



276 734

276 734

MEMORIA DESCRIPTIVA

que se acompaña a la solicitud de una

PATENTE DE INVENCION

por VEINTE años en España, por: "SISTEMA ELECTRICO DE CONTROL DE LA POTENCIA - ACTIVA DE UTILIZADORES ALIMENTADOS A UNA FRECUENCIA CONSTANTE Y ADECUADOS PARA UN CALENTAMIENTO INDUCTIVO".

a favor de

ALDO TAGLIAFERRI

domiciliado en : Via Traiano, 64, MILAN

ITALIA

PRIORIDAD : de la solicitud de patente - alemana no. 29.605 del 25 Abril 1961

INVENTOR : Karl Schönbacher, de nacionalidad austriaca.

//la//

273731



Esta invención se refiere a un sistema de control de la potencia activa de termo-utilizadores alimentados a una frecuencia constante sin alteración del factor de potencia. La invención se refiere particularmente a hornos de inducción.

5 El control de la frecuencia de los utilizadores de inducción se ha obtenido hasta ahora por medio de un regulador-transformador conectado al utilizador, teniendo lugar la compensación de transformador y utilizador a través de condensadores dispuestos en paralelo con el propio utilizador.

10 Sin embargo, tal solución es costosa por el elevado precio del regulador-transformador requerido; además, no permite una amplia regulación con numerosos escalonamientos, puesto que dicha regulación requiere una serie de contactos, conexiones y bobinados. El costo del aparato resulta pues aumentado cuando se requiere un simultáneo incremento del voltaje de alimentación.

15 En el caso de potencias elevadas, la regulación bajo carga es prácticamente imposible. El uso del regulador-transformador aumenta por consiguiente el costo de la planta, que entonces no resulta ya provechosa desde un punto de vista económico.

20 El sistema de acuerdo con la presente invención impide, por otra parte, todo perjuicio al factor de potencia de la planta.

25 El sistema según la presente invención permite una amplia regulación y asimismo un incremento en el voltaje de la planta sin el uso del regulador-transformador. El empleo de tal transformador se evita añadiendo al utilizador y a los condensadores insertados en paralelo en aquél por lo menos un condensador dispuesto en serie con dicho utilizador, generando un voltaje superior al de alimentación bajo plena carga. Una reactancia de capacidad y a veces una reactancia inductiva van conectadas a los terminales de alimentación del utilizador, calculándose dicha reactancia de capacidad de tal manera que el factor de -
30



276734

potencia se mantenga siempre a un valor bien determinado, preferiblemente la unidad.

Seguidamente se describirá la invención con referencia a los adjuntos dibujos, en los que:

5 La figura 1 es un esquema de la alimentación de la planta utilizadora y las figuras 2 a 4 son esquemas vectores.

10 Con referencia a la figura 1, que ilustra el esquema de principio, R_0 es la impedancia total del utilizador, constituida por un componente activo R y por un componente reactivo que es mucho mayor que el primero.

15 La reactancia de la capacidad del condensador insertada en paralelo en el utilizador está indicada por Y_p y es adecuadamente regulable. La reactancia de los condensadores insertados en serie en el utilizador está indicada por Y_s y la del condensador directamente conectado en paralelo a los terminales de alimentación se indica por Y_z .

En algunos casos puede establecerse en el circuito una reactancia inductiva en lugar de la reactancia de capacidad.

20 El comportamiento del circuito resulta del esquema vector de la figura 2. El lugar común de los resultantes puntos topes se encuentra sobre una circunferencia K : Estos vectores están constituidos por la resultante impedancia R_0 y reactancias Y_p de los condensadores dispuestos en paralelo. En el ejemplo, tal como se ilustra, se trata de un horno de inducción a frecuencia industrial.

25 Este horno necesita un voltaje operante de 1100 voltios, debido a su tamaño y potencia nominal, cuyo voltaje puede alimentarse desde condensadores comunes. En el utilizador, teniendo en cuenta su potencia nominal (carga plena), se insertan por consiguiente en paralelo tantos condensadores Y_p, Y'_p como se precisen para conseguir el punto de operación A sobre la circunferencia K . Además, se inserta un conjunto de estos condensadores en paralelo y un condensador Y_s con resistencia de capacidad $Y_s = \overline{OO_K}$. La impedancia completa es $R = \overline{OA}$, es decir una función del voltaje de alimentación.

