

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 619 718**

51 Int. Cl.:

**H02M 5/458** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.05.2011** **E 11166526 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.02.2017** **EP 2525481**

54 Título: **Equipo de control para un convertidor de circuito intermedio y el propio convertidor de circuito intermedio**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**26.06.2017**

73 Titular/es:

**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)**  
**Wittelsbacherplatz 2**  
**80333 München, DE**

72 Inventor/es:

**DIETZ, BERND;**  
**KÖPKEN, HANS-GEORG;**  
**REICHL, GERALD;**  
**SCHIERLING, HUBERT;**  
**SCHÄFERS, ELMAR y**  
**STOIBER, DIETMAR**

74 Agente/Representante:

**LOZANO GANDIA, José**

**ES 2 619 718 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).

**EQUIPO DE CONTROL PARA UN CONVERTIDOR DE CIRCUITO INTERMEDIO Y EL PROPIO CONVERTIDOR DE CIRCUITO INTERMEDIO****DESCRIPCIÓN**

- 5 La presente invención se refiere a un equipo de control para un convertidor de circuito intermedio,
- en el que el convertidor de circuito intermedio presenta un circuito intermedio de tensión continua, en el que está dispuesto un condensador del circuito intermedio,
  - 10 – en el que el convertidor de circuito intermedio presenta al menos un convertidor de alimentación, mediante el que se alimenta con energía eléctrica el circuito intermedio de tensión continua desde una red de suministro,
  - en el que el convertidor de circuito intermedio presenta al menos un convertidor de carga, mediante el cual se aporta a una carga útil energía eléctrica desde el circuito intermedio de tensión continua,
  - en el que el convertidor de circuito intermedio presenta al menos un convertidor tampón, a través del cual está acoplada una masa de inercia giratoria al circuito intermedio de tensión continua, para el intercambio
  - 15 bidireccional de energía,
  - en el que el equipo de control controla el convertidor de alimentación, el convertidor de carga y el convertidor tampón.

- La presente invención se refiere además a un convertidor de circuito intermedio tal que
- 20 – el convertidor de circuito intermedio presenta un circuito intermedio de tensión continua, en el que está dispuesto un condensador del circuito intermedio,
  - el convertidor de circuito intermedio presenta al menos un convertidor de alimentación, mediante el que se alimenta con energía eléctrica el circuito intermedio de tensión continua a partir de una red de suministro,
  - 25 – el convertidor de circuito intermedio presenta al menos un convertidor de carga, mediante el cual se aporta a una carga útil energía eléctrica desde el circuito intermedio de tensión continua,
  - el convertidor de circuito intermedio presenta al menos un convertidor tampón, a través del cual está acoplada una masa de inercia giratoria al circuito intermedio de tensión continua, para el intercambio bidireccional de energía,
  - 30 – en el que el convertidor de circuito intermedio presenta un equipo de control, que controla el convertidor de alimentación, el convertidor de carga y el convertidor tampón.

Un tal equipo de control y un tal convertidor de circuito intermedio se conocen por ejemplo por el documento DE 10 2006 033 562 B3, el documento US 5373223, el documento EP 1744445 o el documento JP 2002051589.

- 35 Muchas cargas útiles - por ejemplo los accionamientos de servoprensas - se caracterizan porque la potencia necesaria oscila en gran medida, debido a la dinámica (aceleración y frenado) y a la carga externa (por ejemplo un proceso de transformación). Las puntas de potencia pueden ser un múltiplo de la potencia media necesaria. Según el estado de la técnica, los esfuerzos se dirigen a orientar la potencia de conexión y la alimentación del convertidor de circuito intermedio sólo a la potencia media, relativamente baja. Para cubrir las puntas de potencia es necesario un almacenamiento de energía (tamponamiento) dentro o fuera del convertidor de circuito intermedio.
- 40

- El almacenamiento de energía se realiza bien eléctricamente, dimensionando correspondientemente el condensador del circuito intermedio, o bien mecánicamente mediante una masa de inercia giratoria unida al circuito intermedio. Para cargas útiles grandes, por ejemplo en grandes prensas con una fuerza de prensado de 800 toneladas y más, no es económico un almacenamiento de energía mediante condensador.
- 45

El objetivo de la presente invención consiste en lograr posibilidades para operar un convertidor de circuito intermedio de manera eficiente y con seguridad en el funcionamiento.

- 50 El objetivo se logra mediante un equipo de control con las características de la reivindicación 1. Ventajosas variantes del equipo de control de acuerdo con la invención son objeto de las reivindicaciones dependientes 2 a 9.

De acuerdo con la invención está previsto en un equipo de control de la clase citada al principio

- 55 - que el equipo de control implemente un primer regulador de tensión, en el que en base a una tensión de consigna y a una tensión real que cae a través del condensador del circuito intermedio, se determine una intensidad de consigna para el convertidor de alimentación y mediante el que se controle correspondientemente el convertidor de alimentación,
- que el equipo de control implemente un regulador de velocidad de giro, en el que en base a una velocidad de giro de consigna y a una velocidad de giro real de la masa de inercia, se determine una primera componente del par de consigna para la masa de inercia,
- 60 - que el equipo de control implemente un segundo regulador de tensión, en el que en base a la tensión de consigna y a la tensión real, se determine una segunda componente del par de consigna para la masa de inercia y
- que la primera y la segunda componente del par de consigna se sumen para formar un par de consigna y se controle correspondientemente el convertidor tampón.
- 65

En muchos casos oscila la demanda instantánea de potencia con un periodo entre un valor mínimo y un valor máximo. Con preferencia está realizado el primer regulador de tensión como regulador PI, que presenta una

amplificación proporcional y un tiempo de acción integral. La amplificación proporcional y el tiempo de acción integral del primer regulador de tensión están determinados tal que el primer regulador de tensión regula un salto del valor de consigna durante un periodo sólo en una pequeña parte.

5 El segundo regulador de tensión está configurado con preferencia como regulador P. Una amplificación proporcional del segundo regulador de tensión está determinada tal que el segundo regulador de tensión regula en una gran proporción un salto el valor de consigna durante una parte de un periodo.

En otra variante preferente del equipo de control está previsto

- 10
- que el equipo de control implemente adicionalmente un circuito piloto,
  - que se lleve al circuito piloto la demanda instantánea de potencia,
  - que el circuito piloto filtre en pasoalto la demanda instantánea de potencia y
  - que el circuito piloto, en base a la demanda instantánea de potencia filtrada en pasoalto, determine una señal piloto que se introduzca aditivamente en el par de consigna adicionalmente a la primera y segunda
- 15 componente del par de consigna.

Esta forma de proceder origina en funcionamiento un comportamiento aún más estable.

20 Cuando existe el circuito piloto, es posible que el segundo regulador de tensión y el circuito piloto estén activados continuamente. Alternativamente es posible que el equipo de control esté realizado tal que en un primer estado de funcionamiento del equipo de control estén activados tanto el segundo regulador de tensión como también el circuito piloto y en un segundo estado de funcionamiento del equipo de control alternativamente esté activado el segundo regulador de tensión y esté desactivado el circuito piloto o bien esté desactivado el segundo regulador de tensión y esté activado el circuito piloto. En este caso es con preferencia el primer estado de funcionamiento del equipo de control el funcionamiento en curso del convertidor de circuito intermedio y el segundo estado de funcionamiento del

25 equipo de control el arranque del convertidor de circuito intermedio.

