



P A T E N T E

---

a favor de

Siemens Schuckertwerke G. m. b. H.

por:

"Procedimiento para la alimentacion de redes de corriente  
alterna por medio de generadores asincronicos"

---

M e m o r i a      D e s c r i p t i v a

Como es sabido, los motores asincronicos dan energia electrica a la red si son accionados hipersincronicamente y pueden, de este modo, ser empleados como generadores para tomar parte en la alimentacion de la red. Por el contrario no ha sido hasta ahora posible, alimentar una red solamente con generadores asincronicos. Este problema es resuelto por la invencion de modo tal, que el generador asincronico alimentante es excitado por un manantial de corriente alterna cuya tension y frecuencia son independientes de la red alimentada. La energia de excitacion es conducida al generador por medio de una disposicion la que está en condiciones de transformar



1925

-2-

la frecuencia del manantial de corriente de excitacion. La causa que impedia hasta ahora la alimentacion exclusiva de una red por generadores asincronicos, estriba en que la corriente alterna que se producía debía servir por si misma para excitar la maquina que la produce. Por esto resultaban estados inestables y en cada ensayo para trabajar solamente con generadores asincronicos, se producian con la carga tales oscilaciones de la tension y de la frecuencia que todo trabajo practico era imposible. Puesto que segun la invencion es empleado un manantial de corriente alterna para la excitacion, cuya tension y frecuencia son independientes de la red alimentada, son evitadas estas dificultades y resulta una alimentacion de energia a la red que es esencialmente superior a la conocida alimentacion de energia por medio de generadores sincronicos. Asi pues segun la invencion se desarrolla la produccion de energia de tal modo que aun con oscilaciones del numero de vueltas motoras la tension y la frecuencia de la corriente alterna engendrada es suficientemente constante.

Un ejemplo de ejecucion esta representado en la figura 1. La maquina asincronica -1- debe alimentar automaticamente la red -5- y para ello es accionada por una maquina motriz -2-. El devanado del rotor del generador -1- esta conectado con las escobillas de una maquina de colector secundaria -3- la que esta acoplada mecanicamente con el generador. Esta maquina de colector secundaria tiene por objeto la transformacion de la frecuencia -3- y esta ademas conectada con sus anillos rozantes a un manantial de corriente alterna -4- independiente.

Un grupo tal de maquinas tiene la particularidad de que la frecuencia en las bornas de la maquina asincronica -1- que estan conectadas a la red es independiente del numero de vueltas y de la carga y es siempre tan grande como la frecuencia en los anillos ro antes de la maquina de colector -3-. De esto se sigue que la frecuencia producida por el generador depende unicamente de la fre-



cuencia de excitacion y que las oscilaciones de los numeros de revoluciones del generador no tienen influencia alguna en el numero de periodos de la red. Se presenta aqui el caso mas sencillo y favorable de que el numero de periodos de excitacion es igual al numero de periodos de la red. La excitacion de la maquina de colector se efectua aqui con frecuencia de la red constante.

Segun la invencion se puede tambien emplear una maquina de colector secundaria excitada separadamente por el estator. Entonces debe efectuarse la excitacion de esta maquina con frecuencia variable para que con cualquier numero de vueltas existentes en el generador deba permanecer constante la frecuencia de la red. Esta frecuencia variable puede ser obtenida en cualquier momento necesario, por ejemplo, por medio de una maquina motriz con numero de revoluciones constante la que trabaja sobre conocidas disposiciones para la transformacion de la frecuencia por ejemplo, sobre convertidores de frecuencia, accionamientos diferenciales u otros equivalentes electricos o mecanico electricos.

Las figuras 2 y 3 muestran dos tales ejemplos de ejecucion de la invencion.

En la figura 2, -1- representa de nuevo el generador asincronico, -2- la maquina motriz accionante, -3- la maquina de colector, la que en este caso esta excitada por el estator, -4- una red de frecuencia constante, la que es producida por una maquina motriz de numero de revoluciones constante, -5- la red que hay que alimentar y por ultimo -6- un transformador de frecuencia que esta acoplado mecanicamente con el generador.

