

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7303910号
(P7303910)

(45)発行日 令和5年7月5日(2023.7.5)

(24)登録日 令和5年6月27日(2023.6.27)

(51)国際特許分類 F I
H 0 2 P 29/62 (2016.01) H 0 2 P 29/62
H 0 2 P 27/06 (2006.01) H 0 2 P 27/06

請求項の数 5 (全11頁)

(21)出願番号	特願2021-574517(P2021-574517)	(73)特許権者	509186579 日立Astemo株式会社 茨城県ひたちなか市高場2520番地
(86)(22)出願日	令和2年12月15日(2020.12.15)	(74)代理人	110002365 弁理士法人サンネクスト国際特許事務所
(86)国際出願番号	PCT/JP2020/046664	(72)発明者	三本菅 紘和 茨城県ひたちなか市高場2520番地 日立Astemo株式会社内
(87)国際公開番号	WO2021/153050	審査官	池田 貴俊
(87)国際公開日	令和3年8月5日(2021.8.5)		
審査請求日	令和4年5月30日(2022.5.30)		
(31)優先権主張番号	特願2020-11301(P2020-11301)		
(32)優先日	令和2年1月28日(2020.1.28)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 制御装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

インバータにPWM駆動信号を出力するPWM生成部と、
上位制御部からのトルク指令とモータ温度とに基づいて、前記PWM生成部に制限後トルク指令を出力するトルク制限部と、を備え、
前記トルク制限部は、
前記モータ温度に基づいてトルク制限係数を算出するトルク制限係数算出部と、
前記上位制御部からの前記トルク指令と、前記トルク制限係数算出部から出力される前記トルク制限係数に基づいて、前記PWM生成部に前記制限後トルク指令を出力する制限後トルク算出部と、を有し、
前記トルク制限係数算出部は、前記モータ温度が所定の温度よりも高い場合には、前記モータ温度に基づいてモータの出力トルクを制限し、前記モータ温度の時間変化率が所定値より大きい場合には、前記モータ温度の時間変化率が前記所定値以下の場合に比べて、トルクが緩やかに変化するように前記トルクを制限し、
前記トルク制限係数算出部は、前記モータ温度とトルク制限率の関係式の傾きを変化させることで前記制限後トルク指令のトルク制限量を可変とする。

制御装置。

【請求項2】

請求項1に記載の制御装置であって、前記トルク制限係数算出部は、前記モータ温度の変化率が大きいほど、前記モータ温度とトルク制限率の関係式の傾きを小さくする制御装

置。

【請求項 3】

請求項 1 に記載の制御装置であって、前記モータ温度は、センサにより検出した温度に対して実際の前記モータ温度に近づくように補正された温度である制御装置。

【請求項 4】

請求項 1 に記載の制御装置であって、前記トルク制限係数算出部は、前記モータ温度とトルク制限率の関係式の傾きを変化させる際の支点を可変とする制御装置。

【請求項 5】

請求項 1 に記載の制御装置であって、前記トルク制限部は、前記モータ温度の変化に対して前記トルクが緩やかに変化するように、前記モータに流れる電流を制限する制御装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、制御装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、電気自動車やハイブリッド自動車等の電動車両は、長時間の高速走行や坂道の登坂などによりモータの過負荷状態が継続すると、モータの温度が上昇し過熱状態になることで故障する恐れがある。そのため、モータの温度状態によって出力トルクを制限する技術が求められる。

20

【0003】

本願発明の背景技術として、下記の特許文献が知られている。特許文献 1 には、回生制御でのモータ出力の制限が開始される温度を、力行制御の温度よりも低くすることにより、回生制御時のモータの発熱をより効果的に抑制できる技術が開示されている。また、特許文献 2 には、モータ温度の変化率の所定基準により、モータの温度制限を変化させ、モータの温度保護と性能発揮を同時にできる技術が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】特開 2000 - 32602 号公報

