

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3835762号

(P3835762)

(45) 発行日 平成18年10月18日(2006.10.18)

(24) 登録日 平成18年8月4日(2006.8.4)

(51) Int. Cl.		F I			
<b>H05B</b>	<b>6/06</b>	<b>(2006.01)</b>	H05B	6/06	301
<b>H05B</b>	<b>6/44</b>	<b>(2006.01)</b>	H05B	6/44	

請求項の数 6 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2004-517205 (P2004-517205)	(73) 特許権者	000005902
(86) (22) 出願日	平成14年6月26日 (2002.6.26)		三井造船株式会社
(65) 公表番号	特表2005-529475 (P2005-529475A)		東京都中央区築地5丁目6番4号
(43) 公表日	平成17年9月29日 (2005.9.29)	(74) 代理人	100091306
(86) 国際出願番号	PCT/JP2002/006419		弁理士 村上 友一
(87) 国際公開番号	W02004/004420	(74) 代理人	100086922
(87) 国際公開日	平成16年1月8日 (2004.1.8)		弁理士 大久保 操
審査請求日	平成16年12月9日 (2004.12.9)	(72) 発明者	内田 直喜
早期審査対象出願			岡山県玉野市玉3丁目1番1号 三井造船株式会社 玉野事業所内
		(72) 発明者	川中 啓二
			岡山県玉野市玉3丁目1番1号 三井造船株式会社 玉野事業所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 誘導加熱装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

電流の供給により相互誘導を生じさせる複数の加熱コイルと、前記各加熱コイルに供給される各電流間の位相差を求める位相検出器と、前記各加熱コイルに対応させて設けられ、前記位相差が零となるように前記各加熱コイルに供給される電流の位相を調整する共振型インバータと、前記共振型インバータに接続されて前記各加熱コイルへの投入電力を制御する順変換部またはチョッパ部及び順変換部とを備えたことを特徴とする誘導加熱装置。

【請求項2】

電流の供給により相互誘導を生じさせる複数の加熱コイルと、前記各加熱コイルに供給される電流の位相を一致させるべき基準信号を生成する基準信号生成部と、前記各加熱コイルに供給される各電流と前記基準信号との位相差を求める位相検出器と、前記各加熱コイルに対応させて設けられ、各加熱コイルに供給する電流の周波数を一致させるとともに、前記位相差が零となるように前記各加熱コイルに供給される電流の位相を調整する共振型インバータと、前記共振型インバータに接続されて前記各加熱コイルへの投入電力を制御する順変換部またはチョッパ部及び順変換部とを備えたことを特徴とする誘導加熱装置。

【請求項3】

前記各共振型インバータの出力電流と出力電圧との位相差を検出する位相検出部と、前記位相検出部の出力信号に基づいて、前記各共振型インバータと対応する前記加熱コイル

10

20

との間に設けた可変リアクトルを制御して、前記共振型インバータの出力電流と出力電圧との位相差を調整して前記共振型インバータの力率を改善する位相調整部とを備えたことを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の誘導加熱装置。

【請求項 4】

前記共振型インバータはトランジスタとダイオードを逆並列接続したアームにより構成される直列共振型インバータとし、前記チョッパ部はトランジスタとダイオードを逆並列接続した構成とし、前記各チョッパ部を単一の平滑コンデンサ、及び順変換部に接続する構成としたことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか 1 に記載の誘導加熱装置。

【請求項 5】

共振型インバータからなる主インバータと、共振型インバータからなる 1 以上の従属インバータと、この従属インバータと前記主インバータとに対応して設け、電流の供給により相互誘導を生じさせる複数の加熱コイルと、主側の前記加熱コイルに流れる電流と、従属側の前記加熱コイルに流れる電流との位相差を求める位相検出器とを有する誘導加熱装置であって、前記各従属インバータは前記位相差に基づいて前記位相差が零となるように前記各加熱コイルに供給する電流の位相を調整する構成とし、前記共振型インバータ及び前記各従属インバータには前記各加熱コイルへの投入電力を制御する順変換部またはチョッパ部及び順変換部とを接続したことを特徴とする誘導加熱装置。

【請求項 6】

前記従属インバータとこの従属インバータに対応した前記加熱コイルとの間に設けた可変リアクトルと、前記従属インバータの出力電流と出力電圧との位相差を検出する位相検出部と、この位相検出部の出力信号に基づいて、前記可変リアクトルを制御して前記従属インバータの出力電流と出力電圧との位相差を調整して前記従属インバータの力率を改善する位相調整部とを有していることを特徴とする請求項 5 に記載の誘導加熱装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、誘導加熱装置に係り、特に近接して配置した複数の加熱コイルのそれぞれに、対応して設けた共振型インバータによって給電するのに好適な誘導加熱装置に関する。

【背景技術】

【0002】

誘導加熱は、加熱コイルに電流を流して磁場を発生させ、被加熱部材に渦電流を発生させて加熱するもので、抵抗体加熱では得ることができない高温を発生させることができるため、各方面において採用されている。図 8 に示したものは、圧延機などのロールを焼入れする誘導加熱装置の概略を模式的に示したものである。

【0003】

図 8 において、ロール 10 は、ロール本体 12 とその両端に設けたジャーナル 14 とから形成してある。ロール 10 の焼入れを誘導加熱で行なう場合、誘導加熱装置 15 に磁束密度の大きな磁場を発生させる加熱用コイル 16 と、これよりも磁束密度の小さな磁場を発生させる温度保持用コイル 18 とを設け、それぞれに対応するインバータからなる高周波電源 20、22 に接続する。これらの加熱用コイル 16 と温度保持用コイル 18 とは、両者間に隙間を生じないように接近させて配置し、両コイル 16、18 の境界部において温度が低下しないようにしている。そして、ロール 10 の焼入れは、矢印 24 のようにロール 10 をコイル 16、18 に向けて前進させ、ロール本体 12 の表層部を 950 程度に加熱して行なう。

【0004】

図 9 は、パーシャル電磁誘導加熱装置の概略を示したものである。このパーシャル加熱装置 30 は、複数の加熱コイル 32 (32a ~ 32c) が上下方向に同心に配置され、それぞれが対応するインバータからなる高周波電源 34 (34a ~ 34c) に接続してある。そして、例えば炭素棒 36 の先端 (下端) を加熱コイル 32 の中に挿入し、炭素棒 36 の周囲にガスを供給して加熱コイル 32 により約 1500 程度に加熱し、ガスを反応さ

10

20

30

40

50

せる。この場合、熱が上方に逃げるため、より上側の加熱コイル32の磁束密度を大きくするように電源34を制御する。また、各加熱コイル32は、境界部において温度の低下を防ぐために接するように近接配置してある。

#### 【0005】

図10は、電磁誘導による容器加熱装置の概略を示したものである。この誘導加熱装置44は、例えば炭素によって形成したルツボ40の内部に炭化ケイ素(SiC)42の粉末を入れ、これを加熱コイル48(48a、48b)によって加熱し、炭化ケイ素42を蒸発させてワーク46に堆積させるようにしている。そして、誘導加熱装置44は、上下方向に同心に設けた2つの加熱コイル48a、48bを有して、それぞれをインバータからなる高周波電源50(50a、50b)に接続し、下側の加熱コイル48bが大きな磁束密度の磁場を発生して炭化ケイ素42を加熱するようにしている。

10

#### 【0006】

図11は、いわゆるバウムクーヘン型誘導加熱装置の概略を示したものである。この誘導加熱装置60は、炭素などから形成したドーナツ状ステージ62を備えていて、ステージ62の上面に複数の半導体ウエハ64を配置するようになっていて、ステージ62の下方には、加熱コイル66が配置してあって、この加熱コイル66に通電することにより、半導体ウエハ64を加熱できるようにしてある。また、加熱コイル66は、外側コイル66a、中央コイル66b、内側コイル66cからなっていて、これらをそれぞれ対応したインバータからなる高周波電源68(68a~68c)に接続し、ステージ62の全体を均一に加熱できるようにしている。そして、この場合においても、各コイル66a~66cを接触する程度まで接近させて配置し、コイルの境界部において温度が低下しないようにしている。

20

#### 【0007】

図12は、押し出し加工用の誘導加熱装置の概略を示したものである。この誘導加熱装置70は、横方向に同心状に配置した複数の加熱コイル72(72a~72c)を有し、これらをインバータからなる対応した高周波電源74(74a~74c)に接続し、加熱コイル72の内部に配置した金属材料76を、加工先端側から加工後端側に向けて温度が低くなるように加熱する。そして、加熱コイル72a~72cは、境界部において温度低下を生じないように近接させて配置している。また、金属材料を液相と固相との共存状態で鍛造を行なうSSF(Semi Solid Forging)の場合にも同様の誘導加熱装置が用いられる。

