(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2020-4603
(P2020-4603A)
(43)公開日　令和2年1月9日(2020.1.9)

(51)Int.Cl.		F I			テーマコード（参考）
H01H 9/54	***(2006.01)***	H01H	9/54	C	2G036
H01H 33/00	***(2006.01)***	H01H	33/00	A	5G027
H01H 33/66	***(2006.01)***	H01H	33/66	X	5G034
G01R 31/00	*(2006.01)*	G01R	31/00		

審査請求 未請求　請求項の数 7　ＯＬ　（全 14 頁）

(21)出願番号　特願2018-122788 (P2018-122788)
(22)出願日　平成30年6月28日 (2018.6.28)

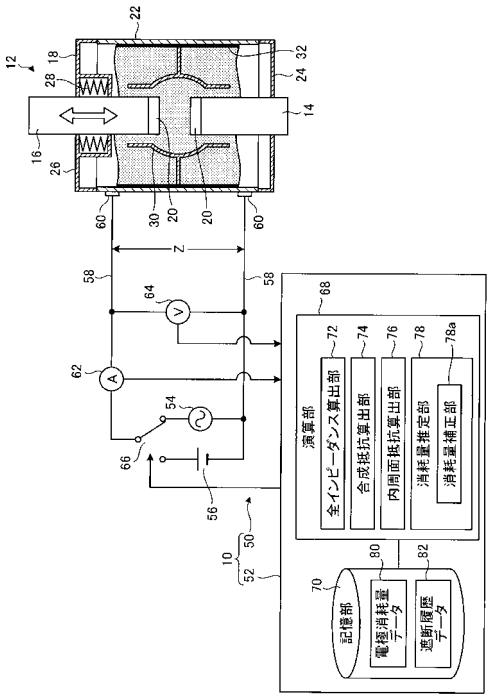
(71)出願人　000005234
富士電機株式会社
神奈川県川崎市川崎区田辺新田１番１号
(71)出願人　508296738
富士電機機器制御株式会社
東京都中央区日本橋大伝馬町５番７号
(74)代理人　110002147
特許業務法人酒井国際特許事務所
(72)発明者　池田　洵
神奈川県川崎市川崎区田辺新田１番１号
富士電機株式会社内
(72)発明者　高野　哲美
神奈川県川崎市川崎区田辺新田１番１号
富士電機株式会社内

Ｆターム(参考)　2G036 AA03　AA24　BA04

最終頁に続く

(54)【発明の名称】電極消耗量推定方法および電極消耗量推定装置

(57)【要約】
【課題】遮断器を系統から切り離すことなく適用可能である電極消耗量推定方法および電極消耗量推定装置を提供する。
【解決手段】電極消耗量推定装置１０は、交流電源５４と、電線５８を介して真空遮断器１２における絶縁筒２２の２箇所に接続するプローブ６０と、電線５８を流れる電流を計測する電流計６２と、計測された電流に基づいて電極２０の消耗量を推定する処理部５２とを有する。全インピーダンス算出部７２は、計測された電流からプローブ６０間の全インピーダンスＺを求める。内周面抵抗算出部７６は、求められた全インピーダンスＺと既知であるプローブ６０間の基準抵抗Ｒ０とに基づいて、絶縁筒２２の内周面に付着している付着金属３２による内周面抵抗Ｒｘを求める。消耗量推定部７８は、内周面抵抗Ｒｘと電極２０の消耗量との関係を示す電極消耗量データ８０を参照し、電極２０の消耗量を推定する。
【選択図】図１



【特許請求の範囲】
【請求項１】
一対の電極および前記一対の電極を囲う絶縁ハウジングを備える遮断器に対して適用され、前記一対の電極の消耗量を推定する電極消耗量推定方法であって、
前記遮断器の２箇所にプローブを接続するプローブ工程と、
前記プローブに交流を印加し、２つの前記プローブ間を流れる交流電流を計測する交流計測工程と、
計測された前記交流電流に基づいて前記電極の消耗量を推定する推定工程と、
を有することを特徴とする電極消耗量推定方法。
【請求項２】
請求項１に記載の電極消耗量推定方法において、
前記推定工程は、
計測された前記交流電流から２つの前記プローブ間の全インピーダンスを求める全インピーダンス算出工程と、
求められた前記全インピーダンスと既知である２つの前記プローブ間の基準抵抗とに基づいて、前記絶縁ハウジングの内周面に付着している金属による内周面抵抗を求める内周面抵抗算出工程と、
求められた前記内周面抵抗と前記一対の電極の消耗量との関係を示す電極消耗量データを参照し、前記一対の電極の消耗量を推定するデータ参照工程と、
を有することを特徴とする電極消耗量推定方法。
【請求項３】
請求項２に記載の電極消耗量推定方法において、
前記プローブに直流を印加し、２つの前記プローブ間を流れる直流電流を計測する直流計測工程と、
前記計測された直流電流から２つの前記プローブ間の直流に対する実抵抗を求める実抵抗算出工程と、
をさらに有し、
前記内周面抵抗算出工程は、前記基準抵抗に代えて前記実抵抗に基づいて前記内周面抵抗を求めることを特徴とする電極消耗量推定方法。
【請求項４】
請求項１に記載の電極消耗量推定方法において、
前記推定工程は、求められた前記交流電流と前記一対の電極の消耗量との関係を示す電極消耗量データを参照し、前記一対の電極の消耗量を推定することを特徴とする電極消耗量推定方法。
【請求項５】
請求項１～４のいずれか１項に記載の電極消耗量推定方法において、
２つの前記プローブは前記絶縁ハウジングの外周面に接続することを特徴とする電極消耗量推定方法。
【請求項６】
請求項１～５のいずれか１項に記載の電極消耗量推定方法において、
前記推定工程は、前記遮断器における電流遮断の回数および遮断種類の少なくとも一方に基づいて、推定された前記一対の電極の消耗量を補正することを特徴とする電極消耗量推定方法。
【請求項７】
一対の電極および前記一対の電極を囲う絶縁ハウジングを備える遮断器に対して適用され、前記一対の電極の消耗量を推定する電極消耗量推定装置であって、
交流電源と、
前記交流電源の交流を前記遮断器の２箇所に印加するプローブと、
２つの前記プローブ間を流れる交流電流を計測する電流計と、
計測された前記交流電流に基づいて前記電極の消耗量を推定する消耗量推定部と、

