

VIGILANCIA DE POSICION DE ROTOR SIN SENSOR EN MAQUINAS
DE RELUCTANCIA

5 Esta invención se refiere a la vigilancia de la posición de rotor sin sensor en máquinas de reluctancia, particularmente, máquinas de reluctancia conmutada.

10 El funcionamiento de una máquina de reluctancia conmutada depende, en parte, de la cronización exacta de una energización de fase con respecto a la posición del rotor. La detección de la posición del rotor es convencionalmente lograda mediante el usar un transductor, tal como un disco dentado giratorio montado sobre el rotor de la máquina el cual coopera
15 con un sensor magnético u óptico montado sobre el estator. Un tren de impulso indicativo de la posición del rotor en relación al estator se alimenta de regreso a un circuito de control permitiendo una energización de fase exacta.

20 Este sistema es simple y trabaja bien en muchas aplicaciones. Sin embargo, el transductor de posición de rotor aumenta el costo general del ensamble, agrega conexiones eléctrica extra a la máquina y es por tanto una fuente potencial de falta de confiabilidad. Se han propuesto una variedad de
25 métodos para dispensar el transductor de posición de rotor. Estos están revisados en la obra "Métodos sin Sensor para

Determinar la Posición del Rotor de Motores de Reluctancia Conmutada" de W. F. Ray y de I. H. Al-Bahadly, publicadas en los Procedimientos de la Conferencia Europea de Electrónicos de Potencia, de Brighton, Inglaterra, 1993, volumen 6, página 7-13.

5

Muchos métodos propuestos para la estimación de la posición del rotor usan la medición de la articulación-flujo de fase (por ejemplo, la integral del voltaje aplicado con respecto al tiempo) y la corriente en una o más fases. La posición se calculó usando el conocimiento de la variación en la inductancia de la máquina como una función de ángulo y corriente. Esta característica puede ser almacenada como una tabla de flujo-articulación/ángulo/corriente y se muestra gráficamente en la figura 1. El almacenamiento de estos datos involucra el uso de un arreglo de memoria grande y/o de un sistema de cargas generales para la interpolación de datos entre puntos almacenados.

Algunos métodos hacen uso de estos datos a velocidades bajas en donde el control de corriente de "interrupción" es la estrategia de control dominante para variar la fuerza torsional desarrollada. El control de interrupción es ilustrado gráficamente en la figura 2 en la cual las formas de onda de corriente e inductancia están mostradas sobre un periodo de inductancia de fase. Estos métodos usualmente emplean diagnóstico de energización de impulsos en fases productivas de

no toque (por ejemplo, esas fases las cuales se no energizan directamente de la potencia de suministro en un momento particular).

5 Otros métodos operan en el modo de "impulso único" de energización a velocidades más altas. Este modo se ilustra en la figura 3 en el cual las ondas corriente e inductancia se muestran sobre una fase de periodo de inductancia. Estos métodos vigilan los voltajes y corrientes de operación de una fase activa
10 sin interferir con la operación normal.

El control y la operación de las máquinas de reluctancia conmutada generalmente se describen en el documentos "Las Características, Diseño y Aplicaciones de Motores y de
15 Impulsiones de Reluctancia Conmutada" de J. M. Stephenson y R. J. Blake entregado en la Conferencia y Exhibición PCIM'93 sostenida en Nurnberg, Alemania, entre el 21 y el 24 de junio de 1993. En ese documento los modos de "interrupción" y de "impulso único" de energización de las máquinas de reluctancia conmutada se
20 describen.

Un método adecuado a la operación de baja velocidad es aquél propuesto por N. M. Mvungi y J. M. Stephenson en la obra "Detección de Posición de Rotor sin Sensor Exacta en
25 un Motor SR", publicado en los Procedimientos de la Conferencia Europea de Electrónicos de Potencia, de Florencia, Italia, 1991,

Volumen 1, páginas 390-393. Un método de velocidad superior está descrito en la solicitud de patente internacional WO 91/02401.

Teniendo que almacenar un arreglo de dos
5 dimensiones de datos de máquina es una desventaja obvia y de esta
manera se han propuesto métodos alternos los cuales evitan la
necesidad de la mayoría de la información angularmente referida
y en vez de esto almacenan datos en un solo ángulo. Tal método
está descrito en la solicitud de patente europea EP-A-0573198.
10 Este método se dirige a percibir el enlace de flujo de fase y
corriente en un ángulo predefinido mediante el ajustar el punto
de diagnóstico a través de la desviación calculada hacia afuera
del punto deseado. Se almacenan dos tablas de una dimensión en
la modalidad preferida, una de articulación-flujo en contra de
15 corriente a un ángulo de rotor de referencia (véase la figura 4)
y otra de la diferencia de articulación-flujo con respecto al
ángulo de rotor en contra de la corriente. Mediante el vigilar
el voltaje de fase y la corriente, la desviación hacia afuera de
un ángulo predecido puede establecerse, con el auxilio de las
20 tablas de observación, y la operación del sistema puede ajustarse
en forma acorde. Sin embargo, tales métodos, aún cuando reducen
la cantidad de información que tiene que almacenarse, aún tienen
que detectar o computar la articulación-flujo a un ángulo de
rotor específico.

25

Es un objeto de la presente invención el proporcionar una forma generalmente aplicable para vigilar la posición del rotor sin usar un transductor de posición de rotor mientras que también se reduce la cantidad de datos almacenados.

5

La presente invención se define en las cláusulas independientes acompañantes. Las características preferidas se indican en las cláusulas dependientes.

10

La invención usa una marcha libre de corriente de fase sobre una parte del movimiento angular del rotor, durante el cual la tasa de cambio de la corriente se vigila. Esta vigilancia puede llevarse a cabo en cualesquier parte del ciclo de inductancia de fase. Sin embargo, un intervalo particularmente ventajoso está en o cerca de la posición totalmente alineada del rotor y de los polos de estator.

15

La persona con habilidad estará consciente de que el ciclo de inductancia de fase es el periodo de la variación de la inductancia por la o cada fase de una máquina de reluctancia conmutada, por ejemplo, entre la máxima cuando los polos de rotor y los polos de estator respectivos relevantes están completamente alineados.

20

25

La persona con habilidad estará consciente de el concepto de marcha libre en la máquina de reluctancia conmutada.

Esta se describe en el documento PCIM'93 de Stephenson y Blake mencionado arriba. Brevemente, la marcha libre es cuando el voltaje a través de un arrollado de fase de una máquina de reluctancia conmutada se pone a cero, por un periodo de tiempo mediante el proporcionar efectivamente una trayectoria de corte 5 circuito a través de los extremos de el enrollado. La corriente circula a alrededor del enrollado y el flujo es virtualmente constante, dado que el único voltaje presente para cambiarse es la caída de voltaje a través del enrollado y los dispositivos de 10 conmutación. El concepto de marcha libre no debe confundirse con la marcha con los motores sin corriente, en los cuales no hay corriente en la bobina y la rotación del rotor descansa solo sobre su propio momento.

