

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5238596号
(P5238596)

(45) 発行日 平成25年7月17日(2013.7.17)

(24) 登録日 平成25年4月5日(2013.4.5)

(51) Int. Cl. F I
GO 1 R 31/34 (2006.01) GO 1 R 31/34 D
GO 1 R 31/12 (2006.01) GO 1 R 31/12 A

請求項の数 8 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2009-108177 (P2009-108177)	(73) 特許権者	000004695
(22) 出願日	平成21年4月27日(2009.4.27)		株式会社日本自動車部品総合研究所
(65) 公開番号	特開2010-256244 (P2010-256244A)		愛知県西尾市下羽角町岩谷14番地
(43) 公開日	平成22年11月11日(2010.11.11)	(73) 特許権者	000004260
審査請求日	平成23年3月2日(2011.3.2)		株式会社デンソー
			愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
		(74) 代理人	100081776
			弁理士 大川 宏
		(72) 発明者	脇本 亨
			愛知県西尾市下羽角町岩谷14番地 株式
			会社日本自動車部品総合研究所内
		(72) 発明者	高橋 芳光
			愛知県西尾市下羽角町岩谷14番地 株式
			会社日本自動車部品総合研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 回転電機の放電量測定装置および放電量測定方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

回転電機に組み込まれたコイルに電圧を印加する電源と、前記コイルに流れる電流を検出する第1電流センサと、前記第1電流センサによって検出された第1電流波形に基づいて放電量を測定する測定部と、を備える回転電機の放電量測定装置において、

少なくとも一端側を前記コイルに接続する校正用線材と、

前記校正用線材に流れる電流を検出する第2電流センサと、を有し、

前記測定部は、前記第1電流波形のハイパスフィルタ後に基づく波高値または面積と、前記第2電流センサによって検出された第2電流波形に基づく放電量との相関をとることによって校正線を作成し、作成した前記校正線に基づいて放電量を求めることを特徴とする回転電機の放電量測定装置。

10

【請求項2】

前記校正用線材を覆う絶縁膜の膜厚は、前記コイルを覆う絶縁膜の膜厚よりも薄いことを特徴とする請求項1に記載の回転電機の放電量測定装置。

【請求項3】

前記校正用線材は、前記コイルと前記回転電機のケースとの間に接続することを特徴とする請求項1に記載の回転電機の放電量測定装置。

【請求項4】

前記校正用線材は、前記コイルの相互間に接続することを特徴とする請求項1に記載の回転電機の放電量測定装置。

20

【請求項 5】

前記校正用線材は、直接接触する前記コイルの相互間に接続することを特徴とする請求項 4 に記載の回転電機の放電量測定装置。

【請求項 6】

前記測定部は、前記第 1 電流波形をフーリエ変換して得られる波形に基づく波高値または面積を用いて前記校正線を作成することを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載の回転電機の放電量測定装置。

【請求項 7】

前記測定部は、周波数が 100 MHz 以上の成分に基づいて放電量を求めることを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載の回転電機の放電量測定装置。

10

【請求項 8】

回転電機に組み込まれたコイルに電圧を印加し、前記コイルに流れる電流を第 1 電流センサで検出し、前記第 1 電流センサによって検出された第 1 電流波形に基づいて放電量を測定する回転電機の放電量測定方法において、

少なくとも一端側を前記コイルに接続した校正用線材に流れる電流を第 2 電流センサで検出する検出工程と、

前記第 1 電流波形のハイパスフィルタ後に基づく波高値または面積と、前記第 2 電流センサによって検出された第 2 電流波形に基づく放電量との相関をとることによって校正線を作成する校正線作成工程と、

作成した前記校正線に基づいて放電量を求める測定工程と、
を有することを特徴とする回転電機の放電量測定方法。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、回転電機に組み込まれたコイルで発生する放電の放電量を測定する回転電機の放電量測定装置および放電量測定方法に関する。

【背景技術】

【0002】

回転電機（例えば電動機や発電機等）に組み込まれるコイルは、コイル相互間が直接接触したり、コイルとケース（あるいはコア）とが直接接触する箇所がある。コイルは絶縁膜で絶縁されているものの、接触箇所では条件が整えばパルス電圧の印加に伴って放電が発生する場合がある。放電が発生すると絶縁膜が破壊されてゆき、最終的には絶縁機能を失ってショートする場合もある。そのため、放電量がどのくらいあるのか（言い換えれば絶縁性能がどのくらいあるのか）を測定する必要がある。

30

【0003】

従来では、高周波変流器によって検出した電流波形をハイパスフィルタに通して放電パルスのみを抽出し、抽出した放電パルスの波高値から放電量を求める技術の一例が開示されている（例えば特許文献 1 を参照）。また、電流センサによって検出した電流波形と、電磁波センサによって検出した電磁波波形とをフーリエ変換し、高周波成分の変化から放電量を求める技術の一例が開示されている（例えば特許文献 2 を参照）。さらに、サージ電圧発生装置によってサージ電圧を特定周波数（50 Hz ~ 20 kHz）で意図的にモータの巻線に発生させ、このときに発生する部分放電電流を計測することで放電量を求める技術の一例が開示されている（例えば特許文献 3 を参照）。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2006 - 098170 号公報