を有することを特徴とする電極消耗量推定装置。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、一対の電極およびこれらの一対の電極を囲う絶縁ハウジングを備える遮断器に対して適用され、一対の電極の消耗量を推定する電極消耗量推定方法および電極消耗量推定装置に関する。
【背景技術】
【０００２】
一般的に遮断器は固定子と可動子とを備え、これらの固定子および可動子にはそれぞれ電極が設けられている。遮断器は電極間に発生するアークを消弧する手段によりいくつかの種類に分類される。例えば、真空遮断器は真空容器に電極を収めた構造であり、真空の絶縁耐力と消弧能力とを利用して電流の遮断を行う。
【０００３】
遮断器では開極時に一時的にアークが発生し、電極が溶融・蒸発して消耗する。開極によるアーク発生が繰り返されると、やがて電極表面の消耗が進行し、電極間の遮断・絶縁性能が低下してくるので寿命となる。このため、電極の消耗量を測定するためのいくつかの手段が提案されている。
【０００４】
特許文献１に記載の遮断器では、内部機構を操作することによって電極の開閉機構に含まれるワイプばねの伸びを目盛で読み取り、電極の消耗量を測定している。
【０００５】
特許文献２に記載の遮断器では、電極の消耗によって長さの変わる隙間を設けて、この隙間の大きさによって電極の消耗量が測定される。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００６】
【特許文献１】特開昭５１－６６４８３号公報
【特許文献２】特開平７－１６９３７３号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００７】
特許文献１および特許文献２に記載の遮断器では、電極の消耗量を測定するための専用機構が予め遮断器に設けられている必要がある。この専用機構のためにコストアップになり、しかも既存の他の遮断器には適用することができない。また、基本的には遮断器を系統から切り離さなければ測定ができない。
【０００８】
本発明は、上記の課題に鑑みてなされたものであって、遮断器を系統から切り離すことなく適用可能であって、しかも既存の遮断器に対して改変の必要がなくそのまま適用することのできる電極消耗量推定方法および電極消耗量推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】
【０００９】
上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明にかかる電極消耗量推定方法は、一対の電極および前記一対の電極を囲う絶縁ハウジングを備える遮断器に対して適用され、前記一対の電極の消耗量を推定する電極消耗量推定方法であって、前記遮断器の２箇所にプローブを接続するプローブ工程と、前記プローブに交流を印加し、２つの前記プローブ間を流れる交流電流を計測する交流計測工程と、計測された前記交流電流に基づいて前記電極の消耗量を推定する推定工程と、を有することを特徴とする。
【００１０】

前記推定工程は、計測された前記交流電流から２つの前記プローブ間の全インピーダンスを求める全インピーダンス算出工程と、求められた前記全インピーダンスと既知である２つの前記プローブ間の基準抵抗とに基づいて、前記絶縁ハウジングの内周面に付着している金属による内周面抵抗を求める内周面抵抗算出工程と、求められた前記内周面抵抗と前記一対の電極の消耗量との関係を示す電極消耗量データを参照し、前記一対の電極の消耗量を推定するデータ参照工程と、を有してもよい。

【００１１】

前記プローブに直流を印加し、２つの前記プローブ間を流れる直流電流を計測する直流計測工程と、前記計測された直流電流から２つの前記プローブ間の直流に対する実抵抗を求める実抵抗算出工程と、をさらに有し、前記内周面抵抗算出工程は、前記基準抵抗に代えて前記実抵抗に基づいて前記内周面抵抗を求めてもよい。

【００１２】

前記推定工程は、求められた前記交流電流と前記一対の電極の消耗量との関係を示す電極消耗量データを参照し、前記一対の電極の消耗量を推定してもよい。

【００１３】

２つの前記プローブは前記絶縁ハウジングの外周面に接続してもよい。

【００１４】

前記推定工程は、前記遮断器における電流遮断の回数および遮断種類の少なくとも一方に基づいて、推定された前記一対の電極の消耗量を補正してもよい。

【００１５】

また、本発明にかかる電極消耗量推定装置は、一対の電極および前記一対の電極を囲う絶縁ハウジングを備える遮断器に対して適用され、前記一対の電極の消耗量を推定する電極消耗量推定装置であって、交流電源と、前記交流電源の交流を前記遮断器の２箇所に印加するプローブと、２つの前記プローブ間を流れる交流電流を計測する電流計と、計測された前記交流電流に基づいて前記電極の消耗量を推定する消耗量推定部と、を有することを特徴とする。

