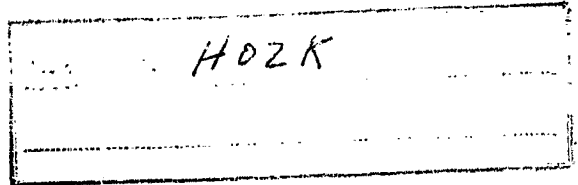


430.824

-9 OCT. 1974

P.- 58.707

WE Case No. 44.515



MEMORIA DESCRIPTIVA

para solicitar PATENTE DE INVENCION

a nombre de WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION

entidad norteamericana

establecida en Westinghouse Bulding, Gateway Center,
Pittsburgh, Pensilvania 15222, Estados
Unidos de América.

por: "MEJORAS INTRODUCIDAS EN UNA MAQUINA DINAMOELEC-
TRICA".

(Clase Internacional H02k)

FV 5702

Esta invención se relaciona con una máquina dinamo eléctrica y, en particular, con rotores provistos con arrollamientos amortiguadores, para turbogeneradores.

La capacidad de los turbogeneradores se ha aumentado mucho en años recientes mediante mejoras en los sistemas de enfriamiento, que han hecho posible obtener mayor régimen por volumen unitario y, por tanto, aumentar la capacidad de una máquina de tamaño dado. Sin embargo, este aumento se ha debido en forma principal a las mejoras en los dispositivos de enfriamiento de estado estable, que tienen poco efecto sobre el aumento de temperatura en la máquina en condiciones de emergencia o de falla. Estas condiciones suelen ser de corta duración y el aumento de temperatura resultante de ellos es, en forma primaria, una función de la corriente y del número de conductores por centímetro y de la capacidad térmica de la máquina. Por tanto, cuando se aumenta la capacidad de régimen de una máquina de un tamaño dado con un enfriamiento mejorado de estado estable, no por necesidad se afecta su rendi-

miento en condiciones de emergencia y es posible que una máquina que funciona de manera por completo satisfactoria en condiciones normales, pueda alcanzar temperaturas peligrosas o dañinas en condiciones de falla. Dado que continúan aumentando el tamaño y los regímenes de estos generadores muy grandes, este problema se vuelve más severo.

Una condición de emergencia de particular seriedad que puede ocasionar un peligroso sobrecalentamiento del rotor, es una falla de línea a línea o de línea a neutro en la línea a la cual está conectada la máquina, o en las terminales de la máquina. Esa falla da por resultado una condición desequilibrada y ocasiona que circulen corrientes de secuencia negativa en el estator de la máquina. La onda de flujo asociada ocasiona corrientes inducidas de alta magnitud y del doble de la frecuencia de línea que circulan por la superficie y arrollamientos del rotor y a través de los anillos de retención y la superficie del rotor actúa como una máquina de inducción con un deslizamiento de 2.0 debido a la onda de flujo de rotación inversa. Las corrientes de líneas desequilibradas, de estado estable, pueden también causar sobrecalentamiento del rotor en la misma forma. La magnitud de estas corrientes inducidas de secuencia negativa en el rotor, puede ser muy elevada y puede dar por resultado temperaturas lo bastante altas como para dañar el rotor. El efecto de calentamiento de estas corrientes

tes inducidas es, por supuesto, proporcional al cuadrado de la corriente y al tiempo durante el cual circula ($I_2^2 t$) y las normas actuales de la industria requieren que los generadores grandes soporten calentamiento de secuencia negativa equivalente a $I_2^2 t = 10$, sin dañarse. Este requisito es difícil de satisfacer con los diseños actuales en los tamaños más grandes de máquinas que se construyen; quizá las máquinas todavía más grandes de diseño convencional no sean capaces de satisfacer los requisitos de esta norma.

Otro problema que se encuentra a veces en el uso de turbogeneradores grandes es abastecer un sistema de energía que tenga capacitores en serie en sus líneas. En ese sistema, pueden ser excitadas oscilaciones subsincrónicas por las operaciones de conmutación u otros fenómenos pasajeros. Estas oscilaciones suelen ser en la gama de 20 a 40 hertzios en un sistema de 60 hertzios y pueden ser amortiguadas por la resistencia del sistema; el régimen de amortiguación aumenta con la resistencia. Si no hubiera resistencia en el sistema, las oscilaciones persistirían en forma indefinida. La resistencia total disponible en el sistema para amortiguar estas oscilaciones, es la resistencia de la propia línea de transmisión más la resistencia del generador. Las corrientes oscilatorias subsincrónicas que circulan en los arrollamientos del estator del generador producen una onda de flujo en el entrehierro, que es de la misma baja frecuencia. Por tanto, esta onda de flujo, pa