15 La presente invención puede ponerse en práctica en varias maneras algunas de las cuales se describirán ahora por vía de ejemplo con referencia a los dibujos acompañantes en los cuales:

20 La figura 1 es una representación gráfica de una tabla almacenada de dos dimensiones de datos de articulación-flujo/ángulo/corriente usados en los sistemas de vigilancia de corriente del arte previo;

La figura 2 muestra una forma de onda de corriente de interrupción de modo de baja velocidad típica sobreimpuesta sobre el perfil de inductancia de fase;

5 La figura 3 muestra una forma de onda de corriente de impulso único de modo de alta velocidad típico sobreimpuesta sobre el perfil de inductancia de fase;

10 La figura 4 es una gráfica de una dimensión única de los datos almacenados de acuerdo a otro sistema del arte previo;

15 La figura 5 muestra un circuito de interrupción de medio puente asimétrico para una fase de una máquina de reluctancia conmutada.

20 La figura 6 muestra una variación típica del cambio en corriente con respecto a un ángulo de rotor para un periodo de marcha libre fijo para variar los niveles de flujo-articulación;

25 La figura 7 demuestra un 2° periodo de marcha libre para una máquina de reluctancia conmutada alrededor de la posición completamente alineada de un polo de rotor con respecto a un polo de estator, y la variación resultante de la corriente y articulación-flujo;

La figura 8 muestra un diagrama esquemático ilustrando un circuito de control incorporando la presente invención; y

5 La figura 9 muestra un diagrama esquemático de un detalle adicional de un sistema de control incorporando la presente invención.

En una máquina de reluctancia conmutada, la
10 relación entre el acoplamiento inductivo ψ y la corriente puede expresarse por la ecuación

$$\psi = i.L \quad \dots (1)$$

en donde la inductancia L es una función del ángulo θ y la
15 corriente i.

Diferenciando la ecuación (1) con respecto a θ se obtiene la siguiente relación

20

$$\frac{d\psi}{d\theta} = \frac{di}{d\theta}.L + \frac{dL}{d\theta}.i \quad \dots (2)$$

La ecuación (2) puede rearrreglarse para dar la
25 siguiente ecuación

$$\frac{di}{d\theta} = \frac{1}{L} \left[\frac{d\psi}{d\theta} - \frac{dL}{d\theta} \cdot i \right] \quad \dots (3)$$

5

En el modo de marcha libre, el voltaje a través de la bobina de fase será baja y $\frac{d\psi}{d\theta} \approx 0$, por tanto la ecuación (3) puede ser aproximada a la ecuación

10

$$\frac{di}{d\theta} \approx - \frac{dL}{d\theta} \cdot \frac{i}{L} \quad \dots (4)$$

15

Para un ángulo pequeño fijo $\Delta\theta$ la siguiente relación es aplicable:

$$\Delta i \propto -\Delta L \quad \dots (5)$$

20

en donde la constante de proporcionalidad es $\frac{i}{L}$.

25

Se desprende de la ecuación (5) que, si el cambio de corriente (Δi) puede medirse con exactitud adecuada, esto dará una indicación del cambio de inductancia de la fase durante el intervalo de medición. Si la relación entre la tasa de cambio de inductancia y la posición del rotor ya se conoce, esto permite un

cálculo de la posición del rotor que va a hacerse desde la medición de Δi . El método más simple de implementar esto es el usar una tabla de mirar de ΔL en contra de la posición del rotor. Sin embargo, dado que en general la inductancia es dependiente de la corriente, esto requiere una tabla de ΔL como una función de la corriente.

De acuerdo a la invención en esta forma preferida, el uso es hecho de el hecho de que, en una posición completamente alineada del polo de rotor con respecto al polo de estator, la tasa de cambio de inductancia con ángulo es esencialmente de cero sin importar el nivel de corriente de fase. Por tanto, de acuerdo a la ecuación (5) la tasa de cambio de corriente de fase será de cero cuando el periodo de marcha libre está colocado alrededor de su posición completamente alineada. Se desprende por tanto, que si durante el intervalo de vigilancia Δi se descubre como siendo cero, la posición de rotor se centró alrededor de la posición alineada durante el intervalo de medición. Esto permite la operación de la máquina mediante el predecir cuando el rotor pasará a través de la posición alineada y la marcha libre alrededor de ese intervalo. Si la predicción es correcta, entonces Δi será cero durante el periodo de marcha libre. Si, sin embargo, hay un error angular en la predicción, entonces el signo y la magnitud de la tasa de cambio de corriente indicará el error angular y su dirección, y, por tanto, la corrección requerida para el siguiente ciclo.

En la práctica, hay una reducción finita en el acoplamiento inductivo ψ sobre el intervalo de medición y de manera que la posición en la cual no hay un cambio en la corriente estará ligeramente descentrada de la posición completamente alineada. Esto puede determinarse de la ecuación (3) y se muestra gráficamente por el juego de curvas en la figura 6 para un motor de reluctancia conmutada típico. En la gráfica, la posición actual de la tasa de cambio cero de corriente es de alrededor de $2\frac{1}{2}^\circ$ a antes de la posición correctamente alineada del rotor con respecto al polo de estator.

La figura 5 muestra un circuito convertidor de medio puente asimétrico convencional para una máquina de reluctancia conmutada. Una bobina de fase W está conectada en serie entre un conmutador de potencia superior S1 y un diodo D1. La misma bobina W está conectada similarmente en serie entre un conmutador de potencia inferior S2 y su diodo D2. Por vía de ejemplo de la marcha libre mencionada arriba, si el circuito de la figura 5 es usado, el flujo de corriente a través de la bobina W como una consecuencia del cierre de los conmutadores S1 y S2 puede hacerse a marcha libre a alrededor del circuito de S1 y D2 mediante el abrir S1.

El método de la invención no interferirá en ninguna extensión sustancial con la operación de la máquina debido a que el intervalo de vigilancia requerido es corto. En

cualesquier caso, es benéfico el tener un periodo de marcha libre en los sistemas de reluctancia conmutada más conocidos, por las razones asociadas con el control de ruido y la eficiencia óptima de la operación. Se desprende que esta invención puede ser implementada en cualesquiera de los modos de interrupción o de impulso único de operación en donde es posible el que se use un intervalo de marcha libre. La invención puede ser igualmente bien usada en un modo de corriente continua de operación de una máquina de reluctancia conmutada como se describe en la solicitud EP-A-0534761.

El método de la invención da una información de cronización la cual es similar a aquella de un transductor de posición de rotor estándar, por ejemplo, una indicación de alineación de rotor/estator está disponible una vez por ciclo de inductancia de fase.

La figura 7 ilustra el efecto sobre el acoplamiento inductivo y la corriente de un segundo periodo de marcha libre colocado a un lado de la posición completamente alineada en una impulsión de reluctancia conmutada típica. Como puede verse, ambas la corriente y el flujo permanecen virtualmente constantes por la duración del intervalo de marcha libre el cual, en este caso, es de entre 88° y 90° , en donde 90° indica alineación entre los polos de rotor y de estator.

