

(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2012-16244
(P2012-16244A)

(43) 公開日 平成24年1月19日(2012.1.19)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO2K 21/16 (2006.01)	HO2K 21/16 M	5H601
HO2K 1/14 (2006.01)	HO2K 1/14 Z	5H621

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 25 頁)

(21) 出願番号 (22) 出願日	特願2010-153234 (P2010-153234) 平成22年7月5日 (2010.7.5)	(71) 出願人 507201119 スタンダード電気株式会社 東京都千代田区外神田3丁目5番12号 (74) 代理人 110000121 アイアット国際特許業務法人 (72) 発明者 佐藤 芳春 東京都千代田区外神田3丁目5番12号 聖公会神田ビル9F内 (72) 発明者 宮澤 直也 東京都千代田区外神田3丁目5番12号 聖公会神田ビル9F内 (72) 発明者 山崎 寛範 東京都千代田区外神田3丁目5番12号 聖公会神田ビル9F内
		最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 単相交流同期モータおよび単相直流ブラシレスモータ

(57) 【要約】

【課題】単相交流同期モータを、様々な負荷条件下においても正常に動作すること。

【解決手段】磁極数4極のロータマグネット10-1～10-4と、4極のステータコアティース11-1～11-4とを有する単相交流同期モータ1において、ロータマグネット10-1～10-4の磁極ピッチをθ0度、ステータコアティース11-1～11-4の開き角をθ1度、ロータマグネット10-1～10-4の着磁角をθ2度とするときに、

$\theta 1 = \alpha 1 \cdot \theta 0$

$\theta 2 = \alpha 2 \cdot \theta 0$

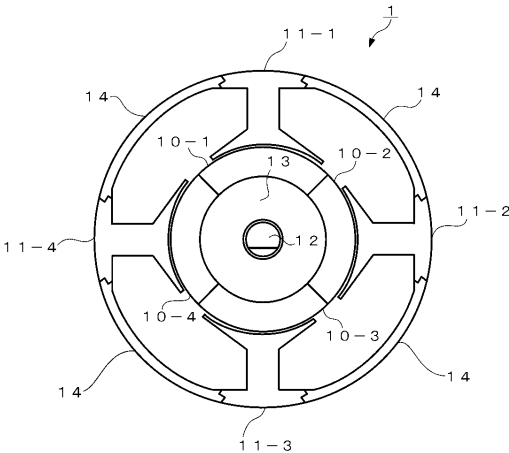
であり、α1、α2のとり得る範囲をそれぞれ

$4 / 9 \leq \alpha 1 \leq 7 / 9$

$4 / 9 \leq \alpha 2 \leq 7 / 9$

とする。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

磁極数 $2n$ (n は自然数) のロータマグネットと、 $2n$ 極のステータコアティースとを有する単相交流同期モータにおいて、

上記ロータマグネットの磁極ピッチを θ_0 度、上記ステータコアティースの開き角を θ_1 度、上記ロータマグネットの着磁角を θ_2 度とするときに、

$$\theta_1 = \alpha_1 \cdot \theta_0$$

$$\theta_2 = \alpha_2 \cdot \theta_0$$

であり、上記 α_1 , α_2 のとり得る範囲をそれぞれ

$$4/9 \leq \alpha_1 \leq 7/9$$

$$4/9 \leq \alpha_2 \leq 7/9$$

とする、

ことを特徴とする単相交流同期モータ。

【請求項 2】

請求項 1 記載の単相交流同期モータであって、

$20/81$ (ただし、 $\theta_1 > (5/9)\theta_0$) $\leq \alpha_1 \times \alpha_2 \leq 42/81$ (ただし、 $\theta_2 > (6/9)\theta_0$)

とする、

ことを特徴とする単相交流同期モータ。

【請求項 3】

請求項 1 または 2 記載の単相交流同期モータであって、

1 (ただし、 $\theta_1 > (5/9)\theta_0$) $\leq \alpha_1 + \alpha_2 \leq 13/9$ (ただし、 $\theta_1 < (7/9)\theta_0$)

とする、

ことを特徴とする単相交流同期モータ。

【請求項 4】

磁極数 $2n$ (n は自然数) のロータマグネットと、 $2n$ 極のステータコアティースとを有する単相直流ブラシレスモータにおいて、

上記ロータマグネットの磁極ピッチを θ_0 度、上記ステータコアティースの開き角を θ_1 度、上記ロータマグネットの着磁角を θ_2 度とするときに、

$$\theta_1 = \alpha_1 \cdot \theta_0$$

$$\theta_2 = \alpha_2 \cdot \theta_0$$

であり、上記 α_1 , α_2 のとり得る範囲をそれぞれ

$$4/9 \leq \alpha_1 \leq 7/9$$

$$4/9 \leq \alpha_2 \leq 7/9$$

とする、

ことを特徴とする単相直流ブラシレスモータ。

【請求項 5】

請求項 4 記載の単相直流ブラシレスモータであって、

$20/81$ (ただし、 $\theta_1 > (5/9)\theta_0$) $\leq \alpha_1 \times \alpha_2 \leq 42/81$ (ただし、 $\theta_2 > (6/9)\theta_0$)

とする、

ことを特徴とする単相直流ブラシレスモータ。

【請求項 6】

請求項 4 または 5 記載の単相直流ブラシレスモータであって、

1 (ただし、 $\theta_1 > (5/9)\theta_0$) $\leq \alpha_1 + \alpha_2 \leq 13/9$ (ただし、 $\theta_1 < (7/9)\theta_0$)

とする、

ことを特徴とする単相直流ブラシレスモータ。

【発明の詳細な説明】

10

20

30

40

50

【技術分野】

【0001】

本発明は、単相交流同期モータおよび単相直流ブラシレスモータに関する。

【背景技術】

【0002】

単相交流同期モータは、同期運転に入ると、たとえば単相交流電源の正弦波などの周波数に同期して駆動される。このとき、モータコイルに流れるモータ電流の位相とモータコイルに誘起される誘起電圧の位相とを比較すると、モータ電流の位相は、誘起電圧の位相に比べて、一般的に、軽負荷時には遅れ、高負荷時には進む傾向にある（たとえば特許文献1の段落「0032」、「0090」に、正弦波で駆動されるブラシレスDCモータについての同様な記載がある）。

10

【0003】

このような同期運転中の単相交流同期モータでは、負荷の大小に応じてモータ電流の位相と誘起電圧の位相との関係が様々に変化する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2005-184884号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

20

【0005】

上述したように、単相交流同期モータのモータ電流の位相と誘起電圧の位相との関係は、同期運転中には負荷の大小に応じて様々に変化する。このときモータ電流の位相と誘起電圧の位相とにズレが生じると、そのズレ分が逆トルク発生電流として費やされ、その程度によっては、交流同期モータの安定同期駆動等に悪影響を及ぼす。したがって、低負荷から高負荷までの広い負荷領域において安定して同期駆動する性能の良い単相交流同期モータを設計するためには、逆トルクの発生を適切に調整することが不可欠である。

【0006】

本発明は、このような背景の下に行われたものであって、低負荷から高負荷までの広い負荷領域において安定して同期駆動する単相交流同期モータおよび単相直流ブラシレスモータを提供することを目的とする。

30

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の1つの観点は、単相交流同期モータとしての観点である。すなわち、本発明の単相交流同期モータは、磁極数 $2n$ （ n は自然数）のロータマグネットと、 $2n$ 極のステータコアティースとを有する単相交流同期モータにおいて、ロータマグネットの磁極ピッチを θ_0 度、ステータコアティースの開き角を θ_1 度、ロータマグネットの着磁角を θ_2 度とするときに、

$$\theta_1 = \alpha_1 \cdot \theta_0$$

$$\theta_2 = \alpha_2 \cdot \theta_0$$

であり、 α_1 、 α_2 のとり得る範囲をそれぞれ

$$4/9 \leq \alpha_1 \leq 7/9$$

$$4/9 \leq \alpha_2 \leq 7/9$$

とするものである。

40

【0008】

あるいは、

$$20/81 \leq \theta_1 < (5/9)\theta_0 \quad \alpha_1 \times \alpha_2 \leq 42/81 \quad (\text{ただし、} \theta_2 > (6/9)\theta_0)$$

としてもよい。

【0009】

50

あるいは、

$9/9$ (ただし、 $\theta_1 > (5/9)\theta_0$) $\alpha_1 + \alpha_2 = 13/9$ (ただし、 $\theta_1 < (7/9)\theta_0$)

としてもよい。

【0010】

本発明の他の観点は、単相直流ブラシレスモータとしての観点である。すなわち、本発明の単相直流ブラシレスモータは、磁極数 $2n$ (n は自然数) のロータマグネットと、 $2n$ 極のステータコアティースとを有する単相直流ブラシレスモータにおいて、ロータマグネットの磁極ピッチを θ_0 度、ステータコアティースの開き角を θ_1 度、ロータマグネットの着磁角を θ_2 度とするときに、

$$\theta_1 = \alpha_1 \cdot \theta_0$$

$$\theta_2 = \alpha_2 \cdot \theta_0$$

であり、 α_1, α_2 のとり得る範囲をそれぞれ

$$4/9 \leq \alpha_1 \leq 7/9$$

$$4/9 \leq \alpha_2 \leq 7/9$$

とするものである。

【0011】

あるいは、

$20/81$ (ただし、 $\theta_1 > (5/9)\theta_0$) $\alpha_1 \times \alpha_2 = 42/81$ (ただし、 $\theta_2 > (6/9)\theta_0$)

としてもよい。

【0012】

あるいは、

$9/9$ (ただし、 $\theta_1 > (5/9)\theta_0$) $\alpha_1 + \alpha_2 = 13/9$ (ただし、 $\theta_1 < (7/9)\theta_0$)

としてもよい。

【発明の効果】

【0013】

各発明によれば、低負荷から高負荷までの広い負荷領域において安定して同期駆動する単相交流同期モータおよび単相直流ブラシレスモータを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】本発明の第一の実施の形態の単相交流同期モータの要部構成図である。

【図2】図1の単相交流同期モータを駆動する際の周辺構成を示す図である。

【図3】磁極ピッチ θ_0 および開き角 θ_1 の定義を説明するための図である。

【図4】着磁角 θ_2 の定義および磁極ピッチ θ_0 に対する着磁角 θ_2 の関係を説明するための図である。

【図5】図1の単相交流同期モータにおける単相交流電圧および誘起電圧(無負荷、定格負荷、高負荷)の位相と無負荷時、定格負荷時、高負荷時におけるモータ電流の位相との関係を示す図である。