【特許文献 2】特開 2005 - 274440 号公報

【特許文献 3】特開 2006 - 038688 号公報

【発明の概要】

50

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかし、モータ内で発生する放電パルスは周波数が高く、またモータ内に組み込まれるコイルのインピーダンスも分布定数で表される複雑な構成である。このため、モータ内で発生した放電は拡散しやすく、この放電量に見合うだけの電流が特定箇所（電流センサを接続した箇所）を流れるとは限らない。電流センサで検出する電流値に基づいて放電量を求めたとしても、それは実際の放電量の一部に過ぎない。したがって、特許文献1～3に記載された技術を用いて得られる放電量は、実際の放電量よりも少なくなる。

【0006】

本発明はこのような点に鑑みてなしたものであり、電流センサで検出する電流値とコイルで発生する放電量との相関関係を示す校正線に基づいて放電量を求めることにより、従来より精度を向上できる回転電機の放電量測定装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記課題を解決するためになされた請求項1に記載の発明は、回転電機に組み込まれたコイルに電圧を印加する電源と、前記コイルに流れる電流を検出する第1電流センサと、前記第1電流センサによって検出された第1電流波形に基づいて放電量を測定する測定部と、を備える回転電機の放電量測定装置において、少なくとも一端側を前記コイルに接続する校正用線材と、前記校正用線材に流れる電流を検出する第2電流センサと、を有し、前記測定部は、前記第1電流波形のハイパスフィルタ後に基づく波高値または面積と、前記第2電流センサによって検出された第2電流波形に基づく放電量との相関をとることによって校正線を作成し、作成した前記校正線に基づいて放電量を求めることを特徴とする。

【0008】

「回転電機」はパルス電圧を印加可能な機器であれば任意であり、例えば電動機（モータ）や発電機等が該当する。「校正用線材」は回転電機に組み込まれたコイルよりも放電が発生しやすい線材であれば任意であり、例えばツイストペア線や、接触させた二本の平角線などが該当する。

【0009】

この構成によれば、測定部は、第1電流波形と第2電流波形とに基づいて、まず校正線を作成する。第1電流波形は回転電機に組み込まれたコイルに流れる電流の変化を示し、放電が拡散した後の電流波形に相当する。第2電流波形は校正用線材に流れる電流の変化を示し、コイルで発生する放電量にほぼ比例する。校正線の作成方法は任意であるが、既知の近似法を適用して作成することが可能である。例えば、最小二乗法に基づく近似（具体的には一次関数や対数曲線など特定の関数を用いる近似）や、分散分析に基づく近似、回帰分析に基づく近似、重回帰分析に基づく近似、ロジスティック回帰に基づく近似などが該当し、一以上の近似法を適用する。作成した校正線は拡散後の電流波形（第1電流波形）と発生する放電量（第2電流波形）との相関関係を示すので、拡散後の電流波形が分かれば、実際の放電量を定量的に求めることができる。したがって、従来よりも放電量を正確に測定することができる。また、第1電流波形のハイパスフィルタ後に基づく波高値や面積は求めやすいので、第2電流波形に基づく放電量との相関がとりやすくなる。したがって、的確な校正線を作成できるので、従来よりも放電量を正確に測定することができる。

【0010】

請求項2に記載の発明は、前記校正用線材を覆う絶縁膜の膜厚は、前記コイルを覆う絶縁膜の膜厚よりも薄いことを特徴とする。この構成によれば、コイルよりも絶縁膜の膜厚が薄い校正用線材で放電が発生しやすくなる。校正用線材で発生する放電量を定量化することによって、コイル内を拡散することによる影響を少なく抑えることができる。したがって、従来よりも放電量をより正確に測定することができる。

【0011】

請求項 3 に記載の発明は、前記校正用線材は、前記コイルと前記回転電機のケースとの間に接続することを特徴とする。この構成によれば、コイルと回転電機のケースとの間に発生する放電について、校正用線材を通じて検出できる。したがって、従来よりも放電量をより正確に測定することができる。

【 0 0 1 2 】

請求項 4 に記載の発明は、前記校正用線材は、前記コイルの相互間に接続することを特徴とする。この構成によれば、コイルの相互間に発生する放電について、校正用線材を通じて検出できる。したがって、従来よりも放電量をより正確に測定することができる。

【 0 0 1 3 】

請求項 5 に記載の発明は、前記校正用線材は、直接接触する前記コイルの相互間に接続することを特徴とする。直接接触するコイルの相互間は、接触しないコイルの相互間よりも放電が発生しやすい。この構成によれば、直接接触するコイルの相互間に発生する放電について、校正用線材を通じて検出できる。したがって、従来よりも放電量をより正確に測定することができる。

10

【 0 0 1 5 】

請求項 6 に記載の発明は、前記測定部は、前記第 1 電流波形をフーリエ変換して得られる波形に基づく波高値または面積を用いて前記校正線を作成することを特徴とする。この構成によれば、第 1 電流波形をフーリエ変換 (FFT) して得られる波形は、主に放電に由来する変化を示す。したがって、的確な校正線を作成でき、従来よりも放電量を正確に測定することができる。

20

【 0 0 1 6 】

請求項 7 に記載の発明は、前記測定部は、周波数が 100 MHz 以上の成分に基づいて放電量を求めることを特徴とする。この構成によれば、第 1 電流波形および第 2 電流波形について周波数が 100 MHz 以上の成分を対象として校正線を作成し、作成した前記校正線に基づいて放電量を定量的に求める。放電は、100 MHz から 500 MHz までの周波数範囲内で発生しやすい。この範囲内の波形は放電に由来する電流変化であるので、的確な校正線を作成でき、従来よりも放電量を正確に測定することができる。

