



República Federativa do Brasil
Ministério da Indústria, Comércio Exterior
e Serviços
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) PI 0613826-8 B1

(22) Data do Depósito: 03/07/2006

(45) Data de Concessão: 14/02/2018



(54) Título: APARELHO DE ASSISTÊNCIA DE DIREÇÃO PARA VEÍCULOS

(51) Int.CI.: B62D 6/00; B62D 5/04

(30) Prioridade Unionista: 08/07/2005 JP 2005-200520

(73) Titular(es): TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA

(72) Inventor(es): MASAHARU YAMASHITA; SHUJI FUJITA

"APARELHO DE ASSISTÊNCIA DE DIREÇÃO PARA VEÍCULOS"

Campo da Invenção

[0001] A presente invenção se relaciona a um aparelho de assistência de direção que usa uma força de assistência gerada por um motor elétrico para esterçar rodas, quando o motorista vira o volante de direção.

Histórico da Invenção

[0002] Como na técnica anterior e mostrado na Publicação de Patente Japonesa (kokoku) No H6-4417, um aparelho de assistência de direção é conhecido como sendo configurado para impedir uma desnecessária atuação e controle de motor elétrico, e de o torque de assistência gerado pelo motor elétrico ser reduzido ou a geração do torque de assistência ser interrompida, reduzindo a voltagem de controle aplicada ao motor elétrico, quando a cremalheira se aproxima de seu fim de curso.

Sumário da Invenção

[0003] No entanto, em um estado onde as rodas são esterçadas em um grande ângulo, sendo requerido um grande torque de esterçamento para esterçá-las. Portanto, se um torque de assistência gerado pelo motor elétrico é reduzido, ou geração de torque quando a cremalheira se aproxima do fim de curso, como na técnica convencional acima descrita, o motorista percebe uma sensação estranha na operação de esterçar o volante, de um modo que a sensação de esterçamento se deteriora.

[0004] A presente invenção resolve o problema de deterioração na sensação de esterçamento e o problema de geração de um ruído anormal na porção de mecanismo de direção a partir do volante e rodas.

[0005] Em geral, em uma situação onde as rodas são esterçadas em grande extensão, uma vez que a força de assistência de esterçamento é grande, um motor elétrico produz um torque grande. Ademais, a taxa de mudança de corrente que flui através do motor elétrico é grande, a variação de torque produzido pelo motor elétrico é grande. Por conseguinte, é provável de ser gerado um ruído anormal no mecanismo de direção em virtude da diferença entre a resposta do torque produzido pelo motor elétrico e a resposta de operação do mecanismo de direção. Mais especificamente, em uma situação onde o controle do motor elétrico é ajustado de acordo com as características do mecanismo de direção, em uma faixa de ângulo de esterçamento comum, nenhum ruído anormal é gerado no mecanismo de direção, em um estado onde a resposta de controle do motor elétrico se torna elevada, quando o ângulo de esterçamento se torna grande, ocorrendo uma sobrecompensação em operação do mecanismo de direção para uma grande variação de torque de saída do motor elétrico, sendo gerado um ruído anormal. Entrementes, em uma situação onde o controle do motor elétrico é ajustado de acordo com as características do mecanismo de direção, de modo que, em uma faixa de ângulo de esterçamento ordinário, nenhum ruído anormal seja gerado no mecanismo de direção, em um estado onde a resposta de controle do motor elétrico se torna baixa. Quando o ângulo de esterçamento se torna grande, um atraso notável ocorre em resposta ao torque produzido pelo motor elétrico em relação à operação do mecanismo de direção. Também aqui é gerada uma grande quantidade de ruídos anormais.

[0006] A presente invenção foi realizada com propósito de

resolver o problema acima, e um de seus objetivos é prover um aparelho de assistência de direção que elimine a geração de ruídos anormais por um mecanismo de direção, sem prejudicar a sensação de esterçamento.

[0007] Para realizar o objetivo, a presente invenção provê um aparelho de assistência de direção para veículos que inclui um motor elétrico que aplica uma força de assistência para esterçar as rodas através da rotação de um volante de direção, onde se provê um controle de realimentação, enquanto uma quantidade de controle efetivo é usada como realimentação, de modo que o motor elétrico atue de acordo com uma quantidade de controle alvo, o aparelho de assistência de direção se caracteriza pelo fato de compreender um meio de detecção para detectar o ângulo de esterçamento das rodas, e um meio de mudança de ganho de realimentação usado para controlar a realimentação, de acordo com o ângulo de esterçamento detectado. Neste caso, o ganho de realimentação pode ser um ganho de controle com respeito a pelo menos um dentre um termo proporcional ou termo integral associado ao controle de realimentação.

[0008] O meio de mudança de ganho pode ser configurado de modo que, quando o ângulo de esterçamento detectado for grande, o ganho de realimentação de novo mude para um valor menor em relação a uma situação na qual o ângulo de esterçamento detectado é pequeno, assim reduzindo os ruídos anormais gerados devido à elevada resposta do controle de realimentação. Alternativamente, o meio de mudança de ganho pode ser configurado, de modo que, quando o ângulo de esterçamento detectado for grande, o ganho de realimentação novamente muda para um valor maior em relação a uma situação

na qual o ângulo de esterçamento detectado é pequeno, assim reduzindo o ruído anormal gerado pela resposta baixa do controle de realimentação.

[0009] A quantidade de controle alvo para o motor elétrico pode ser um valor de corrente alvo, ou seja, uma corrente alvo suprida ao motor elétrico. Neste caso, a quantidade efetiva de controle para o motor elétrico é um valor efetivo de corrente, que representa a corrente que flui através do motor elétrico, que é detectada por um sensor de corrente. Preferivelmente, o aparelho de assistência de direção para veículos adicionalmente compreende: um meio de detecção de torque para detectar o torque de esterçamento aplicado ao volante; um meio de detecção de velocidade para detectar a velocidade do veículo; e um meio de determinação para determinar a quantidade de controle alvo do motor elétrico, de acordo com o torque de esterçamento e com a velocidade do veículo detectados, sendo que a quantidade de controle alvo do motor elétrico é determinada pelo torque de esterçamento e pela velocidade do veículo.

[0010] De acordo com o componente da invenção, o meio de mudança de ganho novamente muda o ganho de realimentação usado no controle de realimentação de acordo com o ângulo de esterçamento. Especificamente, o meio de mudança de ganho muda o ganho de realimentação, de modo que quando o ângulo de esterçamento do volante de direção for grande, o ganho de realimentação muda para um menor valor, em relação a uma situação na qual o ângulo de esterçamento é pequeno, daí reduzindo um ruído anormal gerado devido à elevada resposta do controle de realimentação. Alternativamente, o meio de mudança de ganho muda o ganho de realimentação, de modo que,

quando o ângulo de esterçamento do volante for grande, o ganho de realimentação muda para um valor maior em relação à situação na qual o ângulo de esterçamento é pequeno, para desta forma reduzir o ruído anormal gerado devido à baixa resposta do controle de realimentação. Em virtude da mudança do ganho de realimentação, uma quantidade de controle usada para prover a quantidade efetiva de controle do motor elétrico se aproxima da quantidade de controle alvo muda sem mudar a quantidade de controle alvo, através do que a taxa de mudança do motor elétrico a partir do estado corrente para um estado que corresponde à quantidade de controle alvo que é controlada para diminuir ou aumentar quando o ângulo de esterçamento se torna grande e o torque produzido pelo motor elétrico se torna grande.

[0011] Em conseqüência, mesmo quando o ângulo de esterçamento se torna grande, a quantidade de controle para o motor elétrico requerida para um estado onde o ângulo de esterçamento é grande, é garantida, assim, evitando que a sensação de esterçamento deteriore. Ademais, em conseqüência do controle de mudança do ganho de realimentação de acordo com o ângulo de esterçamento, a geração de ruído anormal devido à diferença entre a resposta do torque produzido pelo motor elétrico e a resposta do mecanismo de direção pode ser evitada. Especificamente, em um caso onde o controle do motor elétrico é ajustado de acordo com as características do mecanismo de direção de modo que dentro de uma faixa de ângulo de esterçamento ordinário, nenhum ruído anormal é gerado no mecanismo de direção em um estado no qual a resposta de controle do motor elétrico se torna alta, quando o ângulo de esterçamento aumenta, a

quantidade de controle realimentada para o motor é controlada de modo a diminuir, e o torque do motor elétrico se torna difícil de mudar, de modo a suprimir a geração de ruído anormal devido à sobre-compensação do mecanismo de direção. Entrementes, em um caso onde o controle do motor elétrico é ajustado de acordo com as características do mecanismo de direção, de modo que, em uma faixa de ângulo de esterçamento ordinário, nenhum ruído anormal é gerado no mecanismo de direção em um estado, onde a resposta de controle do motor elétrico se torna baixa, quando o ângulo de esterçamento aumenta, a quantidade de controle realimentada para o motor elétrico é controlada para aumentar, e o torque produzido pelo motor elétrico fica fácil de mudar, de modo que nenhum atraso de resposta seja produzido no torque de saída do motor elétrico em relação à operação do mecanismo de direção, suprimindo a geração de ruído anormal.

[0012] Um segundo aspecto da presente invenção reside no fato de o meio de mudança de ganho mudar o ganho de realimentação de um primeiro ganho de realimentação para um segundo ganho de realimentação, quando o ângulo de esterçamento detectado pelo meio de detecção de ângulo de esterçamento se tornar maior que um pré-determinado ângulo de esterçamento, e adicionalmente provê-se um meio de detecção de velocidade de esterçamento para detectar a velocidade de esterçamento do volante de direção; e um meio de controle de mudança de ganho para permitir o meio de mudança de ganho mudar o ganho de realimentação quando a velocidade de esterçamento detectada pelo meio de detecção de velocidade de detecção for mais baixo que uma pré-determinada velocidade de esterçamento, e proibir que o meio de mudança de ganho mude o

ganho de realimentação quando a velocidade de esterçamento detectada for igual ou maior que uma pré-determinada velocidade de esterçamento.

[0013] Quando o motorista vira o volante de direção abruptamente, em uma situação onde o ângulo de esterçamento é grande, um aumento abrupto de voltagem (corrente) será requerido em alguns casos. Se o ganho de realimentação mudar neste estado, a resposta de controle do motor elétrico muda abruptamente e excessivamente e um ruído anormal pode ser gerado e ocorrer uma falha no mecanismo de direção. No entanto, de acordo com um segundo aspecto da presente invenção, mudanças abruptas na corrente suprida ao motor elétrico devem ser suprimidas, e a geração de um ruído anormal e uma falha no mecanismo de direção associada a mudanças abruptas na resposta de controle do motor elétrico podem ser impedidas.

[0014] Um terceiro aspecto da presente invenção reside no fato de histerese ser transmitida ao controle de mudança de ganho de realimentação pelo meio de mudança de ganho e pelo meio de controle de mudança de ganho de acordo com as mudanças no ângulo de esterçamento detectadas pelo meio de detecção de velocidade de esterçamento. Em virtude desta configuração, a frequência de mudanças de ganho de realimentação para mudanças no ângulo de esterçamento e na velocidade de esterçamento pode ser reduzida. Em consequência, mudanças freqüentes de ganho de realimentação, i.e., mudanças freqüentes na corrente suprida ao motor elétrico, são mitigadas, suprimindo mais efetivamente a geração de ruído anormal no mecanismo de direção.

[0015] Um quarto aspecto da presente invenção reside no fato de o meio de mudança de ganho mudar o ganho de realimentação de um primeiro ganho para um segundo ganho de realimentação, quando o ângulo de esterçamento detectado pelo meio de detecção de ângulo de esterçamento for maior que um pré-determinado ângulo de esterçamento. O valor de corrente alvo diminui à medida que a velocidade do veículo aumenta; e adicionalmente sendo provido um meio de controle de mudança de ganho para permitir que o meio de mudança de ganho mude o ganho de realimentação quando a corrente que flui através do motor elétrico for maior que uma pré-determinada corrente e proibir que o meio de mudança de ganho mude o ganho de realimentação quando a corrente que flui através do motor elétrico for igual ou menor que a pré-determinada corrente. Neste caso, o valor de corrente alvo, ou o valor de corrente efetivo, pode ser usado para a corrente que flui através do motor.

[0016] Mesmo quando o ângulo de esterçamento do volante de direção é grande, se a corrente que flui através do motor elétrico for pequena, o ganho de realimentação não muda. Em outras palavras, mesmo quando o ângulo de esterçamento do volante de direção for grande, se o veículo estiver em alta velocidade, o ganho de realimentação não é alterado. Em consequência, mesmo quando o ganho de realimentação for estabelecido para impedir uma geração de ruído anormal a partir do mecanismo de direção quando o veículo estiver parado ou em velocidade muito baixas e com o volante de direção em uma condição muito esterçada, e o ganho de realimentação não muda nos períodos em que o veículo estiver desenvolvendo alta velocidade, o que impede uma deterioração

da sensação de esterçamento.

[0017] Um quinto aspecto da presente invenção reside no fato de histerese ser transmitida ao controle de mudança de ganho de realimentação realizado pelo meio de mudança de ganho e pelo meio de controle de mudança de ganho com mudança no ângulo de esterçamento detectada pelo meio de detecção de ângulo de esterçamento e pela corrente que flui através do motor elétrico. Em virtude desta configuração, pode ser reduzida a frequência de alterações do ganho de realimentação para mudanças no ângulo de esterçamento e na corrente que flui através do motor elétrico. Assim, mudanças freqüentes do ganho de realimentação, ou seja mudanças freqüentes da corrente suprida ao motor elétrico são mitigadas, suprimindo mais efetivamente a geração de ruído anormal no mecanismo de direção.

[0018] Um sexto aspecto da presente invenção reside no fato de o meio de mudança de ganho mudar o ganho de realimentação de um primeiro ganho de realimentação para um segundo ganho de realimentação, quando o ângulo de esterçamento detectado pelo meio de detecção se tornar maior que o pré-determinado ângulo de esterçamento; e sendo provido um meio de detecção de taxa de mudança de corrente para detectar, como uma taxa de mudança de corrente, a razão de uma taxa de mudança para a corrente que flui através do motor elétrico para uma taxa de mudança do torque de esterçamento detectado pelo meio de detecção de torque de esterçamento; e um meio de controle de mudança de ganho para permitir que o meio de mudança de ganho mude o ganho de realimentação quando a taxa de mudança de corrente detectada pelo meio de detecção de taxa de mudança de corrente for maior que uma pré-

determinada taxa de mudança, e proibir que o meio de mudança de ganho mude o ganho de realimentação quando a taxa de mudança de corrente detectada for igual ou menor que a pré-determinada taxa de mudança. Neste caso, o valor de corrente alvo, ou o valor de corrente efetiva, pode ser usado para a corrente que flui através do motor.

[0019] A taxa de mudança de corrente representa a magnitude da mudança no torque gerado pelo motor elétrico para um torque de assistência requerido; i.e., um estado onde é provável que um ruído anormal seja gerado, por um aumento em seu valor. A taxa de mudança de corrente sendo pequena, uma alteração do ganho de realimentação pelo meio de mudança de ganho é proibida, e quando a taxa de mudança de corrente se torna grande, uma mudança do ganho de realimentação pelo meio de mudança de ganho é permitida. Assim, o ganho de realimentação é mais provável de mudar em um estado onde é provável a geração de um ruído anormal, daí simultaneamente provendo uma redução de ruído anormal e boa sensação de esterçamento.

[0020] Um sétimo aspecto da presente invenção reside no fato de a histerese ser transmitida ao controle de mudança de ganho de realimentação realizada pelo meio de mudança de ganho e pelo meio de controle de mudança de ganho de acordo com as mudanças no ângulo de esterçamento detectadas pelo meio de detecção de ângulo de esterçamento e pela taxa de mudança de corrente detectada pelo meio de cálculo de taxa de mudança de corrente. Em virtude desta configuração, a frequência das alterações do ganho de realimentação para mudanças no ângulo de esterçamento e na taxa de mudança de corrente pode ser reduzida. Em conseqüência, mudanças

freqüentes de ganho de realimentação, ou seja mudanças freqüentes da corrente suprida ao motor, são mitigadas, suprimindo mais efetivamente um ruído anormal no mecanismo de direção.

[0021] Um oitavo aspecto da presente invenção reside no fato de o meio de mudança de ganho mudar o ganho de realimentação a partir de um primeiro ganho de realimentação para um segundo ganho de realimentação, onde o ângulo de esterçamento detectado pelo meio de detecção de ângulo de esterçamento se torna maior que um pré-determinado ângulo de esterçamento; e sendo provido um meio de controle de mudança de ganho para permitir que o meio de mudança de ganho mude o ganho de realimentação, quando a velocidade do veículo detectada pelo meio de detecção de velocidade for mais baixo que uma pré-determinada velocidade, e proibir que o meio de mudança de ganho mude o ganho de realimentação, quando a velocidade do veículo for igual ou maior que a pré-determinada velocidade.

[0022] Em virtude desta configuração, mesmo quando o ângulo de esterçamento do volante for grande, se a velocidade de veículo for alta, o ganho de realimentação não será alterado. Em conseqüência, mesmo quando o ganho de realimentação for dado de modo a evitar uma geração de ruído anormal a partir do mecanismo de direção durante períodos nos quais o veículo está parado ou se move em velocidade muito baixa, e o volante é esterçado em grande extensão, o ganho de realimentação não muda durante os períodos em que o veículo desenvolve alta velocidade, evitando uma deterioração da sensação de esterçamento.

[0023] Um nono aspecto da presente invenção reside no fato

de uma histerese ser transmitida a um controle de mudança de ganho de realimentação realizado pelo meio de mudança de ganho e meio de controle de mudança de ganho de acordo com mudanças no ângulo de esterçamento detectados pelo meio de detecção de ângulo de esterçamento e pela velocidade de veículo detectada pelo meio de detecção de velocidade. Em virtude desta configuração, a frequência de alterações do ganho de realimentação para mudanças no ângulo de esterçamento e na velocidade de veículo pode ser reduzida. Em consequência, freqüentes alterações do ganho de realimentação, ou seja as freqüentes mudanças da corrente de acionamento suprida ao motor elétrico são mitigadas, suprimindo mais efetivamente uma geração de ruído anormal a partir do mecanismo de direção.

