

(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2016-121922  
(P2016-121922A)

(43) 公開日 平成28年7月7日(2016.7.7)

(51) Int.Cl.  
G01N 27/83 (2006.01)

F I  
G O I N 27/83

テーマコード (参考)  
2 G O 5 3

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2014-261261 (P2014-261261)  
(22) 出願日 平成26年12月24日 (2014.12.24)

(71) 出願人 000000974  
川崎重工業株式会社  
兵庫県神戸市中央区東川崎町3丁目1番1号  
(74) 代理人 110000556  
特許業務法人 有古特許事務所  
(72) 発明者 榎本 雅幸  
兵庫県明石市川崎町1番1号 川崎重工業株式会社 明石工場内  
(72) 発明者 杉正 哲也  
兵庫県明石市川崎町1番1号 川崎重工業株式会社 明石工場内  
Fターム(参考) 2G053 AA11 AB22 BA14 BC15 CA03 DA01

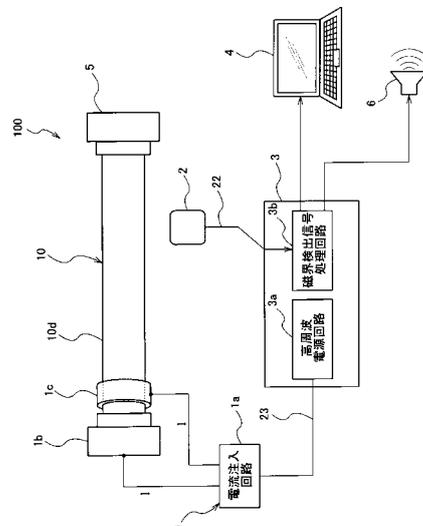
(54) 【発明の名称】 シールドケーブルのシールド劣化検査システム及びその検査方法

(57) 【要約】

【課題】シールドケーブルのシールド劣化の正確且つ簡便な非破壊検査を提供することを目的とする。

【解決手段】シールド劣化検査システム100は、シールドケーブル10の編組シールド(編組線層)10cに電流を流すための電流供給ユニット1と、編組シールド10cを流れる電流により形成された磁界を、絶縁シース10dの外側において検出する走査プローブ(磁界検出)2と、走査プローブ2により検出される磁界に基づいて編組シールド10cの劣化を判定する判定装置(判定器)4と、を備える。

【選択図】図2



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

絶縁被覆された芯線と、前記芯線を被覆するように複数の導電性素線が編組されてなる編組線層と、前記編組線層を被覆する絶縁シースとを有するシールドケーブルのシールドの劣化を検査するシステムであって、

前記編組線層に電流を流すための電流供給ユニットと、

前記編組線層を流れる電流により形成された磁界を、前記絶縁シースの外側において検出する磁界検出器と、

前記磁界検出器により検出される磁界に基づいてシールドの劣化を判定する判定器と、  
を備える、シールド劣化検査システム。

10

**【請求項 2】**

前記磁界検出器は、前記磁界を検出する磁界検出部と、前記シールドケーブルの外周面の曲率に応じた曲率の円柱状又は部分円柱状の凹部を有するガイド部とを備える、請求項 1 に記載のシールド劣化検査システム。

**【請求項 3】**

前記電流供給ユニットは、前記編組線層の一方と前記芯線の一方との間に電圧を加えることにより当該編組線層の一方から他方へ、当該編組線層の他方から前記芯線の他方へ、当該芯線の他方から一方へ電流を流すように構成されている、請求項 1 又は 2 に記載のシールド劣化検査システム。

**【請求項 4】**

20

前記電流供給ユニットは、前記シールドケーブルの一方の端部における前記芯線及び前記編組線層にそれぞれ電氣的に接続される第 1 コネクタ及び第 2 コネクタと、前記第 1 コネクタ及び前記第 2 コネクタを通じて前記交流電流を流す交流電源とを備え、

前記第 2 コネクタは、前記シールドケーブルの前記一方の端部における絶縁シースの外周面に配置される金属箔状の電極であって、当該電極と前記編組線との間の静電容量により当該編組線層に電氣的に接続される、請求項 3 に記載のシールド劣化検査システム。

**【請求項 5】**

前記交流電流が高周波電流であり、

前記シールドケーブルの他方の端部において、前記編組線層の端部と前記芯線の端部とを接続する終端抵抗を更に備える、請求項 3 又は 4 に記載のシールド劣化検査システム。

30

**【請求項 6】**

前記高周波電流の周波数が高い場合、前記終端抵抗の抵抗値は、前記シールドケーブルの特性インピーダンスに合わせた値とし、

前記終端抵抗の抵抗値が特性インピーダンスと異なる場合、前記高周波電流の周波数を低くする、請求項 5 に記載のシールド劣化検査システム。

**【請求項 7】**

前記判定器は、前記磁界検出器により検出される磁界の強度を、予め設定された判定閾値と比較して、シールドが劣化したか否かを判定する、請求項 1 乃至 6 のいずれか一項に記載のシールド劣化検査システム。

**【請求項 8】**

40

前記磁界検出器により検出した磁界の強弱を音声信号に変換して外部に出力する音声出力装置を更に備える、請求項 1 乃至 7 のいずれか一項に記載のシールド劣化検査システム。

**【請求項 9】**

絶縁被覆された芯線と、前記芯線を被覆するように複数の導電性素線が編組されてなる編組線層と、前記編組線層を被覆する絶縁シースとを有するシールドケーブルのシールドの劣化を検査する方法であって、

