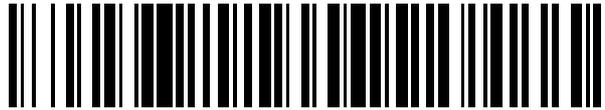


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 457 490**

51 Int. Cl.:

H02P 9/10

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.04.2010** **E 10721371 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.03.2014** **EP 2564503**

54 Título: **Procedimiento de predicción de estabilidad transitoria de un generador síncrono y dispositivo asociado**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
28.04.2014

73 Titular/es:

ALSTOM TECHNOLOGY LTD. (50.0%)

Brown Boveri Str. 7

5400 Baden, CH y

SCHNEIDER ELECTRIC ENERGY UK LTD (50.0%)

72 Inventor/es:

WISZNIEWSKI, ANDRZEJ;

REBIZANT, WALDEMAR y

KLIMEK, ANDRZEJ

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 457 490 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento de predicción de estabilidad transitoria de un generador síncrono y dispositivo asociado

Campo técnico y técnica anterior

5 La invención versa acerca de un procedimiento de predicción de estabilidad transitoria de un generador síncrono y acerca de un dispositivo que implementa tal procedimiento.

10 La mayor parte de las técnicas anteriores tienen una configuración o son libres para determinar el punto en el que tiene que ocurrir un disparo del generador o la línea fuera de sincronismo. La mayoría de las técnicas cuentan con la sincronización del lugar geométrico de la impedancia a través de dos obturadores de carga. Un problema de las técnicas anteriores es que son de cálculo complejo y requieren varias configuraciones para funcionar. En general, es demasiado tarde para una intervención que pudiera evitar la inestabilidad.

El procedimiento de la invención no tiene tal inconveniente.

El documento US 6 625 520 da a conocer un procedimiento para predecir una estabilidad transitoria de un generador síncrono.

Sumario de la invención

15 El procedimiento de la invención es un procedimiento eficiente para la predicción de inestabilidad transitoria de generadores después de que se haya desarrollado una perturbación en un sistema de alimentación. Además, el procedimiento de la invención permite un análisis de la capacidad del generador para recuperar un estado estable.

20 De hecho, la invención versa acerca de un procedimiento de predicción de una estabilidad transitoria de un generador síncrono que proporciona una potencia eléctrica activa P_e y una potencia reactiva Q_e a un sistema de alimentación, comprendiendo el procedimiento, una vez que se ha subsanado un fallo:

- una medición de la potencia eléctrica P_{e1} , Q_{e1} en el instante t_1 y de la potencia eléctrica P_{e2} , Q_{e2} en un instante t_2 superior a t_1 ,
- una medición del deslizamiento s_1 de frecuencia del generador síncrono en el instante t_1 y del deslizamiento s_2 de frecuencia del generador síncrono en el instante t_2 ,
- 25 – un cálculo, por medio de una unidad de cálculo, de:

$$\rightarrow \Delta P = P_{e2} - P_{e1};$$

$$\rightarrow \Delta Q = Q_{e2} - Q_{e1};$$

$$\rightarrow \beta = \omega_0 (t_2 - t_1) (s_2 + s_1) / 2;$$

$$\rightarrow \frac{EV}{Z} = \frac{\sqrt{\Delta P^2 + \Delta Q^2}}{2 \operatorname{sen}\left(\frac{\beta}{2}\right)};$$

$$\rightarrow P_B = 0,5 \left[(P_{e2} + P_{e1}) - (\Delta Q) \cot\left(\frac{\beta}{2}\right) \right];$$

$$\rightarrow \gamma_C = \pi - \gamma_p = \pi - \operatorname{arcsen} \left[\frac{Z(P_m - P_B)}{EV} \right];$$

$$\rightarrow P_A = P_m - P_B;$$

$$\rightarrow \gamma_S = \arccos \left(\frac{\Delta P}{\sqrt{\Delta P^2 + \Delta Q^2}} \right);$$

$$\rightarrow \gamma_2 = \gamma_s + \beta/2;$$

$$\rightarrow QT = \frac{1}{\omega_0 H P_r} \left[\frac{EV}{Z} (\cos \gamma_2 - \cos \gamma_C) - P_A (\gamma_C - \gamma_2) \right];$$

siendo ω_0 , H, P_r y P_m parámetros predeterminados:

