por la rotación del condensador variable. De esta manera, el condensador variable del oscilador puede ser comandado por la misma perilla que los de sintonía de alta frecuencia.

Se comprende que el bobinado de cada gama debe hallarse provisto de sus correspondientes trimmers y padders. El conjunto de todos estos condensadores se ajusta de una vez por todas durante el curso de una operación que se denomina alineamiento o calibración. Como condición adicional, el alineamiento debe permitir hacer coincidir las emisoras recibidas con las indicaciones que lleva el dial calibrado del condensador de sintonía.

DECIMOSÉPTIMA CONVERSACIÓN

Curiosus ha reflexionado largamente acerca del superheterodino y le ha encontrado un defecto grave. Felizmente, Radiol, como de costumbre, salva los obstáculos... Y así, nuestros dos amigos llegan a trazar el esquema de un receptor completamente práctico. Para terminar esta charla, Radiol expone a su discípulo el principio y funcionamiento de los diferentes tipos de altoparlantes. Pero no termina ahí esta plática...

La historia de un bandido



ENTRADA PROHIBIDA
A LAS
FRECUENCIAS-IMAGEN



Curiosus. — No sine cierto trabajo he "digerido" cuanto me ha enseñado usted acerca del superheterodino. Felizmente, mi erudición en el dominio de la historia antigua me ha ayudado a comprender...

Radiol. — Por la vida del octodo, que no alcanzo a comprender qué relación tiene...

Cur. — No se ponga nervioso. El súper me evoca a ese simpático "gánster" de la antigüedad, que se llamó Procusto (los diccionarios no aciertan todavía con el verdadero nombre). Haciendo gala de un sentimiento de hospitalidad muy original, invitaba a sus huéspedes a acostarse en su cama de hierro y les cortaba los pies cuando excedían de ella, o los estiraba hasta que alcanzaran la misma dimensión.

Rad. — Conozco esa historia del bandido de Ática, pero...

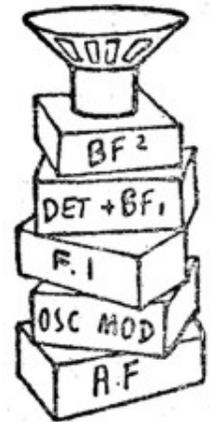
Cur. — ¿No es el mismo principio en que está basado el superheterodino? Cualquiera que sea la frecuencia de la emisión que recibe, él se arregla para cambiarla, de modo que la frecuencia resultante sea siempre constante: la que están sintonizados los circuitos amplificadores de frecuencia intermedia.

Rad. — Tiene razón, amigo: el superheterodino es una verdadera cama de Procusto para las frecuencias de las diversas emisoras.

Cur. — He comprendido bien el principio del súper, pero hay algo que me preocupa bastante.

Rad. — ¿Y qué es ello?

Cur. — Supóngase que la frecuencia intermedia sea de 175 Kc/s y que queremos oír una estación que trabaja en 1750 Kc/s. No hay más que sintonizar el oscilador a 1575 Kc/s. La diferencia entre ambas frecuencias componentes será igual a la intermedia. Pero supóngase que otra transmisión en 1400 Kc/s llega también hasta la válvula convertora. Esta nueva frecuencia, superponiéndose a la de 1575 Kc/s, del oscilador local, dará lugar



a la misma frecuencia intermedia de 175 Kc/s. También será amplificada en esa frecuencia y, en fin, se hará audible...

Rad. — Su razonamiento es inobjetable. En efecto, para cada frecuencia del heterodino local hay dos frecuencias del exterior que dan lugar a la misma frecuencia intermedia: una de estas últimas es mayor que la del heterodino local, y la otra menor. Se las llama "frecuencia-imagen".

Cur. — ¡Pero no es posible escuchar dos transmisiones a la vez! ...



Rad. — Desde luego. Hay que hacer, pues, de manera que la válvula convertora no registre sino la frecuencia que deseamos recibir. A este efecto se dispone en la entrada del receptor un circuito de sintonía suficientemente selectivo, denominado preselector. Otra solución consiste en eliminar la frecuencia indeseable mediante una amplificación previa (preamplificación) de la corriente de antena.

Cur. — Prefiero este último sistema. Me parece bueno, antes de proceder al cambio de frecuencia, reforzar un poco la corriente de alta frecuencia que llega debilitada a la antena después de su largo viaje... Me parece también que ahora que conocemos el superheterodino, es el momento de abordar de una vez, el receptor de su madrina, que lo espera desde hace tiempo. ¿Puede dibujar usted el esquema?

El receptor para la madrina

Rad. — Aquí está preparado (figura 96). Grosso modo se compone de una etapa preamplificadora, de alta frecuencia, un octodo convertora, un pentodo amplificador de frecuencia intermedia, un diodo-triodo, que detecta y preamplifica la baja frecuencia, y, finalmente, un pentodo encargado de la amplificación final. Usted ya conoce por separado todos los elementos del esquema, incluidos los de la alimentación por la corriente alternada del sector.

Cur. — En efecto, no hay nada de misterioso para mí en este circuito. Lo único que me confunde la lectura es el dichoso símbolo de "masa".

Rad. — Como le dije, basta recordar que todo lo que está conectado a la "masa", concurre al mismo punto, es decir, al polo negativo de la alta tensión.

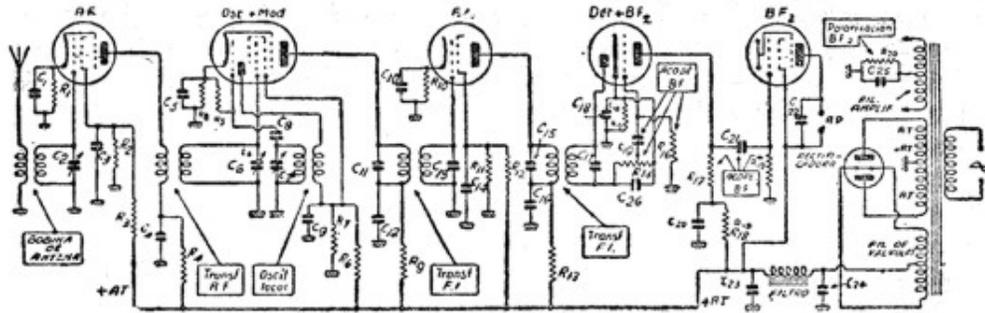


Figura 96. — Esquema de un superheterodino con preamplificación de A. F. y convertor de frecuencia por octodo.

| | |
|---|--|
| Resistencias de polarización | R1, R5, R10, R15, R20 |
| Resistencias fijadoras de tensión de las grillas-pantalla | R2 y R3, R7 y R8, R11 y R12 |
| Resistencias fijadoras de tensión de placa | R8, R9, R13, R18 |
| Resistencias de escape de grilla | R5, R16, R19 |
| Resistencia de detección; está constituida, por un potenciómetro que regula la intensidad sonora | R14 |
| Resistencia de placa del triodo B. F1 | R17 |
| Condensadores variables de sintonía del circuito de entrada, del transformador de A. F. y del oscilador local | C2, C6, C7 |
| Condensadores de desacoplamiento | C1, C3, C4, C5, C9, C10, C12, C14, C16, C18, C20 y C25 |
| Condensadores de sintonía de los transformadores de FI | C11, C13, C15, C17 |
| Condensadores de acoplamiento | C8, C19, C21 |
| Condensadores de filtro | C23, C24 |
| Condensador atenuador de las notas agudas. | C22 |
| Condensador de detección | C20 |

En el ejemplo en el esquema, es el punto medio del secundario AT del transformador de alimentación.

Cur. — Sin embargo, hay para mí otro elemento que todavía no me es familiar: el altoparlante.

Rad. — Tiene razón, no nos hemos ocupado de él todavía.

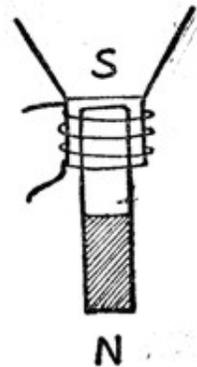
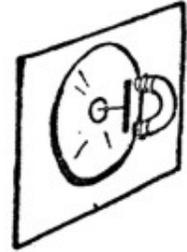
Cur. — Supongo que su estructura no será muy distinta de la del teléfono, pero con imanes más poderosos y una membrana más grande.

El altoparlante a través de los tiempos.

Rad. — Así fueron construidos los primeros altoparlantes. Además, para conseguir mayor sonoridad se los dotó de una bocina que afecta la forma de cuello de cisne, muy semejante a la de los fonógrafos. La sonoridad obtenida dejaba mucho que desear, pero los primeros radioescuchas estaban encantados... En estos parlantes, la pequeña membrana de hierro desempeñaba dos funciones a la vez: transformaba la corriente variable de baja frecuencia en oscilaciones mecánicas; y, además, poniendo en vibración la masa de aire inmediata, daba origen a las ondas sonoras (figura 97).

Cur. — Es demasiado para la pequeña membrana.

Rad. — Así debieron comprenderlo los técnicos cuando determinaron aislar sus funciones. La membrana, propiamente dicha, ha sido reemplazada por una lámina elástica de hierro, que vibra bajo la influencia del campo variable engendrado por el electroimán; en el centro de ella está soldado un corto vástago, cuya otra extremidad va unida a un cono de papel especial, el cual se encarga de poner en conmoción la masa de aire que lo rodea y originar las oscilaciones sonoras (figura 98).



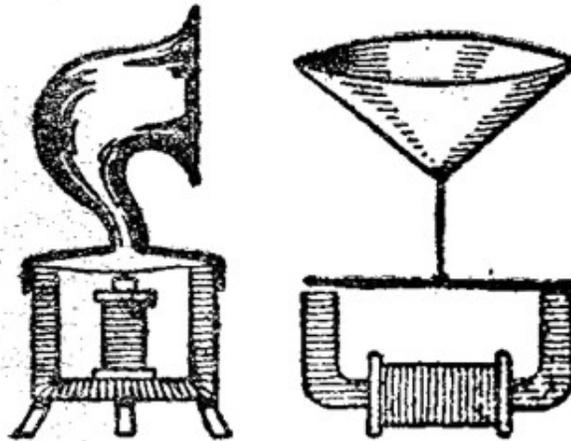


Figura 97. (Izquierda). — Corte de un altoparlante electromagnético, con su bocina. Figura 98. (Derecha). — Altoparlante electromagnético, a membrana vibrante, con cono difusor.

Cur. — Me parece muy ingenioso. ¿Y por qué dice usted que es anticuado?

Rad. Porque su empleo va reduciéndose debido a un grave defecto que posee. El es debido a la escasa amplitud de la oscilación de la lámina vibrante. En cuanto aquélla aumenta demasiado, la lengüeta choca con el imán.

Cur. — ¿Y no se puede aumentar la distancia entre ambos?

Rad. — Aumentando la distancia se reduce la acción del campo magnético y, por consiguiente, se debilita la amplitud de las vibraciones. Su pretendida solución nos hace ir de Herodes a Pilatos.

Cur. — Seguramente se habrá ya inventado un altoparlante mejor.

El altoparlante moderno

Rad. — Precisamente, el altoparlante electrodinámico ha venido a reemplazar ventajosamente a los parlantes electromagnéticos, basados en el viejo principio del teléfono. En el electrodinámico hay un electroimán constituido por una bobina B sin núcleo, la que está sometida a un campo magnético poderoso y constante creado por el imán A (figura 99). La bobina B es atravesada por la corriente de baja frecuencia, lo que la convierte, a su vez, en un pequeño imán, cuyos polos cambian alternativamente. De esta manera, cuando el imán A trata de atraerla, se originan en ella corrientes opuestas que la rechazan. Esta bobina está fija en el centro de la membrana cónica M, a la que comunica sus vibraciones. Usted ve que aquí nada

viene a limitar la amplitud de las oscilaciones, excepto la elasticidad de la membrana.

Cur. — Es verdaderamente ingenioso. Pero según veo en el dibujo, la bobina móvil B dispone de muy poco espacio.

Rad. — En efecto, para concentrar el campo magnético se deja el menor espacio posible entre los polos del imán. Así, y para que sea muy liviana, la bobina móvil no tiene más que unas pocas espiras, generalmente en una sola cara. El alambre es, además, muy delgado. No hay, peligro, sin embargo, que lo queme, la corriente de placa de la última válvula, por cuanto no recorre directamente las espiras de la bobina móvil. Sólo la componente variable obra sobre ésta por intermedio" de un transformador reductor de tensión, cuya presencia obedece además, a otros motivos.

Cur. — En cuanto al imán permanente, supongo que debe ser muy poderoso.

Rad. — Supone muy bien. Como los buenos aceros magnéticos escasean y son caros, se recurre al electroimán. Basta para ello enrollar sobre el hierro o núcleo, muchas espiras en numerosas capas, bobina que constituye el llamado campo (figura 100).

Cur. — ¿Y de dónde toma la corriente para imantar el hierro?

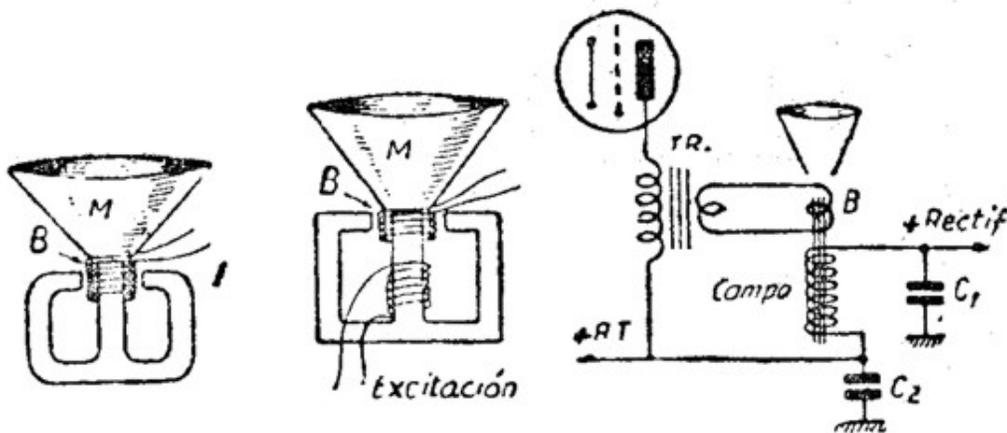
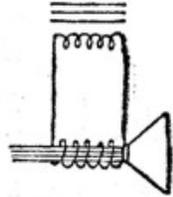


Figura 99 (Izquierda). — Corte de un altoparlante electrodinámico: I, imán; B, bobina móvil; M, membrana. Figura 100 (Centro). — Altoparlante provisto de campo de excitación. Figura 101 (Derecha). — La bobina de excitación utilizada como impedancia de filtro.

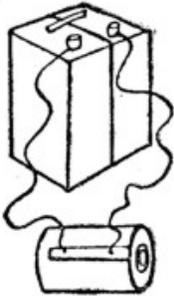


Rad. — Los grandes altoparlantes se imantan o excitan, con un rectificador aparte, provisto de su filtro. En cambio, los pequeños altavoces usados por nuestros receptores, emplean como corriente de excitación la que proporciona la misma unidad rectificadora, en la que el campo oficia de impedancia de filtro (figura 101).



Cur. — ¡Esto sí que es práctico! ¡Corriente de excitación gratis!

Rad. — No del todo, porque ese campo origina una fuerte caída de tensión, la que hay que tener en cuenta, proveyéndonos de una corriente rectificada mayor.



Cur. — Me parece que ahora que conozco el altoparlante, que es la meta del largo camino de la transmisión radioeléctrica, no tengo más que aprender en radio.



Rad. — En efecto, podríamos poner punto final a nuestras charlas, toda vez que usted conoce a grandes rasgos los principios fundamentales de la radio. Pero un receptor moderno está equipado con numerosos dispositivos tendentes a facilitar la sintonía, a mejorar la reproducción sonora, etcétera. Estudiaremos, entonces, los dispositivos más útiles, de manera que su educación técnica sea lo más completa posible.

~~FIN~~

Comentarios a la decimoséptima conversación

Frecuencia imagen.

Si en un superheterodino la frecuencia intermedia se halla sintonizada sobre una frecuencia F y el oscilador local sobre una frecuencia f , podrán ser recibidas dos

frecuencias de ondas que llegan a la antena: por, una parte las de frecuencia $f + F$ y por la otra las de frecuencia $f - F$.

En efecto, la diferencia de cada una de estas frecuencias con respecto a la frecuencia del oscilador da la frecuencia F la cual se halla sintonizado el amplificador de frecuencia intermedia:

$$(f + F) - f = F$$

$$f - (f - F) = F$$

En un superheterodino cuya frecuencia intermedia se halla sintonizada a 50 kHz, por ejemplo, podemos recibir tanto las emisiones efectuadas en 800 kHz como las realizadas sobre 700 kHz, cuando el oscilador se halla sintonizado a 750 kHz, ya que $800 - 750 = 50$ para el primer caso y $750 - 700 = 50$ para el segundo caso.

Si la selectividad del circuito de entrada no es suficiente para eliminar una de estas dos frecuencias sintonizables, escucharemos simultáneamente ambos emisores. Para eliminar la "frecuencia imagen" que molesta es necesario, en consecuencia, filtrar la corriente de antena mediante circuitos muy selectivos. Se puede proveer a tal efecto preamplificación de AT en forma que antes de alcanzar la válvula convertora de frecuencia, la corriente de antena sea amplificada y filtrada no solamente por el circuito de sintonía de antena, sino también por un circuito de acoplamiento selectivo, dispuesto entre el amplificador de AF y la de frecuencia.

Se puede igualmente estudiar el circuito de sintonía de antena en forma de asegurarle una selectividad muy aguda. Veremos cómo puede lograrse tal cosa, estudiando más adelante los filtros de banda.

FI de valor elevado.