[0024] Um décimo aspecto da presente invenção reside no fato de o meio de mudança de ganho incluir um meio de processo de filtro passa-baixo para fazer uma filtragem passa-baixo para o ganho de realimentação alterado de acordo com o ângulo de esterçamento. Em virtude desta configuração, o ganho de realimentação muda gradualmente após alterado, de modo que quando o ganho de realimentação é alterado pelo meio de mudança de ganho, a as características de resposta da força de assistência geradas pelo motor elétrico mudam suavemente, de modo que o motorista não sinta nenhuma sensação não natural, ao virar o volante.

Descrição Resumida dos Desenhos

[0025] A figura 1 é um diagrama esquemático global de um aparelho de direção para veículos com função de assistência de acordo com uma configuração da invenção;

[0026] A figura 2 se relaciona uma primeiro exemplo de

controle da presente invenção e mostra um diagrama de blocos de uma unidade de controle eletrônico da figura 1;

[0027] A figura 3 é um gráfico mostrando uma relação entre o torque de esterçamento, a velocidade do veículo, e o valor de corrente alvo;

[0028] A figura 4A é um gráfico mostrando uma relação de exemplo entre o ângulo de esterçamento e o ganho P;

[0029] A figura 4B é um gráfico mostrando uma relação de exemplo entre o ângulo de esterçamento e ganho I;

[0030] A figura 5A é um gráfico mostrando uma outra relação de exemplo entre o ângulo de esterçamento e o ganho P;

[0031] A figura 5B é um gráfico mostrando uma outra relação de exemplo entre o ângulo de esterçamento e o ganho I;

[0032] A figura 6A é um gráfico mostrando ainda outra relação de exemplo entre o ângulo de esterçamento e o ganho P;

[0033] A figura 6B é um gráfico mostrando ainda outra relação de exemplo entre o ângulo de esterçamento e o ganho I;

[0034] A figura 7A é um gráfico mostrando ainda outra relação de exemplo entre o ângulo de esterçamento e o ganho P;

[0035] A figura 7B é um gráfico mostrando ainda outra relação de exemplo entre o ângulo de esterçamento e o ganho I;

[0036] A figura 8 se relaciona a um segundo exemplo de controle da presente invenção, mostrando um diagrama de blocos funcional da unidade de controle eletrônico da figura

1;

[0037] A figura 9 é um fluxograma mostrando um programa de determinação de ângulo de esterçamento executado na seção de determinação de ângulo de esterçamento da figura 8;

[0038] A figura 10 é um fluxograma mostrando um programa de colocação de ganho PI executado na seção de ajuste de ganho PI;

[0039] A figura 11 é uma tabela usada para explicar um mapa de memória que armazena ganho P e ganho I;

[0040] A figura 12 se relaciona a um terceiro exemplo de controle da presente invenção, mostrando um diagrama de blocos funcional da unidade de controle eletrônico da figura 1;

[0041] A figura 13 é um fluxograma mostrando um programa de determinação de condição de mudança de ganho executado em uma seção de determinação de condição de mudança de ganho da figura 12;

[0042] A figura 14 é um fluxograma mostrando uma alteração do programa de determinação de condição de mudança de ganho da figura 12;

[0043] A figura 15A é um gráfico mostrando uma relação entre o ângulo de esterçamento e um marcador (flag) de condição de extremidade;

[0044] A figura 15B é um gráfico mostrando uma relação entre uma velocidade de esterçamento e um marcador (flag) de condição de velocidade de esterçamento;

[0045] A figura 16 se relaciona a um quarto exemplo de controle da presente invenção, mostrando um diagrama de blocos funcional da unidade de controle eletrônico da figura 1;

[0046] A figura 17 é um fluxograma mostrando um programa de determinação de condição de mudança de ganho executado em uma seção de determinação de condição de mudança de ganho da figura 16;

[0047] A figura 18 se relaciona a um quinto exemplo de controle da presente invenção mostrando um diagrama de blocos funcional da unidade de controle eletrônico da figura 1;

[0048] A figura 19 é um fluxograma mostrando o programa de cálculo de taxa de mudança de corrente executado na seção de cálculo de taxa de mudança de corrente da figura 18;

[0049] A figura 20 é um fluxograma mostrando um programa de determinação de condição de mudança de ganho executado na seção de determinação de condição de mudança de ganho da figura 18;

[0050] A figura 21 se relaciona a um sexto exemplo de controle da presente invenção mostrando um diagrama de blocos funcional da unidade de controle eletrônico da figura 1.

[0051] A figura 22 é um fluxograma mostrando um programa de determinação de condição de mudança de ganho executado em uma seção de determinação de condição de mudança de ganho da figura 21;

[0052] A figura 23 se relaciona a uma alteração do primeiro exemplo de controle mostrando um diagrama de blocos funcional da unidade de controle eletrônico da figura 1;

[0053] A figura 24 se relaciona a uma alteração do segundo exemplo de controle mostrando um diagrama de blocos funcional da unidade de controle eletrônico da figura 1;

[0054] A figura 25 se relaciona a uma alteração do terceiro exemplo de controle mostrando um diagrama de blocos funcional da unidade de controle eletrônico da figura 1;

[0055] A figura 26 se relaciona a uma alteração do quarto exemplo de controle mostrando um diagrama de blocos funcional da unidade de controle eletrônico da figura 1;

[0056] A figura 27 se relaciona a uma alteração do quinto exemplo de controle mostrando um diagrama de blocos funcional da unidade de controle eletrônico da figura 1; e

[0057] A figura 28 se relaciona a uma alteração do sexto exemplo de controle, mostrando um diagrama de blocos funcional da unidade de controle eletrônico da figura 1.

Melhor Modo de Executar a Invenção

[0058] Uma configuração da presente invenção agora será descrita com referência aos desenhos. A figura 1 é um diagrama esquemático mostrando a totalidade de um aparelho de direção para veículos incluindo um aparelho de assistência de direção, de acordo com a invenção.

[0059] Um aparelho de direção para veículos inclui um eixo de direção 12 cuja extremidade superior é conectada a um volante 11, de modo que o eixo de direção 12 gire junto com o volante 11. Um pinhão 13 é conectado à extremidade inferior do eixo de direção 12, de modo que o pinhão 13 gire solidário com o eixo de direção 12. O pinhão 13 é engatado com uma cremalheira 14 formando um mecanismo pinhão-cremalheira. As rodas direita e esquerda FW1 FW2 são conectadas de modo esterçável às extremidades opostas da cremalheira 14 por braços e articulações não ilustrados. As rodas direita e esquerda FW1 e FW2 são esterçadas quer à direita ou à esquerda, de acordo com um deslocamento axial da cremalheira 14 através de uma ação de rotação sobre o eixo de direção 12.

[0060] Um motor elétrico 15 para assistir o esterçamento

é montado sobre a cremalheira 14. O motor elétrico 15 é conectado à cremalheira 14 por um mecanismo de fuso de esferas 16 de modo a transmitir movimento. O motor elétrico 15 assiste o esterçamento à direita e à esquerda das rodas FW1 e FW2 através de sua rotação. O mecanismo de fuso de esferas 16 que atua como redutor de velocidade e conversor de rotação para linear, converte a rotação do motor elétrico 15 em movimento linear, enquanto reduz a rotação e transmite um movimento linear à cremalheira 14. Em lugar de montar o motor elétrico 15 na cremalheira 14, o motor elétrico 15 pode ser montado no eixo de direção 12 de maneira a transmitir a rotação do motor elétrico 15 ao eixo de direção 12 por um redutor de velocidade, assim girando o eixo de direção 12 em torno de seu eixo.

[0061] A seguir, um aparelho de controle elétrico para controlar a operação do motor elétrico 15 será descrito, tal aparelho incluindo um sensor de torque de esterçamento 21, um sensor de ângulo de esterçamento 22, e um sensor de velocidade de veículo 23. O sensor de torque de esterçamento 21 é montado no eixo de direção 12 e adaptado para detectar o torque de esterçamento T que atua no eixo de direção 12, quando o motorista vira o volante 11. O torque de esterçamento T assume um valor positivo ou negativo conforme as rodas direita e esquerda FW1 e FW2 virem à direita ou à esquerda, e a magnitude do valor positivo ou negativo representa a magnitude do torque de esterçamento T. Ao invés de montar o sensor de torque 21 no eixo de direção 12, o sensor de torque de esterçamento 21 pode ser montado à cremalheira 14, de modo a obter o torque de esterçamento T a partir da distorção da cremalheira 14 na direção axial.

[0062] O sensor de ângulo de esterçamento 22 é montado no eixo de direção 12 e adaptado para detectar o ângulo de esterçamento efetivo θ do volante 11 através do ângulo de esterçamento do eixo 12. O ângulo de esterçamento efetivo θ assume valores positivos ou negativos conforme o motorista vira o volante 11 no sentido horário ou anti-horário, cuja magnitude representa a magnitude do ângulo de esterçamento θ efetivo. Ao invés de montar o sensor de ângulo de esterçamento 22 no eixo de direção 12, o sensor de ângulo de esterçamento 22 pode ser montado na cremalheira 14 para detectar o ângulo de esterçamento efetivo θ a partir de um deslocamento axial da cremalheira. Ademais, uma vez que o ângulo de rotação do motor 15 é proporcional ao ângulo de esterçamento θ efetivo, ele será detectado a partir do ângulo de rotação do motor. Notavelmente, uma vez o ângulo de esterçamento θ sendo proporcional ao ângulo de esterçamento das rodas dianteiras esquerda e direita FW1 e FW2, similar detecção poderá ser feita através do ângulo de esterçamento das rodas dianteiras FW1 e FW2. O sensor de velocidade 23 sendo usado para detectar a velocidade de veículo V.

[0063] O sensor de torque de esterçamento 21, o sensor de ângulo de esterçamento 22, e o sensor de velocidade de veículo 23 são conectados à unidade de controle eletrônico 24. A unidade de controle eletrônico 24 é principalmente formada por um micro-computador incluindo CPU, ROM, RAM, etc.. A unidade de controle eletrônico 24 aciona o motor elétrico 15 com um circuito de acionamento 25 através de vários programas de computador, que serão descritos oportunamente. O circuito de acionamento 25 adquire um valor de voltagem de controle E_0 a partir de uma unidade de

controle eletrônico 24 e supre ao motor elétrico 15 uma corrente que é proporcional ao valor de voltagem de controle E_0 , fazendo o motor elétrico 15 gerar um torque de assistência proporcional ao valor de voltagem de controle E_0 . Um sensor de corrente 25a é provido no circuito de controle 25. O sensor de corrente 25a detecta o valor efetivo de corrente I , que representa a magnitude da corrente que flui através do motor elétrico 15, e supre esta corrente à unidade de controle eletrônico 24.

[0064] O dado acima é uma configuração de hardware exemplar do aparelho de direção de veículos de acordo com a invenção, vários exemplos de controle serão descritos adiante. Nestes exemplos de controle, em resposta à ligação do veículo, a CPU na unidade de controle eletrônico 24 executa um programa armazenado em ROM para controlar a rotação do motor elétrico 15. Nas descrições dadas a seguir dos exemplos, os programas executados por CPU são representados por um diagrama de blocos funcional.

a- Primeiro Exemplo de Controle

[0065] Em primeiro lugar, um primeiro exemplo de controle será descrito com referência aos desenhos. A figura 2 é um diagrama de blocos funcional da unidade de controle eletrônico 24, de acordo com este exemplo. Uma seção de determinação de valor de corrente alvo $BL1$ determina um valor de corrente alvo I^* , que muda de acordo com torque de esterçamento T e com a velocidade do veículo V , com referência a uma tabela de valores de corrente alvo em função do torque de esterçamento T detectado pelo sensor de torque de esterçamento 21 e da velocidade do veículo V detectado pelo sensor de velocidade 23. Esta tabela de valores de

corrente alvo é previamente armazenada em ROM na unidade de controle eletrônico 24. Como mostrado na figura 3, para cada velocidade de veículo, a tabela de valores de corrente alvo armazena um valor de corrente alvo I^* que aumenta não linearmente com o torque de esterçamento T . Para um dado torque de esterçamento T , quanto menor a velocidade V maior será o valor de corrente I^* . Notavelmente, ao invés de utilizar esta tabela de valores de corrente alvo, o valor de corrente alvo I^* pode ser calculado usando uma função previamente preparada, que representa o valor de corrente alvo I^* que muda de acordo com o torque de esterçamento T e com a velocidade de veículo V .

[0066] Este valor de corrente alvo I^* é suprido a uma seção de cálculo de erro de corrente BL2. A seção de cálculo de erro de corrente BL2 adquire o valor de corrente efetiva I detectado pelo sensor de corrente 25a. A seção de cálculo de erro de corrente BL2 calcula o erro de corrente $\Delta I(I^*+1)$ subtraindo o valor de corrente efetivo I do valor de corrente alvo I^* e supre o erro de corrente ΔI a uma seção de cálculo integral BL3 e a uma seção de controle de ganho-P BL4 (i.e., à seção de controle de ganho de termo proporcional BL4). A seção de cálculo integral BL3 procede a um cálculo integral no erro de corrente ΔI que muda com o tempo e supre o erro de corrente ΔI que adquiriu o cálculo integral para uma seção de controle de ganho-I BL5 (i.e., para a seção de controle de ganho de termo integral BL5).

[0067] Entrementes, a seção de colocação de ganho PI BL6 (i.e., seção de colocação de ganho integral/ proporcional BL6) coloca ganho P K_p e ganho I K_i , que muda de acordo com o ângulo de esterçamento θ efetivo, com referência a uma tabela

de ganho-P (i.e., uma tabela de ganho de termo proporcional) e a uma tabela de ganho-I (i.e., uma tabela de ganho de termo integral) em função do ângulo de esterçamento efetivo θ detectado pelo sensor de ângulo de esterçamento 22. As tabelas de ganho-P/ganho-I são providas no ROM da unidade de controle eletrônico 24. Como mostrado nas figuras 4A e 4B, as tabelas de ganho P e ganho I armazenam ganho P K_p e ganho I K_i , cada um deles assumindo um valor grande, quando o valor absoluto $|\theta|$ do ângulo de esterçamento efetivo θ for igual ou menor que um pré-determinado ângulo de esterçamento θ_1 (por exemplo, 500 graus), e assumindo um valor pequeno, quando o valor absoluto $|\theta|$ for maior que o pré-determinado ângulo de esterçamento θ_1 . Notavelmente, ao invés das tabelas de ganho P e ganho I, o ganho P K_p e o ganho I K_i podem ser calculados usando funções previamente preparadas que respectivamente representam ganho P K_p e ganho I K_i , que mudam de acordo com o ângulo de esterçamento θ efetivo.

[0068] A seção de controle de ganho P BL4 fornece a uma seção de soma BL7 um valor de controle proporcional $K_p \Delta I$ obtido multiplicando o erro de corrente ΔI a partir da seção de cálculo de erro de corrente BL2 pelo ganho P K_p a partir de seção de colocação de ganho PI BL6. A seção de controle de ganho I fornece à seção de soma BL7 um valor de controle integral $K_i \int \Delta I dt$, obtido multiplicando o valor integral de erro de corrente $\int \Delta I dt$ a partir da seção de cálculo integral BL3 pelo ganho I K_i a partir da seção de colocação de ganho PI BL6. A seção de soma BL7 soma o valor de controle proporcional $K_p \Delta I$ com o valor de controle integral $K_i \int \Delta I dt$, e fornece o valor resultante $K_p \Delta I + K_i \int \Delta I dt$ ao circuito de acionamento 25, como valor de tensão de controle E_0 .

[0069] O circuito de acionamento 25 supre ao motor elétrico 15 uma corrente de controle proporcional ao valor de voltagem de controle E_0 , e controla pela realimentação da rotação do motor 15. Portanto, o motor elétrico 15 gira e supre um torque proporcional ao valor de voltagem de controle E_0 . A rotação do motor elétrico 15 é transmitida ao mecanismo de fuso de esferas 16 que converte a rotação do motor elétrico 15 em movimento linear, e reduz a rotação e movimentação axialmente a cremalheira. Em consequência, a operação de virar o volante de direção 11 é assistida pelo motor elétrico 15, esterçando as rodas dianteiras, esquerda e direita, com uma força de esterçamento provida pelo motorista somada a uma força de assistência provida pelo motor elétrico 15.

[0070] Por conseguinte, o motorista pode virar o volante 11 e ser assistido por uma força de assistência gerada pelo motor elétrico 15. Neste caso, mesmo quando o ângulo de esterçamento efetivo θ for grande, o motor 15 é acionado e controlado em função do valor de corrente alvo I^* , e uma quantidade requerida de controle do motor 15, para um estado onde o ângulo de esterçamento efetivo θ é grande, é provida de modo a não deteriorar a sensação de esterçamento. Ademais, quando o valor absoluto Δ do ângulo de esterçamento efetivo θ for igual ou menor que um pré-determinado ângulo de esterçamento θ_1 , ganho P K_p e ganho I K_i são colocados em valores grandes. Em consequência de colocar ganho P K_p e ganho I K_i em valores grandes, no primeiro exemplo, a resposta de controle do motor elétrico 15 é mantida elevada desde que o valor absoluto $|\theta|$ do ângulo de esterçamento efetivo θ fique em um pré-determinado ângulo de esterçamento

θ_1 , daí suprimindo a geração de um ruído anormal a partir do mecanismo de direção consistindo de um motor elétrico 15, um mecanismo de fuso de esferas 16, uma cremalheira 145, etc.. Quando o valor absoluto $|\theta|$ do ângulo de esterçamento efetivo θ aumenta e excede um certo ângulo de esterçamento θ_1 , ganhos K_p e K_i , que são ganhos de realimentação, mudam para valores menores. Por causa do controle de realimentação do motor 15 com ganhos menores K_p e K_i , mesmo quando a variação do valor de voltagem de controle E_o aumenta, é difícil mudar o torque do motor 15, suprimindo a geração de ruído anormal de uma sobre-compensação do mecanismo de direção.

