

(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2017-200403

(P2017-200403A)

(43) 公開日 平成29年11月2日(2017.11.2)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
H02K 3/28 (2006.01)	H02K 3/28	5H603
H02K 15/06 (2006.01)	H02K 15/06	5H615

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 58 頁)

(21) 出願番号 特願2016-91649 (P2016-91649)
 (22) 出願日 平成28年4月28日 (2016. 4. 28)

(71) 出願人 000000011
 アイシン精機株式会社
 愛知県刈谷市朝日町2丁目1番地
 (74) 代理人 100089082
 弁理士 小林 脩
 (74) 代理人 100190333
 弁理士 木村 群司
 (74) 代理人 100130188
 弁理士 山本 喜一
 (72) 発明者 津田 哲平
 愛知県刈谷市朝日町2丁目1番地 アイシン精機株式会社内
 (72) 発明者 佐久間 昌史
 愛知県刈谷市朝日町2丁目1番地 アイシン精機株式会社内

最終頁に続く

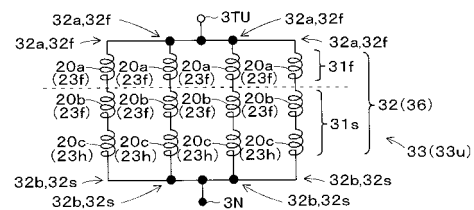
(54) 【発明の名称】 三相同期機およびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 同一スロット内に収容される異相コイル間の電位差を低減するとともに、コイルの巻数の選択範囲を広範化可能な三相同期機およびその製造方法を提供する。

【解決手段】 本発明の三相同期機によれば、三相の相コイル33の各々は、一つまたは複数のフルコイル(23f, 23f)と、一つまたは複数のハーフコイル(23h)とが電気的に直列接続されている毎極毎相スロット数の分母部と同じ数の可動子磁極に対して電磁気的に作用する相単位コイル(36)を磁極周期数(可動子の可動子磁極数を毎極毎相スロット数の分母部で除した数)備える。磁極周期数の相単位コイル(36)は、電気的に並列接続されており、磁極周期数の相単位コイル(36)の各々は、一つまたは複数のハーフコイル(23h)が、一つまたは複数のフルコイル(23f, 23f)に対して中性点(3N)側に設けられている。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数のスロットが形成されている固定子鉄心と、

前記複数のスロットのうちの一対のスロット間で巻装されており前記一対のスロットに収容される一対のコイルサイドと前記一対のコイルサイドと一体に形成され前記一対のコイルサイドの同一側端部をそれぞれ接続する一対のコイルエンドとを有する単位コイルを複数含み、前記複数の単位コイルによって Y 結線された三相の相コイルが構成されている固定子コイルと、
を備える固定子と、

前記固定子に対して移動可能に支持されている可動子鉄心と、

前記可動子鉄心に設けられている複数組の一対の可動子磁極と、
を備える可動子と、
を具備する三相同期機であって、

前記固定子コイルに含まれる前記複数の単位コイルは、前記複数のスロットの占有状態に関して、一の前記単位コイルの前記一対のコイルサイドが前記一対のスロットに収容されたときに当該一対のコイルサイドが当該一対のスロットの全体を占有するフルコイルと、

一の前記単位コイルの前記一対のコイルサイドが前記一対のスロットに収容されたときに当該一対のコイルサイドのうち一方のコイルサイドが当該一対のスロットのうち一方のスロットの半分を占有し当該一対のコイルサイドのうち他方のコイルサイドが当該一対のスロットのうち他方のスロットの半分を占有するハーフコイルと、
の二種類の前記単位コイルを備え、

毎極毎相スロット数を帯分数で表したときの整数部分を整数部、前記帯分数の真分数部分を既約分数で表したときの分子部分を分子部、分母部分を分母部（但し、前記整数部および前記分子部は、いずれも正の整数であり、前記分母部は、2 以上の整数、かつ、3 の倍数でない）とし、前記可動子の可動子磁極数を前記分母部で除した数を磁極周期数とするとき、

前記三相の相コイルの各々は、一つまたは複数の前記フルコイルと、一つまたは複数の前記ハーフコイルとが電氣的に直列接続されている前記毎極毎相スロット数の前記分母部と同じ数の可動子磁極に対して電磁氣的に作用する相単位コイルを前記磁極周期数備え、

前記磁極周期数の前記相単位コイルは、電氣的に並列接続されており、前記磁極周期数の前記相単位コイルの各々は、前記一つまたは複数のハーフコイルが、前記一つまたは複数のフルコイルに対して中性点側に設けられている三相同期機。

【請求項 2】

前記固定子コイルに含まれる前記複数の単位コイルは、一つの前記単位コイルまたは前記一対のコイルサイド間のコイルピッチが異なる複数の前記単位コイルを備え、前記一つまたは複数の単位コイルが同心状に巻装され電氣的に直列接続されている第一極コイルと、

一つの前記単位コイルまたは前記一対のコイルサイド間のコイルピッチが異なる複数の前記単位コイルを備え、前記一つまたは複数の単位コイルが同心状に巻装され電氣的に直列接続されており、前記第一極コイルが前記一対の可動子磁極のうち一方の極性の可動子磁極に対向するときに当該一対の可動子磁極のうち他方の極性の可動子磁極に対向する第二極コイルと、

に、前記一対の可動子磁極に対向するスロット単位で振り分けられており、

各前記相単位コイルは、前記固定子に対する前記可動子の移動方向である第一方向に隣接する前記第一極コイルおよび前記第二極コイルが電氣的に直列接続されている一つまたは複数の極対コイルである請求項 1 に記載の三相同期機。

【請求項 3】

前記スロットの深さ方向を第二方向とし、前記第二方向のうちのスロット開口部側からスロット底部側に向かう方向を第二方向スロット底部側とするとき、

各前記極対コイルを構成する前記複数の単位コイルの各巻進行方向は、いずれも前記第二方向スロット底部側である請求項 2 に記載の三相同期機。

【請求項 4】

前記毎極毎相スロット数の前記整数部は、2 以上であり、かつ、前記毎極毎相スロット数の前記分母部は、2 であり、

各前記極対コイルは、前記第二極コイルに一つの前記ハーフコイルを備え、

各前記極対コイルは、前記第一極コイルを構成する一の前記単位コイルの一の前記コイルサイドから引き出され相端子と接続される第一コイル引出部と、前記第二極コイルを構成する一の前記単位コイルの一の前記コイルサイドから引き出され中性点と接続される第二コイル引出部とからなる一对のコイル引出部を備え、

10

前記三相の相コイルの各々は、各前記一对のコイル引出部を介して、前記磁極周期数の極対コイルが電氣的に並列接続されており、

前記第一方向のうちの前記第二コイル引出部側から前記第一コイル引出部側に向かう方向を第一方向第一コイル引出部側とするとき、

前記第一コイル引出部は、前記第一極コイルを構成する前記一つまたは複数の単位コイルのうちの前記一对のコイルサイド間のコイルピッチが最小の前記単位コイルの前記第一方向第一コイル引出部側の前記コイルサイドから引き出され、

前記第二コイル引出部は、前記第二極コイルを構成する前記複数の単位コイルのうちの前記一对のコイルサイド間のコイルピッチが最小の前記単位コイルであって前記一つのハーフコイルの前記第一方向第一コイル引出部側の前記コイルサイドから引き出されている請求項 3 に記載の三相同期機。

20

【請求項 5】

前記毎極毎相スロット数の前記整数部は、1 であり、かつ、前記毎極毎相スロット数の前記分母部は、2 であり、

各前記極対コイルは、前記第一極コイルに一つの前記ハーフコイルを備え、

各前記極対コイルは、前記第一極コイルを構成する一の前記単位コイルの一の前記コイルサイドから引き出され中性点と接続される第一コイル引出部と、前記第二極コイルを構成する一の前記単位コイルの一の前記コイルサイドから引き出され相端子と接続される第二コイル引出部とからなる一对のコイル引出部を備え、

前記三相の相コイルの各々は、各前記一对のコイル引出部を介して、前記磁極周期数の極対コイルが電氣的に並列接続されており、

30

前記第一方向のうちの前記第二コイル引出部側から前記第一コイル引出部側に向かう方向を第一方向第一コイル引出部側とするとき、

前記第一コイル引出部は、前記第一極コイルを構成する前記一つのハーフコイルの前記第一方向第一コイル引出部側の前記コイルサイドから引き出され、

前記第二コイル引出部は、前記第二極コイルを構成する一つの前記フルコイルの前記第一方向第一コイル引出部側の前記コイルサイドから引き出されている請求項 3 に記載の三相同期機。

【請求項 6】

前記一つのハーフコイルの前記一对のコイルサイドのうちの一方のコイルサイドであって前記スロット底部側に配設される前記コイルサイドが占有するスロットの半分に相当する部位を第一ハーフスロット部位とし、当該一对のコイルサイドのうちの他方のコイルサイドであって前記スロット開口部側に配設される前記コイルサイドが占有するスロットの半分に相当する部位を第二ハーフスロット部位とし、前記第一ハーフスロット部位および前記第二ハーフスロット部位の両方を備える前記一つのハーフコイルを両側占有ハーフコイルとし、

40

各前記極対コイルを構成する前記複数の単位コイル間をそれぞれ接続する各渡り線的一端側の端部であって前記スロット底部側に配設される端部を第一渡り線端部とし、当該渡り線他端側の端部であって前記スロット開口部側に配設される端部を第二渡り線端部とするとき、

50

前記両側占有ハーフコイルの前記第一ハーフスロット部位内の一点を始点とし前記第二ハーフスロット部位内の一点を終点とする第一ベクトルと、各前記渡り線の前記第一渡り線端部を始点とし前記第二渡り線端部を終点とする第二ベクトルとのなす角が、いずれも機械角 90° より小さい鋭角である請求項4または請求項5に記載の三相同期機。

【請求項7】

請求項6に記載の三相同期機の製造方法であって、

前記第一方向のうちの前記第一コイル引出部側から前記第二コイル引出部側に向かう方向を第一方向第二コイル引出部側とし、前記三相の相コイルを前記第一方向第二コイル引出部側に順に位相が遅れるように相順に配設するときに、

前記三相の相コイルのうちの一の前記相コイルを前記複数のスロットに装着する第一装着工程と、

前記三相の相コイルのうちの残りの一の前記相コイルであって前記第一装着工程で装着された前記相コイルと比べて、電気角 120° 分、位相が進む前記相コイルを、前記第一装着工程で装着された前記相コイルに対して、前記電気角 120° 分、前記第一方向第一コイル引出部側にずらして、前記複数のスロットに装着する第二進相装着工程と、

前記三相の相コイルのうちの残りの一の前記相コイルであって前記第二進相装着工程で装着された前記相コイルと比べて、前記電気角 120° 分、位相が進む前記相コイルを、前記第二進相装着工程で装着された前記相コイルに対して、前記電気角 120° 分、前記第一方向第一コイル引出部側にずらして、前記複数のスロットに装着する第三進相装着工程と、

を備える三相同期機の製造方法。

【請求項8】

前記固定子コイルに含まれる前記複数の単位コイルは、前記複数組の一对の可動子磁極のうちの同一極性の可動子磁極に対向するように、前記一对の可動子磁極に対向するスロット単位で集約されており、

各前記相単位コイルは、前記一对の可動子磁極に対向するスロット単位で集約された前記一对のコイルサイド間のコイルピッチが異なる複数の前記単位コイルが同心状に巻装され電氣的に直列接続されている一つまたは複数の極コイルである請求項1に記載の三相同期機。

【請求項9】

前記固定子に対する前記可動子の移動方向を第一方向とし、前記スロットの深さ方向を第二方向とし、前記第二方向のうちのスロット開口部側からスロット底部側に向かう方向を第二方向スロット底部側とするとき、

各前記極コイルを構成する前記複数の単位コイルの各巻進行方向は、いずれも前記第二方向スロット底部側である請求項8に記載の三相同期機。

【請求項10】

前記每極每相スロット数の前記分母部は、2であり、

各前記極コイルは、一つの前記ハーフコイルを備え、

各前記極コイルは、一の前記単位コイルの一の前記コイルサイドから引き出され相端子と接続される第一コイル引出部と、一の前記単位コイルの一の前記コイルサイドから引き出され中性点と接続される第二コイル引出部とからなる一对のコイル引出部を備え、

前記三相の相コイルの各々は、各前記一对のコイル引出部を介して、前記磁極周期数の極コイルが電氣的に並列接続されており、

前記第一方向のうちの前記第二コイル引出部側から前記第一コイル引出部側に向かう方向を第一方向第一コイル引出部側とし、前記第一方向のうちの前記第一コイル引出部側から前記第二コイル引出部側に向かう方向を第一方向第二コイル引出部側とするとき、

前記第一コイル引出部は、前記極コイルを構成する前記複数の単位コイルのうちの前記一对のコイルサイド間のコイルピッチが最大の前記単位コイルの前記第一方向第一コイル引出部側の前記コイルサイドから引き出され、

前記第二コイル引出部は、前記極コイルを構成する前記複数の単位コイルのうちの前記

一对のコイルサイド間のコイルピッチが最小の前記単位コイルであって前記一つのハーフコイルの前記第一方向第二コイル引出部側の前記コイルサイドから引き出されている請求項 9 に記載の三相同期機。

【請求項 11】

前記一つのハーフコイルの前記一对のコイルサイドのうちの一方のコイルサイドであって前記スロット底部側に配設される前記コイルサイドが占有するスロットの半分に相当する部位を第一ハーフスロット部位とし、当該一对のコイルサイドのうちの他方のコイルサイドであって前記スロット開口部側に配設される前記コイルサイドが占有するスロットの半分に相当する部位を第二ハーフスロット部位とし、前記第一ハーフスロット部位および前記第二ハーフスロット部位の両方を備える前記一つのハーフコイルを両側占有ハーフコイルとし、

10

各前記極コイルを構成する前記複数の単位コイル間をそれぞれ接続する各渡り線の一端側の端部であって前記スロット底部側に配設される端部を第一渡り線端部とし、当該渡り線他端側の端部であって前記スロット開口部側に配設される端部を第二渡り線端部とするとき、

前記両側占有ハーフコイルの前記第一ハーフスロット部位内の一点を始点とし前記第二ハーフスロット部位内の一点を終点とする第一ベクトルと、各前記渡り線の前記第一渡り線端部を始点とし前記第二渡り線端部を終点とする第二ベクトルとのなす角が、いずれも機械角 90° より小さい鋭角である請求項 10 に記載の三相同期機。

【請求項 12】

20

請求項 11 に記載の三相同期機の製造方法であって、

前記三相の相コイルを前記第一方向第二コイル引出部側に順に位相が遅れるように相順に配設するとき、

前記三相の相コイルのうちの一の前記相コイルを前記複数のスロットに装着する第一装着工程と、

前記三相の相コイルのうちの残りの一の前記相コイルであって前記第一装着工程で装着された前記相コイルと比べて、電気角 120° 分、位相が遅れる前記相コイルを、前記第一装着工程で装着された前記相コイルに対して、前記電気角 120° 分、前記第一方向第二コイル引出部側にずらして、前記複数のスロットに装着する第二遅相装着工程と、

前記三相の相コイルのうちの残りの一の前記相コイルであって前記第二遅相装着工程で装着された前記相コイルと比べて、前記電気角 120° 分、位相が遅れる前記相コイルを、前記第二遅相装着工程で装着された前記相コイルに対して、前記電気角 120° 分、前記第一方向第二コイル引出部側にずらして、前記複数のスロットに装着する第三遅相装着工程と、

30

を備える三相同期機の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、三相同期機およびその製造方法に関する。

40

【背景技術】

【0002】

三相同期機に係る発明の一例として、特許文献 1 および特許文献 2 に記載の発明が挙げられる。特許文献 1 に記載の不整数溝電機子巻線および特許文献 2 に記載の三相電機子巻線は、いずれも、2 以上の整数 A を用いて、毎極毎相の溝数（スロット数） q が $q = A + 1/2$ で表される。特許文献 1 に記載の不整数溝電機子巻線は、 A 個のコイルの一端を相の口出しとして、同一相の A 個のコイルが直列接続されている。また、同一相の一磁極対当たり一個のコイルは、直列接続されており、コイルの終端は、Y 結線の中性点とされている。 A 個のコイルが収容される溝（スロット）は、同一相のコイルが収容される。一方、同一相の一磁極対当たり一個のコイルは、異相のコイルと一緒に溝（スロット）に収容

50

される。

【0003】

特許文献2に記載の三相電機子巻線は、同一相のコイルがスロットに収容される第一のコイル群と、異相のコイルと一緒にスロットに収容される第二のコイル群とが交互に配置されている。特許文献2に記載の三相電機子巻線は、隣接する第一のコイル群が順次接続され、最終端に位置する第一相、第二相、第三相のそれぞれの第一のコイル群と、三つの第二のコイル群とがそれぞれ接続されている。これらにより、特許文献1および特許文献2に記載の発明は、同一スロット内に収容される異相コイル間の電位差を低減して、異相コイル間の絶縁処理を簡素化しようとしている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開昭59-035544号公報

【特許文献2】特開昭59-086445号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、特許文献1に記載の発明では、各相一磁極対当たり $A+1$ 個のコイルが直列接続されている。そのため、特許文献1に記載の発明は、コイルの巻数の選択自由度が狭く、用途が限定され易い。具体的には、異相のコイルと一緒にスロットに収容されるコイルの巻数を巻数 N とすると、直列接続される $A+1$ 個のコイルの巻数（合計）は、 $N \times (2 \times A + 1)$ で表すことができる。また、毎極毎相スロット数 q が $q = A + 1 / 2$ で表される三相同期機では、可動子磁極数を可動子磁極数 P とすると、電磁気的には、 $P / 2$ の周期性をもつ。そのため、特許文献1に記載の発明のように、 $P / 2$ 周期分のコイルを直列接続すると、一相分のコイルの直列巻数は、 $(2 \times A + 1) \times P / 2$ の整数倍である必要がある。

【0006】

例えば、6極45スロット構成の三相同期機を想定する。この場合、 A は2であり、直列接続される3個のコイルの巻数は、5の整数倍である必要がある。また、 $3 (= 6 / 2)$ 周期分のコイルを直列接続すると、一相分のコイルの直列巻数は、 $15 (= 5 \times 3)$ の整数倍である必要がある。特許文献1に記載の発明について上述したことは、特許文献2に記載の発明についても同様に言える。

【0007】

本発明は、このような事情に鑑みて為されたものであり、同一スロット内に収容される異相コイル間の電位差を低減するとともに、コイルの巻数の選択範囲を広範化可能な三相同期機およびその製造方法を提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明に係る三相同期機は、複数のスロットが形成されている固定子鉄心と、前記複数のスロットのうちの一対のスロット間で巻装されており前記一対のスロットに収容される一対のコイルサイドと前記一対のコイルサイドと一体に形成され前記一対のコイルサイドの同一側端部をそれぞれ接続する一対のコイルエンドとを有する単位コイルを複数含み、前記複数の単位コイルによってY結線された三相の相コイルが構成されている固定子コイルと、を備える固定子と、前記固定子に対して移動可能に支持されている可動子鉄心と、前記可動子鉄心に設けられている複数組の一対の可動子磁極と、を備える可動子と、を具備する三相同期機であって、前記固定子コイルに含まれる前記複数の単位コイルは、前記複数のスロットの占有状態に関して、一の前記単位コイルの前記一対のコイルサイドが前記一対のスロットに収容されたときに当該一対のコイルサイドが当該一対のスロットの全体を占有するフルコイルと、一の前記単位コイルの前記一対のコイルサイドが前記一対のスロットに収容されたときに当該一対のコイルサイドのうちの一方のコイルサイドが当該

一対のスロットのうちの一方のスロットの半分を占有し当該一対のコイルサイドのうちの他方のコイルサイドが当該一対のスロットのうちの他方のスロットの半分を占有するハーフコイルと、の二種類の前記単位コイルを備え、毎極毎相スロット数を帯分数で表したときの整数部分を整数部、前記帯分数の真分数部分を既約分数で表したときの分子部分を分子部、分母部分を分母部（但し、前記整数部および前記分子部は、いずれも正の整数であり、前記分母部は、2以上の整数、かつ、3の倍数でない）とし、前記可動子の可動子磁極数を前記分母部で除した数を磁極周期数とするとき、前記三相の相コイルの各々は、一つまたは複数の前記フルコイルと、一つまたは複数の前記ハーフコイルとが電氣的に直列接続されている前記毎極毎相スロット数の前記分母部と同じ数の可動子磁極に対して電磁氣的に作用する相単位コイルを前記磁極周期数備え、前記磁極周期数の前記相単位コイルは、電氣的に並列接続されており、前記磁極周期数の前記相単位コイルの各々は、前記一つまたは複数のハーフコイルが、前記一つまたは複数のフルコイルに対して中性点側に設けられている。

10

【発明の効果】

【0009】

本発明に係る三相同期機によれば、磁極周期数の相単位コイルの各々は、一つまたは複数のハーフコイルが、一つまたは複数のフルコイルに対して中性点側に設けられている。そのため、本発明に係る三相同期機は、同一スロット内に収容されるハーフコイル（異相コイル）間の電位差を低減することができる。また、磁極周期数の相単位コイルは、電氣的に並列接続されている。そのため、本発明に係る三相同期機は、磁極周期数の相単位コイルが電氣的に直列接続されて相コイルが構成される場合と比べて、コイルの巻数の選択範囲が広範化され、コイルの巻数の選択自由度が高まる。例えば、上述した6極45スロット構成の三相同期機では、直列接続される3個のコイルの巻数は、5の整数倍であれば良い。このように、本発明に係る三相同期機は、同一スロット内に収容されるハーフコイル（異相コイル）間の電位差の低減と、コイルの巻数の選択範囲の広範化との両立を図ることができる。

20

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】第一実施形態に係り、第三方向（矢印Z方向）に垂直な平面で、三相同期機100を切断した端面の一部を示す切断部端面図である。

30

【図2】第一実施形態に係り、第二方向（矢印Y方向）のうちのスロット開口部11b側から見た極対コイル32の構成例を模式的に示す図である。

【図3】第一実施形態に係り、U相コイル33uの構成例を模式的に示す図である。

【図4】第一実施形態に係り、三相の相コイル33（U相コイル33u、V相コイル33vおよびW相コイル33w）の構成例を模式的に示す図である。

【図5A】第一実施形態に係り、第二方向（矢印Y方向）のうちのスロット開口部11b側から見たU相コイル33uの結線の一例を示す結線図である。

【図5B】第一実施形態に係り、第三方向（矢印Z方向）のうちの一对のコイル引出部32f、32s側から見た図5Aに示すU相コイル33uが複数のスロット11に装着された状態を模式的に示す図である。

40

【図6A】第一実施形態に係り、第二方向（矢印Y方向）のうちのスロット開口部11b側から見た三相の相コイル33（U相コイル33u、V相コイル33vおよびW相コイル33w）の結線の一例を示す結線図である。

【図6B】第一実施形態に係り、第三方向（矢印Z方向）のうちの一对のコイル引出部32f、32s側から見た図6Aに示す三相の相コイル33（U相コイル33u、V相コイル33vおよびW相コイル33w）が複数のスロット11に装着された状態を模式的に示す図である。

【図7】第一実施形態に係り、ハーフコイル23h間の電位差を模式的に示す図である。

【図8】第一実施形態に係り、三相の相コイル33（U相コイル33u、V相コイル33vおよびW相コイル33w）のうちの一の相コイル33が、コイル挿入機3Iによって、

50

複数のスロット 1 1 に装着される様子を模式的に示す図である。

【図 9】第一実施形態に係り、第三方向（矢印 Z 方向）のうちの一对のコイル引出部 3 2 f, 3 2 s 側から見た図 2 に示す極対コイル 3 2 が複数（6 つ）のスロット 1 1 に装着された状態を模式的に示す図である。

【図 10 A】第一実施形態に係り、第三方向（矢印 Z 方向）のうちの一对のコイル引出部 3 2 f, 3 2 s 側から見た U 相コイル 3 3 u が複数のスロット 1 1 に装着された状態を模式的に示す図である。

【図 10 B】第一実施形態に係り、第三方向（矢印 Z 方向）のうちの一对のコイル引出部 3 2 f, 3 2 s 側から見た W 相コイル 3 3 w が複数のスロット 1 1 に装着された状態を模式的に示す図である。

【図 10 C】第一実施形態に係り、第三方向（矢印 Z 方向）のうちの一对のコイル引出部 3 2 f, 3 2 s 側から見た V 相コイル 3 3 v が複数のスロット 1 1 に装着された状態を模式的に示す図である。

【図 10 D】第一実施形態に係り、第三方向（矢印 Z 方向）のうちの一对のコイル引出部 3 2 f, 3 2 s 側から見た三相の相コイル 3 3（U 相コイル 3 3 u、V 相コイル 3 3 v および W 相コイル 3 3 w）の各ハーフコイル 2 3 h が複数のスロット 1 1 に装着された状態を模式的に示す図である。

【図 10 E】第一実施形態に係り、第一ベクトル 3 5 a と、第二ベクトル 3 5 b, 3 5 b とのなす角 $\phi a 1$, $\phi a 2$ を模式的に示す図である。

【図 11 A】比較形態に係り、第三方向（矢印 Z 方向）のうちの一对のコイル引出部 3 2 f, 3 2 s 側から見た U 相コイル 3 3 u が複数のスロット 1 1 に装着された状態を模式的に示す図である。

【図 11 B】比較形態に係り、第三方向（矢印 Z 方向）のうちの一对のコイル引出部 3 2 f, 3 2 s 側から見た V 相コイル 3 3 v が複数のスロット 1 1 に装着された状態を模式的に示す図である。

【図 11 C】比較形態に係り、第三方向（矢印 Z 方向）のうちの一对のコイル引出部 3 2 f, 3 2 s 側から見た W 相コイル 3 3 w が複数のスロット 1 1 に装着された状態を模式的に示す図である。

【図 11 D】比較形態に係り、第三方向（矢印 Z 方向）のうちの一对のコイル引出部 3 2 f, 3 2 s 側から見た三相の相コイル 3 3（U 相コイル 3 3 u、V 相コイル 3 3 v および W 相コイル 3 3 w）の各ハーフコイル 2 3 h が複数のスロット 1 1 に装着された状態を模式的に示す図である。

【図 11 E】比較形態に係り、第一ベクトル 3 5 a と、第二ベクトル 3 5 b, 3 5 b とのなす角 $\phi b 1$, $\phi b 2$ を模式的に示す図である。