No obstante, el problema de la eliminación de la frecuencia imagen se halla prácticamente resuelto en forma radical mediante el empleo de amplificadores de FI sintonizados sobre frecuencias relativamente elevadas tales como, por ejemplo, la frecuencia actualmente normalizada en Francia de 472 kHz. Es de hacer notar que la diferencia entre las dos frecuencias imágenes es igual al doble de la frecuencia intermedia:

$$(f + F) - (f - F) = 2F$$

En el ejemplo numérico dado más arriba, en relación con un receptor cuya FI era de 50 kHz, las dos frecuencias imágenes eran de 700 y 800 kHz. La diferencia entre ambas, vale decir, 100 kHz, es el doble de la frecuencia intermedia de 50 kHz.

Empleando un valor elevado para la FI alejamos entre sí ambas frecuencias imágenes a tal punto que, por poco selectivos que sean los circuitos de entrada del receptor, la eliminación es prácticamente total. Por lo tanto, si la FI es de 472 kHz, la diferencia entre ambas frecuencias imágenes es de 944 kHz. La emisión indeseable se halla tan apartada de la emisión deseada, que se puede estar seguro de que no ha de pasar. Más aún; en las bandas de onda larga y de broadcasting, esta diferencia de 941 kHz es suficiente para dejar la frecuencia imagen completamente fuera de la gama y en un punto del espectro de frecuencias en el cual lógicamente son muy reducidas las probabilidades de hallar un emisor potente.

Altoparlante electrodinámico.

Pasando ahora al estudio de los altoparlantes, hagamos notar que los altoparlantes electromagnéticos son muy raramente empleados hoy en día, tanto en los receptores portátiles alimentados con baterías como en los receptores económicos. El altoparlante más utilizado es el electrodinámico, ya sea con excitación por corriente o con un imán permanente de acero con un elevado porcentaje de cobalto.

La sensibilidad del altoparlante electrodinámico depende esencialmente de la intensidad del campo magnético en el cual se halla sumergida la bobina móvil. Se la aumenta reduciendo a un mínimo el entrehierro (distancia comprendida entre ambos polos del imán). Igualmente la bobina móvil, que se desplaza en un espacio muy reducido, debe ser mantenida en un recorrido muy exacto, a fin de no llegar a tocar el imán, lo cual daría lugar a rozamientos que producirían deformación del sonido. El mantenimiento de la bobina dentro de la posición que debe ocupar, o sea su "centraje", se logra mediante una pieza construida con material elástico, fijada por una parte al cono, en su juntura con la bobina móvil, y por la otra al imán; ya

sea del lado exterior o interior del cono. Gracias a la elasticidad de esta pieza, llamada "araña" o "spider", el movimiento normal del cono resulta absolutamente libre, pero, en cambio, le queda impedido todo desplazamiento lateral.

La bobina móvil posee solamente algunas decenas de vueltas de alambre fino, bobinadas en una o dos capas.

El cono se halla generalmente construido con pasta de cartón impregnada, a fin de hacerla insensible a la humedad. El espesor disminuye yendo desde el vértice hacia la base del cono. Los bordes son ondulados, a fin de asegurar una gran libertad de movimiento. La periferia es fijada a una armadura metálica que recibe generalmente el nombre de "campana". El transformador que sirve para establecer el acoplamiento entre la última válvula del receptor y la bobina móvil, se halla fijado generalmente a la "campana". El primario de este transformador comprende a veces una derivación central que sirve para conectar el positivo de alta tensión en los montajes push-pull.

Condiciones para una buena reproducción.

El altoparlante debe ser montado sobre una placa maciza de dimensiones relativamente grandes, provista de un agujero del mismo diámetro que el cono. Esta plancha constituye una pantalla acústica (o baffle) y tiene por objeto impedir que las ondas sonoras proyectadas por la cara delantera (cóncava) del cono entren inmediatamente en contacto con la cara "posterior" (convexa) del mismo. El resultado de un tal "cortocircuito acústico" sería la desaparición de las notas graves y la atenuación del registro medio. Alargando el camino de las ondas "posteriores", se salvaguarda la fidelidad de reproducción. A falta de una verdadera pantalla acústica, puede asumir sus funciones la caja del receptor, bajo la condición de ser maciza y grande. Desgraciadamente, estas condiciones se cumplen raras veces, desde que se olvida con demasiada frecuencia el papel esencial que desempeña la caja en la acústica del receptor. De ahí la mala calidad musical de una gran cantidad de receptores, cuya parte eléctrica no deja nada que desear.

Un altoparlante electrodinámico no puede reproducir con fidelidad perfecta toda la gama de las frecuencias musicales. Aquellos cuyo cono es de diámetro reducido y liviano reproducen mejor, en consecuencia, las frecuencias elevadas

(notas agudas). Son, en cambio, los altoparlantes, con cono grande los que, por el contrario, reproducen mejor las notas graves. Es por esto que en ciertos receptores se utilizan simultáneamente dos altoparlantes, de los cuales se destina uno a la reproducción de las notas graves y medias, y el otro a la de las notas agudas. Mediante la ayuda de un sistema de capacidades y autoinducciones, se separa de la corriente las correspondientes componentes de frecuencias musicales, en forma de canalizar hacia cada altoparlante las corrientes que mejor reproducen.

Excitación de los altoparlantes.

La corriente de excitación es tomada del dm positivo de alimentación de alta tensión del receptor. Cuando se trata de un receptor que funciona con la línea de corriente alterna, premunido de un transformador de alimentación, el arrollamiento de excitación es recorrido por la corriente total de alta tensión, estando dispuesto en serie ya sea con el positivo o bien con el negativo; puede servir, por supuesto, como autoinducción de filtro, papel que se le asigna con frecuencia. Se entiende que esta corriente produce en el arrollamiento una considerable caída de tensión, la cual hay que tener en cuenta al determinar las características de la parte de alimentación de AT.

Un receptor de "ambas corrientes, en el cual se dispone de una alta tensión que se halla limitada a la de la línea, no puede soportar semejante caída de tensión, especialmente si la línea tiene valores bajos de tensión, como ser, por ejemplo, 110 volts. En estos receptores resulta preferible utilizar altoparlantes a imán permanente. Si, a pesar de todo, se quisiera emplear uno con excitación por corriente, el arrollamiento de excitación deberá ser de resistencia elevada, conectándosele en derivación con la alimentación de AT.

DECIMOCTAVA CONVERSACIÓN

El problema de la sintonía y de la estabilidad en la recepción constituye uno de los capítulos más interesantes de la radio. Poder regular la potencia es cómodo,

pero mantenerla a un nivel constante es mejor: el fading tiende a que varíe constantemente la intensidad de la audición... Radiol expondrá el mecanismo de este terrible fenómeno y mostrará cómo los receptores modernos, mediante el regulador antifading, contrarrestan esos efectos.

Reflexiones sobre la reflexión de las ondas



Curiosus. — La propaganda de los fabricantes de aparatos me resulta a veces enojosa. Yo no sé por qué tienen que usar términos tan llamativos para aumentar sus ventas, tales como *antifading* y otros. Este debe ser un vocablo inglés, como "footing", "camping"...

Radiol. — Técnicamente esa palabra equivale a "*regulación automática de la intensidad sonora*". Esa regulación permite mantener constante el nivel de las señales, a pesar de los efectos del *fading*.

Cur. — Veo que vuelve a hablarme en inglés. ¿Pero qué es ese famoso fading, al cual se opone el antifading?

Rad. — Fading significa "desvanecimiento". Es un fenómeno que ha podido comprobarse luego de largo tiempo escuchando las emisoras lejanas, algunas de las cuales se reciben con intensidad variable y hasta se anulan, sin motivo aparente. Tales variaciones de intensidad, que pueden ser lentas o rápidas, han venido preocupando seriamente a los técnicos.

Cur. — Eso debe ser muy fastidioso para los oyentes, pues esos matices que el fading viene a imprimir a la música no corresponden, probablemente, a las intenciones de los ejecutantes, ya que deforman el lenguaje musical. Pero si ya se ha descubierto la naturaleza del fenómeno, creo que se tendrán los medios para combatirlo.

Rad. — Sí, desde luego, cuando el fading afecta al trasmisor o al receptor, directamente. ¡Pero es que el fenómeno tiene lugar entre ambos! Las ondas emitidas con intensidad constante llegan a la antena receptora con fluctuaciones notables.

Cur. — El fading sería entonces una anomalía de la propagación de las ondas hertzianas.

Rad. — Sí, señor. De acuerdo con las teorías actuales, las ondas se propagan siguiendo varios caminos. Por una parte hallamos la onda "terrestre", que sigue la superficie de la tierra; se debilita en seguida disipando su energía entre los obstáculos conductores que halla en su camino, en los cuales origina corrientes de alta frecuencia. Pero otra parte de las ondas, al salir de la antena emisora, se eleva más o menos verticalmente...



Figura 102. — La onda del trasmisor llega a la antena de recepción R por dos caminos distintos: siguiendo la superficie de la tierra y por reflexión de las altas capas de la atmósfera.

Cur. — Esas ondas no deben recibirse: vuelan, sin duda, hacia los espacios interplanetarios.

Rad. — ¡Error! A cierta altura (120 km, aproximadamente) tropiezan con una capa atmosférica, que constituye para ellas un verdadero espejo, y se reflejan hacia el suelo. Esa capa se denomina ionosfera o, de acuerdo con sus descubridores, que establecieron la hipótesis de su existencia, capa de Kenelly-Heaviside (figura 102).

Cur. — Así, según eso, una antena receptora será influenciada por dos ondas a la vez, provenientes ambas del mismo transmisor: una terrestre y otra reflejada por la ionosfera.

Rad. — Así es. Observe que las trayectorias recorridas por ambas ondas son bastante desiguales: mientras una se ciñe, casi, a la superficie del suelo, tomando el camino más directo, la otra se proyecta a las capas superiores de la atmósfera antes de ir a destino. En el momento en que las dos ondas se reúnen en la antena receptora pueden estar "en fase", y en tal caso se refuerzan mutuamente; pero también pueden llegar a contratiempo, o en oposición de fase, y entonces sus impulsos, opuestos entre sí, se debilitan y hasta se anulan.

Cur. — Esto no explica, entonces, que el fading hace variar constantemente la intensidad de la recepción. Lo que puede ocurrir es que las ondas que van del transmisor al receptor, den lugar a una recepción más o menos fuerte o débil, pero la intensidad no variaría en el transcurso de la misma.

Rad. — Así ocurriría si la ionosfera fuera un espejo rígido e inmóvil. Pero ella puede compararse a un mar, con sus olas, sus tempestades y sus mareas. La superficie de la ionosfera se agita constantemente, y su altura misma sufre importantes variaciones durante el día y a través de las estaciones. De esta suerte el trayecto de la onda reflejada es variable. Tan pronto viene a reforzar la onda terrestre, como, por el contrario, a debilitarla. Eso es lo que provoca las fluctuaciones constantes, y a, veces rápidas, de la audición.

Cur. — Pero usted me dijo que la onda terrestre se debilita a medida que se aleja del transmisor que la origina. Entonces, a partir de cierta distancia, sólo quedaría la onda reflejada, dueña del espacio, y por lo tanto, el fading no existiría.



Rad. — Ah, pero puede haber varias ondas reflejadas que siguiendo trayectorias distintas sufran, todas ellas, reflexiones de la ionosfera y del propio suelo, que también se comporta para las ondas como un espejo.

Cur. — ¿Entonces no hay modo de evitar el fading?

La lucha contra el fading

Rad. — Mientras varios grupos de ondas provenientes de una emisora lleguen al receptor, el fading persiste. Se puede atenuar usando antenas especiales de transmisión que proyecten las ondas por debajo de un cierto ángulo sobre el horizonte, o también antenas receptoras que seleccionen, entre todas las ondas que llegan, la que venga siguiendo un ángulo determinado.

Cur. — Si eso es lo que se llama antifading, debe ser terriblemente complicado.

Rad. — No, mi querido amigo. Mientras se trata de reducir la importancia del fading mediante antenas especiales de transmisión, con más o menos éxito, se admite que las antenas receptoras siguen siendo afectadas fuertemente por las fluctuaciones de intensidad. Entonces se recurre a mantener ésta lo más constante posible, modificando en forma continua también la amplificación del receptor.

Cur. — Se compensan las variaciones, si estoy en lo cierto, por la variación inversa de la amplificación. Cuando las ondas llegan muy debilitadas se aumenta la amplificación, o se la disminuye en el caso de que lleguen con más intensidad.

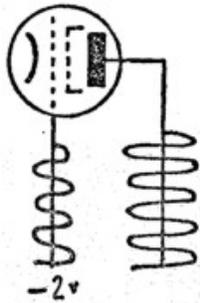
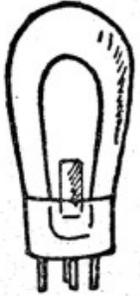
Rad. — Así es como se hace. Cuando a causa del fading una señal (es decir, la onda recibida) llega muy atenuada, acrecemos la sensibilidad del receptor, aumentando las etapas de alta frecuencia, y si se trata de un súper, las de frecuencia intermedia.

Cur. — Sin embargo, no veo cómo puede modificarse la amplificación de una válvula.

El misterioso "punto X"

Rad. — Usted sabe que cuanto mayor es la inclinación de una válvula, más amplifica. Para una misma válvula, la inclinación varía siguiendo el punto de la

curva característica sobre la cual trabaja la misma. Este "punto de funcionamiento" está determinado por la polarización de grilla y...



Cur. — Un momento. Sé perfectamente bien que la característica de una válvula no tiene la misma inclinación en sus diversos puntos. La inclinación es máxima en la parte rectilínea de la curva; si polarizamos la grilla de más, entramos en la zona del codo inferior, donde la inclinación disminuye rápidamente. Pero, usted me lo ha subrayado, ésa es una zona prohibida: la amplificación es sólo correcta en la parte rectilínea.

Rad. — Eso está bien cuando se trata de válvulas normales y de amplitudes de tensión a amplificar relativamente grandes, como en el caso de las etapas de baja frecuencia. Pero en la frecuencia intermedia o en la alta, las amplitudes son aún más débiles. Es, pues, suficiente que la característica de la válvula sea, alrededor del punto de funcionamiento, aproximadamente rectilínea. Se han construido a ese efecto válvulas especiales en que la inclinación varía suavemente, de suerte que su característica no presente codos pronunciados. Estas válvulas se llaman de inclinación variable. Esto no significa que la inclinación de las demás sea invariable, sino que en esas válvulas especiales hay la posibilidad de utilizar puntos de funcionamiento de inclinaciones diversas (figura 103).

Cur. — Si hubiera conocido la existencia de tales válvulas no hubiera hecho objeción alguna. Tal como usted me la presenta, la característica de la válvula a inclinación variable muestra que si se polariza suficientemente la grilla, no solamente no amplificará, sino que debilitará apreciablemente las oscilaciones sometidas a la misma.

Rad. — Eso es lo que se busca. Es así como logramos volver a un nivel sonoro normal la intensidad de las señales muy fuertes... Prácticamente, para regular la amplificación de las válvulas de inclinación variable se emplea un

dispositivo que, con el auxilio de un potenciómetro, permita variar la polarización (figura 104).

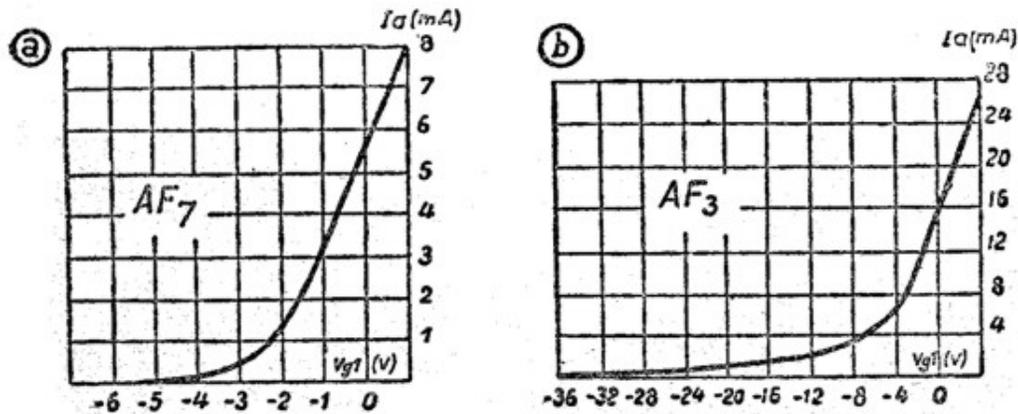


Figura. 103. Curvas de una válvula a "inclinación fija" en a, y a "inclinación variable" en b.

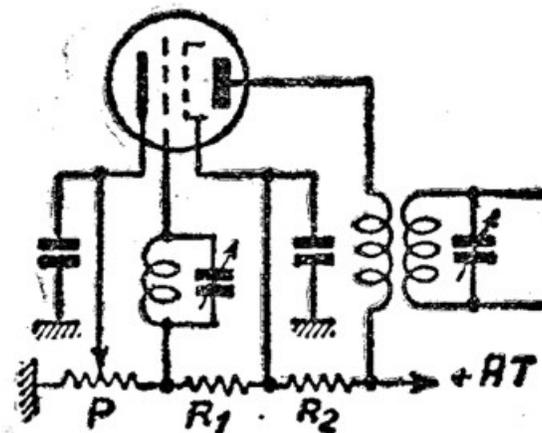


Figura 104. — Ajuste de la amplificación por medio del potenciómetro P , con el que se varía la polarización de la válvula.

Cur. — ¡Pero eso es molesto! Equivale a que el oyente, sin abandonar un instante la perilla del potenciómetro, esté regulando constantemente la intensidad para contrarrestar las variaciones debidas al fading. No me, seduce escuchar en tales condiciones...

Rad. — Felizmente hay la posibilidad de hacer ese control automático. Para ello es suficiente hallar un punto tal, que cuando las señales lleguen muy intensas, se vuelva más negativo, y viceversa.

