

(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2014-240767

(P2014-240767A)

(43) 公開日 平成26年12月25日(2014.12.25)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>GO1R 31/02 (2006.01)</b>	GO1R 31/02	2G014
<b>HO2H 3/16 (2006.01)</b>	HO2H 3/16	5G004

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 32 頁)

(21) 出願番号	特願2013-122619 (P2013-122619)	(71) 出願人	000005049 シャープ株式会社 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号
(22) 出願日	平成25年6月11日 (2013.6.11)	(74) 代理人	110001195 特許業務法人深見特許事務所
		(72) 発明者	佐藤 克彦 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シャープ株式会社内
		(72) 発明者	松井 亮二 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シャープ株式会社内
		(72) 発明者	川村 博史 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シャープ株式会社内
		Fターム(参考)	2G014 AA04 AB33 AC18 AC19 5G004 AA03 AB02 BA01 DA02

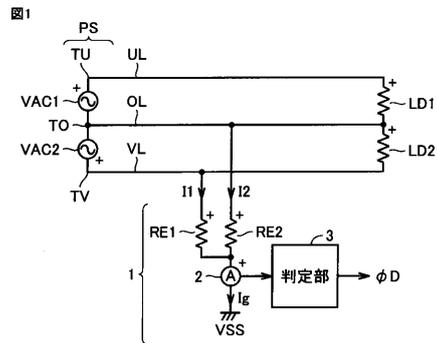
(54) 【発明の名称】 地絡検出装置

(57) 【要約】

【課題】非接地交流回路の地絡を正確に検出できる地絡検出装置を提供する。

【解決手段】地絡検出装置1は、単相3線式交流電源PSがU相線UL、中性線OL、およびV相線VLを介して負荷LD1、LD2に接続された非接地交流回路の地絡を検出する装置であり、同じ抵抗値を有する2つの抵抗素子RE1、RE2を備え、抵抗素子RE1、RE2の一方端子をそれぞれU相線ULおよび中性線OLに接続し、それらの他方端子を互いに接続したものである。地絡検出回路1は、さらに、抵抗素子RE1、RE2の他方端子と接地点との間に流れる電流I<sub>g</sub>の値を検出する電流検出器2を備え、電流I<sub>g</sub>の絶対値がしきい値I<sub>TH</sub>を越えた場合に地絡が発生したと判定する。したがって、U相線UL、中性線OL、およびV相線VLの地絡を検出できる。

【選択図】 図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

単相 3 線式交流電源が第 1 相線、中性線、および第 2 相線を介して負荷に接続された非接地交流回路の地絡を検出する地絡検出装置であって、

同じ抵抗値を有する第 1 および第 2 の抵抗素子を備え、

前記第 1 および第 2 の抵抗素子の一方端子はそれぞれ前記第 1 相線および前記中性線に接続され、それらの他方端子は互いに接続され、

さらに、前記第 1 および第 2 の抵抗素子の他方端子と接地点との間に流れる電流の値を検出する電流検出器を備え、

前記電流検出器の検出値が予め定められたしきい値を越えた場合に前記地絡が発生したと判定する、地絡検出装置。

10

**【請求項 2】**

単相 3 線式交流電源が第 1 相線、中性線、および第 2 相線を介して負荷に接続された非接地交流回路の地絡を検出する地絡検出装置であって、

互いに異なる抵抗値を有する第 1 および第 2 の抵抗素子を備え、

前記第 1 および第 2 の抵抗素子の一方端子はそれぞれ前記第 1 相線および前記第 2 相線に接続され、それらの他方端子は互いに接続され、

さらに、前記第 1 および第 2 の抵抗素子の他方端子と接地点との間に流れる電流の値を検出する電流検出器を備え、

前記電流検出器の検出値が予め定められたしきい値を越えた場合に前記地絡が発生したと判定する、地絡検出装置。

20

**【請求項 3】**

単相 3 線式交流電源が第 1 相線、中性線、および第 2 相線を介して負荷に接続された非接地交流回路の地絡を検出する地絡検出装置であって、

同じ抵抗値を有する第 1 ~ 第 3 の抵抗素子と、

交互にオンする第 1 および第 2 のスイッチング素子とを備え、

前記第 1 の抵抗素子および前記第 1 のスイッチング素子は前記第 1 相線と所定のノードとの間に直列接続され、

前記第 2 の抵抗素子および前記第 2 のスイッチング素子は前記第 2 相線と前記所定のノードとの間に直列接続され、

30

前記第 3 の抵抗素子は前記中性線と前記所定のノードとの間に接続され、

さらに、前記所定のノードと接地点との間に流れる電流の値を検出する電流検出器を備え、

前記電流検出器の検出値が予め定められたしきい値を越えた場合に前記地絡が発生したと判定する、地絡検出装置。

**【請求項 4】**

単相 3 線式交流電源が第 1 相線、中性線、および第 2 相線を介して負荷に接続された非接地交流回路の地絡を検出する地絡検出装置であって、

前記単相 3 線式交流電源は、

直流電源から正側直流母線および負側直流母線を介して供給される直流電力を交流電力に変換し、前記第 1 相線および前記第 2 相線を介して前記負荷に供給するインバータと、

40

前記正側直流母線および前記負側直流母線の間電圧を生成して前記中性線に与える分圧器とを含み、

前記地絡検出装置は、

同じ抵抗値を有する第 1 および第 2 の抵抗素子を備え、

前記第 1 の抵抗素子の一方端子は前記正側直流母線または前記負側直流母線に接続され、前記第 2 の抵抗素子の一方端子は前記中間電圧を受け、前記第 1 および第 2 の抵抗素子の他方端子は互いに接続され、

さらに、前記第 1 および第 2 の抵抗素子の他方端子と接地点との間に流れる電流の値を検出する電流検出器を備え、

50

前記電流検出器の検出値が予め定められたしきい値を越えた場合に前記地絡が発生したと判定する、地絡検出装置。

【請求項 5】

単相 3 線式交流電源が第 1 相線、中性線、および第 2 相線を介して負荷に接続された非接地交流回路の地絡を検出する地絡検出装置であって、

前記単相 3 線式交流電源は、

直流電源から正側直流母線および負側直流母線を介して供給される直流電力を交流電力に変換し、前記第 1 相線および前記第 2 相線を介して前記負荷に供給するインバータと、前記正側直流母線および前記負側直流母線の間電圧を生成して前記中性線に与える分圧器とを含み、

10

前記地絡検出装置は、

同じ抵抗値を有する第 1 ~ 第 3 の抵抗素子と、

交互にオンする第 1 および第 2 のスイッチング素子とを備え、

前記第 1 の抵抗素子および前記第 1 のスイッチング素子は前記正側直流母線と所定のノードとの間に直列接続され、

前記第 2 の抵抗素子および前記第 2 のスイッチング素子は前記負側直流母線と前記所定のノードとの間に直列接続され、

前記第 3 の抵抗素子の一方端子は前記中間電圧を受け、その他方端子は前記所定のノード間に接続され、

さらに、前記所定のノードと接地点との間に流れる電流の値を検出する電流検出器を備え、

20

前記電流検出器の検出値が予め定められたしきい値を越えた場合に前記地絡が発生したと判定する、地絡検出装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は地絡検出装置に関し、特に、単相 3 線式交流電源が第 1 相線、中性線、および第 2 相線を介して負荷に接続された非接地交流回路の地絡を検出する地絡検出装置に関する。

【背景技術】

30

【0002】

特許文献 1 には、直流電源が正側直流母線および負側直流母線を介して負荷に接続された非接地直流回路の地絡を検出する地絡検出装置が開示されている。この地絡検出装置は、同じ抵抗値を有する第 1 および第 2 の抵抗素子を備える。第 1 および第 2 の抵抗素子の一方端子はそれぞれ正側直流母線および負側直流母線に接続され、それらの他方端子は互いに接続されている。この地絡検出装置は、さらに、第 1 および第 2 の抵抗素子の他方端子と接地点との間に流れる電流の値を検出する電流検出器を備え、電流検出器の検出値が所定のしきい値を越えた場合に地絡が発生したと判定する。

【先行技術文献】

【特許文献】

40

【0003】

【特許文献 1】特開 2012 - 122986 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、単相 3 線式交流電源が第 1 相線、中性線、および第 2 相線を介して負荷に接続された非接地交流回路に特許文献 1 の地絡検出装置を適用し、第 1 および第 2 の抵抗素子の一方端子をそれぞれ第 1 相線および第 2 相線に接続することも考えられる。

【0005】

しかし、そのように接続した場合において中性線が地絡した場合は、第 1 相線から第 1

50

の抵抗素子、電流検出器、接地点、地絡点を介して中性線に流れる電流と、中性線から地絡点、接地点、電流検出器、第2の抵抗素子を介して第2相線に流れる電流とが互いに打ち消し合い、地絡を検出することができないという問題がある（図5参照）。

【0006】

それゆえに、この発明の主たる目的は、非接地交流回路の地絡を正確に検出することが可能な地絡検出装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

この発明に係る地絡検出装置は、単相3線式交流電源が第1相線、中性線、および第2相線を介して負荷に接続された非接地交流回路の地絡を検出する地絡検出装置であって、同じ抵抗値を有する第1および第2の抵抗素子を備える。第1および第2の抵抗素子の一方端子はそれぞれ第1相線および中性線に接続され、それらの他方端子は互いに接続されている。この地絡検出回路は、さらに、第1および第2の抵抗素子の他方端子と接地点との間に流れる電流の値を検出する電流検出器を備え、電流検出器の検出値が予め定められたしきい値を越えた場合に地絡が発生したと判定する。

10

【0008】

また、この発明に係る他の地絡検出装置は、単相3線式交流電源が第1相線、中性線、および第2相線を介して負荷に接続された非接地交流回路の地絡を検出する地絡検出装置であって、互いに異なる抵抗値を有する第1および第2の抵抗素子を備える。第1および第2の抵抗素子の一方端子はそれぞれ第1相線および第2相線に接続され、それらの他方端子は互いに接続されている。この地絡検出装置は、さらに、第1および第2の抵抗素子の他方端子と接地点との間に流れる電流の値を検出する電流検出器を備え、電流検出器の検出値が予め定められたしきい値を越えた場合に地絡が発生したと判定する。

20

【0009】

また、この発明に係るさらに他の地絡検出装置は、単相3線式交流電源が第1相線、中性線、および第2相線を介して負荷に接続された非接地交流回路の地絡を検出する地絡検出装置であって、同じ抵抗値を有する第1～第3の抵抗素子と、交互にオンする第1および第2のスイッチング素子とを備える。第1の抵抗素子および第1のスイッチング素子は第1相線と所定のノードとの間に直列接続され、第2の抵抗素子および第2のスイッチング素子は第2相線と所定のノードとの間に直列接続され、第3の抵抗素子は中性線と所定のノードとの間に接続される。この地絡検出装置は、さらに、所定のノードと接地点との間に流れる電流の値を検出する電流検出器を備え、電流検出器の検出値が予め定められたしきい値を越えた場合に地絡が発生したと判定する。

30

【0010】

また、この発明に係るさらに他の地絡検出装置は、単相3線式交流電源が第1相線、中性線、および第2相線を介して負荷に接続された非接地交流回路の地絡を検出する地絡検出装置であって、単相3線式交流電源は、直流電源から正側直流母線および負側直流母線を介して供給される直流電力を交流電力に変換し、第1相線および第2相線を介して負荷に供給するインバータと、正側直流母線および負側直流母線の間電圧を生成して中性線に与える分圧器とを含み、地絡検出装置は、同じ抵抗値を有する第1および第2の抵抗素子を備える。第1の抵抗素子の一方端子は正側直流母線または負側直流母線に接続され、第2の抵抗素子の一方端子は中間電圧を受け、第1および第2の抵抗素子の他方端子は互いに接続される。この地絡検出装置は、さらに、第1および第2の抵抗素子の他方端子と接地点との間に流れる電流の値を検出する電流検出器を備え、電流検出器の検出値が予め定められたしきい値を越えた場合に地絡が発生したと判定する。

40

【0011】

また、この発明に係るさらに他の地絡検出装置は、単相3線式交流電源が第1相線、中性線、および第2相線を介して負荷に接続された非接地交流回路の地絡を検出する地絡検出装置であって、単相3線式交流電源は、直流電源から正側直流母線および負側直流母線を介して供給される直流電力を交流電力に変換し、第1相線および第2相線を介して負荷

50

に供給するインバータと、正側直流母線および負側直流母線の間電圧を生成して中性線に与える分圧器とを含み、地絡検出装置は、同じ抵抗値を有する第1～第3の抵抗素子と、交互にオンする第1および第2のスイッチング素子とを備える。第1の抵抗素子および第1のスイッチング素子は正側直流母線と所定のノードとの間に直列接続され、第2の抵抗素子および第2のスイッチング素子は負側直流母線と所定のノードとの間に直列接続され、第3の抵抗素子の一方端子は中間電圧を受け、その他方端子は所定のノード間に接続される。この地絡検出装置は、さらに、所定のノードと接地点との間に流れる電流の値を検出する電流検出器を備え、電流検出器の検出値が予め定められたしきい値を越えた場合に地絡が発生したと判定する。

【発明の効果】

【0012】

この発明に係る地絡検出装置では、中性線の地絡も検出することができ、非接地交流回路の地絡を正確に検出することができる。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】この発明の実施の形態1による地絡検出装置の構成を示す回路ブロック図である。

【図2】図1に示した中性線が地絡した場合における地絡検出装置の動作を示す図である。

【図3】図2に示した電流 $I_1$ 、 $I_2$ 、 $I_g$ のシミュレーション結果を示すタイムチャートである。

【図4】図1に示したU相線が地絡した場合における地絡検出装置の動作を示す図である。

【図5】図4に示した電流 $I_1$ 、 $I_2$ 、 $I_g$ のシミュレーション結果を示すタイムチャートである。

【図6】図1に示したV相線が地絡した場合における地絡検出装置の動作を示す図である。

【図7】図6に示した電流 $I_1$ 、 $I_2$ 、 $I_g$ のシミュレーション結果を示すタイムチャートである。

【図8】実施の形態1の比較例を示す回路ブロック図である。

【図9】この発明の実施の形態2による地絡検出装置の構成を示す回路ブロック図である。

【図10】図9に示した中性線が地絡した場合における地絡検出装置の動作を示す図である。

【図11】図10に示した電流 $I_3$ 、 $I_4$ 、 $I_g$ のシミュレーション結果を示すタイムチャートである。

【図12】図9に示したU相線が地絡した場合における地絡検出装置の動作を示す図である。

【図13】図12に示した電流 $I_3$ 、 $I_4$ 、 $I_g$ のシミュレーション結果を示すタイムチャートである。

【図14】図9に示したV相線が地絡した場合における地絡検出装置の動作を示す図である。

【図15】この発明の実施の形態3による地絡検出装置の構成を示す回路ブロック図である。

【図16】図15に示した中性線が地絡した場合における地絡検出装置の動作を示す図である。

【図17】図15に示したU相線が地絡した場合における地絡検出装置の動作を示す図である。

【図18】図15に示したV相線が地絡した場合における地絡検出装置の動作を示す図である。

10

20

30

40

50

【図 19】この発明の実施の形態 4 による地絡検出装置の構成を示す回路ブロック図である。

【図 20】図 19 に示した中性線が地絡した場合における地絡検出装置の動作を示す図である。

【図 21】図 19 に示した U 相線が地絡した場合における地絡検出装置の動作を示す図である。

【図 22】図 19 に示した V 相線が地絡した場合における地絡検出装置の動作を示す図である。

【図 23】この発明の実施の形態 5 による地絡検出装置の構成を示す回路ブロック図である。

【図 24】図 23 に示した中性線が地絡した場合における地絡検出装置の動作を示す図である。

【図 25】図 23 に示した U 相線が地絡した場合における地絡検出装置の動作を示す図である。

【図 26】図 23 に示した V 相線が地絡した場合における地絡検出装置の動作を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0014】

