



180543

MEMORIA DESCRIPTIVA

que se acompaña a una solicitud de PATENTE DE INVENCION por veinte años en España, por "RECTIFICADOR DE CORRIENTE ELECTROLITICO" (Clase 61 del Nomenclátor), cuyo registro se solicita a favor de Don BLAS GARCIA DELGADO, de nacionalidad española, domiciliado en Zaragoza, Calle de Roca Solano número 10.-

El hecho de que la corriente alterna se preste con tanta facilidad y docilidad al cambio de sus características (tensión, intensidad y frecuencia) conservando su naturaleza, ha contribuido poderosamente a su gran desarrollo industrial. Siendo debido a esto que las redes en servicio público se hallen en tan franca decadencia, hasta el extremo que prácticamente pueda considerarse (salvo raras excepciones y en servicio de día más restringido por iniciativa económica de la propia Empresa suministradora, y solo en contadas capitales de mucha importancia) en total extinción.

Si se mantiene el origen de su generación, es principalmente debido a dar satisfacción a esa rama importantísima de la electricidad, de día en día en mayores horizontes como son la electroquímica y la galvanotecnia. De otra parte no es obstáculo la realización de que dicha corriente continua



tenga su fuente de origen en las existentes redes industriales de corriente alterna, puesto que no es problema electrotécnico la conversión de una en otra, mediante aparatos rectificadores, o mediante convertidores ortatorios.

20 En innumerables casos, el artesano en trabajos propios de su oficio, en la preparación de matrices galvanoplásticas, en galvanobronces, etc.; el artista en variadísimos trabajos, tales como obtención de esmaltes, decoración de joyas cerámicas, reproducción de molduras, escudos, etc.;

25 del estudiante que ansie en su modesto laboratorio, ampliar prácticas o realizar estudios; el industrial en esa ilimitada gama de obtenciones, reducciones, transformaciones o cuando nó, esa tan divulgada y práctica del niquelado, cromado, limpieza o desoxidación de esmaltes, bronceado, encobrado, cin-

30 zado, emplomado, etc. etc. A la industria automovilista, en la precisa reposición periódica de cargar las baterías de camiones y coches, necesidad acentuada principalmente desde la adaptación de gasógenos; a los farmacéuticos especialmente en pueblos, y en general a todos aquellos que sientan la necesidad de disponer de instalaciones que satisfagan por procedimientos electroquímicos o galvanotécnicos la ayuda tan valiosa como interesante, que el hecho de disponer de un rectificador les ofrece, y no dispongan de las disponibilidades económicas que los procedimientos de rectificación o conversión

40 de corrientes eléctricas, el comercio y la industria les ofrece; por hallarlas muy costosas (motor y dinamo, conmutatrices, permutatrices, rectificadores de vapores de mercurio, rectificadores de flujo electrónico, lámpara de óxido, etc.); sujetos todos a importantes averías, cuando no son irreparables

45 precisando la reposición total del órgano rectificador, como sucede con los de lámparas al agotarse o averiarse alguno de sus electrodos; con los de mercurio al saltar el vidrio de la ampolla o al variar por cualquier causa el grado de vacío de



50 ésta, etc. etc.) lo cual decimos contribuye unido al esfuer-
zo económico que representa el valor integral de la insta-
lación, constituye un obstáculo generalmente insuperable, que
motiva el sentimiento de tener que desistir de poseer un "au-
xiliar" que se estima altamente preciso, con el perjuicio con-
siguiente de quebrantar en flor, todo cuanto sea impulso en
55 arte, industria, estudio o ciencia.

A favorecer la implantación de estas variadísimas
clases de instalaciones, se presta muy económicamente y con
magnífico rendimiento el fenómeno de la rectificación de la
corriente alterna en corriente continua por el procedimiento
60 electrolítico.

La construcción de un aparato funcionando bajo el
principio expresado, resulta muy económica, precisa poco ma-
terial para ello, encontrándose todos los elementos que lo in-
tegran muy abundantes en el comercio y son de muy bajo valor
65 adquisitivo.

Luego el expresado problema de la conversión de una
corriente en otra de distinta naturaleza, con magnífica esta-
bilidad de funcionamiento (por hallarse prácticamente exento
de averías) junto al reducido valor del coste de su fabrica-
70 ción, son ventajas importantísimas a sumar en favor del elec-
trolítico, sobre los expresados rotativos y los de vapores,
(mercurio, sodio, etc.) como los de óxido y los de lámparas,
no solo por todo cuanto sobre los mismos hemos anteriormente
expresado, sino lo favorecido que se halla por su buen tendi-
75 miento, el cual ha sido notablemente mejorado en este electro-
lítico, al dotarlo de electrodos auxiliares que motivan aumen-
tar la conductibilidad del electrolito mejorando el rendimien-
to.

Para la mejor comprensión del invento, se acompañan
80 a título de ejemplo varios casos de ejecución de acuerdo con
las siguientes figuras:

Figura 1ª.- Vista exterior de conjunto del aparato
rectificador, apto para baterías, con detalle de la entrada
de corriente alterna (1), salida de corriente rectificada (2)
85 así como detalle de los aparatos de medida (3-4).

Figura 2ª.- Vista exterior y de conjunto del aparato
rectificador, propio para procedimiento electroquímico de eleg
trolisis.

Las figuras 3ª a 20ª, corresponden a distintas vistas
90 y despiece del aparato, así como varios ejemplos de ejecución
esquemáticos del sistema.

Su funcionamiento se basa en la conductibilidad "uni-
polar" del aluminio, descubierta por Wöhler. Las primeras so-
luciones de carácter práctico parecen fueron debidas a Pollak
95 y simultaneamente a Gratz, König y Grisson.

Es conocido en electrotenia, que en muchos casos, al
pasar la corriente a través de un líquido, se producen accio-
nes secundarias del mayor interés. Ocurre por ejemplo, que las
substancias puestas en libertad en los electrodos se combinan
100 con estos, formando cuerpos aisladores que impiden el paso de
la corriente; dicese entonces que en el electrodo se produce
una resistencia de paso. El ejemplo más destacado es el que
presentan las disoluciones de bicarbonato sódico, cuando el
electrodo positivo es el aluminio; al pasar una corriente se
105 desprende en este electrodo óxigeno, el cual forma con el alu-
minio una combinación que impide casi por completo el paso de
la corriente, hasta el punto de que con fuerzas electromotri-
ces de 110 voltios, la corriente solo alcanza algunos miliam-
perios; con fuerzas electromotrices mayores, la corriente au-
110 menta con la fuerza electromotriz. Invirtiendo la corriente,
es decir poniendo el aluminio en comunicación con el polo ne-
gativo de la batería pasa la corriente sin dificultad.