- siendo ω_0 una frecuencia angular nominal del generador síncrono (E);
- siendo H una constante de inercia de las masas rotativas del generador síncrono;
- siendo P_r una potencia de referencia a la que se ha determinado la constante de inercia H;
- 5 – siendo P_m una potencia mecánica que impulsa al generador síncrono, y
- siendo una comparación de QT con s_2^2 tal que:

Si $s_2^2 \leq QT$, el generador mantiene un funcionamiento estable una vez que se ha subsanado el fallo inicial.
Si $QT < s_2^2$, se predice una inestabilidad transitoria.

La invención también versa acerca de un dispositivo que implementa el procedimiento de la invención.

- 10 El procedimiento de la invención permite ventajosamente un control estrecho de una estabilidad dinámica en desarrollo, contribuyendo así a mantener al generador en servicio de forma muy controlada y a ofrecer al operador del sistema la información que puede ser usada en volver a disponer la reconfiguración de la topología del sistema de manera oportuna, contribuyendo así a evitar la pérdida de la generación que lleve potencialmente a apagones.

Breve descripción de los dibujos

- 15 Otras características y ventajas de la invención se aclararán con la lectura de una realización preferente de la invención realizada con referencia a las figuras adjuntas, en las que:
- la Figura 1 representa un circuito equivalente del circuito eléctrico que implementa el procedimiento de la invención; y
 - la Figura 2 es una curva que permite explicar el procedimiento de la invención.

20 **Descripción detallada de la realización preferente de la invención**

La Figura 1 representa un circuito equivalente del circuito eléctrico que implementa el procedimiento de la invención.

- 25 El circuito equivalente comprende un generador síncrono E, una carga L, una impedancia Z_C de conexión, un sistema de alimentación PS, dos dispositivos de medición $M_{P,Q}$ y M_S y una calculadora U. La carga L está conectada en los terminales del generador y la impedancia Z_C de conexión conecta el generador E al sistema de alimentación PS. Una potencia mecánica P_m impulsa al generador E y se proporciona en los terminales del generador una potencia eléctrica P_e , Q_e (P_e es la potencia activa y Q_e es la potencia reactiva). La potencia eléctrica P_e , Q_e se divide entre la potencia eléctrica P_o , Q_o proporcionada a la carga L (P_o es la potencia activa y Q_o es la potencia reactiva) y la potencia eléctrica P_L , Q_L proporcionada al conjunto constituido por la impedancia Z_C de conexión y el sistema de alimentación PS (P_L es la potencia activa y Q_L es la potencia reactiva).

- 30 Hay una tensión V en los terminales del generador E y hay una tensión $Ve^{j\varphi}$ en los terminales del sistema de alimentación PS. La impedancia Z_C de conexión es tal que:

$$Z_C = Ze^{j\varphi}$$

Durante el funcionamiento normal, la potencia mecánica P_m es igualada por la potencia eléctrica P_e con un ángulo de fase particular γ_P del ángulo de fase γ (véase la Figura 2). El ángulo de fase γ_P es:

$$\gamma_P = \arcsen \left(Z \times (P_m - P_B) / (E \times V) \right),$$

- 35 siendo P_B la potencia derivada del generador por la carga local L (P_o) más las pérdidas de potencia en la impedancia Z_C de conexión. Tal como sabe el experto en la técnica, hay un ángulo crítico γ_C que corresponde al ángulo γ_P :

$$\gamma_C = \pi - \gamma_P \text{ (cf. Figura 2)}$$

El deslizamiento s de frecuencia del generador síncrono está dado por la fórmula:

$$s = (\omega - \omega_0) / \omega_0,$$

siendo ω la frecuencia angular actual del generador E y siendo ω_0 la frecuencia angular nominal del generador síncrono E.

