

(別紙4)

第1 原告の主張

被告製品(1)

1 概要

被告製品(1)ないし(4)は、誘導電動機(以下「モータ」という。)を(#1)ベクトル制御するためのインバータであり、その全体構成は、添付図1-1に示すとおりであつて、主要な構成としては、主回路構成部(A1)、ゲート回路構成部(B1)、制御回路構成部(C1)及びデジタルオペレータ(D1)を備えている。

主回路構成部(A1)は、コンバータ(a1-1)、平滑コンデンサ(a1-2)、インバータ(a1-3)からなる。平滑コンデンサ及びインバータの主回路部分は、2レベルインバータとして構成されている。

ゲート回路構成部(B1)は、制御電源回路(b1-1)、ゲートドライブ回路(b1-2)及び電流検出回路(b1-3)からなり、ゲートドライブ回路(b1-2)は3レベルで構成されている。

制御回路構成部(C1)は、CPU(c1-1)、メモリ(c1-2)、インターフェース(I/F)(c1-3)からなる。

制御回路構成部(C1)内のメモリ(c1-2)には、各種の制御プログラムが格納されており、オートチューニング機能としては、「回転形オートチューニング機能」(オートチューニング機能1)、「停止形オートチューニング1機能」(オートチューニング機能2)を実現するプログラムが格納されている。なお、これらのオートチューニング機能は制御モードに応じた設定により択一的に動作するように構成されている。

(#2)

メモリ(c1-2)内に格納されたプログラムのPWM制御の機能は、2レベルPWM制御である。

2 各構成部分の説明

(1) 主回路構成部(A 1)の構成

被告製品(1)の主回路構成部(A 1)の詳細構成は、添付図1-1に示すとおりであり、交流電源(S)に接続され、入力電源である交流を直流に変換するコンバータ(a 1-1)と、該コンバータの直流側に設けられた平滑コンデンサ(a 1-2)と、該平滑コンデンサに対して直流側が接続され、交流に逆変換するインバータ(a 1-3)とから構成されている。インバータの主回路の交流側には、モータ(M)が接続されることになる。なお、交流電源(S)及びモータ(M)は、被告製品(1)には含まれない。

インバータ(a 1-3)の主回路部分は、スイッチング素子S 1, S 2の直列回路、スイッチング素子S 3, S 4の直列回路、スイッチング素子S 5, S 6の直列回路を並列接続して構成される。

これにより、被告製品(1)では、交流電源(S)から入力される交流電圧がコンバータ(a 1-1)で直流電圧に変換され、この変換された直流電圧は平滑コンデンサ(a 1-2)によって平滑化され、平滑化された直流電圧をインバータ(a 1-3)により相電圧として正負2値のパルスをもついわゆる2レベルの可変電圧、可変周波数の交流電圧に逆変換してモータ(M)に供給し制御するものである。

(2) ゲート回路構成部(B 1)の構成

被告製品(1)のゲート回路構成部(B 1)の詳細構成は、添付図1-1に示すとおりであり、制御電源回路(b 1-1)とゲートドライブ回路(b 1-2)と電流検出回路(b 1-3)を主要な回路構成として備えている。

ここにおいて、制御電源回路(b 1-1)は、平滑コンデンサの電力を受けて、後に説明する制御回路構成部(C 1)に搭載された個々の部品への電源を生成するための回路であり、ゲートドライブ回路(b 1-2)は、後段で説明する制御回路構成部(C 1)からの制御信号を受けて、それに基づいてインバータ(a 1-3)の各スイッチング素子を制御するための回路であり、電流検出回路(b 1-3)は、インバータ(a 1-3)からの出力電流を検出して、その検出信号を後段で説明する制御回路構成部(C 1)に送出するための回路である。

(3) 制御回路構成部(C1)の構成

被告製品(1)の制御回路構成部(C1)の詳細構成は、添付図1-1に示すとおりであり、相互にデータバスで接続されたCPU(c1-1)、メモリ(c1-2)及びインターフェース(I/F)(c1-3)を含んだ構成を備え、前記主回路構成部(A1)から電源の供給を受け、ゲートドライブ回路(b1-2)に対してインバータ(a1-3)のスイッチング素子のスイッチング制御信号を送出し、電流検出回路(b1-3)から検出電流値の送出を受けている。

被告製品(1)の機能・動作を特定するプログラムは、メモリ(c1-2)内に格納されており、このプログラムには、モータを制御するためのベクトル制御機能を奏するモータ制御プログラムに加えて、オートチューニング機能、PWM制御機能、保護機能等の各種制御プログラムが含まれる。

オートチューニング機能としては、モータ線間抵抗、漏れインダクタンス、無負荷電流及び定格スリップを自動的に測定して設定する「回転形オートチューニング機能」(オートチューニング機能1)、モータ線間抵抗及び漏れインダクタンスを自動的に測定して設定する「停止形オートチューニング機能」(オートチューニング機能2)を備えている。

(#3)

これにより、被告製品(1)は、メモリ(c1-2)内に格納された制御プログラムをCPU(c1-1)で実行することにより各制御プログラムの機能を達成させ、その結果であるPWM信号をインバータ(a1-3)の各スイッチング素子を制御するための制御信号としてインターフェース(I/F)(c1-3)を経由して、ゲート回路構成部(B1)のゲートドライブ回路(b1-2)に送出する動作を実行するものである。

(4) デジタルオペレータ(D1)の構成

被告製品(1)のデジタルオペレータ(D1)の詳細な構成は、添付図2-1に示すとおり、上方に配置された「表示部分」と下方に配置された「操作キー部分」とから構成され、「表示部分」は、「運転モード表示部」及び「データ表示部(LCD)」からなっており、

り、「操作キー部分」には、定数設定、モニタ、JOG運転、オートチューニング(#4)等を実行するための操作キーが配列されている。

デジタルオペレータ(D1)の各操作キーの名称とそれぞれのキーの機能は、添付図2-1に示すとおりであり、各操作キーを操作すると、その操作に応じたモードが表示される。このモードの表示はデータ表示部の左上部に文字により表示される。また、定数等が設定されると、その値がデータ表示部により表示される。

被告製品(2)

1 概要

被告製品(2)は、モータ(M)を(#1)ベクトル制御するためのインバータであり、その全体構成は、添付図1-2に示すとおりであって、主要な構成としては、主回路構成部(A2)、ゲート回路構成部(B2)、制御回路構成部(C2)及びデジタルオペレータ(D2)を備えている。

主回路構成部(A2)は、コンバータ(a2-1)、平滑コンデンサ(a2-2)、インバータ(a2-3)からなる。平滑コンデンサ及びインバータの主回路部分は、3レベルインバータとして構成されている。

ゲート回路構成部(B2)は、制御電源回路(b2-1)、ゲートドライブ回路(b2-2)及び電源検出回路(b2-3)からなり、ゲートドライブ回路(b2-2)は3レベルで構成されている。

制御回路構成部(C2)は、CPU(c2-1)、メモリ(c2-2)、インターフェース(I/F)(c2-3)からなる。

制御回路構成部(C2)内のメモリ(c2-2)には、各種の制御プログラムが格納されており、オートチューニング機能としては、「回転形オートチューニング機能」(オートチューニング機能1)、「停止形オートチューニング1機能」(オートチューニング機能2)を実現するプログラムが格納されている。なお、これらのオートチューニング機能は制御モードに応じた設定により択一的に動作するように構成されている。

(#2)

メモリ(c2-2)内に格納されたプログラムのPWM制御の機能は、3レベルPWM制御である。

2 各構成部分の説明

(1) 主回路構成部(A2)の構成

被告製品(2)の主回路構成部(A2)の詳細構成は、添付図1-2に示すとおりであ

り、被告製品(1)と相違する点は、被告製品(1)が2レベルインバータとして構成されているのに対し、被告製品(2)は平滑コンデンサ(a 2-2)とインバータ(a 2-3)が3レベル構成とされている点である。

