

Los convertidores estáticos de vapor de mercurio con rejilla de regulación y sus diversas aplicaciones ¹

II

Aplicaciones de los convertidores estáticos con rejilla

Son ya muchas las aplicaciones técnicas de los convertidores estáticos de vapor de mercurio con rejilla de regulación. Expondremos aquí, brevemente, tan sólo las más importantes, desde el punto de vista de la transformación de la energía eléctrica, a saber: 1, la conversión de la corriente alterna en corriente continua y regulación de esta corriente; 2, la conversión de la corriente continua en corriente alterna, y 3, la conversión de corriente trifásica en corriente monofásica de distinta frecuencia.

Conversión de corriente alterna en continua: rectificadores.

En la figura 16 se representa esquemáticamente, y a modo de ejemplo, un rectificador exafásico de va-

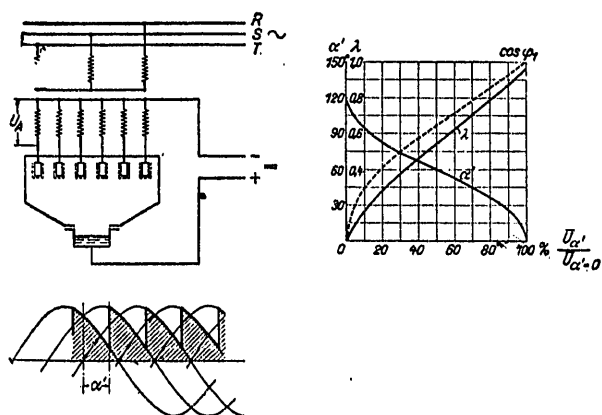


Fig. 16. Rectificador exafásico con rejillas. Regulación y factor de potencia

por de mercurio, en recipiente metálico, con rejillas de regulación. Ya hemos visto que, variando en cada rejilla la diferencia de fase entre la tensión ánodo-cátodo y la tensión rejilla-cátodo, se consigue que el arco se inicie cada vez más tarde, dentro de la semionda positiva. Cuando hay varios ánodos, defasados, con el mismo cátodo, y sin rejillas, la corriente existe en cada ánodo, mientras su tensión sea superior a la de los demás. Tiene así, como forma resultante, la envolvente de las sinusoides ² de la figura 16; es decir, en cada sinusoide, el trozo comprendido entre la anterior y la siguiente. El mismo efecto se conseguirá, si hay rejillas, cuando su defasaje respecto a los ánodos es cero, pues entonces las rejillas no oponen ningún obstáculo al establecimiento del arco. Pero si la tensión de las rejillas (respecto al cátodo) está retrasada con relación a la de los ánodos, el arco no puede saltar, en cada fase, hasta que la tensión de rejilla no alcance el valor crítico necesario (intersec-

ción de la curva $U_G \sim$ con la curva U_K , fig. 12). Entonces, la tensión en el circuito de corriente continua tendrá la forma señalada con trazo grueso (área rayada) en la figura 16; en cada fase empezará la descarga con un cierto retraso α' , durando hasta el comienzo de la descarga en la fase siguiente, con el mismo retraso. El valor medio o eficaz de la tensión en el circuito de continua es así tanto menor cuanto más grande es α' . Este retraso, a su vez, depende del defasaje entre las tensiones de ánodo y las de rejilla: α' es cero cuando ese defasaje es cero; α' es máximo (120°) cuando ese defasaje es de 180° . Llamando $\bar{U}_\alpha$ el valor medio de la tensión en continua para el retraso o cierre α' , y $\bar{U}_{\alpha'=0}$ ese valor medio para $\alpha' = 0$,

o sea, sin regulación, el cociente $\frac{\bar{U}_\alpha}{\bar{U}_{\alpha'=0}}$ es una función de α' , cuya representación gráfica viene dada en la figura 16, a la derecha. Para conseguir, por ejemplo, una regulación de la tensión al 70 por 100

$$\left(\frac{\bar{U}_\alpha}{\bar{U}_{\alpha'=0}} = 0,70 \right)$$

es necesario introducir un defasaje entre rejillas y ánodos, tal que el retraso de los arcos, α' , sea igual a 45° .

Si el rectificador trabaja sobre una resistencia óhmica, sin ninguna bobina de reactancia intercalada para el suavizamiento de las oscilaciones (fig. 16, área rayada), el factor de potencia total, λ , varía en función de $\frac{\bar{U}_\alpha}{\bar{U}_{\alpha'=0}}$, como se indica en la figura 16.