Por el transformador de frecuencia -6- es transformada la frecuencia constante de excitacion -4- que corresponde al numero de revoluciones constante, en la frecuencia de deslizamiento necesaria para cualquier numero de revoluciones del generador y frecuencia de la red deseada. La maquina de colector -3- esta entonces aqui, excitada con frecuencia variable.

Igualmente en el caso de la figura 3. Tambien aqui de nuevo



1925

-4-

representa -1- el generador, -2- la maquina motriz accionante, -3- la maquina de colector excitada por el estator, -5- la red que hay que alimentar, -8- un denominad<sup>o</sup> accionamiento electrico diferencial el cual por el estator esta acoplado con el grupo de maquinas, y por el contrario por el rotor esta accionado por una maquina motriz -7- especial.

La maquina -8- esta construida como un generador sincronico usual de modo que por ejemplo puede ser tomada del estator corriente trifasica si es conducida al rotor corriente continua de excitacion de una red -9- de corriente continua. Tambien aqui recibe la maquina -3- de colector su excitacion con frecuencia variable la que a pesar del numero de vueltas motoras constante de la maquina -7- por la propiedad del accionamiento diferencial tiene siempre el valor justo.

Las disposiciones citadas hasta aqui se pueden mejorar todavia mas. El manantial de corriente que suministra la corriente -4- de excitacion (vease por ejemplo la figura 1) contribuiria segun esto a la alimentacion de la red -5- por medio del grupo generador y por consiguiente se necesitaria una considerable energia mecanica motora.

Segun la invencion debe por consiguiente la maquina de colector estar dispuesta de tal modo que sea imposible un transporte de potencia por caminos inductivos de la parte primaria a la secundaria. Sera por consiguiente ejecutada del modo llamado maquina compensada en la que por ejemplo estan conectados de tal modo en serie los devanados del estator y del rotor que se anulan mutuamente sus amperios vueltas. Una potencia suministrada a la maquina por el estator puede a causa de esto ser transformada en energia mecanica en el eje o inversamente, mientras existe solamente corriente de excitacion en los anillos rozantes. Puesto que estas corrientes de excitacion deben cubrir solamente la magnetizacion y una parte de las perdidas ohmicas de la maquina secundaria puede hacerse consi-



1925

-5-

derablemente pequeño el tamaño de la maquina de excitacion en comparacion con el generador principal.

Si es excitado un grupo de maquinas, por ejemplo segun la figura 1, por el manantial -4- de corriente y gira el generador con un numero de vueltas sincronico que corresponde exactamente a la frecuencia de excitacion -4-, con esto debe cubrir la tension  $-E_1$  aplicada a las escobillas de la maquina secundaria solamente las caidas de tension ohmicas producidas por la corriente magnetizante en el rotor. A causa de la marcha en sincronismo no son engendradas ningunas fuerzas electromotrices en el devanado del rotor de la maquina principal.

En la figura 4 esta representada por el vector  $-i_2 r_2$ , la caida de tension ohmica; en fase con  $-i_2 r_2$  esta el campo  $\phi$ . Perpendicularmente a este campo esta la tension primaria  $-E_1$  en las bornas. Para la tension  $-E_B$  aplicada esta dibujado un circulo que corresponde a la amplitud de esta tension. Este circulo es el lugar geometrico del extremo de este vector y el defasado entre  $-E_B$  y la tension en las bornas  $-E_1$  no es determinada sino es dependiente de las caidas de tension y fuerza electromotrices en el circuito de corriente secundario de la maquina primaria, que hay que vencer. Si ahora se carga este generador que gira en vacio por la red -5- con una corriente  $-J_1$  activa, se origina asi en el arbol del generador un par retardador que debe ser vencido por la maquina motriz accionante. El numero de vueltas de la maquina motriz disminuye correspondientemente a la caracteristica de su regulador y por consiguiente el generador es llevado a una marcha por debajo del sincronismo.