Una pila secundaria de esta naturaleza, con un elec-
trodo positivo de tántalo o aluminio, y un electrodo negativo



115 de plomo, hierro o carbón, obra exactamente como una válvula,
dejando pasar la corriente solamente en la dirección en que
el tántalo o el aluminio es cátodo.

En vez de la disolución de bicarbonato sódico puede considerarse otro líquido cualquiera, ya que solo debe cumplir
 120 la condición de desprender oxígeno en el ánodo, ya sea directamente, ya en virtud de fenómenos secundarios.

Luego están indicadas especialmente las disoluciones de sales de ácido bórico, como borato amónico o fosforicas, como fosfato sódico, etc., en general sales de ácido débil.
 125

Luego cuando a través de una de estas pilas se hace pasar una corriente alterna, ocurre que en el semiperiodo en que la corriente tiene al pasar un sentido tal, que el aluminio sea ánodo, queda interrumpida.

130 Así, pues, la transformación de la corriente alterna en corriente continua puede conseguirse fundándola en los fenómenos electrolíticos, que como hemos expresado, se verifican en una pila donde uno de sus electrodos sea de aluminio.

Se explica este fenómeno, admitiendo que cuando el
 135 aluminio es el electrodo positivo, la descomposición del electrolito oxida instantaneamente su superficie, cubriéndola de una película sumamente resistente. En cambio cuando la corriente entra por el polo opuesto (supongamos por ejemplo sea de plomo) reduce instantaneamente el óxido de aluminio y devuelve al electrodo su conductibilidad normal. La aparición y desaparición de la película resistente es rapidísima, ya que debe formarse y reducirse tantas veces como alternancias presentan las corrientes alternas. Con objeto de aprovechar todo el periodo de la corriente, utilizando sus dos semiperiodos, se
 140 disponen cuatro voltímetros o válvulas de esta clase; según muestra la (fig. 3ª). Las válvulas $P_1A_1 - P_4A_4$ funcionan durante un semiperiodo, y las $P_2A_2 - P_3A_3$ durante el otro. Luego
 145



empalmado los aluminios y los plomos como muestra la referida fig. (1ª) cada una de las válvulas permitirán el paso de la corriente solo en el sentido indicado por las flechas, e impedirán la circulación en sentido contrario. Durante el semiperiodo en que la corriente alterna marche de M a R, el juego de las válvulas le obligará a atravesar el camino M Q R ' N R G, y durante el semiperiodo en que ha de marchar de R a M, las válvulas dirigirán la circulación de la corriente por el camino R Q R ' N M G; como vemos el receptor R' resultará atravesado siempre en el mismo sentido. Si el receptor fuese una batería de acumuladores puesta en carga, como la corriente que la atraviesa es ondulada sin cambio de signo, al iniciarse los semiperiodos, su voltaje será inferior al de la batería, pero no cabe inversión de corriente por que el funcionamiento de las válvulas lo impide. El mismo resultado puede obtenerse también aprovechando todo el periodo de la corriente alterna, con solo dos válvulas en combinación con un transformador monofásico fig. (2ª). El secundario del transformador T tiene tres bornes U.V.O., correspondientes a los extremos de la fase y al centro del devanado. El borne U comunica con una válvula P_1A_1 y el borne V_1 está unido a la otra válvula P_2A_2 . Entre N y O está el circuito de continua recorrido por la corriente rectificada en el sentido de las flechas. El amperímetro A. indicará la corriente que atraviesa el receptor R; la resistencia R' puede regular la corriente. En un circuito trifásico podrían disponerse como indica la fig. (16). Si el transformador fuese trifásico en el primario y exafásico en el secundario, se podría disponer según fig. (6ª); ambas se han dispuesto en paralela, de todos los electrodos de aluminio unidos se obtiene el (+) y el (-) se toma conexionando al centro de los carretes de autoinducción H_1 que están derivados de los dos centros de las estrellas trifásicas en que se desdobra el sistema exafásico. Los dos carretes de la autoindu-



ción H_1 están recorridos por la corriente de retorno en sentido contrario y van montados sobre un mismo circuito magnético simple. Si la corriente de retorno se reparte por igual en los carretes, el efecto de inducción mutua es nulo, obteniéndose así en el empleo de la autoinducción H_1 un mayor aprovechamiento del transformador T.

La pérdida de tensión E_{V_1} (figs 16 y 18) depende de la menor o mayor conductibilidad del electrolito; de ahí que hayamos introducido, para favorecer este importantísimo factor, la mejora que constituye la acción que ejercen los electrodos auxiliares de cada válvula, al calentar el electrolito por el fondo, dando lugar a una circulación intensa del líquido. Entre la gama de sales débiles por emplear, (según se ha manifestado) para formar el electrolito, preferimos el bicarbonato sódico, empleándolo fuertemente concentrado, es decir ligeramente saturado (125 gms. de bicarbonato sódico por litro de agua).

La forma de los vasos se presta dando facilidad para que al dejar de funcionar el rectificador y por lo tanto con la inactividad del electrolito, la sal sobrante (dada la saturación del mismo) se deposite en el fondo, alejada de los electrodos rectificadores y en íntimo contacto con los electrodos auxiliares, (fig. 5^a). Al poner en servicio el rectificador se intercalan (merced a un Interruptor independiente) los electrodos auxiliares, para que estos eleven (auxiliando a los rectificadores) rápidamente la temperatura del electrolito forzando por convención la circulación del mismo y obrando los referidos electrodos auxiliares como agitadores de las sales que por decantación se habían acumulado en el fondo de las válvulas, motivando su circulación en el seno de la masa electrolítica con el notable aumento y riqueza de la conductibilidad de la misma.



Observando las indicaciones del amperímetro, este indica pronto (dentro de un régimen dado de carga) cuando la intensidad en el circuito de salida se estabiliza en un máximo; momento en que puede desconectarse los electrodos auxiliares de la red bastando para mantener la circulación del electrolito, el calor que por efecto Joule desarrollan las válvulas en su funcionamiento. En cuanto al agrupamiento de las válvulas, predominará la conexión en cantidad o serie según se prefieran intensidades o tensiones.

En la construcción se pretende llegar hasta donde sea posible dentro de aquellas características que puedan ser exigidas a estos rectificadores; es decir desde los más simples y modestos, hasta los de cierta relativa importancia. Como ejemplo de modelos, citaremos dos, pequeños, transportables, El modelo fig. 1ª se ha adaptado para la carga de baterías de coches y camiones; se han sub-dividido para diferenciarlos por sus potencias en dos denominaciones - turismo y universal - . Ambos son aptos por igual, para cargar baterías de 6, 8 y 12 voltios. La denominación "turismo" ha sido aplicada al de menor potencia, por ser esta la adecuada a dar la carga (en régimen de amperios fijados en los catálogos) para baterías de 3, 4 y 6 elementos, de las llamadas de coche, es decir, pequeñas.

