

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2008-43018

(P2008-43018A)

(43) 公開日 平成20年2月21日(2008.2.21)

(51) Int.Cl.
H02P 1/32 (2006.01)F I
H02P 1/32テーマコード (参考)
5H001

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2006-212164 (P2006-212164)
(22) 出願日 平成18年8月3日 (2006.8.3)(71) 出願人 500070813
電気計器株式会社
大阪府大阪市北区中津1丁目3番1号
(74) 代理人 100087941
弁理士 杉本 修司
(74) 代理人 100086793
弁理士 野田 雅士
(74) 代理人 100112829
弁理士 堤 健郎
(72) 発明者 山口 雅博
大阪府大阪市北区中津1丁目3番1号 電
気計器株式会社内
Fターム(参考) 5H001 AA03 AB04 AC01

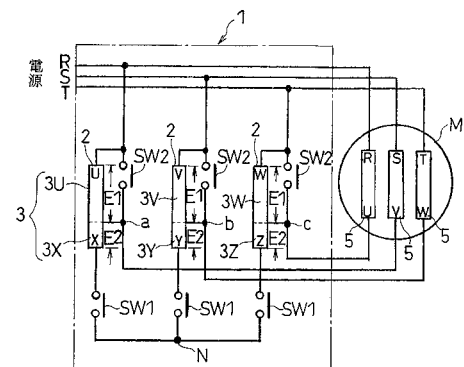
(54) 【発明の名称】 三相電動機の始動装置

(57) 【要約】

【課題】大きなサージ電圧や突入電流の発生を防止でき、小型化、軽量化およびコスト低減を図ることができる三相電動機の始動装置を提供する。

【解決手段】三相電動機Mをスター・デルタ結線の切替により始動させる始動装置であって、電動機Mの3つの固定子巻線5をスター結線させる3つの第1開閉器SW1と、電動機Mの3つの固定子巻線5をデルタ結線させる3つの第2開閉器SW2と、単相の3つの調整変圧器2とを備える。各調整変圧器2の巻線の第1部分3U、3V、3Wが各第2開閉器SW2に対して並列に接続され、変圧器巻線の第2部分3X、3Y、3Zが各第1開閉器SW1と第2開閉器SW2との間に直列接続されている。

【選択図】 図1



M : 三相電動機
5 : 固定子巻線
SW1 : 第1開閉器
SW2 : 第2開閉器
2 : 調整変圧器
3 : 変圧器巻線
3U, 3V, 3W : 変圧器巻線の第1部分
3X, 3Y, 3Z : 変圧器巻線の第2部分

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

三相電動機をスター・デルタ結線の切替により始動させる始動装置であって、
前記電動機の 3 つの固定子巻線をスター結線させる 3 つの第 1 開閉器と、
前記電動機の 3 つの固定子巻線をデルタ結線させる 3 つの第 2 開閉器と、
単相の 3 つの調整変圧器とを備え、
前記各調整変圧器の巻線の第 1 部分が前記各第 2 開閉器に対して並列に接続され、前記
変圧器巻線の第 2 部分が前記各第 1 開閉器と第 2 開閉器との間に直列接続されている始動
装置。

【請求項 2】

10

請求項 1 において、前記変圧器巻線の第 1 部分と第 2 部分の巻数比が 5 ~ 8 である始動装
置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、スター結線用とデルタ結線用の合計 6 つの端子を持つ六端子三相誘導電動機
のような電動機を始動時のみ電源電圧を減圧した始動電圧で始動させる始動装置に関する
ものである。

【背景技術】

【0002】

20

三相誘導電動機では、始動時（静止時）の内部インピーダンスが小さいことから、電源
の全電圧を瞬時に印加して始動させると、大きな始動電流が流れて電源がトリップするお
それがある。そのため、三相誘導電動機の始動に際しては、最初に電源電圧を減圧した始
動電圧を印加して始動させたのち、回転が或る程度まで加速された時点で電源の全電圧を
印加して定格運転に移行するようにしている。このような電動機の始動方式として、従来
から、スター・デルタ始動法（特許文献 1 参照）、リアクトル始動法およびコンドルファ
始動法（特許文献 2 参照）が知られている。