rece estar girando en dirección inversa con respecto al rotor, que está girando a la velocidad sincrónica hacia adelante e induce corrientes de baja frecuencia en la superficie y arrollamientos del rotor. En la práctica, la máquina se vuelve un generador de inducción de deslizamiento negativo y atrae fuerza reactiva de magnetización desde el sistema. Por tanto, la resistencia del generador aparece ante el sistema como resistencia negativa, y la resistencia total disponible para amortiguar las oscilaciones subsíncronas, se reduce en forma correspondiente. Esto tiende a ocasionar que persistan las oscilaciones y, si la resistencia negativa del generador es lo bastante alta, puede incluso ocasionar que las oscilaciones aumenten en magnitud, lo cual, por supuesto, no es permisible. Esta condición se puede mejorar reduciendo la resistencia del rotor del generador, de modo que disminuya la resistencia negativa aparente del generador y se aumente el efecto amortiguador.

Ambos problemas comentados antes, son afectados por el arrollamiento amortiguador que se suele proveer en los rotores de los generadores grandes, porque esos arrollamientos tienden a blindar al rotor, hasta cierto grado, de las corrientes de secuencia negativa y también tienden a reducir la resistencia efectiva en el rotor porque proveen trayectorias de baja resistencia para la corriente. Sin embargo, los arrollamientos amortiguadores utilizados hasta ahora no han sido muy efectivos para ninguno de estos propósitos, porque estaban dis

puestos dentro de las ranuras del rotor y no blindaban la superficie en forma efectiva.

Un arrollamiento amortiguador mejorado, para rotor, que es muy efectivo para blindar el rotor, se describe y reivindica en la solicitud copendiente Expediente No. 152,344, presentada el 5 de Julio de 1974. El arrollamiento amortiguador de esta solicitud copendiente consiste en una pluralidad de barras amortiguadoras longitudinales, de baja resistencia, colocadas en las ranuras del rotor y, de preferencia, también en ranuras de poco fondo en las caras polares. Estas barras se extienden en sentido radial encima de la superficie del rotor y se extienden radiales o circunferenciales en cada lado de la ranura, de modo de quedar sobrepuestas en, cuando menos, parte de la superficie del rotor. Las barras están conectadas unas con otras en los extremos para formar un arrollamiento del tipo de devanado de jaula y esto, de preferencia, se hace con un anillo de baja resistencia en cada extremo, soportado dentro del anillo de retención. Este tipo de arrollamiento amortiguador puede ser diseñado para que sea de gran efectividad para blindar el rotor contra las corrientes de secuencia negativa y para reducir la aparente resistencia negativa, pero, presenta algunos problemas mecánicos difíciles. El diseño más efectivo de las barras amortiguadoras, requiere que tengan una considerable extensión lateral en cada lado de la ranura, por lo cual tienen secciones relativamente grandes sin soportar,

que deben ser capaces de soportar las elevadas fuerzas centrífugas a las cuales están sometidas durante la rotación del rotor. Los anillos de extremo que conectan las barras amortiguadoras también presentan un problema, porque deben estar soportadas en los anillos de retención que ya están muy esforzados, por lo cual es indeseable imponerles esta carga adicional. Por tanto, el arrollamiento amortiguador descrito en la solicitud copendiente citada, provee un rendimiento eléctrico mejorado en relación con diseños anteriores de rotores; pero, da por resultado una estructura mecánica que introduce dificultades problemas de diseño.

Un objeto de la presente invención es proveer arrollamientos amortiguadores para rotores de turbogeneradores grandes que no sólo produzcan un blindaje más efectivo de la superficie del rotor, sino que den por resultado una construcción mecánica relativamente sencilla.

De acuerdo con la presente invención, se ha provisto una máquina dinamoeléctrica que incluye un rotor, en la cual el rotor tiene un cuerpo cilíndrico de rotor con una pluralidad de ranuras longitudinales en el mismo, que forman dientes entre ellas; arrollamientos dispuestos en, cuando menos, algunas de las ranuras, caracterizadas por dispositivo amortiguador que comprende una pluralidad de conductores longitudinales de baja resistencia que se extienden en sentido longitudinal sobre la superficie del rotor, teniendo cada conductor partes

radiales de cada lado del mismo que se extienden dentro de ranuras adyacentes y acoplan dentro de ellas para sostener el conductor en su lugar.