En una variante especialmente preferente de la presente invención está previsto

- 30
- que el circuito piloto incluya adicionalmente un integrador y una etapa de retardo conectada a continuación del integrador,
  - que la señal piloto se conduzca al integrador y
  - que la señal piloto integrada y retardada se lleve al regulador de velocidad de giro como señal de entrada adicional.

35 El regulador de velocidad de giro está configurado con preferencia como regulador PI, que presenta una amplificación proporcional y un tiempo de acción integral. En el caso de que circuito piloto incluya adicionalmente el integrador y la etapa de retardo conectada a continuación del integrador, pueden estar determinados la amplificación proporcional y el tiempo de acción integral del regulador de la velocidad de giro tal que el regulador de la velocidad de giro regule en una gran parte un salto del valor de consigna durante una parte de un periodo. Alternativamente

40 pueden estar determinados la amplificación proporcional y el tiempo de acción integral tal que el regulador de la velocidad de giro regule sólo en una pequeña parte un salto valor de consigna durante un periodo.

45 El objetivo se logra además mediante un convertidor de circuito intermedio con las características de la reivindicación 10. De acuerdo con la invención está previsto en un convertidor de circuito intermedio de la clase citada al principio que el equipo de control esté configurado tal como se ha descrito antes.

Otras ventajas y detalles resultan de la siguiente descripción de ejemplos de realización en relación con los dibujos. Se muestran en representación esquemática:

- 50
- figura 1 un convertidor de circuito intermedio,
  - figura 2 una evolución posible de la potencia,
  - figura 3 una configuración básica de un equipo de control,
  - figuras 4 y 5 variantes posibles del equipo de control de la figura 3,
  - figuras 6 y 7 configuraciones posibles de un filtro pasoalto y
  - 55 figura 8 una configuración posible de un bloque de conexión.

60 Según la figura 1 presenta un convertidor de circuito intermedio un circuito intermedio de tensión continua 1. En el circuito intermedio de tensión continua 1 está dispuesto un condensador del circuito intermedio 2. A través del condensador del circuito intermedio 2 cae una tensión real  $U$ .

65 El convertidor de circuito intermedio presenta además un convertidor de alimentación 3. A través del convertidor de alimentación 3 se alimenta desde una red de suministro 4 el circuito intermedio de tensión continua 1 con energía eléctrica. El convertidor de alimentación 3 es por lo general un convertidor controlado y presenta por lo general como elementos convertidores GTOs (= tiristores gate turn off, de desconexión por puerta) o bien, con especial preferencia, IGBTs (= Insulated Gate Bipolar Transistors, transistores bipolares de puerta aislada).

El convertidor de circuito intermedio presenta además al menos un convertidor de carga 5. A través del convertidor de carga 5 se conduce energía eléctrica a una carga útil 6 desde el circuito intermedio de tensión continua 1.

## ES 2 619 718 T3

- La carga útil 6 puede estar configurada según se necesite. En muchos casos se opera sobre la carga útil 6 periódicamente. En este caso oscila la demanda instantánea de potencia  $P^*$  de la carga útil 6 según la figura 2 como función del tiempo  $t$  con un periodo  $T$  entre un valor mínimo  $P_{min}$  y un valor máximo  $P_{max}$ . La figura 2 muestra simplemente a modo de ejemplo la evolución posible de la demanda instantánea de potencia  $P^*$ . La evolución en el tiempo de la demanda instantánea de potencia  $P^*$  y dado el caso también otras evoluciones en el tiempo, como por ejemplo una evolución de la velocidad, puede prescribirlas un usuario según necesidades.
- Para aplicaciones prácticas, el valor máximo es a menudo superior a un megavatio. El valor mínimo  $P_{min}$  se encuentra bien en la zona (positiva) baja de los kilovatios o incluso es negativo en algunos casos. Si el valor mínimo es negativo, puede tener lugar un retorno de energía eléctrica al circuito intermedio de tensión continua 1 para demandas instantáneas de potencia  $P^*$  negativas.
- Un ejemplo típico de una carga útil 6 es según la figura 1 una máquina síncrona que mueve hacia arriba y hacia abajo una troqueladora de prensa 7 según un patrón de movimiento predeterminado.
- El convertidor de circuito intermedio presenta además al menos un convertidor tampón 8. A través del convertidor tampón 8 está acoplada al circuito intermedio de tensión continua 1 una masa de inercia giratoria 9, para el intercambio de energía bidireccional.
- Por lo tanto, a través del convertidor tampón 8 se desacopla cuando sea necesario la energía eléctrica del circuito intermedio de tensión continua 1 y con ello se acelera la masa de inercia 9 o a la inversa, se frena la masa de inercia 9 y se introduce energía eléctrica en el circuito intermedio de tensión continua 1. La aceleración y el frenado de la masa de inercia 9 se realiza a contrafase respecto a la evolución en el tiempo de la demanda instantánea de potencia  $P^*$ . De esta manera puede mantenerse aproximadamente constante la potencia media tomada de la red de suministro 4.
- La masa de inercia giratoria 9 puede ser, según la representación de la figura 1, una masa de inercia autónoma, que está embridada a una máquina eléctrica. Alternativamente es posible que la masa de inercia 9 se identifique con el propio rotor de la máquina eléctrica. En particular puede estar configurada la máquina eléctrica en este caso como motor de rotor exterior.
- El convertidor de circuito intermedio presenta además un equipo de control 10. El equipo de control 10 está configurado por lo general como equipo de control programable en software. Su forma de funcionamiento viene determinada por el correspondiente programa del sistema 11. El programa del sistema 11 incluye el código de máquina, que puede funcionar controlado directamente por el equipo de control 10. El programa del sistema 11 no puede ser modificado por lo general por un usuario del convertidor de circuito intermedio. El programa del sistema 11 determina en particular la interacción entre los distintos convertidores 3, 5, 8 del convertidor de circuito intermedio.
- La figura 3 muestra la estructura interna del equipo de control 10. Según la figura 3 implementa el equipo de control 10 distintos reguladores 13 a 15, que son un primer regulador de tensión 13, un segundo regulador de tensión 14 y un regulador de la velocidad de giro 15.
- Al primer regulador de tensión 13 se llevan una primera tensión de consigna  $U^*$  y la tensión real  $U$  del circuito intermedio, es decir, la tensión  $U$  que cae a través del condensador del circuito intermedio 2. La tensión de consigna  $U^*$  puede variar con el tiempo, pero por lo general es constante. En base a la tensión de consigna  $U^*$  y a la tensión real  $U$  determina el primer regulador de tensión 13 una intensidad de consigna  $I^*$  para el convertidor de alimentación 3. El convertidor de alimentación 3 se controla en función de la intensidad de consigna  $I^*$ .
- Al regulador de velocidad de giro 15 se llevan una velocidad de giro de consigna  $\omega^*$  y una velocidad de giro real  $\omega$  de la masa de inercia 9. La velocidad de giro de consigna  $\omega^*$  puede variar en el tiempo o ser constante. En el caso de que la velocidad de giro de consigna  $\omega^*$  sea variable, varía la misma en sentido contrario a la demanda instantánea de potencia  $P^*$ . En base a la velocidad de giro de consigna  $\omega^*$  y a la velocidad de giro real  $\omega$ , determina el regulador de la velocidad de giro 15 una primera componente del par de consigna  $M1^*$  para la masa de inercia 9.
- Al segundo regulador de tensión 14 se llevan - análogamente al primer regulador de tensión 13 - la tensión de consigna  $U^*$  y la tensión real. En base a la tensión de consigna  $U^*$  y a la tensión real  $U$  determina el segundo regulador de tensión 14 una segunda componente del par de consigna  $M2^*$  para la masa de inercia 9.
- La primera y la segunda componentes del par de consigna  $M1^*$ ,  $M2^*$  se conducen a un nodo 16. Allí se suman las componentes del par de consigna  $M1^*$ ,  $M2^*$  para formar un par de consigna  $M^*$ . El convertidor tampón 8 se controla en función del par de consigna  $M^*$ , determinado en el nodo 16. La masa de inercia 9, cuyo momento de inercia está dotado en la figura 3 de la referencia  $J$ , se acelera o retarda por lo tanto con el correspondiente par real  $M$ .
- En un nodo 17 se tienen en cuenta, adicionalmente a la intensidad de consigna  $I^*$ , las influencias del par de consigna o del par real  $M^*$ ,  $M$  (con preferencia del par real  $M$ ) de la masa de inercia 9 y de la demanda momentánea de potencia  $P^*$  sobre el circuito intermedio de tensión continua 1.