[実施の形態 1]

本願発明の実施の形態 1 による地絡検出装置 1 は、図 1 に示すように、非接地交流回路の地絡を検出する装置であり、抵抗素子 RE1、RE2、電流検出器 2、および判定部 3 を備える。非接地交流回路は、単相 3 線式交流電源 PS、U 相線 UL、中性線 OL、V 相線 VL、および負荷 LD1、LD2 を備える。

【0015】

単相 3 線式交流電源 PS は、たとえば、変圧器の 2 次巻線を 2 つに等分割したものであり、U 相端子 TU、中性端子 TO、および V 相端子 TV を含む。端子 TU、TO 間の電圧は 100 (V) であり、端子 TV、TO 間の電圧は 100 (V) であり、端子 TU、TV 間の電圧は 200 (V) である。端子 TU、TO 間の交流電圧 VAC1 の位相と、端子 TV、TO 間の交流電圧 VAC2 の位相とは、互いに 180 度ずれている。

【0016】

U 相端子 TU は、U 相線 UL を介して負荷 LD1 の一方端子に接続される。中性端子 TO は、中性線 OL を介して負荷 LD1 の他方端子および負荷 LD2 の一方端子に接続される。V 相端子 TV は、V 相線 VL を介して負荷 LD2 の他方端子に接続される。U 相線 UL、中性線 OL、および V 相線 VL は、いずれも接地されていない。

【0017】

地絡検出装置 1 の抵抗素子 RE1、RE2 は、同じ抵抗値を有する。抵抗素子 RE1、RE2 の一方端子は、それぞれ V 相線 VL および中性線 OL に接続され、それらの他方端子は互いに接続されている。電流検出器 2 は、抵抗素子 RE1、RE2 の他方端子から接地電圧 VSS のライン (接地点) に流れる電流 Ig の瞬時値を検出し、その検出値を示す信号を判定部 3 に与える。接地電圧 VSS のラインは、たとえば自動車のシャーシである。

【0018】

判定部 3 は、電流検出器 2 の出力信号に基づいて、非接地交流回路において地絡事故が発生したか否かを示す地絡検出信号 D を生成する。地絡事故が発生していないために電流 Ig の瞬時値の絶対値が所定のしきい値 ITH よりも低い場合は、地絡検出信号 D は非活性化レベルの「L」レベルにされる。地絡事故が発生したために電流 Ig の瞬時値の絶対値が所定のしきい値 ITH を越えた場合は、地絡検出信号 D は活性化レベルの「H」レベルにされる。

【0019】

次に、地絡検出装置 1 の動作について説明する。V 相線 VL から抵抗素子 RE1 に流入

10

20

30

40

50

する電流を  $I_1$  とし、中性線  $OL$  から抵抗素子  $RE_2$  に流入する電流を  $I_2$  とする。また、抵抗素子  $RE_1$  ,  $RE_2$  の抵抗値をそれぞれ  $R_1$  ,  $R_2$  とする。 $R_1 = R_2$  であり、 $R_1$  ,  $R_2$  の各々はたとえば  $40$  (  $k$  ) である。また、交流電圧  $V_{AC1}$  ,  $V_{AC2}$  の実効値をそれぞれ  $V_{ac1}$  ,  $V_{ac2}$  とする。 $V_{ac1} = V_{ac2}$  であり、 $V_{ac1}$  ,  $V_{ac2}$  の各々は  $100$  (  $V$  ) である。

#### 【0020】

地絡事故が発生していない場合は、 $V$ 相線  $VL$  から抵抗素子  $RE_1$  ,  $RE_2$  を介して中性線  $OL$  に電流  $I = I_1 = -I_2 = V_{ac2} / (R_1 + R_2) = V_{ac2} / (2 \cdot R_1)$  が流れる。このとき  $I_g = I_1 + I_2 = 0$  (  $mA$  ) となる。したがって、 $|I_g| < I_{TH}$  となり、地絡検出信号  $D$  は非活性化レベルの「 $L$ 」レベルにされる。

10

#### 【0021】

図2(a)は、中性線  $OL$  のある箇所  $P_g$  が地絡した場合に流れる電流の経路を示す回路図である。図2(a)において、中性線  $OL$  のある箇所  $P_g$  が地絡すると、電流検出器2の負側端子と地絡点  $P_g$  の間に低インピーダンスの電流経路が形成され、 $V$ 相端子  $TV$  から  $V$ 相線  $VL$ 、抵抗素子  $RE_1$ 、電流検出器2、接地電圧  $VSS$  のライン、地絡点  $P_g$ 、中性線  $OL$  を介して中性端子  $TO$  に至る経路で電流が流れる。地絡経路のインピーダンスが  $0$  である場合、電流検出器2に流れる電流は  $I_g = V_{ac2} / R_1$  となる。

#### 【0022】

つまり、定常時に抵抗素子  $RE_1$  ,  $RE_2$  に流れる電流  $I_1$  ,  $I_2$  の最大で2倍の値の電流  $I_g$  が電流検出器2に流れることになる。通常は  $I_g = 0$  (  $mA$  ) であるので、電流検出器2にしきい値  $I_{TH}$  を越える値の電流が流れた場合、地絡が発生したと判定することが可能となる。なお、通常は負荷  $LD_1$  ,  $LD_2$  に供給される電流は  $I_g = V_{ac2} / R_1$  よりも十分に大きいので、中性線  $OL$  の地絡が発生しても負荷  $LD_1$  ,  $LD_2$  に供給される電流は変化せず、また、負荷  $LD_1$  ,  $LD_2$  の大きさによって地絡電流が変化することもない。

20

#### 【0023】

図2(b)および図3(a)~(c)は、中性線  $OL$  のある箇所  $P_g$  がある時刻において地絡した場合における電流  $I_1$  ,  $I_2$  ,  $I_g$  の時間変化のシミュレーション結果を示すタイムチャートである。図2(b)および図3(a)~(c)において、地絡事故が発生する前の通常時では、抵抗素子  $RE_1$  ,  $RE_2$  に流れる電流  $I_1$  ,  $I_2$  は互いに逆相になっており、 $I_g = I_1 + I_2 = 0$  (  $mA$  ) である。したがって、 $|I_g| < I_{TH}$  であり、地絡検出信号  $D$  は非活性化レベルの「 $L$ 」レベルにされる。

30

#### 【0024】

なお、図2(b)および図3(c)では、 $I_{TH} = 2$  (  $mA$  ) となっているが、これは図面が煩雑になるのを避けるために  $I_{TH} = 2$  (  $mA$  ) としただけであり、実際には、ノイズによる誤動作を避けることが可能であり、かつ  $U$ 相線  $UL$ 、中性線  $OL$ 、および  $V$ 相線  $VL$  の地絡事故を正確に検出することが可能な値に  $I_{TH}$  を設定すればよい。 $I_{TH}$  の値については、以下同様である。

#### 【0025】

ある時刻において中性線  $OL$  のある箇所  $P_g$  で地絡が発生すると、図2(a)で示した経路で電流が流れ、 $I_2 = 0$  (  $mA$  ) となり、 $I_g = I_1$  となり、 $I_g$  の瞬時値の絶対値がしきい値  $I_{TH}$  を越える。図1の判定部3は、 $I_g$  の瞬時値の絶対値がしきい値  $I_{TH}$  を越えたことに応じて地絡検出信号  $D$  を活性化レベルの「 $H$ 」レベルにし、地絡事故が発生したことを非接地交流回路の使用者に報知する。

40

#### 【0026】

図4(a)は、 $U$ 相線  $UL$  のある箇所  $P_g$  が地絡した場合に流れる電流の経路を示す回路図である。図4(a)において、 $U$ 相線  $UL$  のある箇所  $P_g$  が地絡すると、電流検出器2の負側端子と地絡点  $P_g$  の間に低インピーダンスの電流経路が形成され、 $V$ 相端子  $TV$  から  $V$ 相線  $VL$ 、抵抗素子  $RE_1$ 、電流検出器2、接地電圧  $VSS$  のライン、地絡点  $P_g$ 、 $U$ 相線  $UL$  を介して  $U$ 相端子  $TU$  に至る経路で電流  $I_1$  が流れる。また、中性端子  $TO$

50

から中性線OL、抵抗素子RE2、電流検出器2、接地電圧VSSのライン、地絡点Pg、U相線ULを介してU相端子TUに至る経路で電流I2が流れる。地絡経路のインピーダンスが0である場合、電流検出器2に流れる電流は $I_g = (V_{ac1} + V_{ac2}) / R_1 + V_{ac1} / R_2 = 3 \cdot V_{ac1} / R_1$ となる。

【0027】

つまり、定常時に抵抗素子RE1, RE2に流れる電流I1, I2の最大で6倍の値の電流I<sub>g</sub>が電流検出器2に流れることになる。通常は $I_g = 0$  (mA)であるので、電流検出器2にしきい値I<sub>TH</sub>を超える値の電流が流れた場合、地絡が発生したと判定することが可能となる。なお、通常は負荷LD1, LD2に供給される電流は $I_g = 3 \cdot V_{ac1} / R_1$ よりも十分に大きいので、中性線OLの地絡が発生しても負荷LD1, LD2に供給される電流は変化せず、また、負荷LD1, LD2の大きさによって地絡電流が変化することもない。

10

【0028】

図4(b)および図5(a)~(c)は、U相線ULのある箇所Pgがある時刻において地絡した場合における電流I1, I2, I<sub>g</sub>の時間変化のシミュレーション結果を示すタイムチャートである。図4(b)および図5(a)~(c)において、地絡事故が発生する前の通常時では、電流I1と電流I2は互いに逆相になっており、 $I_g = I_1 + I_2 = 0$  (mA)である。

【0029】

ある時刻においてU相線ULのある箇所Pgで地絡が発生すると、図4(a)で示した経路で電流が流れ、 $I_g = 3 \cdot V_{ac1} / R_1$ の瞬時値の絶対値がしきい値I<sub>TH</sub>を超える。図1の判定部3は、I<sub>g</sub>の瞬時値の絶対値がしきい値I<sub>TH</sub>を超えたことに応じて地絡検出信号Dを活性化レベルの「H」レベルにし、地絡事故が発生したことを非接地交流回路の使用者に報知する。

20

【0030】

図6(a)は、V相線VLのある箇所Pgが地絡した場合に流れる電流の経路を示す回路図である。図6(a)において、V相線VLのある箇所Pgが地絡すると、電流検出器2の負側端子と地絡点Pgの間に低インピーダンスの電流経路が形成され、V相端子TVからV相線VL、地絡点Pg、接地電圧VSSのライン、電流検出器2、抵抗素子RE2、中性線OLを介して中性端子TOに至る経路で電流が流れる。地絡経路のインピーダンスが0である場合、電流検出器2に流れる電流は $I_g = V_{ac2} / R_2$ となる。

30

【0031】

つまり、定常時に抵抗素子RE1, RE2に流れる電流I1, I2の最大で2倍の値の電流I<sub>g</sub>が電流検出器2に流れることになる。通常は $I_g = 0$  (mA)であるので、電流検出器2にしきい値I<sub>TH</sub>を超える値の電流が流れた場合、地絡が発生したと判定することが可能となる。なお、通常は負荷LD1, LD2に供給される電流は $I_g = V_{ac2} / R_2$ よりも十分に大きいので、V相線VLの地絡が発生しても負荷LD1, LD2に供給される電流は変化せず、また、負荷LD1, LD2の大きさによって地絡電流が変化することもない。

【0032】

図6(b)および図7(a)~(c)は、V相線VLのある箇所Pgがある時刻において地絡した場合における電流I1, I2, I<sub>g</sub>の時間変化のシミュレーション結果を示すタイムチャートである。図6(b)および図7(a)~(c)において、地絡事故が発生する前の通常時では、電流I1と電流I2は互いに逆相になっており、 $I_g = I_1 + I_2 = 0$  (mA)である。

40

【0033】

ある時刻においてV相線VLのある箇所Pgで地絡が発生すると、図6(a)で示した経路で電流が流れ、 $I_1 = 0$  (mA)となり、 $I_g = I_2$ となり、 $I_g = V_{ac2} / R_2$ の瞬時値の絶対値がしきい値I<sub>TH</sub>を超える。図1の判定部3は、I<sub>g</sub>の瞬時値の絶対値がしきい値I<sub>TH</sub>を超えたことに応じて地絡検出信号Dを活性化レベルの「H」レベル

50

にし、地絡事故が発生したことを非接地交流回路の使用者に報知する。

【 0 0 3 4 】

図 8 は、実施の形態 1 の比較例を示す回路ブロック図であって、図 1 と対比される図である。図 8 を参照して、比較例が実施の形態 1 と異なる点は、抵抗素子  $RE_2$  の一方端子が U 相線  $UL$  に接続されている点である。図 8 では、中性線  $OL$  のある箇所  $P_g$  が地絡した状態が示されている。この場合、V 相端子  $TV$  から V 相線  $VL$ 、抵抗素子  $RE_1$ 、電流検出器 2、接地電圧  $VSS$  のライン、地絡点  $P_g$ 、中性線  $OL$  を介して中性端子  $TO$  に至る経路で電流  $I_1$  が流れる。また、中性端子  $TO$  から中性線  $OL$ 、地絡点  $P_g$ 、接地電圧  $VSS$  のライン、電流検出器 2、抵抗素子  $RE_2$ 、U 相線  $UL$  を介して U 相端子  $TU$  に至る経路で電流 ( $-I_2$ ) が流れる。電流検出器 2 に流れる電流は  $I_g = I_1 - I_2 = 0$  (mA) となり、地絡を検出することはできない。

10

【 0 0 3 5 】

以上のように、実施の形態 1 では、同じ抵抗値  $R_1$ 、 $R_2$  を有する抵抗素子  $RE_1$ 、 $RE_2$  の一方端子をそれぞれ V 相線  $VL$  および中性線  $OL$  に接続し、抵抗素子  $RE_1$ 、 $RE_2$  の他方端子と接地点との間に電流検出器 2 を接続し、電流検出器 2 に流れる電流  $I_g$  がしきい値  $I_{TH}$  を越えた場合に地絡が発生したと判別する。したがって、U 相線  $UL$ 、V 相線  $VL$ 、および中性線  $OL$  のいずれが地絡した場合でも地絡の発生を検出することができる。