Convenientemente, el arrollamiento amortiguador consiste en una pluralidad de barras longitudinales, de material de baja resistencia, colocadas sobre la superficie del rotor. Cada barra tiene un rebajo longitudinal que se extiende a toda su longitud, con lo cual la barra tiene secciones radiales en cada lado y ajusta en forma estrecha sobre un diente del rotor. Se ha provisto una barra amortiguadora para cada diente del rotor, habiendo también, de preferencia, dientes formados en las caras polares mediante ranuras de poco fondo; con esto, las barras amortiguadoras quedan colocadas sobre la totalidad de la superficie del rotor. Las secciones radiales de las barras acoplan en las ranuras del rotor y las barras adyacentes están en contacto eléctrico una con otra, en la totalidad de su longitud. Por tanto, se ha provisto una estructura mecánica bien soportada, la cual no requiere anillos de extremo para la conexión eléctrica y una superficie casi continua, conductora y de baja resistencia se extiende sobre toda la superficie del rotor, la cual blindada en forma efectiva al rotor contra los flujos no sincrónicos y también da por resultado un rotor de baja resistencia.

La invención será descrita, por vía de ejemplo, con referencia a los dibujos anexos, en los cuales:

La Figura 1 es una vista en perspectiva de un extremo de un rotor, que muestra una ejecución de la invención;

la Figura 2 es una vista en perspectiva de un extremo de una barra amortiguadora individual;

la Figura 3 es un diagrama que ilustra las fuerzas sobre las barras amortiguadoras; y

la Figura 4 es una vista fragmentaria, en perspectiva transversal, que muestra una ejecución modificada de la invención.

La Figura 1 muestra un rotor 10 de turbogenerador que tiene un cuerpo 12 en general cilíndrico hecho con el usual acero de aleación y provisto con ranuras 14 longitudinales, que forman dientes 15 entre ellas. Las ranuras 14 están dispuestas en la forma usual por grupos, separadas por caras polares 16. Los conductores 18 del arrollamiento están dispuestos en las ranuras 14 y están conectados para formar bobinas concéntricas para producir polos magnéticos en las caras polares 16. Los conductores 18 pueden ser de cualquier construcción usual o deseada y se puede utilizar cualquier circuito eléctrico para el arrollamiento del rotor. Como se ilustra, los conductores 18 están provistos con ductos 20 longitudinales para la circulación de un gas refrigerante, tal como hidrógeno. Los conductores 18 se extienden más allá de los extremos del cuerpo 12 del rotor y se extienden circunferenciales en las regiones de extremo para completar los circuitos de

las bobinas eléctricas. Se han provisto anillos de retención 22, de acero grueso, en cada extremo del rotor 10, los cuales son del tipo usual, para soportar las vueltas de extremo del arrollamiento del rotor y pueden estar sujetos al cuerpo 12 del rotor en cualquier forma usual conveniente.

De acuerdo con la presente invención, se ha provisto un arrollamiento amortiguador mejorado, consistente en una pluralidad de barras amortiguadoras 24 longitudinales. Como se ilustra en la Figura 2, cada una de las barras 24 es una barra longitudinal de sección por lo general rectangular, con un rebajo longitudinal 26 que se extiende a toda la longitud de la barra. Por tanto, la barra tiene un cuerpo 28 central y partes 30 radiales que se extienden hacia abajo desde la parte central 28 en cada lado. Las partes 30 radiales están formadas como se ilustra para que se adapten a la configuración de los dientes 15.

Como se ilustra en la Figura 1, una barra 24 está colocada en cada uno de los dientes 15 y las secciones 30 radiales de la barra acoplan debajo de los rebordes 32 en cada lado del diente. Cada barra se extiende sobre toda la longitud de un diente y acopla en la ranura 14 en cada lado, de modo que la barra esté soportada por completo contra las fuerzas radiales. La anchura de la barra es tal, que la sección radial 30 de cada barra ocupe más o menos la mitad de la anchura de una ranura, de modo que las dos barras que están en una

ranura, juntas, constituyan una cuña para soportar los conductores 18 en la ranura. Dado que es deseable extender el arrollamiento amortiguador por completo alrededor del rotor, hay ranuras 34 de poco fondo cortadas en las caras polares 16 que forman dientes 36 de la misma configuración que la parte superior de los dientes 15. Las barras amortiguadoras 24 están colocadas sobre los dientes 36 de modo que una serie continua de barras amortiguadoras, se extienda por completo alrededor de la circunferencia del rotor, con una barra amortiguadora colocada en cada uno de los dientes 15 y 36.