La figura 8 ilustra un sistema de impulsión para un motor de reluctancia conmutada. El sistema está mostrado en forma de diagrama de bloque esquemático. En esta modalidad, el controlador de velocidad 10 recibe una señal de demanda de velocidad. Esta se compara con una señal de retroalimentación sobre una línea 12 que se describirá abajo. La salida del controlador de velocidad 10 es una comparación de las señales de velocidad demandada y real (por ejemplo, una señal de error) y se suministra como la entrada actuante a un controlador de disparo 14.

Como se describió arriba, hay varios modos de operación de una máquina de reluctancia conmutada. En cada modo de operación, puede introducirse un intervalo de vigilancia, durante el cual la corriente se deja marchar en forma libre.

La salida del controlador de velocidad 10 es la señal de demanda para el controlador de disparo de conmutador 14 que es convencional en el arte ya que ésta controla la actuación de los conmutadores de un convertidor de potencia 16 de acuerdo a la demanda y el modo de control para la velocidad del motor. Los controladores de velocidad y de disparo 10 y 14 pueden implementarse alrededor de un microcontrolador Motorola 68HC11 de acuerdo al arte conocido. La salida del controlador de disparo 14 se modifica de acuerdo a la invención, para incluir, en cada

ciclo de inductancia de fase, las órdenes de vigilancia regulares para los conmutadores del convertidor 16.

La salida del controlador de disparo es usada para
5 controlar la actuación de los conmutadores del convertidor de potencia 16, que pueden ser del tipo mostrado en la figura 5, para cada fase de la máquina.

La percepción de corriente de fase se lleva a cabo
10 a través de un sensor de corriente convencional 20, por ejemplo, un sensor de articulación de flujo como se fabricada por LEM HEME Ltd. de Skerlmersdale, Lancashire, Inglaterra o mediante el medir el voltaje desarrollado a través de un resistor en serie. En esta invención es la corriente de marcha libre la que se requiere
15 que el sensor vigile. Por tanto, el sensor debe estar localizado en lugar apropiado en donde la corriente de marcha libre existirá en una forma confiable y accesible, por ejemplo, ya sea el final del enrollado W. Alternativamente, la corriente puede vigilarse ya sea en el diodo D2 o el conmutador S2 usado en la operación de
20 marcha libre. La posición en o cerca del conmutador S2 se prefiere. Ya que es usualmente más accesible en implementaciones prácticas de máquinas de reluctancia conmutada.

Si sin embargo, se requiere, (por otras razones de
25 control) el hacer que la recirculación de corriente fluya en

cualesquier mitad del convertidor de medio puente de la figura 5, el sensor requiere colocarse a un lado del enrollado de fase W.

Mientras que la corriente es vigilada en el
5 enrollado de fase, la tasa de cambio de la corriente sobre un periodo debe medirse para una indicación significativa de una posición del rotor. La salida del sensor 20 indicativa de la magnitud de corriente se aplica a un detector de cambio de corriente 22. Esto se implementa preferiblemente en el
10 microprocesador el cual es usado para implementar las funciones de control de velocidad y de control de disparo descritas arriba. La implementación almacenará, en principio, un primer valor de corriente después de que ha comenzado la marcha libre y almacenará un segundo valor de corriente cerca del final del
15 intervalo de marcha libre. La tasa de cambio de la corriente es entonces computada mediante el tomar la diferencia de aquellos valores actuales y dividirlos por el intervalo de tiempo entre éstos. En la práctica puede ser benéfico el tomar la primera lectura inmediatamente antes de que comience la marcha libre,
20 como para evitar cualesquier perturbación pasajera en el valor de corriente causado por la acción de conmutación. La salida del detector 22 es un voltaje indicativo de la tasa de cambio de corriente con respecto al tiempo sobre el intervalo de vigilancia. Esta es la base de la indicación de la posición
25 sobre el rotor en relación al estator. Si la predicción previa de la posición del rotor fue correcta, la salida del detector

será indicativa de un cambio de corriente virtualmente de cero durante el intervalo de vigilancia.

La salida de un detector 22 es aplicada a un predictor de cronización 24 que responde a la tasa actual de cambio de corriente derivada de la corriente vigilada. Por un periodo dado, el predictor de cronización 24 es capaz de predecir el momento de alineación de la siguiente fase de la máquina, por ejemplo, desde una valoración corregida de la posición del rotor en una fase, se hace una predicción por el predictor para la siguiente incidencia de cambio de corriente cero en la siguiente fase que va a energizarse.

El controlador de disparo 16 incluye un cronómetro de corrida libre el cual se usa para poner la posición angular de los eventos de disparo de conmutador. Mediante el derivar información de los datos de posición del rotor el cronómetro se vuelve a poner para cada fase de acuerdo a la estrategia de control de disparo que es parte de los principios conocidos del control de motor de reluctancia conmutada. Para una velocidad dada, el predictor de cronización 24 hace una predicción del tiempo en el cual el rotor estará alineado con el estator. Este entonces es capaz de decidir los tiempos durante los cuales el convertidor de potencia debe ponerse dentro del modo de marcha libre, estos tiempo estando seleccionados de manera que el intervalo de vigilancia está centrado alrededor del punto

predecido de alineación. Cuando el inicio del intervalo de
vigilancia llega, el controlador de disparo 14 acciona el
detector de cambio de corriente 22 para leer la salida del sensor
20 y la tasa de cambio de la corriente en el modo de marcha libre
5 se calcula entonces para el intervalo de vigilancia. Al final de
el intervalo de marcha libre impuesto, el controlador de disparo
vuelve a asumir el control convencional del rotor basado sobre la
señal de demanda de velocidad y de error.

10 Si la tasa de cambio de la corriente establecida
por el detector 22 es de virtualmente cero, el predictor de
cronización no tiene necesidad de ajustar sus estimados salientes
de la posición alineada para cada fase. Si el detector indica
una tasa de cambio de corriente de inclinación negativa y una
15 magnitud particular, la posición predecida de alineación fue muy
inicial por una cantidad relacionada a la magnitud de la tasa de
cambio de corriente. Si la inclinación es positiva, la posición
predecida de alineación fue muy tardía. La variación en cambio
de la corriente alrededor de cero puede, por tanto, usarse como
20 una escalada lineal simple para corregir el estimado del tiempo
en el cual ocurrirá la alineación.

Para una operación exitosa, este método requiere
que la máquina se haga girar y tenga corriente por lo menos un
25 enrollado de fase. En la espera, este método no puede aplicarse
directamente, pero otros métodos conocidos de inicio de la

máquina pueden usarse, por ejemplo, el escalonado de circuito abierto, los impulsos de diagnóstico, etc., todos conocidos por aquellos familiares en el arte.