[0071] Notavelmente, no primeiro exemplo de controle se usadas tabelas de ganhos P e K , que respectivamente armazenam ganho P K_p e ganho I K_i , cada um deles mudando de um primeiro valor para um segundo valor, quando o valor absoluto $|\theta|$ do ângulo de esterçamento efetivo θ exceder um certo ângulo de esterçamento θ_1 . No entanto, em lugar destas tabelas, pode ser usada tabelas de ganho P e I , que respectivamente armazenam ganho P K_p e ganho I K_i , sendo que cada um deles muda gradualmente a partir de um valor grande para um valor pequeno, à medida que o valor absoluto $|\theta|$ do ângulo de esterçamento efetivo θ aumenta enquanto passa por um certo ângulo de esterçamento θ_1 , como mostrado na figuras 5A e 5B. Neste caso, um controle de resposta é realizado usando ganho P K_p e o ganho I K_i com mudança suave, de acordo com uma mudança no ângulo de esterçamento θ efetivo, de modo que a mudança do ganho de realimentação seja suave. Portanto, em relação ao caso do primeiro exemplo de controle descrito acima, o motorista experimenta um menor grau de sensação não-natural, quando vira o volante de direção 11.

[0072] No primeiro exemplo de controle e sua modificação, quando o valor absoluto $|\theta|$ do ângulo de esterçamento efetivo θ aumenta, ganho P K_p e ganho I K_i diminuem para valores menores que aqueles do caso em que o valor absoluto $|\theta|$ é pequeno. No entanto, podem ser usadas tabelas de ganhos P e I que respectivamente armazenam ganho P K_p e ganho I K_i , cada um deles assumindo um valor pequeno, quando o valor absoluto $|\theta|$ do ângulo de esterçamento efetivo θ for igual ou menor que o pré-determinado ângulo de esterçamento θ_1 e assumindo um valor maior quando o valor absoluto $|\theta|$ exceder um pré-determinado ângulo de esterçamento θ_1 , como mostrado nas figuras 6A e 6B. Nesta modificação também são usadas tabelas de ganho P e ganho I que respectivamente armazenam ganho P K_p e ganho I K_i , sendo que cada ganho muda gradualmente de um valor pequeno para um valor grande, quando o valor absoluto $|\theta|$ do ângulo de esterçamento efetivo θ aumenta, enquanto passa por um pré-determinado ângulo de esterçamento θ_1 , como mostrado nas figuras 7A e 7B.

[0073] Como no primeiro exemplo de controle, o controle do motor elétrico 15 pode ser ajustado de modo que nenhum ruído anormal seja gerado a partir do mecanismo de esterçamento composto de um motor elétrico 15, um mecanismo de fuso de esferas, e uma cremalheira 14, em um estado onde a resposta de controle (i.e. a resposta de frequência) do motor elétrico 15 seja alto e o valor absoluto $|\theta|$ do ângulo de esterçamento efetivo θ não seja grande. No entanto, em alguns aparelhos de assistência de direção, o controle do motor elétrico 15 é ajustado de acordo com as características do mecanismo de esterçamento, de modo que nenhum ruído anormal seja gerado a partir do mecanismo de esterçamento, pelo fato de baixar a

resposta de controle (i.e., a resposta de frequência) do motor elétrico 15) para uma faixa na qual o valor absoluto $|\theta|$ do ângulo de esterçamento efetivo θ não seja grande. Neste caso, quando o valor absoluto $|\theta|$ do ângulo de esterçamento efetivo θ aumenta, um atraso de resposta do torque de saída do motor elétrico 15 em relação à operação do mecanismo de esterçamento tende a ser notável. No entanto, na mudança acima, quando o valor absoluto $|\theta|$ do ângulo de esterçamento efetivo θ for grande, ambos ganhos, ganho P K_p e ganho I K_i , aumentam de modo contrário àquele do primeiro exemplo. Portanto, o atraso de resposta do torque de saída pelo motor elétrico 15 é reduzido, e a geração de ruído anormal a partir do mecanismo de direção suprimida.

[0074] No primeiro exemplo de controle e sua alteração, o motor elétrico 15 é controlado por realimentação fazendo uso usando de ganho P K_p e ganho I K_i . No entanto, o motor elétrico 15 pode ser controlado por realimentação usando um dentre ganho P K_p e ganho I K_i . Embora nos outros exemplos de controle a serem descritos, o motor elétrico 15 seja mostrado controlado por realimentação usando ambos, ganho P K_p e ganho I K_i , o motor elétrico 15 também poderá ser controlado por realimentação usando um dentre ganho P K_p e ganho I K_i .

b- Segundo Exemplo de Controle

[0075] A seguir, um segundo exemplo de controle será descrito.

[0076] A figura 8 mostra um diagrama de blocos funcional da unidade de controle eletrônico 24, de acordo com este segundo exemplo de controle. O diagrama de blocos da figura 8 difere daquele da figura 2 pelo fato de a seção de determinação de ângulo de esterçamento BL8 ser adicionada a

um estágio precedente da seção de colocação de ganho-PI BL6. Embora a seção de colocação de ganho PI BL6 da figura 8 seja diferente em função da seção de colocação de ganho PI BL6 da figura 2, as seções remanescentes são idênticas àquelas do diagrama de blocos funcional da figura 2. Portanto, somente porções diferentes daquelas do primeiro exemplo de controle serão descritas, e as descrições das porções remanescentes não serão repetidos.

[0077] A seção de determinação de ângulo de esterçamento BL8 executa repetidamente, em breves intervalos pré-determinados, um programa de determinação de ângulo de esterçamento da figura 9, composto das etapas S10 a S15, de modo a colocar um marcador FLG (Flag) "0" ou "1". O marcador FLG é usado para determinar condições de controlar ganhos P e I. Ou seja, a seção de determinação de ângulo de esterçamento BL8 adquire o ângulo de esterçamento efetivo θ a partir do sensor de ângulo de esterçamento 22 e coloca o marcador FLG em "0", quando o valor absoluto $|\theta|$ do ângulo de esterçamento efetivo θ for igual ou menor que o pré-determinado ângulo de esterçamento θ_0 , e em "1", quando o valor absoluto $|\theta|$ exceder o pré-determinado ângulo de esterçamento θ_1 .

[0078] A seção de colocação de ganho PI BL6 executa repetidamente, em breves intervalos pré-determinados, um programa de colocação de ganho-PI da figura 10, composto das etapas S20 a S24, de modo a colocar ganho P K_p e ganho I K_i de acordo com o valor do marcador FLG dado pela seção de determinação de ângulo de esterçamento BL8, com referência ao mapa de ganho P e mapa de ganho I, respectivamente. Ou seja, os mapas de ganhos P e I são mostrados na figura 11, e quando o valor for "0", ganho P K_p e ganho I K_i serão colocados como

constantes ordinárias K_{p1} e K_{i1} , respectivamente, e quando o valor do marcador FLG for "1", ganho P K_p e ganho I K_i serão colocados nas constantes K_{p2} e K_{i2} para ruído anormal, respectivamente.

[0079] No caso onde o controle para o motor elétrico 15 é ajustado de modo que nenhum ruído anormal seja gerado a partir do mecanismo de direção (composto de um motor elétrico 15, um mecanismo de fuso de esferas 16, e uma cremalheira 14) em um estado onde a resposta de controle do motor elétrico 15 é alto e o valor absoluto $|\theta|$ do ângulo de esterçamento efetivo θ não é grande, o mapa de ganho P e o mapa de ganho I são preparados de modo que as constantes K_{p2} e K_{i2} para ruído assumam valores menores que das constante ordinárias K_{p1} e K_{i1} , como no caso das tabelas das figuras 4A e 4B. Entrementes, no caso onde o controle para o motor elétrico 15 é ajustado de modo que nenhum ruído anormal seja gerado a partir do mecanismo de direção em um estado onde a resposta de controle do motor elétrico 15 seja baixo e o valor absoluto $|\theta|$ do ângulo de esterçamento efetivo θ não seja grande, o mapa de ganho P e o mapa de ganho I são preparados de modo que as constante K_{p2} e K_{i2} para ruído anormal assumam valores maiores que as constantes comuns K_{p1} e K_{i1} , como nas tabelas das figuras 6A e 6B. Notavelmente, nos exemplos a serem descritos, as constantes K_{p1} K_{i1} , K_{p2} , K_{i2} também são usadas e colocadas como descrito acima.

[0080] Como descrito acima, também no segundo exemplo, quando o valor absoluto $|\theta|$ do ângulo de esterçamento efetivo θ aumenta, ganhos P K_p mudam a partir das constantes ordinárias K_{p1} e K_{i1} para as constantes K_{p2} e K_{i2} para ruído anormal, como no caso do primeiro exemplo de controle acima

descrito. Portanto, também no segundo como no primeiro exemplo, é mantida uma boa sensação de esterçamento, mesmo quando o ângulo de esterçamento efetivo θ muda e supostamente uma geração de ruído anormal a partir do mecanismo de esterçamento, que é composto de um mecanismo de fuso de esferas 16, e uma cremalheira 14, mesmo quando muda o ângulo de esterçamento θ efetivo.

c- Terceiro Exemplo de Controle

[0081] A seguir, um terceiro exemplo de controle será descrito.

[0082] A figura 12 mostra um diagrama de blocos funcional da unidade de controle eletrônico 24, de acordo com este terceiro exemplo. O diagrama de blocos da figura 12 difere daquele da figura 8 em relação a uma segunda configuração, na qual a seção de determinação de ângulo de esterçamento BL8 é substituída por uma seção de cálculo de velocidade de esterçamento BL9 e por uma seção de determinação de condição de mudança de ganho BL10. Uma vez que as porções remanescentes, incluindo a seção de ajuste de ganho PI BL6, são as mesmas da figura 8, somente as porções diferentes daquelas do segundo exemplo de controle serão descritas, enquanto as descrições das porções remanescentes não serão repetidas.

[0083] A seção de cálculo de velocidade de esterçamento BL9 diferencia, com respeito a tempo, o ângulo de esterçamento efetivo θ recebido a partir do sensor de ângulo de esterçamento 22 e calcula a velocidade de esterçamento w do volante de direção 11 (equivalente à velocidade de esterçamento das rodas FW1 e FW2 e à rotação do motor elétrico 15). A seção de determinação de condição de condição

de mudança de ganho BL10 executa repetidamente em breves intervalos pré-determinados, um programa de determinação de condição de mudança de ganho da figura 13, nas etapas S30 a S36, de modo a colocar o marcador FLG em "0" ou "1" de acordo com o ângulo de esterçamento efetivo θ e com a velocidade de esterçamento w . Ou seja, a seção de determinação de condição de mudança de ganho BL10 adquire o ângulo de esterçamento θ efetivo, a partir do sensor de ângulo de esterçamento 22, e a velocidade de esterçamento calculada w e coloca o marcador FLG em "0", quando o valor absoluto $|\theta|$ do ângulo de esterçamento efetivo θ recebido for igual ou menor que um pré-determinado ângulo de esterçamento θ_1 , ou quando o valor absoluto $|w|$ da velocidade de esterçamento recebida for igual ou maior que uma pré-determinada velocidade de esterçamento w_1 (tal como, 100 graus/s). A seção de determinação de condição de mudança de ganho BL10 coloca o marcador FLG em "1", quando o valor absoluto $|\theta|$ do ângulo de esterçamento efetivo θ for maior que um pré-determinado ângulo de esterçamento θ_1 , e o valor absoluto $|w|$ da velocidade de esterçamento w for menor que uma pré-determinada velocidade de esterçamento w_1 .

[0084] No terceiro exemplo de controle, embora o ganho P K_p e o ganho I K_i mudem de acordo com o segundo exemplo de controle, ganho P K_p e ganho I K_i não mudam a partir das constantes K_{p1} e K_{i1} ordinárias para as constantes K_{p2} e K_{i2} para ruído anormal, mesmo quando o valor absoluto $|\theta|$ do ângulo de esterçamento efetivo θ for maior que um pré-determinado ângulo de esterçamento 1 , a menos que o valor absoluto $|w|$ da velocidade de esterçamento w seja menor que uma certa velocidade de esterçamento w_1 . Em conseqüência,

mesmo quando o motorista vira abruptamente o volante 11 em um estado onde o volante de direção 11 é esterçado em um ângulo grande, a resposta de controle do motor elétrico 15 será apropriadamente controlada, assim evitando a geração de ruído anormal e a ocorrência de falha no mecanismo de direção.

[0085] Especificamente, no caso onde o controle do motor elétrico 15 é ajustado, de modo que nenhum ruído anormal seja gerado a partir de um mecanismo de direção em um estado onde a resposta de controle do motor 15 é alto, e o valor absoluto $|\theta|$ do ângulo de esterçamento efetivo θ não é grande quando o volante de direção 11 é esterçado em alta velocidade, em um estado onde o valor absoluto $|\theta|$ é grande e em alguns casos se requer uma mudança abrupta de voltagem (ou corrente). Neste caso, se a resposta de controle do motor elétrico 15 for pequena, um ruído anormal pode ser gerado a partir do mecanismo de direção e pode ocorrer uma falha. No entanto, de acordo com o terceiro exemplo, neste caso ganho P K_p e o ganho I K_i não mudam a partir das constantes K_{p1} e K_{i1} ordinárias para constantes K_{p2} e K_{i2} para enfrentar ruído, ganho P K_p e ganho I K_i não mudam de um valor alto para um valor baixo, de modo que a resposta de controle do motor elétrico 15 se mantém no nível alto previamente ajustado, evitando a geração de ruído anormal e a ocorrência de falha no mecanismo de direção.

[0086] Entrementes, no caso onde o motor elétrico 15 é ajustado de modo que nenhum ruído anormal seja gerado a partir do mecanismo de direção em um estado onde a resposta de controle do motor elétrico 15 é baixo e o valor absoluto $|\theta|$ do ângulo de esterçamento efetivo θ não é grande, quando o volante 11 é esterçado em alta velocidade em um estado onde

o valor absoluto $|\theta|$ é grande, e, em alguns casos, requerendo uma mudança abrupta de voltagem (corrente). Em tal caso, se a resposta de controle do motor elétrico 15 aumentar de forma abrupta, um ruído anormal pode ser gerado devido à diferença de resposta entre o motor elétrico 15 e o mecanismo de direção, e ocorrer uma anormalidade de sistema.

[0087] No entanto, em tal caso, ganho P Kp e ganho I Ki não mudam das constantes Kp1 e Kp2 ordinárias para as constantes Kp e Ki2 para ruído anormal, i.e. ganho P Kp e ganho I Ki não mudam de valores baixos para valores altos, de modo que a resposta de controle do motor elétrico 15 não aumenta abruptamente um grau excessivo, e, por conseguinte, evitando uma geração de ruído anormal e a ocorrência de falha no mecanismo de direção.

[0088] Notavelmente, o terceiro exemplo pode ser modificado de modo a transmitir histerese ao controle de mudança de ganho P Kp e ganho I Ki de acordo com o ângulo de esterçamento efetivo θ e a requerida velocidade de esterçamento w . Nesta modificação, em lugar do programa de determinação de condição de mudança de ganho da figura 13, a seção de determinação de condição de mudança de ganho BL10 executa repetidamente, em breves intervalos pré-determinados, o programa de determinação de condição de mudança de ganho da figura 14.

[0089] Neste programa de determinação de condição de mudança de ganho, depois de começar a execução do programa na etapa S40, a seção de determinação de condição de mudança de ganho BL10 adquire o ângulo de esterçamento efetivo θ e a velocidade de esterçamento w na etapa S41. Por meio das etapas de processo S42 a S46, a seção de determinação de

condição de mudança de ganho BL10 coloca um marcador de condição de extremidade EFL em "0" ou "1" de acordo com uma mudança no ângulo de esterçamento efetivo θ . Ou seja, como mostrado na figura 15A, em um estado similar, onde o marcador de condição de extremidade EFL está em "0", a seção de determinação de condição de mudança de ganho BL10 muda o valor do marcador EFL para "1", quando o valor absoluto $|\theta|$ do ângulo de esterçamento efetivo θ exceder um pré-determinado ângulo de esterçamento θ_1 (por exemplo, 500 graus). Entrementes, em um estado onde o marcador de condição de extremidade EFL é colocado em "1", a seção de determinação de condição de mudança de ganho BL10 é colocado em "1", a seção de determinação de condição de mudança de ganho BL10 muda o valor do marcador EFL para "0", quando o valor absoluto $|\theta|$ do ângulo de esterçamento efetivo θ for menor que um pré-determinado ângulo de esterçamento θ_2 (por exemplo, 490 graus), que é menor que o pré-determinado ângulo de esterçamento θ_1 .

[0090] A seguir, através das etapas de processo S48 a S52, a seção de determinação de condição de mudança de ganho BL10 coloca um marcador de condição de velocidade de esterçamento VFL em "0" ou "1", de acordo com a mudança na velocidade de esterçamento w . Ou seja, como mostrado na figura 15B, em um estado onde o marcador de condição de velocidade de esterçamento VFL é colocado em "0", a seção de determinação de condição de mudança de ganho BL10 muda o valor do marcador de condição de velocidade de esterçamento VFL para "1", quando o valor absoluto $|w|$ da velocidade de esterçamento recebida w se tornar menor que uma pré-determinado velocidade de esterçamento w_1 (por exemplo 100 graus/s).

Entrementes, em um estado onde o marcador de condição de velocidade de esterçamento VFL é colocado em "1", a seção de determinação de condição de mudança de ganho BL10 muda o valor do marcador de condição de velocidade de esterçamento VFL para "0", quando o valor absoluto $|w|$ da velocidade de esterçamento recebida w se tornar maior que uma pré-determinada velocidade de esterçamento w_2 (tal como, 200 graus/s), menor que uma pré-determinada velocidade de esterçamento w_1 .