Es sabido que este factor de potencia total tiene la expresión

$$\lambda = \frac{N_w}{\sqrt{N_w^2 + N_b^2 + N_r^2}}$$

N_w = potencia activa; N_b = potencia reactiva; N_r = potencia de distorsión.

El factor de defasaje,

$$\cos \varphi = \frac{N_w}{\sqrt{N_w^2 + N_b^2}}$$

es siempre algo superior a λ (fig. 16).

Cuanto se ha dicho puede aplicarse por igual a un rectificador constituido por 6 thyatrones, conectados como se indica en la figura 17.

En todo lo anterior se ha estudiado la forma pura de la tensión en el lado de corriente continua, tal como resulta del proceso de rectificación y regulación. Ya se comprende que, mediante el empleo conveniente de inductancias en el cátodo, se disminuyen en la práctica sensiblemente las oscilaciones en la tensión y en la corriente rectificadas, medida la tensión una vez pasada la inductancia.

¹ Véase el número anterior, página 441.

² Prescindiendo de todo efecto inductivo.

¹ LAUB: Loc. cit.

El procedimiento de regulación descrito se presta admirablemente, como veremos, al arranque y variación de velocidad de motores de corriente continua,

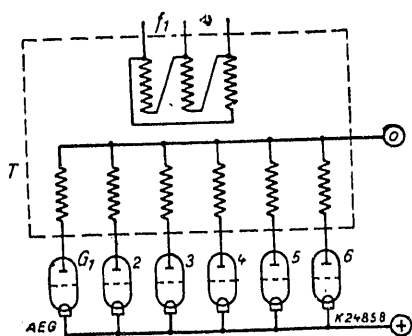


Fig. 17. Rectificador formado por seis convertidores de cátodo incandescente con rejilla

prácticamente sin pérdidas y de un modo suave y gradual.

Conversión de corriente continua en alterna: inversores.

Existen aquí varios sistemas posibles de conexiones de los convertidores, de los que sólo examinaremos someramente algunos, para no alargar excesivamente este trabajo.

En muchos casos puede tratarse de acoplar una red ya existente de corriente continua a otra cierta red de alterna¹, trifásica o monofásica, suministrando energía a la red alterna desde la red continua. El problema es, como se ve, el inverso del que resuelven los rectificadores. Los convertidores de vapor de mercurio con rejilla, cuando se emplean con la fina-

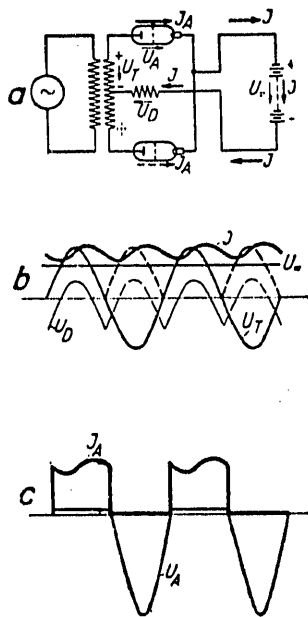


Fig. 18. Rectificador formado por dos thyratrones

lidad que ahora estudiamos, se ha convenido en llamarlos *inversores*.

Para comprender su funcionamiento veamos primero, con algún detenimiento, lo que ocurre en un *rectificador* constituido por dos thyratrones conectados como muestra la figura 18a, que permiten ali-

mentar un circuito de corriente continua (batería) partiendo de un circuito alterno monofásico. Los dos convertidores van conectados a las dos mitades del secundario de un transformador, de cuyo punto central o neutro se deriva el polo negativo del circuito de corriente continua, interponiéndose una bobina de reactancia. Refiriendo las diferencias de potencial al punto neutro del secundario y considerando como positivas las intensidades cuando se dirigen a ese punto neutro, se ve fácilmente que¹ (fig. 18):

a) Durante una semionda, cuando el extremo superior del secundario del transformador es *positivo*, la corriente pasa por el thyatron superior (flecha de trazo lleno), y no puede pasar por el inferior; durante la semionda siguiente, cuando es positivo el extremo inferior del secundario, la corriente pasa por el thyatron inferior (flecha de trazos). Debido al efecto de la inductancia, la corriente I tiene, en conjunto, la variación que se ve en la figura 18b.

b) La tensión en el lado de corriente continua, entre polos, viene fijada por la batería, y es, por tanto, constante, con un valor U (fig. 18b). La diferencia entre la tensión alterna U_T , conmutada (una semionda positiva, la semionda siguiente conmutada o invertida, otra semionda positiva, etc.), y U es,