5 En el ángulo γ_P el deslizamiento puede ser mayor que cero y, debido a eso, el ángulo del generador aumenta. Para ángulos γ mayores que γ_P y menores que γ_C , la potencia eléctrica P_e es mayor que la potencia mecánica P_m ; por lo tanto, el generador desacelera y, en consecuencia, el deslizamiento disminuye. La estabilidad angular transitoria se pierde si, en el ángulo crítico γ_C , el deslizamiento sigue siendo mayor que cero. Si así fuera, la potencia mecánica sería mayor que la potencia eléctrica y el generador aceleraría, llevando a un deslizamiento polar. La potencia P_A de aceleración es:

$$P_A = P_m - P_B$$

10 Para un ángulo γ_M medido entre γ_P y γ_C , se respeta la condición de estabilidad si el deslizamiento s_M asociado con el ángulo γ_M es:

$$s_M^2 \leq \frac{1}{\omega_0 H P_r} \left[\frac{EV}{Z} (\cos \gamma_M - \cos \gamma_C) - P_A (\gamma_C - \gamma_M) \right] \quad (1)$$

siendo H la constante de inercia de las masas rotativas del sistema (generador + motor primario) y siendo P_r una potencia de referencia a la que se ha determinado la constante de inercia H (P_r es, generalmente, la potencia nominal del generador).

15 El dispositivo de la invención comprende medios para comprobar si se respeta o no la desigualdad (1). Para hacerlo, el dispositivo de la invención comprende dispositivos de medición $M_{P,Q}$ y M_S y una calculadora U.

Por lo tanto, después de que se haya subsanado un fallo, el dispositivo de medición $M_{P,Q}$ mide la potencia eléctrica P_{e1} , Q_{e1} en el instante t_1 y la potencia eléctrica P_{e2} , Q_{e2} en el instante t_2 ($t_2 > t_1$) y el dispositivo de medición M_S mide los correspondientes deslizamientos s_1 y s_2 en los respectivos instantes t_1 y t_2 (cf. la Figura 2). En el instante t_1 , el ángulo γ es γ_1 y, en el instante t_2 , el ángulo γ es γ_2 . Los datos de medición t_1 , P_{e1} , Q_{e1} , s_1 , y t_2 , P_{e2} , Q_{e2} , s_2 son datos de entrada de la unidad de cálculo U.

20

En primer lugar, la unidad de cálculo U calcula:

$$\Delta P = P_{e2} - P_{e1},$$

$$\Delta Q = Q_{e2} - Q_{e1},$$

y

$$\beta = \gamma_2 - \gamma_1, \text{ por medio de } s_2, t_2, s_1 \text{ y } t_1.$$

De hecho, $\beta = \omega_0 \int_{t_1}^{t_2} s dt$ y, por lo tanto,

$$\beta \neq \omega_0 \times (t_2 - t_1) \times (s_2 + s_1) / 2$$

25 A continuación, se calculan el ángulo γ_S ($\gamma_S = [\gamma_2 + \gamma_1] / 2$) e γ_2 :

$$\gamma_S = \arccos \left(\frac{\Delta P}{\sqrt{\Delta P^2 + \Delta Q^2}} \right),$$

$$\gamma_2 = \gamma_S + \beta / 2$$

También se calculan la cantidad EV/Z y la potencia P_B :

$$\frac{EV}{Z} = \frac{\sqrt{\Delta P^2 + \Delta Q^2}}{2 \operatorname{sen}\left(\frac{\beta}{2}\right)},$$

y

$$P_B = 0,5 \left[(P_{e2} + P_{e1}) - (\Delta Q) \cot\left(\frac{\beta}{2}\right) \right]$$

Según se ha mencionado ya, el ángulo γ_C , que corresponde al equilibrio inestable, y la potencia P_A de aceleración son, respectivamente:

$$\gamma_C = \pi - \gamma_p = \pi - \operatorname{arcsen} \left[\frac{Z(P_m - P_B)}{EV} \right],$$

y

$$P_A = P_m - P_B$$

5 Así, también se calculan el ángulo γ_C y la potencia P_A de aceleración.

A continuación, la unidad de cálculo calcula la cantidad QT de modo que:

$$QT = \frac{1}{\omega_0 HP_r} \left[\frac{EV}{Z} (\cos \gamma_2 - \cos \gamma_C) - P_A (\gamma_C - \gamma_2) \right]$$

Acto seguido, QT se compara con s_2^2 :

Si $s_2^2 \leq QT$, el generador mantiene un funcionamiento estable una vez que se ha subsanado el fallo inicial.
Si $QT < s_2^2$, puede predecirse una inestabilidad transitoria.