インバータ(a 2-3)は、u相分、v相分及びw相分の3相がそれぞれ4個のスイッチング素子(S 1 u)ないし(S 4 u)、(S 1 v)ないし(S 4 v)及び(S 1 w)ないし(S 4 w)の直列接続からなり、各スイッチング素子(S 2 u)、(S 2 v)、(S 2 w)と各スイッチング素子(S 3 u)、(S 3 v)、(S 3 w)との接続点は、モータ(M)に対する交流出力部と接続され、各スイッチング素子(S 1 u)、(S 1 v)、(S 1 w)と各スイッチング素子(S 2 u)、(S 2 v)、(S 2 w)との接続点及び各スイッチング素子(S 3 u)、(S 3 v)、(S 3 w)と各スイッチング素子(S 4 u)、(S 4 v)、(S 4 w)との接続点のそれぞれが各相のダイオード(D 1, D 2)を介して平滑コンデンサ(a 2-2)の中性点に接続されている。このようにして、3レベル構成のインバータ(a 2-3)の直流側には直流電源が接続され、交流側には負荷となるモータ(M)が接続されている。

(2) ゲート回路構成部(B 2)の構成

被告製品(2)のゲート回路構成部(B 2)の詳細構成は、添付図1-2に示すとおりであり、実質的には被告製品(1)のゲート回路構成部(B)と同一の構成を備えている。ただし、平滑コンデンサ(a 2-2)及びインバータ(a 2-3)の主回路部分の構成が上記のように3レベル構成と相違するために、そのスイッチング素子を駆動するためのゲートドライブ回路(b 2-2)の構成も当然に相違している。

(3) 制御回路構成部(C 2)の構成

被告製品(2)の制御回路構成部(C 2)の詳細構成は、添付図1-2に示すとおりであり、被告製品(1)と相違する点は、被告製品(1)のメモリ(c 1-2)に格納されたPWM制御のプログラムが2レベルPWM制御となっているのに対し、被告製品(2)のメモリ(c 2-2)に格納されたPWM制御のプログラムが3レベルPWM制御となっている点であり、その他は実質的に同一の構成を備えている。

オートチューニング機能としては、被告製品(1)の構成と同一であり、モータ線間抵

抗, 漏れインダクタンス, 無負荷電流及び定格スリップを自動的に測定して設定する「回転形オートチューニング機能」(オートチューニング機能1), モータ線間抵抗及び漏れインダクタンスを自動的に測定して設定する「停止形オートチューニング1機能」(オートチューニング機能2)を備えている。

(#5)

(4) デジタルオペレータ(D2)の構成

被告製品(2)のデジタルオペレータ(D2)は, 被告製品(1)のデジタルオペレータ(D1)と同一である。

3 被告製品(2)の電圧制御動作

(1) 電圧制御動作の概要

被告製品(2)の電圧制御動作は, 基本的には2レベルインバータの動作原理と同じであるが, 各相の電圧は正負の他に0レベルの電圧を出力することができるように構成された3レベルインバータである。

添付図1-2を用いて当該3レベルインバータの電圧制御動作の概要を説明する。スイッチング素子S1u, S2uをONとし, S3u, S4uをOFFにすると, 負荷に正電圧を出力する(これを「モードI」という。)。一方, スwitching素子S3u, S4uをONとし, S1u, S2uをOFFにすると, 負荷に負電圧を出力することになる(これを「モードII」という。)。これは, 2レベルインバータと同様の動作である。ここで, 被告製品(2)の3レベルインバータでは, スwitching素子S2u, S3uをONとし, S1u, S4uをOFFにすると, 負荷に0電圧を出力することになる(これを「モードIII」という。))。

このように, モードIでは出力電圧が正になり, モードIIでは出力電圧が負になり, モードIIIでは出力電圧が0になることが, 3レベルインバータと称される所以であり, 被告製品(2)の電圧制御動作である。このモードI, モードIII, モードIIの切り替え選択をすることにより, 直流電源の直流を交流に変換するものである。つまり, モードI

からモードⅡの切り替えに当たり出力電圧0のモードⅢを介在させることにより、2レベルインバータよりも滑らかな交流を実現するように構成したものである。

(2) 3レベルPWM制御

このように、被告製品(2)は、インバータ(a 2-3)のスイッチング素子を制御することによりモータ(M)を制御するものであり、このスイッチング素子を制御するためにメモリ(c 2-2)内に3レベルPWM制御のプログラムを備えている。

この3レベルPWM制御のプログラムは、交流電圧指令に対してインバータ(a 2-3)の出力電圧の基本波を極力正弦波に近づけるための制御であり、被告製品(2)の3レベルPWM制御は、上記のように各相電圧で0電圧(モードⅢ)を出力することができるので、2レベルPWM制御よりも正弦波に近づかせる制御ができる。

被告製品(2)の3レベルPWM制御では、「空間ベクトル」PWM制御方式によってインバータから所望の電圧を出力している。このとき、被告製品(2)では、各相のスイッチング素子すべてが同時にONしないように、一定時間遅らせてONするようにデッドタイムを設けるように制御している。被告製品(2)は、この指令に従って、各相のスイッチング素子をON/OFF制御することによりインバータから所望の電圧を出力することができる。

その際に、被告製品(2)のCPU(c 2-1)で3レベルPWM制御プログラムが実行されて演算制御される3レベルPWM制御の演算処理機能の構成図は、添付図6の「被告製品(2)における演算処理機能構成図」に示すように、電圧ベクトル指令(電圧の大きさと電圧の位相)に応じて、変調方式がダイポーラ変調やダイポーラ変調/ユニポーラ変調に変化し、ダイポーラ変調/ユニポーラ変調において、基本波の半周期内にはダイポーラ変調期間とユニポーラ変調期間が存在し、電圧ベクトル指令(電圧の大きさと電圧の位相)に従い、両者の期間の割合が変更される。(＃6)この割合は、ダイポーラ変調期間、すなわち出力パルスが正負交互に出力する期間を確保するように更に調整される。

被告製品(3)

1 概要

被告製品(3)は、モータ(M)を(#1)電流ベクトル制御するための汎用インバータであり、その全体構成は添付図1-3に示すとおりであって、主要な構成としては、主回路構成部(A3)、ゲート回路構成部(B3)、制御回路構成部(C3)及びデジタルオペレータ(D3)を備えている。

主回路構成部(A3)は、コンバータ(a3-1)、平滑コンデンサ(a3-2)、インバータ(a3-3)からなる。平滑コンデンサ及びインバータの主回路部分は、2レベルインバータとして構成されている。

ゲート回路構成部(B3)は、制御電源回路(b3-1)、ゲートドライブ回路(b3-2)及び電流検出回路(b3-3)からなり、ゲートドライブ回路(b3-2)は2レベルで構成されている。

制御回路構成部(C3)は、CPU(c3-1)、メモリ(c3-2)、インターフェース(I/F)(c3-3)からなる。

制御回路構成部(C3)内のメモリ(c3-2)には、各種の制御プログラムが格納されており、オートチューニング機能としては、「回転形オートチューニング機能」(オートチューニング機能1)、「停止形オートチューニング1機能」(オートチューニング機能2)及び「停止形オートチューニング2機能」(オートチューニング機能3)を実現するプログラムが格納されている。なお、これらのオートチューニング機能は制御モードに応じた設定により択一的に動作するように構成されている。

(#2)