El "universal" para realizar igualmente la carga de baterías de 3, 4 y 6 elementos, pero de gran capacidad, de los empleados en los camiones.

El conmutador según puede observarse es de tres posiciones (fig. 5ª) o seccionamientos practicados en el arreglo de la tensión secundaria del transformador monofásico, al cual, el rectificador va conectado por los bornes B y C. En cada una de las tres posiciones se dispone de una tensión e intensidad distinta; para la regulación de la intensidad de salida ajustándola a otra dada que se desee, está llamado por su misión el reostato conmutador igualmente visible en la fig. (3ª) que



280 rro-grés, por llenar esta materia su cometido, ya que cocido
al fuego vivo, el previo barnizado, le presta un esmaltado
magnífico. La forma de los vasos se realiza por que son cong-
truidos de dos piezas, que se superponen en frío, para formar
una, la forma de trabajarse el material de grés, lo facilita.

285 Las conexiones de los electrodos auxiliares se rea-
liza por los orificios practicados en los costados del fondo.
Dado la gran diversidad de características que pueden preci-
sarse en instalaciones de esta clase, motiva no se fijen di-
mensiones de los modelos (los de las figs. 1ª y 2ª) (tienen es-
cala 1 y 3), su forma, la ubicación del electrolito por vál-
290 vula, separación y superficie de los electrodos etc., por es-
tar ligadas las normas de construcción aquellas que las carac-
terísticas de la instalación exijan, ya que unos casos aconse-
jarán derivar directamente de la red el compuesto agrupamien-
to realizado con las válvulas, en otros, se precisará rebajar
295 tan escasamente poco el potencial, de la red para adaptarlo
al agrupamiento requerido, que solo serán precisas ligeras
inductancias, en otros serán aconsejables los autotransforma-
dores y transformadores. En cuanto a la refrigeración pudiera
ser incluso precisar la forzada, de ordinario bastará la na-
300 tural, por las dimensiones de los vasos y por las ventilacio-
nes practicadas, forrando con chapa perforada. La línea de
alimentación de los electrodos auxiliares está derivada de la
red, en los bornes de entrada del circuito primario; para la
conexión y desconexión sin interrumpir el servicio. Estos elec-
305 trodos pueden ser de hierro u otro material determinado, se
prefiere el carbón. En cuanto a los electrodos rectificadores
son corrientemente el plomo y el aluminio.

m Entre las corrientes, tensiones y potencias que in-
tervienen en el rectificador existen las siguientes relacio-
310 nes:

Por lo general el transformador tiene dispuesto el



primario en triangulo y el secundario en estrella (fig. 16ª).

El valor eficaz de la corriente alterna es

$$I_z = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt}$$

315

El valor instantáneo de la corriente senoidal es:

$$i = I_{max} \sin(\omega t)$$

Su valor eficaz es por lo tanto $I_z = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T I_{max}^2 \sin^2(\omega t) dt}$

320

Durante un periodo, la corriente circula de un borne del transformador a un ánodo A (fig. 16ª) solamente durante el tiempo $(\frac{T}{4} - \frac{T}{2n})$ hasta $(\frac{T}{4} + \frac{T}{2n})$ Siendo T la duración de un periodo (fig. 19ª) y N el número de fases de la corriente alterna. En la (fig. 19ª) $N = 6$.

El valor eficaz de la llamada corriente anódica es por lo tanto:

325

$$\{1\} I_f = I_a = \sqrt{\frac{1}{T} \int_{\frac{T}{4} - \frac{T}{2n}}^{\frac{T}{4} + \frac{T}{2n}} I_{max}^2 \sin^2(\omega t) dt}$$

330

Del polo positivo hacia la carga, en la parte de continua, circula la corriente rectificada, que es una corriente continua pulsatoria integrada por n corrientes anódicas enlazadas, (fig. 19ª). El valor eficaz de la corriente rectificada es por lo tanto

335

$$\{2\} I_c = \sqrt{\frac{n}{T} \int_{\frac{T}{4} - \frac{T}{2n}}^{\frac{T}{4} + \frac{T}{2n}} I_{max}^2 \sin^2(\omega t) dt}$$

Resolviendo la integral sub-radical se tiene:

$$\{3\} I_c = I_{max} \sqrt{\frac{1}{2} + \frac{n_2}{4n} \sin \frac{2\pi}{n_2}}$$

340

de donde n_2 es el número de fases en el secundario del transformador. Dividiendo la igualdad $\{1\}$ por $\{2\}$ se obtiene la relación entre la corriente anódica eficaz y la corriente rectificada eficaz.

$$\{4\} \frac{I_a}{I_c} = \frac{\sqrt{\frac{1}{T}}}{\sqrt{\frac{n}{T}}} = \frac{1}{\sqrt{n_2}}; \text{ por tanto } I_a = \frac{I_c}{\sqrt{n_2}} \quad \{5\}$$

De las formulas $\{3\}$ y $\{5\}$ se obtiene para el valor

160543



345 de las corrientes anódicas:

$$\{6\} I_{f_2} = I_0 = I_{max} \sqrt{\frac{1}{2n_2} + \frac{1}{4\pi} \operatorname{sen} \frac{2\pi}{n_2}}$$

Esta corriente se puede medir con un instrumento termico.

350

En la ecuación $P = a It$ (a equivalente electroquímico) de los procesos electroquímicos; I_1 representa el valor medio aritmético de la corriente (solamente en el caso de la corriente continua constante es $I = I_m$). Por consiguiente

355

de considerarse el valor medio de la corriente r

El valor medio aritmético en un semiperíodo es, según otra fórmula conocida

$$I_m = \frac{1}{T/2} \int_0^{T/2} I_{max} \operatorname{sen}(wt) dt$$

360

Por consiguiente, la expresión que se obtiene para el valor medio aritmético de la corriente rectificadora es:

$$\{7\} I_{cm} = \frac{n}{T} I_{max} \int_{\frac{T}{4} - \frac{T}{2n}}^{\frac{T}{2} + \frac{T}{2n}} \operatorname{sen}\left(2\pi \frac{t}{T}\right) dt$$

365

Resolviendo la integral se obtiene $I_{cm} = \frac{n_2}{\pi} I_{max} \operatorname{sen} \frac{\pi}{2n}$ {8}