【図 12】第二実施形態に係り、第二方向（矢印 Y 方向）のうちのスロット開口部 1 1 b 側から見た極対コイル 3 2 の構成例を模式的に示す図である。

【図 13】第二実施形態に係り、第三方向（矢印 Z 方向）のうちの一对のコイル引出部 3 2 f, 3 2 s 側から見た図 12 に示す極対コイル 3 2 が複数（4 つ）のスロット 1 1 に装着された状態の一例を模式的に示す図である。

【図 14 A】第二実施形態に係り、第三方向（矢印 Z 方向）のうちの一对のコイル引出部 3 2 f, 3 2 s 側から見た U 相コイル 3 3 u が複数のスロット 1 1 に装着された状態を模式的に示す図である。

【図 14 B】第二実施形態に係り、第三方向（矢印 Z 方向）のうちの一对のコイル引出部 3 2 f, 3 2 s 側から見た W 相コイル 3 3 w が複数のスロット 1 1 に装着された状態を模式的に示す図である。

【図 14 C】第二実施形態に係り、第三方向（矢印 Z 方向）のうちの一对のコイル引出部 3 2 f, 3 2 s 側から見た V 相コイル 3 3 v が複数のスロット 1 1 に装着された状態を模式的に示す図である。

【図 14 D】第二実施形態に係り、第三方向（矢印 Z 方向）のうちの一对のコイル引出部 3 2 f, 3 2 s 側から見た三相の相コイル 3 3（U 相コイル 3 3 u、V 相コイル 3 3 v お

10

20

30

40

50

よびW相コイル33w)の各ハーフコイル23hが複数のスロット11に装着された状態を模式的に示す図である。

【図14E】第二実施形態に係り、第一ベクトル35aと、第二ベクトル35bとのなす角 $\phi a1$ を模式的に示す図である。

【図15A】比較形態に係り、第三方向(矢印Z方向)のうちの一对のコイル引出部32f, 32s側から見たU相コイル33uが複数のスロット11に装着された状態を模式的に示す図である。

【図15B】比較形態に係り、第三方向(矢印Z方向)のうちの一对のコイル引出部32f, 32s側から見たV相コイル33vが複数のスロット11に装着された状態を模式的に示す図である。

【図15C】比較形態に係り、第三方向(矢印Z方向)のうちの一对のコイル引出部32f, 32s側から見たW相コイル33wが複数のスロット11に装着された状態を模式的に示す図である。

【図15D】比較形態に係り、第三方向(矢印Z方向)のうちの一对のコイル引出部32f, 32s側から見た三相の相コイル33(U相コイル33u、V相コイル33vおよびW相コイル33w)の各ハーフコイル23hが複数のスロット11に装着された状態を模式的に示す図である。

【図15E】比較形態に係り、第一ベクトル35aと、第二ベクトル35bとのなす角 $\phi b1$ を模式的に示す図である。

【図16】第三実施形態に係り、第二方向(矢印Y方向)のうちのスロット開口部11b側から見た極コイル31の構成例を模式的に示す図である。

【図17A】第三実施形態に係り、第二方向(矢印Y方向)のうちのスロット開口部11b側から見たU相コイル33uの結線の一例を示す結線図である。

【図17B】第三実施形態に係り、第三方向(矢印Z方向)のうちの一对のコイル引出部32f, 32s側から見た図17Aに示すU相コイル33uが複数のスロット11に装着された状態を模式的に示す図である。

【図18A】第三実施形態に係り、第二方向(矢印Y方向)のうちのスロット開口部11b側から見た三相の相コイル33(U相コイル33u、V相コイル33vおよびW相コイル33w)の結線の一例を示す結線図である。

【図18B】第三実施形態に係り、第三方向(矢印Z方向)のうちの一对のコイル引出部32f, 32s側から見た図18Aに示す三相の相コイル33(U相コイル33u、V相コイル33vおよびW相コイル33w)が複数のスロット11に装着された状態を模式的に示す図である。

【図19】第三実施形態に係り、第三方向(矢印Z方向)のうちの一对のコイル引出部32f, 32s側から見た図16に示す極コイル31が複数(6つ)のスロット11に装着された状態を模式的に示す図である。

【図20A】第三実施形態に係り、第三方向(矢印Z方向)のうちの一对のコイル引出部32f, 32s側から見たU相コイル33uが複数のスロット11に装着された状態を模式的に示す図である。

【図20B】第三実施形態に係り、第三方向(矢印Z方向)のうちの一对のコイル引出部32f, 32s側から見たV相コイル33vが複数のスロット11に装着された状態を模式的に示す図である。

【図20C】第三実施形態に係り、第三方向(矢印Z方向)のうちの一对のコイル引出部32f, 32s側から見たW相コイル33wが複数のスロット11に装着された状態を模式的に示す図である。

【図20D】第三実施形態に係り、第三方向(矢印Z方向)のうちの一对のコイル引出部32f, 32s側から見た三相の相コイル33(U相コイル33u、V相コイル33vおよびW相コイル33w)の各ハーフコイル23hが複数のスロット11に装着された状態を模式的に示す図である。

【図20E】第三実施形態に係り、第一ベクトル35aと、第二ベクトル35b, 35b

10

20

30

40

50

とのなす角 $\phi a 1$, $\phi a 2$ を模式的に示す図である。

【図 2 1 A】比較形態に係り、第三方向（矢印 Z 方向）のうちの一对のコイル引出部 3 2 f, 3 2 s 側から見た U 相コイル 3 3 u が複数のスロット 1 1 に装着された状態を模式的に示す図である。

【図 2 1 B】比較形態に係り、第三方向（矢印 Z 方向）のうちの一对のコイル引出部 3 2 f, 3 2 s 側から見た W 相コイル 3 3 w が複数のスロット 1 1 に装着された状態を模式的に示す図である。

【図 2 1 C】比較形態に係り、第三方向（矢印 Z 方向）のうちの一对のコイル引出部 3 2 f, 3 2 s 側から見た V 相コイル 3 3 v が複数のスロット 1 1 に装着された状態を模式的に示す図である。

10

【図 2 1 D】比較形態に係り、第三方向（矢印 Z 方向）のうちの一对のコイル引出部 3 2 f, 3 2 s 側から見た三相の相コイル 3 3（U 相コイル 3 3 u、V 相コイル 3 3 v および W 相コイル 3 3 w）の各ハーフコイル 2 3 h が複数のスロット 1 1 に装着された状態を模式的に示す図である。

【図 2 1 E】比較形態に係り、第一ベクトル 3 5 a と、第二ベクトル 3 5 b, 3 5 b とのなす角 $\phi b 1$, $\phi b 2$ を模式的に示す図である。

【図 2 2】第四実施形態に係り、第二方向（矢印 Y 方向）のうちのスロット開口部 1 1 b 側から見た極コイル 3 1 の構成例を模式的に示す図である。

【図 2 3】第四実施形態に係り、第三方向（矢印 Z 方向）のうちの一对のコイル引出部 3 2 f, 3 2 s 側から見た図 2 2 に示す極コイル 3 1 が複数（4 つ）のスロット 1 1 に装着された状態の一例を模式的に示す図である。

20

【図 2 4 A】第四実施形態に係り、第三方向（矢印 Z 方向）のうちの一对のコイル引出部 3 2 f, 3 2 s 側から見た U 相コイル 3 3 u が複数のスロット 1 1 に装着された状態を模式的に示す図である。

【図 2 4 B】第四実施形態に係り、第三方向（矢印 Z 方向）のうちの一对のコイル引出部 3 2 f, 3 2 s 側から見た V 相コイル 3 3 v が複数のスロット 1 1 に装着された状態を模式的に示す図である。

【図 2 4 C】第四実施形態に係り、第三方向（矢印 Z 方向）のうちの一对のコイル引出部 3 2 f, 3 2 s 側から見た W 相コイル 3 3 w が複数のスロット 1 1 に装着された状態を模式的に示す図である。

30

【図 2 4 D】第四実施形態に係り、第三方向（矢印 Z 方向）のうちの一对のコイル引出部 3 2 f, 3 2 s 側から見た三相の相コイル 3 3（U 相コイル 3 3 u、V 相コイル 3 3 v および W 相コイル 3 3 w）の各ハーフコイル 2 3 h が複数のスロット 1 1 に装着された状態を模式的に示す図である。

【図 2 4 E】第四実施形態に係り、第一ベクトル 3 5 a と、第二ベクトル 3 5 b とのなす角 $\phi a 1$ を模式的に示す図である。

【図 2 5 A】比較形態に係り、第三方向（矢印 Z 方向）のうちの一对のコイル引出部 3 2 f, 3 2 s 側から見た U 相コイル 3 3 u が複数のスロット 1 1 に装着された状態を模式的に示す図である。

【図 2 5 B】比較形態に係り、第三方向（矢印 Z 方向）のうちの一对のコイル引出部 3 2 f, 3 2 s 側から見た W 相コイル 3 3 w が複数のスロット 1 1 に装着された状態を模式的に示す図である。

40

【図 2 5 C】比較形態に係り、第三方向（矢印 Z 方向）のうちの一对のコイル引出部 3 2 f, 3 2 s 側から見た V 相コイル 3 3 v が複数のスロット 1 1 に装着された状態を模式的に示す図である。

【図 2 5 D】比較形態に係り、第三方向（矢印 Z 方向）のうちの一对のコイル引出部 3 2 f, 3 2 s 側から見た三相の相コイル 3 3（U 相コイル 3 3 u、V 相コイル 3 3 v および W 相コイル 3 3 w）の各ハーフコイル 2 3 h が複数のスロット 1 1 に装着された状態を模式的に示す図である。

【図 2 5 E】比較形態に係り、第一ベクトル 3 5 a と、第二ベクトル 3 5 b とのなす角 ϕ

50

b 1 を模式的に示す図である。

【図 2 6】変形形態に係り、第二方向（矢印 Y 方向）のうちのスロット開口部 1 1 b 側から見た相単位コイル 3 6 の構成例を模式的に示す図である。

【図 2 7】他の変形形態に係り、第二方向（矢印 Y 方向）のうちのスロット開口部 1 1 b 側から見た相単位コイル 3 6 の構成例を模式的に示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0 0 1 1】

以下、本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。なお、図面は、各実施形態について、共通する箇所には共通の符号が付されており、本明細書では、重複する説明が省略されている。また、一の実施形態で既述されていることは、他の実施形態についても適宜適用することができる。なお、図面は、概念図であり、細部構造の寸法まで規定するものではない。

【0 0 1 2】

＜第一実施形態＞

（三相同期機 1 0 0 の概要）

図 1 に示すように、本実施形態の三相同期機 1 0 0 は、固定子 4 0 と可動子 7 0 とを具備している。固定子 4 0 は、複数のスロット 1 1 が形成されている固定子鉄心 1 0 と、複数の単位コイル 2 0 を含む固定子コイル 3 0 とを備えている。可動子 7 0 は、固定子 4 0 に対して移動可能に支持されている可動子鉄心 5 0 と、可動子鉄心 5 0 に設けられている複数組の一对の可動子磁極 6 1, 6 2 とを備えている。

【0 0 1 3】

本実施形態では、固定子鉄心 1 0 には、6 0 個のスロット 1 1 が形成されており、固定子コイル 3 0 は、三相の各相 1 2 個、合計 3 6 個の単位コイル 2 0 を含んでいる。また、本実施形態では、可動子鉄心 5 0 は、四組の一对の可動子磁極 6 1, 6 2 を備えている。このように、本実施形態の三相同期機 1 0 0 は、8 極 6 0 スロット構成の三相同期機（可動子 7 0 の可動子磁極数が 2 極、固定子 4 0 のスロット数が 1 5 スロットを基本構成とする三相同期機）であり、毎極毎相スロット数は 2. 5 である。また、本実施形態の三相同期機 1 0 0 は、固定子 4 0 および可動子 7 0 が同軸に配設されるラジアル空隙型の円筒状回転電機である。さらに、可動子 7 0 は、固定子 4 0 の内方（三相同期機 1 0 0 の軸心側）に設けられている。

【0 0 1 4】

ここで、固定子 4 0 に対する可動子 7 0 の移動方向を第一方向（矢印 X 方向）とする。また、スロット 1 1 の深さ方向を第二方向（矢印 Y 方向）とする。さらに、第一方向（矢印 X 方向）および第二方向（矢印 Y 方向）のいずれの方向に対しても直交する方向を第三方向（矢印 Z 方向）とする。円筒状回転電機では、第一方向（矢印 X 方向）は、三相同期機 1 0 0 の周方向に沿った方向に相当し、可動子 7 0 の回転方向に相当する。第二方向（矢印 Y 方向）は、三相同期機 1 0 0 の径方向に沿った方向に相当し、第三方向（矢印 Z 方向）は、三相同期機 1 0 0 の軸線方向に沿った方向に相当する。

【0 0 1 5】

固定子鉄心 1 0 は、薄板状の電磁鋼板（例えば、ケイ素鋼板）が第三方向（矢印 Z 方向）に、複数積層されて形成されている。固定子鉄心 1 0 は、バックヨーク部 1 0 a と、バックヨーク部 1 0 a と一体に形成される複数（本実施形態では、6 0 個）の固定子磁極部 1 0 b とを備えている。バックヨーク部 1 0 a は、第一方向（矢印 X 方向）に沿って形成されており、各固定子磁極部 1 0 b は、バックヨーク部 1 0 a から第二方向（矢印 Y 方向）（本実施形態では、三相同期機 1 0 0 の軸心方向側）に突出するように形成されている。

【0 0 1 6】

第一方向（矢印 X 方向）に隣接する固定子磁極部 1 0 b, 1 0 b の間には、スロット 1 1 が形成されており、固定子鉄心 1 0 には、複数（6 0 個）のスロット 1 1 が形成されている。複数（6 0 個）のスロット 1 1 のうちの一对のスロット 1 1, 1 1 には、単位コイ

ル 20 が巻装されている。後述するように、複数（三相の各相 12 個、合計 36 個）の単位コイル 20 の各々が巻装される一対のスロット 11, 11 の組み合わせは、それぞれ異なっている。なお、各固定子磁極部 10b の先端部 10c は、第一方向（矢印 X 方向）に幅広に形成されている。

【0017】

図 1 に示すように、第二方向（矢印 Y 方向）のうちのスロット開口部 11b 側からスロット底部 11a 側に向かう方向を第二方向スロット底部側（矢印 Y1 方向）とする。また、第二方向（矢印 Y 方向）のうちのスロット底部 11a 側からスロット開口部 11b 側に向かう方向を第二方向スロット開口部側（矢印 Y2 方向）とする。さらに、スロット 11 のうち、固定子コイル 30 が装着される部位のスロット面積を第二方向（矢印 Y 方向）に略二等分するように、第一方向（矢印 X 方向）に沿って延びる部位をスロット中央部 11c とする。

10

【0018】

可動子鉄心 50 は、薄板状の電磁鋼板（例えば、ケイ素鋼板）が第三方向（矢印 Z 方向）に、複数積層されて円柱状に形成されている。可動子鉄心 50 には、シャフト（図示略）が設けられており、シャフトは、可動子鉄心 50 の軸心を第三方向（矢印 Z 方向）に貫通している。シャフトの第三方向（矢印 Z 方向）両端部は、軸受部材（図示略）によって、回転可能に支持されている。これにより、可動子鉄心 50 は、固定子 40 に対して移動可能（回転可能）になっている。

20

【0019】

可動子鉄心 50 には、複数組（四組）の一対の可動子磁極 61, 62 が埋設されている。具体的には、可動子鉄心 50 には、第一方向（矢印 X 方向）に等間隔で、複数の磁石収容部（図示略）が設けられている。複数の磁石収容部には、所定磁極対分（本実施形態では四磁極対分）の永久磁石が埋設されている。本実施形態では、可動子 70 は、複数の永久磁石と、固定子 40 に発生する回転磁界とによって、固定子 40 に対して移動可能（回転可能）になっている。

30

【0020】

永久磁石は、例えば、公知のフェライト系磁石や希土類系磁石を用いることができる。また、永久磁石の製法は、限定されない。永久磁石は、例えば、樹脂ボンド磁石や焼結磁石を用いることができる。樹脂ボンド磁石は、例えば、フェライト系の原料磁石粉末と樹脂などを混合して、射出成形などによって可動子鉄心 50 に鑄込み形成しても良い。焼結磁石は、例えば、希土類系の原料磁石粉末を磁界中で加圧成形して、高温で焼き固めて形成される。なお、一対の可動子磁極 61, 62 は、各固定子磁極部 10b の先端部 10c と対向する可動子鉄心 50 の表面（外周表面）に永久磁石を設ける表面磁石形とすることもできる。また、本明細書では、一対の可動子磁極 61, 62 のうち、一方の極性（例えば、N 極）を備える可動子磁極を可動子磁極 61 で示し、他方の極性（例えば、S 極）を備える可動子磁極を可動子磁極 62 で示している。

【0021】

固定子コイル 30 は、複数（三相の各相 12 個、合計 36 個）の単位コイル 20 を含んでいる。各単位コイル 20 は、銅などの導体（コイル）が巻き回されて形成されており、導体表面がエナメルなどの絶縁層で被覆されている。各単位コイル 20 の断面形状は、限定されるものではなく、任意の断面形状とすることができる。例えば、各単位コイル 20 は、断面円形状の丸線、断面多角形状の角線などの種々の断面形状の導体（コイル）を用いることができる。また、各単位コイル 20 は、複数のより細いコイル素線を組み合わせた並列細線を用いることもできる。並列細線を用いる場合、単線の場合と比べて各単位コイル 20 に発生する渦電流損が低減され、三相同期機 100 の効率が向上する。また、コイル成形に要する力を低減することができるので、コイルの成形性が向上してコイル製作が容易になる。

40

【0022】

図 2 に示すように、各単位コイル 20 は、一対のコイルサイド 21, 21 と、一対のコ

50

イルエンド 2 2, 2 2 とを有している。各単位コイル 2 0 は、複数 (6 0 個) のスロット 1 1 のうちの一对のスロット 1 1, 1 1 間で巻装されており、一对のコイルサイド 2 1, 2 1 と、一对のコイルエンド 2 2, 2 2 とは、一体に形成されている。一对のコイルサイド 2 1, 2 1 は、単位コイル 2 0 のうちの一对のスロット 1 1, 1 1 に収容される部位をいう。また、一对のコイルエンド 2 2, 2 2 は、単位コイル 2 0 のうちの当該一对のコイルサイド 2 1, 2 1 の同一側端部をそれぞれ接続する部位をいう。なお、同図では、3 つの単位コイル 2 0 が図示されており、一对の可動子磁極 6 1, 6 2 が併せて図示されている。

【0023】

本実施形態では、固定子コイル 3 0 に含まれる複数 (三相の各相 1 2 個、合計 3 6 個) の単位コイル 2 0 は、一对の可動子磁極 6 1, 6 2 に対向するスロット単位で、第一極コイル 3 1 f と第二極コイル 3 1 s とに振り分けられている。本実施形態の三相同期機 1 0 0 は、8 極 6 0 スロット構成の三相同期機であるので、1 5 スロット単位で、複数 (三相の各相 1 2 個、合計 3 6 個) の単位コイル 2 0 が第一極コイル 3 1 f と第二極コイル 3 1 s とに振り分けられている。

【0024】

具体的には、第一極コイル 3 1 f は、一つの単位コイル 2 0 を備えており、当該単位コイル 2 0 を第一単位コイル 2 0 a とする。第一単位コイル 2 0 a の一对のコイルサイド 2 1, 2 1 間のコイルピッチ C P 1 は、6 スロットピッチ (6 s p) に設定されている。第一単位コイル 2 0 a は、同心状に巻装されており、第一極コイル 3 1 f が形成されている。

【0025】

第二極コイル 3 1 s は、複数 (2 つ) の単位コイル 2 0, 2 0 を備えており、当該二つの単位コイル 2 0, 2 0 を第二単位コイル 2 0 b、第三単位コイル 2 0 c とする。第二単位コイル 2 0 b の一对のコイルサイド 2 1, 2 1 間のコイルピッチ C P 2 は、7 スロットピッチ (7 s p) に設定されており、第三単位コイル 2 0 c の一对のコイルサイド 2 1, 2 1 間のコイルピッチ C P 3 は、5 スロットピッチ (5 s p) に設定されている。このように、コイルピッチ C P 1 ~ C P 3 は、それぞれ異なっている。第二単位コイル 2 0 b および第三単位コイル 2 0 c は、同心状に巻装されて、単位コイル間接続部 3 1 c によって直列接続されており、第二極コイル 3 1 s が形成されている。第二極コイル 3 1 s は、第一極コイル 3 1 f が一对の可動子磁極 6 1, 6 2 のうちの一方の極性 (同図では、N 極) の可動子磁極 6 1 に対向するときに、当該一对の可動子磁極 6 1, 6 2 のうちの他方の極性 (同図では、S 極) の可動子磁極 6 2 に対向する。

【0026】

第一方向 (矢印 X 方向) に隣接する第一極コイル 3 1 f および第二極コイル 3 1 s は、電氣的に直列接続されており、極対コイル 3 2 が構成されている。極対コイル 3 2 は、巻始め側の第一極コイル 3 1 f から巻終り側の第二極コイル 3 1 s へ引き回す極コイル間接続部 3 2 c を介して連続して巻進められていると好適である。これにより、第一極コイル 3 1 f を構成する一つの単位コイル 2 0 (第一単位コイル 2 0 a) と、第二極コイル 3 1 s を構成する複数 (2 つ) の単位コイル 2 0, 2 0 (第二単位コイル 2 0 b および第三単位コイル 2 0 c) とを容易に直列接続することができる。本実施形態では、極対コイル 3 2 は、極コイル間接続部 3 2 c を介して連続して巻進められており、第一単位コイル 2 0 a、第二単位コイル 2 0 b および第三単位コイル 2 0 c は、この順に、直列接続されている。

【0027】

また、各極対コイル 3 2 は、第一コイル引出部 3 2 f と第二コイル引出部 3 2 s とからなる一对のコイル引出部 3 2 f, 3 2 s を備えていると好適である。第一コイル引出部 3 2 f は、第一極コイル 3 1 f を構成する一の単位コイル 2 0 (本実施形態では、第一単位コイル 2 0 a) の一のコイルサイド 2 1 から引き出され、相端子 3 T X (X は、U、V、W のうちのいずれか) と接続される。当該コイルサイド 2 1 を第一コイルサイド 2 1 a と

する。第二コイル引出部 3 2 s は、第二極コイル 3 1 s を構成する一の単位コイル 2 0 (本実施形態では、第三単位コイル 2 0 c) の一のコイルサイド 2 1 から引き出され、中性点 3 N と接続される。当該コイルサイド 2 1 を第二コイルサイド 2 1 b とする。

【0028】

なお、極コイル間接続部 3 2 c によって接続される第一極コイル 3 1 f 側のコイルサイド 2 1 を第三コイルサイド 2 1 c とする。また、極コイル間接続部 3 2 c によって接続される第二極コイル 3 1 s 側のコイルサイド 2 1 を第四コイルサイド 2 1 d とする。同図では、極対コイル 3 2 の巻始め部 3 2 a (相端子 3 T X 側) から巻終り部 3 2 b (中性点 3 N 側) までの巻順を数字 * で示している。第一極コイル 3 1 f および第二極コイル 3 1 s は、それぞれ同心状に巻装されるので、各単位コイル 2 0 の一对のコイルサイド 2 1, 2 1 には、同一の数字 * が付されている。

10

【0029】

図 3 に示すように、複数 (4 つ) の極対コイル 3 2 は、各一对のコイル引出部 3 2 f, 3 2 s を介して電氣的に並列接続されており、U 相コイル 3 3 u が形成されている。具体的には、各極対コイル 3 2 の巻始め部 3 2 a 同士が電氣的に接続され、U 相端子 3 T U に接続されている。また、各極対コイル 3 2 の巻終り部 3 2 b 同士が電氣的に接続され、中性点 3 N に接続されている。V 相コイル 3 3 v および W 相コイル 3 3 w は、U 相コイル 3 3 u と同様に形成することができる。

【0030】

このように、固定子コイル 3 0 は、複数 (三相の各相 12 個、合計 36 個) の単位コイル 2 0 によって、三相の相コイル 3 3 (U 相コイル 3 3 u、V 相コイル 3 3 v および W 相コイル 3 3 w) が構成されている。U 相コイル 3 3 u、V 相コイル 3 3 v および W 相コイル 3 3 w は、電気角で 120° ずつ位相がずれている。本明細書では、U 相コイル 3 3 u、V 相コイル 3 3 v および W 相コイル 3 3 w は、この順に位相が遅れているものとする。

20

【0031】

図 2 に示すように、第一方向 (矢印 X 方向) のうちの第二コイル引出部 3 2 s 側から第一コイル引出部 3 2 f 側に向かう方向を第一方向第一コイル引出部側 (矢印 X 1 方向) とする。また、第一方向 (矢印 X 方向) のうちの第一コイル引出部 3 2 f 側から第二コイル引出部 3 2 s 側に向かう方向を第一方向第二コイル引出部側 (矢印 X 2 方向) とする。三相の相コイル 3 3 (U 相コイル 3 3 u、V 相コイル 3 3 v および W 相コイル 3 3 w) の相順方向は、第一方向第二コイル引出部側 (矢印 X 2 方向) とする。

30

【0032】

図 4 に示すように、三相の相コイル 3 3 (U 相コイル 3 3 u、V 相コイル 3 3 v および W 相コイル 3 3 w) は、Y 結線で電氣的に接続されている。U 相端子 3 T U は、U 相の相端子を示し、V 相端子 3 T V は、V 相の相端子を示し、W 相端子 3 T W は、W 相の相端子を示している。中性点 3 N は、中性点を示している。

【0033】

(複数のスロット 1 1 の占有状態)

次に、複数の単位コイル 2 0 による複数のスロット 1 1 の占有状態について説明する。図 5 A および図 5 B は、U 相コイル 3 3 u を構成する各極対コイル 3 2 が複数のスロット 1 1 に装着された状態を示しており、各極対コイル 3 2 は、電氣的に並列接続されている。図 5 A および図 5 B では、U 相コイル 3 3 u の四磁極分 (二磁極対分) の極対コイル 3 2, 3 2 が示されている。また、図 5 A では、第一極コイル 3 1 f および第二極コイル 3 1 s は、説明の便宜上、 $\langle U 8 \rangle$ 、 $\langle U 1 \rangle \sim \langle U 3 \rangle$ の符号が付されている。