メモリ(c3-2)内に格納されたプログラムのPWM制御の機能は、2レベルPWM制御である。

2 各構成部分の説明

(1) 主回路構成部(A3)の構成

被告製品(3)の主回路構成部(A3)の詳細構成は、添付図1-3に示すとおりであり、被告製品(1)の主回路構成部(A1)と同一の構成を備えている。

(2) ゲート回路構成部(B3)の構成

被告製品(3)のゲート回路構成部(B3)の詳細構成は、添付図1-3に示すとおりであり、実質的には被告製品(1)のゲート回路構成部(B1)と同一の構成を備えている。

(3) 制御回路構成部(C3)の構成

被告製品(3)の制御回路構成部(C3)の詳細構成は、添付図1-3に示すとおりであり、ハード構成としては被告製品(1)と同一である。被告製品(1)と相違する点は、メモリ(c3-2)に格納されたオートチューニングのプログラムとして、「回転形オートチューニング」及び「停止形オートチューニング1」に加えて、「停止形オートチューニング2」が追加された点であり、その他のプログラムは実質的に同一の構成を備えている。

それにより、オートチューニング機能としては、モータ線間抵抗、漏れインダクタンス、無負荷電流及び定格スリップを自動的に測定して設定する「回転形オートチューニング機能」(オートチューニング機能1)、モータ線間抵抗及び漏れインダクタンスを自動的に測定して設定する「停止形オートチューニング1機能」(オートチューニング機能2)、モータ線間抵抗及び漏れインダクタンスを自動的に測定して設定し、無負荷電流は事前に設定する「停止形オートチューニング2機能」(オートチューニング機能3)を備えている。

(#3)

(4) デジタルオペレータ(D3)の構成

被告製品(3)のデジタルオペレータ(D3)の構成は、添付図2-2に示すとおりであり、被告製品(1)及び(2)と比較すると、上方に配置された「表示部分」が「運転モード表示部」、「データ表示部」及び「モード表示部」からなっており、「モード表示部」を備えている点で相違し、その他は実質的に同一の構成である。これにより、モード表示は「モード表示部」の点滅によって表示され、データの表示としては、モニタデータ、

定数番号及び設定値が5桁の数値で表示される。

被告製品(4)

1 概要

被告製品(4)は、誘導電動機(以下、単にモータと称する)を(#1)電流ベクトル制御するための汎用インバータであり、その全体構成は添付図1-4に示すとおりであり、主要な構成としては、主回路構成部(A4)、ゲート回路構成部(B4)、制御回路構成部(C4)及びデジタルオペレータ(D4)を備えている。

主回路構成部(A4)は、コンバータ(a4-1)、平滑コンデンサ(a4-2)、インバータ(a4-3)からなる。平滑コンデンサ及びインバータの主回路部分は、2レベルインバータとして構成されている。

ゲート回路構成部(B4)は、制御電源回路(b4-1)、ゲートドライブ回路(b4-2)及び電流検出回路(b4-3)からなり、ゲートドライブ回路(b4-2)は2レベルで構成されている。

制御回路構成部(C4)は、CPU(c4-1)、メモリ(c4-2)、インターフェイス(I/F)(c4-3)からなる。

制御回路構成部(C4)内のメモリ(c4-2)には各種の制御プログラムが格納されており、オートチューニング機能としては、「回転形オートチューニング機能」(オートチューニング機能1)を実現するプログラムが格納されている。

(#2)

メモリ(c4-2)内に格納されたプログラムのPWM制御の機能は2レベルPWM制御である。

2 各構成部分の説明

(1) 主回路構成部(A4)の構成

被告製品(4)の主回路構成部(A4)の詳細構成は添付図1-4に示すとおりであり、被告製品(1)の主回路構成部(A1)と同一の構成を備えている。

(2) ゲート回路構成部(B4)の構成

被告製品(4)のゲート回路構成部(B4)の詳細構成は添付図1-4に示すとおりであり、実質的には被告製品(1)のゲート回路構成部(B1)と同一の構成を備えている。

(3) 制御回路構成部(C4)の構成

被告製品(4)の制御回路構成部(C4)の詳細構成は添付図1-4に示すとおりであり、ハード構成としては被告製品(1)と同一である。被告製品(1)と相違する点は、メモリ(c4-2)に格納されたオートチューニングのプログラムは被告製品(1)の「回転形オートチューニング」(オートチューニング機能1)に相当するオートチューニングのプログラムを備えている。

(#3-2)

(4) デジタルオペレータ(D4)の構成

被告製品(4)のデジタルオペレータ(D4)の構成は、添付図2-3に示すとおりであり、上方に配置された「表示部分」と下方に配置された「操作キー部分」とから構成され、「表示部分」は「運転モード表示部」及び「データ表示部」からなっており、「運転モード表示部」は、他の被告物品での「運転モード表示部」と「モード表示部」での機能を限定したものとして構成されており、「操作キー部分」には、定数設定、モニタ、JOG運転、オートチューニング等を実行するための操作キーが配列され、他の被告製品と同一の機能構成となっている。被告製品(4)のデジタルオペレータ(D4)の操作キーは、その形態が多少相違するものの、機能的には被告製品(1)のデジタルオペレータ(D1)と同一である。

被告製品(5)

1 概要

被告製品(5)は、主回路スイッチング素子としてIGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor)を採用したベクトル制御インバータである。

被告製品(5)は、モータ(M)を制御するインバータであり、全体構成は、添付図7に示すとおりであって、主要な構成としては、主回路構成部(A5)、インバータ制御部(B5)及びデジタルオペレータ(D5)を備えている。

2 被告製品(5)を構成する各構成部

(1) 主回路構成部(A5)の構成

主回路構成部(A5)は、交流電源(S)に接続され、入力電源である交流を直流に変換するコンバータ(a5-1)と、該コンバータの直流側に設けられた平滑コンデンサ(a5-2)と、該平滑コンデンサに対して直流側が接続され、交流に逆変換するインバータ(a5-3)とから構成されている。

インバータ(a5-3)は、スイッチング素子(S1ないしS6)を備えた2レベルインバータを構成している。インバータの主回路の交流側にはパルスジェネレータ(PG)付きのモータ(M)が接続される。なお、交流電源(S)及びモータ(M)等は、被告製品(5)には含まれない。

(2) インバータ制御部(B5)の構成

インバータ制御部(B5)は、制御電源回路(b5-1)、ゲートドライブ回路(b5-2)、電流検出回路(b5-3)、電圧検出回路(b5-4)及び制御演算構成部(C5)を主要な回路構成として備えている。但し、被告製品(5)の形式によっては、電圧検出回路(b5-4)が存在しない場合もある。

ここにおいて、制御電源回路(b5-1)は、平滑コンデンサの電力を受けて、後に説明する制御演算構成部(C5)に搭載された個々の部品への電源を生成するための回路であり、ゲートドライブ回路(b5-2)は、制御演算構成部(C5)からの制御信号を受

け、それに基づいてインバータ(a 5-3)の各スイッチング素子(S 1ないしS 6)を制御するための回路であり、電流検出回路(b 5-3)及び電圧検出回路(b 5-4)は、インバータ(a 5-3)からの出力電流及び出力電圧を検出して、それぞれの検出信号を制御演算構成部(C 5)に対して送出手のための回路である。

(3) 制御演算構成部(C 5)の構成

添付図8は、モータ(M)を駆動制御する電圧形PWMインバータの制御演算構成部(C 5)の詳細を示したものである。なお、添付図8の「被告製品(5)の制御演算構成図」は、パルスジェネレータ(PG)を用いてモータ(M)の回転速度を制御する構成の一例であるが、被告製品(5)としてはパルスジェネレータ(PG)を用いない構成もある。

インバータを制御する演算構成部(C 5)は、CPU部とDSP部の2つの演算処理部から構成されている。

(3-1) DSP部の構成

DSP部は、

一次周波数指令信号 ω_1^* を入力とし、位相信号 $\varepsilon^{j\omega_1^*}$ を出力する積分回路 $\int dt$ と、ベクトル演算器から出力された位相角 $\varepsilon^{j\theta}$ と、積分回路 $\int dt$ から出力された位相信号 $\varepsilon^{j\omega_1^*}$ を加算する加算器と、