30

#### 【0008】

ところで、誘導加熱は、大きな電力効率を得られるため、しばしば共振回路を有するいわゆる共振型インバータにより行なわれる。また、複数の加熱コイルを有する上記したような誘導加熱装置は、各加熱コイル境界部における温度の低下を防ぐため、各コイルを近接して配置している。このため、1つの加熱コイルによって発生させた磁束が他の加熱コイルに影響を与えて複数の加熱コイル間において相互誘導を生じる。したがって、複数のインバータに対応した加熱コイルを設けた誘導加熱装置は、負荷変動などにより各加熱コイル間における相互誘導の状態が変化し、各加熱コイルを流れる電流(加熱コイル電流)に歪が発生したり、各加熱コイル電流間の位相ずれを生ずる。このため、複数のインバータに対応した加熱コイルを設けた誘導加熱装置においては、各負荷電流の周波数を一致させるとともに、各加熱コイル電流間の位相を一定に保持しないと、加熱温度の高精度な制御が困難になるとともに、各加熱コイルの境界部において温度が低下する。

40

#### 【0009】

そこで、各加熱コイル間に磁気遮蔽用のコイルを挿入して加熱コイルの端部において磁束を吸収し、相互誘導による悪影響が生じないようにする方法が提案されている。また、2つの加熱コイルを1つの周波数変換器(高周波インバータ)に並列に接続するとともに、1つの加熱コイルに可変リアクトルを直列に接続し、可変リアクトルのL分を調整して電圧値を変化させることが提案されている(実公平3-39482号公報)。

#### 【0010】

50

しかし、上記した各加熱コイルの境界部に磁気遮蔽用コイルを配置する方法は、コイル端部における磁束が磁気遮蔽コイルに吸収され、その部分における温度低下を生じて均一な加熱を行なうことができない。また、実公平3-39482号公報に記載のように、1つの加熱コイルに可変リアクタを直列接続し、可変リアクトルによって電圧を変化させる方法は、可変リアクトルを制御すると、全体の周波数が変わること、電力制御の時定数が長いこと、1台の電力制御が系全体の各加熱コイルの電力値を変えてしまい、各加熱コイルのそれぞれについて独立に温度制御をすることが困難であること、などの欠点を有する。

一方、各インバータは、出力電流と出力電圧との位相差を小さくしないと、インバータ出力効率(力率)が悪く、インバータの容量低減および効率の低下を招く。したがって、インバータは、出力電流と出力電圧とが同期するように運転することが望ましい。

10

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

本発明は、前記従来技術の欠点を解消するためになされたもので、各加熱コイルの境界部における温度低下を防止するとともに、相互誘導による影響を除去できるようにすることを目的としている。

さらに、本発明は、相互誘導の状態が変化するのを防止することを目的としている。

また、本発明は、インバータの力率を改善できるようにすることを目的としている。

【課題を解決するための手段】

20

【0016】

また、本発明に係る第1の誘導加熱装置は、電流の供給により相互誘導を生じさせる複数の加熱コイルと、前記各加熱コイルに供給される各電流間の位相差を求める位相検出器と、前記各加熱コイルに対応させて設けられ、前記位相差が零となるように前記各加熱コイルに供給される電流の位相を調整する共振型インバータと、前記共振型インバータに接続されて前記各加熱コイルへの投入電力を制御する順変換部またはチョッパ部及び順変換部とを備えたことを特徴としている。

【0017】

本発明に係る第2の誘導加熱装置は、電流の供給により相互誘導を生じさせる複数の加熱コイルと、前記各加熱コイルに供給される電流の位相を一致させるべき基準信号を生成する基準信号生成部と、前記各加熱コイルに供給される各電流と前記基準信号との位相差を求める位相検出器と、前記各加熱コイルに対応させて設けられ、各加熱コイルに供給する電流の周波数を一致させるとともに、前記位相差が零となるように前記各加熱コイルに供給される電流の位相を調整する共振型インバータと、前記共振型インバータに接続されて前記各加熱コイルへの投入電力を制御する順変換部またはチョッパ部及び順変換部とを備えたことを特徴としている。

30

【0018】

さらに、本発明に係る第3の誘導加熱装置は、前記各共振型インバータの出力電流と出力電圧との位相差を検出する位相検出部と、前記位相検出部の出力信号に基づいて、前記各共振型インバータと対応する前記加熱コイルとの間に設けた可変リアクトルを制御して、前記共振型インバータの出力電流と出力電圧との位相差を調整して前記共振型インバータの力率を改善する位相調整部とを備えたことを特徴としている。

40

【0019】

また、本発明に係る第4の誘導加熱装置は、前記共振型インバータはトランジスタとダイオードを逆並列接続したアームにより構成される直列共振型インバータとし、前記チョッパ部はトランジスタとダイオードを逆並列接続した構成とし、前記各チョッパ部を単一の平滑コンデンサ、及び順変換部に接続する構成としたことを特徴としている。

【0020】

さらに、本発明に係る第5の誘導加熱装置は、共振型インバータからなる主インバータと、共振型インバータからなる1以上の従属インバータと、この従属インバータと前記主

50

インバータとに対応して設け、電流の供給により相互誘導を生じさせる複数の加熱コイルと、主側の前記加熱コイルに流れる電流と、従属側の前記加熱コイルに流れる電流との位相差を求める位相検出器とを有する誘導加熱装置であって、前記各従属インバータは前記位相差に基づいて前記位相差が零となるように前記各加熱コイルに供給する電流の位相を調整する構成とし、前記共振型インバータ及び前記各従属インバータには前記各加熱コイルへの投入電力を制御する順変換部またはチョッパ部及び順変換部とを接続したことを特徴としている。

#### 【0021】

なお、前記従属インバータとこの従属インバータに対応した前記加熱コイルとの間に設けた可変リアクトルと、前記従属インバータの出力電流と出力電圧との位相差を検出する位相検出部と、この位相検出部の出力信号に基づいて、前記可変リアクトルを制御して前記従属インバータの出力電流と出力電圧との位相差を調整して前記従属インバータの力率を改善する位相調整部とを設けることができる。

10

#### 【発明の効果】

#### 【0022】

上記のごとく構成した本発明においては、複数の加熱コイルに供給する電流の周波数を一致させ、位相を同期または設定される位相差に保持するようにしているため、負荷が変動した場合にも、負荷変動による影響を受けることなく各加熱コイル間における相互誘導の状態を一定にすることができる。したがって、各加熱コイルに供給される電流（加熱コイル電流）は、相互誘導の変化による波形のひずみの発生などがなく、インバータを正常に運転することができ、複数の加熱コイルを近接して配置したとしても、加熱コイルによる温度制御を容易、精度よく行なえるとともに、各加熱コイルの境界部における温度低下を防止することができる。

20

#### 【0023】

共振型インバータに与える駆動信号の位相を調整する場合、基準信号生成部などにおいて生成した基準信号に基づいて行なうと、制御が比較的容易であって、正確な位相調整が可能となる。基準信号は、電流の波形であってもよいし、任意のパルス状の波形などであってもよい。また、駆動信号の位相の調整は、複数の共振型インバータの任意の1つを基準インバータとし、この基準インバータの出力（例えば、出力電流、出力電圧）を基準信号とし、他のインバータを基準インバータの出力周波数に基づいて位相を調整するようにすると、基準信号生成部などを必要とせず、装置を簡素にできる。さらに、共振型インバータに与える駆動信号の位相の調整は、各加熱コイルを流れる電流の基準タイミング位置からの位相の平均値を求め、この平均値に各加熱コイル電流が一致するようにインバータの駆動信号を制御する。

30

#### 【0024】

そして、本発明においては、主インバータを駆動する駆動信号を従属インバータに与え、これに基づいて従属インバータ側の加熱コイルに供給する電流の位相を、主インバータ側の加熱コイルに供給する電流の位相と同期させ、または設定される位相差に保持して従属インバータを駆動するとともに、従属インバータ側のリアクトルを制御し、従属インバータの出力電流と出力電圧との位相を合致させる。したがって、本発明は、主インバータと従属インバータとが加熱コイルを流れる電流の位相を一致または一定にでき、負荷変動による影響を受けることなく精度のよい温度制御が可能で、各加熱コイル境界部における温度低下を避けることができる。主インバータは、駆動制御部が出力電圧と出力電流との位相が合致するように周波数調整を行ない、従属インバータは、出力電流と出力電圧との位相が合致するようにリアクトルで調整されるため、力率の改善が図れてインバータの出力効率を高められ、運転効率の低下を防止することができる。