【 0 0 1 7 】

請求項 8 に記載の発明は、回転電機に組み込まれたコイルに電圧を印加し、前記コイルに流れる電流を第 1 電流センサで検出し、前記第 1 電流センサによって検出された第 1 電流波形に基づいて放電量を測定する回転電機の放電量測定方法において、少なくとも一端側を前記コイルに接続した校正用線材に流れる電流を第 2 電流センサで検出する検出工程と、前記第 1 電流波形のハイパスフィルタ後に基づく波高値または面積と、前記第 2 電流センサによって検出された第 2 電流波形に基づく放電量との相関をとることによって校正線を作成する校正線作成工程と、作成した前記校正線に基づいて放電量を求める測定工程と、を有することを特徴とする。

30

【 0 0 1 8 】

この構成によれば、検出工程で電流波形を検出した後、校正線作成工程において第 1 電流波形と第 2 電流波形とに基づいて校正線を作成し、測定工程において校正線に基づいて実際の放電量を定量的に求める。校正線は拡散後の電流波形 (第 1 電流波形) と発生する放電量 (第 2 電流波形) との相関関係を示すので、従来よりも放電量を正確に測定することができる。

40

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 9 】

【 図 1 】 回転電機の放電量測定装置の構成例を示す模式図である。

【 図 2 】 コイルに流れる第 1 電流の波形例を示すグラフ図である。

【 図 3 】 放電が発生しない場合の観測波形を示すグラフ図である。

【 図 4 】 放電が発生する場合の観測波形を示すグラフ図である。

【 図 5 】 第 1 電流の波形をフーリエ変換して得られる波形を示すグラフ図である。

【 図 6 】 校正用線材に流れる第 2 電流の放電波形例を示すグラフ図である。

50

【図7】放電量測定処理の手続き例を示すフローチャートである。

【図8】放電測定を行う際の接続例を示す模式図である。

【図9】校正線の作成例を示すグラフ図である。

【図10】校正線に基づいて放電量を求める例を説明するグラフ図である。

【発明を実施するための形態】

【0020】

以下、本発明を実施するための形態について、図面に基づいて説明する。なお特に明示しない限り、「接続する」という場合には電氣的な接続を意味する。

【0021】

図1には、回転電機の放電量測定装置（以下では単に「放電量測定装置」と呼ぶ。）の構成例を模式的に示す。図1に示す放電量測定装置10は、パルス電源11、電流センサ12、15、ハイパスフィルタ13、16、ツイストペア線14、測定部17などを有する。パルス電源11は、「回転電機」に相当するモータ20に組み込まれたコイルLu、Lv、Lwにパルス電圧を印加する。この印加によって、コイル対地間やコイル相互間には高電圧が加わって「部分放電」と呼ばれる現象が発生する。部分放電は、局所的にある電圧を超えると微小な電荷が瞬間的に移動する現象である。この部分放電で生じる電流には、主に高周波成分（例えば100MHz以上）を含む。

10

【0022】

電流センサ12は「第1電流センサ」に相当し、コイルLu、Lv、Lwに流れる電流（以下では「第1電流」と呼ぶ。）を検出する。電流センサ15は「第2電流センサ」に相当し、ツイストペア線14に流れる電流（以下では「第2電流」と呼ぶ。）を検出する。電流センサ12、15には、例えば高周波変流器を用いる。ハイパスフィルタ13、16は、対応する電流センサで検出した電流波形のうちで高周波成分のみを通過させる。

20

【0023】

ツイストペア線14は「校正用線材」に相当し、接続箇所は部分放電が発生し易い箇所であれば任意に設定できる。例えば、コイル対地間（例えば実線で示すコイルLuと接地との間）や、コイル相互間（例えば二点鎖線で示すコイルLuとコイルLwとの間）等が該当する。なお、コイル相互間に接続する場合は、直接接触するコイルLu、Lv、Lwの相互間が望ましい。接地（アース）の接続位置は任意であるが、例えばモータ20のケース（具体的にはハウジングやフレーム等）が該当する。部分放電を発生し易くするため、ツイストペア線14を覆う絶縁膜の膜厚はコイルLu、Lv、Lwを覆う絶縁膜の膜厚よりも薄いものを用いる。

30

【0024】

測定部17は、校正線を作成する校正線作成機能と、作成した校正線に基づいて放電量を定量的に求める放電量測定機能とを有する。校正線作成機能は、電流センサ12によって検出された第1電流波形（すなわち第1電流I1の電流波形）と、電流センサ15によって検出された第2電流波形（すなわち第2電流I2の電流波形）とに基づいて校正線を作成する。一方、放電量測定機能は、校正線作成機能によって作成された校正線に基づいてモータ20で発生する放電量を定量的に求める。

【0025】

校正線は、上述した第1電流波形と第2電流波形とに基づいて作成できれば任意である。例えば次の二例が該当する。第1例は、第1電流波形に基づく波高値または面積と、第2電流波形に基づく放電量との相関関係をとる。第2例は、第1例の第1電流波形に基づく波高値または面積に代えて、第1電流波形をフーリエ変換して得られる波形に基づく波高値または面積を用いる。

40

【0026】

また、校正線は電流量と放電量との相関関係を表すことができれば、任意の線（例えば直線や曲線等）を適用してよい。校正線を決定（作成）するにあたっては、より正確な放電量を定量的に求めるため、特定の関数（例えば一次関数、双曲線関数、逆双曲線関数、対数曲線等）を用いて近似線を求め得る数学的手法（例えば最小二乗法や回帰分析等）を

