

288762



MEMORIA DESCRIPTIVA
de una Patente de Invención a nombre de :
LICENTIA PATENT-VERWALTUNGS-G.m.b.H., de
nacionalidad alemana, domiciliada en FRANK
FURT AM MAIN, Theodor-Stern-Kai, 1 (Alema-
nia); por: "PROCEDIMIENTO PARA LA COMPENSA
CION DE PUNTAS RAPIDAS DE CARGA REACTIVA".

El presente invento se refiere a un procedimiento para
la compensación de puntas rápidas de carga reactiva en proximidad
del lugar de su origen, mediante una o varias máquinas síncronas,
con órgano de ajuste prácticamente exento de retraso, de su excita-
ción.

5

Las máquinas de gran consumo de energía eléctrica que tra-
bajan con servicio irregular, por ejemplo trenes de laminación, oca-
sionan a veces puntas rápidas de carga reactiva que pueden tener por
consecuencia inadmisibles fluctuaciones de tensión y que, por lo tan-
to, tienen que ser compensadas. La Figura 1 ilustra este fenómeno con

10



-5 JUN

el ejemplo de un tren de laminación, cuyos motores de corriente continua 1 son alimentados mediante rectificadores 2 desde la barra colectora 3 del laminador, la cual recibe a su vez corriente trifásica desde una red 5 por medio de una línea 4. En cada arranque de los
15 - motores 1 de los cilindros, además de las puntas de carga activa se producen también considerables puntas de carga reactiva que con toda rapidez, o sea en fracciones de 0,1 a 0,2 segundos, suben hasta valores que vienen a ser del orden de la potencia activa normal. Estas puntas de carga reactiva producen en la línea de alimentación 4 caídas de tensión y, por lo mismo, en la barra colectora 3 del tren,
20 - unas interrupciones de tensión que pueden perturbar en una medida inadmisiblemente la marcha de máquinas sensibles 6 consumidoras de corriente.

Un remedio ya conocido es la compensación de las puntas de carga reactiva lo más cerca posible del lugar de su origen, o sea,
25 - por ejemplo, junto a la barra colectora 3 del tren laminador, mediante una máquina síncrona 7 según la Figura 2. Esta máquina 7 tiene que estar dotada de una excitación que reaccione con rapidez, con el fin de que pueda enviar las puntas de potencia reactiva al mismo
30 - ritmo acelerado en que son requeridas por los motores 1 de los cilindros, o por sus rectificadores 2. Para este uso se ha acreditado la excitación de la máquina síncrona por medio rectificadores.

Para la máquina síncrona 7 existen varias posibilidades de realización:

- 35 - a) Una o varias máquinas síncronas sirven de máquinas de potencia reactiva sin impulsión mecánica, exclusivamente para la compensación de las puntas rápidas de carga reactiva y, de paso, eventualmente también para la compensación de una potencia reactiva fundamental.



- 40 b) Uno o varios generadores síncronos en el tren laminador se encargan además del suministro de potencia eléctrica activa, y eventualmente, de una potencia reactiva fundamental, también de la compensación de las puntas rápidas de carga reactiva.
- 45 c) Uno o varios motores síncronos en el tren laminador se encargan además del suministro de potencia mecánica y, eventualmente, de una potencia eléctrica reactiva fundamental, también de la compensación de las puntas rápidas de carga reactiva.

50 Varias de estas posibilidades han sido ya realizadas. Una deficiencia de las ejecuciones actuales era la falta de una base de dimensionado para el planeamiento, por lo que hasta ahora había que contar con que la máquina síncrona elegida para la compensación de las puntas de carga reactiva, o no cumplía bastante los requerimientos, o estaba sobredimensionada.

55 Estos inconvenientes se descartan según el invento con un procedimiento para la compensación de puntas rápidas de carga reactiva mediante una o varias máquinas síncronas, porque éstas últimas se conectan a una barra colectora, en la que surte efecto la carga brusca pasajera, y trabajan con un órgano de ajuste - prácticamente libre de retraso - de su excitación, por ejemplo excitación por rectificador y están dimensionadas de manera que en función de una potencia reactiva Q a compensar y de una velocidad de subida de la potencia reactiva $\frac{dQ}{dt}$ a compensar con respecto al cociente entre su tensión de excitación U_f y su tensión de excitación en vacío U_{fo} , su potencia aparente nominal S, su reactancia síncrona relativa x_d así como su reactancia relativa transitoria x'_d su constante de tiempo en vacío T'_{do} sea

$$\frac{U_f}{U_{fo}} = 1 + \frac{Q}{S} x_d + \frac{T'_{do}}{S} \frac{dQ}{dt} x'_d$$