5 La figura 9 ilustra una implementación alterna de
el detector de cambio de corriente 22 usando componentes
análogos; el controlador de disparo 14, y la mitad del
convertidor de potencia 16 usado para la marcha libre constituido
por el conmutador S2 y el diodo D2. En esta modalidad, la
10 corriente de marcha libre es derivada de el voltaje desarrollado
a través del resistor pequeño 28, por ejemplo, $<10\Omega$, en serie con
el conmutador del circuito de marcha libre. El voltaje a través
del resistor es directamente proporcionado a la corriente en el
enrollado y se vigila por los circuitos de muestra y retención
15 primero y segundo 30 y 32 proporcionando salidas a una junta 34.
La diferencia entre las salidas de muestra y retención se escala
en un escalador 36 y se aplica al predictor de cronización 24.
El primer circuito de muestra y retención es accionado por el
predictor de cronización 24 al inicio de el intervalo de marcha
20 libre escogido. El segundo circuito de muestra y retención es
accionado al final de el intervalo de vigilancia.

Los ejemplos dados arriba se dirigen a la
operación de la invención cuando la máquina de reluctancia
25 conmutada es arreglada para correr como un motor. La presente
invención también puede usarse en la misma manera cuando la

máquina de reluctancia conmutada está corriendo como un generador para un efecto igual. Desde luego, aún cuando la invención está descrita en relación con máquinas de reluctancia conmutada giratorias, una persona experta estará consciente de que la máquina de reluctancia conmutada puede construirse como un motor lineal. El miembro móvil de un motor lineal se menciona en el arte como un rotor. El término "rotor" usado aquí se intenta que abarque el miembro móvil de un motor lineal también.

Por tanto, aún cuando la invención se ha descrito en relación con modalidades ilustradas discutidas arriba, aquellos expertos en el arte reconocerán que muchas variaciones pueden hacerse sin departir de la presente invención. La descripción dada arriba de las varias modalidades se hace por vía de ejemplo y no para propósitos de limitación. La presente invención se intenta que se limite sólo por el espíritu y alcance de las siguientes cláusulas.

REIVINDICACIONES

1. Un método para vigilar la posición de un rotor en una máquina de reluctancia conmutada que comprende un estator, un rotor, el cual es movable en relación al estator, y por lo menos un enrollado de fase montado sobre el estator, el método comprende:

mover el rotor en relación al estator;

energizar el enrollado de fase mediante el accionar los medios de conmutador para controlar la corriente en el enrollado;

hacer marchar en forma libre en cada ciclo de inductancia de fase, de manera que la corriente en el enrollado recircula por un intervalo de un estimado de una posición predeterminada del rotor en el cual la tasa de cambio de la corriente de fase está en una magnitud predecida;

vigilar la corriente de fase durante la marcha libre;

comparar la tasa de cambio vigilada de la corriente de fase con aquélla predecida en la posición predeterminada; y

derivar la posición del rotor en relación a la posición predeterminada de la diferencia entre las tasa actual y predecida de cambio de corriente de fase.

- 5 2. Un método tal y como se reivindica en la cláusula 1, caracterizado porque el intervalo es coincidente con un periodo de virtualmente ningún cambio en la corriente al moverse el rotor.
- 10 3. Un método tal y como se reivindica en las cláusulas 1 o 2, caracterizado porque incluye el muestrear la corriente en o cerca del inicio en o cerca del final del intervalo de marcha libre.
- 15 4. Un método tal y como se reivindica en la cláusula 3, caracterizado porque incluye el calcular la tasa de cambio de la corriente desde el cambio de corriente sobre el periodo de muestreo.
- 20 5. Un método tal y como se reivindica en una de las cláusulas 1, 2, 3 o 4, caracterizado porque la extensión del intervalo es inversamente dependiente de la velocidad de movimiento del rotor.
- 25 6. Un método tal y como se reivindica en una cualesquiera de las cláusulas 1 a 5, caracterizado porque la

diferencia entre las tasas actual y predecida de cambio de corriente se usa para modificar el estimado para un ciclo de fase subsecuente.

5 7. Un método tal y como se reivindica en la cláusula 6, caracterizado porque la máquina es una máquina de fase múltiple teniendo una secuencia de energización de fase, la diferencia entre las tasas actual y predecida siendo usadas para modificar el estimado para la siguiente fase en la secuencia.

10

8. Un método tal y como se reivindica en una cualesquiera de las cláusulas 1 a 7, caracterizado porque incluye vigilar la corriente de marcha libre en los medios de conmutador llevando la corriente de marcha libre.

15

9. Un método tal y como se reivindica en una cualesquiera de las cláusulas 1 a 7, caracterizado porque incluye vigilar la corriente de marcha libre en el enrollado de fase.

20

10. Un indicador de posición de rotor para una máquina de reluctancia que tiene un rotor, un estator, y por lo menos un enrollado de fase, el indicador comprende:

un dispositivo de vigilancia de corriente para
25 derivar una señal indicativa de fase de corriente en el enrollado de fase;

medios de conmutador accionables para configurar un circuito de marcha libre en el cual la corriente recircula a través del enrollado;

5 medios de cronización para accionar los medios de conmutador para configurar el circuito de marcha libre para un intervalo coincidente con un rango predecido de posición del rotor, y para muestrear la corriente de fase para medir la tasa de cambio de la corriente del intervalo;

10 medios de comparador para comparar la tasa predecida del cambio de corriente de fase con la tasa medida de cambio para derivar un valor de diferencia indicativo de la diferencia entre la posición de rotor actual y la posición de
15 rotor predecida.

11. Un indicador tal y como se reivindica en la cláusula 10, caracterizado porque los medios de cronización responden a una señal indicativa de la velocidad de movimiento
20 del rotor para variar el periodo en relación inversa a esto.

12. Un indicador tal y como se reivindica en la cláusula 11, caracterizado porque los medios de cronización responden al valor de diferencia para ajustar la actuación de los
25 medios de conmutador en un ciclo de fase subsecuente.

13. Un sistema para vigilar la posición del rotor en una máquina de reluctancia que comprende un rotor, un estator, por lo menos un enrollado de fase, medios de conmutador operables para configurar el enrollado de fase en un circuito de marcha libre en el cual la corriente de marcha libre recircula en el enrollado, un dispositivo de vigilancia de corriente para derivar una señal indicativa de corriente de marcha libre, medios de cronización para accionar los medios de conmutador dentro de la configuración de marcha libre por un intervalo en un estimado de una posición predecida del rotor en la cual la tasa de cambio de la corriente tiene un valor predecido, medios para derivar una medición de la tasa de cambio de corriente desde los medios de vigilancia en el intervalo, y medios para calcular la posición de el rotor en relación a la posición predeterminada de una comparación de las tasas actual y predecida de cambio de corriente.

14. Un sistema tal y como se reivindica en la cláusula 13, caracterizado porque el intervalo está arreglado para coincidir con un periodo de virtualmente ningún cambio en corriente.

15. Un sistema tal y como se reivindica en las cláusulas 13 o 14, caracterizado porque los medios para derivar una medición de la tasa de cambio de corriente incluyen medios de

muestreo para muestrear la corriente en o cerca del inicio y en o cerca del final del intervalo.