【0003】

前記スター・デルタ始動法は、主として六端子三相電動機 M を減電圧始動させるもので
あって、図 4 の結線図に示す回路構成を有している。この始動装置は、三相電動機 M の 3
つの固定子巻線のそれぞれに、第 1 開閉器 S W 1 を直列接続し、かつ第 2 開閉器 S W 2 を
並列接続しており、通常時に固定子巻線がデルタ結線で運転される電動機 M を、3 つの第
2 開閉器 S W 2 が開いた状態において 3 つの第 1 開閉器 S W 1 を閉じることにより、始動
時のみスター結線としたうえで電源が投入される。これにより、電動機 M には電源電圧の
($1/\sqrt{3}$) の電圧、つまり電源電圧の 56% に減圧された始動電圧が印加され、このと
きの始動トルクは全電圧始動時の $1/3$ となる。このようにして電動機 M の始動が完了し
た時点で、第 1 開閉器 S 1 が開かれて電動機 M の固定子巻線に電流が流れなくなり、続い
て、第 2 開閉器 S W 2 が閉じられて固定子巻線がデルタ結線されることにより、電動機 M
は、電源の全電圧が印加されて定格運転に移行する。

30

【0004】

40

また、前記リアクトル始動法は、図 5 の結線図に示す回路構成を有し、3 つの開閉器 S
W 3 が開いた状態において電源が投入されることにより、電動機 M は、リアクトル L と電
動機 M のインピーダンス分だけ電源電圧が減圧された始動電圧が印加されて始動する。電
動機 M の回転速度が十分に高速に達した時点で 3 つの開閉器 S W 3 が閉じることにより、
リアクトル L が開閉器 S W 3 で短絡されて、電動機 M は、電源の全電圧が印加されて定格
運転に移行する。

【0005】

さらに、前記コンドルファ始動法は、図 6 に示すように、主として三端子電動機 M を減
電圧始動させるものであって、始動時に、第 1 開閉器 S W 1 が開き、かつ、第 2 開閉器 S
W 1 を閉じた状態で電源を投入すると、電動機 M は、単巻変圧器 T の中間タップ T P を境

50

界とする直列巻線 TU, TV, TW と分路巻線 TX, TY, TZ との巻数比に応じて電源電圧が減圧された始動電圧が印加されて、回転を加速する。この回転が或る程度まで上がった時点で第 2 開閉器 SW2 が開かれると、電動機 M には、リアクトルとして作用する直列巻線 TU, TV, TW のみを介して制限された電流が流れ、そのうち、第 1 開閉器 SW1 が閉じられて直列巻線 TU, TV, TW が短絡されることにより、電動機 M は、電源の全電圧が印加されて定格運転に移行する。

【0006】

【特許文献 1】特開 2002 - 171777 号公報

【特許文献 2】特開 2006 - 33954 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、図 4 に示したスター・デルタ始動法は、リアクトルや変圧器などを用いないことから、安価で軽量および小型となる利点がある反面、スター結線からデルタ結線への切替時に電動機巻線を回路から一旦切り離すために、電動機 M の電流が途切れる期間が生じるのに伴い、大きなサージ電圧と突入電流が発生するので、大容量電動機や高圧電動機に適用できず、主に低圧電動機の始動に採用されている。しかも、この始動法は、固定子巻線をスター結線して始動させるために、始動電圧は電源電圧の 56% に固定され、電動機 M により駆動される負荷（例えば製鉄所の大型送風機）が大きいために、大きな始動トルクを要する電動機 M の始動に対応できない。

【0008】

また、図 5 に示した前記リアクトル始動法は、リアクトル L のリアクタンスを適切に選択することで、始動トルクを負荷に対応して設定することができるとともに開閉器の使用数が他の方式よりも少ない利点があるが、リアクトル L が高価で、かつ重量が大である上に、大型であり、しかも、始動トルクを同一に設定したときの始動電流が 3 つの方式の中で最も大きくて効率が低い。