40

#### 【0025】

さらに、従属インバータの出力電流と出力電圧との位相差の調整は、主側の加熱コイルに供給する電流と従属側の前記加熱コイルに供給する電流との位相差を求め、この電流位相差をなくすように調整したのちに行なう。

50

## 【0026】

なお、主インバータを駆動する駆動信号に代えて、主インバータの出力電流や出力電圧などの出力周波数を従属インバータの駆動信号として与え、従属インバータを主インバータの出力周波数に同期させ、または設定される位相差に保持して運転しても同様の効果を得ることができる。また、主インバータと従属インバータとのそれぞれに対応して出力電力制御部を設けることにより、各インバータの出力の大きさを自由に制御することができる。加熱温度の管理を自由に、高精度で行なうことができる。

## 【発明を実施するための最良の形態】

## 【0027】

本発明に係る誘導加熱装置の好ましい実施の形態を、添付図面に従って詳細に説明する 10

図1は、本発明の第1実施の形態に係る誘導加熱装置の説明図である。この実施形態に係る誘電加熱装置100は、主加熱ユニット110mと従属加熱ユニット110sとの一対から形成してある。各加熱ユニット110m、110sは、それぞれ電源部112m、112sと、これらの電源部112m、112sから電力が供給される負荷コイル部150m、150sとを備えている。

## 【0028】

各電源部112m、112sは、サイリスタによってブリッジ回路を形成した整流回路である順変換部114m、114sを有し、これらの順変換部114m、114sがそれぞれ三相交流電源116m、116sに接続してある。そして、順変換部114m、114sの出力側には、平滑リアクトル118m、118sを介してインバータ（逆変換部）120m、インバータ120sが接続してある。実施形態の場合、主加熱ユニット110m側のインバータ120mが主インバータであって、従属加熱ユニット110s側のインバータ120sが従属インバータとなっている。そして、各インバータ120m、120sは、実施形態の場合、電流型であって、周知のようにダイオードとトランジスタとを直列接続したアームからなるブリッジ回路によって形成してある。 20

## 【0029】

インバータ120m、120sの出力側に接続した負荷コイル部150m、150sは、負荷コイルである加熱コイル152m、152sを有している。そして、各加熱コイル152m、152sとその内部抵抗156m、156sとは、コンデンサ154m、154sが並列に接続してあって、加熱コイル152とコンデンサ154とによって並列共振回路を形成している。すなわち、実施形態の場合、インバータ120m、120sは、並列共振型インバータを構成している。また、加熱コイル152m、152sは、実施形態の場合、相互に近接して配置してある。 30

## 【0030】

各負荷コイル部150m、150sには、コンデンサ154m、154sと並列に変圧器158m、158sが設けてあって、インバータ120m、120sの出力電圧に対応した電圧値を得ることができるようにしてある。そして、主加熱ユニット110m側の変圧器158mの出力電圧 $V_m$ は、詳細を後述する主側の電力制御部122mと駆動制御部124mとにフィードバックするようにしてある。また、従属加熱ユニット110s側の変圧器158sの出力電圧 $V_s$ は、従属側の電力制御部122sにフィードバックするようにしてある。さらに、インバータ120m、120sとコンデンサ154m、154sとの間には、インバータ120m、120sの出力電流 $I_m$ 、 $I_s$ を検出する変流器160m、160sが設けてある。変流器160m、160sの検出した出力電流 $I_m$ 、 $I_s$ は、対応する電力制御部122m、122sにフィードバックするようになっている。 40

## 【0031】

各電力制御部122m、122sは、順変換部114m、114sを構成しているサイリスタに駆動パルスを与えるもので、電力設定器126m、126sが接続してある。そして、主側の駆動制御部124mは、変圧器158mから入力する電圧 $V_m$ のゼロクロスを検出し、このゼロクロスに同期してインバータ120mを構成しているトランジスタT 50

RmA1、TRmA2、TRmB1、TRmB2に駆動パルスを出力する。また、駆動制御部124mは、従属側の駆動制御部124sに前記の駆動パルスに同期した信号を入力する。従属側駆動制御部124sは、主側駆動制御部124mから入力する信号に基づいて、従属側インバータ120sを構成しているトランジスタTRsA1、TRsA2、TRsB1、TRsB2を駆動するパルスを生成してこれらのトランジスタに与える。

#### 【0032】

従属加熱ユニット110sには、位相検出器220が設けてある。この位相検出器220は、主側加熱コイル152mに供給する加熱コイル電流ILmと、従属側加熱コイル152sに供給する加熱コイル電流ILsとの位相差msを求める。すなわち、負荷コイル部150m、150sには、加熱コイル152m、152sとコンデンサ154m、154sとの間に、加熱コイル電流検出器180m、180sが加熱コイル152m、152sと直列に設けてある。加熱コイル電流検出器180m、180sは、対応する加熱コイル電流ILm、ILsを検出して位相検出器220に入力する。そして、位相検出器220は、加熱コイル電流ILmと加熱コイル電流ILsとの位相差msを求めて従属側の駆動制御部124sに入力する。従属側駆動制御部124sは、詳細を後述するように、位相検出器220の出力信号に基づいて、加熱コイル電流ILm、ILsの位相を一致させるように従属側のインバータ120sに与える駆動信号(ゲートパルス)の位相を調整する。

#### 【0033】

従属加熱ユニット110sは、詳細を後述するように、インバータ120sの出力電流Isと出力電圧Vsとの位相差を零にするための位相制御部170を有している。この位相制御部170は、変圧器158sと変流器160sとが出力する電圧Vs、電流Isが入力する位相差検出部172と、この位相差検出部172の出力信号に基づいて、インバータ120sと加熱コイル152sとの間に設けた可変リアクトル部162を制御する位相調整部174とから構成してある。そして、可変リアクトル部162は、実施形態の場合、加熱コイル152sとコンデンサ154sとに並列接続した可変容量リアクタンス164と、加熱コイル152sに直列接続した可変誘導リアクタンス166とから構成してある。

#### 【0034】

上記のごとく構成した誘導加熱装置100は、主加熱ユニット110mの加熱コイル152mと、従属加熱ユニット110sの加熱コイル152sとが接するように近接して配置してある。各電源部112m、112sは、順変換部114m、114sのサイリスタが電力制御部122m、122sの出力する駆動パルスによって駆動し、三相交流電源116m、116sの出力する交流電力を整流して直流電力に変換し、平滑リアクトル118m、118sを介してインバータ(逆変換部)120m、120sに与える。電力制御部122mは、図2に示したように構成してある。従属側の電力制御部122sも同様な構成となっている。

#### 【0035】

すなわち、電力制御部122mは、変圧器158mの出力電圧Vmと変流器160mの出力電流Imとが入力される電力変換器130と、電力変換器130の出力側に設けた電力比較器132と、電力比較器132の出力側に接続した順変換位相制御器134、この順変換位相制御器134の出力信号が入力する順変換ゲートパルス発生器136とから構成してある。

#### 【0036】

電力変換器130は、入力する電圧値Vmと電流値Imとからインバータ120mの出力電力Pmを求めて電力比較器132に出力する。電力比較器132には、電力設定器126mが接続してあって、電力変換器130が求めた電力値Pmを電力設定器126mの出力する設定値Pmcと比較し、両者の偏差に対応した出力信号を順変換位相制御器134に送出する。そして、順変換位相制御器134は、電力比較器132の出力信号に応じ

10

20

30

40

50

て順変換部 114m を構成している各サイリスタに与えるゲートパルスの発生タイミングを調整し、検出した電力値  $P_m$  と設定値  $P_{mc}$  との差が零となるサイリスタの駆動タイミングを求める。順変換位相制御器 134 は、求めた駆動タイミングに合わせて順変換ゲートパルス発生器 136 に駆動信号を与える。順変換ゲートパルス発生器 136 は、順変換位相制御器 134 の出力信号に同期してゲートパルスを発生し、順変換部 114m の各サイリスタに駆動信号として与える。なお、サイリスタの出力電力は、電力設定器 126m の設定値  $P_{mc}$  を変えることによって変えることができる。