【発明の効果】

【００１６】

本発明にかかる電極消耗量推定方法および電極消耗量推定装置では、遮断器の２箇所にプローブを接続し、この間を流れる交流電流を計測し、計測された交流電流に基づいて電極の消耗量を推定する。これにより、遮断器を系統から切り離すことなく適用可能であって、しかも既存の遮断器に対して改変の必要がなくそのまま適用することができる。

【図面の簡単な説明】

【００１７】

【図１】図１は、実施の形態にかかる電極消耗量推定装置のブロック図である。

【図２】図２は、計測部および真空遮断器の等価回路図である。

【図３】図３は、内周面抵抗に対する全インピーダンスおよび電流の関係を示すグラフである。

【図４】図４は、実施の形態にかかる電極消耗量推定方法のフローチャートである。

【図５】図５は、第１の変形例にかかる電極消耗量推定装置のブロック図である。

【図６】図６は、第１の変形例にかかる電極消耗量推定方法のフローチャートである。

【図７】図７は、第２の変形例にかかる電極消耗量推定装置を示す図であり、（ａ）はそのブロック図であり、（ｂ）はその等価回路図である。

【発明を実施するための形態】

【００１８】

以下に、本発明にかかる電極消耗量推定方法および電極消耗量推定装置の実施形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、この実施形態によりこの発明が限定されるものではない。

【００１９】

図１に示すように、実施形態にかかる電極消耗量推定装置１０（および後述する電極消

耗量推定装置１０ａ，１０ｂ）は真空遮断器１２に適用される。まず真空遮断器１２について説明する。なお、図１で真空遮断器１２として図示されているのは全体のうちの一部であり真空バルブに相当する部分である。

【００２０】

真空遮断器１２は、同軸配置の固定子１４および可動子１６と、ハウジング１８とを有する。固定子１４および可動子１６における対向する端部にはそれぞれ電極２０が設けられている。固定子１４はハウジング１８に対して固定されている。白抜き矢印のように、可動子１６は図示しない操作部により進退可能になっている。可動子１６の進退にともなって一対の電極２０は互いに接触または離間する。一対の電極２０が接触することにより閉極状態となり、離間することにより開極状態となる。閉極状態から開極状態になるとき、一対の電極２０間には一時的にアークが発生する。

【００２１】

ハウジング１８は、絶縁筒（絶縁ハウジング）２２と、蓋体２４および２６と、ベローズ２８と、シールド３０とを有する。ハウジング１８は一対の電極２０を囲っており、内部が真空状態に維持されている。絶縁筒２２は絶縁体（例えば、セラミック）の筒体であり、ハウジング１８の側面を形成している。蓋体２４はハウジング１８の一端を覆うように設けられ、固定子１４が固定されている。蓋体２６はハウジング１８の他端を覆うように設けられ、可動子１６を進退可能に支持している。ベローズ２８は蓋体２６と可動子１６との間に設けられ、ハウジング１８内を気密状態にしている。シールド３０は、一対の電極２０の周囲を覆うように設けられている。

【００２２】

真空遮断器１２では、ハウジング１８の内部が真空状態となっており、真空の絶縁耐力と消弧能力とにより一対の電極２０間に発生するアークを消弧することができるが、一時的にはアークが発生する。電極２０の材質は例えば銅、銀、タングステンまたはこれらの合金や粉末冶金であり、アークの発生に伴って溶融・蒸発し得る。電極２０の表面から溶融・蒸発した金属は、絶縁筒２２およびその他の部分に付着して付着金属３２となる。図１、図５、図７（ａ）では付着金属３２を模式的にドット地で示している。なお、この真空遮断器１２は従来からある一般的構成のものであり、以下に述べる電極消耗量推定方法および電極消耗量推定装置１０，１０ａ，１０ｂを適用するための特別な機構はなく、そのまま適用可能である。

【００２３】

次に、電極消耗量推定装置１０について説明する。電極消耗量推定装置１０は、真空遮断器１２に接続されていくつかの計測を行う計測部５０と、計測部５０を制御するとともにその計測結果に基づいて処理を行う処理部５２とを有する。

【００２４】

計測部５０は、交流電源５４と、直流電源５６と、これらの交流電源５４および直流電源５６に接続される２本の電線５８と、電線５８を介して真空遮断器１２の２箇所に接続されるプローブ６０と、電流計６２と、電圧計６４とを有する。交流電源５４は高周波交流を出力することができる。交流電源５４の周波数は可変であってもよい。

【００２５】

２つのプローブ６０は真空遮断器１２における絶縁筒２２の適度に離れた規定の２か所に接続される。これらの規定箇所は、例えば絶縁筒２２における軸方向に規定距離だけ離れた部分で環状にマーキングされている。プローブ６０は例えば導電性ゴムで形成されている。電流計６２は、電線５８を介して２つのプローブ６０間を流れる電流を計測して計測値を処理部５２に供給する。電圧計６４は２つのプローブ６０間に印加されている電圧を計測して計測値を処理部５２に供給する。電流計６２および電圧計６４は交流と直流のいずれにも適用可能なものとする。交流電源５４と直流電源５６は、いずれか一方が切替器６６を介して電線５８に対して電圧を印加できるようになっている。切替器６６は処理部５２によって操作される。

