



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(21) PI 0923687-2 A2



(22) Data do Depósito: 02/11/2009

(43) Data da Publicação Nacional: 11/08/2020

(54) Título: SISTEMA DE CONTROLE DE MOTOR ELÉTRICO

(51) Int. Cl.: H02P 27/06; H02M 7/48; B60L 3/00; B60L 11/14.

(30) Prioridade Unionista: 26/12/2008 JP 2008-333639.

(71) Depositante(es): HONDA MOTOR CO.,LTD.

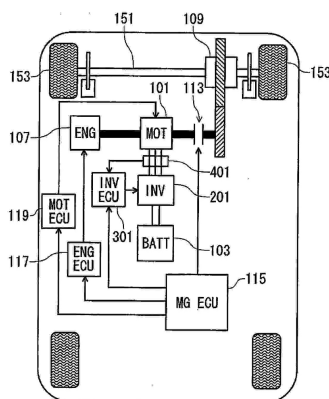
(72) Inventor(es): YASUYUKI DANJO; NAOKI IMAI; YUJI FUJITA; FUMIO ANRAKU.

(86) Pedido PCT: PCT JP2009068784 de 02/11/2009

(87) Publicação PCT: WO 2010/073819 de 01/07/2010

(85) Data da Fase Nacional: 24/06/2011

(57) **Resumo:** SISTEMA DE CONTROLE DE MOTOR ELÉTRICO. É proporcionado um sistema de controle para um motor elétrico ao qual é fornecida energia elétrica oriunda de uma fonte de alimentação dc via um inversor de múltiplas fases, sendo que o inversor de múltiplas fases inclui unidades de comutação proporcionadas respectivamente em um lado positivo e em um lado negativo de braços correspondentes a respectivas fases, cada unidade de comutação incluindo um elemento de comutação e um diodo de refluxo conectado a ela em paralelo. O sistema de controle compreende uma unidade de detecção de corrente de fase para detectar correntes de fase que fluem entre o inversor e o motor elétrico, uma unidade de aquisição de componente DC para adquirir componentes DC das respectivas correntes de fase e uma unidade de determinação de curto-circuito para determinar que ocorre uma falha por curto-circuito no inversor quando pelo menos um dos componentes DC das correntes de fase adquiridas pela unidade de aquisição de componente DC excede um limite. Conseqüentemente, a falha por curto-circuito do inversor pode ser detectada mesmo que o controle do motor elétrico esteja parado.



Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"SISTEMA DE CONTROLE DE MOTOR ELÉTRICO"**.

CAMPO TÉCNICO

[0001] A presente invenção refere-se a um sistema de controle para um motor elétrico ao qual é fornecida energia elétrica a partir de uma fonte de alimentação de corrente contínua (CC) via um inversor de múltiplas fases em que uma unidade de comutação, que inclui um elemento de comutação e um diodo de refluxo conectado em paralelo ao elemento de comutação, é proporcionada em cada lado positivo e lado negativo de cada um dos braços de respectivas fases.

ANTECEDENTES DA TÉCNICA

[0002] Um HEV (Hybrid Electrical Vehicle – Veículo Elétrico Híbrido) funciona com a força de acionamento de um motor de combustão interna e/ou motor elétrico. A Figura 14 é um diagrama de bloco de uma configuração interna do HEV. No HEV (a partir daqui, será referido simplesmente como “veículo”) mostrado na Figura 14, a força de acionamento oriunda de um motor de combustão interna (ENG) 107 e/ou motor elétrico (MOT) 101 é transmitida às rodas de tração 153 via uma caixa de engrenagem 109 e um eixo motor 151. No veículo mostrado na Figura 14, um rotor do motor elétrico 101 é conectado diretamente a um eixo motor do motor de combustão interna 107. Assim, quando o motor de combustão interna 107 funciona, o rotor do motor elétrico 101 também gira.

[0003] O motor de combustão interna 107 gera uma força de acionamento (um torque de saída) para fazer o veículo funcionar. Um motor ECU (ENG ECU) 117 controla o motor de combustão interna 107. O motor elétrico 101 é um motor CA de três fases, por exemplo, e gera uma força propulsora (um torque de saída) para fazer o veículo funcionar. Um motor ECU (MOT ECU) 119 controla o motor elétrico 101. Uma bateria (BATT) 103 é uma fonte de alimentação CC e fornece energia

elétrica ao motor elétrico 101 via um inversor 105. A voltagem de saída da bateria 103 é uma voltagem alta (por exemplo, 100 a 200 V). O inversor 105 converte uma corrente CC oriunda da bateria 103 em correntes CA de três fases. Um inversor ECU (INV ECU) 111 controla o inversor 105.

[0004] Uma embreagem 113 interrompe ou conecta uma linha de transmissão de força de acionamento oriunda do motor interno 107 e/ou o motor elétrico 101 para as rodas de tração 153 com base em uma instrução de ECU de gerenciamento 115. Quando a embreagem é desengatada, a força de acionamento não é transmitida para as rodas de tração 153, mas quando a embreagem 113 é engatada, a força de acionamento é transmitida para a roda de acionamento 153. A caixa de engrenagem 109 é uma transmissão que converte a força de acionamento oriunda do motor de combustão interna 107 e/ou do motor elétrico 101 em uma velocidade e torque rotacional a razões de engrenagem desejáveis para transmissão para o eixo motor 151.

[0005] O ECU de gerenciamento 115 controla o motor de combustão interna 107, o motor elétrico 101 e o inversor 105, instrui a embreagem 113 a ser engatada ou desengatada e instrui a caixa de engrenagem 109 a mudar suas razões de engrenagem.

[0006] A Figura 15 é um diagrama de bloco de um sistema de acionamento instalado no veículo mostrado na Figura 14 para acionar o motor elétrico 101. Conforme mostrado na Figura 15, no inversor 105, braços 1u, 1v, 1w, são proporcionados correspondentemente às fases (fase U, fase V, fase W) do motor elétrico 101 e os braços 1u, 1v, 1w são conectados em paralelo a um capacitor de uniformização C entre os terminais de fornecimento de energia 2a, 2b. Pontos centrais dos respectivos braços 1u, 1v, 1w são conectados a uma armadura de fase U Au, uma armadura de fase V Av e a uma armadura de fase W Aw do motor elétrico 101, respectivamente.

[0007] Uma unidade de comutação inclui um elemento de comutação como IBGT ou MOSFET e um diodo de refluxo conectado em paralelo ao elemento de comutação. Tal unidade de comutação é proporcionada em cada lado negativo e positivo em cada um dos respectivos braços. Por exemplo, para cada um dos respectivos braços, uma unidade de comutação 5a, incluindo um elemento de comutação 3a e um diodo de refluxo 4a, é proporcionado em um lado positivo e uma unidade de comutação 5b, incluindo um elemento de comutação 3b e um diodo de refluxo 4b, é proporcionado em um lado negativo. Em cada braço, um coletor do elemento de comutação do lado positivo 3a e um catodo do diodo de refluxo do lado positivo 4a, são conectados ao terminal da fonte de alimentação no lado positivo 2a e um emissor do elemento de comutação no lado negativo 3b e um anodo do diodo de refluxo no lado negativo 4b são conectados ao terminal de alimentação de energia no lado negativo 2b. Um terminal positivo da bateria 103 é conectada ao terminal da fonte de alimentação no lado positivo 2a via um contator SW.

[0008] Cada elemento de comutação é controlado via liga/desliga por um sinal de controle oriundo do ECU inversor 111. Um resistor de porta R é conectado a um terminal de porta de cada elemento de comutação e um sinal de controle do inversor ECU 111 é inserido no terminal da porta via resistor de porta R.

[0009] Quando é gerada uma falha em que o valor da resistência do resistor de porta R é aumentado, a velocidade de comutação do elemento de comutação se torna baixa e a perda de comutação é aumentada, onde a temperatura do elemento de comutação é aumentada. Como resultado, ocorre uma fuga térmica no elemento de comutação, o que pode resultar em uma falha por curto-circuito. Adicionalmente, quando o inversor 105, que inclui o elemento de comutação em curto-circuito, é usado continuamente, uma corrente maior do que a corrente

normal, flui e, conseqüentemente, o motor elétrico 101 ou de fios de três fases, pode falhar. Logo, no Documento de Patente 1, para impedir a ocorrência de mal funcionamento ou de problemas no motor elétrico 101 ou fios de três fases quando ocorre uma falha por curto-circuito no inversor 105, uma corrente mais alta é impedida de fluir para o inversor 105.

[00010] Por exemplo, no Documento de Patente 1, quando o elemento de comutação da parte de comutação 5b, para a qual flui uma corrente da fase U, entra em curto-circuito, o inversor ECU 111 controla os elementos de comutação das partes de comutação 5b que são fornecidas no lado negativo e controla os elementos de comutação das unidades de comutação 5a que são proporcionadas no lado positivo. Conseqüentemente, é produzido um estado em que as extremidades do inversor 105 das armaduras Au, Av, Aw das respectivas fases do motor elétrico 101 estão substancialmente em curto-circuito com relação uma à outra. A partir daqui este estado será referido como “estado de curto-circuito de três fases”. E um controle para gerar o estado de curto-circuito de três fases no motor elétrico 101 será referido como “controle de curto-circuito de três fases”. A Figura 16, mostra exemplos de formas de onda das respectivas fases que são geradas quando o rotor do motor elétrico 101, que está no estado em curto circuito de três fases, é girado pelo acionamento do motor de combustão interna 107.

DOCUMENTO DA TÉCNICA RELACIONADA

DOCUMENTO DE PATENTE DA TÉCNICA

[00011] Documento de Patente 1: JP-2008-220045-A

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

Problema que a Invenção Deve Solucionar

[00012] Quando o motor elétrico 101 funciona, o ECU do inversor 222 PWM controla o inversor 105, tal que os dois elementos de comutação 3a, 3b de cada braço não são colocados em um estado ON (um estado

energizado) simultaneamente. Quando qualquer uma das unidades de comutação entra em curto-circuito e falha, ambas as unidades de comutação 5a, 5b do braço, incluindo a unidade de comutação em curto-circuito, são energizadas simultaneamente. Enquanto o motor elétrico 101 está em operação, é fornecida energia elétrica oriunda da bateria 103 e é recebida pelo motor elétrico 101. Conseqüentemente, uma grande corrente (uma corrente de curto-circuito) flui para ambas as unidades de comutação 5a, 5b do braço, incluindo a unidade de comutação em curto-circuito. No Documento de Patente 1, durante a operação do motor elétrico 101, quando a unidade de comutação do lado positivo 5a e a unidade de comutação do lado negativo 5b do braço correspondente a qualquer uma das fases do inversor 105, são energizadas simultaneamente, é detectada a falha por curto-circuito do inversor 105.

[00013] No veículo mostrado na Figura 14, o motor ECU 119 pode não controlar de maneira alguma o motor elétrico 101 quando o veículo funciona apenas na força de acionamento oriunda do motor de combustão interna 107. Como isso ocorre, o inversor ECU 111 controla o desligamento de todos os elementos de comutação e abre o contator SW proporcionado entre a bateria 103 e o terminal da fonte de alimentação no lado positivo 2a.