En el circuito de corriente secundario se origina por ello fuerza electromotriz  $-EMK_2$  y ademas aparece en el circuito de corriente secundario por la corriente alterna una ulterior caida de tension ohmica  $-J_2' r_2$ . Esta y la fuerza electromotriz adicional  $-EMK_2$  estan en fase entre si, ellas deben ser mantenidas en equi-



5

librio por la tension  $-E_B-$  aplicada, es decir, la tension  $-E_B-$  de las escobillas tiene que desarrollar una componente  $-E'_R-$  que sea igual y opuesta a la suma de ambas primeras tensiones. Del diagrama se desprende que el vector  $-E_B-$  en la posicion  $-E_2-$  satisface esta condicion. Para la compensacion de la caida de tension ohmica originada por la corriente magnetizante queda entonces solamente el sector  $-i'_R r_2-$  el que es considerablemente menor que el sector  $-i_R r_2-$  disponible en vacio, es decir, la corriente de excitacion baja en la relacion de ambos vectores, el campo y con esto la tension  $-E_1-$  primaria disminuye con carga creciente. La figura 5 muestra como se conduce el generador en el caso de que el numero de vueltas de la maquina motriz este por debajo del numero de vueltas correspondiente a la frecuencia de excitacion -4-, puesto que entonces el generador trabaja desde el principio, en la region por debajo del sincronismo. En este estado de funcionamiento debe la tension  $-E_B-$  aplicada en vacio a la maquina posterior compensar la caida de tension  $-i_R r_2-$  originada por la corriente magnetizante y la fuerza electro motriz secundaria  $-EMK_{20}-$  originada por el deslizamiento. Ella satisface esta condicion en la posicion del vector  $-E_2-$ . Si es cargado el generador se origina en el circuito secundario de corriente una caida de tension ohmica  $-J'_R r_2-$  por la corriente activa y una fuerza electromotriz adicional  $-EMK_{2z}-$  originada por la disminucion del numero de vueltas de la maquina motriz. La tension aplicada  $-E_B-$  debe entonces mantener en equilibrio los tres vectores en fase  $-EMK_{20}-$ ,  $-J'_R r_2-$  y  $-EMK_{2z}-$  satisfaciendo estas condiciones en la posicion  $-E'_2-$ . La componente  $-i'_R r_2-$  que queda disponible para la caida de tension ohmica de la corriente de excitacion es todavia esencialmente menor que la componente  $-i_R r_2-$  original y produce una gran caida de tension con la carga.

Son completamente distintas las condiciones si se elige la velocidad en vacio de la maquina motriz, superior a la sincronica correspondiente a la frecuencia de excitacion -4-. La figura 6 repre-



1925

-7-

senta el diagrama para este estado de funcionamiento. A consecuencia de que la velocidad es superior a la sincrona se produce una tension  $-EMK_2-$  que debe ser compensada en vacio por la tension  $-E_B-$  entre las escobillas, lo cual se verifica si su vector se encuentra en la posicion  $-E_2-$ . La componente que sirve para determinar la corriente de excitacion es entonces  $-i_{\mu}r_2-$ . Con carga o sea en cuanto disminuya la velocidad de la maquina motriz se produce por de pronto una reduccion de la fuerza electromotriz secundaria hasta el valor  $-EMK'_2-$ . La caida de tension ohmica  $-J_2-r_2-$  debida a la corriente activa y que se produce simultaneamente tiene direccion opuesta a esta fuerza electromotriz de modo que solamente queda por compensar la diferencia de ambos vectores cuya condicion satisface la tension  $-E_B-$  aplicada en la posicion  $-E'_2-$ . Para compensar la caida de tension ohmica de la corriente de excitacion disponemos del vector  $-i_{\mu}r_2-$  que ahora es mayor que el vector  $-i_{\mu}r_2-$  en vacio de lo que se deduce que siendo mayor con carga la corriente magnetizante lo es tambien el campo  $\phi$  y la tension  $-E_1-$  en las bornas. Resulta pues un contracompuendado automatico de la tension lo cual en todo caso conviene puesto que la imanacion necesaria para mantener una tension determinada en la red aumenta con la carga tanto en el generador como en todas las maquinas que gobiernan la carga. Fijando bien la velocidad en vacio, superior a la sincrona, se podra mantener el aumento de la imanacion dentro de limites tales que la tension de la red quede practicamente constante sin regulacion alguna.