40

【0034】

なお、図 5 B では、単位コイル間接続部 3 1 c、極コイル間接続部 3 2 c および一对のコイル引出部 3 2 f, 3 2 s (第一コイル引出部 3 2 f および第二コイル引出部 3 2 s) の記載が省略されている。また、図 5 B では、各単位コイル 2 0 の巻方向が「丸印にクロス」および「丸印にドット」で示されている。「丸印にクロス」は、コイル (コイルサイド 2 1) が第三方向 (矢印 Z 方向) のうちの紙面手前側から紙面奥側に向かって巻き回さ

50

れていることを示している。「丸印にドット」は、コイル（コイルサイド 2 1）が第三方向（矢印 Z 方向）のうちの紙面奥側から紙面手前側に向かって巻き回されていることを示している。図 5 A および図 5 B について既述したことは、後述する図面についても同様である。

【0035】

例えば、図 5 A に示す＜U 1＞の単位コイル 2 0（第一単位コイル 2 0 a）は、第一コイル引出部 3 2 f が引き出されるスロット番号 3 のスロット開口部 1 1 b 側から巻始められる。そして、第一単位コイル 2 0 a は、一対のスロット 1 1, 1 1（スロット番号 3 および 9）間で巻き回され、極コイル間接続部 3 2 c の一端側のスロット番号 9 のスロット底部 1 1 a 側で巻終わる。このときの第一単位コイル 2 0 a の巻進行方向 W 1 は、第二方向スロット底部側（矢印 Y 1 方向）であり、第一単位コイル 2 0 a の巻進行方向 W 1 から見た第一単位コイル 2 0 a の巻方向は、反時計回りになる。極コイル間接続部 3 2 c は、スロット番号 9 のスロット底部 1 1 a 側からスロット番号 1 7 のスロット開口部 1 1 b 側に引き回されている。

10

【0036】

＜U 2＞の単位コイル 2 0（第二単位コイル 2 0 b）は、極コイル間接続部 3 2 c の他端側のスロット番号 1 7 のスロット開口部 1 1 b 側から巻始められる。そして、第二単位コイル 2 0 b は、一対のスロット 1 1, 1 1（スロット番号 1 0 および 1 7）間で巻き回され、単位コイル間接続部 3 1 c の一端側のスロット番号 1 0 のスロット底部 1 1 a 側で巻終わる。このときの第二単位コイル 2 0 b の巻進行方向 W 2 は、第二方向スロット底部側（矢印 Y 1 方向）であり、第二単位コイル 2 0 b の巻進行方向 W 2 から見た第二単位コイル 2 0 b の巻方向は、時計回りになる。単位コイル間接続部 3 1 c は、スロット番号 1 0 のスロット底部 1 1 a 側からスロット番号 1 6 のスロット中央部 1 1 c に引き回されている。

20

【0037】

＜U 2＞の単位コイル 2 0（第三単位コイル 2 0 c）は、単位コイル間接続部 3 1 c の他端側のスロット番号 1 6 のスロット中央部 1 1 c から巻始められる。そして、第三単位コイル 2 0 c は、一対のスロット 1 1, 1 1（スロット番号 1 1 および 1 6）間で巻き回され、第二コイル引出部 3 2 s が引き出されるスロット番号 1 1 のスロット底部 1 1 a 側で巻終わる。このときの第三単位コイル 2 0 c の巻進行方向 W 3 は、第二方向スロット底部側（矢印 Y 1 方向）であり、第三単位コイル 2 0 c の巻進行方向 W 3 から見た第三単位コイル 2 0 c の巻方向は、時計回りになる。なお、これらの巻順は、図 2 の数字 * で示す巻順と一致している。

30

【0038】

固定子コイル 3 0 に含まれる複数（三相の各相 1 2 個、合計 3 6 個）の単位コイル 2 0 は、複数のスロット 1 1 の占有状態に関して、フルコイル 2 3 f とハーフコイル 2 3 h との二種類の単位コイル 2 0 を備えている。第一単位コイル 2 0 a および第二単位コイル 2 0 b は、フルコイル 2 3 f であり、第三単位コイル 2 0 c は、ハーフコイル 2 3 h である。図 5 A では、フルコイル 2 3 f は、実線の六角形で示され、ハーフコイル 2 3 h は、細破線の六角形で示されている。

40

【0039】

フルコイル 2 3 f は、一の単位コイル 2 0（例えば、第一単位コイル 2 0 a）の一対のコイルサイド 2 1, 2 1 が一対のスロット 1 1, 1 1（例えば、スロット番号 3 および 9）に収容されたときに、当該一対のコイルサイド 2 1, 2 1 が当該一対のスロット 1 1, 1 1（スロット番号 3 および 9）の全体を占有する単位コイル 2 0 をいう。このことは、第一単位コイル 2 0 a が一対のスロット 1 1, 1 1（スロット番号 1 8 および 2 4）に収容されたときについても同様であり、図示されていない残りの四磁極分（二磁極対分）の極対コイル 3 2, 3 2 についても同様である。

【0040】

また、第二単位コイル 2 0 b についても同様であり、第二単位コイル 2 0 b は、一対の

50

スロット 1 1, 1 1 (スロット番号 1 0 および 1 7) の全体を占有する。このことは、第二単位コイル 2 0 b が一對のスロット 1 1, 1 1 (スロット番号 5 5 および 2) に収容されたときについても同様であり、図示されていない残りの四磁極分 (二磁極対分) の極対コイル 3 2, 3 2 についても同様である。

【0041】

一方、ハーフコイル 2 3 h は、一の単位コイル 2 0 (本実施形態では、第三単位コイル 2 0 c) の一對のコイルサイド 2 1, 2 1 が一對のスロット 1 1, 1 1 (例えば、スロット番号 1 1 および 1 6) に収容されたときに、当該一對のコイルサイド 2 1, 2 1 のうちの一方のコイルサイド 2 1 が当該一對のスロット 1 1, 1 1 (スロット番号 1 1 および 1 6) のうちの一方のスロット 1 1 (スロット番号 1 1) の半分を占有する。また、当該一對のコイルサイド 2 1, 2 1 のうちの他方のコイルサイド 2 1 が当該一對のスロット 1 1, 1 1 (スロット番号 1 1 および 1 6) のうちの他方のスロット 1 1 (スロット番号 1 6) の半分を占有する。このことは、第三単位コイル 2 0 c が一對のスロット 1 1, 1 1 (スロット番号 5 6 および 1) に収容されたときについても同様であり、図示されていない残りの四磁極分 (二磁極対分) の極対コイル 3 2, 3 2 についても同様である。

【0042】

なお、図 5 B では、スロット 1 1 の占有状態が長方形の大きさを示されている。大きい長方形は、フルコイル 2 3 f のコイルサイド 2 1 が当該スロット 1 1 の全体を占有していることを示している。一方、小さい長方形は、ハーフコイル 2 3 h のコイルサイド 2 1 が当該スロット 1 1 の半分を占有していることを示している。これらの図示の方法は、後述する図面についても同様である。

【0043】

図 6 A および図 6 B に示すように、U 相コイル 3 3 u を構成する各極対コイル 3 2 について既述したことは、V 相コイル 3 3 v および W 相コイル 3 3 w についても同様に言える。図 6 A は、図 5 A と同様に図示されており、図 6 B は、図 5 B と同様に図示されている。このように、固定子コイル 3 0 に含まれる複数 (三相の各相 1 2 個、合計 3 6 個) の単位コイル 2 0 は、複数のスロット 1 1 の占有状態に関して、フルコイル 2 3 f とハーフコイル 2 3 h との二種類の単位コイル 2 0 を備えている。

【0044】

ここで、ハーフコイル 2 3 h の一對のコイルサイド 2 1, 2 1 のうちの一方のコイルサイド 2 1 であってスロット底部 1 1 a 側に配設されるコイルサイド 2 1 が占有するスロット 1 1 の半分に相当する部位を第一ハーフスロット部位 1 1 d とする。また、当該一對のコイルサイド 2 1, 2 1 のうちの他方のコイルサイド 2 1 であってスロット開口部 1 1 b 側に配設されるコイルサイド 2 1 が占有するスロット 1 1 の半分に相当する部位を第二ハーフスロット部位 1 1 e とする。W 相コイル 3 3 w のハーフコイル 2 3 h は、第一ハーフスロット部位 1 1 d および第二ハーフスロット部位 1 1 e の両方を備えている。このように、第一ハーフスロット部位 1 1 d および第二ハーフスロット部位 1 1 e の両方を備えるハーフコイル 2 3 h を両側占有ハーフコイル 2 3 h 1 とする。

【0045】

一方、U 相コイル 3 3 u は、第一ハーフスロット部位 1 1 d を備えているが、第二ハーフスロット部位 1 1 e を備えていない。V 相コイル 3 3 v は、第二ハーフスロット部位 1 1 e を備えているが、第一ハーフスロット部位 1 1 d を備えていない。このように、第一ハーフスロット部位 1 1 d および第二ハーフスロット部位 1 1 e のうちの一方を備えるハーフコイル 2 3 h を片側占有ハーフコイル 2 3 h 2 とする。

【0046】

なお、図 6 A では、ハーフコイル 2 3 h の一對のコイルサイド 2 1, 2 1 および一對のコイルエンド 2 2, 2 2 のうち、スロット底部 1 1 a 側に配設される部位を細破線で示している。また、ハーフコイル 2 3 h の一對のコイルサイド 2 1, 2 1 および一對のコイルエンド 2 2, 2 2 のうち、スロット開口部 1 1 b 側に配設される部位を細実線で示している。つまり、W 相コイル 3 3 w のハーフコイル 2 3 h は、細実線および細破線の両方で示

される六角形で表されている。また、U相コイル 3 3 u のハーフコイル 2 3 h は、すべて細破線で示される六角形で表されている。さらに、V相コイル 3 3 v のハーフコイル 2 3 h は、すべて細実線で示される六角形で表されている。

【0047】

ここで、毎極毎相スロット数 q を帯分数で表したときの整数部分を整数部 a とし、帯分数の真分数部分を既約分数で表したときの分子部分を分子部 b とし、分母部分を分母部 c とする。但し、整数部 a および分子部 b は、いずれも正の整数であり、分母部 c は、2 以上の整数、かつ、3 の倍数でないとする。また、可動子 70 の可動子磁極数 P を分母部 c で除した数を磁極周期数とする。本実施形態の三相同期機 100 は、8 極 60 スロット構成（分数スロット構成）の三相同期機であり、毎極毎相スロット数は、2.5 である。この場合、整数部 a は 2 であり、分子部 b は 1 であり、分母部 c は 2 である。つまり、毎極毎相スロット数 q は、下記数 1 で表される。また、磁極周期数は、4（＝8／2）である。

10

【0048】

【数 1】

$$q = a + \frac{b}{c} = 2 + \frac{1}{2}$$

【0049】

三相の相コイル 3 3（U相コイル 3 3 u、V相コイル 3 3 v、W相コイル 3 3 w）の各々は、磁極周期数（本実施形態では、4 つ）の相単位コイル 3 6 を備えている。また、本実施形態では、磁極周期数（4 つ）の相単位コイル 3 6 の各々は、極対コイル 3 2 である。図 2 に示すように、磁極周期数（4 つ）の相単位コイル 3 6 の各々（各極対コイル 3 2）は、複数（本実施形態では、2 つ）のフルコイル 2 3 f である第一単位コイル 2 0 a および第二単位コイル 2 0 b と、一つのハーフコイル 2 3 h である第三単位コイル 2 0 c とが電氣的に直列接続されており、毎極毎相スロット数 q の分母部 c （本実施形態では、2）と同じ数（2 つ）の可動子磁極（同図では、一対の可動子磁極 6 1、6 2）に対して電磁氣的に作用する。

20

【0050】

また、図 3 に示すように、磁極周期数（4 つ）の相単位コイル 3 6（複数（4 つ）の極対コイル 3 2）は、電氣的に並列接続されている。さらに、磁極周期数（4 つ）の相単位コイルの各々（各極対コイル 3 2）は、一つのハーフコイル 2 3 h である第三単位コイル 2 0 c が、複数（2 つ）のフルコイル 2 3 f である第一単位コイル 2 0 a および第二単位コイル 2 0 b に対して、中性点 3 N 側に設けられている。

30

【0051】

図 7 に示すように、U相の相電圧をU相電圧 V_u で示し、V相の相電圧をV相電圧 V_v で示し、W相の相電圧をW相電圧 V_w で示す。また、U相のハーフコイル 2 3 h（第三単位コイル 2 0 c）に印加される電圧をU相ハーフコイル電圧 V_{hu} で示し、V相のハーフコイル 2 3 h（第三単位コイル 2 0 c）に印加される電圧をV相ハーフコイル電圧 V_{hv} で示す。さらに、U相端子 3 T UとV相端子 3 T Vとの間の電圧を端子間電圧 V_e で示す。ハーフコイル 2 3 h の巻数を巻数 N とすると、フルコイル 2 3 f の巻数は、例えば、巻数 N の二倍で表すことができる。本実施形態では、各相単位コイル 3 6（各極対コイル 3 2）は、2 つのフルコイル 2 3 f と、1 つのハーフコイル 2 3 h とを備えるので、各相単位コイル 3 6（各極対コイル 3 2）のコイルの巻数は、 $5 \times N$ （＝（2 × 2 + 1）× N ）で表すことができる。よって、U相ハーフコイル電圧 V_{hu} およびV相ハーフコイル電圧 V_{hv} は、端子間電圧 V_e を用いて、下記数 2 で表すことができる。また、U相ハーフコイル電圧 V_{hu} とV相ハーフコイル電圧 V_{hv} との間の電位差を電位差 ΔV とすると、電位差 ΔV は、端子間電圧 V_e を用いて、下記数 3 で表すことができる。

40

【0052】

【数 2】

$$V_{hu} = V_{hv} = \frac{1}{\sqrt{3}} \times \frac{1}{5} \times V_e$$

【0053】

【数 3】

$$\Delta V = \frac{1}{\sqrt{3}} \times \frac{1}{5} \times V_e \times \sqrt{3} = \frac{1}{5} \times V_e$$

10

【0054】

数 3 で示すように、U 相ハーフコイル電圧 V_{hu} と V 相ハーフコイル電圧 V_{hv} との間の電位差 ΔV は、端子間電圧 V_e の 20% に低減することができる。このことは、V 相のハーフコイル 23h と W 相のハーフコイル 23h との間の電位差についても同様に言え、W 相のハーフコイル 23h と U 相のハーフコイル 23h との間の電位差についても同様に言える。つまり、ハーフコイル 23h 間の電位差は、端子間電圧 V_e の 20% に低減することができる。

【0055】

これにより、スロット 11 内の絶縁部材（例えば、相間紙など）を削減または簡素化することができ、部品点数の低減、巻装の自動化が容易になる。また、スロット 11 内の絶縁部材の削減または簡素化によって占積率が向上し、固定子鉄心 10 の小型化等を図ることができる。なお、ハーフコイル 23h 間の電位差の低減割合（20%）は、特許文献 2 に記載の三相電機子巻線と比べて向上しており、特許文献 1 に記載の不整数溝電機子巻線と同等である。また、本実施形態では、いずれの相間においても、ハーフコイル 23h 間の電位差は、端子間電圧 V_e の 20% である。

20

【0056】

一般に、分母部 c が 2 の場合、各相単位コイル 36（各極対コイル 32）のコイルの巻数は、整数部 a を用いて、 $(2 \times a + 1) \times N$ で表すことができる。そのため、数 2 および数 3 と同様にして、U 相ハーフコイル電圧 V_{hu} と V 相ハーフコイル電圧 V_{hv} との間の電位差 ΔV を算出すると、電位差 ΔV は、端子間電圧 V_e および毎極毎相スロット数 q を用いて、下記数 4 で表すことができる。

30

【0057】

【数 4】

$$\begin{aligned} \Delta V &= \frac{1}{\sqrt{3}} \times \frac{1}{2 \times a + 1} \times V_e \times \sqrt{3} \\ &= \frac{1}{2 \times a + 1} \times V_e \\ &= \frac{1}{2 \times q} \times V_e \end{aligned}$$

40

【0058】

既述したように、ハーフコイル 23h の巻数を巻数 N とすると、各相単位コイル 36（各極対コイル 32）のコイルの巻数は、 $5 \times N$ で表すことができる。そのため、一相分の相コイル 33 の直列巻数は、5 の整数倍である必要がある。また、本実施形態の三相同期

50

機100は、8極60スロット構成の三相同期機であり、可動子磁極数Pが8である。さらに、毎極毎相スロット数qの分母部cが2である。そのため、電磁気的には、4(=8/2)の周期性をもつ。このとき、特許文献1および特許文献2に記載の発明と同様に、4(=8/2)周期分のコイルを直列接続すると、一相分のコイルの直列巻数は、20(=5×4)の整数倍である必要があり、コイルの巻数の選択自由度が狭く、用途が限定され易い。そこで、本実施形態では、磁極周期数(4つ)の相単位コイル36(複数(4つ)の極対コイル32)を電氣的に並列接続する。これにより、一相分のコイルの直列巻数(各相単位コイル36の巻数であり、各極対コイル32の巻数)は、上述した5の整数倍であれば良い。

【0059】

本実施形態の三相同期機100によれば、磁極周期数(4つ)の相単位コイル36の各々(複数(4つ)の極対コイル32の各々)は、一つのハーフコイル23hが、複数(2つ)のフルコイル23fに対して中性点3N側に設けられている。そのため、本実施形態の三相同期機100は、同一スロット11内に収容されるハーフコイル23h(異相コイル)間の電位差を低減することができる。また、磁極周期数(4つ)の相単位コイル36(複数(4つ)の極対コイル32)は、電氣的に並列接続されている。そのため、本実施形態の三相同期機100は、磁極周期数(4つ)の相単位コイル36が電氣的に直列接続されて相コイル33が構成される場合と比べて、コイルの巻数の選択範囲が広範化され、コイルの巻数の選択自由度が高まる。このように、本実施形態の三相同期機100は、同一スロット11内に収容されるハーフコイル23h(異相コイル)間の電位差の低減と、コイルの巻数の選択範囲の広範化との両立を図ることができる。

【0060】

なお、磁極周期数(本実施形態では、4つ)の相単位コイル36(複数(4つ)の極対コイル32)を電氣的に並列接続して相コイル33を構成すると、相コイル33内において微小な循環電流が生じる可能性がある。そのため、循環電流が問題になる場合には、可動子鉄心50に設けられるシャフト(図示略)の芯出し精度を向上させ、使用する部材の材質の均等化などを図ると良い。また、各相単位コイル36内の渡り線(第一極コイル31fと第二極コイル31sとを接続する極コイル間接続部32c)の長さを均等化すると好適である。

【0061】

一对のコイルサイド21, 21間のコイルピッチが異なる複数のフルコイル23fを同心状に巻装すると、フルコイル23fの数が増加する程、一对のコイルエンド22, 22の第三方向(矢印Z方向)における高さ(以下、コイルエンド高さという。)は、増大する。その結果、固定子コイル30のコイル長が増大して、高コスト化を招く可能性がある。また、固定子コイル30のコイル長が増大すると、固定子コイル30の巻線抵抗が増大し、高効率化の妨げになる可能性がある。

【0062】

本実施形態の三相同期機100によれば、各相単位コイル36は、第一方向(矢印X方向)に隣接する第一極コイル31fおよび第二極コイル31sが電氣的に直列接続されている一つの極対コイル32である。そのため、本実施形態の三相同期機100は、固定子コイル30に含まれる複数(三相の各相12個、合計36個)の単位コイル20を、第一方向(矢印X方向)において分散配置化することが容易であり、コイルエンド高さの増大を抑制することができる。また、三相の相コイル33(U相コイル33u, V相コイル33v, W相コイル33w)の各々において、先行技術文献の欄に記載の発明で必要となる隔極接続が不要であるので、当該発明と比べて、配策を簡素化することができる。

【0063】

さらに、本実施形態の三相同期機100によれば、各極対コイル32は、第一コイル引出部32fと、第二コイル引出部32sとからなる一对のコイル引出部32f, 32sを備えている。また、三相の相コイル33(U相コイル33u, V相コイル33vおよびW相コイル33w)の各々は、各一对のコイル引出部32f, 32sを介して、磁極周期数

(4つ)の極対コイル32が電氣的に並列接続されている。そのため、本実施形態の三相同期機100は、極対コイル32間の接続が容易であり、配策を簡素化することができる。

【0064】

(各単位コイル20の巻進行方向)

まず、本実施形態の固定子コイル30の組み付け方法について説明し、次に、本実施形態の各単位コイル20の巻進行方向について説明する。図8に示すように、固定子コイル30の組み付け(複数のスロット11への装着)は、公知のコイル挿入機3I(インサータ治具)を用いることができる。コイル挿入機3Iは、一例として、相コイル33(U相コイル33u、V相コイル33vおよびW相コイル33w)単位で、複数(本実施形態では、4つ)の極対コイル32を複数(本実施形態では、24個)のスロット11に装着することができる。

10

【0065】

まず、巻枠(図示略)を用いて、U相コイル33uを構成する複数(4つ)の極対コイル32を構成する各単位コイル20(第一単位コイル20a、第二単位コイル20bおよび第三単位コイル20c)を巻装する。巻枠の巻ピッチは、各単位コイル20のコイルピッチCP1~CP3に相当する巻ピッチに設定する。各単位コイル20のコイルピッチCP1~CP3は、それぞれ異なるので、巻枠は、三種類必要になる。巻ピッチが異なる複数の巻枠を同軸に配設した巻枠を用いることもできる。

【0066】

図8に示すように、巻枠から取り外された第一極コイル31fは、第一コイル引出部32fが引き出される第一コイルサイド21aが紙面奥側(下側)になり、極コイル間接続部32cの一端側の第三コイルサイド21cが紙面手前側(上側)になるように配設されている。このとき、第一単位コイル20aの巻進行方向W1から見た第一単位コイル20aの巻方向は、反時計回りになっている。また、巻枠から取り外された第二極コイル31sは、極コイル間接続部32cの他端側の第四コイルサイド21dが紙面奥側(下側)になり、第二コイル引出部32sが引き出される第二コイルサイド21bが紙面手前側(上側)になるように配設されている。このとき、第二単位コイル20bの巻進行方向W2から見た第二単位コイル20bの巻方向は、時計回りになっている。同様に、第三単位コイル20cの巻進行方向W3から見た第三単位コイル20cの巻方向は、時計回りになっている。

20

30

【0067】

同図に示すように、コイル挿入機3Iは、固定子コイル30を把持するインサータブレード3Bを備えている。インサータブレード3Bは、スロット11、11間のスロットピッチが反映されたクシ歯状の複数の支持部3B1を備えている。U相コイル33uを構成する複数(4つ)の極対コイル32は、インサータブレード3Bの支持部3B1に落とし込まれて、U相コイル33uを構成する複数(4つ)の極対コイル32が把持される。そして、インサータブレード3Bが固定子鉄心10の内方に挿入されて、U相コイル33uを構成する複数(4つ)の極対コイル32は、一度に各スロット11内に挿入される。

【0068】

各極対コイル32の第一単位コイル20aがスロット11、11に装着されたときに、第一単位コイル20aの巻進行方向W1は、第二方向スロット底部側(矢印Y1方向)になる。このとき、第一単位コイル20aの巻進行方向W1から見た第一単位コイル20aの巻方向は、反時計回りになる。また、各極対コイル32の第二単位コイル20bがスロット11、11に装着されたときに、第二単位コイル20bの巻進行方向W2は、第二方向スロット底部側(矢印Y1方向)になる。このとき、第二単位コイル20bの巻進行方向W2から見た第二単位コイル20bの巻方向は、時計回りになる。同様に、第三単位コイル20cの巻進行方向W3は、第二方向スロット底部側(矢印Y1方向)になる。このとき、第三単位コイル20cの巻進行方向W3から見た第三単位コイル20cの巻方向は、時計回りになる。なお、各極対コイル32の巻始め部32aは、スロット開口部11b

40

50

側に設けられ、各極対コイル 3 2 の巻終り部 3 2 b は、スロット底部 1 1 a 側に設けられる。

【0069】

以上のことは、V相コイル 3 3 v を構成する複数（4つ）の極対コイル 3 2 についても同様であり、W相コイル 3 3 w を構成する複数（4つ）の極対コイル 3 2 についても同様である。このように、本実施形態では、各極対コイル 3 2 を構成する複数（3つ）の単位コイル 2 0 （第一単位コイル 2 0 a、第二単位コイル 2 0 b および第三単位コイル 2 0 c）の各巻進行方向（巻進行方向 W 1、巻進行方向 W 2 および巻進行方向 W 3）は、いずれも第二方向スロット底部側（矢印 Y 1 方向）になる。

【0070】

なお、本実施形態では、後述するように、固定子コイル 3 0 は、U相コイル 3 3 u、W相コイル 3 3 w、V相コイル 3 3 v の順に、組み付けられる。そして、極対コイル 3 2 間の配策および接続が行われ、三相の相コイル 3 3（U相コイル 3 3 u、V相コイル 3 3 v および W相コイル 3 3 w）が形成される。この際、各相端子（U相端子 3 T U、V相端子 3 T V、W相端子 3 T W）および中性点 3 N の接続なども行われる。また、各単位コイル 2 0 の一对のコイルエンド 2 2、2 2、単位コイル間接続部 3 1 c、極コイル間接続部 3 2 c および一对のコイル引出部 3 2 f、3 2 s（第一コイル引出部 3 2 f および第二コイル引出部 3 2 s）のレーシング結束が行われた後、ワニスの含浸、樹脂モールド等によって固定子コイル 3 0 が固定子鉄心 1 0 に固定される。