[00014] Neste estado, ambas as unidades de comutação 5a, 5b do braço correspondente a qualquer das fases, não são energizadas simultaneamente. Logo, neste estado, a falha por curto-circuito do inversor 105 não é detectada pela função de detecção de curto-circuito possuída pelo Documento de Patente 1. Quando a falha por curto-circuito não é detectada, embora o inversor 105 falhe por causa do curto-circuito, o inversor ECU 111 não executa o controle do curto-circuito de três fases, e assim, eventualmente, é gerado um mau funcionamento ou falha no motor elétrico 101 ou nos fios de três fases.

[00015] Um objetivo da invenção é proporcionar um sistema de controle para um motor elétrico que possa detectar uma falha por curto-circuito do inversor, mesmo quando o motor elétrico estiver parado.

Meios para Solucionar o Problema

[00016] A reivindicação 1 proporciona um sistema de controle para um motor elétrico (por exemplo, um motor elétrico 101 em uma modalidade) ao qual é fornecida energia elétrica oriunda de uma fonte de alimentação CC (por exemplo, uma bateria 103 na modalidade) via um inversor de múltiplas fases (por exemplo, um inversor 201, 203 na modalidade), sendo que o inversor de múltiplas fases inclui unidades de comutação (por exemplo, unidades de comutação 5a, 5b na modalidade) proporcionadas respectivamente em um lado positivo e em um lado negativo de braços correspondentes a respectivas fases (por exemplo, braços 1u, 1v, 1w na modalidade), cada unidade de comutação incluindo um elemento de comutação (por exemplo, elementos de comutação 3a, 3b) e um diodo de refluxo (por exemplo, diodos de refluxo 4a, 4b na modalidade) conectado em paralelo, compreendendo:

[00017] uma unidade de detecção de corrente (por exemplo, um sensor de corrente de fase 401 na modalidade) para detectar correntes de fase que fluem entre o inversor e o motor elétrico;

[00018] uma unidade de aquisição de componente CC (por exemplo, uma unidade de aquisição de componente CC 501 na modalidade) para adquirir componentes CC das respectivas correntes de fase; e

[00019] uma unidade de determinação de curto circuito (por exemplo, uma unidade de determinação de curto-circuito 503 na modalidade) para determinar se ocorre uma falha por curto-circuito no inversor quando pelo menos um dos componentes CC das correntes de fase adquiridas pela unidade de aquisição de componente CC exceder um limite.

[00020] A reivindicação 2 proporciona o sistema, com base na Reivindicação 1, compreendendo adicionalmente:

[00021] uma unidade de controle de comutação (por exemplo, uma unidade de controle de curto-circuito de três fases 505) para controlar a ligação de todos os elementos de comutação proporcionados no lado positivo ou no lado negativo e controlar o desligamento de todos os elementos de comutação proporcionados no lado oposto, entre os elementos de comutação incluídos no inversor.

[00022] A reivindicação 3 proporciona o sistema, com base na reivindicação 2, compreendendo adicionalmente:

[00023] uma unidade de detecção de corrente (por exemplo, unidades de detecção de corrente Seu, Sev, Sew na modalidade) para detectar uma corrente que flui para os dois elementos de comutação proporcionados no lado positivo e no lado negativo de cada fase,

[00024] em que, quando um valor de corrente detectado pela unidade de detecção de corrente for igual ou maior do que um limite, a unidade de controle de comutação controla o desligamento de todos os elementos de comutação do lado controlado ligado e controla a ligação de todos os elementos de comutação do lado controlado desligado.

[00025] A reivindicação 4 proporciona o sistema, com base na reivindicação 2, compreendendo adicionalmente:

[00026] uma unidade de determinação de lado de curto-circuito (por exemplo, uma unidade de determinação de lado de curto-circuito 507 na modalidade) para determinar um lado onde ocorre a falha por curto-circuito da unidade de comutação com base em polaridades de corrente de fase por uma força eletromotriz de retorno gerada no motor elétrico quando todos os elementos de comutação incluídos no inversor estão desligados,

[00027] em que a unidade de controle de comutação controla a liga-

ção de todos os elementos de comutação proporcionados no lado determinado pela unidade de determinação de lado de curto-circuito e controla o desligamento de todos os elementos de comutação proporcionados no lado oposto.

[00028] A reivindicação 5 proporciona um sistema de controle para um motor elétrico (por exemplo, um motor elétrico 101 em uma modalidade) para o qual é fornecida energia elétrica oriunda de uma fonte de alimentação CC (por exemplo, uma bateria 103 na modalidade) via um inversor de três fases (por exemplo, um inversor 201, 203 na modalidade), sendo que o inversor de três fases inclui unidades de comutação (por exemplo, unidades de comutação 5a, 5b na modalidade) proporcionadas respectivamente em um lado positivo e em um lado negativo de braços correspondentes a respectivas fases (por exemplo, braços 1u, 1v, 1w na modalidade), sendo que cada unidade de comutação inclui um elemento de comutação (por exemplo, elementos de comutação 3a, 3b) e um diodo de refluxo (por exemplo, diodos de refluxo 4a, 4b na modalidade) conectados em paralelo a ela, compreendendo:

[00029] uma unidade de detecção de corrente de fase (por exemplo, um sensor de corrente de fase 401 na modalidade) incluindo três sensores para detectar correntes de fase que fluem entre o inversor e o motor elétrico;

[00030] uma unidade de aquisição de componente CC (por exemplo, uma unidade de aquisição de componente CC 501 na modalidade) para adquirir componentes CC das respectivas correntes de fase e

[00031] uma unidade de aquisição de componente CC (por exemplo, uma unidade de aquisição de componente CC 501 na modalidade) para a aquisição de componentes CC das respectivas correntes de fase e

[00032] uma unidade de determinação de curto-circuito (por exemplo, uma unidade de determinação de curto-circuito 503 na modalidade) para determinar se ocorre falha por curto-circuito no inversor quando

pelo menos dois dos componentes CC das três correntes de fase adquiridas pela unidade de aquisição de componente CC exceder um limite.

[00033] A reivindicação 6 proporcionado o sistema, com base na reivindicação 5,

[00034] em que a unidade de determinação de curto-circuito determina se ocorre falha por curto-circuito no inversor quando todos os componentes CC das três correntes de fase excederem o limite e determina não apenas que a falha de curto-circuito ocorre no inversor como também se um dos sensores que constituem a unidade de detecção de corrente de fase falha quando dois dos componentes CC das três correntes de fase excedem o limite.

[00035] A reivindicação 7 proporciona o sistema, com base na reivindicação 5, compreendendo ainda:

[00036] uma unidade de controle de comutação para controlar a ligação de todos os elementos de comutação proporcionados no lado positivo ou no lado negativo e controlar o desligamento de todos os elementos de comutação proporcionados no lado oposto, entre os elementos de comutação incluídos no inversor.

[00037] A reivindicação 8 proporciona o sistema, com base na reivindicação 7, compreendendo adicionalmente:

[00038] uma unidade de detecção de corrente para detectar uma corrente que flui para os elementos de comutação proporcionados no lado positivo e no lado negativo de cada fase,

[00039] em que, quando um valor de corrente detectado pela unidade de detecção de corrente é igual ou maior a um limite, a unidade de controle de comutação controla o desligamento de todos os elementos de comutação do lado controlado que está ligado e controla todos os elementos de comutação do lado controlado desligado.

[00040] Vantagem da Invenção

[00041] De acordo com os sistemas de controle de motor elétrico das reivindicações 1 a 8, a falha por curto-circuito do inversor pode ser detectada mesmo que o controle do motor elétrico esteja parado.

[00042] De acordo com os sistemas de controle de motor elétrico das reivindicações 2 a 4 e 7 a 8, o motor elétrico pode ser controlado com base no controle de curto-circuito de três fases.

[00043] De acordo com os sistemas de controle de motor elétrico das reivindicações 3, 4 e 8, o motor elétrico pode ser controlado com base no controle de curto-circuito de três fases ao mesmo tempo em que impede uma grande corrente flua para a unidade de comutação que entra em curto-circuito e falha.

[00044] De acordo com o sistema de controle de motor elétrico da reivindicação 6, a falha em curto-circuito do inversor pode ser detectada de um modo seguro.

Breve Descrição dos Desenhos

[00045] A Figura 1 é um diagrama de bloco que mostra uma configuração interna de um HEV equipado com um sistema de controle de motor elétrico, de acordo com a invenção.

[00046] A Figura 2 é um diagrama de bloco que mostra um sistema para acionar um motor elétrico 101 proporcionado no veículo mostrado na Figura 1.

[00047] A Figura 3 mostra linhas de fluxo, direções e grandezas de respectivas correntes de fase que fluem em um inversor 201 quando uma unidade comutadora 5b proporcionada em um lado negativo de um braço 1u entra em curto-circuito e falha, enquanto uma força eletromotriz regressiva está sendo gerada no motor elétrico 101.

[00048] A Figura 4 mostra mudanças de correntes de fase mostradas na Figura 3.

[00049] A Figura 5 mostra mudanças das correntes de fase mostradas na Figura 3 e componentes CC das correntes de fase.

[00050] A Figura 6 mostra linhas de fluxo das correntes de fase quando todos os elementos de comutação 3a em um lado positivo estiverem controlados com uma unidade de comutação 5b em um lado negativo de uma fase U em curto-circuito e falha.

[00051] A Figura 7 mostra linhas de fluxo das correntes de fase quando todos os elementos de comutação 3b no lado negativo estão controlados ligados, ao contrário da Figura 6, com a unidade de comutação 5b no lado negativo de curto-circuito e falha de fase U.

[00052] A Figura 8 mostra correntes de fase fluindo quando um inversor ECU 301 executa o controle de curto-circuito de três fases quando o inversor 201 entra em curto-circuito e falha.

[00053] A Figura 9 é um diagrama de bloco de um sistema para acionar o motor elétrico 101 que inclui um inversor 203 de outra forma.

[00054] A Figura 10 é um diagrama de bloco de um sistema para acionar o motor elétrico 101 que inclui um inversor 303 de outra forma.

[00055] A Figura 11 mostra linhas de fluxo, direções e grandezas de respectivas correntes de fase que fluem no inversor 201 quando uma unidade de comutação 5a proporcionada no lado positivo do braço 1u entra em curto-circuito e falha enquanto uma força eletromotriz regressiva está sendo gerada no motor elétrico 101.

[00056] A Figura 12 mostra uma corrente de fase quando um sensor de corrente de fase 401, falha.

[00057] A Figura 13 é um diagrama de bloco que mostra uma configuração interna de um HEV de outra forma.

[00058] A Figura 14 é um diagrama de bloco que mostra uma configuração interna de um HEV.

[00059] A Figura 15 é um diagrama de bloco que mostra um sistema para acionar um motor elétrico 101 proporcionado no veículo mostrado na Figura 14.

[00060] A Figura 16 mostra exemplos de formas de onda de correntes de fase geradas quando um rotor de um motor elétrico 101 que está em um estado em curto-circuito de três fases, é acionado por um motor de combustão interna 107.

Modo para Realizar a Invenção

[00061] A partir daqui a modalidade da invenção será descrita por referência aos desenhos.

