

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

原動機と、前記原動機の駆動により発電する発電機と、前記発電機で発電された電力を所望の周波数の電力に変換する変換器と、前記変換器から供給される電力により駆動される電動機と、前記電動機により駆動される被駆動装置から構成された電動機駆動システムにおいて、

前記原動機の駆動力を前記発電機に伝える発電機軸の軸共振周波数と、前記電動機の駆動力を前記被駆動装置に伝える電動機軸の軸共振周波数とを異なる値にすることを特徴とする電動機駆動システム。

【請求項 2】

請求項 1 において、前記発電機軸の軸共振周波数を前記電動機軸の軸共振周波数で除算した値が 0.9 以下または 1.1 以上の値を取ることを特徴とする電動機駆動システム。

【請求項 3】

請求項 1 または 2 において、前記電動機軸の長さを調節し、前記電動機軸の軸共振周波数を変更することを特徴とする電動機駆動システム。

【請求項 4】

請求項 1 または 2 において、前記発電機軸の長さを調節し、前記発電機軸の軸共振周波数を変更することを特徴とする電動機駆動システム。

【請求項 5】

請求項 1 または 2 において、前記電動機軸に単数または複数の慣性回転体を装着し、前記電動機軸の軸共振周波数を変更することを特徴とする電動機駆動システム。

【請求項 6】

請求項 1 または 2 において、前記発電機軸に単数または複数の慣性回転体を装着し、前記発電機軸の軸共振周波数を変更することを特徴とする電動機駆動システム。

【請求項 7】

請求項 1 または 2 において、前記電動機軸の材質または軸直径を変更することで、前記電動機軸の軸共振周波数を変更することを特徴とする電動機駆動システム。

【請求項 8】

請求項 1 または 2 において、前記発電機軸の材質または軸直径を変更することで、前記発電機軸の軸共振周波数を変更することを特徴とする電動機駆動システム。

【請求項 9】

請求項 1 乃至 8 において、前記発電機軸または電動機軸の軸共振周波数を推定する電力変換器制御装置を備えることを特徴とする電動機駆動システム。

【請求項 10】

請求項 9 において、前記電力変換器制御装置は、前記発電機軸または電動機軸に対して、M 系列信号またはホワイトノイズを含む広帯域周波数の加振トルクを印加し、前記発電機軸または電動機軸の軸共振周波数を推定することを特徴とする電動機駆動システム。

【請求項 11】

請求項 9 または 10 において、前記電力変換器制御装置は、前記インバータに電流指令を行う電流制御器と、前記電流指令を行うための電流信号を発生させる信号発生源と、前記インバータの出力電流と前記電流信号の偏差を演算する偏差演算器とを備えることを特徴とする電動機駆動システム。

【請求項 12】

原動機の駆動力を発電機軸を介して発電機に伝えて前記発電機に発電させる工程と、前記発電機で発電された電力を変換器によって所望の周波数の電力に変換する工程と、前記変換器から供給される電力により電動機を駆動させる工程と、前記電動機の駆動力を前記発電機軸の軸共振周波数とは異なる値の軸共振周波数を持つ電動機軸を介して被駆動装置に伝えて前記被駆動装置を駆動させる工程からなる電動機駆動方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】**

10

20

30

40

50

【 0 0 0 1 】

本発明は、原動機および発電機を接続する発電機軸と、電動機および被駆動装置を接続する電動機軸の軸ねじれ振動による共振現象を防止するのに最適な電動機駆動システムおよび方法に関するものである。

【 背景技術 】

【 0 0 0 2 】

近年、省エネルギーの観点から、発電機の発電電力を電力変換器で可変周波数に変換して圧縮機、ファン、ブLOWER等の回転負荷を電動機駆動する技術が多く用いられるようになってきた。例えば、これまで蒸気タービンやガスタービンで直接駆動していたシステムを電動機と電力変換装置で可変速駆動する電動化が行われてきており、システムによっては、電源設備としてタービン発電機を設置し、ここで得られた電気エネルギーを電力変換装置と電動機で再び機械エネルギーに変換して可変速駆動する場合がある。しかし、システムの構成や制御条件によっては、タービン発電機軸に軸ねじり振動が発生し、発電機軸を破損する可能性がある。

10

【 0 0 0 3 】

タービン発電機間の軸ねじれ振動に関しては、直流送電システムにおいて多数検討されており、例えば特開 2 0 0 0 - 2 2 4 8 9 6 号公報に、タービン発電機が直流送電システムの直流変換所近辺に連系されている場合、直流変換所で行われる電力制御の条件によっては、直流送電システムとタービン発電機とが干渉して、タービン発電機の軸が振動することが示されている。また、軸ねじれ振動は発電機の回転子に作用するトルクの状態に関係し、振動現象を直流送電システムの直流変換所の母線電圧の周波数変動から検出し、制御角を変化させて軸ねじれ振動を抑制する技術が示されている。