前記編組線層に電流を流すことと、

前記編組線層を流れる電流により形成された磁界を、前記絶縁シースの外側において検出することと、

50

前記検出される磁界に基づいてシールドの劣化を判定することと、を含む、シールドケーブルのシールド劣化検査方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、シールドケーブルのシールドの劣化を検査する装置及びその検査方法に関する。

【背景技術】

【0002】

一般に、産業用ロボット等の信号線には、EMC対策上、シールドケーブルが使用される。シールドケーブルは、絶縁被覆された芯線と、芯線を被覆するように複数の導電性の素線が編組されてなる編組シールドと、編組シールドを被覆する絶縁シースとを有する構造を有している。

【0003】

編組シールドは、長期に渡るケーブルの屈曲動作により損傷する。例えばシールド層の劣化により、編組シールドを構成する素線が切れ、切れた素線が芯線に接触して地絡等のトラブルを引き起こしてしまう。このため、定期的にシールドケーブルのメンテナンスが必要になる。

【0004】

従来、シールドケーブルのメンテナンスでは、編組シールドの状態はケーブルの外観からは判断できないため、抵抗値変化を測定することにより芯線の劣化を検出する方法とするか、または、ケーブルの使用時間から劣化を推測していた。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかし、上記従来の編組シールドの劣化検査では、編組シールドが部分的に劣化している状況を正確に検査することはできなかった。

【0006】

そこで、本発明は、シールドケーブルのシールド劣化を非破壊で正確に検査することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の一態様に係る、シールド劣化検査システムは、絶縁被覆された芯線と、前記芯線を被覆するように複数の導電性素線が編組されてなる編組線層と、前記編組線層を被覆する絶縁シースとを有するシールドケーブルのシールドの劣化を検査するシステムであって、前記編組線層に電流を流すための電流供給ユニットと、前記編組線層を流れる電流により形成された磁界を、前記絶縁シースの外側において検出する磁界検出器具と、前記磁界検出器具により検出される磁界に基づいてシールドの劣化を判定する判定器と、を備えるものである。

【0008】

上記構成によれば、編組線層に流れる電流により磁界が形成される。一方、編組線層の編み目が均一であると当該磁界は均一であるが、編組線層の劣化により編み目が不均一になると当該磁界が不均一になる。詳しく説明すると、編組線層の編み目が均一であると、電流が編組線層を巨視的に軸方向に流れるので、当該軸方向に流れる電流の全体によって編組線層の周方向に均一な磁界が形成される。しかし、編組線層の編み目が不均一であって、そのために編組線層に局所的に周囲より大きな空隙が存在すると、電流が当該空隙を迂回して流れるので、当該迂回電流によって当該空隙に局所的な磁界が形成される。そこで、磁界検出器具を絶縁シースに沿って走査させて編組線層の電流による磁界を検出し、検出した磁界が所定の程度不均一であるか否かによってシールドが劣化しているか否かを判

10

20

30

40

50

定することができる。これにより、顧客設備のシールドケーブルの劣化を非破壊で正確に検査することができる。

【0009】

前記磁界検出機は、前記磁界を検出する磁界検出部と、前記シールドケーブルの外周面の曲率に応じた曲率の円柱状又は部分円柱状の凹部を有するガイド部とを備えてもよい。

【0010】

上記構成によれば、ガイド部の凹部にシールドケーブルが嵌まるようにして磁界検出機をシールドケーブルの外周面に沿って移動させることにより、シールドケーブル内部の編組線層と磁界検出部との距離を一定に保ちながらシールドケーブルの外周面を走査できるので、編組線層の電流により形成される磁界の不均一性を精度よく検出することができる。

10

【0011】

前記電流供給ユニットは、前記編組線層の一方と前記芯線の一方との間に電圧を加えることにより当該編組線層の一方から他方へ、当該編組線層の他方から前記芯線の他方へ、当該芯線の他方から一方へ電流を流すように構成されていてもよい。

【0012】

上記構成によれば、電流供給ユニットが、編組線層と芯線との間の電圧により編組線層及び芯線の一方から他方に電流を流す。芯線と編組線層とは同軸状であり、且つ、編組線層に流れる電流と芯線に流れる電流とは、巨視的に、互いに同じ大きさで且つ逆方向に流れるので、各々によりシールドケーブルの外部に形成される磁界は巨視的に相殺される。従って、電流を編組線層に供給しても、編組線層の編み目が均一である場合にはシールドケーブルの外部にほぼ磁界が存在しない状態になるので、編組線層の電流により形成される磁界の不均一性をより精度よく検出することができる。

20

【0013】

前記電流供給ユニットは、前記シールドケーブルの一方の端部における前記芯線及び前記編組線層にそれぞれ電氣的に接続される第1コネクタ及び第2コネクタと、前記第1コネクタ及び前記第2コネクタを通じて前記電流を流す交流電源とを備え、前記第2コネクタは、前記シールドケーブルの前記一方の端部における絶縁シースの外周面に配置される金属箔状の電極であって、当該電極と前記編組線層との間の静電容量により当該編組線層に電氣的に接続されてもよい。

30

【0014】

上記構成によれば、シールドケーブルの編組線層に簡易な構成で交流電流を供給することができる。

【0015】

前記シールド劣化検査システムにおいて、前記交流電流が高周波電流であり、前記シールドケーブルの他方の端部において、前記編組線層の端部と前記芯線の端部とを接続する終端抵抗を更に備えてもよい。