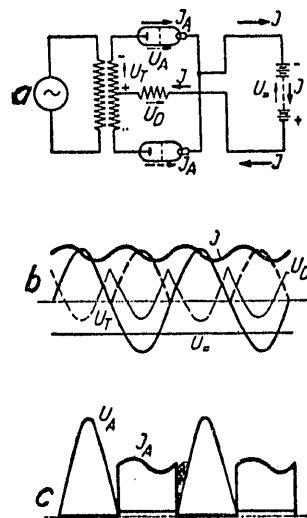


Fig. 19. Inversor formado por dos thyratrones. Inversión de la tensión

naturalmente, la tensión en la bobina de inductancia, U_D .

c) En uno cualquiera de los thyatrones, por ejemplo, el superior, la intensidad y la tensión varían conforme se ve en la figura 18c. Durante el semiperíodo positivo, la corriente es J_A , y la tensión entre ánodo y cátodo es sólo la pequeña del arco. En el semiperíodo siguiente la corriente es cero, y la tensión entre ánodo y cátodo, U_A , es negativa; es decir, el ánodo es negativo respecto al cátodo; en cuanto a su valor, es igual a la tensión *total* del secundario (salvo la pequeña caída en el arco del otro thyatron).

d) Como resultado de todo este proceso, que se repite cada período, pasa energía de la red monofásica a la batería.

Si se desea cambiar la dirección del flujo de energía, hay que invertir en la red de continua, o bien la tensión, o bien la corriente.

El primer caso está representado en el *inversor* de

¹ D. G. PRINCE: The Direct-current Transformer Utilizing Thyatron Tubes (*General Electric R.*, julio 1928).

¹ LAUB: Loc. cit.

la figura 19 a; la batería tiene aquí su polo negativo arriba y su polo positivo abajo. Como ahora la energía debe pasar del lado de continua al lado de alterna, las intensidades deben conservar las mismas direcciones que antes, *estando invertidas las tensiones*:

a) Por el thyatron superior, la corriente (flecha de trazo lleno) pasará durante el semiperíodo, para el cual el extremo superior del secundario del transformador es *negativo* (los potenciales se refieren siempre al punto neutro). Partiendo, por ejemplo, del polo positivo de la batería, la corriente atraviesa la inductancia; luego, la mitad superior del secundario, *en contra de la f. e. m. que existe (inducida) en éste*, y transmitiéndole, por tanto, energía, y, por último, pasa por el thyatron inferior (flecha de trazos). La variación resultante de J , teniendo en cuenta la inductancia, es la que indica la figura 19 b.

b) La diferencia entre U y U_T conmutada es la tensión U_D en la bobina de inducción, que resulta ahora, como es natural, de signo contrario a la que existía en el caso anterior, referida siempre al punto neutro (fig. 19 b).

c) En el thyatron superior (análogamente en el

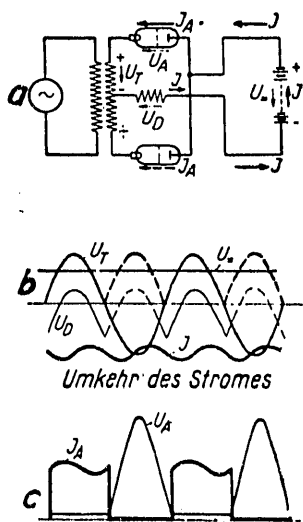


Fig. 20. Inversor formado por dos thyatrones. Inversión de la corriente

inferior), la corriente existe durante la semionda negativa de la mitad superior del transformador, variando según indica la curva J_A (fig. 19 c). La tensión tiene el valor, pequeño, de la tensión de arco. En la semionda siguiente, la tensión entre ánodo y cátodo adquiere un valor prácticamente igual a la tensión *total* del secundario, y, además, esta tensión U_A es *positiva*; es decir, siendo el ánodo positivo respecto al cátodo. Como durante este semiperíodo no debe de pasar corriente por el thyatron superior, es necesario que la rejilla tenga una tensión negativa suficiente para cerrar el tubo en todo este semiperíodo. Para ello puede utilizarse una tensión alterna sinusoidal, tomada con un pequeño transformador de la red de alterna.

d) El resultado del proceso, que se repite cada período, es que pasa energía de la batería a la red de corriente alterna monofásica.

