

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5718446号  
(P5718446)

(45) 発行日 平成27年5月13日(2015.5.13)

(24) 登録日 平成27年3月27日(2015.3.27)

(51) Int.Cl. F 1  
H02P 27/06 (2006.01) H02P 7/63 302P

請求項の数 12 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2013-500471 (P2013-500471)	(73) 特許権者	508008865
(86) (22) 出願日	平成23年3月22日 (2011.3.22)		シーメンス アクティエンゲゼルシャフト
(65) 公表番号	特表2013-533718 (P2013-533718A)		ドイツ国 80333 ミュンヘン ヴィ
(43) 公表日	平成25年8月22日 (2013.8.22)		ッテルスバッヘルプラッツ 2
(86) 国際出願番号	PCT/EP2011/054366	(74) 代理人	100108453
(87) 国際公開番号	W02011/117248		弁理士 村山 靖彦
(87) 国際公開日	平成23年9月29日 (2011.9.29)	(74) 代理人	100089037
審査請求日	平成25年1月17日 (2013.1.17)		弁理士 渡邊 隆
(31) 優先権主張番号	PCT/EP2011/054225	(74) 代理人	100110364
(32) 優先日	平成23年3月21日 (2011.3.21)		弁理士 実広 信哉
(33) 優先権主張国	欧州特許庁 (EP)	(72) 発明者	フォルカー・ヒュッテン
(31) 優先権主張番号	102010012268.8		ドイツ・47447・メルス・メンツェ
(32) 優先日	平成22年3月22日 (2010.3.22)		ルシュトラーセ・9
(33) 優先権主張国	ドイツ (DE)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 変換器制御方式コンプレッサの動作中における振じり励振を無効化する機械装置及び方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

回転周波数を変更可能な変換器制御方式駆動装置（VFD）と機能機械（WM）とを有している機械装置（M）であって、前記変換器制御方式駆動装置（VFD）と前記機能機械（WM）とがトルク伝達可能なように互いに接続されている、前記機械装置（M）において、

前記機械装置（M）が、前記変換器制御方式駆動装置（VFD）に電氣的に接続されていると共に入力周波数を出力周波数に変換する周波数変換器（VFG）を有している、少なくとも1つのロータ（R）を備えており、

前記周波数変換器が、前記機能機械（WM）に関連するキャンベル線図において、前記変換器制御方式駆動装置（VFD）によって励振される前記ロータ（R）の振じり固有周波数と、対称なV字状になっている次数間高調波励振周波数の直線との交点が、出力周波数  $F_1, F_2, F_3, \dots, F_i$  となるように構成されており、

前記出力周波数  $F_1, \dots, F_i$  が、前記機械装置の回転速度に関連する集中範囲  $G_1, \dots, G_i, \dots, G_z$  にグループ化され、

互いに対して近接していると共にそれぞれが横軸上に共通する出力点を有している、前記出力周波数  $F_i$  が、前記集中範囲  $G_i$  に組み込まれており、

前記集中範囲  $G_1, \dots, G_i, \dots, G_z$  の上限及び下限が、前記ロータの一次振じり固有周波数及び/又は二次振じり固有周波数及び/又は三次振じり固有周波数と、前記集中範囲  $G_1, \dots, G_i, \dots, G_z$  の一次の次数間高調波のビームペアの2

10

20

つの直線との交点によって規定されており、

前記集中範囲  $G_1, \dots, G_i, \dots, G_z$  それぞれが、遮断範囲 (FA) を規定しており、

前記機械装置が、前記遮断範囲 (FA) の範囲外に存在する動作回転速度範囲 (OR) を有していることを特徴とする機械装置 (M)。

【請求項 2】

前記変換器制御方式駆動装置 (VFD) が、モータ給電周波数範囲と共に、前記遮断範囲 (FA) の範囲外に存在する前記動作回転速度範囲 (OR) を規定する極対数 (PPZ) を有していることを特徴とする請求項 1 に記載の機械装置 (M)。

【請求項 3】

前記変換器制御方式駆動装置 (VFD) の回転速度 ( $n_1$ ) を前記機能機械 (WM) の他の回転速度 ( $n_2$ ) に伝達するためのトランスミッション (TR) が、前記変換器制御方式駆動装置 (VFD) と前記機能機械 (WM) との間で機能することを特徴とする請求項 1 に記載の機械装置 (M)。