20

【 0 0 0 4 】

また、直流送電システム以外でも、例えば特開平 1 1 - 2 7 9 9 3 号公報に、エンジンと発電機の組合せ等で構成される発電装置を電源とする電力変換装置および電源システムにおいて、発電装置の共振周波数成分を検出し、共振周波数除去回路により発電装置の振動成分を打ち消すことで、発電装置の機械系の共振周波数と干渉して振動が持続・増加するのを抑制する電力変換装置の制御技術が示されている。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

30

【 0 0 0 5 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 0 0 - 2 2 4 8 9 6 号公報

【 特許文献 2 】 特開平 1 1 - 2 7 9 9 3 号公報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 6 】

前記発明では、発電機軸に軸ねじれ振動が発生し、発電機端子電圧変動として、この振動が電動機駆動用インバータに伝わって電動機端子電圧を変動および電動機軸を振動させ、この振動がさらに発電機軸を振動させるという共振現象を、前記制御角を変化させる制御や前記発電装置の振動成分を打ち消す制御を用いて、前記振動を抑制しなければならず、前記制御を行っているシステムの精度や、前記システムに係る制御装置の誤作動、故障等した場合等における共振現象の抑制効果の信頼性に欠けるという問題点があり、前記システム等による特別な制御に依存することなく前記振動を抑制することが可能な電動機駆動システムおよび方法を提供することが課題である。

40

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 7 】

上記課題を解決するために、本発明では、原動機と、前記原動機の駆動により発電する発電機と、前記発電機で発電された電力を所望の周波数の電力に変換する変換器と、前記変換器から供給される電力により駆動される電動機と、前記電動機により駆動される被駆動装置から構成された電動機駆動システムにおいて、前記原動機の駆動力を前記発電機に

50

伝える発電機軸の軸共振周波数と、前記電動機の駆動力を前記被駆動装置に伝える電動機軸の軸共振周波数とを異なる値にすることを特徴とする。

【発明の効果】

【0008】

本発明により、特別な制御に依存することなく、発電機軸および電動機軸の共振周波数が一致または近似した場合における軸ねじれ振動の共振現象を抑制するという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】本発明の実施形態1による電動機駆動装置またはシステムの構成。

10

【図2】タービン発電機の振動系を示す2マスモデルブロック図。

【図3】電気系減衰係数 D_e の算出モデル図。

【図4】共振比 h と電気系減衰係数の関係。

【図5】軸共振周波数可変構造の電動機または発電機。

【図6】汎用性を高めた軸共振周波数可変構造の電動機または発電機。

【図7】本発明の実施形態2による電動機駆動装置またはシステムの構成。

【図8】本発明の実施形態3による電動機駆動装置またはシステムの構成。

【図9】軸交換可能な電動機または発電機。

【図10】軸長可変構造の電動機または発電機。

【図11】駆動軸上に回転体を装着した電動機または発電機。

20

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、図面を用いて発明を実施するための最良の形態を説明する。

【0011】

〔実施形態1〕

図1は、本発明の全体構成図である。ガスタービン1と、前記ガスタービン1の機械エネルギーを電気エネルギーに変換する発電機2は発電機軸3で結合される。慣性回転体19は前記発電機2と一体になって回転することで、発電機軸3の軸ねじれ共振周波数を変更するための慣性回転体19であり、発電機軸3に比べて高剛性な発電機軸18で発電機2に結合される。燃料制御装置14は前記ガスタービン1の回転力と回転数を制御し、変圧器4は前記発電機2の出力電圧を系統電圧へ変換し、変圧器5は系統電圧を電力変換器の入力電圧に変換し、変圧器4と変圧器5は系統6を介して接続される。電力変換器7は前記変圧器5から出力される電力を所望の電力に変換し、三相受電交流を整流するダイオードブリッジ整流回路からなるコンバータ15と、前記コンバータ出力を平滑する平滑コンデンサ17と、前記平滑コンデンサ電圧を三相交流に変換するインバータ16より構成される。電動機8は前記電力変換器が出力する電力で駆動され、被駆動装置9は前記電動機8によって駆動される。また、電動機8と被駆動装置9は電動機軸10で結合される。慣性回転体21は前記電動機8と一体になって回転することで、電動機軸10の軸ねじれ共振周波数を変更し、電動機軸10に比べて高剛性な電動機軸20で電動機8に結合される。そして、電力変換器制御装置11は前記電動機8の出力トルクや速度が所望の特性を満たすように前記電力変換器7を操作する。電力変換器出力電流検出器（以下、電流検出器12と記す）は、前記電力変換器7の出力電流を検出し出力する、電力変換器出力電圧検出器（以下、電圧検出器13と記す）は、前記電力変換器7の出力電圧を検出する。前記電流検出器12、電圧検出器13の出力信号は、電力変換器制御装置11に入力され、電力変換器制御装置11は、各種演算処理を行い、前記電力変換器7を操作する信号を出力する。