【００２６】

演算部６８は、全インピーダンス算出部７２と、合成抵抗算出部７４と、内周面抵抗算出部７６と、消耗量推定部７８とを有する。全インピーダンス算出部７２は計測部５０から供給される交流電流値および交流電圧値に基づいて２つのプローブ６０間の全インピーダンスＺを算出する。

【００２７】

合成抵抗算出部７４は、２つのプローブ６０間における絶縁筒２２の合成抵抗（実抵抗）Ｒ０ｙを求め、さらに参考値として外周面抵抗Ｒｙを求める。外周面抵抗Ｒｙは、計測部５０から供給される直流電流値および直流電圧値と、全インピーダンスＺと、２つのプローブ６０間の基準抵抗Ｒ０とに基づいて求められる。外周面抵抗Ｒｙは本来は実質的に無限大であるが、絶縁筒２２の外周面の汚れによってわずかに導電性が生じて有限値を示す場合がある。基準抵抗Ｒ０は絶縁筒２２に汚れや金属付着がない状態における２つのプローブ６０間の抵抗であって、予め計測または計算されて演算部６８に記憶された既知値である。合成抵抗Ｒ０ｙは２つのプローブ６０間の直流に対する実抵抗であり、外周面抵抗Ｒｙと基準抵抗Ｒ０との並列接続抵抗にほぼ等しくなる。合成抵抗Ｒ０ｙについてはさらに後述する。

【００２８】

内周面抵抗算出部７６は、全インピーダンスＺと、基準抵抗Ｒ０とに基づいて絶縁筒２２の内周面抵抗Ｒｘを算出する。内周面抵抗Ｒｘは当初は実質的に無限大であるが、アーク発生にともなう付着金属３２によって導電性が生じて有限値を示すものである。

【００２９】

消耗量推定部７８は、内周面抵抗Ｒｘと、記憶部７０に記憶された電極消耗量データ８０とに基づいて電極２０の消耗量を推定する。消耗量推定部７８は消耗量補正部７８ａを備える。消耗量補正部７８ａは、推定された電極２０の消耗量を、記憶部７０に記憶された遮断履歴データ８２に基づいてさらに補正する。

【００３０】

記憶部７０は、上記のとおり電極消耗量データ８０と、遮断履歴データ８２とを記憶する。電極消耗量データ８０は一対の電極２０の消耗量と内周面抵抗Ｒｘとの関係を示すデータである。電極消耗量データ８０は、予め実験や計算によって求められて記憶部７０に記憶されている。電極消耗量データ８０は広義であって、例えばテーブル形式や関係式として表すことができる。

【００３１】

遮断履歴データ８２は、真空遮断器１２が過去に遮断された履歴を示すデータであり、遮断回数および遮断種類（負荷開閉および短絡電流遮断ごとの回数）の情報が記憶されている。遮断履歴データ８２は真空遮断器１２の監視手段によって自動的に記憶され、または人手によって入力される。消耗量補正部７８ａは、遮断履歴データ８２を参照して、電流遮断の回数および遮断種類の少なくとも一方に基づいて、消耗量の推定値を補正する。

【００３２】

演算部６８は、例えば、ＣＰＵ（Ｃｅｎｔｒａｌ　Ｐｒｏｃｅｓｓｉｎｇ　Ｕｎｉｔ）等の処理装置にプログラムを実行させること、すなわち、ソフトウェアにより実現してもよいし、ＩＣ（Ｉｎｔｅｇｒａｔｅｄ　Ｃｉｒｃｕｉｔ）等のハードウェアにより実現してもよいし、ソフトウェア及びハードウェアを併用して実現してもよい。処理部５２は、例えばパーソナルコンピュータとインターフェースとにより実現される。電極消耗量推定装置１０は、必ずしもまとまった１つの装置形態とは限らず、例えばいくつかの部分からなるシステム形態であってもよい。計測部５０と処理部５２との間には通信回線が介在していてもよい。

【００３３】

図２に示すように、電極消耗量推定装置１０が接続された真空遮断器１２は、交流電源５４の周波数が十分に高い場合に等価回路１２ａで表される。等価回路１２ａは、２つのプローブ６０が接続された規定の２か所の間を表す回路である。等価回路１２ａの全インピーダンスＺは、基準抵抗Ｒ０と、内周面抵抗Ｒｘと、外周面抵抗Ｒｙと、等価コンデン

サＣ１およびＣ２とにより表される。等価コンデンサＣ１，Ｃ２は、２つのプローブ６０と付着金属３２との間で生じる静電容量を示す。これらの間には絶縁筒２２が介在するため、概念的にはセラミックコンデンサが設けられていることになり、静電容量が存在する。基準抵抗Ｒ０、内周面抵抗Ｒｘおよび外周面抵抗Ｒｙはすでに説明したとおりである。以下、Ｒ０，Ｒｘ，Ｒｙ，Ｃ１，Ｃ２は要素識別子としての符号だけでなく、等式や不等式で変数・定数としても表記することがある。

【００３４】

等価回路１２ａは、基準抵抗Ｒ０と外周面抵抗Ｒｙとの並列部と、この並列部に対して等価コンデンサＣ１およびＣ２を介して内周面抵抗Ｒｘがさらに並列接続された形で表される。この等価回路１２ａの全インピーダンスＺは、次の（１）式で表される。（１）式のｊωは周波数の複素数表示である。なお、（１）式、（２）式、（３）式では簡略化のために外周面抵抗Ｒｙは省略している。