【0071】

本実施形態の三相同期機 1 0 0 によれば、各極対コイル 3 2 を構成する複数（3つ）の単位コイル 2 0（第一単位コイル 2 0 a、第二単位コイル 2 0 b および第三単位コイル 2 0 c）の各巻進行方向（巻進行方向 W 1、巻進行方向 W 2 および巻進行方向 W 3）は、いずれも第二方向スロット底部側（矢印 Y 1 方向）である。よって、本実施形態の三相同期機 1 0 0 は、コイル挿入機 3 I（インサータ治具）を用いて、例えば、相コイル 3 3（U相コイル 3 3 u、V相コイル 3 3 v および W相コイル 3 3 w）単位で、複数（4つ）の極対コイル 3 2 を複数（24個）のスロット 1 1 に装着することができる。具体的には、相コイル 3 3 を構成する複数（4つ）の極対コイル 3 2 を、インサータブレード 3 B の支持部 3 B 1 に落とし込んで、当該複数（4つ）の極対コイル 3 2 を把持して、当該複数（4つ）の極対コイル 3 2 を一度に各スロット 1 1 内に挿入し、装着することができる。つまり、本実施形態の三相同期機 1 0 0 は、分数スロット構成の三相同期機で一般的に実施されている二層重巻（上述した相コイル 3 3 単位での装着が難しい）と比べて、三相同期機の性能を略同等に維持しつつ、固定子コイル 3 0 の組み付けに要する作業工数を短縮することができる。

【0072】

（ハーフコイル 2 3 h および一对のコイル引出部 3 2 f、3 2 s の配置）

次に、各極対コイル 3 2 におけるハーフコイル 2 3 h および一对のコイル引出部 3 2 f、3 2 s の好適な配置について説明する。毎極毎相スロット数 q の整数部 a が 2 以上であり、かつ、毎極毎相スロット数 q の分母部 c が 2 のときには、各極対コイル 3 2 は、第二極コイル 3 1 s に一つのハーフコイル 2 3 h を備えると好適である。また、第一コイル引出部 3 2 f は、第一極コイル 3 1 f を構成する一つまたは複数の単位コイル 2 0 のうち的一对のコイルサイド 2 1、2 1 間のコイルピッチが最小の単位コイル 2 0 の第一方向第一コイル引出部側（矢印 X 1 方向）のコイルサイド 2 1 から引き出されていると好適である。さらに、第二コイル引出部 3 2 s は、第二極コイル 3 1 s を構成する複数の単位コイル 2 0 のうち的一对のコイルサイド 2 1、2 1 間のコイルピッチが最小の単位コイル 2 0 であって、一つのハーフコイル 2 3 h の第一方向第一コイル引出部側（矢印 X 1 方向）のコイルサイド 2 1 から引き出されていると好適である。

【0073】

図 9 は、第三方向（矢印 Z 方向）のうち的一对のコイル引出部 3 2 f、3 2 s 側から見た図 2 に示す極対コイル 3 2 が複数（6つ）のスロット 1 1 に装着された状態を示してい

る。図 9 は、図 5 B および図 6 B と同様に図示されている。ただし、図 9 では、単位コイル間接続部 3 1 c、極コイル間接続部 3 2 c および一対のコイル引出部 3 2 f、3 2 s（第一コイル引出部 3 2 f および第二コイル引出部 3 2 s）が図示されている。

【0074】

図 2 および図 9 に示すように、本実施形態では、各極対コイル 3 2 は、第二極コイル 3 1 s に一つのハーフコイル 2 3 h を備えている。また、第一コイル引出部 3 2 f は、第一極コイル 3 1 f を構成する一つの単位コイル 2 0（第一単位コイル 2 0 a）の第一方向第一コイル引出部側（矢印 X 1 方向）のコイルサイド 2 1（第一コイルサイド 2 1 a）から引き出されている。さらに、第二コイル引出部 3 2 s は、第二極コイル 3 1 s を構成する複数（2 つ）の単位コイル 2 0（第二単位コイル 2 0 b および第三単位コイル 2 0 c）のうちの二つのコイルサイド 2 1，2 1 間のコイルピッチが最小の単位コイル 2 0（第三単位コイル 2 0 c）であって、一つのハーフコイル 2 3 h の第一方向第一コイル引出部側（矢印 X 1 方向）のコイルサイド 2 1（第二コイルサイド 2 1 b）から引き出されている。なお、図 9 では、第一コイル引出部 3 2 f は、最もスロット開口部 1 1 b 側から引き出されており、第二コイル引出部 3 2 s は、最もスロット底部 1 1 a 側から引き出されている。

【0075】

図 9 に示すように、本実施形態では、極コイル間接続部 3 2 c および単位コイル間接続部 3 1 c は、いずれも一対のコイル引出部 3 2 f，3 2 s と交差していない。従って、近接部位の干渉回避が容易である。具体的には、これらの部位は、所要距離を確保して引き回せばよい。所要距離は、例えば、これらの部位における近接部位間の印加電圧から導出することができ、近接部位間の電氣的な絶縁を確保できるように設定される。以上のことは、後述する実施形態についても同様に言える。なお、極コイル間接続部 3 2 c は、第二単位コイル 2 0 b のコイルエンド 2 2 の第三方向（矢印 Z 方向）のさらに外側（紙面手前側）を渡らせることができる。また、単位コイル間接続部 3 1 c は、第二単位コイル 2 0 b と第三単位コイル 2 0 c との間のコイルエンド 2 2，2 2 間に収容することができる。

【0076】

本実施形態の三相同期機 1 0 0 によれば、毎極毎相スロット数 q の整数部 a は、2 であり、かつ、毎極毎相スロット数 q の分母部 c は、2 である。また、各極対コイル 3 2 は、第二極コイル 3 1 s に一つのハーフコイル 2 3 h を備えている。さらに、第一コイル引出部 3 2 f は、第一極コイル 3 1 f を構成する一つの単位コイル 2 0（第一単位コイル 2 0 a）の第一方向第一コイル引出部側（矢印 X 1 方向）のコイルサイド 2 1（第一コイルサイド 2 1 a）から引き出されている。また、第二コイル引出部 3 2 s は、第二極コイル 3 1 s を構成する複数（2 つ）の単位コイル 2 0（第二単位コイル 2 0 b および第三単位コイル 2 0 c）のうちの二つのコイルサイド 2 1，2 1 間のコイルピッチが最小の単位コイル 2 0（第三単位コイル 2 0 c）であって、一つのハーフコイル 2 3 h の第一方向第一コイル引出部側（矢印 X 1 方向）のコイルサイド 2 1（第二コイルサイド 2 1 b）から引き出されている。

【0077】

これらにより、極コイル間接続部 3 2 c および単位コイル間接続部 3 1 c は、いずれも一対のコイル引出部 3 2 f，3 2 s と交差していない。その結果、各極対コイル 3 2 におけるハーフコイル 2 3 h および一対のコイル引出部 3 2 f，3 2 s のうちの少なくとも一方の配置が本実施形態と異なる形態と比べて、本実施形態の各極対コイル 3 2 は、第三方向（矢印 Z 方向）のうちの二つのコイル引出部 3 2 f，3 2 s 側のコイルエンド 2 2 が小型化され、その配策が簡素化される。

【0078】

各極対コイル 3 2 におけるハーフコイル 2 3 h および一対のコイル引出部 3 2 f，3 2 s の好適な配置については、毎極毎相スロット数が 3.5 以上の場合も同様の傾向が見られる。例えば、毎極毎相スロット数が 3.5（8 極 8 4 スロット構成の三相同期機）の場合、各極対コイル 3 2 は、毎極毎相スロット数が 2.5 の場合と比べて、フルコイル 2 3

f の数が一つ増加する。この場合も、各極対コイル 3 2 におけるハーフコイル 2 3 h および一対のコイル引出部 3 2 f, 3 2 s の配置は、本実施形態と同様にすると良い。これにより、上述した作用効果と同様の作用効果を得ることができる。なお、この場合、第一極コイル 3 1 f は、複数 (2 つ) の単位コイル 2 0 (いずれもフルコイル 2 3 f) を備える。第一コイル引出部 3 2 f は、第一極コイル 3 1 f を構成する複数 (2 つ) の単位コイル 2 0 のうちの一対のコイルサイド 2 1, 2 1 間のコイルピッチが最小の単位コイル 2 0 の第一方向第一コイル引出部側 (矢印 X 1 方向) のコイルサイド 2 1 から引き出されていると好適である。

【0079】

(相コイル 3 3 の配置)

10

三相の相コイル 3 3 (U 相コイル 3 3 u、V 相コイル 3 3 v および W 相コイル 3 3 w) は、第一装着工程と、第二進相装着工程と、第三進相装着工程とを備える三相同期機 1 0 0 の製造方法によって、複数 (6 0 個) のスロット 1 1 に装着されると好適である。これにより、本実施形態では、三相の相コイル 3 3 は、U 相コイル 3 3 u、W 相コイル 3 3 w、V 相コイル 3 3 v の順に組み付けられる。なお、既述のとおり、三相の相コイル 3 3 は、U 相コイル 3 3 u、V 相コイル 3 3 v、W 相コイル 3 3 w の順に位相が遅れているものとする。また、三相の相コイル 3 3 は、第一方向第二コイル引出部側 (矢印 X 2 方向) に、U 相コイル 3 3 u、V 相コイル 3 3 v、W 相コイル 3 3 w の相順に配設するものとする。

【0080】

20

図 1 0 A に示すように、第一装着工程は、三相の相コイル 3 3 のうちの一の相コイル 3 3 (本実施形態では、U 相コイル 3 3 u) を複数 (2 4 個) のスロット 1 1 に装着する工程である。同図は、U 相コイル 3 3 u を構成する四磁極分 (二磁極対分) の極対コイル 3 2 を示しており、残りの四磁極分 (二磁極対分) の極対コイル 3 2 の記載が省略されている。このことは、図 1 0 B ~ 図 1 0 D についても同様であり、後述する図面についても同様である。

【0081】

図 1 0 A に示すように、U 相コイル 3 3 u の第一コイル引出部 3 2 f は、スロット開口部 1 1 b 側から引き出されて、第二方向スロット底部側 (矢印 Y 1 方向) に引き回されている。U 相コイル 3 3 u の第一コイル引出部 3 2 f は、U 相コイル 3 3 u の第一単位コイル 2 0 a のコイルエンド 2 2 の第三方向 (矢印 Z 方向) のさらに外側 (紙面手前側) を引き回すことができる。なお、U 相コイル 3 3 u の第二コイル引出部 3 2 s は、スロット底部 1 1 a 側から引き出されている。

30

【0082】

このように、U 相コイル 3 3 u は、一対のコイル引出部 3 2 f, 3 2 s と、極対コイル 3 2 内の各渡り線 (単位コイル間接続部 3 1 c および極コイル間接続部 3 2 c) とが交差していない。また、U 相コイル 3 3 u は、最初に装着されるので、他の相コイル 3 3 (V 相コイル 3 3 v および W 相コイル 3 3 w) の影響を受けることなく、ハーフコイル 2 3 h の一対のコイルサイド 2 1, 2 1 は、いずれもスロット底部 1 1 a 側に配設される。つまり、U 相のハーフコイル 2 3 h は、片側占有ハーフコイル 2 3 h 2 である。

40

【0083】

第二進相装着工程は、三相の相コイル 3 3 のうちの残りの一の相コイル 3 3 を、第一装着工程で装着された相コイル 3 3 (U 相コイル 3 3 u) に対して、電気角 1 2 0 ° 分、第一方向第一コイル引出部側 (矢印 X 1 方向) にずらして、複数 (2 4 個) のスロット 1 1 に装着する工程である。残りの一の相コイル 3 3 は、第一装着工程で装着された相コイル 3 3 (U 相コイル 3 3 u) と比べて、電気角 1 2 0 ° 分、位相が進む相コイル 3 3 (本実施形態では、W 相コイル 3 3 w) をいう。なお、電気角 1 2 0 ° は、電気角 3 6 0 ° を相数 3 で除した相間の最小位相差 (相間最小位相差) に相当する。本実施形態の三相同期機 1 0 0 は、8 極 6 0 スロット構成の三相同期機であり、電気角 1 2 0 ° (相間最小位相差) は、5 スロットピッチ分に相当する。

50

【0084】

図10Bに示すように、W相コイル33wの第一コイル引出部32fは、スロット開口部11b側から引き出されて、第二方向スロット底部側（矢印Y1方向）に引き回されている。W相コイル33wの第一コイル引出部32fは、W相コイル33wの第一単位コイル20aのコイルエンド22の第三方向（矢印Z方向）のさらに外側（紙面手前側）を引き回することができる。なお、W相コイル33wの第二コイル引出部32sは、スロット底部11a側から引き出されている。

【0085】

このように、W相コイル33wは、一对のコイル引出部32f、32sと、極対コイル32内の各渡り線（単位コイル間接続部31cおよび極コイル間接続部32c）とが交差していない。なお、W相コイル33wは、U相コイル33uの後に装着されるので、ハーフコイル23hの一对のコイルサイド21、21のうちの一方のコイルサイド21がスロット底部11a側に配設され、当該一对のコイルサイド21、21のうちの他方のコイルサイド21がスロット開口部11b側に配設される。つまり、W相のハーフコイル23hは、両側占有ハーフコイル23h1である。

【0086】

第三進相装着工程は、三相の相コイル33のうちの残りの一の相コイル33を、第二進相装着工程で装着された相コイル33（W相コイル33w）に対して、電気角120°分、第一方向第一コイル引出部側（矢印X1方向）にずらして、複数（24個）のスロット11に装着する工程である。残りの一の相コイル33は、第二進相装着工程で装着された相コイル33（W相コイル33w）と比べて、電気角120°分、位相が進む相コイル33（本実施形態では、V相コイル33v）をいう。

【0087】

図10Cに示すように、V相コイル33vの第一コイル引出部32fは、スロット開口部11b側から引き出されて、第二方向スロット底部側（矢印Y1方向）に引き回されている。V相コイル33vの第一コイル引出部32fは、V相コイル33vの第一単位コイル20aのコイルエンド22の第三方向（矢印Z方向）のさらに外側（紙面手前側）を引き回することができる。

【0088】

V相コイル33vの第二コイル引出部32sは、スロット中央部11cから引き出されている。V相コイル33vは、第二コイル引出部32sと、極対コイル32内の渡り線（単位コイル間接続部31c）とが接触して交差する。そのため、交差部位において、電気的な絶縁を確保するための対処が必要である。なお、極コイル間接続部32cは、第二コイル引出部32sと接触して交差しないので、第二コイル引出部32sに対する電気的な絶縁を確保するための対処は、不要である。

【0089】

コイル挿入機3I（インサータ治具）を用いた組み付けの結果、V相コイル33vの第二コイル引出部32sは、V相コイル33vの極対コイル32内の各渡り線（単位コイル間接続部31cおよび極コイル間接続部32c）の第三方向（矢印Z方向）の固定子鉄心10側（紙面奥側）を通過する。また、V相コイル33vの第二コイル引出部32sは、U相コイル33uの第三単位コイル20cのコイルエンド22の第三方向（矢印Z方向）のさらに外側（紙面手前側）を通過する。なお、V相コイル33vは、最後に装着されるので、ハーフコイル23hの一对のコイルサイド21、21は、いずれもスロット開口部11b側に配設される。つまり、V相のハーフコイル23hは、片側占有ハーフコイル23h2である。

【0090】

このように、他相の単位コイル20のコイルエンド22の第三方向（矢印Z方向）のさらに外側（紙面手前側）を横断する引き出し線（一对のコイル引出部32f、32sのうちの少なくとも一方）は、一相分である。本明細書では、当該引き出し線を他相横断引き出し線という。本実施形態では、V相コイル33vの第二コイル引出部32sが他相横断

10

20

30

40

50

引き出し線である。

【0091】

図11A～図11Dに示すように、三相の相コイル33（U相コイル33u、V相コイル33vおよびW相コイル33w）は、U相コイル33u、V相コイル33v、W相コイル33wの順（相順と同じ順序）に、複数（60個）のスロット11に装着することでもできる（比較形態）。比較形態では、V相コイル33vは、U相コイル33uに対して、電気角120°（相間最小位相差）分、第一方向第二コイル引出部側（矢印X2方向）にずらして、複数（24個）のスロット11に装着する。W相コイル33wは、V相コイル33vに対して、電気角120°（相間最小位相差）分、第一方向第二コイル引出部側（矢印X2方向）にずらして、複数（24個）のスロット11に装着する。この方法は、第三実施形態で説明する第一装着工程と、第二遅相装着工程と、第三遅相装着工程とを備える三相同期機100の製造方法である。

10

【0092】

図11Aに示すように、比較形態のU相コイル33uを装着した後の状態は、図10Aに示す本実施形態のU相コイル33uを装着した後の状態と同じである。図11Bに示すように、V相コイル33vの第一コイル引出部32fは、スロット開口部11b側から引き出されて、第二方向スロット底部側（矢印Y1方向）に引き回されている。V相コイル33vの第一コイル引出部32fは、V相コイル33vの第一単位コイル20aのコイルエンド22の第三方向（矢印Z方向）のさらに外側（紙面手前側）を引き回すことができる。

20

【0093】

V相コイル33vの第二コイル引出部32sは、スロット中央部11cから引き出されている。V相コイル33vは、第二コイル引出部32sと、極対コイル32内の渡り線（単位コイル間接続部31c）とが接触して交差する。そのため、交差部位において、電気的な絶縁を確保するための対処が必要である。なお、極コイル間接続部32cは、第二コイル引出部32sと接触して交差しないので、第二コイル引出部32sに対する電気的な絶縁を確保するための対処は、不要である。

【0094】

コイル挿入機3I（インサータ治具）を用いた組み付けの結果、V相コイル33vの第二コイル引出部32sは、V相コイル33vの極対コイル32内の各渡り線（単位コイル間接続部31cおよび極コイル間接続部32c）の第三方向（矢印Z方向）の固定子鉄心10側（紙面奥側）を通過する。また、V相コイル33vの第二コイル引出部32sは、U相コイル33uの第三単位コイル20cのコイルエンド22の第三方向（矢印Z方向）のさらに外側（紙面手前側）を通過する。なお、V相のハーフコイル23hは、両側占有ハーフコイル23h1である。

30

【0095】

図11Cに示すように、W相コイル33wの第一コイル引出部32fは、スロット開口部11b側から引き出されて、第二方向スロット底部側（矢印Y1方向）に引き回されている。W相コイル33wの第一コイル引出部32fは、W相コイル33wの第一単位コイル20aのコイルエンド22の第三方向（矢印Z方向）のさらに外側（紙面手前側）を引き回すことができる。

40

【0096】

W相コイル33wの第二コイル引出部32sは、スロット中央部11cから引き出されている。W相コイル33wは、第二コイル引出部32sと、極対コイル32内の渡り線（単位コイル間接続部31c）とが接触して交差する。そのため、交差部位において、電気的な絶縁を確保するための対処が必要である。なお、極コイル間接続部32cは、第二コイル引出部32sと接触して交差しないので、第二コイル引出部32sに対する電気的な絶縁を確保するための対処は、不要である。

【0097】

コイル挿入機3I（インサータ治具）を用いた組み付けの結果、W相コイル33wの第

50

ニコイル引出部 3 2 s は、W 相コイル 3 3 w の極対コイル 3 2 内の各渡り線（単位コイル間接続部 3 1 c および極コイル間接続部 3 2 c）の第三方向（矢印 Z 方向）の固定子鉄心 1 0 側（紙面奥側）を通過する。また、W 相コイル 3 3 w の第二コイル引出部 3 2 s は、V 相コイル 3 3 v の第三単位コイル 2 0 c のコイルエンド 2 2 の第三方向（矢印 Z 方向）のさらに外側（紙面手前側）を通過する。なお、W 相のハーフコイル 2 3 h は、片側占有ハーフコイル 2 3 h 2 である。

【0098】

比較形態では、V 相コイル 3 3 v の第二コイル引出部 3 2 s は、スロット中央部 1 1 c から引き出されている。また、V 相コイル 3 3 v は、第二コイル引出部 3 2 s と、極対コイル 3 2 内の渡り線（単位コイル間接続部 3 1 c）とが接触して交差する。以上のことは、W 相コイル 3 3 w についても同様である。このように、比較形態では、三相の相コイル 3 3（U 相コイル 3 3 u、V 相コイル 3 3 v および W 相コイル 3 3 w）のうちの二相（V 相および W 相）において、第二コイル引出部 3 2 s と、極対コイル 3 2 内の渡り線（単位コイル間接続部 3 1 c）とが接触して交差する。

【0099】

一方、本実施形態では、三相の相コイル 3 3（U 相コイル 3 3 u、V 相コイル 3 3 v および W 相コイル 3 3 w）のうちの二相（V 相）において、第二コイル引出部 3 2 s と、極対コイル 3 2 内の渡り線（単位コイル間接続部 3 1 c）とが接触して交差する。このように、本実施形態の三相同期機 1 0 0 は、比較形態の三相同期機 1 0 0 と比べて、一対のコイル引出部 3 2 f、3 2 s と、極対コイル 3 2 内の渡り線（単位コイル間接続部 3 1 c）とが接触して交差する相数が少ない。よって、本実施形態の極対コイル 3 2 は、比較形態の極対コイル 3 2 と比べて、第三方向（矢印 Z 方向）のうちの二相（V 相および W 相）において、第二コイル引出部 3 2 s と、極対コイル 3 2 内の渡り線（単位コイル間接続部 3 1 c）とが接触して交差する。また、本実施形態の極対コイル 3 2 は、比較形態の極対コイル 3 2 と比べて、交差部位における電氣的な絶縁を確保するための対処箇所が減少する。

【0100】

ここで、各極対コイル 3 2 を構成する複数（3 つ）の単位コイル 2 0 間をそれぞれ接続する各渡り線（単位コイル間接続部 3 1 c および極コイル間接続部 3 2 c）の一端側の端部であってスロット底部 1 1 a 側に配設される端部を第一渡り線端部 3 4 a とする。また、当該渡り線他端側の端部であってスロット開口部 1 1 b 側に配設される端部を第二渡り線端部 3 4 b とする。さらに、両側占有ハーフコイル 2 3 h 1 の第一ハーフスロット部位 1 1 d 内の一点を始点とし第二ハーフスロット部位 1 1 e 内の一点を終点とするベクトルを第一ベクトル 3 5 a とする。また、極対コイル 3 2 の各渡り線（単位コイル間接続部 3 1 c および極コイル間接続部 3 2 c）の第一渡り線端部 3 4 a を始点とし第二渡り線端部 3 4 b を終点とするベクトルを第二ベクトル 3 5 b とする。

【0101】

図 1 1 E に示すように、比較形態では、第一ベクトル 3 5 a と、極コイル間接続部 3 2 c の第二ベクトル 3 5 b とのなす角 $\phi b 1$ は、機械角 90° より大きい鈍角になっている。第一ベクトル 3 5 a と、単位コイル間接続部 3 1 c の第二ベクトル 3 5 b とのなす角 $\phi b 2$ についても同様である。つまり、比較形態では、第一ベクトル 3 5 a と、第二ベクトル 3 5 b、3 5 b とのなす角 $\phi b 1$ 、 $\phi b 2$ が、いずれも機械角 90° より大きい鈍角になっている。なお、同図では、第三方向（矢印 Z 方向）に垂直な同一平面（同図の紙面上）において、第一ベクトル 3 5 a と、第二ベクトル 3 5 b、3 5 b とが配設されている。また、同図は、図 1 1 A に示す U 相コイル 3 3 u の極対コイル 3 2 の各渡り線（単位コイル間接続部 3 1 c および極コイル間接続部 3 2 c）について図示されているが、V 相コイル 3 3 v および W 相コイル 3 3 w についても同様に言える。

【0102】

一方、図 1 0 E に示すように、本実施形態では、第一ベクトル 3 5 a と、極コイル間接続部 3 2 c の第二ベクトル 3 5 b とのなす角 $\phi a 1$ は、機械角 90° より小さい鋭角になっている。第一ベクトル 3 5 a と、単位コイル間接続部 3 1 c の第二ベクトル 3 5 b との

なす角 $\phi a 2$ についても同様である。つまり、本実施形態では、第一ベクトル $35 a$ と、第二ベクトル $35 b$ 、 $35 b$ とのなす角 $\phi a 1$ 、 $\phi a 2$ が、いずれも機械角 90° より小さい鋭角になっている。なお、同図では、第三方向（矢印 Z 方向）に垂直な同一平面（同図の紙面上）において、第一ベクトル $35 a$ と、第二ベクトル $35 b$ 、 $35 b$ とが配設されている。また、同図は、図 $10 A$ に示す U 相コイル $33 u$ の極対コイル 32 の各渡り線（単位コイル間接続部 $31 c$ および極コイル間接続部 $32 c$ ）について図示されているが、 V 相コイル $33 v$ および W 相コイル $33 w$ についても同様に言える。

【0103】

本実施形態の三相同期機 100 によれば、第一ベクトル $35 a$ と、第二ベクトル $35 b$ 、 $35 b$ とのなす角 $\phi a 1$ 、 $\phi a 2$ が、いずれも機械角 90° より小さい鋭角である。そのため、本実施形態の三相同期機 100 は、極対コイル 32 内の各渡り線（単位コイル間接続部 $31 c$ および極コイル間接続部 $32 c$ ）と一对のコイル引出部 $32 f$ 、 $32 s$ の間の干渉交差（接触して交差する状況）を低減することができ、他相横断引き出し線の数を低減することができる。よって、本実施形態の極対コイル 32 は、比較形態の極対コイル 32 と比べて、第三方向（矢印 Z 方向）のうちの一对のコイル引出部 $32 f$ 、 $32 s$ 側のコイルエンド 22 が小型化され、その配策が簡素化される。

【0104】

<第二実施形態>

本実施形態は、第一実施形態と比べて、毎極毎相スロット数が異なる。また、本実施形態は、第一実施形態と比べて、ハーフコイル $23 h$ の配置が異なる。以下、第一実施形態と異なる点を中心に説明する。

【0105】

（ハーフコイル $23 h$ および一对のコイル引出部 $32 f$ 、 $32 s$ の配置）

本実施形態の三相同期機 100 は、 8 極 36 スロット構成の三相同期機（可動子 70 の可動子磁極数が 2 極、固定子 40 のスロット数が 9 スロットを基本構成とする三相同期機）であり、毎極毎相スロット数は 1.5 である。また、図 12 および図 13 に示すように、本実施形態では、各極対コイル 32 は、第一極コイル $31 f$ に一つのハーフコイル $23 h$ を備えている。第一極コイル $31 f$ は、一つの単位コイル 20 を備えており、当該単位コイル 20 を第一単位コイル $20 a$ とする。第一単位コイル $20 a$ の一对のコイルサイド 21 、 21 間のコイルピッチは、 3 スロットピッチに設定されている。第一単位コイル $20 a$ は、同心状に巻装されており、第一極コイル $31 f$ が形成されている。