50

適用するのが望ましい。

【 0 0 2 7 】

図 1 の例では、測定部 1 7 を電流波形解析器 1 7 a とコンピュータ 1 7 b とで実現する。電流波形解析器 1 7 a は各電流波形に基づく解析を行う。例えば、電流波形に基づく波高値または面積を求めたり、電流波形をフーリエ変換したり、フーリエ変換して得られる波形に基づく波高値または面積を求める等を行う。コンピュータ 1 7 b は、電流波形解析器 1 7 a の解析結果を入力して校正線の作成や表示等を行ったり、作成した校正線に基づいて放電量を定量的に求めて表示する。

【 0 0 2 8 】

ここで、電流波形と放電量との関係について図 2 ~ 図 6 を参照しながら説明する。図 2 にはコイル L_u , L_v , L_w に流れる第 1 電流波形の一例をグラフ図で示す。図 5 には図 2 の第 1 電流波形をフーリエ変換して得られる波形をグラフ図で示す。図 6 にはツイストペア線 1 4 に流れる第 2 電流波形（放電波形）の一例をグラフ図で示す。図 3 には放電が発生しない場合の観測波形を示す。図 4 には放電が発生する場合の観測波形を示す。

10

【 0 0 2 9 】

図 2 に示す第 1 電流波形 W_1 は、パルス電源 1 1 からパルス電圧をモータ 2 0 に印加する際に電流センサ 1 2 で検出された波形の一例である。横軸を時間とし、縦軸を電流値としたグラフ図で示す。この例に示す第 1 電流波形 W_1 は、時刻 t_1 から時刻 t_3 までの電流値が 0 以上で変化し、時刻 t_4 以降で一定値に安定している。第 1 電流 I_1 は時刻 t_2 に電流値 I_a となる波高値であり、時刻 t_1 から時刻 t_3 までの変化は面積 S_1 である。面積 S_1 の大きさは、モータ 2 0 に組み込まれたコイル L_u , L_v , L_w に流れる相電流を表し、この電流波形にわずかに重畳する高周波波形が放電電流を表す。この放電電流波形は、コイル L_u , L_v , L_w で発生した部分放電の一部が拡散するため、拡散していない部分放電が電流値として現れる。なお、この高周波成分は、後述する図 5 に示すような FFT 波形 W_f として現れる。

20

【 0 0 3 0 】

ここで、実際の第 1 電流波形 W_1 をフーリエ変換して得られる波形を図 3 と図 4 とに示す。図 3 は部分放電が発生しない場合の変換例であり、図 4 は部分放電が発生する場合の変換例である。横軸を周波数とし、縦軸を FFT 値としたグラフ図で示す。図 3 と図 4 とを比較すると、図 4 にのみ 1 0 0 M H z から 5 0 0 M H z 辺りの周波数範囲 E_d で変化が現れている。そこで、1 0 0 M H z 以上の高周波成分を相関関係に用いる。

30

【 0 0 3 1 】

図 5 に示す FFT 波形 W_f は、図 2 に示す第 1 電流波形 W_1 をフーリエ変換して得られる波形の一例である。横軸を周波数とし、縦軸を FFT 値としたグラフ図で示す。周波数 f_1 までの低周波成分は 1 0 M H z 以下であり、周波数 f_2 から周波数 f_4 までに現れる高周波成分は 1 0 0 M H z から 5 0 0 M H z までの範囲である。図 5 の例では、周波数 f_3 （例えば 3 0 0 M H z）に FFT 値が波高値 P に達している。この波高値 P は明確に求めることができるので、相関関係に用いる。

【 0 0 3 2 】

図 6 に示す第 2 電流波形 W_2 は、パルス電源 1 1 からパルス電圧をモータ 2 0 に印加する際に電流センサ 1 5 で検出された放電波形の一例であって、1 パルス分の放電波形例を示す。横軸を時間とし、縦軸を電流値としたグラフ図で示す。この例に示す第 2 電流波形 W_2 は、時刻 t_{10} から時刻 t_{12} までの電流値が 0 以上で変化し、時刻 t_{13} 以降で一定値に安定している。なお、時刻 t_{10} から時刻 t_{13} までの長さ（期間）は、図 2 に示す時刻 t_1 から時刻 t_4 までの長さと比べて約 1 0 分の 1 程度である。第 2 電流 I_2 は時刻 t_2 に電流値 I_b となる波高値であり、時刻 t_1 から時刻 t_3 までの変化は面積 S_2 である。面積 S_2 の大きさは、モータ 2 0 に組み込まれたコイル L_u , L_v , L_w で発生する部分放電の電荷量（放電量）にほぼ等しい。この面積 S_2 は明確に求めることができるので、相関関係に用いる。

40

【 0 0 3 3 】

50

上述のように構成された放電量測定装置 10 において、放電量を定量的に求めるまでの過程について図 7 ~ 図 10 を参照しながら説明する。図 7 には放電量測定処理の手続き例をフローチャートで示す。図 8 には放電測定を行う際の接続例を模式図で示す。図 9 には校正線の作成例をグラフ図で示す。図 10 には校正線に基づいて放電量を求める例をグラフ図で示す。

