(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2024年1月18日(18.01.2024)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2024/013809 A1

(51) 国際特許分類:
G01R 31/34 (2020.01) *G01R 31/52* (2020.01)
G01R 31/12 (2020.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2022/027278

(22) 国際出願日： 2022年7月11日(11.07.2022)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

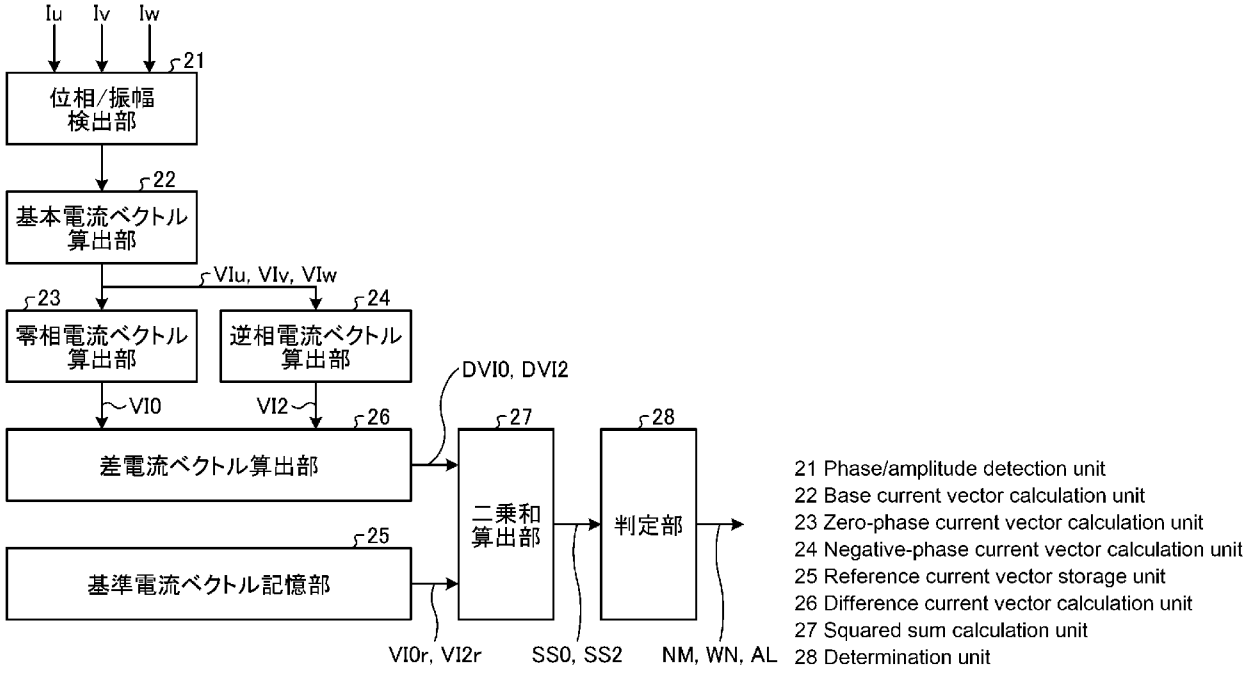
(71) 出願人: 東芝三菱電機産業システム株式会社(**TOSHIBA MITSUBISHI-ELECTRIC INDUSTRIAL SYSTEMS CORPORATION**) [JP/JP]; 〒1040031 東京都中央区京橋三丁目１番１号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 平尾 和平(**HIRAO, Kazuhei**); 〒1040031 東京都中央区京橋三丁目１番１号 東芝三菱電機産業システム株式会社内 Tokyo (JP). 秦 康博(**HADA, Yasuhiro**); 〒1040031 東京都中央区京橋三丁目１番１号 東芝三菱電機産業システム株式会社内 Tokyo (JP). 宮崎 将来(**MIYAZAKI, Masaki**); 〒1040031 東京都中央区京橋三丁目１番１号 東芝三菱電機産業システム株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 弁理士法人酒井国際特許事務所 (**SAKAI INTERNATIONAL PATENT OFFICE**); 〒1000013 東京都千代田区霞が関３丁目８番１号 虎の門三井ビルディング Tokyo (JP).

(54) **Title:** INSULATION DIAGNOSIS DEVICE AND INSULATION DIAGNOSIS METHOD

(54) 発明の名称： 絶縁診断装置及び絶縁診断方法



(57) **Abstract:** An insulation diagnosis device according to an embodiment performs insulation diagnosis for a three-phase alternate-current motor on the basis of a U-phase current, a V-phase current, and a W-phase current supplied to the three-phase alternate-current motor, the insulation diagnosis device comprising: a current vector calculation unit (23, 24) that calculates at least one of a zero-phase current vector or a negative-phase current vector on the basis of the U-phase current, the V-phase current, and the W-phase current; a reference current vector storage unit (25) that pre-stores a reference current vector; a current difference vector calculation unit (26) that calculates a current difference vector, which

WO 2024/013809 A1

［続葉有］

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一　国際調査報告（条約第21条(3)）

is the difference between the current vector calculated by the current vector calculation unit (23, 24) and the reference current vector; and a determination unit (28) that determines the insulation state of the three-phase alternate-current motor on the basis of the current difference vector.

(57) 要約：実施形態の絶縁診断装置は、三相交流電動機に供給されるＵ相電流、Ｖ相電流及びＷ相電流に基づいて、三相交流電動機の絶縁診断を行う絶縁診断装置において、Ｕ相電流、Ｖ相電流及び前記Ｗ相電流に基づいて、零相電流ベクトルあるいは逆相電流ベクトルのうち少なくともいずれか一方を算出する電流ベクトル算出部（２３，２４）と、予め基準電流ベクトルを記憶する基準電流ベクトル記憶部（２５）と、電流ベクトル算出部（２３，２４）において算出された電流ベクトルと基準電流ベクトルとの差である電流差ベクトルを算出する電流差ベクトル算出部（２６）と、電流差ベクトルに基づいて、三相交流電動機の絶縁状態を判定する判定部（２８）と、を備える。

明　細　書

発明の名称 ： 絶縁診断装置及び絶縁診断方法

技術分野

[0001]　本発明は、絶縁診断装置及び絶縁診断方法に関する。

背景技術

[0002]　従来、三相交流電動機の耐圧試験、インパルス得試験等の絶縁診断手法は、電動機の固定子を給電経路から取り外した非稼働状態（オフライン状態）で行われるものであった。

　また、絶縁診断は、初期値と劣化進展後の値との絶対値判定であった。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開２０１７－０１５４４４号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004]　ところで、従来の絶縁診断装置において実行される絶縁診断方法は、絶対値判定であったため、地絡あるいはレアショート等に至る劣化の進行、すなわち、劣化兆候監視を行うことはできなかった。

　また、従来の絶縁診断方法は、電動機を非稼働状態（オフライン状態）で行われるものであるため、稼働状態でリアルタイムに劣化兆候監視あるいは、劣化判定を行うこともできなかった。

[0005]　そこで、本発明は、三相交流電動機の稼働状態において、地絡あるいはレアショート等に至る劣化の進行を稼働状態でリアルタイムに行えるとともに、地絡あるいはレアショート等に至った場合にも直ちに判定することが可能な絶縁診断装置及び絶縁診断方法を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0006]　実施形態の絶縁診断装置は、三相交流電動機に供給されるＵ相電流、Ｖ相電流及びW相電流に基づいて、三相交流電動機の絶縁診断を行う絶縁診断装

置において、Ｕ相電流、Ｖ相電流及びW相電流に基づいて、零相電流ベクトルあるいは逆相電流ベクトルのうち少なくともいずれか一方を算出する電流ベクトル算出部と、予め基準電流ベクトルを記憶する基準電流ベクトル記憶部と、電流ベクトル算出部において算出された電流ベクトルと基準電流ベクトルとの差である電流差ベクトルを算出する電流差ベクトル算出部と、電流差ベクトルに基づいて、三相交流電動機の絶縁状態を判定する判定部と、を備える。