【図6】図1の単相交流同期モータにおける開き角 θ_1 、着磁角 θ_2 と逆トルクとの関係を説明するための図であり、電流波形のゼロクロス点(電流方向の切り替わり点)におけるモータ電流位相が誘起電圧位相に遅れている状態を示す図である。

【図7】図6の状態を平面に展開して説明する図であり、 $\theta_1 = (6/9)\theta_0$ 、 $\theta_2 = (6/9)\theta_0$ の場合を示す図である。

【図8】図6の状態を平面に展開して説明する図であり、 $\theta_1 = (7/9)\theta_0$ 、 $\theta_2 = (7/9)\theta_0$ の場合を示す図である。

【図9】図6の状態における第1の逆トルクを説明するための図であり、第1の逆トルクの発生開始の時点を示す図である。

【図10】図6の状態における第1の逆トルクを説明するための図であり、第1の逆トル

10

20

30

40

50

クの発生終了の時点を示す図である。

【図 1 1】図 9、図 1 0 の第 1 の逆トルクの瞬間的な逆トルクエネルギーを定積分して生成される立体を示す図である。

【図 1 2】図 6 の状態における第 2 の逆トルクを説明するための図であり、第 2 の逆トルクの発生開始の時点を示す図である。

【図 1 3】図 6 の状態における第 2 の逆トルクを説明するための図であり、第 2 の逆トルクの瞬間的な逆トルクエネルギーの発生過程（その 1）を示す図である。

【図 1 4】図 6 の状態における第 2 の逆トルクを説明するための図であり、第 2 の逆トルクの瞬間的な逆トルクエネルギーの発生過程（その 2）を示す図である。

【図 1 5】図 6 の状態における第 2 の逆トルクを説明するための図であり、第 2 の逆トルクの発生終了の時点を示す図である。

10

【図 1 6】図 1 2 ~ 図 1 5 の第 2 の逆トルクの瞬間的な逆トルクエネルギーを定積分して生成される立体を示す図である。

【図 1 7】図 1 の単相交流同期モータにおける開き角 $\theta 1$ 、着磁角 $\theta 2$ と逆トルクとの関係を説明するための図であり、モータ電流位相が誘起電圧位相よりも進んでいる状態を示す図である。

【図 1 8】図 1 7 の状態における第 3 の逆トルクを説明するための図であり、第 3 の逆トルクの発生開始の時点を示す図である。

【図 1 9】図 1 7 の状態における第 3 の逆トルクを説明するための図であり、第 3 の逆トルクの発生終了の時点を示す図である。

20

【図 2 0】図 1 8、図 1 9 の第 3 の逆トルクの瞬間的な逆トルクエネルギーを定積分して生成される立体を示す図である。

【図 2 1】図 1 7 の状態を平面に展開して説明する図であり、 $\theta 1 = (7/9)\theta 0$ 、 $\theta 2 = (7/9)\theta 0$ の場合を示す図である。

【図 2 2】図 1 7 の状態における第 4 の逆トルクを説明するための図であり、第 4 の逆トルクの発生開始の時点を示す図である。

【図 2 3】図 1 7 の状態における第 4 の逆トルクを説明するための図であり、第 4 の逆トルクの発生終了の時点を示す図である。

【図 2 4】図 2 2、図 2 3 の第 4 の逆トルクの瞬間的な逆トルクエネルギーを積分して生成される立体を示す図である。

30

【図 2 5】図 1 7 の状態を平面に展開して説明する図であり、 $\theta 1 = (6/9)\theta 0$ 、 $\theta 2 = (6/9)\theta 0$ の場合を示す図である。

【図 2 6】開き角 $\theta 1$ および着磁角 $\theta 2$ の設定をそれぞれを $(4/9)\theta 0$ 、 $(5/9)\theta 0$ 、 $(6/9)\theta 0$ 、 $(7/9)\theta 0$ として組合せた場合の安定同期駆動、コギングトルク、有効磁束の評価結果を示す図である。

【図 2 7】図 2 6 の評価結果のうちで採用可能な評価結果を示す図である。

【図 2 8】図 2 6 の評価結果における $\theta 0$ の係数の積を示す図である。

【図 2 9】図 2 6 の評価結果における $\theta 0$ の係数の和を示す図である。

【図 3 0】開き角 $\theta 1$ を 40 度、50 度、60 度、70 度、80 度、89 度としたときの安定同期駆動負荷領域を示す図である。

40

【図 3 1】図 3 0 の安定同期駆動負荷領域を視覚的に示す図である。

【図 3 2】本発明の第二の実施の形態の単相交流同期モータの要部構成図である。

【図 3 3】図 3 2 の単相交流同期モータにおけるコギングトルクの評価結果を図 1 の単相交流同期モータにおけるコギングトルクの評価結果と比較する図である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

[本発明の実施の形態の単相交流同期モータ 1 の概要について]

本発明の実施の形態の単相交流同期モータ 1 は、図 1 に示すように、磁極数 $2n$ （ここでは $n = 2$ とする。）のロータマグネット 10 - 1 ~ 10 - 4 と、 $2n$ 極のステータコアティース 11 - 1 ~ 11 - 4 とを有する。詳細は後述するが、ステータコアティース 11

50

- 1 ~ 1 1 - 4 の開き角を $\theta 1$ (以下では単に開き角 $\theta 1$ という) およびロータマグネット 1 0 - 1 ~ 1 0 - 4 の着磁角を $\theta 2$ (以下では単に着磁角 $\theta 2$ という) は、ロータマグネット 1 0 - 1 ~ 1 0 - 4 の磁極ピッチを $\theta 0$ (以下では単に磁極ピッチ $\theta 0$ という)、を基準とした所定の大きさになっている。以下の説明は、様々な開き角 $\theta 1$ および着磁角 $\theta 2$ を設定し、広い負荷範囲において単相交流同期モータ 1 が正常に動作する開き角 $\theta 1$ と着磁角 $\theta 2$ との組合せを適宜選択するものである。

【0016】

(本発明の第一の実施の形態の単相交流同期モータ 1 の構成について)

本発明の第一の実施の形態の単相交流同期モータ 1 の構成について図 1 および図 2 を参照して説明する。

10

【0017】

単相交流同期モータ 1 は、図 1 の例では、磁極数 4 極のロータマグネット 1 0 - 1 ~ 1 0 - 4 と、4 極のステータコアティース 1 1 - 1 ~ 1 1 - 4 とを有する。ロータマグネット 1 0 - 1 ~ 1 0 - 4 の内側には回転軸 1 2 が設けられる。回転軸 1 2 とロータマグネット 1 0 - 1 ~ 1 0 - 4 との間には、回転軸 1 2 のロータヨーク 1 3 が設けられる。ステータコアティース 1 1 - 1 ~ 1 1 - 4 には不図示のモータコイルが巻回されており、モータコイルに通電されると隣接するステータコアティース 1 1 - 1 ~ 1 1 - 4 は互いに異なる極性に磁化する。また、ステータコアティース 1 1 - 1 ~ 1 1 - 4 は、ステータヨーク 1 4 によって連結されている。

【0018】

20

(単相交流同期モータ 1 を駆動する際の周辺の構成について)

図 2 は、単相交流同期モータ 1 を駆動する駆動部の構成例を示す図である。この例の場合、駆動部は、図 2 に示すように、単相交流電源 2 0、起動運転回路 3 0、制御部 3 1、運転切換回路 4 0、4 1、および負荷 5 0 を有する。

【0019】

単相交流電源 2 0 は、たとえば 1 0 0 V / 5 0 H z、1 0 0 V / 6 0 H z、1 1 0 V / 6 0 H z、および 2 3 0 V / 5 0 H z などの商用電源 (正弦波) である。なお、単相交流同期モータ 1 に適用できる単相交流電源 2 0 の周波数としては、たとえば 4 0 H z ~ 7 5 H z の範囲内のいずれでも適用可能である。

【0020】

30

起動運転回路 3 0 は、単相交流同期モータ 1 を起動させるための回路である。単相交流同期モータ 1 は、最初から同期運転に入ることはいできない。このため、単相交流同期モータ 1 の起動時には、たとえば 1 つの起動手段として、単相交流同期モータ 1 を D C ブラシレスモータとして動作させるようにする。これによれば、起動運転回路 3 0 は、単相交流電源 2 0 の単相交流電圧を整流して直流電圧を生成するとともに、生成した直流電圧に基づいて内蔵するスイッチング素子等により疑似交流を生成し、ステータコアティース 1 1 - 1 ~ 1 1 - 4 に巻回されたモータコイルに通電させる。これにより、ステータコアティース 1 1 - 1 ~ 1 1 - 4 には回転磁界が発生し、ロータマグネット 1 0 - 1 ~ 1 0 - 4 は回転を開始する。

【0021】

40

制御部 3 1 は、起動運転回路 3 0 および運転切換回路 4 0、4 1 を制御する。たとえば、制御部 3 1 は、単相交流同期モータ 1 が起動運転時には、起動運転回路 3 0 に指示を与えて疑似交流をステータコアティース 1 1 - 1 ~ 1 1 - 4 に巻回されたモータコイルに通電させる。そして、単相交流同期モータ 1 が同期運転に移行する際には、制御部 3 1 は、切換回路 4 0、4 1 を起動運転回路 3 0 から単相交流電源 2 0 に切り換えると共に起動運転回路 3 0 を停止させる。

【0022】

切換回路 4 0、4 1 は、単相交流同期モータ 1 への通電を起動運転回路 3 0 から単相交流電源 2 0 に切り換える回路である。図 2 の例では、切換回路 4 0、4 1 は、単相交流電源 2 0 側に切り換わっている。また、図 2 では、説明を分かり易くするために切換回路 4 0、

50

4 1 を有接点スイッチのように描いたが実際にはトライアックなどの無接点スイッチを用いることができる。

【 0 0 2 3 】

負荷 5 0 は、たとえば回転軸 1 2 に装着されたファンである。

【 0 0 2 4 】

[磁極ピッチ θ_0 、開き角 θ_1 、着磁角 θ_2 の定義について]

図 3 は、磁極ピッチ θ_0 および開き角 θ_1 を示す図である。

【 0 0 2 5 】

磁極ピッチ θ_0 は、360度を磁極数 (n) で除算した値と等しい角度である。よって、4極のロータマグネット 10 - 1 ~ 10 - 4 の場合は磁極ピッチ $\theta_0 = (360 / n)$ 度 = 90度になる。

10

【 0 0 2 6 】

開き角 θ_1 は、図 3 に示すように、ステータコアティース 11 - 1 ~ 11 - 4 の、ロータマグネット 10 - 1 ~ 10 - 4 に近接する円弧面の周方向の両端部と回転軸 1 2 の中心とを結ぶ線の成す角度である。