【 0 0 3 6 】

また、高い抵抗値  $R_1$ 、 $R_2$  を有する抵抗素子  $RE_1$ 、 $RE_2$  を使用することにより、1 点地絡が発生したときに人の体内を電流が流れたとしても、人体に危機的な影響を及ぼすこともなく、地絡を検出することが可能となる。

20

【 0 0 3 7 】

すなわち、実施の形態 1 において地絡事故が発生した場合に最も大きな電流が流れるのは、U 相線  $UL$  が地絡したときであり、このときの電流が人体に悪影響を及ぼさないように抵抗素子  $RE_1$ 、 $RE_2$  の抵抗値  $R_1$ 、 $R_2$  を設定する。たとえば、 $V_{ac1} = V_{ac2} = 100$  (V)、 $R_1 = R_2$  とすると、 $I_g = V_{ac1} / R_2 + (V_{ac1} + V_{ac2}) / R_1 = 300 / R_1$  (RMS : root mean square value) となる。人体に悪影響を及ぼさない電流値を  $10$  (mA) 未満とすると、 $R_1 > 30$  (k $\Omega$ ) であればよいことになる。また、 $R_1 = 30$  (k $\Omega$ ) とした場合、V 相線  $VL$  または中性線  $OL$  が地絡したときは、 $10$  (mA) の  $1/3$  である  $3.3$  (mA) の電流が人体に流れる。

30

【 0 0 3 8 】

なお、この実施の形態 1 では、抵抗素子  $RE_1$ 、 $RE_2$  の一方端子をそれぞれ V 相線  $VL$  および中性線  $OL$  に接続したが、抵抗素子  $RE_1$ 、 $RE_2$  の一方端子をそれぞれ U 相線  $UL$  および中性線  $OL$  に接続しても同じ効果が得られることは言うまでもない。

【 0 0 3 9 】

[ 実施の形態 2 ]

図 9 は、この発明の実施の形態 2 による地絡検出装置 5 の構成を示す回路ブロック図であって、図 1 と対比される図である。図 9 を参照して、この地絡検出装置 5 が図 1 の地絡検出装置 1 と異なる点は、抵抗素子  $RE_1$ 、 $RE_2$  がそれぞれ抵抗素子  $RE_3$ 、 $RE_4$  で置換され、抵抗素子  $RE_3$ 、 $RE_4$  の一方端子がそれぞれ V 相線  $VL$  および U 相線  $UL$  に接続されている点である。また、抵抗素子  $RE_3$  の抵抗値  $R_3$  と抵抗素子  $RE_4$  の抵抗値  $R_4$  とは、互いに異なる値である。たとえば、 $R_3$  は  $30$  (k $\Omega$ ) であり、 $R_4$  は  $60$  (k $\Omega$ ) である。

40

【 0 0 4 0 】

次に、地絡検出装置 5 の動作について説明する。V 相線  $VL$  から抵抗素子  $RE_3$  に流入する電流を  $I_3$  とし、U 相線  $UL$  から抵抗素子  $RE_4$  に流入する電流を  $I_4$  とする。地絡事故が発生していない場合において V 相線  $VL$  の電圧が U 相線  $UL$  の電圧よりも高いとき、V 相線  $VL$  から抵抗素子  $RE_3$ 、 $RE_4$  を介して U 相線  $UL$  に電流  $I = I_3 = -I_4 = 2 \cdot V_{ac1} / (R_3 + R_4)$  が流れる。このとき  $I_g = I_3 + I_4 = 0$  (mA) となる

50

。したがって、 $|I_g| < |I_{TH}|$ となり、地絡検出信号  $D$  は非活性化レベルの「L」レベルにされる。

【0041】

図10(a)は、中性線OLのある箇所Pgが地絡した場合に流れる電流の経路を示す回路図である。図10(a)において、中性線OLのある箇所Pgが地絡すると、電流検出器2の負側端子と地絡点Pgの間に低インピーダンスの電流経路が形成される。これにより、V相端子TVからV相線VLおよび抵抗素子RE1に流れる電流I3が、抵抗素子RE4を介してU相線ULに至る第1経路と、電流検出器2、接地電圧VSSのライン、地絡点Pgを介して中性線OLに至る第2経路とに分流される。地絡経路のインピーダンスが0である場合、電流検出器2に流れる電流は $I_g = V_{ac2} / R_3 - V_{ac1} / R_4 = 100 \cdot (R_4 - R_3) / (R_3 \cdot R_4)$ となる。

10

【0042】

つまり、 $R_3 = R_4$ のとき $I_g = 0$  (mA)となり、電流検出器2に電流が流れる。通常は $I_g = 0$  (mA)であるので、電流検出器2にしきい値 $I_{TH}$ を越える値の電流が流れた場合、地絡が発生したと判定することが可能となる。なお、通常は負荷LD1, LD2に供給される電流は $I_g = 100 \cdot (R_4 - R_3) / (R_3 \cdot R_4)$ よりも十分に大きいので、中性線OLの地絡が発生しても負荷LD1, LD2に供給される電流は変化せず、また、負荷LD1, LD2の大きさによって地絡電流が変化することもない。

【0043】

図10(b)および図11(a)~(c)は、中性線OLのある箇所Pgがある時刻において地絡した場合における電流I3, I4, Igの時間変化のシミュレーション結果を示すタイムチャートである。図10(b)および図11(a)~(c)において、地絡事故が発生する前の通常時では、電流I3と電流I4は互いに逆相になっており、 $I_g = I_3 + I_4 = 0$  (mA)である。

20

【0044】

ある時刻において中性線OLのある箇所Pgで地絡が発生すると、図10(a)で示した経路で電流が流れ、Igの瞬時値の絶対値がしきい値 $I_{TH}$ を越える。図9の判定部3は、Igの瞬時値の絶対値がしきい値 $I_{TH}$ を越えたことに応じて地絡検出信号Dを活性化レベルの「H」レベルにし、地絡事故が発生したことを非接地交流回路の使用者に報知する。

30

【0045】

図12(a)は、U相線ULのある箇所Pgが地絡した場合に流れる電流の経路を示す回路図である。図12(a)において、U相線ULのある箇所Pgが地絡すると、電流検出器2の負側端子と地絡点Pgの間に低インピーダンスの電流経路が形成され、V相端子TVからV相線VL、抵抗素子RE3、電流検出器2、接地電圧VSSのライン、地絡点Pg、U相線ULを介してU相端子TUに至る経路で電流I3が流れる。地絡経路のインピーダンスが0である場合、電流検出器2に流れる電流は $I_g = (V_{ac1} + V_{ac2}) / R_3 = 2 \cdot V_{ac1} / R_3$ となる。

【0046】

定常時に抵抗素子RE1, RE2に流れる電流I3, I4の最大で3倍の値の電流Igが電流検出器2に流れることになる。通常は $I_g = 0$  (mA)であるので、電流検出器2にしきい値 $I_{TH}$ を越える値の電流が流れた場合、地絡が発生したと判定することが可能となる。なお、通常は負荷LD1, LD2に供給される電流は $I_g = 2 \cdot V_{ac1} / R_3$ よりも十分に大きいので、U相線ULの地絡が発生しても負荷LD1, LD2に供給される電流は変化せず、また、負荷LD1, LD2の大きさによって地絡電流が変化することもない。

40

【0047】

図12(b)および図13(a)~(c)は、U相線ULのある箇所Pgがある時刻において地絡した場合における電流I3, I4, Igの時間変化のシミュレーション結果を示すタイムチャートである。図12(b)および図13(a)~(c)において、地絡事

50

故が発生する前の通常時では、電流  $I_3$  と電流  $I_4$  は互いに逆相になっており、 $I_g = I_3 + I_4 = 0$  (mA) である。

【0048】

ある時刻においてU相線  $U_L$  のある箇所  $P_g$  で地絡が発生すると、図12(a)で示した経路で電流が流れ、 $I_g = 2 \cdot V_{ac1} / R_3$  の瞬時値の絶対値がしきい値  $I_{TH}$  を越える。図9の判定部3は、 $I_g$  の瞬時値の絶対値がしきい値  $I_{TH}$  を越えたことに応じて地絡検出信号  $D$  を活性化レベルの「H」レベルにし、地絡事故が発生したことを非接地交流回路の使用者に報知する。

【0049】

図14(a)は、V相線  $V_L$  のある箇所  $P_g$  が地絡した場合に流れる電流の経路を示す回路図である。図14(a)において、V相線  $V_L$  のある箇所  $P_g$  が地絡すると、電流検出器2の負側端子と地絡点  $P_g$  の間に低インピーダンスの電流経路が形成され、V相端子  $T_V$  からV相線  $V_L$ 、地絡点  $P_g$ 、接地電圧  $V_{SS}$  のライン、電流検出器2、抵抗素子  $R_{E4}$ 、U相線  $U_L$  を介してU相端子  $T_U$  に至る経路で電流が流れる。地絡経路のインピーダンスが0である場合、電流検出器2に流れる電流は  $I_g = 2 \cdot V_{ac2} / R_4$  となる。

10

【0050】

つまり、定常時に抵抗素子  $R_{E1}$ 、 $R_{E2}$  に流れる電流  $I_3$ 、 $I_4$  の最大で3倍の値の電流  $I_g$  が電流検出器2に流れることになる。通常は  $I_g = 0$  (mA) であるので、電流検出器2にしきい値  $I_{TH}$  を越える値の電流が流れた場合、地絡が発生したと判定することが可能となる。なお、通常は負荷  $LD_1$ 、 $LD_2$  に供給される電流は  $I_g = 2 \cdot V_{ac2} / R_4$  よりも十分に大きいので、中性線  $O_L$  の地絡が発生しても負荷  $LD_1$ 、 $LD_2$  に供給される電流は変化せず、また、負荷  $LD_1$ 、 $LD_2$  の大きさによって地絡電流が変化することもない。

20

【0051】

図14(b)は、V相線  $V_L$  のある箇所  $P_g$  がある時刻において地絡した場合における電流  $I_3$ 、 $I_4$ 、 $I_g$  の時間変化のシミュレーション結果を示すタイムチャートである。図14(b)において、地絡事故が発生する前の通常時では、電流  $I_3$  と電流  $I_4$  は互いに逆相になっており、 $I_g = I_3 + I_4 = 0$  (mA) である。

【0052】

ある時刻においてV相線  $V_L$  のある箇所  $P_g$  で地絡が発生すると、図14(a)で示した経路で電流が流れ、 $I_3 = 0$  (mA) となり、 $I_g = I_4$  となり、 $I_g = 2 \cdot V_{ac2} / R_4$  の瞬時値の絶対値がしきい値  $I_{TH}$  を越える。図9の判定部3は、 $I_g$  の瞬時値の絶対値がしきい値  $I_{TH}$  を越えたことに応じて地絡検出信号  $D$  を活性化レベルの「H」レベルにし、地絡事故が発生したことを非接地交流回路の使用者に報知する。

30

【0053】

この実施の形態2では、互いに異なる抵抗値  $R_3$ 、 $R_4$  を有する抵抗素子  $R_{E3}$ 、 $R_{E4}$  の一方端子をそれぞれV相線  $V_L$  およびU相線  $U_L$  に接続し、抵抗素子  $R_{E3}$ 、 $R_{E4}$  の他方端子と接地点との間に電流検出器2を接続し、電流検出器2に流れる電流  $I_g$  がしきい値  $I_{TH}$  を越えた場合に地絡が発生したと判別する。したがって、U相線  $U_L$ 、V相線  $V_L$ 、および中性線  $O_L$  のいずれが地絡した場合でも地絡の発生を検出することができる。

40

【0054】

また、高い抵抗値を有する抵抗素子  $R_{E3}$ 、 $R_{E4}$  を使用することにより、1点地絡が発生したときに人の体内を電流が流れたとしても、人体に危機的な影響を及ぼすこともなく、地絡を検出することが可能となる。

【0055】

すなわち、実施の形態2において地絡事故が発生した場合に最も大きな電流が流れるのは、U相線  $U_L$  が地絡したときであり、このときの電流が人体に悪影響を及ぼさないように抵抗素子  $R_{E3}$ 、 $R_{E4}$  の抵抗値  $R_3$ 、 $R_4$  を設定する。たとえば、 $V_{ac1} = V_{ac}$

50

2 = 100 (V) とすると、 $I_g = (V_{ac1} + V_{ac2}) / R_3 = 200 / R_3$  (RMS) となる。人体に悪影響を及ぼさない電流値を 10 (mA) 未満とすると、 $R_3 > 20$  (k)、 $R_4 > 20$  (k) であればよいことになる。また、 $R_3 = 30$  (k)、 $R_4 = 60$  (k) とすると、0 相の地絡電流は、 $100 \times (60 - 30) / 30 \times 60 = 1.67$  (mA) となる。

【0056】

なお、 $R_3 + R_4 = R_1 + R_2$  である場合、通常時に抵抗素子に流れる電流は実施の形態 2 の方が大きくなり、抵抗素子で消費される消費電力は大きくなる。

【0057】

また、地絡が発生する相によって電流検出器 2 に流れる電流  $I_g$  が異なるため、高精度の電流検出器 2 が必要となる。上記例では 1.67 (mA) の電流を計測できる電流検出器 2 が必要となる。

10

【0058】

[実施の形態 3]

図 15 は、この発明の実施の形態 3 による地絡検出装置 10 の構成を示す回路ブロック図であって、図 1 と対比される図である。図 15 を参照して、この地絡検出装置 10 が図 1 の地絡検出装置 1 と異なる点は、抵抗素子  $RE_1$ 、 $RE_2$  が抵抗素子  $RE_5 \sim RE_7$  で置換され、スイッチ  $SW_1$ 、 $SW_2$  およびパルス信号発生器 11 が追加されている点である。

【0059】

スイッチ  $SW_1$  および抵抗素子  $RE_5$  は、V 相線  $VL$  とノード  $N_1$  の間に直列接続される。抵抗素子  $RE_6$  は、中性線  $OL$  とノード  $N_1$  の間に接続される。スイッチ  $SW_2$  および抵抗素子  $RE_7$  は、U 相線  $UL$  とノード  $N_1$  の間に直列接続される。電流検出器 2 は、ノード  $N_1$  と接地電圧  $VSS$  のラインとの間に接続される。抵抗素子  $RE_5 \sim RE_7$  は、同じ抵抗値を有する。

20

【0060】

スイッチ  $SW_1$ 、 $SW_2$  は、それぞれパルス信号発生器 11 からのパルス信号 1、2 によって制御される。スイッチ  $SW_1$  は、信号 1 が「H」レベルである場合はオンし、信号 1 が「L」レベルである場合はオフする。スイッチ  $SW_2$  は、信号 2 が「H」レベルである場合はオンし、信号 2 が「L」レベルである場合はオフする。

