



P.- 8020.-

23.063 - SBV.

Docket No. 79.640

192131

MALA REPRODUCCION  
POR DEFECTO DEL ORIGINAL

15 MAR 1950

192131

MEMORIA DESCRIPTIVA  
para solicitar  
P A T E N T E D E I N V E N C I O N  
e n  
E S P A Ñ A  
por VEINTE años

a nombre de INTERNATIONAL GENERAL ELECTRIC COMPANY, INC., enti-  
dad norteamericana, establecida en 570 Lexington Avenue,  
Nueva York, N.Y., E.U.A. por:

" MEJORAS INTRODUCIDAS EN LAS REDES DE CAMBIO DE  
" FASE "

Este invento se refiere a redes de cambio de fase,

1 92131

y más especialmente a redes de cambio de fase de impedancia estática que utilizan una combinación de elementos de reactancia fijos y variables para efectuar una variación en relación de fase entre un voltaje de salida de la red con  
5 relación a un voltaje de entrada de la misma.

Un uso importante de las redes de cambio de fase ha estado en relación con rectificadores e inversores de tubo para efectuar un cambio de fase del voltaje aplicado a un electrodo de control de los tubos rectificadores o  
10 inversores con relación al voltaje del ánodo, y controlar así el funcionamiento de dichos rectificadores o inversores. Se ha propuesto o usado anteriormente muchas formas y varios tipos de circuitos de cambio de fase de impedancia, pero las formas y tipos hasta ahora usados tenían una o más de  
15 las siguientes desventajas, a saber, variación del voltaje de salida con el cambio de fase, altas pérdidas eléctricas particularmente al utilizar una resistencia en uno de los brazos de impedancia, limitaciones en el grado máximo de cambio de fase obtenible sin una indebida complicación de  
20 circuitos, y apreciable complejidad de estos cuando la variación de fase se obtiene con reactores variables solamente.

Un objeto de este invento es ofrecer una red de cambio de fase de impedancia, nueva y perfeccionada, que tiene pérdidas eléctricas mucho más bajas que las redes hasta  
25 ahora propuestas o usadas, un voltaje de salida que permanece de magnitud virtualmente constante en todo el campo del ángulo de cambio de fase de la red, y un cambio de fase continuo en una importante porción de  $360^\circ$  con variación

192131

razonable en una impedancia.

Según este invento, se utiliza una red que comprende por lo menos dos elementos de reactancia tales como reactancia inductiva fija y una reactancia inductiva variable como se representa, conectadas en serie al través de componentes de voltajes de entrada que tienen diversas relaciones de fase, que se llamarán el "ángulo de entrada" y tomen de la red un voltaje de salida entre un punto de empalme de los elementos reactivos y un borne de salida neutro u otro desplazado en la red para excitar un circuito de carga cuyo voltaje se ha de cambiar en fase en relación con el voltaje de entrada. El valor del elemento de reactancia fijo de la red, así como la característica de impedancia de la carga, son funciones del ángulo de entrada y el ángulo de salida.

Este invento se comprenderá mejor por la siguiente descripción en relación con el dibujo adjunto, y su finalidad se señalará en las reivindicaciones anexas.

En el dibujo, la figura 1, es una representación diagramática de una realización del invento empleada con un circuito de tres fases; la figura 1a es una representación diagramática de una forma adecuada de una reactancia inductiva variable representada esquemáticamente en la figura 1; la figura 2 es un diagrama vectorial de la realización del invento representada en la figura 1, y muestra una solución gráfica de los voltajes y corrientes de la red para una fase a un ángulo de cambio de fase neutro de  $30^\circ$  del voltaje de salida, y la figura 3 es un dia-



1 92131

grama vectorial que muestra relaciones de voltaje y corriente similares a las de las figuras 2 cuando el voltaje de salida se cambia en  $90^\circ$ .

5 En la figura 1 del dibujo se representa una red polifásica que es especialmente útil para circuitos de rectificadores e inversores, porque está conectada para funcionar con un "ángulo de entrada" de  $120^\circ$  que se obtiene directamente de un suministro de fuerza trifásico.