30

40

【0012】

ここで、電源側振動に関する関係式について説明する。図2はタービンと発電機間の軸ねじり振動を2マス系で表現したものであり、 τ_G はタービントルク、 τ_L は発電機負荷トルク、 τ_s は軸ねじりトルク、 ω_1 はタービン速度、 ω_2 は発電機速度、 K はバネ定数、 D_m

50

は機械系の減衰係数、 D_e は電気系の減衰係数であり、単位は何れも定格点での正規化量 p.u.である。また、 T_{a1} はタービンの慣性モーメント、 T_{a2} は発電機の慣性モーメントであり、単位は何れも秒である。図2において、 D_e は発電機の手動増速を減ずるトルクが、発電機に接続される負荷（制御装置含む）により、電氣的に生じる程度を表現している。図2から得られる2次振動系の状態方程式より、系の特性方程式は(1)式となる。

【0013】

【数1】

$$s^3 + \left(\frac{D_m(T_{a1} + T_{a2})}{T_{a1} \cdot T_{a2}} + \frac{D_e}{T_{a2}} \right) s^2 + \left(\frac{K(T_{a1} + T_{a2})}{T_{a1} \cdot T_{a2}} + \frac{D_m \cdot D_e}{T_{a1} \cdot T_{a2}} \right) s + \frac{K \cdot D_e}{T_{a1} \cdot T_{a2}} = 0 \quad \dots(1)$$

10

【0014】

ここで、(1)式の第4項目をゼロと置き、(2)式に示す2次式に近似すると(3)、(4)式の関係が成り立つ。

【0015】

【数2】

$$s^2 + 2\zeta \omega_n s + \omega_n^2 = 0 \quad \dots(2)$$

【0016】

【数3】

$$2\zeta \omega_n = \left(D_m + \frac{D_e}{1+n} \right) \cdot \frac{(1+n)^2}{n \cdot T_a} \quad \dots(3)$$

20

【0017】

【数4】

$$\omega_n^2 = \left(K + \frac{D_m \cdot D_e}{T_a} \right) \cdot \frac{(1+n)^2}{n \cdot T_a} \quad \dots(4)$$

【0018】

30

但し、(3)、(4)式において、 n を(5)式で定義する慣性モーメント比、 T_a を(6)式を満たす定格速度までの加速時間とする。

【0019】

【数5】

$$n = \frac{T_{a2}}{T_{a1}} \quad \dots(5)$$

【0020】

【数6】

$$T_a = T_{a1} + T_{a2} \quad \dots(6)$$

40

【0021】

(3)、(4)式より、2次系の減衰係数 ζ および2次系の固有振動角周波数 ω_n は、それぞれ(7)、(8)式で表され、電気系減衰係数 D_e によりシステムの振動特性(ζ , ω_n)が変化することが分かる。

【0022】

【数 7】

$$\omega_n = (1+n) \sqrt{\frac{K + \frac{D_m \cdot D_e}{T_a}}{n \cdot T_a}} \quad \dots(7)$$

【 0 0 2 3 】

【数 8】

$$\xi = \frac{D_m(1+n) + D_e}{2\sqrt{n(T_a \cdot K + D_m \cdot D_e)}} \quad \dots(8)$$

10

【 0 0 2 4 】

次に、電気系減衰係数の算出部 30 について図 3 を用いて説明する。図 3 において、破線で囲んだブロックは、図 2 の電気系減衰係数の算出部 30 に対応している。図 3 および以下の説明において、発電機出力および発電機負荷の有効電力を P 、発電機速度を ω_2 、発電機端子電圧を V 、発電機負荷トルクを τ_L とし、その定格点での値をそれぞれ P_0 、 ω_{20} 、 V_0 、 τ_{L0} とし、その定格点からの変化分をそれぞれ ΔP 、 $\Delta \omega_2$ 、 ΔV 、 $\Delta \tau_L$ とする。一方、発電機端子電圧 V は定格点近傍において界磁一定と仮定すれば発電機速度 ω_2 に比例することから、その変換ゲインは、 V_0 / ω_{20} となる。これが発電機端子電圧の算出部 40 に対応し、(9) 式で記述できる。