30

特開 2003 - 304604 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

特許文献 1 の技術では、温度検出の過程で発生する遅れによるハンチングを抑制するために、トルク制限を開始するモータ温度を低くすると、モータの出力制限に入りやすくなり、加速時における高出力時間が短くなることが課題であった。

【0006】

また、特許文献 2 の技術では、温度変化によってトルク制限マップの傾きを変える方式があるが、モータ温度と制限トルクがつりあうポイントがトルク制限開始前の温度上昇量によって変化してしまい、連続で出力できるトルクが低くなることで、モータの性能を十分に発揮できないことが課題であった。

40

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明による制御装置は、インバータに PWM 駆動信号を出力する PWM 生成部と、上位制御部からのトルク指令とモータ温度とに基づいて、前記 PWM 生成部に制限後トルク指令を出力するトルク制限部と、を備え、前記トルク制限部は、前記モータ温度に基づいてトルク制限係数を算出するトルク制限係数算出部と、前記上位制御部からの前記トルク指令と、前記トルク制限係数算出部から出力される前記トルク制限係数に基づいて、前記 PWM 生成部に前記制限後トルク指令を出力する制限後トルク算出部と、を有し、前記トルク制

50

限係数算出部は、前記モータ温度が所定の温度よりも高い場合には、前記モータ温度に基づいてモータの出力トルクを制限し、前記モータ温度の時間変化率が所定値より大きい場合には、前記モータ温度の時間変化率が前記所定値以下の場合に比べて、トルクが緩やかに変化するように前記トルクを制限する。

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、モータの出力が必要以上に低下しない。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】本発明の第1の実施形態に係る制御装置の構成を説明する図である。 10

【図2】本発明の第1の実施形態に係る制御装置のフローチャート例である。

【図3】トルク制限係数マップの概要図である。

【図4】従来方式のモータ温度によるトルク制限の概要図である。

【図5】本発明の第1の実施形態に係るモータ温度によるトルク制限の概要図である。

【図6】本発明の第2の実施形態に係る制御装置の構成を説明する図である。

【図7】本発明の第3の実施形態に係る制御装置のトルク制限係数マップを説明する図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、図面を用いて本発明の実施形態を説明する。 20

【0011】

(制御装置の構成、および第1の実施形態)

本発明の第1の実施形態に係る制御装置について図1～6を用いて説明する。図1は本発明の第1の実施形態を示す制御装置60の構成を表す図である。

【0012】

制御装置60のシステム方式は、直流電源10の電圧を、コンタクタ20を介したインバータ40に出力して直流電圧を交流電圧に変換し、変換した交流電圧を交流モータ30(IPMSM。以降、モータ30)に電力供給するとともに、モータ30の制御を行うものである。例えば、ハイブリッド自動車の駆動系などへ適用された場合には、直流電源10はニッケル水素電池やリチウムイオン電池などの2次電池が使用される。その際、電圧は数百Vとなることが想定され、モータ30の出力軸は車軸へ接続されることが想定される。 30

【0013】

また、インバータ40は、IGBTなどの高速でスイッチングを行う素子が、直流電源10の正極側と負極側にそれぞれ3相分ずつ配置されている。この合計6つのスイッチング素子41のスイッチングにより、インバータ40から発生する電圧のパルス幅を変化させ、所定の電圧をモータ30へ印加する、パルス幅変調方式などが採用される。

【0014】

制御装置60は、トルク制限部と、PWM生成部63と、を備える。トルク制限部は、トルク制限係数算出部61と、制限後トルク算出部62と、を有する。

【0015】 40

トルク制限係数算出部61は、モータ30の温度(以降、モータ温度)を検出するモータ温度センサ50(以降、センサ50)から取得したモータ温度値 T_m に基づいて、トルク制限係数 L_{mt} を制限後トルク算出部62に算出する。トルク制限係数 L_{mt} の具体的な算出方法については、図2で後述する。