10 El término "ángulo de entrada" se usa en toda esta Memoria para denotar el ángulo entre dos de los vectores de voltaje de suministro de fuerza aplicados a cualquier par de elementos de cambio de fase de la red. Pero debe entenderse, conforme avanza la descripción, que pueden seleccionarse varios ángulos de entrada con la debida atención a la constancia de la impedancia de carga y su ángulo de factor de fuerza para obtener los objetos deseados según se esboza arriba, con ángulos máximos mayores o menores de cambio de fase en función de las condiciones seleccionadas.

20 Un circuito de suministro de corriente alterna trifásica se indica por los conductores 1, 2 y 3, y se supone que como en el circuito trifásico usual, se disponen tres voltajes de igual magnitud desplazados en  $120^\circ$  en fase de tiempo. La red de cambio de fase 4 comprende por lo menos dos elementos de reactancia de pérdidas bajas y con preferencia (si fuera posible) de pérdida cero, conectados en serie, con uno de los elementos de un valor fijo de reactancia, y el otro de una reactancia va-

riable desde virtualmente cero, al infinito. En los  
más amplios aspectos del invento, se incluyen en la denomi-  
nación "elemento de reactancia" un elemento de reactancia  
inductivo y un elemento de reactancia capacitivo, con arre-  
glo a la terminología corriente. Para mayor facilidad  
al distinguir entre una reactancia inductiva y una capaci-  
tiva, ésta última se mencionará como de signo opuesto al  
de una reactancia inductiva. De igual manera, la distin-  
ción entre un factor de fuerza de retardo y un factor de  
fuerza de avance se hará con referencia a un factor de fuer-  
za de signo opuesto o cuando se haga la comparación con un  
factor de fuerza de retardo.

Como el caso general se comprende mejor a menudo  
examinando un ejemplo específico, se representa la red 4,  
adecuada para aplicaciones trifásicas, comprendiendo tres  
elementos de reactancia inductiva fija 5, 6 y 7, dispuestos  
alternativamente con tres elementos de reactancia inductiva  
variable 8, 9 y 10, y todos conectados en serie en conexión  
de engranaje, y para la sencillez de la ilustración en for-  
ma de un polígono hexagonal, aunque igualmente la disposi-  
ción corriente de delta trifásica podría bien representar  
la red de manera que un elemento de reactancia fijo y va-  
riable apareciera en cada lado de la delta. Los ele-  
mentos de reactancia variable 8, 9 y 10, pueden ser de va-  
rias formas sin apartarse del invento en sus más amplios as-  
pectos, pero se ha comprobado en la práctica que la forma  
de reactor saturable representa los mejores resultados y se  
adapta bien a los controles de cambio de fase ahora usados

1 92131



MAR 1957

en la práctica. Este elemento de reactancia variable  
10 comprende un enrollamiento de corriente alterna 11 co-  
nectado en el circuito de corriente alterna con los reac-  
tores fijos 5, 7 y 8, y está provisto de un enrollamiento  
5 saturante de corriente continua 12 montado en un núcleo  
13 en cualquier forma adecuada para efectuar el deseado  
cambio en reactancia por saturación de corriente continua.  
En la figura 1-a- se muestra una estructura adecuada para  
la reactancia variable 10, en la cual el núcleo 11 es un  
10 núcleo de cuatro patas con los enrollamientos de corriente  
alterna, montados en serie en cada una de las patas centra-  
les para ofrecer componentes de flujo en relación aditiva  
con respecto a dichas patas y un enrollamiento de corrien-  
te continua 12 montados sobre las dos patas. Los ele-  
15 mentos de reactancia variable 8 y 9 se representan como de  
la misma forma que el elemento 10, y están provistos res-  
pectivamente de enrollamientos de c.c. 14 y 15.  
Los enrollamientos de c.c. 12, 14 y 15, están interconecta-  
dos y, como se representa, en serie para ser excitados  
20 desde una fuente de c.c. adecuada representada como una  
batería 16 y provista de cualquier medio adecuado 17 para  
controlar la corriente saturada de c.c. de los elementos  
de reactancia variable, 8, 9 y 10. La forma particular  
del medio de control 17 no constituye parte de este invento,  
25 pero si se desea obtener un rápido cambio de fase del vol-  
taje de salida, es conveniente tener un control que efectúe  
un cambio rápido en la corriente continua y por tanto un  
cambio rápido en la reactancia. Una forma de control