【0106】

第二極コイル $31 s$ は、一つの単位コイル 20 を備えており、当該単位コイル 20 を第二単位コイル $20 b$ とする。第二単位コイル $20 b$ の一对のコイルサイド 21 、 21 間のコイルピッチは、 4 スロットピッチに設定されている。第二単位コイル $20 b$ は、同心状に巻装されており、第二極コイル $31 s$ が形成されている。本実施形態では、第一単位コイル $20 a$ は、ハーフコイル $23 h$ であり、第二単位コイル $20 b$ は、フルコイル $23 f$ である。

【0107】

また、第一単位コイル $20 a$ の巻進行方向 $W1$ および第二単位コイル $20 b$ の巻進行方向 $W2$ は、いずれも第二方向スロット底部側（矢印 $Y1$ 方向）である。さらに、第一単位コイル $20 a$ の巻進行方向 $W1$ から見た第一単位コイル $20 a$ の巻方向は、反時計回りである。また、第二単位コイル $20 b$ の巻進行方向 $W2$ から見た第二単位コイル $20 b$ の巻方向は、時計回りである。

【0108】

このように、毎極毎相スロット数 q の整数部 a が 1 であり、かつ、毎極毎相スロット数 q の分母部 c が 2 のときには、各極対コイル 32 は、第一極コイル $31 f$ に一つのハーフコイル $23 h$ を備えると好適である。また、第一コイル引出部 $32 f$ は、第一極コイル $31 f$ を構成する一つのハーフコイル $23 h$ （第一単位コイル $20 a$ ）の第一方向第一コイル引出部側（矢印 $X1$ 方向）のコイルサイド 21 （第一コイルサイド $21 a$ ）から引き出

され、中性点 3 N と接続されると好適である。さらに、第二コイル引出部 3 2 s は、第二極コイル 3 1 s を構成する一つのフルコイル 2 3 f (第二単位コイル 2 0 b) の第一方向第一コイル引出部側 (矢印 X 1 方向) のコイルサイド 2 1 (第二コイルサイド 2 1 b) から引き出され、相端子 3 T X (X は、U、V、W のうちのいずれか) と接続されると好適である。

【0109】

図 1 3 に示すように、本実施形態では、極コイル間接続部 3 2 c は、一对のコイル引出部 3 2 f, 3 2 s と交差していない。また、極コイル間接続部 3 2 c は、第二単位コイル 2 0 b のコイルエンド 2 2 の第三方向 (矢印 Z 方向) のさらに外側 (紙面手前側) を渡らせることができる。なお、同図では、第一コイル引出部 3 2 f は、スロット中央部 1 1 c から引き出されており、第二コイル引出部 3 2 s は、最もスロット底部 1 1 a 側から引き出されている。

10

【0110】

本実施形態の三相同期機 1 0 0 によれば、上述した構成により、極コイル間接続部 3 2 c は、一对のコイル引出部 3 2 f, 3 2 s と交差していない。その結果、各極対コイル 3 2 におけるハーフコイル 2 3 h および一对のコイル引出部 3 2 f, 3 2 s のうちの少なくとも一方の配置が本実施形態と異なる形態と比べて、本実施形態の各極対コイル 3 2 は、第三方向 (矢印 Z 方向) のうち的一对のコイル引出部 3 2 f, 3 2 s 側のコイルエンド 2 2 が小型化され、その配策が簡素化される。

20

【0111】

本実施形態の三相同期機 1 0 0 は、毎極毎相スロット数が 1.5 であるので、各極対コイル 3 2 は、一つのフルコイル 2 3 f と、一つのハーフコイル 2 3 h とを備える。そのため、各極対コイル 3 2 は、単位コイル間接続部 3 1 c が不要であり、極対コイル 3 2 内の渡り線が簡素化される。よって、一对のコイル引出部 3 2 f, 3 2 s の配置が同じ場合には、本実施形態の三相同期機 1 0 0 は、毎極毎相スロット数が 2.5 以上の場合と比べて、極対コイル 3 2 内の渡り線 (極コイル間接続部 3 2 c、単位コイル間接続部 3 1 c) と、一对のコイル引出部 3 2 f, 3 2 s との間の干渉交差 (接触して交差する状況) が低減される。

【0112】

(相コイル 3 3 の配置)

30

三相の相コイル 3 3 (U 相コイル 3 3 u、V 相コイル 3 3 v および W 相コイル 3 3 w) は、第一実施形態で既述の第一装着工程と、第二進相装着工程と、第三進相装着工程とを備える三相同期機 1 0 0 の製造方法によって、複数 (36 個) のスロット 1 1 に装着されると好適である。これにより、図 1 4 A ~ 図 1 4 D に示すように、三相の相コイル 3 3 は、U 相コイル 3 3 u、W 相コイル 3 3 w、V 相コイル 3 3 v の順に組み付けられる。

【0113】

図 1 4 A に示すように、U 相コイル 3 3 u の第一コイル引出部 3 2 f は、スロット中央部 1 1 c から引き出されて、第二方向スロット底部側 (矢印 Y 1 方向) に引き回されている。U 相コイル 3 3 u の第一コイル引出部 3 2 f は、U 相コイル 3 3 u の第一単位コイル 2 0 a のコイルエンド 2 2 の第三方向 (矢印 Z 方向) のさらに外側 (紙面手前側) を引き回すことができる。なお、U 相コイル 3 3 u の第二コイル引出部 3 2 s は、スロット底部 1 1 a 側から引き出されている。このように、U 相コイル 3 3 u は、一对のコイル引出部 3 2 f, 3 2 s と、極対コイル 3 2 内の渡り線 (極コイル間接続部 3 2 c) とが交差していない。なお、U 相のハーフコイル 2 3 h は、片側占有ハーフコイル 2 3 h 2 である。

40

【0114】

図 1 4 B に示すように、W 相コイル 3 3 w の第一コイル引出部 3 2 f は、スロット中央部 1 1 c から引き出されて、第二方向スロット底部側 (矢印 Y 1 方向) に引き回されている。W 相コイル 3 3 w の第一コイル引出部 3 2 f は、W 相コイル 3 3 w の第一単位コイル 2 0 a のコイルエンド 2 2 の第三方向 (矢印 Z 方向) のさらに外側 (紙面手前側) を引き回すことができる。なお、W 相コイル 3 3 w の第二コイル引出部 3 2 s は、スロット底部

50

1 1 a 側から引き出されている。このように、W相コイル 3 3 w は、一対のコイル引出部 3 2 f, 3 2 s と、極対コイル 3 2 内の渡り線（極コイル間接続部 3 2 c）とが交差していない。なお、W相のハーフコイル 2 3 h は、両側占有ハーフコイル 2 3 h 1 である。

【0115】

図 1 4 C に示すように、V相コイル 3 3 v の第一コイル引出部 3 2 f は、スロット開口部 1 1 b 側から引き出されて、第二方向スロット底部側（矢印 Y 1 方向）に引き回されている。V相コイル 3 3 v の第一コイル引出部 3 2 f は、V相コイル 3 3 v の第一単位コイル 2 0 a のコイルエンド 2 2 の第三方向（矢印 Z 方向）のさらに外側（紙面手前側）を引き回することができる。なお、V相コイル 3 3 v の第二コイル引出部 3 2 s は、スロット底部 1 1 a 側から引き出されている。このように、V相コイル 3 3 v は、一対のコイル引出部 3 2 f, 3 2 s と、極対コイル 3 2 内の渡り線（極コイル間接続部 3 2 c）とが交差していない。なお、V相のハーフコイル 2 3 h は、片側占有ハーフコイル 2 3 h 2 である。

10

【0116】

以上のように、三相の相コイル 3 3（U相コイル 3 3 u, V相コイル 3 3 v, W相コイル 3 3 w）は、いずれの相においても、一対のコイル引出部 3 2 f, 3 2 s と、極対コイル 3 2 内の渡り線（極コイル間接続部 3 2 c）とが交差していない。なお、U相コイル 3 3 u の第一コイル引出部 3 2 f は、スロット中央部 1 1 c から引き出されるが、極対コイル 3 2 内の渡り線（極コイル間接続部 3 2 c）と干渉しない。このことは、W相コイル 3 3 w の第一コイル引出部 3 2 f についても同様に言える。

【0117】

20

コイル挿入機 3 I（インサータ治具）を用いた組み付けの結果、V相コイル 3 3 v の第一コイル引出部 3 2 f は、U相コイル 3 3 u の第一単位コイル 2 0 a のコイルエンド 2 2 の第三方向（矢印 Z 方向）のさらに外側（紙面手前側）を通過する。このように、本実施形態では、他相横断引き出し線は、一相分であり、V相コイル 3 3 v の第一コイル引出部 3 2 f である。

【0118】

図 1 5 A～図 1 5 D に示すように、三相の相コイル 3 3（U相コイル 3 3 u、V相コイル 3 3 v および W相コイル 3 3 w）は、U相コイル 3 3 u、V相コイル 3 3 v、W相コイル 3 3 w の順（相順と同じ順序）に、複数（36 個）のスロット 1 1 に装着することもできる（比較形態）。比較形態では、V相コイル 3 3 v は、U相コイル 3 3 u に対して、電気角 120°（相間最小位相差）分、第一方向第二コイル引出部側（矢印 X 2 方向）にずらして、複数（16 個）のスロット 1 1 に装着する。W相コイル 3 3 w は、V相コイル 3 3 v に対して、電気角 120°（相間最小位相差）分、第一方向第二コイル引出部側（矢印 X 2 方向）にずらして、複数（16 個）のスロット 1 1 に装着する。この方法は、第三実施形態で説明する第一装着工程と、第二遅相装着工程と、第三遅相装着工程とを備える三相同期機 100 の製造方法である。

30

【0119】

図 1 5 A に示すように、比較形態の U相コイル 3 3 u を装着した後の状態は、図 1 4 A に示す本実施形態の U相コイル 3 3 u を装着した後の状態と同じである。図 1 5 B に示すように、V相コイル 3 3 v の第一コイル引出部 3 2 f は、スロット開口部 1 1 b 側から引き出されて、第二方向スロット底部側（矢印 Y 1 方向）に引き回されている。V相コイル 3 3 v の第一コイル引出部 3 2 f は、V相コイル 3 3 v の第一単位コイル 2 0 a のコイルエンド 2 2 の第三方向（矢印 Z 方向）のさらに外側（紙面手前側）を引き回することができる。なお、V相コイル 3 3 v の第二コイル引出部 3 2 s は、スロット底部 1 1 a 側から引き出されている。このように、V相コイル 3 3 v は、一対のコイル引出部 3 2 f, 3 2 s と、極対コイル 3 2 内の渡り線（極コイル間接続部 3 2 c）とが交差していない。なお、V相のハーフコイル 2 3 h は、両側占有ハーフコイル 2 3 h 1 である。

40

【0120】

図 1 5 C に示すように、W相コイル 3 3 w の第一コイル引出部 3 2 f は、スロット開口部 1 1 b 側から引き出されて、第二方向スロット底部側（矢印 Y 1 方向）に引き回されて

50

いる。W相コイル 3 3 w の第一コイル引出部 3 2 f は、W相コイル 3 3 w の第一単位コイル 2 0 a のコイルエンド 2 2 の第三方向（矢印 Z 方向）のさらに外側（紙面手前側）を引き回すことができる。なお、W相コイル 3 3 w の第二コイル引出部 3 2 s は、スロット底部 1 1 a 側から引き出されている。このように、W相コイル 3 3 w は、一対のコイル引出部 3 2 f, 3 2 s と、極対コイル 3 2 内の渡り線（極コイル間接続部 3 2 c）とが交差していない。なお、W相のハーフコイル 2 3 h は、片側占有ハーフコイル 2 3 h 2 である。

【0 1 2 1】

以上のように、三相の相コイル 3 3（U相コイル 3 3 u, V相コイル 3 3 v, W相コイル 3 3 w）は、いずれの相においても、一対のコイル引出部 3 2 f, 3 2 s と、極対コイル 3 2 内の渡り線（極コイル間接続部 3 2 c）とが交差していない。なお、U相コイル 3 3 u の第一コイル引出部 3 2 f は、スロット中央部 1 1 c から引き出されるが、極対コイル 3 2 内の渡り線（極コイル間接続部 3 2 c）と干渉しない。

10

【0 1 2 2】

コイル挿入機 3 I（インサータ治具）を用いた組み付けの結果、V相コイル 3 3 v の第一コイル引出部 3 2 f は、U相コイル 3 3 u の第一単位コイル 2 0 a のコイルエンド 2 2 の第三方向（矢印 Z 方向）のさらに外側（紙面手前側）を通過する。同様に、W相コイル 3 3 w の第一コイル引出部 3 2 f は、V相コイル 3 3 v の第一単位コイル 2 0 a のコイルエンド 2 2 の第三方向（矢印 Z 方向）のさらに外側（紙面手前側）を通過する。つまり、比較形態では、他相横断引き出し線は、二相分であり、V相コイル 3 3 v の第一コイル引出部 3 2 f および W相コイル 3 3 w の第一コイル引出部 3 2 f である。

20

【0 1 2 3】

一方、本実施形態では、他相横断引き出し線は、一相分であり、V相コイル 3 3 v の第一コイル引出部 3 2 f である。このように、本実施形態の三相同期機 1 0 0 は、比較形態の三相同期機 1 0 0 と比べて、他相横断引き出し線の相数が少ない。よって、本実施形態の三相同期機 1 0 0 は、比較形態の三相同期機 1 0 0 と比べて、相コイル 3 3 間の電気的な絶縁が必要な絶縁部位を低減することができる。当該絶縁部位に用いる絶縁部材は、当該部位を電氣的に絶縁することができれば良く、限定されないが、例えば、絶縁チューブなどを用いることができる。このことは、後述する他相横断引き出し線についても同様に言える。

【0 1 2 4】

また、図 1 5 E に示すように、比較形態では、両側占有ハーフコイル 2 3 h 1 の第一ハーフスロット部位 1 1 d 内の一点を始点とし第二ハーフスロット部位 1 1 e 内の一点を終点とするベクトル（第一ベクトル 3 5 a）と、極コイル間接続部 3 2 c の第一渡り線端部 3 4 a を始点とし第二渡り線端部 3 4 b を終点とするベクトル（第二ベクトル 3 5 b）とのなす角 $\phi b 1$ は、機械角 90° より大きい鈍角になっている。

30

【0 1 2 5】

一方、図 1 4 E に示すように、本実施形態では、両側占有ハーフコイル 2 3 h 1 の第一ハーフスロット部位 1 1 d 内の一点を始点とし第二ハーフスロット部位 1 1 e 内の一点を終点とするベクトル（第一ベクトル 3 5 a）と、極コイル間接続部 3 2 c の第一渡り線端部 3 4 a を始点とし第二渡り線端部 3 4 b を終点とするベクトル（第二ベクトル 3 5 b）とのなす角 $\phi a 1$ は、機械角 90° より小さい鋭角になっている。

40

【0 1 2 6】

本実施形態の三相同期機 1 0 0 によれば、上述した構成により、極対コイル 3 2 内の渡り線（極コイル間接続部 3 2 c）と一対のコイル引出部 3 2 f, 3 2 s の間の干渉交差（接触して交差する状況）を低減することができ、他相横断引き出し線の数も低減することができる。よって、本実施形態の極対コイル 3 2 は、比較形態の極対コイル 3 2 と比べて、第三方向（矢印 Z 方向）のうちの二対のコイル引出部 3 2 f, 3 2 s 側のコイルエンド 2 2 が小型化され、その配策が簡素化される。

【0 1 2 7】

< 第三実施形態 >

50

本実施形態は、三相の相コイル 3 3 (U 相コイル 3 3 u, V 相コイル 3 3 v, W 相コイル 3 3 w) の各相単位コイル 3 6 が極コイル 3 1 である点で、第一実施形態と異なる。以下、第一実施形態と異なる点を中心に説明する。

【0128】

図 16 に示すように、固定子コイル 3 0 に含まれる複数 (三相の各相 1 2 個、合計 3 6 個) の単位コイル 2 0 は、複数組 (本実施形態では、四組) の一对の可動子磁極 6 1, 6 2 のうちの同一極性の可動子磁極 (同図では、N 極の可動子磁極 6 1) に対向するように、一对の可動子磁極 6 1, 6 2 に対向するスロット単位で集約されている。本実施形態の三相同期機 1 0 0 は、8 極 6 0 スロット構成の三相同期機であるので、1 5 スロット単位で、複数 (一相あたり 3 つ) の単位コイル 2 0 が集約されている。

10

【0129】

また、一对の可動子磁極 6 1, 6 2 に対向するスロット単位 (1 5 スロット単位) で集約された複数 (一相あたり 3 つ) の単位コイル 2 0 は、極コイル 3 1 を構成している。各極コイル 3 1 は、一对のコイルサイド 2 1, 2 1 間のコイルピッチが異なる複数 (3 つ) の単位コイル 2 0 が同心状に巻装され、電氣的に直列接続されている。極コイル 3 1 を構成する 3 つの単位コイル 2 0 を第一単位コイル 2 0 a、第二単位コイル 2 0 b および第三単位コイル 2 0 c とする。また、単位コイル 2 0, 2 0 同士を電氣的に接続する部位を単位コイル間接続部 3 1 c とする。本実施形態では、第一単位コイル 2 0 a、第二単位コイル 2 0 b および第三単位コイル 2 0 c は、2 つの単位コイル間接続部 3 1 c, 3 1 c を介して、電氣的に直列接続されている。

20

【0130】

図 16 に示すように、第一単位コイル 2 0 a の一对のコイルサイド 2 1, 2 1 間のコイルピッチ C P 1 は、9 スロットピッチ (9 s p) に設定されている。第二単位コイル 2 0 b の一对のコイルサイド 2 1, 2 1 間のコイルピッチ C P 2 は、7 スロットピッチ (7 s p) に設定されている。第三単位コイル 2 0 c の一对のコイルサイド 2 1, 2 1 間のコイルピッチ C P 3 は、5 スロットピッチ (5 s p) に設定されている。このように、コイルピッチ C P 1 ~ C P 3 は、それぞれ異なっている。

【0131】

各極コイル 3 1 は、第一コイル引出部 3 2 f と第二コイル引出部 3 2 s とからなる一对のコイル引出部 3 2 f, 3 2 s を備えていると好適である。第一コイル引出部 3 2 f は、一の単位コイル 2 0 (本実施形態では、第一単位コイル 2 0 a) の一のコイルサイド 2 1 から引き出され、相端子 3 T X (X は、U、V、W のうちのいずれか) と接続される。当該コイルサイド 2 1 を第一コイルサイド 2 1 a とする。また、第二コイル引出部 3 2 s は、一の単位コイル 2 0 (本実施形態では、第三単位コイル 2 0 c) の一のコイルサイド 2 1 から引き出され、中性点 3 N と接続される。当該コイルサイド 2 1 を第二コイルサイド 2 1 b とする。同図では、極コイル 3 1 の巻始め部 3 2 a から巻終り部 3 2 b までの巻順を数字 * で示している。なお、各極コイル 3 1 を構成する複数 (3 つ) の単位コイル 2 0 は、同心状に巻装されるので、各単位コイル 2 0 の一对のコイルサイド 2 1, 2 1 には、同一の数字 * が付されている。

30

【0132】

三相の相コイル 3 3 (U 相コイル 3 3 u, V 相コイル 3 3 v, W 相コイル 3 3 w) の各々は、各一对のコイル引出部 3 2 f, 3 2 s を介して、磁極周期数 (4 つ) の極コイル 3 1 が電氣的に並列接続されている。具体的には、各極コイル 3 1 の巻始め部 3 2 a 同士が電氣的に接続され、U 相端子 3 T U と接続されている。また、各極コイル 3 1 の巻終り部 3 2 b 同士が電氣的に接続され、中性点 3 N と接続されている。V 相コイル 3 3 v および W 相コイル 3 3 w は、U 相コイル 3 3 u と同様に形成することができる。

40

【0133】

(複数のスロット 1 1 の占有状態)

次に、複数の単位コイル 2 0 による複数のスロット 1 1 の占有状態について説明する。図 1 7 A および図 1 7 B は、U 相コイル 3 3 u を構成する各極コイル 3 1 が複数のスロッ

50

ト 1 1 に装着された状態を示しており、各極コイル 3 1 は、電氣的に並列接続されている。図 1 7 A および図 1 7 B では、U 相コイル 3 3 u の四磁極分（二磁極対分）の極コイル 3 1, 3 1 が示されている。また、図 1 7 A では、極コイル 3 1 は、説明の便宜上、＜U 8＞および＜U 2＞の符号が付されている。（U 1）および（U 3）は、一对の可動子磁極 6 1, 6 2 に対向するスロット単位（1 5 スロット単位）で、複数（3 つ）の単位コイル 2 0 が集約された結果、単位コイル 2 0 が存在しない領域を示している。

【0 1 3 4】

例えば、図 1 7 A に示す＜U 2＞の第一単位コイル 2 0 a は、第一コイル引出部 3 2 f が引き出されるスロット番号 9 のスロット開口部 1 1 b 側から巻始められる。そして、第一単位コイル 2 0 a は、一对のスロット 1 1, 1 1（スロット番号 9 および 1 8）間で巻き回され、単位コイル間接続部 3 1 c の一端側のスロット番号 1 8 のスロット底部 1 1 a 側で巻終わる。このときの第一単位コイル 2 0 a の巻進行方向 W 1 は、第二方向スロット底部側（矢印 Y 1 方向）であり、第一単位コイル 2 0 a の巻進行方向 W 1 から見た第一単位コイル 2 0 a の巻方向は、反時計回りになる。上記単位コイル間接続部 3 1 c は、スロット番号 1 8 のスロット底部 1 1 a 側からスロット番号 1 0 のスロット開口部 1 1 b 側に引き回されている。

【0 1 3 5】

＜U 2＞の第二単位コイル 2 0 b は、上記単位コイル間接続部 3 1 c の他端側のスロット番号 1 0 のスロット開口部 1 1 b 側から巻始められる。そして、第二単位コイル 2 0 b は、一对のスロット 1 1, 1 1（スロット番号 1 0 および 1 7）間で巻き回され、上記単位コイル間接続部 3 1 c とは異なる単位コイル間接続部 3 1 c の一端側のスロット番号 1 7 のスロット底部 1 1 a 側で巻終わる。このときの第二単位コイル 2 0 b の巻進行方向 W 2 は、第二方向スロット底部側（矢印 Y 1 方向）であり、第二単位コイル 2 0 b の巻進行方向 W 2 から見た第二単位コイル 2 0 b の巻方向は、反時計回りになる。上述の単位コイル間接続部 3 1 c は、スロット番号 1 7 のスロット底部 1 1 a 側からスロット番号 1 1 のスロット中央部 1 1 c に引き回されている。

【0 1 3 6】

＜U 2＞の第三単位コイル 2 0 c は、上述の単位コイル間接続部 3 1 c の他端側のスロット番号 1 1 のスロット中央部 1 1 c から巻始められる。そして、第三単位コイル 2 0 c は、一对のスロット 1 1, 1 1（スロット番号 1 1 および 1 6）間で巻き回され、第二コイル引出部 3 2 s が引き出されるスロット番号 1 6 のスロット底部 1 1 a 側で巻終わる。このときの第三単位コイル 2 0 c の巻進行方向 W 3 は、第二方向スロット底部側（矢印 Y 1 方向）であり、第三単位コイル 2 0 c の巻進行方向 W 3 から見た第三単位コイル 2 0 c の巻方向は、反時計回りになる。なお、これらの巻順は、図 1 6 の数字 * で示す巻順と一致している。

【0 1 3 7】

固定子コイル 3 0 に含まれる複数（三相の各相 1 2 個、合計 3 6 個）の単位コイル 2 0 は、複数のスロット 1 1 の占有状態に関して、フルコイル 2 3 f とハーフコイル 2 3 h との二種類の単位コイル 2 0 を備えている。第一単位コイル 2 0 a および第二単位コイル 2 0 b は、フルコイル 2 3 f であり、第三単位コイル 2 0 c は、ハーフコイル 2 3 h である。図 1 7 A では、フルコイル 2 3 f は、実線の六角形で示され、ハーフコイル 2 3 h は、細破線の六角形で示されている。

【0 1 3 8】

図 1 8 A および図 1 8 B に示すように、U 相コイル 3 3 u を構成する各極コイル 3 1 について既述したことは、V 相コイル 3 3 v および W 相コイル 3 3 w についても同様に言える。このように、固定子コイル 3 0 に含まれる複数（三相の各相 1 2 個、合計 3 6 個）の単位コイル 2 0 は、複数のスロット 1 1 の占有状態に関して、フルコイル 2 3 f とハーフコイル 2 3 h との二種類の単位コイル 2 0 を備えている。なお、本実施形態では、V 相コイル 3 3 v のハーフコイル 2 3 h は、両側占有ハーフコイル 2 3 h 1 であり、U 相コイル 3 3 u および W 相コイル 3 3 w は、片側占有ハーフコイル 2 3 h 2 である。

【0139】

本実施形態の三相同期機100によれば、固定子コイル30に含まれる複数（三相の各相12個、合計36個）の単位コイル20は、複数組（四組）の一对の可動子磁極61, 62のうちの同一極性の可動子磁極に対向するように、一对の可動子磁極61, 62に対向するスロット単位（15スロット単位）で集約されている。また、各相単位コイル36は、一对の可動子磁極61, 62に対向するスロット単位（15スロット単位）で集約された一对のコイルサイド21, 21間のコイルピッチが異なる複数（一相あたり3つ）の単位コイル20が同心状に巻装され、電氣的に直列接続されている一つの極コイル31である。そのため、本実施形態の三相同期機100は、複数の単位コイル20が分散配置化される第一実施形態の三相同期機100と比べて、固定子コイル30の組み付けが容易であり、巻装時間を低減することが容易である。

10

【0140】

（各単位コイル20の巻進行方向）

第一実施形態と同様に、各極コイル31を構成する複数（3つ）の単位コイル20（第一単位コイル20a、第二単位コイル20bおよび第三単位コイル20c）の各巻進行方向（巻進行方向W1、巻進行方向W2および巻進行方向W3）は、いずれも第二方向スロット底部側（矢印Y1方向）であると好適である。これにより、本実施形態の三相同期機100は、コイル挿入機3I（インサータ治具）を用いて、例えば、相コイル33（U相コイル33u、V相コイル33vおよびW相コイル33w）単位で、複数（4つ）の極コイル31を複数（24個）のスロット11に装着することができる。具体的には、各相コイル33を構成する複数（4つ）の極コイル31を、インサータブレード3Bの支持部3B1に落とし込んで、当該複数（4つ）の極コイル31を把持して、当該複数（4つ）の極コイル31を一度に各スロット11内に挿入し、装着することができる。つまり、本実施形態の三相同期機100は、分数スロット構成の三相同期機で一般的に実施されている二層重巻（上述した相コイル33単位での装着が難しい）と比べて、三相同期機の性能を略同等に維持しつつ、固定子コイル30の組み付けに要する作業工数を短縮することができる。