【 0 0 3 4 】

図 7 に示す放電量測定処理は、校正用線材に流れる電流を検出する検出工程（ステップ S 1 1）と、特性線を作成する校正線作成工程（ステップ S 1 2 ~ S 1 4）と、作成した校正線に基づいて放電量を定量的に求める測定工程（ステップ S 1 5, S 1 6）とからなる。まず、回転電機であるモータ 20 にかかる校正線が存在するか否かを判別する〔ステップ S 1 0〕。もし校正線が存在すれば（YES）、後述するステップ S 1 5 に進む。一方、校正線が存在しなければ（NO）、校正線を作成するための処理（ステップ S 1 1 ~ S 1 4）を実行する。

10

【 0 0 3 5 】

電流センサ 1 2 によって第 1 電流波形 W 1 を検出するとともに、電流センサ 1 5 によって第 2 電流波形 W 2 を検出する〔ステップ S 1 1〕。第 2 電流波形 W 2 の検出は、例えば図 8 に記号 ① , ② , ③ で示す 4 箇所ツイストペア線 1 4 を接続して行う。記号 ① は、U 相のコイル L u と接地（モータ 20 のケース）との間に接続する。記号 ② は、U 相のコイル L u と V 相のコイル L v との間に接続する。記号 ③ は、V 相のコイル L v 相互間（特に直接接触する箇所）に接続する。記号 ④ は、V 相のコイル L v と W 相のコイル L w との間に接続する。なお、測定対象（本例はモータ 20）の特性を的確に校正線に表すには、ツイストペア線 1 4 を接続する箇所は多いほうがよい。また、コイルの存在位置やコイル同士が直接接触する箇所等が特定手段によって特定できる場合には、例えばアクチュエータやロボットハンド等を用いて接続（接触）を自動化し、電流波形の検出を行える。特定手段は、例えば撮像装置（例えば CCD カメラ等）で撮像した画像の解析する手段や、ティーチング機能によって接続（接触）位置を特定する手段等が該当する。

20

【 0 0 3 6 】

図 7 に戻って、ステップ S 1 1 で検出した第 1 電流波形 W 1 および第 2 電流波形 W 2 に基づいて、相関関係を規定するのに必要な情報を求める〔ステップ S 1 2〕。当該情報は、例えば波高値（例えば図 2 の電流値 I a や図 6 の電流値 I b）、面積（例えば図 6 の面積 S 2）、第 1 電流波形 W 1 をフーリエ変換して得られる FFT 波形 W f の波高値（例えば図 5 の波高値 P）等が該当する。ステップ S 1 1, S 1 2 は校正線作成に必要なデータ数になるまで繰り返される（ステップ S 1 3 で NO）。校正線作成に必要なデータ数は任意であるが、できるだけ多くのデータがあるほうが望ましい。

30

【 0 0 3 7 】

校正線作成に必要なデータ数に達すると（ステップ S 1 3 で YES）、ステップ S 1 2 で求めた情報に基づいて校正線を作成（必要に応じて表示）する〔ステップ S 1 4〕。校正線の作成にあたっては、特定の関数（例えば一次関数、双曲線関数、逆双曲線関数、対数曲線等）を用いて近似線を求め得る数学的手法（例えば最小二乗法や回帰分析等）を適用する。ステップ S 1 2 で求めた情報と、ステップ S 1 4 で作成した校正線 P b とをグラフ図に表すと、その一例は図 9 のようになる。

40

【 0 0 3 8 】

図 9 は、縦軸を「FFT 波形 W f の波高値 P（検出波形 FFT 波高値）」とし、横軸を「第 2 電流波形 W 2 の面積 S 2（コイル内での部分放電発生量）」とし、図 8 に示した記号 ① , ② , ③ を用いてプロットしている。太線で示す校正線 P b は、逆双曲線関数の一つである「arccosh」を用いて作成した近似線である。なお、斜線ハッチで示す領域内のデータはノイズとし、校正線 P b の作成に際しデータとして用いていない。校正線 P b は、二点鎖線で示す上限線 P a と下限線 P c との間にあるのが望ましい。

【 0 0 3 9 】

そして、測定対象（すなわちモータ 20 や他のモータ）について、ステップ S 1 1 と同

50

様に第1電流波形W1を検出する〔ステップS15〕。さらに、ステップS12と同様に第1電流波形W1に基づいて相関関係の一方側情報(図9の例ではFFT波形Wfの波高値P)を求める〔ステップS16〕。こうして求めた一方側情報と校正線Pbとから、測定対象の放電量を求めて表示し〔ステップS17〕、放電量測定処理をリターンする。例えば図10に示すように、一方側情報としての検出波形FFT波高値(縦軸)が波高値F1のとき、部分放電発生量は放電量C1(図10では400[pC])となる。同様に、波高値F2のとき、部分放電発生量は放電量C2(図10では250[pC])となる。