MALA REPRODUCCIÓN  
POR DEFECTO DEL ORIGINAL

192131

que ha dado buenos resultados en la práctica es la descrita en la patente de los EE.UU. 2.435.188 concedida el 3 de febrero de 1948 en virtud de una solicitud de B.D. Bedford en la cual un generador amplificador que responde al estado a controlar va dispuesto para variar la c.c. en un circuito de cambio de fase de tipo de reactor saturable para un convertidor de tubo.

La red 4 está provista de bornes de entrada 18, 19 y 20 y bornes de salida 21, 22 y 23, que en este caso particular, alternan con los bornes de entrada. Los de salida 18, 19 y 20 están conectados respectivamente con los conductores de fase 1, 2 y 3, de manera que el ángulo de entrada de la red es de  $120^\circ$ . Un circuito de carga 24 va conectado entre los bornes de salida 21 y 22 y como ilustrativo del tipo de circuito de carga en cuestión se representa un tipo conocido, de circuito de encendido de ignitrón según se describe en la Patente de los EE.UU. 2.362.294, concedida el 7 de noviembre de 1944, en virtud de una solicitud de A.H.Mittag. Este circuito comprende típicamente un capacitador de encendido 25 conectado para ser excitado al través de un reactor lineal 26 desde los bornes de salida del circuito de cambio de fase. El capacitador de encendido 25, cuando está totalmente cargado, descarga al través de un reactor de autosaturación o encendido 27 para excitar un autotransformador 28 desde el cual los encendedores 29 y 30 de dos ignitrones que tienen voltajes anódicos desplazados en fase en  $180^\circ$  se conectan para ser excitados. El encendedor 29 está conectado para



192131

ser excitado al través de un rectificador 31 desde un borne de extremo del transformador 28 y el encendedor 30 está conectado para ser excitado al través de un rectificador 32 desde el borne opuesto del transformador 28. Un conductor de retorno 33 está conectado entre los bornes de cátodo comunes de los encendedores y la toma central de transformador 28. Este circuito a pesar del uso del capacitor 25, tiene un factor de fuerza de retardo. Aunque los dos restantes circuitos de carga 34 y 35 para la aplicación especificada elegida como aplicación están destinados a representar circuitos de encendido similares del tipo representado por el circuito de carga 24, dichos circuitos de carga se representan esquemáticamente, de manera que el circuito 34 conectado al través de los bornes de salida 21 y 23 comprenden una inductancia 36 y una resistencia 37, y el circuito de carga 35 conectado al través de los bornes de salida 22 y 23 comprende una inductancia 38 y una resistencia 39. El punto de importancia especial para la aplicación de un circuito de fase representado es que cada circuito de carga tiene un factor de fuerza de retardo.

Con arreglo a este invento, la impedancia de carga debe ser virtualmente constante, y su ángulo de factor de fuerza debe ser la mitad del ángulo de entrada y de signo opuesto a la característica reactiva de la impedancia de la red de cambio de fase. Otro detalle general de la red es que el valor de la impedancia  $Z$  del elemento de reactancia fijo debe ser de dos veces el seno del ángulo de factor de fuerza  $Z$  veces la impedancia de carga. En

1 92131

el caso especial representado con un ángulo de entrada de fuerza de  $120^\circ$  y elementos de reactancia inductiva en la red de cambio de fase, se requiere que el ángulo de factor de fuerza de la impedancia de carga sea de  $60^\circ$  de avances o 50 % del factor de fuerza de avances. Como la carga particular representada tiene un factor de fuerza de retardo, un capacitador 40 está conectado al través del circuito de carga 24 y los capacitadores 41 y 42 al través de los circuitos de carga 34 y 35 respectivamente, siendo cada uno de tal valor que ponga su circuito de carga asociado al deseado ángulo de factor de fuerza de avance de  $60^\circ$ . Se comprenderá por supuesto, que según las características de la carga, el valor de capacitancia de los diversos capacitadores puede variar, y los mismos pueden incluso omitirse si la impedancia de carga tiene por sí misma el requerido ángulo de factor de fuerza.