20

【0141】

また、各極コイル31を構成する複数（3つ）の単位コイル20は、一对のコイルサイド21, 21間のコイルピッチが最大の単位コイル20（第一単位コイル20a）から一对のコイルサイド21, 21間のコイルピッチが最小の単位コイル20（第三単位コイル20c）へ連続して巻進められており、最も近接する単位コイル20, 20同士（第一単位コイル20aと第二単位コイル20bおよび第二単位コイル20bと第三単位コイル20c）が電氣的に接続されていると好適である。これにより、本実施形態の三相同期機100は、各極コイル31を構成する単位コイル20の各々を同心状に巻装した後に、別途、単位コイル20間を接続する場合と比べて、単位コイル20間の接続が簡素になり、固定子コイル30の巻装作業の作業性が向上する。

30

【0142】

（一对のコイル引出部32f, 32sの配置）

次に、各極コイル31における一对のコイル引出部32f, 32sの好適な配置について説明する。毎極毎相スロット数qの分母部cが2のときには、各極コイル31は、一つのハーフコイル23hを備える。図16および図19に示すように、第一コイル引出部32fは、極コイル31を構成する複数（3つ）の単位コイル20のうちの一对のコイルサイド21, 21間のコイルピッチが最大の単位コイル20（第一単位コイル20a）の第一方向第一コイル引出部側（矢印X1方向）のコイルサイド21（第一コイルサイド21a）から引き出されていると好適である。また、第二コイル引出部32sは、極コイル31を構成する複数（3つ）の単位コイル20のうちの一对のコイルサイド21, 21間のコイルピッチが最小の単位コイル20（第三単位コイル20c）であって、一つのハーフコイル23hの第一方向第二コイル引出部側（矢印X2方向）のコイルサイド21（第二コイルサイド21b）から引き出されていると好適である。

40

50

【0143】

図19は、第三方向（矢印Z方向）のうちの一对のコイル引出部32f、32s側から見た図16に示す極コイル31が複数（6つ）のスロット11に装着された状態を示している。図19は、図17Bおよび図18Bと同様に図示されている。ただし、図19では、複数（2つ）の単位コイル間接続部31c、31cおよび一对のコイル引出部32f、32s（第一コイル引出部32fおよび第二コイル引出部32s）が図示されている。なお、図19では、第一コイル引出部32fは、最もスロット開口部11b側から引き出されており、第二コイル引出部32sは、最もスロット底部11a側から引き出されている。

【0144】

本実施形態の三相同期機100によれば、上述した構成により、複数（2つ）の単位コイル間接続部31c、31cは、いずれも一对のコイル引出部32f、32sと交差していない。従って、近接部位の干渉回避が容易である。なお、第一コイル引出部32fは、第一単位コイル20aのコイルエンド22の第三方向（矢印Z方向）のさらに外側（紙面手前側）を渡らせることができる。また、第一単位コイル20aと第二単位コイル20bとを接続する単位コイル間接続部31cは、第一単位コイル20aおよび第二単位コイル20bの各コイルエンド22、22間に収容することができる。第二単位コイル20bと第三単位コイル20cとを接続する単位コイル間接続部31cは、第二単位コイル20bおよび第三単位コイル20cの各コイルエンド22、22間に収容することができる。

【0145】

毎極毎相スロット数が3.5以上の場合も、各極コイル31における一对のコイル引出部32f、32sの好適な配置は、毎極毎相スロット数が2.5の場合と同様である。例えば、毎極毎相スロット数が3.5の場合、各極コイル31は、毎極毎相スロット数が2.5の場合と比べて、フルコイル23fの数および単位コイル間接続部31cの数が一つずつ増加する。しかしながら、各極コイル31における一对のコイル引出部32f、32sの配置を本実施形態と同様の配置にすると、複数（3つ）の単位コイル間接続部31cと、一对のコイル引出部32f、32sとは、交差しない。

【0146】

（相コイル33の配置）

三相の相コイル33（U相コイル33u、V相コイル33vおよびW相コイル33w）は、第一装着工程と、第二遅相装着工程と、第三遅相装着工程とを備える三相同期機100の製造方法によって、複数（60個）のスロット11に装着されると好適である。これにより、本実施形態では、三相の相コイル33は、U相コイル33u、V相コイル33v、W相コイル33wの順に組み付けられる。なお、第一実施形態と同様に、三相の相コイル33は、U相コイル33u、V相コイル33v、W相コイル33wの順に位相が遅れているものとする。また、三相の相コイル33は、第一方向第二コイル引出部側（矢印X2方向）に、U相コイル33u、V相コイル33v、W相コイル33wの相順に配設するものとする。

【0147】

図20Aに示すように、第一装着工程は、三相の相コイル33のうちの一の相コイル33（本実施形態では、U相コイル33u）を複数（24個）のスロット11に装着する工程である。同図は、U相コイル33uを構成する概ね二磁極対分の極コイル31を示しており、残りの概ね二磁極対分の極コイル31の記載が省略されている。このことは、図20B～図20Dについても同様である。

【0148】

図20Aに示すように、U相コイル33uの第一コイル引出部32fは、スロット開口部11b側から引き出されて、第二方向スロット底部側（矢印Y1方向）に引き回されている。U相コイル33uの第一コイル引出部32fは、U相コイル33uの第一単位コイル20aのコイルエンド22の第三方向（矢印Z方向）のさらに外側（紙面手前側）を引き回すことができる。なお、U相コイル33uの第二コイル引出部32sは、スロット底

10

20

30

40

50

部 1 1 a 側から引き出されている。

【0149】

このように、U相コイル 3 3 u は、一対のコイル引出部 3 2 f, 3 2 s と、極コイル 3 1 内の各渡り線（複数（2つ）の単位コイル間接続部 3 1 c, 3 1 c）とが交差していない。また、U相コイル 3 3 u は、最初に装着されるので、他の相コイル 3 3（V相コイル 3 3 v および W相コイル 3 3 w）の影響を受けることなく、ハーフコイル 2 3 h の一対のコイルサイド 2 1, 2 1 は、いずれもスロット底部 1 1 a 側に配設される。つまり、U相のハーフコイル 2 3 h は、片側占有ハーフコイル 2 3 h 2 である。

【0150】

第二遅相装着工程は、三相の相コイル 3 3 のうちの残りの一の相コイル 3 3 を、第一装着工程で装着された相コイル 3 3（U相コイル 3 3 u）に対して、電気角 1 2 0 ° 分、第一方向第二コイル引出部側（矢印 X 2 方向）にずらして、複数（24個）のスロット 1 1 に装着する工程である。残りの一の相コイル 3 3 は、第一装着工程で装着された相コイル 3 3（U相コイル 3 3 u）と比べて、電気角 1 2 0 ° 分、位相が遅れる相コイル 3 3（本実施形態では、V相コイル 3 3 v）をいう。なお、第一実施形態と同様に、電気角 1 2 0 ° は、相間最小位相差に相当し、5スロットピッチ分に相当する。

【0151】

図 2 0 B に示すように、V相コイル 3 3 v の第一コイル引出部 3 2 f は、スロット開口部 1 1 b 側から引き出されて、第二方向スロット底部側（矢印 Y 1 方向）に引き回されている。V相コイル 3 3 v の第一コイル引出部 3 2 f は、V相コイル 3 3 v の第一単位コイル 2 0 a のコイルエンド 2 2 の第三方向（矢印 Z 方向）のさらに外側（紙面手前側）を引き回すことができる。なお、V相コイル 3 3 v の第二コイル引出部 3 2 s は、スロット底部 1 1 a 側から引き出されている。

【0152】

このように、V相コイル 3 3 v は、一対のコイル引出部 3 2 f, 3 2 s と、極コイル 3 1 内の各渡り線（複数（2つ）の単位コイル間接続部 3 1 c, 3 1 c）とが交差していない。なお、V相コイル 3 3 v は、U相コイル 3 3 u の後に装着されるので、ハーフコイル 2 3 h の一対のコイルサイド 2 1, 2 1 のうちの一方のコイルサイド 2 1 がスロット底部 1 1 a 側に配設され、当該一対のコイルサイド 2 1, 2 1 のうちの他方のコイルサイド 2 1 がスロット開口部 1 1 b 側に配設される。つまり、V相のハーフコイル 2 3 h は、両側占有ハーフコイル 2 3 h 1 である。

【0153】

第三遅相装着工程は、三相の相コイル 3 3 のうちの残りの一の相コイル 3 3 を、第二遅相装着工程で装着された相コイル 3 3（V相コイル 3 3 v）に対して、電気角 1 2 0 ° 分、第一方向第二コイル引出部側（矢印 X 2 方向）にずらして、複数（24個）のスロット 1 1 に装着する工程である。残りの一の相コイル 3 3 は、第二遅相装着工程で装着された相コイル 3 3（V相コイル 3 3 v）と比べて、電気角 1 2 0 ° 分、位相が遅れる相コイル 3 3（本実施形態では、W相コイル 3 3 w）をいう。

【0154】

図 2 0 C に示すように、W相コイル 3 3 w の第一コイル引出部 3 2 f は、スロット開口部 1 1 b 側から引き出されて、第二方向スロット底部側（矢印 Y 1 方向）に引き回されている。W相コイル 3 3 w の第一コイル引出部 3 2 f は、W相コイル 3 3 w の第一単位コイル 2 0 a のコイルエンド 2 2 の第三方向（矢印 Z 方向）のさらに外側（紙面手前側）を引き回すことができる。

【0155】

W相コイル 3 3 w の第二コイル引出部 3 2 s は、スロット中央部 1 1 c から引き出されている。W相コイル 3 3 w は、第二コイル引出部 3 2 s と、極コイル 3 1 内の渡り線（第二単位コイル 2 0 b および第三単位コイル 2 0 c を接続する単位コイル間接続部 3 1 c）とが接触して交差する。そのため、交差部位において、電気的な絶縁を確保するための対処が必要である。なお、第一単位コイル 2 0 a および第二単位コイル 2 0 b を接続する単

位コイル間接続部 3 1 c は、第二コイル引出部 3 2 s と接触して交差しないので、第二コイル引出部 3 2 s に対する電氣的な絶縁を確保するための対処は、不要である。

【0156】

コイル挿入機 3 I (インサータ治具) を用いた組み付けの結果、W 相コイル 3 3 w の第二コイル引出部 3 2 s は、W 相コイル 3 3 w の極コイル 3 1 内の各渡り線 (複数 (2 つ) の単位コイル間接続部 3 1 c, 3 1 c) の第三方向 (矢印 Z 方向) の固定子鉄心 1 0 側 (紙面奥側) を通過する。また、W 相コイル 3 3 w の第二コイル引出部 3 2 s は、U 相コイル 3 3 u の第三単位コイル 2 0 c のコイルエンド 2 2 の第三方向 (矢印 Z 方向) のさらに外側 (紙面手前側) を通過する。このように、本実施形態では、他相横断引き出し線は、一相分であり、W 相コイル 3 3 w の第二コイル引出部 3 2 s である。なお、W 相コイル 3 3 w は、最後に装着されるので、ハーフコイル 2 3 h の一対のコイルサイド 2 1, 2 1 は、いずれもスロット開口部 1 1 b 側に配設される。つまり、W 相のハーフコイル 2 3 h は、片側占有ハーフコイル 2 3 h 2 である。

10

【0157】

図 2 1 A ~ 図 2 1 D に示すように、三相の相コイル 3 3 (U 相コイル 3 3 u、V 相コイル 3 3 v および W 相コイル 3 3 w) は、U 相コイル 3 3 u、W 相コイル 3 3 w、V 相コイル 3 3 v の順 (相順と逆順序) に、複数 (6 0 個) のスロット 1 1 に装着することもできる (比較形態)。比較形態では、W 相コイル 3 3 w は、U 相コイル 3 3 u に対して、電気角 1 2 0 ° (相間最小位相差) 分、第一方向第一コイル引出部側 (矢印 X 1 方向) にずらして、複数 (2 4 個) のスロット 1 1 に装着する。V 相コイル 3 3 v は、W 相コイル 3 3 w に対して、電気角 1 2 0 ° (相間最小位相差) 分、第一方向第一コイル引出部側 (矢印 X 1 方向) にずらして、複数 (2 4 個) のスロット 1 1 に装着する。この方法は、既述した第一装着工程と、第二進相装着工程と、第三進相装着工程とを備える三相同期機 1 0 0 の製造方法である。

20

【0158】

図 2 1 A に示すように、比較形態の U 相コイル 3 3 u を装着した後の状態は、図 2 0 A に示す本実施形態の U 相コイル 3 3 u を装着した後の状態と同じである。図 2 1 B に示すように、W 相コイル 3 3 w の第一コイル引出部 3 2 f は、スロット開口部 1 1 b 側から引き出されて、第二方向スロット底部側 (矢印 Y 1 方向) に引き回されている。W 相コイル 3 3 w の第一コイル引出部 3 2 f は、W 相コイル 3 3 w の第一単位コイル 2 0 a のコイルエンド 2 2 の第三方向 (矢印 Z 方向) のさらに外側 (紙面手前側) を引き回すことができる。

30

【0159】

W 相コイル 3 3 w の第二コイル引出部 3 2 s は、スロット中央部 1 1 c から引き出されている。W 相コイル 3 3 w は、第二コイル引出部 3 2 s と、極コイル 3 1 内の渡り線 (第二単位コイル 2 0 b および第三単位コイル 2 0 c を接続する単位コイル間接続部 3 1 c) とが接触して交差する。そのため、交差部位において、電氣的な絶縁を確保するための対処が必要である。なお、第一単位コイル 2 0 a および第二単位コイル 2 0 b を接続する単位コイル間接続部 3 1 c は、第二コイル引出部 3 2 s と接触して交差しないので、第二コイル引出部 3 2 s に対する電氣的な絶縁を確保するための対処は、不要である。

40

【0160】

コイル挿入機 3 I (インサータ治具) を用いた組み付けの結果、W 相コイル 3 3 w の第二コイル引出部 3 2 s は、W 相コイル 3 3 w の極コイル 3 1 内の各渡り線 (複数 (2 つ) の単位コイル間接続部 3 1 c, 3 1 c) の第三方向 (矢印 Z 方向) の固定子鉄心 1 0 側 (紙面奥側) を通過する。また、W 相コイル 3 3 w の第二コイル引出部 3 2 s は、U 相コイル 3 3 u の第三単位コイル 2 0 c のコイルエンド 2 2 の第三方向 (矢印 Z 方向) のさらに外側 (紙面手前側) を通過する。なお、W 相のハーフコイル 2 3 h は、両側占有ハーフコイル 2 3 h 1 である。

【0161】

図 2 1 C に示すように、V 相コイル 3 3 v の第一コイル引出部 3 2 f は、スロット開口

50

部 1 1 b 側から引き出されて、第二方向スロット底部側（矢印 Y 1 方向）に引き回されている。V 相コイル 3 3 v の第一コイル引出部 3 2 f は、V 相コイル 3 3 v の第一単位コイル 2 0 a のコイルエンド 2 2 の第三方向（矢印 Z 方向）のさらに外側（紙面手前側）を引き回すことができる。

【0162】

V 相コイル 3 3 v の第二コイル引出部 3 2 s は、スロット中央部 1 1 c から引き出されている。V 相コイル 3 3 v は、第二コイル引出部 3 2 s と、極コイル 3 1 内の渡り線（第二単位コイル 2 0 b および第三単位コイル 2 0 c を接続する単位コイル間接続部 3 1 c）とが接触して交差する。そのため、交差部位において、電気的な絶縁を確保するための対処が必要である。なお、第一単位コイル 2 0 a および第二単位コイル 2 0 b を接続する単位コイル間接続部 3 1 c は、第二コイル引出部 3 2 s と接触して交差しないので、第二コイル引出部 3 2 s に対する電気的な絶縁を確保するための対処は、不要である。

10

【0163】

コイル挿入機 3 I（インサータ治具）を用いた組み付けの結果、V 相コイル 3 3 v の第二コイル引出部 3 2 s は、V 相コイル 3 3 v の極コイル 3 1 内の各渡り線（複数（2 つ）の単位コイル間接続部 3 1 c，3 1 c）の第三方向（矢印 Z 方向）の固定子鉄心 1 0 側（紙面奥側）を通過する。また、V 相コイル 3 3 v の第二コイル引出部 3 2 s は、W 相コイル 3 3 w の第三単位コイル 2 0 c のコイルエンド 2 2 の第三方向（矢印 Z 方向）のさらに外側（紙面手前側）を通過する。なお、V 相のハーフコイル 2 3 h は、片側占有ハーフコイル 2 3 h 2 である。

20

【0164】

比較形態では、V 相コイル 3 3 v の第二コイル引出部 3 2 s は、スロット中央部 1 1 c から引き出されている。また、V 相コイル 3 3 v は、第二コイル引出部 3 2 s と、極コイル 3 1 内の渡り線（第二単位コイル 2 0 b および第三単位コイル 2 0 c を接続する単位コイル間接続部 3 1 c）とが接触して交差する。以上のことは、W 相コイル 3 3 w についても同様である。このように、比較形態では、三相の相コイル 3 3（U 相コイル 3 3 u、V 相コイル 3 3 v および W 相コイル 3 3 w）のうちの二相（V 相および W 相）において、第二コイル引出部 3 2 s と、極コイル 3 1 内の渡り線（第二単位コイル 2 0 b および第三単位コイル 2 0 c を接続する単位コイル間接続部 3 1 c）とが接触して交差する。

【0165】

30

一方、本実施形態では、三相の相コイル 3 3（U 相コイル 3 3 u、V 相コイル 3 3 v および W 相コイル 3 3 w）のうちの二相（W 相）において、第二コイル引出部 3 2 s と、極コイル 3 1 内の渡り線（第二単位コイル 2 0 b および第三単位コイル 2 0 c を接続する単位コイル間接続部 3 1 c）とが接触して交差する。このように、本実施形態の三相同期機 1 0 0 は、比較形態の三相同期機 1 0 0 と比べて、一对のコイル引出部 3 2 f，3 2 s と、極コイル 3 1 内の渡り線（単位コイル間接続部 3 1 c）とが接触して交差する相数が少ない。よって、本実施形態の極コイル 3 1 は、比較形態の極コイル 3 1 と比べて、第三方向（矢印 Z 方向）のうちの一对のコイル引出部 3 2 f，3 2 s 側のコイルエンド 2 2 が小型化され、その配策が簡素化される。また、本実施形態の極コイル 3 1 は、比較形態の極コイル 3 1 と比べて、交差部位における電気的な絶縁を確保するための対処箇所が減少する。

40

【0166】

また、比較形態では、他相横断引き出し線は、二相分であり、V 相コイル 3 3 v の第二コイル引出部 3 2 s および W 相コイル 3 3 w の第二コイル引出部 3 2 s である。一方、本実施形態では、他相横断引き出し線は、一相分であり、W 相コイル 3 3 w の第二コイル引出部 3 2 s である。このように、本実施形態の三相同期機 1 0 0 は、比較形態の三相同期機 1 0 0 と比べて、他相横断引き出し線の相数が少ない。よって、本実施形態の三相同期機 1 0 0 は、比較形態の三相同期機 1 0 0 と比べて、相コイル 3 3 間の電気的な絶縁が必要な絶縁部位を低減することができる。

【0167】

50

本実施形態では、各極コイル 3 1 を構成する複数 (3 つ) の単位コイル 2 0 間をそれぞれ接続する各渡り線 (複数 (2 つ) の単位コイル間接続部 3 1 c, 3 1 c) の一端側の端部であってスロット底部 1 1 a 側に配設される端部を第一渡り線端部 3 4 a とする。また、当該渡り線他端側の端部であってスロット開口部 1 1 b 側に配設される端部を第二渡り線端部 3 4 b とする。また、極コイル 3 1 の各渡り線 (複数 (2 つ) の単位コイル間接続部 3 1 c, 3 1 c) の第一渡り線端部 3 4 a を始点とし第二渡り線端部 3 4 b を終点とするベクトルを第二ベクトル 3 5 b とする。

【0168】

図 2 1 E に示すように、比較形態では、第一ベクトル 3 5 a と、第一単位コイル 2 0 a および第二単位コイル 2 0 b を接続する単位コイル間接続部 3 1 c の第二ベクトル 3 5 b とのなす角 $\phi b 1$ は、機械角 90° より大きい鈍角になっている。第一ベクトル 3 5 a と、第二単位コイル 2 0 b および第三単位コイル 2 0 c を接続する単位コイル間接続部 3 1 c の第二ベクトル 3 5 b とのなす角 $\phi b 2$ についても同様である。つまり、比較形態では、第一ベクトル 3 5 a と、第二ベクトル 3 5 b, 3 5 b とのなす角 $\phi b 1$, $\phi b 2$ が、いずれも機械角 90° より大きい鈍角になっている。なお、同図では、第三方向 (矢印 Z 方向) に垂直な同一平面 (同図の紙面上) において、第一ベクトル 3 5 a と、第二ベクトル 3 5 b, 3 5 b とが配設されている。また、同図は、図 2 1 A に示す U 相コイル 3 3 u の極コイル 3 1 の各渡り線 (複数 (2 つ) の単位コイル間接続部 3 1 c, 3 1 c) について図示されているが、V 相コイル 3 3 v および W 相コイル 3 3 w についても同様に言える。

【0169】

一方、図 2 0 E に示すように、本実施形態では、第一ベクトル 3 5 a と、第一単位コイル 2 0 a および第二単位コイル 2 0 b を接続する単位コイル間接続部 3 1 c の第二ベクトル 3 5 b とのなす角 $\phi a 1$ は、機械角 90° より小さい鋭角になっている。第一ベクトル 3 5 a と、第二単位コイル 2 0 b および第三単位コイル 2 0 c を接続する単位コイル間接続部 3 1 c の第二ベクトル 3 5 b とのなす角 $\phi a 2$ についても同様である。つまり、本実施形態では、第一ベクトル 3 5 a と、第二ベクトル 3 5 b, 3 5 b とのなす角 $\phi a 1$, $\phi a 2$ が、いずれも機械角 90° より小さい鋭角になっている。なお、同図では、第三方向 (矢印 Z 方向) に垂直な同一平面 (同図の紙面上) において、第一ベクトル 3 5 a と、第二ベクトル 3 5 b, 3 5 b とが配設されている。また、同図は、図 2 0 A に示す U 相コイル 3 3 u の極コイル 3 1 の各渡り線 (複数 (2 つ) の単位コイル間接続部 3 1 c, 3 1 c) について図示されているが、V 相コイル 3 3 v および W 相コイル 3 3 w についても同様に言える。

【0170】

本実施形態の三相同期機 1 0 0 によれば、第一ベクトル 3 5 a と、第二ベクトル 3 5 b, 3 5 b とのなす角 $\phi a 1$, $\phi a 2$ が、いずれも機械角 90° より小さい鋭角になっている。そのため、本実施形態の三相同期機 1 0 0 は、極コイル 3 1 内の渡り線 (単位コイル間接続部 3 1 c) と一対のコイル引出部 3 2 f, 3 2 s の間の干渉交差 (接触して交差する状況) を低減することができ、他相横断引き出し線の数低減することができる。よって、本実施形態の極コイル 3 1 は、比較形態の極コイル 3 1 と比べて、第三方向 (矢印 Z 方向) のうちの一対のコイル引出部 3 2 f, 3 2 s 側のコイルエンド 2 2 が小型化され、その配策が簡素化される。

【0171】

< 第四実施形態 >

本実施形態は、第三実施形態と比べて、毎極毎相スロット数が異なる。具体的には、本実施形態の三相同期機 1 0 0 は、8 極 3 6 スロット構成の三相同期機 (可動子 7 0 の可動子磁極数が 2 極、固定子 4 0 のスロット数が 9 スロットを基本構成とする三相同期機) であり、毎極毎相スロット数は 1.5 である。以下、第三実施形態と異なる点を中心に説明する。

【0172】

(一対のコイル引出部 3 2 f, 3 2 s の配置)

図 2 2 および図 2 3 に示すように、本実施形態では、各極コイル 3 1 は、一対のコイルサイド 2 1, 2 1 間のコイルピッチが異なる複数 (2 つ) の単位コイル 2 0 が同心状に巻装され、電氣的に直列接続されている。当該 2 つの単位コイル 2 0 を第一単位コイル 2 0 a および第二単位コイル 2 0 b とする。第一単位コイル 2 0 a の一対のコイルサイド 2 1, 2 1 間のコイルピッチは、5 スロットピッチに設定されている。第二単位コイル 2 0 b の一対のコイルサイド 2 1, 2 1 間のコイルピッチは、3 スロットピッチに設定されている。

【0 1 7 3】

第一単位コイル 2 0 a の巻進行方向 W 1 および第二単位コイル 2 0 b の巻進行方向 W 2 は、いずれも第二方向スロット底部側 (矢印 Y 1 方向) である。また、第一単位コイル 2 0 a の巻進行方向 W 1 から見た第一単位コイル 2 0 a の巻方向は、反時計回りであり、第二単位コイル 2 0 b の巻進行方向 W 2 から見た第二単位コイル 2 0 b の巻方向は、反時計回りである。なお、第一単位コイル 2 0 a は、フルコイル 2 3 f であり、第二単位コイル 2 0 b は、ハーフコイル 2 3 h である。

【0 1 7 4】

各極コイル 3 1 の第一コイル引出部 3 2 f は、極コイル 3 1 を構成する複数 (2 つ) の単位コイル 2 0 のうちの一対のコイルサイド 2 1, 2 1 間のコイルピッチが最大の単位コイル 2 0 (第一単位コイル 2 0 a) の第一方向第一コイル引出部側 (矢印 X 1 方向) のコイルサイド 2 1 (第一コイルサイド 2 1 a) から引き出されていると好適である。また、各極コイル 3 1 の第二コイル引出部 3 2 s は、極コイル 3 1 を構成する複数 (2 つ) の単位コイル 2 0 のうちの一対のコイルサイド 2 1, 2 1 間のコイルピッチが最小の単位コイル 2 0 (第二単位コイル 2 0 b) であって、一つのハーフコイル 2 3 h の第一方向第二コイル引出部側 (矢印 X 2 方向) のコイルサイド 2 1 (第二コイルサイド 2 1 b) から引き出されていると好適である。なお、図 2 3 では、第一コイル引出部 3 2 f は、最もスロット開口部 1 1 b 側から引き出されており、第二コイル引出部 3 2 s は、最もスロット底部 1 1 a 側から引き出されている。このように、各極コイル 3 1 における一対のコイル引出部 3 2 f, 3 2 s の好適な配置は、毎極毎相スロット数が 1. 5 の場合も同様の傾向が見られる。よって、本実施形態の三相同期機 1 0 0 は、第三実施形態で既述した作用効果と同様の作用効果を得ることができる。