図面の簡単な説明

[0007] [図1]図１は、実施形態に係る絶縁診断装置の説明図である。

[図2]図２は、診断装置の機能ブロック図である。

[図3]図３は、１次零相電流ベクトル及び１次基準零相電流ベクトルの説明図である。

[図4]図４は、１次零相電流差ベクトルの算出説明図である。

[図5]図５は、３次零相電流ベクトル及び３次基準零相電流ベクトルの説明図である。

[図6]図６は、５次零相電流ベクトル及び５次基準零相電流ベクトルの説明図である。

[図7]図７は、７次零相電流ベクトル及び７次基準零相電流ベクトルの説明図である。

[図8]図８は、実施形態の動作処理フローチャートである。

[図9]図９は、二乗和、第１閾値及び第２閾値の一例の説明図である。

発明を実施するための形態

[0008] 以下に、本発明の実施形態について、図面を参照して説明する。本明細書において、実施形態に係る構成要素及び当該要素の説明が、複数の表現で記載されることがある。構成要素及びその説明は、一例であり、本明細書の表現によって限定されない。構成要素は、本明細書におけるものとは異なる名称でも特定され得る。また、構成要素は、本明細書の表現とは異なる表現によっても説明され得る。

[0009] 図１は、実施形態に係る絶縁診断装置の説明図である。

絶縁診断装置１０は、三相交流電動機Ｍに供給されるＵ相電流Ｉｕを検出する第１電流センサ（ＣＴ：Current Transformer）１１Ｕと、三相交流電動機Ｍに供給されるＶ相電流Ｉｖを検出する第２電流センサ（ＣＴ）１１Ｖと、三相交流電動機Ｍに供給されるW相電流Ｉｗを検出する第３電流センサ（ＣＴ）１１Ｗと、検出されたＵ相電流Ｉｕ、Ｖ相電流Ｉｖ及びW相電流Ｉｗに基づいて、絶縁診断を行う診断装置１２と、を備えている。

[0010] 図２は、診断装置の機能ブロック図である。

診断装置１２は、位相／振幅検出部２１と、基本電流ベクトル算出部２２と、零相電流ベクトル算出部２３と、逆相電流ベクトル算出部２４と、基準電流ベクトル記憶部２５と、電流差ベクトル算出部２６と、二乗和算出部２７と、判定部２８と、を備えている。

上記構成において、基本電流ベクトル算出部２２、零相電流ベクトル算出部２３及び逆相電流ベクトル算出部２４は、電流ベクトル算出部として機能している。

[0011] 位相／振幅検出部２１は、検出されたＵ相電流Ｉｕ、Ｖ相電流Ｉｖ及びW相電流Ｉｗに基づいて、Ｕ相電流Ｉｕの位相、Ｖ相電流Ｉｖの位相、W相電流Ｉｗの位相、Ｕ相電流Ｉｕの振幅、Ｖ相電流Ｉｖの振幅及びW相電流Ｉｗの振幅を検出する。

[0012] 以下の説明においては、例えば、Ｉｕがベクトルであることを明確に示すため、ベクトルＶＩｕと標記するとともに、文章中の記載と式中における記載との対応関係を明確にするため、便宜上、矢印の下にＶＩｕと標記するものとする。

基本電流ベクトル算出部２２は、Ｕ相電流Ｉｕの位相及びＵ相電流Ｉｕの振幅に基づいてＵ相電流ベクトルＶＩｕを算出し、Ｖ相電流Ｉｖの位相及びＶ相電流Ｉｖの振幅に基づいてＶ相電流ベクトルＶＩｖを算出し、W相電流Ｉｗの位相及びW相電流Ｉｗの振幅に基づいて、W相電流ベクトルＶＩｗを算出する。

[0013] 零相電流ベクトル算出部２３は、算出されたＵ相電流ベクトルＶＩｕ、Ｖ相電流ベクトルＶＩｖ及びW相電流ベクトルＶＩｗに基づいて、次式により零相電流ベクトルＶＩ０を算出する。

[数1]

$$\overrightarrow{VI0} = \left(\overrightarrow{VIu} + \overrightarrow{VIv} + \overrightarrow{VIw}\right)$$

[0014] 逆相電流ベクトル算出部２４は、算出されたＵ相電流ベクトルＶＩｕ、Ｖ相電流ベクトルＶＩｖ及びW相電流ベクトルＶＩｗに基づいて、次式により逆相電流ベクトルＶＩ２を算出する。

[数2]

$$\overrightarrow{VI2} = \left(\overrightarrow{VIu} + a^2\overrightarrow{VIv} + a\overrightarrow{VIw}\right)$$

ここで、ａは、ベクトルオペレータであり、

[数3]

$$\mathrm{a} = -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}$$

である。

[0015] 基準電流ベクトル記憶部２５は、出荷時、検査時等の地絡、レアショート等が発生していない状態において算出した零相電流ベクトルＶＩ０及び逆相電流ベクトルＶＩ２を基準零相電流ベクトルＶＩ０ｒ及び基準逆相電流ベクトルＶＩ２ｒとして記憶している。

[0016] 基準電流ベクトル記憶部２５は、実際には、基準零相電流ベクトルＶＩ０ｒの１次周波数成分である１次基準零相電流ベクトルＶＩ０ｒ＿１、基準零相電流ベクトルＶＩ０ｒの３次周波数成分である３次基準零相電流ベクトルＶＩ０ｒ＿３、基準零相電流ベクトルＶＩ０ｒの５次周波数成分である５次基準零相電流ベクトルＶＩ０ｒ＿５及び基準零相電流ベクトルＶＩ０ｒの７次周波数成分である７次基準零相電流ベクトルＶＩ０ｒ＿７をそれぞれ記憶している。

[0017] さらに基準電流ベクトル記憶部２５は、基準逆相電流ベクトルＶＩ２ｒの

１次周波数成分である１次基準逆相電流ベクトルＶＩ２ｒ＿１、基準逆相電流ベクトルＶＩ２ｒの３次周波数成分である３次基準逆相電流ベクトルＶＩ２ｒ＿３、基準逆相電流ベクトルＶＩ２ｒの５次周波数成分である５次基準逆相電流ベクトルＶＩ２ｒ＿５及び基準逆相電流ベクトルＶＩ２の７次周波数成分である７次基準逆相電流ベクトルＶＩ２ｒ＿７をそれぞれ記憶している。

[0018] 電流差ベクトル算出部２６は、零相電流ベクトル算出部２３により算出された零相電流ベクトルＶＩ０と基準電流ベクトル記憶部２５から読み出した基準零相電流ベクトルＶＩ０ｒとの差を差零相電流ベクトルＤＶＩ０として算出している。

[0019] また電流差ベクトル算出部２６は、逆相電流ベクトル算出部２４により算出された逆相電流ベクトルＶＩ２と基準電流ベクトル記憶部２５から読み出した基準逆相電流ベクトルＶＩ２ｒとの差を逆相電流差ベクトルＤＶＩ２として算出している。

[0020] 図３は、１次零相電流ベクトル及び１次基準零相電流ベクトルの説明図である。

図４は、１次零相電流差ベクトルの算出説明図である。

電流差ベクトル算出部２６は、図４に示すように、１次基準零相電流ベクトルＶＩ０ｒ＿１から１次零相電流ベクトルＶＩ０＿１を差し引くことにより、１次零相電流差ベクトルＤＶＩ０＿１を算出する。

[0021] すなわち、電流差ベクトル算出部２６は、以下の通りの処理を行う。

[数4]

$$\overrightarrow{DVI0_1} = \overrightarrow{VI0r_1} - \overrightarrow{VI0_1}$$

[0022] 図５は、３次零相電流ベクトル及び３次基準零相電流ベクトルの説明図である。

図６は、５次零相電流ベクトル及び５次基準零相電流ベクトルの説明図である。

図７は、７次零相電流ベクトル及び７次基準零相電流ベクトルの説明図で

ある。

[0023] 同様に、電流差ベクトル算出部２６は、１次零相電流差ベクトルＤＶＩ０＿１、３次零相電流差ベクトルＤＶＩ０＿３、５次零相電流差ベクトルＤＶＩ０＿５及び７次零相電流差ベクトルＤＶＩ０＿７、並びに、１次逆相電流差ベクトルＤＶＩ２＿１、３次逆相電流差ベクトルＤＶＩ２＿３、５次逆相電流差ベクトルＤＶＩ２＿５及び７次逆相電流差ベクトルＤＶＩ２＿７を算出する。

[0024] 二乗和算出部２７は、零相電流ベクトル算出部２３により算出された１次零相電流差ベクトルＤＶＩ０＿１～７次零相電流差ベクトルＤＶＩ０＿７の二乗和を算出する。