5 16. Un sistema tal y como se reivindica en una cualesquiera de las cláusulas 13 a 15, caracterizado porque los medios de cronización son operables para modificar el estimado por un ciclo de fase subsecuente en respuesta a la diferencia entre las tasas actual y predecida del cambio de corriente.

10 17. Un sistema tal y como se reivindica en la cláusula 16, en el cual la máquina es una máquina de fase múltiple teniendo una secuencia de fase en donde los medios de cronización son operables para modificar el estimado para la siguiente fase en la secuencia en respuesta a la diferencia entre
15 las tasas actual y predecida.

R E S U M E N

Un método para vigilar una posición de rotor en una máquina de reluctancia que comprende determinar la tasa de cambio de corriente en un punto particular en el cual la corriente en el enrollado está arreglada para marcha libre. Preferiblemente, el punto coincide con la alineación de un rotor y un polo de estator de manera que la tasa de cambio de la corriente es predecida para ser de cero. La magnitud y polaridad de cualesquier variación de la tasa predecida de cambio indica una posición de rotor removida de la posición de rotor actual y si es un avance de o una retracción de la posición predecida.

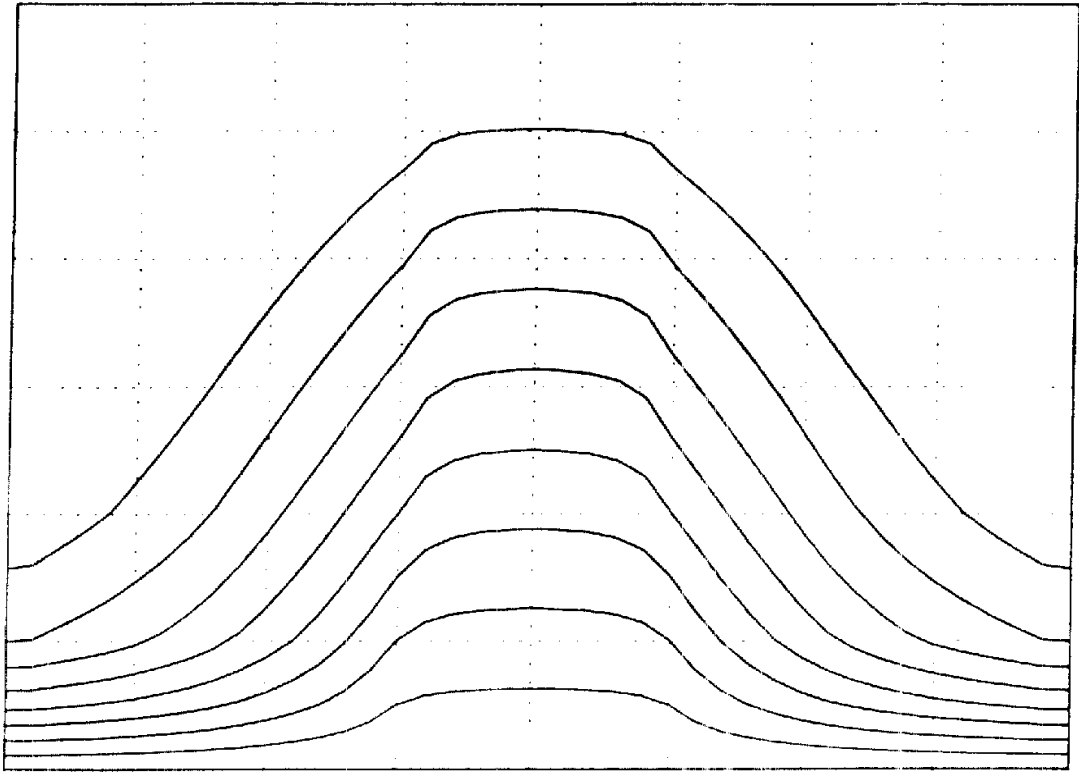