【0016】

制限後トルク算出部62は、上位コントローラ(上位制御部)からのトルク指令 Trq に、トルク制限係数算出部61から取得したトルク制限係数 L_{mt} をかけて、制限後トルク指令 Trq^* をPWM生成部63に出力する。

【0017】

PWM生成部63では制限後トルク算出部62から取得した制限後トルク指令 Trq^* に基 50

づいて、実際値に近いトルクが出力されるようにPWM駆動信号を生成する。生成されたPWM駆動信号はインバータ40へ出力される。

【0018】

図2は本発明の第1の実施形態に係る制御装置60のフローチャート例である。なお、各ステップの詳細な説明に際して、図3～図5を用いる。

【0019】

ステップS10では、トルク制限処理開始時に、トルク制限係数算出部61がモータ温度を検出するセンサ50からモータ温度値 T_m を取得する。

【0020】

ステップS20では、ステップS10から取得したモータ温度値 T_m が T_0 を超えるかどうかを判定する。モータ温度値 T_m が T_0 を超える場合にはステップS40へ進み、 T_0 以下の場合にはステップS30へ進む。

10

【0021】

ステップS30では、トルク制限は不要と判定し、トルク制限係数を100%と算出してステップS90に進む。

【0022】

ステップS40では、モータ温度前回値 T_{mz} とモータ温度値 T_m の偏差とから、モータ温度変化率 ΔT_m を算出する。

【0023】

ステップS50では、ステップS40で算出したモータ温度変化率 ΔT_m が、所定値を超えているかどうかを判定する。モータ温度変化率 ΔT_m が所定値を超えている場合は、ステップS70に進み、所定値以下の場合にはステップS60に進む。

20

【0024】

ステップS60では、初期値のトルク指令係数マップからトルク制限係数 L_{mt} を算出し、ステップS90に進む。

【0025】

ステップS70では、モータ温度変化率 ΔT_m からトルク制限係数マップの傾きを新規に生成する。

【0026】

ステップS70に係る図3の説明をする。図3はトルク制限係数マップである。なお、図3(a)は従来 of トルク制限係数マップで、図3(b)が本発明のトルク制限係数マップである。

30

【0027】

ステップS50でモータ温度変化率 ΔT_m が所定値を超えている場合は、モータ温度変化率 ΔT_m に基づいて、ある一定値のモータ温度 T_1 から T_2 の区間で、図3(b)のようにトルク制限係数マップの傾きを変化させる。具体的には、モータ温度 T_1 と T_2 の中間温度である T_3 においてのトルク制限係数を支点に、 ΔT_m が大きいほど T_1 と T_2 時のトルク制限値が近くなるように、トルク制限係数マップを水平方向に傾ける。

【0028】

ステップS80では、ステップS70で算出した傾き変更後のトルク制限係数マップからモータ温度値 T_m に該当するトルク制限係数 L_{mt} を算出する。

40

【0029】

ステップS90では、ステップS30またはステップS60またはステップS80で算出したトルク制限係数 L_{mt} を、上位コントローラから取得したトルク指令 Trq に掛けて、制限後トルク指令 Trq^* を算出し、フローチャートを終了する。

【0030】

以上フローチャートのように、トルク制限部は、モータ温度値 T_m が所定の温度よりも高い場合には、モータ温度に基づいて制限されたトルク指令を算出し、モータの出力トルクを制限する。

【0031】

50

つづいて、ステップS90に関連する図4と図5の説明をする。図4は従来方式でのモータ加熱時のトルク制限の内容の図で、図5は本発明に係るトルク制限係数マップの傾きの推移を表す図である。

【0032】

まず、図4の従来方式の説明をする。上位コントローラから Trq^*1 相当のトルク指令が出力されている場合、モータ温度 T_m は徐々に上昇していく。図4におけるトルク制限係数が100%の状態から開始され、図4のモータ温度 T_1 に達するとトルク制限が開始される。