## ES 2 619 718 T3

El par M de la masa de inercia 9 y la demanda instantánea de potencia  $P^*$  de la carga útil 6 deben escalarse adecuadamente antes de tenerlos en cuenta. Esto se realiza en bloques 18, 19. El correspondiente factor de escalación  $\omega/U$  y  $1/U$  respectivamente se indica en el correspondiente bloque 18, 19.

5 El primer regulador de tensión 13 está configurado según la representación de la figura 3 preferentemente como regulador PI. El mismo presenta una amplificación proporcional  $V1$  y un tiempo de acción integral  $T1$ . Puesto que el primer regulador de tensión 13 ha de reaccionar a oscilaciones de corta duración de la tensión real  $U$  (es decir, a oscilaciones dentro del periodo  $T$ ) sólo en una medida limitada, el primer regulador 13 está relativamente débilmente parametrizado. En particular puede presentar la amplificación proporcional  $V1$  un valor relativamente bajo. Además debería presentar el tiempo de acción integral  $T1$  un valor relativamente grande. En particular deberían estar determinados la amplificación proporcional  $V1$  y el tiempo de acción integral  $T1$  tal que el primer regulador de tensión 13 regule sólo en una pequeña parte un salto del valor de consigna durante un (1) período  $T$ , por ejemplo en 5 % a 20 % o como máximo 25 %.

15 El segundo regulador de tensión 14 está diseñado, según la representación de la figura 3, con preferencia como regulador P. El mismo presenta una amplificación proporcional  $V2$ . La amplificación proporcional  $V2$  del segundo regulador de tensión 14 debe ser relativamente grande, para que el segundo regulador de tensión 14 reaccione también a oscilaciones a corto plazo de la tensión real  $U$ . En particular debe estar determinada la amplificación proporcional  $V2$  tal que el segundo regulador de tensión 14 regule en una gran parte un salto del valor prescrito durante una parte del periodo  $T$  - como máximo la mitad del periodo - es decir, al menos en un 50% y mejor en al menos un 70% o más.

25 El regulador de velocidad de giro 15 está configurado igualmente como regulador PI, análogamente al primer regulador de tensión 13. El mismo presenta una amplificación proporcional  $V3$  y un tiempo de acción integral  $T3$ . Análogamente al primer regulador de tensión 13, debe estar relativamente poco parametrizado el regulador de velocidad de giro 15. En particular rigen para el regulador de velocidad de giro 15 los mismos criterios de diseño que para el primer regulador de tensión 13.

30 En una variante preferente del equipo de control 10, implementa el equipo de control 10 según la figura 4 adicionalmente un circuito piloto 20. El circuito piloto 20 presenta un filtro pasoalto 21. Al filtro pasoalto 21 se conduce la demanda momentánea de potencia  $P^*$ . En el filtro pasoalto 21 se filtra en pasoalto la demanda momentánea de potencia  $P^*$ . En base a la demanda momentánea de potencia filtrada en pasoalto, determina el circuito piloto 20 una señal piloto  $MV^*$ . En particular se escala adecuadamente la demanda instantánea de potencia filtrada en un bloque 22. El factor de escalación  $1/w$  está indicado en el bloque 22.

35 La señal piloto  $MV^*$  se conduce según la figura 4 al nodo 16 y allí se suma a la primera y segunda componentes del par de consigna  $M1^*$ ,  $M2^*$ . La señal piloto  $MV^*$  se incluye así aditivamente en el par de consigna  $M^*$ .

40 Es posible que según la representación de la figura 4, tanto el primer regulador de tensión 14 como también el circuito piloto 20, estén permanentemente activos. Alternativamente es posible que esto sólo sea así en un primer estado de funcionamiento del equipo de control 10. En este caso puede estar desactivado en un segundo estado de funcionamiento el equipo de control 10 de uno de ambos elementos citados 14, 20, es decir, bien el segundo regulador de tensión 14 o el circuito piloto 20, pero no el segundo regulador de tensión 14 y el circuito piloto 20. En cada caso el otro elemento 20, 14 está activado también en el segundo estado de funcionamiento del equipo de control 10. La posibilidad de desactivación de los elementos 14, 20 se indica en la figura 4 mediante el correspondiente interruptor 23 representado en línea discontinua. El primer estado de funcionamiento del equipo de control 10, en el que tanto el primer regulador de tensión 14 como también el circuito piloto 20 están activados, puede ser en particular el funcionamiento en curso del convertidor de circuito intermedio. El segundo estado de funcionamiento del equipo de control 10, en el que uno de los citados elementos 14, 20 está desactivado, puede ser en particular el arranque del convertidor de circuito intermedio.

55 En el caso de que exista el circuito piloto 20, es posible limitar el control piloto, según la representación de la figura 4, al control piloto del par inmediato. Alternativamente es posible según la figura 5 que el circuito piloto 20 incluya adicionalmente un integrador 24 y una etapa de retardo 25. La etapa de retardo 25 está en este caso conectada a continuación del integrador 24. En este caso se conduce la señal piloto  $MV^*$  - adicionalmente a la conexión en el nodo 16 - al integrador 24 y se integra allí. A continuación se conduce la señal de salida del integrador 24 a la etapa de retardo 25 y allí se retarda en un tiempo de retardo. La señal piloto integrada y retardada se conduce al regulador de velocidad de giro 15 como señal de entrada adicional.

60 El retardo de la etapa de retardo 25 está determinado tal que el mismo compensa el retardo que se presenta realmente, es decir, aquel espacio de tiempo que transcurre entre la conexión de la señal piloto  $MV^*$  al nodo 16 y la variación que así se provoca de la velocidad de giro real  $\omega$ .