[0091] Através das etapas de processo S47, e S53 a S55, a seção de determinação de condição de mudança de ganho BL10 coloca o marcador FLG em "0", quando o marcador de condição de extremidade EFL for "0" ou o marcador de condição de velocidade de esterçamento VFL for "0". Entrementes, a seção de determinação de condição de mudança de ganho BL10 coloca o marcador FLG em "1", quando o marcador de condição de extremidade EFL for "1" e o marcador de condição de velocidade de esterçamento VFL for "1". A seção de colocação de ganho PI BL6 muda o ganho P K_p e o ganho I K_i de acordo com o marcador FLG, e como no caso do segundo exemplo de controle. Em conseqüência, a histerese é transmitida ao controle de mudança de ganho P K_p e ganho I K_i , de acordo com mudanças no ângulo de esterçamento efetivo θ e na velocidade de esterçamento w .

[0092] De acordo com a modificação no terceiro exemplo, a freqüência de mudança de ganho P K_p e ganho I K_i é reduzida em relação a mudanças no ângulo de esterçamento efetivo θ e à velocidade de esterçamento w . Em conseqüência, mudanças freqüentes de ganho P K_p e ganho I K_i , i.e. mudanças freqüente da corrente

de acionamento suprida ao motor 15, são mitigadas, suprimindo mais efetivamente a geração de ruído anormal no mecanismo de direção.

d- Quarto Exemplo de Controle

[0093] A seguir será descrito um quarto exemplo de controle.

[0094] A figura 16 mostra um diagrama de blocos funcional da unidade de controle eletrônico 24, de acordo com um quarto exemplo de controle. O diagrama de blocos da figura 16 difere daquele da figura 12 com respeito ao terceiro exemplo de controle, pelo fato de a seção de cálculo de velocidade de esterçamento BL9 ser omitida e, em lugar da velocidade de esterçamento W , o valor de corrente efetivo I que representa a corrente que flui através do motor 15 detectada pelo sensor de corrente 25a é colocado na seção de determinação de condição de mudança de ganho BL10. Uma vez que as porções remanescentes são idênticas àquelas da figura 12, somente porções diferentes do terceiro exemplo serão descritas, e as descrições das porções remanescentes serão omitidas.

[0095] A seção de determinação de condição de mudança de ganho BL10 executa repetidamente, em breves intervalos pré-determinados, um programa de determinação de condição de mudança de ganho da figura 17 incluindo as etapas S30 a S36, que são similares às etapas da figura 13, onde as etapas S31 a S33 são substituídas pelas etapas S31a a S33a. Na etapa S31a, a seção de determinação de condição de mudança de ganho BL10 adquire o valor de corrente de corrente I a partir do sensor de corrente 25a, ao invés da velocidade de esterçamento W usada no terceiro exemplo de controle. Na etapa S33a, a seção de determinação de condição de mudança de

ganho BL10 determina se o valor absoluto $|I|$ do valor de corrente efetivo I é maior (ou não) que um pré-determinado valor de corrente pré-determinado I_1 (por exemplo 30A). Notavelmente, este valor de corrente pré-determinado I_1 corresponde a uma corrente que flui no motor 15, quando o motorista vira o volante 11 em um ângulo de cerca de ± 500 graus em um estado onde a velocidade do veículo V é cerca de 10 km/h (quando se faz a mudança de ganho P K_p e ganho I K_i).

[0096] Através da execução do programa de determinação de condição de mudança de ganho da figura 17, a seção de determinação de condição de mudança de ganho BL10 coloca o marcador FLG em "0", quando o valor absoluto $|\theta|$ do ângulo de esterçamento efetivo θ for igual ou menor que um pré-determinado ângulo de esterçamento efetivo θ_0 quando o valor absoluto $|I|$ do valor corrente efetivo I for igual ou menor que um valor de corrente pré-determinado I_1 . A seguir, a seção de determinação de condição de mudança de ganho BL10 coloca o marcador FLG em "1", quando o valor absoluto $|\theta|$ do ângulo de esterçamento efetivo θ for maior que um pré-determinado ângulo de esterçamento θ_1 , e o valor absoluto $|I|$ do valor corrente efetivo I for maior que pré-determinado valor de corrente pré-determinado I_1 .

[0097] Neste quarto exemplo de controle, embora ganho P K_p e ganho I K_i mudem de acordo com o segundo exemplo de controle, ganho P K_p e ganho I K_i não mudam das constantes K_{p1} e K_{i1} ordinárias para as constantes K_{p2} e K_{i2} para ruído anormal, quando o valor absoluto $|\theta|$ do ângulo de esterçamento efetivo θ for maior que um pré-determinado ângulo de esterçamento θ_1 , a menos que o valor absoluto $|I|$

do valor de corrente efetivo se torne maior que um pré-determinado valor de corrente I_1 . Em outras palavras, mesmo quando o valor absoluto $|\theta|$ do ângulo de esterçamento θ_1 se tornar aproximadamente igual ao pré-determinado ângulo de esterçamento θ_1 , se a velocidade do veículo V for alta, ganho P K_p e ganho I K_i não mudam das constantes K_{p1} e K_{i1} ordinárias para as constantes K_{p2} e K_{i2} para ruído anormal em virtude de o valor absoluto $|I|$ do valor de corrente efetivo I não aumentar (figura 3). Em consequência, mesmo quando as constantes K_{p1} e K_{i1} ordinárias e as constantes K_{p2} e K_{i2} para ruído anormal são colocadas de modo a impedir uma geração de ruído anormal a partir do mecanismo de direção em períodos nos quais o veículo está parado ou andando em uma velocidade muito baixa e o motorista vira o volante de direção θ_1 em grande extensão, ganho P K_p e ganho I K_i não mudam a partir das constantes K_{p1} e K_{i1} ordinárias para as constantes K_{p2} e K_{i2} para ruído anormal em períodos nos quais o veículo desenvolve uma velocidade muito alta, evitando uma sensação não natural de esterçamento.

[0098] Notavelmente, o quarto exemplo de controle pode ser modificado de modo a transmitir histerese ao controle de mudar ganho P K_p e ganho I K_i , de acordo com o ângulo de esterçamento efetivo θ e o valor de corrente efetivo I . Nesta modificação, em lugar do programa de determinação de condição de mudança de ganho da figura 17, a seção de determinação de condição de mudança de ganho BL10 executa repetidamente, em breves intervalos pré-determinados, um programa alterado a partir do programa de determinação de condição de mudança de ganho da figura 14.

[0099] No programa alterado a partir do programa de

determinação de condição de mudança de ganho da figura 14, a seção de determinação de condição de mudança de ganho BL10 adquire o valor de corrente efetivo I ao invés da velocidade w da etapa S41 e realiza a etapa de determinação S33a da figura 17, ao invés do processo de determinação da etapa S49. A seguir, ao invés de realizar o processo de determinação da etapa S50, a seção de determinação de condição de mudança de ganho BL10 determina se o valor absoluto $|I|$ do valor de corrente efetivo I é menor (ou não) que um valor de corrente pré-determinado I_2 que deve ser menor que o pré-determinado valor de corrente I_1 . Quando o valor absoluto $|I|$ do valor de corrente efetivo I for menor que o pré-determinado valor de corrente I_2 a seção de determinação de condição de mudança de ganho BL10 segue para a etapa S52. Quando o valor absoluto $|I|$ do valor de corrente efetivo I for igual ou maior que um valor de corrente pré-determinado I_2 , a seção de determinação de condição de mudança de ganho BL10 segue para a etapa S53. Notavelmente, neste caso, o marcador de velocidade de esterçamento VFL acima descrito deve ser lido como um marcador de condição de corrente VFL.

[0100] Em consequência, também de acordo com esta modificação do quarto exemplo, a frequência de mudanças de ganho P K_p e ganho I K_i é reduzida em relação às mudanças de ângulo de esterçamento efetivo θ e ao valor de corrente efetivo I . Por conseguinte, as mudanças freqüentes de ganho P K_p e ganho I K_i e as mudanças freqüentes da corrente de acionamento suprida ao motor elétrico 15 são mitigadas, suprimindo mais efetivamente a geração de um ruído anormal no mecanismo de direção.

[0101] No quarto exemplo de controle e sua modificação, o valor de corrente efetivo I é usado para controlar mudanças de ganho $P K_p$ e ganho $I K_i$. No entanto, em lugar do valor de corrente efetivo I , que representa a corrente que flui no motor elétrico 15, pode ser usado o valor de corrente alvo I^* , em virtude de o valor de corrente alvo I^* ser quase igual ao valor de corrente efetivo I .

e- Quinto Exemplo de Controle

[0102] A seguir, um quinto exemplo de controle será descrito.

[0103] A figura 18 mostra um diagrama de blocos funcional da unidade de controle eletrônico 24 de acordo com o quinto exemplo de controle. O diagrama de blocos da figura 18 difere daquele da figura 12 com respeito ao terceiro exemplo de controle pelo fato de uma seção de determinação de condição de mudança de ganho BL11 ser usada, ao invés da seção de cálculo de velocidade de esterçamento BL9, e ser inserida, em lugar da velocidade de esterçamento w , uma taxa de mudança de corrente I_{rt} calculada pela seção de cálculo de taxa de mudança de corrente BL11 na seção de determinação de condição de mudança de ganho BL10. Uma vez que as porções remanescentes são idênticas àsquelas da figura 12, somente porções diferentes do terceiro exemplo serão descritas, sendo que as descrições das porções remanescentes não serão repetidas.

[0104] A seção de cálculo de taxa de mudança de corrente BL11, repetidamente executa, em breves intervalos pré-determinados, um programa de cálculo de taxa de mudança de corrente da figura 19 incluindo as etapas S60 a S65 de modo a calcular como taxa de mudança de corrente I_{rt} , a razão de

taxa de mudança do valor de corrente alvo I^* para mudar a taxa de torque de esterçamento T . Especificamente, na etapa S61, a seção de cálculo de taxa de mudança de corrente BL11 adquire o torque de esterçamento T detectado pelo sensor de torque de esterçamento 21 e o valor de corrente alvo I^* determinado pela seção de determinação de valor de corrente alvo BL1. A seguir, na etapa S62, a seção de cálculo de taxa de mudança de corrente BL11 subtrai o torque de esterçamento T_{antigo} , em um instante do processo anterior, do torque de esterçamento T_{novo} no instante do processo corrente, e calcula como mudança de torque ΔT , o valor absoluto $|T_{novo} - T_{antigo}|$ do resultado da subtração $T_{novo} - T_{antigo}$. A seguir, na etapa S63, a seção de cálculo de taxa de mudança de corrente BL11 subtrai o valor de corrente alvo I^*_{antigo} no instante do anterior, do valor de corrente I^*_{novo} no instante do processo corrente, e calcula, como mudança de corrente alvo ΔI^* , o valor absoluto $|I^*_{novo} - I^*_{antigo}|$ do resultado da subtração $I^*_{novo} - I^*_{antigo}$. A seguir, na etapa S64, a seção de cálculo de taxa de mudança de corrente BL11 calcula a taxa de mudança de corrente I_{rt} , dividindo a mudança de corrente alvo ΔI^* pela mudança de torque ΔT .

[0105] A seção de determinação de condição de mudança de ganho BL10 repetidamente executa, em breves intervalos pré-determinados, um programa de determinação de condição de mudança de ganho da figura 20 incluindo as etapas S30 a S36, que são similar às aquelas da figura 13, mas quais etapas S31 e S33 são substituídas pelas etapas S31b e S33b, respectivamente. Na etapa S31b, a seção de determinação de condição de mudança de ganho BL10 adquire a taxa de mudança I_{rt} calculada pela seção de cálculo de taxa de mudança de

corrente de BL11, ao invés da velocidade de esterçamento w usada no terceiro exemplo de controle. Na etapa S33b, a seção de determinação de condição de mudança de ganho BL10 determina se a taxa de mudança de corrente I_{rt} é maior (ou não) que uma pré-determinada taxa de mudança de corrente I_{rt1} (por exemplo, 200 A/Nm).

[0106] Através da execução do programa de determinação de condição de mudança de ganho da figura 20, a seção de determinação de condição de mudança de ganho BL10 coloca o marcador FLG em "0", quando o valor absoluto $|\theta|$ do ângulo de esterçamento efetivo θ recebido for igual ou menor que o ângulo de esterçamento θ_1 pré-determinado, ou quando a taxa de mudança de corrente I_{rt} for igual ou menor que uma pré-determinada taxa de mudança de corrente I_{rt1} . A seguir, a seção de determinação de condição de mudança de ganho BL10 coloca o marcador FLG em "1", quando o valor absoluto $|\theta|$ do ângulo de esterçamento efetivo θ for maior que o pré-determinado ângulo de esterçamento θ_1 , e a taxa de mudança de corrente I_{rt} for maior que a pré-determinada taxa de mudança de corrente I_{rt1} .

[0107] Neste quinto exemplo de controle, embora o ganho P K_p e o ganho I K_i mudem de acordo com o segundo exemplo de controle, o ganho P K_p e o ganho I K_i não mudam das constantes K_{p1} e K_{i1} ordinárias para as constantes K_{p2} e K_{i2} para ruído anormal, mesmo quando o valor absoluto $|\theta|$ do ângulo de esterçamento efetivo θ for maior que o pré-determinado ângulo de esterçamento θ_1 , a menos que a taxa de mudança de corrente I_{rt} se torne maior que a pré-determinada taxa de mudança de corrente I_{rt1} . A taxa de mudança de corrente I_{rt} representa a magnitude de mudança de torque

gerada pelo motor 15 para um torque de assistência requerido, i.e. em um estado, onde o ruído anormal é provável de ser gerado, através de um aumento em seu valor. Quando a taxa de mudança de corrente I_{rt} for pequena, a mudança de ganho $P K_p$ e ganho $I K_i$, a partir das constantes K_{p1} e K_{i1} ordinárias para as constantes K_{p2} e K_{i2} para ruído anormal, é proibida. Quando a taxa de mudança de corrente I_{rt} aumentar, as mudanças de ganho $P K_p$ e ganho $I K_i$ serão permitidas. Em conseqüência, o ganho $P K_p$ e o ganho $I K_i$ podem mudar facilmente das constantes K_{p1} e K_{i1} ordinárias para constantes K_{p2} e K_{i2} para ruído anormal, em um estado onde o ruído anormal é provável de ser gerado, onde a redução de ruído anormal e uma boa sensação de esterçamento são conseguidas simultaneamente.

[0108] Notavelmente, o quinto exemplo de controle pode ser modificado de modo a transmitir histerese ao controle de mudança de ganho $P K_p$ e ganho $I K_i$, de acordo com o ângulo de esterçamento efetivo θ e o valor de corrente efetivo I . Nesta modificação, em lugar de programa de determinação de condição de mudança de ganho da figura 20, a seção de determinação de condição de mudança de ganho BL10 executa repetidamente, em breves intervalos pré-determinados, um programa alterado a partir do programa de determinação de condição de mudança de ganho da figura 14.

[0109] No programa alterado a partir do programa de determinação de condição de mudança de ganho da figura 14, a seção de determinação de condição de mudança de ganho BL10 adquire a taxa de mudança de corrente I_{rt} , ao invés da velocidade de esterçamento w na etapa S41, e realiza o processo de determinação da etapa S33b da figura 20, ao invés

do processo de determinação da etapa S49. A seguir, ao invés de realizar o processo de determinação da etapa S50, a seção de determinação de condição de mudança de ganho BL10 determina se a taxa de mudança de corrente I_{rt} é menor (ou não) que uma pré-determinada taxa de mudança de corrente I_{rt2} , menor que a pré-determinada taxa de mudança de corrente I_{rt1} . Quando a taxa de mudança de corrente I_{rt} for menor que a pré-determinada taxa de mudança de corrente I_{rt2} , a seção de determinação de condição de mudança de ganho BL10 segue para etapa S52. Quando a taxa de mudança de corrente I_{rt} for igual ou maior que a pré-determinado taxa de mudança de corrente I_{rt2} , a seção de determinação de condição de mudança de ganho BL10 segue para etapa S53. Notavelmente, neste caso, o marcador de condição de velocidade de esterçamento VFL descrito acima deve ser lido como um marcador de condição de taxa de mudança de corrente VFL.

[0110] Em conseqüência, na modificação do quinto exemplo, também a freqüência de mudança de ganho $P K_p$ e ganho $I K_i$ para mudanças no ângulo de esterçamento efetivo θ e a taxa de mudança de corrente I_{rt} diminui. Assim, a mudança freqüente de ganho $P K_p$ e ganho $I K_i$, i.e. mudança freqüente da corrente de acionamento suprida ao motor elétrico 15 é mitigada, suprimindo mais efetivamente a geração de ruído anormal no mecanismo de direção.

[0111] No quinto exemplo de controle e sua modificação, o valor de corrente alvo I^* é usado para calcular a taxa de mudança de corrente I_{rt} . Ao invés do valor de corrente alvo I^* , que representa a corrente que flui através do motor elétrico 15, pode ser usado o valor de corrente efetivo I , em virtude de o valor de corrente alvo I^* ser aproximadamente

igual ao valor de corrente efetivo I.

f- Sexto Exemplo de Controle

[0112] A seguir, um sexto exemplo de controle será descrito.

[0113] A figura 21 mostra um diagrama de blocos funcional da unidade de controle eletrônico 24, de acordo com o sexto exemplo de controle. O diagrama de blocos da figura 21 difere daquele da figura 12 com respeito ao terceiro exemplo de controle pelo fato de a seção de cálculo de velocidade de esterçamento BL9 ser omitida, e em lugar da velocidade de esterçamento W, a velocidade de veículo V detectada pelo sensor de velocidade 23 é inserida na seção de determinação de condição de mudança de ganho BL10. Uma vez que as porções remanescentes são idênticas àsquelas da figura 12, somente porções diferentes do terceiro exemplo de controle serão descritas, sendo que as descrições das demais porções não serão repetidas.

[0114] A seção de determinação de condição de mudança de ganho BL10 executa repetidamente, em breves intervalos pré-determinados, um programa de determinação de condição de mudança de ganho da figura 22, incluindo as etapas S30 a S36, similares àsquelas da figura 13, mas quais etapas S31 a S33 são substituídas pelas etapas S31s a S33c. Na etapa S31c, a seção de determinação de condição de mudança de ganho BL10 adquire a velocidade do presente invenção V detectada pelo sensor de velocidade 23 ao invés da velocidade de esterçamento W usada no terceiro exemplo de controle. Na etapa de processo S33c, a seção de determinação de condição de mudança de ganho BL10 determina se a velocidade de veículo V é menor (ou não) que uma certa velocidade V (por exemplo 10

Km/hora).