En la corriente rectificadora la relación del valor eficaz al valor medio aritmético es: {3} {8}

370

$$\{9\} \frac{I_c}{I_{cm}} = \frac{I_{max} \sqrt{\frac{1}{2} + \frac{n_2}{4\pi} \operatorname{sen} \frac{2\pi}{n_2}}}{I_{max} \frac{n_2}{\pi} \operatorname{sen} \frac{\pi}{n_2}} = \frac{\sqrt{\frac{1}{2} + \frac{n_2}{4\pi} \operatorname{sen} \frac{2\pi}{n_2}}}{\frac{n_2}{\pi} \operatorname{sen} \frac{\pi}{n_2}}$$

En la corriente alterna trifásica ($n_2 = 3$) se obtiene $\frac{I_c}{I_{cm}} = 1.016$ y en la corriente exafásica ($n_2 = 6$) $\frac{I_c}{I_{cm}} = 1.009$

375

por consiguiente se puede tomar sin incurrir en grave error $I_c = I_{cm}$. También es de importancia la relación entre corrientes anódica y rectificadora media O_1

60543

- 13 -



$$C_i = \frac{I_a}{I_{cm}} = \frac{n}{n_2 \operatorname{sen} \frac{n}{n_2}} \sqrt{\frac{1}{2n_2} + \frac{1}{4n} \operatorname{sen} \frac{2n}{n_2}}$$

380 En la corriente trifásica ($n_2 = 3$) es $C_1 = 0'587$, y en exafásica ($n_2 = 6$) $C_1 = 0'409$. En el caso de corriente alterna senoidal, el valor eficaz de la tensión simple del transformador, la llamada tensión de ánodo, esto es, la tensión entre el punto neutro del transformador y el borne de un ánodo, es $E_a = E_f \frac{E_f \max}{\sqrt{2}}$

385 $E_f =$ es el valor máximo de la tensión de fase secundaria

Si la carga no es inductiva, el valor eficaz que se obtiene para la tensión rectificadora E_c , es con arreglo a la fórmula {3}

390
$$E_c = E_f \max \sqrt{\frac{1}{2} + \frac{n_2}{4n} \operatorname{sen} \frac{2n}{n_2}}$$

El valor medio aritmético de la tensión rectificadora es, con arreglo a la fórmula {8}

{11}
$$E_{cm} = E_f \max \frac{n_2}{n} \operatorname{sen} \frac{n}{n_2}$$

luego sin error sensible $E_c = E_{cm}$.

395 La relación de la tensión anódica al valor medio aritmético de la tensión rectificadora es

$$C_u = \frac{E_a}{E_{cm}} = \frac{n}{n_2 \sqrt{2} \operatorname{sen} \frac{n}{n_2}}$$

400 La corriente alterna trifásica es $C_u = 0'855$, y exafásica $C_u = 0'74$.

La tensión rectificadora total entre el ánodo y el centro de estrella, se obtiene añadiendo a la tensión $E_c = E_{cm}$ la pérdida de tensión E_p entre el ánodo y cátodo y vale

{12}
$$E_{c \text{ tot}} = E_c + E_p$$

405 Si el transformador tiene igual número de fases en el secundario que en el primario; despreciando las pérdidas y suponiendo la relación de transformación sea 1:1

$$I_{f1} = I_{f2} = I_a$$

410 Pero si el número de fases en el secundario n_2 es k veces mayor que en el primario n_1 , es decir $n_2 = K n_1$ {13}



La fase primaria entrará en actividad k veces más que la secundaria y entonces formulas {2-3-4}

$$\frac{I_1}{IR} = \frac{\sqrt{\frac{K}{F}}}{\sqrt{n_2}} = \frac{1}{\sqrt{n_1}} \quad \{14\}$$

415 Se obtiene por consiguiente, en un transformador con tres fases en el primario

$$I_1 = \frac{I_c}{\sqrt{3}} \quad \{15\}$$

Si la relación es 1:1, la tensión de fase primaria será igual a la secundaria $E_1 = E_2 = C_u E_{cm}$ {16}

420 La potencia primaria es despreciando las pérdidas

$$\{17\} W_1 = n_1 E_1 I_1 = n_1 C_u E_{cm} \frac{I_{cm}}{\sqrt{n_1}} = \sqrt{n_1} C_u E_{cm} I_{cm}$$

la potencia secundaria es

$$\{18\} W_2 = n_2 E_2 I_2 = n_2 C_u E_{cm} \frac{I_{cm}}{\sqrt{n_2}} = \sqrt{n_2} C_u E_{cm} I_{cm}$$

425

Si el transformador es trifásico lo mismo en el primario que en el secundario se obtiene $\sqrt{n_1} C_u = \sqrt{3} \times 0.855 = 1.48$ y $\sqrt{n_2} C_u = \sqrt{3} \times 0.855 = 1.48$ En un transformador que sea trifásico en el primario y exafásico en el secundario, se obtiene

430

$$\sqrt{n_1} C_u = \sqrt{3} \times 0.74 = 1.28 \text{ y } \sqrt{n_2} C_u = \sqrt{6} \times 0.74 = 1.875$$

La relación de los factores de corrección primario y secundario es

$$435 \quad \frac{\sqrt{n_2} C_u}{\sqrt{n_1} C_u} = \sqrt{\frac{n_2}{n_1}} = \sqrt{K}$$

Para determinar el tipo de transformador a emplear, se

toma el valor medio aritmético de los factores de corrección obteniéndose

$$W = \frac{\sqrt{n_1} C_u + \sqrt{n_2} C_u}{2} E_{cm} I_{cm} = \frac{\sqrt{n_1} + \sqrt{n_2}}{2} C_u E_{cm} I_{cm}$$

440 haciendo

$$\frac{\sqrt{n_1} + \sqrt{n_2}}{2} C_u = C_t \text{ y } E_{cm} I_{cm} = W_c$$

se tiene $W = C_t W_c$.

Si el transformador tiene tres fases lo mismo en el

160543-15-



primario que el secundario, será

$$445 \quad C_t = \frac{\sqrt{n_1} + \sqrt{n_2}}{2} C_{22} = \frac{\sqrt{3} + \sqrt{3}}{2} \cdot 0'855' = 1'48$$

Si el transformador tiene tres fases en el primario y seis en el secundario, será

$$450 \quad C_t = \frac{\sqrt{n_1} + \sqrt{n_2}}{2} C_{22} = \frac{\sqrt{3} + \sqrt{6}}{2} \cdot 0'74 = 1'55$$

El tipo de transformador tiene, pues, que elegirse por una potencia 1'55 veces mayor que la correspondiente a la corriente rectificada.