Cur. — No comprendo

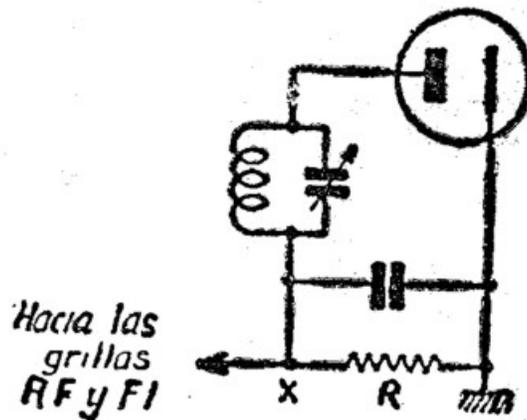
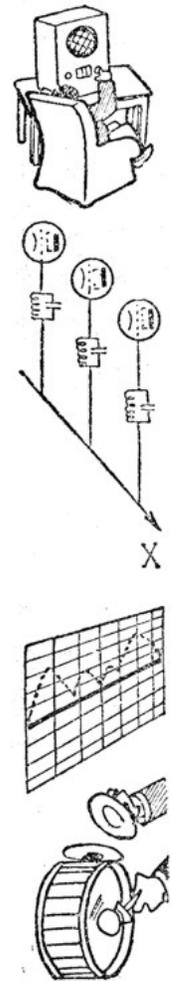


Figura 105. — De acuerdo con la intensidad media de las señales, el punto X será más o menos negativo.

Rad. — Fíjese en este esquema (figura 105) de detección por diodo, que ya le es conocido. El punto en cuestión está en la extremidad X de la resistencia R. La corriente de alta frecuencia rectificadas por el diodo crea, con respecto a la masa, una tensión negativa. Esta tensión es tanto mayor cuanto lo es la intensidad media de las señales aplicadas al diodo.

Cur. — ¡Y a comprendo! Usted aplica esa tensión del punto X a las grillas de las válvulas de AF o FI de inclinación variable. Cuando las señales llegan muy intensas, el punto X se vuelve más negativo, y su tensión, aplicada a las grillas de las válvulas de AF o FI, reduce la amplificación. Por el contrario, cuando por efecto del fading las señales se debilitan, desarrollan en el punto X una tensión menos negativa, que permite a las válvulas de AF y FI amplificar más. Al fin de cuentas este dispositivo compensa las fluctuaciones de la intensidad de las señales y mantiene constantemente el nivel de las mismas, que es lo que interesa al oyente.

Rad. — Veo que ha comprendido perfectamente el funcionamiento del regulador antifading. Usted habrá observado, al mismo tiempo, que opera por baja "nivelación": sólo las señales más débiles cuentan con todas las reservas de sensibilidad del receptor; a medida que la



intensidad de la señal crece, el antifading reduce, en la misma proporción la amplificación.

La radio para los sordos

Cur. — Si usted me permite una objeción... Supóngase que durante un trozo musical estalla de pronto un golpe de bombo y platillos. En ese momento, el regulador ¿reduce instantáneamente la amplificación? Si así fuera, el antifading, tal como usted lo ha descrito, alteraría, a mi parecer, los matices de la música.

Rad. — Su objeción es verdadera. Con el fin de evitar las variaciones instantáneas de la corriente detectada por el diodo y no llevar a las válvulas de AF y FI sino el valor medio de las señales, intercalamos entre el punto X y las grillas de las válvulas un dispositivo que retarde el paso de las tensiones y sólo entregue un término medio de ellas, Este dispositivo lo constituyen un condensador C y una resistencia R₁, de elevado valor. Esta se opone al paso repentino de las tensiones; el condensador nivela las tensiones instantáneas. La acción conjunta de R₁ y C presenta cierta analogía con el sistema condensador-auto-inducción de los filtros de alimentación (figura 106).

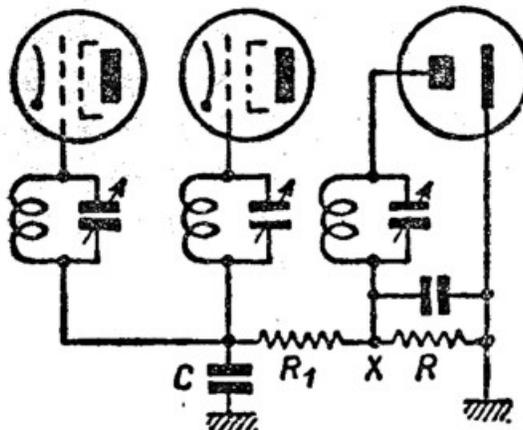


Figura 106. — Dos válvulas de AF, integran aquí el circuito antifading, accionadas por X a través de R₁.

Cur. — De acuerdo con esto, basta, pues, en todo receptor de detección por diodo agregarle una resistencia y condensador para obtener el regulador antifading. ¡Es maravillosamente sencillo!

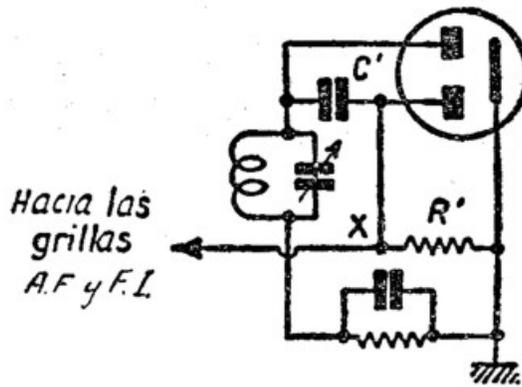
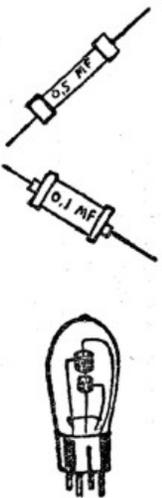


Figura 107. — El doble diodo permite separar las funciones de detección y regulación antifading.



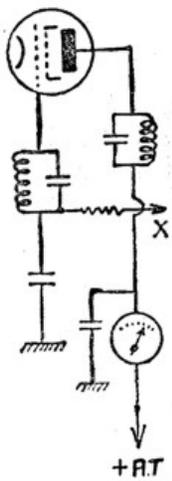
Rad. — Debo añadir que en la actualidad, para obtener la regulación de tensión que requiere el antifading, se usa un diodo diferente del que hemos visto hasta aquí (figura 107). Este doble diodo está en la misma ampolla y utiliza un cátodo común. Las tensiones alternadas se aplican al segundo apodo a través de un pequeño condensador C'. La corriente detectada crea en la resistencia R' una tensión que pasa al punta X y, a través del dispositivo R1 C, es transferida a las grillas de las válvulas del sistema regulador.

Cur. — Este dispositivo del doble diodo es muy interesante, pues hay una separación neta entre las funciones del detector y el regulador.

Rad. — Usted está ahora en condiciones de responder a una cuestión consecuente y sencilla. ¿Sabe cómo varía la corriente media de placa de una válvula de AF o FI, accionada por el antifading en plena fluctuación de la intensidad de las señales?

Cur. — Vamos a ver. Cuando las señales son muy fuertes, la grilla de la válvula recibirá del punto X una tensión más negativa. Entonces, la corriente de placa disminuirá.

Rad. — Es verdad. Observe ahora que el mismo fenómeno se producirá cuando ajustando los condensadores de sintonía se llega a la posición de sintonía exacta. En ese momento, la tensión aplicada al



diodo es la más elevada. Por consiguiente, intercalando un miliamperímetro en el circuito de placa de la válvula de AF o FI accionada por el antifading, podremos saber cuándo estamos en presencia de la sintonía exacta, por el mínimo de la corriente de placa.

Cur. — Entonces hasta los sordos pueden sintonizar un receptor si disponen de miliamperímetro...

Rad. — Desde luego, pues ese instrumento viene a ser un indicador visual de sintonía. ¿Pero de qué les servirá eso a los sordos?...

Comentarios a la decimoctava conversación

Control automático de volumen.

El problema de la regulación de la intensidad sonora (o volumen, como se dice más corrientemente) de un receptor, resulta ser, luego de un examen algo más a fondo, más complicado de lo que parecía a primera vista. Se trata de poder regular la intensidad sonora media de una audición, según el deseo del oyente, y luego mantenerla perfectamente constante y estable a este nivel. Sin embargo, las fluctuaciones de la tensión desarrollada en la antena del receptor por las ondas hertzianas se oponen a una tal estabilidad del volumen sonoro.

El fading (o desvanecimiento) de las ondas, debido a reflexiones simples o múltiples contra las capas superiores de la atmósfera, es una frecuente causa de las fluctuaciones de la señal. Sin embargo, la intensidad de las señales recibidas puede variar igualmente en una instalación móvil (por ejemplo un receptor instalado en un automóvil), debido al desplazamiento del aparato con respecto a masas metálicas que constituyen pantallas. Por ejemplo, el paso por debajo de un puente o al lado de un edificio de cemento armado, se puede traducir en un debilitamiento notable de la señal.

El dispositivo que permite evitar estos efectos de fluctuación de la señal recibida, al cual se denomina regulador antifading, merece ser designado por el término más general de comando automático de volumen (C. A. V.).

Un regulador ideal debería permitir obtener automáticamente la misma intensidad sonora para todas las emisiones recibidas. En la práctica, sin embargo, el regulador antifading podría asegurar una tal constancia de intensidad sonora solamente bajo la condición de que todos los emisores tuvieran la misma profundidad de modulación. ¿Qué es lo que llamamos profundidad de modulación? Tal como puede apreciarse en la figura XIV, una corriente de AF puede ser modulada más o menos profundamente por una corriente de frecuencia musical. Las dos corrientes de AF de dicha figura poseen la misma amplitud máxima. No obstante la representada en A se halla modulada más profundamente que la mostrada en B. Luego de la detección, ambas corrientes moduladas daría lugar a corrientes de BF representadas en la parte inferior de la figura, donde puede apreciarse que la corriente A, modulada mas profundamente, da lugar a una corriente de BF más intensa que en B.

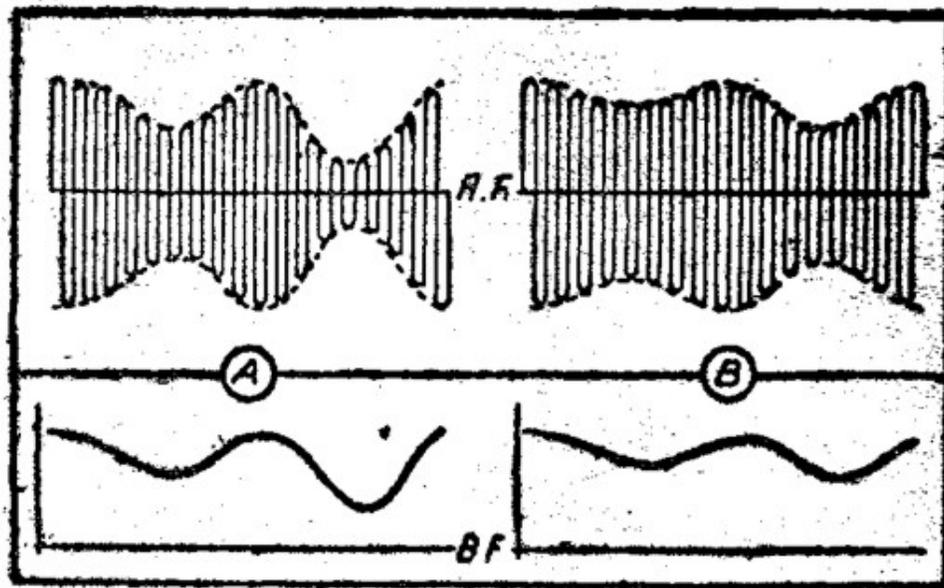


Figura XIV. — La emisión representada en A se halla modulada más profundamente que la indicada en B. En la parte inferior del dibujo se hallan representadas las corrientes detectadas.

Necesidad de un control manual.

La acción de todos los reguladores antifading actualmente empleados, se basa en mantener constante la tensión de AF aplicada al detector. En consecuencia,

la presencia de un regulador no asegura la misma intensidad sonora para todas las emisiones puede darse el caso, por lo tanto (y sucede con frecuencia en la práctica), que una emisión lejana profundamente modulada dé lugar a una audición más potente que una emisión local modulada débilmente.

La misión esencial de un regulador antifading consiste en mantener constante la intensidad sonora de una dada emisión durante todo el transcurso de la audición. Por lo tanto, la presencia de un regulador antifading no excluye, en forma alguna, la necesidad de un ajuste manual de la intensidad sonora que permita mantener al valor deseado el volumen sonoro, cualquiera sea la profundidad de modulación. Dado que este ajuste manual de la intensidad sonora no debe afectar en absoluto las tensiones a la entrada del detector, las cuales son comandadas solamente por el regulador automático, el ajuste manual debe hallarse dispuesto en la parte de BF del receptor. Se obtiene habitualmente este ajuste manual mediante la ayuda de un potenciómetro, intercalado en un circuito de acoplamiento, el cual permite aplicar solamente una parte más o menos grande de la tensión total disponible. Frecuentemente se le dispone sobre el circuito mismo del detector, es decir, sobre la resistencia de carga de, esta etapa, de la cual se toma solamente una parte de la tensión detectada total.

Analogía hidráulica.

Ahora que hemos delimitado las características de acción del regulador automático, podemos exponer su principio fundamental.

El regulador utiliza una tensión desarrollada por la corriente detectada media para accionar sobre los electrodos de las válvulas que preceden al detector, en forma de disminuir la amplificación cuando aumenta la intensidad de la señal.

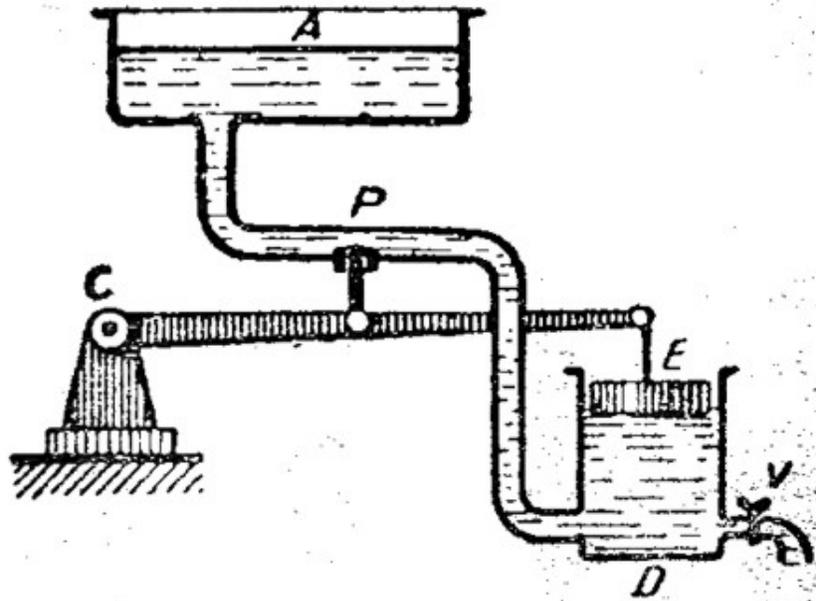


Figura XV. — Dispositivo hidráulico análogo al regulador antifading.

Una analogía hidráulica muy simple nos ayudará a descifrar lo anteriormente dicho. La intensidad de las señales a la entrada del receptor se halla figurada por el nivel del líquido en el recipiente A (figura XV). El nivel del líquido en el vaso D representa la tensión aplicada del detector. Se notará que un trabó establece comunicación entre ambos recipientes y que una canilla V permite al líquido salir del recipiente D. Si nuestra instalación se limitara a los elementos descritos, las variaciones de nivel en A tendrían solamente por efecto producir variaciones de nivel en D (efecto de fading). No obstante, se ha previsto un regulador, a fin de asegurar la constancia del nivel en D. Este regulador se compone de un flotador E, solidario de una palanca sostenida por el pivote C, que acciona una válvula P. Cuando, debido a un aumento de nivel en A, el nivel en D aumenta también, el flotador E, al elevarse, hace subir simultáneamente la válvula P, de manera que la afluencia del líquido disminuye y el nivel en D descenderá también. Se comprende que, en la práctica, el nivel de D permanecerá constante.

Igualmente, en un receptor con regulador antifading, un aumento de intensidad de la señal de entrada produce un aumento de la corriente detectada media. Esta corriente provoca una caída de tensión en una resistencia, la cual, bajo la forma de polarización, se aplica a los electrodos de una o varias válvulas precedentes, en forma de atenuar la amplificación.

No obstante, lo que nos interesa al final de cuentas es la afluencia del líquido, vale decir, en radioelectricidad, la intensidad sonora resultante. En hidráulica, el consumo de nuestro dispositivo depende no solamente de los niveles sino también de la naturaleza del líquido y especialmente de su peso específico. Si sólo tenemos que manipular con una sola clase de líquido, la cantidad que dejará pasar la canilla V por segundo quedará constante cualquiera que sea el nivel en A. Pero si hiciéramos pasar mercurio o aceite, el consumo ya no sería el mismo para estos dos líquidos. Es en estos casos que interviene la canilla V, la cual, en última instancia, determinará el consumo para cada una de las clases de líquido.

Volviendo a nuestro caso de radioelectricidad, la naturaleza del líquido (el lector avisado ya lo habrá comprendido) corresponde a la profundidad de modulación; la canilla V desempeña el papel de ajuste manual de intensidad sonora dispuesto en la parte de BF del receptor.

Notemos igualmente que el regulador hidráulico no permite, finalmente, otra cosa que disminuir el consumo del líquido, evitando así un aumento de nivel en D. Si por una razón cualquiera el nivel en A llegara a ser demasiado pequeño, el nivel en D bajaría igualmente sin que el regulador pudiera remediar esta disminución. Lo mismo sucede en radioelectricidad.

El regulador antifading no hace otra cosa que reducir más o menos la sensibilidad del receptor.

Es así que el regulador antifading procede a una verdadera nivelación "hacia abajo". En consecuencia, solamente debe ser aplicado a receptores que posean suficiente reserva de sensibilidad.

Por lo tanto, y queremos insistir debidamente sobre este punto, es la misma tensión desarrollada sobre el detector por las señales amplificadas, la que servirá para la regulación antifading. Esta tensión debe mantenerse constante. Desde que tiene tendencia a variar, ya sea en sentido de disminución o de aumento, actuará sobre las válvulas precedentes en forma de variar su amplificación y neutralizando así los efectos de las emanaciones de la señal en la antena.