[0025] 同様に、二乗和算出部２７は、零相電流ベクトル算出部２３により算出された１次逆相電流差ベクトルＤＶＩ２＿１～７次逆相電流差ベクトルＤＶＩ２＿７の二乗和を算出する。

[0026] 判定部２８は、１次零相電流差ベクトルＤＶＩ０＿１～７次零相電流差ベクトルＤＶＩ０＿７の二乗和ＳＳ０及び１次逆相電流差ベクトルＤＶＩ２＿１～７次逆相電流差ベクトルＤＶＩ２＿７の二乗和ＳＳ２をそれぞれに対応する第１閾値Ｖｔｈ１（＝警報値に相当）、第２閾値Ｖｔｈ２（＝故障値に相当）と比較して、判定結果として出力する。

[0027] 次に実施形態の動作を説明する。

図８は、実施形態の動作処理フローチャートである。

[0028] まず、診断装置１２は、地絡あるいはレアショート等の故障の検出タイミングであるか否かを判断する（ステップＳ１１）。

ステップＳ１１の判断において、未だ検出タイミングではない場合には（ステップＳ１１；Ｎｏ）、待機状態となる。

[0029] ステップＳ１１の判断において、検出タイミングである場合には（ステップＳ１１；Ｙｅｓ）、第１電流センサ１１Ｕ、第２電流センサ１１Ｖ及び第３電流センサによりＵ相電流Ｉｕ、Ｖ相電流Ｉｖ及びW相電流Ｉｗを検出する（ステップＳ１２）。

[0030] 次に、診断装置１２は、位相／振幅検出部２１として機能し、検出されたＵ相電流Ｉｕ、Ｖ相電流Ｉｖ及びW相電流Ｉｗに基づいて、Ｕ相電流Ｉｕの位相、Ｖ相電流Ｉｖの位相、Ｕ相電流Ｉｕの振幅、Ｖ相電流Ｉｖの振幅及びW相電流Ｉｗの振幅を検出する（ステップＳ１３）。

[0031] つづいて、診断装置１２は、基本電流ベクトル算出部２２として機能し、Ｕ相電流Ｉｕの位相及びＵ相電流Ｉｕの振幅に基づいてＵ相電流ベクトルＶＩｕを算出し、Ｖ相電流Ｉｖの位相及びＶ相電流Ｉｖの振幅に基づいてＶ相電流ベクトルＶＩｖを算出し、W相電流Ｉｗの位相及びW相電流Ｉｗの振幅に基づいて、W相電流ベクトルＶＩｗを算出する（ステップＳ１４）。

[0032] 次に診断装置１２は、零相電流ベクトル算出部２３として機能し、零相電流ベクトルＶＩ０の１次周波数成分である１次零相電流ベクトルＶＩ０＿１、零相電流ベクトルＶＩ０の３次周波数成分である３次零相電流ベクトルＶＩ０＿３、零相電流ベクトルＶＩ０の５次周波数成分である５次零相電流ベクトルＶＩ０＿５及び零相電流ベクトルＶＩ０の７次周波数成分である７次零相電流ベクトルＶＩ０＿７をそれぞれ算出する（ステップＳ１５）。

[0033] つづいて、診断装置１２は、逆相電流ベクトル算出部２４として機能し、算出されたＵ相電流ベクトルＶＩｕ、Ｖ相電流ベクトルＶＩｖ及びW相電流ベクトルＶＩｗに基づいて、次式により逆相電流ベクトルＶＩ２を算出する（ステップＳ１６）。

[数5]

$$\overrightarrow{VI2} = \left(\overrightarrow{VIu} + a^2\overrightarrow{VIv} + a\overrightarrow{VIw}\right)$$

ここで、ａは、ベクトルオペレータであり、

[数6]

$$\mathrm{a} = -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}$$

である。

[0034] より詳細には、診断装置１２は、逆相電流ベクトル算出部２４として、逆相電流ベクトルＶＩ２の１次周波数成分である１次逆相電流ベクトルＶＩ２

＿１、逆相電流ベクトルＶＩ２の３次周波数成分である３次逆相電流ベクトルＶＩ２＿３、逆相電流ベクトルＶＩ２の５次周波数成分である５次逆相電流ベクトルＶＩ２＿５及び逆相電流ベクトルＶＩ２の７次周波数成分である７次逆相電流ベクトルＶＩ２＿７をそれぞれ算出する。

[0035] 次に診断装置１２は、基準電流ベクトル記憶部２５が記憶している基準零相電流ベクトルＶＩ０ｒ及び基準逆相電流ベクトルＶＩ２ｒを読み出す（ステップＳ１７）。

[0036] これにより、診断装置１２は、電流差ベクトル算出部２６とし機能し、零相電流ベクトル算出部２３により算出された零相電流ベクトルＶＩ０と基準電流ベクトル記憶部２５から読み出した基準零相電流ベクトルＶＩ０ｒとの差を差零相電流ベクトルＤＶＩ０として算出し、逆相電流ベクトル算出部２４により算出された逆相電流ベクトルＶＩ２と基準電流ベクトル記憶部２５から読み出した基準逆相電流ベクトルＶＩ２ｒとの差を逆相電流差ベクトルＤＶＩ２として算出する（ステップＳ１８）。

[0037] より詳細には、診断装置１２は、電流差ベクトル算出部２６として、零相電流ベクトルに対し、電流差ベクトル算出部２６は、零相電流ベクトル算出部２３により算出された零相電流ベクトルＶＩ０の１次周波数成分である１次零相電流ベクトルＶＩ０＿１と基準電流ベクトル記憶部２５から読み出した基準零相電流ベクトルＶＩ０ｒの１次周波数成分である１次基準零相電流ベクトルＶＩ０ｒ＿１との差を１次零相電流差ベクトルＤＶＩ０＿１として算出する。

[0038] 同様に、診断装置１２は、電流差ベクトル算出部２６として、零相電流ベクトル算出部２３により算出された零相電流ベクトルＶＩ０の３次周波数成分である３次零相電流ベクトルＶＩ０＿３と基準電流ベクトル記憶部２５から読み出した基準零相電流ベクトルＶＩ０ｒの３次周波数成分である３次基準零相電流ベクトルＶＩ０ｒ＿３の差を３次零相電流差ベクトルＤＶＩ０＿３として算出する。

[0039] また、診断装置１２は、電流差ベクトル算出部２６として、零相電流ベク

トル算出部２３により算出された零相電流ベクトルＶＩ０の５次周波数成分である３次零相電流ベクトルＶＩ０__５と基準電流ベクトル記憶部２５から読み出した基準零相電流ベクトルＶＩ０ｒの５次周波数成分である５次基準零相電流ベクトルＶＩ０ｒ__５の差を５次零相電流差ベクトルＤＶＩ０__５として算出する。

[0040] また、診断装置１２は、電流差ベクトル算出部２６として、零相電流ベクトル算出部２３により算出された零相電流ベクトルＶＩ０の７次周波数成分である３次零相電流ベクトルＶＩ０__７と基準電流ベクトル記憶部２５から読み出した基準零相電流ベクトルＶＩ０ｒの７次周波数成分である７次基準零相電流ベクトルＶＩ０ｒ__７の差を７次零相電流差ベクトルＤＶＩ０__７として算出する。

[0041] また、診断装置１２は、電流差ベクトル算出部２６として、逆相電流ベクトルに対し、逆相電流ベクトル算出部２４により算出された逆相電流ベクトルＶＩ２の１次周波数成分である１次逆相電流ベクトルＶＩ２__１と基準電流ベクトル記憶部２５から読み出した基準逆相電流ベクトルＶＩ２ｒの１次周波数成分である１次基準逆相電流ベクトルＶＩ２ｒ__１との差を１次逆相電流差ベクトルＤＶＩ２__１として算出する。

[0042] 同様に、診断装置１２は、電流差ベクトル算出部２６として、逆相電流ベクトル算出部２４により算出された逆相電流ベクトルＶＩ２の３次周波数成分である３次逆相電流ベクトルＶＩ２__３と基準電流ベクトル記憶部２５から読み出した基準逆相電流ベクトルＶＩ２ｒの３次周波数成分である３次基準逆相電流ベクトルＶＩ２ｒ__３の差を３次逆相電流差ベクトルＤＶＩ２__３として算出する。