【請求項 4】

前記機能機械 (WM) の前記回転速度 ( $n_2$ ) が、前記変換器制御方式駆動装置 (VFD) の前記回転速度 ( $n_1$ ) より大きいことを特徴とする請求項 3 に記載の機械装置 (M)。

【請求項 5】

前記周波数変換器 (VFG) が、電流形インバータ (LCI) であることを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載の機械装置 (M)。

【請求項 6】

前記変換器 (VFG) が、電圧形インバータであることを特徴とする請求項 1 ~ 5 のいずれか一項に記載の機械装置 (M)。

【請求項 7】

前記変換器制御方式駆動装置 (VFD) が、同期モータであることを特徴とする請求項 1 ~ 6 のいずれか一項に記載の機械装置 (M)。

【請求項 8】

前記変換器制御方式駆動装置 (VFD) が、非同期モータであることを特徴とする請求項 1 ~ 7 のいずれか一項に記載の機械装置 (M)。

【請求項 9】

前記変換器制御方式駆動装置 (VFD) の最大吸収能が、少なくとも 1 メガワットであることを特徴とする請求項 1 ~ 8 のいずれか一項に記載の機械装置 (M)。

【請求項 10】

前記機能機械 (WM) が、ターボ機械であることを特徴とする請求項 1 ~ 9 のいずれか一項に記載の機械装置 (M)。

【請求項 11】

前記機能機械 (WM) が、ターボコンプレッサ (CO) であることを特徴とする請求項 10 に記載の機械装置 (M)。

【請求項 12】

請求項 1 ~ 11 のいずれか一項に記載の機械装置 (M) を動作させるための方法であって、前記機械装置 (M) が、回転周波数を変更可能な変換器制御方式駆動装置 (VFD) と機能機械 (WM) とを有している前記方法において、

前記変換器制御方式駆動装置 (VFD) と前記機能機械 (WM) とが、トルク伝達可能なように互いに対して接続されており、

前記機械装置 (M) が、前記変換器制御方式駆動装置 (VFD) に電氣的に接続されていると共に入力周波数を出力周波数に変換する周波数変換器 (VFG) を有している、少なくとも 1 つのロータ (R) を備えており、

前記周波数変換器が、前記機能機械 (WM) に関連するキャンベル線図において、前記変換器制御方式駆動装置 (VFD) によって励振される前記ロータ (R) の捩じり固有周

10

20

30

40

50

波数と、対称なV字状になっている次数間高調波励振周波数の直線との交点が、出力周波数  $F_1, F_2, F_3, \dots, F_i$  となるように構成されており、

前記出力周波数  $F_1, \dots, F_i$  が、前記機械装置の回転速度に関連する集中範囲  $G_1, \dots, G_i, \dots, G_z$  にグループ化され、

互いに対して近接していると共にそれぞれが横軸上に共通する出力点を有している、前記出力周波数  $F_i$  が、前記集中範囲  $G_i$  に組み込まれており、

前記集中範囲  $G_1, \dots, G_i, \dots, G_z$  の上限及び下限が、前記ロータの一次掠り固有周波数及び/又は二次掠り固有周波数及び/又は三次掠り固有周波数と、前記集中範囲  $G_1, \dots, G_i, \dots, G_z$  の一次の次数間高調波のピームペアの2つの直線との交点によって規定されており、

前記集中範囲  $G_1, \dots, G_i, \dots, G_z$  それぞれが、遮断範囲 (FA) を規定しており、

前記機械装置が、前記遮断範囲 (FA) の範囲外に存在する動作回転速度範囲 (OR) を有していることを特徴とする方法 (M)。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、回転周波数を変更可能な変換器制御方式駆動装置と機能機械とを有している機械装置であって、変換器制御方式駆動装置と機能機械とがトルク伝達可能なように互いに接続されている、機械装置において、