【 0 0 2 7 】

図 4 は、着磁角 θ_2 を示す図である。着磁角 θ_2 は、ロータマグネット 10 - 1 ~ 10 - 4 の着磁状態を所定の観測点から観たときの磁束密度の分布 (これを着磁形状という) を角度として表したものである。図 4 の横軸は、ロータマグネット 10 - 1 ~ 10 - 4 の回転角度であり、図 4 の縦軸は、ロータマグネット 10 - 1 ~ 10 - 4 の回転角度に対応する磁束密度である。

20

【 0 0 2 8 】

図 4 は、ロータマグネット 10 - 1 ~ 10 - 4 が一周する分の着磁波形であり、図 4 における 1 つの山または谷が磁極ピッチ θ_0 になる。また、図 4 に示すように、着磁形状の 1 つの山または谷を見ると台形形状になっており、このような着磁形状を台形波着磁と呼ぶ。このときに、ロータマグネット 10 - 1 ~ 10 - 4 の着磁角 θ_2 は、台形波の上辺の範囲の角度になる。なお、正弦波着磁は、磁極ピッチ $\theta_0 = "90"$ とした場合、着磁角 $\theta_2 = "60"$ の台形波着磁と等価に扱うことができる。

【 0 0 2 9 】

[逆トルクの発生と開き角 θ_1 および着磁角 θ_2 との関係について]

30

ここで、逆トルクの発生と開き角 θ_1 および着磁角 θ_2 との関係について図 5 ~ 図 2 5 を参照して説明する。

【 0 0 3 0 】

(逆トルク発生電流について)

図 5 に示すように、単相交流電圧、誘起電圧、モータ電流の各位相を比較してみると、単相交流同期モータ 1 の負荷の大小に応じて様々に変化していることがわかる。

【 0 0 3 1 】

すなわち、単相交流同期モータ 1 が無負荷であるときには、単相交流電圧の位相を基準にしてモータ電流の位相をみた場合、約 70 度程度遅れていることがわかる (図 5 では、+15 度 - 85 度 = -70 度)。一方、単相交流同期モータ 1 が定格負荷であるときには、単相交流電圧の位相を基準にしてモータ電流の位相をみた場合、約 3 度程度遅れていることがわかる (図 5 では、-6 度 + 3 度 = -3 度)。さらに、単相交流同期モータ 1 が高負荷であるときには、単相交流電圧の位相を基準にしてモータ電流の位相をみた場合、約 3 度程度進んでいることがわかる (図 5 では、-15 度 + 18 度 = +3 度)。すなわち、単相交流電圧の位相を基準にしてモータ電流の位相をみた場合、無負荷から高負荷へと負荷が大きくなるに連れて単相交流電圧の位相に対し、モータ電流の位相は進む傾向にある。一方で、単相交流電圧の位相を基準にして誘起電圧の位相をみた場合、無負荷から高負荷へと負荷が大きくなるに連れて単相交流電圧の位相に対し、誘起電圧流の位相は遅れる傾向にあることがわかる (図 5 では、無負荷時 : +15 度 → 定格負荷時 : -6 度 → 高負荷時 : -15 度)。

40

50

【 0 0 3 2 】

また、図 5 に黒塗りで示した部分は、逆トルク発生電流である。この逆トルク発生電流は、誘起電圧の極性とモータ電流の極性とが反対である部分の電流を指す。この逆トルク発生電流は、単相交流同期モータ 1 に逆トルクを発生させる。この逆トルクは、単相交流同期モータ 1 において、いわばブレーキの役割を果たしている。単相交流同期モータ 1 では、適切な出力トルクが得られるように、正トルクと逆トルクの割合が自律的に調整され、同期回転が維持される。

【 0 0 3 3 】

単相交流同期モータ 1 では、逆トルクは、無負荷時には大きく発生することによりロータ回転が過回転になることを抑制している。一方、単相交流同期モータ 1 では、逆トルクは、定格負荷時には殆ど発生せず高いトルクを発生できるようになる。他方、単相交流同期モータ 1 が高負荷になると、単相交流電圧の位相を基準としてみた場合、モータ電流の位相は、定格負荷時よりもさらに進むため、高いトルクが必要であるにも関わらず逆トルク発生電流が定格負荷時よりも大きくなり、脱調し易くなる。

【 0 0 3 4 】

このように、単相交流同期モータ 1 では、逆トルクの発生が負荷の状態に応じて適切に行われるようにモータ設計を行うことが性能の向上につながる。以下では、開き角 $\theta 1$ および着磁角 $\theta 2$ の値が逆トルクの発生に深く関与していることについて説明する。なお、以下の説明では、逆トルクエネルギーという概念を新しく導入する。逆トルクエネルギーは、単相交流同期モータ 1 を回転方向とは逆方向に回そうとする逆トルクの仕事量である。

【 0 0 3 5 】

(開き角 $\theta 1$ および着磁角 $\theta 2$ の値と逆トルクエネルギーの発生との関係について)

開き角 $\theta 1$ および着磁角 $\theta 2$ の値と逆トルクエネルギーの発生との関係を図 6 ~ 図 2 5 を参照しながら詳細に説明する。図 6 は、電流波形のゼロクロス点 (電流方向の切り替わり点) における単相交流同期モータ 1 のモータ電流の位相が誘起電圧の位相に対して遅れ角 A だけ遅れている状態を示している。図 7 は、図 6 の状態を平面に展開して説明する図であり、 $\theta 1 = (6 / 9) \theta 0$ 、 $\theta 2 = (6 / 9) \theta 0$ の場合を示す図である。また、図 8 は、図 6 の状態を平面に展開して説明する図であり、 $\theta 1 = (7 / 9) \theta 0$ 、 $\theta 2 = (7 / 9) \theta 0$ の場合を示す図である。

【 0 0 3 6 】

図 7、図 8 においてハッチング部分は、図 6 における $I : \text{ステータコアティース } 11 - i$ (i は 1 ~ 4 のいずれか) の磁化領域である。図 7、図 8 の 2 つのハッチング部分は、左下がステータコアティース $11 - i$ の磁化領域が S 極に磁化されている期間であり、右上がステータコアティース $11 - i$ の磁化領域が N 極に磁化されている期間である。また、図 7、図 8 において破線の台形は、ロータマグネット $10 - j$ (j は 1 ~ 4 のいずれか) の台形波着磁の形状を示す。図 7、図 8 の 2 つの破線の台形は、左下が $II : \text{ロータマグネット } 10 - j$ の N 極 ($II : \text{ロータ N 極}$ と図示) であり、右上が $III : \text{ロータマグネット } 10 - (j - 1)$ の S 極 ($III : \text{ロータ S 極}$ と図示) である。

【 0 0 3 7 】

単相交流同期モータ 1 では、電流波形のゼロクロス点における単相交流同期モータ 1 のモータ電流の位相が誘起電圧の位相に対して遅れている状態において、 $I : \text{ステータコアティース } 11 - i$ の磁化領域の S 極と $II : \text{ロータマグネット } 10 - j$ の N 極との間で発生する第 1 の逆トルクと、 $I : \text{ステータコアティース } 11 - i$ の磁化領域の S 極と $III : \text{ロータマグネット } 10 - (j - 1)$ の S 極との間で発生する第 2 の逆トルクとがある。さらに、単相交流同期モータ 1 では、後述するように、電流波形のゼロクロス点における単相交流同期モータ 1 のモータ電流の位相が誘起電圧の位相に対して進んでいる状態において、 $I : \text{ステータコアティース } 11 - i$ の磁化領域の S 極と $II : \text{ロータマグネット } 10 - j$ の N 極との間で発生する第 3 の逆トルクと、 $I : \text{ステータコアティース } 11 - i$ の磁化領域の N 極と $IV : \text{ロータマグネット } 10 - (j + 1)$ の S 極との間で発生する第 4

の逆トルクとがある。以下では、第 1、第 2、第 3、第 4 の逆トルクについてそれぞれ分けて説明する。

【0038】

(第 1 の逆トルクについて)

第 1 の逆トルクは、電流波形のゼロクロス点における単相交流同期モータ 1 のモータ電流の位相が誘起電圧の位相に対して遅れている状態において、 I : ステータコアティース 11 - i の磁化領域の S 極と II : ロータマグネット 10 - j の N 極との間で発生する。以下では、第 1 の逆トルクの逆トルクエネルギーの発生について図 6 ~ 図 11 を参照しながら説明する。

【0039】

10

図 9 は、 II : ロータマグネット 10 - j の N 極の磁気中心と I : ステータコアティース 11 - i の S 極の磁気中心とが一致した状態である。図 7、図 8 では、一点鎖線で囲まれた部分の位置に相当する。回転している II : ロータマグネット 10 - j の N 極が図 9 の状態を過ぎた瞬間から I : ステータコアティース 11 - i の S 極が II : ロータマグネット 10 - j の N 極を回転方向に対して引き戻そうとする。このため、単相交流同期モータ 1 では、 I : ステータコアティース 11 - i の S 極と II : ロータマグネット 10 - j の N 極との間で第 1 の逆トルクが発生する。また、 I : ステータコアティース 11 - i の S 極と II : ロータマグネット 10 - j の N 極との間で発生する瞬間的な逆トルクエネルギーは図 9 に示す状態が最大である。図 9、図 10 の黒塗部分がステータコアティース 11 - i の開き角 θ_1 とロータマグネット 10 - j の着磁の台形とが重なる領域である。この黒塗部分の面積が図 9、図 10 にそれぞれ図示した状態における瞬間的な逆トルクエネルギーと考えることができる。

20

【0040】

図 10 は、 II : ロータマグネット 10 - j の N 極の磁気中心と I : ステータコアティース 11 - i の S 極の磁気中心とがモータ電流位相の誘起電圧位相に対する遅れ角 A だけズレた状態である。この瞬間に I : ステータコアティース 11 - i が N 極に切り換わり、 I : ステータコアティース 11 - i の N 極が II : ロータマグネット 10 - j の N 極を回転方向に押し出すようになるため、第 1 の逆トルクは消滅する。すなわち、 I : ステータコアティース 11 - i の S 極と II : ロータマグネット 10 - j の N 極との間の第 1 の逆トルクは、図 9 の状態から始まって図 10 の状態で終了する(図 7、図 8 の“逆トルク発生幅”に相当する。)。

30

【0041】

したがって、図 11 に示すように、瞬間的な逆トルクエネルギーを表す黒塗部分の面積を図 9 の状態から図 10 の状態までの遅れ角 A (区間 $[0, A]$) 上の定積分にて生成された立体の体積が I : ステータコアティース 11 - i の S 極と II : ロータマグネット 10 - j の N 極との間で発生する逆トルクエネルギーであると考えることができる。