20

【 0 0 2 5 】

【数 9】

$$V = (\omega_{20} + \Delta \omega_2) \cdot \frac{V_0}{\omega_{20}} = V_0 + \frac{\Delta \omega_2 V_0}{\omega_{20}} \quad \dots(9)$$

【 0 0 2 6 】

(9) 式右辺が、 $V_0 + \Delta V$ に対応することから、(10) 式が成立する。

【 0 0 2 7 】

【数 10】

$$\Delta V = \frac{\Delta \omega_2 V_0}{\omega_{20}} \quad \dots(10)$$

30

【 0 0 2 8 】

また、負荷有効電力の算出部 41 は、負荷特性から発電機端子電圧 V に対する負荷有効電力 P を出力する。一方、発電機負荷トルク τ_L と発電機出力 P と、発電機速度を ω_2 には(11) 式の関係があり、発電機負荷トルクの算出部 42 に対応する。

【 0 0 2 9 】

【数 11】

$$\tau_L = \frac{P}{\omega_2} = \frac{P_0 + \Delta P}{\omega_{20} + \Delta \omega_2} \quad \dots(11)$$

40

【 0 0 3 0 】

(11) 式右辺が、 $\tau_{L0} + \Delta \tau_L$ に対応することから、(12) 式が成立する。

【 0 0 3 1 】

【数 12】

$$\Delta \tau_L \cong \frac{\Delta P - \tau_{L0} \cdot \Delta \omega_2}{\omega_{20}} \quad \dots(12)$$

よって、電気系の減衰係数 D_e は、(12) 式の変形により(13) 式で表現できる。

【 0 0 3 2 】

50

【数 1 3】

$$D_e = \frac{\Delta \tau_L}{\Delta \omega_2} \cong \frac{\Delta P}{\Delta \omega_2 \cdot \omega_{20}} - \frac{\tau_{20}}{\omega_{20}} \quad \dots(13)$$

【0 0 3 3】

ここで一例として、負荷有効電力の算出部 4 1 において負荷が抵抗値 R [p . u .] の抵抗負荷の場合を仮定する。

【0 0 3 4】

このとき、 $P = V^2 / R$, $P_0 = V_0^2 / R$ の関係が成立する。よって、この 2 式から R を消去して、 P について解くと (1 4) 式が得られる。

10

【0 0 3 5】

【数 1 4】

$$P = (V_0 + \Delta V)^2 \cdot \frac{P_0}{V_0^2} \cong P_0 + 2 \frac{P_0 \Delta V}{V_0} \quad \dots(14)$$

【0 0 3 6】

(1 4) 式右边が、 $P_0 + \Delta P$ に対応することから、(1 5) 式が成立する。

【0 0 3 7】

【数 1 5】

$$\Delta P = 2 \frac{P_0 \Delta V}{V_0} \quad \dots(15)$$

20

【0 0 3 8】

さらに (1 0) 式 , (1 5) 式を (1 3) 式に代入すると、(1 6) 式が得られる。

【0 0 3 9】

【数 1 6】

$$D_e = 2 \cdot \frac{P_0}{\omega_{20}^2} - \frac{\tau_{20}}{\omega_{20}} \quad \dots(16)$$

【0 0 4 0】

30

正規化単位では、定格値は 1 である。よって、(1 6) 式右边に、 $P_0 = \omega_{20} = \tau_{L0} = 1$ を代入すると、 $D_e = 1$ となる。すなわち、発電機に抵抗負荷を接続すると、電気系の減衰係数 D_e は 1 になる。これに対して、例えば発電機に対して定電力負荷 ($\Delta P = 0$) を接続した例を考えると、(1 3) 式に $\Delta P = 0$ を代入して $D_e = - 1$ となる。この場合、ネガティブダンピングとなり、発電機速度変動 (振動) を助長する向きに発電機トルクが発生する。特に、機械系の減衰係数 D_m が小さい場合には、前記 2 次系の減衰係数 ζ が 0 以下となり、発散系になることが示される。