【0016】

上記構成によれば、編組線層と芯線とにより伝送される高周波がシールドケーブルの前記他方の端部で反射されることが抑制されるので、シールドケーブルの長さ方向に一様な高周波電流を流すことができる。

40

【0017】

前記シールド劣化検査システムにおいて、高周波電流の周波数は、ケーブルの高周波減衰特性に応じたものとするのがよい。高周波電流の周波数が高い場合、終端抵抗の抵抗値は、前記シールドケーブルの特性インピーダンスに合わせた値とし、終端抵抗の抵抗値が特性インピーダンスと異なる場合、高周波電流の周波数を低くするのがよい。

【0018】

上記構成によれば、ケーブルの特性に応じた適切な交流電流をシールドに注入することができる。例えば高周波信号伝送用ではないケーブルで、特性インピーダンス20Ωの場合、交流信号の周波数は4MHz、終端抵抗値は特性インピーダンスと同じ20Ωである

50

。

## 【0019】

前記判定器は、前記磁界検出器により検出される磁界の強度を、予め設定された判定閾値と比較して、シールドが劣化したか否かを判定してもよい。

## 【0020】

上記構成によれば、好適にシールド劣化を判定できる。

## 【0021】

前記シールド劣化検査システムにおいて、前記磁界検出器により検出した磁界の強弱を音声信号に変換して外部に出力する音声出力装置を更に備えてもよい。

## 【0022】

上記構成によれば、磁界変化が音声信号として出力されるので、シールド劣化を探傷し易くなる。また、劣化判定時に劣化を通知するための音声信号を出力してもよい。作業者は劣化判定を瞬時に知ることができる。

10

## 【0023】

本発明のその他の態様に係る、シールド劣化検査方法は、絶縁被覆された芯線と、前記芯線を被覆するように複数の導電性素線が編組されてなる編組線層と、前記編組線層を被覆する絶縁シースとを有するシールドケーブルのシールドの劣化を検査する方法であって、前記編組線層に電流を流すことと、前記編組線層を流れる電流により形成された磁界を、前記絶縁シースの外側において検出することと、前記検出される磁界に基づいてシールドの劣化を判定することと、を含むものである。

20

## 【発明の効果】

## 【0024】

本発明によれば、シールドケーブルのシールド劣化を非破壊で正確に検査することができる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0025】

【図1】本発明の検査対象であるシールドケーブルの一例を示す断面図である。

【図2】実施形態に係るシールド劣化検査システムの概略的な構成を示す模式図である。

【図3】図1の走査プローブの構成を示す図である。

【図4】図1の本体装置の信号処理回路の構成を示すブロック図である。

30

【図5】図2のシールドケーブルに高周波電流を注入したときの等価回路である。

【図6】図1のシールドケーブルのシールドの劣化により形成される磁界を示した模式図である。

【図7】図1のシステムを検証実験の測定結果を示す表である。

【図8】シールド劣化検査の手順を示すフローチャートである。

【図9】シールドケーブルの適用例を示した図である。

## 【発明を実施するための形態】

## 【0026】

以下、本発明に係る実施形態について図面を参照しつつ説明する。以下では、全ての図面を通じて同一又は相当する要素には同じ符号を付して、重複する説明は省略する。

40

## 【0027】

(実施形態)

図1(a)は本発明の検査対象であるシールドケーブルの一例を示す断面図である。図1(a)に示すように、シールドケーブル10は、絶縁層10bにより被覆された芯線10aと、芯線10aを被覆する編組シールド(編組線層)10cと、編組シールド10cを被覆する絶縁シース10dとを有する。ここではシールドケーブル10は、4本の芯線10aを有するが、芯線10aの本数は任意である。また、シールドケーブル10は、ツイストペアケーブルでもよい。

## 【0028】

図1(b)は、編組シールド10cを模式的に示す平面図である。図1(b)に示すよ

50

うに、編組シールド10cは、複数の導電性素線が層状（正確にはチューブ状）に編組されてなる。編組シールド10cは、複数の導電性素線と複数の絶縁性素線が混ぜ合わされた構造でもよいし、編組線層と別の導電層を重ねた複層構造でもよい。本実施形態ではシールドケーブル10の特性インピーダンスは、例えば、20である。シールドケーブル10は、種々の装置に組み込んで使用される。図9は、シールドケーブル10の適用例を示した模式図である。シールドケーブル10は、例えば、図9に示すような産業用のロボットシステムにおいて、多関節ロボット50とロボットコントローラ51とを結ぶ信号線として使用される。シールドケーブル10は、ロボット50の可動部である複数の大小の関節50aに沿って配線される。

#### 【0029】

10

図2は、シールドケーブル10のシールドの劣化を検査するシールド劣化検査システム100の概略的な構成を示す模式図である。図2に示すように、シールド劣化検査システム100は、シールドケーブル10の編組シールド10cに電流を流すための電流供給ユニット1と、シールドケーブル10を検査するための走査プローブ（磁界検出器具）2と、システムの本体である本体装置3と、シールド劣化を判定する判定装置（判定器）4と、シールドケーブル10の終端部に接続される第3コネクタ5と、音声を出力するスピーカ6を備える。

#### 【0030】

電流供給ユニット1は、電流注入回路1aと、シールドケーブル10の芯線10aに電氣的に接続される第1コネクタ1bと、シールドケーブル10の編組シールド10cに電氣的に接続される第2コネクタ1cを含む。電流注入回路1aは、第1コネクタ1b及び第2コネクタ1cの一方から他方に交流電流を流す交流電源である。本実施形態では、電流注入回路1aは、昇圧トランス、コモンドチョークコイルを内蔵し、第1コネクタ1b及び第2コネクタ1cに高周波電流を供給するように構成される。