Otra forma de conectar los thyatrones para constituir un *inversor* es como se detalla en la figura 20 a,

o sea, manteniendo los signos de las tensiones respecto al rectificador, pero invirtiéndose las intensidades. El análisis de lo que ocurre con las intensidades, tensiones y energía podría hacerse exactamente del mismo modo que en los dos casos anteriores, obteniéndose como resultado las curvas de las figuras

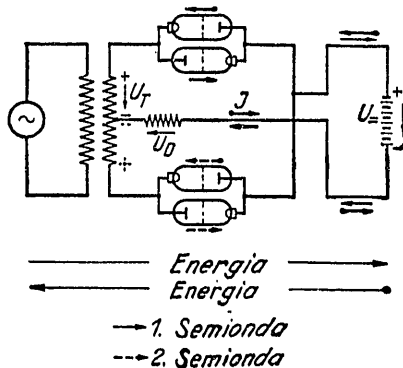


Fig. 21. Rectificador-Inversor

20 b y 20 c. Dejamos este análisis al lector, para quien no ha de presentar dificultad, observando que en esta conexión los thyatrones tienen sus cátodos del lado del transformador, y no los ánodos, como anteriormente. Durante el semiperíodo en que no debe pasar corriente por el thyatron superior, éste tiene entre ánodo y cátodo prácticamente *toda* la tensión *positiva* U_A del secundario y del transformador, y, por tanto, debe de estar cerrado mediante una tensión sinusoidal negativa adecuada de la rejilla.

Es también posible disponer los convertidores en tal forma que, sin cambiar la polaridad de la red de continua ni las conexiones de los thyatrones, pueda transmitirse indistintamente la potencia del lado de alterna al lado de continua, o al revés. Para lograrlo, obteniendo así un *rectificador-inversor*, basta con poner cuatro thyatrones, conectados por parejas con las polaridades alternadas, como puede verse en la figura 21. Los dos tubos, con el ánodo unido a los extremos del secundario del transformador, trabajan cuando el conjunto se emplea como rectificador (flechas sencillas). En rigor, estos tubos no necesitan rejilla; pero conviene que la lleven, para poder regular la corriente. Cuando se cambia el sentido del flujo de energía, la corriente pasa, sucesivamente, por los dos tubos, cuyos cátodos van unidos a los extremos del transformador (flechas con un punto).

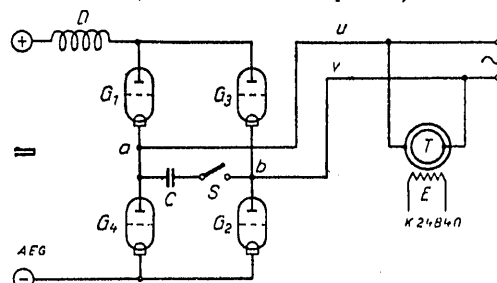


Fig. 22. Inversor. Esquema Graetz

Otra manera de conectar los convertidores en el inversor es según el esquema de Graetz (fig. 22). Se necesitan entonces cuatro tubos, en vez de dos, pero puede prescindirse del transformador. Si la relación de tensiones entre alterna y continua no es la adecuada, será preciso, desde luego, un transformador;

pero éste podrá ser de un tipo normal, y, por tanto, de una potencia aparente muy inferior a la del especial del inversor de las figuras 19 y 20. Este inversor trabaja del siguiente modo (fig. 22)¹: en el primer semiperíodo las tensiones en las rejillas son tales, que G_1 y G_2 están abiertas, y G_3 y G_4 cerradas; la corriente sigue entonces el camino G_1au , red alterna, vbG_2 . Poco antes de pasar por cero la tensión alterna se hace que se inicie el arco en los tubos 3 y 4, apagándose en 1 y 2 y manteniéndose apagado durante el nuevo semiperíodo gracias a una tensión negativa suficiente de las rejillas. La corriente

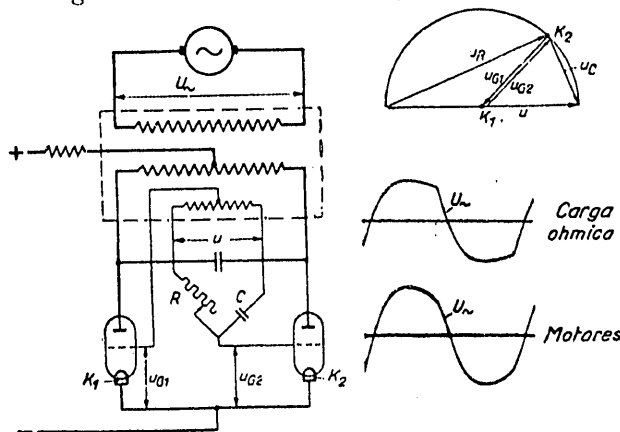


Fig. 23. Inversor autoexcitado y con autorregulación

tomada de la red continua atraviesa entonces la de alterna en sentido contrario que antes.