機械装置が、変換器制御方式駆動装置に電氣的に接続されていると共に入力周波数を出力周波数に変換する周波数変換器を有している、少なくとも1つのロータを備えており、

周波数変換器が、機能機械 (WM) に関連するキャンベル線図において、変換器制御方式駆動装置によって励振されるロータの掠り固有周波数と、対称なV字状になっている次数間高調波励振周波数の直線との交点が、出力周波数  $F_1, F_2, F_3, \dots, F_i$  となるように構成されている、機械装置に関する。

【背景技術】

【0002】

このような機械装置は、少なくとも1つのロータを有しており、また、中間に配置されたトランスミッションの構成部品でもある複数のロータを備えている場合もある。複数のロータが設けられている場合には、本発明は当該ロータそれぞれに適用される。単一のロータが設けられている場合には、駆動ロータが、軸線を形成するために、共通する回転軸線に沿って機能機械のロータに永続的に接続されている。

【0003】

本発明の好ましい利用分野は、大きさ、材料の選定、及び著しく小さな組立体の利用の点において基本的に相違するが、少なくとも1MWの吸収力を有する出力範囲である。

【0004】

本発明では、整流した結果として、その次の段階において、出力周波数又は所望の動作周波数に対する変換器内において、動作周波数ばかりでなく、高調波成分及び次数間高調波成分もモータの給電信号内において発生する。

【0005】

また、フーリエ解析 (高速フーリエ変換) が利用される場合には、特にこれら成分は、給電信号の周波数の整数倍でない周波数成分を定義するために、次数間高調波と呼称される。

【0006】

モータの給電信号内における高調波周波数及び次数間高調波周波数は、励振掠りモーメントとしてモータの空隙内において機械システムに印加される。

【0007】

キャンベル線図は、所定の回転速度の範囲内における機械装置の運転性能を、当該回転速度、励振周波数、及び固有周波数を一覧することによって評価することを可能とする。

10

20

30

40

50

キャンベル線図のX軸すなわち横軸は、対象となる機械装置のロータの回転速度を表わす。回転速度に依存する振動、例えばロータシャフトの捻じり振動の分布が、フーリエ変換によって時間に基づく定義域から周波数に基づく定義域に変換された場合には、キャンベル線図において、これらが、X軸に対する変化率が正の直線及び負の直線として表わされる。X軸に対する変化率が負の直線は、ロータの回転速度を表わす。フーリエ変換の次数(01, 02, ...)は、中心点ビームとして現われる当該直線に反映されており、当該直線の傾きは序数に対して比例している。対象となるロータ又は回転部分の固有周波数の周波数fは、縦座標に表わされている。固有周波数は、許容帯域として表わされている。許容帯域の幅は、モデル化の不正確性の結果として、及び適切であれば他の変形例の不正確性の結果として生じる。従って、捻じり固有振動数は、特に言及しない限り、いかなる場合においても上述の許容帯域に関連する。不可避の製造誤差に起因して一定の形状とすることができないので、必然的に、許容帯域には帯域幅が生じる。本発明では、好ましくは、許容帯域は、機械装置の様々な実施例が計算に直接含まれるように広くすることを仮定することができるので、その結果として、当該変形例も当該許容帯域の大きさによってカバーされている。従って、許容帯域がある種の正確性に欠くことが望ましい。

10

## 【0008】

さらに、高調波励振周波数が回転速度から独立している場合には、高調波励振周波数は横軸に対して平行な直線をとって表わされている。高調波励振周波数が回転速度と共に変化する場合には、高調波励振周波数は、原点を通過する正又は負の傾きを有する直線として表わされる。機械装置の回転速度が高調波励振周波数の分布と固有周波数の許容帯域と

20

## 【0009】

キャンベル線図では、次数間高調波励振周波数は、出力周波数F1, F2, F3, ..., Fnについて対称なV字状に生成される。ここで、出力周波数F1, ..., Fi, ..., Fnが集中範囲G1, ..., Gi内にグループ化されており、互いに対して近接していると共に共通する出力点を形成している出力周波数Fiが、集中範囲Giに組み込まれている。