該加算器とベクトル演算器の出力側に接続され、1次電流瞬時値指令信号 i_1^* を出力する座標変換器と、

該座標変換器の出力側に接続され、交流指令信号 i_1^* が1次電流検出信号 i_1 で減算される減算器と、

該減算器に接続され、電圧瞬時値指令信号 v_1^* を出力する電流制御器と、

該座標変換器に接続され、1次電流瞬時値指令信号 i_1^* に対応した補償電圧 Δv を出力するオンディレイ補償器と、

該オンディレイ補償器と電流制御器の出力側に接続され、電圧瞬時値指令信号 v_1^* と補償電圧 Δv を加算し、1次電圧瞬時値指令信号 v_1^{**} を出力する加算器と、

該加算器の出力側に接続され、1次電圧瞬時値指令信号 v_1^{**} を入力とするPWM変調

器と、

を有する。

3 被告製品(5)の制御演算動作について

(1) CPU部での演算処理

速度指令信号 ω_r^* が制御演算構成部に入力され、該速度指令信号 ω_r^* は減算器により速度センサからの速度検出信号 ω_r と減算され(速度指令信号 ω_r^* が+として入力され、速度検出信号 ω_r が-として入力される。)、その差分が速度制御器に入力される。速度制御器では、その差分が小さくなるようにトルク電流指令信号 I_y^* を出力し、ベクトル演算器に入力される。

磁束指令器は、速度検出信号 ω_r に基づいた磁束指令信号 ϕ^* を出力し、該磁束指令信号 ϕ^* は、減算器により後述する磁束演算値 ϕ^{\wedge} と減算され、その差分が磁束制御器に入力される。速度制御器では、その差分が小さくなるように励磁電流指令信号 I_m^* を出力し、ベクトル演算器に入力する。なお、電圧検出回路(b 5-4)が存在しない場合は、 $\phi-I_y$ 検出器で磁束演算値 ϕ^{\wedge} は演算されないことになる。この場合、磁束制御器は、前記の磁束指令信号 ϕ^* に基づいて励磁電流指令信号 I_m^* を出力し、ベクトル演算器に入力する。該ベクトル演算器では、入力された2つの信号 I_y^* 及び I_m^* に基づき一次電流の絶対値信号 I_1^* 及び I_y^* と指令信号 I_m^* との位相角 ε^{ju^*} を演算する。

$\phi-I_y$ 検出器は、インバータからの出力から検出される1次電流検出信号 i_1 と1次電圧検出信号 v_1 に基づいて磁束演算値 ϕ^{\wedge} とトルク電流演算値 I_y^{\wedge} を演算し、各演算値を信号として出力する。この ϕ^{\wedge} の信号は、上記の減算器に入力される。トルク電流演算値 I_y^{\wedge} は、減算器に入力され、減算された差分がトルク電流制御器に入力され、その差分が小さくなるように該トルク電流制御器からは周波数補正信号 $\Delta\omega$ が出力される。

他方で、トルク電流指令信号 I_y^* と磁束指令信号 ϕ^* は、割算器に入力され、さらにその出力には2次抵抗定数 R_2^* が乗算され、すべり周波数演算値 ω_s^{\wedge} が演算される。

そして、このすべり周波数演算値 ω_r^{\wedge} と周波数補正信号 $\Delta\omega$ が加算器で加算され、すべり周波数指令信号 ω_s^* が生成される。そして、このすべり周波数指令信号 ω_s^* と速度検出信号 ω_r とが加算器で加算され、1次周波数指令信号 ω_1^* が生成される。

ここで、2次抵抗定数 R_2^* のブロックには矢印が刺さった図が示されているが、これはモータ(M)に取り付けられたサーミスタからの信号を回転子温度推定器に入力して回転子温度 θ_t を推定し、この変動に基づいて2次抵抗定数 R_2^* を自動的に調整するものである。なお、被告製品(5)のうちパルスジェネレータ(PG)がないもの場合は、1次電流検出信号 i_1 と1次電圧検出信号 v_1 より速度演算値 ω_r^{\wedge} を演算し、速度検出信号 ω_r の代わりに速度演算値を用いる。それ以外の制御ブロック構成は、PGがあるものと同じである。

(2) DSPでの演算処理

積分回路 $\int dt$ には、CPUで演算された1次周波数指令信号 ω_1^* が入力され、該積分回路 $\int dt$ は、磁束軸の位相を演算してそれを位相信号 $\varepsilon^{j\omega_1^*}$ として出力する。この位相信号 $\varepsilon^{j\omega_1^*}$ は、加算器によりCPUで演算された位相角 $\varepsilon^{j\omega^*}$ と加算されて1次電流の位相が演算される。そして、1次電流の位相とCPUで演算された1次電流の絶対値信号 I_1^* が座標変換器に入力されて、1次電流瞬時値指令信号 i_1^* に変換される。なお、位相信号 $\varepsilon^{j\omega_1^*}$ は、CPU内の $\phi-I_1$ 検出器にも入力されている。

変換された1次電流瞬時値指令信号 i_1^* の一つは、インバータ出力から検出した1次電流検出信号 i_1 と減算器に入力されて減算され、その差分は、電流制御器に入力されて、その差分が小さくなるように電圧瞬時値指令信号 v_1^* を出力する。

また、1次電流瞬時値指令信号 i_1^* のもう一つは、オンディレイ補償器に入力される。このオンディレイ補償器は、入力電流の値に対応した電圧降下の値を記憶しており、 i_1^* が入力されると、これに対応した補償電圧 Δv を出力し、先の電圧瞬時値指令信号 v_1^* との加算により、1次電圧瞬時値指令信号 v_1^{**} を生成する。

このオンディレイ補償器は、インバータの正負スイッチング素子における短絡防止用に設けられたオンディレイ回路による電圧降下を補償するためのものである。そして、

この1次電圧瞬時値指令信号 v_1^{**} は、PWM変調器に入力されてパルス幅変調されてパルス状のPWM信号を生成し、そのPWM信号を前記電圧形PWMインバータをPWM制御動作させるようにインバータに対して出力する。