【００３５】

【数１】

$$Z=\frac{R0\left(Rx+\frac{1}{j\omega}\frac{ClC2}{C1+C2}\right)}{R0+\left(Rx+\frac{1}{j\omega}\frac{ClC2}{C1+C2}\right)}=\frac{R0}{\frac{R0}{Rx+\frac{1}{j\omega}\frac{ClC2}{C1+C2}}+1} \qquad \cdots(1)$$

【００３６】

また、電源の周波数が十分に高く、かつ等価コンデンサＣ１，Ｃ２の容量が内周面抵抗Ｒｘよりも十分に小さければ（Ｒｘ＞＞｜Ｃ１｜、Ｒｘ＞＞｜Ｃ２｜）、（１）式は次の（２）式に書き替えられる。

【００３７】

【数２】

$$Z=\frac{R0}{\frac{R0}{Rx}+1}=\frac{R0Rx}{R0+Rx} \qquad \cdots(2)$$

【００３８】

（２）式からは、内周面抵抗Ｒｘの低下に伴って全インピーダンスＺが低下することが分かる。また、（２）式は次の（３）式に書き替えられる。

【００３９】

【数３】

$$Rx=\frac{ZR0}{R0-Z} \qquad \cdots(3)$$

【００４０】

（３）式によれば、内周面抵抗Ｒｘを全インピーダンスＺと、基準抵抗Ｒ０とから求めることができる。

【００４１】

また、（１）式、（２）式および（３）式では省略したが、外周面抵抗Ｒｙについては基準抵抗Ｒ０と並列接続になっている（図２参照）。そこで、その並列部を合成抵抗Ｒ０ｙとし、（３）式における基準抵抗Ｒ０を合成抵抗Ｒ０ｙで置き換えると内周面抵抗Ｒｘを一層精度よく求めることができる。なぜなら、基準抵抗Ｒ０は一種の想定値であるのに対し、合成抵抗Ｒ０ｙは実際の値として求めることができるためである。

【００４２】

等価回路１２ａに直流電圧を印加すると、等価コンデンサＣ１，Ｃ２および内周面抵抗Ｒｘは無関係となるため、電圧と電流とから合成抵抗Ｒ０ｙを求めることができる。

【００４３】

ところで、内周面抵抗Ｒｘは付着金属３２の量にほぼ反比例すると考えられる。付着金属３２は電極２０が溶融・蒸発して絶縁筒２２の内周に蒸着および堆積したものであるから、付着金属３２と電極２０の消耗量は実質的に等しい。したがって、内周面抵抗Ｒｘと電極２０の消耗量との間には相関関係があり、この相関関係を示す電極消耗量データ８０によれば、内周面抵抗Ｒｘから電極２０の消耗量を推定することができる。

【００４４】

次に、電極消耗量推定装置１０の具体例について述べる。プローブ６０の絶縁筒２２に対する接続片サイズを１ｃｍ×５ｃｍとし、２つのプローブ６０を５ｃｍ離れた規定箇所に貼り付け、絶縁筒２２の厚みは５ｍｍであり、比誘電率ε＝９とする。この場合、等価コンデンサＣ１，Ｃ２はそれぞれ８ｐＦで、基準抵抗Ｒ０は10^{7}ＭΩである。交流電源５４の電圧を１０Ｖ、周波数を３０ＭＨｚとすると、内周面抵抗Ｒｘに対する全インピーダンスＺおよび電流Ｉの関係は図３に示すようになる。電流Ｉは交流である。

【００４５】

図３によれば、内周面抵抗Ｒｘが０．０１ＭΩ以上の範囲では、内周面抵抗Ｒｘに対して全インピーダンスＺおよび電流Ｉは直線状の関係であり、等価コンデンサＣ１，Ｃ２の影響はなく、（２）式および（３）式が成立する。したがって、真空遮断器１２における電極２０の寿命に相当する内周面抵抗Ｒｘが０．０１ＭΩ以上である場合には、交流電源５４の周波数を固定的に３０ＭＨｚとしておけばよい。また、内周面抵抗Ｒｘが０．０１ＭΩ未満の範囲では、等価コンデンサＣ１，Ｃ２の影響を無視しえなくなるが、交流電源５４の周波数をさらに上げることで対応可能である。

【００４６】

次に、このように構成される電極消耗量推定装置１０を用いて、真空遮断器１２の電極２０の消耗量を推定する方法（電極消耗量推定方法）について図４を参照しながら説明する。

【００４７】

図４のステップＳ１（プローブ工程）において、まず、２つのプローブ６０を図示しない絶縁具（例えば絶縁棒）で把持しながら絶縁筒２２の外周における規定の２か所に接続する。

【００４８】

ステップＳ２（交流計測工程）において、交流電源５４から電線５８を介して２つのプローブ６０間に交流を印加する。電流計６２により２つのプローブ６０間を流れる交流電流を計測するとともに、電圧計６４により２つのプローブ６０間の交流電圧を計測する。各計測値は処理部５２に供給される。なお、交流電源５４からの出力電圧が固定的であって、２つのプローブ６０間に印加される交流電圧がほぼ一定で既知である場合には、この電圧値を演算部６８に保持しておき電圧計６４による計測を省略してもよい。次のステップＳ３における直流電圧の計測についても同様である。