【0033】

図4の第一の制限温度 T_1 (横軸の時間 t_1)からトルク制限をかけるが、電流から発熱への変換遅れやモータ温度値 T_m の検出の遅れにより、モータ温度値 T_m に対する制御装置60の反応に遅れが生じる。よって、時間 t_2 の時には、制限後トルクが図4のように Trq^*2 まで一時的に低下する現象が発生する。その後、制限トルクはハンチングしながら、図4の t_3 の時点において、所定の制限後トルク値でモータ温度値 T_m とつり合う点ができ(連続定格値)、グラフが収束する。連続定格値は、モータ回転数などの運転条件や雰囲気温度、冷却装置の状態などにより変化する。

10

【0034】

次に、図5を用いて本発明の制御装置60の機能の説明をする。図5の上のグラフは、図4と同様のモータ温度値 T_m のグラフである。図5の下のグラフはそれぞれ時間 t を横軸にした、モータ温度の時間変化率(以降、温度変化率 TC_m)を表すグラフとトルク制限係数マップの傾きを表すグラフである。

20

【0035】

本発明の実施形態に係るトルク制限係数マップの傾きの可変の割合は、モータ温度変化率 TC_m に基づいて決まる。ここで、第一の温度変化率を TC_{m1} とする。

【0036】

通常、一定以上のトルク指令を連続で印加した場合には、図5の真ん中のグラフに示すように、トルク制限を開始する時間 t_1 までに温度変化率 TC_m が高い状態となる。この時、温度変化率 TC_m は第一の温度変化率 TC_{m1} より大幅に大きいため、トルク制限係数マップの傾きを小さく(水平方向に)する。これが図3のトルク制限係数マップの傾きの水平方向の変化にあたる。

30

【0037】

トルク制限係数マップの傾きは、図5の下グラフに示すように、第一の傾き S_1 から第二の傾き S_2 の範囲内で変更可能とし、可変角度を制限する。これにより、図3(b)の可変範囲 R 内でトルク制限係数マップの傾きが可変する。

【0038】

時間 t_1 では、温度変化率 TC_m が大きいため、トルク制限係数マップの傾きは下限の S_1 となる。制限開始時間 t_1 を過ぎると、トルク制限が開始されてモータ温度上昇も緩やかになるため、温度変化率 TC_m が低下する。

【0039】

時間 t_2 では、モータ温度値 T_m が最高点となるところで温度変化率 TC_m は0となる。ここから、モータ温度値 T_m は下降に転じるため温度変化率 TC_m は再び上昇し、第一の温度変化率 TC_{m1} を超えたところでトルク制限係数マップの傾きを再び減らす方向に動作させる。

40

【0040】

この後、第一の温度変化率 TC_{m1} を温度変化率 TC_m が上下するたびに、トルク制限係数マップの傾きを増減させ、時間 t_3 に到達するとモータ温度値 T_m とトルク制限値がつり合い、制限トルクがサチレーションする。この過程で、温度変化率 TC_m が TC_{m1} 以内で収まるようになるとトルク制限係数マップの傾きが S_2 に定着、つまり初期状態のトルク制限係数マップの制限傾きになる。

【0041】

50

なお、図5におけるトルク制限係数マップの傾きは、第一の温度変化率 $TCm1$ とモータ温度値 Tm の偏差に所定のゲインを乗算し、かつ過度な傾き変化を抑制するために一時遅れフィルタを追加したものである。

【0042】

よって、図3の説明の通り、トルク制限部は、モータ温度の時間変化率が所定値より大きい場合には、モータ温度の時間変化率が所定値以下の場合に比べて、トルクが緩やかに変化するようにトルクを制限する。また、モータ温度とトルク制限率の関係式であるトルク制限係数マップの傾きを変化させることでトルク制限量を可変とする。さらに、モータ温度の変化率が大きい場合は、モータ温度とトルク制限率の関係式の傾きを小さくすることができ、モータ温度の変化に対してトルクが緩やかに変化するように、モータに流れる電流を制限する。