【0009】

さらに、図 6 に示したコンドルファ始動法は、電動機 M の回転速度が十分に高速に達して第 2 開閉器 SW2 が開かれたときに、単巻変圧器 T の固定子巻線の一部である直列巻線 TU, TV, TW を通じて電動機 M に電流が途切れることなく流れ続けるので、大きなサージ電圧や突入電流が発生することがなく、単巻変圧器 T の中間タップ TP の位置を変更することにより始動トルクを選択して設定することができ、リアクトル始動法と同じ始動トルクを得るための始動電流が少ない利点がある。ところが、このコンドルファ始動法は、スター・デルタ始動法に比較して、単巻変圧器 T を用いるのに伴い、大型化し、かつ重量が大きくなり、さらに、高価な単巻変圧器 T を用いることと、開閉器 SW1, SW2 の使用数がリアクトル始動法よりも多くなることにより、コスト高となる。

【0010】

本発明は、前記従来の問題に鑑みてなされたもので、大きなサージ電圧や突入電流の発生を防止できるとともに始動電圧を任意に設定でき、小型化、軽量化およびコスト低減を図ることができる三相電動機の始動装置を提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0011】

前記目的を達成するために、本発明に係る三相電動機の始動装置は、三相電動機をスター・デルタ結線の切替により始動させる始動装置であって、前記電動機の 3 つの固定子巻線をスター結線させる 3 つの第 1 開閉器と、前記電動機の 3 つの固定子巻線をデルタ結線させる 3 つの第 2 開閉器と、単相の 3 つの調整変圧器とを備え、前記各調整変圧器の巻線の第 1 部分が前記各第 2 開閉器に対して並列に接続され、前記変圧器巻線の第 2 部分が前記各第 1 開閉器と第 2 開閉器との間に直列接続されている。

【0012】

この構成によれば、始動時に、各第 2 開閉器が開いた状態で各第 1 開閉器が閉じられて

10

20

30

40

50

三相電動機の各固定子巻線がスター結線され、この状態で電源投入されると、三相電動機 M の各固定子巻線には、スター結線の中性点の電圧に調整変圧器の巻線の第 2 部分の電圧が付加された電圧が印加される。スター結線の中性点の電圧は電源電圧の 57% ($= 1/\sqrt{3}$) である。したがって、例えば、第 2 部分の巻数が第 1 部分の $1/7$ である場合、固定子巻線には電源電圧の $57\% + 8\%$ ($= 57 \times 1/7$) $= 65\%$ の電圧が印加される。そのため、コンドルファ始動装置の単巻変圧器に較べて自己容量が格段に小さな調整変圧器を用いながらも、コンドルファ始動装置とほぼ同様の機能 (高い始動電圧) を得ることができる。すなわち、始動装置の軽量化、小型化およびコストダウンを達成できる。また、変圧器巻線の第 2 部分の巻数を変更することにより、任意の始動電圧を設定して、電動機の負荷に応じた所要の始動トルクを得ることができる。つづいて、第 2 開閉器を開いたまま第 1 開閉器を開くと、電動機の各固定子巻線が調整変圧器の巻線の第 1 部分を介して電源に接続されるので、抑制された電流が電動機に給電され続ける。

10

【0013】

前記始動電圧の印加により電動機の回転速度が十分に高速に達した時点で、第 1 開閉器は開いたままにして第 2 開閉器が閉じられる。これにより、電動機の各相の固定子巻線はデルタ結線に切り替えられ、電動機に電源の全電圧が印加されて定格運転に入る。こうして、始動の当初から定格運転に至るまで電動機に電流が流れ続ける。すなわち、固定子巻線は電源に対し切断されることなく接続されたままの状態に保持されるので、電源接続の際の大きなサージ電圧や突入電流が発生しない。

【0014】

本発明において、好ましくは、前記変圧器巻線の第 1 部分と第 2 部分との巻数比が $5 \sim 8$ である。この構成によれば、始動初期にスター結線の中性点よりも $1/5 \sim 1/8$ だけ高い始動電圧を供給できる。