#### 【0037】

インバータ 120m、120s を駆動する駆動制御部 124m、124s は、図 3 に示したようになっている。すなわち、駆動制御部 124m と駆動制御部 124s とは、それぞれトランジスタ用ゲートパルス発生器 140m、140s を有し、それぞれの出力側に 10 対のゲートユニット 142mA、142mB、142sA、142sB が接続してある。また、従属側の駆動制御部 124s には、位相調整回路 143 が設けてある。この位相調整回路 143 は、負荷電流制御部となっていて、後述するように、主側加熱コイル 152m と従属側加熱コイル 152s とを流れる加熱コイル電流  $I_{Lm}$ 、 $I_{Ls}$  の位相が一致（同期）するように調整するためのもので、位相調整回路 143 の出力側にトランジスタ用ゲートパルス発生器 140s が接続してある。さらに、位相調整回路 143 には、主側トランジスタ用ゲートパルス発生器 140m の出力パルスと、位相検出器 220 が求めた加熱コイル電流  $I_{Lm}$ 、 $I_{Ls}$  の位相差  $m_s$  とが入力するようになっている。そして、主側の駆動制御部 124m は、トランジスタ用ゲートパルス発生器 140m に変圧器 15 20 8m の出力電圧  $V_m$  がフィードバックするようになっている。駆動制御部 124m は、図 4 に示したように、ゲートパルス発生器 140m が電圧  $V_m$  のゼロクロスを検出してトランジスタを駆動するためのゲートパルスを発生し、ゲートユニット 142mA、142mB に入力するとともに、従属側の駆動制御部 124s に同期信号として与える。

#### 【0038】

駆動制御部 124m のトランジスタ用ゲートパルス発生器 140m は、実施形態の場合、図 4 (1) のように変化する電圧  $V_m$  が入力すると、電圧  $V_m$  が下側からゼロクロスしたときに、同図 (3) に示したように、A 相用トランジスタ  $TR_{mA1}$ 、 $TR_{mA2}$  を駆動するゲートパルスを生成してゲートユニット 142mA と従属側の位相調整回路 143 とに出力する。ゲートユニット 142mA は、ゲートパルス発生器 140m から入力したゲートパルスをトランジスタ  $TR_{mA1}$ 、 $TR_{mA2}$  のベースに駆動信号として 30 与える。また、ゲートパルス発生器 140m は、電圧  $V_m$  が上側からゼロクロスしたときに、A 相用のゲートパルスの生成を停止するとともに、図 4 (4) に示したように、B 相用トランジスタ  $TR_{mB1}$ 、 $TR_{mB2}$  を駆動するゲートパルスを生成し、ゲートユニット 142mB に出力する。ゲートユニット 142mB は、入力したゲートパルスを B 相のトランジスタ  $TR_{mB1}$ 、 $TR_{mB2}$  のベースに与えてこれを駆動する。これにより、主側のインバータ 120m は、固有の周波数で駆動され、図 4 (5) に示したように、電圧  $V_m$  に同期した電流  $I_m$  が出力され、力率がほぼ 1 になる。また、同図 (2) に示したように、加熱コイル 152m に加熱コイル電流  $I_{Lm}$  が与えられる。

#### 【0039】

一方、従属側駆動制御部 124s の位相調整回路 143 は、主側のゲートパルス発生器 140m が出力したパルスの立上がり、立下がりに同期して信号をトランジスタ用ゲートパルス発生器 140s に出力する。ゲートパルス発生器 140s は、図 4 (6) に示したように、位相調整回路 143 からパルスが入力すると、これに同期して A 相用パルスを A 相用ゲートユニット 142sA に出力する。ゲートユニット 142sA は、入力したパルスに対応するトランジスタ  $TR_{sA1}$ 、 $TR_{sA2}$  のベースに駆動信号として与えて作動させる。また、従属側ゲートパルス発生器 140s は、同図 (7) に示したように、B 相用パルスを生成して B 相用ゲートユニット 142sB に与える。ゲートユニット 142sB は、入力したパルスに基づいてトランジスタ  $TR_{sB1}$ 、 $TR_{sB2}$  を駆動する。これにより、インバータ 120s は、図 4 (8) に示したように、主側インバータ 120m の 40 50



出力する電流  $I_m$  に同期した電流  $I_s$  を出力し、加熱コイル 152s に加熱コイル電流  $I_{Ls}$  が供給される（図4（10）参照）。

#### 【0040】

従属加熱ユニット 110s に設けた位相制御部 170 の位相差検出部 172 には、従属側インバータ 120s の出力側に設けた変圧器 158s と変流器 160s とが検出したインバータ 120s の出力電圧  $V_s$  と出力電流  $I_s$  とが入力する。そして、位相差検出部 172 は、これらの位相差を求めて位相調整部 174 に入力する。位相調整部 174 は、加熱コイル 152m、152s に加熱コイル電流  $I_{Lm}$ 、 $I_{Ls}$  が流れ、負荷変動などにより両者間に位相ずれを生じ、各加熱コイル 152m、152s 間の相互誘導の状態の変化などにより、従属側インバータ 120s の出力電圧  $V_s$  と出力電流  $I_s$  との間に位相ずれを生ずると、これらの位相が一致するように可変リアクトル部 162 を制御する。図5は、位相制御部 170 の作用を説明するフローチャートである。

10

#### 【0041】

位相制御部 170 の位相差検出部 172 は、従属側の変圧器 158s と変流器 160s とから電圧  $V_s$  と電流  $I_s$  とが入力すると、図5のステップ 190 に示したように、両者の位相差を検出して位相角  $\theta$  を求めて位相調整部 174 に送出する。位相調整部 174 は、位相差検出部 172 が出力した位相角  $\theta$  が入力すると、電圧  $V_s$  と電流  $I_s$  との位相が一致しているか、すなわち  $\theta = 0$  であるか否かを判断する（ステップ 191）。そして、位相が一致している場合には、位相差検出部 172 が出力する次の位相角  $\theta$  を読み込む。

#### 【0042】

位相調整部 174 は、ステップ 191 において位相角  $\theta = 0$  でないと判断した場合、ステップ 192 に進んで電流  $I_s$  の位相が電圧  $V_s$  の位相より進んでいるか遅れているかを判断する。位相調整部 174 は、図4（9）の破線に示したように、電圧  $V_s$  ( $V_{s1}$ ) が電流  $I_s$  に対して位相角  $\theta_1$  だけ位相が遅れている場合、すなわち電流の位相が電圧の位相より進んでいる場合、ステップ 193 に示したように、位相角  $\theta_1$  に応じて可変リアクトル部 162 の可変容量リアクタンス 164 の C を減少、または可変誘導リアクタンス 166 の L を減少、もしくは両方を減少させて電圧  $V_s$  の位相を進めもしくは電流  $I_s$  の位相を遅らせ、図4（9）の実線に示したように、電圧  $V_s$  の位相を電流  $I_s$  の位相と一致させる。

20

#### 【0043】

位相調整部 174 は、ステップ 192 において図4（9）の一点鎖線に示したように、電圧  $V_s$  ( $V_{s2}$ ) が電流  $I_s$  に対して  $\theta_2$  だけ位相が進んでいる（電流の位相が電圧の位相より遅れている）と判断した場合、ステップ 192 からステップ 194 に進み、位相角  $\theta_2$  に応じて可変容量リアクタンス 164 の C を増加、または可変誘導リアクタンス 166 の L を増加、もしくは両者を増加させて電圧  $V_s$  の位相を遅らせ、もしくは電流  $I_s$  の位相を進め、電圧  $V_s$  と電流  $I_s$  との位相を一致させる。これにより、インバータ 120s の力率が改善され、運転効率を向上することができる。

30

#### 【0044】

このようにして主インバータ 120m と従属インバータ 120s とが運転される。しかし、負荷が変動することなどにより、主側加熱コイル 152m に供給される加熱コイル電流  $I_{Lm}$  と、従属側加熱コイル 152s に供給される加熱コイル電流  $I_{Ls}$  との間に、図7に示したような位相ずれを生ずることがある。このため、加熱コイル 152m、152s との間における相互誘導の状態が変化する。そこで、この実施形態においては、加熱コイル電流  $I_{Lm}$ 、 $I_{Ls}$  の位相差  $\theta_{ms}$  を位相検出器 220 によって検出し、図3に示したように、従属側駆動制御部 124s の位相調整回路 143 に入力する。位相調整回路 143 は、例えば図7（3）のように、従属側加熱コイル電流  $I_{Ls}$  が主側加熱コイル電流  $I_{Lm}$  に対して  $\theta_{ms1}$  だけ位相が遅れている場合、この位相差  $\theta_{ms1}$  をなくすようにゲートパルス発生器 140s に与える信号の発生タイミングを進める。