Poniendo al lado de cada tubo otro con la polaridad invertida puede realizarse también, con el esquema de Graetz, un rectificador-inversor (8 tubos).

Hasta ahora, en todo cuanto venimos explicando respecto a inversores, van éstos conectados en el lado de alterna a una red, que determina la tensión, la frecuencia y el número de fases. En este sentido puede decirse que los inversores están *excitados exteriormente* por dicha red, que también interviene en el fenómeno de la conmutación, haciendo que la corriente deje de pasar por unos tubos y pase por otros. Pero pueden disponerse también los inversores en tal forma que no sea necesaria la preexistencia de una red de alterna, no existiendo más tensiones ni corrientes alternas que las producidas por el propio inversor. Se dice, en ese caso, que éste está *autoexcitado*. Refiriéndonos nuevamente a la figura 22, supóngase que no existe ninguna clase de máquina síncrona, T , en el lado de alterna; pero que, en cambio, se pone un condensador C entre los puntos a y b (interruptor S cerrado). Si al mismo tiempo se dispone de un procedimiento adecuado para que las rejillas G_1 , G_2 , por un lado, y las G_3 , G_4 , por otro, reciban, sucesivamente, la tensión negativa necesaria para el cierre, con la frecuencia deseada, el funcionamiento será el siguiente: *a*) Durante un semiperíodo la corriente sigue el camino DG_1au , red alterna, vbG_2 ; el punto a es positivo respecto al b , y el condensador C se carga. *b*) Poco antes de la terminación del semiperíodo se excitan las rejillas G_3 , G_4 en forma que los tubos se abren para la corriente; entonces se descarga el condensador C sobre dos circuitos en paralelo: uno,

el aG_1G_3b ; otro, el aG_1G_2b ; como esta corriente de descarga tiende a producirse en los tubos 1 y 2 en *sentido contrario* a la que en ellos existe, se resta de esta corriente, y la hace cero en cuanto tiene un valor igual a ella, realizándose así la conmutación. *c*) La excitación negativa de las rejillas G_1 , G_2 impide, luego, que por estos tubos pase corriente, y durante el nuevo semiperíodo la corriente sigue el camino DG_3bv , red alterna, uaG_4 ; es decir, el inverso del anterior en la red de alterna. *d*) La conmutación se realiza luego como hemos explicado, pero siendo ahora b el lado positivo y a el negativo del condensador C .

Hemos dicho que en los inversores autoexcitados se necesita un procedimiento para dar a las rejillas el voltaje negativo adecuado con la frecuencia deseada. Esto puede hacerse con una pequeña máquina síncrona o con un conmutador giratorio auxiliar; pero también se puede conseguir, sin estos artificios, alimentando el transformador de las rejillas directamente de la red de alterna, alimentada ésta, a su vez, por el inversor. En la figura 23 se presenta un inversor de dos tubos, con transformador, empleando este sistema de *autorregulación*. El transformador tiene tres devanados, de los cuales el terciario alimenta las dos rejillas mediante un esquema de puente Wheatstone, como se ha visto en el artículo anterior. Variando la resistencia R se puede adelantar o retrasar el cierre alternativo de los tubos y, por tanto, variar la frecuencia, dentro de límites bastante extensos. Los oscilogramas de la derecha muestran la forma de la curva de la tensión alterna U_m , para carga óhmica y para carga de motores.

No queremos terminar este párrafo sin dedicar algunas palabras a los *transformadores de corriente continua*¹. Permiten éstos, con convertidores estáticos de vapor de mercurio y rejilla de regulación, transformar corriente continua de una tensión en corriente continua de otra tensión. Resultan, de un