## 【0010】

集中範囲G1, ..., Gi, ..., Gzの上限及び下限が、ロータの一次捻じり固有周波数と、集中範囲G1, ..., Gi, ..., Gzそれぞれの一次の次数間高調波から成るビームペアの2つの直線との交点によって規定されている。次数間高調波の場合における交点は、次数間高調波が交差している許容帯域の範囲に関連する最大周波数との一致を常に示している。このことは、二次捻じり固有周波数及び/又は三次捻じり固有周波数が機械的に生じる限り、上述した一次捻じり固有周波数と同様に(変更すべきところは変更して)考えることができる。

30

## 【0011】

高調波励振周波数及び次数間高調波励振周波数が、(励振周波数又は固有周波数とモータの回転速度との関係が作図されている)キャンベル線図において、機械システムの捻じり固有周波数と共に表わされている場合には、従来技術に基づくモータによって励振され得る捻じり固有周波数(通常、一次捻じり固有周波数)と次数間高調波周波数とが、当該モータの動作範囲内において交差して、交点を形成する。次数間高調波周波数と捻じり固有周波数との当該交点のうち一の交点における、機械システムの定常状態運転は、捻じり振動の振幅が大きい共振状態を導くので、トルク伝達列の構成部品には、大きな捻じり応力が動的に作用する。このことから生じ得る結果、例えばトルク伝達列の構成部品のロードが疲労損傷することは回避すべきことである。

40

## 【0012】

変換器制御方式モータを備えている駆動装置は、一般に、周波数変換器と同期モータ又は非同同期モータとを有している。変換器に入力される入力周波数が、電力システムの周波数を供給するエネルギー発生アセンブリの略完全な回転運動に基づく純正弦波振動として実現されている際には、周波数分析のスペクトラムは、変換器からの出力が設定周波数と捻じり

50

振動を励起させる他の周波数とを有していることを表わす。高調波励振周波数又は次数間高調波励振周波数とも呼称される、このような望ましくない副次的な周波数の発生を回避することは、これまでほぼ不可能であった。モータの通常の動作回転速度範囲内における次数間高調波励振周波数が、通常、例えば駆動コンプレッサトレーンや他のタービン発電機のような装置全体の捻じり振動を励振させる。

【0013】

機械式トレーンの間接トランスミッションが存在しない限り、励振された捻じり振動によって発生される別の負荷の大部分が看過される。しかしながら、望ましくない動的な別の負荷が機械列の構成部品に生じるので、当該構成部品の疲労に起因して耐用寿命が著しく短縮される。

10

【0014】

トランスミッションが機械装置の構成部品である場合には、歯車係合が発生するので、トランスミッション内において、捻じり振動とラジアル振動とが連成される。その結果として、トランスミッション内における捻じり振動も、耐用寿命を縮めるという影響を有している。さらには、望ましくないラジアル振動と望ましくない上に増大された騒音（トランスミッションのたたき音）が発生する。

【0015】

望ましくない捻じり振動の問題は、捻じりモーメントを動的に測定した場合に限り発見されることがある。このような測定は、ターボ列を連続的に監視するために常に利用される訳ではなく、顕在化している捻じり共振を特定するにすぎず、このような捻じりモーメント発生の原因を解消させる訳ではない。

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0016】

本発明の目的は、従来技術の問題を出発点として、変換器制御方式駆動装置を備えている機械装置の動作の滑らかさを改善すること、及び、その結果として、大きな振動に起因して発生する可能性がある事態、例えば疲労による損傷を回避することである。

【0017】

本発明は、請求項1の特徴部分に記載されている機能に従って最初に規定されているタイプの機械装置を構成することを提案する。さらに、本発明は、請求項12に規定される方法に従って機械装置を動作させることを提案する。

30

【0018】

本明細書では、動作回転速度範囲は、機械装置の構成のための基準として利用されるロータの回転速度の範囲を特定している。当該ロータの回転速度は、想定される動作範囲の少なくとも90%の範囲内とされる。

【課題を解決するための手段】

【0019】

本発明の特に優位な一の実施形態では、変換器制御方式駆動装置が、変換器のモータ給電周波数の動作範囲と関連して、集中範囲G1～G2の範囲外に存在するモータ給電周波数及び/又は動作回転速度範囲を規定している、極対数を有している。