40

すなわち、図13（4）、（5）に示したように、従属側の加熱コイル電流  $I_{Ls}$  が主側の加熱コイル電流  $I_{Lm}$  に対して位相が  $\theta_{ms1}$  だけ遅れている場合、位相調整回路 14

50

3には、位相検出器220から遅れた位相差  $m s 1$ を示す信号が入力する。位相調整回路143は、主側のゲートパルス発生器140mから入力する図13(1)のA相用パルスと、位相差  $m s 1$ とに基づいて、従属側インバータ120sのA相用およびB相用ゲートパルスを、主側インバータ120mのA相用およびB相用ゲートパルスに対して位相差  $m s 1$ だけ早く出力するように、位相調整信号をゲートパルス発生器140sに与える。これにより、従属側のゲートユニット142sA、142sBの出力するA相用ゲートパルスとB相用ゲートパルスとが図13(6)、(7)に示したように、同図(1)、(2)に示した主側のA相用、B相用ゲートパルスに対して  $m s 1$ だけ位相が進められて出力される。したがって、インバータ120sの位相調整後の出力電圧  $V s c$ は、同図(8)のように主側インバータ120mの出力電圧  $V m$ (図13(3)参照)より位相が  $m s 1$ だけ進む。そして、加熱コイル152sに供給される加熱コイル電流  $I L s c$ は、同図(8)の示したように、主側の加熱コイル電流  $I L m$ と位相が一致する。

10

#### 【0045】

位相調整回路143は、反対に従属側加熱コイル電流  $I L s$ が主側加熱コイル電流  $I L m$ に対して、図7(4)のように  $m s 2$ だけ位相が進んでいる場合、この位相差  $m s 2$ をなくすように、ゲートパルス発生器140sに与える駆動信号(ゲートパルス)の位相(出力タイミング)を遅らせ、加熱コイル電流  $I L m$ と加熱コイル電流  $I L s$ との位相を一致させる。

#### 【0046】

これにより、加熱コイル電流  $I L m$ 、 $I L s$ は、負荷の状態が変動した場合であっても、位相が完全に一致させられるため、負荷の変動による影響を受けずにインバータを正常に運転することができる。したがって、加熱コイル152m、152sを相互に近接して配置したとしても、負荷変動の影響を受けることなく誘導加熱を行なうことができ、温度制御を容易、高精度に行なえ、加熱コイル152m、152sの境界部における加熱温度の低下などの不都合をなくすることができる。そして、実施の形態においては、主加熱ユニット110mと従属加熱ユニット110sとのそれぞれに電力制御部122m、122sを設け、加熱コイル152m、152sに供給する電力を独立して調整をできるようにしたことにより、加熱コイル152m、152s間で任意に加熱温度を変えることができるとともに、高精度の温度制御を行なうことができる。

20

#### 【0047】

なお、前記第1実施形態においては、従属加熱ユニット110sを1つだけ設けた場合について説明したが、従属加熱ユニットは複数設けてもよい。そして、複数の加熱ユニットを設けた場合、基準とする主となるものは、任意の加熱ユニットであってよい。また、第1実施形態においては、従属側の電流  $I s$ と電圧  $V s$ との位相を一致させる場合に、位相制御部170の位相差検出部172に電圧  $V s$ と電流  $I s$ とを入力させる場合について説明したが、電流  $I s$ の代わりに従属側インバータ120sのトランジスタに与えるゲートパルスを用いてもよい。そして、前記実施の形態においては、加熱コイル152m、152sを近接配置する場合にて説明したが、加熱コイル152m、152sを近接配置しない場合にも適用できることはもちろんである。さらに、前記第1実施形態においては、従属側に設けた可変リアクトル部162を可変容量リアクタンス164と可変誘導リアクタンス166とによって構成した場合について説明したが、可変リアクトル部162は、可変容量リアクタンス164または可変誘導リアクタンス166のいずれか一方によって形成してもよい。また、前記第1実施形態においては、主側のインバータ120mと従属側のインバータ120sとの加熱コイル電流  $I L m$ 、 $I L s$ の位相を一致(同期)させる場合について説明したが、必要に応じて両者の間に一定の位相差を保持させるようにしてもよい。

30

40

#### 【0048】

図6は、第2実施形態の説明図である。第2実施形態の誘導加熱装置200は、主加熱ユニット210mと従属加熱ユニット210sとから構成してある。そして、主側の駆動制御部124mは、主側インバータ120mにのみゲートパルスを出力するようになって

50

いる。また、従属側の駆動制御部 2 1 2 s は、主側の変圧器 1 5 8 m の電圧  $V_m$  が入力し、この電圧  $V_m$  に基づいて、従属側インバータ 1 2 0 s を構成しているトランジスタの駆動信号（ゲートパルス）を生成してインバータ 1 2 0 s に与えるようになっている。すなわち、第 2 実施形態においては、従属側駆動制御部 1 2 4 s（2 1 2 s）の位相調整回路 1 4 3 に、主側ゲートパルス発生器 1 4 0 m の出力パルスに代えて、図 3 に破線で示したように、主側インバータ 1 2 0 m の出力電圧  $V_m$  が入力するようにしてある。他の構成は、前記第 1 実施形態と同様である。

#### 【 0 0 4 9 】

このように構成した第 2 実施形態においては、従属側駆動制御部 2 1 2 s に主側の電圧  $V_m$  が入力すると、主側駆動制御部 1 2 4 m と同様に電圧  $V_m$  のゼロクロスを検出し、このゼロクロスに同期して A 相用トランジスタゲートパルスと B 相用トランジスタゲートパルスを生成し、インバータ 1 2 0 s の各トランジスタのベースに駆動信号として与える。これにより、前記実施形態と同様の効果を得ることができる。

#### 【 0 0 5 0 】

なお、従属側の駆動制御部 2 1 2 s に、主側の変流器 1 6 0 m の出力する電流  $I_m$  を入力し、この電流  $I_m$  に基づいてトランジスタゲートパルスを生成し、これを従属側インバータ 1 2 0 s のトランジスタに与え、従属側インバータ 1 2 0 s を主側の電流  $I_m$  に同期させて運転をしてもよい。

#### 【 0 0 5 1 】

図 1 4 は、第 3 実施形態の概略説明図であって、電圧型インバータに適用した例を示したものである。図 1 4 において、誘導加熱装置 3 0 0 は、交流電源 3 0 2 に順変換部 3 0 4 が接続してあり、この順変換部 3 0 4 の出力側に平滑コンデンサ 3 0 6 が設けてある。そして、誘導加熱装置 3 0 0 は、主側加熱ユニット 3 1 0 m と従属側加熱ユニット 3 1 0 s とが平滑コンデンサ 3 0 6 に並列に接続してある。

#### 【 0 0 5 2 】

加熱ユニット 3 1 0 m、3 1 0 s は、それぞれ直流電源部 3 1 2 m、3 1 2 s、インバータ 3 1 4 m、3 1 4 s、負荷コイル部 3 2 0 m、3 2 0 s を有する。直流電源部 3 1 2 m、3 1 2 s は、周知のチョップ回路 3 1 6 m、3 1 6 s とこの出力側に設けたコンデンサ 3 1 8 m、3 1 8 s とから構成してある。また、各インバータ 3 1 4 m、3 1 4 s は、各アームがトランジスタと、このトランジスタに逆並列に接続したダイオードからなるブリッジ回路によって構成してある。そして、インバータ 3 1 4 m、3 1 4 s の出力側には、負荷コイル部 3 2 0 m、3 2 0 s が接続してある。各負荷コイル部 3 2 0 m、3 2 0 s は、加熱コイル 3 2 2 m、3 2 2 s とコンデンサ 3 2 4 m、3 2 4 s とが直列に接続された直列共振型となっている。また、従属側の負荷コイル部 3 2 0 s には、加熱コイル 3 2 2 s と直列に可変リアクトル 3 2 6 が設けてある。

#### 【 0 0 5 3 】

さらに、各加熱ユニット 3 1 0 m、3 1 0 s のチョップ回路 3 1 6 m、3 1 6 s には、電力制御部 3 3 0 m、3 3 0 s が接続してある。電力制御部 3 3 0 m、3 3 0 s は、チョップ回路 3 1 6 m、3 1 6 s の、トランジスタとダイオードの逆並列によって形成したチョップ部 3 2 8 m、3 2 8 s をオン・オフし、チョップ回路 3 1 6 m、3 1 6 s の通流率を変化させる。このため、直流電源部 3 1 2 m、3 1 2 s は、コンデンサ 3 1 8 m、3 1 8 s の両端の電圧の大きさが変化し、インバータ 3 1 4 m、3 1 4 s に与える電圧の大きさが変わって、インバータ 3 1 4 m、3 1 4 s の出力電力を変化させる。また、各インバータ 3 1 4 m、3 1 4 s には、インバータの駆動を制御する駆動制御部 3 3 2 m、3 3 2 s が接続してある。さらに、従属側には、負荷コイル部 3 2 0 s に設けた可変リアクトル 3 2 6 を制御する位相制御部 3 3 4 が接続してある。なお、図 1 4 において、加熱コイル 3 2 2 m、3 2 2 s の内部抵抗は省略してある。