288762

en donde significan:

U_f = tensión de excitación de la máquina síncrona en V

70 U_{fo} = tensión de excitación en vacío de la máquina síncrona en V

Q = potencia reactiva a compensar, en MVA

S = potencia aparente nominal de la máquina síncrona en MVA

$\frac{dQ}{dt}$ = velocidad de subida de la potencia reactiva a compensar en MVA/s

T'_{do} = constante de tiempo en vacío de la máquina síncrona en s

75 x_d = reactancia síncrona relativa de la máquina síncrona

x'_d = reactancia transitoria relativa de la máquina síncrona

Los tres sumandos de la fórmula pueden interpretarse de la siguiente manera: El 1º sumando (=1) es la excitación en vacío,

80 El 2º sumando son las mayores necesidades de excitación para la variación de la carga.

La fórmula señala por de pronto los valores momentáneos de la tensión de excitación, que son necesarios para la compensación de una curva de carga reactiva aproximadamente como la que se representa en la Figura 3. Aquí es siempre posible que debido a la mayor dQ/dt en el tercer sumando resulte, para un punto de curva A en la parte baja, una tensión de excitación U_f mayor que para un punto de curva B situado a mayor altura, a pesar de la mayor Q en el segundo sumando. Por lo tanto, en ocasiones habrá que revisar primero algunos puntos de la curva para encontrar ^U la U_f máxima.

90 Sin embargo, en las grandes velocidades de variación de las puntas de carga reactiva en el tren laminador predomina, por lo general el tercer sumando, por lo cual los valores para el punto



de la curva con la mayor posibilidad de subida tendrán normalmente que introducirse en la fórmula, para obtener la U_f más elevada. Si se consigue idealizar la curva representada en la Figura 4, de modo que la potencia reactiva Q suba hasta su valor máximo con la mayor pendiente, con la máxima punta de carga reactiva se obtiene entonces claramente la mayor tensión de excitación U_f .

En la parte decreciente de la curva de carga reactiva se vuelve negativo el tercer sumando de la fórmula con dQ/dt . U_f también se vuelve a veces negativa, a pesar de los dos primeros sumando positivos, y de esta manera se puede determinar la contraexcitación necesaria.

Las mayores tensiones de excitación U_f positivas y negativas que se obtienen de esta manera con ayuda de la fórmula, son las tensiones superiores en dirección positiva y negativa, para las que hay que capacitar la máquina síncrona, al objeto de que, por un lado, ésta compense totalmente las puntas de carga reactiva y, por otro, no esté la misma sobredimensionada.

La citada fórmula es válida, tanto para el caso a) antes mencionado de una máquina de potencia reactiva, la cual sirve exclusivamente para la compensación de las puntas rápidas de potencia reactiva, como para el caso mencionado igualmente en a), de que la máquina de potencia reactiva deba compensar también al mismo tiempo una potencia reactiva básica, en el supuesto de que Q designe toda la potencia reactiva a compensar por la máquina, incluida la potencia reactiva fundamental. Bajo este supuesto, la fórmula es válida también con bastante aproximación para los casos arriba citados b) (generador síncrono) y c) (motor síncrono), puesto que sus partes de carga activa no tiene gran importancia en la composición del vector.

288762



La fórmula permite apreciar que con una variación infinitamente rápida de la carga reactiva ($dQ/dt = \infty$), como prácticamente se produce, por ejemplo, en la proyección de carga, por apertura de un interruptor de potencia, la tensión de excitación U_f tendría que ser $= \infty$. Como quiera que esto no se puede conseguir naturalmente no se puede compensar un brusco salto de carga reactiva, sino regularlo sólo después de un cierto tiempo que depende de la calidad de la regulación de tensión. En semejante caso queda siempre un salto de tensión, denominado "salto transitorio de tensión", el cual no se puede evitar ni siquiera con la mejor regulación de tensión. Pero, como sucede por ejemplo en los trenes de laminación, en el momento en que las puntas de carga reactiva suben o bajan con una velocidad grande pero de todos modos definida, se consigue compensar las puntas de carga reactiva en la totalidad de su transcurso con el tiempo, mediante una tensión de excitación U_f proporcionalmente elevada, aunque asimismo definida. En el ejemplo de la Figura 2, las puntas de carga reactiva requeridas entonces por los motores 1 de los cilindros, o por sus rectificadores 2, son suministrados totalmente por la máquina síncrona 7. La red 5 no tiene así ocasión de intervenir en el suministro de las puntas de carga reactiva, la línea 4 no se ve tampoco afectada por ello en ella no se produce ya ninguna caída brusca de tensión, y por consiguiente quedan descartadas las interrupciones de tensión en la barra colectora 3 del tren de laminación, como estaba previsto.