[0115] Através da execução do programa de determinação de condição de mudança de ganho da figura 22, a seção de determinação de condição de mudança de ganho BL10 coloca o marcador FLG em "0", quando o valor absoluto $|\theta|$ do ângulo de esterçamento efetivo θ for igual ou menor que o pré-determinado ângulo de esterçamento θ_1 , ou quando a velocidade de veículo V for igual ou maior que a pré-determinada velocidade de veículo V_1 . A seguir, a seção de determinação de condição de mudança de ganho BL10 coloca o marcador FLG em "1", quando o valor absoluto $|\theta|$ do ângulo de esterçamento efetivo θ for maior que o pré-determinado ângulo de esterçamento θ_1 , ou a velocidade de veículo V for menor que uma certa velocidade V_1 .

[0116] Neste sexto exemplo de controle, embora o ganho P K_p e o ganho I K_i mudem de acordo com um segundo exemplo de controle, o ganho P K_p e o ganho I K_i mudam de acordo com um segundo exemplo de controle, o ganho P K_p e o ganho I K_i não mudam a partir das constantes K_{p1} e K_{i1} ordinárias para as constantes K_{p2} e K_{i2} para ruído anormal, mesmo quando o valor absoluto $|\theta|$ ou o ângulo de esterçamento efetivo θ for maior que um pré-determinado ângulo de esterçamento θ_1 , a menos que a velocidade do veículo V for igual ou menor que uma certa velocidade V_1 . Em conseqüência, mesmo quando as constantes K_{p1} e K_{i1} ordinárias e as constantes K_{p2} e K_{i2} para ruído anormal são colocadas para impedir a geração de ruído anormal a partir do mecanismo de direção em períodos nos quais o veículo está parado ou andando em velocidade muito baixa e o motorista vira o volante 11 em grande extensão, o ganho P K_p e o ganho I K_i não mudam a partir das constantes K_{p1} e K_{i1}

ordinárias para as constantes K_{P2} e K_{i2} para ruído anormal em períodos nos quais o veículo desenvolve alta velocidade, daí evitando uma deterioração na sensação de esterçamento.

[0117] Notavelmente, o sexto exemplo de controle pode ser modificado de modo a transmitir histerese ao controle de mudança de ganho P K_p e ganho I K_i , de acordo com o ângulo de esterçamento efetivo θ e a velocidade de veículo V . Nesta modificação, em lugar do programa de determinação de condição de mudança de ganho da figura 22, a seção de determinação de condição de mudança de ganho BL10 executa repetidamente, em breves intervalos pré-determinados, um programa alterado a partir do programa de determinação de condição de mudança de ganho da figura 14.

[0118] No programa alterado a partir do programa de determinação de condição de mudança de ganho da figura 14, a seção de determinação de condição de mudança de ganho BL10 adquire a velocidade de veículo V , ao invés da velocidade de esterçamento w na etapa S41, e realiza o processo de determinação das etapas S33c da figura 22 ao invés do processo de determinação da etapa S49. A seguir, ao invés de realizar o processo de determinação da S50, a seção de determinação de condição de mudança de ganho BL10 determina se a velocidade de veículo V é maior (ou não) que uma pré-determinada velocidade de veículo V_2 (por exemplo, 20 km/hora) maior que a pré-determinada velocidade de veículo V_1 . Quando a velocidade de veículo V for maior que a pré-determinado velocidade V_2 , a seção de determinação de condição de mudança de ganho BL10 segue para a etapa de processo S52. Quando a velocidade de veículo V for igual ou menor que a pré-determinada velocidade V_2 , a seção de

determinação de condição de mudança de ganho BL10 segue para a etapa de processo S53. Notavelmente, neste caso, o marcador de condição de velocidade de esterçamento VFL acima deve ser lido como um marcador de condição de velocidade de veículo VFL.

[0119] Em conseqüência, a modificação do sexto exemplo, também a freqüência de mudanças de ganho P Kp e ganho I Ki para mudanças no ângulo de esterçamento θ efetivo e a velocidade de veículo V diminuem. Portanto, mudanças freqüentes de ganho P Kp e ganho I Ki, i.e. mudanças freqüentes da corrente de acionamento suprida ao motor 15, são mitigadas, suprimindo a geração de ruído anormal do mecanismo de direção.

g- Outras Alterações

[0120] Outras modificações das configurações acima descritas também são descritas. As figuras 23 a 28, respectivamente, mostram blocos funcionais de modificações das primeira a sexta configurações. Nestes diagramas funcionais, uma seção de processamento de filtro passa-baixo BL12 é disposta em um estágio que segue a respectiva seção de ajuste de ganho PI BL6 dos blocos funcionais dos primeiro ao sexto exemplos de controle, nas figuras 2, 8, 12, 16 18, e 21. A seção de processamento de filtro passa-baixo BL12 adquire sucessivamente o ganho P Kp e o ganho I Ki colocados para a seção de ajuste de ganho-PI BL6, e os envia à seção de controle de ganho-P BL4 e à seção de controle de ganho-I BL5, após realizar um processamento de filtro passa-baixo no ganho P Kp e o ganho I Ki.

[0121] Em virtude desta configuração, o ganho P Kp e o ganho I Ki, pelos quais o erro de corrente ΔI e seu valor

integral ΔI_{dt} são multiplicados, mudam gradualmente, de modo que mesmo quando o ganho P K_p e o ganho I K_i são alterados, o valor de voltagem de controle E_0 muda suavemente, e a corrente de acionamento que flui através do motor elétrico 15 também muda suavemente. Portanto, mesmo quando o ganho P K_p e o ganho I K_i são alterados, a força de assistência de esterçamento gerada pelo motor elétrico 15 muda suavemente, e o motorista não sente qualquer sensação estranha que o motorista de outra forma sentiria ao virar o volante de direção 11.

[0122] Ademais, a presente invenção não se limita às configurações e modificações acima citadas, e deve ficar claro àqueles habilitados na técnica que também será possível incluir várias modificações no escopo da mesma, que deverá ser tomado apenas como reivindicado nas reivindicações.

REIVINDICAÇÕES

1. Aparelho de assistência de direção para veículos, incluindo um motor elétrico (15) para transmitir uma força de assistência para esterçar rodas (Fw1, Fw2) através de um volante (11), onde o controle de realimentação é realizado enquanto uma quantidade de controle efetivo (I) do motor elétrico (15) é usada como realimentação, de modo que o motor elétrico (15) opere de acordo com uma quantidade de controle alvo (I*), caracterizado pelo fato de compreender:

- um meio de detecção (22) para detectar o ângulo de esterçamento (e) do volante de direção (11); e
- um meio de mudança de ganho (BL6) para mudar o ganho de realimentação (Kp, Ki) usado no controle de realimentação de acordo com o ângulo de esterçamento detectado (e).

2. Aparelho, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de o ganho de realimentação (Kp, Ki) ser um ganho de controle com respeito a pelo menos um de um termo proporcional ou termo integral associado ao controle de realimentação.

3. Aparelho, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 ou 2, caracterizado pelo fato de, quando o ângulo de esterçamento detectado (θ) for grande, o meio de mudança de ganho (BL6) mudar o ganho de realimentação (Kp, Ki) para um valor menor, em relação a um caso onde o ângulo de esterçamento detectado (θ) for pequeno, para assim reduzir o ruído anormal gerado pela resposta alta do controle de realimentação.

4. Aparelho, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 ou 2, caracterizado pelo fato de, quando o ângulo de esterçamento detectado (θ) for grande, o meio de mudança de

ganho (BL6) muda o ganho de realimentação (K_p , K_i) para um valor mais alto, em relação a um caso onde o ângulo de esterçamento detectado (θ) for pequeno, para assim reduzir o ruído anormal gerado pela resposta baixa do controle de realimentação.

5. Aparelho, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 4, caracterizado pelo fato de:

- a quantidade de controle alvo (I^*) do motor elétrico (15) ser um valor de corrente alvo que representa uma corrente alvo a ser suprida ao motor elétrico (15); e
- a quantidade de controle efetiva (I) de motor elétrico (15) ser um valor de corrente efetivo, que representa a corrente (I) que flui através do motor elétrico (15), detectado por um sensor de corrente (25a).

6. Aparelho, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 5, caracterizado pelo fato de adicionalmente compreender:

- um meio de detecção de torque de esterçamento (21) para detectar o torque de esterçamento (T) aplicado ao volante de direção (11);
- um meio de detecção de velocidade de veículo (23) para detectar a velocidade do veículo (V); e
- um meio de determinação de quantidade de controle alvo (BL1) para determinar a quantidade de controle alvo (I^*) do motor elétrico (15), de acordo com o torque de esterçamento (T) e a velocidade do veículo (V) detectados.

7. Aparelho, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 6, caracterizado pelo fato de o meio de mudança de ganho (BL6) mudar o ganho de realimentação (K_p , K_i) de um primeiro ganho de realimentação (K_p , K_i) para um segundo ganho de realimentação (K_p , K_i), quando o ângulo de esterçamento (e)

detectado pelo meio de detecção (22) de ângulo de esterçamento se tornar maior que um pré-determinado ângulo de esterçamento (e); e

adicionalmente compreendendo:

- um meio de detecção de velocidade de esterçamento (BL9) para detectar velocidade de esterçamento (ω) do volante de direção (11); e

- um meio de controle de mudança de ganho (BL10) para permitir que o meio de mudança de ganho (BL6) mude o ganho de realimentação (K_p, K_i), quando a velocidade de esterçamento (ω) detectada pelo meio de detecção (BL9) de velocidade de esterçamento for menor que uma pré-determinada velocidade de esterçamento (ω_1), e proibir que o meio de mudança de ganho (BL6) mude o ganho de realimentação (K_p, K_i), quando a velocidade de esterçamento detectada (ω) for igual ou maior que a pré-determinada velocidade de esterçamento (ω_1).

8. Aparelho, de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de ser transmitida histerese ao controle de mudança de ganho de realimentação realizado pelo meio de mudança de ganho (BL6) e pelo meio de mudança de ganho (BL10) de acordo com mudanças no ângulo de esterçamento (θ) detectadas pelo meio de detecção (22) de ângulo de esterçamento (ω) e com a velocidade de esterçamento detectada pelo meio de detecção de velocidade de esterçamento (BL9).

9. Aparelho, de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de o meio de mudança de ganho (BL6) mudar o ganho de realimentação (K_p, K_i) de um primeiro ganho de realimentação (K_p, K_i) para um segundo ganho de realimentação (K_p, K_i), quando o ângulo de esterçamento (e) detectado pelo meio de detecção de ângulo de esterçamento (22) se torna

maior que um pré-determinado ângulo de esterçamento (e),

- sendo que o valor de corrente alvo diminui à medida que a velocidade do veículo (V) aumenta; e
- sendo que o aparelho de assistência de direção adicionalmente compreende um meio de controle de mudança de ganho (BL10) para permitir que o meio de mudança de ganho (BL6) mude o ganho de realimentação (K_p , K_i), quando a corrente (I) que flui através do motor elétrico (15) for maior que uma pré-determinada corrente (I_1), e proibir que o meio de mudança de ganho (BL6) mude o ganho de realimentação (K_p , K_i), quando a corrente (I) que flui através do motor elétrico (15) for igual ou menor que a pré-determinada corrente (I_1).

10. Aparelho, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de ser transmitida histerese ao controle de mudança de ganho de realimentação realizado pelo meio de mudança de ganho (BL6) e pelo meio de controle de mudança de ganho (BL10) de acordo com uma mudança no ângulo de esterçamento (e) detectada pelo meio de detecção de ângulo de esterçamento (22) e na corrente (I) que flui através do motor elétrico (15).

11. Aparelho, de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de o meio de mudança de ganho (BL6) mudar o ganho de realimentação (K_p , K_i) de um primeiro ganho de realimentação (K_p , K_i) para um segundo ganho de realimentação (K_p , K_i), quando o ângulo de esterçamento (e) detectado pelo meio de detecção de ângulo de esterçamento (22) se tornar maior que um pré-determinado ângulo de esterçamento (e); e sendo que adicionalmente compreende:

- um meio de detecção de taxa de mudança de corrente

(BL11) para detectar, como taxa de mudança de corrente (I_{rt}), a razão de uma taxa de mudança (ΔI) da corrente (I) que flui através do motor elétrico (15) para uma taxa de mudança (ΔI) do torque de esterçamento (T) detectado pelo meio de detecção de torque (21); e

- um meio de controle de mudança de ganho (BL10) para permitir que o meio de mudança de ganho (BL6) mude o ganho de realimentação (K_p, K_i), quando a taxa de mudança de corrente (I_{rt}) detectada pelo meio de detecção de taxa de mudança de corrente (BL11) for maior que uma pré-determinada taxa de mudança, e proibir que o meio de mudança de ganho (BL6) mude o ganho de realimentação (K_p, K_i), quando a taxa de mudança de corrente detectada (I_{rt}) for igual ou menor que uma pré-determinada taxa de mudança.

12. Aparelho, de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de ser transmitida histerese ao controle de mudança de ganho de realimentação realizado pelo meio de mudança de ganho (BL6) e pelo meio de controle de mudança de ganho (BL10), de acordo com mudanças no ângulo de esterçamento (e), detectadas pelo meio de detecção de ângulo de esterçamento (22), e com a taxa de mudança de corrente (I_{rt}) detectada pelo meio de cálculo de taxa de mudança de corrente (BL11).

13. Aparelho, de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de o meio de mudança de ganho (BL6) mudar o ganho de realimentação (K_p, K_i) de um primeiro ganho de realimentação (K_p, K_i) para um segundo ganho de realimentação (K_p, K_i), quando o ângulo de esterçamento (e) detectado pelo meio de detecção de ângulo de esterçamento (22) se torna maior que um pré-determinado ângulo de esterçamento; e

- sendo que o aparelho de assistência de direção

adicionalmente compreende um meio de controle de mudança de ganho (BL10) para permitir que o meio de mudança de ganho (BL6) mude o ganho de realimentação (K_p , K_i), quando a velocidade do veículo (V) detectada pelo meio de detecção de velocidade (23) for menor que uma pré-determinada velocidade (V_1), e proibir que o meio de mudança de ganho (BL6) mude o ganho de realimentação (K_p , K_i), quando a velocidade do veículo (V) for igual ou maior que a pré-determinada velocidade (V_1).

14. Aparelho, de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de ser transmitida histerese ao controle de mudança de ganho de realimentação realizado pelo meio de mudança de ganho (BL6) e pelo meio de controle de mudança de ganho (BL10), de acordo com uma mudança no ângulo de esterçamento (e) detectada pelo meio de detecção de ângulo de esterçamento (22) e na velocidade do veículo (V) detectada pelo meio de detecção de velocidade (23).

15. Aparelho, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 14, caracterizado pelo fato de o meio de mudança de ganho (BL6) incluir um filtro passa-baixo para realizar um processo de filtragem passa-baixo para o ganho de realimentação (K_p , K_i) alterado, de acordo com o ângulo de esterçamento (θ).