#### 【 0 0 5 4 】

この第 3 実施形態の誘導加熱装置 3 0 0 においては、インバータ 3 1 4 m、3 1 4 s の出力する電圧  $V_m$ 、 $V_s$  と電流（加熱コイル電流） $I_{Lm}$ 、 $I_{Ls}$  が図 1 4 に図示しない

10

20

30

40

50

変圧器と変流器とによって検出され、電力制御部 330 m、330 s に入力される。電力制御部 330 m、330 s は、入力された電圧と電流とからインバータ 314 m、314 s の出力電力を求め、本図に図示しない電力設定器の設定値と比較し、出力電力が設定値となるようにチョップ部 328 m、328 s の駆動パルス幅を調整する。

【0055】

主側の駆動制御部 332 m は、インバータ 314 m の出力電流が入力し、この出力電流のゼロクロスを検出してインバータ 314 m の各トランジスタを駆動する駆動信号（ゲートパルス）を生成してインバータ 314 m の各トランジスタに与える。一方、従属側の駆動制御部 332 s は、本図に図示しない位相検出器が接続してあって、位相検出器の出力する主側の加熱コイル電流  $I_{Lm}$  と従属側の加熱コイル電流  $I_{Ls}$  との位相差が入力するとともに、主側の駆動制御部 332 m の出力したゲートパルスが入力する。そして、駆動制御部 332 s は、主側駆動制御部 332 m から入力したゲートパルスを基準にして、主側の加熱コイル電流  $I_{Lm}$  と従属側の加熱コイル電流  $I_{Ls}$  との位相差  $m_s$  に応じて、位相差  $m_s$  が零となるように、または位相差  $m_s$  が所定の位相差となるように、インバータ 314 s に与える駆動信号（ゲートパルス）の位相（出力タイミング）を調整して出力する。これにより、主側と従属側との加熱コイル電流  $I_{Lm}$ 、 $I_{Ls}$  の位相を同期させたり、両者を一定の位相差に保持してインバータ 314 m、314 s を運転することができる。このため、誘導加熱装置 300 は、負荷が変動した場合であっても、加熱コイル電流  $I_{Lm}$ 、 $I_{Ls}$  の位相が一致、または所定の位相差に保持されるため、インバータ 314 の正常な運転が可能となり、加熱コイル 322 m、322 s の境界部における温度低下などを防ぐことができる。

10

20

【0056】

また、従属側に設けた位相制御部 334 は、インバータ 314 s の出力する電圧と電流とを読み込み、両者の位相差を求める。位相制御部 334 は、電圧と電流との間に位相差がある場合、可変リアクトル 326 を調整して両者の位相を一致させる。これにより、インバータ 314 の力率が改善され、インバータ 314 s の運転効率を向上することができる。

【0057】

図 15 は、第 4 実施形態の概略説明図である。この第 4 実施形態に係る誘導加熱装置 350 は、主側と従属側とに電圧型インバータ 314 m、314 s を有する。これらのインバータ 314 m、314 s は、パルス幅変調（PWM：Pulse Width Modulation）方式によって出力電力が制御されるようになっている。すなわち、各インバータ 314 m、314 s には、電力制御部 352 m、352 s が駆動制御部 354 m、354 s を介して接続してある。

30

【0058】

各電力制御部 352 m、352 s は、対応するインバータ 314 m、314 s の出力電力を設定値と比較する。電力制御部 352 m、352 s は、インバータ 314 m、314 s の出力電力が設定値となるように、インバータ 314 m、314 s を駆動するパルス幅を求めて対応する駆動制御部 354 m、354 s に出力する。主側の駆動制御部 354 m は、主側インバータ 314 m の出力電流のゼロクロスを検出し、電力制御部 352 m が求めたパルス幅のゲートパルスをインバータ 314 m に与える。すなわち、駆動制御部 354 m は、インバータ 314 m の出力電力が設定値より小さい場合、よりパルス幅の長いゲートパルスを出力し、インバータ 314 m を構成しているトランジスタがオンしている時間を長くして出力電力を大きくする。

40

【0059】

従属側の駆動制御部 354 s は、前記と同様にして主側の加熱コイル電流  $I_{Lm}$  と従属側の加熱コイル電流  $I_{Ls}$  との位相差  $m_s$  を求め、この位相差  $m_s$  を零となるようにインバータ 314 s に与える駆動信号（ゲートパルス）の位相（出力タイミング）を調整してゲートパルスを出力する。このゲートパルスは、電力制御部 352 s が求めたパルス幅を有する。また、位相制御部 334 は、前記と同様にして従属側インバータ 314 s の

50

出力電圧と出力電流との位相差が零となるように可変リアクトル 3 2 6 を調整し、インバータ 3 1 4 s の力率の調整を行なう。

【 0 0 6 0 】

これらの第 3 実施形態の誘導加熱装置 3 0 0 および第 4 実施形態の誘導加熱装置 3 5 0 においても、必要に応じて主側の加熱コイル電流  $I_{Lm}$  と従属側の加熱コイル電流  $I_{Ls}$  とを設定される位相差に保持するように、インバータ 3 1 4 m、3 1 4 s を運転してもよい。

【 0 0 6 1 】

図 1 6 は、第 5 実施形態の説明図である。図 1 6 に示した誘導加熱装置 4 0 0 は、順変換部 3 0 4 の出力側に設けた平滑コンデンサ 3 0 6 に、複数（実施形態の場合、4 つ）の加熱ユニット 3 1 0（3 1 0 a ~ 3 1 0 d）が並列に接続してある。これらの加熱ユニット 3 1 0 は、電圧型インバータが設けてあって、チョップ回路 3 1 6（3 1 6 a ~ 3 1 6 d）と、このチョップ回路 3 1 6 の出力側にコンデンサ 3 1 8（3 1 8 a ~ 3 1 8 d）を介して接続したインバータ 3 1 4（3 1 4 a ~ 3 1 4 d）を有する。これらのインバータ 3 1 4 は、直列共振型インバータとなっていて、加熱コイル 3 2 2（3 2 2 a ~ 3 2 2 d）とコンデンサ 3 2 4（3 2 4 a ~ 3 2 4 d）とを直列接続した負荷コイル部 3 2 0（3 2 0 a ~ 3 2 0 d）が接続してある。また、各負荷コイル部 3 2 0 には、可変リアクトル 3 2 6（3 2 6 a ~ 3 2 6 d）が加熱コイル 3 2 2 と直列に接続してある。さらに、負荷コイル部 3 2 0 には、変圧器 1 5 8（1 5 8 a ~ 1 5 8 d）と変流器 1 6 0（1 6 0 a ~ 1 6 0 d）とが設けてあって、インバータ 3 1 4 の出力電圧と出力電流とを検出できるようになっている。

【 0 0 6 2 】

誘導加熱装置 4 0 0 は、各加熱ユニット 3 1 0 に対応して制御ユニット 4 2 0（4 2 0 a ~ 4 2 0 d）を有している。制御ユニット 4 2 0 a ~ 4 2 0 d は、同じに形成してある。そして、これらの制御ユニット 4 2 0 の具体的構成が、制御ユニット 4 2 0 d のブロック図として示してある。

【 0 0 6 3 】

制御ユニット 4 2 0 d は、電力制御部 3 3 0 d を有する。電力制御部 3 3 0 d は、電力設定器 1 2 6 d から設定値が入力する。また、電力制御部 3 3 0 d は、負荷コイル部 3 2 0 d に設けた変圧器 1 5 8 d と変流器 1 6 0 d とが接続してあって、これらが検出したインバータ 3 1 4 d の出力電圧と出力電流（加熱コイル電流  $I_{L4}$ ）とが入力するようになっている。電力制御部 3 3 0 d は、変圧器 1 5 8 d と変流器 1 6 0 d とから入力する電圧値と電流値とからインバータ 3 1 4 d の出力電力を求め、電力設定器 1 2 6 d が出力する設定値と比較する。そして、電力制御部 3 3 0 d は、インバータ 3 1 4 d の出力電力が設定値となるように、チョップ回路 3 1 6 d のチョップ部 3 2 8 d に与えるゲートパルスの長さを調節する。