10 Así, el procedimiento de la invención permite ventajosamente obtener una información I que indica, antes de que ocurra realmente, si el deslizamiento será o no mayor que cero en el ángulo de fase crítico.

El procedimiento de predicción de la invención calcula la información I en función de mediciones de señales disponibles localmente: potencias activa y reactiva, su tasa de cambio y el deslizamiento del rotor. Conociendo esos parámetros, puede determinarse en ángulo de fase crítico y es posible comprobar, antes de que ocurra realmente, si el deslizamiento será mayor que cero en el ángulo crítico. El dispositivo de medición $M_{P,Q}$ es, por ejemplo, un ordenador o un microprocesador con algoritmos apropiados implementados para la medición de la potencia activa y la reactiva. El dispositivo de medición M_S es, por ejemplo, una unidad analógica o digital de medición de la velocidad y el deslizamiento de rotación de un generador. La calculadora U es, por ejemplo, un ordenador o un microprocesador.

20

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de predicción de una estabilidad transitoria de un generador síncrono (E) que proporciona una potencia eléctrica activa P_e y una potencia reactiva Q_e a un sistema de alimentación (PS), comprendiendo el procedimiento, una vez que se ha subsanado un fallo:

- 5
- una medición de la potencia eléctrica P_{e1} , Q_{e1} en el instante t_1 y de la potencia eléctrica P_{e2} , Q_{e2} en un instante t_2 superior a t_1 ,
 - una medición del deslizamiento s_1 de frecuencia del generador síncrono en el instante t_1 y del deslizamiento s_2 de frecuencia del generador síncrono en el instante t_2 ,
 - un cálculo, por medio de una unidad de cálculo (U), de:

$$\rightarrow \Delta P = P_{e2} - P_{e1};$$

$$\rightarrow \Delta Q = Q_{e2} - Q_{e1};$$

$$\rightarrow \beta = \omega_0 (t_2 - t_1) (s_2 + s_1) / 2;$$

$$\rightarrow \frac{EV}{Z} = \frac{\sqrt{\Delta P^2 + \Delta Q^2}}{2 \operatorname{sen}\left(\frac{\beta}{2}\right)};$$

$$\rightarrow P_B = 0,5 \left[(P_{e2} + P_{e1}) - (\Delta Q) \cot\left(\frac{\beta}{2}\right) \right];$$

$$\rightarrow \gamma_C = \pi - \gamma_p = \pi - \operatorname{arcsen}\left[\frac{Z(P_m - P_B)}{EV} \right];$$

$$\rightarrow P_A = P_m - P_B;$$

$$\rightarrow \gamma_S = \arccos\left(\frac{\Delta P}{\sqrt{\Delta P^2 + \Delta Q^2}} \right);$$

$$\rightarrow \gamma_2 = \gamma_S + \beta/2;$$

$$\rightarrow QT = \frac{1}{\omega_0 H P_r} \left[\frac{EV}{Z} (\cos \gamma_2 - \cos \gamma_C) - P_A (\gamma_C - \gamma_2) \right];$$

10 siendo ω_0 , H, P_r y P_m parámetros predeterminados:

- siendo ω_0 una frecuencia angular nominal del generador síncrono (E);
 - siendo H una constante de inercia de las masas rotativas del generador síncrono;
 - siendo P_r una potencia de referencia a la que se ha determinado la constante de inercia H;
 - siendo P_m una potencia mecánica que impulsa al generador síncrono, y
- 15
- una comparación de QT con s_2^2 tal que:

Si $s_2^2 \leq QT$, el generador mantiene un funcionamiento estable una vez que se ha subsanado el fallo inicial.

Si $QT < s_2^2$, se predice una inestabilidad transitoria.