【0 0 4 1】

以上は、発電機に対して、抵抗負荷または、定電力負荷を接続した場合であったが、実際のシステムでは、図 1 のように、変圧器 , 電力変換器 , 電動機 , 機械軸 , 被駆動装置等の特性によって電気系の減衰係数 D_e が決定付けられる。とりわけ、ガスタービン 1 および発電機 2 の慣性モーメントと発電機軸 3 のバネ定数により決まる発電機側の軸共振周波数 f_n [H z] と、電動機 8 および電動機 8 で駆動される被駆動装置の慣性モーメントと電動機軸 10 のバネ定数により決まる電動機側の軸共振周波数 f_r [H z] の関係によって電気系の減衰係数 D_e は大きく左右される。例えば、図 4 は図 1 に示したシステムに関する電気系の減衰係数 D_e を縦軸に、(1 7) 式で定義する f_n と f_r の共振比 h を横軸に、 f_n をパラメータに選んだグラフである。

40

【0 0 4 2】

【数 1 7】

$$h = \frac{f_r}{f_n} \quad \dots(17)$$

【0 0 4 3】

図 4 のグラフから、 $h = 1$ 近傍、即ち、 $f_n = f_r$ において、 D_e が極小値をとることが分かる。また、共振比 h を $h = 0.9$ または、 $h = 1.1$ の範囲に選べば、実用上十分広範囲（ 2.5 Hz から 20 Hz ）の f_n に関して、抵抗負荷以上の D_e を確保できることが分かる。そこで、以下では、 $h = 1$ となった場合に、 $h = 0.9$ または、 $h = 1.1$ に変更する具体的手段を提示する。共振比 h を構成する f_r は、2 慣性近似の場合、(18) 式で表すことができる。(18) 式において、 J_M は電動機 8 の慣性モーメント、 J_L は被駆動装置 9 の慣性モーメント、 K_F は電動機軸 10 のバネ定数である。よって、(18) 式における等価的な J_M を増大することにより、 f_r を低下し、 $h = 1$ を回避することが可能である。これを実現するために、本実施形態では、電動機 8 を図 5 に示す両軸構造とし、被駆動対象と反対側の軸に、慣性回転体を装着可能な構造とした。図 5 に示すような電動機筐体 50，電動機軸 51，軸共振周波数変更用の慣性回転体 52，電動機軸 53 からなる軸共振周波数可変構造の例から説明する。このとき、発電機側の軸共振周波数 $f_n = 10 [\text{Hz}]$ に対して、電動機側の軸共振周波数 $f_r = 10 [\text{Hz}]$ ($J_M = 105 [\text{kg} \cdot \text{m}^2]$ ， $J_L = 640 [\text{kg} \cdot \text{m}^2]$ ， $K_F = 356110 [\text{N} \cdot \text{m} / \text{rad}]$) の場合を考える。この場合、慣性モーメントが $30 [\text{kg} \cdot \text{m}^2]$ の慣性回転体 52 を電動機軸 53 に装着することで、 $f_r = 9 [\text{Hz}]$ に変更できることが (18) 式より明らかである。

【0 0 4 4】

【数 1 8】

$$f_r = \frac{1}{2\pi} \sqrt{K_F \left(\frac{1}{J_M} + \frac{1}{J_L} \right)} \quad \dots(18)$$

【0 0 4 5】

以上は、 $h = 0.9$ に変更するための電動機軸に対する操作であるが、図 5 と同様の構造を発電機軸側に持たせることで、 $h = 1.1$ に変更することも可能である。例えば、 f_n は、2 慣性近似の場合、(19) 式で表すことができる。(19) 式において、 T_{a1} はタービン 1 の慣性モーメント、 T_{a2} は発電機 2 の慣性モーメント、 K は発電機軸 3 のバネ定数である。よって、(19) 式における等価的な T_{a2} を増大することにより、 f_n を低下し、 $h = 1.1$ への変更ができる。

【0 0 4 6】

【数 1 9】

$$f_n = \frac{1}{2\pi} \sqrt{K \left(\frac{1}{T_{a1}} + \frac{1}{T_{a2}} \right)} \quad \dots(19)$$

【0 0 4 7】

ところで、図 1 に示したシステム構築に際して、 f_n と f_r は設計段階で既知であるとは限らず、据え付け現場で初めて $f_n = f_r$ に気付く場合もある。この場合、慣性回転体 18，21 の慣性モーメントは事前に決定できない。また、実施形態 2 のように、前記共振比 h を、きめ細かく正確に設定したい場合がある。そこで、図 6 に示すように、複数枚の慣性回転体 52，54 等を装着可能な構造とすることで、共振比 h を現場において、きめ細かく設定可能とした。