40

【0020】

本発明の好ましい利用分野は、タービン発電機として具体化されている機械装置、特に少なくとも1つのターボコンプレッサを有している機械装置である。現在における駆動装置の一般的な選択は、集中範囲G1, . . . , G2が、駆動範囲内の捻じり固有周波数と交差すること、ひいてはトレーンの構成部品に大きな捻じり負荷を作用させることを効果として有している。トルクが変換器制御方式駆動装置から機能機械に伝達する限り、次数間高調波捻じり励振に関する知識を前提として、駆動装置の特定の極対数（PPZ）を選択することによって、駆動装置の動作回転速度範囲内において捻じり共振状態を回避することができる。このような方法で、モータは、動作回転速度範囲をより低い回転速度範囲又はより高い回転速度範囲に移行させることによって、変換器の固有次数間高調波励振周

50

波数を回避することができる。トランスミッションが利用される場合には、さらなる共振しない動作回転速度範囲が、伝達率を選択的に調整するために利用可能とされる。このことは、例えばトランスミッションが機能機械において変換器制御方式駆動装置の回転速度を比較的高い回転速度に調整する場合には、本発明において優位である。特に、少なくとも1つの集中範囲が変換器に入力する入力周波数の範囲内にある場合に、このような場合は頻繁にあるが、機能機械についての極対数が2より大きい変換器制御方式駆動装置は、比較的高い回転速度に伝達するトランスミッションと組み合わせて、本発明を特に優位に実施することができる。このような方法で、モータは、変換器の次数間高調波励振周波数を比較的低い回転速度に向かって回避し、トランスミッションは、当該比較的低い回転速度を機能機械の所望の回転速度に又は対応する動作回転速度範囲に調整する。

10

【0021】

二次掎り固有周波数及び/又は三次掎り固有周波数が機械的に発生し得る限り、上述の一次掎り固有周波数と同様に(変更すべきところは変更した上で)考えることができる。

【0022】

従って、単に図解することを目的とする典型的な実施例を用いて、本発明を説明する。また、当業者であれば、特に特許請求の範囲に規定される特徴を任意且つ自由に組み合わせることによって、本発明を実施するための他の実施例を想到することができる。

【図面の簡単な説明】

【0023】

【図1】本発明における機械装置の簡略図である。

【図2】図1に表わす例示における変換器の特性を表わすキャンベル線図を表わす。

【図3】図2に表わすキャンベル線図、及び、機械装置の回転速度の動作範囲に対する実施可能性の詳細を表わす。

【発明を実施するための形態】

【0024】

図1は、本発明における機械装置Mの概略図である。本発明における機械装置Mの重要な構成要素は、(周波数)変換器VFG、回転速度 $n_1$ を変更可能な変換器制御方式駆動装置VFD、及び、当該実施例ではコンプレッサCOとして具体化されている機能機械WMである。

20

30

【0025】

さらには、典型的な実施例では、トランスミッションTRが配設されており、トランスミッションTRが、駆動装置VFDによって発生される第1のシャフトSH1における回転速度を、第2のシャフトSH2における第2の回転速度に変換し、第2のシャフトSH2がコンプレッサCOを駆動する。コンプレッサCOは、質量流量M1を第1の圧力P1から第1の圧力P1より高い第2の圧力P2に輸送する。変換器VFGは、例えば50Hzの電力系統周波数(入力周波数fE)から、駆動装置に給電するための出力周波数f0を発生させる。駆動装置VFDは、変換器VFGからの出力周波数f0及び極対数(NPP=対になる極の数)に従って、回転速度 $n_1$ で回転する。当該実施例では、回転速度 $n_1$ は、変換器VFGからの出力周波数f0と極対数NPPとの比に対応している。駆動装置VFD、第1のシャフトSH1、トランスミッションTR、第2のシャフトSH2、及び機能機械WMから成る装置は、シャフトに関連する掎り固有周波数FT1, FT2, FTiを有しており、その結果として、運転中に、これら掎り固有周波数の近傍で大きな振幅が発生する場合がある。さらに、特に中間に位置するトランスミッションにおいて掎り振動と曲げ振動とが連成した結果として、径方向振動が掎り振動によって励振される。変換器VFGは電流形インバータ(LCI)とされる。代替的には、変換器は電圧形インバータであっても良い。

40

【0026】

最初に既に説明したように、変換器VFGによって発生される出力周波数f0は、異なる周波数における高調波振動(harmonic oscillation)及び次数間高調波振動(inter-ha