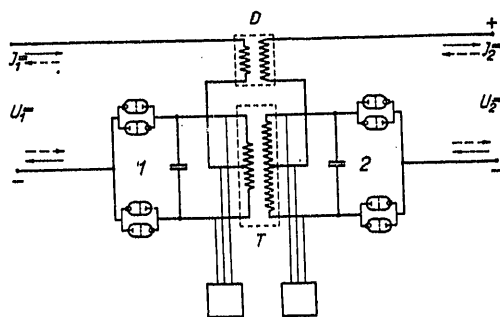


Fig. 24. Transformador de corriente continua

modo natural, de la combinación de dos rectificadores-inversores (fig. 24), pudiéndose así transmitir energía en cualquiera de las dos direcciones. Estos transformadores de corriente continua constan—en el caso más general, que acaba de indicarse—de un *inversor-rectificador* (1), que alimenta uno de los devanados de un transformador, exactamente como en la figura 21. El otro devanado del transformador alimenta, con el mismo esquema, un *rectificador-inversor* (2). Generalmente, las bobinas de reactancia, D , suelen ir acopladas magnéticamente, para que se compensen los flujos debidos a las corrientes continuas.

¹ TRÖGER: Technische Grundlagen und Anwendungen der Stromrichtern (*Elektrische Bahnen*, marzo 1932).

¹ PRINCE: Loc. cit.

Si la energía pasa, por ejemplo, de 1 a 2, los convertidores 1 trabajan como *inversores*, invirtiendo en alterna la corriente continua. J_1 . En el transformador intermedio se cambia la tensión de esta corriente alterna, y los tubos 2, trabajando como *rectificadores*, rectifican esa corriente, obteniéndose, en definitiva, corriente continua, J_2 , a una tensión U_2 , distinta de la primitiva, U_1 . Si la forma de la tensión conmutada en 1 es aproximadamente rectangular (rectángulos positivos y negativos), la tensión continua en 2, U_2 no presenta casi oscilaciones, siendo prácticamente constante. Ya se comprende que la regulación de la tensión y de la potencia puede llevarse a cabo, o bien actuando en las rejillas del rectificador 2, o bien actuando en las del inversor 1.

Análogas consideraciones pueden hacerse si la energía pasa de 2 a 1.

Conversión de corriente trifásica en corriente monofásica: convertidores de frecuencia y fase.

Los convertidores de vapor de mercurio con rejilla de mercurio pueden también emplearse para resolver el problema de pasar de corriente alterna trifásica a corriente alterna monofásica de distinta frecuencia. El que con aparatos estáticos, análogos a los rectificadores, ya tan extendidos, se pueda convertir corriente trifásica a 50 períodos por segundo en corriente monofásica a la frecuencia de $16 \frac{2}{3}$, tiene para la electrificación de ferrocarriles con esa clase de corriente primordial importancia, pues permitirá alimentar las subestaciones con las redes trifásicas existentes, sin tener que emplear los grupos convertidores giratorios, tan costosos y de tan escaso rendimiento.

Describiremos muy brevemente tres soluciones de ese problema de los *convertidores de frecuencia y fase*¹: según Löbl, según Krämer y según Feinberg y Stöhr.

El *convertidor* Löbl consta de dos convertidores,

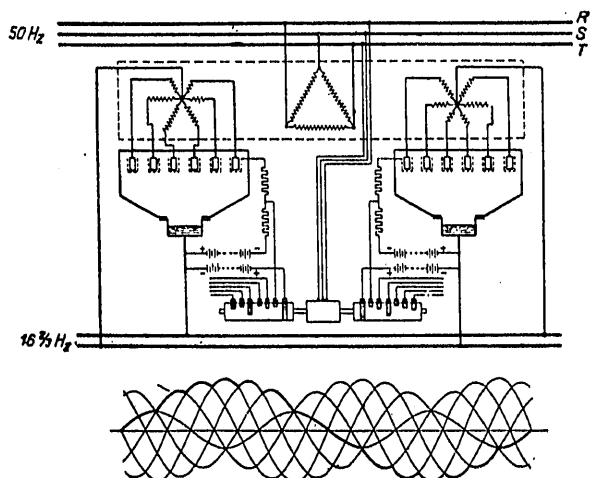


Fig. 25. Convertidor Löbl

exafásicos, por ejemplo, uno de los cuales trabaja durante una semionda de la corriente a la frecuencia $16 \frac{2}{3}$, y el otro durante la otra semionda. Estos convertidores (fig. 25) van alimentados por un transformador con dos devanados secundarios, uno para cada

aparato. Esos secundarios tienen distinto número de espiras, de modo que las sinusoides de las tensiones resultan con diferente amplitud en todas las fases, pero con un decalaje constante de 60° . Durante el primer semiperíodo monofásico las tensiones conmutadas dan en conjunto la envolvente de las tensiones de las fases (curva de trazo lleno), pasando la corriente, sucesivamente, por los diversos ánodos del convertidor de la izquierda, por uno de ellos dos ve-