30



276731

El incremento de voltaje del utilizador respecto al voltaje de alimentación (alimentación de red) resulta de la relación $\frac{O_k A}{OA}$.

En el caso considerado, las reactancias Y_s e Y_p no compensan - por completo el utilizador cuando la resistencia R tiene un componente
5 inductivo residual.

La potencia nominal efectiva viene dada por el voltaje de alimentación U_n y específicamente por $(U_n/R)^2$ multiplicado por el componente activo de la resistencia R. La adición de los condensadores Y'_p e Y''_p en paralelo hasta alcanzar el punto de operación A_1 tiene lugar con
10 el fin de disminuir la potencia, por ejemplo a la mitad de la carga.

Como se muestra en el esquema del dibujo, la resistencia del utilizador llega a ser más inductiva con R_1 , es decir disminuye el factor de potencia.

Este inconveniente se evita por la directa inserción del condensador Y_z en la fuente de alimentación.
15

Seguidamente se hace referencia a la figura 3, que ilustra la construcción general para comprender mejor el esquema.

Se trata de una conexión en paralelo de los condensadores para un vector estacionario R_1 (Origen O) y para todos los vectores R_2 , cuya curva de lugares respecto al origen O es una circunferencia K.
20

Tal construcción sirve para dar una ejemplificación gráfica de la conexión en paralelo del condensador manteniendo activa la curva de lugares; resultado de ello es una modificación de la escala de valores para la resultante resistencia R, probándose la siguiente regla: la potencia P de origen o respecto a la circunferencia K viene dada por el
25 producto de sectores semirradiales, como por ejemplo $p = \overline{OA \cdot OS}$ ó

$$p = t^2 \text{ (tangente círculo)} \quad (1)$$

El origen O se desplaza a O' en una dirección opuesta a la flecha del vector estacionario R_1 .

30 El movimiento del origen:

$$\overline{OO'} = \frac{P}{R_1} = \frac{t^2}{R_1} \quad (2)$$

278734

se calcula por la potencia P del origen O respecto a la circunferencia K dividida por el valor absoluto del vector estacionario R₁.

Si la escala de vectores R₁ y R₂ partiendo de O es igual a m (1 ohm = m ohmios), entonces la regla de los vectores de las resultantes resistencias R partiendo de O' es:

$$m' = m.P/P' \quad (3)$$

donde P' es la potencia de origen O' respecto a la circunferencia K.

Si el vector R de la resistencia resultante de la conexión en paralelo ha de calcularse para el caso específico de la conexión en paralelo de R₁ por medio de un determinado vector R₂ con referencia al punto A de la circunferencia K, entonces el punto A' del vector buscado R se determina por la extensión de la línea recta desde A a través de O hasta el correspondiente punto S y luego a lo largo de la línea recta que conecta O' a A' ; es decir,

$$O' A = R = R_1 R_2$$

Estos conocimientos de la teoría del lugar sobre una curva se aplican ahora al esquema de la figura 1 con referencia al esquema vector de la figura 2. La circunferencia K es válida para la conexión mostrada en la figura 1 con referencia al origen O, si Y_Z = ∞ ; en este caso, el condensador adicional Y_Z no se conecta a los terminales de alimentación.

Ahora bien, si la conexión de los condensadores en paralelo a la impedancia de capacidad de O_K tiene lugar como se muestra en la figura 2, entonces resulta con una potencia P = Y_S² en la ecuación (2):

$$OO' = P/Y_Z = Y^2/Y_Z = h - Y_S$$

es decir: $Y_Z = Y_S/5 (h/Y_S - 1)$ (4)

Si, por ejemplo, H = 2Y_S, entonces Y_Z = Y_S. Si H = Y_S en la ecuación (4) Y_Z = ∞, es decir, no es necesario insertar ningún condensador adicional, pues las condiciones reinantes son tan favorables que la completa resistencia R-R₁ sigue siendo prácticamente de un ohmio. Los puntos A' y A'₁ correspondientes a los puntos A y A₁ del esquema de la

276734



figura 2 se hallan simétricamente dispuestos respecto a estos últimos puntos A y A₁, como resulta de la figura 3.

Si durante la regulación de la potencia la resistencia total sin el condensador adicional conectado al terminal de alimentación -
5 (Y₂ = ∞) cambia de R a plena carga a R₁ a media carga, entonces este cambio, dependiendo de la inserción del condensador adicional con una resistencia de capacidad Y₂ calculada de acuerdo con la ecuación (4), - está comprendido entre R' y R'₁. La resistencia total es por consiguiente sustancialmente de un ohmio.