Como se indica, la anchura de las barras amortiguadoras 24 es hecha de tal manera, que las secciones radiales 30 de cada dos barras adyacentes, llenen la parte superior de una ranura 14 y funcionen como cuña para soportar a los arrollamientos 18. Por tanto, las barras amortiguadoras 24 adyacentes están en contacto unas con otras en la totalidad de su longitud y están diseñadas de modo que estén en un acoplamiento lo bastante bueno para tener un contacto eléctrico satisfactorio. Por tanto, las barras amortiguadoras están en conexión eléctrica en la totalidad de sus longitudes y no se requieren conexiones de extremo ni anillos de extremo separados. Como se ilustra en la Figura 3, la construcción inherente es tal, que las barras 24 son obligadas a quedar unidas. Cada uno de los rebordes 32 tiene un ángulo θ en su superficie inferior. Cuando el rotor 10 está siendo impulsado a alta velocidad en el

funcionamiento normal, ocurren fuerzas centrífugas F_c elevadas que tienden a empujar a las barras 24 en dirección radial hacia afuera. Por tanto, las barras son empujadas contra las superficies inferiores de los rebordes 32, y debido a su inclinación, se aplica a las barras, como se indica, una fuerza resultante F igual a $F_c \tan \phi$, que tiende a obligar a las barras a que se junten unas con otras. Por ello, la construcción es tal, que en funcionamiento normal las barras son movidas hacia un buen contacto eléctrico en la totalidad de su longitud.

Las barras amortiguadoras 24 pueden ser hechas de cualquier material adecuado que tenga baja resistencia eléctrica y suficiente resistencia mecánica. Las aleaciones de aluminio son muy adecuadas para este propósito, aunque se pueden utilizar otros materiales que tengan las propiedades necesarias, tales como aleaciones de berilio-cobre.

Las barras 24 son introducidas con facilidad a su lugar sobre los dientes 15 y 36 durante la manufactura del rotor y, después de la instalación, pueden ser apretadas en su lugar con cualquier dispositivo adecuado, tal como un tubo flexible colocado en el fondo de cada ranura y puesto a presión con una resina adecuada. Las secciones radiales 30 de las barras deben ser hechas de un tamaño suficiente para que tengan la necesaria resistencia mecánica y las partes centrales 28 de las barras deben ser hechas de un espesor radial suficien-

te para tener resistencia mecánica adecuada y ser, por lo menos, igual a la profundidad de penetración de las corrientes inducidas de secuencia negativa. Dado que las máquinas muy grandes para las cuales está destinada en particular la invención tienen entrehierros relativamente grandes entre el rotor y el estator, el espesor de las barras amortiguadoras encima de la superficie del rotor no es suficiente para interferir con el diseño normal de la máquina. Los arrollamientos 18 del rotor pueden ser enfriados en cualquier forma deseada o usual, por ejemplo mediante el uso de ductos 20 longitudinales para el refrigerante mencionado antes y las barras 24 pueden ser taladradas en sentido radial en cualesquiera ubicaciones deseadas para la circulación del gas de enfriamiento, de modo que el rotor pueda ser enfriado de cualquier manera usual o conocida.

En la Figura 4 se ilustra una construcción un tanto modificada del arrollamiento amortiguador, la cual evita tener que atenerse a la construcción dentada para obligar a las barras a hacer contacto. Como se ilustra en la Figura 4, los dientes 15 y las barras 24 se elaboran como se describe antes; pero, se coloca una cuña 40 entre cada par adyacente de barras. La cuña 40 puede ser una barra de cobre, delgada y ahusada que se extiende a toda la longitud de la ranura del rotor y es instalada a presión en su lugar entre las barras, como se ilustra. En el funcionamiento, la fuerza centrífuga empuja a la barra

40 ahusada en sentido radial hacia afuera entre las barras amortiguadoras adyacentes y las empuja con firmeza contra los dientes a la vez que asegura un excelente contacto eléctrico entre barras adyacentes, por medio de la cuña de cobre.