20

【発明の効果】

【0015】

本発明の三相電動機の始動装置によれば、始動時に電動機の固定子巻線をスター結線させる第 1 開閉器およびデルタ結線に切り替える第 2 開閉器と、変圧器巻線の第 1 部分が第 2 開閉器に並列接続され、かつ、第 2 部分が第 1 開閉器と第 2 開閉器との間に直列接続されてオートトランスとして機能する調整変圧器とを設けたので、スター結線からデルタ結線への切替時に固定子巻線が回路から切り離されないことから、大きなサージ電圧や突入電流が発生することがなく、また、調整変圧器により、始動電圧を通常のスター結線よりも高くして大きな始動トルクを得ることができ、さらに、コンドルファ始動装置における単巻変圧器よりも小型、かつ軽量で安価な調整変圧器を用いることができる。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0016】

以下、本発明の好ましい実施形態について図面を参照しながら説明する。図 1 は本発明の一実施形態に係る三相電動機の始動装置 1 を示す結線図である。この実施形態では、例えば製鉄所の送風機駆動用電動機のように大型で高圧の六端子三相誘導電動機 M を始動させる場合を例示している。この始動装置 1 は、図 4 のスター・デルタ始動法による従来装置と同一構成に、図 6 のコンドルファ始動装置の単巻変圧器 T とほぼ同様に機能する単巻変圧器からなる調整変圧器 2 を三相電動機 M の各固定子巻線 5 に対応して 3 つ付設したのみである。この始動装置 1 は、スター・デルタ始動法により一般に始動される六端子三相電動機 M を、同様にスター・デルタ結線の切替により始動させるにも拘らず、既存のスター・デルタ始動法とは異なり、電動機 M の負荷の相違に対応して始動電圧を可変して始動トルクを任意に設定できる構成を有している。この点についての詳細は後述する。

40

【0017】

前記始動装置は、電動機 M の 3 つの固定子巻線 5 をスター結線させる 3 つの第 1 開閉器 SW 1 と、電動機 M の 3 つの固定子巻線 5 をデルタ結線させる 3 つの第 2 開閉器 SW 2 と、単巻の 3 つの調整変圧器 2 とを備え、各調整変圧器 2 の巻線 3 の第 1 部分 3 U, 3 V, 3 W が各第 2 開閉器 SW 2 に対して並列に接続され、変圧器巻線 3 の第 2 部分 3 X, 3 Y

50

、3 Z が各第 1 開閉器 S W 1 と第 2 開閉器 S W 2 との間に直列接続されている。各第 1 部分 3 U , 3 V , 3 W の巻数は同一であり、各第 2 部分 3 X , 3 Y , 3 Z の巻数も同一である。第 1 部分 3 U , 3 V , 3 W と第 2 部分 3 X , 3 Y , 3 Z の巻数比は 5 に設定されている。調整変圧器 2 は図示しないコアを有している。第 1 開閉器 S W 1 と第 2 開閉器 S W 2 の切替えにより、三相電動機 M をスター結線からデルタ結線に切り替えて始動させる。各調整変圧器 2 の変圧器巻線 3 の第 1 部分 3 U , 3 V , 3 W は、電源と各調整変圧器 2 の中間タップ a , b , c との間の巻線部分であり、第 2 部分 3 X , 3 Y , 3 Z は、前記中間タップ a , b , c と中性点 N との間の巻線部分である。既存のスター・デルタ始動法における始動電圧と同じである。

【 0 0 1 8 】

10

つぎに、前記始動装置 1 の作用について説明する。第 2 開閉器 S W 2 が O F F の状態において第 1 開閉器 S W 1 を O N して電源を投入する。これにより、始動時には、電動機 M の三相 R , S , T の固定子巻線 5 にスター結線の中性点 N の電圧と、各調整変圧器 2 の変圧器巻線 3 の第 2 部分 3 X , 3 Y , 3 Z の電圧とのベクトル和により定まる始動電圧が印加される。この実施形態では、各変圧器巻線 3 が同一構成であるから、各固定子巻線 5 には電源電圧を 5 7 % ($1 / \sqrt{3}$) まで減圧した始動電圧が印加される。