65 El regulador de la velocidad de giro 15 puede estar parametrizado en la configuración de la figura 5, análogamente a en las configuraciones de las figuras 3 y 4. No obstante, contrariamente a las configuraciones de las figuras 3 y 4, es posible alternativamente en la configuración de la figura 5 parametrizar más fuertemente el regulador de la velocidad de giro 15. En particular es posible en la configuración de la figura 5 que la amplificación proporcional  $V3$  y el tiempo de acción integral  $T3$  del regulador de la velocidad de giro 15 estén determinados tal que el regulador de la velocidad

de giro 15 - análogamente al segundo regulador de tensión 14 - regule en una gran parte un salto del valor de consigna durante una parte del período T.

5 Para realizar el filtro pasoalto 21 de las figuras 4 y 5, puede implementar el equipo de control 10 por ejemplo una estructura tal como se describirá a continuación en relación con la figura 6.

10 Según la figura 6, se captan la potencia instantánea P y la velocidad de giro instantánea  $\omega'$  de la carga útil 6 (o bien del correspondiente accionamiento eléctrico). La velocidad de giro  $\omega'$  se escala en un bloque 26 con el momento de inercia efectivo J' de la carga útil, la potencia instantánea P en un bloque 27 con la velocidad de giro instantánea  $\omega'$ . Las magnitudes escaladas se siguen procesando a continuación.

15 El filtro pasoalto 21 presenta un integrador 28 y un formador del valor medio 29. Delante del integrador 28, detrás del formador del valor medio 29 y entre el integrador 28 y el formador del valor medio 29, se encuentran respectivos nodos 30 a 32.

20 Al nodo 30 de delante del integrador 28, se conducen la potencia instantánea escalada y (con signo negativo) la señal de salida del formador del valor medio 29. Al nodo 32 entre el integrador 28 y el formador del valor medio 29 se llevan por un lado la señal de salida del integrador 28 y por otro (con signo negativo) la velocidad de giro escalada  $\omega'$ . Al nodo 31 detrás del formador de valor medio 29 se llevan la potencia instantánea escalada y (con signo negativo) la señal de salida del formador del valor medio 29. La señal que resulta en el nodo 31 se escala en un bloque 33 con la velocidad de giro instantánea  $\omega'$  de la carga útil 6.

25 El formador del valor medio 29 promedia la señal de entrada que le llega con una constante de tiempo K1. La constante de tiempo K1 puede elegirse libremente. Mediante la misma se ajusta el comportamiento en cuanto a frecuencia del filtro pasoalto 21. Con preferencia la constante de tiempo K1 es mayor que el período T. En particular puede encontrarse la relación entre ambas magnitudes K1, T entre dos y diez.

30 En la configuración de la figura 6 se filtra en pasoalto el par de la carga útil. Es más ventajoso incluir según la figura 7 directamente la potencia útil. En la figura 7 se evalúa en lugar de la velocidad de giro  $\omega'$  de la carga útil 6, la aceleración de giro  $\alpha'$  de la carga útil 6. Por lo demás, la estructura del filtro pasoalto 21 puede verse en la figura 7. Las referencias y magnitudes utilizadas se corresponden con las de la figura 6.

35 Para realizar el integrador 24 además de la etapa de retardo 25 de la figura 5, conectada a continuación, puede implementar el equipo de control 10 por ejemplo una estructura tal como la que se describirá a continuación más en detalle en relación con la figura 8.

40 Según la figura 8 está conectado contrapuesto en paralelo al integrador 24 un formador del valor medio 34. Además está supraordinado al integrador 24 un nodo 35. Al nodo 35 se llevan la señal piloto MV\* y (con signo negativo) la señal de salida del formador del valor medio 34. La señal de salida del integrador 24 se lleva por un lado al regulador de la velocidad de giro 15 como señal de entrada adicional y por otro lado al formador del valor medio 34 como su señal de entrada.

45 El formador del valor medio 34 corresponde a una realización de la etapa de retardo 25 de la figura 5. El mismo promedia la señal de entrada que le llega con una constante de tiempo K2. La constante de tiempo K2 puede elegirse libremente. Mediante la misma se ajusta el retardo de la etapa de retardo 25.

La presente invención presenta diversas ventajas. En particular la misma es fácil de implementar, funciona con fiabilidad y aporta resultados excelentes.

50 La anterior descripción sirve exclusivamente para explicar la presente invención. Por el contrario, el alcance de protección de la presente invención debe quedar determinado exclusivamente por las reivindicaciones adjuntas.

## REIVINDICACIONES

1. Equipo de control para un convertidor de circuito intermedio,
- 5       – en el que el convertidor de circuito intermedio presenta un circuito intermedio de tensión continua (1), en el que está dispuesto un condensador del circuito intermedio (2),
- en el que el convertidor de circuito intermedio presenta al menos un convertidor de alimentación (3), mediante el que se alimenta con energía eléctrica el circuito intermedio de tensión continua (1) desde una red de suministro (4),
- 10       – en el que el convertidor de circuito intermedio presenta al menos un convertidor de carga (5), mediante el cual se aporta a una carga útil (6) energía eléctrica desde el circuito intermedio de tensión continua (1),
- en el que el convertidor de circuito intermedio presenta al menos un convertidor tampón (8), a través del cual está acoplada una masa de inercia (9) giratoria al circuito intermedio de tensión continua (1), para el intercambio bidireccional de energía,
- 15       – en el que el equipo de control controla el convertidor de alimentación (3), el convertidor de carga (5) y el convertidor tampón (8),
- caracterizado porque**
- el equipo de control implementa un primer regulador de tensión (13), en el que en base a una tensión de consigna ( $U^*$ ) y a una tensión real ( $U$ ) que cae a través del condensador del circuito intermedio (2), se determina una intensidad de consigna ( $I^*$ ) para el convertidor de alimentación (3) y mediante el que se controla correspondientemente el convertidor de alimentación (3),
- 20       – el equipo de control implementa un regulador de velocidad de giro (15), en el que en base a una velocidad de giro de consigna ( $\omega^*$ ) y a una velocidad de giro real ( $\omega$ ) de la masa de inercia (9), se determina una primera componente del par de consigna ( $M1^*$ ) para la masa de inercia (9),
- 25       – el equipo de control implementa un segundo regulador de tensión (14), en el que en base a la tensión de consigna ( $U^*$ ) y a la tensión real ( $U$ ), se determina una segunda componente del par de consigna ( $M2^*$ ) para la masa de inercia,
- la primera y la segunda componentes del par de consigna ( $M1^*$ ,  $M2^*$ ) se suman para formar un par de consigna ( $M^*$ ) y se controla correspondientemente el convertidor tampón (8).
- 30    2. Equipo de control de acuerdo con la reivindicación 1,
- caracterizado porque**
- la demanda instantánea de potencia ( $P^*$ ) oscila con un periodo ( $T$ ) entre un valor mínimo ( $P_{min}$ ) y un valor máximo ( $P_{max}$ ),
- 35       – el primer regulador de tensión (13) está realizado como regulador PI, que presenta una amplificación proporcional ( $V1$ ) y un tiempo de acción integral ( $T1$ ),
- la amplificación proporcional ( $V1$ ) y el tiempo de acción integral ( $T1$ ) del primer regulador de tensión (13) están determinados tal que el primer regulador de tensión (13) regula sólo en una pequeña parte un salto del valor de consigna durante un periodo ( $T$ ).
- 40    3. Equipo de control de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2,
- caracterizado porque** el segundo regulador de tensión (14) está configurado como regulador P y porque una amplificación proporcional ( $V2$ ) del segundo regulador de tensión (14) está determinada tal que el segundo regulador de tensión (14) regula en una gran parte un salto el valor de consigna durante una parte de un periodo ( $T$ ).
- 45    4. Equipo de control de acuerdo con la reivindicación 1, 2 ó 3,
- caracterizado porque**
- el equipo de control implementa adicionalmente un circuito piloto (20),
- 50       – se lleva al circuito piloto (20) la demanda instantánea de potencia ( $P^*$ ),
- el circuito piloto (20) filtra en pasoalto la demanda instantánea de potencia ( $P^*$ ) y
- el circuito piloto (20), en base a la demanda instantánea de potencia filtrada en pasoalto, determina una señal piloto ( $MV^*$ ) que se introduce aditivamente en el par de consigna ( $M^*$ ) adicionalmente a la primera y segunda componentes del par de consigna ( $M1^*$ ,  $M2^*$ ).
- 55    5. Equipo de control de acuerdo con la reivindicación 4,
- caracterizado porque** el equipo de control está realizado tal que en un primer estado de funcionamiento del equipo de control están activados tanto el segundo regulador de tensión (14) como también el circuito piloto (20) y en un segundo estado de funcionamiento del equipo de control alternativamente está activado el segundo regulador de tensión (14) y está desactivado el circuito piloto (20) o bien está desactivado el segundo regulador de tensión (14) y está activado el circuito piloto (20).
- 60    6. Equipo de control de acuerdo con la reivindicación 5,
- caracterizado porque** el primer estado de funcionamiento del equipo de control es el funcionamiento en curso del convertidor de circuito intermedio y el segundo estado de funcionamiento del equipo de control el arranque del convertidor de circuito intermedio.
- 65    7. Equipo de control de acuerdo con la reivindicación 4, 5 ó 6,
- caracterizado porque**