【0042】

以上の説明により、 θ_1 、 θ_2 が大きいほど図 9、図 10 の黒塗部分の面積で与えられる各瞬間における逆トルクエネルギーも大きくなる。したがって、 θ_1 、 θ_2 が大きいほどこれを積分してなる第 1 の逆トルクの逆トルクエネルギーも大きくなることわかる。このように、 θ_1 、 θ_2 の値が第 1 の逆トルクの逆トルクエネルギーに深く関与していることわかる。

40

【0043】

(第 2 の逆トルクについて)

第 2 の逆トルクは、電流波形のゼロクロス点における単相交流同期モータ 1 のモータ電流の位相が誘起電圧の位相に対して遅れている状態において、 I : ステータコアティース 11 - i の磁化領域の S 極と III : ロータマグネット 10 - ($j - 1$) の S 極との間で発生する。第 2 の逆トルクの逆トルクエネルギーの発生について図 6 ~ 図 8、図 12 ~ 図 16 を参照しながら説明する。なお、図 12 ~ 図 16 は、説明を分かり易くするために、図 7 よりも逆トルクエネルギーが大きい図 8 に示す $\theta_1 = (7/9)\theta_0$ 、 $\theta_2 = (7/9$

50

） $\theta 0$ の場合を例にとって説明している。

【0044】

図7、図8において、 I ：ステータコアティース11-iの磁化領域のS極とIII：ロータマグネット10-(j-1)のS極とが図面の上下で交差する部分が、第2の逆トルクの発生領域になる。これは、 I ：ステータコアティース11-iの磁化領域のS極とIII：ロータマグネット10-(j-1)のS極とが互いに反発することにより、 I ：ステータコアティース11-iの磁化領域のS極がIII：ロータマグネット10-(j-1)のS極を回転方向に対して押し戻そうとするためである。

【0045】

図12は、 I ：ステータコアティース11-iの磁化領域のS極（ハッチング部分）に、未だIII：ロータマグネット10-(j-1)のS極（台形部分）が入っていない状態である。すなわち、図7、図8では、 I ：ステータコアティース11-iの磁化領域のS極が一点鎖線で囲んだ領域以前にある状態である。図12に示す状態では、 I ：ステータコアティース11-iの磁化領域のS極とIII：ロータマグネット10-(j-1)のS極との間で第2の逆トルクが発生する要因は無い。

10

【0046】

図13は、 I ：ステータコアティース11-iの磁化領域のS極にIII：ロータマグネット10-(j-1)のS極が入り始め、 I ：ステータコアティース11-iの磁化領域のS極がIII：ロータマグネット10-(j-1)のS極を押し戻す第2の逆トルクが発生し始めている。図13の状態では、未だ瞬間的な逆トルクエネルギー（黒塗部分の面積）は小さい。

20

【0047】

図14は、 I ：ステータコアティース11-iの磁化領域のS極にIII：ロータマグネット10-(j-1)のS極がさらに深く入り込み、 I ：ステータコアティース11-iの磁化領域のS極がIII：ロータマグネット10-(j-1)のS極を押し戻すことにより瞬間的な逆トルクエネルギーが図13よりも大きくなる。

【0048】

図15は、 I ：ステータコアティース11-iの磁化領域のS極にIII：ロータマグネット10-(j-1)のS極がさらに深く入り込み、 I ：ステータコアティース11-iの磁化領域のS極がIII：ロータマグネット10-(j-1)のS極を押し戻すことにより瞬間的な逆トルクエネルギー（黒塗部分の面積）が図14よりも大きくなっている。なお、図15は、図8で図示した状態に対応しており、図15の状態を過ぎた瞬間から I ：ステータコアティース11-iの磁化領域がN極に切り換わり、III：ロータマグネット10-(j-1)のS極を引き付けるため、第2の逆トルクが終了する状態である。

30

【0049】

図12～図15に示した瞬間的な逆トルクエネルギーを表す黒塗部分の面積を、逆トルクの発生領域角 B （区間 $[0, B]$ ）上の定積分にて生成した立体を図16に示す。図16の立体における頂点は図12に示す状態であり、未だ第2の逆トルクは発生していない。図12の状態から図13、図14、図15の状態へと進むにしたがって、瞬間的な逆トルクエネルギーは大きくなる。そして、図15の状態を過ぎた瞬間から I ：ステータコアティース11-iの磁化領域がN極に切り換わり、III：ロータマグネット10-(j-1)のS極を引き付けるため、第2の逆トルクの発生要因は消滅する。

40

【0050】

したがって、図16に示すように、瞬間的な逆トルクエネルギーを表す黒塗部分の面積を図12の状態から図15の状態までの B （区間 $[0, B]$ ）上の定積分にて生成した立体の体積が I ：ステータコアティース11-iのS極とIII：ロータマグネット10-(j-1)のS極との間で発生する第2の逆トルクの逆トルクエネルギーであると考えることができる。

【0051】

50

図 7、図 8 において、逆トルクの発生領域角 B は、

$$B = A - (\theta_0 - \theta_1) / 2$$

である。図 7、図 8 では、モータ電流位相の誘起電圧位相に対する遅れ角 A はほぼ同じであり、図 8 は、図 7 よりも θ_1 が大きくなっているため、逆トルクの発生領域角 B も大きくなっている。このように I : ステータコアティース 11 - i の磁化領域 S 極と II : ロータマグネット 10 - ($j - 1$) の S 極との間の逆トルクの発生領域角 B は、 θ_1 が大きくなることにより増加して積分区間が増す。さらに、 θ_1 , θ_2 が大きいほど瞬間的な逆トルクエネルギー（黒塗部分の面積）も大きくなるため、第 2 の逆トルクの逆トルクエネルギーは、 θ_1 , θ_2 が大きくなることにより増加することがわかる。

【0052】

以上説明したように、単相交流同期モータ 1 において、 θ_1 、 θ_2 の値が第 1、第 2 の逆トルクの逆トルクエネルギーに深く関与していることがわかる。

【0053】

（第 3 の逆トルクについて）

図 17 は、電流波形のゼロクロス点における単相交流同期モータ 1 のモータ電流の位相が誘起電圧の位相に対して進んでいる状態を示している。このように、電流波形のゼロクロス点における単相交流同期モータ 1 のモータ電流の位相が誘起電圧の位相に対して進み角 C だけ進んでいる状態は、単相交流同期モータ 1 が過負荷であり、乱調・脱調に近い場合に多く生じる。

【0054】

第 3 の逆トルクは、電流波形のゼロクロス点における単相交流同期モータ 1 のモータ電流の位相が誘起電圧の位相に対して進んでいる状態において、 I : ステータコアティース 11 - i の磁化領域の N 極と II : ロータマグネット 10 - j の N 極との間で発生する。以下では、第 3 の逆トルクの逆トルクエネルギーの発生について図 18 ~ 図 20 を参照しながら説明する。

【0055】

図 18 は、 II : ロータマグネット 10 - j の N 極の磁気中心と I : ステータコアティース 11 - i の磁化領域の N 極の磁気中心とがモータ電流位相の誘起電圧位相に対する進み角 C だけズレた状態である。この瞬間に I : ステータコアティース 11 - i の磁化領域が S 極から N 極に切り換わり、 I : ステータコアティース 11 - i の磁化領域の N 極が II : ロータマグネット 10 - j の N 極を回転方向とは逆方向に押し返すようになるため、第 3 の逆トルクが発生する。

【0056】

図 19 は、 II : ロータマグネット 10 - j の N 極の磁気中心と I : ステータコアティース 11 - i の磁化領域の N 極の磁気中心とが一致した状態である。図 19 に示す状態を過ぎるとステータコアティース 11 - i の磁化領域の N 極がロータマグネット 10 - j の N 極を回転方向に押し出すようになるため、第 3 の逆トルクは消滅する。また、 I : ステータコアティース 11 - i の磁化領域の N 極と II : ロータマグネット 10 - j の N 極との間で発生する瞬間的な逆トルクエネルギーは図 19 に示す状態が最大である。

【0057】

図 18、図 19 の黒塗部分の面積が図 18、図 19 にそれぞれ図示した状態における第 3 の逆トルクの瞬間的な逆トルクエネルギーと考えることができる。すなわち、 I : ステータコアティース 11 - i の磁化領域の N 極と II : ロータマグネット 10 - j の N 極との間の第 3 の逆トルクは、図 18 の状態から始まって図 19 の状態で終了する。

【0058】

したがって、図 20 に示すように、瞬間的な逆トルクエネルギーを表す黒塗部分の面積を図 18 の状態から図 19 の状態までの進み角 C （区間 $[0, C]$ ）上の定積分にて生成された立体の体積が I : ステータコアティース 11 - i の N 極と II : ロータマグネット 10 - j の N 極との間で発生する逆トルクエネルギーであると考えることができる。

【0059】

10

20

30

40

50

以上の説明により、 θ_1 、 θ_2 が大きいほど図18、図19の黒塗部分の面積で与えられる各瞬間における逆トルクエネルギーも大きくなる。したがって、 θ_1 、 θ_2 が大きいほどこれを積分してなる第3の逆トルクの逆トルクエネルギーも大きくなる。このように、 θ_1 、 θ_2 の値が第3の逆トルクの逆トルクエネルギーに深く関与していることがわかる。

【0060】

(第4の逆トルクについて)

第4の逆トルクは、第3の逆トルクと同様に、図17に示す電流波形のゼロクロス点における単相交流同期モータ1のモータ電流の位相が誘起電圧の位相に対して進み角 C だけ進んでいる状態において発生するものである。図21は、図17の状態を平面に展開して説明する図であり、 $\theta_1 = (7/9)\theta_0$ 、 $\theta_2 = (7/9)\theta_0$ の場合を示す図である。

10

【0061】

第4の逆トルクは、 I ：ステータコアティース11-iの磁化領域のN極とIV：ロータマグネット10-(j+1)のS極との間で発生する。図21において、 I ：ステータコアティース11-iの磁化領域のN極とIV：ロータマグネット10-(j+1)のS極とが図面の上下で交差する部分(黒塗部分)が、第4の逆トルクの発生領域角 D になる。これは、 I ：ステータコアティース11-iの磁化領域のN極とIV：ロータマグネット10-(j+1)のS極とが互いに引き合うことにより、 I ：ステータコアティース11-iの磁化領域のN極がIV：ロータマグネット10-(j+1)のS極を回転方向に対して逆方向に引き戻そうとするためである。