【0 0 4 8】

〔実施形態 2〕

10

20

30

40

50

実施形態 1 では、発電機と電動機が各々 1 台ずつ接続されていた。しかし、更に大規模なプラントに該当する本実施形態では、図 7 に示すように、発電機 2 が i 台、電動機 8 が j 台あり、それらが共通の系統に接続された構成となる。但し、図 7 において、符号の説明は図 1 の場合と共通である。この場合、発電機 i の軸共振周波数を $f_n(i)$ 、電動機 j の軸共振周波数を $f_r(j)$ とするとき、 $h(i, j) = f_r(j) / f_n(i)$ で定義する共振比 $h(i, j)$ の全ての組合せについて、 $h(i, j) = 0.9$ または、 $h(i, j) = 1.1$ を満足させることで、如何なる運転状態においても、電気系減衰係数の算出部 30 である D_0 を 1 以上とし、システムの安定性を確保している。一例として、発電機 3 台、電動機 3 台を共通系統に接続したシステムを考える。具体的には、各発電機軸の共振周波数が $f_n(1) = 10 [\text{Hz}]$ 、 $f_n(2) = 8 [\text{Hz}]$ 、 $f_n(3) = 11$ 10 $[\text{Hz}]$ 、各電動機軸の共振周波数が、 $f_r(1) = 10 [\text{Hz}]$ 、 $f_r(2) = 8 [\text{Hz}]$ 、 $f_r(3) = 9 [\text{Hz}]$ の場合には、 $f_n(1) = f_r(1) = 10 [\text{Hz}]$ 、 $f_n(2) = f_r(2) = 8 [\text{Hz}]$ となり、 $h(1, 1) = h(2, 2) = 1$ となる。このような場合、実施形態 1 で示した手段により、 $f_r(1)$ を $10 [\text{Hz}]$ から $9 [\text{Hz}]$ に変更し、 $f_r(2)$ を $8 [\text{Hz}]$ から $7.2 [\text{Hz}]$ に変更することで、システム全体の安定性を確保することができる。

【0049】

〔実施形態 3〕

前記実施形態 1, 2 を実施するに際しては、発電機軸および電動機軸の共振周波数 f_n , f_r を正確に推定する手段が必要となる。そこで、本実施形態では、電動機 8 および発電機 2 に対して、M 系列信号または、ホワイトノイズ等の広帯域周波数の加振トルク印加手段を提供する。図 8 において、加振トルクの印加先を発電機または電動機に切り替えるスイッチである切換えスイッチ 100 または 101 を備え、A 側接点を選択すると発電機側に加振トルクが印加され、B 側接点を選択すると、電動機側に加振トルクが印加される仕組みとなっている。また、切換えスイッチ 100 と 101 は物理的に連動する構造としてもよい。一方、電力変換器制御装置 11 は、PWM 出力を含む電流制御器 102 , 電流偏差演算器 104 , M 系列信号もしくは、ホワイトノイズ等の信号発生源 103 , 発電機制御用定数 107 , 電動機制御用定数 106 , 発電機 / 電動機の制御モード切換えスイッチ 105 で構成される。なお、発電機制御用定数 107、および、電動機制御用定数 106 には、発電機または電動機に固有の巻線インダクタンス、巻線抵抗、誘起電圧定数、電気定格値等が含まれる。本構成を用いれば、発電機の軸共振周波数を推定したい場合には、前記切換えスイッチ 100 , 101 を A 接点側に倒した上で、制御モード切換えスイッチ 105 で発電機制御用定数を選択すれば、発電機軸が加振される。この状態で、別途発電機軸に取り付けた速度検出器または、加速度センサの信号を読み取り、FFT 解析すれば、発電機軸の共振周波数 f_n を知ることができる。切換えスイッチ 100 , 101、および制御モード切換えスイッチ 105 を変更すれば、同様にして、電動機軸の共振周波数 f_r も知ることができる。

【0050】

〔実施形態 4〕

実施形態 1 では、電動機 8 または、発電機 2 の軸に、慣性回転体を装着することで、軸共振周波数を変化させていた。本実施形態では、図 9 に示す構成により、電動機と被駆動装置を接続する電動機軸 56 を交換可能とすることで、軸自体のパネ定数を変化させ、軸共振周波数を変化させる。具体的には、図 9 に示すように、軸共振周波数可変構造の電動機は、電動機筐体 50 と、電動機軸 51 と、被駆動装置 58 と、電動機と被駆動装置を接続する電動機軸 56 と、電動機軸 51 と電動機軸 56 を接続するカップリング 55 と、電動機軸 56 と被駆動装置 58 を接続するカップリング 57 を備えるとき、電動機軸 56 として、素材のヤング率や、軸直径の異なる物を、予め複数本準備しておき、交換することで、軸共振周波数を変化される。この操作により、電動機軸側の軸共振周波数と、発電機軸側の軸共振周波数が異なる値となる様に、調整を行う。