Como la corriente de un electrodo no se interrumpe inmediatamente cuando el siguiente empieza a suministrar corriente, habrá que corregir el factor anterior por un coeficiente ligeramente superior a la unidad; 1'1 y se obtiene 1'765 en vez de 1'55, que para mayor seguridad el valor de C_t , se eleva a 1'9

460 Y en general será (vease formulas 2-3-4) si $K = n_2/n_1$, es la relación entre el número de fases

$$I_1 = I_{cm} \frac{\sqrt{\frac{2K}{r}}}{\sqrt{\frac{n_2}{r}}} = \sqrt{\frac{2}{n_1}} I_{cm}$$

465 Por consiguiente, con tres fases en el primario será

$$I_1 = 0'876 I_{cm}$$

La potencia suministrada por el rectificador es

$$W_c = E_{cm} I_{cm}$$

La potencia absorbida, es

$$470 \quad W_b = \sqrt{3} E_b I_1$$

Despreciando las pérdidas, se tiene

$$\sqrt{3} E_b I_1 = E_{cm} I_{cm}$$

La corriente I_1 es, por lo tanto

$$475 \quad I_1 = \frac{E_{cm} I_{cm}}{\sqrt{3} E_b} = \frac{E_{cm} I_{cm}}{\sqrt{3} C_{22} E_{Rm}} = \frac{1}{\sqrt{3} C_{22}} I_{cm}$$

con tres fases en el primario y seis en el secundario, se ob-



160543

tiene $I_1 = \frac{1}{\sqrt{3} \cdot 0.78} I_{cm} = 0.78 I_{cm}$

La corriente calculada de este modo es menor que
 480 la medida. Designando por I_1' a la calculada y por I_1 a la
 medida, se tiene

$$I_1' = \frac{\sqrt{\frac{2}{\pi}}}{\sqrt{3} \cos \phi} I_1$$

con tres fases en el primario y seis en el secundario, se ob-
 tiene

485 $I_1 = \frac{0.816}{0.78} I_1' = 1.074 I_1'$

y es $\pi = \frac{E_{cm} I_{cm}}{E_b I_1 \sqrt{3}} = \frac{I_1'}{I_1} = \frac{1}{1.074} = 0.955$

Esta magnitud recibe el nombre de factor de potencia
 490 o factor de deformación del "rectificador". Está producido
 por la diferencia de forma de las curvas de corriente y ten-
 sión, y no por la diferencia de fase, como ocurre con la car-
 ga inductiva o capacitativa. Aquí no se ha tenido en cuenta
 la diferencia de fase del transformador. El factor de poten-
 495 cia total es

$$S = \frac{W_c}{E_b I_1 \sqrt{3}} \quad S = \pi \cos \phi$$

$\cos \phi$, es el factor de potencia del transformador.

En el rectificador tiene únicamente lugar la pérdida
 $I_{cm} E_p$ y por lo tanto, su rendimiento es

500 $\eta_R = \frac{E_{cm} I_{cm}}{E_{cm} I_{cm} + E_p I_{cp}} \cdot 100 = \frac{E_{cm}}{E_{cm} + E_p} \cdot 100$

El rendimiento es tanto mayor cuanto más elevada sea
 la tensión E_{cm} . Si η_t es el rendimiento del transformador, ex-
 presado en tanto por ciento, el rendimiento total de la ins-
 505 talación será

$$\eta = \frac{\eta_R \eta_t}{100}$$

160543



ENSAYO DEL RECTIFICADOR

Refiriendonos a la conexión de la fig. (17) para corriente alterna monofásica, el ensayo deberá comprender las siguientes magnitudes:

- 1ª rendimiento del transformador ρ_1
 2ª " " recipiente ρ_2
 3ª " " rectificador ρ
 515 4ª pérdida de energía en el recipiente ρ_3 Wv (fig.17)
 o sea también, la pérdida de tensión Ev.

Si se lee en el lado primario del transformador T la potencia W_1' ; y si r_1 , son las resistencias de las bobinas amperimétricas del vatímetro W_1 y del amperímetro I_1 , y R_{s1} la resistencia voltimétrica del voltímetro E_1 , la potencia que absorbe el transformador T_1 es

$$\{1\} W_1 = W_1' - I_1^2 r_1 - \frac{E_1^2}{R_{s1}}$$

Si los vatímetros insertados en el secundario arrojan los valores W_2' y W_2'' , la potencia que entra en el rectificador R por los bornes a b, es

$$\{2\} W_2 = W_2' + W_2'' - 2I_2^2 r_2$$

en donde r_2 es la resistencia compuesta de las bobinas amperimétricas (vatímetros W_2' y W_2'' y amperímetros I_2). La potencia cedida en los bornes (c.d.) del rectificador, viene dada por la

530 $W_{3w} = W_3' + E_{3w}^2 \left(\frac{1}{R_{s3}} + \frac{1}{\rho_3} \right)$

Quando se miden, la tensión ondulada E_{3w} y la corriente ondulada I_{3w} , con aparatos de corriente alterna, y siendo R_{s3} y ρ_3 las resistencias del voltímetro E_3 y del carrete voltimétrico del vatímetro W_3' . En cambio, si medimos E_{3g} e I_{3g} con aparatos de corriente continua (de carrete giratorio), la potencia de la corriente continua cedida por el rectificador viene dada por

$$W_{3g} = E_{3g} \cdot I_{3g} + E_{3g}^2 \cdot \left(\frac{1}{R_{s3}} + \frac{1}{\rho_3} \right)$$



Ev; nos indica la pérdida de tensión en el

540 te.

De las conexiones {1} y {3} resulta el rendimiento de transformación $\int_1^{\circ} = \frac{W_3 w}{W_1}$

y de {2} y {3} el del "recipiente" $\int_2^{\circ} = \frac{W_3 w}{W_2}$

545 De {1} y {4} se obtiene el rendimiento del "rectificador". $\int_3^{\circ} = \frac{W_3 g}{W_1}$

y de {2} y {3} la "pérdida de energía" $W_w = W_2 - W_3 w$

550 Es muy distinta la marcha del rectificador, cuando la carga viene producida por aparatos de consumo que tienen fuerza contra-electromotriz; de cuando no la tienen.