(3) より詳しい説明

被告が自認する限度でも、次のとおりである。

被告製品(5)において補償電圧 ΔV を決定するために予め記憶するのは、 I_o (同一容量のインバータでは共通の固定値) と以下の関数である。

$$\Delta V = -V_o \quad (i_1^* < -I_o)$$

$$\Delta V = (V_o / I_o) \times i_1^* \quad (-I_o \leq i_1^* \leq I_o)$$

$$\Delta V = V_o \quad (I_o < i_1^*)$$

なお、関数式中の i_1^* は、固定座標系における電流指令値(1次電流瞬時値指令信号) i_1^* である。

また、関数式中の V_o は、以下の関係式に従いインバータ装置内部で自動設定されているので、同一容量のインバータでは共通の固定値となる。

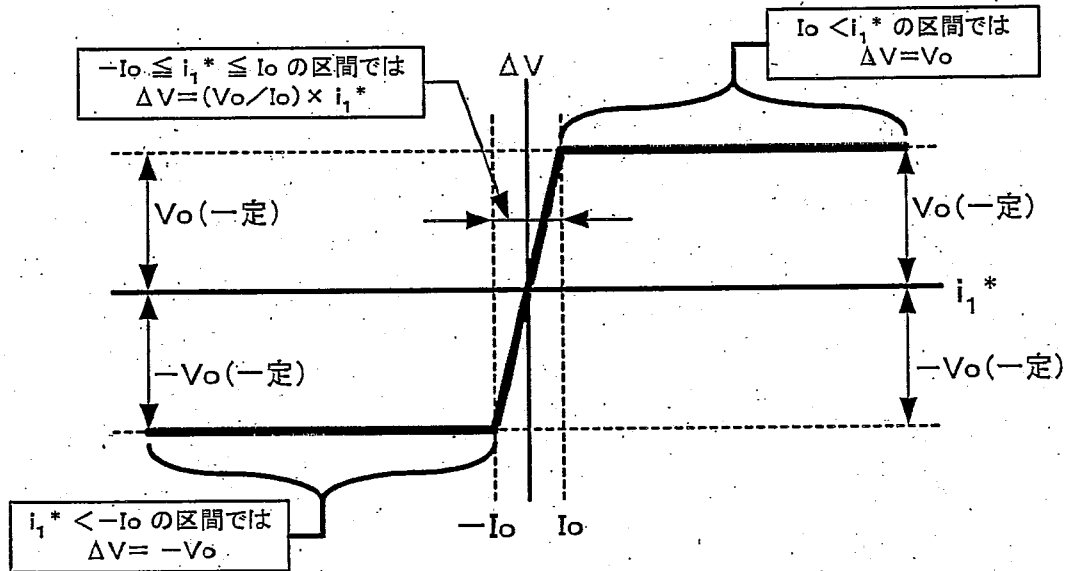
$$V_o = (\text{インバータ直流入力電圧}) \times (\text{オンディレイ時間}) \div (\text{PWM変調の周期})$$

また、関数式中の I_o は、補償電圧 ΔV が $-V_o$ から V_o に、又はその逆に変化する場合の急激な補償値変動を避けて制御の安定化を図るために、過渡期間を設定するためのものである。具体的には、インバータの容量ごとに予め評価用サンプル(1台)を用いて、急激な補償値変動を避けるために最適と判断された値を、インバータの容量ごとに共通の固定値として設定している。

したがって、 V_o 及び I_o の値を含む上記の関数は、同一容量のインバータですべて共通であり、補償電圧 ΔV に個体差はない。

かかる関数をグラフを用いて表すと、以下のとおりである。

被告製品(5)のオンディレイ補償(甲10号証403頁の図3参照)



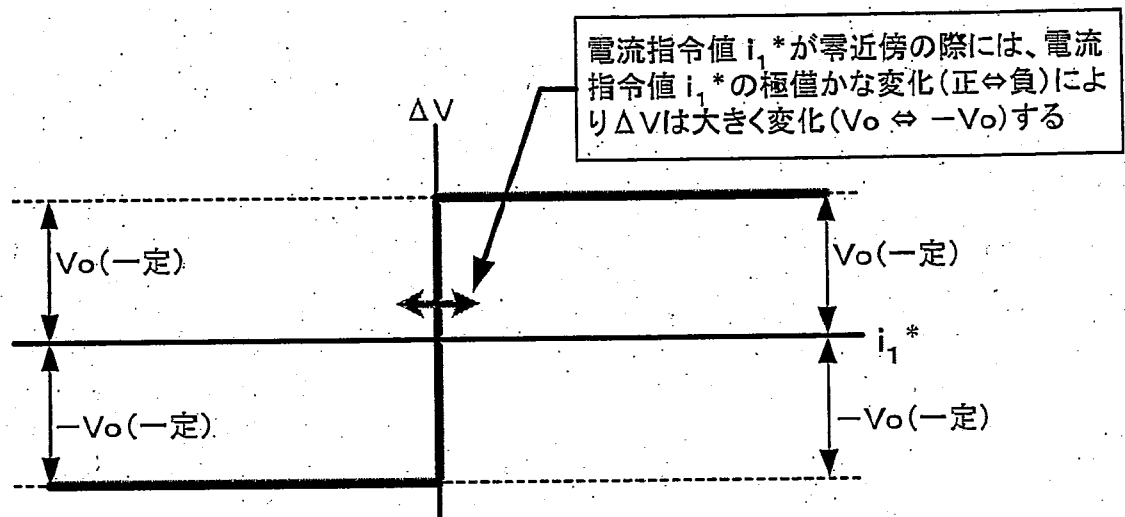
ΔV : 補償電圧

i_1^* : 固定座標系での電流指令値(1次電流瞬時値指令信号)

$V_o = (\text{インバータ直流入力電圧}) \times (\text{オンディレイ時間}) \div (\text{PWM変調の周期}) = \text{固定値} \ast$
 I_o は、インバータの容量ごとに予め評価用サンプル(1台)を用いて決定した固定値 \ast
 $\ast V_o$ 及び I_o は、同一容量のインバータでは共通の固定値にしている。

具体的には、固定座標系における電流指令値 i_1^* をオンディレイ補償器に入力し、オンディレイ補償器において V_o 、 I_o 及び i_1^* を用いて上記の関数に従い補償電圧 ΔV を出力し、該補償電圧 ΔV が固定座標系での電圧指令値(1次電圧瞬時値指令信号/電流制御器の出力) V_1^* に加算される。

被告製品(5)は、指令電流の極性に応じた矩形波形状の一定値によるオンディレイ補償(電流指令値が正極性であれば、 V_o (一定値)を補償し、負極性であれば、 $-V_o$ (一定値)を補償する。)を基本とするが、補償電圧 ΔV が $-V_o$ から V_o に、又はその逆に変化する場合の急激な補償値変動を避けて制御の安定化を図るために、電流指令値 i_1^* の零近傍に限り、一定の傾き(1次関数)を設けている。



上記のとおり、 V_o は、「インバータ直流入力電圧」、「オンディレイ時間」及び「PWM変調の周期」(いずれも、オンディレイ補償とは関わりなくインバータ装置内部に設定されたもの)に従い、機械的に自動設定される固定値であるから、現実のインバータ電圧降下の値とは異なる。また、個々の電圧形インバータにおける個体差も考慮していない。 V_o は、電流指令値 i_1^* が増加しても一定値であり、増加することもない。

I_o は、具体的には、インバータの容量ごとに評価用サンプル(1台)を用い、 I_o の設定値を変えながらインバータの出力電流波形を観測し、出力電流波形が安定的になる I_o 値を決定する。このようにして決定した I_o 値を、インバータの容量ごとに共通の固定値として設定する。したがって、($-I_o \leq i_1^* \leq I_o$) 区間における補償電圧 ΔV は、同一容量のインバータ間では同一の1次関数値として設定されており、現実のインバータ電圧降下の値とは異なるものであるとともに、個々の電圧形インバータにおける個体差を反映していない。

第2 被告の主張

#1の箇所に、「 V/f 制御又は」が加えられるべきである。

#2の箇所に、「さらに、制御プログラムとしては、電動機定数を含むすべてのユーザ定数を設定する機能を有する「アドバンスプログラムモード」を実現するプログラムが格納されている。

モータを駆動するための制御プログラムとして、ベクトル制御による運転を実現する「ベクトル制御運転プログラム」、及びV/f運転を実現する「V/f」制御運転プログラムが格納されている。」が加えられるべきである。

#3の箇所に、「アドバンスプログラムモード機能としては、電動機定数を含むすべてのユーザ定数をデジタルオペレータから制御回路構成部に一括コピーする定数のコピー機能を備えている。」が加えられるべきである。

#3-2の箇所に、「コピーモード機能としては、電動機定数を含むすべてのユーザ定数をコピーユニットから制御回路構成部に一括コピーする定数のコピー機能を備えている。」が加えられるべきである。

#4の箇所に、「アドバンスプログラムモード機能」が加えられるべきである。

#5の箇所に、「アドバンスプログラムモード機能としては、電動機定数を含むすべてのユーザ定数をデジタルオペレータから制御回路構成部に一括コピーする定数のコピー機能を備えている。」が加えられるべきである。