La mencionada fórmula muestra que la tensión de excitación U_f tiene que ser tanto más elevada, cuanto mayor es la potencia reactiva Q y su velocidad de subida dQ/dt . En dicha fórmula se puede ver también en qué medida es influida la compensación por el tamaño de la

288762



150 máquina síncrona, y por la magnitud de su constante de tiempo en vacío y de sus reactancias: con una magnitud y velocidad invariables de la potencia reactiva, el valor máximo de la tensión de excitación U_f (tensión superior) puede conservarse tanto en dirección positiva como negativa, tanto más pequeño, cuanto más grande sea la potencia nominal de la máquina síncrona S y tanto más pequeña su constante de tiempo en vacío T'_{do} y sus reactancias x_d y x'_d .

El siguiente ejemplo, que ha sido tomado de la práctica, sirve de orientación de los valores de interés para el caso que nos ocupa:

160 $Q = 10 \text{ MVA}$

$S = 5 \text{ MVA}$ (máquina síncrona de potencia reactiva exclusivamente para la compensación de las puntas de carga reactiva, cuya potencia aparente nominal S tiene que elegirse, debido a la capacidad de sobrecarga, más pequeña que las puntas de carga reactiva Q pasajeras).

165 $\frac{dQ}{dt} = \frac{10}{0,15} \text{ MVA/s}$ (variación de potencia reactiva alrededor de 10 MVA en 0,15 s)

$T'_{do} = 4,2 \text{ s}$

$x_d = 1,42$

170 $x'_d = 0,22$

$$\frac{U_f}{U_{fo}} = 1 + \frac{10}{5} \cdot 1,42 + \frac{4,2}{5} \cdot \frac{10}{0,15} \cdot 0,22$$

$$= 1 + 2,8 + 12,3$$

$$= 16,1$$



288762

175

La tensión de excitación máxima positiva necesaria (tensión superior) es, por consiguiente, igual que un valor 16,1 veces mayor que la tensión de excitación en vacío. La parte principal la constituye aquí el tercer sumando en la fórmula.

180

Se puede tener en cuenta la saturación de la máquina síncrona mediante un suplemento de seguridad como del 20 %.

185

Si resulta una tensión superior tan alta como en este ejemplo, debe examinarse entonces si hay que calcular la máquina síncrona para todo el valor de la tensión superior o para un valor más bajo, en cuyo caso no cabe esperar entonces ninguna compensación completa de las puntas de carga reactiva. Pero de todos modos la fórmula en cuestión proporciona un valor de orientación sobre lo que hay que conseguir bajo las hipótesis expuestas.

NOTA

190

Se reivindica como nuevo y de propia invención.

195

1.- Procedimiento para la compensación de puntas rápidas de carga reactiva, caracterizado porque estas máquinas síncronas se conectan a una barra colectora, en la que surte efecto la carga brusca pasajera, y trabajan con un órgano de ajuste - prácticamente libre de retraso - de su excitación, por ejemplo excitación por rectificador, y están dimensionadas de manera que en función de una potencia reactiva $\frac{dQ}{dt}$ a compensar con respecto al cociente entre su tensión de excitación U_f y su tensión de excitación en vacío U_{fo} , potencia aparente nominal S , su reactancia síncrona relativa x_d así como su reactancia relativa transitoria x'_d su constante de tiempo en vacío

200

T'_{do} sea
$$\frac{U_f}{U_{fo}} = 1 + \frac{Q}{S} x_d + \frac{T'_{do}}{S} \frac{dQ}{dt} x'_d$$



2.- Procedimiento según lo reivindicado en el punto 1, caracterizado porque el órgano de ajuste de la excitación es un rectificador.