10

【0043】

以上説明した本発明の第1の実施形態によれば、以下の作用効果を奏する。

【0044】

(1) 制御装置60は、制御装置60は、インバータ40にPWM駆動信号を出力するPWM生成部63と、上位制御部からのトルク指令とモータ温度とに基づいて、前記PWM生成部63に制限後トルク指令を出力するトルク制限部と、を備え、前記トルク制限部は、前記モータ温度に基づいてトルク制限係数を算出するトルク制限係数算出部61と、前記上位制御部からの前記トルク指令と、前記トルク制限係数算出部61から出力される前記トルク制限係数に基づいて、前記PWM生成部63に前記制限後トルク指令を出力する制限後トルク算出部62と、を有し、前記トルク制限係数算出部61は、前記モータ温度が所定の温度よりも高い場合には、前記モータ温度に基づいてモータ30の出力トルクを制限し、前記モータ温度の時間変化率が所定値より大きい場合には、前記モータ温度の時間変化率が前記所定値以下の場合に比べて、トルクが緩やかに変化するように前記トルクを制限する。このようにしたので、モータの出力が必要以上に低下せず、モータの保護も可能となる。

20

【0045】

(2) 制御装置60のトルク制限係数算出部61は、モータ温度とトルク制限率の関係式の傾きを変化させることでトルク制限量を可変とする。このようにしたので、モータ温度の変化率に応じて、ハンチングを抑制できる。

30

【0046】

(3) 制御装置60のトルク制限係数算出部61は、モータ温度の変化率が大きいほど、モータ温度とトルク制限率の関係式の傾きを小さくする。このようにしたので、モータ温度が急激に上昇し始めた過渡状態であっても、過度なトルク制限とならずにハンチングが抑制できる。

【0047】

(4) 制御装置60のトルク制限部は、モータ温度の変化に対してトルクが緩やかに変化するように、モータ30に流れる電流を制限する。このようにしたので、車両の出力が変化せず、性能が低下しない。

【0048】

(第2の実施形態)

本発明の第2の実施形態について図6を用いて説明する。図6は本発明の第2の実施形態を示す制御装置60Aの構成を表す図である。

40

【0049】

制御装置60Aは、図1で説明した制御装置60にモータ温度補正部64を加えている。第1の実施形態では、トルク制限係数算出部61でモータ温度値 Tm を入力することとされていたが、図6のようにモータ温度値 Tm の検出遅れや検出誤差を補正したモータ温度推定値 TmA をモータ温度補正部64で生成し入力する。

【0050】

第1の実施形態で示した、図4のようなトルク制限係数マップを用いたトルク制限を実

50

施する場合に、モータ温度補正値を入力するとしても少なからず遅れ成分が含まれ、トルクハンチングが発生する可能性がある。そのため、図 6 のように、トルク制限係数算出部 61 の前の段階で、センサ 50 により検出した温度に対して実際のモータ温度に近づくようにモータ温度補正をする構成を適用することで、よりトルクハンチングの低減が可能となる。

【0051】

以上説明した本発明の第 2 の実施形態によれば、以下の作用効果を奏する。

【0052】

(5) 制御装置 60 が検出するモータ温度は、センサ 50 により検出した温度に対して実際のモータ温度に近づくように補正された温度である。このようにしたので、トルク制限の際のハンチングをさらに低減できる。

10

【0053】

(第 3 の実施形態)

本発明の第 3 の実施形態について図 7 を用いて説明する。図 7 は本発明の第 3 の実施形態を示す制御装置 60 B のトルク制限係数マップである。

【0054】

図 7 のトルク制限係数マップは、第 1 の実施形態である図 3 のトルク制限係数マップに、運転条件や冷却条件等により T1 と T2 の間の交点 T3 を変化させている。つまり、モータ温度とトルク制限率の関係式の傾きの変化させる際の支点を可変としている。