[0043] また、診断装置１２は、電流差ベクトル算出部２６として、逆相電流ベクトル算出部２４により算出された逆相電流ベクトルＶＩ２の５次周波数成分である３次逆相電流ベクトルＶＩ２__５と基準電流ベクトル記憶部２５から読み出した基準逆相電流ベクトルＶＩ２ｒの５次周波数成分である５次基準逆相電流ベクトルＶＩ２ｒ__５の差を５次逆相電流差ベクトルＤＶＩ２__５

として算出する。

[0044] また、診断装置１２は、電流差ベクトル算出部２６として、逆相電流ベクトル算出部２４により算出された逆相電流ベクトルＶＩ２の７次周波数成分である３次逆相電流ベクトルＶＩ２＿７と基準電流ベクトル記憶部２５から読み出した基準逆相電流ベクトルＶＩ２ｒの７次周波数成分である７次基準逆相電流ベクトルＶＩ２ｒ＿７の差を７次逆相電流差ベクトルＤＶＩ２＿７として算出する。

[0045] これらの結果、診断装置１２は、二乗和算出部２７として機能し、零相電流ベクトル算出部２３により算出された１次零相電流差ベクトルＤＶＩ０＿１～７次零相電流差ベクトルＤＶＩ０＿７の二乗和を算出し、判定部２８に出力し、逆相電流ベクトル算出部２４により算出された１次逆相電流差ベクトルＤＶＩ２＿１～７次逆相電流差ベクトルＤＶＩ２＿７の二乗和を算出する（ステップＳ１９）。

[0046] これにより、診断装置１２は、判定部２８は、１次零相電流差ベクトルＤＶＩ０＿１～７次零相電流差ベクトルＤＶＩ０＿７の二乗和ＳＳ０及び１次逆相電流差ベクトルＤＶＩ２＿１～７次逆相電流差ベクトルＤＶＩ２＿７の二乗和ＳＳ２をそれぞれに対応する第１閾値Ｖｔｈ１（＝警報値に相当）、第２閾値Ｖｔｈ２（＝故障値に相当）と比較して、判定結果として正常信号ＮＭ、警報信号ＷＮあるいは故障信号ＡＬを出力する（ステップＳ２０）。

ここで、二乗和ＳＳ０及び二乗和ＳＳ２は、以下の式で表される。

$$SS0=\sqrt{([DV10_1]^2+[DV10_3]^2+[DV10_5]^2+[DV10_7]^2)}$$

$$SS2=\sqrt{([DV12_1]^2+[DV12_3]^2+[DV12_5]^2+[DV12_7]^2)}$$

[0047] 図９は、二乗和、第１閾値及び第２閾値の一例の説明図である。

図９は、所定の検出タイミング（図９の例の場合、時刻ｔ１～ｔ７）における二乗和ＳＳ（二乗和ＳＳ０又は二乗和ＳＳ２）の時間的な変化を表している。

[0048] 図９に示すように、時刻ｔ１～時刻ｔ３においては、二乗和ＳＳはほとんど変化がないとともに、第１閾値Ｖｔｈ１未満であるので、判定部２８は、正常である旨の結果に対応する正常信号ＮＭを出力する。

[0049] その後、時刻ｔ４、ｔ５においては、時刻ｔ１～時刻ｔ３の場合よりも二乗和ＳＳは増加しているものの、未だ第１閾値Ｖｔｈ１未満であるので、判定部２８は、正常である旨の結果に対応する正常信号ＮＭを出力する。

[0050] これらに対し、時刻ｔ６においては、二乗和ＳＳが増加し、第１閾値Ｖｔｈ１を超え、かつ、第２閾値Ｖｔｈ２未満であるので、判定部２８は、地絡あるいはレアショートに至る可能性が高い状態であるとして、警報信号ＷＮを出力する。

[0051] さらに時刻ｔ７においては、二乗和ＳＳがさらに増加し、第２閾値Ｖｔｈ２を超えるので、判定部２８は、地絡あるいはレアショートが発生した故障状態であるとして、故障信号ＡＬを出力する。

[0052] 以上の説明のように、本実施形態によれば、零相電流ベクトルＶＩ０の１次～７次成分である１次零相電流ベクトルＶＩ０＿１～７次零相電流ベクトルＶＩ０＿７、逆相電流ベクトルＶＩ２の１次～７次成分である１次逆相電流ベクトルＶＩ２＿１～７次逆相電流ベクトルＶＩ２＿７における初期状態（正常状態）における値である、１次基準零相電流ベクトルＶＩ０ｒ＿１～７次基準零相電流ベクトルＶＩ０ｒ＿７、１次基準逆相電流ベクトルＶＩ２ｒ＿１～７次基準逆相電流ベクトル～ＶＩ２ｒ＿７を把握する。

[0053] そして、三相交流電動機Ｍの稼働状態において検出される、１次零相電流ベクトルＶＩ０＿１～７次零相電流ベクトルＶＩ０＿７及び１次逆相電流ベクトルＶＩ２＿１～７次逆相電流ベクトルＶＩ２＿７に基づいて、１次零相電流差ベクトルＤＶＩ０＿１～７次零相電流差ベクトルＤＶＩ０＿７及び１次逆相電流差ベクトルＤＶＩ２＿１～７次逆相電流差ベクトルＤＶＩ２＿７を算出する。

[0054] さらに算出した１次零相電流差ベクトルＤＶＩ０＿１～７次零相電流差ベクトルＤＶＩ０＿７及び１次逆相電流差ベクトルＤＶＩ２＿１～７次逆相電

流差ベクトルＤＶＩ２＿７に基づいて地絡、レアショート等に至る可能性が高い劣化兆候状態をリアルタイムで検出し、あるいは地絡、レアショート等の故障状態をリアルタイムで検出できる。

[0055] 上述の本発明の実施形態は、発明の範囲を限定するものではなく、発明の範囲に含まれる一例に過ぎない。本発明のある実施形態は、上述の実施形態に対して、例えば、具体的な用途、構造、形状、作用、及び効果の少なくとも一部について、発明の要旨を逸脱しない範囲において変更、省略、及び追加がされたものであってもよい。

[0056] 例えば、以上の説明においては、零相電流ベクトル及び逆相電流ベクトルについて、それぞれ零相電流差ベクトル及び逆相電流差ベクトルを求めていたが、いずれか一方だけで絶縁診断を行うように構成することも可能である。

[0057] また、以上の説明では、１次周波数と、高次周波数としての３次周波数、５次周波数及び７次周波数の電流ベクトルについて処理を行っていたが、１次周波数と少なくとも一つの高次周波数の電流ベクトルについて処理を行うようにしてもよい。

符号の説明

[0058] １０…絶縁診断装置、１１Ｕ…第１電流センサ、１１Ｖ…第２電流センサ、１２…診断装置、２１…振幅検出部、２２…電流ベクトル算出部、２３…零相電流ベクトル算出部、２４…逆相電流ベクトル算出部、２５…基準電流ベクトル記憶部、２６…電流差ベクトル算出部、２７…二乗和算出部、２８…判定部、ＡＬ…故障信号、ＤＶＩ０＿１～ＤＶＩ０＿７…１次零相電流差ベクトル～７次零相電流差ベクトル、ＤＶＩ２＿１～ＤＶＩ２＿７…１次逆相電流差ベクトル～７次逆相電流差ベクトル、Ｉｕ…Ｕ相電流、Ｉｖ…Ｖ相電流、Ｉｗ…Ｗ相電流、Ｍ…三相交流電動機、ＮＭ…正常信号、ＳＳ、ＳＳ０、ＳＳ２…二乗和、ＶＩｕ…Ｕ相電流ベクトル、ＶＩｖ…Ｖ相電流ベクトル、ＶＩｗ…Ｗ相電流ベクトル、ＶＩ０…零相電流ベクトル、ＶＩ０＿１～ＶＩ０＿７…１次零相電流ベクトル～７次零相電流ベクトル、ＶＩ０ｒ…基

準零相電流ベクトル、ＶＩ０ｒ＿１～ＶＩ０ｒ＿７…１次基準零相電流ベクトル～７次基準零相電流ベクトル、ＶＩ２…逆相電流ベクトル、ＶＩ２＿１～ＶＩ２＿７…１次逆相電流ベクトル～７次逆相電流ベクトル、ＶＩ２ｒ…基準逆相電流ベクトル、ＶＩ２ｒ＿１～ＶＩ２ｒ＿７…１次基準逆相電流ベクトル～７次基準逆相電流ベクトル、Ｖｔｈ１…第１閾値、Ｖｔｈ２…第２閾値、ＷＮ…警報信号。