【0 1 7 5】

(相コイル 3 3 の配置)

図 2 4 A ~ 図 2 4 E に示すように、三相の相コイル 3 3 (U 相コイル 3 3 u、V 相コイル 3 3 v および W 相コイル 3 3 w) は、第一装着工程と、第二遅相装着工程と、第三遅相装着工程とを備える三相同期機 1 0 0 の製造方法によって、複数 (3 6 個) のスロット 1 1 に装着されると好適である。これにより、三相の相コイル 3 3 は、U 相コイル 3 3 u、V 相コイル 3 3 v、W 相コイル 3 3 w の順に組み付けられる。図 2 4 A ~ 図 2 4 E は、図 2 0 A ~ 図 2 0 E にそれぞれ対応している。

【0 1 7 6】

本実施形態の各極コイル 3 1 は、第三実施形態の各極コイル 3 1 と比べて、フルコイル 2 3 f の数が一つ少なくなり、単位コイル間接続部 3 1 c の数が一つ少なくなる。しかしながら、一対のコイル引出部 3 2 f, 3 2 s と、極コイル 3 1 内の渡り線 (単位コイル間接続部 3 1 c) との間の交差の有無は、第三実施形態と同様になっている。また、両側占有ハーフコイル 2 3 h 1 の第一ハーフスロット部位 1 1 d 内の一点を始点とし第二ハーフスロット部位 1 1 e 内の一点を終点とするベクトル (第一ベクトル 3 5 a) と、単位コイル間接続部 3 1 c の第一渡り線端部 3 4 a を始点とし第二渡り線端部 3 4 b を終点とするベクトル (第二ベクトル 3 5 b) とのなす角 $\phi a 1$ の関係は、第三実施形態と同様の関係になっている。

【0 1 7 7】

図 2 5 A ~ 図 2 5 E に示すように、三相の相コイル 3 3 (U 相コイル 3 3 u、V 相コイル 3 3 v、W 相コイル 3 3 w) は、U 相コイル 3 3 u、W 相コイル 3 3 w、V 相コイル 3

3 v の順（相順と逆順序）に、複数（36個）のスロット11に装着することもできる（比較形態）。図25A～図25Eは、図21A～図21Eにそれぞれ対応している。

【0178】

比較形態の各極コイル31は、第三実施形態の比較形態の各極コイル31と比べて、フルコイル23fの数が一つ少なくなり、単位コイル間接続部31cの数が一つ少なくなる。しかしながら、一対のコイル引出部32f, 32sと、極コイル31内の渡り線（単位コイル間接続部31c）との間の交差の有無は、第三実施形態の比較形態と同様になっている。また、両側占有ハーフコイル23h1の第一ハーフスロット部位11d内の一点を始点とし第二ハーフスロット部位11e内の一点を終点とするベクトル（第一ベクトル35a）と、単位コイル間接続部31cの第一渡り線端部34aを始点とし第二渡り線端部34bを終点とするベクトル（第二ベクトル35b）とのなす角 $\phi b1$ の関係は、第三実施形態の比較形態と同様の関係になっている。

10

【0179】

このように、毎極毎相スロット数が1.5の場合も、相コイル33の好適な配置は、毎極毎相スロット数が2.5の場合と同様である。よって、本実施形態の三相同期機100は、第三実施形態で既述した作用効果と同様の作用効果を得ることができる。なお、毎極毎相スロット数が3.5以上の場合も、相コイル33の好適な配置は、毎極毎相スロット数が2.5の場合と同様であり、第三実施形態で既述した作用効果と同様の作用効果を得ることができる。

20

【0180】

<変形形態>

本発明は、上記し且つ図面に示した実施形態のみに限定されるものではなく、要旨を逸脱しない範囲内で適宜変更して実施することができる。例えば、上述した実施形態では、8極60スロット構成または8極36スロット構成の三相同期機を例に説明したが、極数およびスロット数は、実施形態で示す極数およびスロット数に限定されるものではない。例えば、毎極毎相スロット数 q の整数部 a が1であり、分子部 b が1であり、分母部 c が2の場合の一例として、4極18スロット構成、6極27スロット構成が挙げられる。また、毎極毎相スロット数 q の整数部 a が2であり、分子部 b が1であり、分母部 c が2の場合の一例として、4極30スロット構成、6極45スロット構成が挙げられる。さらに、毎極毎相スロット数 q の整数部 a が3であり、分子部 b が1であり、分母部 c が2の場合の一例として、4極42スロット構成、6極63スロット構成、8極84スロット構成が挙げられる。また、分母部 c は、2に限定されるものではない。つまり、毎極毎相スロット数 q の整数部 a および分子部 b は、正の整数であれば良く、分母部 c は、2以上の整数、かつ、3の倍数でない整数であれば良い。以下、毎極毎相スロット数 q の分母部 c が4および8の場合を例に説明するが、毎極毎相スロット数 q の分母部 c は、例えば、5、7などの奇数であっても良い。具体的には、毎極毎相スロット数 q の整数部 a が1であり、分子部 b が1であり、分母部 c が5の場合の一例として、10極36スロット構成が挙げられる。また、毎極毎相スロット数 q の整数部 a が1であり、分子部 b が1であり、分母部 c が7の場合の一例として、14極48スロット構成が挙げられる。

30

【0181】

（毎極毎相スロット数 q の分母部 c が4の場合の変形形態）

例えば、8極30スロット構成の三相同期機100の場合、毎極毎相スロット数 q は、1.25である。つまり、整数部 a は1であり、分子部 b は1であり、分母部 c は4である。このとき、磁極周期数は、2（ $=8/4$ ）であり、三相の相コイル33（U相コイル33u, V相コイル33v, W相コイル33w）の各々は、磁極周期数（2つ）の相単位コイル36を備える。磁極周期数（2つ）の相単位コイル36の各々は、毎極毎相スロット数 q （ $=1.25$ ）の分母部 c （ $=4$ ）と同じ数（4つ）の可動子磁極（二組の一対の可動子磁極61, 62）に対して電磁氣的に作用する。また、図26に示すように、各相単位コイル36は、複数（2つ）の極コイル31であると好適である。

40

【0182】

50

各相単位コイル 3 6 の一方の極コイル 3 1 は、複数（2 つ）の単位コイル 2 0、2 0 を備えており、当該二つの単位コイル 2 0、2 0 を第一単位コイル 2 0 a、第二単位コイル 2 0 b とする。第一単位コイル 2 0 a の一對のコイルサイド 2 1、2 1 間のコイルピッチは、5 スロットピッチ（5 s p）に設定されており、第二単位コイル 2 0 b の一對のコイルサイド 2 1、2 1 間のコイルピッチは、3 スロットピッチ（3 s p）に設定されている。第一単位コイル 2 0 a および第二単位コイル 2 0 b は、同心状に巻装されて、単位コイル間接続部 3 1 c によって直列接続されており、極コイル 3 1 が形成されている。

【0183】

各相単位コイル 3 6 の他方の極コイル 3 1 は、一つの単位コイル 2 0 を備えており、当該単位コイル 2 0 を第三単位コイル 2 0 c とする。第三単位コイル 2 0 c の一對のコイルサイド 2 1、2 1 間のコイルピッチは、4 スロットピッチ（4 s p）に設定されている。第三単位コイル 2 0 c は、同心状に巻装されており、極コイル 3 1 が形成されている。なお、第一単位コイル 2 0 a は、ハーフコイル 2 3 h であり、第二単位コイル 2 0 b および第三単位コイル 2 0 c は、フルコイル 2 3 f である。

【0184】

各相単位コイル 3 6 の一方の極コイル 3 1 が、一對の可動子磁極 6 1、6 2 のうちの一方の極性の可動子磁極（同図では、N 極の可動子磁極 6 1）に対向するときに、各相単位コイル 3 6 の他方の極コイル 3 1 は、当該一對の可動子磁極 6 1、6 2 に隣接する一對の可動子磁極 6 1、6 2 のうちの同一極性の可動子磁極（同図では、N 極の可動子磁極 6 1）に対向する。このように、固定子コイル 3 0 に含まれる複数（三相の各相 6 個、合計 18 個）の単位コイル 2 0 は、複数組（本変形形態では、四組）の一對の可動子磁極 6 1、6 2 のうちの同一極性の可動子磁極（同図では、N 極の可動子磁極 6 1）に対向するように、一對の可動子磁極 6 1、6 2 に対向するスロット単位で集約されている。

【0185】

複数（2 つ）の極コイル 3 1 は、電氣的に直列接続されており、相単位コイル 3 6 が構成されている。相単位コイル 3 6 は、巻始め側の極コイル 3 1 から巻終り側の極コイル 3 1 へ引き回す極コイル間接続部 3 2 c を介して連続して巻進められていると好適である。本変形形態では、相単位コイル 3 6 は、極コイル間接続部 3 2 c を介して連続して巻進められており、第一単位コイル 2 0 a、第二単位コイル 2 0 b および第三単位コイル 2 0 c は、この順に、直列接続されている。

【0186】

また、各相単位コイル 3 6 は、第一コイル引出部 3 2 f と第二コイル引出部 3 2 s とからなる一對のコイル引出部 3 2 f、3 2 s を備えていると好適である。第一コイル引出部 3 2 f は、相単位コイル 3 6 の一方の極コイル 3 1 を構成する一の単位コイル 2 0（第一単位コイル 2 0 a）の一のコイルサイド 2 1 から引き出され、中性点 3 N と接続される。当該コイルサイド 2 1 を第一コイルサイド 2 1 a とする。第二コイル引出部 3 2 s は、相単位コイル 3 6 の他方の極コイル 3 1 を構成する一の単位コイル 2 0（第三単位コイル 2 0 c）の一のコイルサイド 2 1 から引き出され、相端子 3 T X（X は、U、V、W のうちのいずれか）と接続される。当該コイルサイド 2 1 を第二コイルサイド 2 1 b とする。なお、極コイル間接続部 3 2 c によって接続される相単位コイル 3 6 の一方の極コイル 3 1 側のコイルサイド 2 1 を第三コイルサイド 2 1 c とする。また、極コイル間接続部 3 2 c によって接続される相単位コイル 3 6 の他方の極コイル 3 1 側のコイルサイド 2 1 を第四コイルサイド 2 1 d とする。

【0187】

三相の相コイル 3 3（U 相コイル 3 3 u、V 相コイル 3 3 v、W 相コイル 3 3 w）の各々は、各一對のコイル引出部 3 2 f、3 2 s を介して、磁極周期数（2 つ）の極コイル 3 1 が電氣的に並列接続される。また、磁極周期数（2 つ）の相単位コイル 3 6 の各々は、一つのハーフコイル 2 3 h が、複数（2 つ）のフルコイル 2 3 f に対して中性点 3 N 側に設けられる。なお、各相単位コイル 3 6 は、複数（2 つ）の極対コイル 3 2 であっても良い。この場合、各相単位コイル 3 6 は、一つのフルコイル 2 3 f と、複数（3 つ）のハー

フコイル 2 3 h とが電氣的に直列接続される。複数 (3 つ) のハーフコイル 2 3 h は、一つのフルコイル 2 3 f に対して中性点 3 N 側に設けられる。

【0188】

(毎極毎相スロット数 q の分母部 c が 4 の場合の他の変形形態)

例えば、8 極 4 2 スロット構成の三相同期機 1 0 0 の場合、毎極毎相スロット数 q は、1. 7 5 である。つまり、整数部 a は 1 であり、分子部 b は 3 であり、分母部 c は 4 である。このとき、磁極周期数は、2 ($= 8 / 4$) であり、三相の相コイル 3 3 (U 相コイル 3 3 u, V 相コイル 3 3 v, W 相コイル 3 3 w) の各々は、磁極周期数 (2 つ) の相単位コイル 3 6 を備える。磁極周期数 (2 つ) の相単位コイル 3 6 の各々は、毎極毎相スロット数 q ($= 1. 7 5$) の分母部 c ($= 4$) と同じ数 (4 つ) の可動子磁極 (二組の一对の可動子磁極 6 1, 6 2) に対して電磁氣的に作用する。また、図 2 7 に示すように、各相単位コイル 3 6 は、複数 (2 つ) の極コイル 3 1 であると好適である。

10

【0189】

図 2 7 に示す変形形態は、図 2 6 に示す変形形態と比べて、各相単位コイル 3 6 の他方の極コイル 3 1 の単位コイル 2 0 の数が異なり、相単位コイル 3 6 を構成する単位コイル 2 0 のコイルピッチが異なる。図 2 7 に示すように、各相単位コイル 3 6 の一方の極コイル 3 1 は、図 2 6 に示す変形形態と同様に、第一単位コイル 2 0 a および第二単位コイル 2 0 b を備えている。但し、第一単位コイル 2 0 a の一对のコイルサイド 2 1, 2 1 間のコイルピッチは、7 スロットピッチ (7 s p) に設定されており、第二単位コイル 2 0 b の一对のコイルサイド 2 1, 2 1 間のコイルピッチは、5 スロットピッチ (5 s p) に設定されている。また、各相単位コイル 3 6 の他方の極コイル 3 1 は、複数 (2 つ) の単位コイル 2 0, 2 0 を備えており、当該二つの単位コイル 2 0, 2 0 を第三単位コイル 2 0 c、第四単位コイル 2 0 d とする。第三単位コイル 2 0 c の一对のコイルサイド 2 1, 2 1 間のコイルピッチは、6 スロットピッチ (6 s p) に設定されており、第四単位コイル 2 0 d の一对のコイルサイド 2 1, 2 1 間のコイルピッチは、4 スロットピッチ (4 s p) に設定されている。第三単位コイル 2 0 c および第四単位コイル 2 0 d は、同心状に巻装されて、単位コイル間接続部 3 1 c によって直列接続されており、極コイル 3 1 が形成されている。

20

【0190】

第一単位コイル 2 0 a は、ハーフコイル 2 3 h であり、第二単位コイル 2 0 b、第三単位コイル 2 0 c および第四単位コイル 2 0 d は、フルコイル 2 3 f である。磁極周期数 (2 つ) の相単位コイル 3 6 の各々は、一つのハーフコイル 2 3 h が、複数 (3 つ) のフルコイル 2 3 f に対して中性点 3 N 側に設けられる。なお、各相単位コイル 3 6 は、複数 (2 つ) の極対コイル 3 2 であっても良い。この場合、各相単位コイル 3 6 は、複数 (2 つ) のフルコイル 2 3 f と、複数 (3 つ) のハーフコイル 2 3 h とが電氣的に直列接続される。複数 (3 つ) のハーフコイル 2 3 h は、複数 (2 つ) のフルコイル 2 3 f に対して、中性点 3 N 側に設けられる。

30

【0191】

(毎極毎相スロット数 q の分母部 c が 8 の場合の変形形態)

例えば、16 極 5 4 スロット構成の三相同期機 1 0 0 の場合、毎極毎相スロット数 q は、1. 1 2 5 である。つまり、整数部 a は 1 であり、分子部 b は 1 であり、分母部 c は 8 である。このとき、磁極周期数は、2 ($= 16 / 8$) であり、三相の相コイル 3 3 (U 相コイル 3 3 u, V 相コイル 3 3 v, W 相コイル 3 3 w) の各々は、磁極周期数 (2 つ) の相単位コイル 3 6 を備える。磁極周期数 (2 つ) の相単位コイル 3 6 の各々は、毎極毎相スロット数 q ($= 1. 1 2 5$) の分母部 c ($= 8$) と同じ数 (8 つ) の可動子磁極 (四組の一对の可動子磁極 6 1, 6 2) に対して電磁氣的に作用する。この場合、各相単位コイル 3 6 は、複数 (4 つ) の極コイル 3 1 である。また、各相単位コイル 3 6 は、複数 (2 つ) のフルコイル 2 3 f と、複数 (5 つ) のハーフコイル 2 3 h とが電氣的に直列接続されており、複数 (5 つ) のハーフコイル 2 3 h は、複数 (2 つ) のフルコイル 2 3 f に対して、中性点 3 N 側に設けられる。

40

50

【0192】

(各単位コイル20の巻進行方向)

各相単位コイル36を構成する複数の単位コイル20の各巻進行方向は、いずれも第二方向スロット開口部側(矢印Y2方向)にすることもできる。この場合、例えば、相コイル33(U相コイル33u、V相コイル33vおよびW相コイル33w)単位で、一つまたは複数の相単位コイル36を複数のスロット11に順次装着することができる。そのため、コイル挿入機3I(インサータ治具)を用いずに固定子コイル30の組み付け(例えば、直巻きなど)が可能であり、コイル挿入機3I(インサータ治具)を用いる場合と比べて、製造コストを低減することができる。特に、可動子70が固定子40の外方に設けられるアウトター型の三相同期機に適用すると好適である。

10

【0193】

(その他)

フルコイル23fおよびハーフコイル23hの配置は、適宜、変更することができ、一对のコイル引出部32f、32sの配置は、適宜、変更することができる。また、本発明は、固定子40および可動子70が同軸に配されるラジアル空隙型やアキシアル空隙型の円筒状回転電機に限定されるものではない。本発明は、固定子40および可動子70が直線上に配され、可動子70が固定子40に対して直線上に移動するリニア型電動機やリニア型発電機に適用することもできる。また、本発明は、種々の三相同期機に適用することができ、例えば、車両の駆動用電動機、発電機、家庭用または産業用の電動機、発電機などに用いることができる。

20

【符号の説明】

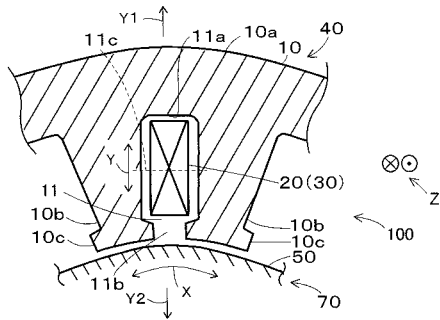
【0194】

10：固定子鉄心、
 11：スロット、
 11a：スロット底部、11b：スロット開口部、
 11d：第一ハーフスロット部位、11e：第二ハーフスロット部位、
 20：単位コイル、
 21, 21：一对のコイルサイド、22, 22：一对のコイルエンド、
 23f：フルコイル、23h：ハーフコイル、23h1：両側占有ハーフコイル、
 30：固定子コイル、
 31：極コイル、31c：単位コイル間接続部、
 31f：第一極コイル、31s：第二極コイル、32：極対コイル、
 32c：極コイル間接続部、
 32f：第一コイル引出部、32s：第二コイル引出部、
 32f, 32s：一对のコイル引出部、
 33：相コイル、
 34a：第一渡り線端部、34b：第二渡り線端部、
 35a：第一ベクトル、35b：第二ベクトル、
 36：相単位コイル、
 40：固定子、
 50：可動子鉄心、
 61, 62：一对の可動子磁極、
 70：可動子、
 100：三相同期機、
 q：毎極毎相スロット数、a：整数部、b：分子部、c：分母部、
 P：可動子磁極数。