Válvulas de pendiente variable.

Modificando su pendiente es como se varía la amplificación de las válvulas que preceden al detector. Como ya lo hemos visto al estudiar las características de las válvulas, la pendiente de éstas es constante solamente sobre la parte recta de su curva representativa. Desde que la polarización comienza a llegar al codo inferior de la característica, la pendiente disminuye hasta hacerse finalmente nula, en el instante en que la corriente anódica queda anulada también por una polarización excesiva.

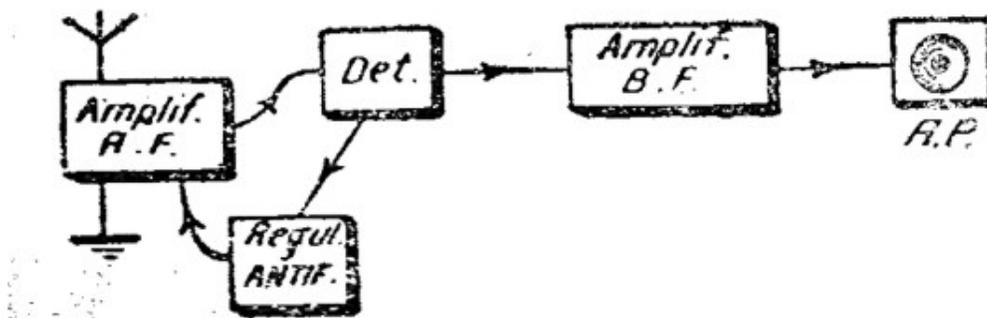


Figura XVI. — Esquema general de un receptor equipado con regulador antifading.

Todas las válvulas adecuadas para ser sometidas a la acción de un regulador antifading poseen una característica especial, llamada pendiente variable. La variación de la pendiente de acuerdo a la variación de la polarización es muy progresiva. La curva no presenta un codo brusco, de manera que en cualquiera de sus partes un pequeño segmento de la curva puede ser asimilado fácilmente a una recta. De esta manera, cualquiera sea el punto de funcionamiento y mientras sólo se trate de pequeñas amplitudes de la señal, la deformación introducida por la curvatura resultará insignificante.

Cuanto mayor es el valor absoluto de la polarización negativa, tanto más reducida será la pendiente, y por lo tanto también la amplificación. En consecuencia, variando la polarización de una válvula de pendiente variable dentro de ciertos límites, podremos variar su amplificación entre su valor máximo y un valor tan reducido que, en realidad, se trata más bien de un debilitamiento que de amplificación.

Funcionamiento del C. A. V.

Esta regulación de la amplificación antes del detector (que no es, al fin y al cabo, otra cosa que un ajuste de la sensibilidad receptor) podría hacerse a mano, por ejemplo mediante la ayuda de un potenciómetro que fijara el potencial de grilla o, lo que sería lo mismo, del cátodo. En el regulador automático, en cambio, este ajuste se obtiene tomando del detector la tensión de polarización necesaria. En efecto, en el punto X de un detector a diodo (figura 106), se encuentra una tensión continua que es proporcional en cada instante a la intensidad media de las señales recibidas.

Esta tensión negativa servirá para polarizar más ó menos las grillas de las válvulas precedentes, las cuales se hallarán de esta manera afectadas por la acción del regulador antifading. Es de notar que la polarización normal de estas válvulas se obtiene mediante el procedimiento habitual de caída de tensión en resistencias dispuestas entre los cátodos y el AT. Por lo tanto, la tensión del regulador antifading se viene a sumar a la polarización normal "sobrepolarizando" las grillas en forma de reducir en una proporción más o menos notable la amplificación de cada válvula.

Cuando disminuya la intensidad de las señales captadas por la antena debido al antifading, la tensión detectada existente en el punto X disminuye también; las válvulas se hallarán por lo tanto menos "sobrepolarizadas", amplificarán mejor y neutralizarán así el efecto del fading.

Constante de tiempo.

La función del regulador antifading consiste en mantener constante la potencia sonora de la reproducción. No se trata, por supuesto, de mantener la potencia de todos los sonidos al mismo valor, privando así a la música de todos sus matices. Por el contrario, los contrastes entre los "pianissimi" y "fortissirai" deben ser mantenidos en la medida de lo posible. Lo que debe estabilizarse es la potencia Inedia de la audición.

También debe evitarse que las variaciones instantáneas de la intensidad de las señales (debidas, por ejemplo, a un "fortissimi" de la orquesta), influencien la amplificación de las válvulas afectadas por la acción del antifading. Be evita la acción de estas variaciones rápidas oponiendo a la transmisión instantánea de la tensión reguladora un circuito que posea una cierta constante de tiempo. Este

circuito está constituido por una resistencia elevada dispuesta en el camino de la tensión y un condensador que deriva hacia un punto de potencial fijo (por ejemplo el —AT) las componentes alternas de la tensión. Se puede notar la similitud de este dispositivo con el filtro de alta tensión.

Así dispuestos, una resistencia de R ohms y un condensador de C farads exigirá RC segundos para dejar pasar una variación de tensión. Por ejemplo una resistencia de 500.000 ohms y un condensador de $0,1 \mu\text{F}$ (es decir, $0,0000001 \text{ F}$), tendrán una constante de tiempo de 500.000 por $0,0000001 = 0,05$ segundo o sea $1/20$ segundo. Por lo tanto, toda variación más rápida que $1/20$ de segundo será detenida por nuestro conjunto de resistencia y condensador. Las frecuencias musicales recibidas por los aparatos de radio son generalmente siempre superiores a. 20 c/s. Por otra parte, salvo raras excepciones, las variaciones de intensidad debidas al fading son siempre menos rápidas que el lapso indicado. En consecuencia, las tensiones instantáneas debidas a las notas más graves de la música no tendrán ninguna influencia sobre la amplificación anterior a la detección. En cambio, las tensiones debidas a las fluctuaciones provocadas por el fading, pasarán a través del sistema con constante de tiempo y actuarán en el sentido conveniente sobre la amplificación de las válvulas.

Antifading retardado.

Las válvulas detectoras actuales comprenden generalmente dos diodos que poseen un cátodo común. Esto permite separar las funciones de detección y regulación automática del volumen. Tal como lo muestra la figura 107, el diodo superior es empleado para la detección, en cuanto al diodo inferior, recibe la tensión de AF a través de un condensador C de reducida capacidad y la caída de tensión que tiene lugar en la resistencia R , debida a la corriente detectada, da lugar a la tensión antifading. No obstante, la utilización de un doble diodo utilizado de esta manera no trae ninguna ventaja notable. Su empleo se hace muy interesante, en cambio, cuando se utiliza un antifading retardado.

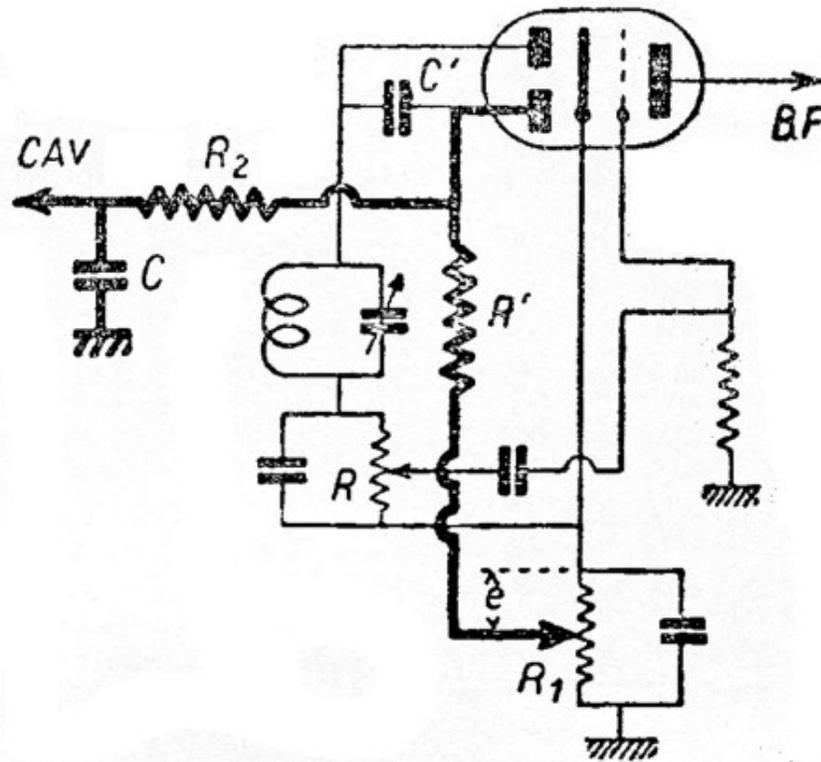


Figura XVII. -Antifading retardado. La parte esencial del montaje se halla indicada con trazo grueso.

Se llama así a un sistema de regulación que no entra en acción hasta tanto la intensidad de las señales recibidas no sobrepase un, cierto valor mínimo. ¿Cuál es el interés de tal dispositivo?

El regulador antifading común, tal como lo hemos visto y estudiado anteriormente, comienza a actuar apenas es recibida por la antena la más mínima señal. Y en nuestro caso, "actuar" equivale a decir reducir la sensibilidad del receptor. En el caso de señales débiles, esto no representa precisamente una acción deseable. A fin de que no se vea trabada en la forma recién indicada la recepción de señales lejanas y débiles, es preciso que el regulador antifading comience a actuar solamente para señales que sobrepasen un cierto nivel mínimo. En otras palabras, retardamos o diferimos la acción del regulador, a fin de que comience a actuar solamente para señales capaces de desarrollar sobre el detector una cierta tensión, llamada tensión de retardo". Este es el objeto del antifading retardado.

Su realización es muy simple (figura XVII). A fin de que la tensión antifading no se desarrolle más que para señales que sobrepasen una cierta intensidad, se

hace negativo con respecto al cátodo el ánodo del diodo inferior que forma parte del circuito antifading. Se obtiene esta polarización mediante la caída de tensión que produce la corriente anódica de la parte triodo de una válvula múltiple en una resistencia R1 dispuesta entre cátodo y —AT. La tensión e que se produce entre el cátodo y un punto conveniente elegido sobre esta resistencia, hace negativo al ánodo inferior con respecto al cátodo de manera que las señales desarrolladas sobre el diodo de tensiones inferiores a e no producirán ninguna corriente y, en consecuencia, ninguna caída de tensión en la resistencia R. La detección y la producción de una tensión de regulación no podrán tener lugar más que cuando la tensión desarrollada por las señales sobre el diodo sea superior a la tensión e de retardo.

Por lo tanto, el regulador antifading así constituido permite mantener la máxima sensibilidad en presencia de señales débiles y entra en acción, en cambio, para señales fuertes.

Se notará (figura XVII) que el diodo superior (relacionado con la detección, para la obtención de la BF) no lleva aplicado ninguna tensión de retardo (la cual no tendría ninguna razón de ser) debido a que la resistencia de detección R se halla unida directamente al cátodo. En el esquema citado esta resistencia R se halla representada por un potenciómetro, el cual sirve para la regulación manual de la potencia sonora.

Sintonización silenciosa.

Cuando un receptor provisto de regulador antifading se halla fuera de sintonía, vale decir que no se halla sintonizado sobre ninguna emisora, su sensibilidad se halla al máximo; por lo tanto recibirá, en tales condiciones, con el máximo de potencia todas las perturbaciones eléctricas que se hallan presentes en el éter y que son debidas a la electricidad atmosférica (parásitos atmosféricos), y también a innumerables aparatos y máquinas de electricidad industriales domésticas y de uso médico. Estos últimos son los parásitos industriales debidos especialmente a las chispas de las máquinas eléctricas, motores, alternadores, dínamos, interruptores, letreros luminosos, campanillas eléctricas, etc. Estos parásitos provocan en el receptor un ruido altamente desagradable al girar la perilla

del condensador de sintonía mientras se busca alguna emisora y cuando se pasa entre los intervalos existentes entre los emisores.

A fin de evitar al oyente este inconveniente desagradable, ciertos aparatos receptores se hallan provistos de un dispositivo de sintonización silenciosa, el cual impide toda audición mientras el receptor no se halla sintonizado sobre alguna estación. No entraremos a analizar aquí los diversos sistemas empleados a este efecto. Los principales se hallan basados sobre la acción de la tensión antifading sobre una de las válvulas de BF. Esta se halla "paralizada", en ausencia de señales, por una excesiva polarización, de manera que el receptor permanece mudo. En cambio, cuando se sintoniza el receptor sobre una emisión, la tensión antifading que aparece en tales condiciones sirve para "activar" la válvula de BF ya mencionada, retornando la polarización a su valor normal.

El empleo de los dispositivos de sintonización silenciosa son de uso poco frecuente, debido a que su funcionamiento muy rara vez es satisfactorio, pudiendo dar lugar en muchos casos a serias deformaciones.

Indicadores visuales de sintonía.

En cambio, lo que se ha generalizado muchísimo es el empleo de indicadores visuales de sintonía, los cuales permiten sintonizar un receptor sobre la emisión deseada, luego de haber llevado al mínimo el regulador manual de potencia sonora. Una vez que se está seguro de la sintonización, llevada a cabo sin la presencia de ruidos molestos y únicamente mediante la vista (y no con el oído), se regula la potencia sonora hasta lograr el nivel deseado.

Existen dos clases de indicadores visuales. Unos son simples amperímetros que se intercalan en el circuito anódico de las válvulas controladas por el antifading. Debido a que la tensión antifading alcanza su máximo valor cuando se tiene la sintonía precisa, la válvula se hallará altamente polarizada y su corriente anódica se hallará al mínimo. Es precisamente este mínimo de intensidad el que, al ser denunciado por el miliamperímetro, indica la sintonización exacta.

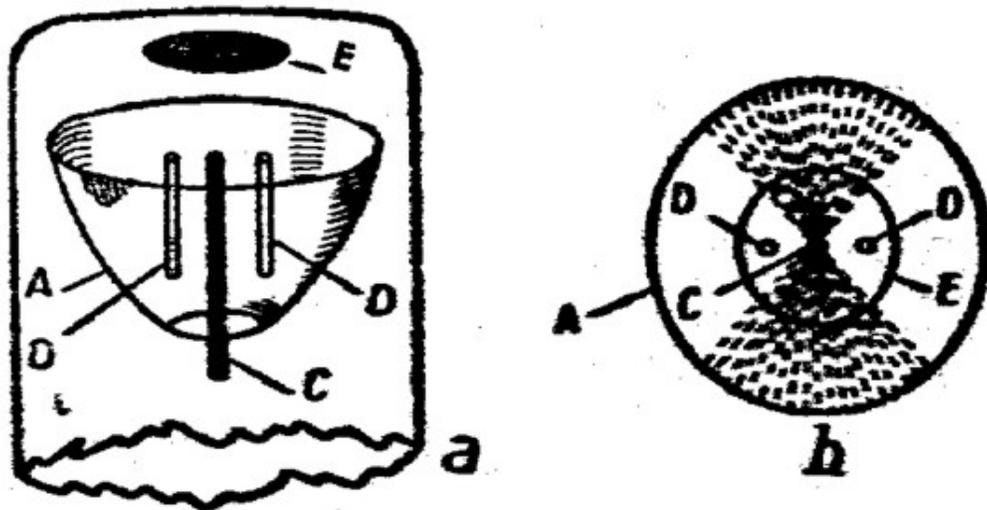


Figura XVIII. — Vista en perspectiva (a) y del lado del domo de la ampolla (b) de un indicador catódico de sintonía. C, cátodo; A, ánodo fluorescente; D, electrodos desviadores; E, pantalla opaca.

La otra categoría, y la más difundida, se basa sobre el principio de los tubos catódicos utilizados en televisión. En estos indicadores (figura XVIII) tenemos un cátodo C emisor de electrones y un ánodo A que se mantiene a un potencial positivo, el cual posee la forma de una copa. La superficie interior del ánodo se halla recubierta de una capa de material fluorescente, es decir que se vuelve luminosa bajo la acción del bombardeo electrónico. Por lo tanto, un observador colocado delante de la parte superior de la ampolla verá la superficie del ánodo uniformemente iluminada. Una pantalla negra E le impide ver la luz proveniente del cátodo incandescente.

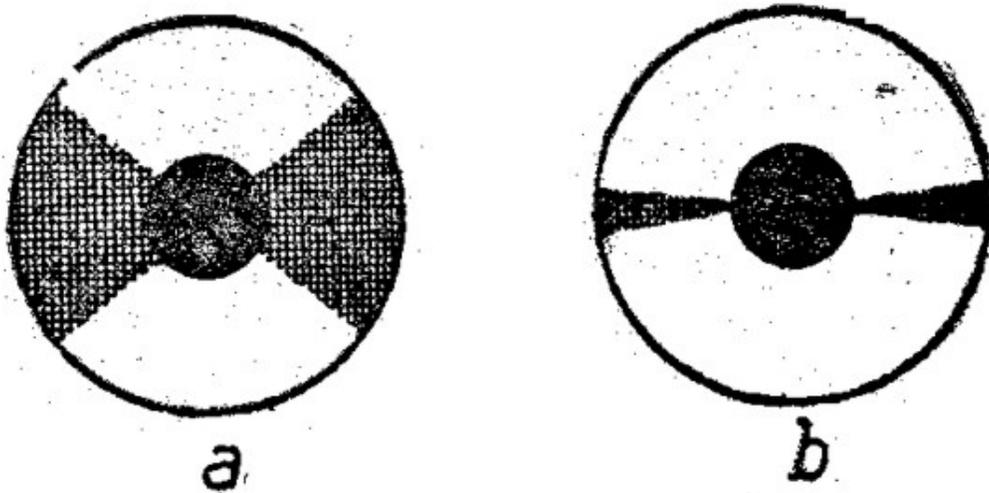


Figura XIX. — Sectores de sombra de un receptor no sintonizado en a y cuando se halla sintonizado exactamente en b.