【００４９】

ステップＳ３（直流計測工程）において、切替器６６を切り替え、直流電源５６から電線５８を介して２つのプローブ６０間に直流を印加する。電流計６２により２つのプローブ６０間を流れる直流電流を計測するとともに、電圧計６４により２つのプローブ６０間の直流電圧を計測する。各計測値は処理部５２に供給される。なお、絶縁筒２２の外周面の汚れが少ない場合には、ステップＳ３を省略してもよい。

【００５０】

ステップＳ４（全ピーダンス算出工程）において、得られた各計測値に基づいて、全インピーダンス算出部７２は２つのプローブ６０間の全インピーダンスＺを求める。全インピーダンスＺは交流電圧および交流電流からオームの法則によって求められる。

【００５１】

ステップＳ５（実抵抗算出工程）において、得られた各計測値に基づいて、合成抵抗算出部７４が合成抵抗Ｒ０ｙと外周面抵抗Ｒｙとを求める。合成抵抗Ｒ０ｙは直流電圧および直流電流からオームの法則によって求められる。外周面抵抗Ｒｙは合成抵抗Ｒ０ｙおよび基準抵抗Ｒ０から求められる。

【００５２】

ステップＳ６（内周面抵抗算出工程）において、内周面抵抗算出部７６は全インピーダンスＺと基準抵抗Ｒ０とに基づいて、絶縁筒２２の付着金属３２による内周面抵抗Ｒｘを求める。内周面抵抗Ｒｘは、上記の（３）式により求められる。なお、絶縁筒２２の外周面の汚れが無視しえない場合には、（３）式の基準抵抗Ｒ０に代えて合成抵抗Ｒ０ｙを用いてもよい。これにより一層正確な推定が可能となる。

【００５３】

ステップＳ７（データ参照工程）において、消耗量推定部７８は内周面抵抗Ｒｘに基づいて電極消耗量データ８０を参照し、一対の電極２０の消耗量を推定する。ここでいう消耗量の推定とは一意的に値が決定されることであり、人の思考判断によらない。さらに、消耗量補正部７８ａが遮断履歴データ８２を参照し、真空遮断器１２における電流遮断の回数および遮断種類の少なくとも一方に基づいて、一対の電極２０の消耗量の推定値を補正する。

【００５４】

このようにして推定および補正された電極２０の消耗量は、所定の表示器に表示される。表示の形式は定量的な表示に限らず、例えば、数段階のレベル分け表示でもよい。この表示により、検査者は真空遮断器１２における電極２０の消耗量を相当正確に知ることができ、寿命であればその対応をとることができる。

【００５５】

なお、この電極消耗量推定装置１０および電極消耗量推定方法は、真空遮断器１２が活線状態であっても適用可能である。すなわち、真空遮断器１２を系統から切り離すなどの特別な措置を講じることなく、開極および閉極のいずれの状態であっても適用することができ、系統に影響を及ぼすことがない。また、既存の真空遮断器１２に対しても改変の必要がなくそのまま適用することができ、コストや手間がかからない。電極消耗量推定装置１０および電極消耗量推定方法は、真空遮断器１２以外で他の消弧形式の一部の遮断器にも適用することができる。

【００５６】

次に、電極消耗量推定装置１０の２つの変形例である電極消耗量推定装置１０ａおよび１０ｂについて説明する。電極消耗量推定装置１０ａ，１０ｂで電極消耗量推定装置１０と同様の構成要素については同符号を付してその詳細な説明を省略し、さらに上記の処理部５２に相当する部分の図示を省略する。

【００５７】

図５に示すように、第１の変形例にかかる電極消耗量推定装置１０ａにおける計測部５０ａは、上記の計測部５０に相当するものであるが電圧計６４が省略されている。電極消耗量推定装置１０ａでは、２つのプローブ６０間の電圧は計測せずに電流だけを計測する。

【００５８】

上記の電極消耗量推定装置１０における電極消耗量データ８０は一対の電極２０の消耗量と内周面抵抗Ｒｘとの関係を示すデータであったのに対し、電極消耗量推定装置１０ａにおける電極消耗量データ８０は一対の電極２０の消耗量と交流電流との関係を示すデータとなっている。そして、消耗量推定部７８では、電流計６２から得られる交流電流に基づいて電極消耗量データ８０を参照し、電極２０の消耗量を推定する。その後、上記と同様に消耗量補正部７８ａにより補正をする。このように、電極消耗量推定装置１０ａにおいては、全インピーダンスＺおよび内周面抵抗Ｒｘを求める必要がなく、処理が簡便化される。

【００５９】

図６に、電極消耗量推定装置１０ａによる電極消耗量推定方法の手順を示す。ステップＳ１１は上記のステップＳ１と同じ処理である。

【００６０】

ステップＳ１２は、上記のステップＳ２に相当する処理で交流電流を計測するが、交流電圧の計測は不要である。

【００６１】

ステップＳ１３は、上記のステップＳ３に相当する処理で直流電流を計測するが、直流電圧の計測は不要である。

【００６２】

ステップＳ１４は、上記のステップＳ７に相当する処理であるが、この場合、計測された交流電流に基づいて電極消耗量データ８０を参照して、一対の電極２０の消耗量を推定する。