【0040】

上述した実施の形態によれば、以下に示す各効果を得ることができる。

【0041】

請求項1に対応し、放電量測定装置10は、モータ20に組み込まれたコイルLu, Lv, Lwにパルス電圧を印加するパルス電源11(電源)と、コイルLu, Lv, Lwに流れる電流を検出する電流センサ12(第1電流センサ)と、電流センサ12によって検出された第1電流波形W1に基づいて放電量を測定する測定部17と、少なくとも一端側をコイルLu, Lv, Lwに接続するツイストペア線14(校正用線材)と、ツイストペア線14に流れる電流を検出する電流センサ15(第2電流センサ)とを備える構成とした(図1を参照)。測定部17は、第1電流波形W1のハイパスフィルタ後に基づく波高値Pまたは面積S1と、電流センサ15によって検出された第2電流波形W2に基づく放電量との相関をとることによって校正線Pbを作成し、作成した校正線Pbに基づいて放電量を求めた(図7~図10を参照)。この構成によれば、作成した校正線Pbは拡散後の電流波形(第1電流波形W1)と発生する放電量(第2電流波形W2)との相関関係を示すので、拡散後の電流波形が分かれば、実際の放電量を定量的に求めることができる。したがって、従来よりも放電量を正確に測定でき、精度を向上できる。また、第1電流波形W1をハイパスフィルタ13に通した後に基づく波高値Pや面積S1は求めやすいので、第2電流波形W2に基づく放電量との相関がとりやすくなる。したがって、的確な校正線Pbを作成できるので、従来よりも放電量を正確に測定することができる。

【0042】

請求項2に対応し、ツイストペア線14を覆う絶縁膜の膜厚は、コイルLu, Lv, Lwを覆う絶縁膜の膜厚よりも薄いものを用いた。この構成によれば、コイルLu, Lv, Lwよりも絶縁膜の膜厚が薄いツイストペア線14で放電が発生しやすくなる。ツイストペア線14で発生する放電量を定量化することによって(図9を参照)、コイルLu, Lv, Lw内を拡散することによる影響を少なく抑えることができる。したがって、従来よりも放電量をより正確に測定でき、精度を向上できる。

【0043】

請求項3に対応し、ツイストペア線14はコイルLuとモータ20のケース(接地)との間に接続する構成とした(図8に示す記号の接続を参照)。この構成によれば、コイルLuとモータ20のケースとの間に発生する放電について、ツイストペア線14を通じて検出できる。したがって、従来よりも放電量をより正確に測定でき、精度を向上できる。なお、コイルLv, Lwとモータ20のケースとの間に接続する構成とした場合も同様の作用効果を得ることができる。

【0044】

請求項4に対応し、ツイストペア線14はコイルLu, Lv, Lwの相互間に接続する構成とした(図8に示す記号, , の各接続を参照)。この構成によれば、コイルLu, Lv, Lwの相互間に発生する放電について、ツイストペア線14を通じて検出できる。したがって、従来よりも放電量をより正確に測定でき、精度を向上できる。

【0045】

請求項5に対応し、ツイストペア線14は直接接触するコイルLvの相互間に接続する構成とした(図8に示す記号の接続を参照)。この構成によれば、直接接触するコイルLvの相互間に発生する放電について、ツイストペア線14を通じて検出できる。したがって、従来よりも放電量をより正確に測定でき、精度を向上できる。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 6 】

請求項6に対応し、測定部17は、第1電流波形W1をハイパスフィルタ13に通した後に基づくFFT波形Wfの波高値Pと、第2電流波形W2に基づく面積S2（放電量）との相関をとることによって校正線Pbを作成する構成とした（図9を参照）。この構成によれば、第1電流波形W1のハイパスフィルタ後に基づくFFT波形Wfの波高値Pや、第2電流波形W2に基づく面積S2は求めやすいので、相関関係がとりやすい。したがって、的確な校正線Pbを作成できるので、従来よりも放電量を正確に測定でき、精度を向上できる。

【 0 0 4 7 】

請求項7に対応し、測定部17は、周波数が100MHz以上の高周波成分に基づいて放電量を求める構成とした（図5，図7，図9を参照）。この構成によれば、放電が100MHzから500MHzまでの周波数範囲内で発生しやすいことに由来するので、的確な校正線Pbを作成できる。したがって、従来よりも放電量を正確に測定でき、精度を向上できる。

10

【 0 0 4 8 】

請求項8に対応し、少なくとも一端側をコイルLu，Lv，Lwに接続したツイストペア線14に流れる第2電流I2を電流センサ15で検出する検出工程（ステップS11）と、第1電流波形W1のハイパスフィルタ後に基づく波高値Pまたは面積S1と、電流センサ15によって検出された第2電流波形W2に基づく放電量との相関をとることによって校正線Pbを作成する校正線作成工程（ステップS12，S14）と、作成した校正線Pbに基づいて放電量を求める測定工程（ステップS15，S16）とを備える構成とした（図7を参照）。この構成によれば、校正線作成工程において第1電流波形W1と第2電流波形W2とに基づいて校正線Pbを作成し、測定工程において校正線Pbに基づいて実際の放電量が定量的に求められる。校正線Pbは拡散後の電流波形（第1電流波形W1）と発生する放電量（第2電流波形W2）との相関関係を示すので、従来よりも放電量を正確に測定することができる。

20

【 0 0 4 9 】

〔他の実施の形態〕

以上では本発明を実施するための形態について説明したが、本発明は当該形態に何ら限定されるものではない。言い換えれば、本発明の要旨を逸脱しない範囲内において、種々なる形態で実施することもできる。例えば、次に示す各形態を実現してもよい。

30

【 0 0 5 0 】

上述した実施の形態では、「回転電機」としてパルス電圧を印加可能なモータ20（電動機）を適用した（図1を参照）。この形態に代えて、モータ以外の他の回転電機を適用してもよい。他の回転電機としては、例えば発電機や、車両用交流発電機、エンジン始動と発電との双方が行える車両用発電電動機等が該当する。また、モータ20の三相に限らず、二相や四相以上の他相モータにも適用可能である。いずれにせよ、上述した実施の形態と同様の作用効果を得ることができる。