【0051】

10

20

30

40

50

以上の具体例では、電動機側の駆動軸を交換可能とする例を示したが、同様に、発電機側の駆動軸を交換可能とするシステムを構成しても良い。

【 0 0 5 2 】

〔実施形態 5〕

実施形態 4 では、電動機と被駆動装置を接続する電動機軸 5 6 の軸径や、素材のヤング率を変化させることで、軸共振周波数を変化させていた。これに対して、本実施形態 5 では、図 1 0 に示す構成により、電動機と被駆動装置を接続する電動機軸 5 6 の軸長を変化させることで、駆動軸のパネ定数を変化させ、軸共振周波数を変化させる。具体的には、図 1 0 に示すように、電動機筐体 5 0 の床面に水平レール 5 9 を設置し、電動機軸 5 6 として用いる、軸長の異なる他の駆動軸を、予め複数個準備しておき、前記水平レール 5 9 で調整して、前記他の駆動軸に交換することで、軸共振周波数を変化させる。軸長変化に伴う被駆動装置 5 8 と電動機筐体 5 0 との距離の変化には、電動機筐体 5 0 を被駆動装置 5 8 に対してレール上で前後させて固定することで対応可能とする。以上の具体例では、電動機側の駆動軸を交換可能とする例を示したが、同様に、発電機を水平レール上に置いて、発電機側の駆動軸を交換可能とするシステムを構成しても良い。

10

【 0 0 5 3 】

〔実施形態 6〕

実施形態 1 では、電動機 8 を両軸構造とし、被駆動対象と反対側の軸に、慣性回転体を装着することで軸共振周波数を変化させていた。これに対して、本実施形態 6 では、図 1 1 に示す構成により、駆動対象側の軸上に慣性回転体を装着することで、電動機の慣性モーメントを変化させ、軸共振周波数を変化させる。具体的には、図 1 1 において、電動機軸 5 6 上に装着する慣性回転体 6 0 として、慣性モーメントの異なる物を、予め複数個準備しておき、交換することで、軸共振周波数を変化させる。

20

【符号の説明】

【 0 0 5 4 】

- 1 ガスタービン
- 2 発電機
- 3 , 1 8 発電機軸
- 4 , 5 変圧器
- 6 系統
- 7 電力変換器
- 8 電動機
- 9 , 5 8 被駆動装置
- 1 0 , 2 0 , 5 1 , 5 3 , 5 6 電動機軸
- 1 1 電力変換器制御装置
- 1 2 電力変換器出力電流検出器
- 1 3 電力変換器出力電圧検出器
- 1 4 燃料制御装置
- 1 5 コンバータ
- 1 6 インバータ
- 1 7 平滑コンデンサ
- 1 9 , 2 1 , 5 2 , 5 4 , 6 0 慣性回転体
- 3 0 電気系減衰係数の算出部
- 4 0 発電機端子電圧の算出部
- 4 1 負荷有効電力の算出部
- 4 2 発電機負荷トルクの算出部
- 5 0 電動機筐体
- 5 5 , 5 7 カップリング
- 5 9 水平レール
- 1 0 0 , 1 0 1 切換えスイッチ