50

monic oscillation) のさらなる成分が重畳される設定周波数において、純正弦波として表わされる。

【 0 0 2 7 】

この点において、図 2 は、変換器出力のいわゆる次数間高調波励振周波数を表わす概略的なキャンベル線図である。これら次数間高調波励振周波数は、変換器内において発生され、モータ内におけるトルク変動として、ステータとロータとの間に設けられた空隙を介して機械システムに伝達される。

【 0 0 2 8 】

キャンベル線図は、振動技術に関連するあらゆる分野において利用されており、例えばロータ及びブレードの振動を表わすために利用されている。キャンベル線図は、例えば動作回転速度範囲全体における振動調整を評価するのに適していると共に、起こり得る共振状態を特定するのに適している。

【 0 0 2 9 】

また、固有周波数は周波数帯として表わされている場合があるが、その周波数帯の幅は計算モデルの分散に起因して生じる。高調波励振周波数に加えて、このような応用事例についてのスペクトル成分も存在する。このような成分は、次数間高調波励振周波数と呼称される。図 2 及び図 3 に表わすキャンベル線図では、次数間高調波励振周波数  $F_{IH1}$  ,  $F_{IH2}$  ,  $F_{IH3}$  それぞれが、それぞれが対称パートナーを有している直線として表わされている。対称パートナーも直線であり、異なる符号と同じ大きさの傾きとを有している。駆動回転速度に対する次数間高調波励振周波数の依存性を示している直線が、キャンベル線図の横軸と交わっている。図 2 は、図 2 のキャンベル線図においてキャンベル線図の零点を通過する直線群として表わされる高調波励振周波数に加えて、一例として、それぞれが横軸に始点を有している次数間高調波励振周波数を駆動回転速度の関数として示す 3 つの直線群を表わす。

【 0 0 3 0 】

図 3 は、駆動装置についての様々な極対数 ( $NPP = 1, 2, 3$ ) の場合を表わす。上側に位置するキャンベル線図は、分散に対応する幅を有している、実現可能なターボコンプレッサトレーンの掠り固有周波数を水平線として表わす。高調波周波数及び次数間高調波周波数の分布は、原点又は第 1 の集中点  $CP$  を通過する直線に対応しており、変換器によって発生される。(当該実施例では、例示のみを目的として、掠り固有周波数の範囲の上限における交点として表わされる) 当該直線とコンプレッサトレーンの掠り固有周波数帯  $RL$  との交点が、集中点  $CP$  を中心としてグループ化されている回転周波数  $n_1, \dots, n_i$  となる。グループ化された回転周波数のうち外縁の回転周波数によって規定されている範囲  $FA$  は、例えば機械装置  $M$  の、共振しない目標動作回転速度範囲  $OR$  の一部分を構成するものではない。この場合には、図示されている動作回転速度範囲  $OR$  は、例えば低回転速度における高調波励振周波数  $HEF$  と重複する遮断範囲と次数間高調波励振周波数  $iHEF$  と重複する遮断範囲  $FA$  との間に位置している。動作回転速度範囲  $OR$  は、本明細書では例示的に図 3 に表わされており、言うまでもなく、実現可能な共振回転速度範囲の全域に、ひいては図 3 に表わす集中範囲の上方に配置させることができる。本発明では、変換器の出力周波数  $F_0$  は、次数間高調波励振周波数に起因する顕著な掠りが所望の動作回転速度範囲内で発生しないように、駆動装置  $VFD$  の極対数  $NPP$  と組み合わせ選定可能とされる。次数間高調波励振周波数の位置は、その特性と変換器  $VFG$  に入力される入力周波数(電力システムの周波数)  $FE$  とに依存している。次数間高調波励振周波数と重複する遮断範囲  $FA$  に対する動作回転速度範囲  $OR$  の位置は、極対数  $NPP$  によって決定される。例示的な線図  $c$ ) に図示するように、極対数  $NPP = 2$  とすることによって、極対数  $NPP = 1$  の場合における、約  $3000RPM$  である集中点を中心とする遮断範囲から、約  $1500RPM$  である集中点を中心とする遮断範囲にシフトさせることができる。これに対応して、遮断範囲  $FA$  の集中範囲  $CP$  の幅が、極対数  $NPP = 3$  である場合には、 $1000RPM$  において 3 分の 1 に低減される。