20

【0062】

図22は、図21の状態と同じ状態を簡略化して示した図であり、 I ：ステータコアティース11-iの磁化領域N極にIV：ロータマグネット10-(j+1)のS極が入り、 I ：ステータコアティース11-iの磁化領域のN極がIV：ロータマグネット10-(j+1)のS極を引き戻そうとすることにより第4の逆トルクの瞬間的な逆トルクエネルギー(黒塗部分)が生じている。なお、図22の状態となる直前の状態は、 I ：ステータコアティース11-iの磁化領域はS極であるため、 I ：ステータコアティース11-iの磁化領域のS極は、IV：ロータマグネット10-(j+1)のS極を押し出しており第4の逆トルクは発生しない。

30

【0063】

図23は、 I ：ステータコアティース11-iの磁化領域N極(ハッチング部分)が、IV：ロータマグネット10-(j+1)のS極(台形部分)から脱した状態である。図23に示す状態では、 I ：ステータコアティース11-iの磁化領域のN極とIV：ロータマグネット10-(j+1)のS極との間で第4の逆トルクが発生する要因は無い。すなわち、第4の逆トルクは、図22の状態で発生を開始し、図23の状態で発生を終了する。

【0064】

図22、図23に示した瞬間的な逆トルクエネルギーを、逆トルクの発生領域角 D (区間 $[0, D]$)上の定積分することによって生成した立体を図24に示す。図24の立体における底面は図22に示す状態であり、図22の状態から図23の状態へと進むにしたがって、瞬間的な逆トルクエネルギーは小さくなる。そして、図23の状態になると I ：ステータコアティース11-iの磁化領域がS極に切り換わり、IV：ロータマグネット10-(j+1)のS極と反発するため、第4の逆トルクは消滅する。

40

【0065】

したがって、図24に示すように、図22の状態から図23の状態までの D (区間 $[0, D]$)上の定積分をすることによって生成した立体の体積が I ：ステータコアティース11-iのN極とIV：ロータマグネット10-(j+1)のS極との間で発生する第4の逆トルクの逆トルクエネルギーであると考えることができる。

【0066】

50

図 2 1、図 2 2 において、逆トルクの発生領域角 D は、

$$D = C - (\theta_0 - \theta_1) / 2$$

である。このように I : ステータコアティース 1 1 - i の磁化領域 N 極と IV : ロータマグネット 1 0 - $(j + 1)$ の S 極との間の逆トルクの発生領域角 D は、 θ_1 が大きくなることにより増加して、積分区間が増す。さらに、 θ_1 、 θ_2 が大きいほど瞬間的な逆トルクエネルギー（黒塗部分の面積）も大きくなるため、第 4 の逆トルクの逆トルクエネルギーも θ_1 、 θ_2 が大きくなることにより増加する。このように、電流波形のゼロクロス点における単相交流同期モータ 1 のモータ電流の位相が誘起電圧の位相に対して進んでいる状態においても、 θ_1 、 θ_2 の値が第 4 の逆トルクの逆トルクエネルギーに深く関与していることがわかる。

10

【0067】

なお、図 2 5 は、図 1 7 の状態を平面に展開して説明する図であり、 $\theta_1 = (6 / 9) \theta_0$ 、 $\theta_2 = (6 / 9) \theta_0$ の場合を示す図である。図 2 5 の例では、 $\theta_1 = (6 / 9) \theta_0$ 、 $\theta_2 = (6 / 9) \theta_0$ の場合には、逆トルクの発生領域角 D が存在せず、第 4 の逆トルクが発生しない。すなわち、 $\theta_1 = (6 / 9) \theta_0$ 、 $\theta_2 = (6 / 9) \theta_0$ の場合は、 I : ステータコアティース 1 1 - i の磁化領域が N 極に切換わったときには、 IV : ロータマグネット 1 0 - $(j + 1)$ の S 極は、 I : ステータコアティース 1 1 - i の磁化領域を脱している。このことから、 θ_1 、 θ_2 の値が第 4 の逆トルクの逆トルクエネルギーに深く関与していることがわかる。

【0068】

20

[極ピッチ θ_0 に対する開き角 θ_1 および着磁角 θ_2 の考察について]

上述したように、 θ_0 、 θ_1 、 θ_2 は、逆トルクの発生に関与し、その逆トルクは、その大きさによっては、単相交流同期モータ 1 の安定同期駆動に影響を与える。図 2 6 は、磁極ピッチ θ_0 に対する開き角 θ_1 および着磁角 θ_2 の様々な組合せと、当該組合せに伴う安定同期駆動、コギングトルク、有効磁束の良否について無負荷から定格負荷までを駆動条件として実測した評価結果を示す図である。図 2 6 の例においては、60 Hz の 100 V の単相交流電圧を出力 10 W の単相交流同期モータ 1 に印加し、この単相交流同期モータ 1 に無負荷 (0 [mN・m]) から 70 [mN・m] までの負荷をかけて実測した評価結果である。

【0069】

30

図 2 6 は、開き角 θ_1 および着磁角 θ_2 を、それぞれ、 $(4 / 9) \theta_0$ 、 $(5 / 9) \theta_0$ 、 $(6 / 9) \theta_0$ 、 $(7 / 9) \theta_0$ とした場合の安定同期駆動、コギングトルク、有効磁束の良否について評価した結果である。 θ_0 は、磁極ピッチである (図 4)。図中の印は評価結果が最良であり、図中の○印は評価結果が良好であり、図中の△印は評価結果が良好ではないが許容範囲内であり、図中の×印は評価結果が許容範囲外である。

【0070】

(開き角 θ_1 と着磁角 θ_2 の最良 の組合せ)

図 2 6 に示す評価結果では、単相交流同期モータ 1 の「安定同期駆動」については、開き角 θ_1 が $(4 / 9) \theta_0$ であり、着磁角 θ_2 が $(4 / 9) \theta_0$ 、 $(5 / 9) \theta_0$ 、 $(6 / 9) \theta_0$ 、および $(7 / 9) \theta_0$ 、開き角 θ_1 が $(5 / 9) \theta_0$ であり、着磁角 θ_2 が $(4 / 9) \theta_0$ 、 $(5 / 9) \theta_0$ 、 $(6 / 9) \theta_0$ 、および $(7 / 9) \theta_0$ 、開き角 θ_1 が $(6 / 9) \theta_0$ であり、着磁角 θ_2 が $(4 / 9) \theta_0$ 、 $(5 / 9) \theta_0$ 、および $(6 / 9) \theta_0$ であるときに、それぞれ最良 (△印：無負荷から定格負荷までの広い負荷範囲において安定的に同期駆動できる。) である。

40

【0071】

また、単相交流同期モータ 1 の「有効磁束」については、開き角 θ_1 が $(6 / 9) \theta_0$ であり、着磁角 θ_2 が $(6 / 9) \theta_0$ および $(7 / 9) \theta_0$ 、開き角 θ_1 が $(7 / 9) \theta_0$ であり、着磁角 θ_2 が $(4 / 9) \theta_0$ 、 $(5 / 9) \theta_0$ 、 $(6 / 9) \theta_0$ 、および $(7 / 9) \theta_0$ であるときに、それぞれ最良 (○印：高効率、高出力が得られる。) である。

【0072】

50

(開き角 θ_1 と着磁角 θ_2 の良好○の組合せ)

図 26 に示す評価結果では、単相交流同期モータ 1 の安定同期駆動については、開き角 θ_1 が (6 / 9) θ_0 であり、着磁角 θ_2 が (7 / 9) θ_0 、開き角 θ_1 が (7 / 9) θ_0 であり、着磁角 θ_2 が (4 / 9) θ_0 および (5 / 9) θ_0 であるときにそれぞれ良好 (○印：無負荷から定格負荷までの広い負荷範囲において実用上問題無く同期駆動できる。) である。

【0073】

また、単相交流同期モータ 1 のコギングトルクについては、開き角 θ_1 が (7 / 9) θ_0 であり、着磁角 θ_2 が (4 / 9) θ_0 、(5 / 9) θ_0 、(6 / 9) θ_0 、および (7 / 9) θ_0 であるときに良好 (○印：実用上問題無くコギングトルクが小さい。) である。

10

【0074】

また、単相交流同期モータ 1 の「有効磁束」については、開き角 θ_1 が (5 / 9) θ_0 であり、着磁角 θ_2 が (6 / 9) θ_0 および (7 / 9) θ_0 、開き角 θ_1 が (6 / 9) θ_0 であり、着磁角 θ_2 が (4 / 9) θ_0 および (5 / 9) θ_0 であるときに良好 (○印：実用上問題の無い効率、出力が得られる。) である。

【0075】

(開き角 θ_1 と着磁角 θ_2 の良好ではないが許容範囲内の組合せ)

図 26 に示す評価結果では、単相交流同期モータ 1 の安定同期駆動については、開き角 θ_1 が (7 / 9) θ_0 であり、着磁角 θ_2 が (6 / 9) θ_0 であるときに良好ではないが許容範囲内 (△印：無負荷から定格負荷までの広い負荷範囲において良好とは言えないが同期駆動できる。) である。

20

【0076】

また、単相交流同期モータ 1 のコギングトルクについては、開き角 θ_1 が (5 / 9) θ_0 であり、着磁角 θ_2 が (4 / 9) θ_0 、(5 / 9) θ_0 、(6 / 9) θ_0 、および (7 / 9) θ_0 、開き角 θ_1 が (6 / 9) θ_0 であり、着磁角 θ_2 が (4 / 9) θ_0 、(5 / 9) θ_0 、(6 / 9) θ_0 、および (7 / 9) θ_0 であるときにそれぞれ良好ではないが許容範囲内 (△印：良好とは言えないが許容範囲内のコギングトルクが発生する。) である。

【0077】

また、単相交流同期モータ 1 の有効磁束については、開き角 θ_1 が (4 / 9) θ_0 であり、着磁角 θ_2 が (6 / 9) θ_0 および (7 / 9) θ_0 、開き角 θ_1 が (5 / 9) θ_0 であり、着磁角 θ_2 が (4 / 9) θ_0 および (5 / 9) θ_0 であるときにそれぞれ良好ではないが許容範囲内 (△印：出力を得るためには、一定の効率悪化が避けられない。) である。

30

【0078】

(開き角 θ_1 と着磁角 θ_2 の許容範囲外×の組合せ)

図 26 に示す評価結果では、単相交流同期モータ 1 の安定同期駆動については、開き角 θ_1 が (7 / 9) θ_0 であり、着磁角 θ_2 が (7 / 9) θ_0 であるときに許容範囲外 (×印：同期駆動してもすぐに乱調・脱調を来す。) である。