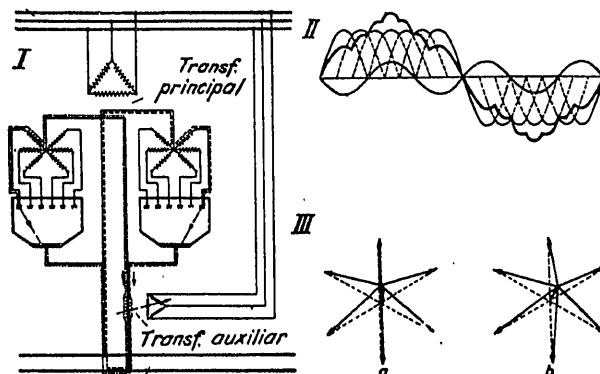


Fig. 26. Convertidor Krämer

ces, al principio y al final. Durante el semiperíodo siguiente las tensiones conmutadas dan la envolvente dibujada, análoga a la anterior, pero por debajo del eje de las abscisas, y la corriente pasa, sucesivamente, por los ánodos del segundo convertidor. Resulta, en definitiva, una forma de la curva de la tensión que se aproxima a la senoide (más aún teniendo en cuenta el efecto de las inductancias), y con una frecuencia igual a $\frac{1}{3}$ de la de la red trifásica, o sea, de $\frac{50}{3} = 16 \frac{2}{3}$ períodos por segundo. Obsérvese que mientras trabaja un convertidor, por el otro no debe pasar corriente, aunque existan en aquel momento semiondas positivas entre algunos de sus ánodos y el cátodo. Para conseguir esto se aplican tensiones negativas a las rejillas correspondientes, en el orden y a la frecuencia debidos, mediante dos conmutadores giratorios movidos por un motorcito síncrono (figura 25). El rendimiento del convertidor Löbl llega a ser del orden de 97 por 100, para potencias de 10 000 kilowatios. Su único inconveniente está en que la fase y la frecuencia en la red monofásica dependen del ángulo de fase y de la frecuencia en la red trifásica; el acoplamiento de ambas, desde este punto de vista, es *rigido*.

Este inconveniente no existe en el *convertidor* Krämer (fig. 26-I). En él los dos secundarios del transformador tienen en todas sus fases el mismo número de espiras, y, por tanto, las amplitudes de las tensiones son las mismas en las seis fases. Pero a las tensiones conmutadas se agrega, fuera de los convertidores, la inducida en el secundario de un regulador de inducción, pudiendo variarse la fase de esta tensión inducida suplementaria. La superposición de las tensiones da una curva como la dibujada en la figura 26-II, que no se aleja mucho de una senoide si la magnitud de la tensión suplementaria se elige debidamente. Variando la fase de esta tensión cambian las magnitudes y posiciones de las tensiones resultantes (suma de las conmutadas y la suplementaria) en cada una de las seis fases, como se representa vec-

¹ LAUB: Loc. cit.

torialmente en la figura 26-III; el diagrama *a* corresponde al caso en que la tensión suplementaria está en fase con una de las seis principales (caso, también, de la figura 26-II); en el diagrama *b*, en cambio, no existe esa coincidencia, y el resultado sería una diferencia de ángulo de fase entre la red trifásica y la red monofásica. Si en esta segunda red existe, además, una diferencia de frecuencia—es decir, la frecuencia no es exactamente $1/3$ de la de la red trifásica—, el rotor del regulador de inducción deberá girar con una velocidad igual a la diferencia de las frecuencias: en la figura 26-III el pequeño vector central, representativo de la tensión exterior suplementaria, girará con esa frecuencia, igual a la diferencia indicada de las frecuencias. El convertidor Krämer

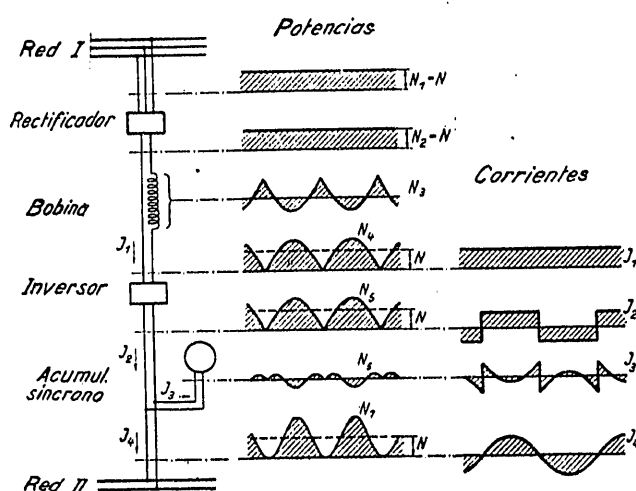


Fig. 27. Convertidor universal

permite, en consecuencia, un acoplamiento elástico entre las dos redes que se enlazan.