Se han encontrado pues con estas disposiciones generadores asincronicos cuya frecuencia no depende para nada de la carga y cuya tension es casi independiente de la carga. Mientras que hasta ahora, por medio de reguladores costosos y complicados se procuraba mantener lo mas constante la velocidad de la maquina motriz en adelante se podra prescindir de estos reguladores. De la figura 6 resulta que la tension y la imanacion suben tanto mas cuanto



1925

-8-

mayor sea la reducción de la velocidad de la máquina motriz con carga creciente.

Las disposiciones se pueden realizar además de modo que con carga creciente aumenta la tensión en las bornas, es decir, que por la característica especial del generador asincrónico quedan compensadas automáticamente caídas de tensiones de la red o consumos suplementario de potencia reactiva.

En aquellos casos, en que la característica de la tensión no puede quedar ajustada exactamente a las condiciones del servicio, será factible desde luego influir a mano o automáticamente en la excitación procedente del manantial -4-.

Si la corriente de excitación -4- es suministrada por ejemplo por un pequeño alternador sincrónico entonces se puede regular la excitación de este alternador con medios conocidos como reguladores automáticos rápidos, extra-rápidos u otros más empleando para ello conexiones conocidas para la regulación automática en dependencia de los estados de servicio de la red principal.

En el ejemplo según la figura 1 lo más sencillo es elegir la frecuencia de la excitación -4- igual a la de la red principal. Como quiera que debido a la compensación de la máquina de colector secundaria el manantial de excitación no puede intervenir en el suministro de potencia activa se podrá mantener fácilmente constante la frecuencia de esta corriente. Con ello se soluciona de la manera más sencilla el problema de mantener constante la frecuencia de la red. Empleando por ejemplo, para la producción de esta excitación un pequeño generador sincrónico se podrá mantener constante la velocidad de este generador por medios conocidos en sí, con lo cual se mantiene constante también la frecuencia de excitación y por consiguiente también la de la red.

Trabajando varios generadores asincrónicos sobre la misma red queda asegurado el trabajo en paralelo sin penduleo si todos los generadores son alimentados por el mismo manantial de excitación. Puesto que con ello en estos generadores, esta ya prefijada la



condicion de la rotacion sincrona del vector, la conexion en paralelo no presenta dificultad alguna.

En cambio, si los generadores que han de trabajar en paralelo son alimentados por diferentes manantiales de excitacion entonces se han de tomar medidas para que estas esten en sincronismo. Para este fin se podran introducir medios conocidos como son lineas de sincronizacion para las redes de excitacion o dispositivos mecanicos. Girando los vectores de excitacion se puede distribuir a voluntad la carga entre los diferentes generadores asincronicos. El mismo efecto se conseguira mediante la graduacion de los reguladores de las maquinas motrices o variando la tension de la excitacion

Cada variacion de la distribucion de la carga por medio del giro del vector de excitacion trae consigo una variacion de la distribucion de la potencia reactiva. La caracteristica de la produccion de potencia reactiva depende principalmente de la velocidad que damos al grupo en vacio segun sea superior o inferior a la sincrona.