Para corriente trifásica se efectúan las conexiones con arreglo al esquema de la fig. 18;

555 Conservando los mismos signos para las resistencias de los carretes de los voltímetros, amperímetros y vatímetros se obtienen, en tal caso

$$W_1 = W_1' + W_1'' - 2 I_1^2 r_1 - \frac{E_1^2}{R_{S_1}} \quad \{9\}$$

$$W_2 = W_2' + W_2'' + W_2''' - 3 I_2^2 r_2 \quad \{10\}$$

560
$$W_3 = W_3' + E_{3w}^2 \cdot \left(\frac{1}{R_{S_3}} + \frac{1}{\rho_3} \right) \quad \{11\}$$

$$W_{3g} = E_{3g} \cdot I_{3g} + E_{3g}^2 \cdot \left(\frac{1}{R_{S_3}} + \frac{1}{\rho_3} \right)$$

Ev = es la pérdida de tensión por fase en el recipiente.

565 Los rendimientos que queremos determinar, así como la pérdida de energía en el recipiente, se hallarán de un modo análogo, siguiendo el orden anteriormente expresado, para cualquiera de la clase de esquemas, de los reseñados en los diversos conjuntos de agrupamientos determinados.

570 El rendimiento puede alcanzar del 60 al 80 %.

160543

- 19 -



REIVENDICACIONES

575 Describo suficientemente el objeto que constituye la presente patente de invención, lo que se declara como de nueva y propia invención del solicitante, son las siguientes reivindicaciones:

580 1ª.- Rectificador de corriente electrolítico, cuyo funcionamiento se basa en la conductibilidad unipolar del aluminio, que se caracteriza por estar constituido por un voltámetro provisto de un electrodo positivo de tántalo o aluminio y un electrodo negativo de plomo, hierro o carbón, que obra exactamente como una válvula, dejando pasar la corriente solamente en la dirección en que el tántalo o el aluminio es cátodo.

585 2ª.- Rectificador según la reivindicación 1ª, que se caracteriza por que para el desprendimiento del oxígeno en el ánodo, ya sea directamente o bien en virtud de fenómenos secundarios, se utiliza preferentemente una disolución de bicarbonato sódico, en la cantidad de 125 gms. por litro de agua, o bien otro líquido cualquiera que cumpla esta condición, tal como disoluciones de ácido bórico, borato amónico o fosforicas, como fosfato sódico o cualesquiera sales de ácido débil, cuyo oxígeno al desprenderse forma con el aluminio una combinación que impide casi por completo el paso de la corriente, cuando esta tiene un sentido tal que el aluminio sea ánodo; en cambio cuando la corriente entra por el polo opuesto, reduce instantaneamente el óxido de aluminio devolviendo a este electrodo (aluminio) su conductibilidad normal.

595 3ª.- Rectificador según las reivindicaciones 1ª y 2ª, caracterizado por que con el fin de aprovechar todo el periodo de la corriente, utilizando sus dos semiperíodos, se disponen cuatro voltímetros o válvulas de esta clase (fig. 3ª) de forma que las válvulas $P_1A_1 - P_4A_4$ funcionan durante un semi-

600

180543

- 20 -



605 periodo y las P_2A_2 & P_3A_3 durante el otro, empalmado los alu-
minios y los plomos a fin de que las válvulas permitan el pa-
so de la corriente tan solo en una dirección, impidiendo por
el contrario la circulación en sentido contrario.

610 4ª.- Rectificador según la reivindicación 3ª, que se
caracteriza por que durante el semiperiodo en que la corrien-
te alterna marche de M a R, el juego de las válvulas le obli-
ga a atravesar el camino M Q R N R G dirigiendo por el con-
trario la circulación de la corriente por el camino R Q R' N M G
durante el semiperiodo en que ha de marchar de R a M, siendo
atravesado como consecuencia el receptor R' siempre en el mis-
mo sentido.

615 5ª.- Rectificador según las reivindicaciones 1ª a 4ª,
que como una variante que no altera la esencia, se caracteriza
por el hecho de obtener el mismo resultado aprovechando todo
el periodo de la corriente alterna con solo dos válvulas en
combinación con un transformador monofásico de tensión (fig.4ª).

620 6ª.- Rectificador según las reivindicaciones anterio-
res, que se caracteriza por que el secundario del transformador
T lleva dispuestos tres bornes U.V.O. correspondientes a los
extremos de la fase y al centro del devanado, comunicando el
borne U. con una válvula P_1A_1 mientras el borne V_1 va unido a
625 la otra válvula P_2A_2 , situandose entre N y O el circuito de con-
tinua recorrido por la corriente rectificada en un sentido de-
terminado, indicandose mediante el amperímetro A la corriente
que atraviesa el receptor R y regulada la corriente por la re-
sistencia R', siendo no obstante susceptible de llenar cual-
quiera exigencia característica, las muy diversas formas de aco-
630 plamientos o agrupaciones que permitan estos voltímetros según
esquemas acompañados.

635 7ª.- Rectificador según las reivindicaciones anterio-
res, caracterizado por el hecho de que si el transformador fue-
se trifásico en el primario y exafásico en el secundario, se



160543

disponen ambas en paralela, obteniéndose de todos los electro-
dos de aluminio unidos el (+) y el (-) tomando en conexión con
el centro de los dos carretes de autoinducción H_1 , que estan de-
rivados de los dos centros de las estrellas trifásicas en que
640 se desdobra el sistema exafásico, estando recorridos los dos
carretes de la autoinducción H_1 por la corriente de retorno en
sentido contrario y van montados sobre un mismo circuito magne-
tico simple.

8ª.- Rectificador según las reivindicaciones 1ª a 7ª,
645 que se caracteriza por que dependiendo la pérdida de tensión
 E_{v_1} (figs. 17 y 18) de la menor o mayor conductibilidad del elec-
trolito, se introducen para favorecer este importante factor
los electrodos auxiliares en cada válvula que ejercen una im-
portante acción, al calentar el electrolito por el fondo y con
650 ello facilitar una circulación intensa del líquido.

9ª.- Rectificador según lo reivindicado en los puntos
anteriores, caracterizado por que al dejar de funcionar el rec-
tificador y por tanto con la inactividad del electrolito, la
forma de los vasos se presta para que la sal sobrante (dada la
655 saturación del electrolito) se deposite en el fondo, alejada
de los electrodos rectificadores y en íntimo contacto con los
electrodos auxiliares (fig. 7ª) como igualmente las canaletas
practicadas en los mismos permiten la perfecta sujeción de los
electrodos, intercalandose una vez puesto en servicio el recti-
660 ficador (y merced a un interruptor independiente), los elec-
trodos auxiliares, a fin de que estos eleven (auxiliando a los
rectificadores) rapidamente la temperatura del electrolito, for-
zando por convención la circulación del mismo y obrando en es-
te caso los referidos electrodos auxiliares como agitadores de
665 las sales que por decantación se habian acumulado en el fondo
de las válvulas.