[00062] Um HEV (Hybrid Electrical Vehicle – Veículo Elétrico Híbrido) funciona pela força de acionamento de um motor de combustão interna e/ou de um motor elétrico.

(Primeira Modalidade)

[00063] A Figura 1 é um diagrama de bloco que mostra uma configuração interna de um HEV equipado com um sistema de controle de motor elétrico de acordo com a invenção. Um HEV (a partir daqui referido simplesmente como “veículo”) mostrado na Figura 1, inclui um motor elétrico (MOT) 101, uma bateria (BATT) 103, um inversor (INV) 201, um motor de combustão interna (ENG) 107, uma ECU de gerenciamento (MG ECU) 115, uma ECU de motor (ENG ECU) 301, um sensor de corrente de fase 401, uma embreagem 113, uma caixa de transmissão 109, um eixo motor 151 e rodas de tração 153. Os elementos constituintes que não o inversor 201, ECU de inversor 301 e o sensor de corrente de fase 401 são iguais aos elementos constituintes correspondentes no veículo mostrado na Figura 14. Assim, na Figura 1, numerais de referência similares são dados aos elementos constituintes comuns àqueles mostrados na Figura 14.

[00064] No veículo mostrado na Figura 1, como o veículo mostrado na Figura 14, uma força de acionamento do motor de combustão interna 107 e/ou do motor elétrico 101 é transmitida para as rodas de tração 153, via caixa de transmissão 109 e eixo motor 151. Em adição, no veículo mostrado na Figura 1, um rotor do motor elétrico 101 é conectado

diretamente a um eixo motor do motor de combustão interna 107. Assim, quando o motor de combustão interna 107 funciona, o rotor do motor elétrico 101 também gira.

[00065] A Figura 2 é um diagrama de bloco que mostra um sistema instalado no veículo para acionar o motor elétrico 101. O motor elétrico 101 é um motor CA de três fases, por exemplo. A bateria 103 é uma fonte de alimentação CC e fornece energia elétrica ao motor elétrico 101, via inversor 201. Uma voltagem de saída da bateria 103 é uma alta voltagem (por exemplo, 100 a 200 V). O inversor 201 converte uma corrente CC em correntes CA de três fases. O inversor 201 tem unidades de detecção de corrente Seu, Sev, Sew para detectar correntes fluindo para os elementos de comutação 3a e 3b de respectivas fases. As unidades de detecção de corrente Seu, Sev, Sew são proporcionadas entre o terminal da fonte de alimentação negativo 2b e as respectivas unidades de comutação 5b das fases. Sinal indicando correntes detectadas pelas unidades de detecção de corrente Seu, Sev, Sew são enviados para o inversor ECU 301.

[00066] O inversor ECU 301 controla o inversor 201. Conforme mostrado na Figura 2, o inversor ECU 301 desta modalidade tem uma unidade de aquisição de componente CC 501, uma unidade de determinação de curto-circuito 503 e uma unidade de controle de curto-circuito de três fases 505. As respectivas operações destas unidades constituintes serão descritas posteriormente em detalhes. O sensor de corrente de fase 401 inclui três sensores para detectar respectivas correntes de fase do motor elétrico 101. Sinais indicativos das respectivas correntes de fase detectadas pelo sensor de corrente de fase 401 são enviados para o inversor ECU 301. Outros elementos constituintes que não as unidades de detecção de corrente Seu, Sev, Sew do inversor 201 mostrado na Figura 2, o inversor ECU 301 e o sensor de corrente de fase 401 são

similares aos elementos constituintes correspondentes mostrados na Figura 15. Conseqüentemente, também na Figura 2, numerais de referência similares são dados aos elementos constituintes que são similares àqueles mostrados na Figura 15.

[00067] A partir daqui o controle do inversor 201 pelo inversor ECU 301 desta modalidade será descrito por referência à Figura 2. Quando o motor elétrico 101, que é controlado pelo motor ECU 119, está em operação, o inversor ECU 301 PWM controla o inversor 201, tal que os dois elementos de comutação 3a, 3b de cada braço não são colocados em um estado ON (um estado energizado) simultaneamente. Quando o motor elétrico 101 está em operação, é fornecida energia elétrica pela bateria 103 e é recebida pelo motor elétrico 101. Por outro lado, quando o controle do motor elétrico 101 pelo motor ECU 119 não é feito de maneira alguma, o ECU do inversor 301 controla o desligamento de todos os elementos de comutação do inversor 201 e abre um contator SW.

[00068] A seguir, serão descritas correntes de fase (uma corrente de fase U, uma corrente de fase V e uma corrente de fase W) do motor elétrico 101, as quais fluem quando o veículo mostrado na Figura 1 funciona somente sob força de acionamento oriunda do motor de combustão interna 107 e o controle do motor elétrico 101 não é realizado. Conforme descrito acima, como o rotor do motor elétrico 101 é conectado diretamente ao eixo motor do motor de combustão interna 107, quando o motor de combustão interna 107 funciona, o rotor do motor elétrico 101 também gira. Conforme isso ocorre, é gerada uma força eletromotriz regressiva no motor elétrico 101.

[00069] Quando o inversor 201 está em um estado normal, todos os elementos de comutação do inversor 201 são controlados para serem desligados pelo ECU inversor 301. Conseqüentemente, mesmo quando é gerada uma força eletromotriz regressiva no motor elétrico 101 pelo funcionamento do motor de combustão interna 107, as correntes de fase

do motor elétrico 101 são substancialmente 0.

[00070] Por outro lado, quando o inversor 201 entra em curto-circuito e falha, as correntes de fase do motor elétrico 101 não são substancialmente 0. A Figura 3 mostra linhas de fluxo, direções e grandezas de correntes de fase fluindo em um determinado momento no inversor 201 quando a unidade de comutação 5b, proporcionada no lado negativo do braço 1u, entra em curto-circuito e falha, enquanto a força eletromotriz regressiva está sendo gerada no motor elétrico 101. Em adição, a Figura 4 mostra mudanças das correntes de fase mostradas na Figura 3. Quando a unidade de comutação entra em curto-circuito e falha, correntes de fase fluem com base na força eletromotriz regressiva gerada no motor elétrico 101. Aqui, uma direção de correntes de fase do inversor 201 para o motor elétrico 101 é referida como positiva e uma direção de correntes de fase do motor elétrico 101 para o inversor 201, é referida como negativa.

[00071] Conforme mostrado nas Figuras 3 e 4, quando a unidade de comutação 5b proporcionada no lado negativo do braço 1u entra em curto-circuito e falha, uma corrente de fase U IU baseada na força eletromotriz regressiva flui para esta unidade de comutação 5b e uma corrente de fase V IV e uma corrente de fase W IW, cujas fases estão deslocadas por 120 graus para os lados positivo e negativo, respectivamente, com relação à corrente de fase U IU, fluem para os diodos de refluxo 4b das unidades de comutação 5b das outras fases. Conforme mostrado na Figura 4, um componente CC da corrente de fase U é deslocado para uma polaridade oposta àquelas dos respectivos componentes CC da corrente de fase V IV e corrente de fase W IW.

[00072] O ECU do inversor 301 desta modalidade detecta uma falha por curto-circuito do inversor 201 com base em respectivas características das correntes de fase. Sinais indicativos de correntes de fase detectadas pelo sensor de corrente de fase 401 são enviados para o ECU

do inversor 301. A unidade de aquisição de componentes CC 501 do ECU do inversor 301 adquire respectivos valores de componente CC das correntes de fase. Os componentes CC das correntes de fase são obtidos calculando-se um valor médio, um valor efetivo ou um valor central das correntes de fase pelo inversor ECU 301 ou tratando as correntes de fase com um filtro passa-baixa. Conforme mostrado na Figura 5, a unidade de determinação de curto-circuito 503 do ECU do inversor 301 determina que o inversor 201 entra em curto-circuito e falha quando pelo menos um dos valores do componente CC exceder um limite I_{th} em valor absoluto.

[00073] Após o inversor ECU 301 detectar a falha por curto-circuito do inversor 201, a unidade de controle de curto-circuito de fase 505 do inversor 301 controla a ligação de todos os elementos de comutação proporcionados no lado positivo ou no lado negativo dos respectivos braços e controla o desligamento de todos os elementos de comutação proporcionados no lado oposto. A Figura 6 mostra linhas de fluxo das correntes de fase quando todos os elementos de comutação 3a no lado positivo dos respectivos braços são controlados com a unidade de comutação 5b no lado negativo da fase U entra em curto-circuito e falha. Como os elementos de comutação ligados controlados são energizados, o motor elétrico 101 é colocado em um estado em curto-circuito em três fases. Como resultado, quando todas as correntes detectadas pelas unidades de detecção de corrente I_{Su} , I_{Sv} , I_{Sw} do inversor 201 são iguais a ou menores do que o limite, o ECU do inversor 301 mantém este estado. Nenhuma grande corrente flui para a unidade de comutação, que entra em curto-circuito e falha mesmo depois disso.

[00074] Quando o inversor do ECU 301 executa o controle acima, a corrente que flui através dos elementos de comutação 3a e 3b de qualquer das fases depende da quantidade de carga elétrica de um capaci-

tor de uniformização C. Conforme a velocidade rotacional do motor elétrico 101, que é girado pelo motor de combustão interna 107, aumenta, a quantidade de carga elétrica acumulada no capacitor de uniformização C também aumenta.

[00075] Como resultado do controle acima, quando mesmo qualquer uma das correntes detectadas pelas unidades de detecção de corrente Seu, Sev, Sew, exceder o limite, a unidade de controle de curto circuito de três fases 505 do ECU de inversor 301 controla o desligamento de todos os elementos de comutação do lado controlado ligado e controla a ligação de todos os elementos de comutação do lado controlado desligado. Ao contrário da Figura 6, a Figura 7 mostra linhas de correntes de fase quando todos os elementos de comutação 3b no lado negativo têm a ligação controlada com a unidade de comutação 5b no lado negativo da fase U, entrando em curto-circuito e falhando. O ECU do inversor 301 mantém este estado.

[00076] Com o ECU do inversor 301 executando o controle de curto-circuito de três fases descrito acima após a detecção da falha por curto-circuito do inversor 201 pelo ECU do inversor 301, todas as correntes de fase pegam formas de onda centralizadas em AO, conforme mostrado na Figura 8.

[00077] No lugar das unidades de detecção de corrente Seu, Sev, Sew, conforme mostrado na Figura 9, uma unidade de detecção de corrente Se pode ser proporcionado entre todas as unidades de comutação 5b proporcionadas em um lado negativo e um capacitor de uniformização C. Conforme isso ocorre, quando uma corrente detectada pela unidade de detecção de corrente elétrica Se é igual a ou menor do que o limite quando a unidade de controle de curto-circuito de três fases 505 do ECU do inversor 301 controla a ligação de todos os elementos de comutação do lado positivo ou do lado negativo de um inversor 203, o

ECU do inversor 301 mantém aquele estado. No entanto, quando a corrente elétrica detectada pela unidade de detecção de corrente elétrica Se exceder o limite, conforme descrito anteriormente, a unidade de controle de curto-circuito de três fases 505 do ECU do inversor 301 controla o desligamento de todos os elementos de comutação do lado ligado controlado e controla a ligação de todos os elementos de comutação do lado controlado desligado.