【0079】

また、単相交流同期モータ 1 のコギングトルクについては、開き角 θ_1 が (4 / 9) θ_0 であり、着磁角 θ_2 が (4 / 9) θ_0 、(5 / 9) θ_0 、(6 / 9) θ_0 、および (7 / 9) θ_0 であるときに許容範囲外 (×印：コギングトルクが許容範囲外に大きい。) である。

40

【0080】

また、単相交流同期モータ 1 の有効磁束については、開き角 θ_1 が (4 / 9) θ_0 であり、着磁角 θ_2 が (4 / 9) θ_0 および (5 / 9) θ_0 であるときに許容範囲外 (×印：出力を得るためには、効率の悪化は避けられない。) である。

【0081】

(総合評価について)

50

単相交流同期モータ 1 の性能としては、無負荷から定格負荷まで安定同期駆動が可能なことが最優先されるべきである。したがって、「安定同期駆動」の項目が最良（印）または良好（○印）で、たとえば有効磁束が許容範囲外（×印）となっていない、となる条件を、適切に同期駆動させるための条件とすることができる。

【 0 0 8 2 】

図 2 6 の評価結果から上記の条件が除外される組合せをハッチングしたものを図 2 7 に示す。なお、開き角 $\theta 1$ が（ 4 / 9 ） $\theta 0$ であり、着磁角 $\theta 2$ が（ 6 / 9 ） $\theta 0$ および（ 7 / 9 ） $\theta 0$ である組合せは、安定同期駆動が優良であるがコギングトルクが許容範囲外（×印）であり、有効磁束が良好ではないが許容範囲内（印）である。この 2 つの組合せは、双方共にコギングトルクが許容範囲外（×印）になっている。しかしながら、コギングトルクについては、後述する第二の実施の形態において補助ティースの適用によって改善可能であるため、除外の対象とはしないことにする。

10

【 0 0 8 3 】

これによれば、

$$\theta 1 = \alpha 1 \cdot \theta 0$$

$$\theta 2 = \alpha 2 \cdot \theta 0$$

としたときに、 $\alpha 1$, $\alpha 2$ のとり得る範囲をそれぞれ

$$4 / 9 \leq \alpha 1 \leq 7 / 9$$

$$4 / 9 \leq \alpha 2 \leq 7 / 9$$

とすることがよいことがわかる。

20

【 0 0 8 4 】

ただし、この場合、除外すべき組合せについてもこの中に含まれることになる。そこで、以下では、「係数の積」、「係数の和および差」によって $\alpha 1$, $\alpha 2$ のとり得る範囲を限定する例を示す。

【 0 0 8 5 】

（係数の積について）

磁極ピッチ $\theta 0$ の係数の積を、開き角 $\theta 1$ および着磁角 $\theta 2$ についてそれぞれ計算した結果を図 2 8 に示す。開き角 $\theta 1$ が（ 4 / 9 ） $\theta 0$ であり、着磁角 $\theta 2$ が（ 4 / 9 ） $\theta 0$ である組合せにおいて、その係数の積は 1 6 / 8 1 になる。また、開き角 $\theta 1$ が（ 4 / 9 ） $\theta 0$ であり、着磁角 $\theta 2$ が（ 5 / 9 ） $\theta 0$ である組合せにおいて、その係数の積は 2 0 / 8 1 になる。また、開き角 $\theta 1$ が（ 4 / 9 ） $\theta 0$ であり、着磁角 $\theta 2$ が（ 6 / 9 ） $\theta 0$ である組合せにおいて、その係数の積は 2 4 / 8 1 になる。また、開き角 $\theta 1$ が（ 4 / 9 ） $\theta 0$ であり、着磁角 $\theta 2$ が（ 7 / 9 ） $\theta 0$ である組合せにおいて、その係数の積は 2 8 / 8 1 になる。

30

【 0 0 8 6 】

開き角 $\theta 1$ が（ 5 / 9 ） $\theta 0$ であり、着磁角 $\theta 2$ が（ 4 / 9 ） $\theta 0$ である組合せにおいて、その係数の積は 2 0 / 8 1 になる。また、開き角 $\theta 1$ が（ 5 / 9 ） $\theta 0$ であり、着磁角 $\theta 2$ が（ 5 / 9 ） $\theta 0$ である組合せにおいて、その係数の積は 2 5 / 8 1 になる。また、開き角 $\theta 1$ が（ 5 / 9 ） $\theta 0$ であり、着磁角 $\theta 2$ が（ 6 / 9 ） $\theta 0$ である組合せにおいて、その係数の積は 3 0 / 8 1 になる。また、開き角 $\theta 1$ が（ 5 / 9 ） $\theta 0$ であり、着磁角 $\theta 2$ が（ 7 / 9 ） $\theta 0$ である組合せにおいて、その係数の積は 3 5 / 8 1 になる。

40

【 0 0 8 7 】

開き角 $\theta 1$ が（ 6 / 9 ） $\theta 0$ であり、着磁角 $\theta 2$ が（ 4 / 9 ） $\theta 0$ である組合せにおいて、その係数の積は 2 4 / 8 1 になる。また、また、開き角 $\theta 1$ が（ 6 / 9 ） $\theta 0$ であり、着磁角 $\theta 2$ が（ 5 / 9 ） $\theta 0$ である組合せにおいて、その係数の積は 3 0 / 8 1 になる。また、開き角 $\theta 1$ が（ 6 / 9 ） $\theta 0$ であり、着磁角 $\theta 2$ が（ 6 / 9 ） $\theta 0$ である組合せにおいて、その係数の積は 3 6 / 8 1 になる。また、開き角 $\theta 1$ が（ 6 / 9 ） $\theta 0$ であり、着磁角 $\theta 2$ が（ 7 / 9 ） $\theta 0$ である組合せにおいて、その係数の積は 4 2 / 8 1 になる。

【 0 0 8 8 】

50

開き角 θ_1 が $(7/9)\theta_0$ であり、着磁角 θ_2 が $(4/9)\theta_0$ である組合せにおいて、その係数の積は $28/81$ になる。また、開き角 θ_1 が $(7/9)\theta_0$ であり、着磁角 θ_2 が $(5/9)\theta_0$ である組合せにおいて、その係数の積は $35/81$ になる。また、開き角 θ_1 が $(7/9)\theta_0$ であり、着磁角 θ_2 が $(6/9)\theta_0$ である組合せにおいて、その係数の積は $42/81$ になる。また、開き角 θ_1 が $(7/9)\theta_0$ であり、着磁角 θ_2 が $(7/9)\theta_0$ である組合せにおいて、その係数の積は $49/81$ になる。

【0089】

図28でハッチング箇所を除いた組合せが採用すべき組合せであるので、

$20/81$ (ただし、 $\theta_1 > (5/9)\theta_0$) $\alpha_1 \times \alpha_2 = 42/81$ (ただし、 $\theta_2 > (6/9)\theta_0$)

10

とすることがよいことがわかる。

【0090】

(係数の和について)

磁極ピッチ θ_0 の係数の和を、開き角 θ_1 および着磁角 θ_2 についてそれぞれ計算した結果を図29に示す。開き角 θ_1 が $(4/9)\theta_0$ であり、着磁角 θ_2 が $(4/9)\theta_0$ である組合せにおいて、その係数の和は $8/9$ になる。また、開き角 θ_1 が $(4/9)\theta_0$ であり、着磁角 θ_2 が $(5/9)\theta_0$ である組合せにおいて、その係数の和は $9/9 (=1)$ になる。また、開き角 θ_1 が $(4/9)\theta_0$ であり、着磁角 θ_2 が $(6/9)\theta_0$ である組合せにおいて、その係数の和は $10/9$ になる。また、開き角 θ_1 が $(4/9)\theta_0$ であり、着磁角 θ_2 が $(7/9)\theta_0$ である組合せにおいて、その係数の和は $11/9$ になる。

20

【0091】

開き角 θ_1 が $(5/9)\theta_0$ であり、着磁角 θ_2 が $(4/9)\theta_0$ である組合せにおいて、その係数の和は $9/9 (=1)$ になる。また、開き角 θ_1 が $(5/9)$ であり、着磁角 θ_2 が $(5/9)\theta_0$ である組合せにおいて、その係数の和は $10/9$ になる。また、開き角 θ_1 が $(5/9)\theta_0$ であり、着磁角 θ_2 が $(6/9)\theta_0$ である組合せにおいて、その係数の和は $11/9$ になる。また、開き角 θ_1 が $(5/9)\theta_0$ であり、着磁角 θ_2 が $(7/9)\theta_0$ である組合せにおいて、その係数の和は $12/9$ になる。

【0092】

開き角 θ_1 が $(6/9)\theta_0$ であり、着磁角 θ_2 が $(4/9)\theta_0$ である組合せにおいて、その係数の和は $10/9$ になる。また、開き角 θ_1 が $(6/9)\theta_0$ であり、着磁角 θ_2 が $(5/9)\theta_0$ である組合せにおいて、その係数の和は $11/9$ になる。また、開き角 θ_1 が $(6/9)\theta_0$ であり、着磁角 θ_2 が $(6/9)\theta_0$ である組合せにおいて、その係数の和は $12/9$ になる。また、開き角 θ_1 が $(6/9)\theta_0$ であり、着磁角 θ_2 が $(7/9)\theta_0$ である組合せにおいて、その係数の和は $13/9$ になる。

30

【0093】

開き角 θ_1 が $(7/9)\theta_0$ であり、着磁角 θ_2 が $(4/9)\theta_0$ である組合せにおいて、その係数の和は $11/9$ になる。また、開き角 θ_1 が $(7/9)\theta_0$ であり、着磁角 θ_2 が $(5/9)\theta_0$ である組合せにおいて、その係数の和は $12/9$ になる。また、開き角 θ_1 が $(7/9)\theta_0$ であり、着磁角 θ_2 が $(6/9)\theta_0$ である組合せにおいて、その係数の和は $13/9$ になる。また、開き角 θ_1 が $(7/9)\theta_0$ であり、着磁角 θ_2 が $(7/9)\theta_0$ である組合せにおいて、その係数の和は $14/9$ になる。

40

【0094】

図29でハッチング箇所を除いた組合せが採用すべき組合せであるので、

1 (ただし、 $\theta_1 > (5/9)\theta_0$) $\alpha_1 + \alpha_2 = 13/9$ (ただし、 $\theta_1 < (7/9)\theta_0$)

とすることがよいことがわかる。

【0095】

(単相交流同期モータ1の安定同期駆動負荷領域について)

次に、単相交流同期モータ1の安定同期駆動負荷領域について実測した結果を図30に

50

示す。図 30 は、60 Hz 10 W 仕様の単相交流同期モータ 1 を使用し、着磁角 $\theta_2 = 60$ (すなわち $(6/9)\theta_0$) にて、60 Hz 100 V の単相交流電圧を印加して実測した結果である。