- el circuito piloto (20) incluye adicionalmente un integrador (24) y una etapa de retardo (25) conectada a continuación del integrador (24),
  - la señal piloto (MV\*) se conduce al integrador (24) y
  - la señal piloto integrada y retardada se lleva al regulador de velocidad de giro (15) como señal de entrada adicional.
- 5
8. Equipo de control de acuerdo con la reivindicación 7,  
**caracterizado porque**
- la demanda instantánea de potencia ( $P^*$ ) oscila con un periodo (T) entre un valor mínimo ( $P_{min}$ ) y un valor máximo ( $P_{max}$ ),
  - el regulador de velocidad de giro (15) está realizado como regulador PI, que presenta una amplificación proporcional (V3) y el tiempo de acción integral (T3) y
  - la amplificación proporcional (V3) y el tiempo de acción integral (T3) del regulador de velocidad de giro (15) están determinados tal que el regulador de velocidad de giro (15) regula en una gran parte un salto del valor de consigna durante un periodo (T).
- 10
- 15
9. Equipo de control de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 7,  
**caracterizado porque**
- la demanda instantánea de potencia ( $P^*$ ) oscila con un periodo (T) entre un valor mínimo ( $P_{min}$ ) y un valor máximo ( $P_{max}$ ),
  - el regulador de velocidad de giro (15) está realizado como regulador PI, que presenta una amplificación proporcional (V3) y el tiempo de acción integral (T3) y
  - la amplificación proporcional (V3) y el tiempo de acción integral (T3) del regulador de velocidad de giro (15) están determinados tal que el regulador de velocidad de giro (15) regula sólo en una pequeña parte un salto del valor de consigna durante un periodo (T).
- 20
- 25
10. Convertidor de circuito intermedio,
- tal que el convertidor de circuito intermedio presenta un circuito intermedio de tensión continua (1), en el que está dispuesto un condensador del circuito intermedio (2),
  - tal que el convertidor de circuito intermedio presenta al menos un convertidor de alimentación (3), mediante el que se alimenta con energía eléctrica el circuito intermedio de tensión continua (1) desde una red de suministro (4),
  - tal que el convertidor de circuito intermedio presenta al menos un convertidor de carga (5), mediante el cual se aporta a una carga útil (6) energía eléctrica desde el circuito intermedio de tensión continua (1),
  - en el que el convertidor de circuito intermedio presenta al menos un convertidor tampón (8), a través del cual está acoplada una masa de inercia (9) giratoria al circuito intermedio de tensión continua (1), para el intercambio bidireccional de energía,
  - en el que el convertidor de circuito intermedio presenta un equipo de control (10), que controla el convertidor de alimentación (3), el convertidor de carga (5) y el convertidor tampón (8),
  - en el que el equipo de control (10) está configurado de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores.
- 30
- 35
- 40