Se verá que el efecto de la construcción amortiguadora descrita es proveer, en la práctica, una superficie conductora continua sobre todo el rotor, encima de la superficie normal del rotor. La superficie del rotor en sí, con esto, es blindada en forma efectiva contra los flujos no sincrónicos, de modo que se evite el calentamiento por las corrientes de secuencia negativas, y cualquier calentamiento que pudiere ocurrir en el arrollamiento amortiguador es minimizado debido a la resistencia muy baja. En forma similar y por la misma razón, se reduce mucho la resistencia efectiva del rotor. También se debe mencionar que, dado que las barras 24 están en contacto eléctrico en toda su longitud, no se necesitan dispositivos de conexión en los extremos y se elimina la necesidad de usar anillos de extremo para conexión con todos los problemas concurrentes, como se propuso antes. Por ello, el nuevo arrollamiento amortiguador provee una construcción mecánica muy deseable, porque no hay secciones sin soportar de las barras amortiguadoras ni conexiones de extremo, a la vez que se obtiene un rendimiento eléctrico mejorado, debido a la superficie conductora casi continua sobre todo el cuerpo del rotor, que provee trayectorias de baja resistencia para

la corriente y es más efectiva para blindar el rotor que los arrollamientos del tipo de jaula utilizados anteriormente.

El nuevo arrollamiento amortiguador tiene todas las ventajas de los tipos de amortiguadores de rotor de ejecuciones anteriores. Es decir, además de blindar el rotor contra los efectos adversos de cualesquiera flujos no sincrónicos que pudieren ocurrir, el amortiguador también protege el arrollamiento de campos y el sistema de excitación del generador contra los voltajes y corrientes inducidos, debido al funcionamiento no sincrónico al ocurrir disturbios en el sistema. La provisión de un sistema amortiguador efectivo en los ejes tanto directo como de cuadratura, también da por resultado una estabilidad dinámica mejorada y tiende a reducir la oscilación entre los generadores que están en el mismo sistema. El amortiguador también tiende a reducir cualesquiera torsiones a pulsaciones del eje, debidas a cargas desequilibradas o a disturbios en el sistema. Por tanto, el nuevo arrollamiento amortiguador provee todas las ventajas de los arrollamientos antes propuestos, y además, provee un mejor rendimiento eléctrico con relación a blindar el rotor contra los flujos no sincrónicos con una estructura mecánica mejor y más sencilla.

Esta solicitud que corresponde a la presentada en Estados Unidos de América, el 10 de Octubre de 1973, bajo el número 405.197, se acoge a los beneficios del artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

5

--REIVINDICACIONES--

10

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

15

1ª.- Mejoras introducidas en una máquina dinamométrica que incluye un rotor, en la cual el rotor tiene un cuerpo cilíndrico de rotor con una pluralidad de ranuras longitudinales en el mismo, que forman dientes entre ellas; arrollamientos dispuestos en, cuando menos, algunas de las ranuras, caracterizadas porque incluyen un amortiguador que comprende una pluralidad de

20

25

conductores longitudinales de baja resistencia que se extienden en sentido longitudinal sobre la superficie del rotor, teniendo cada conductor partes radiales de cada lado del mismo que se extienden dentro de ranuras adyacentes y acoplan dentro de ellas para sostener el conductor en su lugar.

2ª.- Mejoras según la reivindicación 1ª, ca racterizadas porque todos los conductores están conec tados eléctricamente entre ellos.

3ª.- Mejoras según las reivindicaciones 1ª o 2ª, caracterizadas porque el número de conductores es igual al número de ranuras y cada conductor está en con tacto eléctrico con ambos conductores adyacentes en to da su longitud.

4ª.- Mejoras según cualquiera de las reivin- dicaciones 1ª a 3ª, caracterizadas porque el conductor está colocado sobre cada uno de los dientes, siendo ca- da conductor una barra de material de baja resistencia que tiene un rebajo longitudinal en ella, en forma tal que la barra está adaptada para ajustar sobre un dien- te y acoplar ambos lados del mismo, para sujetar la ba rra en su lugar.

5ª.- Mejoras según la reivindicación 4ª, ca racterizadas porque cada diente tiene un reborde en ca da lado del mismo y cada barra acopla debajo de los re

bordes en ambos lados de un diente.

5 6ª.- Mejoras según la reivindicación 5ª, ca
racterizadas porque incluye dispositivos para obligar
a las barras adyacentes a tener un acoplamiento y con
tacto eléctrico firmes una con otra en toda su longitud.

10 7ª.- Mejoras según la reivindicación 6ª, ca
racterizadas porque incluye una cuña entre cada par de
barras adyacentes para obligar a las barras a tener un
acoplamiento firme con los dientes y efectuar contac-
to eléctrico entre las barras en la totalidad de su lon-
gitud.