[00078] Quando o elemento de comutação que tem uma função de detecção de corrente é usado como os elementos de comutação 3a e 3b de cada fase, no lugar das unidades de detecção de corrente Seu, Sev, Sew ou a unidade de detecção de corrente Se, as respectivas funções de detecção de corrente dos elementos de comutação podem ser usadas.

[00079] Ao determinar uma falha de curto-circuito dos inversores 201, 203 com base nas respectivas características das correntes de fase, o ECU do inversor pode determinar se a unidade de comutação em curto-circuito está no lado positivo ou no lado negativo. A Figura 10 é um diagrama de bloco que mostra um sistema para acionar o motor elétrico 101 que inclui um ECU de inversor 303 tendo uma unidade de determinação de lado em curto-circuito 507 para determinar se a unidade de comutação em curto-circuito está no lado positivo ou no lado negativo. Conforme descrito acima, sinais indicando correntes de fase detectadas pelo sensor de corrente de fase 401 são enviados para o ECU do inversor 303. A unidade de determinação do lado em curto-circuito 507 determina um lado onde ocorre a falha por curto-circuito da unidade de comutação com base nas respectivas polaridades de valores de corrente de fase.

[00080] Quando a unidade de comutação no lado negativo entra em curto-circuito e falha, conforme mostrado nas Figuras 3 a 5, nas três

correntes de fase, as duas correntes de fase (corrente de fase V e corrente de fase W) pegam valores positivos, enquanto a corrente de fase remanescente (corrente de fase U) pega um valor negativo. Ao contrário, quando a unidade de comutação no lado positivo entra em curto-circuito e falha, conforme mostrado na Figura 11, nas três correntes de fase, as duas correntes de fase (corrente de fase V e corrente de fase W) pegam valores negativos, enquanto a corrente de fase remanescente (corrente de fase U) pega um valor positivo. Conseqüentemente, a unidade de determinação do lado em curto-circuito 507 do ECU do inversor 303 determina o lado onde ocorre a falha por curto-circuito da unidade de comutação com base em se as duas correntes de fase que têm a mesma polaridade, pegam os valores positivos ou negativos.

[00081] Quando a unidade de determinação do lado em curto-circuito 507 do ECU do inversor 303 determina o lado onde ocorre a falha por curto-circuito da unidade de comutação, a unidade de controle de curto-circuito de três fases 505 do ECU do inversor 303 controla a ligação dos elementos de comutação proporcionados no lado onde ocorre a falha por curto-circuito da unidade de comutação e controla o desligamento dos elementos de comutação proporcionados no lado oposto. Como isso ocorre, nenhuma grande corrente flui para a unidade de comutação, a qual entra em curto-circuito e falha. Neste caso, a unidade de controle de curto-circuito de três fases 505 do ECU do inversor 303 não tem que ligar/desligar os controles dos elementos de comutação com base nas correntes detectadas pelas unidades de detecção Seu, Sew, Sev ou Se.

[00082] Conforme descrito anteriormente, de acordo com a modalidade, quando o veículo funciona apenas com a força motora oriunda do motor de combustão interna 107 e o controle do motor elétrico 101 não é feito de maneira alguma, quando o inversor 201, 203 entra em curto-circuito e falha, o ECU do inversor 301, 303 detecta a falha por curto-circuito com base nos sinais oriundos do sensor de corrente de fase

401. Adicionalmente, o ECU do inversor 301, 303 controla a ligação/desligamento dos elementos de comutação do inversor 201, 203, tal que o estado em curto-circuito de três fases é gerado no motor elétrico 101 sem permitir que uma grande corrente flua para a unidade de comutação, que entra em curto-circuito e falha. Deste modo, de acordo com a modalidade, mesmo que o controle do motor elétrico 101 seja parado, o controle de curto-circuito de três fases pode ser realizado detectando-se a falha por curto-circuito do inversor 201, 203.

(Segunda Modalidade)

[00083] Quando o sensor de corrente de fase 401 falha, os ECUs do inversor 301, 303 da primeira fase podem não ser capazes de detectar a falha por curto-circuito dos inversores 201, 203, de maneira precisa. Por exemplo, quando ocorre uma falha no sensor de corrente de fase 401, em que as correntes de fase detectadas pelo sensor de corrente de fase 401 ficam em valores maiores do que o limite I_{th} mostrado na Figura 4, os ECUs de inversor 301, 303 determinam erroneamente que uma falha por curto-circuito está ocorrendo nos inversores 201, 203.

[00084] Os ECUs de inversor 301, 303 da primeira modalidade descrita acima determinam que os inversores 201, 203 estão em curto-circuito e falham quando pelo menos um dos componentes CC das três correntes de fase exceder o limite I_{th} em valor absoluto. No entanto, um ECU de inversor 305 de uma segunda modalidade determina que os inversores 201, 203 entram em curto-circuito e falham ao verificarem a qual dos casos abaixo o resultado de uma comparação dos componentes CC das três correntes de fase com o limite I_{th} corresponde.

[00085] Caso 1: Todos os componentes CC das três correntes de fase excedem o limite I_{th} em um valor absoluto.

[00086] Caso 2: Entre os componentes CC das três correntes de fase, dois excedem o limite I_{th} em valor absoluto, enquanto o remanescente é igual a ou menor do que o limite I_{th} .

[00087] Caso 3: Entre os componentes CC das três correntes de fase, um excede o limite I_{th} em valor absoluto, enquanto os dois restantes são iguais a ou menores do que o limite I_{th} .

[00088] Quando o resultado da comparação corresponder ao caso 1, o ECU do inversor 305 determina que o sensor de corrente de fase 401 funciona normalmente e está ocorrendo falha por curto-circuito nos inversores 201, 203. Depois disso, como na primeira modalidade, o ECU do inversor 305 executa o controle de curto-circuito de três fases no motor elétrico 101.

[00089] Quando o resultado da comparação corresponder ao caso 2, o ECU do inversor 305 determina que a falha por curto-circuito está ocorrendo nos inversores 201, 203. Como isso ocorre, o ECU do inversor 305 determina que, embora esteja ocorrendo falha por curto-circuito nos inversores 201, 203, um dos três valores é igual ou menor do que o limite I_{th} em valor absoluto devido à falha de um dos sensores que constituem o sensor de corrente de fase 401. Em adição, em tal caso, embora exista uma possibilidade de falha de dois dos três sensores que constituem o sensor de corrente de fase 401, determinando que a falha por curto-circuito está ocorrendo nos inversores 201, 203, o ECU do inversor 305 executa o controle de curto-circuito de três fases no motor elétrico 101.

[00090] Quando o resultado da comparação corresponde ao caso 3, o ECU do inversor 305 determina que não está ocorrendo nenhuma falha por curto-circuito nos inversores 201, 203. Como isso ocorre, o ECU do inversor 305 determina que um dos três valores excede o limite I_{th} em valor absoluto devido a um dos sensores que constituem o sensor de corrente de fase 401, falhar.

[00091] O ECU do inversor 305 desta modalidade determina se os inversores 201, 203 estão ou não em curto-circuito e falham em vista das condições do sensor de corrente de fase 401 e, conseqüentemente,

o ECU do inversor 305 pode detectar a falha por curto-circuito dos inversores 201, 203 com mais precisão.

[00092] No veículo da modalidade mostrada na Figura 1, o rotor do motor elétrico 101 está conectado diretamente ao eixo motor do motor de combustão interna 107. No entanto, a invenção pode ser aplicada a um veículo, conforme mostrado na Figura 13, em que um eixo motor de um motor de combustão interna 107 é conectado a uma caixa de transmissão 109 e um eixo motor 151 via embreagem 113 e um eixo motor de um motor elétrico 101 está conectado à caixa de transmissão 109 e o eixo de transmissão 151 sem interposição de embreagem a eles.

[00093] Embora as modalidades específicas sejam exemplificadas, a pessoa versada na técnica pode alterar ou modificar de maneira diversa estas modalidades sem que se afaste do espírito e escopo da invenção.

[00094] Este pedido de patente é baseado no pedido de patente japonês No. 2008-333639, depositado em 26 de dezembro de 2008, cujo teor é incorporado ao contexto à guisa de referência.

Descrição de Numerais de Referência e de Caracteres

101 – motor elétrico (MOT)

103 – bateria (BATT)

107 – motor de combustão interna (ENG)

109 – Caixa de transmissão

113 – Embreagem

115 – ECU de gerenciamento (MG ECU)

117 – ECU do motor (ENG ECU)

119 – ECU do motor (MOT ECU)

151 – Eixo motor

153 – Roda de tração

201, 203 – Inversor (INV)

301, 303, 305 – ECU do inversor (INV ECU)

401 – sensor de corrente de fase

501 – unidade de aquisição de componente CC

503 – unidade de determinação de curto-circuito

505 – unidade de controle de curto-circuito de três fases

507 – unidade de determinação de lado de curto-circuito

SW – Contator

C – Capacitor de uniformização

1u, 1v, 1w – braços

3a, 3b – elemento de comutação

4a, 4b – diodo de refluxo

5a, 5 – unidade de comutação

Seu, Sev, Sew – Unidade de detecção de Corrente

REIVINDICAÇÕES

1. Sistema de controle para um motor elétrico (101) ao qual é fornecida corrente elétrica a partir de uma fonte de alimentação CC via um inversor de múltiplas fases (201,203), sendo que o inversor de múltiplas fases (201,203) inclui unidades de comutação (5a,5) respectivamente proporcionadas em um lado positivo e em um lado negativo de braços (1u,1v,1w) correspondentes a respectivas fases, sendo que cada unidade de comutação (5a,5) inclui um elemento de comutação (3a,3b) e um diodo de refluxo (4a,4b) conectado em paralelo, compreendendo:

uma unidade de detecção de corrente de fase (Seu,Sev,Sew) para detectar correntes de fase que fluem entre o inversor (201,203) e o motor elétrico (101);

uma unidade de aquisição de componente CC (501) para adquirir componentes CC das respectivas correntes de fase;

uma unidade de determinação de curto-circuito (503) para determinar que ocorre uma falha por curto-circuito no inversor (201,203) quando pelo menos um dos componentes CC das correntes de fase adquiridas pela unidade de aquisição de componente CC (501) excede um limite;

uma unidade de controle de comutação para controlar a ligação de todos os elementos de comutação (3a,3b) proporcionados em um dos polo positivo e polo negativo e controlar o desligamento de todos os elementos de comutação (3a,3b) proporcionados no lado oposto, entre os elementos de comutação (3a,3b) incluídos no inversor (201,203); e

uma unidade de detecção de corrente (Seu,Sev,Sew) para detectar uma corrente que flui para os dois elementos de comutação (3a,3b) proporcionados no lado positivo e no lado negativo de cada fase,

caracterizado pelo fato de que, quando um valor de corrente detectado pela unidade de detecção de corrente (Seu,Sev,Sew) é igual

ou maior do que um limite, a unidade de controle de comutação controla o desligamento de todos os elementos de comutação (3a,3b) do lado controlado ligado e controla a ligação de todos os elementos de comutação (3a,3b) do lado controlado desligado.