【 0 0 5 1 】

上述した実施の形態では、「コイル」としてモータ20に組み込まれたコイルLu，Lv，Lwを適用した（図1を参照）。この形態に代えて、パルス電圧を印加して作動する機器等を適用してもよい。当該機器等としては、例えば昇圧用トランス，回路用コイル等が該当する。これらのコイルで発生する放電についても定量化できるので、上述した実施の形態と同様の作用効果を得ることができる。

40

【 0 0 5 2 】

上述した実施の形態では、「校正用線材」としてツイストペア線14を適用した（図1を参照）。この形態に代えて、回転電機に組み込まれたコイルよりも放電が発生しやすい他の校正用線材を適用してもよい。他の校正用線材としては、例えば接触させた二本の平角線等が該当する。他の校正用線材でも放電が発生しやすく、コイル内を拡散することによる影響を少なく抑えることができるので、上述した実施の形態と同様の作用効果を得る

50

ことができる。

【0053】

上述した実施の形態では、測定部17を電流波形解析器17aとコンピュータ17bとで構成した(図1を参照)。この形態に代えて、コンピュータ17bに相当する機能を備えた電流波形解析器や、ソフトウェア等で電流波形解析が行えるコンピュータ等を用いてもよい。すなわち、第1電流波形W1と電流センサ15によって検出された第2電流波形W2とに基づいて校正線Pbを作成し、作成した校正線Pbに基づいて放電量を求める構成であれば構成を問わない。この場合でも校正線Pbを作成でき、放電量を定量的に求めることができるので、上述した実施の形態と同様の作用効果を得ることができる。

【0054】

上述した実施の形態では、電流センサ12, 15として高周波変流器を用いた。この形態に代えて、電流を検出可能な他の電流センサを用いてもよい。他の電流センサとしては、例えば、磁気比例型センサ、電磁誘導型センサ、ファラデー効果型センサなどが該当する。電磁誘導型センサは、電流母線の周囲に環状のコアやコイルを配置し、相電流の通電で生じる誘導起電力により検出する。ファラデー効果型センサは、磁界方向に沿って配置された光ファイバに対して直線偏光が入射したとき、偏波の方位が磁界の強度に比例して回転する回転角を計測することで磁界強度(すなわち電流)を検出する。いずれの電流センサにせよ、第1電流I1や第2電流I2を検出するので、上述した実施の形態と同様の作用効果を得ることができる。

【符号の説明】

【0055】

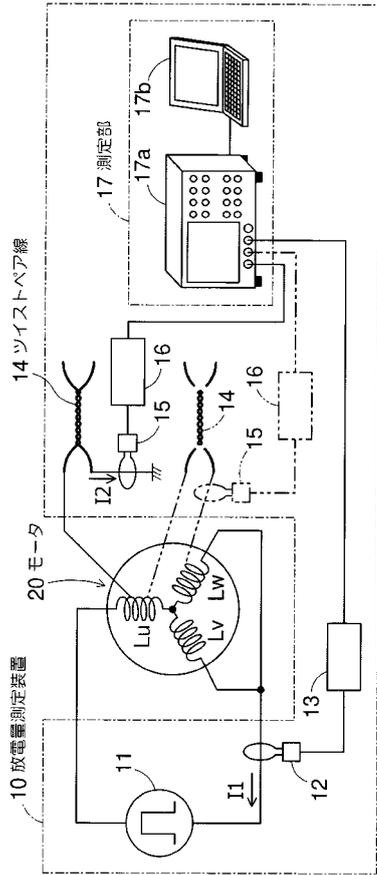
- 10 放電量測定装置
- 11 パルス電源(電源)
- 12 電流センサ(第1電流センサ)
- 13, 16 ハイパスフィルタ
- 14 ツイストペア線(校正用線材)
- 15 電流センサ(第2電流センサ)
- 17 測定部
- 17a 電流波形解析器
- 17b コンピュータ
- 20 モータ(回転電機)
- Lu, Lv, Lw コイル
- Pb 校正線
- W1 第1電流波形
- W2 第2電流波形