10 Con referencia al uso del esquema de la figura 2, es conveniente tener en cuenta la escala de vectores de resistencia respecto al origen O.

Los vectores relacionados con el punto O' han de multiplicarse por consiguiente por el factor de reducción (Y_s/h)² resultante de la -
15 conversión de la escala de acuerdo con la ecuación (3), puesto que - Y_s² y h² representan las potencias en los puntos O y O'.

La aplicación del sistema de regulación se basa en los siguientes datos:

La resistencia R₀ del utilizador y por consiguiente el radio
20 de la circunferencia K (figura 2) son conocidos. Además, se conoce también el valor de la alteración requerido para la regulación, por ejemplo tal alteración está comprendida entre la carga plena y media carga y se requiere que la carga alimentada por la red sea de un ohmio. En el esquema de la figura 2, el punto O' ha de colocarse por consiguiente a una -
25 altura tal h que la línea recta horizontal corte a la circunferencia K en los puntos A' y A'₁ y pasa a través del punto O'. En una planta alimentada a una frecuencia constante, las condiciones de carga total vienen dadas por $\frac{1}{O'A'}$, en tanto que las condiciones de una carga parcial - están dadas por $\frac{1}{\sqrt{O'A'_1}}$

30 La posición del origen O se determina por la relación de -



27.16

conversión entre el voltaje de la red y el voltaje deseado para alimentar al utilizador. El punto O se coloca de manera que $\frac{O_K A}{O A}$ es igual a la relación de multiplicación del voltaje requerido. Como consecuencia, se establece la reactancia Y_s del condensador en serie y de acuerdo con la ecuación (4) resulta, por la altura h ya determinada, la reactancia Y_z del condensador directamente insertada entre los terminales de alimentación.

Los datos numéricos del ejemplo ilustrado por el esquema de la figura 2, son como sigue: el incremento de voltaje es $1100 \text{ V}/380 \text{ V} =$

$$\frac{O_K A}{O A}$$

Para el condensador en serie ($Y_s = 00_K$) resulta por consiguiente del esquema el voltaje de operación de 930V, por lo que la potencia es $N_s = 930^2/Y_s$.

De acuerdo con la ecuación (4), la capacidad inductiva del condensador insertado entre los terminales de alimentación viene dada por

$$Y_z = \frac{Y_s}{(h/Y_s - 1)} = \frac{Y_s}{(47/27,5 - 1)} = 1,4 Y_s \text{ y su potencia reactiva es}$$

$$N_z = 380^2/1,4 Y_s$$

$$\text{por consiguiente : } N_z = (380/930)^2 \cdot 1/1,4 N_s = 0,12 N_s$$

El condensador adicional Y_z requiere por lo tanto sólo una pequeña parte de la potencia reactiva que, naturalmente, no ha de usarse más, puesto que todos los condensadores conectados en paralelo Y_p o en serie Y_s al utilizador o directamente a la red cooperan en forma análoga en la compensación. El sistema de acuerdo con la invención no requiere una mayor potencia de condensadores, con la excepción de la provisión de un número de condensadores Y_p e Y'_p dispuestos en paralelo para reducir la absorción de la potencia. Se basa este sistema exclusivamente en la particular distribución de los condensadores requeridos para realizar la compensación de la planta a lo largo de las



273734

líneas de un nuevo sistema de distribución.

Este nuevo sistema permite la eliminación del regulador- transformador de las plantas conocidas y cuya función es sobre todo ampliamente superada por una mejor y más exacta regulación. De tal forma se consigue una regulación de fases múltiples por medios sencillos y económicos; por ejemplo, pueden obtenerse 2^n fases o escalonamientos de regulación con n grupos de condensadores dotados de una relación de magnitudes de 1:2:4:8.

La inductancia en los terminales de alimentación no requiere una precisión particular del cálculo y aun cuando el campo de regulación no se centre exactamente en la circunferencia mostrada en las figuras 2 ó 4, las oscilaciones del factor de potencia continúan siendo permisibles. En algunos casos se efectúa un movimiento del campo de regulación desde el centro de la circunferencia, por ejemplo hacia la derecha. El punto A' relacionado con la carga nominal se encuentra de tal modo sustancialmente en el centro del círculo, de manera que con un factor de potencia = 1 y mediante una regulación de una carga unitaria o nominal (el último caso es más frecuente que una carga parcial) se impide toda oscilación mínima del factor de potencia. En este caso es superfluo el examen de los condensadores Y_p en paralelo, pues el sistema - según la invención se refiere sólo al condensador Y_s en serie y al condensador Y_z conectado a los terminales de alimentación.