20

#### 【0031】

第1コネクタ1bは、シールドケーブル10の一方の端部（始端部）における芯線10aに接続される。第1コネクタ1bはシールドケーブル10の4本の芯線10a全てをまとめて電氣的に接続する。この第1コネクタ1bは、シールドケーブル10の種類に応じて適宜選択される。

#### 【0032】

30

第2コネクタ1cは、シールドケーブル10の一方の端部における絶縁シース10dの外周面に配置される金属箔状の電極である。ここではテープ状の銅箔が絶縁シース10dの外周面に巻き付けられている。絶縁シース10d表面の第2コネクタ1cの電極に、電流注入回路1aから交流電流が供給された場合、この電極と編組シールド10cとの間の静電容量を介してこの電極と編組シールド10cが電氣的に接続される。このようにして、本実施形態では、第2コネクタ1cは、シールドケーブル10の一方の端部における編組シールド10cに電氣的に接続される。これにより、シールドケーブル10の編組シールド10cに簡易な構成で交流電流を供給することができる。

#### 【0033】

走査プローブ2は、編組シールド10cを流れる電流により形成された磁界を、絶縁シース10dの外側において検出するように構成される。

40

#### 【0034】

本体装置3は、高周波（高周波電流）の発生機能を有する高周波電源回路3a及び走査プローブ2から出力される磁界検出信号の処理機能を有する磁界検出信号処理回路（以下、単に信号処理回路という）3bを含む。ここで高周波電流の周波数は、シールドケーブル10の高周波減衰特性に応じて選定され、本実施形態では4MHzである。本体装置3は、同軸ケーブル23を介して、シールドケーブル10に高周波電源回路3aで発生した高周波（高周波電流）を供給すると共に、同軸ケーブル22を介して、走査プローブ2で検出した磁界の微弱な信号である磁界検出信号を受け取り、この磁界検出信号を信号処理回路3bで増幅する。そして、この増幅した磁界検出信号を判定装置4に出力する。シ

50

ルド劣化検査システム 100 はスピーカ 6 を備えており、スピーカ 6 を通じて上記増幅した磁界検出信号を音声出力する。本体装置 3 は、例えば、交流電圧 100 V で動作するが、内部に電源を備えてもよい。

#### 【0035】

判定装置 4 は、本体装置 3 と通信可能に接続され、本体装置 3 から出力された磁界検出信号を受信し、当該磁界検出信号に基づいてシールドの劣化を判定する。また、判定装置 4 は、例えば、磁界検出信号を保存又は表示するように構成されてもよい。本実施形態では、判定装置 4 は、専用のプログラムを実行することにより上記機能を実現可能な汎用のコンピュータで構成されているが、専用の装置でもよい。また、判定装置 4 の磁界検出信号の表示又は保存、劣化判定等の各種機能は、システムの本体である本体装置 3 に実装されてもよい。

10

#### 【0036】

第 3 コネクタ 5 は、シールドケーブル 10 の他方の端部（以下、終端部という）に接続され、編組シールド 10c の終端部と 4 本の芯線 10a の終端部を電氣的にまとめて接続したものを接続する終端抵抗 R を内部に備える。ここで終端抵抗 R の抵抗値は、シールドケーブル 10 の特性インピーダンス 20 と同値である。終端抵抗 R の抵抗値がシールドケーブル 10 の特性インピーダンスと異なる場合は、高周波電流の周波数を 4 MHz よりも低く設定するのがよい。

#### 【0037】

図 3 は、走査プローブ 2 の構成を示す図である。図 3 に示すように、走査プローブ 2 は、磁界を検出するピックアップコイル（磁界検出部）20 と、シールドケーブル 10 を走査するためのガイド部 21 とを備える。ガイド部 21 は、シールドケーブル 10 の外周面の曲率に応じた曲率の円柱状又は部分円柱状の凹部を有する。本実施形態では図 3（a）及び図 3（b）に示すように、ガイド部 21 は、第 1 ガイド部材 21A と第 2 ガイド部材 21B とで構成される。第 1 ガイド部材 21A は平板状に形成され、その一方の主面（以下、接合面という）にその中央を横切るように断面が半円状の凹部 25 が設けられる。凹部 25 の底面にはピックアップコイル 20 が配置される。ピックアップコイル 20 は、同軸ケーブル 22 を介して本体装置 3 に接続される。ピックアップコイル 20 は例えば平面コイルである。そして、図 3（b）に示すように、第 2 ガイド部材 21B は、ピックアップコイルを有しない点を除いて、第 1 ガイド部材 21A と同一形状に形成される。そして、ピックアップコイル 20 を有する第 1 ガイド部材 21A の接合面と、ピックアップコイル 20 を有しない第 2 ガイド部材 21B の接合面とを、互いの凹部 25、26 が合わさるように接合することで、シールドケーブル 10 の一部を内部に収容可能な円柱状の貫通孔を有するガイド部 21 が形成される。第 1 ガイド部材 21A と第 2 ガイド部材 21B とは、例えばヒンジ等の 2 部材を互い回動可能に接続する接続部材で開閉可能に接続される。これにより、図 3（c）に示すように、ガイド部 21 の内部にシールドケーブル 10 の一部を収容しつつ、走査プローブ 2 によりシールドケーブル 10 の表面を長手方向又は周方向（矢印方向）に走査することで、ピックアップコイル 20 によりシールドケーブル 10 上の磁界を検出することができる。