Si en una red existen varios generadores situados en diferentes sitios entonces en general sera suficiente que una sola central trabaje con sus maquinas sobre la red con frecuencia constante dando el compas, mientras que todos los demas generadores lo pueden ser del tipo normal de asincronicos que no se presta para la alimentacion independiente de redes. Los dispositivos de sincronizacion que habrian de unir las excitatrices de los diferentes generadores, si estos fueran de los destinados a la alimentacion independiente no son necesarios en este caso. Se debe preveer desde luego que la central que da el compas puede quedar fuera de servicio en cuyo caso debera poder encargarse esta funcion a otra central para que puedan seguir funcionando los generadores dependientes. Se recomienda pues preveer las centrales, que por su potencia o por otras condiciones de servicio estan predestinadas a dar el compas, con los dispositivos necesarios para que puedan traba-



1925

jer tanto independientemente como dependientemente. Con este objeto se accionara por ejemplo, en una central hidraulica la excitatriz destinada a la marcha independiente por una turbina hidraulica de velocidad constante si la central debe dar el compas. Si se encarga otra central de dar el compas entonces la excitatriz es accionada por un motor sincrono alimentado por la red mientras que la turbina hidraulica queda desacoplada o gira en vacio. Efectuandose la excitacion del generador por el grupo motorgenerador sincronico con la frecuencia de la red aquel no funciona independientemente. Estando pues libre en la eleccion de la maquina que ha de dar el compas estas disposiciones permiten cumplir del modo mas sencillo todas las condiciones de servicio que se presentan como lo son por ejemplo el estado de prevencion y disponibilidad de cantidades suficientes de energia y otros mas y de reducir a un minimo el numero de centrales que trabajen independientemente.

Por lo demas la invencion se refiere a maquinas de cualquier numero de fases.

## N O T A

Se reivindica como objeto de esta patente:

- 1) Procedimiento para la alimentacion de una red de corriente alterna por medio de un generador asincronico caracterizado por el hecho de que este es excitado por un manantial de corriente alterna cuya tension y frecuencia son independientes de la red que se ha de alimentar. Entre el generador y el manantial de corriente alterna se intercala un dispositivo para la transformacion de la frecuencia.
- 2) Procedimiento segun lo reivindicado en el punto 1, caracterizado por el hecho de que para el dispositivo para la transformacion de la frecuencia se emplea una maquina de colector.
- 3) Procedimiento segun lo reivindicado en los puntos 1 y 2 caracterizado por una maquina de colector secundaria alimentada en el ro-



1925

-11-

tor y que pasando por los aros colectores, es excitada por el manantial de corriente alterna de excitacion de frecuencia constante.

4) Procedimiento segun lo reivindicado en los puntos 1 o 2 caracterizado por una maquina secundaria de colector excitada por el estator con frecuencia variable, obteniendose la frecuencia de excitacion por medio de una maquina motriz especial de velocidad constante que actua sobre los medios de transformacion de la frecuencia conocidos en si (por ejemplo convertidores de frecuencia, accionamientos diferenciales o sus equivalentes electricos o mecanicos electricos).

5) Procedimiento segun lo reivindicado en los puntos 1 y 2 caracterizado por el hecho de que para evitar el paso de energia electrica de la parte primaria a la secundaria, la maquina de colector secundaria lleva un devanado de compensacion.

6) Procedimiento segun lo reivindicado en los puntos 1, 2 y 5 caracterizado por el hecho de que la tension del manantial de excitacion independiente es regulada automaticamente por medios conocidos con arreglo a la tension o la carga de la red principal.

7) Procedimiento segun lo reivindicado en los puntos 1, 2 y 5 para la regulacion automatica de la tension de la red o de la produccion de energia reactiva entre vacio y plena carga caracterizado por la admision de una velocidad en vacio conveniente superior a la sincronica.

8) Procedimiento segun lo reivindicado en los puntos 1, 2 y 5 para conseguir un hipercompoundado caracterizado por la admision de una velocidad conveniente superior a la sincrona.

9) Procedimiento segun lo reivindicado en los puntos 1, 2 y 5 para la marcha en paralelo de generadores asincronicos provistos de manantiales de excitacion especiales independientes caracterizado por procedimientos conocidos en si que mantienen en sincronismo los vectores de tension de estos manantiales de excitacion.