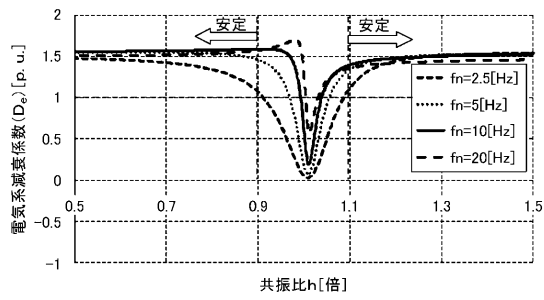
30

40

50

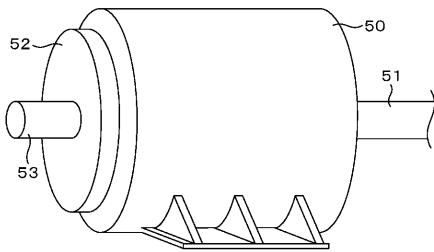
【 図 4 】

图 4



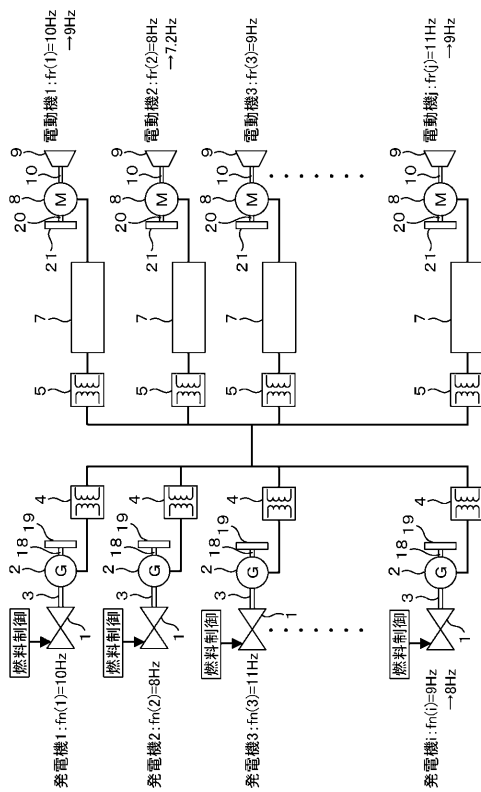
【 図 5 】

図 5



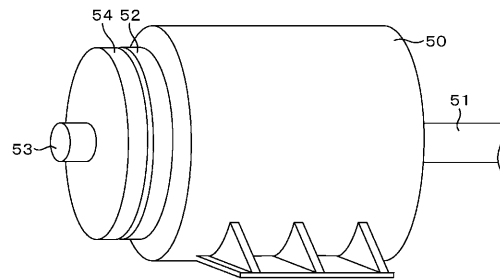
【 図 7 】

图 7



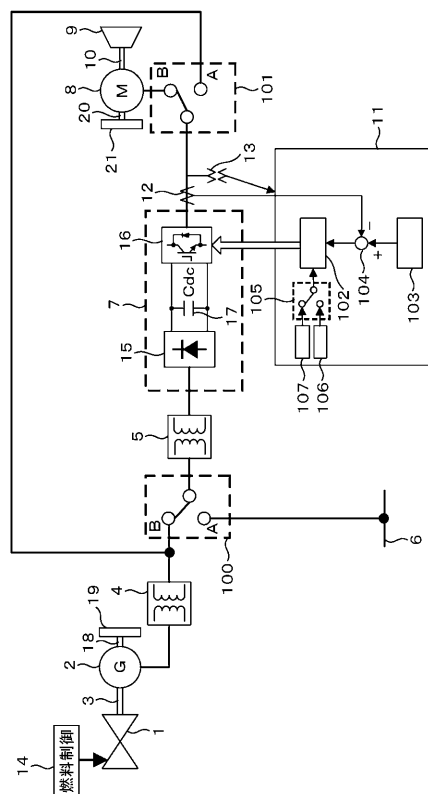
【 図 6 】

图 6



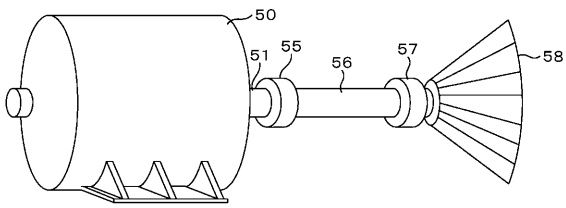
【 図 8 】

图 8



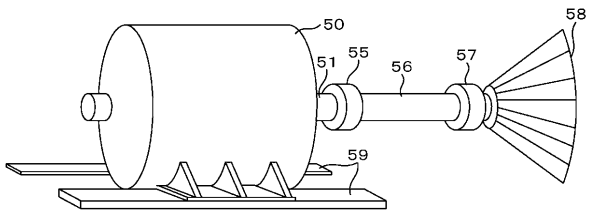
【図 9】

図 9



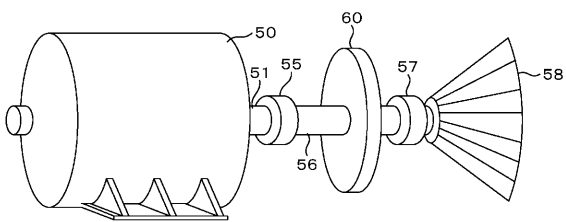
【図 10】

図 10



【図 11】

図 11



フロントページの続き

(72)発明者 永田 浩一郎
茨城県日立市大みか町七丁目 1 番 1 号 株式会社日立製作所日立研究所内

(72)発明者 伊藤 雄太
茨城県日立市大みか町七丁目 1 番 1 号 株式会社日立製作所日立研究所内

(72)発明者 秋田 佳稔
茨城県日立市大みか町五丁目 2 番 1 号 株式会社日立製作所情報制御システム社内

F ターム(参考) 5H590 AA07 BB02 CA08 CD01 CD03 CE04 FC17 FC22 HA02 HA04