【0055】

図 7 の例を挙げる。たとえば、制御装置の雰囲気温度が高い場合に、制限トルクがサチレーションするポイントが図 3 で示すような T3 よりも T2 に近いポイントであることが想定されるケースがある。その場合に、モータ温度値 T_m が T3 より高い状態でトルク制限係数マップの傾きを水平方向にすると、図 7 の領域 A 内でトルク制限をする時間が増えるため、一時的に想定以上のトルクの出力となる可能性がある。そこで、交点 T3 を T3 B のように T1 よりも T2 に近いポイントとすることで、想定以上の温度上昇も抑制しながらトルクハンチングを低減することができる。

20

【0056】

以上説明した本発明の第 3 の実施形態によれば、以下の作用効果を奏する。

【0057】

(6) 制御装置 60 のトルク制限係数算出部 61 は、モータ温度とトルク制限率の関係式の傾きの変化させる際の支点を可変とする。このようにしたので、環境条件による想定以上の温度上昇を抑制しながら、トルクハンチングを低減することができる。

30

【0058】

以上、本発明は、負荷として 3 相交流モータが搭載されるシステムに上記実施形態を適用した場合について述べたが、これに限定されるものではなく、回転機を備えたシステムにも適用が可能である。

【0059】

また、本発明はモータ制御装置のモータ温度に関するトルク制限機能について述べたが、ほかの発熱部位に対する温度での出力制限に対しても適応可能である。例えば、モータ駆動装置のインバータに温度検出回路があり、かつ検出温度を入力に出力を制限することでインバータを保護する場合には、電流から熱への変換に遅れが生じるため、本発明の構成を採用することでトルクハンチングを抑制できる可能性がある。

40

【0060】

また、各実施形態や各種変形例はあくまで一例であり、発明の特徴が損なわれない限り、本発明はこれらの内容に限定されるものではない。同時に、上記では種々の実施形態や変形例を説明したが、本発明はこれらの内容に限定されるものではない。本発明の技術的思想の範囲内で考えられるその他の態様も本発明の範囲内に含まれる。

【符号の説明】

【0061】

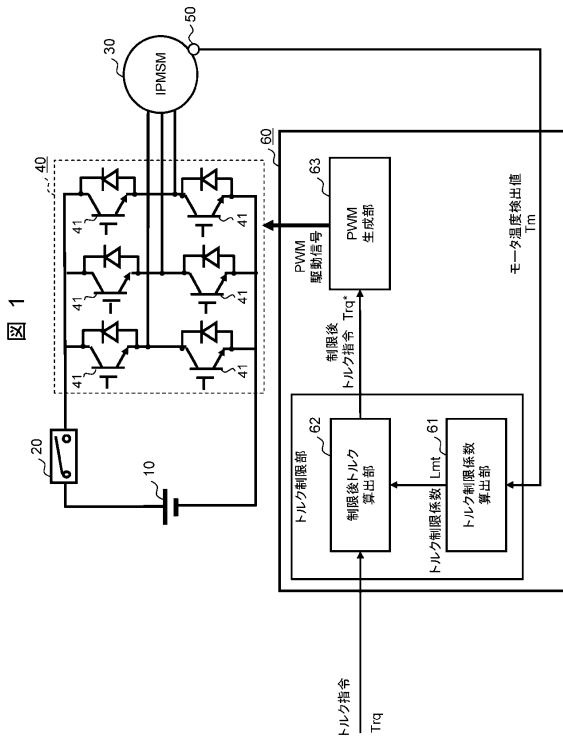
50

- 1 0 直流電源
- 2 0 コンタクタ
- 3 0 交流モータ
- 4 0 インバータ
- 4 1 スwitching素子
- 5 0 モータ温度センサ
- 6 0 制御装置
- 6 1 トルク制限係数算出部
- 6 2 制限後トルク算出部
- 6 3 PWM生成部
- 6 4 モータ温度補正部