20

30

#### 【0038】

図 4 は、本体装置 3 の構成を示すブロック図である。図 4 に示すように、本体装置 3 は、高周波電源回路 3a と信号処理回路 3b とを含む。高周波電源回路 3a は、高周波生成回路 (4MHz) 30 と、パワーアンプ 31 とを備える。信号処理回路 3b は、バンドパスフィルタ 32 と、高周波アンプ 33 と、高周波生成回路 (3.7MHz) 34 と、周波数変換回路 35 と、バンドパスフィルタ 36 と、中間周波数増幅回路 (300kHz) 37 と、ゲイン設定回路 38 と、整流・平滑回路 39 と、直流増幅回路 40 と、音声信号変換回路 41 とを備える。また、信号処理回路 3b は、本体装置 3 に供給される交流電圧 100 V に基づいて、各回路に電源電圧を供給する電源回路（図示せず）を有する。

40

#### 【0039】

これにより、高周波電源回路 3a は、4MHz の高周波を発生し、発生した高周波を電流供

50

給ユニット 1 へ供給する。また、信号処理回路 3 b は、走査プローブ 2 のピックアップコイル 2 0 で検出された微小な磁界検出信号から、特定の周波数成分のみを抽出し、信号レベルのゲインを調整する。走査プローブ 2 のピックアップコイル 2 0 の出力は微弱なため（例えば  $35 \mu\text{V}$ ）、判定可能なレベルまで信号レベルを増幅する必要がある。信号処理回路 3 b は、信号レベルのゲインを調整した後、交流の磁界検出信号を整流及び平滑して交流の磁界検出信号の振幅を示す直流の磁界レベル信号に変換し、判定装置 4 に出力する。また、探傷し易いように、磁界レベル信号を音声信号に変換し、スピーカ 6 を通じて音声出力する。尚、このような信号処理回路 3 b はラジオ等で一般に使用されるものと同様な構成であるので、詳細な説明は省略する。

【 0 0 4 0 】

[ 本発明の原理 ]

次に、本発明の原理について説明する。図 5 は、図 2 のシールド劣化検査システム 1 0 0 において、シールドケーブル 1 0 に高周波電流を流したときの等価回路である。図 5 に示すように、等価回路は、電源である電流注入回路 1 a と、第 1 コネクタ 1 b と、芯線 1 0 a と、第 3 コネクタ 5 の終端抵抗 R と、編組シールド 1 0 c と、編組シールド 1 0 c 及び第 2 コネクタ 1 c 間の結合容量 C c と、第 2 コネクタ 1 c で構成される。

【 0 0 4 1 】

電流供給ユニット 1 は、編組シールド 1 0 c の一方と芯線 1 0 a の一方との間に電圧を加えることにより、編組シールド 1 0 c の一方から他方へ、編組シールド 1 0 c の他方から芯線 1 0 a の他方へ、芯線 1 0 a の他方から一方へ電流を流すように構成されている。

【 0 0 4 2 】

つまり、編組シールド 1 0 c と芯線 1 0 a との間の電圧により、電流供給ユニット 1 の電流注入回路 1 a から、シールドケーブル 1 0 の一端において高周波電流 I が第 1 コネクタ 1 b 及び第 2 コネクタ 1 c の一方から他方に流れる。高周波は、シールドケーブル 1 0 内部の芯線 1 0 a 及び編組シールド 1 0 c を、芯線 1 0 a と編組シールド 1 0 c との間の静電容量、及び、芯線 1 0 a と編組シールド 1 0 c のインダクタンスに応じて伝搬し、シールドケーブル 1 0 の他端（終端）に接続された第 3 コネクタ 5 の終端抵抗 R で終端される。終端抵抗 R により、編組シールド 1 0 c と芯線 1 0 a とにより伝送される高周波がシールドケーブル 1 0 の終端で反射されることが抑制されるので、シールドケーブル 1 0 の長さ方向に一様な（または、「振幅変化の少ない」）高周波電流を流すことができる。

【 0 0 4 3 】

図 6 は、シールドケーブル 1 0 の編組シールド 1 0 c を流れる電流と劣化により形成される磁界を示した模式図である。図 6 に示すように、編組シールド 1 0 c の編み目が均一であると、編組シールド 1 0 c に流れる電流により磁界は均一である。これに対し、編組シールド 1 0 c 中央の劣化により編み目が不均一になると当該磁界が不均一になる。ここで編組シールド 1 0 c の編み目が不均一とは、例えば、長期に渡るケーブルの屈曲動作により損傷し、編組シールド 1 0 c を構成する素線の一部が切れた状態、又は、編組シールド 1 0 c を構成する複数の素線の一部が偏り、編組シールド 1 0 c に間隙が生じた状態をいう。

【 0 0 4 4 】

詳しく説明すると、編組シールド 1 0 c の編み目が均一であると、電流が編組シールド 1 0 c を巨視的に軸方向に流れるので、当該軸方向に流れる電流の全体によって編組シールド 1 0 c の周方向に均一な磁界が形成される。しかし、編組シールド 1 0 c の編み目が不均一であって、そのために編組シールド 1 0 c に局所的に周囲より大きな空隙が存在すると、電流 I が当該空隙を迂回して流れるので、当該迂回電流によって当該空隙に局所的な磁界が形成される。

【 0 0 4 5 】

そこで、走査プローブ 2 を絶縁シース 1 0 d に沿って走査させて編組シールド 1 0 c の電流による磁界を検出し、検出した磁界が所定の程度不均一であるか否かによってシールドが劣化しているか否かを判定することができる。なお、本実施の形態では、編組シールド