#6以下は、削除されるべきである。

これらの変更に合わせて、図面の記載も変更されるべきである。

オートチューニング機能1ないし3説明書

第1 原告の主張

1 概要

被告製品(1)を中心に説明し、他はそれとの相違点を明確にする形で説明する。

被告製品(1)ないし(4)は、その被告製品に搭載されたソフトウェアプログラムにより、インバータを実際の運転で使用する前に、(# 1 1.)オートチューニングを行って各種モータ定数を自動的に測定し設定するものであるが、オートチューニングについては、その搭載されたプログラムの相違及び設定される基本設定定数の相違によってオートチューニング機能の動作が相違する。以下は、各被告製品に含まれる予め準備されたオートチューニングの動作である。

- ① 回転形オートチューニング(オートチューニング機能1)
- ② 停止形オートチューニング1(オートチューニング機能2)
- ③ 停止形オートチューニング2(オートチューニング機能3)

上記①の「回転形オートチューニング」では、モータ線間抵抗、漏れインダクタンス、無負荷電流及び定格スリップのモータ定数を自動的に測定して設定する動作をするものである。但し、被告製品(4)における「回転形オートチューニング」では漏れインダクタンスの測定は行われない。

上記②の「停止形オートチューニング1」では、モータ線間抵抗及び漏れインダクタンスのモータ定数を自動的に測定して設定する動作をするものである。

上記③の「停止形オートチューニング2」では、「停止形オートチューニング1」と同様にモータ線間抵抗及び漏れインダクタンスのモータ定数を自動的に測定して設定する動作をするものであるが、無負荷電流は事前に設定して動作させるものである。

以上を表1の「各オートチューニング機能の動作内容分類表」において一覧表示している。この表は、横軸に各オートチューニング機能を並べてそれぞれのオートチューニング機能において実行する測定項目を縦軸に表示し、動作しない測定項目は斜線で表示

したものである。なお、オートチューニング機能2の「停止形オートチューニング1」とオートチューニング機能3の「停止形オートチューニング2」の相違点は、オートチューニング機能3の「停止形オートチューニング2」においては「無負荷電流は事前設定」との表示にしてある。

○印：該オートチューニング機能で測定される電動機定数

各被告製品が備える オートチューニング機能 被告製品で測定される 各電動機定数	被告製品(1)、(2)		被告製品(3)			被告製品(4)	
	回転形 オートチューニング 機能	停止形 オートチューニング 機能1	回転形 オートチューニング 機能	停止形 オートチューニング 機能1	停止形 オートチューニング 機能2	回転形 オートチューニング 機能	
① 線間抵抗1(停止測定)	○	○	○	○	○		
①' 線間抵抗2(停止測定)						○	
② 漏れインダクタンス(停止測定)	○	○	○	○	○		
③ 無負荷電流(回転測定)	○		○			○	
④ 2次回路時定数(回転測定)	○		○			○	

表1 各オートチューニング機能の動作内容分類表

2 被告製品のモード

(1) 被告製品(1)及び被告製品(2)

被告製品(1)及び(2)におけるモードには、DRIVE(ドライブモード)、QUICK(クイックプログラムモード)、ADV(アドバンスプログラムモード)、VERIFY(ベリファイモード)、A. TUNE(オートチューニングモード)の5つのモードを備え、そのモードの概要は、以下のとおりである。各種定数、モニタはモードとしてグループ化されており、簡単に定数の参照・設定が可能な構成となっている。

モードを切り替える場合は、デジタルオペレータ(D1)、(D2)を用いて参照画面、設定画面でMENUキーを押すと、ドライブモード選択画面が表示され、モード選択画

面でMENUキーを押すと、各モードに切り替えることが可能である。モード選択画面から定数やモニタを参照する場合、及び参照(モニタ)画面から設定画面に入る場合は、DATA/ENTERキーを押す。

(a) ドライブモード

ドライブモードは、インバータを運転するモードであり、周波数指令、出力周波数、出力電流、出力電圧などのモニタ表示、異常内容表示、異常履歴表示などを行う。

(b) クイックプログラムモード

クイックプログラムモードは、インバータの運転に最低限必要な定数(インバータやデジタルオペレータ(D)の使用環境)の参照・設定を行うモードである。

(c) アドバンスプログラムモード

アドバンスプログラムモードは、インバータのすべての定数の参照・設定が可能なモードである。

(d) ベリファイモード

ベリファイモードは、出荷時設定から変更された定数の参照・設定を行うモードである。

(e) オートチューニング

オートチューニングは、ベクトル制御で運転する際に、必要なモータ定数を自動的にチューニングして設定する機能である。モータ定数の分からないモータをベクトル制御モードで運転する場合にモータ定数を自動的に計算し設定するモードである。

(2) 被告製品(3)

被告製品(3)におけるモードは、被告製品(1)と同じく5つのモードを備えている。

(3) 被告製品(4)

被告製品(4)におけるモードには、ドライブモード、環境設定モード、プログラムモード、オートチューニングモード、ベリファイモードの5つのモードがある。各種定数、モニタはモードとしてグループ化されており、簡単に定数の参照・設定が可能となっている。

ドライブモード、ベリファイモードの機能は、他の被告製品のドライブモード、ベリファイモードの機能と同じであり、プログラムモードには、他の被告製品のクイックプログラムモードとアドバンスプログラムモードに相当するものが含まれている。また、オートチューニングモードは、「回転形オートチューニング」に相当する機能のみを備えている。このように、被告製品(4)のモードは、一部他の被告製品のモードと呼称が相違している部分もあるが、実質的には同一である。

3 被告製品が備えるオートチューニング機能の概要

被告製品は、設置・取り付けられ、配線・結線された後、(#12)ベクトル制御運転による(#12)実際の運転に入る前に、オートチューニングによって試運転される(#13)のものであり、このオートチューニング機能の動作態様がオートチューニング機能方法である。

すべての被告製品がオートチューニング機能を備えているが、表1に示すように、被告製品(1)及び被告製品(2)は、ベクトル制御を行うため、①「回転形オートチューニング」(オートチューニング機能1)、②「停止形オートチューニング1」(オートチューニング機能2)のモードの内から一つのモードを選択することができ、被告製品(3)は、上記モード②と同一の「停止形オートチューニング1」(オートチューニング機能2)に加えて、モード③の「停止形オートチューニング2」(オートチューニング機能3)のモードを備えており、三つのモードの内から一つを選択することができ、被告製品(4)は、上記モード①の「回転形オートチューニング」のみを実行できる構成となっている。

4 回転形オートチューニング(オートチューニング機能1)

回転形オートチューニング(オートチューニング機能1)は、「PGなしベクトル制御」、「PG付きベクトル制御」で実施するオートチューニング動作である。オートチューニング機能1は各被告製品で「回転形オートチューニング」を実施した際の被告製

品の動作態様である。

回転形オートチューニング(オートチューニング機能1)の動作を達成するためには、デジタルオペレータ(D1)のMENUキー及びDATA/ENTERキー等を操作してチューニングモード選択(定数T1-01)に“0”を設定後(被告製品(4)の場合は、「モードセンタク」に「オートチューニング」を設定後)、銘板データを入力する。その後、デジタルオペレータ上のRUNキーを押すと、被告製品は約1分間モータを停止した後、約1分間モータを回転させながら、必要なすべてのモータデータを自動測定する。

被告製品(4)においては、回転形オートチューニングを実施する際の基本設定、つまり、プログラムモードを使用して入力電圧の設定、モータ選択を行うことにより、回転形オートチューニング(オートチューニング機能1)を開始することになる(ステップ1)。