Con un ángulo de entrada de  $120^\circ$  como se representa y teniendo la impedancia  $Z$  un ángulo de factor de fuerza de avance de  $60^\circ$  (1/2 del ángulo de entrada), el valor en ohmios de los factores fijos 5, 6 y 7 respectivamente es:

$$2 \operatorname{seno} 60^\circ \quad Z = 2\sqrt{\frac{3}{2}} \quad Z. \text{ o } 2\sqrt{3}.$$

Con las condiciones especificadas para un ángulo de entrada de  $120^\circ$ , la red de cambio de fase tiene un cambio de fase máximo teórico de  $240^\circ$  o, en el caso general, dos veces el ángulo de entrada la mayor o menor proximidad al ángulo de cambio de fase máximo depende de lo próximo que pueda diseñarse el reactor variable para tener las condiciones



limitadoras mínimas y máximas de cero y al infinito.

El tamaño y coste del equipo dependen en gran manera del ángulo deseado de cambio y la cantidad de fuerza consumida por el circuito controlado. Para una aplicación dada

5 una red que produce solo el cambio de fase máximo deseado con variación razonable en parámetros de circuito es más económica que una que da un cambio de mayor magnitud.

Por tanto, una gran ventaja de este tipo de red es su adaptabilidad a varias condiciones de entrada y requisitos de cambio de fase.

10

La figura 2 es un diagrama vectorial que muestra la solución de los voltajes de red para las condiciones existentes en la realización representada en la figura 1 donde el ángulo de entrada es de  $120^\circ$  y el ángulo de cambio de fase es de  $30^\circ$ . Se representen los voltajes de entrada

15

$E_1$ ,  $E_2$ , y  $E_3$ , a la parte neutra de la delta o conexión de engranaje y una rama de la red para una fase del voltaje de suministro. El vector  $E_1$  representa el deseado voltaje de salida que se toma igual a un ángulo de  $30^\circ$  de retardo con respecto al vector de voltaje  $E_1$ .

20

Esto establece los voltajes  $E_7$  y  $E_9$  que deben aparecer al través del reactor variable 9 y del reactor fijo 7 respectivamente. Las direcciones de las corrientes  $I_7$  e  $I_9$  que producen la caída de voltaje al través de los reactores 7 y 9 respectivamente (que se supone no tener resistencia) son entonces también conocidas y están en cuadratura con las respectivas caídas de voltaje  $E_7$  y  $E_9$ .

25

La corriente resultante  $I_R$  está en un ángulo  $\theta$  de  $60^\circ$  de

192131

avance con respecto al voltaje de salida  $E_1$  ya que el factor de fuerza de carga es de 50 % de avance. Como los voltajes pueden determinarse en todas las partes del circuito, los valores de las reactancia de fase requeridos para cada valor de cambio de fase, pueden escalonarse por una serie de diagramas vectoriales, o dichos valores pueden calcularse por cálculos matemáticos conocidos por los profesionales.

En la figura 3 se ve un diagrama vectorial similar que muestra la solución de la red en las mismas condiciones que se han expuesto arriba, con los vectores de voltaje y corriente indicados similarmente pero en las condiciones de un cambio en el voltaje de salida  $E_1$  de  $90^\circ$  como resultado en un aumento supuesto de valor para el reactor variable  $\rho$ . El campo de cambio de fase teóricamente puede variar desde retardo cero cuando el reactor variable  $\rho$  se reduce a cero (o se satura plenamente en la forma representada) a  $240^\circ$  de retardo cuando el reactor variable  $\rho$  está en su valor máximo e la corriente continua saturante se reduce a cero.

Los detalles que caracterizan la red especial que se acaba de describir son que el voltaje de salida permanecerá constante en magnitud con un voltaje de entrada constante a cualquier ángulo de cambio de fase entre los valores máximo y mínimo si la impedancia de carga  $Z$  es virtualmente fija y constante y tiene un factor de fuerza de avance de 50 %, y si el valor del reactor fijo de la red es igual a la  $\sqrt{3}$  veces la impedancia de carga



192131

Z.