【0096】

図 30 に示すように、 $\theta_1 = 40$ (すなわち $(4/9)\theta_0$) であるときには安定同期駆動負荷領域は、無負荷から 58.4 [mN・m] までであり、このときの出力は 11.0 W である。また、 $\theta_1 = 50$ (すなわち $(5/9)\theta_0$) であるときには安定同期駆動負荷領域は、無負荷から 82.3 [mN・m] までであり、このときの出力は 15.5 W である。また、 $\theta_1 = 60$ (すなわち $(6/9)\theta_0$) であるときには安定同期駆動負荷領域は、無負荷から 79.6 [mN・m] までであり、このときの出力は 15.0 W である。また、 $\theta_1 = 70$ (すなわち $(7/9)\theta_0$) であるときには安定同期駆動負荷領域は、下限は 12.2 [mN・m] からであり、このときの出力は 2.3 W であり、上限は 33.4 [mN・m] までであり、このときの出力は 6.3 W である。また、 $\theta_1 = 80, 89$ (すなわち $(8/9)\theta_0, \theta_0$) のときには安定同期駆動可能な負荷領域が存在しない。図 30 の実測結果を視覚的に示したものを図 31 に示す。

【0097】

図 30、図 31 の実測結果から無負荷から 80.0 [mN・m] 前後までの負荷に対し、 $\theta_1 = 50$ または 60 が好ましいことがわかる。また、負荷が比較的小さい(たとえば 60.0 [mN・m] 前後)場合には、 $\theta_1 = 40$ であってもよいことがわかる。

【0098】

(効果)

以上説明したように、

開き角 $\theta_1 = \alpha_1 \cdot \text{磁極ピッチ } \theta_0$

着磁角 $\theta_2 = \alpha_2 \cdot \text{磁極ピッチ } \theta_0$

とするとときに、

$$4/9 \quad \alpha_1 \quad 7/9$$

$$4/9 \quad \alpha_2 \quad 7/9$$

特に、

$$20/81 \text{ (ただし、} \theta_1 > (5/9)\theta_0 \text{)} \quad \alpha_1 \times \alpha_2 \quad 42/81 \text{ (ただし、} \theta_2 > (6/9)\theta_0 \text{)}$$

あるいは、

$$1 \text{ (ただし、} \theta_1 > (5/9)\theta_0 \text{)} \quad \alpha_1 + \alpha_2 \quad 13/9 \text{ (ただし、} \theta_1 < (7/9)\theta_0 \text{)}$$

とすることにより、単相交流同期モータ 1 は、無負荷から定格負荷近傍までの広い負荷領域で安定して同期駆動を行うことができる。たとえば負荷 50 がファンである場合、ファンの羽に異物が衝突したり、ファンに対して外部から風が当たるなどの様々な要因によって負荷量の変動する可能性が特に高い。このように負荷 50 がファンである場合、単相交流同期モータ 1 は、負荷量の変動しても正常回転を維持することが特に重要である。

【0099】

[本発明の第二の実施の形態の単相交流同期モータ 1 A について]

本発明の第二の実施の形態の単相交流同期モータ 1 A について図 32 および図 33 を参照して説明する。図 32 は、単相交流同期モータ 1 A の構成を示す図である。単相交流同期モータ 1 A は、単相交流同期モータ 1 とは一部が異なる。以下では、単相交流同期モータ 1 と同一または同種の部材については同一または同一系の符号を付してその説明を省略または簡略し、主として異なる部材について説明する。

【0100】

単相交流同期モータ 1 A は、図 32 に示すように、ステータコアティース 11-1 ~ 11-4 の間に補助ティース 60-1 ~ 60-4 を配置する。補助ティース 60-1 ~ 60-4 の幅をステータコアティース 11-1 ~ 11-4 の開き角と同様の方法で表すと、たとえば

10

20

30

40

50

[(1 - 6 / 9) θ 0] * 1 / 1 0

以上であり、ステータコアティース 1 1 - 1 ~ 1 1 - 4 と接触しない幅（開き角）とする。補助ティース 6 0 - 1 ~ 6 0 - 4 は、ステータヨーク 1 4 A と一体に形成されてもよいし、ステータヨーク 1 4 A に接合されてもよい。

【 0 1 0 1 】

図 3 3 は、6 0 H z 1 0 0 V の単相交流電圧を出力 1 0 W の補助ティース 6 0 - 1 ~ 6 0 - 4 を有しない単相交流同期モータ 1 および補助ティース 6 0 - 1 ~ 6 0 - 4 を有する単相交流同期モータ 1 A に通電してコギングトルクを実測した結果である。なお、開き角 θ 1 および着磁角 θ 2 を共に 6 0（すなわち (6 / 9) θ 0）とした。

【 0 1 0 2 】

補助ティース 6 0 - 1 ~ 6 0 - 4 を有しない単相交流同期モータ 1 では、コギングトルクは 1 1 0 [m N · m] であった。また、このときの誘起電圧の実効値は、8 4 . 6 V であった。これに対し、補助ティース 6 0 - 1 ~ 6 0 - 4 を有する単相交流同期モータ 1 A では、コギングトルクは 2 8 . 6 [m N · m] であった。また、このときの誘起電圧の実効値は、8 4 . 9 V であった。

【 0 1 0 3 】

（効果）

このように、補助ティース 6 0 - 1 ~ 6 0 - 4 を有しない単相交流同期モータ 1 では、 θ 1 = 6 0（すなわち (6 / 9) θ 0）のときに、コギングトルクは 1 1 0 [m N · m] であったのに対し、補助ティース 6 0 - 1 ~ 6 0 - 4 を有する単相交流同期モータ 1 A では、 θ 1 = 6 0（すなわち (6 / 9) θ 0）のときに、コギングトルクは 2 8 . 6 [m N · m] まで低減された。これは補助ティース 6 0 - 1 ~ 6 0 - 4 を有しない単相交流同期モータ 1 に比べて補助ティース 6 0 - 1 ~ 6 0 - 4 を有する単相交流同期モータ 1 A のコギングトルクは、0 . 2 6 倍（約 1 / 4）に低減していることがわかる。

【 0 1 0 4 】

このように補助ティース 6 0 - 1 ~ 6 0 - 4 を有する単相交流同期モータ 1 A によってコギングトルクを低減することができるので、図 2 7 で説明した θ 1 = (4 / 9) θ 0 と θ 2 = (6 / 9) θ 0 の組合せ、または θ 1 = (4 / 9) θ 0 と θ 2 = (7 / 9) θ 0 の組合せにおいて、コギングトルクに対する評価結果が許容範囲外（×印）であってもこれを評価結果が良好ではないが許容範囲内（印）もしくは良好（○印）までに改善させることができることがわかる。

【 0 1 0 5 】

[その他の実施の形態]

本発明の実施の形態は、その要旨を逸脱しない限り様々に変更が可能である。上述した単相交流同期モータ 1 を、ロータマグネット 1 0 - 1 ~ 1 0 - 4 の磁極位置を検出するセンサからの検出出力に応じてステータコアティース 1 1 - 1 ~ 1 1 - 4 の磁化を適宜制御する単相直流ブラシレスモータに置き換え、上述した単相交流同期モータ 1 と同様の負荷および回転速度の条件で駆動させることにより、単相直流ブラシレスモータについても上述した実施の形態の説明と同様に説明することができる。

【 符号の説明 】

【 0 1 0 6 】

1 , 1 A ... 単相交流同期モータ、1 0 - 1 ~ 1 0 - 4 ... ロータマグネット、1 1 - 1 ~ 1 1 - 4 ... ステータコアティース