10

20

30

40

50

ド10cに流れる電流と芯線10aに流れる電流とは、互いに逆方向で大きさが実質的同じであるので、両者により編組シールド10cの外部に当該編組シールド10cの周方向に形成される磁界は互いに打消し合う。これにより、編組シールド10cの迂回電流により形成される局所的な磁界を検出し易くなり、その結果、走査プローブ2により検出した磁界が所定の程度不均一であるか否か判定し易くなる。

#### 【0046】

##### [ 検証試験 ]

本発明者等は、本発明の原理を検証するために図2のシールド劣化検査システム100において編組シールド10cに流れる電流により形成される磁界の計測を行った。試験対象は、特性インピーダンスが20Ωの4種類のケーブルを用いた。各ケーブルの寸法は、7.5mmで長さ3.6m、9mmで長さ2.6m、12mmで長さ5.8m、15mmで長さ3.1mである。計測条件は、これらのケーブルの一端から周波数4MHzの高周波電流を注入し、各ケーブルの他端において抵抗値20Ωの終端抵抗Rにより終端させる。データの計測にはオシロスコープを用いた。それぞれのケーブルに対して、編組シールドに傷が無い場合、編組シールドの断線率が30%及び60%の場合について計測を行った。ここで編組シールドの断線率とは、傷無しのシールドの局所的な表面積に対する断線した又は空隙になったシールドの表面積である。

10

#### 【0047】

また、本実施形態によれば、シールド劣化検査システム100は、高周波電流の周波数(4MHz)及び終端抵抗の抵抗値(20Ω)は、シールドケーブル10の特性(特性インピーダンス(20Ω)、高周波減衰特性)に応じたものであるので、ケーブルの特性に応じた適切な交流電流を編組シールド10cに注入することができる。

20

#### 【0048】

図7は、測定結果を示す表である。表中の各要素の上段数字は最大検出電圧 $V_{max}$ 、下段数字はピーク間電圧 $V_{p-p}$ を示している。いずれのケーブルにおいても編組シールドの断線率が高くなると、断線によりケーブル表面に形成される磁界の強度が増加するため、測定電圧(磁界レベル信号のレベル)が上昇する。測定結果より、判定閾値 $V_{th}$ を、例えば最大検出電圧が3.0V又はピーク間電圧1.5Vと設定し、例えば $V_{p-p}$ 1.5V且つ $V_{max}$ 3.0Vであれば編組シールドに傷がある可能性があるかと判定することができる。これにより、判定装置4において、走査プローブ2により検出される磁界の強度に応じた測定値を、予め設定された判定閾値と比較して、シールドが劣化したか否かを判定することができる。

30

#### 【0049】

##### [ 検査方法 ]

次に、図2のシールド劣化検査システム100による検査方法の手順について図8のフローチャートを用いて説明する。検査に先立って、作業者は、検査対象のシールドケーブル10を準備する。シールドケーブル10の一方において端部を第1コネクタ1bに接続し、第2コネクタ1cである銅箔を絶縁シース10dの外周面に巻きつける。そして、シールドケーブル10の終端を第3コネクタ5に接続して検査の準備が完了する。

40

#### 【0050】

まず、作業者は、システム本体である本体装置3をオンして、検査を開始し、編組シールド10cに電流を注入する(ステップS1)。作業者は、本体装置3で発生させた高周波電流を、電流供給ユニット1を通じて、シールドケーブル10の始端の第1コネクタ1b及び第2コネクタ1cに供給する。高周波電流はシールドケーブル10内部の芯線10a及び編組シールド10cに、第1コネクタ1b及び第2コネクタ1cの始端から終端に向うように流れ、シールドケーブル10の終端において第3コネクタ5内部の終端抵抗Rで終端される。

#### 【0051】

次に、作業者は、走査プローブ2を用いてケーブル表面を走査する(ステップS2)。走査プローブ2のピックアップコイル20により、編組シールド10cを流れる電流によ

50

り形成された磁界が、絶縁シース 10 d の外側において検出される。具体的には、作業者は、走査プローブ 2 のガイド部 2 1 の凹部 2 5、2 6 にシールドケーブル 1 0 が嵌まるようにして走査プローブ 2 をシールドケーブル 1 0 の外周面に沿って移動させる（図 3（c）の矢印方向）。これにより、シールドケーブル 1 0 内部の編組シールド 1 0 c とピックアップコイル 2 0 との距離を一定に保ちながらシールドケーブル 1 0 の外周面を走査できるので、編組シールド 1 0 c の電流により形成される磁界の不均一性を精度よく検出することができる。

#### 【0052】

次に、判定装置 4 は、検出される磁界に基づいてシールドの劣化を判定する（ステップ S 3）。判定装置 4 は、走査プローブ 2 により検出される磁界の強度に応じた測定値を、  
10 予め設定された判定閾値と比較して、測定値が閾値よりも同じ又は大きければ、シールドが劣化したと判定する（ステップ S 4）。この場合、編組シールド 1 0 c の傷により電流の流れが乱れて、局所的に強い磁界が形成され、測定値が閾値を上回るのである。