【 0 0 6 4 】

さらに、制御ユニット 4 2 0 d は、インバータ 3 1 4 d の駆動を制御する駆動制御部 4 2 2 d を備えている。この駆動制御部 4 2 2 d の入力側には、位相検出器 4 2 4 d が接続してある。位相検出器 4 2 4 d には、変流器 1 6 0 d の出力信号が入力するとともに、基準信号生成部 4 2 6 の出力信号が入力するようになっている。基準信号生成部 4 2 6 は、実施形態の場合、加熱コイル 3 2 2 に供給する加熱コイル電流  $I_L$ （ $I_{L1} \sim I_{L4}$ ）の波形を生成する。そして、基準信号生成部 4 2 6 は、生成した電流波形を各制御ユニット 4 2 0 a ~ 4 2 0 d に設けてある位相検出器 4 2 4 a ~ 4 2 4 d（位相検出器 4 2 4 a ~ 4 2 4 c は図示せず）に基準信号として与える。位相検出器 4 2 4 d は、変流器 1 6 0 d によって検出された加熱コイル電流  $I_{L4}$  の位相を基準信号生成部 4 2 6 が出力する基準電流波形の位相と比較し、両者の位相差を求めて駆動制御部 4 2 2 d に入力する。

【 0 0 6 5 】

駆動制御部 4 2 2 d は、インバータ 3 1 4 d を構成しているトランジスタに与えるゲートパルス（駆動信号）の位相（出力タイミング）を、加熱コイル電流  $I_{L4}$  の位相が基準電

10

20

30

40

50

流波形の位相と一致するように調整して出力し、インバータ314dの各トランジスタに与える。各制御ユニット420a～420cの駆動制御部も同様にして、基準信号生成部426の出力する基準電流波形の位相と一致するように、インバータ314a～314cに与えるゲートパルスの位相を調整する。これにより、各加熱コイル322a～322dに供給される加熱コイル電流IL1～IL4の位相が同期され、負荷状態が変化しても各加熱コイル322間における相互誘導の状態が変化することを阻止できる。このため、各加熱コイル322を接するように近接配置した場合であっても、各加熱コイル322に供給する加熱コイル電流ILは、負荷状態の変化による影響を受けることがなく、温度制御を容易、確実にこなるとともに、各加熱コイル322の境界部において温度の低下を防ぐことができる。

10

## 【0066】

なお、制御ユニット420dに設けられている位相制御部334dは、変圧器158dと変流器160dとが検出したインバータ314dの出力電圧と出力電流（加熱コイル電流）とに基づいて、両者の位相差を検出し、位相差が零となるように、すなわち出力電圧と出力電流とが同期するように可変リアクトル326dを調整する。これにより、インバータ314dの力率が改善され、インバータ314dの運転効率を向上することができる。そして、各制御ユニット420a～420cは、制御ユニット420dと同様の制御を行なう。

## 【0067】

なお、この実施形態においては、各加熱コイル電流IL1～IL4の位相を同期させる場合について説明したが、必要に応じて各加熱コイル電流を相互に設定される位相差に保持してインバータ314を運転してもよいし、任意の加熱コイル電流を他の加熱コイル電流に対して設定される位相差を保持するようにインバータ314を運転してもよい。また、この実施形態においては、基準信号生成部426が基準信号として電流波形を出力する場合について説明したが、基準信号はインバータ314に与えるゲートパルスなどであってもよい。さらに、実施形態においては、基準信号生成部426が出力する信号に加熱コイル電流を同期させる場合について説明したが、複数のインバータ314の任意のインバータを基準のインバータとし、このインバータの出力を基準信号としてもよい。また、実施形態においては、基準信号生成部426の出力信号に同期させる場合について説明したが、各加熱コイル電流ILの位相の平均を基準信号としてもよい。この場合、加熱コイル電流の平均位相は、誘導加熱装置400の運転を開始した時点や、所定の間隔でパルスを出力し、このパルスを基準にして求めることができる。そして、本発明は、前記に説明した内容に限定されるものではない。すなわち、図17、図18に示した基本回路によって表されるインバータに適用することができるばかりでなく、あらゆる共振型インバータに対して適用することができる。

20

30

## 【0068】

図17に示した回路は、並列共振型インバータであって、インバータ440の各アームが直列接続したトランジスタとダイオードとによって形成してある。そして、インバータ440に接続された負荷部442は、加熱コイル（負荷コイル）444とコンデンサ446とが並列接続してある。また、図18に示した回路は、直列共振型インバータであって、インバータ450の各アームがトランジスタとダイオードとの逆並列接続によって構成してある。そして、インバータ450に接続された負荷部452は、加熱コイル454とコンデンサ456とが直列接続してある。

40

## 【0069】

以上に説明したように、本発明は、複数の加熱コイルのそれぞれに対応させた共振型インバータによって前記各加熱コイルに給電する場合に、各加熱コイルに供給する電流の周波数を一致させるとともに、電流位相を同期させ、または設定される位相差に保持して運転するため、負荷状態が変化した場合であっても、インバータを正常に運転することができる。したがって、本発明は、負荷変動の影響を受けることなく温度制御を容易、確실히こなえ、複数の加熱コイルの境界部における温度低下を防止することができる。しかも、

50

インバータは、出力電流と出力電圧との位相差が調整されるため、インバータの力率が改善されて運転効率の低下を防止することができる。

【産業上の利用可能性】

【0070】

複数の加熱コイルを接続した誘導加熱を行なう際、各加熱コイルの境界部における温度低下を防止するとともに、共振型インバータを負荷変動による影響を受けることなく運転することができる。