【 0 0 1 9 】

このように、電動機 M に印加される始動電圧を電源電圧 (電源電圧) の P % (この例では 5 6 %) に低減するための調整変圧器 2 の変圧器巻線の第 1 部分 3 U , 3 V , 3 W での発生電圧 E 1 および第 2 部分 3 X , 3 Y , 3 Z に発生するタップ電圧 E 2 は次式から求めることができる。すなわち、電動機 M への印加電圧の電源電圧に対する比率 p を、 $p = P / 100$ (但し、P は電動機 M への印加電圧 (%)) とすると、第 1 部分 3 U , 3 V , 3 W での発生電圧 E 1 は、電源の全電圧である回路電圧 E L に対して、 $E 1 / E L = 1 / 2 k$ 倍となる。ただし、 $k = (\sqrt{3}) - [\sqrt{ (4 p^2 - 1) }]$ である。また、第 2 部分 3 X , 3 Y , 3 Z に発生する電圧 E 2 は、回路電圧 E L に対して、 $E 1 / E L = (2 / \sqrt{3}) - 1 / 2 k$ 倍となる。これらの式から明らかなように、電動機 M の始動電圧は、調整変圧器 2 の第 2 部分電圧 E 2 と回路電圧 E L によって定まるので、第 2 部分電圧 E 2 を変えることにより、任意の値に設定することができる。始動電圧を適宜設定することにより、電動機 M の負荷に応じた所要の始動トルクを設定することができる。第 1 部分 3 U , 3 V , 3 W と第 2 部分 3 X , 3 Y , 3 Z の巻数比は 5 ~ 8 の範囲であり、これにより、全電圧の 5 7 % の始動電圧が、第 1 開閉器 S W 1 の開放により、6 8 % ($= 5 7 + 1 1 (= 5 7 \times 1 / 5)$) ~ 6 4 % ($= 5 7 + 7 (= 5 7 \times 1 / 8)$) という、実用的な範囲にまで上昇する。

20

30

【 0 0 2 0 】

この 6 5 % の始動電圧は、既存のコンドルファ始動装置において一般的に用いられている電圧であって、最も効率良く、かつ電動機 M の負荷が変化して重負荷となった場合であっても、この負荷を確実に回転駆動させることができる。このように、この始動装置 1 は、六端子三相電動機 M をスター・デルタ結線の切替えにより始動させるが、コンドルファ始動法と同様に単巻変圧器である調整変圧器 2 を付設して、コンドルファ始動法と同様の始動を行うことができる。

40

【 0 0 2 1 】

前記始動電圧について、図 2 のベクトル図を参照しながら説明する。同図において、E L は電源電圧をそのまま電動機 M に印加したときの各相の線間電圧のベクトル成分、E S はスター結線したときの各相の相電圧のベクトル成分、E C は相電圧と変圧器巻線の第 2 部分 3 X , 3 Y , 3 Z の両端電圧である第 2 部分電圧 E 2 とのベクトル和である上昇した始動電圧のベクトル成分をそれぞれ示している。図 1 の固定子巻線 5 の R U 巻線を例にとると、図 2 のスター結線の中性点電圧 E S (ベクトル R Z) に変圧器巻線 3 W の第 2 部分電圧 (ベクトル Z c) が付加されて、ベクトル R U の電圧となる。こうして、始動電圧 E C は、図 2 に矢印で示すように、スター結線により電源電圧を 5 7 % まで低減した電圧を、調整変圧器 2 の変圧器巻線の第 2 部分 3 X , 3 Y , 3 Z により 8 % だけ上げて、電源電

50

圧の 65% になる。

【0022】

つづいて、第 2 開閉器 SW2 を開いたまま第 1 開閉器 SW1 を短時間（例えば 0.2 秒間）だけ開くと、電動機の各固定子巻線が調整変圧器の巻線の第 1 部分を介して電源に接続されるので、抑制された電流が電動機に給電され続ける。つまり、調整変圧器 2 はいわゆるオートトランスと同様に作動する。