#### 【0053】

一方、判定装置 4 は、測定値が閾値よりも小さければ、シールドは正常であると判定する（ステップ S 5）。この場合、編組シールド 1 0 c に流れる電流に乱れが少なく、局所的に形成される磁界の強度が微小であるため、測定値が閾値を上回ることはないのである。  
20 ステップ S 4 及び S 5 において、作業者は、判定装置 4 の表示画面を監視して、シールドの劣化程度を確認することができる。また、作業者はスピーカ 6 を通じて出力された音声を認識して、劣化の程度を知ることにもできる。これにより、シールド劣化を探傷し易くなる。

#### 【0054】

以上のような方法によれば、編組シールド 1 0 c に電流を流し、編組シールド 1 0 c の傷による電流の乱れをピックアップコイル 2 0 で検出することで、顧客設備のシールドケーブル 1 0 の劣化を非破壊で正確に検査することができる。

#### 【0055】

（その他の実施形態）

尚、上記実施形態では、高周波電流の周波数は 4 MHz を使用したが、シールドケーブル 1 0 の特性に応じた値であって、機械又は人体に影響を及ぼさない程度の微弱なものであれば、これに限定されない。そもそも、芯線 1 0 a 及び編組シールド 1 0 c に注入する  
30 電流は、交流でも直流でもよい。また、芯線 1 0 a 及び編組シールド 1 0 c に注入する電流の周波数に応じて、適宜、終端抵抗を省略してもよい。

#### 【0056】

上記実施形態では、走査プローブ 2 に内蔵された磁界検出部は、ピックアップコイル 2 0 であったが、磁界を検出できる素子であればよく、例えばホール素子でもよい。芯線 1 0 a 及び編組シールド 1 0 c に注入する電流が直流である場合は、磁界検出部は、ホール素子であることが好ましい。

#### 【0057】

上記実施形態では、電流供給ユニット 1 は結合容量により交流電流を編組シールド 1 0 c に供給する構成であったが、電流を編組シールド 1 0 c に直接供給する構成でもよい。  
40 芯線 1 0 a 及び編組シールド 1 0 c に注入する電流が直流である場合は、電流を編組シールド 1 0 c に直接供給する必要がある。

#### 【0058】

上記実施形態では、芯線 1 0 a を利用して編組シールド 1 0 c に電流を流したが、シールドケーブル 1 0 とは別個の専用の電線を用いて編組シールド 1 0 c に電流を流してもよい。

#### 【0059】

上記実施形態では、電流供給ユニット 1 が第 1 コネクタ 1 b 及び第 2 コネクタ 1 c を備えるが、シールドケーブル 1 0 に予め第 1 コネクタ 1 b 及び第 2 コネクタ 1 c が設けられ、電流供給ユニット 1 がこれらを含まないように構成されてもよい。  
50

## 【 0 0 6 0 】

上記実施形態では、シールドケーブル 10 に対して、走査プローブ 2 を移動させたが、シールドケーブル 10 と走査プローブ 2 とは互いに相対的に移動すればよく、例えば、走査プローブ 2 を固定し、シールドケーブル 10 を移動させてもよい。

## 【 0 0 6 1 】

上記実施形態では、磁界変化が音声信号として出力されるような構成としたが、判定装置 4 が劣化を判定したことをスピーカの音声信号により通知するような構成にしてもよい。これにより、作業者は劣化判定を瞬時に知ることができる。

## 【 0 0 6 2 】

上記説明から、当業者にとっては、本発明の多くの改良や他の実施形態が明らかである。従って、上記説明は、例示としてのみ解釈されるべきであり、本発明を実行する最良の態様を当業者に教示する目的で提供されたものである。本発明の精神を逸脱することなく、その構造及び機能の一方又は双方の詳細を実質的に変更できる。

10

## 【産業上の利用可能性】

## 【 0 0 6 3 】

本発明は、シールドケーブルのシールド劣化の検査に有用である。

## 【符号の説明】

## 【 0 0 6 4 】

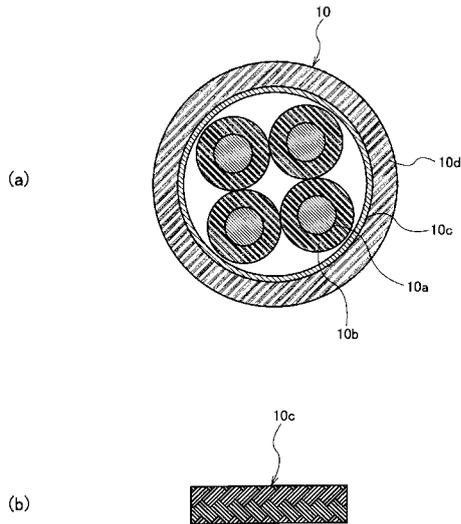
- 1 電流供給ユニット
- 1 a 電流注入回路
- 1 b 第 1 コネクタ
- 1 c 第 2 コネクタ
- 2 走査プローブ (磁界検出部)
- 3 本体装置
- 3 a 高周波電源回路
- 3 b 磁界検出信号処理回路
- 4 判定装置 (判定器)
- 5 第 3 コネクタ
- 6 スピーカ (音声出力装置)
- 10 シールドケーブル
- 10 a 芯線
- 10 b 絶縁層
- 10 c 編組シールド (編組線層)
- 10 d 絶縁シース
- 20 ピックアップコイル (磁界検出部)
- 21 ガイド部
- 22, 23 同軸ケーブル
- 25, 26 凹部
- 50 産業用ロボット
- 51 ロボットコントローラ
- 100 シールド劣化検査システム
- C c 静電容量
- R 終端抵抗
- I 電流