8ª.- "MEJORAS INTRODUCIDAS EN UNA MAQUINA DI
NAMOELECTRICA".

15 Tal y como se ha descrito en la Memoria que
antecede, representado en los dibujos que se acompañan,
y con los fines que se han especificado.

Esta Memoria consta de diecisiete hojas escri-
tas a máquina por una sola cara.

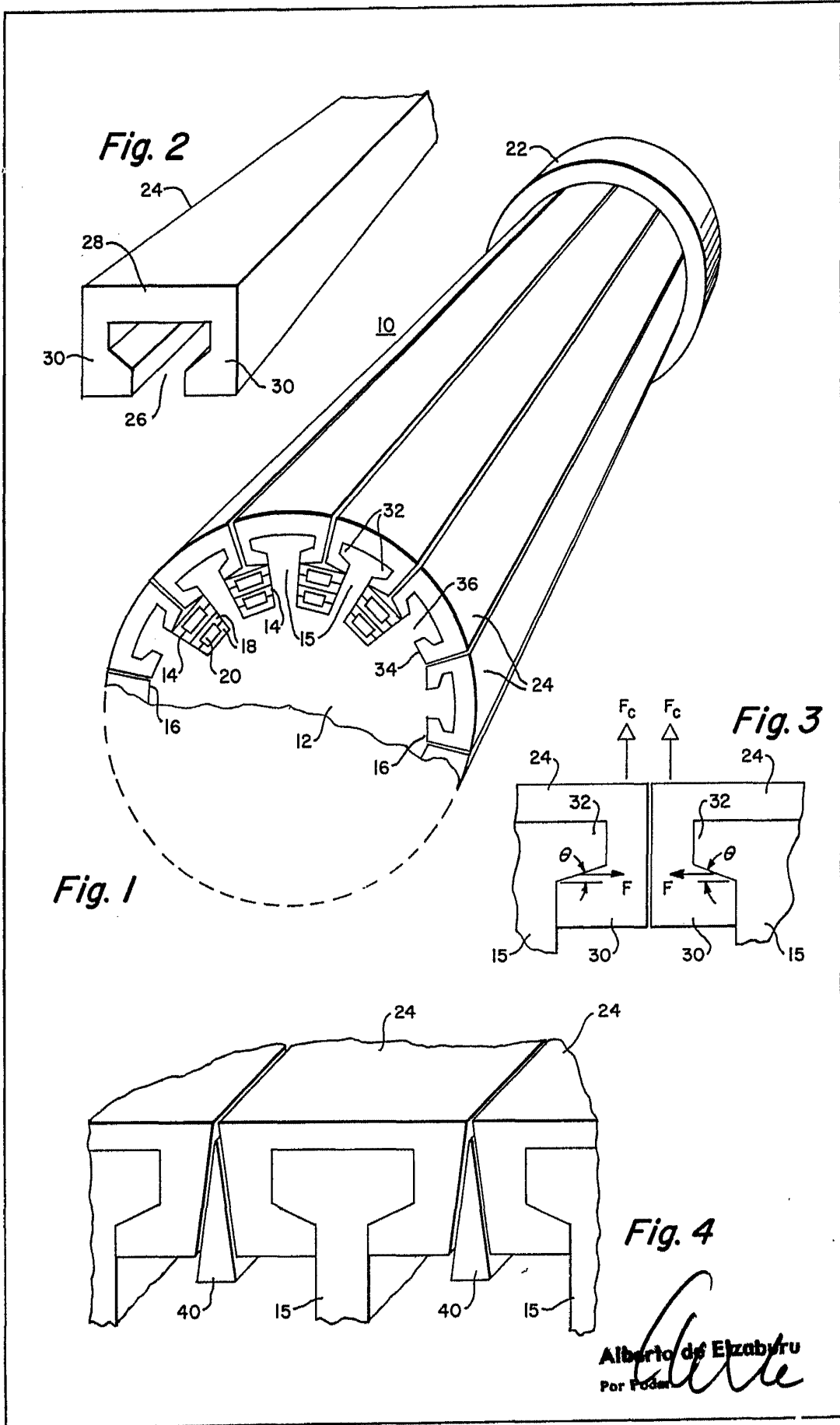
20

Madrid, -9 OCT. 1974.
P.A.

Alberto de Eizoburu
Por Poder.

8-10-74

ECV



Alberto de Elzaburu
Per Fodm