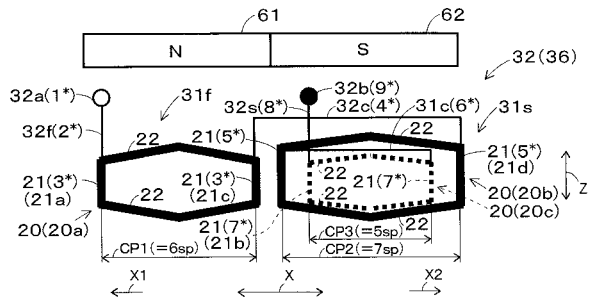
30

40

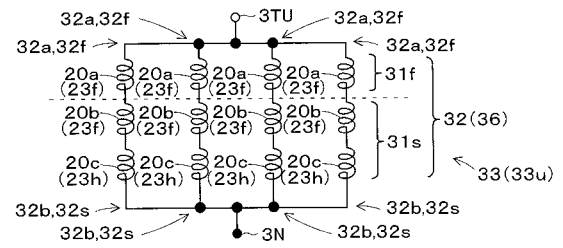
【図 1】



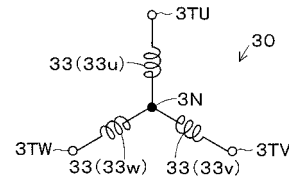
【図 2】



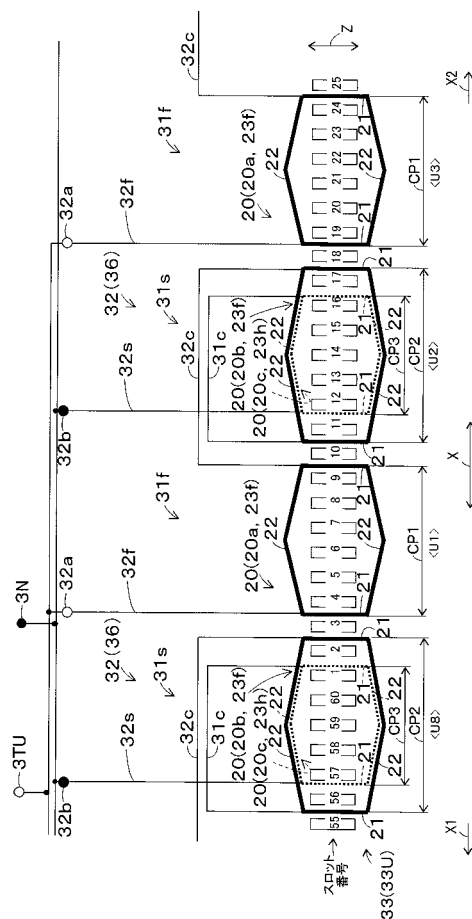
【図 3】



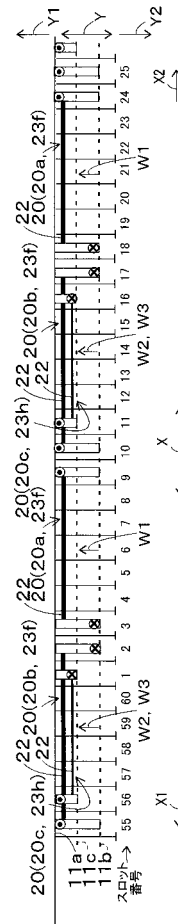
【図 4】



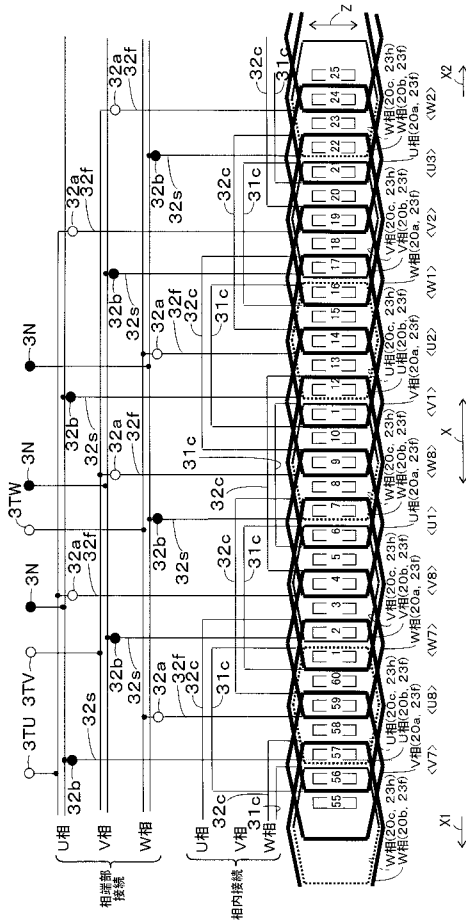
【図 5 A】



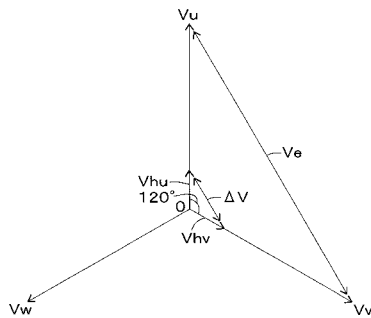
【図 5 B】



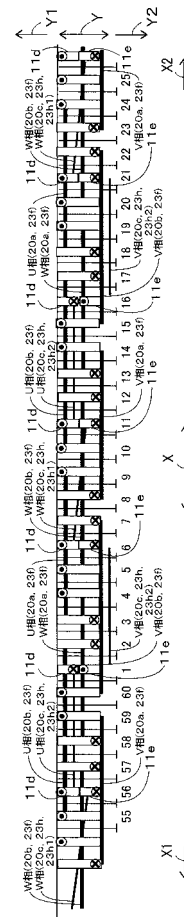
【図 6 A】



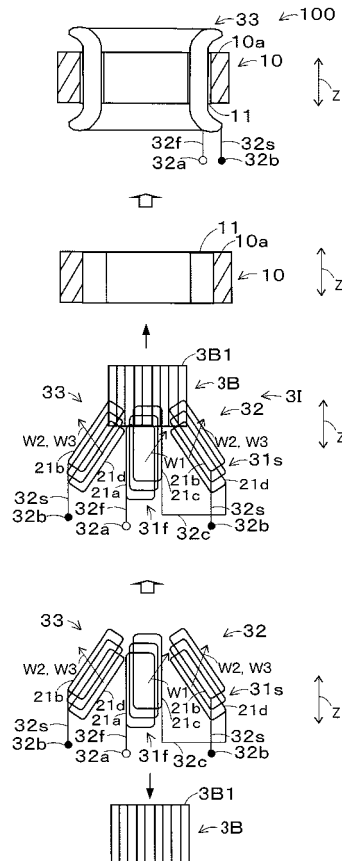
【図 7】



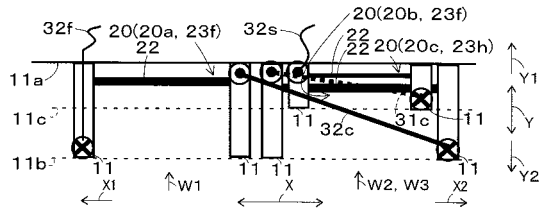
【図 6 B】



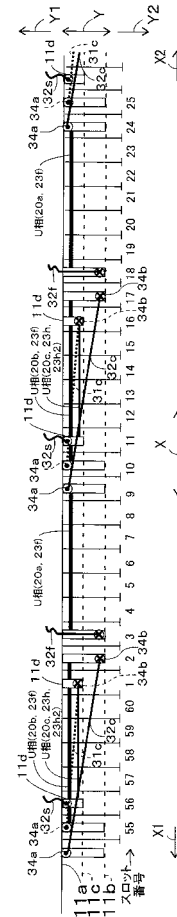
【図 8】



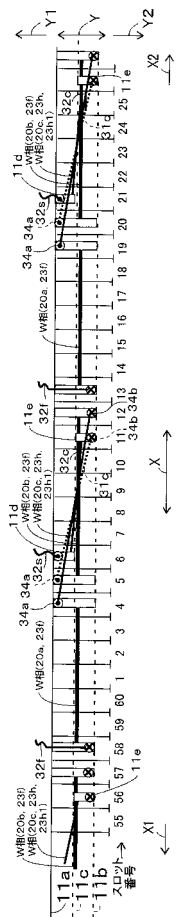
【図 9】



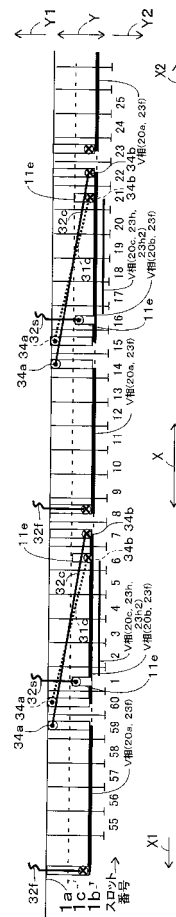
【図 10 A】



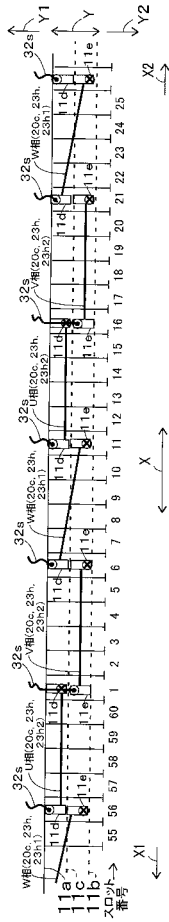
【図 10 B】



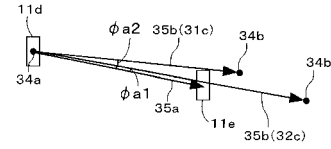
【図 10 C】



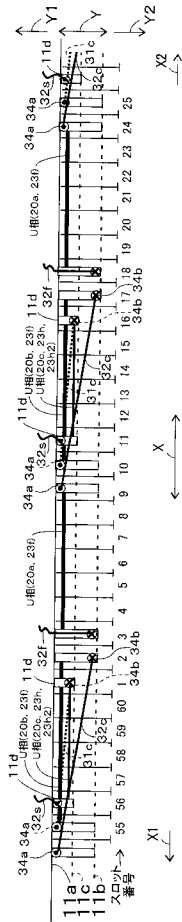
【図 10 D】



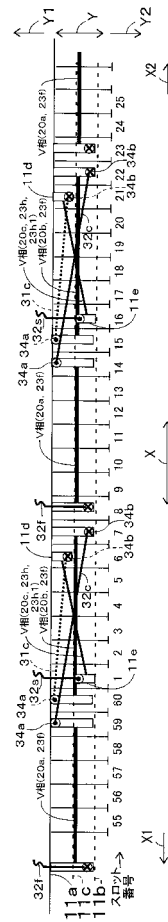
【図 10 E】



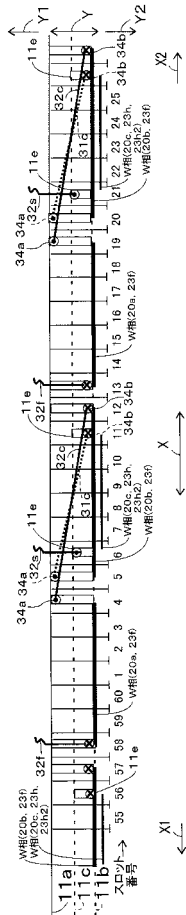
【図 11 A】



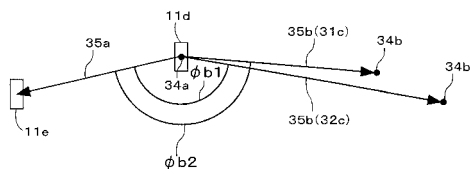
【図 11 B】



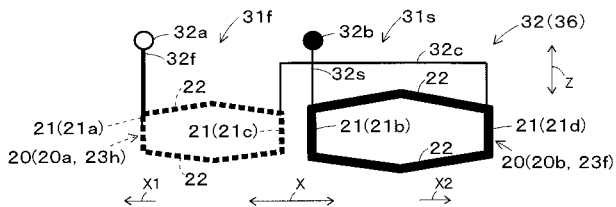
【図 1 1 C】



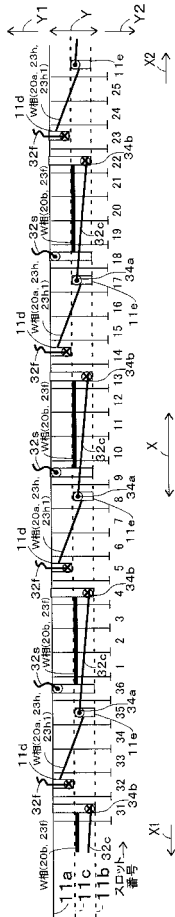
【図 1 1 E】



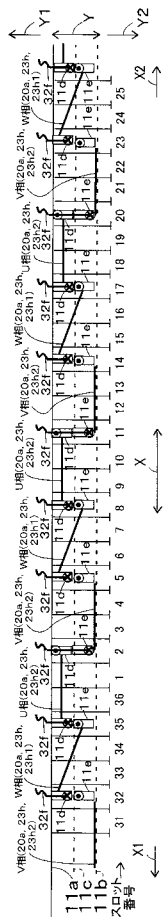
【図 1 2】



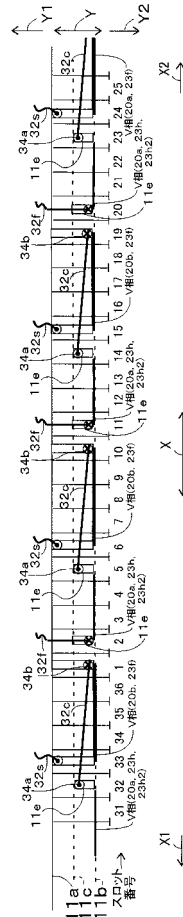
【図 1 4 B】



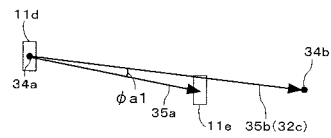
【図 1 4 D】



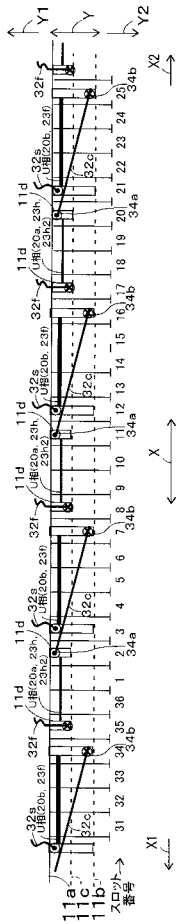
【図 1 4 C】



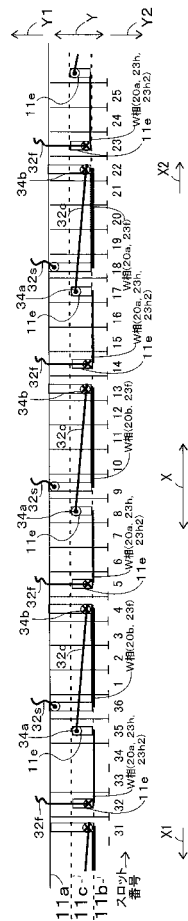
【図 1 4 E】



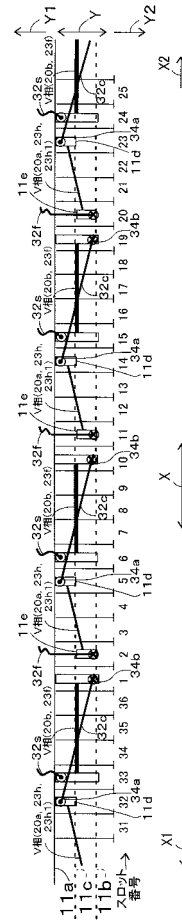
【図 15 A】



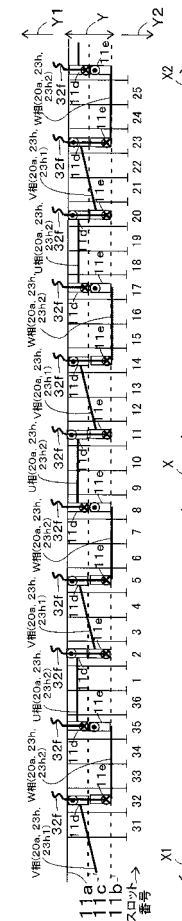
【図 15 C】



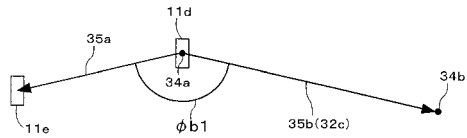
【図 15 B】



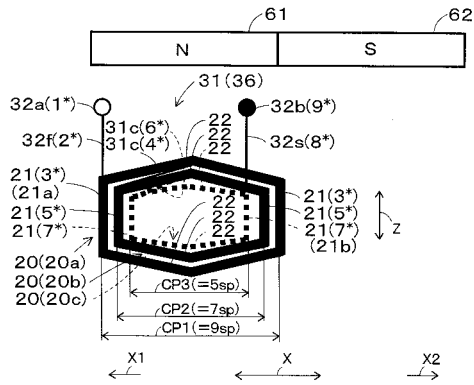
【図 15 D】



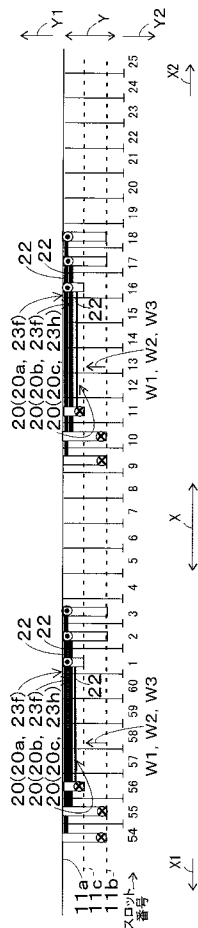
【図 15 E】



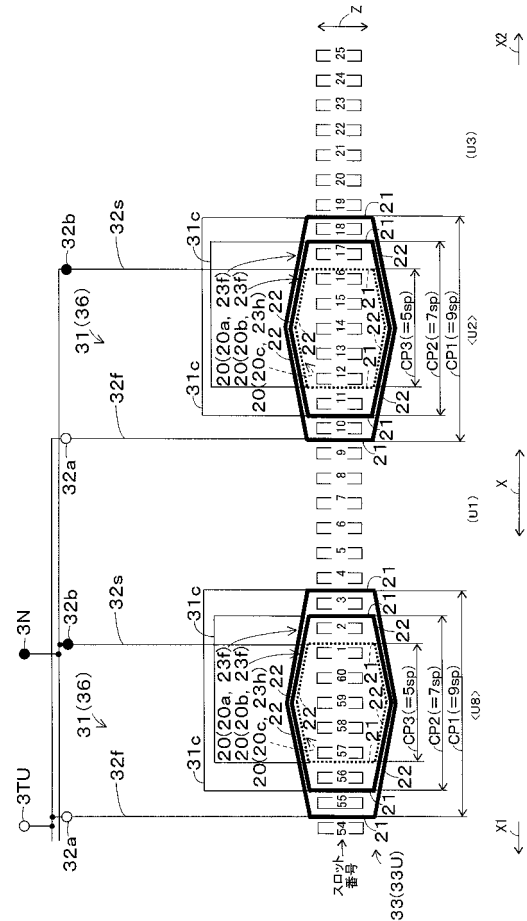
【図 16】



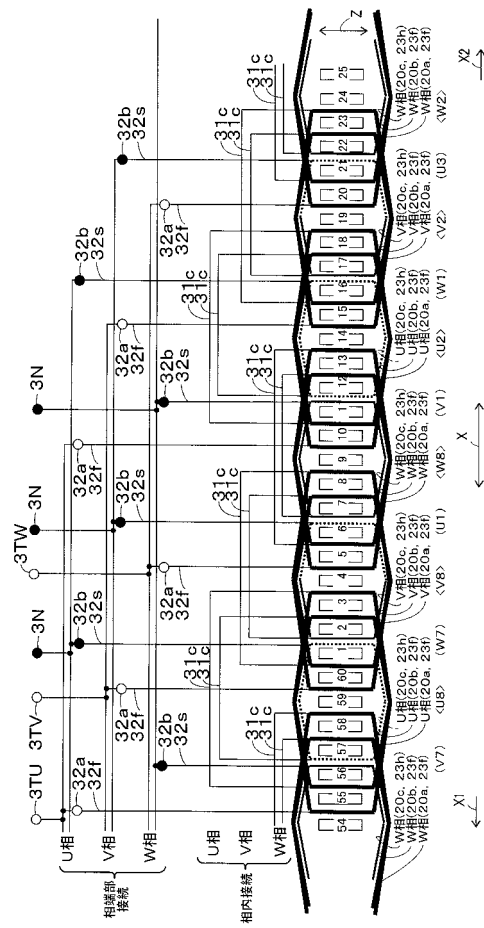
【図 17 B】



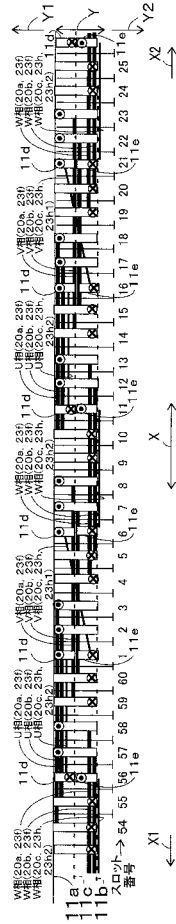
【図 17 A】



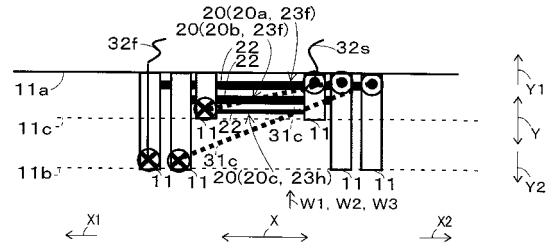
【図 18 A】



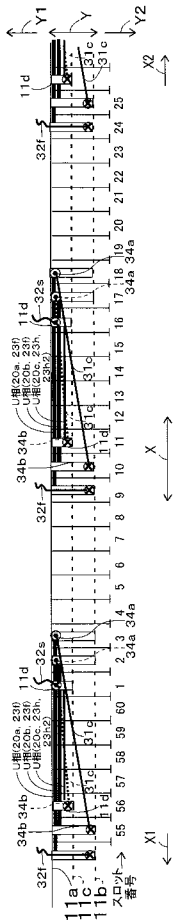
【図 18 B】



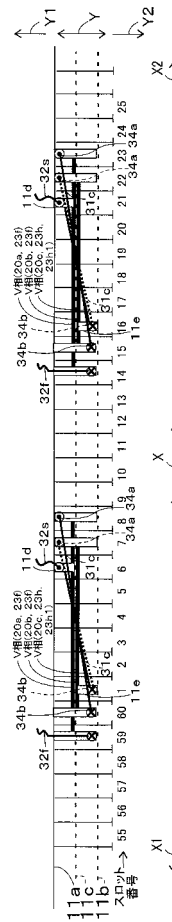
【図 19】



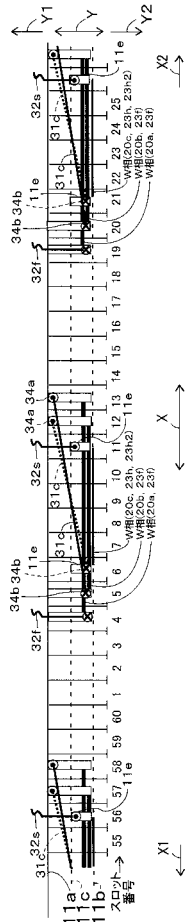
【図 20 A】



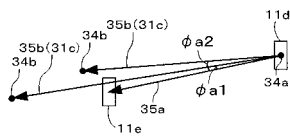
【図 20 B】



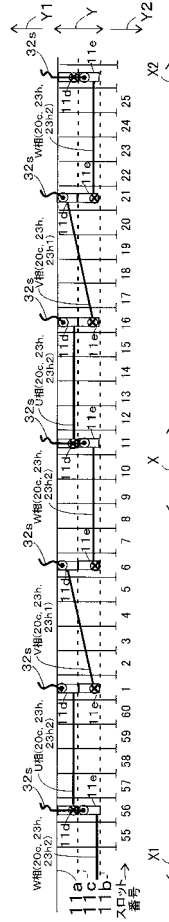
【図 20 C】



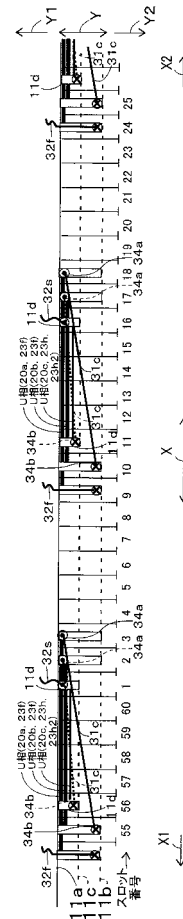
【図 20 E】



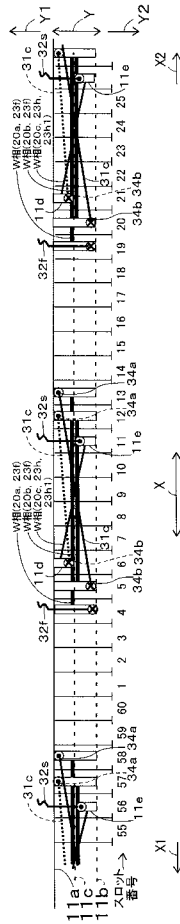
【図 20 D】



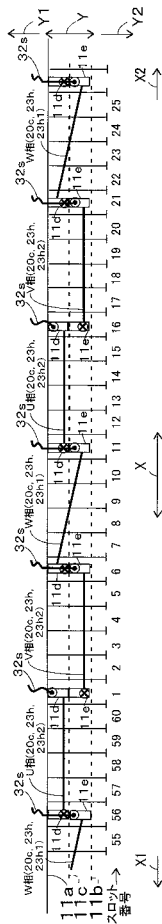
【図 21 A】



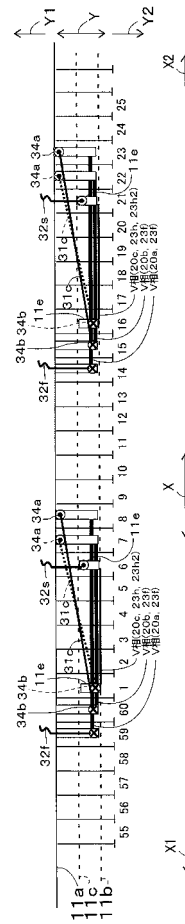
【図 2 1 B】



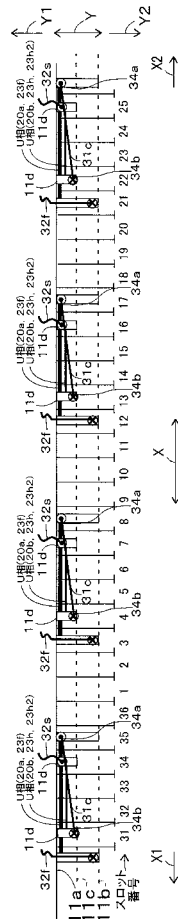
【図 2 1 D】



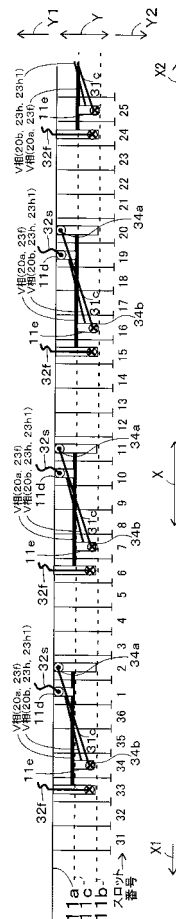
【図 2 1 C】



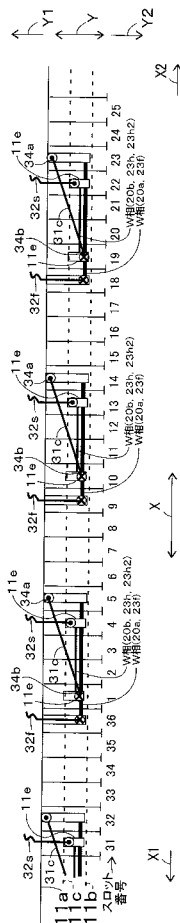
【図 2 4 A】



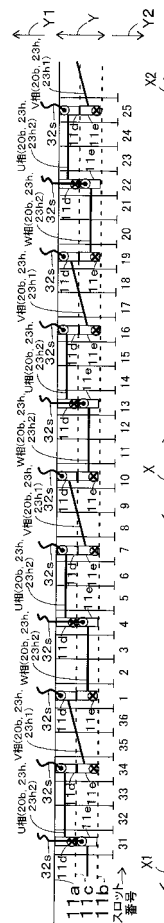
【図 2 4 B】



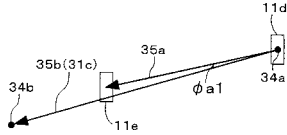
【図 2 4 C】



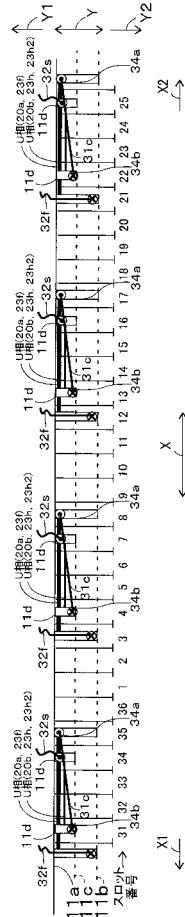
【図 2 4 D】



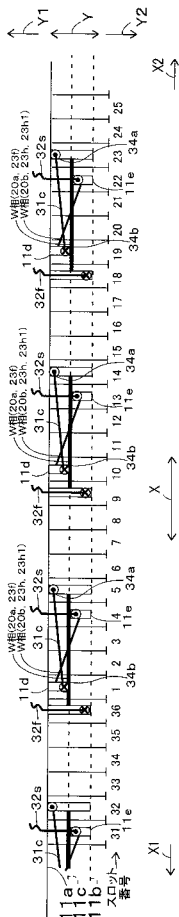
【図 2 4 E】



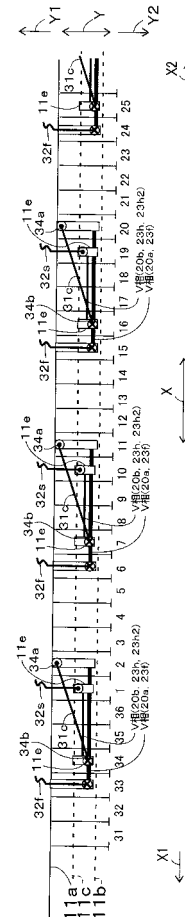
【図 2 5 A】



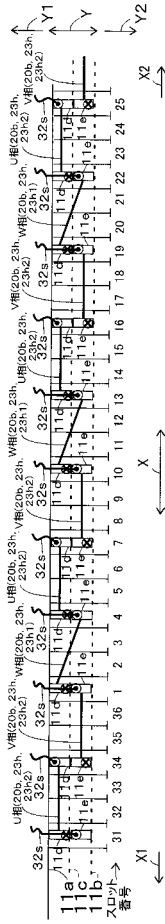
【図 2 5 B】



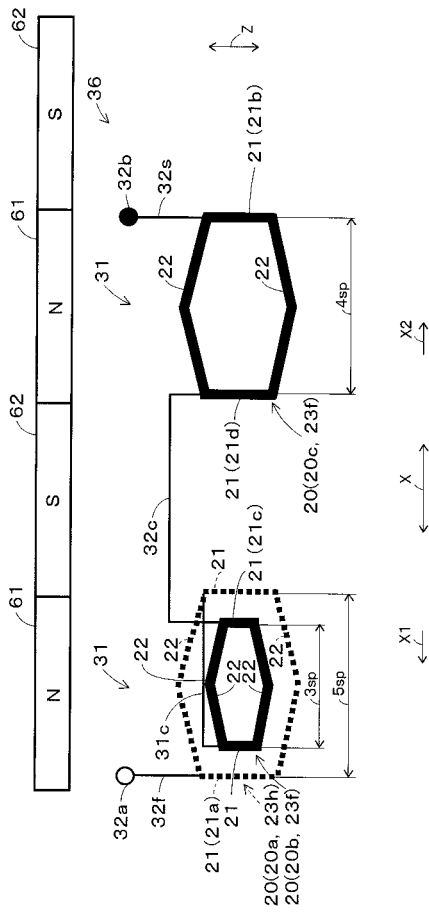
【図 2 5 C】



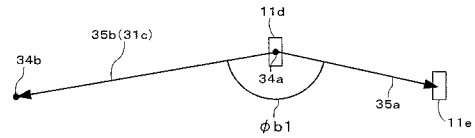
【図 2 5 D】



【図 2 6】



【図 2 5 E】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5H603 AA04 AA09 BB07 BB12 CA01 CA05 CB01 CB24 CC05 CC07
CC17 CD02 CD08 CD12 CD22 CD32 CE13
5H615 AA01 BB07 BB14 PP13 QQ12 QQ26 SS09 TT14