【0023】

こうして、連続した始動電圧の印加により電動機 M の回転速度が十分に高速に達した時点で、第 1 開閉器 SW1 は開いたままにして第 2 開閉器 SW2 が閉じられる。これにより、電動機 M の各相の固定子巻線 5 は、調整変圧器 2 を短絡してデルタ結線に切り替えられた状態となり、固定子巻線 5 には電源の全電圧 EL が印加されて始動が完了し、電動機 M が定格運転に入る。こうして、固定子巻線 5 は、始動完了まで、電源に対し切断されことなく接続されたままの状態に保持される。これにより、既存のスター・デルタ始動法による始動の場合のような大きなサージ電圧や突入電流が発生しない。

10

【0024】

前記始動装置では、調整変圧器 2 がオートトランスとして機能するように接続されており、このオートトランスは、変圧器巻線 3 の第 1 部分 3U, 3V, 3W の巻数が多い程、自己容量が小さくなる。換言すれば、オートトランスは、スイッチの開放などによりオープンとされる巻線部分の巻数が少ない程、電圧の変化分が少なくなり、これに伴って自己容量が小さくなる。

20

【0025】

したがって、オートトランスとして機能する調整変圧器 2 における共通に使用する巻線部分である第 1 部分 3U, 3V, 3W と、第 1 開閉器 SW1 の開放によりオープンとされる巻線部分である第 2 部分 3X, 3Y, 3Z との巻数比を、57 対 8、つまり約 7 対 1 に設定している。したがって、調整変圧器 2 は、共通に使用する巻線部分である第 1 部分 3U, 3V, 3W の巻数が第 2 部分 3X, 3Y, 3Z の巻数の 7 倍となるから、当該変圧器 3 の大きさの決定要素である自己容量を小さくできる。

【0026】

これに対し、図 6 の従来のコンドルファ始動装置では、単巻変圧器 T により電源電圧に対し 65% に減圧した始動電圧を得るために、単巻変圧器 T の直列巻線 TU, TV, TW と分路巻線 TX, TY, TZ との巻数比を 35 対 65、つまり約 1 対 2 に設定している。したがって、単巻変圧器 T は、共通に使用する直列巻線 TU, TV, TW の巻数が、オープンとされる巻線部分である分路巻線 TX, TY, TZ の巻数の半分程度と少ないために、上述したように大型で、かつ、重量が大きく、しかも高価な単巻変圧器 T を用いる必要がある。

30

【0027】

上述の調整変圧器 2 の容量について、図 3 を参照しながらさらに詳述する。図 3 は、電動機 M への印加電圧の電源電圧に対する比率 p と、調整変圧器 2 の自己容量（変圧器の実際の容量）の全電圧容量（変圧器に電源電圧を直接印加したときの容量）に対する比率との関係を示す特性図である。この特性図は、電動機 M への始動電圧として実用上多く使用され範囲内で測定した実測値に基づき求めたものであり、丸印のプロットによる特性曲線は前記実施形態の始動装置に関するものであり、三角印のプロットによる特性曲線は比較のために求めた既存のコンドルファ始動装置に関するものである。

40

【0028】

図 3 において、既存のコンドルファ始動装置において最も効率の良い始動電圧として一般的に採用されている 0.65（65%）の比率 p について見ると、実施形態の始動装置 1 では、調整変圧器 2 の自己容量の全電圧容量に対する比率が約 0.065 となるのに対して、既存のコンドルファ始動装置では単巻変圧器 T（図 6）の同比率が約 0.15 となる。したがって、電源電圧の 65% の始動電圧を得るに必要な調整変圧器 2 として、コンドルファ始動装置の単巻変圧器 T に対し 1/2.5 の格段に小さな容量のものをを用いるこ

50

とができ、さらに、電源電圧に対し 0.65 (65%) 以下の比率 p の始動電圧を設定する場合には、一層小さな容量の調整変圧器 2 を用いることができる。そのため、前記始動装置は、コンドルファ始動装置に用いる単巻変圧器 T に較べて自己容量が半分以上の小さな調整変圧器 2 を用いて、コンドルファ始動装置とほぼ同様の機能を得ることができるので、コンドルファ始動装置に比較して、軽量化、小型化およびコストダウンを図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0029】