10

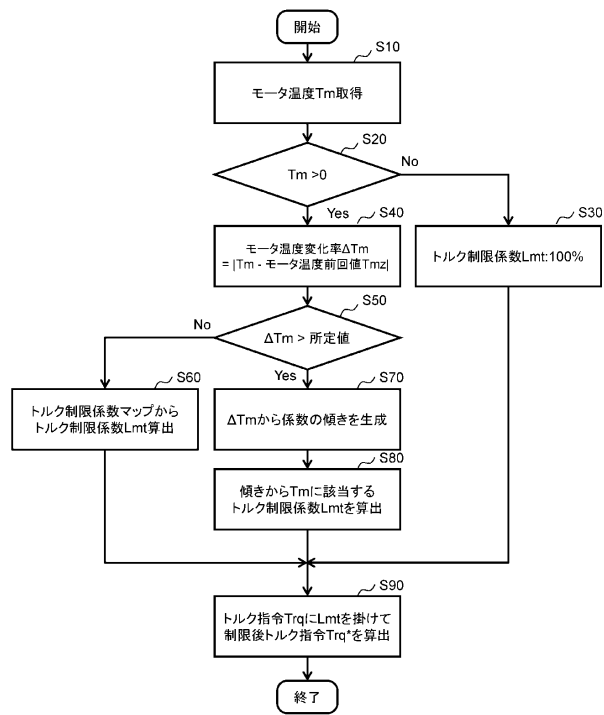
【図面】

【図 1】



【図 2】

図 2



20

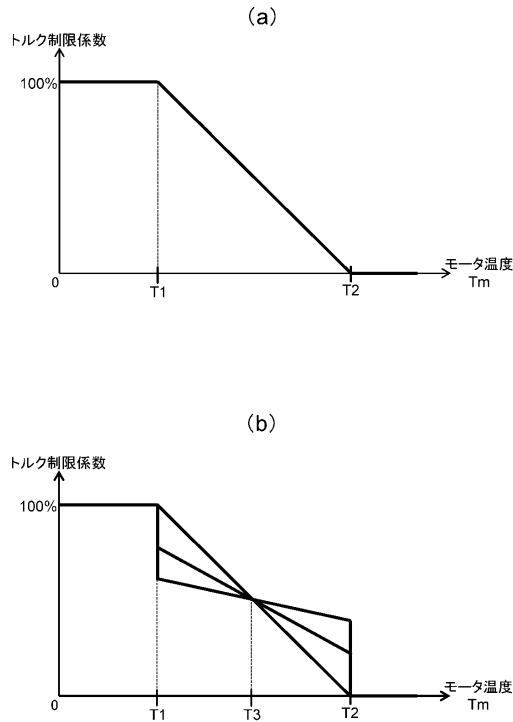
30

40

50

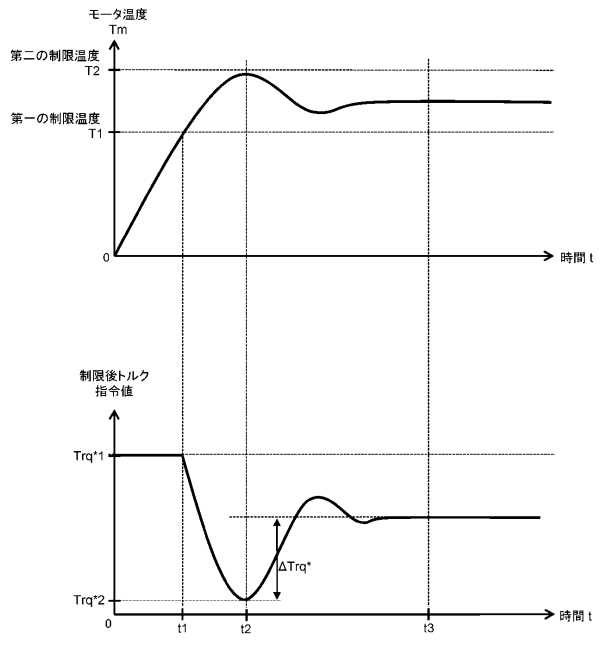
【 図 3 】

図 3



【 図 4 】

図 4

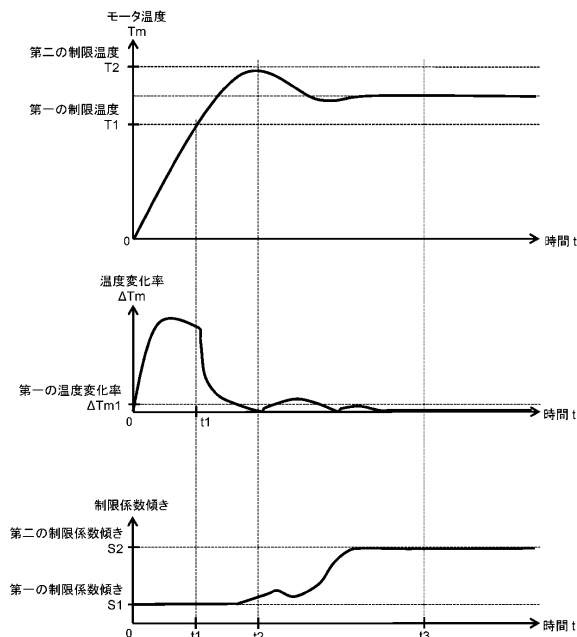


10

20

【 図 5 】

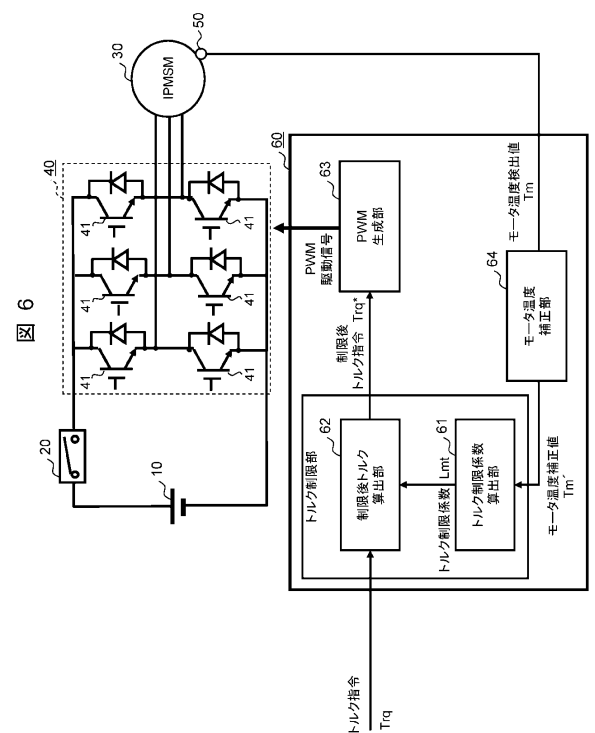
図 5



30

40

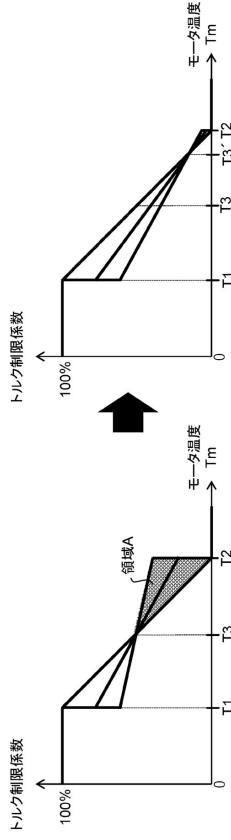
【 図 6 】



50

【 図 7 】

図 7



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開 2018 - 102102 (JP, A)
特開 2003 - 304604 (JP, A)
国際公開第 2018 / 142952 (WO, A1)
国際公開第 2017 / 163609 (WO, A1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
H02P 29 / 62
H02P 27 / 06