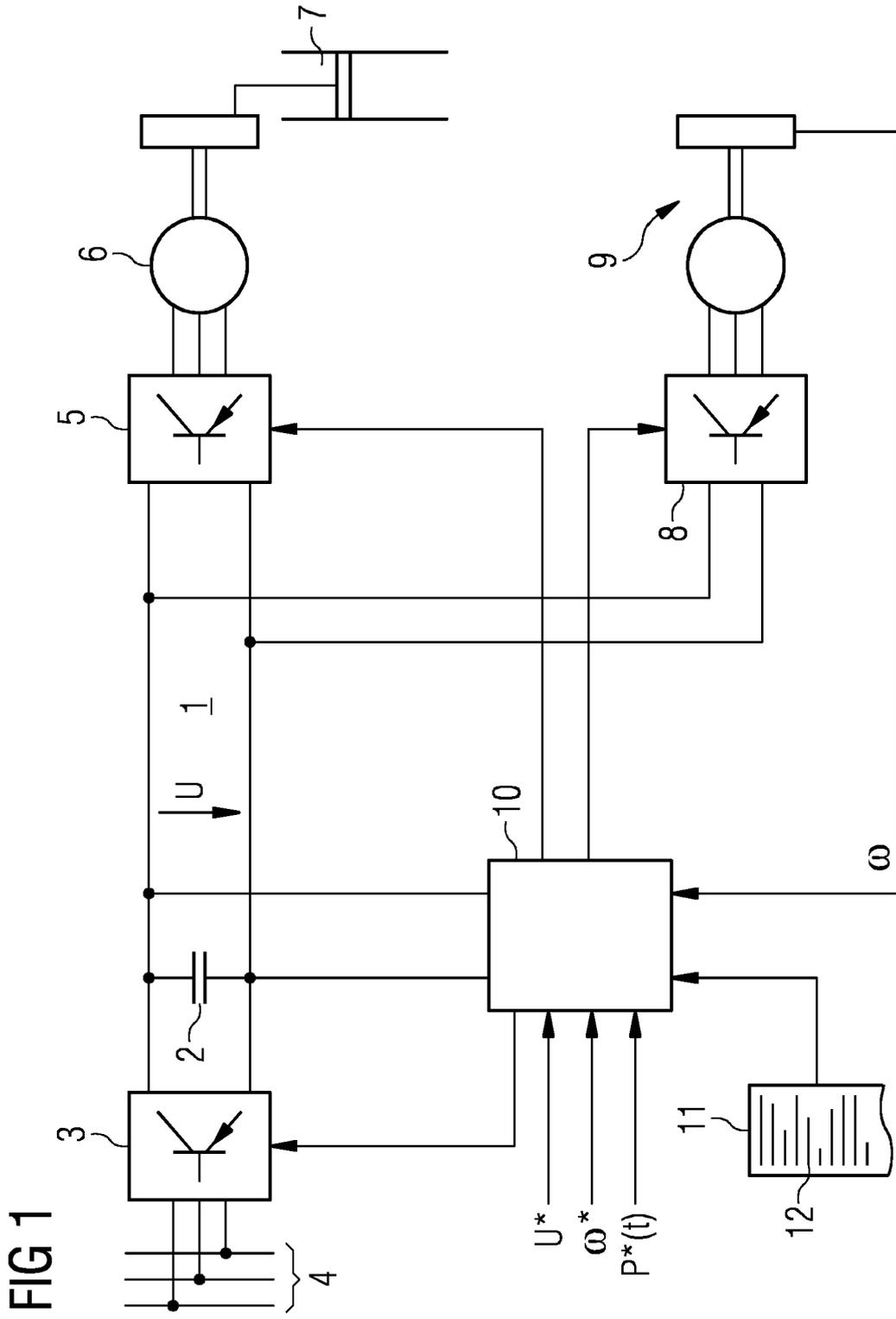


FIG 2

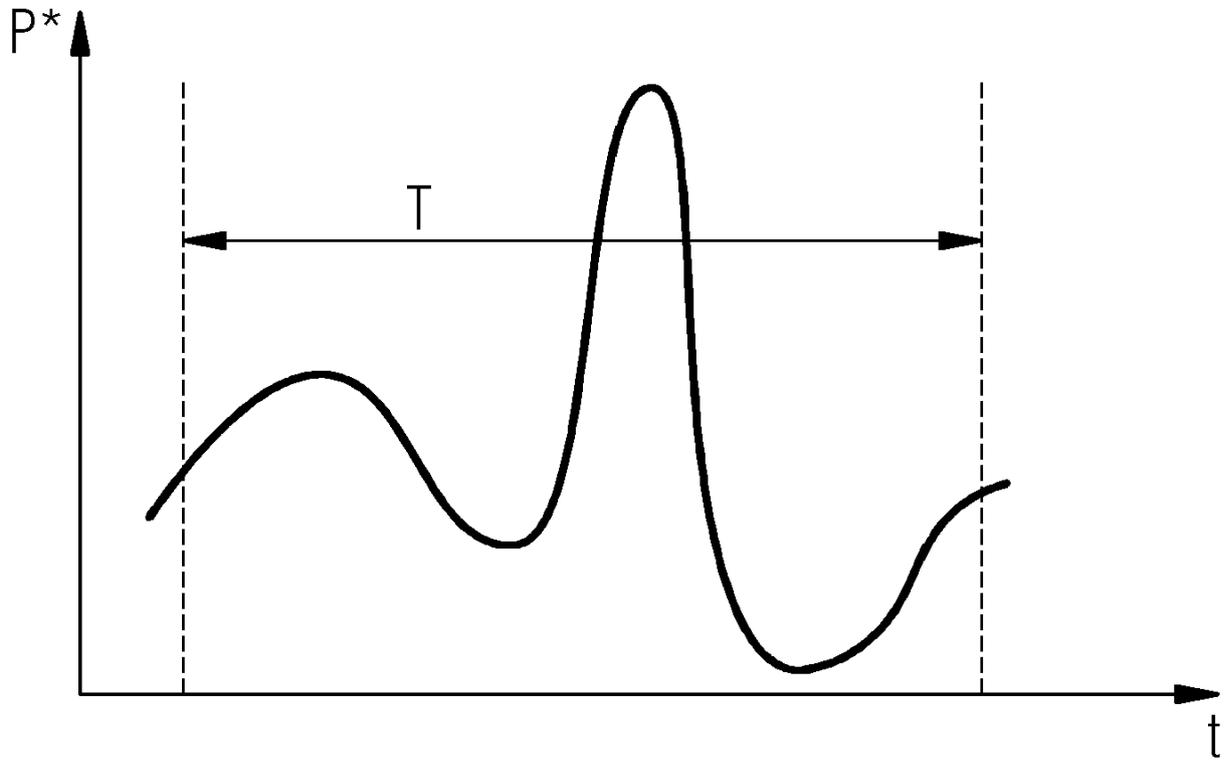


FIG 3