30

【0061】

パルス信号発生器 11 は、所定の周期でパルス信号 1 を所定時間だけ「H」レベルにするとともに、所定の周期でパルス信号 2 を所定時間だけ「H」レベルにする。パルス信号 2 が「L」レベルである期間内にパルス信号 1 が所定時間だけ「H」レベルにされ、パルス信号 1 が「L」レベルである期間内にパルス信号 2 が所定時間だけ「H」レベルにされる。スイッチ  $SW_1$ 、 $SW_2$  は、交互にオンされ、同時にオンすることはない。スイッチ  $SW_1$ 、 $SW_2$  は、地絡検出に必要な時間より充分短い間隔でオン/オフされる。

【0062】

スイッチ  $SW_1$  がオンするとともにスイッチ  $SW_2$  がオフした場合は、地絡検出装置 10 は地絡検出装置 1 と同じ構成になる。スイッチ  $SW_1$  がオフするとともにスイッチ  $SW_2$  がオンした場合は、地絡検出装置 10 は地絡検出装置 1 の U 相と V 相を入れ替えただけで地絡検出装置 1 と同じ回路構成になる。地絡が発生した時点から所定時間以内で検出するためには、スイッチ  $SW_1$ 、 $SW_2$  の両方がオフである時間を所定時間よりも十分小さい時間に設定すればよい。

40

【0063】

次に、地絡検出装置 10 の動作について説明する。V 相線  $VL$  から抵抗素子  $RE_5$  に流入する電流を  $I_5$  とし、中性線  $OL$  から抵抗素子  $RE_6$  に流入する電流を  $I_6$  とし、U 相線  $UL$  から抵抗素子  $RE_7$  に流入する電流を  $I_7$  とする。また、抵抗素子  $RE_5 \sim RE_7$  の抵抗値をそれぞれ  $R_5 \sim R_7$  とする。 $R_5 = R_6 = R_7$  であり、 $R_5$ 、 $R_6$ 、 $R_7$  の各

50

々はたとえば40(k)である。

【0064】

地絡事故が発生していない場合においてスイッチSW1がオンしているときは、V相線VLからスイッチSW1および抵抗素子RE5, RE6を介して中性線OLに電流 $I_5 = -I_6 = V_{ac2} / (R_5 + R_6) = V_{ac1} / (2 \cdot R_6)$ が流れる。このとき $I_g = I_5 + I_6 = 0$ (mA)となる。したがって、 $|I_g| < I_{TH}$ となり、地絡検出信号Dは非活性化レベルの「L」レベルにされる。

【0065】

同様に、地絡事故が発生していない場合においてスイッチSW2がオンしているときは、U相線VLからスイッチSW2および抵抗素子RE7, RE6を介して中性線OLに電流 $I_7 = -I_6 = V_{ac1} / (R_6 + R_7) = V_{ac1} / (2 \cdot R_6)$ が流れる。このとき $I_g = I_5 + I_6 = 0$ (mA)となる。したがって、 $|I_g| < I_{TH}$ となり、地絡検出信号Dは非活性化レベルの「L」レベルにされる。

【0066】

地絡事故が発生していない場合においてスイッチSW1, SW2の両方がオフしているときは、抵抗素子RE5~RE7に電流は流れず、 $I_5 \sim I_7, I_g$ はともに0(mA)となる。したがって、 $|I_g| < I_{TH}$ となり、地絡検出信号Dは非活性化レベルの「L」レベルにされる。

【0067】

図16(a)~(d)は、中性線OLのある箇所Pgがある時刻において地絡した場合における電流 $I_5 \sim I_7, I_g$ の時間変化のシミュレーション結果を示すタイムチャートである。図16(e)(f)は、スイッチSW1, SW2のオン/オフ状態を示すタイムチャートである。スイッチSW1がオンしている場合は、地絡検出装置10は地絡検出装置1と同じ構成になり、電流 $I_5, I_6, I_g$ は図2(a)(b)および図3(a)~(c)で示した電流 $I_1, I_2, I_g$ と同様に変化する。スイッチSW1は所定周期で所定時間ずつオンし、電流 $I_5, I_6, I_g$ はスイッチSW1がオンしているときだけ流れるので、電流 $I_5, I_6, I_g$ の各々もスイッチSW1にตอบสนองしてパルス状に変化する。

【0068】

スイッチSW2がオンしている場合は、地絡検出装置10は地絡検出装置1のV相とU相を入れ換えた構成になり、電流 $I_6, I_7, I_g$ は図2(a)(b)および図3(a)~(c)で示した電流 $I_1, I_2, I_g$ と同様に変化する。スイッチSW2は所定周期で所定時間ずつオンし、電流 $I_6, I_7, I_g$ はスイッチSW2がオンしているときだけ流れるので、電流 $I_6, I_7, I_g$ の各々もスイッチSW2にตอบสนองしてパルス状に変化する。

【0069】

地絡事故が発生する前の通常時では、電流 $I_5$ と電流 $I_6$ は互いに逆相になっており、 $I_g = I_5 + I_6 = 0$ (mA)である。また、電流 $I_6$ と電流 $I_7$ は互いに逆相になっており、 $I_g = I_6 + I_7 = 0$ (mA)である。ある時刻において中性線OLのある箇所Pgで地絡が発生すると、 $I_6 = 0$ (mA)となり、 $I_g = I_5 = V_{ac2} / R_{E5}$ または $I_g = I_7 = V_{ac1} / R_{E7}$ となる。したがって、 $I_g$ の瞬時値の絶対値がしきい値 $I_{TH}$ を越え、地絡検出信号Dは活性化レベルの「H」レベルにされる。

【0070】

図17(a)~(d)は、U相線ULのある箇所Pgがある時刻において地絡した場合における電流 $I_5 \sim I_7, I_g$ の時間変化のシミュレーション結果を示すタイムチャートである。図17(e)(f)は、スイッチSW1, SW2のオン/オフ状態を示すタイムチャートである。スイッチSW1がオンしている場合は、地絡検出装置10は地絡検出装置1と同じ構成になり、電流 $I_5, I_6, I_g$ は図4(a)(b)および図5(a)~(c)で示した電流 $I_1, I_2, I_g$ と同様に変化する。スイッチSW1は所定周期で所定時間ずつオンし、電流 $I_5, I_6, I_g$ はスイッチSW1がオンしているときだけ流れるので、電流 $I_5, I_6, I_g$ の各々もスイッチSW1にตอบสนองしてパルス状に変化する。

## 【 0 0 7 1 】

スイッチ S W 2 がオンしている場合は、地絡検出装置 1 0 は地絡検出装置 1 の V 相と U 相を入れ換えた構成になり、電流  $I_6$  ,  $I_7$  ,  $I_g$  は図 6 ( a ) ( b ) および図 7 ( a ) ~ ( c ) で示した電流  $I_2$  ,  $I_1$  ,  $I_g$  と同様に变化する。スイッチ S W 2 は所定周期で所定時間ずつオンし、電流  $I_6$  ,  $I_7$  ,  $I_g$  はスイッチ S W 2 がオンしているときだけ流れるので、電流  $I_6$  ,  $I_7$  ,  $I_g$  の各々もスイッチ S W 2 に応答してパルス状に変化する。

## 【 0 0 7 2 】

地絡事故が発生する前の通常時では、電流  $I_5$  と電流  $I_6$  は互いに逆相になっており、 $I_g = I_5 + I_6 = 0$  ( m A ) である。また、電流  $I_6$  と電流  $I_7$  は互いに逆相になっており、 $I_g = I_6 + I_7 = 0$  ( m A ) である。

10

## 【 0 0 7 3 】

ある時刻において U 相線 U L のある箇所 P g で地絡が発生すると、 $I_7 = 0$  ( m A ) となり、スイッチ S W 1 がオンしているときは  $I_g = V_{ac1} / R_6 + ( V_{ac1} + V_{ac2} ) / R_5$  となり、スイッチ S W 2 がオンしているときは  $I_g = V_{ac1} / R_6$  となり、スイッチ S W 1 , S W 2 がともにオフしているときは  $I_g = V_{ac1} / R_6$  となる。したがって、 $I_g$  の瞬時値の絶対値がしきい値 I T H を越え、地絡検出信号 D は活性化レベルの「H」レベルにされる。

## 【 0 0 7 4 】

図 1 8 ( a ) ~ ( d ) は、V 相線 V L のある箇所 P g がある時刻において地絡した場合における電流  $I_5$  ~  $I_7$  ,  $I_g$  の時間変化のシミュレーション結果を示すタイムチャートである。図 1 8 ( e ) ( f ) は、スイッチ S W 1 , S W 2 のオン/オフ状態を示すタイムチャートである。スイッチ S W 1 がオンしている場合は、地絡検出装置 1 0 は地絡検出装置 1 と同じ構成になり、電流  $I_5$  ,  $I_6$  ,  $I_g$  は図 6 ( a ) ( b ) および図 7 ( a ) ~ ( c ) で示した電流  $I_1$  ,  $I_2$  ,  $I_g$  と同様に变化する。スイッチ S W 1 は所定周期で所定時間ずつオンし、電流  $I_5$  ,  $I_6$  ,  $I_g$  はスイッチ S W 1 がオンしているときだけ流れるので、電流  $I_5$  ,  $I_6$  ,  $I_g$  の各々もスイッチ S W 1 に応答してパルス状に変化する。

20

## 【 0 0 7 5 】

スイッチ S W 2 がオンしている場合は、地絡検出装置 1 0 は地絡検出装置 1 の V 相と U 相を入れ換えた構成になり、電流  $I_6$  ,  $I_7$  ,  $I_g$  は図 4 ( a ) ( b ) および図 5 ( a ) ~ ( c ) で示した電流  $I_2$  ,  $I_1$  ,  $I_g$  と同様に变化する。スイッチ S W 2 は所定周期で所定時間ずつオンし、電流  $I_6$  ,  $I_7$  ,  $I_g$  はスイッチ S W 2 がオンしているときだけ流れるので、電流  $I_6$  ,  $I_7$  ,  $I_g$  の各々もスイッチ S W 2 に応答してパルス状に変化する。

30

## 【 0 0 7 6 】

地絡事故が発生する前の通常時では、電流  $I_5$  と電流  $I_6$  は互いに逆相になっており、 $I_g = I_5 + I_6 = 0$  ( m A ) である。また、電流  $I_6$  と電流  $I_7$  は互いに逆相になっており、 $I_g = I_6 + I_7 = 0$  ( m A ) である。

## 【 0 0 7 7 】

ある時刻において V 相線 V L のある箇所 P g で地絡が発生すると、 $I_5 = 0$  ( m A ) となり、スイッチ S W 1 がオンしているときは  $I_g = V_{ac2} / R_6$  となり、スイッチ S W 2 がオンしているときは  $I_g = V_{ac1} / R_6 + ( V_{ac1} + V_{ac2} ) / R_7$  となり、スイッチ S W 1 , S W 2 がともにオフしているときは  $I_g = V_{ac1} / R_6$  となる。したがって、 $I_g$  の瞬時値の絶対値がしきい値 I T H を越え、地絡検出信号 D は活性化レベルの「H」レベルにされる。

40

## 【 0 0 7 8 】

上述したように実施の形態 1 では、地絡する箇所によって、電流検出器 2 に流れる電流  $I_g$  が異なるため、電流  $I_g$  が小さい場合でも電流  $I_g$  を検知することが可能な高精度な電流検出器 2 が必要である。これに対して本実施の形態 3 では、スイッチ S W 1 , S W 2 を交互にオンさせるので、スイッチ S W 1 , S W 2 のうちのどちらかのスイッチがオンさ

50

れたときに必ず電流  $I_g$  が大きな値になる。このため、高精度な電流検出器 2 は不要となり、装置の低コスト化を図ることができる。

【0079】

また、スイッチ  $SW_1$  ,  $SW_2$  の両方がオフ状態である場合は、抵抗素子  $RE_5 \sim RE_7$  に電流が流れないので、その間の電力消費を削減することができ、消費電力の低減化を図ることができる。

【0080】

[実施の形態 4]

図 19 は、この発明の実施の形態 4 による地絡検出装置 20 の構成を示す回路ブロック図である。図 19 において、地絡検出装置 20 は、非接地交流回路の地絡を検出する装置 10 であり、抵抗素子  $RE_{11}$  ,  $RE_{12}$ 、電流検出器 2、および判定部 3 を備える。非接地交流回路は、直流電源 21、抵抗素子  $RE_{13}$ 、コンデンサ  $C_1 \sim C_4$ 、トランジスタ  $Q_1 \sim Q_4$ 、ダイオード  $D_1 \sim D_4$ 、ドライバ  $DR_1 \sim DR_4$ 、PWM コントローラ 22、リアクトル  $L_1 \sim L_4$ 、および負荷  $LD_1$  ,  $LD_2$  を備える。また、非接地交流回路は、正側直流母線  $PL$ 、負側直流母線  $NL$ 、直流中性点  $NP$ 、U 相線  $UL$ 、中性線  $OL$ 、および V 相線  $VL$  を備える。

【0081】

直流電源 21 は、正極と負極の間に直流電圧  $V_{DC}$  を出力する。正側直流母線  $PL$  は直流電源 21 の正極に接続され、負側直流母線  $NL$  は直流電源 21 の負極に接続される。コンデンサ  $C_1$  は、正側直流母線  $PL$  と直流中性点  $NP$  の間に接続される。コンデンサ  $C_2$  は、直流中性点  $NP$  と負側直流母線  $NL$  の間に接続される。コンデンサ  $C_1$  ,  $C_2$  は、直流電圧  $V_{DC}$  を等分割して直流中性点  $NP$  の電圧を  $V_{DC}/2$  にする分圧器を構成する。また、コンデンサ  $C_1$  ,  $C_2$  は、正側直流母線  $PL$  と負側直流母線  $NL$  の間の直流電圧を安定化させる。抵抗素子  $RE_{13}$  は、直流中性点  $NP$  と負側直流母線  $NL$  の間に接続され、直流中性点  $NP$  の電圧を直流母線  $PL$  ,  $NL$  の中間電圧  $V_{DC}/2$  に調整するために設けられている。

【0082】

トランジスタ  $Q_1$  ,  $Q_3$  のコレクタはともに正側直流母線  $PL$  に接続され、それらのエミッタはそれぞれ出力ノード  $N_2$  ,  $N_3$  に接続される。トランジスタ  $Q_2$  ,  $Q_4$  のコレクタはそれぞれ出力ノード  $N_2$  ,  $N_3$  に接続され、それらのエミッタはともに負側直流母線  $NL$  に接続される。ダイオード  $D_1 \sim D_4$  は、それぞれトランジスタ  $Q_1 \sim Q_4$  に逆並列に接続される。