請求の範囲

[請求項1] 三相交流電動機に供給されるＵ相電流、Ｖ相電流及びW相電流に基づいて、前記三相交流電動機の絶縁診断を行う絶縁診断装置において、

前記Ｕ相電流、前記Ｖ相電流及び前記W相電流に基づいて、零相電流ベクトルあるいは逆相電流ベクトルのうち少なくともいずれか一方を算出する電流ベクトル算出部と、

予め基準電流ベクトルを記憶する基準電流ベクトル記憶部と、

前記電流ベクトル算出部において算出された電流ベクトルと前記基準電流ベクトルとの差である電流差ベクトルを算出する電流差ベクトル算出部と、

前記電流差ベクトルに基づいて、前記三相交流電動機の絶縁状態を判定する判定部と、

を備えた絶縁診断装置。

[請求項2] 前記電流ベクトル算出部は、前記Ｕ相電流、前記Ｖ相電流及び前記W相電流に基づいて、零相電流ベクトルを算出する零相電流ベクトル算出部と、前記Ｕ相電流、前記Ｖ相電流及び前記W相電流に基づいて、逆相電流ベクトルを算出する逆相電流ベクトル算出部と、を備え、

前記基準電流ベクトル記憶部は、前記基準電流ベクトルとして、予め基準零相電流ベクトル及び基準逆相電流ベクトルを記憶しており、

前記電流差ベクトル算出部は、算出された前記零相電流ベクトルと前記基準零相電流ベクトルとの差である零相電流差ベクトル及び算出された前記逆相電流ベクトルと前記基準逆相電流ベクトルとの差である逆相電流差ベクトルを算出し、

前記判定部は、前記零相電流差ベクトル及び前記逆相電流差ベクトルに基づいて、前記三相交流電動機の絶縁状態を判定する、

請求項１記載の絶縁診断装置。

[請求項3] 前記零相電流ベクトル算出部は、一次周波数及び高次周波数に対応

する複数の零相電流ベクトルを算出し、

前記逆相電流ベクトル算出部は、一次周波数及び高次周波数に対応する複数の逆相電流ベクトルを算出し、

前記基準電流ベクトル記憶部は、予め一次周波数及び高次周波数に対応する基準零相電流ベクトル及び一次周波数及び高次周波数に対応する基準逆相電流ベクトルを記憶しており、

前記電流差ベクトル算出部は、一次周波数及び高次周波数のそれぞれに対応する複数の零相電流差ベクトル及び一次周波数及び高次周波数のそれぞれに対応する複数の逆相電流差ベクトルを算出し、

さらに、前記複数の零相電流差ベクトルの二乗和及び前記複数の逆相電流差ベクトルの二乗和を算出する二乗和算出部を備え、

前記判定部は、前記複数の零相電流差ベクトルの二乗和及び前記複数の逆相電流差ベクトルの二乗和に基づいて、前記三相交流電動機の絶縁状態を判定する、

請求項２記載の絶縁診断装置。

[請求項4] 前記判定部は、前記複数の零相電流差ベクトルの二乗和あるいは前記複数の逆相電流差ベクトルの二乗和を所定の第１閾値と比較し、前記第１閾値を超えている場合に、前記三相交流電動機が絶縁劣化状態に至る兆候が現れている絶縁劣化兆候状態であると判定し、

前記複数の零相電流差ベクトルの二乗和あるいは前記複数の逆相電流差ベクトルの二乗和を前記第１閾値より大きい所定の第２閾値と比較し、前記第２閾値を超えている場合に、前記三相交流電動機が絶縁劣化状態である故障状態であると判定する、

請求項３記載の絶縁診断装置。

[請求項5] 三相交流電動機に供給されるＵ相電流、Ｖ相電流及びW相電流に基づいて、前記三相交流電動機の絶縁診断を行う絶縁診断方法において、

前記Ｕ相電流、前記Ｖ相電流及び前記W相電流に基づいて、零相電

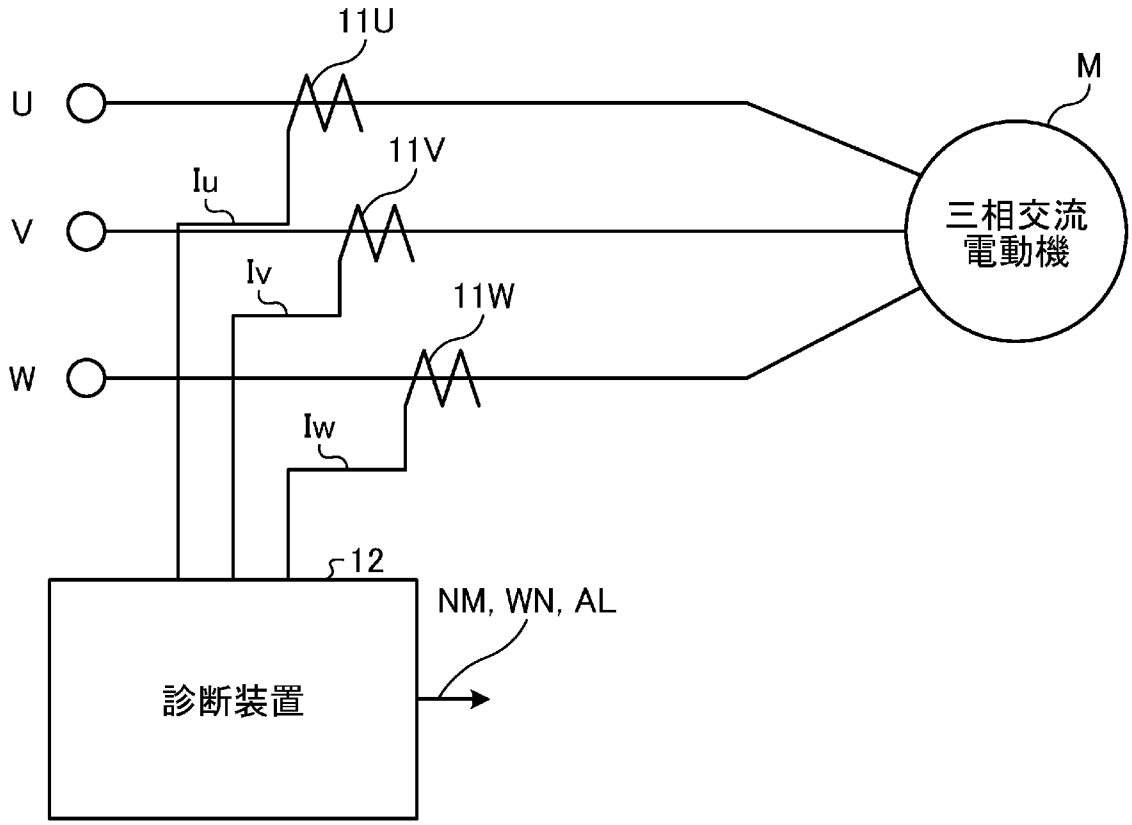
流ベクトルあるいは逆相電流ベクトルのうち少なくともいずれか一方を算出するステップと、