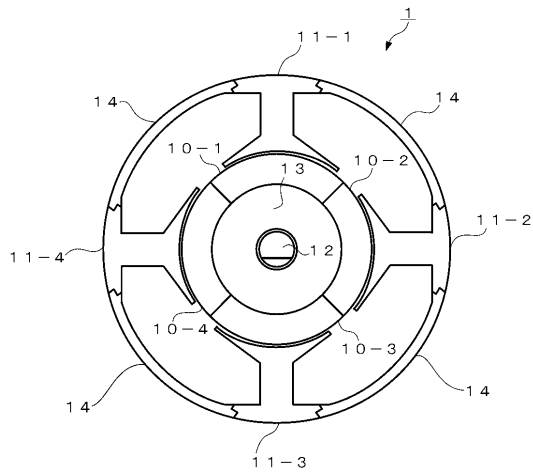
10

20

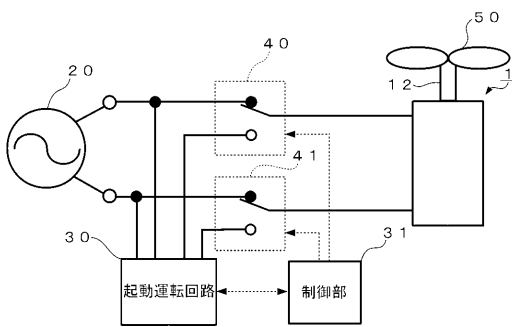
30

40

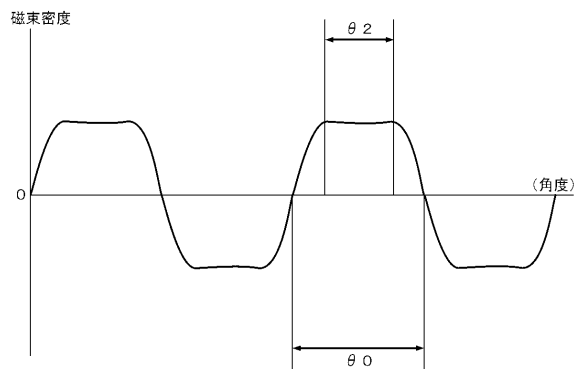
【図 1】



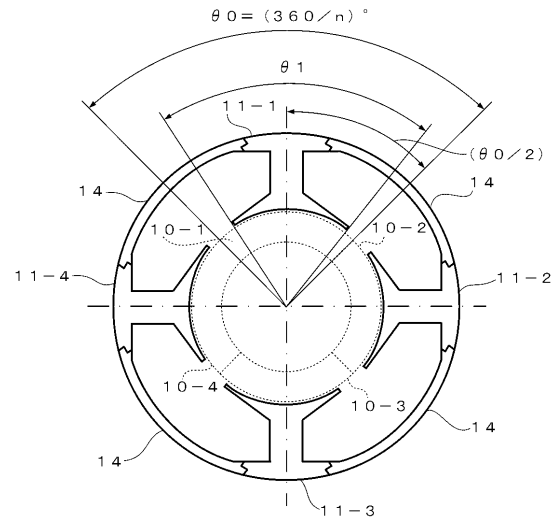
【図 2】



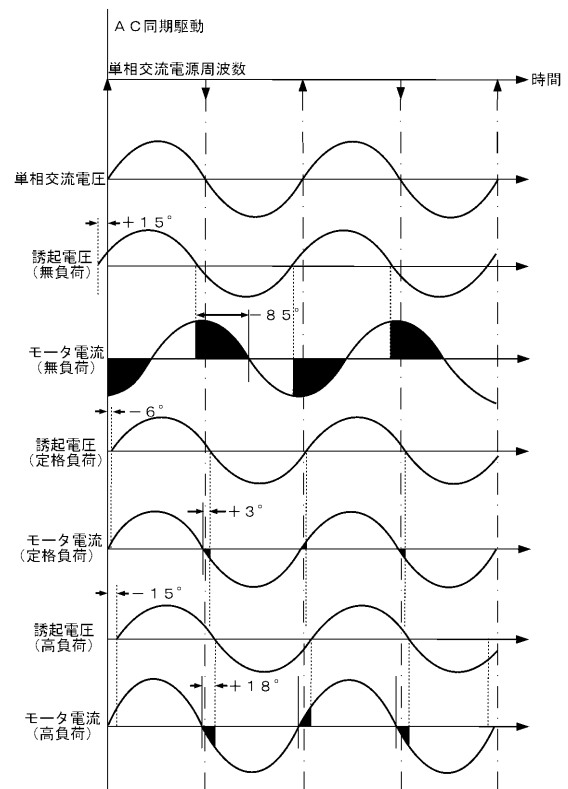
【図 4】



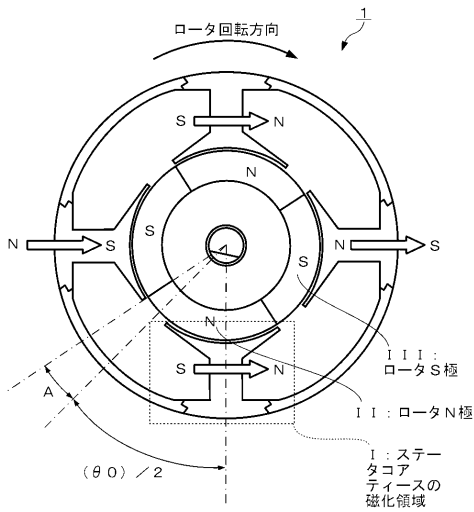
【図 3】



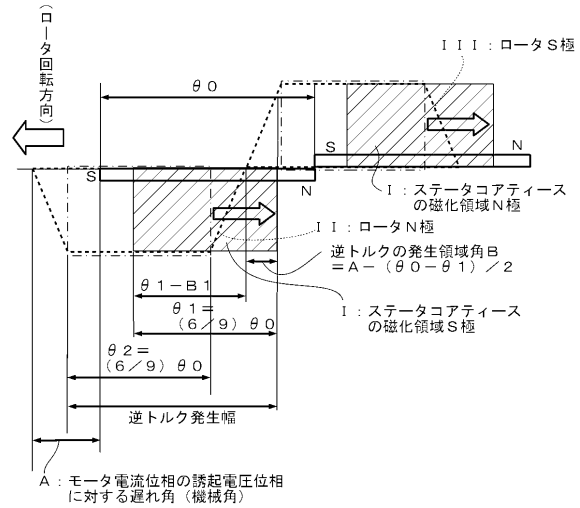
【図 5】



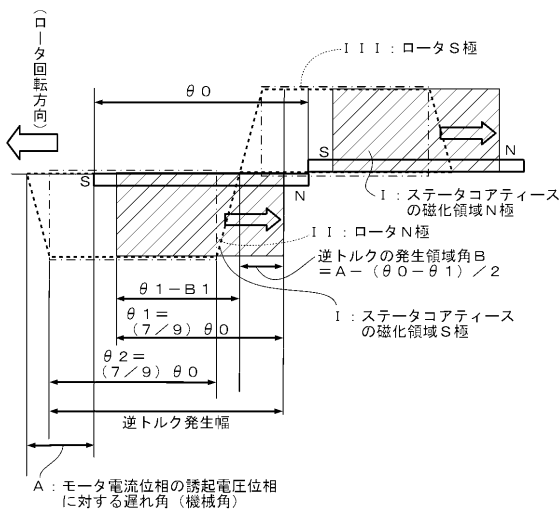
【図 6】



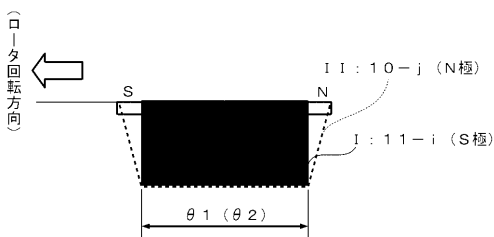
【図 7】



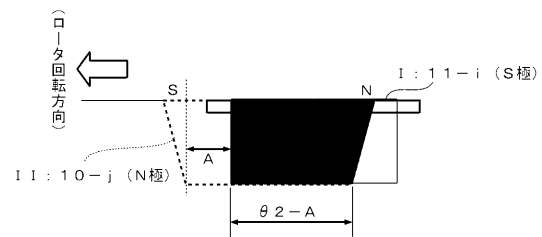
【図 8】



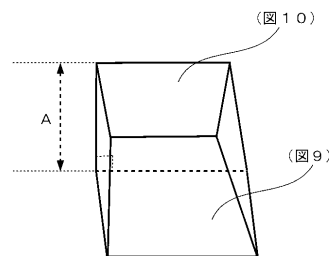
【図 9】



【図 10】



【図 11】



【図 12】

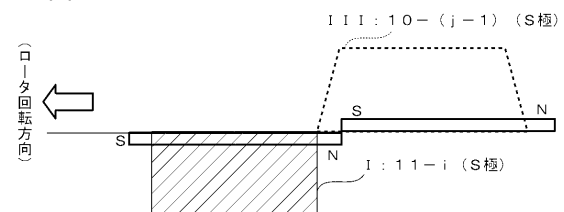


Figure 1 is a schematic diagram of a magnetic head assembly. It shows a slider (1) with a read/write head (2) and a trailing shield (3). The head is positioned over a disk surface (4) with a magnetic layer (5). The trailing shield is positioned over a non-magnetic layer (6). The head is tilted at an angle θ_1 (θ_2) relative to the disk surface. The head is labeled with 'S' (source) and 'N' (sink) poles. The trailing shield is labeled with 'I I : 10 - j (N極)' and 'I : 11 - i (N極)'. A label on the left indicates the direction of rotation: (ロータ回転方向) with an arrow pointing left.

(図 18)

【 図 2 7 】

		着磁角 $\theta 2$						
		(4/9) $\theta 0$	(5/9) $\theta 0$	(6/9) $\theta 0$	(7/9) $\theta 0$	(8/9) $\theta 0$	(9/9) $\theta 0$	(10/9) $\theta 0$
開き角 $\theta 1$	安定同期駆動	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	コギングトルク	×	×	×	×	×	×	×
	有効磁束	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	安定同期駆動	△	△	△	△	△	△	△
	コギングトルク	△	△	△	△	△	△	△
	有効磁束	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	安定同期駆動	△	△	△	△	△	△	△
開き角 $\theta 1$	安定同期駆動	○	○	○	○	○	○	○
	コギングトルク	○	○	○	○	○	○	○
	有効磁束	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	安定同期駆動	△	△	△	△	△	△	△
	コギングトルク	△	△	△	△	△	△	△
	有効磁束	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	安定同期駆動	△	△	△	△	△	△	△

【 図 2 8 】

		着磁角 $\theta 2$						
		(4/9) $\theta 0$	(5/9) $\theta 0$	(6/9) $\theta 0$	(7/9) $\theta 0$	(8/9) $\theta 0$	(9/9) $\theta 0$	(10/9) $\theta 0$
開き角 $\theta 1$	安定同期駆動	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	コギングトルク	×	×	×	×	×	×	×
	有効磁束	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	安定同期駆動	△	△	△	△	△	△	△
	コギングトルク	△	△	△	△	△	△	△
	有効磁束	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	安定同期駆動	△	△	△	△	△	△	△
開き角 $\theta 1$	安定同期駆動	○	○	○	○	○	○	○
	コギングトルク	○	○	○	○	○	○	○
	有効磁束	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	安定同期駆動	△	△	△	△	△	△	△
	コギングトルク	△	△	△	△	△	△	△
	有効磁束	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	安定同期駆動	△	△	△	△	△	△	△

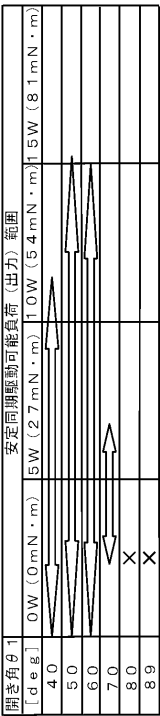
【 図 2 9 】

		着磁角 $\theta 2$						
		(4/9) $\theta 0$	(5/9) $\theta 0$	(6/9) $\theta 0$	(7/9) $\theta 0$	(8/9) $\theta 0$	(9/9) $\theta 0$	(10/9) $\theta 0$
開き角 $\theta 1$	(4/9) $\theta 0$	8/9	9/9	10/9	11/9	12/9	13/9	14/9
	(5/9) $\theta 0$	9/9	10/9	11/9	12/9	13/9	14/9	15/9
	(6/9) $\theta 0$	10/9	11/9	12/9	13/9	14/9	15/9	16/9
	(7/9) $\theta 0$	11/9	12/9	13/9	14/9	15/9	16/9	17/9

【 図 3 0 】

開き角 $\theta 1$ [deg]	安定同期駆動可能負荷領域			
	下限		上限	
	負荷 [mN・m]	出力 [W]	負荷 [mN・m]	出力 [W]
40	0	0	58.4	11.0
50	0	0	82.3	15.5
60	0	0	79.6	15.0
70	12.2	2.3	33.4	6.3
80	—	—	—	—
89	—	—	—	—

【 図 3 1 】



開き角 $\theta 1$	コギングトルク		誘起電圧
($6/9$) $\theta 0$	[mN・m]	比	(実効値) [V]
補助ティース無	110	1	84.6
補助ティース有	28.6	0.26	84.9

フロントページの続き

F ターム(参考) 5H601 AA22 AA29 CC01 CC12 DD01 DD11 EE11 FF04 FF15 FF17
GA02 GB04 GB12 GD02 GD08 GD18
5H621 AA01 AA02 BB08 GA04 GA15 GA16 HH01