【0083】

PWM (Pulse Width Modulation : パルス幅変調) コントローラ 22 は、ドライバ  $DR_1 \sim DR_4$  を介してトランジスタ  $Q_1 \sim Q_4$  のゲート電圧を PWM 制御し、直流母線  $PL$  ,  $NL$  間の直流電圧を交流電圧に変換させる。すなわち、トランジスタ  $Q_1 \sim Q_4$ 、ダイオード  $D_1 \sim D_4$ 、ドライバ  $DR_1 \sim DR_4$ 、および PWM コントローラ 22 は、直流電力を交流電力に変換するインバータを構成する。

【0084】

リアクトル  $L_1 \sim L_3$  の一方端子はそれぞれ出力ノード  $N_3$ 、直流中性点  $NP$ 、および出力ノード  $N_2$  に接続され、それらの他方端子はそれぞれ U 相線  $UL$ 、中性線  $OL$ 、および V 相線  $VL$  の一方端に接続される。コンデンサ  $C_3$  は、リアクトル  $L_1$  ,  $L_2$  の他方端子間に接続される。コンデンサ  $C_4$  は、リアクトル  $L_2$  ,  $L_3$  の他方端子間に接続される。負荷  $LD_1$  は、U 相線  $UL$  の他方端と中性線  $OL$  の他方端との間に接続される。負荷  $LD_2$  は、中性線  $OL$  の他方端と V 相線  $VL$  の他方端との間に接続される。なお、リアクトル  $L_2$  を除去して、直流中性点  $NP$  と中性線  $OL$  を直接接続しても構わない。図 20 ~ 図 22 のシュミレーション結果は、リアクトル  $L_2$  が無い場合の結果である。

【0085】

リアクトル  $L_1 \sim L_3$  およびコンデンサ  $C_3$  ,  $C_4$  は、インバータで生成された交流電圧を負荷  $LD_1$  ,  $LD_2$  に通過させ、インバータで発生するスイッチング周波数のノイズ

10

20

30

40

50

が負荷LD1, LD2に通過するのを防止する低域通過フィルタを構成する。また、リアクトルL1~L3およびコンデンサC3, C4は、インバータで生成されたパルス電圧列を正弦波状の交流電圧に変換して負荷LD1, LD2に与える。

【0086】

地絡検出装置20の抵抗素子RE11, RE12は、同じ抵抗値を有する。抵抗素子RE11, RE12の一方端子は、それぞれ正側直流母線PLおよび直流中性点NPに接続され、それらの他方端子は互いに接続されている。電流検出器2は、抵抗素子RE11, RE12の他方端子から接地電圧VSSのライン(接地点)に流れる電流Igの瞬時値を検出し、その検出値を示す信号を判定部3に与える。接地電圧VSSのラインは、たとえば自動車のシャーシである。

10

【0087】

判定部3は、電流検出器2の出力信号に基づいて、非接地交流回路において地絡事故が発生したか否かを示す地絡検出信号Dを生成する。地絡事故が発生していないために電流Igの瞬時値の絶対値が所定のしきい値ITHよりも低い場合は、地絡検出信号Dは非活性化レベルの「L」レベルにされる。地絡事故が発生したために電流Igの瞬時値の絶対値が所定のしきい値ITHを越えた場合は、地絡検出信号Dは活性化レベルの「H」レベルにされる。

【0088】

次に、地絡検出装置20の動作について説明する。正側直流母線PLから抵抗素子RE11に流入する電流をI11とし、直流中性点NPから抵抗素子RE12に流入する電流をI12とする。また、抵抗素子RE11, RE12の抵抗値をそれぞれR11, R12とする。R11=R12であり、R11, R12はたとえば20(k)である。なお、抵抗素子RE13の抵抗値をR13とすると、R13=R11+R12である。

20

【0089】

地絡事故が発生していない場合は、正側直流母線PLから抵抗素子RE11, RE12を介して直流中性点NPに電流 $I = I_{11} = -I_{12} = (V_{DC} / 2) / (R_{11} + R_{12}) = V_{DC} / (4 \cdot R_{11})$ が流れる。このとき $I_g = I_{11} + I_{12} = 0$ (mA)となる。したがって、 $|I_g| < I_{TH}$ となり、地絡検出信号Dは非活性化レベルの「L」レベルにされる。

【0090】

図20は、中性線OLのある箇所Pgがある時刻において地絡した場合における電流Igの時間変化のシミュレーション結果を示すタイムチャートである。図20において、地絡事故が発生する前の通常時では、抵抗素子RE11, RE12に流れる電流I11, I12は互いに逆極性になっており、 $I_g = I_{11} + I_{12} = 0$ (mA)である。

30

【0091】

ある時刻において中性線OLのある箇所Pgで地絡が発生すると、電流検出器2の負側端子と地絡点Pgの間に低インピーダンスの電流経路が形成され、正側直流母線PLから抵抗素子RE11、電流検出器2、接地電圧VSSのライン、地絡点Pgを介して中性線OLに至る経路で電流が流れる。地絡経路のインピーダンスが0である場合、電流検出器2に流れる電流は $I_g = V_{DC} / (2 \cdot R_{11})$ となり、Igの瞬時値の絶対値がしきい値ITHを越える。図19の判定部3は、Igの瞬時値の絶対値がしきい値ITHを越えたことに応じて地絡検出信号Dを活性化レベルの「H」レベルにし、地絡事故が発生したことを非接地交流回路の使用者に報知する。

40

【0092】

つまり、定常時に抵抗素子RE1, RE2に流れる電流I11, I12の最大で4倍の値の電流Igが電流検出器2に流れることになる。通常は $I_g = 0$ (mA)であるので、電流検出器2にしきい値ITHを越える値の電流が流れた場合、地絡が発生したと判定することが可能となる。なお、通常は負荷LD1, LD2に供給される電流は $I_g = V_{DC} / R_{11}$ よりも十分に大きいので、中性線OLの地絡が発生しても負荷LD1, LD2に供給される電流は変化せず、また、負荷LD1, LD2の大きさによって地絡電流が変化

50

することもない。

【0093】

図21は、U相線ULのある箇所Pgがある時刻において地絡した場合における電流Igの時間変化のシミュレーション結果を示すタイムチャートである。図21において、地絡事故が発生する前の通常時では、抵抗素子RE11, RE12に流れる電流I11, I12は互いに逆極性になっており、 $I_g = I_{11} + I_{12} = 0$  (mA)である。

【0094】

ある時刻においてU相線ULのある箇所Pgで地絡が発生すると、電流検出器2の負側端子と地絡点Pgの間に低インピーダンスの電流経路が形成され、正側直流母線PLから抵抗素子RE11、電流検出器2、接地電圧VSSのライン、地絡点Pgを介してU相線ULに至る経路で電流が流れる。地絡経路のインピーダンスが0である場合、電流検出器2に流れる電流の平均値は $I_g = V_{DC} / (2 \cdot R_{11})$ となる。なお、地絡のタイミングによっては、Igの絶対値がVTHを越えない場合もある。図19の判定部3は、Igの瞬時値の絶対値がしきい値ITHを超えたことに応じて地絡検出信号Dを活性化レベルの「H」レベルにし、地絡事故が発生したことを非接地交流回路の使用者に報知する。

10

【0095】

図22は、V相線VLのある箇所Pgがある時刻において地絡した場合における電流Igの時間変化のシミュレーション結果を示すタイムチャートである。図22において、地絡事故が発生する前の通常時では、抵抗素子RE11, RE12に流れる電流I11, I12は互いに逆極性になっており、 $I_g = I_{11} + I_{12} = 0$  (mA)である。

20

【0096】

ある時刻においてV相線VLのある箇所Pgで地絡が発生すると、電流検出器2の負側端子と地絡点Pgの間に低インピーダンスの電流経路が形成され、正側直流母線PLから抵抗素子RE11、電流検出器2、接地電圧VSSのライン、地絡点Pgを介してV相線VLに至る経路で電流が流れる。地絡経路のインピーダンスが0である場合、電流検出器2に流れる電流の平均値は $I_g = V_{DC} / (2 \cdot R_{11})$ となる。図22では、地絡発生時ではしきい値ITH以上の電流Igが流れず、所定時間Txの経過後に電流Igの絶対値がしきい値ITHを超えている。なお、地絡のタイミングによっては、Igの絶対値がかなり大きくなる場合がある。

30

【0097】

[実施の形態5]

図23は、この発明の実施の形態5による地絡検出装置25の構成を示す回路ブロック図であって、図19と対比される図である。図23を参照して、この地絡検出装置25が図19の地絡検出装置20と異なる点は、抵抗素子RE11, RE12が抵抗素子RE21~RE23で置換され、スイッチSW1, SW2およびパルス信号発生器11が追加されている点である。

【0098】

スイッチSW1および抵抗素子RE21は、正側直流母線PLとノードN5の間に直列接続される。抵抗素子RE22は、直流中性点NPとノードN5の間に接続される。スイッチSW2および抵抗素子RE23は、負側直流母線NLとノードN5の間に直列接続される。電流検出器2は、ノードN5と接地電圧VSSのライン(接地点)との間に接続される。抵抗素子RE21~RE23は、同じ抵抗値を有する。

40

【0099】

スイッチSW1, SW2は、それぞれパルス信号発生器11からのパルス信号1, 2によって制御される。スイッチSW1は、信号1が「H」レベルである場合はオンし、信号1が「L」レベルである場合はオフする。スイッチSW2は、信号2が「H」レベルである場合はオンし、信号2が「L」レベルである場合はオフする。

【0100】

パルス信号発生器11は、所定の周期でパルス信号1を所定時間だけ「H」レベルに

50

するとともに、所定の周期でパルス信号 2 を所定時間だけ「H」レベルにする。パルス信号 2 が「L」レベルである期間内にパルス信号 1 が所定時間だけ「H」レベルにされ、パルス信号 1 が「L」レベルである期間内にパルス信号 2 が所定時間だけ「H」レベルにされる。スイッチ S W 1 , S W 2 は、交互にオンされ、同時にオンすることはない。スイッチ S W 1 , S W 2 は、地絡検出に必要な時間より充分短い間隔でオン/オフされる。

#### 【 0 1 0 1 】

スイッチ S W 1 がオンするとともにスイッチ S W 2 がオフした場合は、地絡検出装置 2 5 は地絡検出装置 2 0 と同じ構成になる。スイッチ S W 1 がオフするとともにスイッチ S W 2 がオンした場合は、地絡検出装置 2 5 は地絡検出装置 2 0 の正側直流母線 P L と負側直流母線 N L を入れ替えだけで地絡検出装置 2 0 と同じ回路構成になる。地絡が発生した時点から所定時間以内で検出するためには、スイッチ S W 1 , S W 2 の両方がオフである時間を所定時間よりも十分小さい時間に設定すればよい。

10

#### 【 0 1 0 2 】

次に、地絡検出装置 2 5 の動作について説明する。正側直流母線 P L から抵抗素子 R E 2 1 に流入する電流を  $I_{21}$  とし、直流中性点 N P から抵抗素子 R E 2 2 に流入する電流を  $I_{22}$  とし、負側直流母線 N L から抵抗素子 R E 2 3 に流入する電流を  $I_{23}$  とする。また、抵抗素子 R E 2 1 ~ R E 2 3 の抵抗値をそれぞれ  $R_{21} \sim R_{23}$  とする。 $R_{21} = R_{22} = R_{23}$  であり、 $R_{21}$  ,  $R_{22}$  ,  $R_{23}$  の各々はたとえば  $40 (k)$  である。

20

#### 【 0 1 0 3 】

地絡事故が発生していない場合においてスイッチ S W 1 がオンしているときは、正側直流母線 P L からスイッチ S W 1 および抵抗素子 R E 2 1 , R E 2 2 を介して直流中性点 N P に電流  $I = I_{21} = -I_{22} = (V_{DC} / 2) / (R_{21} + R_{22}) = V_{DC} / (4 \cdot R_{22})$  が流れる。このとき  $I_g = I_{21} + I_{22} = 0 (mA)$  となる。したがって、 $|I_g| < I_{TH}$  となり、地絡検出信号 D は非活性化レベルの「L」レベルにされる。

#### 【 0 1 0 4 】

同様に、地絡事故が発生していない場合においてスイッチ S W 2 がオンしているときは、直流中性点 N P からスイッチ S W 2 および抵抗素子 R E 2 2 , R E 2 3 を介して負側直流母線 N L に電流  $I = I_{22} = -I_{23} = (V_{DC} / 2) / (R_{22} + R_{23}) = V_{DC} / (4 \cdot R_{22})$  が流れる。このとき  $I_g = I_{22} + I_{23} = 0 (mA)$  となる。したがって、 $|I_g| < I_{TH}$  となり、地絡検出信号 D は非活性化レベルの「L」レベルにされる。

30

#### 【 0 1 0 5 】

地絡事故が発生していない場合においてスイッチ S W 1 , S W 2 の両方がオフしているときは、抵抗素子 R E 2 1 ~ R E 2 3 に電流は流れず、 $I_{21} \sim I_{23}$  ,  $I_g$  はともに  $0 (mA)$  となる。したがって、 $|I_g| < I_{TH}$  となり、地絡検出信号 D は非活性化レベルの「L」レベルにされる。

#### 【 0 1 0 6 】

図 2 4 ( a ) ~ ( d ) は、中性線 O L のある箇所 P g がある時刻において地絡した場合における電流  $I_{21} \sim I_{23}$  ,  $I_g$  の時間変化のシミュレーション結果を示すタイムチャートである。図 2 4 ( e ) ( f ) は、スイッチ S W 1 , S W 2 のオン/オフ状態を示すタイムチャートである。スイッチ S W 1 がオンしている場合は、地絡検出装置 2 5 は地絡検出装置 2 0 と同じ構成になる。スイッチ S W 1 は所定周期で所定時間ずつオンし、電流  $I_{21}$  ,  $I_{22}$  ,  $I_g$  はスイッチ S W 1 がオンしているときだけ流れるので、電流  $I_{21}$  ,  $I_{22}$  ,  $I_g$  の各々もスイッチ S W 1 に応答してパルス状に変化する。

40

#### 【 0 1 0 7 】

スイッチ S W 2 がオンしている場合は、地絡検出装置 2 5 は地絡検出装置 2 0 の正側直流母線 P L と負側直流母線 N L を入れ換えた構成になる。スイッチ S W 2 は所定周期で所定時間ずつオンし、電流  $I_{22}$  ,  $I_{23}$  ,  $I_g$  はスイッチ S W 2 がオンしているときだけ流れるので、電流  $I_{22}$  ,  $I_{23}$  ,  $I_g$  の各々もスイッチ S W 2 に応答してパルス状に変