10) Procedimiento para la marcha en paralelo de generadores asin-



-12-

crónicos según lo reivindicado en los puntos 1, 2 y 5 caracterizado por el hecho de que la distribución de la carga y de la potencia reactiva se consigue girando convenientemente los vectores de excitación con auxilio de medios conocidos en sí.

11) Procedimiento según lo reivindicado en los puntos 9 y 10 caracterizado por el hecho de que no todos los generadores asincrónicos están provistos de un manantial de excitación independiente. Las máquinas restantes trabajarán sobre la red del modo conocido hasta ahora y no independientemente.

12) Procedimiento según lo reivindicado en el punto 11, caracterizado por el hecho de que se ha provisto la posibilidad de convertir de modo conocido la marcha del grupo que da el compás en la dependiente y viceversa efectuando maniobras de conexión.

13) Procedimiento para la alimentación de redes de corriente alterna por medio de generadores asincrónicos.

Barcelona 12 de septiembre de 1925.

P. A.

SIEMENS SCHUCKERT-INDUSTRIA ELÉCTRICA  
SOCIEDAD ANÓNIMA

Un Director Gerente

P. A.

Fig. 1

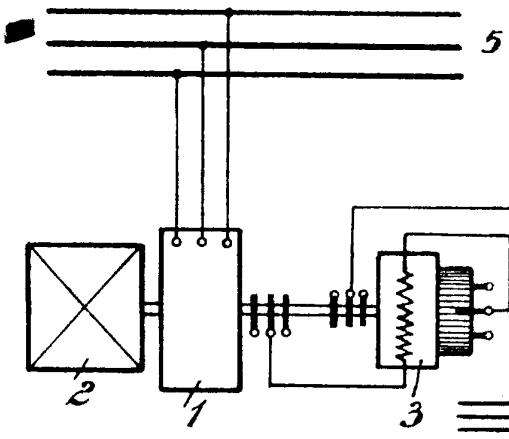


Fig. 2

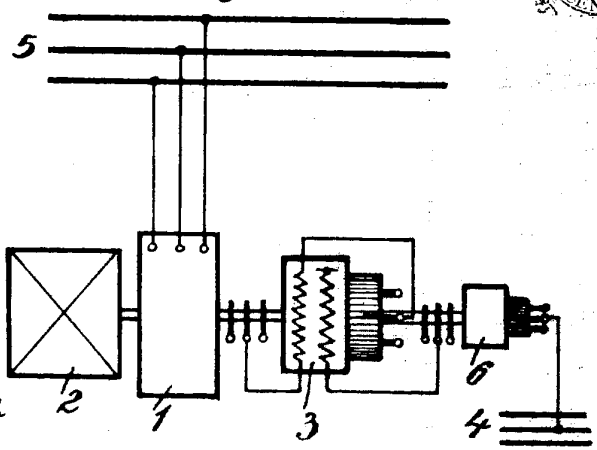


Fig. 3

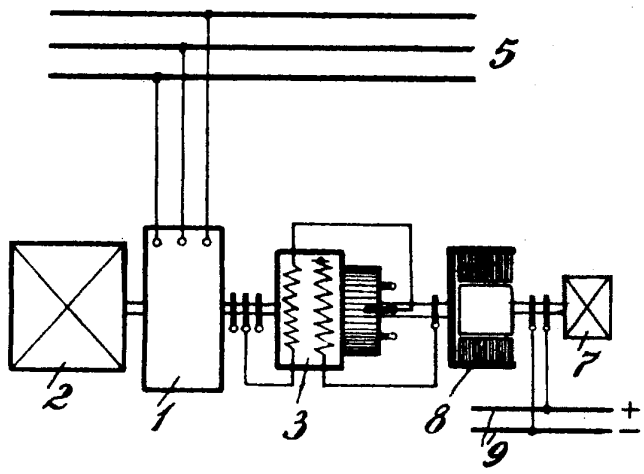


Fig. 4

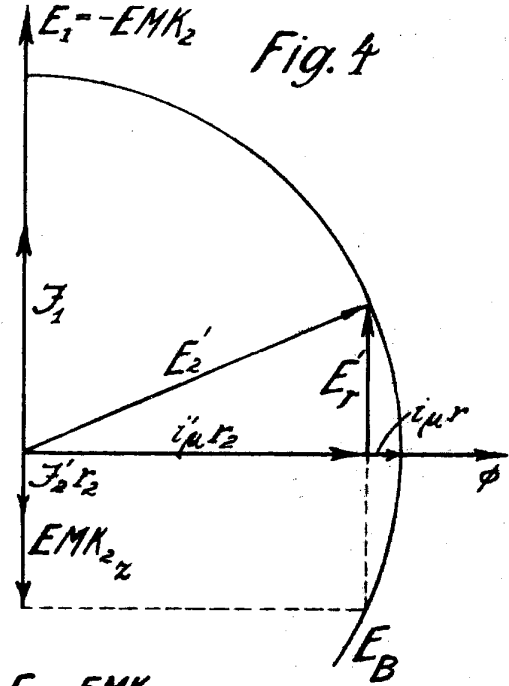


Fig. 5

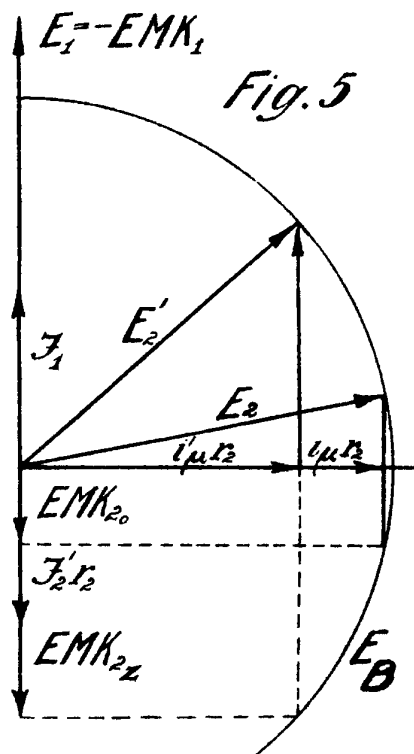
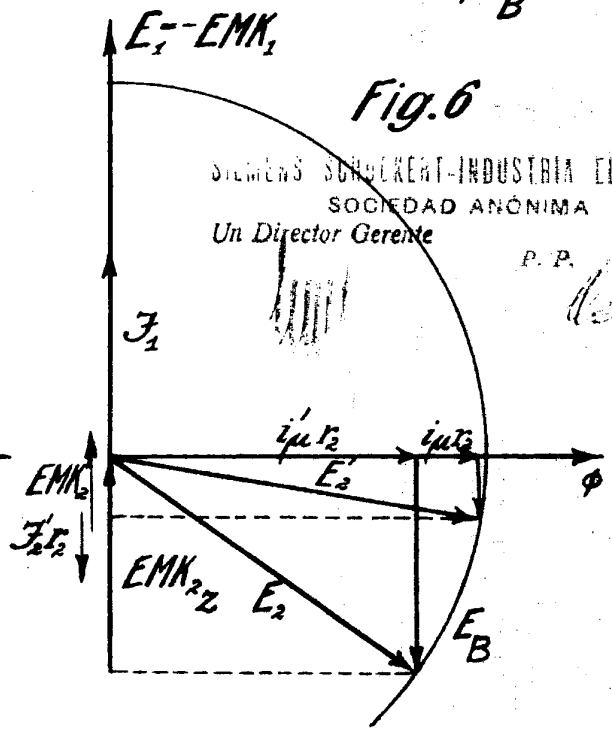


Fig. 6



SIEMENS SCHUCKERT-INDUSTRIA ELECTRICA  
 SOCIEDAD ANÓNIMA  
 Un Director Gerente

P. P.

*Handwritten signature*