【００６３】

なお、ここで用いる交流電流はステップＳ１２で計測されたものだが、該交流電流は基準抵抗Ｒ０、内周面抵抗Ｒｘおよび外周面抵抗Ｒｙを流れる。外周面抵抗Ｒｙの影響が無視できない場合には、ステップＳ１３で計測された直流電流に基づいて外周面抵抗Ｒｙを求め、該外周面抵抗Ｒｙを流れる電流を求めてステップＳ１２で計測された電流から差し引く。これにより基準抵抗Ｒ０と内周面抵抗Ｒｘとを流れる交流電流が求められ、この交流電流に基づいて電極消耗量データ８０を参照するとよい。

【００６４】

図７（ａ）に示すように、第２の変形例にかかる電極消耗量推定装置１０ｂにおける計測部５０ｂは、上記の計測部５０ｂと回路上は同一であるが、２つのプローブ６０のうちの１つが絶縁筒２２ではなく、可動子１６に接続される。もう一方のプローブ６０は絶縁筒２２における蓋体２４にやや近い箇所に接続される。電極消耗量推定装置１０ｂの等価回路１２ｂは図７（ｂ）のように示される。すなわち、プローブ６０の一方は可動子１６を介して内周面抵抗Ｒｘと接続されることになり、この部分に等価コンデンサＣ１は介在しない。もう一方のプローブ６０は、等価回路１２ａと同様に等価コンデンサＣ２を介して内周面抵抗Ｒｘと接続される。このような電極消耗量推定装置１０ｂでは、電極消耗量データ８０を等価回路１２ｂに対応させておくことで、図４に示したのと同様の手順で電極２０の消耗量を推定することができる。

【００６５】

なお、図４および図６で示した方法は、必ずしも電極消耗量推定装置１０，１０ａ，１０ｂを用いて行う必要はなく、例えば一部または全部を人手によって行ってもよい。電極消耗量データ８０や遮断履歴データ８２は電子的な記録手段にかぎらず、例えば紙媒体の記録でもよい。また、電極２０の消耗量と、その残りの残存量とは表裏の関係であることから、消耗量を推定することと残存量を推定することは実質的に同じである。

【００６６】

本発明は、上記した実施形態に限定されるものではなく、本発明の主旨を逸脱しない範囲で自由に変更できることは勿論である。

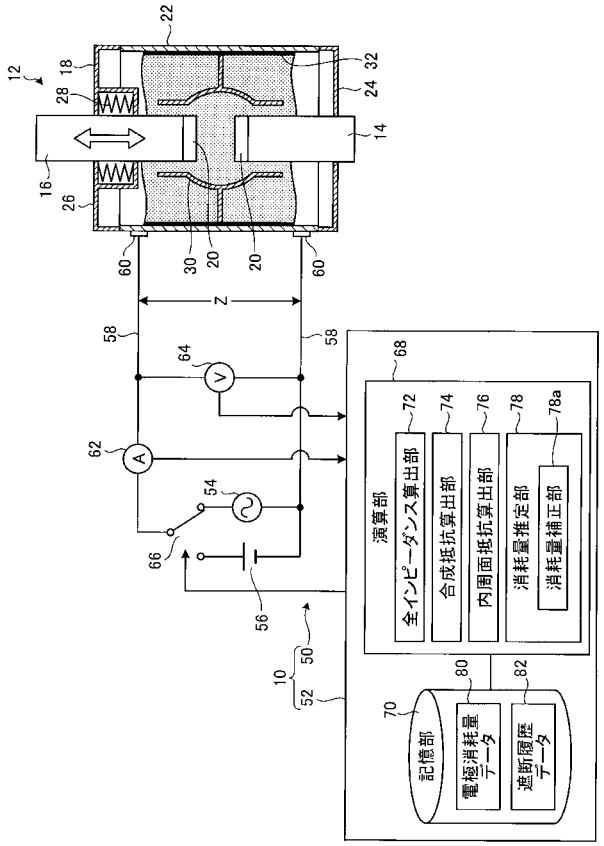
【符号の説明】

【００６７】

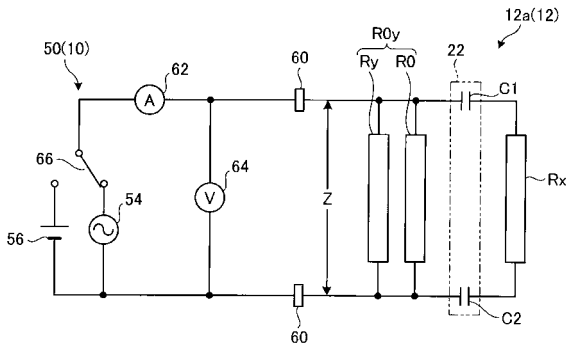
１０，１０ａ，１０ｂ　電極消耗量推定装置
１２　真空遮断器
１２ａ，１２ｂ　等価回路
１４　固定子
１６　可動子
１８　ハウジング
２０　電極
２２　絶縁筒
２４，２６　蓋体

３２　付着金属
５０，５０ａ，５０ｂ　計測部
５２　処理部
５４　交流電源
５６　直流電源
５８　電線
６０　プローブ
６２　電流計
６４　電圧計
６６　切替器
６８　演算部
７０　記憶部
７２　全インピーダンス算出部
７４　合成抵抗算出部
７６　内周面抵抗算出部
７８　消耗量推定部
７８ａ　消耗量補正部
８０　電極消耗量データ
８２　遮断履歴データ
Ｒ０　基準抵抗
Ｒ０ｙ　合成抵抗
Ｒｘ　内周面抵抗
Ｒｙ　外周面抵抗