2. Sistema de controle para um motor elétrico (101), de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que é fornecida energia elétrica por uma fonte de alimentação CC via um inversor de três fases (201,203), sendo que o inversor de três fases (201,203) inclui unidades de comutação (5a,5) proporcionadas respectivamente em um lado positivo e em um lado negativo de braços (1u,1v,1w) correspondentes a respectivas fases, sendo que cada unidade de comutação (5a,5) inclui um elemento de comutação (3a,3b) e um diodo de refluxo (4a,4b) conectados a ele em paralelo, compreendendo:

uma unidade de detecção de corrente de fase (Seu,Sev,Sew) que inclui três sensores para detectar correntes de fase que fluem entre o inversor (201,203) e o motor elétrico (101) ;

uma unidade de aquisição de componente CC (501) para adquirir componentes CC das respectivas correntes de fase; e

uma unidade de determinação de curto-circuito (503) para determinar que ocorre uma falha por curto-circuito no inversor (201,203) quando pelo menos dois dos componentes CC das três correntes de fase adquiridas pela unidade de aquisição de componente CC (503), excederem um limite,

em que a unidade de determinação de curto-circuito (503) determina que a falha por curto-circuito ocorre no inversor (201,203) quando todos os componentes CC das três correntes de fase excedem o limite e determina não apenas que a falha por curto-circuito ocorre no inversor (201,203), como também que um dos sensores que constituem a unidade de detecção de corrente de fase (Seu,Sev,Sew) falha quando dois dos componentes CC das três correntes de fase excedem o limite.

3. Sistema, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente:

uma unidade de controle de comutação para controlar a ligação de todos os elementos de comutação (3a,3b) proporcionados no lado positivo ou no lado negativo e controla o desligamento de todos os elementos de comutação (3a,3b) proporcionados no lado oposto, entre os elementos de comutação incluídos no inversor (201,203).

4. Sistema, de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente:

uma unidade de detecção de corrente (Seu,Sev,Sew) para detectar uma corrente que flui para os dois elementos de comutação (3a,3b) proporcionados no lado positivo e no lado negativo de cada fase,

em que, quando um valor de corrente detectado pela unidade de detecção de corrente (Seu,Sev,Sew) é igual ou maior do que um limite, a unidade de controle de comutação controla o desligamento de todos os elementos de comutação (3a,3b) do lado controlado ligado e controla a ligação de todos os elementos de comutação (3a,3b) do lado controlado desligado.