La regulación de la potencia aquí considerada depende del condensador Y_s en serie. Por el contrario, el condensador en paralelo Y_z (o la inductancia en algunos casos) directamente conectado a los terminales de alimentación permite el uso de un condensador en serie para cualquiera valor sin perjuicio del factor de potencia.

En el esquema de la figura 4 se considera el caso en que se conecta una inductancia a la fuente de suministro de voltaje; la regulación de potencia se realiza por medio de grupos de condensadores dis-



5 puestas en paralelo de manera que el factor de potencia sea prácticamente igual a 1. En este caso son aplicables también las consideraciones según el esquema mostrado en la figura 2. La única diferencia es la posición alterada del origen O, que en este caso no se encuentra bajo el punto O' sino por encima de él.

El movimiento desde O a O' es causado en este caso por la reactancia inductiva X_z alimentada por el voltaje de entrada y no por la reactancia de capacidad Y_z como resulta del esquema de la figura 2. El campo de regulación se mueve entonces desde $\overline{AA_1}$ a $\overline{A'A'_1}$. La reactancia inductiva X_z se calcula por medio de la ecuación (4), como en el caso de la reactancia de capacidad Y_z .

Un aspecto importante resulta del esquema de la figura 4 para comprender las características del sistema de acuerdo con la invención. El condensador en serie con la reactancia de capacidad no produce ningún incremento de voltaje en la planta, como pudiera suponerse en el terreno de la resonancia en serie. Por el contrario, el vector $\overline{O_k A_1}$, que mide el voltaje en los terminales del utilizador, es menor que el vector $\overline{OA_1}$, que es el voltaje de la red de alimentación. Queda pues establecido que el condensador en serie Y_s sirve sobre todo para la regulación de la absorción de potencia en el utilizador mediante la inserción de grupos condensadores dispuestos en paralelo Y_p e Y'_p , pero no para incrementar el voltaje de la planta.

El condensador en serie Y_s sirve para la regulación de la absorción de potencia y su capacidad puede seleccionarse libremente; dicha capacidad puede ser tal que se incremente el voltaje de la planta o se disminuya respecto al voltaje de la red aun cuando parezca de dudosa importancia en la práctica. Se establece una reactancia que depende directamente del voltaje y que puede determinarse mediante capacidad o impedancia para impedir toda modificación del factor de potencia, cualquiera que sea la capacidad del condensador en serie. En un caso particular, esta inductancia puede ser 09 cuando el condensador en se-



76734

rie Y_s se proporciona de manera tal que el campo de regulación se encuentre en la parte superior de la semicircunferencia.

El presente sistema de distribución se adapta a un utilizador provisto de una resistencia total R_0 . La reactancia de un utilizador constituido, por ejemplo, por un horno de inducción varía de acuerdo con el nivel de la carga a fundir.

Una modificación vectorial de la resistencia R_0 moviendo el extremo del vector a lo largo de la circunferencia K , altera el diámetro de la circunferencia. Así, el diámetro de la circunferencia es mayor cuando el horno contiene una carga parcial, en tanto que este diámetro de circunferencia es menor cuando se dispone una plena carga dentro del horno. El voltaje de alimentación del horno se determina siempre, sin embargo, por la capacidad de los condensadores en paralelo Y_p ; la relación $\overline{O_K A} : \overline{O A}$, es decir, la relación entre el voltaje de alimentación del horno y el voltaje de la red ha de mantenerse por consiguiente con una circunferencia mayor.

El mayor esquema requerirá entonces una construcción como la que se ilustra en la figura 2, es decir mediante un mayor diámetro de circunferencia y por consiguiente mediante mayores capacitancias, será absorbida por el horno una potencia proporcionalmente menor.