205 3.- Procedimiento según lo reivindicado en los puntos anteriores, caracterizado porque la máquina síncrona sirve, como máquina de potencia reactiva sin impulsión mecánica, exclusivamente para la compensación de las puntas rápidas de carga reactiva y de paso, eventualmente, también para la compensación de una potencia reactiva fundamental.

210 4.- Procedimiento según lo reivindicado en los puntos anteriores, caracterizado porque la máquina síncrona es un generador que, además del suministro de una potencia eléctrica activa, y en caso dado, una potencia reactiva fundamental, se encarga adicionalmente de la compensación de puntas rápidas de carga reactiva.

215 5.- Procedimiento según lo reivindicado en los puntos anteriores, caracterizado porque la máquina síncrona es un motor que, además del suministro de la potencia mecánica y, en caso dado, de una potencia eléctrica reactiva fundamental se encarga adicionalmente de la compensación de las puntas rápidas de carga reactiva.

220 6.- "PROCEDIMIENTO PARA LA COMPENSACION DE PUNTAS RAPIDAS DE CARGA REACTIVA".

Tal como se describe y reivindica en la presente Memoria Descriptiva que consta de nueve hojas escritas a máquina, por una sola cara.

Madrid, 5 de Junio de 1.963

CARLOS FERNANDEZ CANDELAS
P. P.

288762



5 JUN 1963

Fig.1

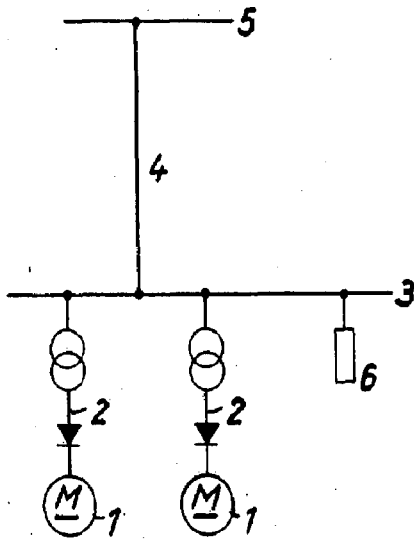


Fig.2

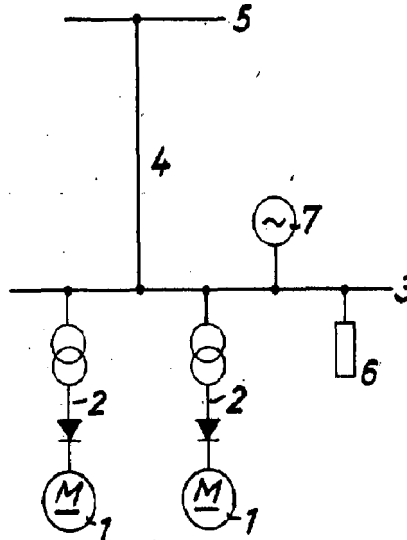


Fig.3

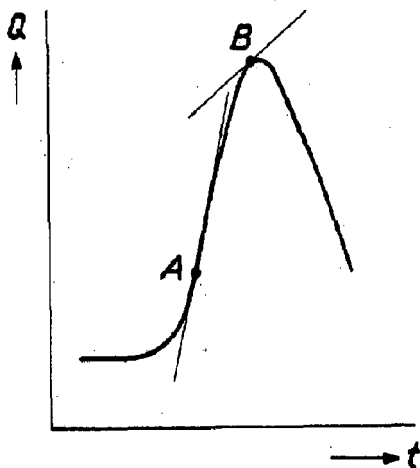
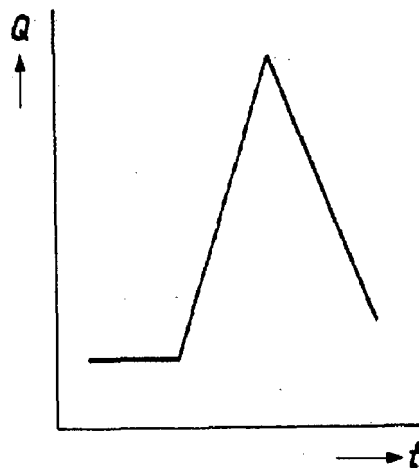


Fig.4



Escala Variable

Madrid, 5 de Junio de 1.963.

CANCOS FERNANDEZ CANDELLAS
P. E.