50

化する。

【 0 1 0 8 】

地絡事故が発生する前の通常時では、電流  $I_{21}$  と電流  $I_{22}$  は互いに逆極性になっており、 $I_g = I_{21} + I_{22} = 0$  (mA) である。また、電流  $I_{22}$  と電流  $I_{23}$  は互いに逆極性になっており、 $I_g = I_{22} + I_{23} = 0$  (mA) である。ある時刻において中性線 OL のある箇所 Pg で地絡が発生すると、 $I_6 = 0$  (mA) となり、 $I_g = I_5 = V_{DC} / (2 \cdot R_{21})$  または  $I_g = -I_7 = -V_{DC} / (2 \cdot R_{23})$  となる。したがって、 $I_g$  の瞬時値の絶対値がしきい値  $I_{TH}$  を越え、地絡検出信号 D は活性化レベルの「H」レベルにされる。

【 0 1 0 9 】

図 25 (a) ~ (d) は、U 相線 UL のある箇所 Pg がある時刻において地絡した場合における電流  $I_{21} \sim I_{23}$  ,  $I_g$  の時間変化のシミュレーション結果を示すタイムチャートである。図 25 (e) (f) は、スイッチ SW1 , SW2 のオン/オフ状態を示すタイムチャートである。

【 0 1 1 0 】

地絡事故が発生する前の通常時では、電流  $I_{21}$  と電流  $I_{22}$  は互いに逆極性になっており、 $I_g = I_{21} + I_{22} = 0$  (mA) である。また、電流  $I_{22}$  と電流  $I_{23}$  は互いに逆極性になっており、 $I_g = I_{22} + I_{23} = 0$  (mA) である。したがって、 $I_g$  の瞬時値の絶対値はしきい値  $I_{TH}$  よりも低く、地絡検出信号 D は非活性化レベルの「L」レベルにされる。

【 0 1 1 1 】

ある時刻において U 相線 UL のある箇所 Pg で地絡が発生すると、スイッチ SW1 がオンしているときは  $I_g$  の平均値が  $V_{DC} / (2 \cdot R_{21})$  となり、スイッチ SW2 がオンしているときは  $I_g$  の平均値が  $-V_{DC} / (2 \cdot R_{23})$  となり、スイッチ SW1 , SW2 がともにオフしているときは  $I_g$  の平均値が 0 となる。したがって、 $I_g$  の瞬時値の絶対値はしきい値  $I_{TH}$  を越え、地絡検出信号 D は活性化レベルの「H」レベルにされる。

【 0 1 1 2 】

図 26 (a) ~ (d) は、V 相線 VL のある箇所 Pg がある時刻において地絡した場合における電流  $I_{21} \sim I_{23}$  ,  $I_g$  の時間変化のシミュレーション結果を示すタイムチャートである。図 26 (e) (f) は、スイッチ SW1 , SW2 のオン/オフ状態を示すタイムチャートである。

【 0 1 1 3 】

地絡事故が発生する前の通常時では、電流  $I_{21}$  と電流  $I_{22}$  は互いに逆極性になっており、 $I_g = I_{21} + I_{22} = 0$  (mA) である。また、電流  $I_{22}$  と電流  $I_{23}$  は互いに逆極性になっており、 $I_g = I_{22} + I_{23} = 0$  (mA) である。したがって、 $I_g$  の瞬時値の絶対値はしきい値  $I_{TH}$  よりも低く、地絡検出信号 D は非活性化レベルの「L」レベルにされる。

【 0 1 1 4 】

ある時刻において V 相線 VL のある箇所 Pg で地絡が発生すると、スイッチ SW1 がオンしているときは  $I_g$  の平均値が  $-V_{DC} / (2 \cdot R_{21})$  となり、スイッチ SW2 がオンしているときは  $I_g$  の平均値が  $V_{DC} / (2 \cdot R_{23})$  となり、スイッチ SW1 , SW2 がともにオフしているときは  $I_g$  の平均値が 0 となる。したがって、 $I_g$  の瞬時値の絶対値はしきい値  $I_{TH}$  を越え、地絡検出信号 D は活性化レベルの「H」レベルにされる。

【 0 1 1 5 】

上述したように実施の形態 4 では、地絡発生から地絡判定まで時間  $T_x$  が必要であり、地絡発生時刻によっては地絡検出までの時間が長くなる。これに対して本実施の形態 5 では、スイッチ SW1 , SW2 のオン/オフ時間で決まる短時間で地絡を検出することができる。

10

20

30

40

50

【0116】

また、スイッチSW1, SW2の両方がオフ状態である場合は、抵抗素子RE21~RE23に電流が流れないので、その間の電力消費を削減することができ、消費電力の低減化を図ることができる。

【0117】

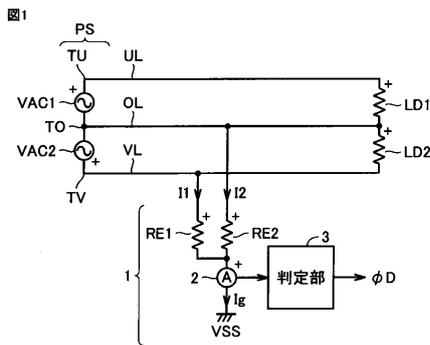
今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

【符号の説明】

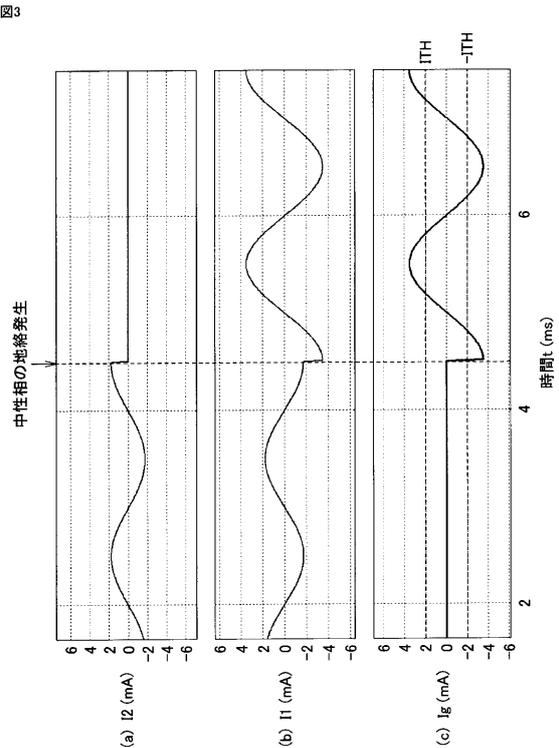
【0118】

1, 5, 10, 20, 25 地絡検出装置、RE 抵抗素子、2 電流検出器、3 判定部、PS 単相3線式交流電源、UL U相線、OL 中性線、VL V相線、LD 負荷、TU U相端子、TO 中性端子、TV V相端子、11 パルス信号発生回路、SW スイッチ、21 直流電源、C コンデンサ、Q トランジスタ、D ダイオード、DR ドライバ、22 PWMコントローラ、L リアクトル、PL 正側直流母線、NL 負側直流母線、NP 直流中性点。