Esa sería por lo menos la situación, si no existieran uno o más electrodos desviadores *D*, dispuestos en el trayecto de los electrones. Estos electrodos desviadores, constituidos por simples varillas, se mantienen a un potencial negativo más o menos considerable con respecto al ánodo, obligando así a los electrones, al rechazarlos, a desviar más o menos su trayectoria normal. Cada electrodo desviador crea sobre el ánodo una "sombra" más o menos ancha, según que su potencial sea más o menos negativo. Por lo tanto, en el caso de dos varillas veremos dos sombras anchas (figura XIX a) cuando son muy negativos con respecto al ánodo o bien dos sombras muy estrechas (figura XIX b) cuando poseen aproximadamente el mismo potencial que el ánodo. Tal es el principio de funcionamiento del ojo eléctrico o trébol catódico, como se les llama a los indicadores catódicos de sintonización, según los tipos de sectores de sombra que producen.

Se comprende que el potencial de los electrodos desviadores es comandado por la tensión CAV del regulador antifading. Esta tensión es previamente amplificada por un triodo (figura XX). La tensión desarrollada sobre la resistencia anódica, *R* es aplicada luego al electrodo desviador *D* del indicador catódico. En el momento de la sintonización exacta, la tensión del CAV es más negativa. En tal momento la corriente del triodo es muy pequeña, la caída de tensión en la resistencia *R* es insignificante y el electrodo *D* se hallará a casi el mismo, potencial que el ánodo

fluorescente. Los sectores de sombra se hacen estrechos y tendremos correctamente sintonizado el receptor.

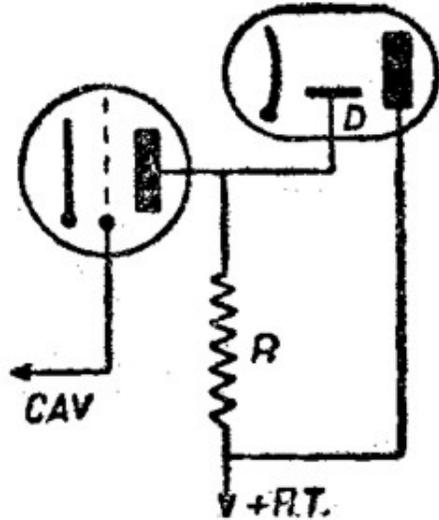


Figura XX. — La tensión CAV de antifading amplificada por un triodo, crea entre los electrodos D y el ánodo del indicador catódico la tensión de desviación necesaria para su funcionamiento.

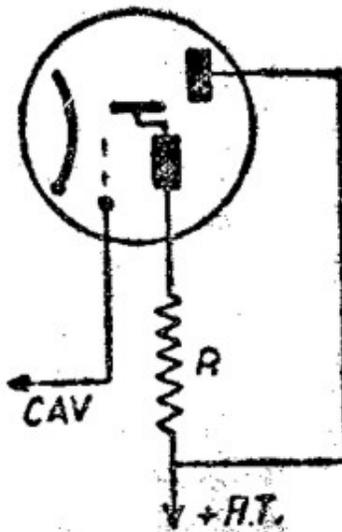


Figura XXI. — Montaje práctico de un indicador catódico, agrupando en la misma ampolla los dos sistemas de electrodos de la figura precedente.

En realidad, el indicador catódico propiamente dicho y el triodo amplificador se hallan montados dentro de la misma ampolla, tal como lo indica el esquema de la figura XXI, equivalente al de la figura XX. La resistencia R. tiene de 1 a 2 megohms.

Gracias al indicador visual, se puede llevar a cabo la sintonización exacta, lo cual es una condición indispensable para lograr una reproducción exenta de deformaciones.

DECIMONOVENA CONVERSACIÓN

Todos los esfuerzos de los técnicos tienden hacia un mejoramiento de la fidelidad de la reproducción sonora. Durante largo tiempo, la selectividad y la fidelidad parecieron cualidades inconciliables: un receptor selectivo no podía tener fidelidad, y viceversa... Pero los filtros de banda han llegado a tiempo para conciliar a ambos enemigos. Radiol expone, con la claridad habitual, los antecedentes de ese conflicto. Más aturdido que de costumbre, Curiosus opta por la selectividad variable.



Match: selectividad versus fidelidad

Curiosus. — Ayer noche visité a un amigo que tiene un receptor muy sensible. Escuchamos una cantidad de estaciones. Desgraciadamente algunas llegaban con silbidos prolongados. ¿Qué es eso?

Radiol. — Es una interferencia característica que denuncia la proximidad de frecuencia de dos emisoras.

Cur. — ¿Entonces ocurre el mismo fenómeno que permite cambiar de frecuencia a los superheterodinos? O, dicho de otro modo, entre dos emisoras de frecuencias muy próximas se origina una tercera corriente, cuya frecuencia es igual a la diferencia de las frecuencias componentes.

Rad. — Sí, señor. Es por eso que la banda de 10 Kc/s entre dos emisoras, establecida como reglamentaria, apenas si es



suficiente. Ella permite a cada estación una banda lateral de sólo 5 Kc/s para la modulación musical.

Cur. — No veo la relación que existe entre la banda de frecuencias y la modulación musical.

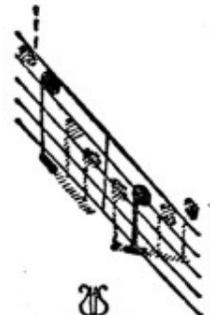
Rad. — Es de suma importancia. Mientras una emisora no es modulada por ningún sonido, no emite sino una sola frecuencia, que es la de su "onda portadora". Pero la modulación por un sonido crea al instante otras dos frecuencias simétricamente dispuestas con relación a la frecuencia de la onda portadora. Así, un trasmisor funcionando en 1.000.000 períodos-segundo (1.000 períodos = 1 Kc) y modulado por un sonido de 400 p/s, emitirá, además de la onda portadora, dos ondas de 1.000.400 p/s y 999.660 p/s (figuras. 108 y 109). Usted ve que esas ondas son el resultado de la suma y la resta de las frecuencias de la onda portadora y de la corriente musical.

Cur. — En resumen, modulando la alta frecuencia, la corriente de baja frecuencia se encarga de cambiar la frecuencia...

Rad. — Así es, en efecto. Ahora, si cada frecuencia musical crea alrededor de la onda portadora dos frecuencias simétricamente dispuestas, el conjunto de los sonidos musicales, que puede ir hasta 10.000 p/s (y aun más), crea alrededor de la onda portadora dos bandas de frecuencia simétrica, llamadas bandas laterales de modulación.

Cur. — Creo haber comprendido. Las frecuencias emitidas por una estación fluctúan a un lado y a otro de la frecuencia portadora: 10.000 p/s a cada lado. Por ejemplo, para una frecuencia de 1.000.000 p/s, las bandas de modulación van de 990.000 a 1.010.000 p/s.

Rad. — Exactamente. Pero si cada estación ocupara en la gama de frecuencias disponibles un espacio, digamos, de 20.000 p/s, no habría lugar para las emisoras existentes. Por eso una convención internacional ha limitado a 5 Kc/s el ancho de la banda de las frecuencias musicales. De este modo una emisora sólo



ocupa en el éter una banda de 10 Kc/s. Es suficiente que haya entre ambas ondas portadoras un espacio de otros 10 Kc/s para que las estaciones no se estorben entre sí... a condición de que el receptor sea lo suficientemente selectivo para separar esos 10 Kc/s...

Cur. — Creo que estamos en condiciones de realizar excelentes circuitos oscilantes para obtener un receptor que sólo capte una frecuencia...

Rad. — ¡Buen trabajo sería ése! Es fácil darse cuenta, amigo Curiosus, que un receptor así, sólo nos permitiría escuchar una nota musical. ¿Qué le parece si de la "Sinfonía Pastoral", con toda su riqueza de sonidos y matices, escucháramos tan sólo el mi bemol de la tercera octava, por ejemplo?

Cur. — Muy mal. Es preciso, entonces, que el receptor registre íntegramente los 10 Kc/s de las bandas de modulación, a fin de que reproduzca la música completa.

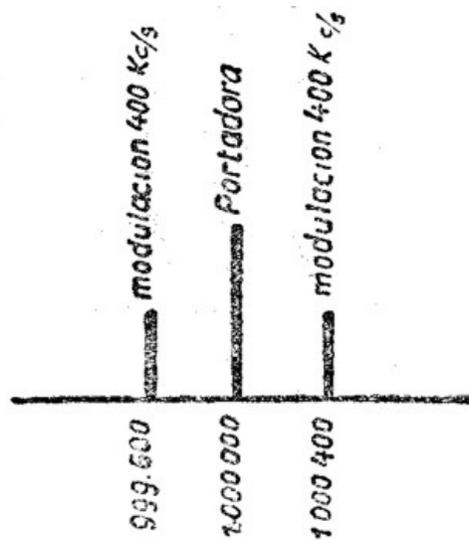


Figura 108. — Modulación en 400 p/s a ambos lados de la onda portadora de 1.000.000 p/s.

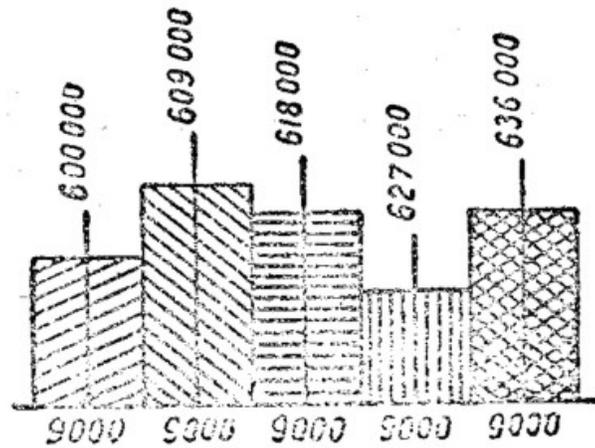


Figura 109. — Distribución de las frecuencias de las emisoras: las ondas portadoras están aquí separadas 9000 p/s; la banda de modulación es sólo de 4500 p/s.

Rad. — Pero también es preciso que no deje pasar una banda de frecuencias mayor, pues de lo contrario habrá interferencias entre las frecuencias vecinas. Y he aquí el terrible problema que presentan la fidelidad y la selectividad: cuanto menos selectivo es el receptor, tanto más fiel será la reproducción.

Cur. — Entre la selectividad y la fidelidad opto por esta última.

El filtro de banda reconcilia a los adversarios

Rad. — ¿Y de qué nos serviría la más alta fidelidad si la reproducción está llena de silbidos originados por las interferencias próximas?

Cur. — ¿Pero es que no existe la posibilidad de dejar pasar íntegramente una banda de 10 Kc/s, con exclusión de cualquier otra frecuencia ajena a esa banda?

Rad. — Sí. Al menos se alcanza a realizarlo aproximadamente. Pero un solo circuito oscilante es incapaz de lograrlo. La curva de resonancia...

Cur. — ¿Qué es eso?

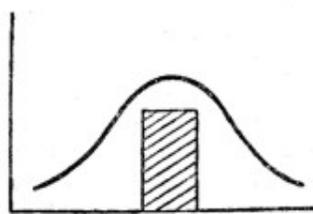


Fig. 110

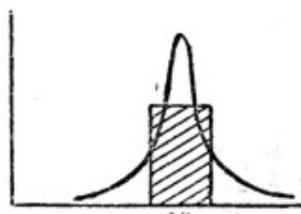


Fig. 111

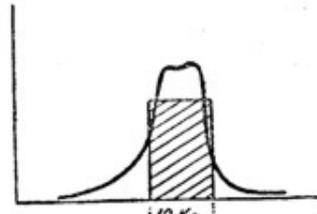


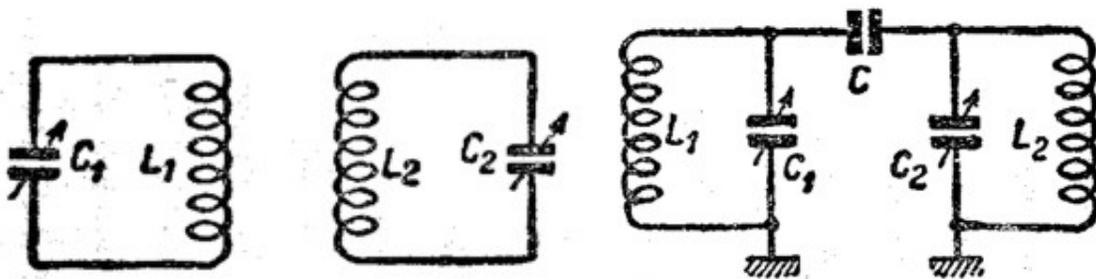
Fig. 112

Figura 110. — Circuito amortiguado: mala selectividad, buena calidad de reproducción. Figura 111. — Circuito poco amortiguado: buena selectividad, mala calidad de reproducción. Figura 112. — Filtro de banda que proporciona buena selectividad y fidelidad de reproducción.

Rad. — Se llama así la curva que muestra cómo varía en un circuito oscilante la intensidad de la corriente según su frecuencia. La intensidad alcanza el máximo con la resonancia. Después decae más o menos bruscamente, según que el circuito oponga más o menos resistencia a la corriente de alta frecuencia. Si el circuito es, como se acostumbra a llamarlo, amortiguado, su curva es muy ancha (figura 110); deja pasar una amplia banda de frecuencias, pero no es suficientemente selectivo. Si, por el contrario el circuito es muy poco amortiguado (figura 111), sólo deja pasar una banda estrecha de frecuencias: muy selectivo, en efecto, pero no deja pasar la totalidad de las bandas de modulación. La curva de resonancia ideal sería rectangular, con un ancho de 10 Kc/s, lo que indicaría que admite una banda de 10 Kc/s y ninguna otra...

Cur. — Si es una curva ideal, como usted dice, es imposible de obtener.

Rad. — En efecto; pero podemos aproximarnos mucho con los filtros de banda. Estos filtros, los más sencillos, están constituidos por dos circuitos oscilantes débilmente acoplados, sintonizados ambos a la frecuencia de la onda portadora. Acoplándolos más o menos, se obtiene una curva de resonancia más o menos ancha (figura 112), cuya forma se aproxima a la curva ideal.



Figuras 113. Filtro a inducción. Figura 114. Filtro con acoplamiento por capacidad.

Cur. — ¿Y cómo se efectúa el acoplamiento entre los dos circuitos oscilantes que constituyen el filtro de banda?

Rad. — El procedimiento más sencillo es por inducción (figura 113), es decir acoplando el primario y secundario de un transformador; también por capacidad (figura 114). En los filtros más elaborados se emplea el acoplamiento por impedancia (figura 115).

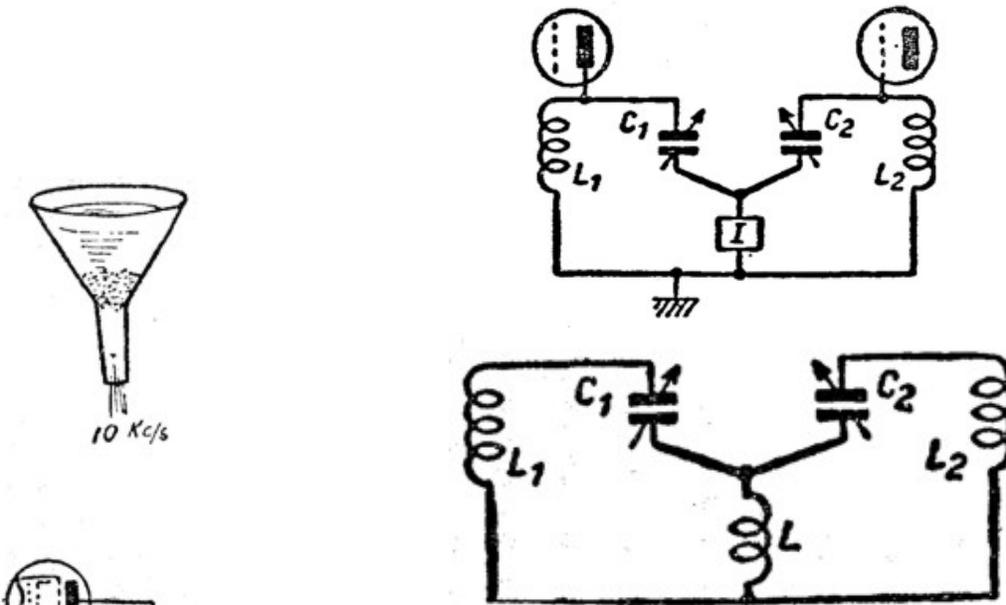
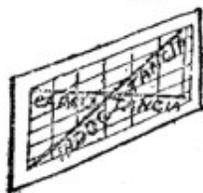
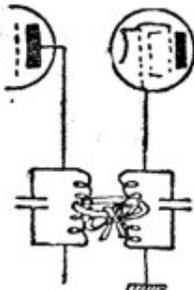
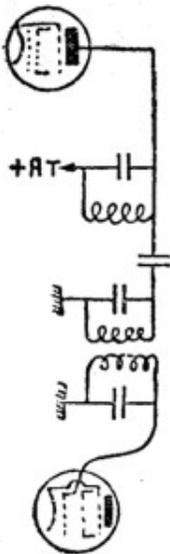
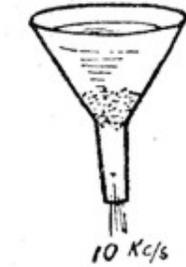


Figura 115. Acoplamiento por impedancia I. Figura 116. Filtro a capacitancia común.



Cur. — ¿De qué manera se produce el acoplamiento con la impedancia?

Rad. — La corriente que atraviesa el primer circuito (figura 115) desarrolla en la impedancia I una tensión alternada, que induce en el segundo otra de la misma naturaleza. Si se trata de una débil impedancia, la tensión desarrollada será débil también: equivaldrá a un acoplamiento flojo.

Cur. — ¿Qué clase de impedancia se emplea comúnmente?