ここで、添付図3-1から添付図3-6の「回転形オートチューニング」に関する説明図を用いて、具体的動作について説明する。

まず、回転形オートチューニング(オートチューニング機能1)時に設定する定数として、モータ出力電力(定数T1-02)にモータ出力電力、モータ定格電圧(定数T1-03)にモータ定格電圧、モータ定格電流(定数T1-04)にモータ定格電流、モータベース周波数(定数T1-05)にモータのベース周波数、モータ極数(定数T1-06)にモータの極数、モータベース回転数(定数T1-07)にモータのベース回転数を設定する(ステップ2)。但し、被告製品(4)では、モータ出力電力の設定はない。ここにおいては、必ずすべての項目について設定する必要がある。例えば、モータ定格電圧表示から直接オートチューニング開始表示へ進むことはできない。これらの値を設定後、RUNキーを押すと、回転形オートチューニング(オートチューニング機能1)の実行が開始される。すると、モータ(M)は自動的に運転される。以下の動作説明において、制御回路構成部(C1, C2, C3, C4)において、記憶は、メモリ(c1-2, c2-2, c3-2, c4-2)内にデータを書き込むことで行われ、制御回路構成部(C1, C2,

C 3, C 4)とゲート回路構成部(B 1, B 2, B 3, B 4)との間のデータの送受は、インターフェース(c 1-2, c 2-2, c 3-2, c 4-2)を通じて行われる。また、電動機定数演算手段は、回転形オートチューニングのプログラムが制御回路構成部(C 1, C 2, C 3, C 4)内でCPU(c 1-1, c 2-1, c 3-1, c 4-1)によって実行されることによって実現される手段であり、(# 1 4)制御装置は、ゲート回路構成部(B 1, B 2, B 3, B 4)及び制御回路構成部(C 1, C 2, C 3, C 4)からなる装置である(# 1 4)。また、d軸電流アンプは、制御装置に含まれるものである。

(1) 線間抵抗の測定

ア 被告製品(1)ないし(3)

被告製品(3)においては、回転形オートチューニング(オートチューニング機能1)でモータ(M)の自動運転が実施されると、一つのモータ定数(最初は、モータ線間抵抗)を求めるために、回転形オートチューニング(オートチューニング機能1)のプログラムの実行により、直流電流指令(I_{11}^*) (定格電流の20%)が、制御回路構成部(C 3)内で、電動機定数演算手段から制御装置側のd軸電流アンプに引き渡される(ステップ11)。その後、直流電流指令(I_{11}^*)はd軸電流アンプから切り離され、これに代わってd軸電流アンプが独自に固定の所定値である直流電圧指令(v_{11}^*)を出力し(ステップ12)、d軸電流アンプから単独で出力される直流電圧指令(v_{11}^*)に基づいてゲート回路構成部(B 3)がインバータ(a 3-3)の出力を制御し(ステップ13)、直流電圧がモータ(M)に供給される。

そこで、モータ(M)に対するインバータ(a 3-3)の出力電流を電流検出回路(b 3-3)で検出し(ステップ14)、この検出電流値(I_{11})を記録する。制御回路構成部(C 3)内の電動機定数演算手段は、記録された検出電流値(I_{11})とともに、d軸電流アンプから出力されている前記直流電圧指令(v_{11}^*)値も記録する(ステップ15)。

次に、直流電流指令(I_{12}^*) (定格電流の40%)を使用して、ステップ11から15と同様の動作であるステップ21から25を実施する。これによって、メモリ(c 3-2)には、検出電流値(I_{12})と共に直流電圧指令(V_{12}^*)値が記録される。

次に、直流電流指令(I_{13}^*) (定格電流の60%)を使用して、ステップ11から15と同様の動作であるステップ31から35を実施する。これによって、メモリ(c3-2)には、検出電流値(I_{13})と共に直流電圧指令(V_{13}^*)値が記録される。

最後に、制御回路構成部(C3)内の電動機定数演算手段が($V_{12}^* - V_{11}^*$) ÷ ($I_{12} - I_{11}$)及び($V_{13}^* - V_{12}^*$) ÷ ($I_{13} - I_{12}$)の演算によって各抵抗値を求め、この両抵抗値を平均化し、これに所定値を乗じたものを線間抵抗値として演算して取得する(ステップ40)。

以上の測定動作は、被告製品(1)及び被告製品(2)においても同様である。

イ 被告製品(4)

回転形オートチューニング(オートチューニング機能1)でモータ(M)の自動運転が実施されると、一つのモータ定数(最初は、モータ線間抵抗)を求めるために、回転形オートチューニング(オートチューニング機能1)のプログラムの実行により、制御回路構成部(C4)内の電動機定数演算手段は、直流電圧指令(V_1^*)を徐々に増加させ、出力電流が定格電流の20%を超えると直流電圧指令(V_1^*)を固定し、これを電圧指令値(V_{11}^*)として記憶する(ステップ10'からステップ13')。固定した電圧指令値(V_{11}^*)に基づいてインバータ(a4-3)の出力電圧をゲート回路構成部(B4)を介して制御し、直流電圧がモータ(M)に供給され、その際における出力電流(I_{11})を検出して記憶する(ステップ14')。

次に、ステップ22'において定格電流の40%を超えた際の電圧指令 V_{12}^* が使用される他は、ステップ11'から14'に準じた動作であるステップ21'から24'を実施する。これによって、検出電流値(I_{12})と共に直流電圧指令(v_{12}^*)値が記録される。

次に、ステップ32'において定格電流の60%を超えた際の電圧指令 V_{13}^* が使用される他は、ステップ11'から14'に準じた動作であるステップ31'から34'を実施する。これによって、検出電流値(I_{13})と共に直流電圧指令(v_{13}^*)値が記録される。

最後に、制御回路構成部(C 4)内の電動機定数演算手段が $(V_{12}^* - V_{11}^*) \div (I_{12} - I_{11})$ 及び $(V_{13}^* - V_{12}^*) \div (I_{13} - I_{12})$ の演算によって各抵抗値を求め、この両抵抗値を平均化し、これに所定値を乗じたものを線間抵抗値として演算して取得する(ステップ40)。

(2) 漏れインダクタンスの測定

次に、被告製品(3)においては、他の一つのモータ定数(例えば、漏れインダクタンス)を求めるために、回転形オートチューニング(オートチューニング機能1)のプログラムの実行により、交番磁界を発生させる電圧指令値(V_1^*)として、電圧指令 V_1^* の出力周波数 ω_1^* は零、電圧振幅の変動周波数 ω_0^* は15 Hzに設定される。制御回路構成部(C 3)内の電動機定数演算手段は、前記設定値に従って出力する電圧指令 V_1^* の振幅を徐々に大きくし、出力電流が定格電流の50%を超えたところで電圧振幅値の増加を止め、そこで電圧振幅 V_1^* の最大振幅値を固定する(ステップ101から103)。こうして固定された最大振幅値、及び事前に設定された出力周波数 ω_1^* (零)と電圧振幅の変動周波数 ω_0^* (15 Hz)を有する電圧指令値(V_1^*)に基づいて、ゲート回路構成部(B 3)がインバータ(a 3-3)の出力電圧をゲート回路構成部(B 3)を介して制御し、それがモータ(M)に供給される。

制御回路構成部(C 3)内の電動機定数演算手段は、この際における、所定期間中のインバータ(a 3-3)の出力電流を電流検出回路(b 3-3)で連続的に検出し、連続的な電流検出値に基づいて絶対値の平均値($I_{15/50}$)を検出し、電圧指令絶対値の平均値($V_{15/50}^*$)を記憶し、電圧指令と出力電流との位相差 $\phi_{15/50}$ を検出する(ステップ104)。

次に、電動機定数演算手段は、電圧指令 V_1^* の振幅変動周波数 ω_0^* を30 Hzに設定し(ステップ105)、電圧振幅値を30 Hzの周波数で変動させつつ、徐々に振幅を大きくし(ステップ106)、出力電流が定格電流の50%を超えたところで電圧振幅値の増加を止め、そこで電圧指令 V_1^* の電圧振幅値を固定する(ステップ107)。