10ª.- Rectificador según las reivindicaciones ante-
riores, que se caracteriza por que observando las indicaciones

160543

- 22 -



670 del amperímetro, puede comprobarse (dentro de un régimen de
carga dado) cuando la intensidad en el circuito de salida se
estabiliza en un máximo, pudiéndose desconectar en este mo-
mento los electrodos auxiliares de la red, bastando para man-
tener la circulación del electrolito, el calor que por efec-
to Joule desarrollan las válvulas en su funcionamiento sin
675 perder rendimiento.

11ª.- por "RECTIFICADOR DE CORRIENTE ELECTROLITICO".

Todo según queda descrito en la presente memoria,
que consta de veintidos hojas, escritas a máquina por una so-
la cara.

Madrid, 3 de Marzo de 1.943

BLAS GARCIA DELGADO.

P.A.
El Agente Oficial.

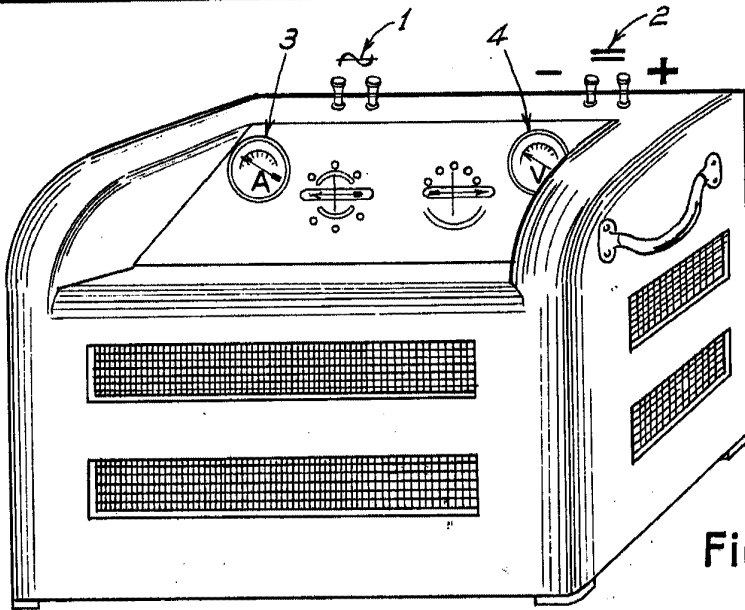


Fig. 1

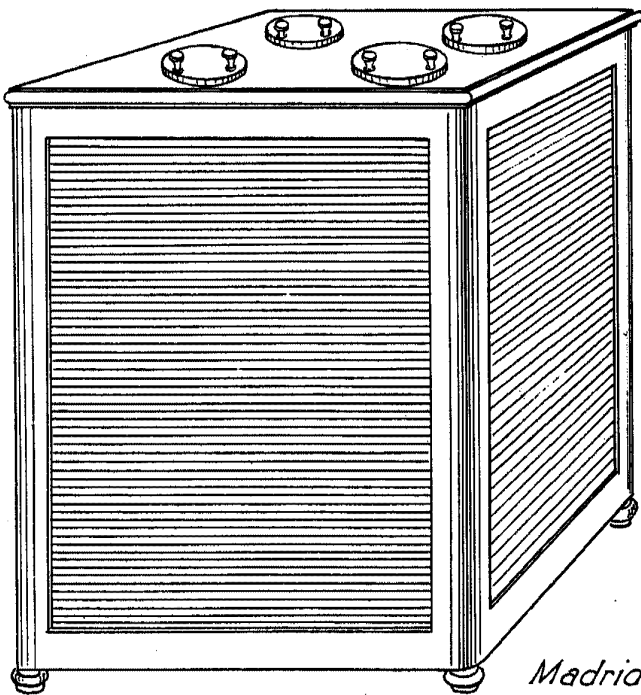


Fig. 2

Madrid 3 marzo 1943

ESCALA VARIABLE

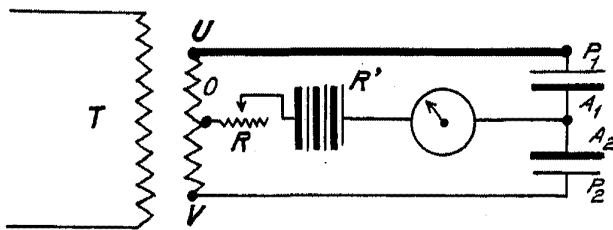
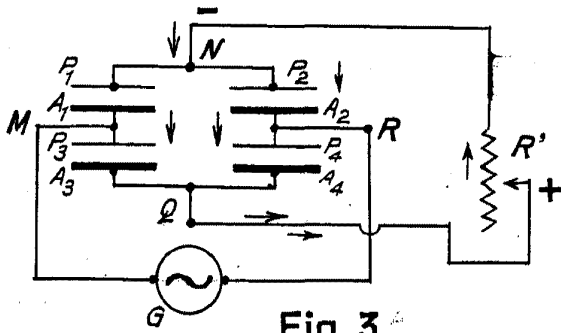
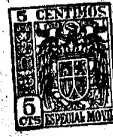
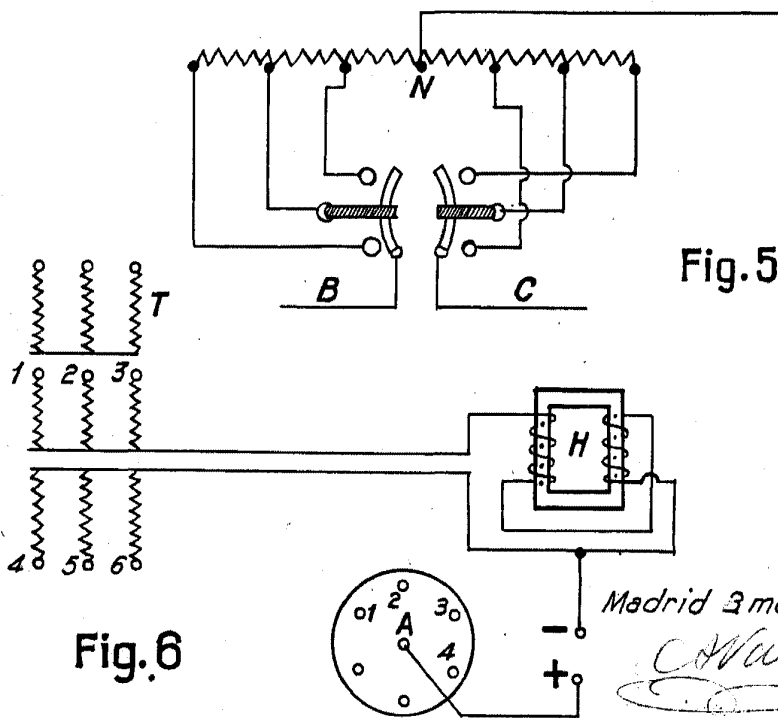