FIG. 1

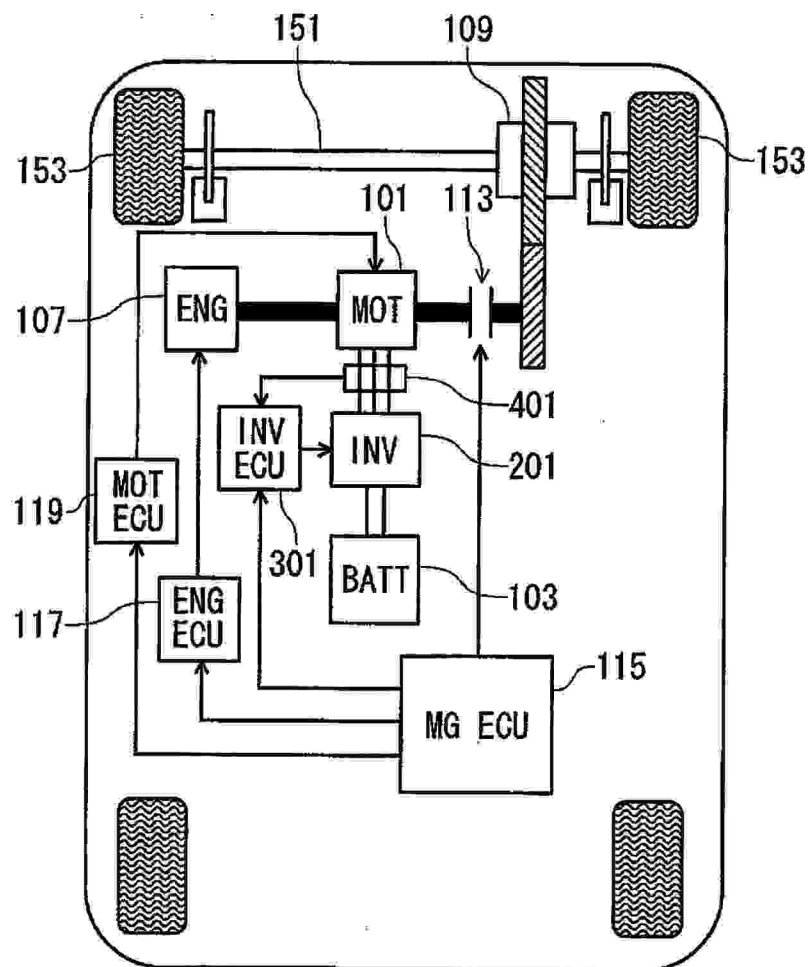


FIG. 2

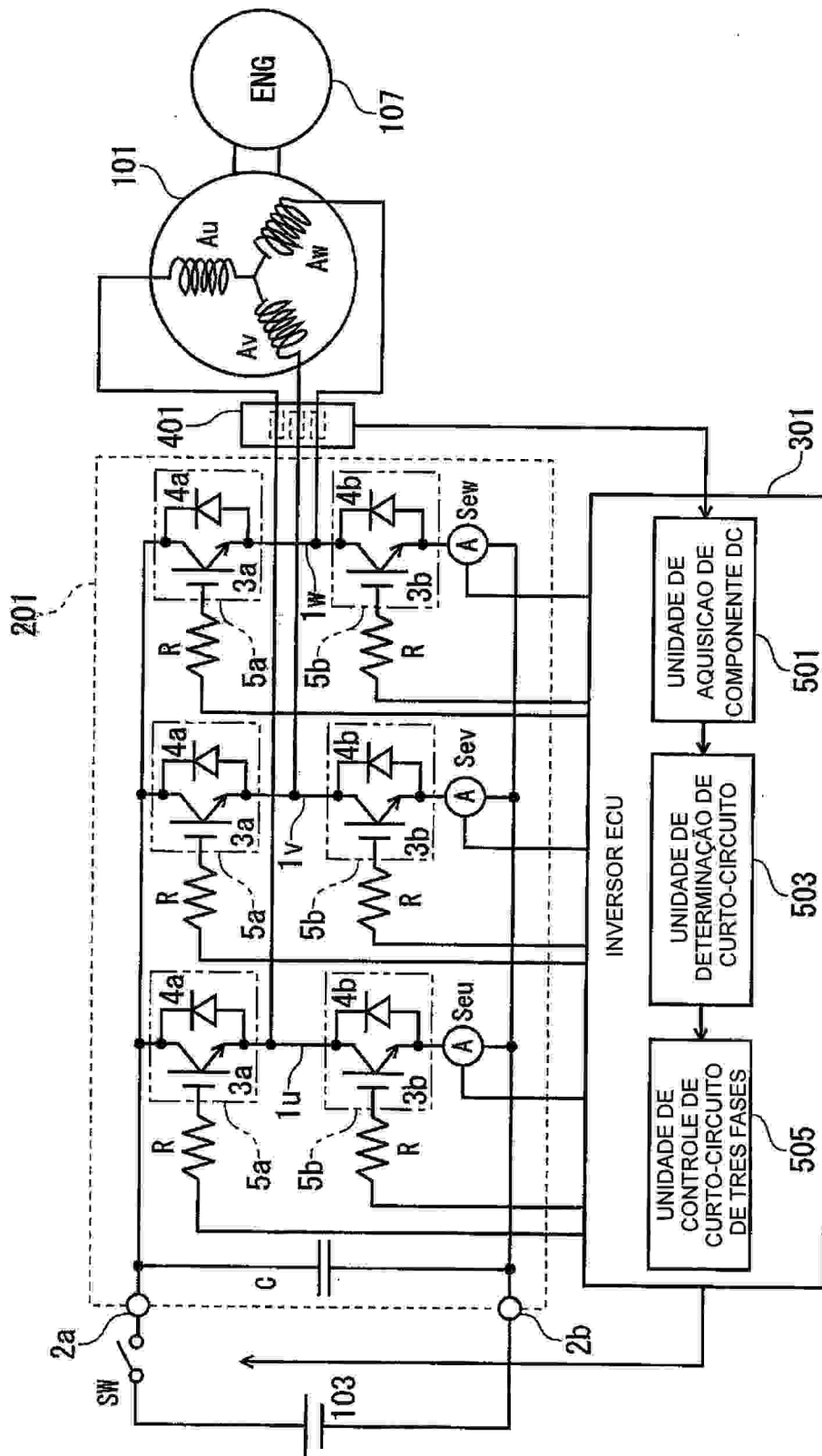


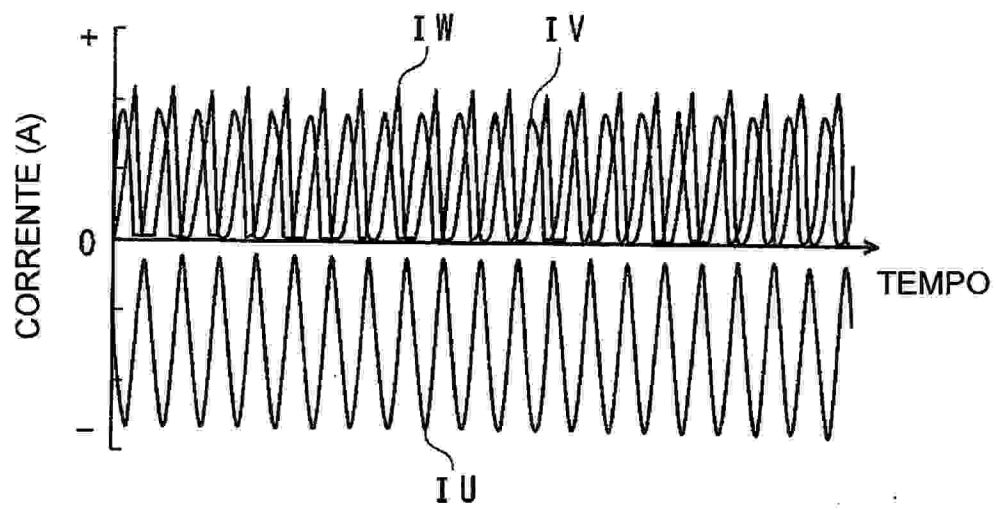
FIG. 4

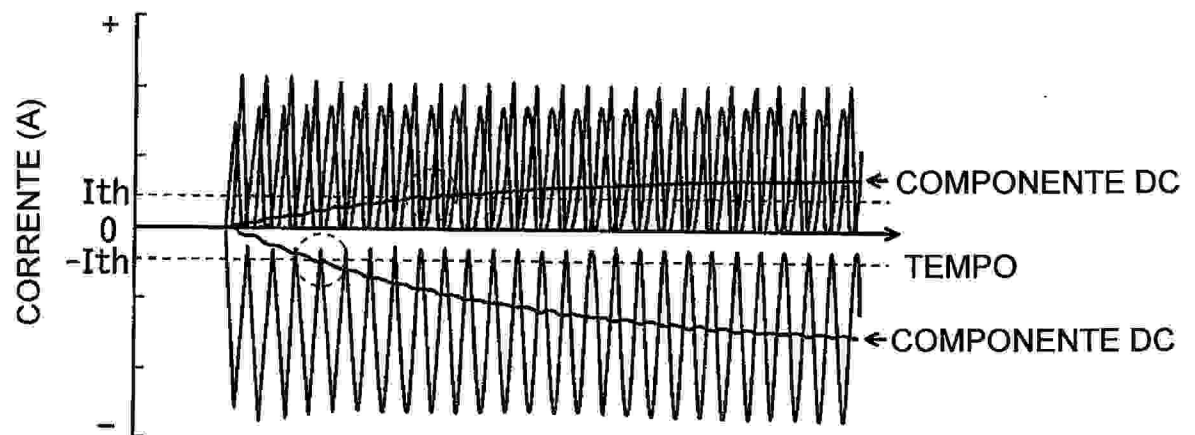