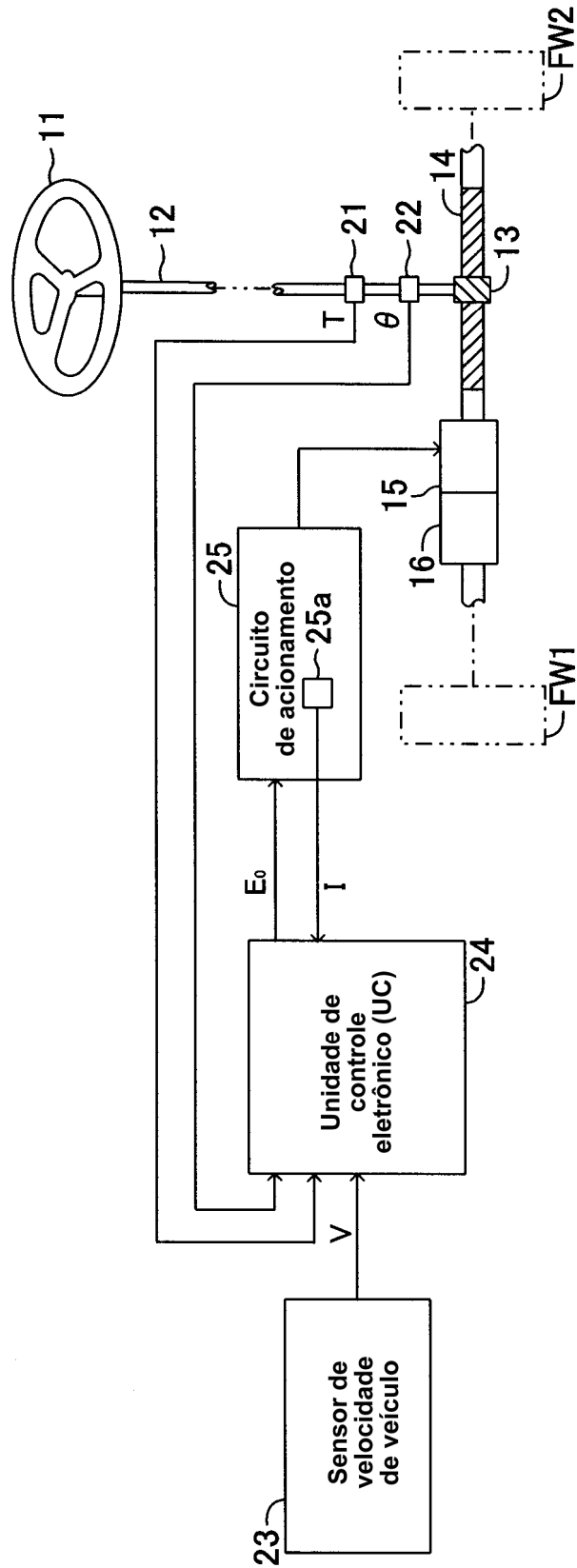


FIG.1

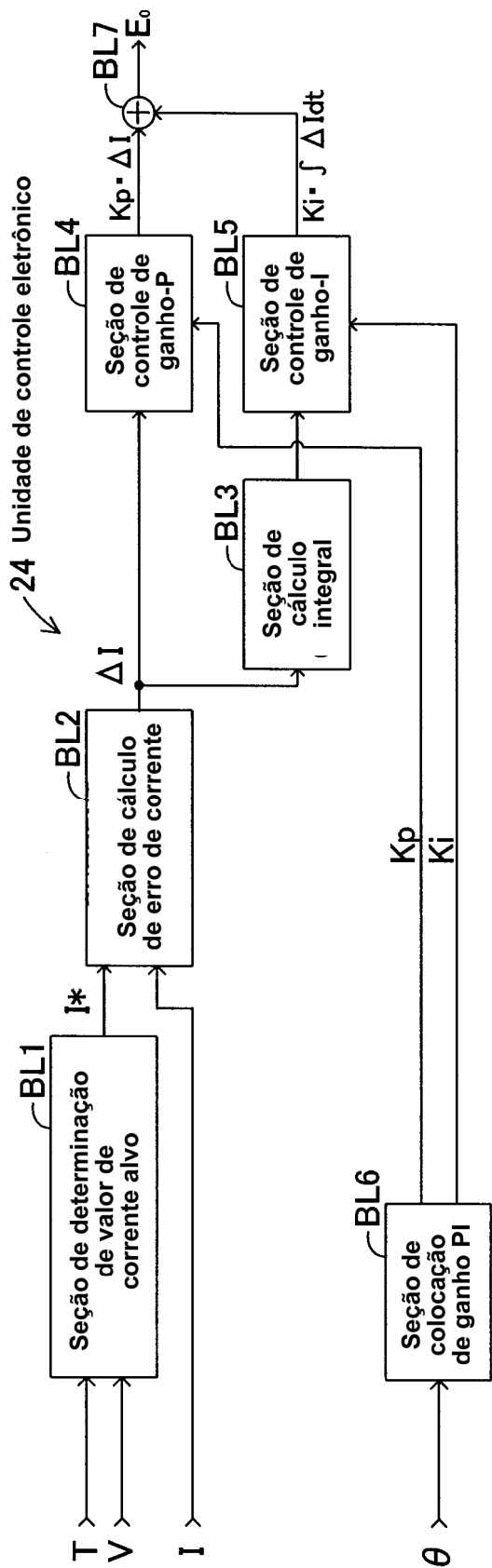


FIG.2

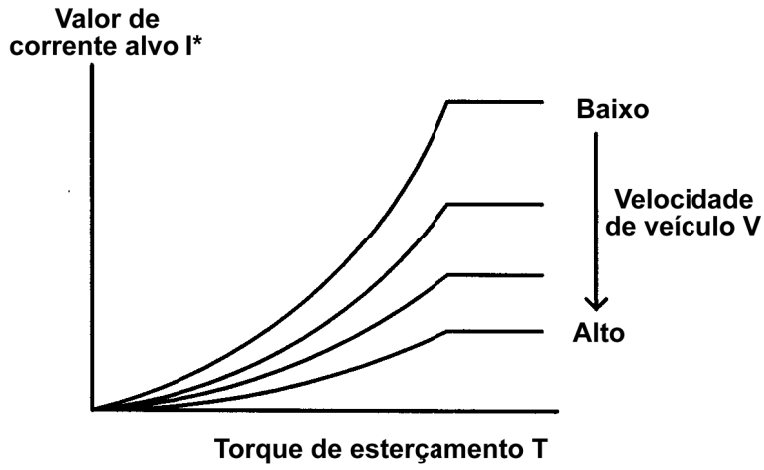


FIG.3

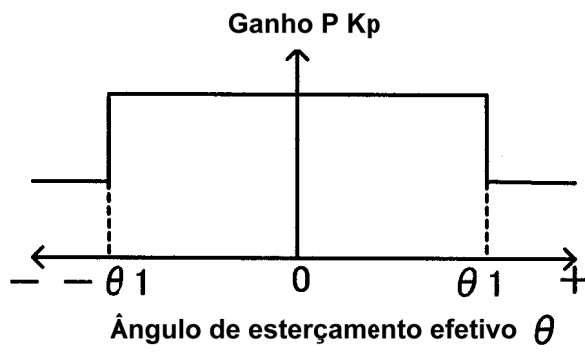


FIG.4A

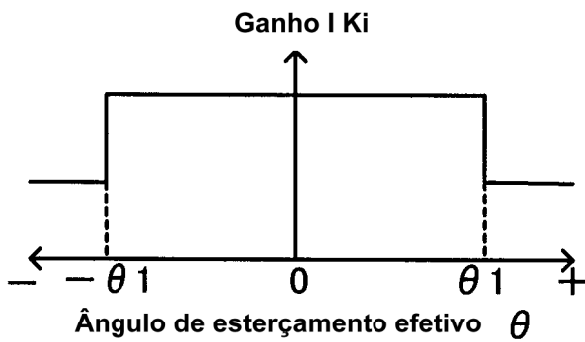


FIG.4B

4/23

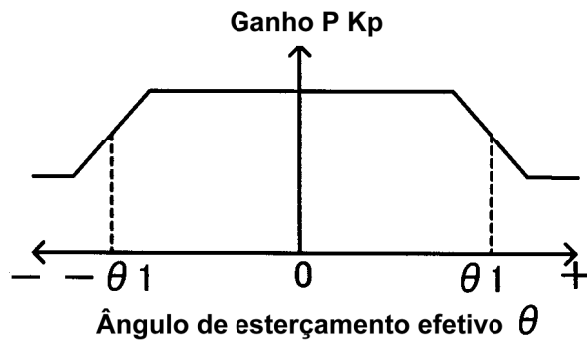


FIG.5A

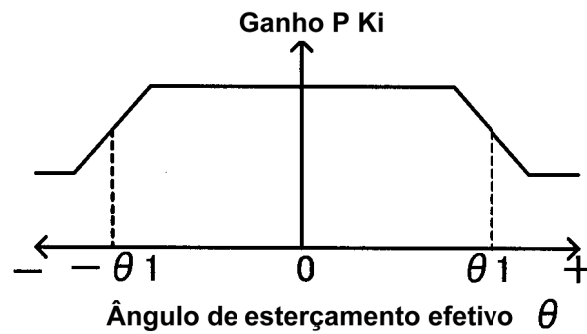


FIG.5B

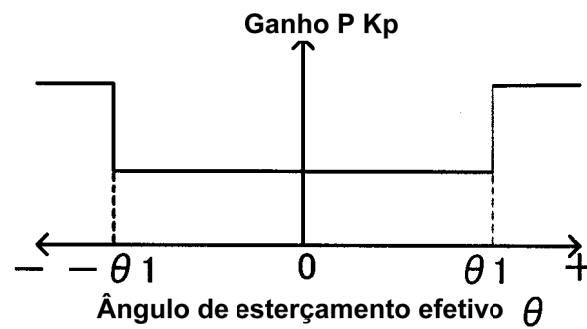


FIG.6A

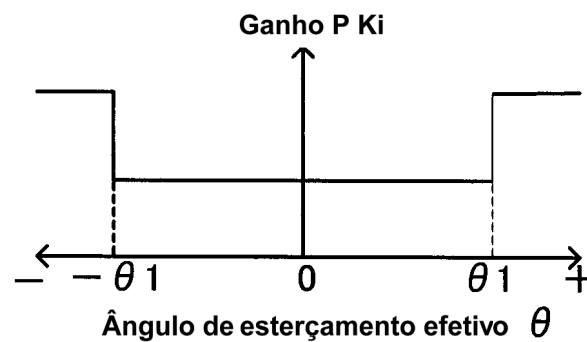


FIG.6B

5/23

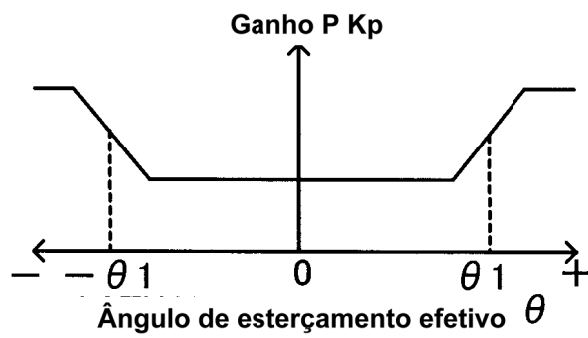


FIG.7A

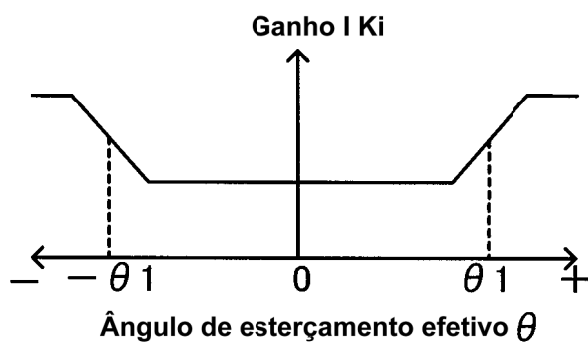


FIG.7B

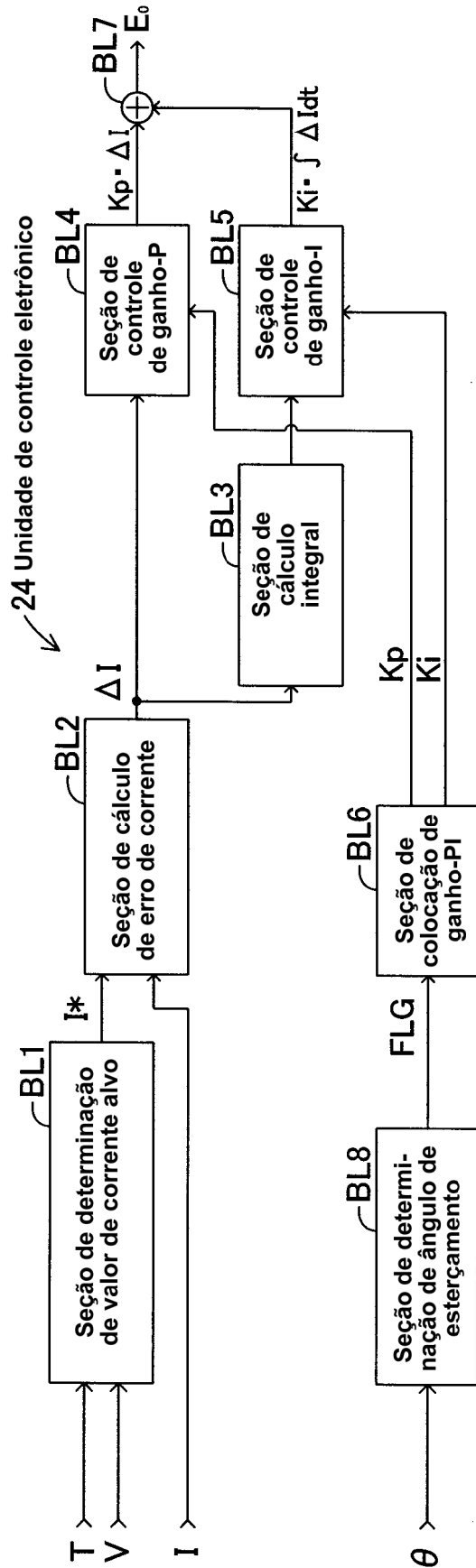