【図面の簡単な説明】

【0071】

【図1】本発明の第1実施の形態に係る誘導加熱装置の説明図である。

10

【図2】本発明の実施の形態に係る電力制御部の詳細説明図である。

【図3】実施の形態に係る駆動制御部の詳細説明図である。

【図4】実施の形態に係るインバータの動作を説明するタイムチャートである。

【図5】実施の形態に係る位相制御部の作用を説明するフローチャートである。

【図6】本発明に係る第2実施形態の説明図である。

【図7】実施の形態に係る主側加熱コイル電流と従属側加熱コイル電流との位相差を調整する方法の説明図である。

【図8】誘導加熱によるロールの焼入れ方法の説明図である。

【図9】パーシャル誘導加熱装置の概略説明図である。

【図10】誘導加熱による容器の加熱を説明する図である。

20

【図11】いわゆるバウムクーヘン型誘導加熱装置の概略説明図である。

【図12】押出し成形用の誘導加熱装置の概略説明図である。

【図13】実施の形態に係る加熱コイル電流の位相を調整する方法を説明する図である。

【図14】本発明に係る第3実施形態の概略説明図である。

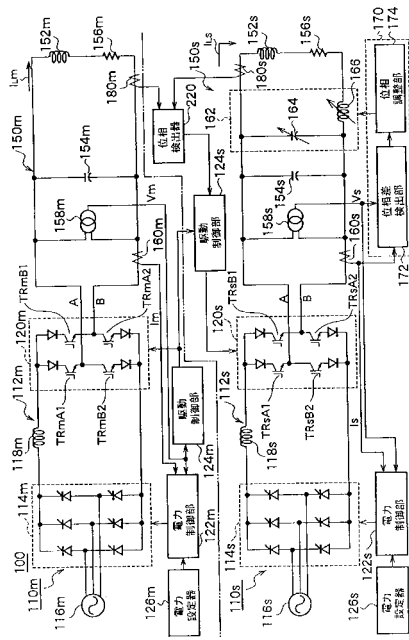
【図15】本発明に係る第4実施形態の概略説明図である。

【図16】本発明に係る第5実施形態の説明図である。

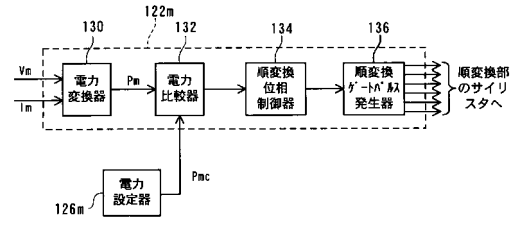
【図17】並列共振型インバータの基本回路図である。

【図18】直列共振型インバータの基本回路図である。

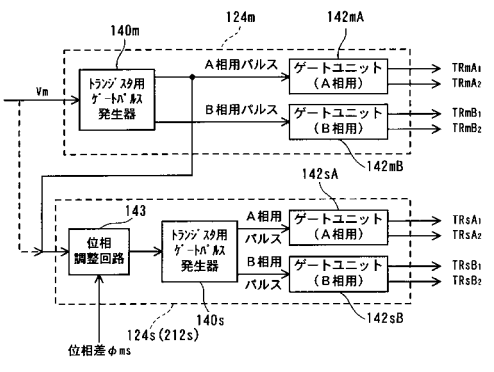
【図1】



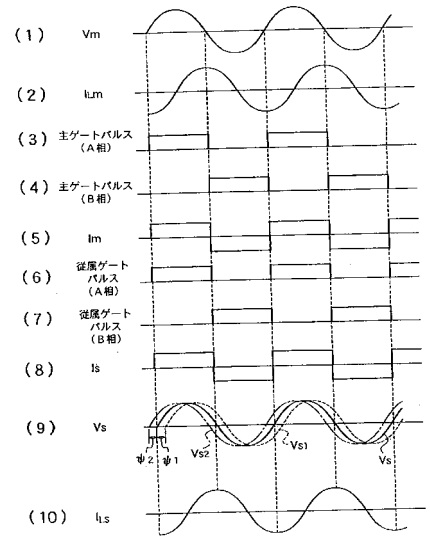
【図2】



【図3】

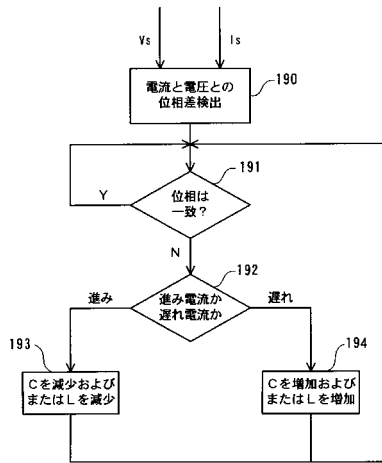


【図4】

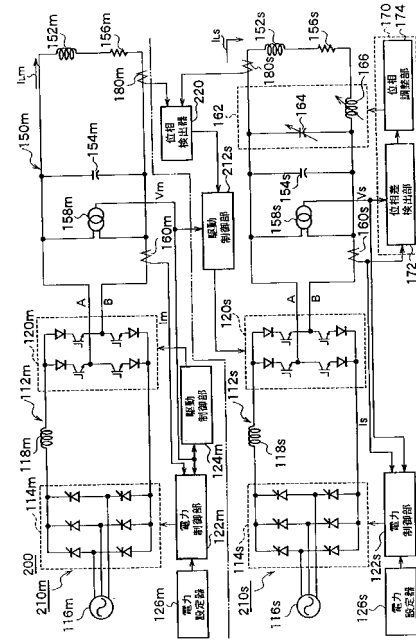




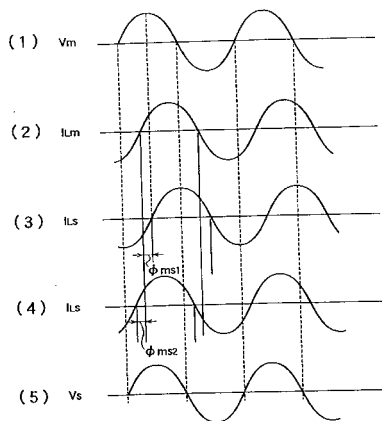
【 図 5 】



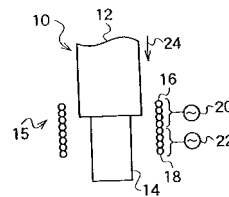
【 図 6 】



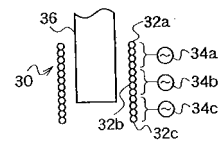
【 図 7 】



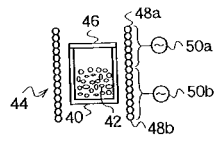
【 図 8 】



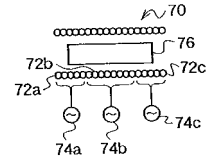
【 図 9 】



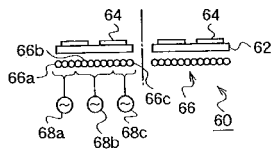
【 図 1 0 】



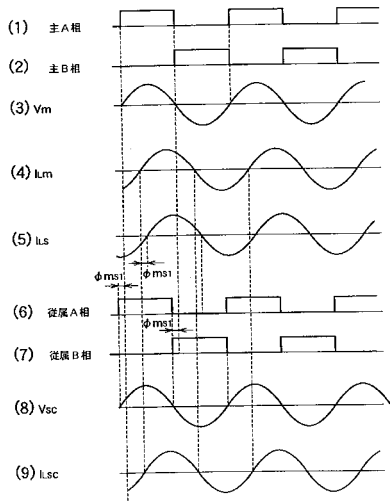
【 図 1 2 】



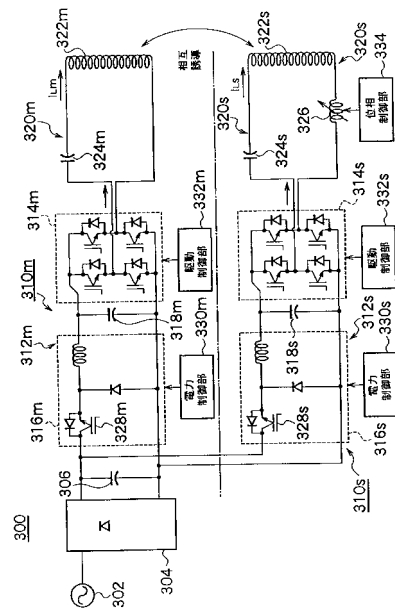
【 図 1 1 】



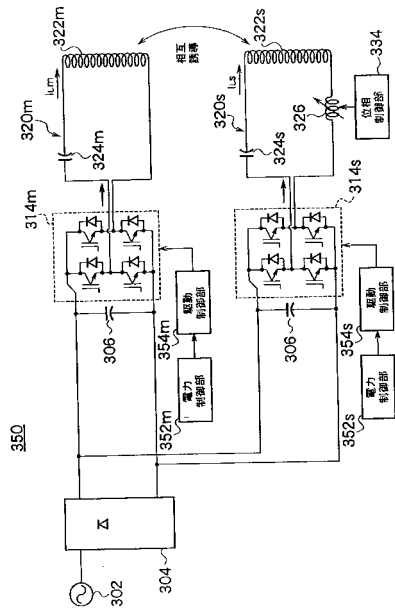
【 図 1 3 】



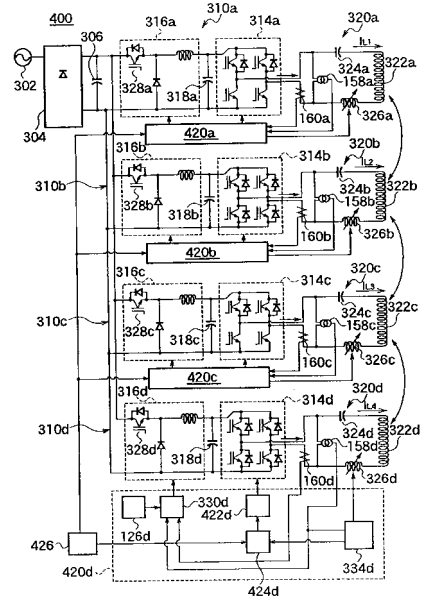
【 図 1 4 】



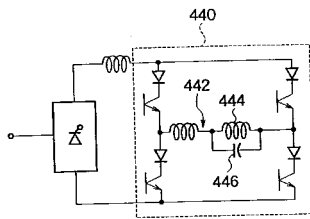
【 図 15 】



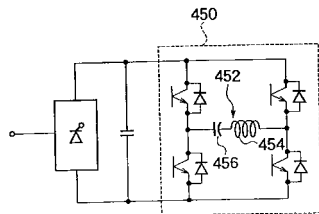
【 図 16 】



【 図 17 】



【 図 18 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 難波 秀之

岡山県玉野市玉3丁目1番1号 三井造船株式会社 玉野事業所内

(72)発明者 尾崎 一博

岡山県玉野市玉3丁目1番1号 三井造船株式会社 玉野事業所内

審査官 結城 健太郎

(56)参考文献 特開平02-010687(JP,A)

特開平07-135070(JP,A)

実開平03-079191(JP,U)

特開2001-035645(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H05B 6/06

H05B 6/04

H05B 6/44