FIG. 5

FIG. 6

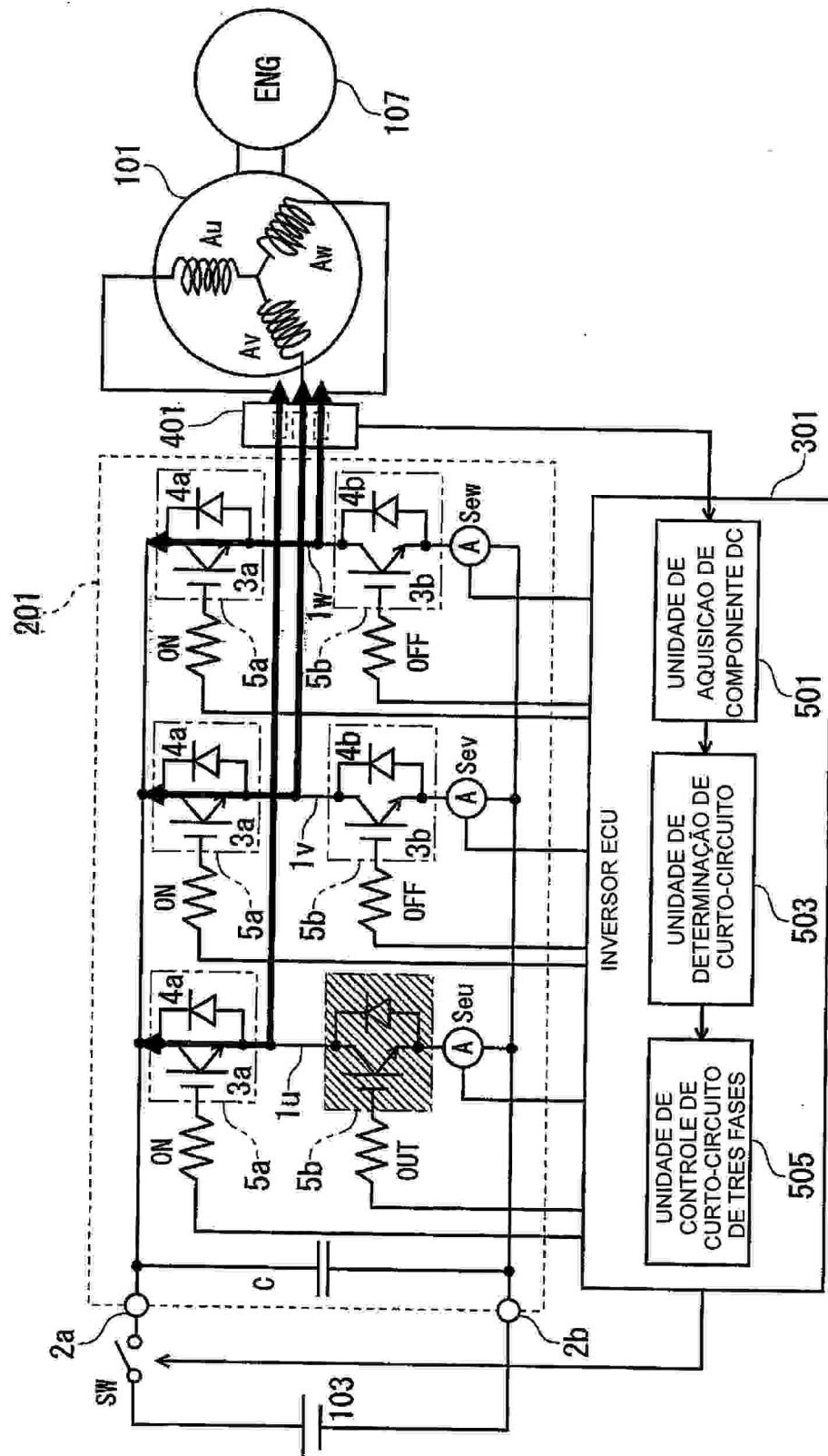


FIG. 7

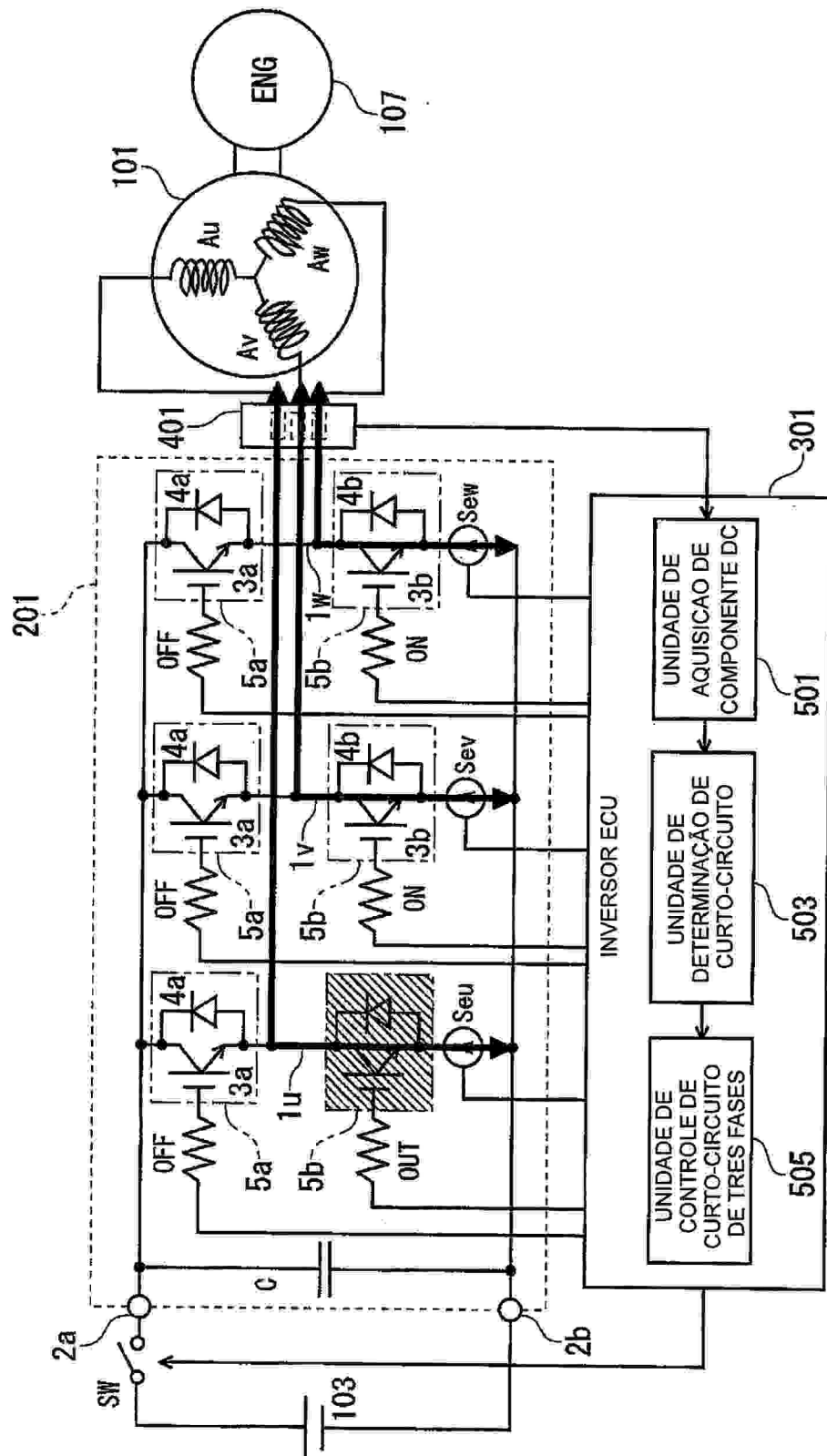


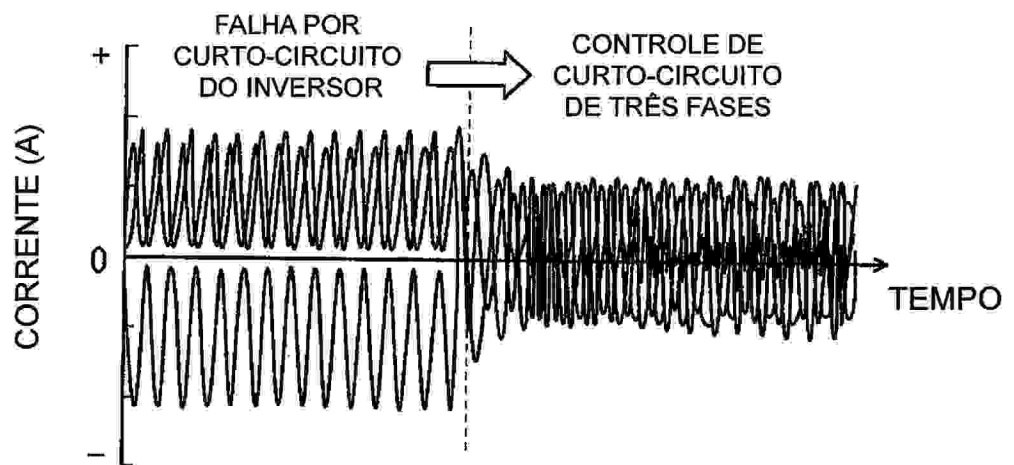
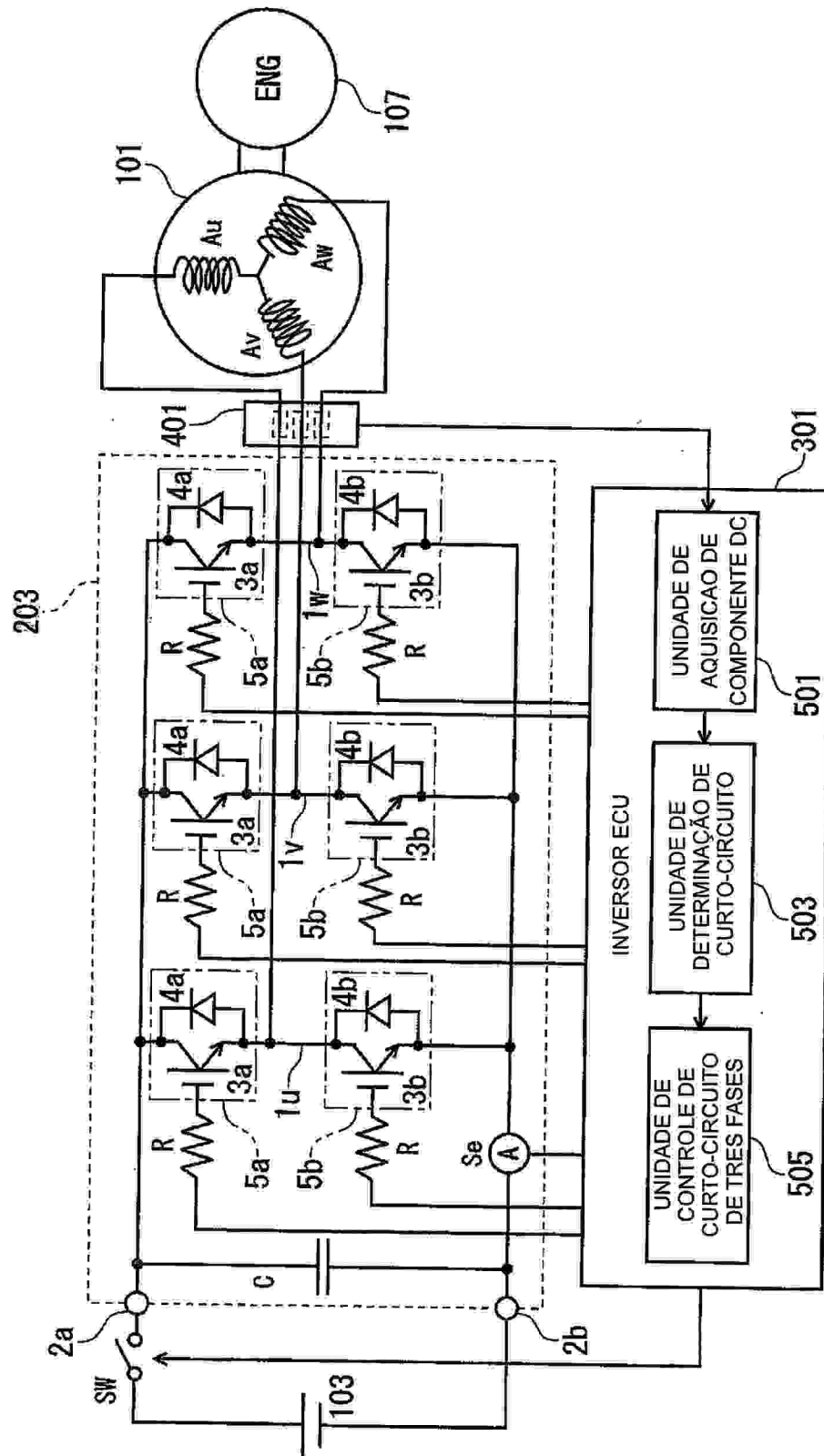
FIG. 8