Fig. 4



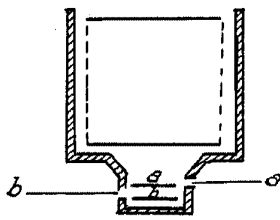


Fig. 7



Fig. 8

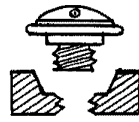


Fig. 9

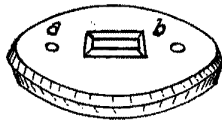


Fig. 11

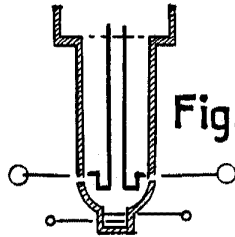


Fig. 10

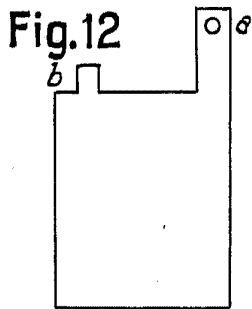


Fig. 12

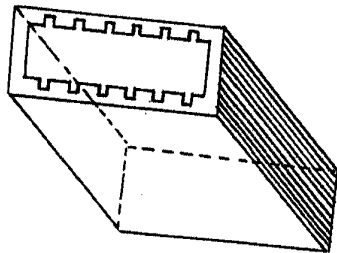


Fig. 13

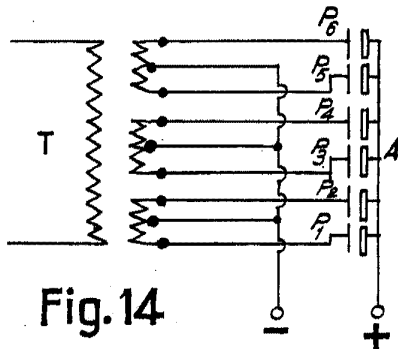


Fig. 14

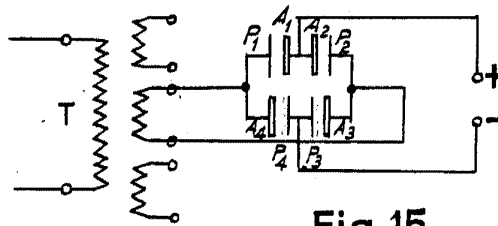


Fig. 15

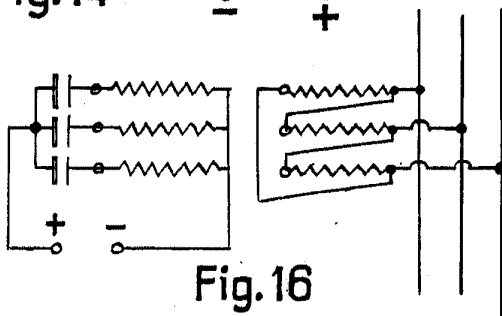
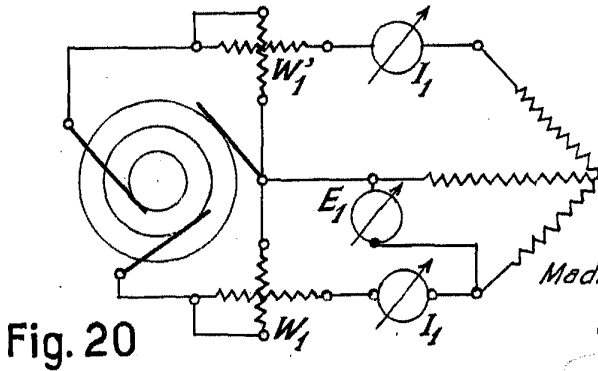
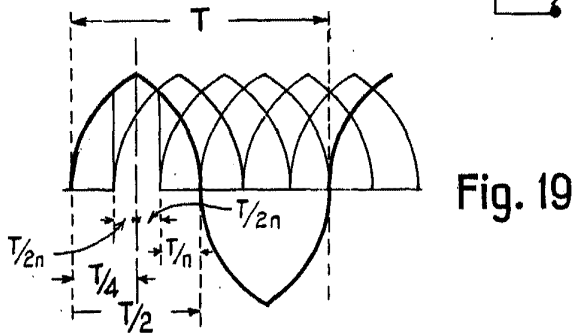
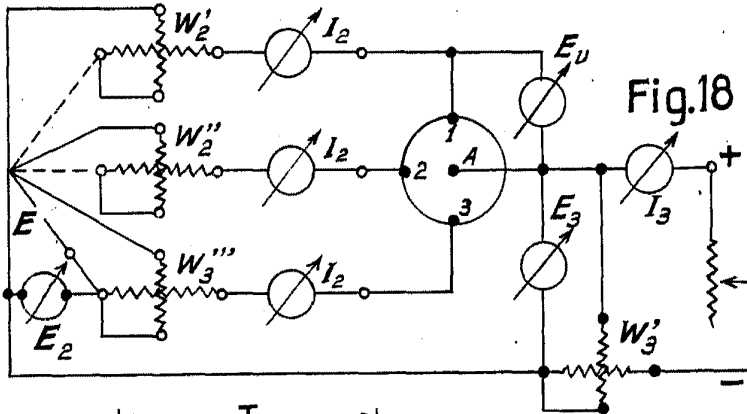
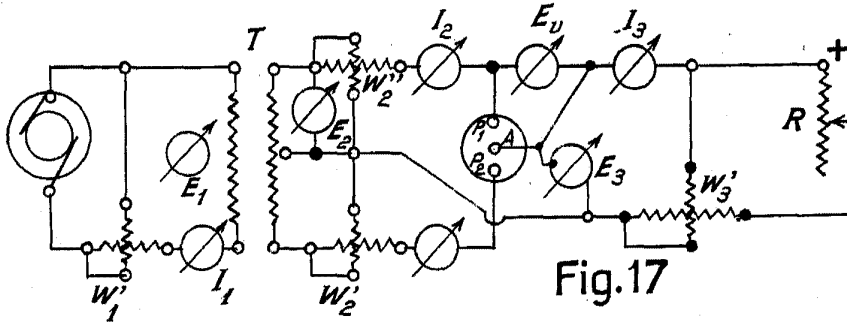


Fig. 16

Madrid 3 marzo 1943

Blas García Delgado



Madrid 3 marzo 1943

Blas Garcia Delgado