Como antes se ha indicado, estas relaciones varían según el valor del ángulo de entrada y puede demostrarse fácilmente, vectorial y matemáticamente, que cuando el ángulo de entrada es de  $90^\circ$ , el ángulo de factor de fuerza debe ser de  $45^\circ$  a  $70^\circ$  % de factor de fuerza, y el valor del reactor fijo de la red debe ser igual a la  $\sqrt{2}$  veces de la impedancia de carga Z para ofrecer una salida de voltaje constante y un ángulo de cambio de fase teórico máximo de dos veces el ángulo de entrada o  $180^\circ$ .

Con un ángulo de entrada fácilmente obtenible de  $00^\circ$  puede demostrarse, vectorial y matemáticamente, que el ángulo de factor de fuerza debe ser de  $30^\circ$  a  $66^\circ$  % de factor de fuerza y el valor del reactor fijo de la red debe ser igual a la impedancia de carga Z para ofrecer una salida de voltaje constante y un ángulo de cambio de fase teórico máximo de dos veces el ángulo de entrada o  $120^\circ$ .

Como previamente se ha dicho, esta invención en sus más amplios aspectos, puede practicarse con elementos fijos y variables inductivos y capacitivos en la red de manera que en tal caso el factor de fuerza de la carga se requiere que sea de signo opuesto o de retardo.

Esta solicitud que corresponde a la presentada en los E.U.A., el 29 de marzo de 1949, bajo el número 84.208, se acoge a los beneficios del artículo 51 del vigésimo Estatuto de Propiedad Industrial.



192131

192131

- o - N O T A - o -

Los puntos de invención propia y nueva que se presentan para que sean objeto de esta Patente de invención en España, por VEINTE años son los siguientes:

5 1º.- Mejoras introducidas en las redes de cambio de fase de impedancia caracterizadas por un elemento reactivo fijo y un elemento reactivo variable conectados en serie para formar un circuito ramificado de la red, bornes de entrada dispuestos en los extremos del circuito ramificado y con un empalme intermedio entre los elementos reactivos fijos y variables constituyendo un borne de salida, conexiones de circuito para imprimir entre los bornes de entrada, componentes de voltaje de un desplazamiento de fase predeterminado entre ellas y que constituyen el ángulo de entrada de voltaje de la red, un segundo borne de salida dispuesto en un punto de la red en función del ángulo de entrada y un circuito de salida conectado con los bornes de salida y que tiene un valor de impedancia virtualmente constante y un ángulo de factor de fuerza igual

192131

192131

a la mitad del ángulo de entrada y de signo opuesto a la característica reactiva de la red.

5 2º.- Mejoras introducidas en las redes de cambio de fase de impedancia según se reivindican en el punto 1º., caracterizadas por un capacitor conectado con el circuito de salida con un valor de capacitancia tal que el ángulo de factor de fuerza del circuito de salida es igual a una mitad del ángulo de factor de fuerza del circuito de entrada.

10 3º.- Mejoras introducidas en las redes de cambio de fase de impedancia según se reivindican en el punto 1º., caracterizadas porque el circuito de salida tiene una impedancia constante del valor  $Z$ , y la impedancia del elemento reactivo fijo es dos veces el seno del ángulo de factor de fuerza de los tiempos  $Z$  de circuito de carga.

15 4º.- Mejoras introducidas en las redes de cambio de fase de impedancia según se reivindican en el punto 1º., caracterizadas por un reactor fijo que tiene un enroscamiento y un reactor saturable provisto de un núcleo y de un primario en el mismo conectado en serie con el enroscamiento del reactor fijo, y tiene además un secundario en dicho núcleo conectado con una fuente de corriente continua para excitar dicho secundario y variar su reactancia desde un valor virtualmente no saturado hasta un valor saturado para efectuar un cambio en la relación de fase entre el voltaje de salida y el de entrada en exceso del ángulo de voltaje de entrada.