【図1】

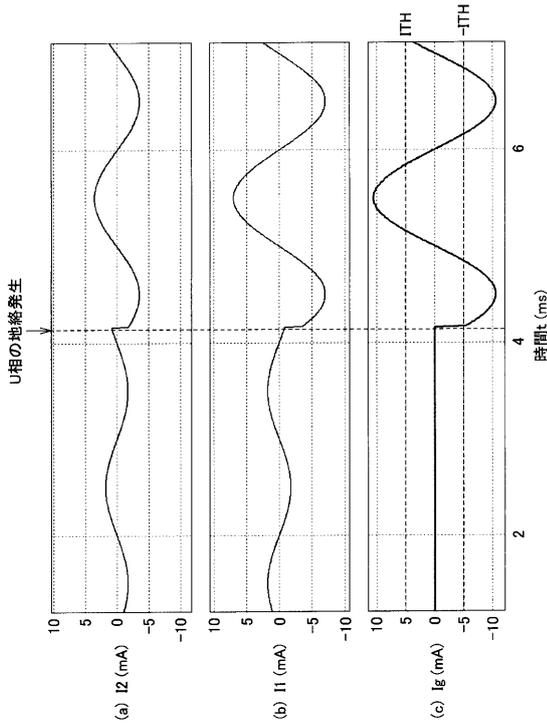


【図3】



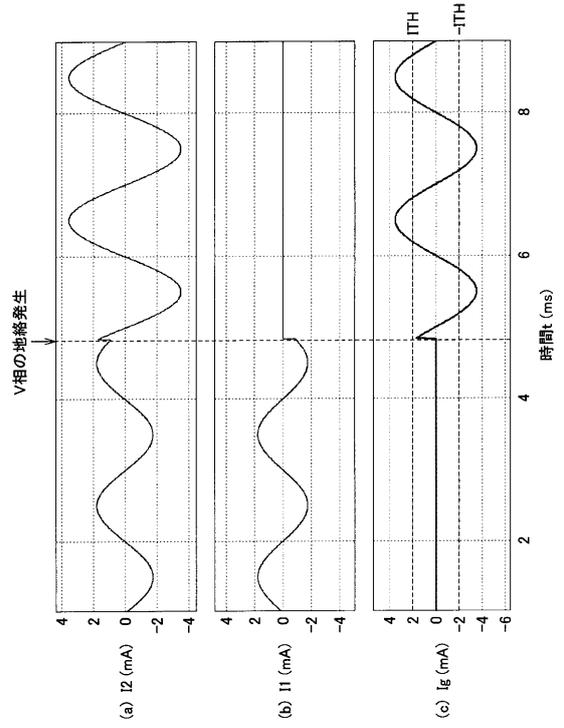
【 図 5 】

図5



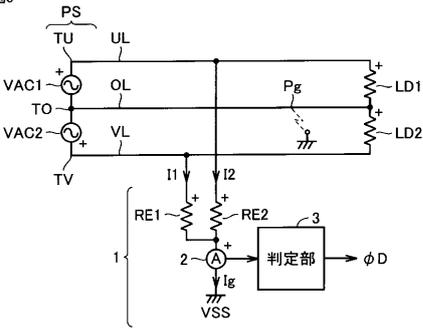
【 図 7 】

図7



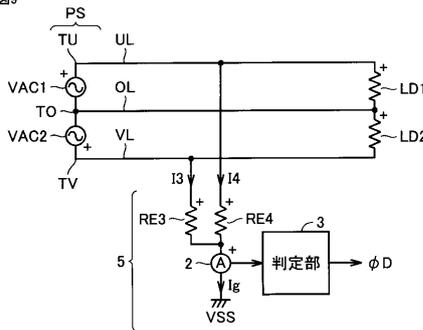
【 図 8 】

図8



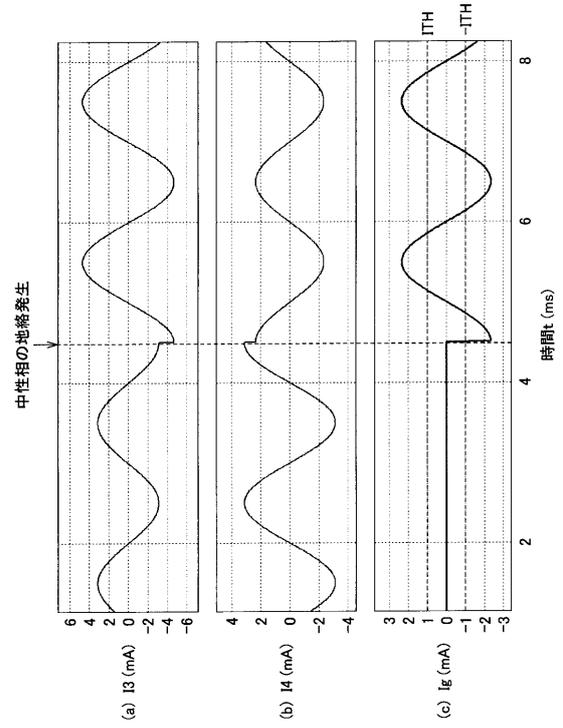
【 図 9 】

図9



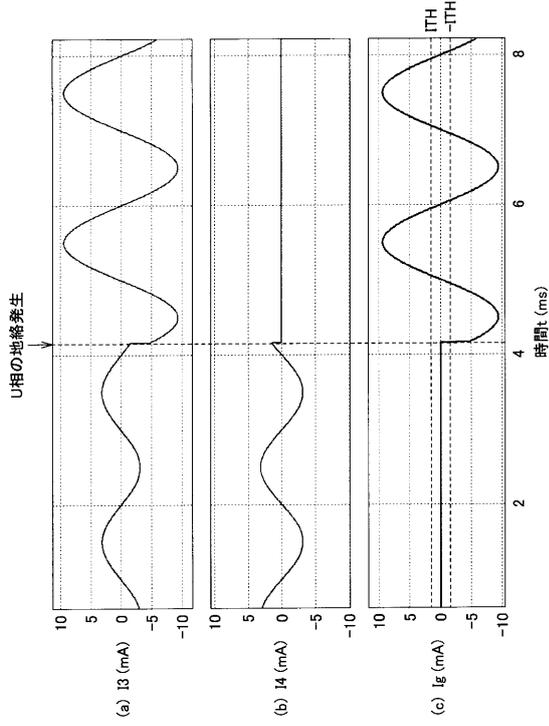
【 図 1 1 】

図11



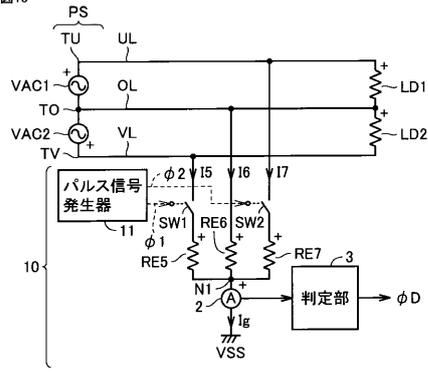
【図 13】

図13



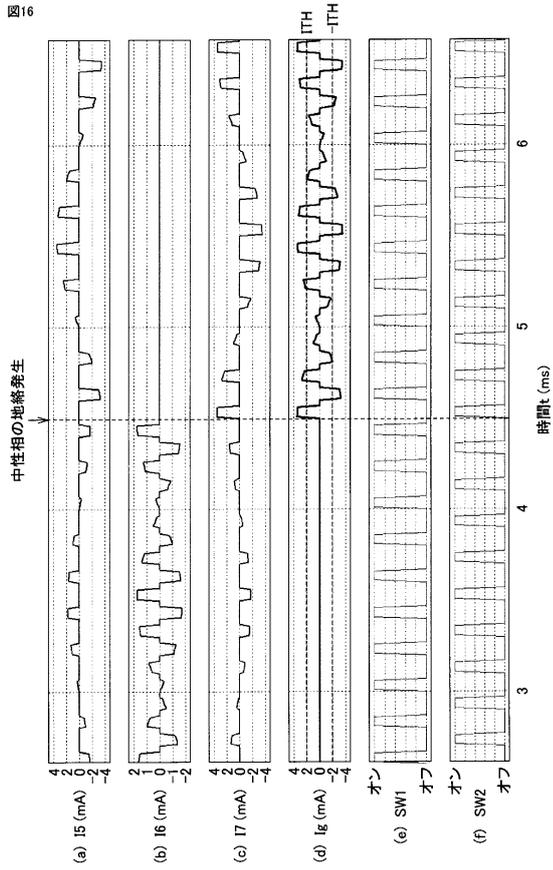
【図 15】

図15



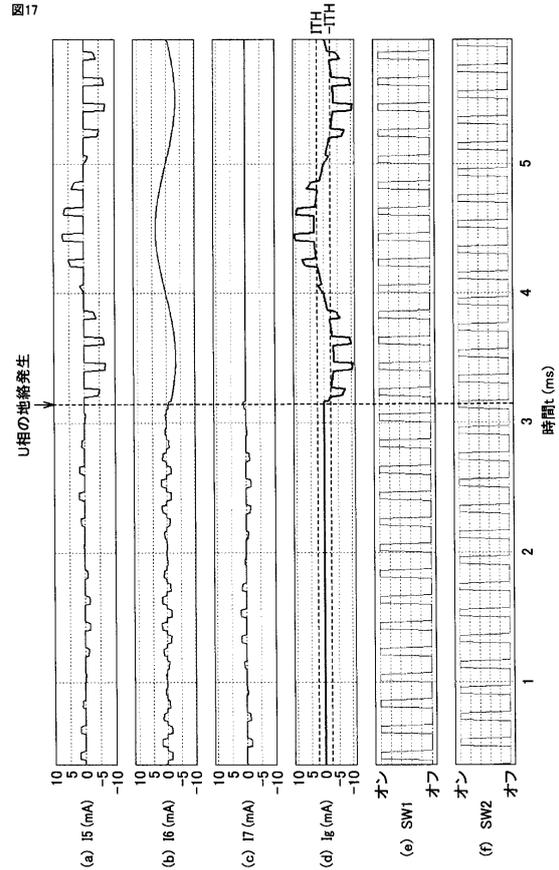
【図 16】

図16



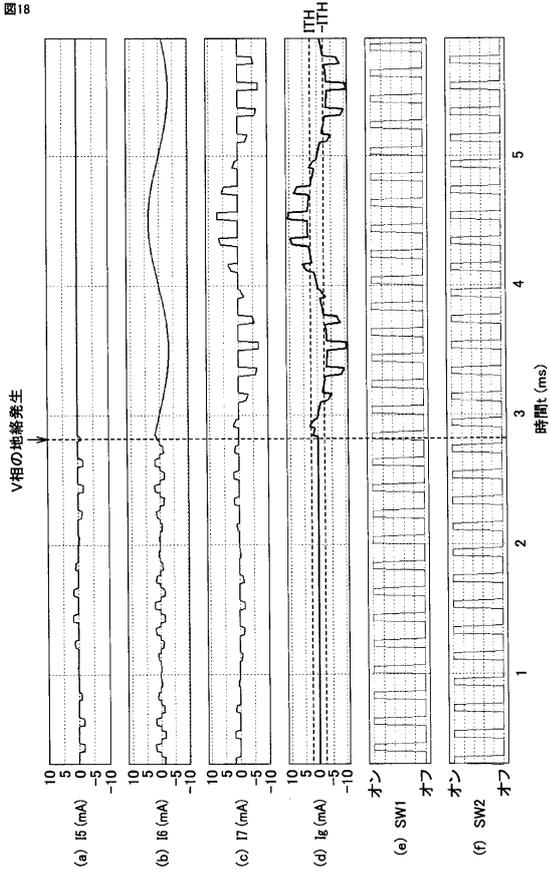
【図 17】

図17



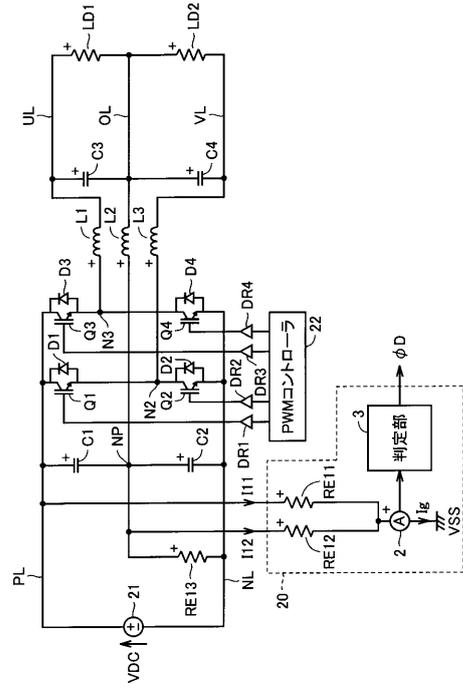
【 図 1 8 】

図18



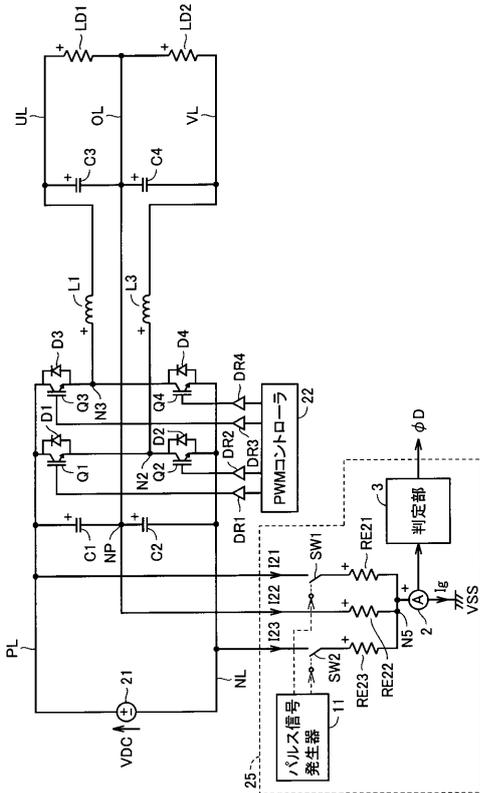
【 図 1 9 】

図19



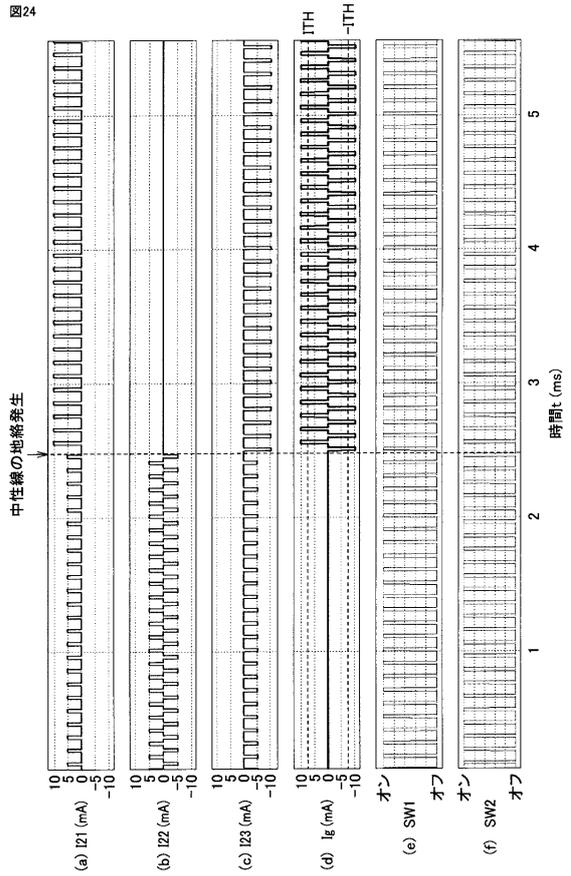
【 図 2 3 】

図23



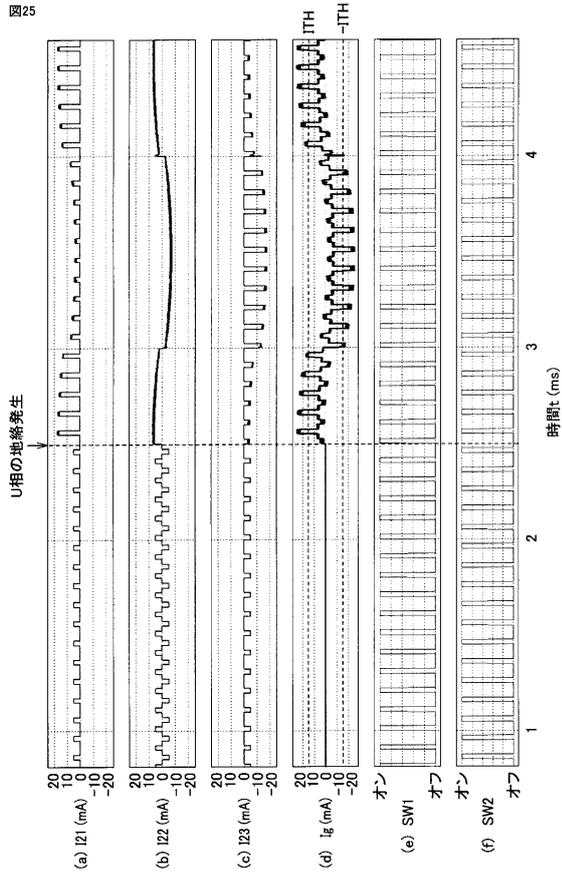
【 図 2 4 】

図24



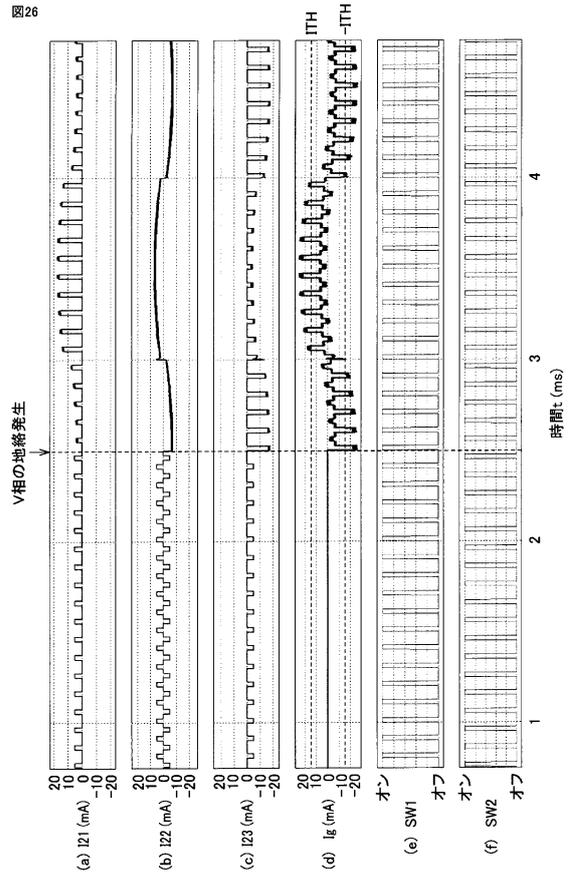
【 図 25 】

図25



【 図 26 】

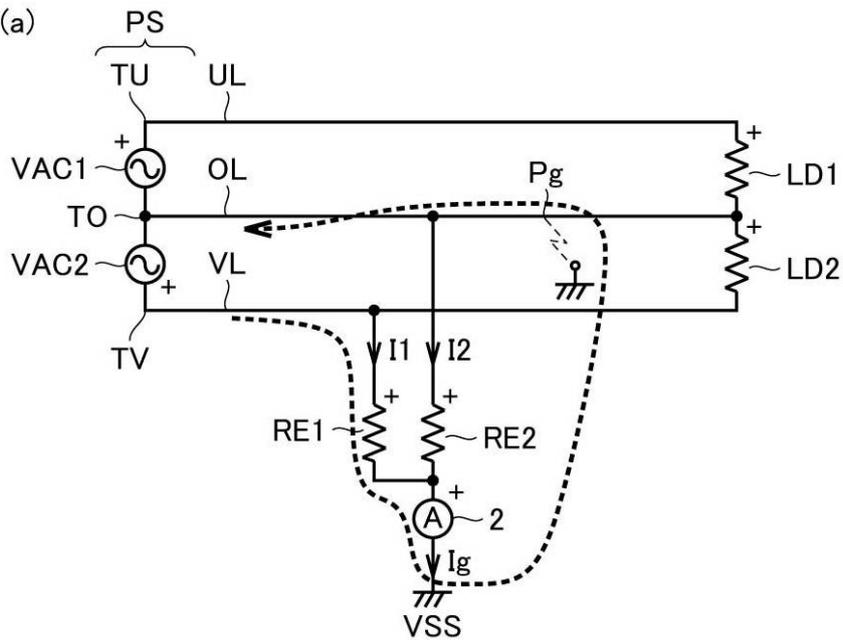
図26



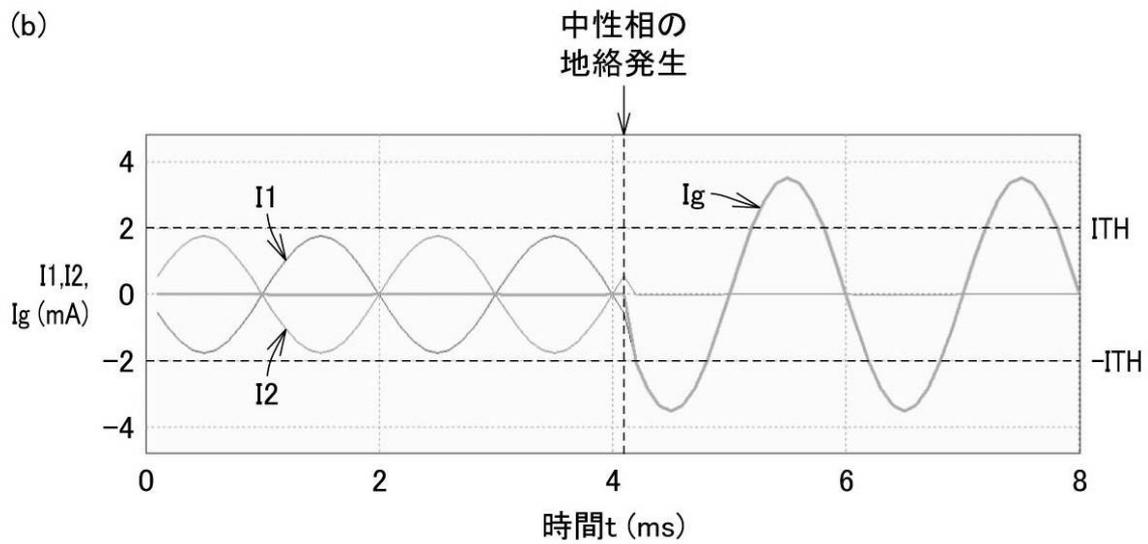
【 図 2 】

図2

(a)