20

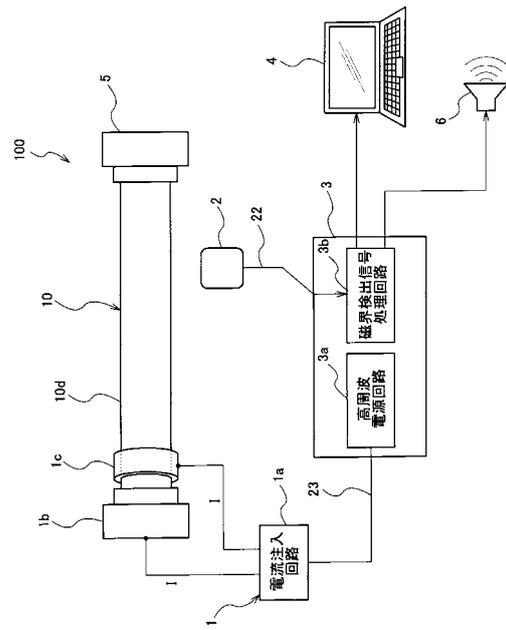
30

40

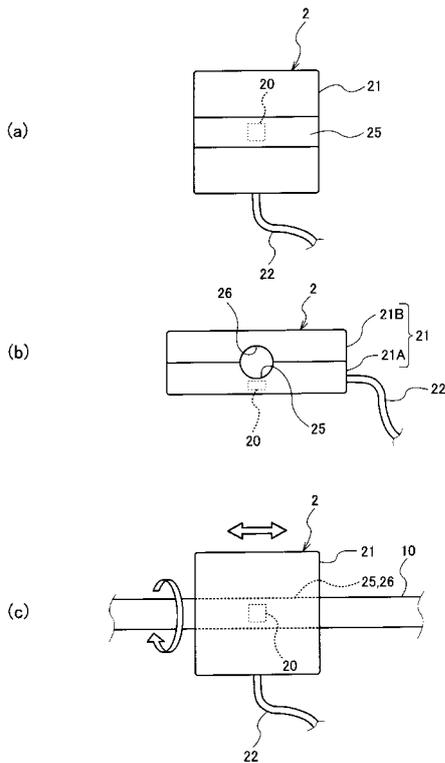
【図 1】



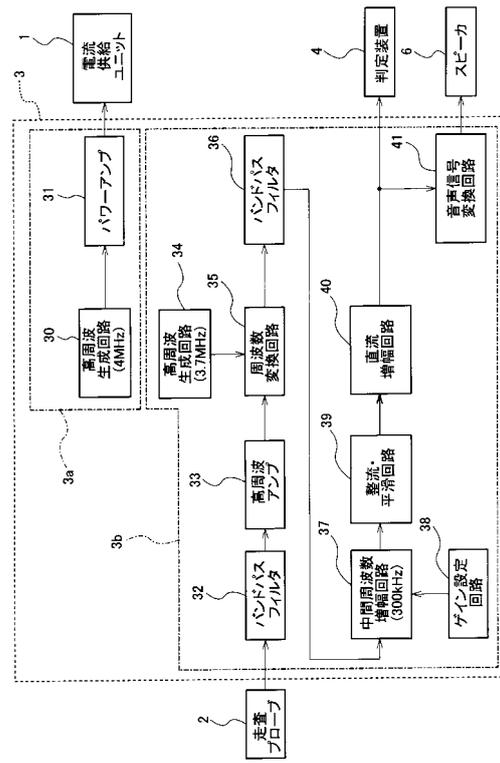
【図 2】



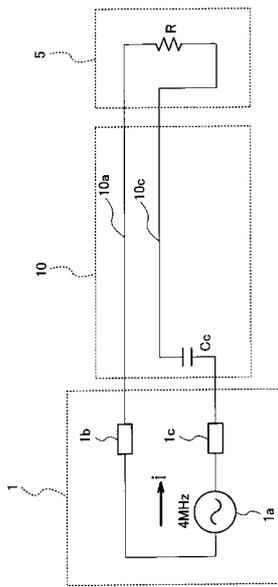
【図 3】



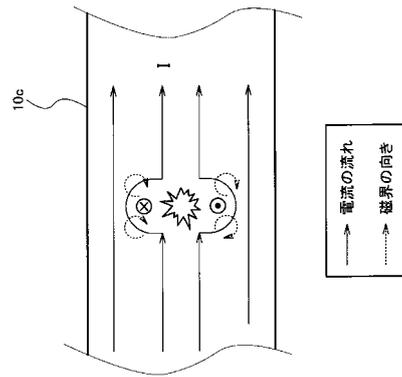
【図 4】



【図5】



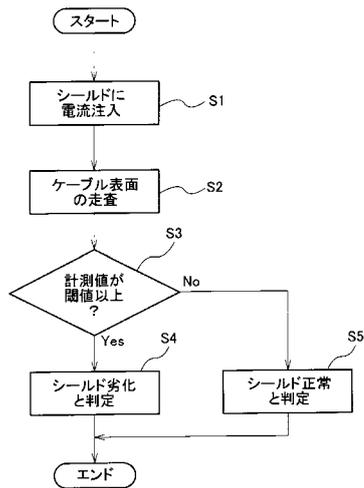
【図6】



【図7】

シールド断線率	φ7.5	φ9	φ12	φ15
0% (橋なし)	2.6	2.3	2.5	2.2
	1.6	0.7	0.2	0.5
30%	3.1	2.3	2.2	3.0
	2.1	1.0	0.8	1.0
60%	3.9	3.8	3.9	2.5
	2.8	2.6	3.0	1.0

【図8】



【図9】