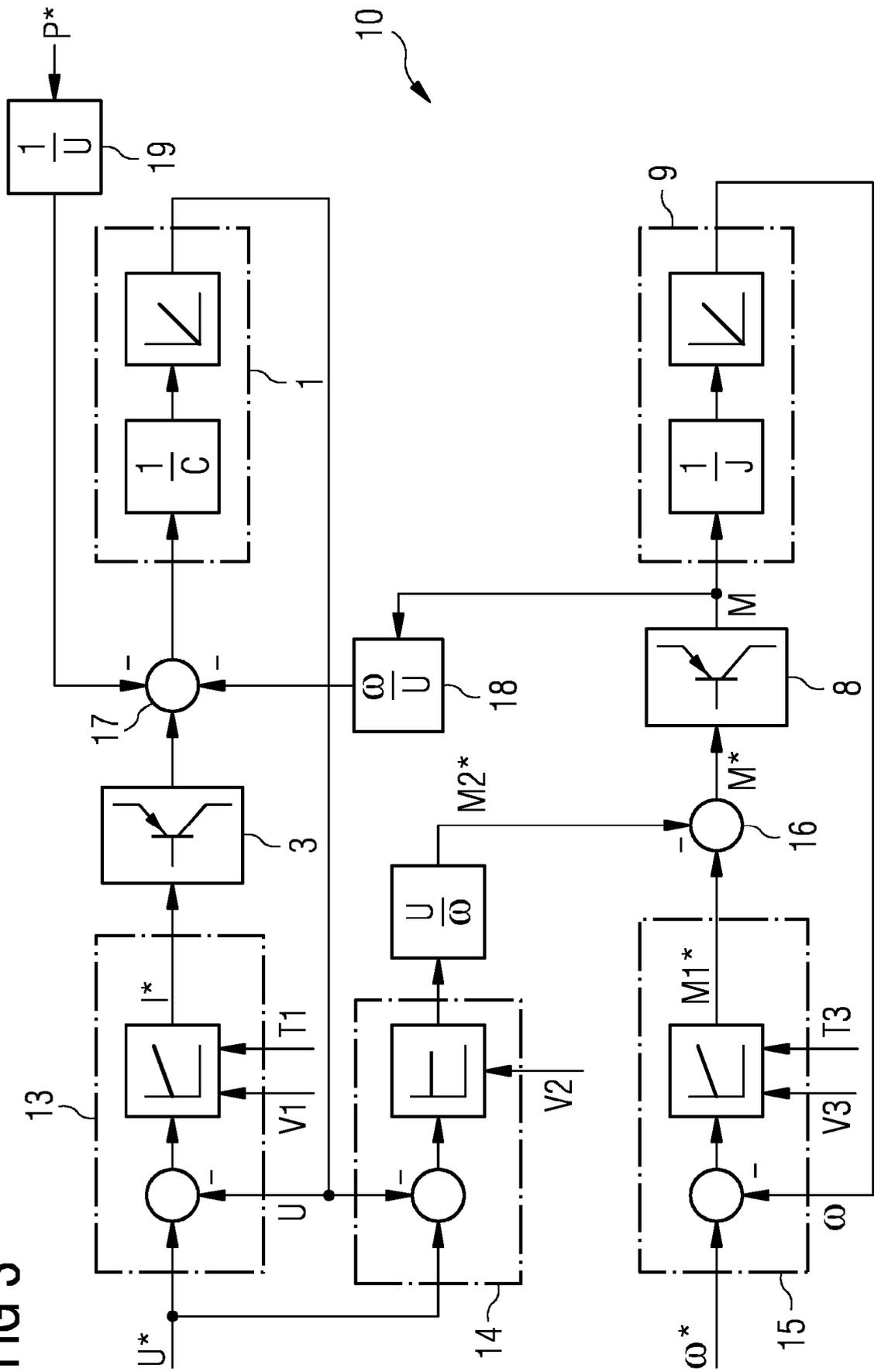


FIG 4

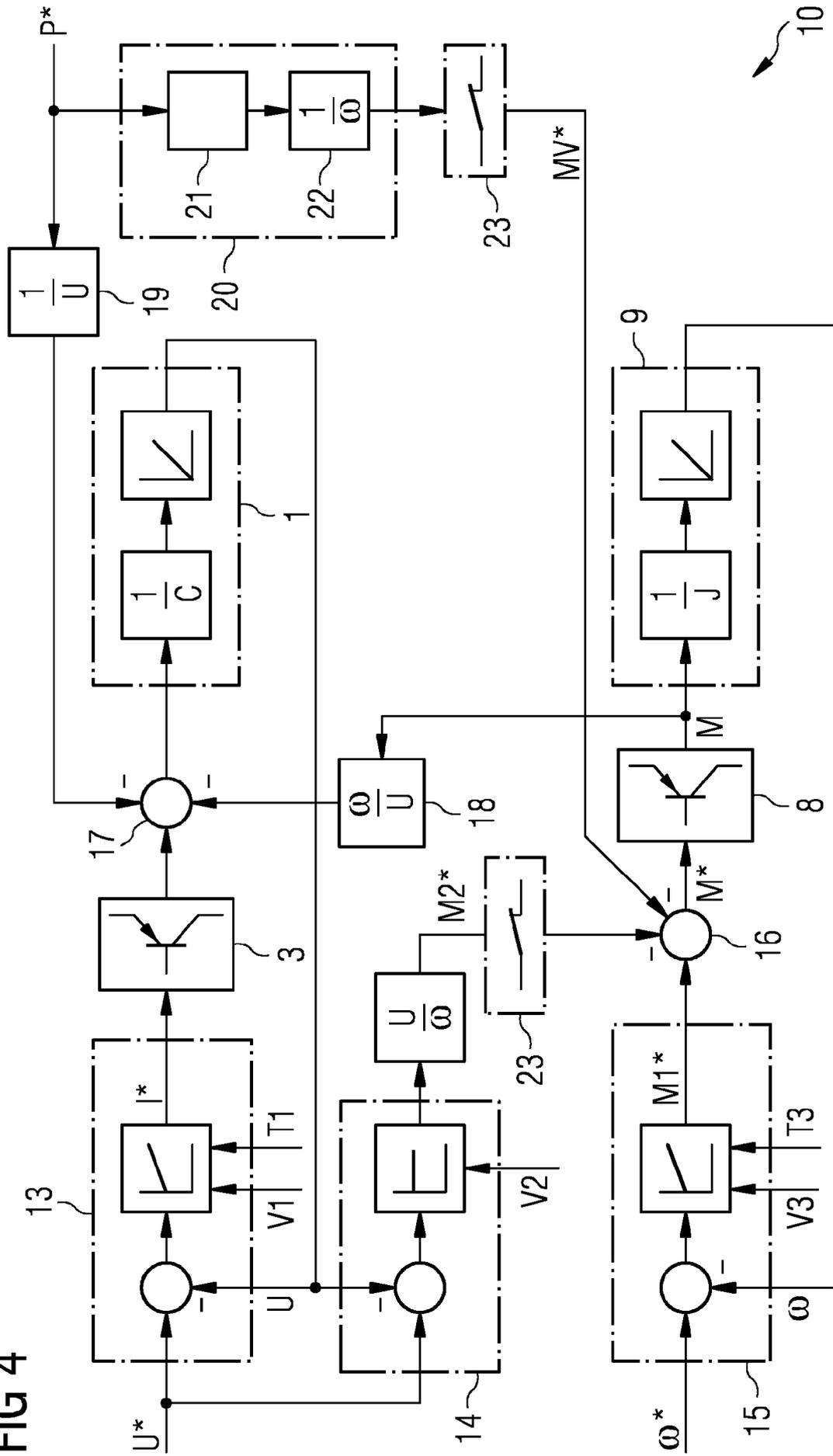


FIG 5

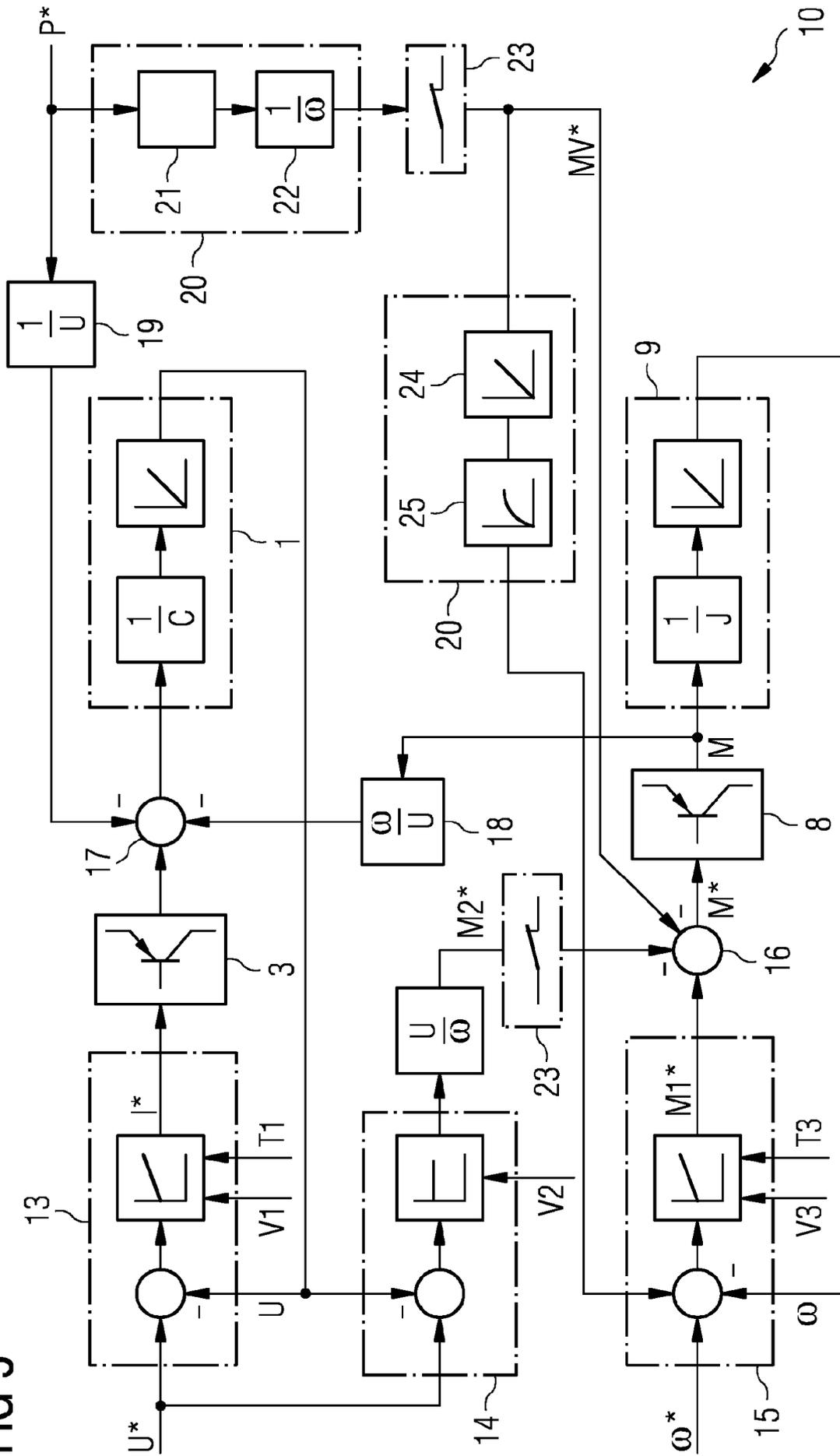