10

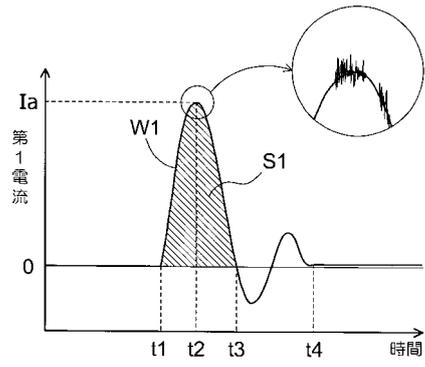
20

30

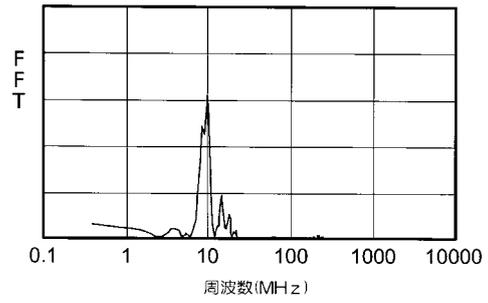
【図1】



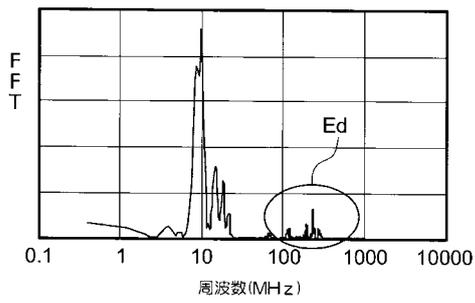
【図2】



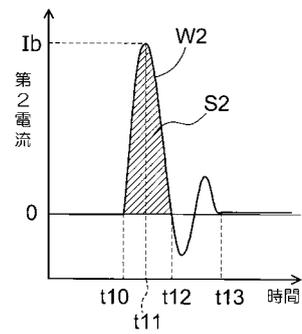
【図3】



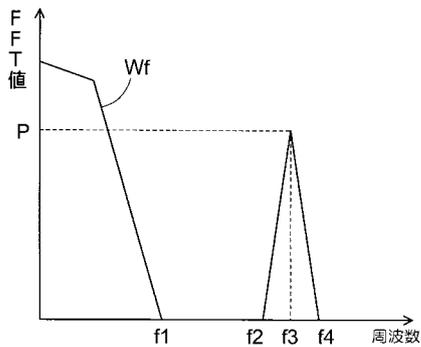
【図4】



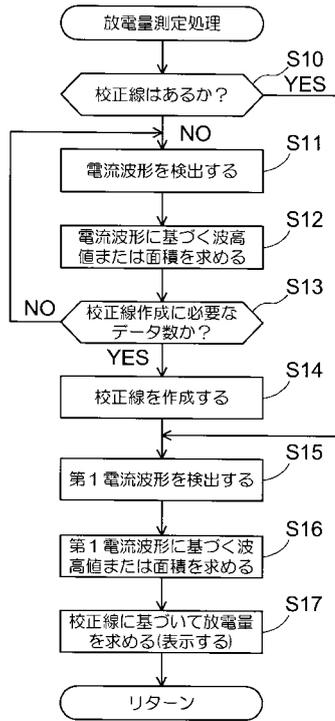
【図6】



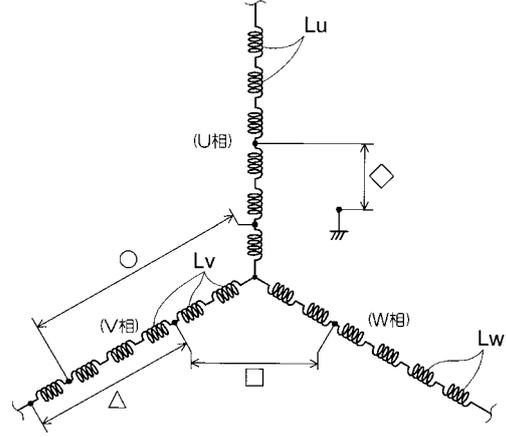
【図5】



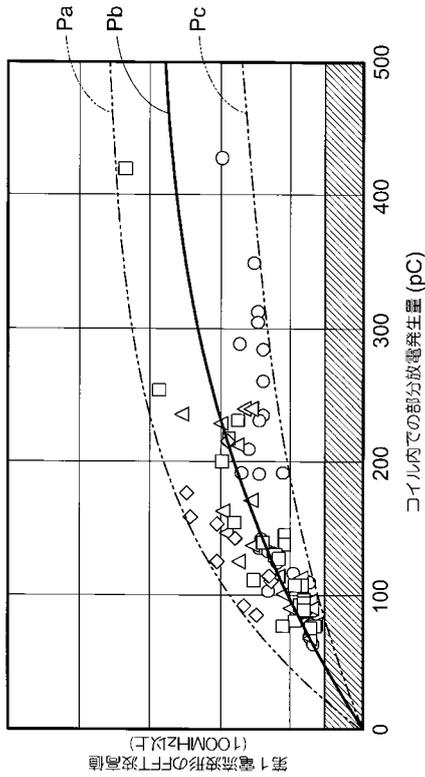
【図7】



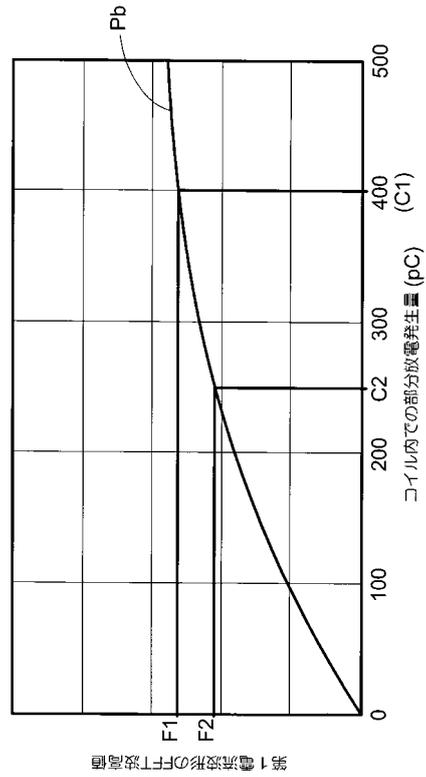
【図8】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

(72)発明者 香田 請司
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内

審査官 菅藤 政明

(56)参考文献 特開平01-191072(JP,A)
特開2006-038471(JP,A)
特開平07-063831(JP,A)
特開平04-080777(JP,A)
特開平10-104325(JP,A)
特開2005-274440(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01R 31/34
G01R 31/12