前記算出された電流ベクトルと所定の基準電流ベクトルとの差である電流差ベクトルを算出するステップと、

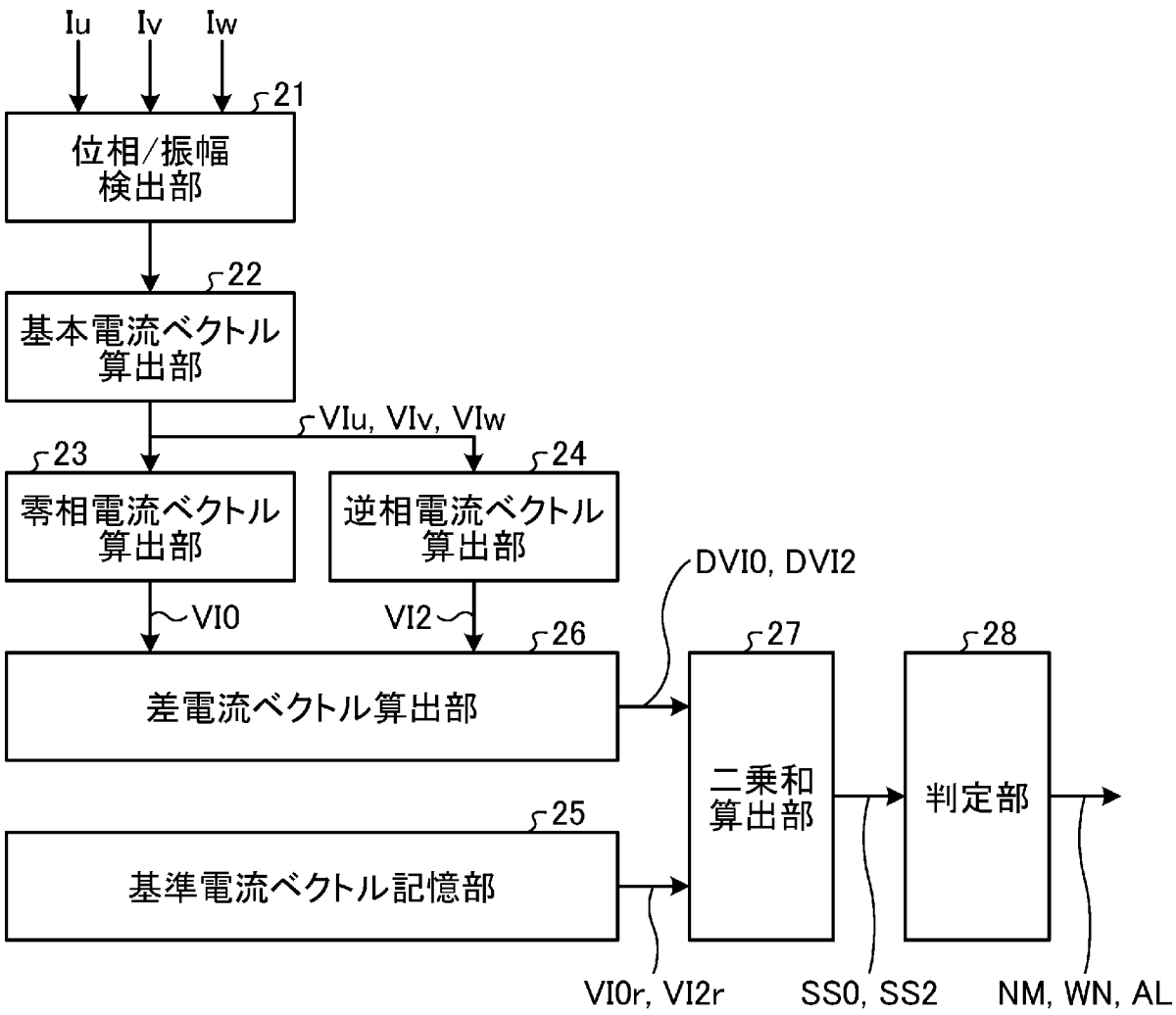
前記電流差ベクトルに基づいて、前記三相交流電動機の絶縁状態を判定するステップと、

を備えた絶縁診断方法。

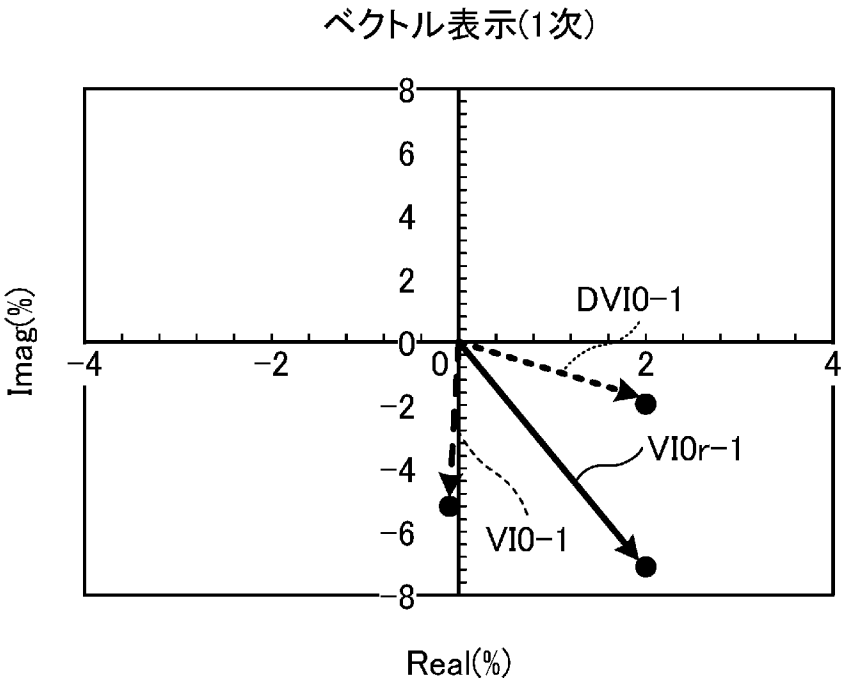
[図1]



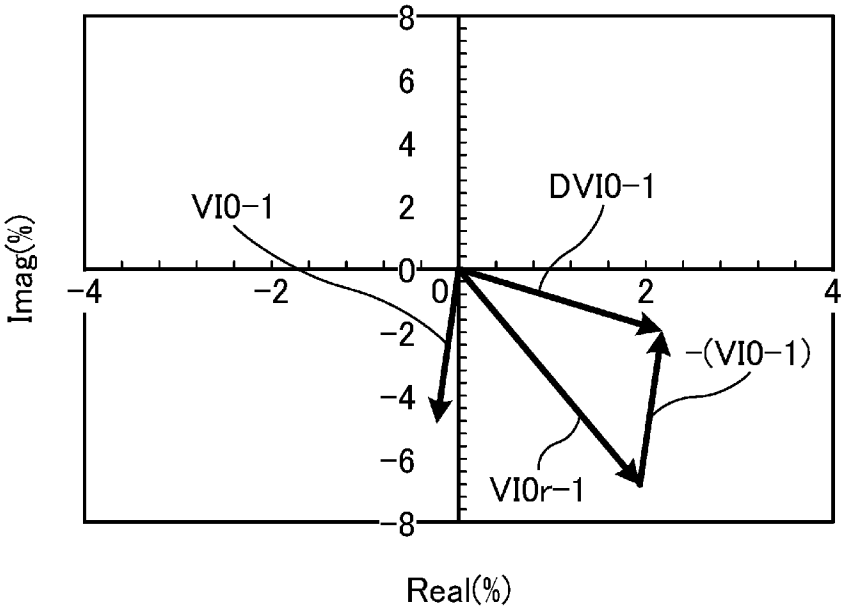
[図2]


Iu
Iv
Iw
21
位相/振幅
検出部
22
基本電流ベクトル
算出部
VIu, VIv, VIw
23
零相電流ベクトル
算出部
24
逆相電流ベクトル
算出部
VI0
VI2
26
差電流ベクトル算出部
DVI0, DVI2
27
二乗和
算出部
28
判定部
25
基準電流ベクトル記憶部
VI0r, VI2r
SS0, SS2
NM, WN, AL

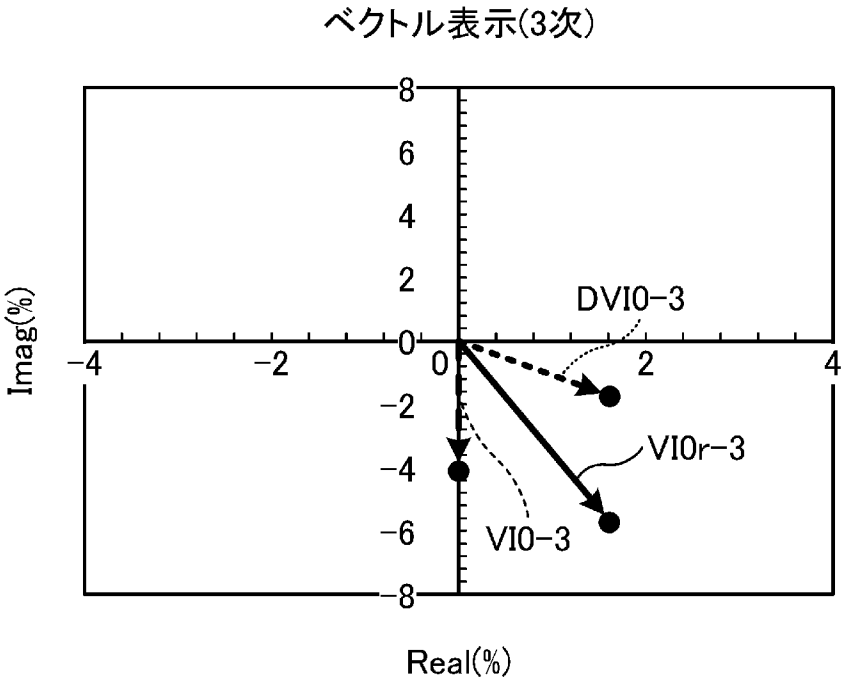
[図3]