FIG. 9



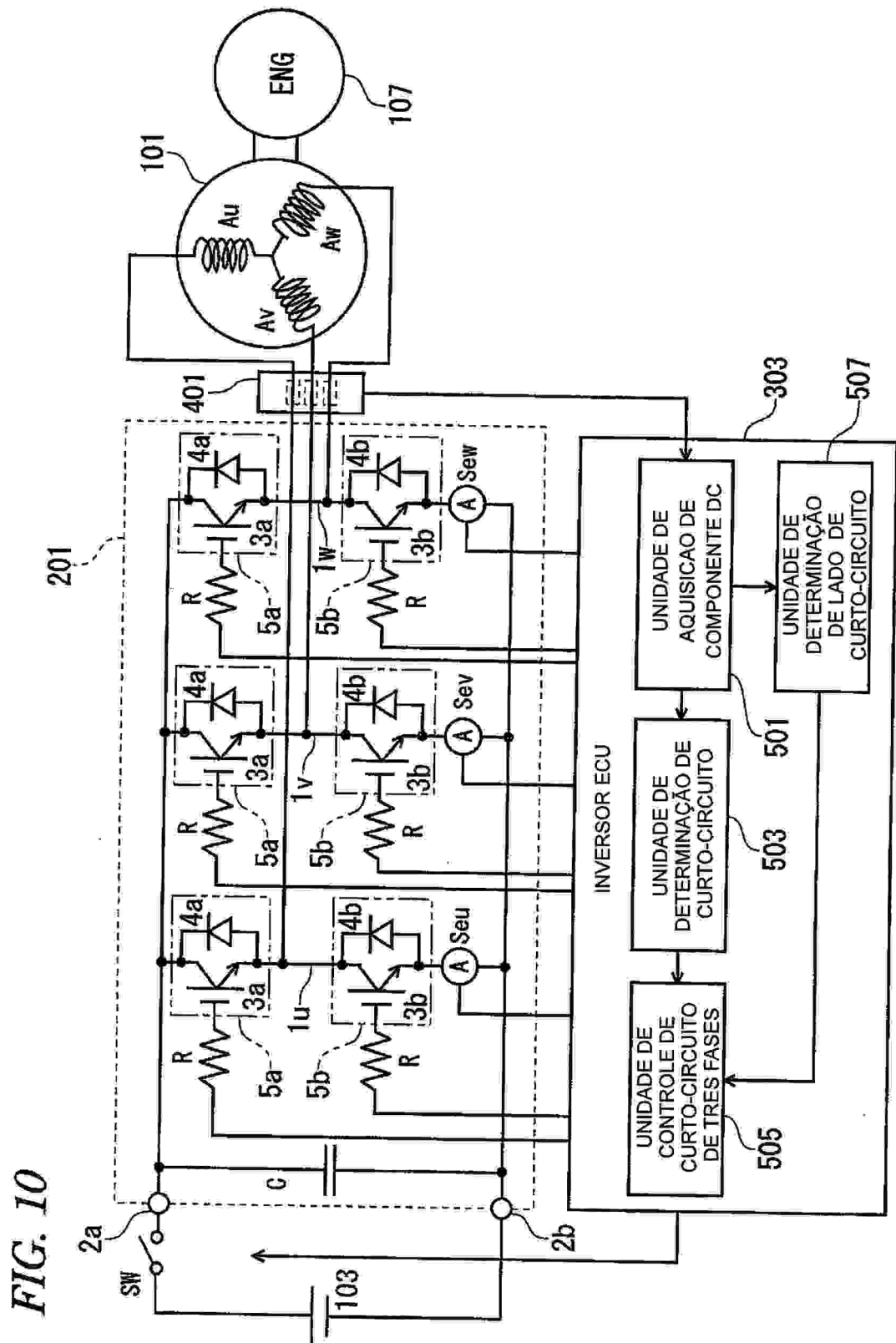


FIG. 11

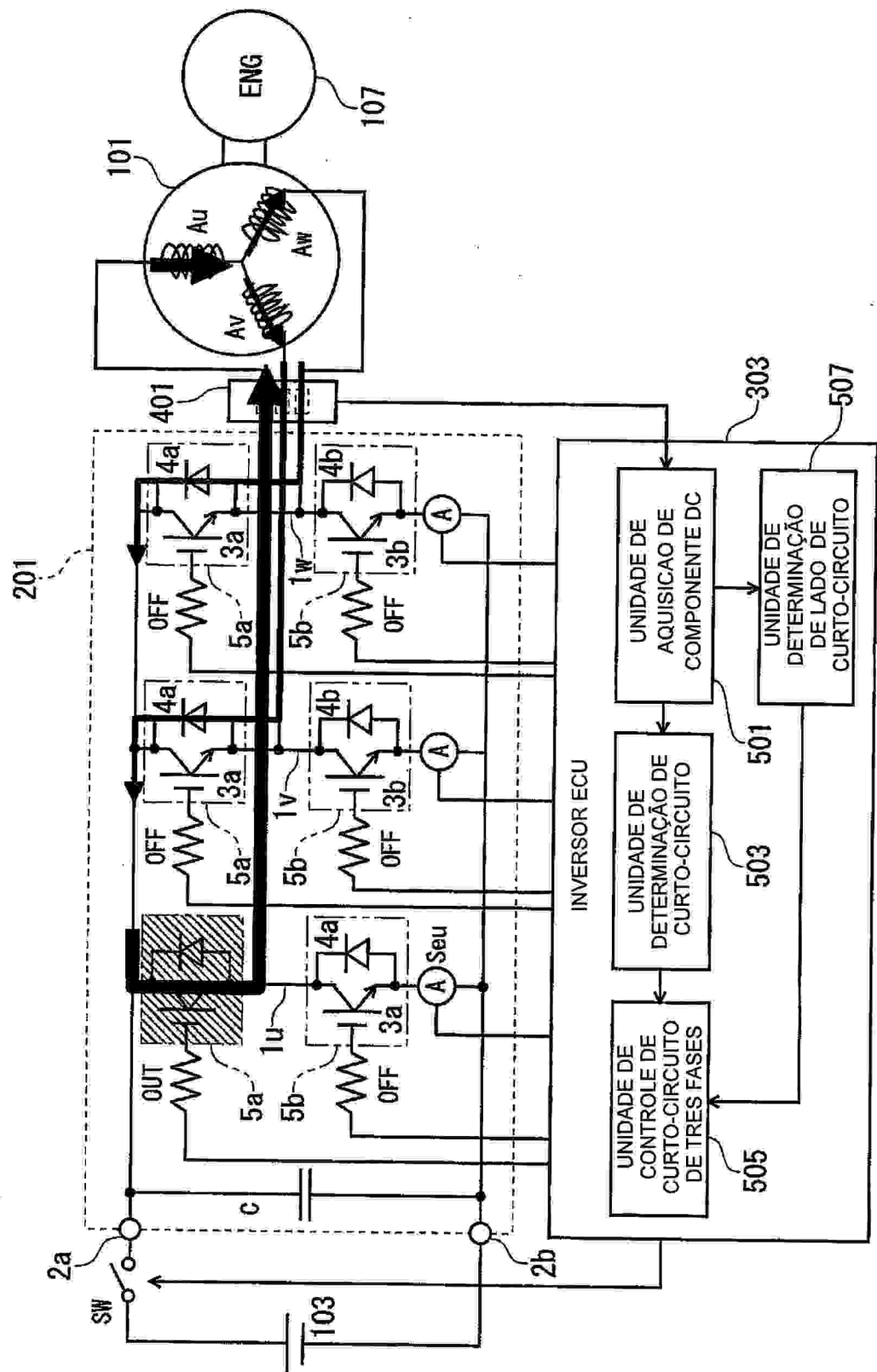


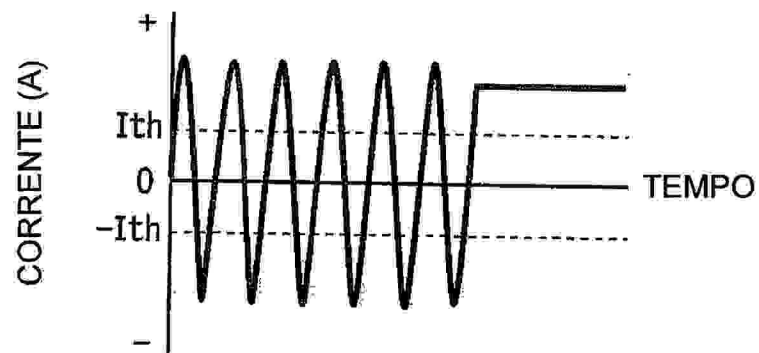
FIG. 12

FIG. 13

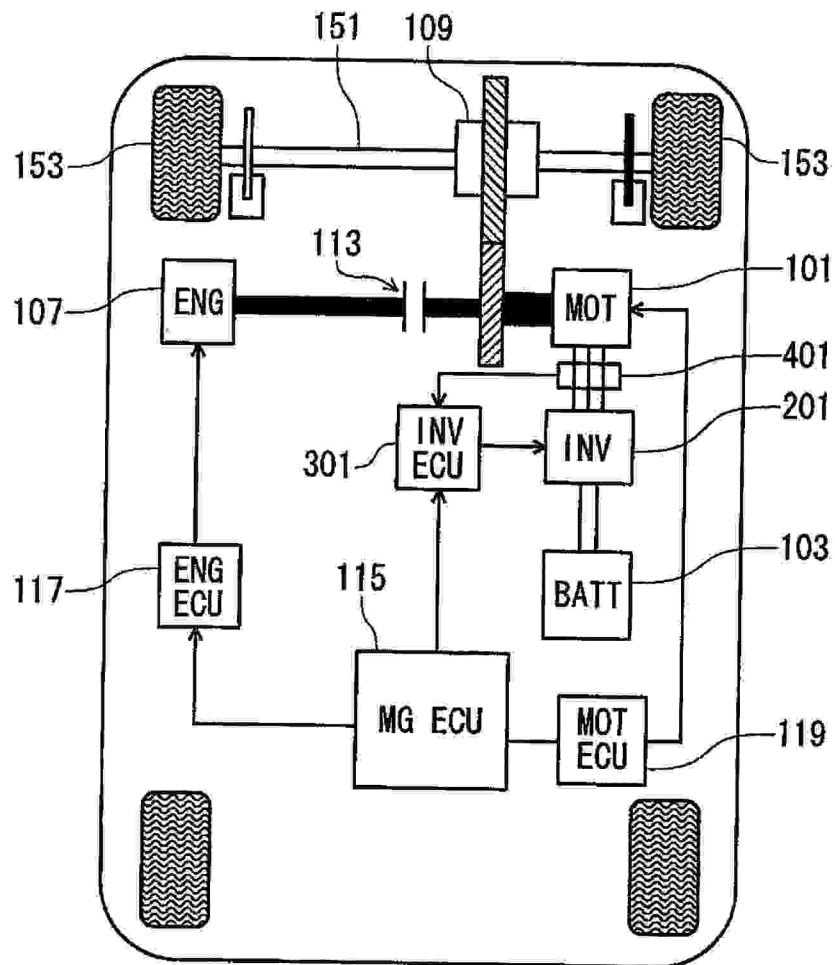


FIG. 14

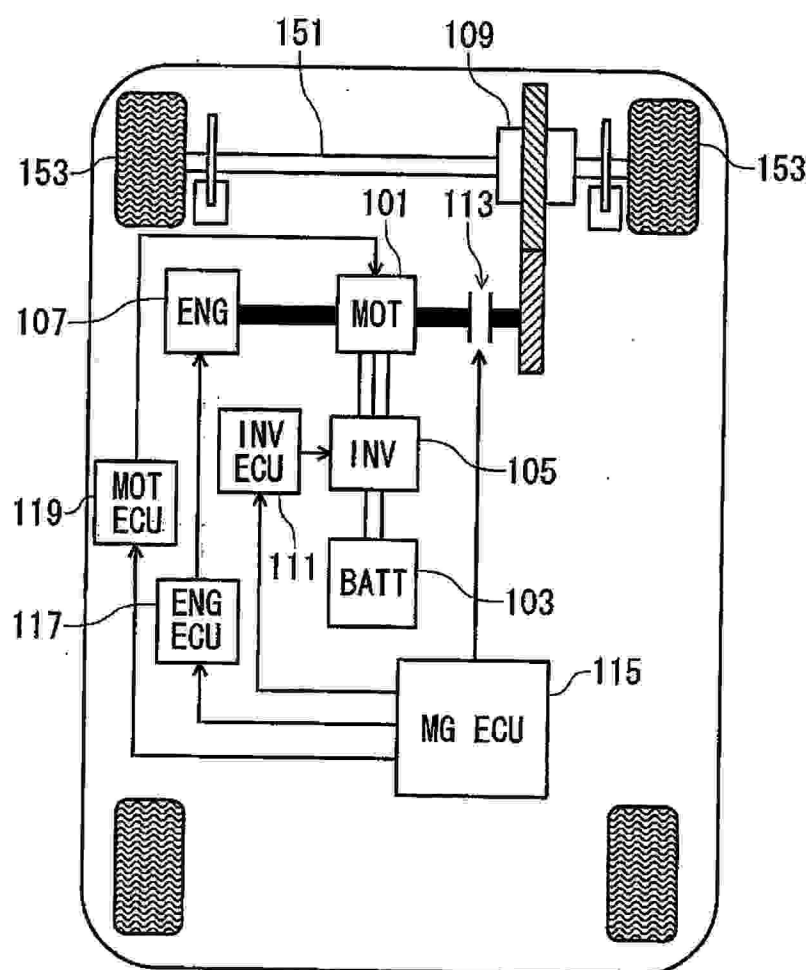


FIG. 15

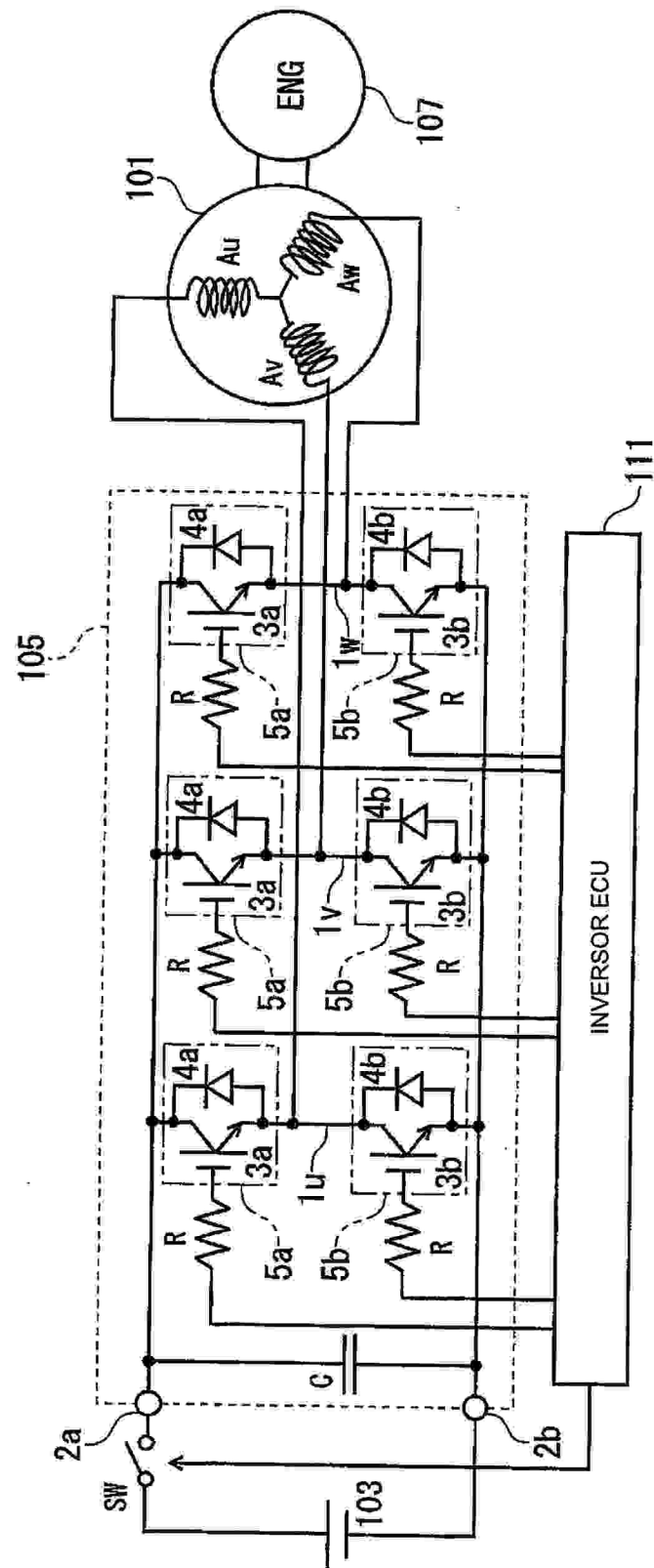
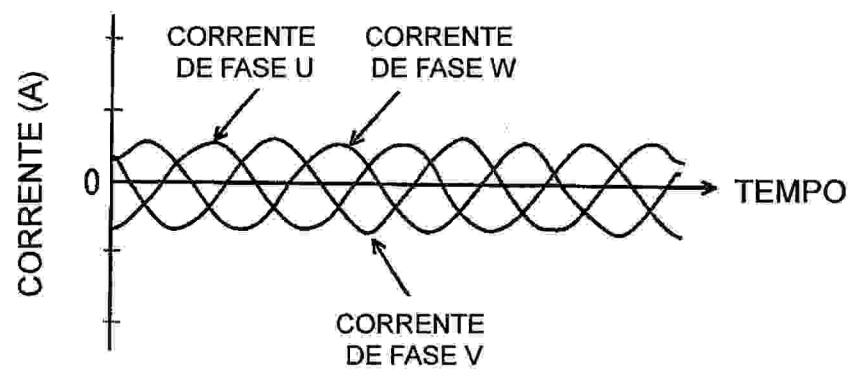


FIG. 16

RESUMO

Patente de Invenção: "**SISTEMA DE CONTROLE DE MOTOR ELÉTRICO**".

É proporcionado um sistema de controle para um motor elétrico (101) ao qual é fornecida energia elétrica oriunda de uma fonte de alimentação CC via um inversor de múltiplas fases (201,203), sendo que o inversor de múltiplas fases (201,203) inclui unidades de comutação proporcionadas respectivamente em um lado positivo e em um lado negativo de braços (1u,1v,1w) correspondentes a respectivas fases, cada unidade de comutação incluindo um elemento de comutação (3a,3b) e um diodo de refluxo (4a,4b) conectado a mesma em paralelo. O sistema de controle compreende uma unidade de detecção de corrente de fase (Seu,Sev,Sew) para detectar correntes de fase que fluem entre o inversor (201,203) e o motor elétrico (101), uma unidade de aquisição de componente CC (501) para adquirir componentes CC das respectivas correntes de fase e uma unidade de determinação de curto-circuito (503) para determinar que ocorre uma falha por curto-circuito no inversor (201,203) quando pelo menos um dos componentes CC das correntes de fase adquiridas pela unidade de aquisição de componente CC (501) excede um limite. Conseqüentemente, a falha por curto-circuito do inversor (201,203) pode ser detectada mesmo que o controle do motor elétrico (101) esteja parado.