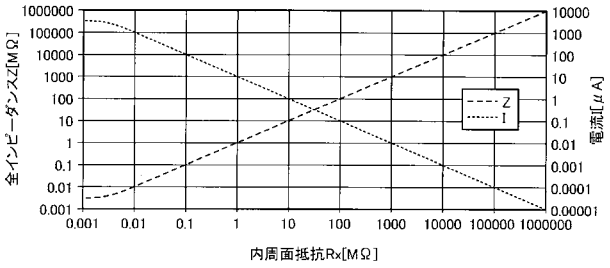
【図１】



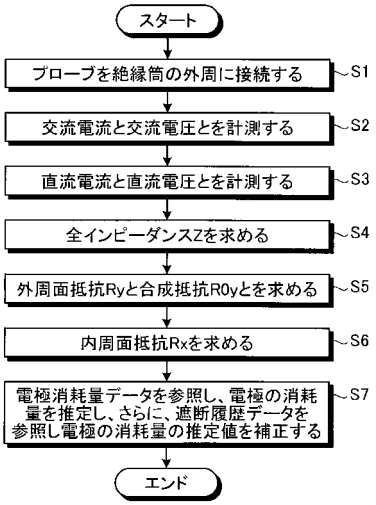
【図２】



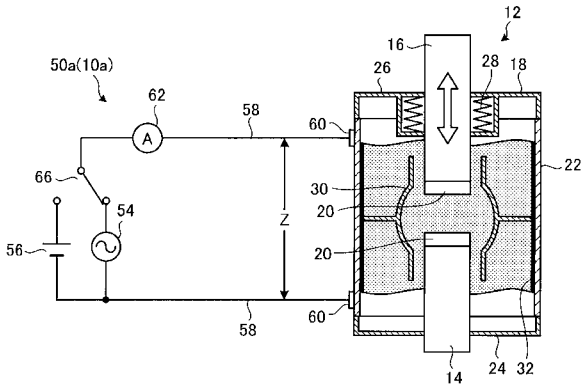
【図３】


全インピーダンスZ[MΩ]
電流[μA]
内周面抵抗Rx[MΩ]
Z
I

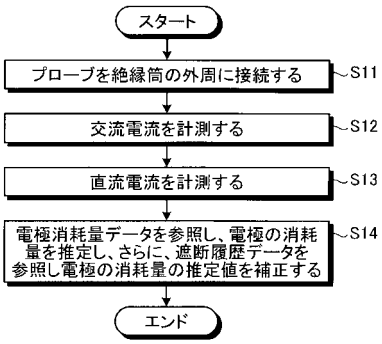
【図４】


スタート
プローブを絶縁筒の外周に接続する
S1
交流電流と交流電圧とを計測する
S2
直流電流と直流電圧とを計測する
S3
全インピーダンスZを求める
S4
外周面抵抗Ryと合成抵抗R0yとを求める
S5
内周面抵抗Rxを求める
S6
電極消耗量データを参照し、電極の消耗量を推定し、さらに、遮断履歴データを参照し電極の消耗量の推定値を補正する
S7
エンド

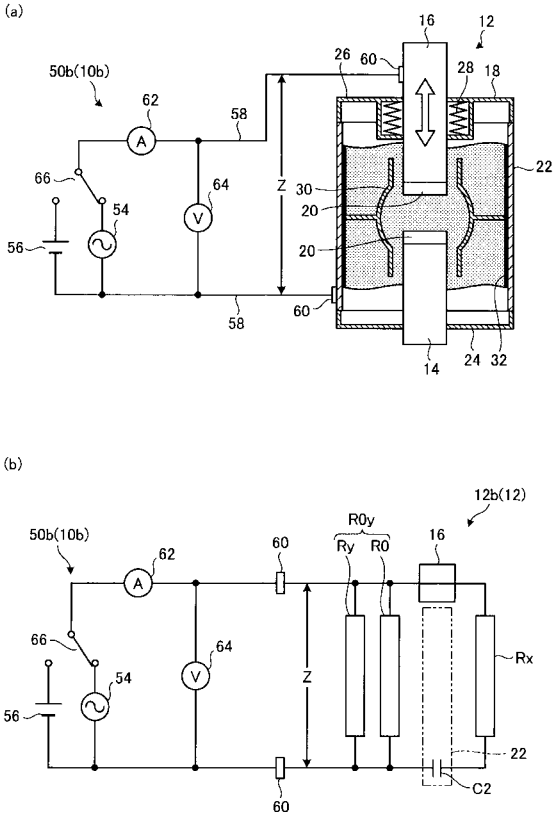
【図５】


12
16
28
18
26
50a(10a)
62
58
60
22
66
30
54
20
Z
56
20
58
60
14
24
32

【図６】


スタート
プローブを絶縁筒の外周に接続する
S11
交流電流を計測する
S12
直流電流を計測する
S13
電極消耗量データを参照し、電極の消耗量を推定し、さらに、遮断履歴データを参照し電極の消耗量の推定値を補正する
S14
エンド

【図７】


(a)
50b(10b)
62
A
58
66
54
56
64
V
Z
26
60
16
12
28
18
22
30
20
20
60
58
14
24
32
(b)
12b(12)
50b(10b)
62
A
60
R0y
Ry
R0
16
66
54
56
64
V
Z
Rx
22
C2
60

フロントページの続き

Ｆターム(参考) 5G027 AA23
5G034 AC08