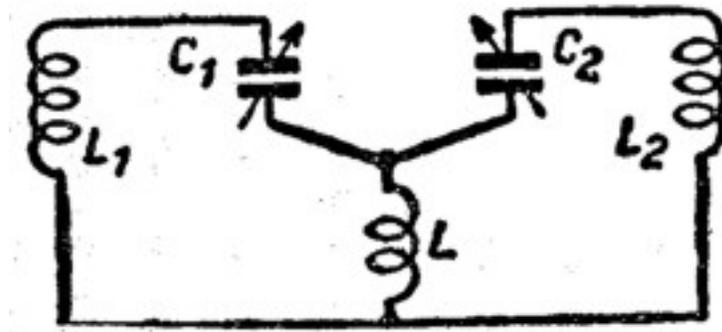


Figura 117. Filtro a inductancia común.

Rad. — Por capacidad (figura 116), o también por inductancia (figura 117). Para obtener una relación débil es necesario utilizar un condensador de capacidad bastante elevada, tanto más elevada cuanto menor sea la frecuencia.

Cur. — Ahora me acuerdo que la capacitancia, disminuye cuando la capacidad y la frecuencia aumentan. Y como la inductancia procede de manera inversa, supongo que en los filtros a inductancia, para obtener un acoplamiento flojo, es necesario que la autoinducción sea débil, tanto más débil cuanto la frecuencia es más elevada.

Rad. — Empezamos a razonar lógicamente. Tratemos, pues, de resolver este pequeño problema: Tenemos dos filtros, uno acoplado por capacitancia y el otro por inductancia; cambiemos la sintonía de esos circuitos, yendo de las frecuencias más bajas a las más elevadas. ¿El ancho de la banda pasante de cada uno de esos filtros quedará constante?



Cur. — No. En el filtro a capacitancia, aumentando la frecuencia, disminuye aquélla; el acoplamiento es menor y la banda pasante se vuelve más estrecha. En el filtro por inductancia, ésta aumenta con la frecuencia, y, por consiguiente, la banda pasante se abre.

Rad. —Muy bien. Observe que se trata de un fenómeno fastidioso. Imagínese que empleemos un filtro de éstos entre dos etapas de alta frecuencia. Supóngase que para una gama de ondas determinada, deja pasar la banda de frecuencias reglamentaria, o sea 10 Kc/s. Al sintonizar una emisora de frecuencia más elevada,

la banda pasante se volverá tan estrecha, que todo lo que ganamos en selectividad lo perderemos en fidelidad de reproducción.

Cur. — Sin embargo, yo creo que hay un medio muy sencillo de mantener constante para todas las frecuencias el ancho de la banda pasante. Bastaría reemplazar la impedancia común del filtro por una bobina de autoinducción y un condensador puestos en serie (figura 118). Sus efectos opuestos se compensarían mutuamente.

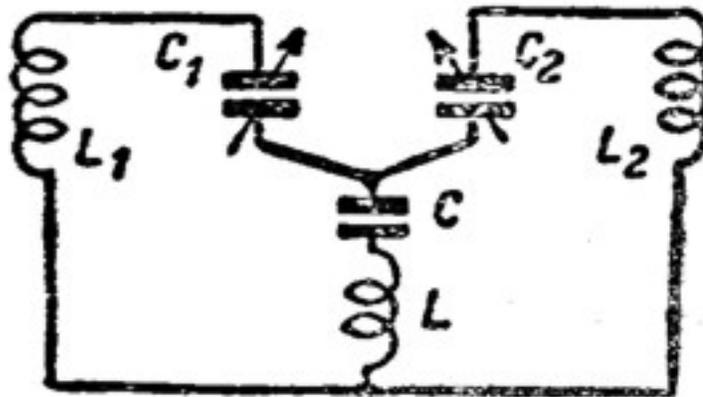
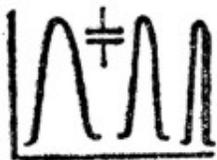
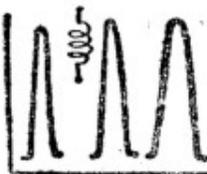


Figura 118. Filtro de Vreeland, a capacitancia e inductancia comunes.

Rad. — Antes que usted, un sabio llamado Vreeland experimentó ese dispositivo. Desgraciadamente, las cosas no son tan sencillas, pues haya que tener en cuenta los desfases de la corriente en L y C. Pero, afortunadamente, tenemos otro medio para, sortear el obstáculo: los filtros de banda de las etapas de frecuencia intermedia de los superheterodinos.



Cur. — Tiene razón. No había caído, en ello. Es claro, los hemos sintonizado definitivamente a la misma frecuencia y no hay que temer variaciones en el ancho de la banda pasante.



Rad. — Conviene advertir, empero, que los preselectores de los superheterodinos colocados entre la antena y la primera válvula, con objeto de eliminar la "frecuencia-imagen", son, con frecuencia, filtros de banda a capacitancia. Aquí se trata de eliminar una frecuencia distinta de la que tratamos de sintonizar.

Además, la banda pasante puede ser, sin inconveniente, superior a 10 Kc/s.

Curiosus opta por la selectividad variable

Cur. — Ahora supóngase que tenemos un receptor provisto de filtros de banda que, dejan, pasar los 10 Kc/s. Si queremos escuchar una estación lejana separada sólo 10 Kc/s de otra potente emisora local, ¿no entorpecerá esta última la recepción de la otra?

Rad. — Toda vez que las curvas de resonancia de los filtros sólo se asemejan a la curva ideal, indudablemente la estación local nos molestará. Para recibirla sin perturbaciones sería menester un receptor de selectividad exagerada: su banda pasante, en ese caso, debería ser inferior a 10 Kc/s. Así, sacrificando la calidad, podemos llegar a recibir la emisora lejana satisfactoriamente.

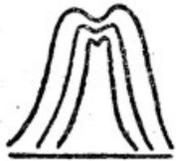
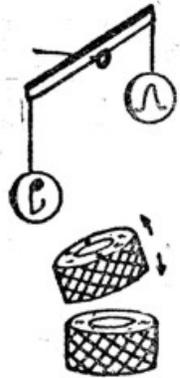
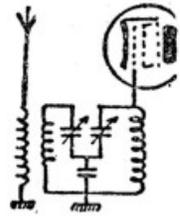
Cur. — Prefiero dejar de escuchar ciertas estaciones, si a causa de la selectividad exagerada debo sacrificar la calidad.

Rad. — Afortunadamente, pueden conciliarse ambos efectos contrarios recurriendo a la selectividad variable. Así, se descuida un tanto ésta cuando se trata de escuchar estaciones que no podrían ser perturbadas por hallarse muy próximas y ser muy potentes. Su reproducción sería, de la máxima calidad. Cuando se trata, en cambio, de estaciones lejanas y débiles, se recurre a una selectividad más aguda para evitar toda interferencia. En cualquier caso se obtiene de ese modo una fidelidad compatible con una audición sin perturbaciones.

Cur. — ¡Maravilloso! ¿Y cómo se logra la selectividad variable?

Rad. — ¡Me hace preguntas infantiles! Para variar el ancho de la banda pasante de un filtro no hay más que variar el acoplamiento. Así, en los filtros de acoplamiento por inducción mutua, basta utilizar bobinas móviles. En los filtros a impedancia se emplean condensadores o bobinas de autoinducción variable. Deben, es claro, tomarse ciertas precauciones para evitar la desintonización de los circuitos provocada por las variaciones de acoplamiento.

Cur. — ¡Encantado! Mi próximo receptor será a selectividad variable.



Comentarios a la decimonovena conversación

Diversas clases de deformaciones.

El objetivo hacia el cual tienden actualmente los esfuerzos de los técnicos, después de muchos años, es la obtención de una fidelidad perfecta de la reproducción musical. Evidentemente sería el ideal obtener del altoparlante sonidos idénticos a los que impresionaron el micrófono en el estudio de emisión. Sin que haya podido alcanzarse una solución perfecta, los investigadores han conseguido, sin embargo, acercarse cada día más a ese ideal, suprimiendo poco a poco las diversas fuentes de deformación. Si comparamos la calidad sonora de los receptores actuales con lo que se consideraba como una buena reproducción hace diez años, se tendrá que reconocer la importancia de los progresos efectuados.

Las deformaciones pueden presentar distintos aspectos. Podemos reconocer deformaciones lineales, las cuales se manifiestan por la desigualdad de la reproducción de diferentes frecuencias musicales. En la mayoría de los receptores de calidad solamente mediana, las notas graves y las agudas son atenuadas en relación a las notas del registro medio. Por otra parte, el lector conoce ya la existencia de las deformaciones no lineales, debidas a la curvatura de las características de las válvulas, las cuales afectan simultáneamente las relaciones de intensidad y la forma misma de las oscilaciones. Esta deformación se caracteriza por la aparición de sonidos que no existían en la música original. Finalmente pueden agregarse ruidos de origen extraño: zumbidos de línea debidos a un filtraje insuficiente de la AT o a inducciones parásitas; soplido debido a irregularidades de la emisión electrónica de los cátodos y a la agitación térmica de los conductores; y, por último, los parásitos atmosféricos e industriales.

Un estudio profundo de la cuestión conduce a la siguiente y alarmante constatación: todos los circuitos y partes de un receptor son susceptibles de ocasionar deformaciones. Estas pueden tener lugar tanto en la parte de alta frecuencia como en la detectora y en la baja frecuencia. Y uno queda confundido y admirado de que, a pesar de las mil amenazas que acechan a la corriente musical

durante su trayecto a través de todas las etapas, conserva, sin embargo, poco menos que intacta su pureza original.

Bandas laterales de modulación.

Las deformaciones producidas en la parte de AF (y, en los superheterodinos, comprendido el amplificador de FI) pueden deberse a una selectividad excesiva de los circuitos sintonizados.

En nuestros razonamientos anteriores hemos considerado que la corriente de AF recibida por la antena no tiene más que una sola frecuencia: aquella de la oscilación entretenida de AF, que sirve de portadora a la modulación de BF. Sin embargo, una tal concepción no corresponde a la realidad, por demasiado simplista.

El hecho de modular la AF mediante corrientes de BF equivale a una verdadera conversión de frecuencia, tal como la hemos estudiado en el superheterodino. Pero hasta en este último, no hemos expuesto más que una parte de los fenómenos a los cuales da lugar la superposición de dos oscilaciones de diferentes frecuencias.

En realidad, cuando superponemos dos corrientes de frecuencias F y f , aparecen en la corriente resultante no solamente una componente de frecuencia $F - f$ (que es lo que ya sabemos), sino también una componente de frecuencia f . Por lo tanto, al modular una corriente portadora de AF cuya frecuencia es F mediante una corriente musical de frecuencia f , aparecen a ambos lados de la frecuencia F dos componentes, de las cuales una es $F - f$ y la otra $F + f$, ambas simétricas con respecto a F . Estas dos frecuencias son llamadas *frecuencias laterales de modulación*.

No obstante, durante una transmisión de la palabra o de la música, no tenemos que tratar solamente con una única frecuencia, sino que toda una banda de frecuencias que se extiende hasta los 10.000 ó 16.000 p/s. Es así que alrededor de la frecuencia portadora F se crean bandas laterales de modulación que ocupan todo el intervalo de frecuencias entre $F - f$ y $F + f$, es decir, una extensión de $2f$.

A título de ejemplo, una emisión realizada a 1.000.000 p/s, (longitud de onda de 300 metros), modulada por frecuencias musicales que llegan hasta los 10.000

p/s, ocupará todas las frecuencias comprendidas entre 990.000 y 1.010.000 p/s, o sea un intervalo de 20.000 períodos.

Musicalidad y selectividad.

La frecuencia portadora más cercana de un emisor diferente a aquel que se desea escuchar, debe hallarse alejada por lo menos $2 f$ para que no tengan lugar interferencias entre las frecuencias de las bandas laterales. En el ejemplo dado anteriormente, el emisor más cercano en frecuencia ha de emitir en 980.000 p/s o bien en 1.020.000 p/s. En el primer caso, este segundo emisor ocupará las frecuencias de 970.000 p/s hasta 990.000 p/s; en el segundo caso de 1.010.000 a 1.930.000

A fin de permitir un gran número de emisiones dentro de las bandas reservadas a la radiación radiodifusión, una convención internacional ha limitado a 9.000 p/s el intervalo total de frecuencias que pueden ocupar las dos bandas laterales de un emisor. En tales condiciones, las frecuencias musicales que transmite no han de sobrepasar los 4.500 p/s. Esta limitación de la radiodifusión la convierte, desde el punto de vista de la fidelidad de reproducción, en el "pariente pobre" del fonógrafo eléctrico y del cinematógrafo sonoro, los cuales, estando al abrigo de tales restricciones, pueden alcanzar frecuencias musicales más altas.

No obstante, aún con los 4.500 p/s se puede alcanzar una buena calidad de reproducción bajo la condición de un cortar en el receptor mismo las frecuencias elevadas de la modulación. Y es justamente éste el fenómeno nefasto al cual dan lugar los circuitos demasiado selectivos. Al no poder dejar pasar más que una estrecha banda de frecuencias, atenúa o suprimen todas las demás frecuencias de la modulación.

Por otra parte, es cierto también que nada es más fácil que hacer menos selectivo un circuito. Es suficiente con amortiguarlo provocando pérdidas mediante una resistencia conectada en derivación, de manera que consuma una cierta corriente. No obstante, en tal caso tendremos como resultado una cierta pérdida de sensibilidad y ya no tendremos la suficiente selectividad requerida para evitar la recepción de las emisiones en frecuencias vecinas.

El dilema planteado se aclara notablemente cuando se estudian las respectivas curvas de resonancia. Estas curvas muestran las variaciones de la intensidad de la corriente que circula en un circuito oscilante en función de la frecuencia de la corriente. Siendo pequeña a ambos lados de la frecuencia de resonancia, alcanza, en cambio, su máximo en esta frecuencia.

Superponiendo estas curvas sobre un rectángulo que constituye la imagen de una emisión con sus bandas laterales, se ve que un circuito poco selectivo (figura 110) pasa sus flancos bastante más allá del intervalo de las frecuencias que nos interesan y, por lo tanto, dejará pasar igualmente las frecuencias de otras emisiones. En cambio, al ser demasiado selectivo (figura 111), el circuito "corta" las frecuencias elevadas de las bandas laterales.

Filtros de banda.

La solución la ofrecen los circuitos compuestos, que llevan el nombre de filtros de banda, y cuyas curvas de resonancia se aproximan a la forma ideal, que sería la de un rectángulo. Respetan en todo su intervalo de 9,000 períodos las frecuencias musicales y "caen" en seguida, en forma muy abrupta, a fin de no dejar pasar las emisiones vecinas.

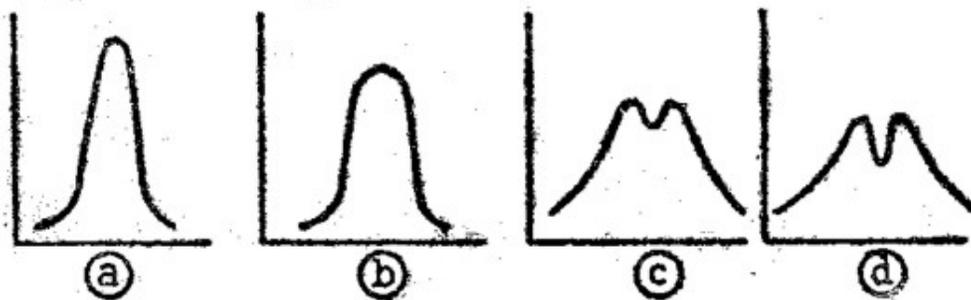


Figura XXII. — Dos circuitos sintonizados acoplados dan lugar a una de las cuatro curvas de resonancia indicadas en esta figura, según que el acoplamiento sea flojo (a), mediano (b), cerrado (c) o muy cerrado (d).

Un filtro de banda se halla formado por dos circuitos oscilantes acoplados. Según que el acoplamiento entre ambos sea flojo, mediano, cerrado o muy cerrado, la curva de resonancia tendrá respectivamente los aspectos indicados en la figura XXII. La doble cresta que caracteriza el acoplamiento cerrado o muy cerrado, sólo

aparece más allá de un cierto grado de acoplamiento, llamado "acoplamiento crítico". Es justamente para los valores- cercanos al acoplamiento crítico que la curva de resonancia del filtro de banda ofrece las mejores condiciones para lograr el compromiso óptimo entre selectividad y musicalidad.

El acoplamiento entre ambos circuitos puede realizarse de diferentes maneras: por inducción entre los bobinados (tal como se hacen los transformadores de FI de triple sintonía, por ejemplo), por capacidad, por empleo combinado de inducción y capacidad o también por impedancia común (capacitancia, inductancia o hasta ambas al mismo tiempo).

Dos filtros de banda se emplean como circuito de sintonía de antena o como circuitos de acoplamiento entre válvulas de AF y FI.

Selectividad variable.

El ancho de la banda pasante depende del grado de acoplamiento. Haciendo regulable a este último, podemos variar, por lo tanto, el ancho de la banda de frecuencias transmitidas por el filtro. Es así como se realiza la selectividad variable, la cual permite adaptar el receptor a las condiciones de recepción más variables.

Para poder escuchar una emisión lejana que puede ser molestada por un emisor potente de frecuencia cercana se lleva la selectividad al máximo, aún a costa de la musicalidad. Por el contrario, cuando se trata de escuchar una emisión cercana y potente se lleva la selectividad a un mínimo, obteniendo así también la máxima musicalidad.

Deformaciones en la parte de BF

Las deformaciones que tienen lugar en la parte de BF de un receptor pertenecen principalmente a la categoría de las deformaciones no lineales, debidas a la curvatura de las características de las válvulas. Esta curvatura existe hasta en la parte que hemos considerado, como primera aproximación, la parte "recta" de la característica. Mientras se trata solamente de pequeñas amplitudes de tensiones, alternas de grilla, esta forma de comparar la parte interesada de la característica con una recta resulta perfectamente lícita. Pero en BF, y sobre todo en lo que concierne a la válvula final, nos hallamos en presencia de tensiones alternas

relativamente elevadas, manifestándose en este caso la curvatura de la característica por una cierta deformación de la corriente anódica.