FIG.8

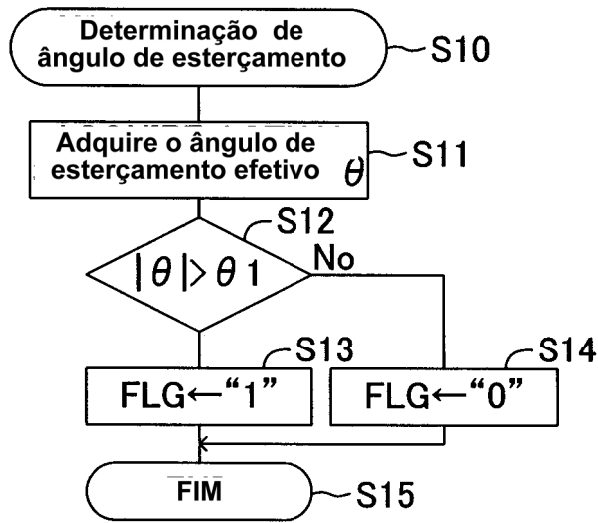


FIG.9

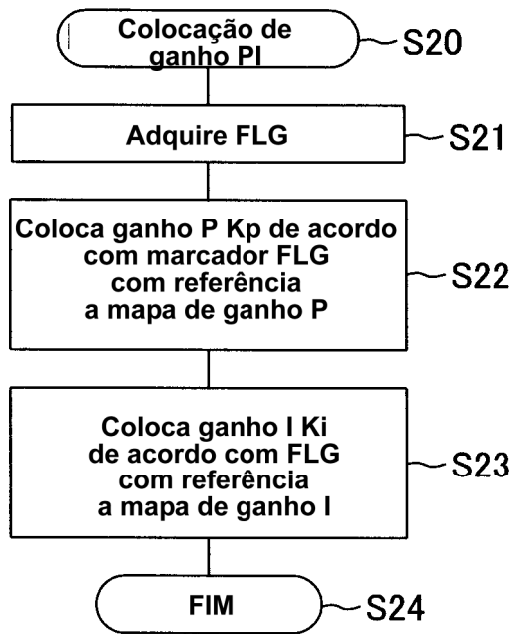


FIG.10

	FLG="0"	FLG="1"
Ganho P	Kp1	Kp2
Ganho I	Ki1	Ki2

Constante ordinária \uparrow \uparrow Constante para enfrentar ruído anormal

FIG.11

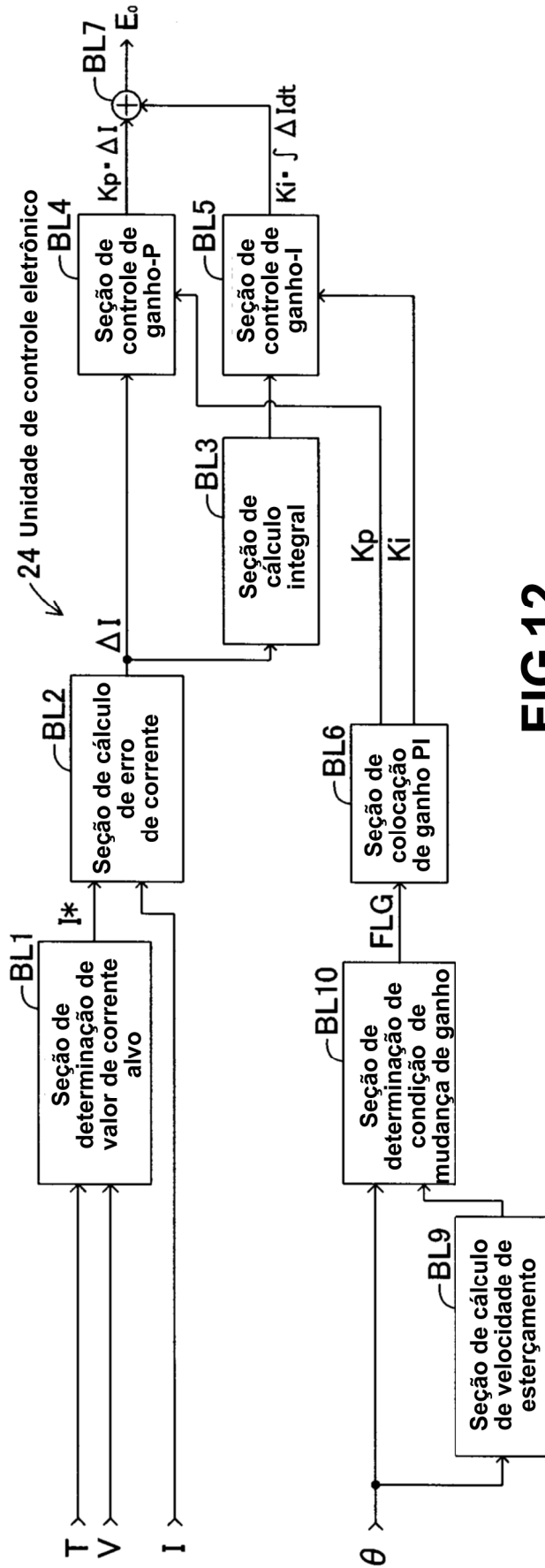


FIG.12

9/23

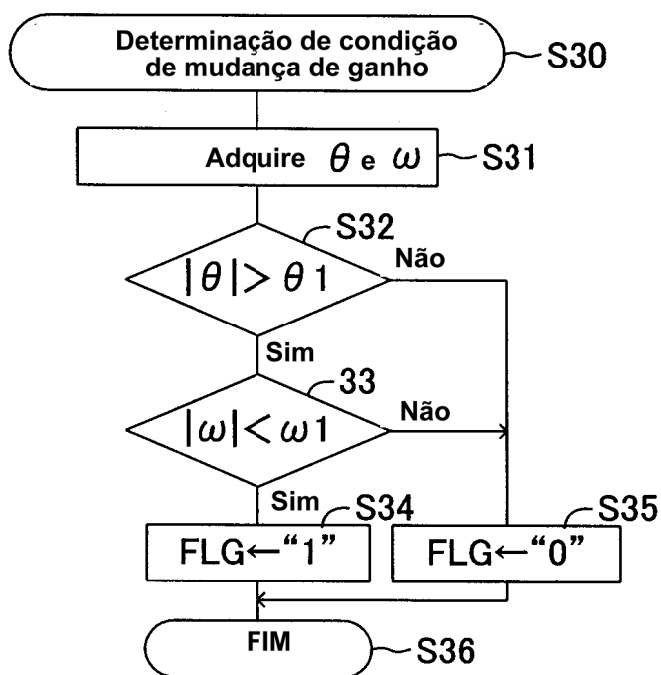


FIG.13

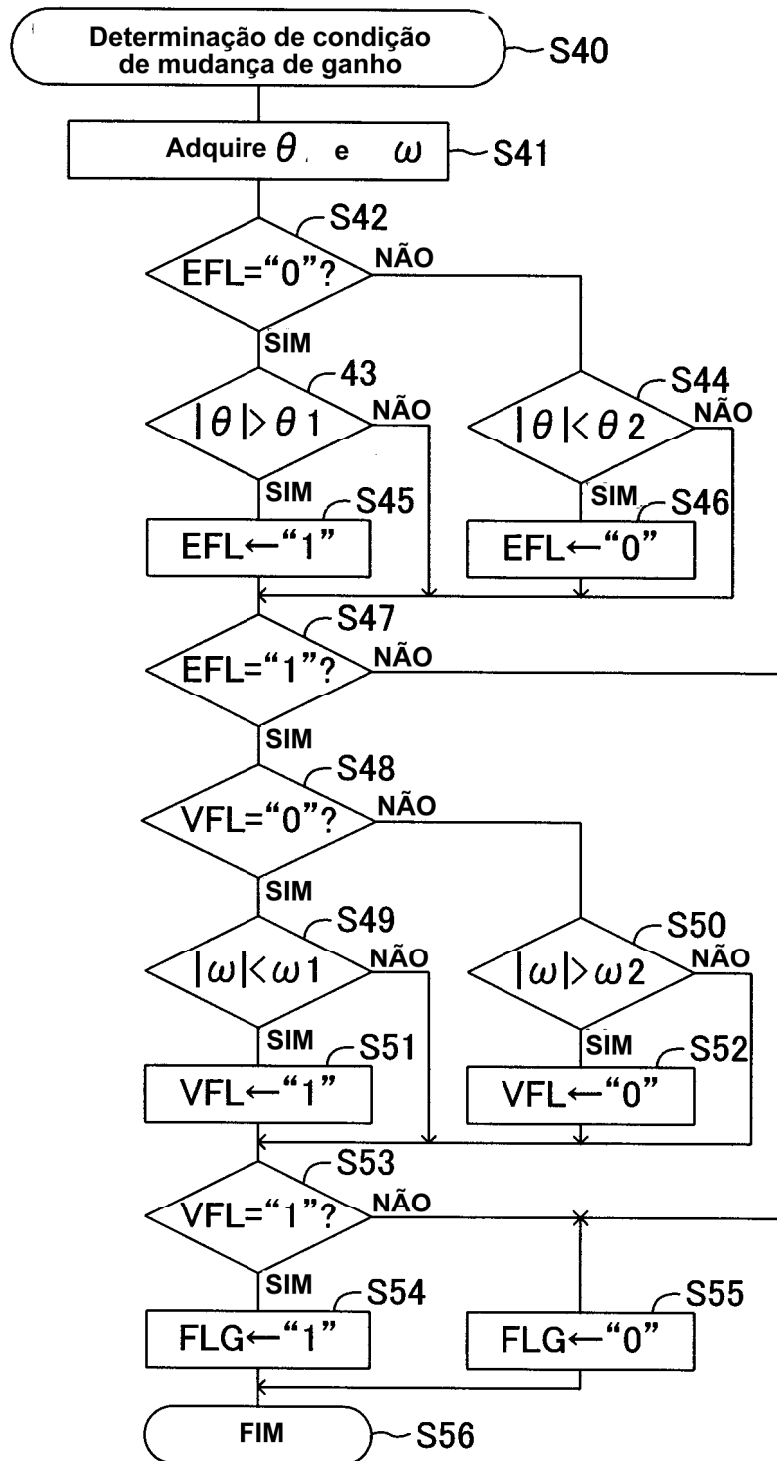


FIG.14

11/23

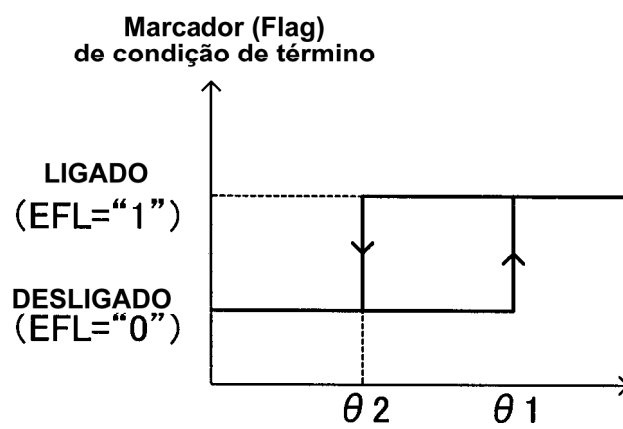


FIG.15A

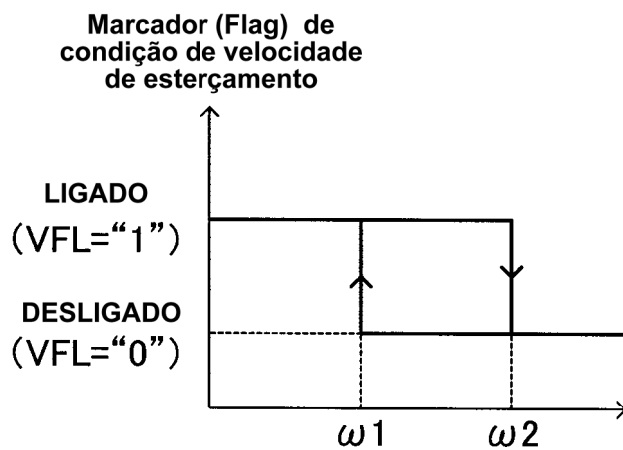


FIG.15B

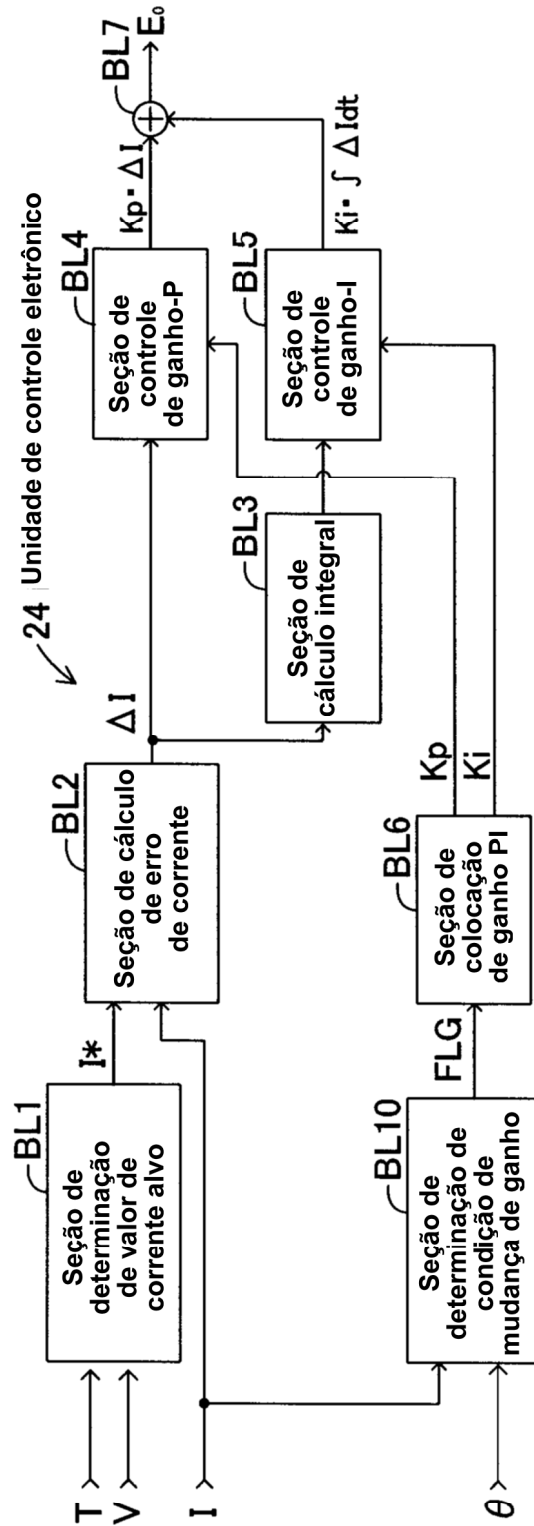


FIG.16

13/23