20 2. Un dispositivo de predicción de una estabilidad transitoria de un generador síncrono (E) que proporciona una potencia eléctrica activa P_e y una potencia reactiva Q_e a un sistema de alimentación (PS), comprendiendo el dispositivo:

- un dispositivo de medición ($M_{P,Q}$) que mide la potencia eléctrica P_{e1} , Q_{e1} en el instante t_1 después de que se haya subsanado un fallo y la potencia eléctrica P_{e2} , Q_{e2} en el instante t_2 superior a t_1 ,
- un dispositivo de medición (M_S) que mide el deslizamiento s_1 de frecuencia del generador síncrono en el instante t_1 y del deslizamiento s_2 de frecuencia del generador síncrono en el instante t_2 ,
- una unidad de cálculo (U) que calcula:

5

$$\rightarrow \Delta P = P_{e2} - P_{e1};$$

$$\rightarrow \Delta Q = Q_{e2} - Q_{e1};$$

$$\rightarrow \beta = \omega_0 (t_2 - t_1) (s_2 + s_1) / 2;$$

$$\rightarrow \frac{EV}{Z} = \frac{\sqrt{\Delta P^2 + \Delta Q^2}}{2 \operatorname{sen}\left(\frac{\beta}{2}\right)};$$

$$\rightarrow P_B = 0,5 \left[(P_{e2} + P_{e1}) - (\Delta Q) \cot\left(\frac{\beta}{2}\right) \right];$$

$$\rightarrow \gamma_C = \pi - \gamma_p = \pi - \operatorname{arcsen}\left[\frac{Z(P_m - P_B)}{EV} \right];$$

$$\rightarrow P_A = P_m - P_B;$$

$$\rightarrow \gamma_S = \arccos\left(\frac{\Delta P}{\sqrt{\Delta P^2 + \Delta Q^2}} \right);$$

$$\rightarrow \gamma_2 = \gamma_S + \beta/2;$$

$$\rightarrow QT = \frac{1}{\omega_0 H P_r} \left[\frac{EV}{Z} (\cos \gamma_2 - \cos \gamma_C) - P_A (\gamma_C - \gamma_2) \right];$$

siendo ω_0 , H, P_r y P_m parámetros predeterminados:

- siendo ω_0 una frecuencia angular nominal del generador síncrono (E);
- siendo H una constante de inercia de las masas rotativas del generador síncrono;
- siendo P_r una potencia de referencia a la que se ha determinado la constante de inercia H;
- siendo P_m una potencia mecánica que impulsa al generador síncrono, y
- un medio de comparación (U) para comparar QT con s_2^2 de modo que:

10

Si $s_2^2 \leq QT$, el generador mantiene un funcionamiento estable una vez que se ha subsanado el fallo inicial.

Si $QT < s_2^2$, se predice una inestabilidad transitoria.