Los valores de Y_s y h y, por consiguiente, de acuerdo con la ecuación (4), también el de Y_z , deberán proporcionarse cada vez al diámetro de la circunferencia. Por esta razón, tanto el condensador Y_s en serie como el condensador Y_z en paralelo, o una inductancia, directamente conectados a la red, son regulables escalonadamente. Se establece convenientemente una conexión mecánica entre cada uno de los escalonamientos de igual valor como el condensador Y_s en serie y el condensador Y_z en paralelo, para crear unas relaciones proporcionales en forma automática.

La regulación de potencia, tal como más adelante se especifica,



76734

5 está constituida sustancialmente por una regulación de resistencia de una unidad de distribución que comprende el propio utilizador. El incremento de reactancia por medio de condensadores Y_z en paralelo produce una reducción de potencia en una red de alimentación a una frecuencia constante. Sin embargo, el sistema según la presente invención puede utilizarse también para alimentar utilizadores con corriente constante, en los que un incremento de reactancia causa un incremento de potencia. En la práctica, hay ya una alimentación a corriente constante cuando se conectan algunos utilizadores en serie entre sí y se alimentan mediante un adecuado voltaje de red y cuando cada utilizador es aisladamente regulado a un valor nominal, como anteriormente se ha especificado.

15 El sistema de regulación no funciona, sin embargo, cuando el generador de alimentación tiene una resistencia interna igual a la resistencia del sistema de distribución. Tal es el caso del denominado "emparejamiento".

20 Se comprenderá que la presente invención cubre también al utilizador, particularmente un horno de inducción que incorpora el sistema de control según la invención y que puede someterse evidentemente a modificaciones y cambios sin apartarse de la esencia de la invención o el ámbito de las adjuntas reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

25 En resumen la Patente de Invención que se solicita, recaerá sobre las reivindicaciones siguientes:

30 1. Sistema eléctrico de control de la potencia activa de utilizadores alimentados a una frecuencia constante y adecuados para un calentamiento inductivo, en el que se conectan condensadores en paralelo para la compensación a dichos utilizadores, caracterizado porque va conectado por lo menos un condensador en serie a dichos utilizadores y



734

condensadores en paralelo, cuyo condensador en serie establece para el utilizador el debido voltaje que requiere la carga nominal y que es preferiblemente mayor que el voltaje de alimentación, formándose una resistencia reactiva del tipo de resistencia de capacidad y/o de resistencia inductiva en los terminales de alimentación y determinándose de tal manera que el factor de potencia se mantenga a cierto valor, preferiblemente igual a uno con oscilaciones permisibles, cuando se regula la potencia activa mediante la inserción o desconexión de condensadores en paralelo.

2. Sistema eléctrico según la reivindicación 1, caracterizado porque el condensador en serie y el condensador o posiblemente la inductancia en paralelo a los terminales de alimentación y el establecimiento de la resistencia reactiva en dichos terminales de alimentación pueden insertarse gradualmente.

3. Sistema eléctrico según las reivindicaciones 1 y 2, caracterizado porque las conexiones y escalonamientos de inserción asociados a la resistencia reactiva y el acoplamiento automático de los escalonamientos de inserción del condensador en serie y del condensador o inductancia en paralelo se incorporan como partes proporcionales.

4. Sistema eléctrico según las reivindicaciones 1 y 2, caracterizado por una conexión mecánica proporcional dispuesta entre el conmutador escalonado para los condensadores en serie y adecuada para facilitar las operaciones de inserción.

5. Se reivindica por último como objeto sobre el que ha de recaer la Patente de Invención que se solicita: "SISTEMA ELECTRICO DE CONTROL DE LA POTENCIA ACTIVA DE UTILIZADORES ALIMENTADOS A UNA FRECUENCIA CONSTANTE Y ADECUADOS PARA UN CALENTAMIENTO INDUCTIVO".

Todo conforme se reivindica en la presente memoria que consta de doce páginas escritas a máquina y dibujos que se acompañan.

Madrid, 23 de Abril de 1.962

ALFONSO UGRIA

P.P.