FIG 6

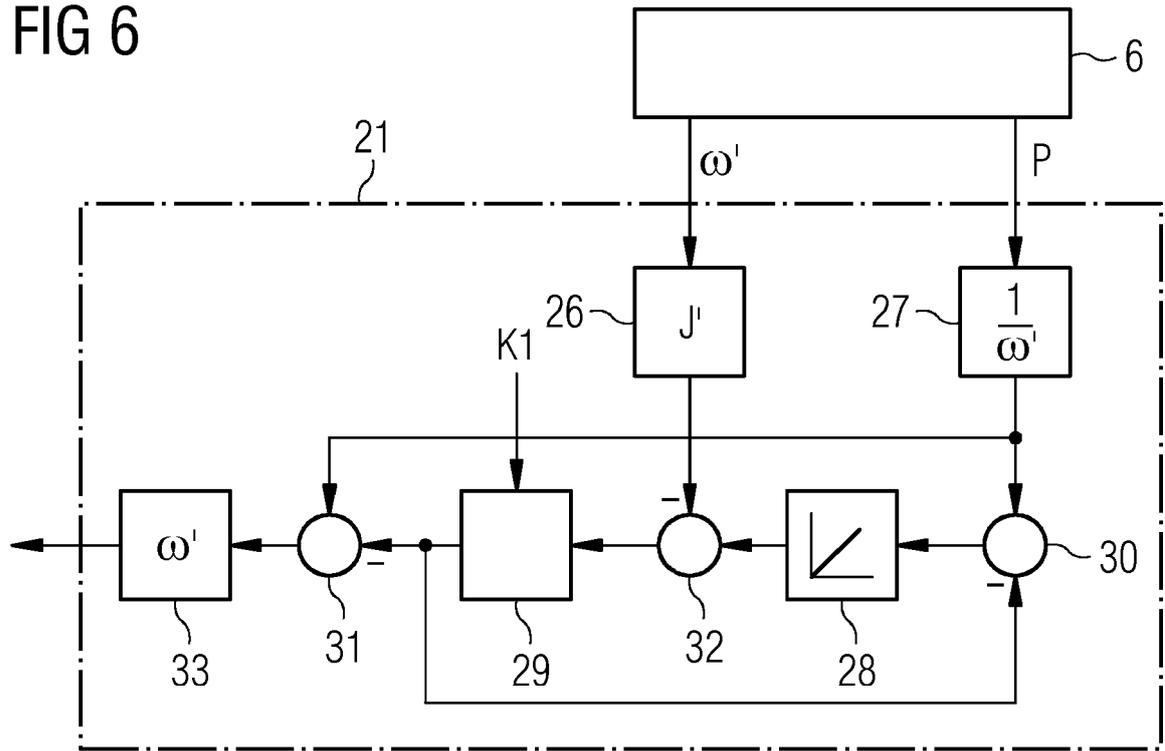


FIG 7

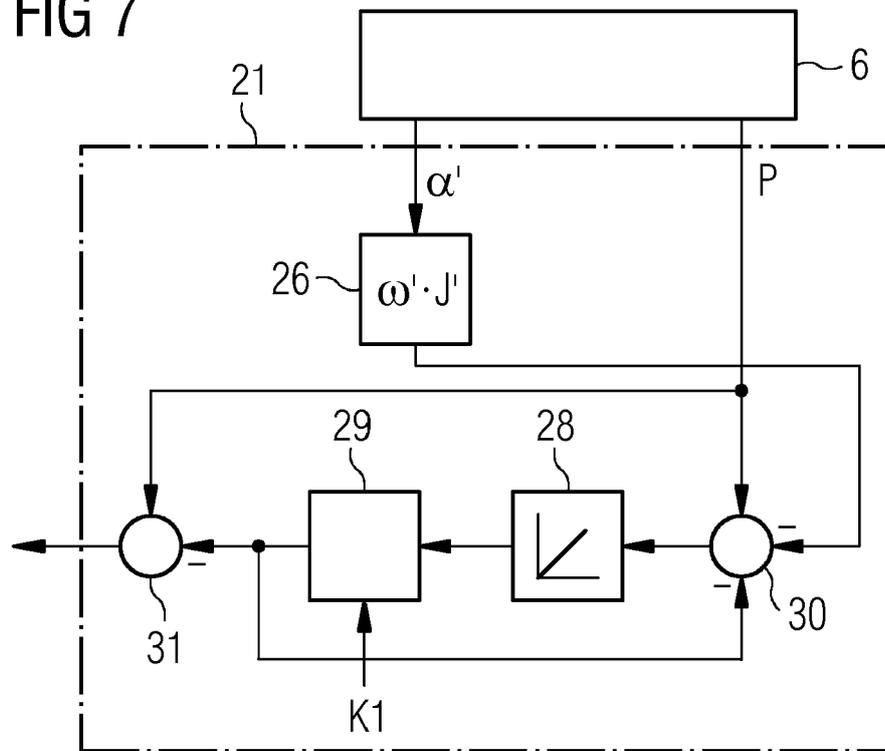


FIG 8