そして、前記固定後の所定期間中における、出力電流絶対値の平均値($I_{30/50}$)を検

出し、電圧指令絶対値の平均値($V_{30/50}^*$)を記憶し、電圧指令と出力電流との位相差 $\phi_{30/50}$ を検出する(ステップ108)。

次に、電動機定数演算手段は、電圧指令 V_1^* の振幅変動周波数 ω_0^* を15Hzに設定し(ステップ111)、電圧振幅値を15Hzの周波数で変動させつつ、徐々に振幅を大きくし(ステップ112)、出力電流が定格電流の100%を超えると電圧振幅値を固定する他はステップ101から108に準じた動作であるステップ111から118を実施する。

最後に、制御回路構成部(C3)内の電動機定数演算手段は、それぞれ4つの、出力電流絶対値の平均値、電圧指令絶対値の平均値、電圧指令と出力電流との位相差から15Hz時及び30Hz時の各漏れインダクタンスを求め、これに補正を施したものを漏れインダクタンス値とする(ステップ120)。

以上の測定動作は、被告製品(1)及び被告製品(2)においても同様である。

(3) 無負荷電流、定格スリップの測定

次に、さらに他の一つのモータ定数(次に、無負荷電流)を求めるために、回転形オートチューニングのプログラムの実行により、センサレスベクトル制御モードに設定される(ステップ200)。電動機定数演算手段は、d軸電流指令値 i_d^* の現状設定値、(#15)モータ速度指令(銘板データの定格周波数の80%)、電圧指令(銘板データの定格電圧の80%)を制御装置側に出力する。なお、電圧指令、モータ速度指令は、徐々に増加させる(ステップ210)(#15)。(#16)モータ速度指令(銘板データの定格周波数の80%)、d軸電流指令値 i_d^* 、及び電圧指令(銘板データの定格電圧の80%)に従って(#16)、センサレスベクトル制御で運転し、モータの回転速度を制御する(ステップ220)。(#17)出力電流を検出し(ステップ220-①)(#17)、d軸電流アンプの入力偏差(d軸電流指令値 i_d^* -d軸電流検出値 i_d)を、制御装置側から電動機定数演算手段に入力する(ステップ221)。電動機定数演算手段は、入力偏差が零近傍であるかどうかを判断する(ステップ222)。ステップ222の判断結果が零近傍でなければ、入力偏差が減少する方向にd軸電流指令値 i_d^* を増減変更した後、ステップ22

0に戻る(ステップ223)。ステップ222の判断結果が零近傍であれば、d軸電流指令値 i_d^* を無負荷電流として設定する(ステップ230)。制御装置側で発生する電圧指令の構成条件を変えてモータ速度制御し、その際の無負荷電流から鉄心飽和特性を測定して設定する(ステップ240)。

(4) 2次回路時定数の測定

電動機定数演算手段は、d軸電流指令値 i_d^* 、q軸電流指令値 i_q^* 共に零値に設定して、制御装置側に出力する(ステップ300)。回転中のモータに対し、電流指令値 i_d^* 、 i_q^* に従って、制御装置側が出力電流を零値にする制御を開始する(ステップ301)。制御装置側で発生する電圧指令 V_1^* を電動機定数演算手段に入力し、その大きさと時間を記憶する(ステップ302)。電圧指令 V_1^* の大きさが所定値Aから所定値Bまで減少する時間を計測する(ステップ303)。計測した時間を2次回路時定数として設定する(ステップ304)。その後、回転中のモータを減速停止する(ステップ305)。

以上により自動的に演算して取得された線間抵抗値をモータ線間抵抗(定数E2-05)とし、漏れインダクタンスをモータ漏れインダクタンス(定数E2-06)とし、励磁インダクタンスに関する無負荷電流をモータ無負荷電流(定数E2-03)とし、2次回路時定数を変換してモータ定格スリップ(定数E2-02)として各(#18)制御定数(#18)が設定される。

なお、被告製品(4)における回転形オートチューニング(オートチューニング機能1)では、漏れインダクタンスの測定は行われなため、上述のステップ101から120は存在しない。

5 停止形オートチューニング1(オートチューニング機能2)

前記のように、被告製品(1)、(2)及び(3)の停止形オートチューニング1(オートチューニング機能2)は同一のものであり、これは、PGなしベクトル制御、PG付きベクトル制御で実施するオートチューニング動作である。

停止形オートチューニング1(オートチューニング機能2)を達成するためには、デジ

タルオペレータ(D1)のMENUキー及びDATA/ENTERキー等を操作してチューニングモード選択(定数T1-01)に“1”を設定後、銘板データを入力する。その後、デジタルオペレータ上のRUNキーを押すと、被告製品は、約1分間モータを停止させたまま通電し、必要なモータデータを自動測定する。また、停止形オートチューニング1後のドライブモードでの最初の運転時に、残りのモータデータを自動測定する。

停止形オートチューニング1(オートチューニング機能2)では、添付図3-1、添付図3-3、添付図3-4に示した回転形オートチューニング(オートチューニング機能1)のステップ2からステップ120までのステップと同一内容のステップを含むものである。つまり、オートチューニング機能1で説明したステップ2からステップ120までのステップと同一内容のステップにより自動的に演算して取得された線間抵抗値をモータ線間抵抗(定数E2-05)とし、漏れインダクタンスをモータ漏れインダクタンス(定数E2-06)として各(#18)制御定数(#18)が設定される。

6 停止形オートチューニング2(オートチューニング機能3)

被告製品(3)にのみ搭載されたオートチューニング機能プログラムで実行される動作であり、オートチューニング機能3は、被告製品(3)で停止形オートチューニング2を実施した際の動作態様である。

停止形オートチューニング2(オートチューニング機能3)は、PGなしベクトル制御、PG付きベクトル制御で使用可能なものであり、オートチューニング後、最初にモータを回す際に負荷がある場合に実施されるものである。停止形オートチューニング2(オートチューニング機能3)の際は、デジタルオペレータ(D3)のMENUキー及びDATA/ENTERキー等を操作してチューニングモード選択(定数T1-01)に“4”を設定後、銘板データを入力する。その後、デジタルオペレータ上のRUNキーを押すと、被告製品は、約1分間モータを停止させたまま通電し、必要なモータデータを自動測定する。

停止形オートチューニング2(オートチューニング機能3)では、添付図3-1、添付図3-3、添付図3-4に示した回転形オートチューニング(オートチューニング機能1)のステップ2からステップ120までのステップと同一内容のステップを含むものである。つまり、オートチューニング機能1で説明したステップ2からステップ120までのステップと同一内容のステップにより、自動的に演算して取得されたモータ線間抵抗値をモータ線間抵抗(定数E2-05)とし、漏れインダクタンスをモータ漏れインダクタンス(定数E2-06)として、各電動機定数が設定される。

第2 被告の主張

#11の箇所は、「各種モータ定数を定数のコピー機能によって設定したり、」が加えられるべきである。

#12で挟まれる箇所は、「ベクトル制御運転が選択される場合には、」と変えられるべきである。

#13の箇所には、「か、定数のコピーを実施する」が加えられるべきである。

#14で挟まれる箇所は、「制御装置は、「モータ制御」のプログラムが制御回路構成部(C1, C2, C3, C4)内でCPU(c1-1, c2-1, c3-1, c4-1)によって実行されることによって実現される手段である」と変えられるべきである。

#15で挟まれる箇所は、「およびモータ速度指令(銘板データの定格周波数の80%, 出力周波数指令 ω_1^* ではない)を制御装置側に出力する(ステップ210)」と変えられるべきである。

#16で挟まれる箇所は、「モータ速度指令およびd軸電流指令値 i_d^* に従って」と変えられるべきである。

#17で挟まれる箇所は、削除されるべきである。

#18で挟まれる箇所は、「電動機定数」と変えられるべきである。