【 符号の説明 】

10

20

30

40

50

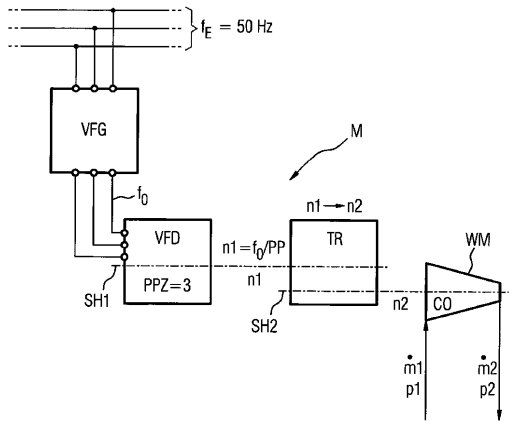
## 【 0 0 3 1 】

M	機械装置	
V F G	周波数変換器	
n 1	回転速度	
V F D	変換器制御方式駆動装置	
C O	コンプレッサ	
S H 1	第 1 のシャフト	
S H 2	第 2 のシャフト	
T R	トランスミッション	
M 1	質量流量	10
P 1	第 1 の圧力	
P 2	第 2 の圧力	
f E	電力系統周波数 ( 入力周波数 )	
f 0	出力周波数出力周波数	
N P P	極対数	
W M	機能機械	
F T 1	シャフトに関連する固有周波数	
F T 2	シャフトに関連する固有周波数	
F T i	シャフトに関連する固有周波数	
L C I	電流形インバータ	20
F I H 1	次数間高調波励振周波数	
F I H 2	次数間高調波励振周波数	
F I H 3	次数間高調波励振周波数	
n 1	回転周波数	
n i	回転周波数	
C P	集中点 ( 集中範囲 )	
H E F	低回転速度における高調波励振周波数	
i H E F	次数間高調波励振周波数	
F A	遮断範囲	
O R	動作回転速度範囲	30



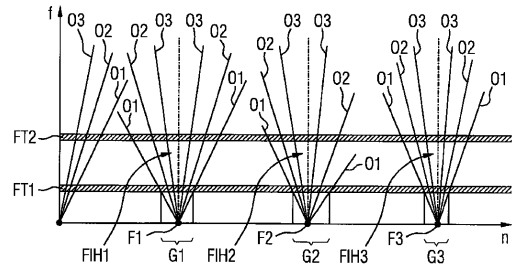
【 図 1 】

FIG 1



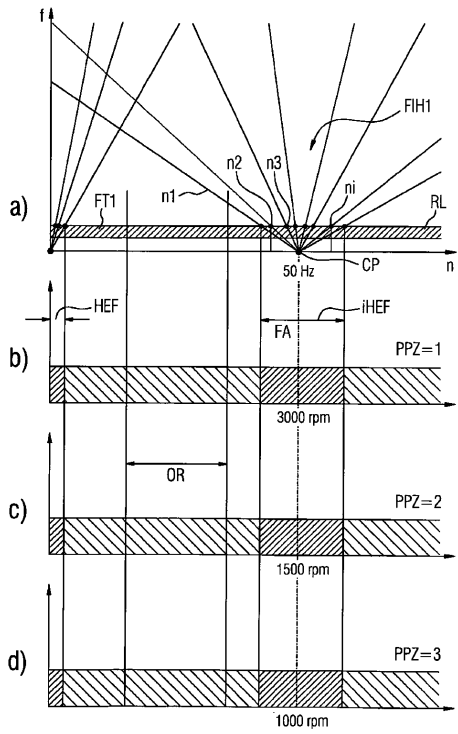
【 図 2 】

FIG 2



【 図 3 】

FIG 3



---

フロントページの続き

(72)発明者 ノルベルト・ワーグナー  
ドイツ・46244・ボトロップ・イム・シュヴァルツヴァルト・1

審査官 宮崎 基樹

(56)参考文献 特開2006-144575(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
H02P 1/00-31/00