Un análisis profundizado del fenómeno nos muestra que la modificación de la forma de la corriente anódica se traduce en la aparición de sonidos armónicos, es decir, de notas de frecuencia doble, triple, etc., de la frecuencia fundamental del sonido. Las armónicas así creadas afectan el timbre del sonido y perjudican la fidelidad de reproducción.

Contra-reacción.

El remedio propuesto pertenece a la clase de los que sanan el mal mediante el mismo mal. A fin de suprimir, o por lo menos atenuar, la de---formación en el amplificador de B. F., se introducen deformaciones de naturaleza idéntica a las que produce el amplificador, pero en sentido opuesto, en forma de neutralizar las unas a las otras.

Ahora ¿de dónde tomamos deformaciones idénticas a las que produce el amplificador mismo? La forma más simple y segura es tomarlas a la salida misma del amplificador y aplicarlas a la entrada, pero en oposición de fase, conjuntamente con las tensiones que, una vez amplificadas, le han dado su origen.

Este es justamente el principio de la contra-reacción, vale decir que hacemos uso de contra-reacción al tomar de la salida de una válvula (o de un amplificador completo) una parte de la tensión disponible y reinyectándola en la entrada, pero en oposición de fase.

Naturalmente que el ideal sería poder tomar a la salida del amplificador solamente las tensiones deformadas. Pero, evidentemente, no son separables de la tensión total. Es, por lo tanto, una parte más o menos pequeña e de la tensión total de salida la que aplicamos a la entrada en oposición de fase con la tensión E que B_e aplicó (figura XXIII). ¿Qué sucede, en este caso?

Estando en oposición de fase, la tensión e debe restarse de la tensión E , de manera que a la entrada del amplificador tendremos solamente una tensión $E - e$. Esto no tiene mayor importancia, desde que esta reducción puede ser ampliamente compensada por la amplificación del conjunto. Lo que es interesante e importante, en cambio, es que en la tensión $E - e$ tenemos ahora deformaciones que no existían

en la tensión original E y que se aplican en sentido opuesto al sentido en que se originan en el amplificador. Esto tiene como consecuencia una considerable reducción de las deformaciones.

Naturalmente que la contra-reacción no permite eliminar totalmente las deformaciones, ya que es necesario disponer de alguna a la salida a fin de poder reinyectarla a la entrada; es "corregida" en las válvulas por la deformación en sentido opuesto, de manera que sólo queda una ínfima parte a la salida.

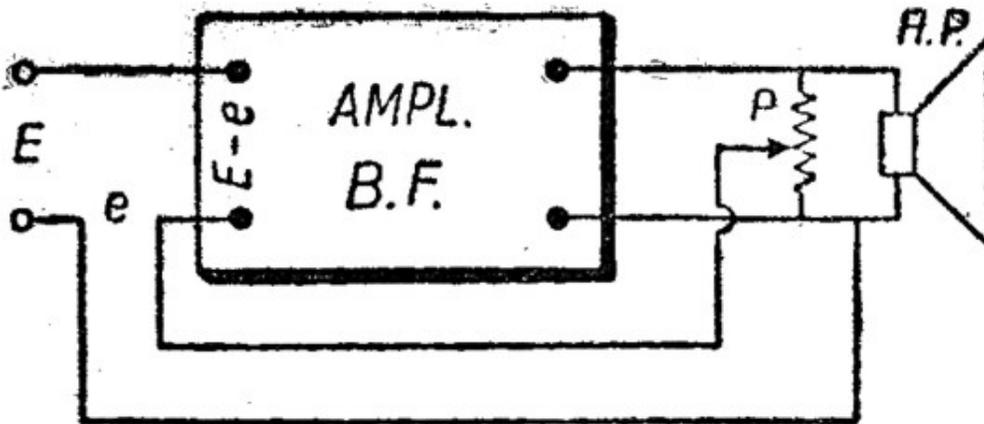


Figura XXIII. — Esquema general de la contra-reacción. La porción necesaria de la tensión de salida es tomada mediante la ayuda del potenciómetro P .

Debido a que la tensión E a la entrada del amplificador se halla reducida al valor $E - e$ y por la parte e de la tensión de salida, la contra-reacción reduce la amplificación en cierta magnitud. Por lo tanto, sólo debe aplicarse contra-reacción a aquellos aparatos que posean suficiente reserva de amplificación, de manera que, a pesar de esta reducción, la válvula final pueda proporcionar al altavoz la potencia deseada.

La contra-reacción sobre la válvula final.

¿Cómo se lleva a cabo prácticamente la contra-reacción? Dado que las principales deformaciones tienen lugar generalmente en la válvula final, se aplica frecuentemente la contra-reacción sólo a esta válvula. En estos casos, el recurso más simple consiste (figura XXIV) en reunir la placa de la válvula final $V2$ con la placa de la preamplificadora $V1$ mediante la ayuda de una resistencia R de valor

elevado (1 a 2 megaohms). Es a través de esta resistencia que se retornan, en parte, las tensiones alternas desarrolladas en el primario del transformador de salida a la grilla de la válvula final, pasando por el condensador de acoplamiento C.

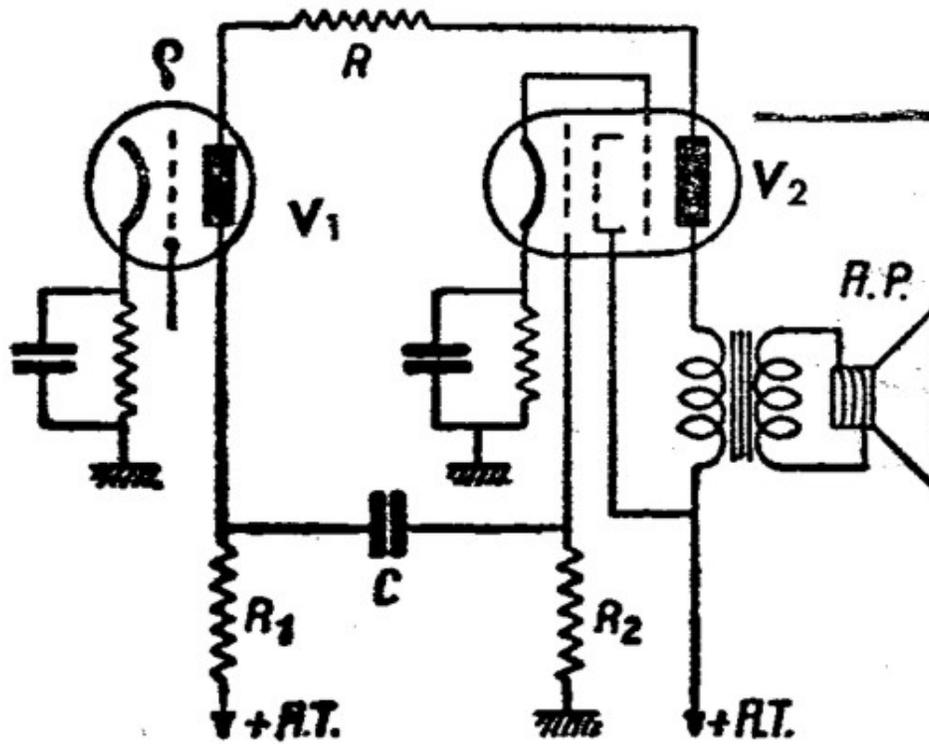


Figura XXIV. — Contra-reacción sobre la válvula final, aplicada mediante la resistencia R.

Es de hacer notar que también aquí, al igual que en el esquema general de la figura XXIII, nos hallamos en presencia de un potenciómetro que divide la tensión de salida en forma de retornar solamente una parte de la misma. En la figura XXIV, el potenciómetro está constituido por una parte por la resistencia R y por la otra por tres resistencias puestas en paralelo: la resistencia interna ρ de la válvula V1 y las resistencias R1 y R2. Estas tres resistencias se hallan conectadas por una parte al anodo de V1 y por la otra al + o al - de AT, lo cual es lo mismo desde el punto de vista de las corrientes alternas. Como la resistencia equivalente de ρ , R1 y R2, conectadas en paralelo es pequeña comparada con el valor de R, será aplicada a la grilla de V2 solamente una pequeña parte de la tensión de salida.

Contra reacción con corrección de la tonalidad.

Quando se desea aplicar contra-reacción a dos válvulas que componen al amplificador de BF de un receptor, es preferible tomar la tensión necesaria sobre el secundario del transformador de salida, el cual es, como ya sabemos, un transformador reductor. Se la aplica a la primera válvula mediante la ayuda de una resistencia R_1 de reducido valor (10 ó 20 ohms) intercalada entre el cátodo y la resistencia de polarización (figura XXV). El cátodo se halla de esta manera promovido al grado -de electrodo de control con respecto a la tensión de contra-reacción.

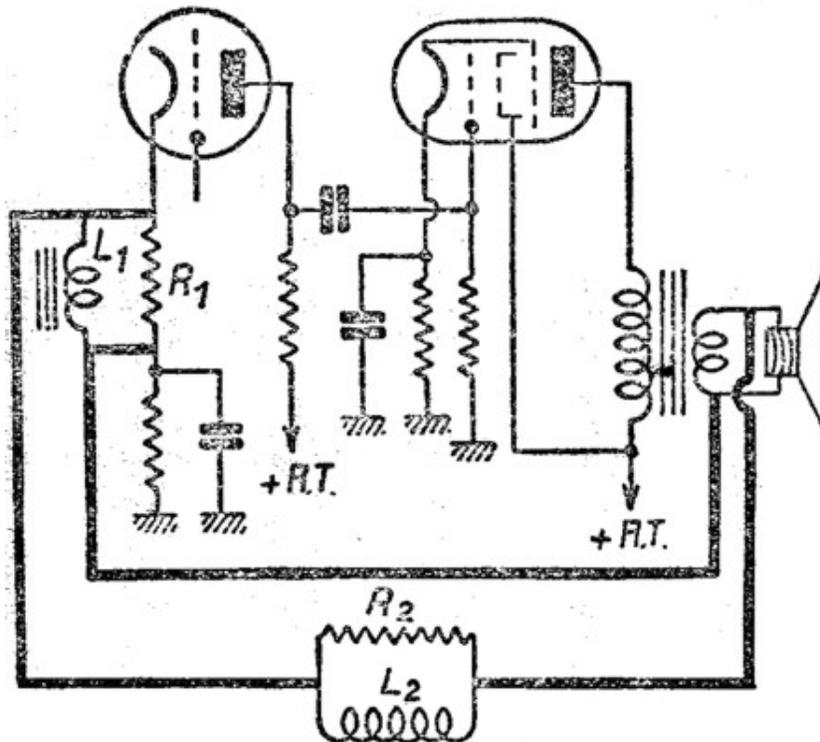


Figura XXV. — Contra-reacción sobre el amplificador de BF con corrección de tonalidad. La resistencia R_1 es del orden de los 10 a 20 ohms. R_2 es de 500 ohms. L_1 es de 25 milihenrios, mientras L_2 tiene 15 milihenrios.

Muchas veces se aprovecha este dispositivo para mejorar al mismo tiempo la reproducción de las notas graves y agudas, las cuales se hallan generalmente atenuadas en relación al registro medio. A fin de amplificar mejor los graves y los agudos, será suficiente reducir las tensiones de contrareacción para las correspondientes frecuencias. De esta manera, la contra-reacción será menos

enérgica para los graves y agudos, los cuales serán así mejor amplificados en relación al registro medio.

Esta "corrección de tonalidad" se lleva a cabo mediante la ayuda de dos pequeñas inductancias L1 y L2. La primera de ellas, conectada en derivación con el circuito de contra-reacción, deja pasar las corrientes tanto más fácilmente cuanto más baja es su frecuencia, y esto en detrimento de la corriente que pasa por R1. Por lo tanto, cuanto más baja es la frecuencia, menos tensión habrá en R1 para ejercer el efecto de contra-reacción. Por lo tanto, la bobina L1 corrige la respuesta a las notas graves.

La bobina L2, conectada en serie, se opone al paso de las corrientes en forma tanto más enérgica cuanto más elevada es su frecuencia. De esto resulta que las frecuencias de las notas agudas hallarán un camino menos fácil hacia R1 y que para ellas la- contra-reacción provocará una menor disminución de la amplificación.

Si bien esta forma de "corregir la tonalidad" parece ser de una simplicidad sorprendente y por ello es, efectivamente, muy empleado, nosotros no preconizamos su aplicación sino con ciertas reservas. En efecto. Al reducir el efecto de la contra-reacción para ciertas frecuencias, no debemos olvidar, al mismo tiempo, que la misión esencial de la contra-reacción es atenuar las deformaciones. Por lo tanto, las frecuencias "favorecidas" por una contra-reacción reducida serán también las más afectadas por las deformaciones insuficientemente corregidas. Si este efecto puede ser de no mucha importancia para las notas agudas (cuyas armónicas salen fuera de la escala de frecuencias audibles) puede resultar, en cambio, muy desagradable en las notas graves.

Y dado que existen otros métodos de corrección de la tonalidad que no se aplican en el circuito de contra reacción, resulta casi preferible no emplear el recurso indicado, pues no es lógico introducir deformaciones molestas para suprimir otras deformaciones que generalmente son menos molestas.

VIGÉSIMA Y ÚLTIMA CONVERSACIÓN

Henos aquí al término de nuestro viaje a través del pintoresco país de la radio,

que nuestros amigos acaban de recorrer con sus charlas. Si usted los ha seguido atentamente, la radio no le ofrecerá secretos, al menos en sus lineamientos generales. Pero, antes de separarse, Radiol y Curiosus, aprovechando los conocimientos adquiridos, trazan y analizan el esquema de un receptor moderno, cuya construcción emprenderán.

¡A la obra!

Curiosus. — ¿Pero a dónde va usted con este cargamento? ¿Es que ha asaltado algún negocio de radio?

Radiol. — Ha faltado poco... Vamos ahora a entrar en la fase decisiva de nuestra colaboración técnica, que espero será promisoría de frutos...

Cur. — Por favor... no me vaya a largar un discurso parlamentario... Dígame mejor para qué sirve esta cantidad de bobinas blindadas, válvulas, resistencias, condensadores...

Rad. — Sencillamente, para dar comienzo al receptor que prometimos quién sabe cuándo a madrina. Espero ahora que a usted no le será ajeno nada que se refiera al funcionamiento de los receptores y que está en condiciones de abordar su construcción.

Cur. — No sé si sus palabras debo tomarlas como una prueba de confianza, o es que me está lisonjeando... Vamos a ver qué esquema va a presentarme.

Rad. — No le voy a presentar ninguno. Dígame qué clase de aparato desea y trataré de dibujar el esquema siguiendo sus indicaciones.

Cur. — Muy bien. El receptor será, desde luego, un superheterodino. Para empezar, colocaremos en la entrada un filtro de banda preselector. Puesto que se trata de una banda pasante bastante ancha, lo justo para eliminar la frecuencia imagen, podemos adoptar un filtro a capacitancia común.

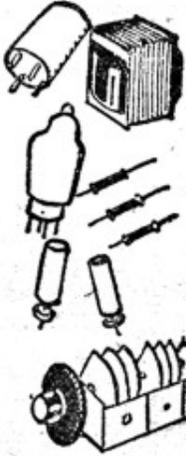
Rad. — Sus indicaciones están cumplidas; Aquí tiene el filtro. La bobina L1 de antena está acoplada por inducción, al primer circuito oscilante L2 C1, que por la capacitancia común del condensador C3 está acoplado, a su vez, al circuito L3.

Cur. — Gracias. Ahora será bueno asegurar una amplificación de alta frecuencia valiéndose de un pentodo.

Rad. — Nada más fácil. Lo polarizaremos con la resistencia R1, en paralelo con C4, y fijaremos el potencial de la grilla-pantalla mediante R2 y R3 y el condensador de desacoplamiento C5. La transferencia a la válvula siguiente se obtiene con el transformador L4 L5, cuyo secundario sintoniza C7. En fin, el circuito de placa lo constituyen R4 y C6.



Cur. — Muy bien. Creo que ahora podemos utilizar un octodo a continuación, como conversor de frecuencia.



Rad. — Perfectamente. Polarizaremos el octodo con R5. El circuito oscilante del heterodino local está compuesto por L6 y C8, y la bobina de reacción la representa L7. El circuito L6 C8 está conectado a la primera grilla a través de C10. Fija el potencial de esta grilla R6. La oscilación de alta frecuencia actúa, sobre la grilla sensible de la convertora por medio de L5 C7 Fijan el potencial de la doble grilla-pantalla de esta válvula R7 y R8.

Cur. — Visto esto de cerca, no es tan terriblemente complicado. Ahora, permítame que adopte el dispositivo de la selectividad variable.



Rad. — Esto es importante. Coloco, pues, en la entrada y salida del pentodo FI dos filtros de banda, Tr1 y Tr2, de acoplamiento variable. ¿Y ahora?...

Cur. — Detectemos la corriente de frecuencia intermedia. ¿Quiere que adoptemos a este efecto un diodo combinado con un

triodo, de manera que este último nos procure la preamplificación de baja frecuencia?

Rad. — Aceptado. La resistencia R15 y el condensador C18 permitirán recoger las tensiones de baja frecuencia que desarrolla en la detección el diodo. En el esquema, R15 es un potenciómetro de manera que una parte más o menos grande de esa tensión pasará a la grilla del triodo a través del condensador C17 el potencial de esta grilla lo fija R16. Este potencial es negativo con respecto al del cátodo, que es más positivo que la masa, gracias a la resistencia de polarización R14.

Cur. — ¿Quiere que construyamos un receptor moderno? Entonces es indispensable dotarlo de regulador antifading. ¿No se podrían utilizar ese efecto las tensiones desarrolladas en la extremidad X de la resistencia de detección R15?

Rad. — Desde luego. Llevaremos esas tensiones, a través del sistema de retardo C17 y C19, a las grillas de los pentodos de alta frecuencia y FI.

Cur. — Y puesto que ya tenemos el regulador antifading, ¿sería difícil colocar un indicador visual de sintonía?