ベクトル表示(1次)
8
6
4
2
0
−2
−4
−6
−8
−4
−2
0
2
4
Imag(%)
Real(%)
DVI0−1
VI0r−1
VI0−1

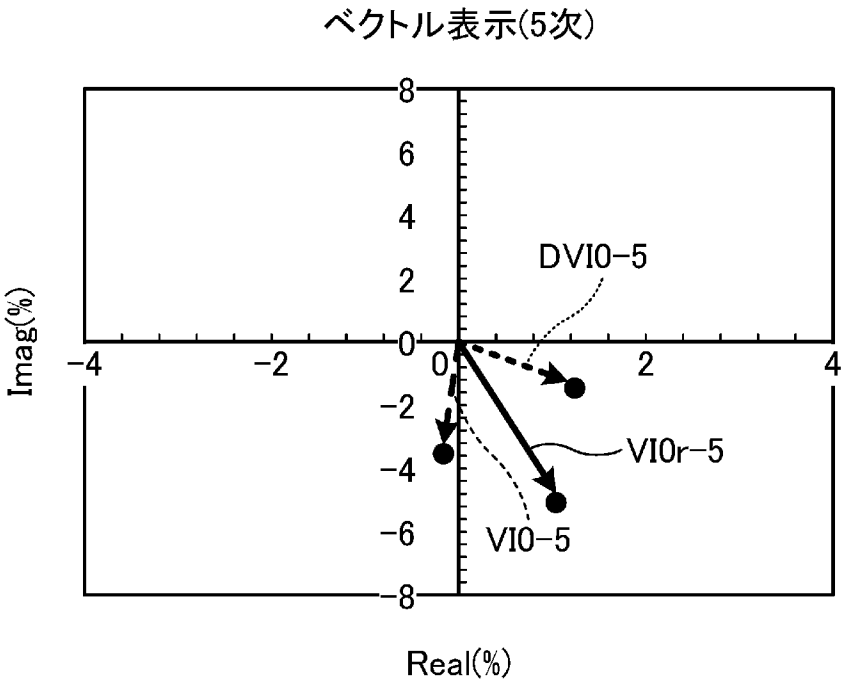
[図4]


8
6
4
2
0
−2
−4
−6
−8
−4
−2
0
2
4
Imag(%)
Real(%)
VI0−1
DVI0−1
−(VI0−1)
VI0r−1

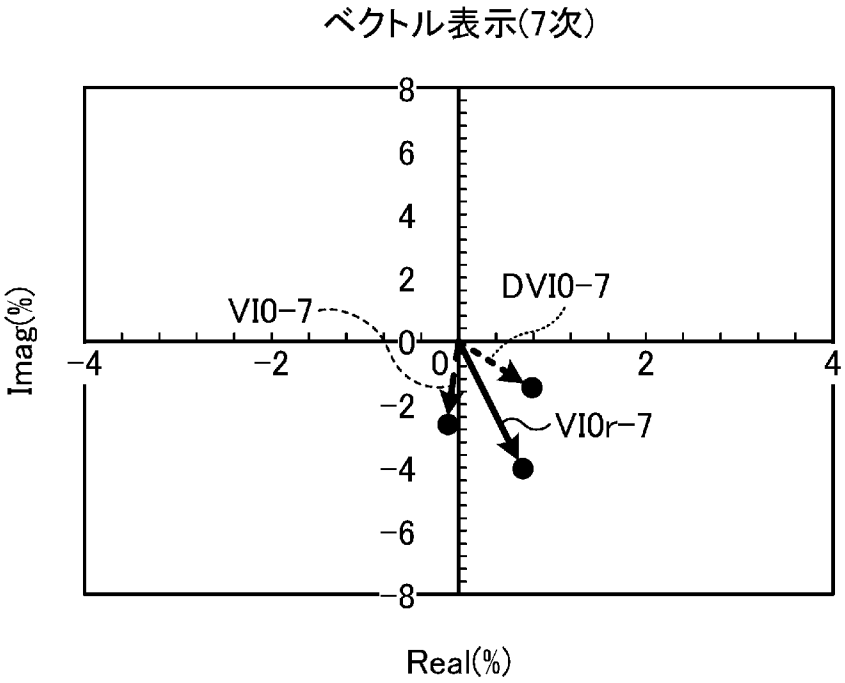
[図5]


ベクトル表示(3次)
8
6
4
2
0
−2
−4
−6
−8
−4
−2
0
2
4
Imag(%)
Real(%)
DVI0−3
VI0r−3
VI0−3

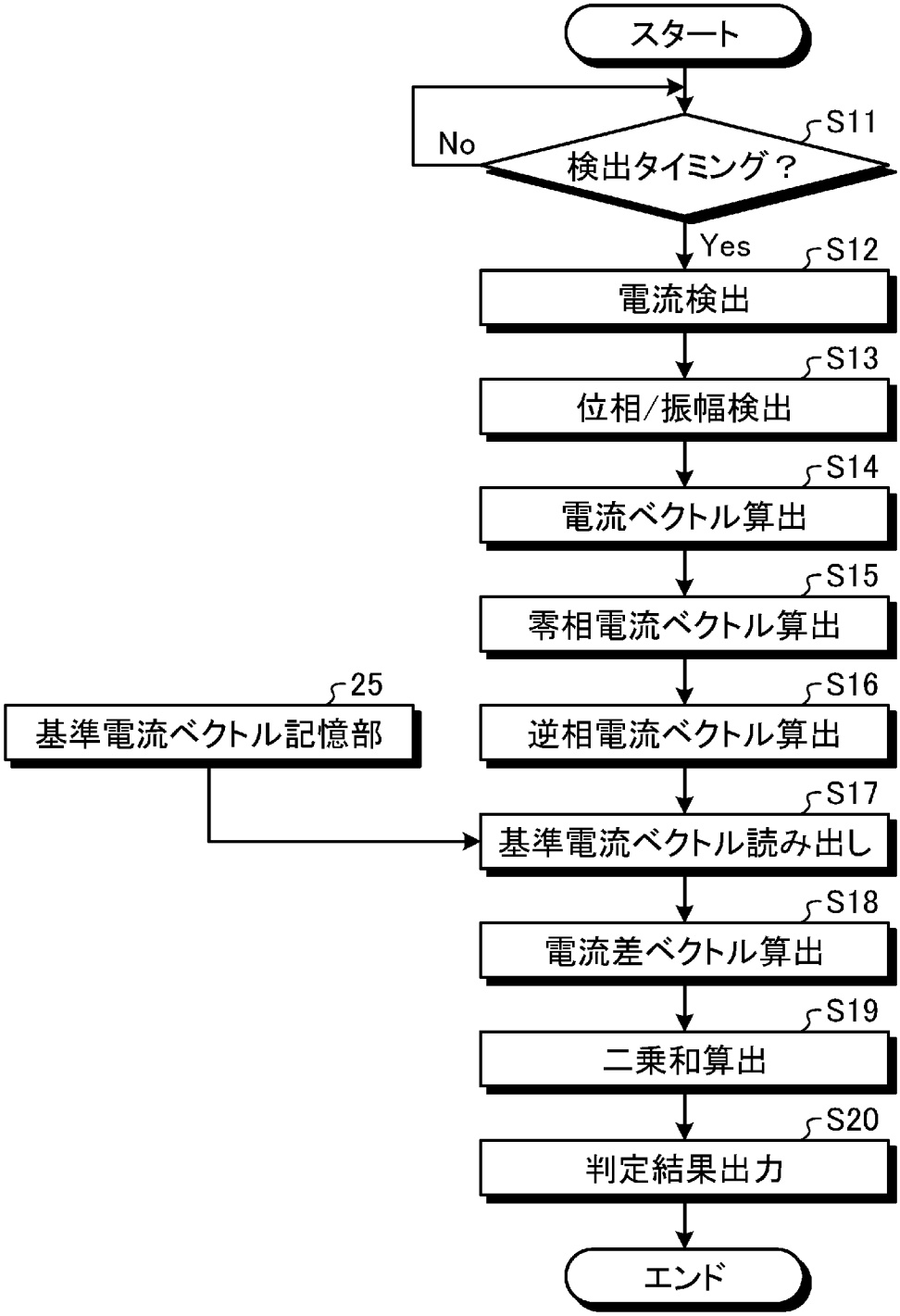
[図6]