20

25

5º.- Mejoras introducidas en las redes de cambio de fase que comprenden una pluralidad de bobinas de entrada, con un circuito de entrada polifásico para aplicar a los respec-

1 92131

tivos bornes de entrada voltajes igualmente desplazados en fase por un ángulo en grados eléctricos que constituye el ángulo de entrada de dicha red, caracterizadas por un par de elementos reactivos fijos y variables montados en serie entre cada par de bornes de entrada para formar la red, una pluralidad de bornes de salida dispuestos en puntos alrededor de la red alternando con los bornes de entrada, y un circuito de salida conectado con cada uno de los respectivos pares de bornes de salida para la conexión con un circuito de carga que tiene un ángulo de factor de fuerza de signo opuesto a la característica reactiva de la red y de un valor en grados igual a la mitad del desplazamiento de fase entre los voltajes de pares contiguos de bornes de voltaje de entrada.

6°.-- Mejoras introducidas en las redes de cambio de fase según se reivindican en el punto 5°, caracterizadas por medios para variar la reactancia inductiva del reactor variable en cada circuito ramificado, y un circuito de salida conectado con cada uno de los respectivos pares de bornes de entrada para la conexión con un circuito de carga de impedancia  $Z$  que tiene un ángulo de factor de fuerza de avance igual a la mitad del ángulo de entrada, siendo el valor en ohmios de la impedancia del reactor fijo igual a dos veces el seno de los tiempos  $Z$  del ángulo de factor de fuerza.

7°.- Mejoras introducidas en las redes de cambio de fases según se reivindican en el punto 5°, caracterizadas porque comprenden una pluralidad de bornes de entrada,



192131

un circuito de entrada para aplicar a los respectivos bornes de entrada un sistema de voltajes trifásicos, constituyendo el ángulo de 120 grados eléctricos entre tal sistema de voltaje el ángulo de entrada de voltaje de dicha red un circuito ramificado conectado entre cada par de bornes de entrada para formar una red de engraneje y comprendiendo cada circuito ramificado un reactor rijo que tiene un enrollamiento y un reactor saturable de corriente continua dotado de un núcleo y de un primario en el mismo conectado en serie con el enrollamiento del reactor rijo, y está además dotado de un secundario en el núcleo, mediante corriente continua para variar simultáneamente la excitación de cada uno de los secundarios para variar la reactancia de cada reactor saturable entre valores máximo y mínimo predeterminado, una pluralidad de bornes de salida dispuestos en puntos alrededor de la red que alternan con los bornes de entrada, un circuito de salida que incluye un dispositivo de carga de factor de fuerza de retardo conectado con cada par de los bornes de salida, y un capacitador conectado en paralelo con cada uno de los dispositivos de carga y de valor tal que el ángulo de factor de fuerza de cada circuito de salida es virtualmente igual a 60 grados eléctricos, siendo el valor en ohmios de cada reactor rijo igual a  $\sqrt{3}$  veces la impedancia de cada circuito de salida.

89.- Mejoras introducidas en las redes de cambio de fase.

Tal y como se ha descrito en la Memoria que an-



1 92131

teceda representado en el dibujo que se acompaña y con los  
rines que se han especificado.

Esta Memoria consta de diez y siete hojas escri-  
tas por una sola cara.

Madrid a 15 MAR. 1850

P. A.

Alberto de Elzaburu  
Por Poder

*Elzaburu*

MALA REPRODUCCION  
POR DEFECTO DEL ORIGINAL

Ch/-

192131

Fig. 1.