【図 1】本発明の一実施形態に係る六端子電動機の始動装置を示す結線図である。

【図 2】同上の始動装置の始動電圧のベクトル図である。

10

【図 3】同上の始動装置における調整変圧器の自己容量を示す特性図である。

【図 4】従来のスター・デルタ始動法による始動装置を示す結線図である。

【図 5】従来のリアクトル始動法による始動装置を示す結線図である。

【図 6】従来のコンドルファ始動法による始動装置を示す結線図である。

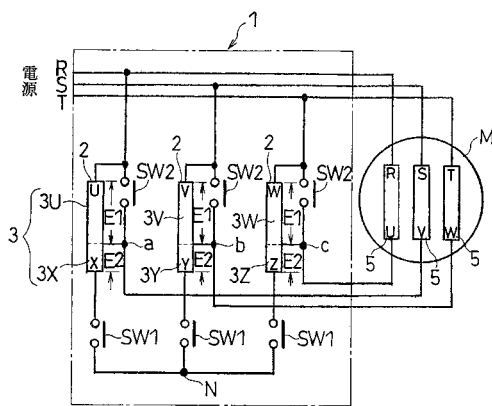
【符号の説明】

【0030】

- 2 調整変圧器
- 3 変圧器巻線
- 3 U, 3 V, 3 W 変圧器巻線の第 1 部分
- 3 X, 3 Y, 3 Z 変圧器巻線の第 2 部分
- 5 固定子巻線
- M 三相電動機
- SW 1 第 1 開閉器
- SW 2 第 2 開閉器

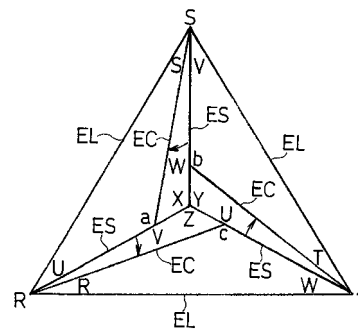
20

【図 1】

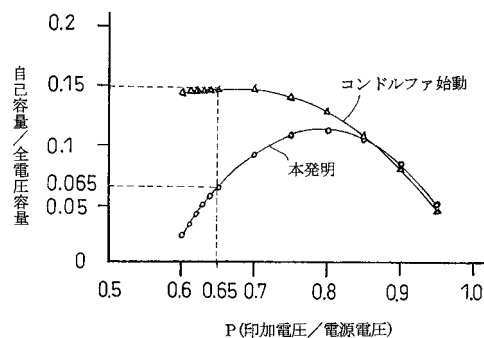


- M: 三相電動機
- 5: 固定子巻線
- SW 1: 第 1 開閉器
- SW 2: 第 2 開閉器
- 2: 調整変圧器
- 3: 変圧器巻線
- 3 U, 3 V, 3 W: 変圧器巻線の第 1 部分
- 3 X, 3 Y, 3 Z: 変圧器巻線の第 2 部分

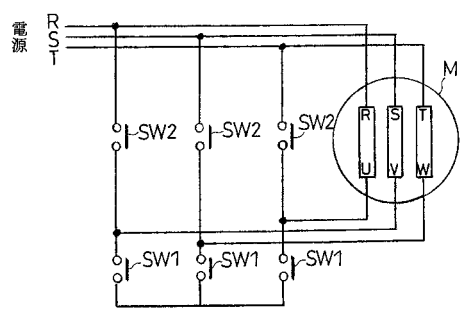
【図 2】



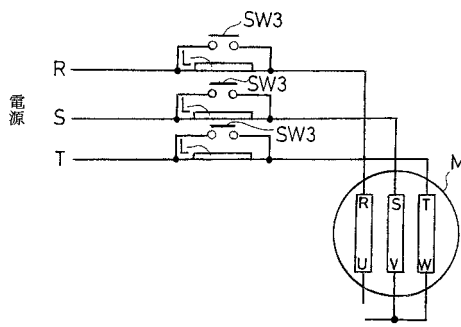
【図 3】



【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】