ベクトル表示(5次)
8
6
4
2
0
−2
−4
−6
−8
−4
−2
0
2
4
Imag(%)
Real(%)
DVI0−5
VI0r−5
VI0−5

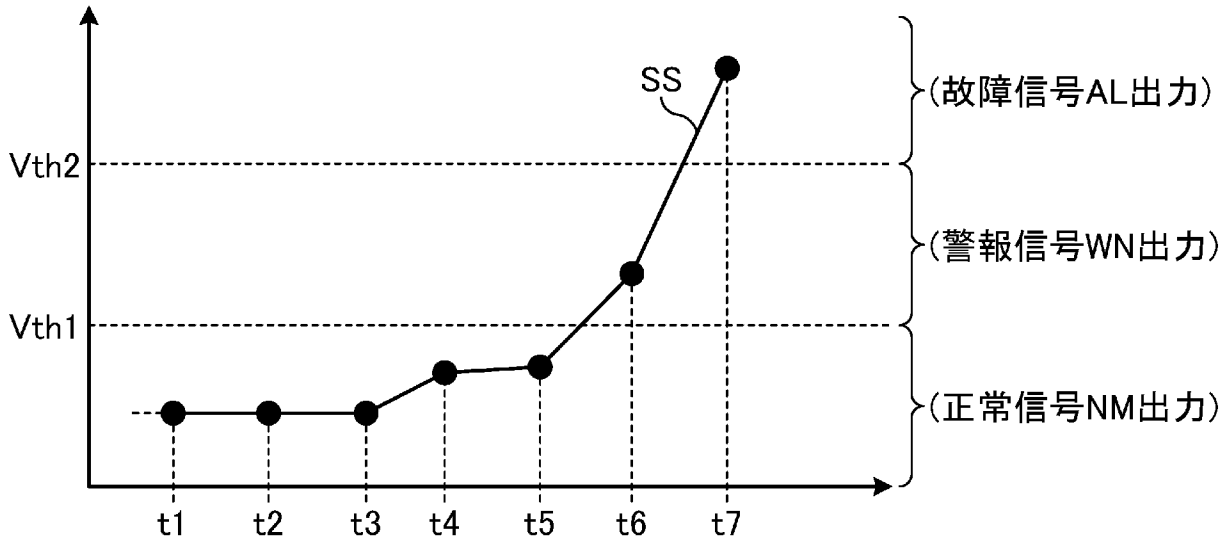
[図7]



[図8]


スタート
S11
No
検出タイミング？
Yes
S12
電流検出
S13
位相/振幅検出
S14
電流ベクトル算出
S15
零相電流ベクトル算出
25
基準電流ベクトル記憶部
S16
逆相電流ベクトル算出
S17
基準電流ベクトル読み出し
S18
電流差ベクトル算出
S19
二乗和算出
S20
判定結果出力
エンド

[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2022/027278

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01R 31/34(2020.01)i; ***G01R 31/12***(2020.01)i; ***G01R 31/52***(2020.01)i
FI: G01R31/34 A; G01R31/12 Z; G01R31/52

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01R31/34; G01R31/12; G01R31/52

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2022
Registered utility model specifications of Japan 1996-2022
Published registered utility model applications of Japan 1994-2022

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2013-130440 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 04 July 2013 (2013-07-04) entire text, all drawings	1-5
A	WO 2019/202651 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 24 October 2019 (2019-10-24) entire text, all drawings	1-5
A	JP 2019-180112 A (MITSUBISHI HEAVY IND., LIMITED) 17 October 2019 (2019-10-17) entire text, all drawings	1-5
A	US 6141196 A (GENERAL ELECTRIC COMPANY) 31 October 2000 (2000-10-31) entire text, all drawings	1-5
A	US 5270640 A (THE PENN STATE RESEARCH FOUNDATION) 14 December 1993 (1993-12-14) entire text, all drawings	1-5
A	JP 2017-15444 A (NIPPON STEEL & SUMIKIN TEXENG COMPANY, LIMITED) 19 January 2017 (2017-01-19) entire text, all drawings	1-5

☑ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
05 September 2022	**20 September 2022**
Name and mailing address of the ISA/JP **Japan Patent Office (ISA/JP)** **3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915** **Japan**	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2022/027278

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	岩永英樹, 電動機の零相電流分析による絶縁劣化兆候検出手法の研究, 早稲田大学審査学位論文(博士) [online], 早稲田大学大学院情報生産システム研究科, 2013, [retrieved on 01 September 2022], pages 87-97, Internet :<URL: https://core.ac.uk/download/pdf/144449519.pdf>, (WASEDA UNIVERSITY, GRADUATE SCHOOL OF INFORMATION, PRODUCTION AND SYSTEMS.), non-official translation (IWANAGA, Hideki. Research on a method for detecting signs of insulation deterioration using zero-sequence current analysis of motors. Waseda University Refereed Thesis (PhD).) pages 87-97	1-5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2022/027278

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2013-130440 A	04 July 2013	(Family: none)	
WO 2019/202651 A1	24 October 2019	EP 3783376 A1 entire text, all drawings KR 10-2020-0130405 A CN 111936874 A	
JP 2019-180112 A	17 October 2019	(Family: none)	
US 6141196 A	31 October 2000	(Family: none)	
US 5270640 A	14 December 1993	(Family: none)	
JP 2017-15444 A	19 January 2017	(Family: none)	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2022/027278

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

G01R 31/34(2020.01)i; G01R 31/12(2020.01)i; G01R 31/52(2020.01)i
FI: G01R31/34 A; G01R31/12 Z; G01R31/52

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

G01R31/34; G01R31/12; G01R31/52

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０２２年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２２年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２２年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー*	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
A	JP 2013-130440 A (三菱電機株式会社) 04.07.2013 (2013-07-04) 全文、全図	1-5
A	WO 2019/202651 A1 (三菱電機株式会社) 24.10.2019 (2019-10-24) 全文、全図	1-5
A	JP 2019-180112 A (三菱重工業株式会社) 17.10.2019 (2019-10-17) 全文、全図	1-5
A	US 6141196 A (GENERAL ELECTRIC COMPANY) 31.10.2000 (2000-10-31) 全文、全図	1-5
A	US 5270640 A (THE PENN STATE RESEARCH FOUNDATION) 14.12.1993 (1993-12-14) 全文、全図	1-5
A	JP 2017-15444 A (日鉄住金テックスエンジ株式会社) 19.01.2017 (2017-01-19) 全文、全図	1-5

☑ Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☑ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
“&” 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
05.09.2022	20.09.2022

名称及びあて先
日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

権限のある職員（特許庁審査官）
島田　保 2S 4004

電話番号 03-3581-1101 内線 3216

C.　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー*	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
A	岩永英樹，電動機の零相電流分析による絶縁劣化兆候検出手法の研究，早稲田大学審査学位論文（博士）[オンライン]，早稲田大学大学院情報生産システム研究科，2013 [検索日 2022.09.01]，p.87-p.97，インターネット：<URL: https://core.ac.uk/download/pdf/144449519.pdf> p.87-p.97	1-5

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2022/027278

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2013-130440 A	04.07.2013	（ファミリーなし）	
WO 2019/202651 A1	24.10.2019	EP 3783376 A1 全文、全図 KR 10-2020-0130405 A CN 111936874 A	
JP 2019-180112 A	17.10.2019	（ファミリーなし）	
US 6141196 A	31.10.2000	（ファミリーなし）	
US 5270640 A	14.12.1993	（ファミリーなし）	
JP 2017-15444 A	19.01.2017	（ファミリーなし）	