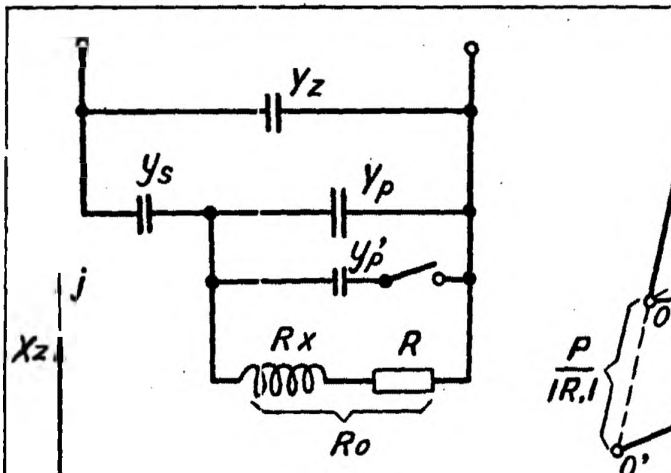


FIG. 1

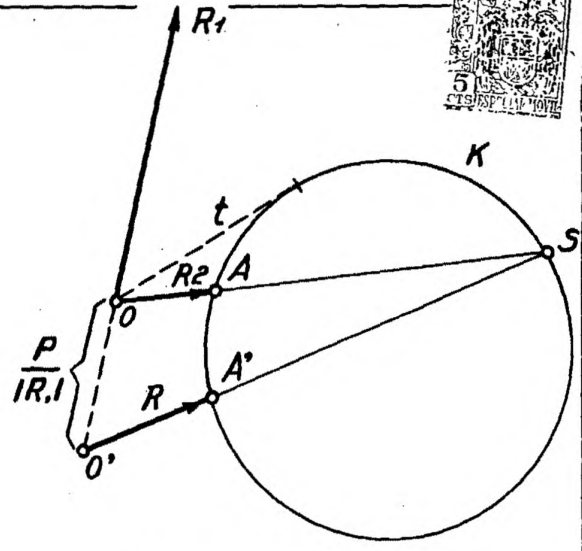


FIG. 3

276734

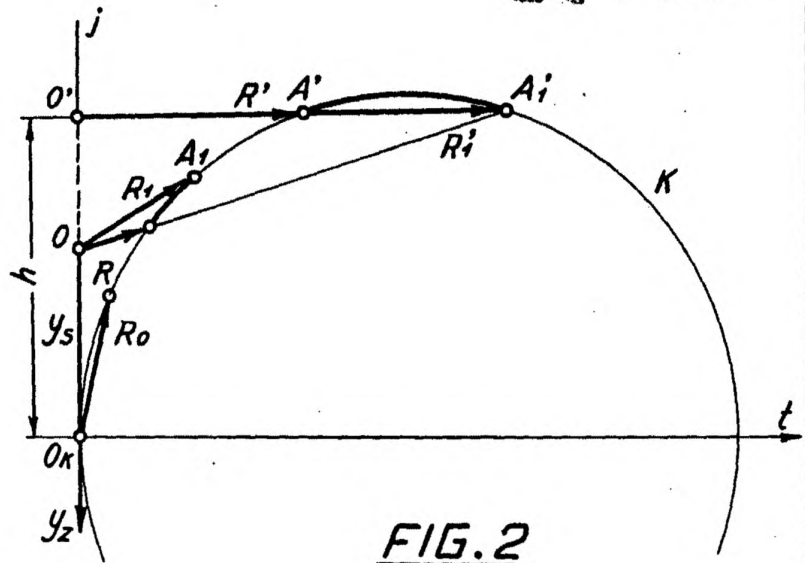


FIG. 2

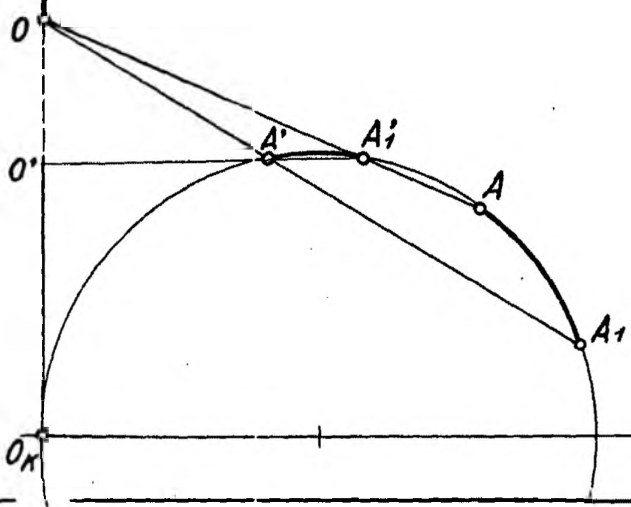


FIG. 4

ESCALA VARIABLE

MADRID, DE 19...

R.P. ALFONSO INGENIERA

[Handwritten signature]