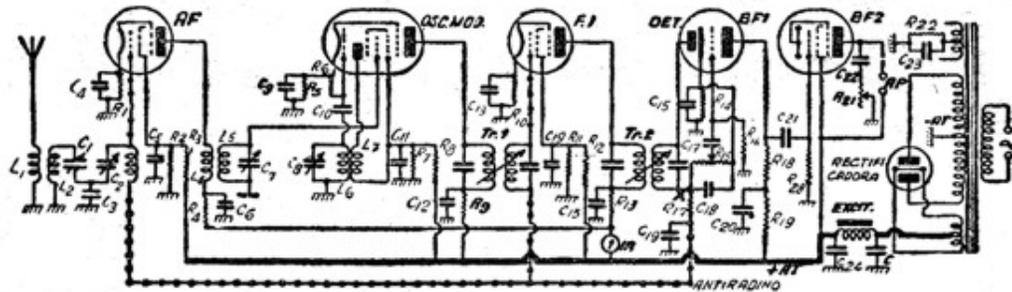


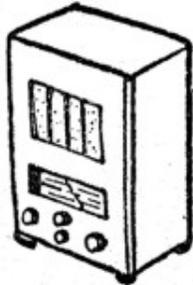
Fig. 119. — He aquí — después de algunas modificaciones — el esquema definitivo del receptor cuya construcción llevarán a cabo Radiol y Curiosus.

Rad. — Nada más sencillo. En lugar de conectar directamente la AT a las resistencias R4 y R13, lo hacemos a través del miliamperímetro IR. Ve usted que ambas resistencias integran los circuitos de placa de nuestros dos pentodos, contribuyendo a la acción del antifading. Cuando el instrumento marque el paso mínimo de corriente indicará que tenemos la sintonía exacta.

Cur. — Le agradezco que satisfaga mis deseos apenas formulados. Seguramente no habrá usted contado con una ayuda tan eficaz cuando hacia sus pininos... Pero continuemos con nuestro futuro receptor. Faltan aún las válvulas de salida y la rectificadora. El acoplamiento de la primera lo haremos por resistencia y condensador.



Rad. — Muy bien. En la placa de la preamplificadora conectaremos R18 y R19, entre las cuales situaremos el condensador de escape C20. El condensador asegura el acoplamiento. El potencial de la grilla del pentodo de salida lo fija R20 C21, y como ésta es una válvula a calentamiento directo, la polarizaremos mediante la resistencia R22, conectada entre el punto medio del secundario de filamento y masa. En cuanto a la alimentación, será la usual en estos casos. La corriente enderezada por una rectificadora de onda completa, pasa a un filtro constituido por dos condensadores de gran capacidad, C24 y C25, y el campo del altoparlante electrodinámico se excita al ser atravesado por la alta tensión.



Cur. — Estoy observando algo que no me es familiar: el condensador C22 y el potenciómetro R21 están conectados en serie entre la válvula de salida y masa. ¿Para qué sirve eso?

Rad. — Para desviar del parlante las frecuencias elevadas de la música. Usted comprenderá. Los pentodos, sobre todo en baja frecuencia, tienen la tendencia de amplificar las frecuencias elevadas, favoreciendo así las notas agudas de la música. Para evitar que la reproducción sea excesivamente rica en agudos, se atenúa la intensidad de las frecuencias elevadas desviándolas a través de C22 y R21. Cuanto más elevadas sean las frecuencias, con mayor facilidad atravesarán el condensador, como usted sabe perfectamente. Para regular la cantidad de corriente que substraemos, por desviación del altoparlante, colocamos después del condensador una resistencia variable, con punto medio a masa. Este dispositivo recibe el nombre de regulador de tono, porque permite atenuar más o menos la intensidad de las notas agudas.

Cur. — Entonces además del control de sintonía del grupo de condensadores variables (C1, C2, C7, C8), nuestro receptor tiene otro control para regular el volumen (R15) y otro más para el tono (R21)

Rad. — Se olvida de la llave de cambio para las diversas gamas de onda... Y ahora, querido amigo, provéase de las herramientas necesarias, y... ¡a trabajar!

Últimos consejos

Cur. — ¿Cree usted, sinceramente, que poseo los conocimientos suficientes de esta técnica?

Rad. — No hay duda de que en el curso de estas veinte conversaciones, que nos han deparado momentos tan agradables, no he podido exponer todas las sutilezas de la teoría; pero usted está hoy en condiciones de interpretar cualquier circuito. Los esquemas más complicados no le serán difíciles, porque conoce cada una de sus partes y sabe analizar. El tiempo y la experiencia, le enseñarán a reconocer con rapidez los elementos y sus funciones. En presencia de los esquemas, adopte la buena costumbre de seguir, lápiz en mano, el recorrido de la corriente en cada uno de los diferentes circuitos, especialmente los del cátodo-ánodo de las válvulas. No olvide nunca que la corriente sale del cátodo y debe regresar a él finalmente. Ejercítese, con la mayor frecuencia posible, en la lectura de los más variados esquemas. Conociendo la función que desempeñan cada uno de los elementos de un circuito y luego todos entre sí, es como puede alcanzarse el éxito en la construcción práctica. No olvide tampoco que la radioelectricidad es una ciencia joven, en pleno desarrollo, y que la lectura frecuente de libros y revistas del género es indispensable para estar al corriente de su progreso extraordinario... Ahora bien, en el transcurso de nuestras conversaciones han 'sido muchas las preguntas que usted me ha dirigido, como es natural que así fuera; permita-me ahora, para terminar, que yo le pregunte a mi vez: ¿Sigue creyendo usted que la radio es "terriblemente complicada"?

Cur. — ¿La radio?... ¡Pero si es muy fácil!



Comentarios a la vigésima conversación

Parásitos industriales.

En esta última conversación Radiol y Curiosus, colaborando amigablemente, han dibujado el esquema de un excelente receptor, bien estudiado en todos sus detalles. No obstante, han pasado en silencio el problema del colector de ondas.

Esta omisión es bien excusable. La sensibilidad de un receptor moderno, tal como el que van a poner en práctica, permite conformarse con una antena bien modesta por cierto. Unos metros de cable tendido cerca del techo de la habitación y convenientemente aislado de los clavos que lo sujetan, son suficientes para poder escuchar a "toda Europa en altoparlante", según la expresión trivial de los anuncios de publicidad. Por otra parte, la toma de tierra, se obtiene conectando el borne correspondiente del receptor a una cañería de agua, de la calefacción central o del gas.

Además, frecuentemente los receptores se desempeñan en forma satisfactoria sin la toma de tierra, bastando la capacidad propia del chasis para servir de receptáculo a los electrones que van y vienen de la antena.

No obstante, si bien una tal antena se halla sometida a la acción de las ondas radioeléctricas, es impresionada igualmente por los parásitos industriales. Estas perturbaciones, tal como ya lo dijéramos, son generadas por diferentes instalaciones de electricidad doméstica, médica o industrial. Son oscilaciones de AF, que se propagan bajo la forma de ondas electromagnéticas, ocupando amplias bandas de frecuencias, de manera que afectan la recepción de las emisiones de casi todas las frecuencias.

Las ondas parásitas son de potencia relativamente e pequeña e irradian solamente hasta límites comprendidos dentro de un conjunto de inmuebles donde se ve facilitada su propagación por todas las canalizaciones y armaduras metálicas. Igualmente, el campo de estas ondas se debilita muy rápidamente en sentido vertical por encima de los techos, de manera que a algunos metros de elevación sobre ellos, la acción de los parásitos se hace generalmente insignificante.

Antenas antiparásitas.

Es sobre este hecho que se halla basado el empleo de las llamadas antenas antiparásitas que se instalan mediante mástiles, en forma de elevarlas bien por encima del nivel de los techos. No tiene mayor importancia que tales antenas afecten la forma de un sinople alambre horizontal o vertical, que estén constituidas por una bola o por una jaula metálica. Lo esencial es que emerjan por encima de la zona sumergida en los parásitos. Cumpliéndose esta condición, será seguro que la corriente recogida por la antena se deberá únicamente a las ondas de los emisores de radio, estando exenta de toda acción de los parásitos industriales.

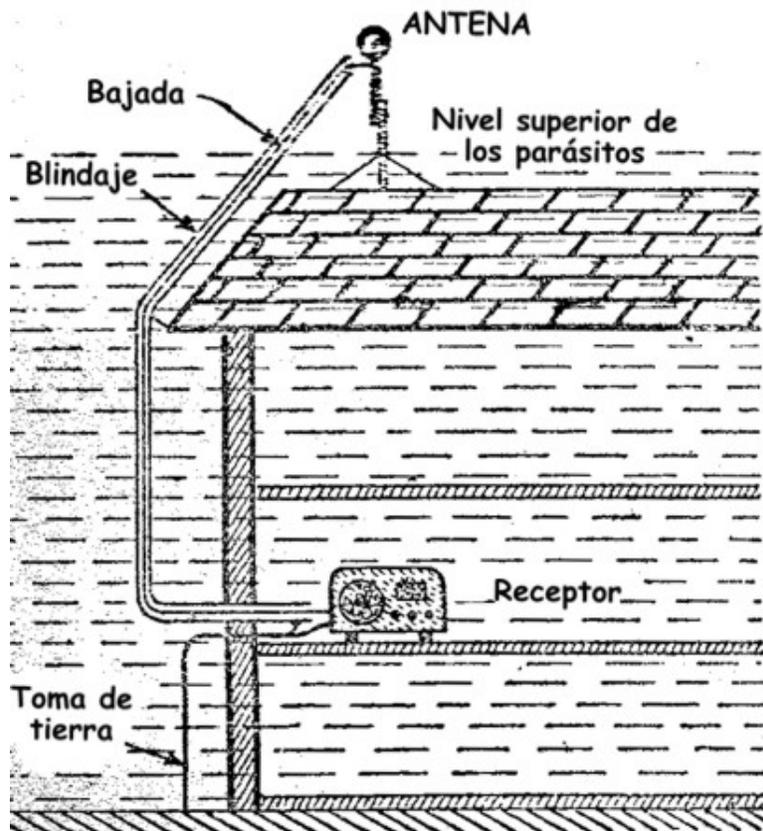


Fig. XXVI. — Instalación de una antena antiparásita.

Esta pureza de la corriente debe ser conservada durante todo su recorrido hacia el receptor. Dicho de otra manera, no se debe permitir que los parásitos influyeran la bajada de antena que une el receptor al colector de ondas. De lo contrario, de poco serviría recolectar las ondas en un lugar donde son "limpias", para "ensuciarlas" en seguida durante su paso a través de la zona afectada.

Una vez más, es el blindaje el que viene a resolver exitosamente el problema. Gracias a la utilización de una bajada de antena blindada, la corriente puede llegar prácticamente intacta al receptor.

El cable blindado de bajada de antena está constituido por un alambre de cobre dispuesto dentro de un tubo metálico flexible (por ejemplo, una malla metálica) de un diámetro sensiblemente superior yendo mantenido en el eje central del blindaje mediante la ayuda de aisladores dispuestos a cortos intervalos unos de los otros. En efecto, es necesario que el blindaje no se acerque demasiado al alambre de bajada, pues en tal caso la capacidad que se formaría entre ambos conduciría a una pérdida inadmisible de corriente de alta frecuencia. Se comprende que el blindaje se halla conectado a la toma de tierra.

Casado se halla correctamente realizado, un tal sistema resulta sumamente eficaz contra los parásitos industriales, pero, en cambio, no protege contra las perturbaciones atmosféricas cuya violencia es por suerte manosa considerable que la de los parásitos industriales, salvo durante condiciones de tiempo tormentoso.

Efecto direccional del cuadro.

La mayor parte de las antenas de recepción, salvo ciertos modelos especialmente previstos para recepción de onda corta, no poseen efectos direccionales. Dicho en otras palabras, reciben indistintamente las ondas que llegan a ellas de cualquier dirección.

No obstante, existe una cierta categoría especial de colectores de onda, los cuadros, que poseen un pronunciado efecto direccional. ¿Qué es el cuadro? Simplemente es una bobina de diámetro generalmente bastante considerable. Las ondas interceptadas por sus espiras generan en las mismas tensiones de AF. Estas tensiones inducidas serán más o menos considerables, según sea la orientación del cuadro en relación al emisor. La tensión es máxima cuando el plano de las espiras se halla orientado en la misma dirección del emisor. En tal posición es que se escucha el emisor con mayor potencia. Por otra parte, cuando se gira el cuadro en ángulo recto se provoca la extinción de la audición. En las posiciones intermedias la audición será más o menos potente.

El cuadro se conecta a un receptor en lugar de la bobina convencional del circuito sintonizado de entrada, es decir en derivación con el primer condensador variable (que sirve para sintonizar el cuadro). Las propiedades colectoras del cuadro aumentan con el número de espiras y con, el área abarcada por cada espira. Sin embargo, no se pueda aumentar a voluntad ninguno de los dos factores, ya que ello conduciría a una autoinducción demasiado elevada para permitir una sintonía correcta para el primer caso, o a un tamaño prohibitivo para el segundo caso.

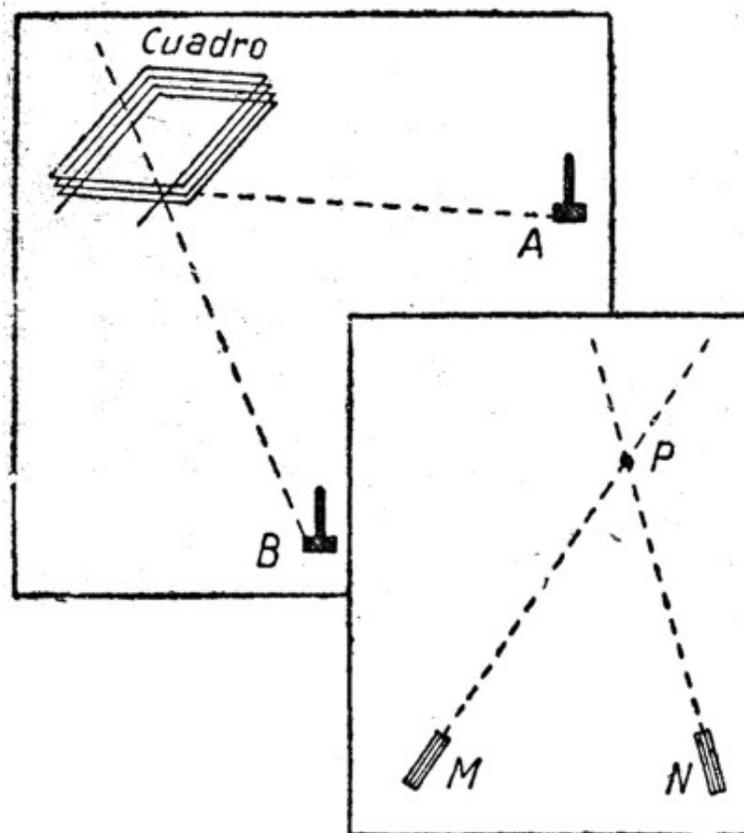


Fig. XXVII. — El cuadro, orientado hacia el emisor A, permitirá su recepción con el máximo de intensidad, mientras que el emisor B no será recibido por hallarse en dirección perpendicular. Fig. XXVIII. — La recepción simultánea por medio de los cuadros M y N, hallándose éstos suficientemente alejados entre sí, permite determinar la posición del emisor P.

Comparadas con una antena aérea común, las propiedades colectoras de un cuadro son reducidas. Pero teniendo en cuenta la sensibilidad de los superheterodinos actuales, este factor no se opone mayormente a su empleo.

Por otra parte, el efecto direccional del cuadro constituye a su vez una ventaja apreciable en muchas aplicaciones. Permite suprimir notablemente una buena parte de los ruidos parásitos, por lo menos aquellos que provienen de la dirección en la cual la recepción del cuadro es nula o débil. Además, también queda aumentada la selectividad efectiva de un receptor premunido de cuadro.

Si dos emisores que funcionan en frecuencias vecinas no se encuentran sobre la misma recta con respecto al receptor, se puede orientar el cuadro hacia aquel de los emisores que se tiene interés en escuchar y se debilita, suficientemente la interferencia provocada por el emisor no deseado.

Finalmente, el empleo de los cuadros permite determinar la posición de los emisores, operación que se conoce bajo el nombre de radiogoniometría. Para descubrir la posición de un emisor se procede a realizar su recepción con cuadro desde dos puntos suficientemente alejados uno del otro. Se toma nota cuidadosamente de las direcciones que proporcionan el máximo de intensidad de recepción. Estas direcciones son, como ya lo hemos visto, aquellas en las cuales se encuentra el emisor con respecto al receptor. Trazando estas líneas sobre un mapa, se hallará la ubicación del emisor en el punto de cruce de ambas líneas.

Es de esta manera que una embarcación que se halla navegando (o también un avión en vuelo) puede hacer determinar su posición exacta emitiendo señales radioeléctricas convenientes, mediante el relevamiento radiogoniométrico efectuado por dos estaciones terrestres. Se comprenderá fácilmente la enorme utilidad que presta la radio, mediante el empleo de los cuadros, a la navegación marítima y aérea; especialmente para el pilotaje y aterrizaje en malas condiciones de visibilidad.

¿Qué pasará en el día de mañana?

Este libro habrá permitido comprender las múltiples aplicaciones de la radio, la cual, lejos de limitarse a la transmisión de la música, de las conferencias educativas o de informaciones más o menos interesantes, asegura además servicios esenciales, tales como el de las señales horarias, informaciones meteorológicas, telegrafía, telefonía, aparatos de control industrial... y miles de aplicaciones más.

Por supuesto que cada día se va extendiendo más el número de aplicaciones de la radioelectricidad. Hasta lince comparativamente poco tiempo se limitaba a la transmisión de las señales Morse, luego a la de los sonidos, de la palabra y de la música y finalmente en los tiempos actuales viene a permitir la transmisión a distancia de las imágenes vivientes de la televisión.

Venciendo el tiempo y las distancias, estas ondas ¿servirán en el día de mañana para crear entre los pueblos del globo terráqueo lazos indestructibles de solidaridad y mutua comprensión? ¿Llegarán a ponernos en contacto con los habitantes de otros planetas? Y el radiotécnico ¿llegará a ser de esta manera el instrumento para un acercamiento realmente universal?

¡Esperémoslo así! ...