Obsérvese que en los dos convertidores de frecuencia y fase que acabamos de describir, como no existe ninguna posibilidad de almacenamiento de energía, ni mecánica (inercia, en los grupos convertidores giratorios), ni eléctrica, las pulsaciones de la potencia en la red monofásica, en torno al valor medio $UI \cos \varphi$, y con una frecuencia *doble* de la de la tensión y corriente, tienen que repercutir forzosamente en las máquinas generadoras de la red trifásica, que ya no entregarán una potencia, suma de la de las tres fases, constante en el tiempo, como siempre ocurre, sino *pulsatoria*, con una frecuencia $(16\frac{2}{3}) \times 2$.

Esto no ocurre en el tercero de los sistemas, que

ahora vamos a describir, de Feinberg y Stöhr. En este sistema, el convertidor, que ha sido llamado *convertidor universal*, está constituido por un *rectificador* y un *inversor*, puestos en serie y completados por un *acumulador sincrónico* de energía (fig. 27). La red trifásica, I, alimenta a un rectificador, y éste, a su vez, a un inversor, en cuyos dos terminales del lado de alterna está conectada una máquina sincrónica, que puede ser reemplazada también, sencillamente, por las mismas máquinas síncronas de la red monofásica, si existen. Si, para simplificar el análisis de los fenómenos, se supone el caso límite de una bobina de inducción infinitamente grande, las corrientes en las distintas partes del conjunto tendrán la variación indicada en la figura 27, a la derecha; en la bobina, la intensidad, J_1 , será constante; al otro lado del inversor será alterna, con valores J_2 constantes positivos y negativos; en la red monofásica será alterna sinusoidal, J_4 , y el acumulador sincrónico recibirá la corriente J_3 , diferencia de J_2 y J_4 (se prescinde, en primera aproximación, de los fenómenos durante el tiempo de conmutación, paso de J_2 positivo a negativo, que siempre exige un tiempo finito τ). En cuanto a las potencias, con las simplificaciones indicadas y prescindiendo también de las pérdidas, serán las indicadas en la figura 27. La red trifásica entrega una potencia constante $N_1 = N$, y la red monofásica recibe una potencia N_7 , que varía, según una ley sinusoidal de doble frecuencia (se supone $\cos \varphi = 1$), con un valor *medio* igual a N . En el lado de continua del rectificador la potencia es N_2 , también constante e igual a N ; en el lado de alterna del inversor, la potencia N_5 , producto de J_2 y de una tensión sinusoidal conmutada, varía, según las semiondas dibujadas, con un valor medio igual a N . Las diferencias instantáneas de N_2 y N son absorbidas por la bobina, que toma así las potencias N_3 ; como se ha supuesto una bobina infinitamente grande, basta una variación de J_1 infinitamente pequeña (nula en la figura), para que la inductancia absorba estas potencias, positivas y negativas, cuyo valor medio es cero. Análogamente, la diferencia instantánea entre N_5 y N_7 es absorbida por el acumulador sincrónico, que toma así la potencia N_6 , con valor medio también igual a cero ¹.

Pedro JOSE LUCIA
Ingeniero de Caminos

¹ Las figuras 17 y 22 han sido reproducidas del trabajo citado del Dr. Tröger; las restantes, del trabajo «Stromrichtern» del Dr. Laub.

Nueva modalidad para Cooperativas obreras de construcción de casas baratas

Es indudable que, a pesar de lo legislado tan generosamente sobre Casas baratas, la realidad no ha respondido a los propósitos de proporcionar vivienda higiénica a gran parte de la población. Más aún: parte no pequeña de los recursos aportados a tal fin han tenido inadecuado empleo y no son raras las barriadas construídas que han quedado prácticamente deshabitadas.

Particularmente la construcción de viviendas para obreros y empleados modestos no se ha desarrollado en las proporciones necesarias, a pesar de las facilidades que la legislación concede, por la única razón de que siempre queda una obligación para el usuario superior a sus medios económicos.

Las Cooperativas obreras, aun utilizando las primas a la construcción y los préstamos a interés re-