15

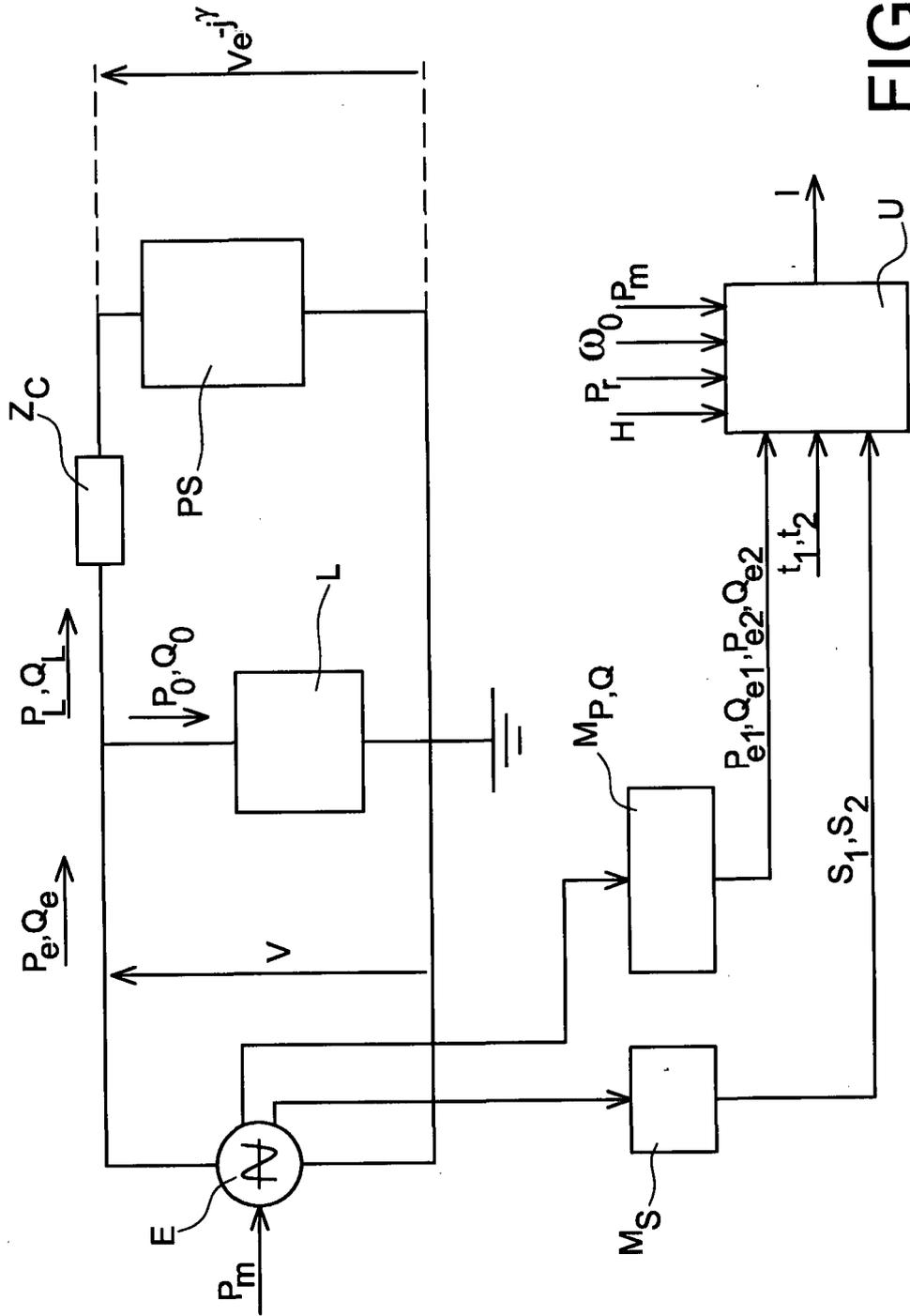


FIG. 1

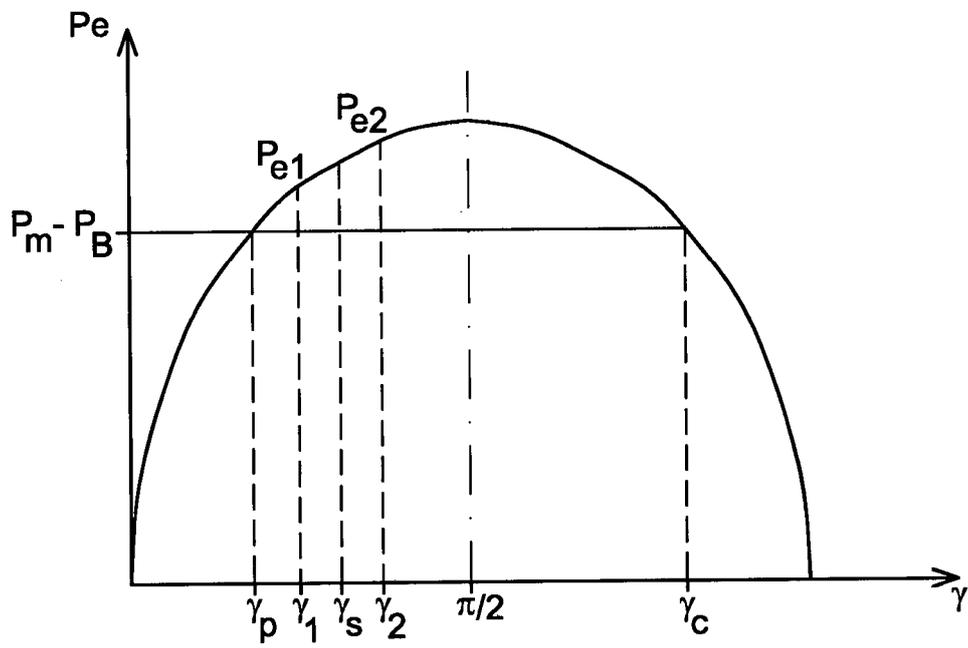


FIG. 2