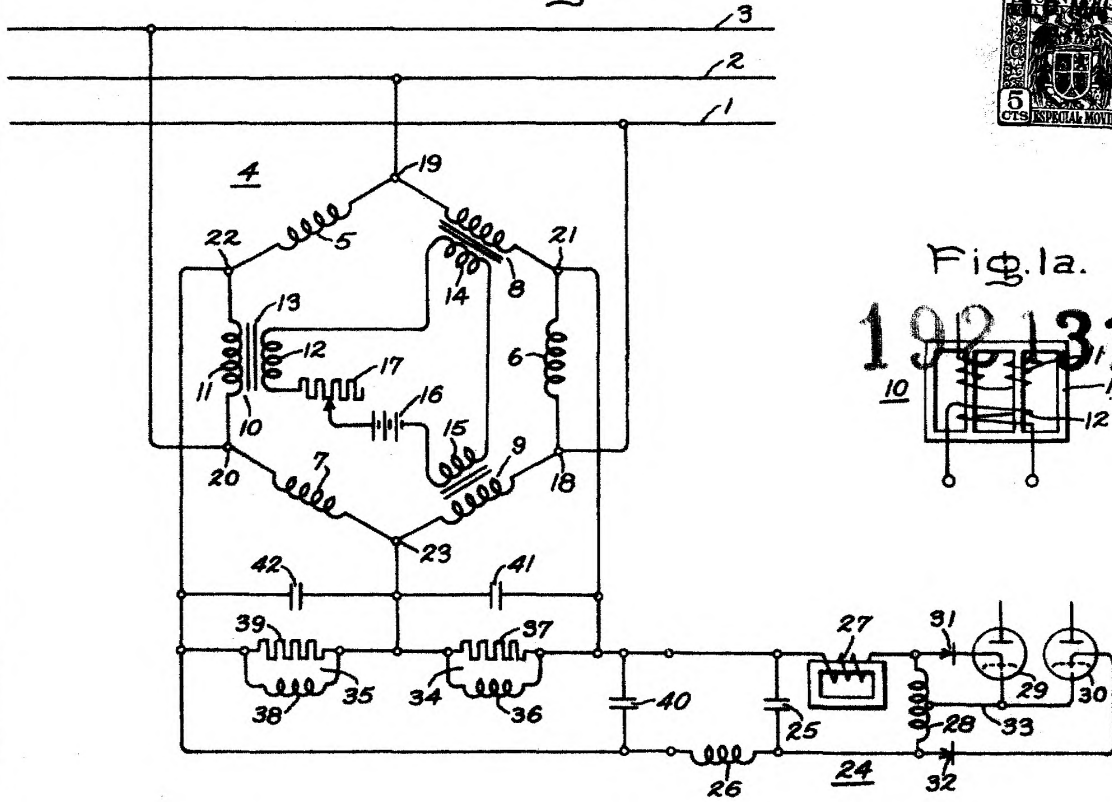


Fig. 1a.

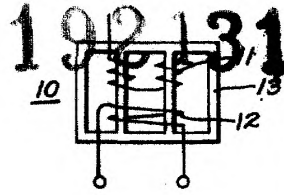


Fig. 2.

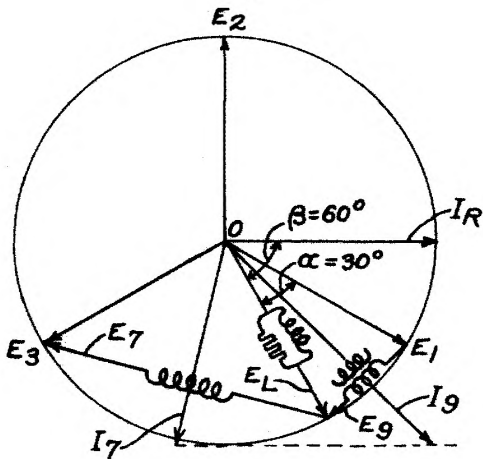
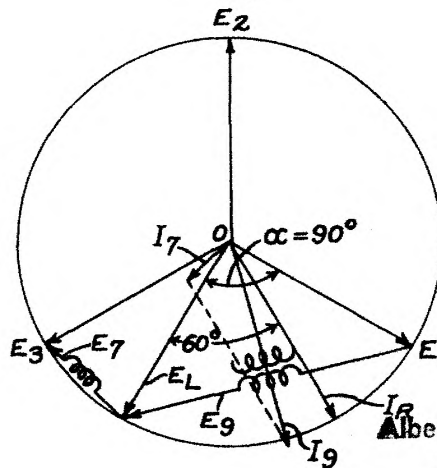


Fig. 3.



P. A.  
Alberto de Ezaburu  
Por Poder

*de Ezaburu*

082980