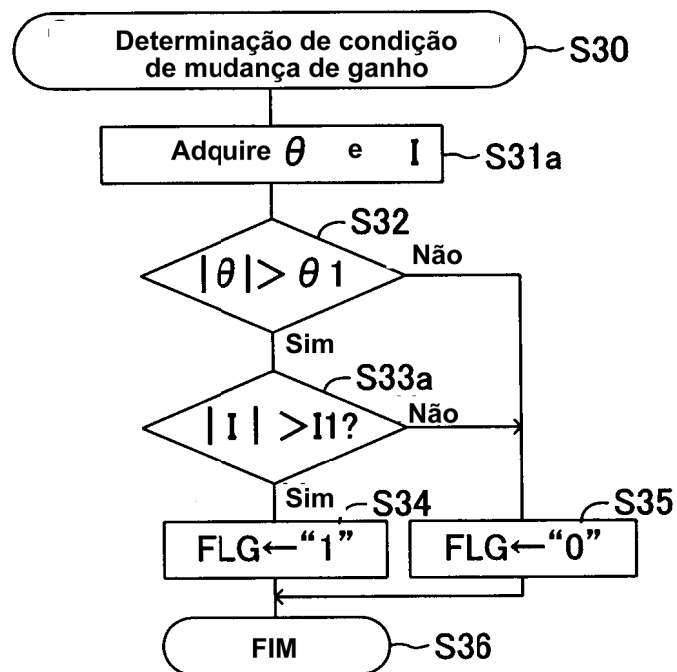


FIG.17

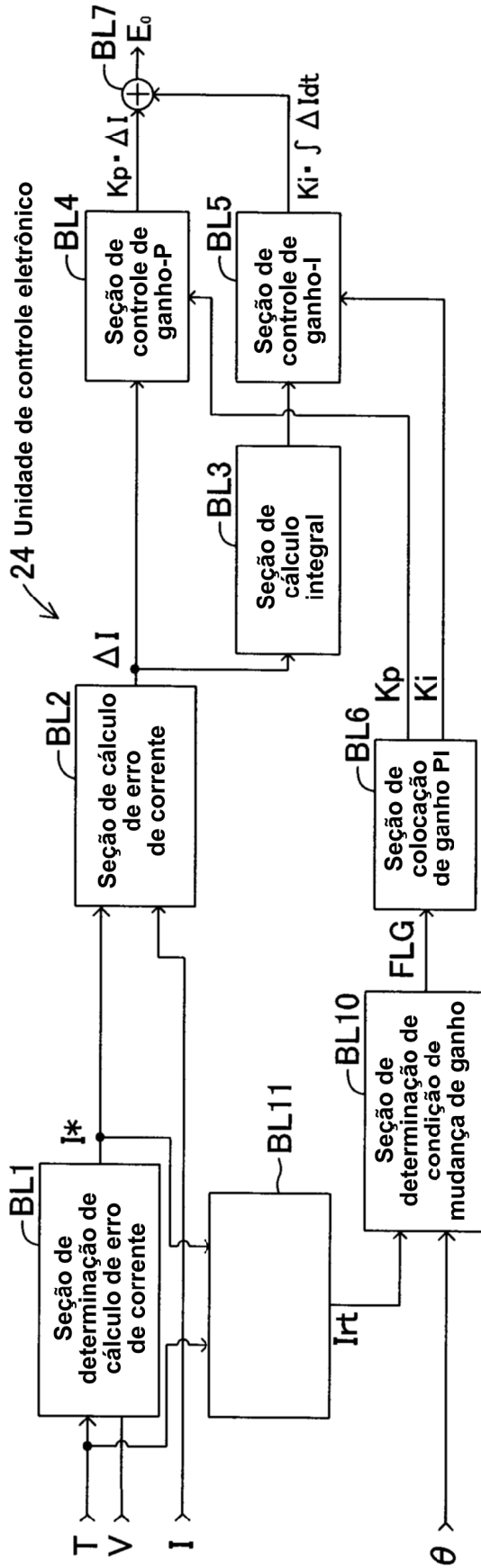


FIG.18

15/23

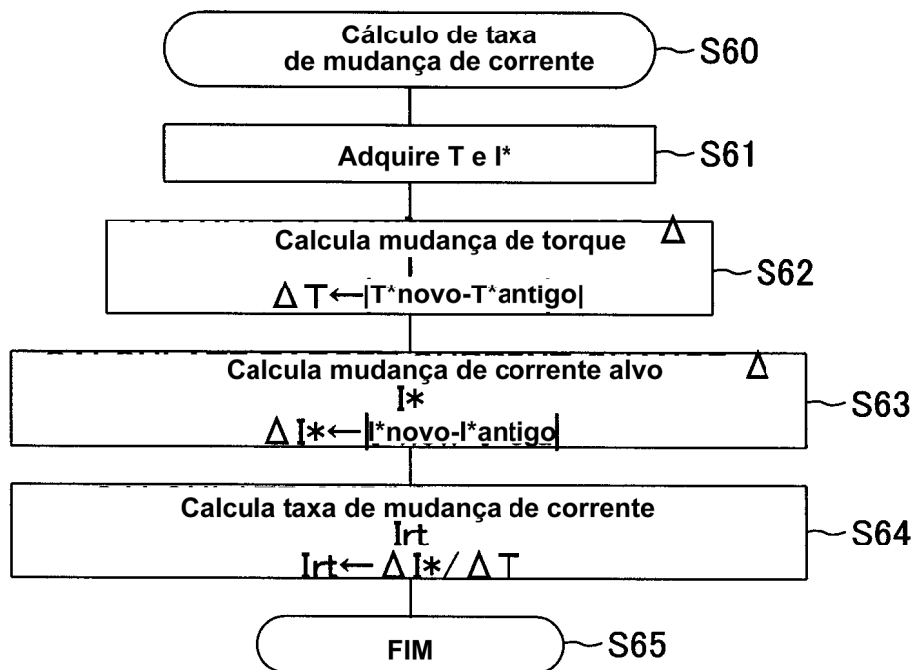


FIG.19

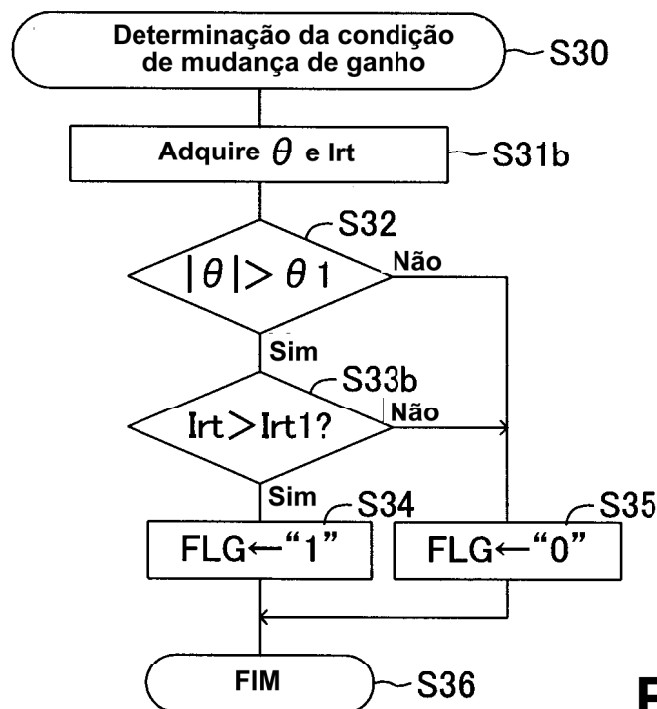


FIG.20

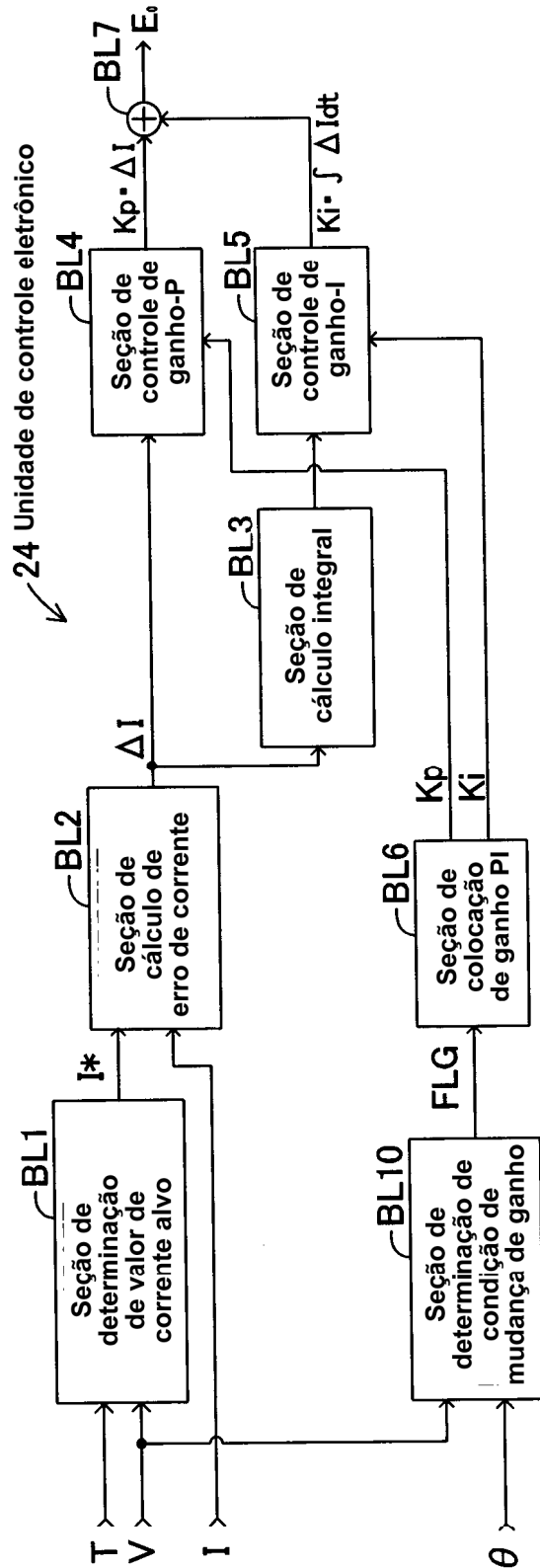


FIG.21

17/23

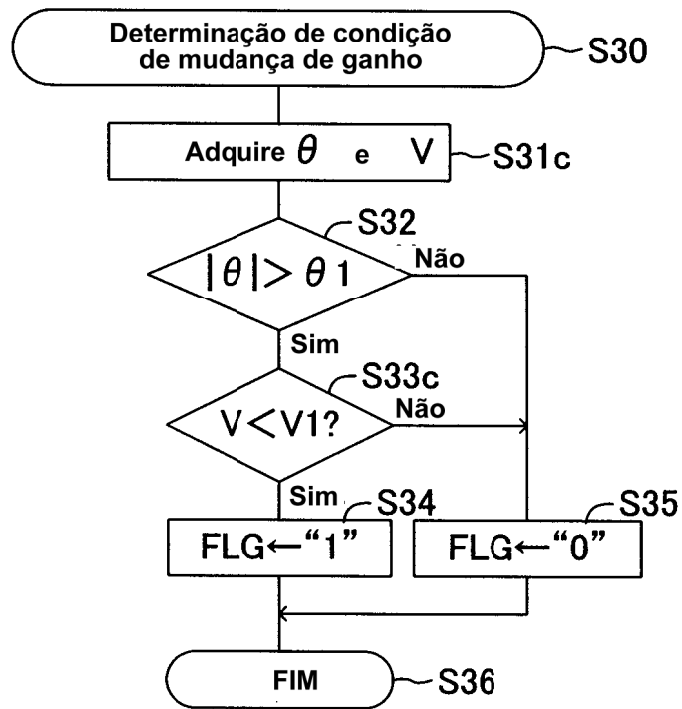


FIG.22

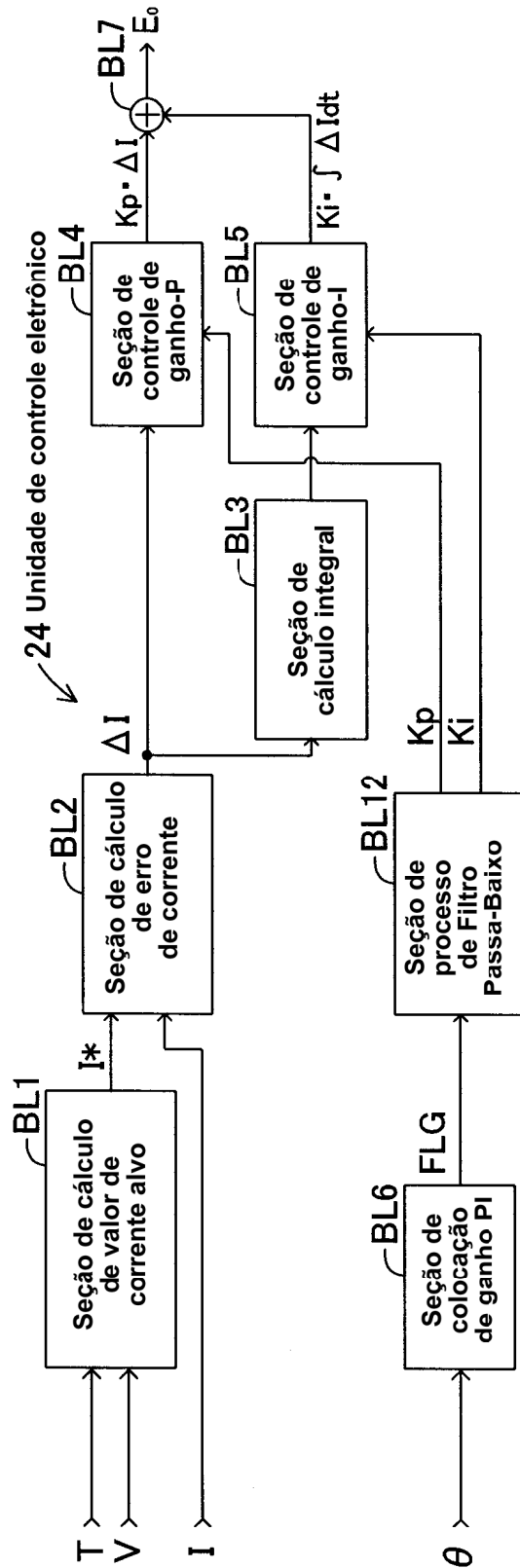


FIG.23

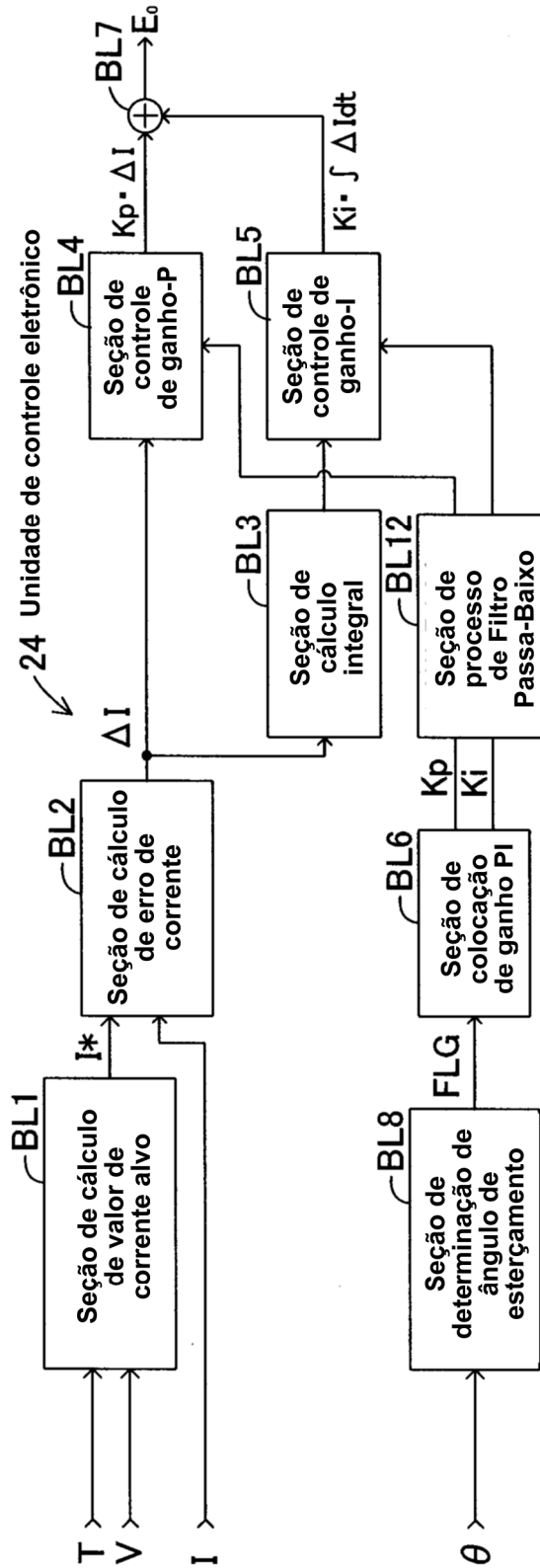


FIG.24

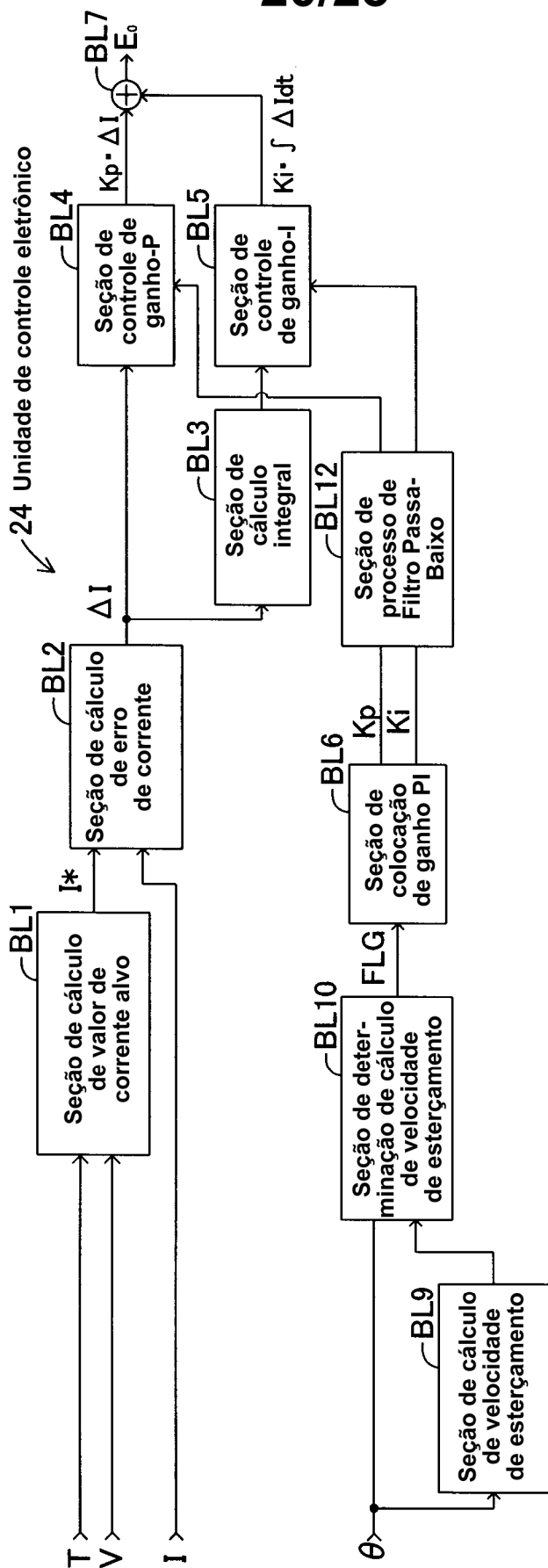


FIG.25

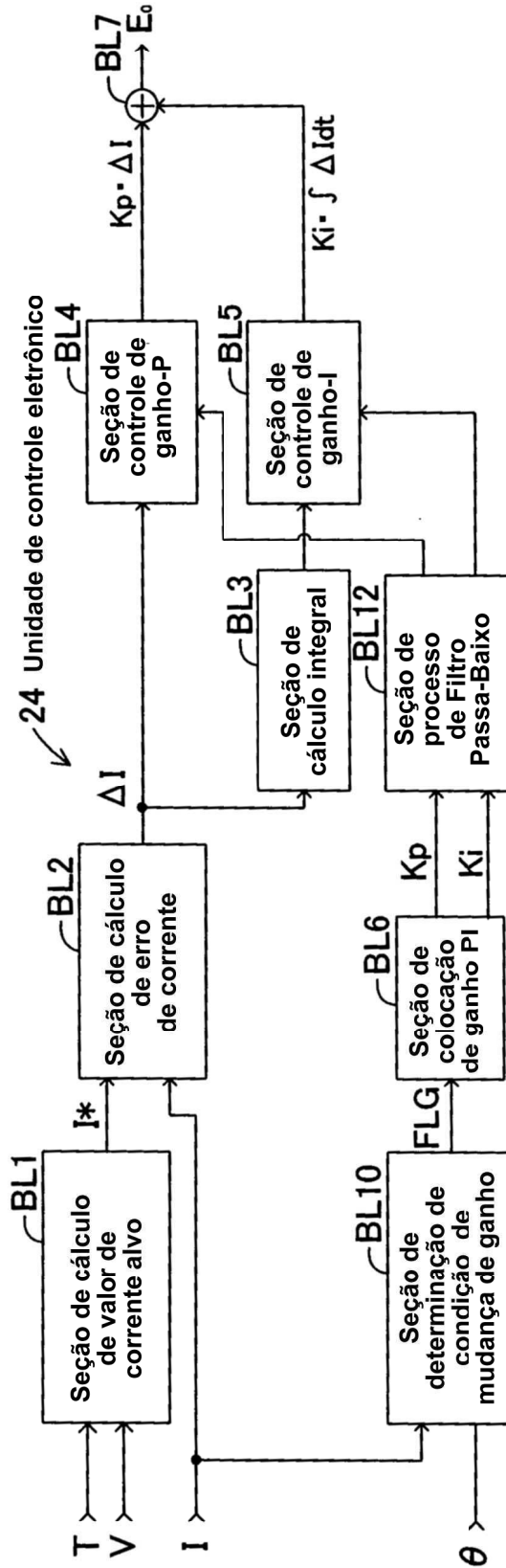


FIG.26

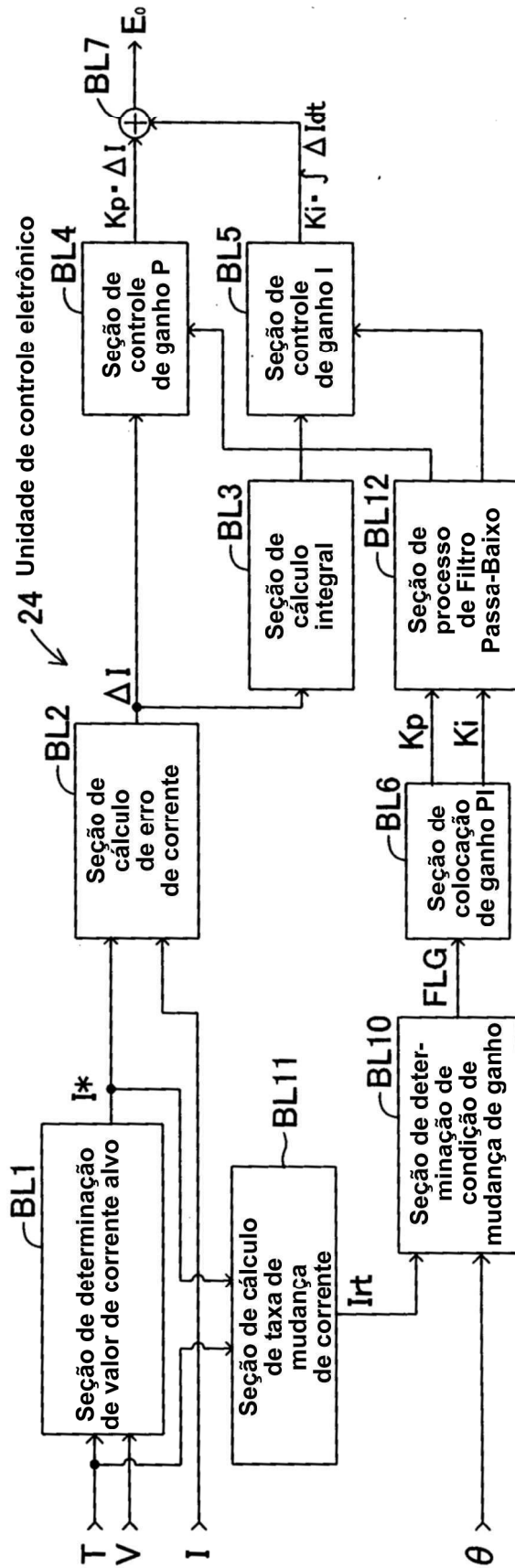


FIG.27

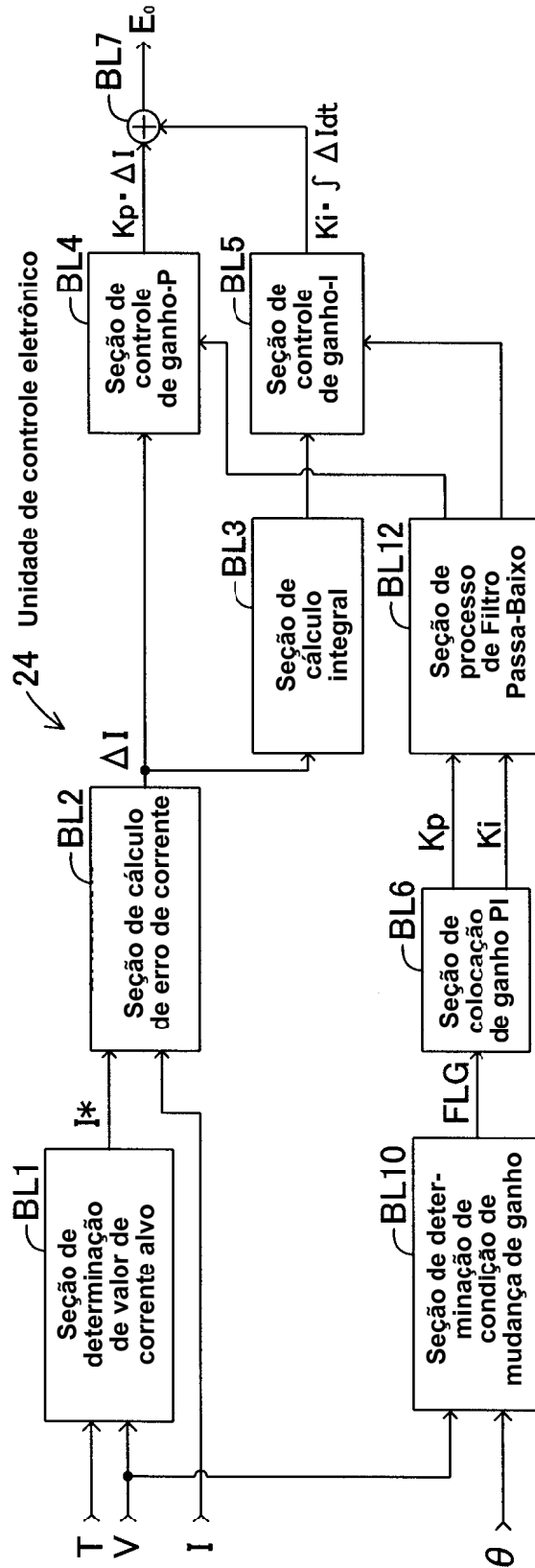


FIG.28