Fig. 1

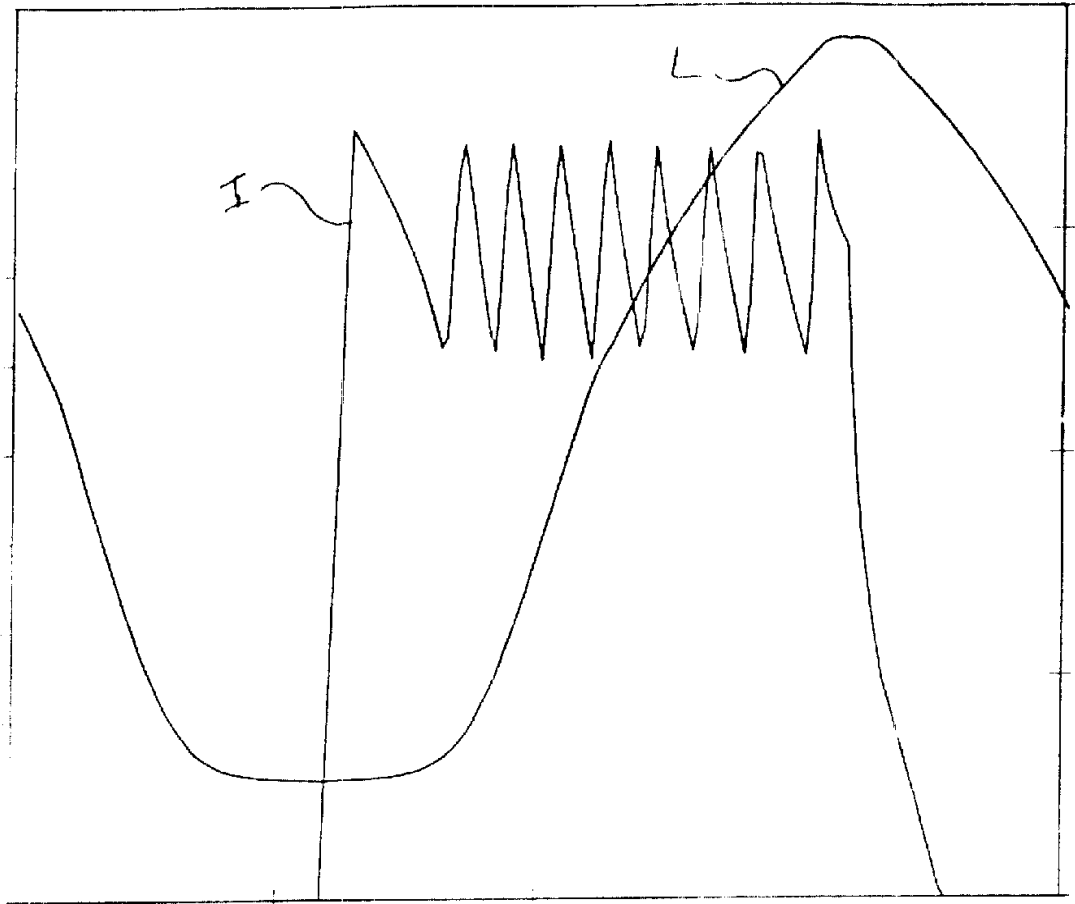


Fig. 2

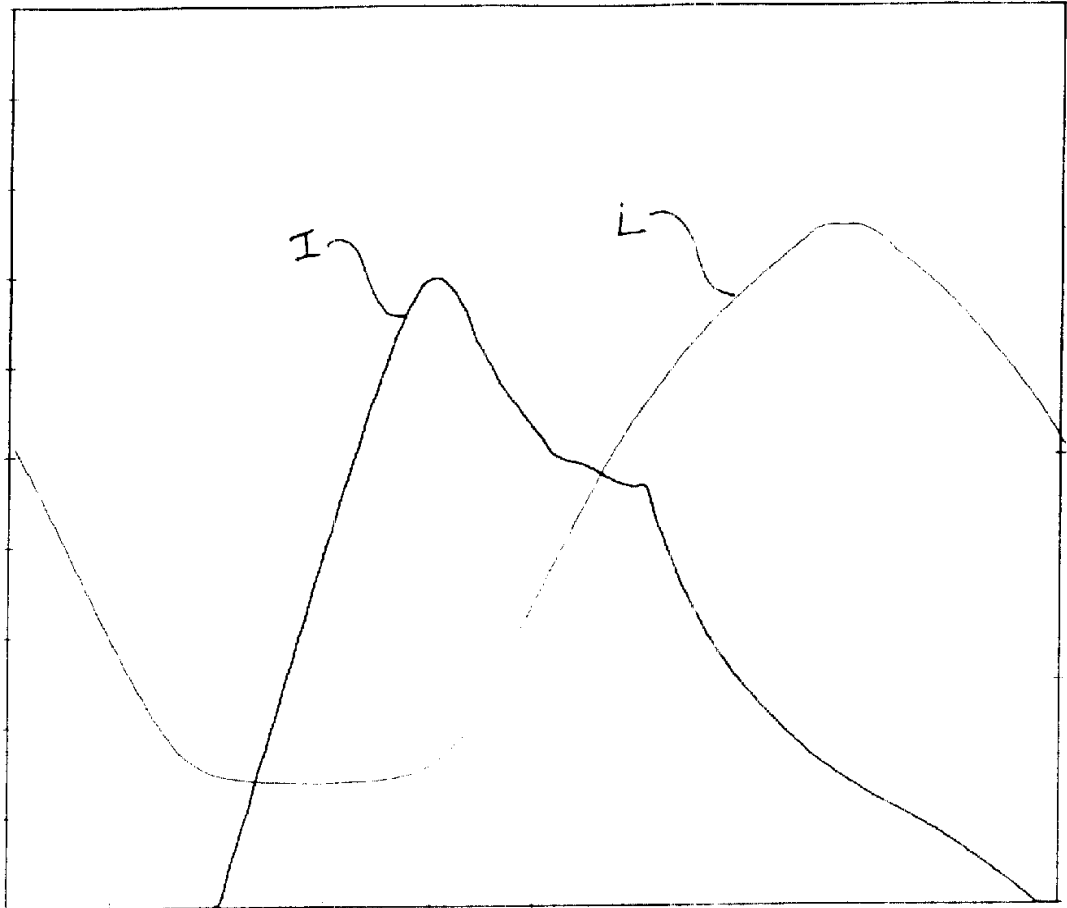


Fig. 3

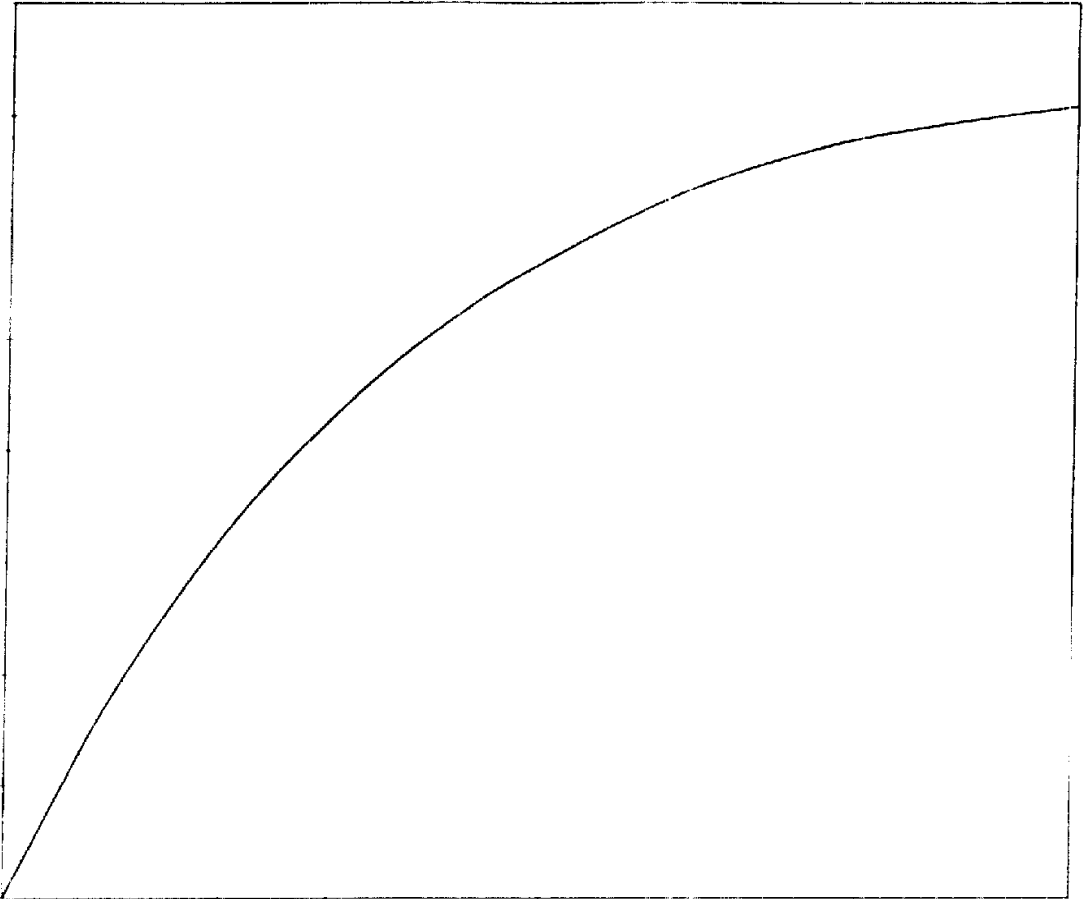


Fig. 4

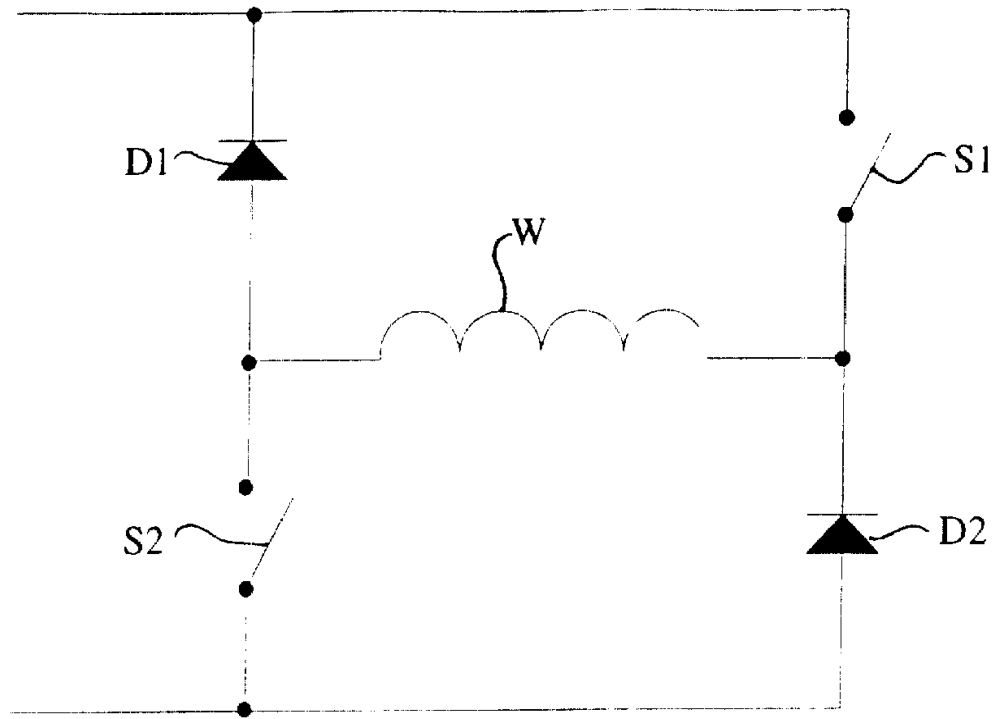


Fig. 5

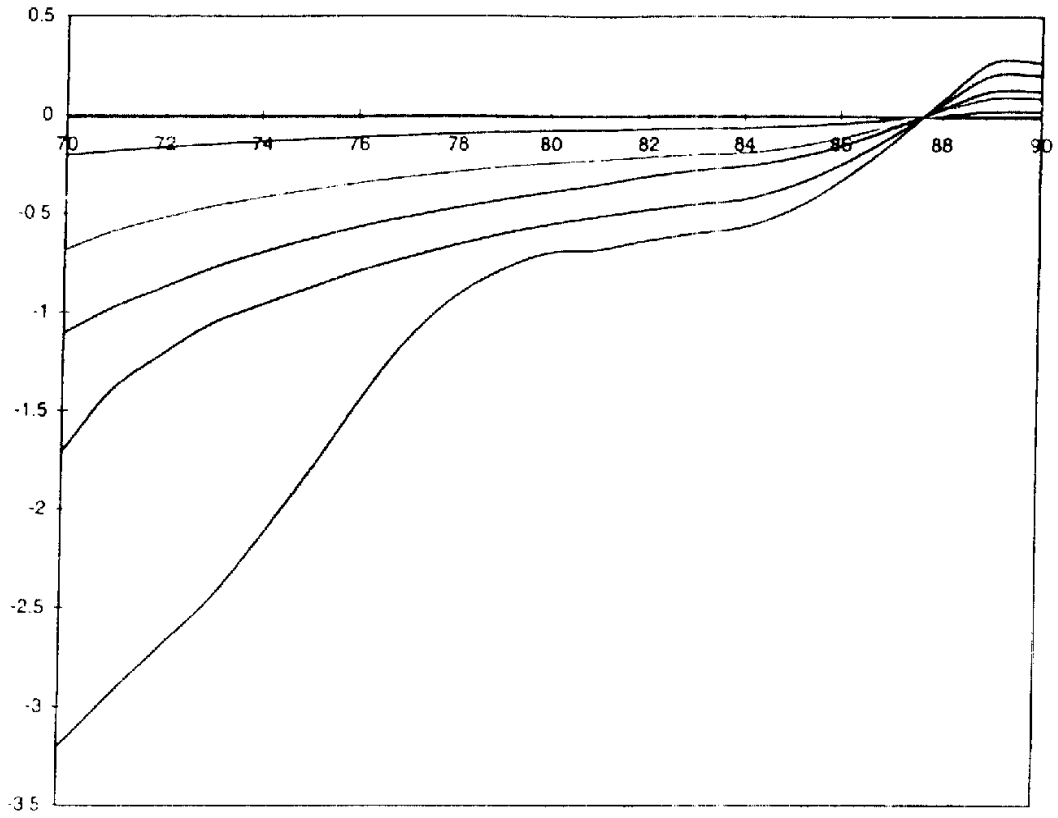


Fig. 6

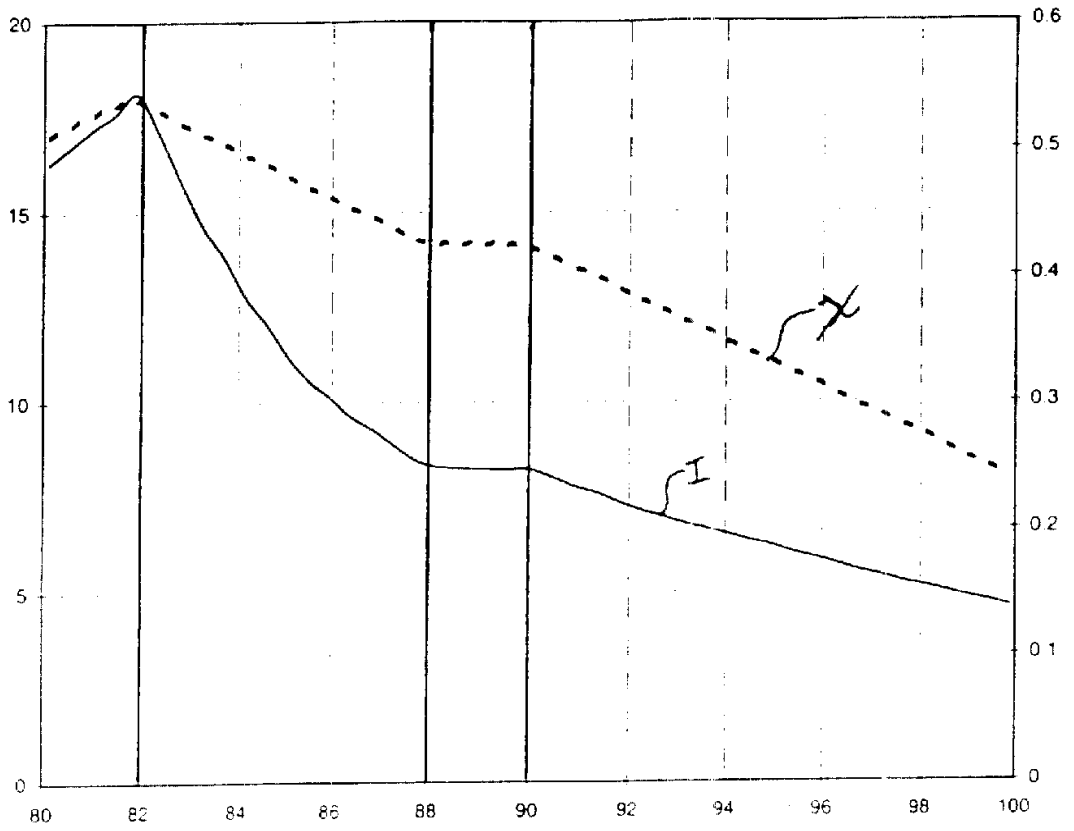


Fig. 7

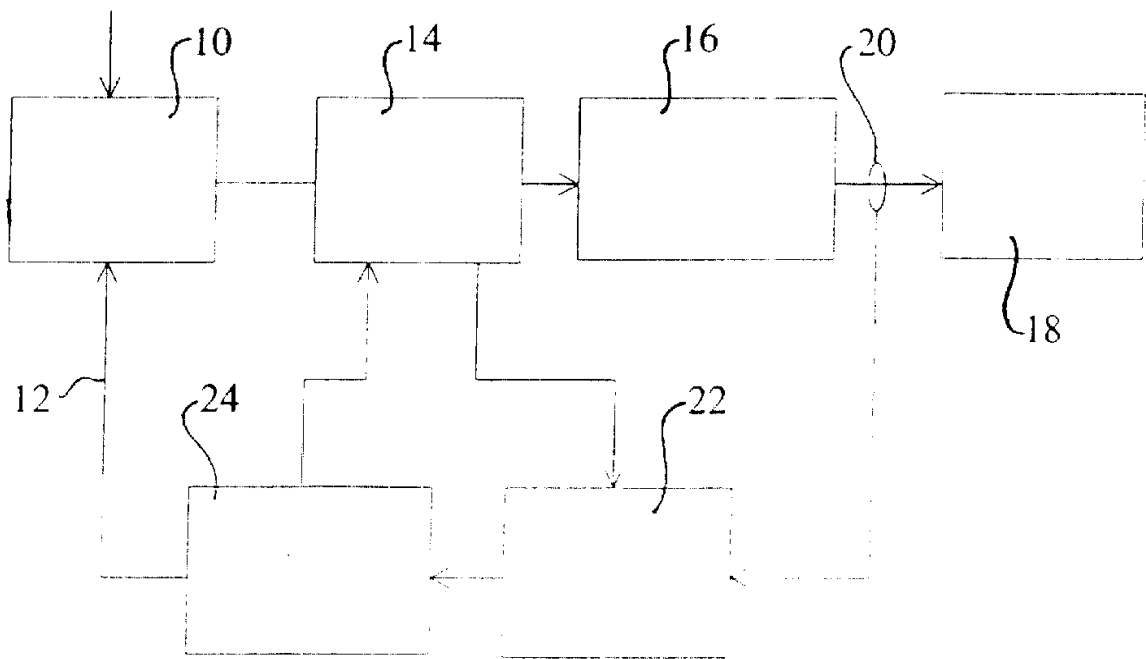


Fig. 8

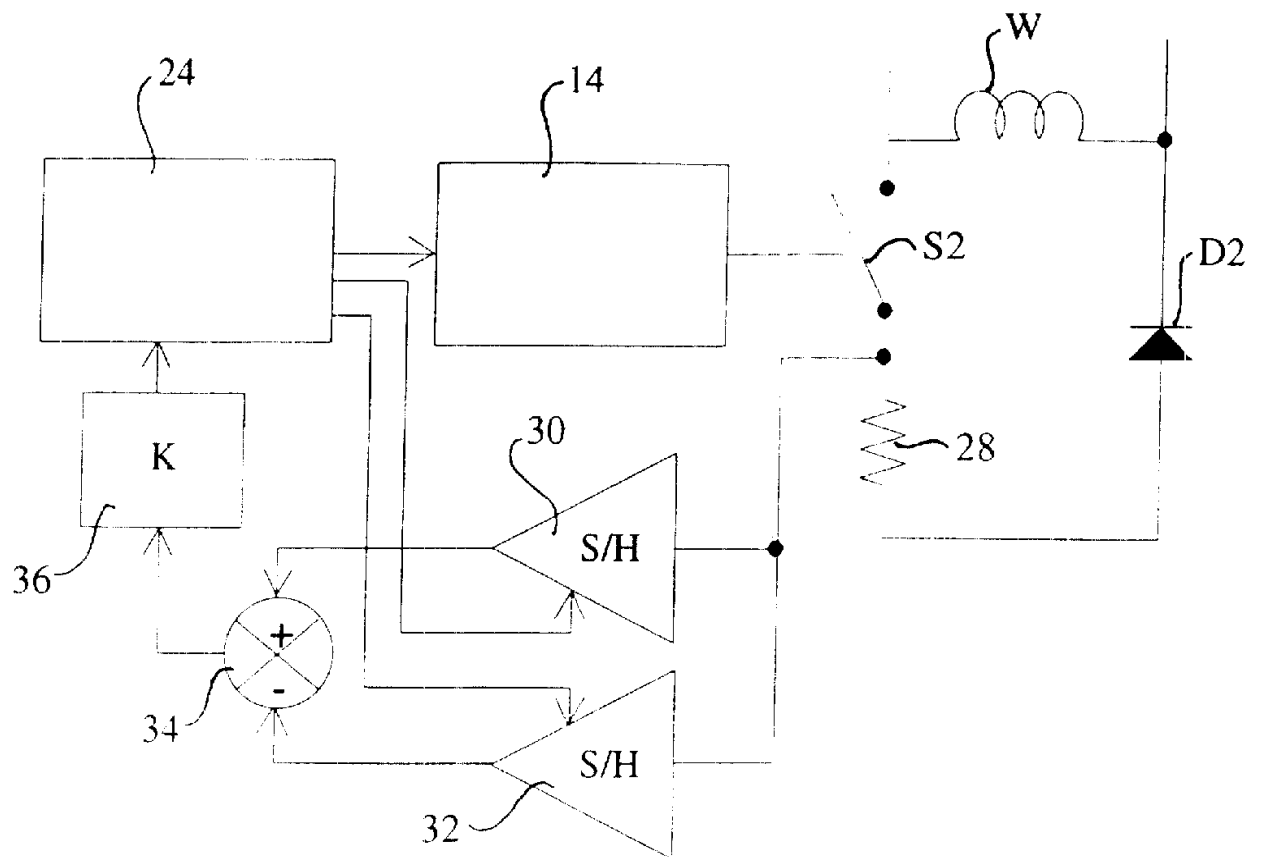


Fig. 9