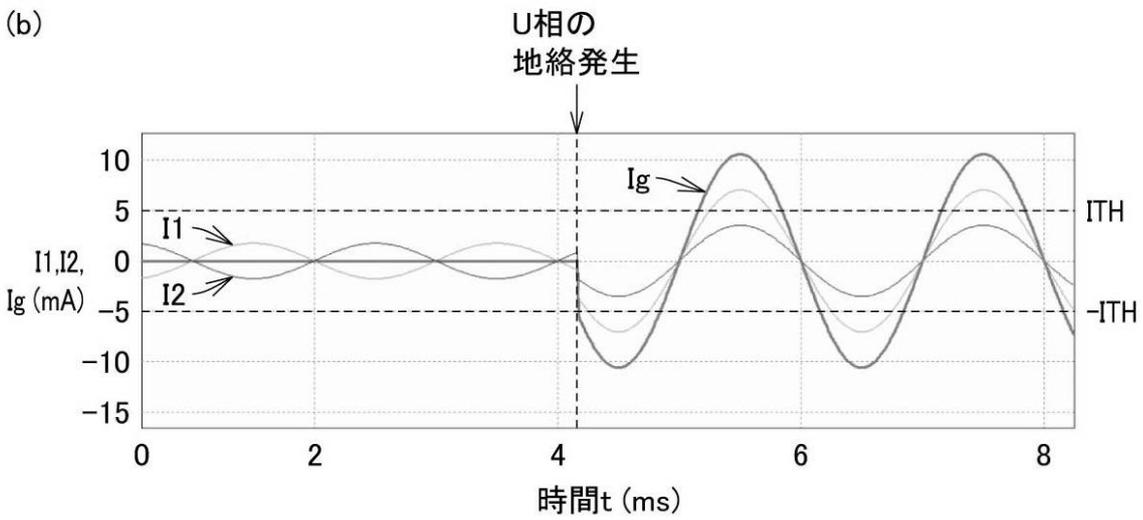
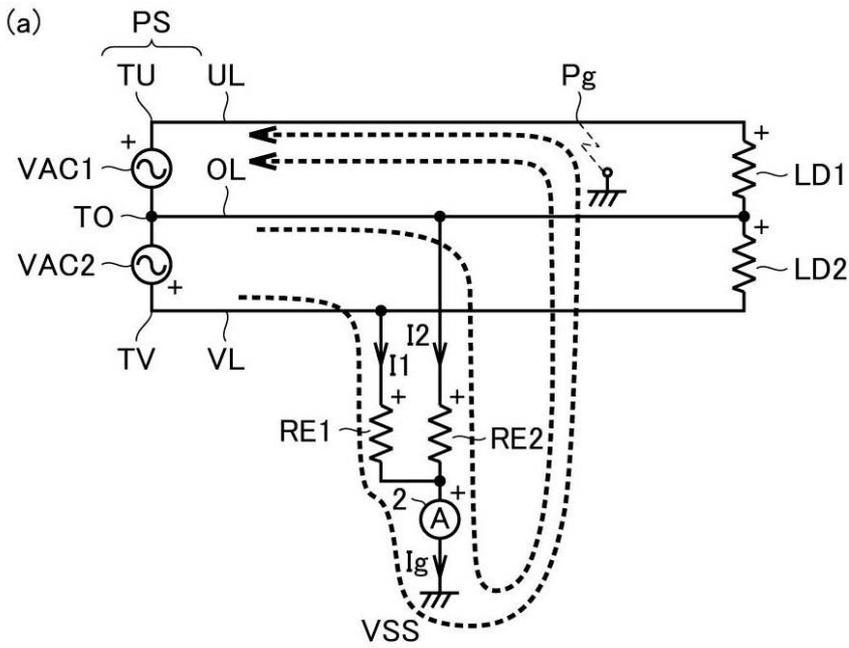


(b)



【 図 4 】

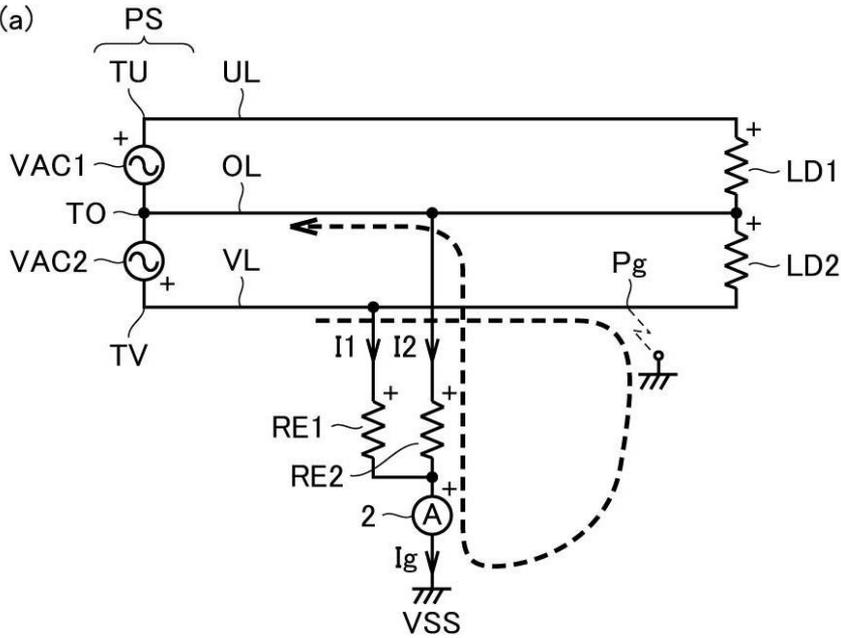
図4



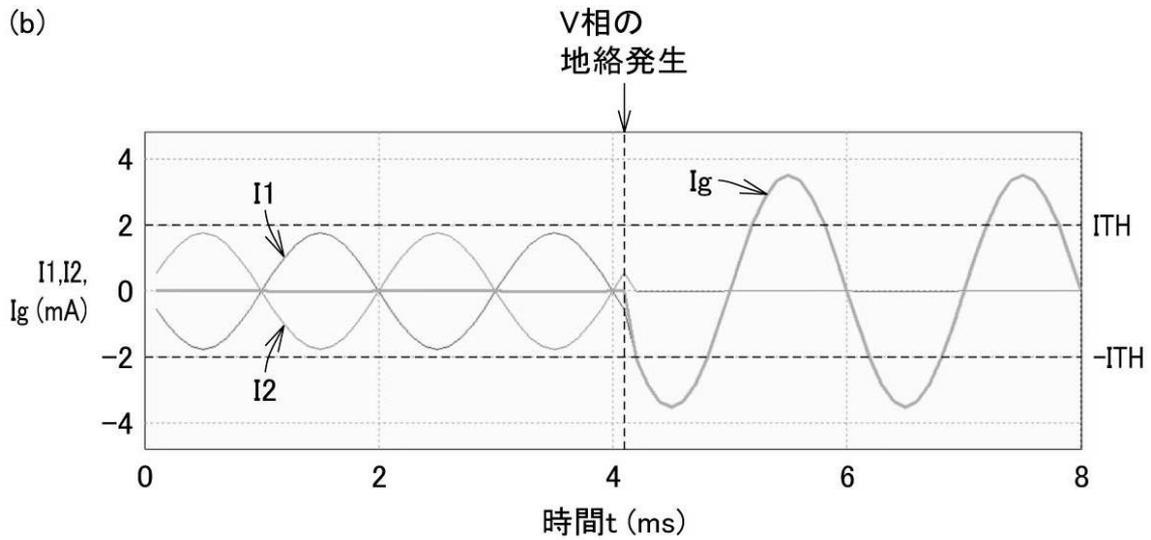
【 図 6 】

図6

(a)



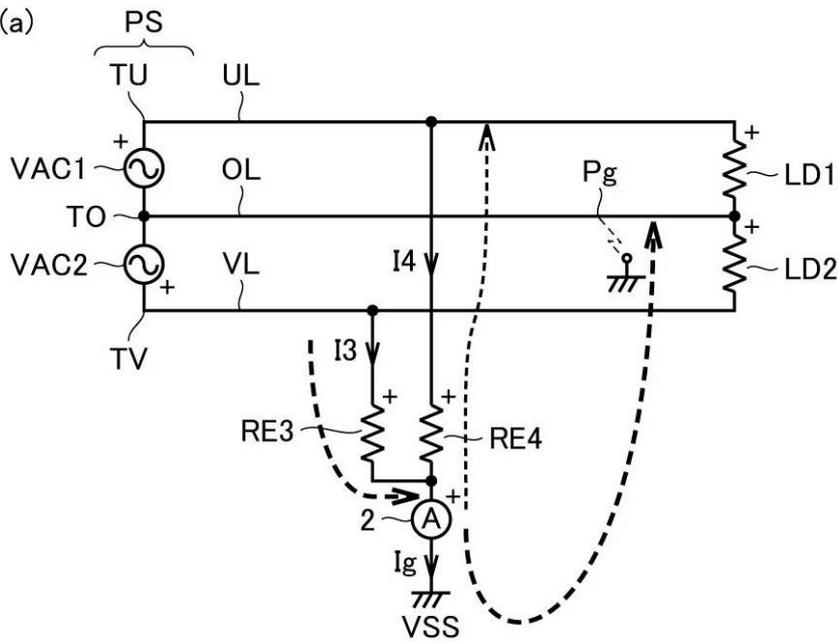
(b)



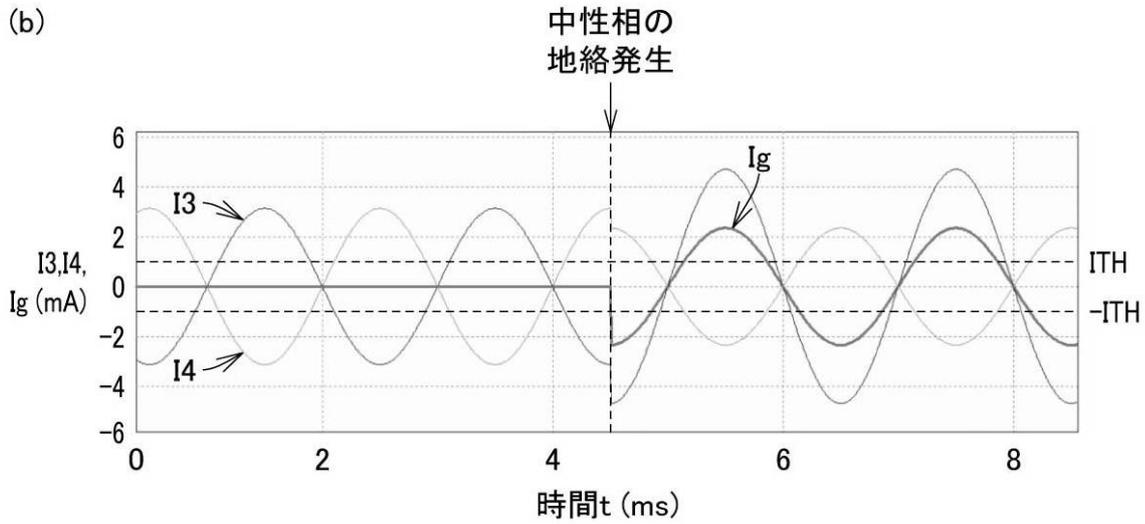
【 図 1 0 】

図10

(a)



(b)

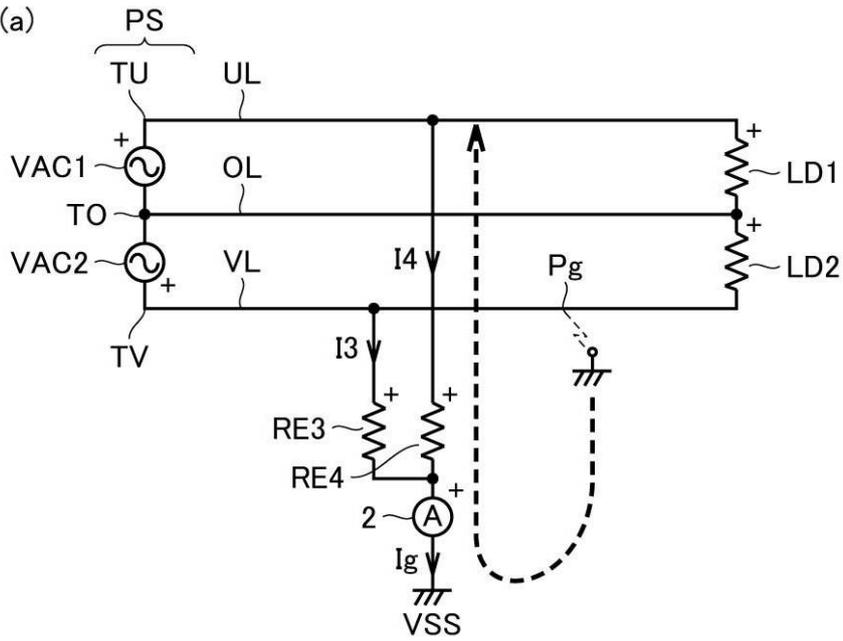




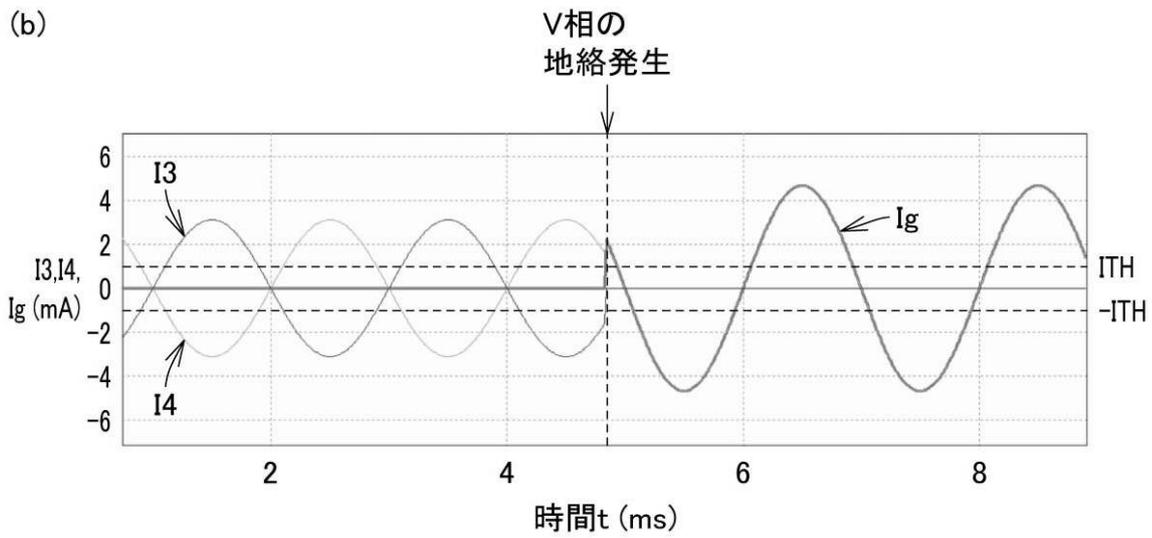
【 図 1 4 】

図14

(a)

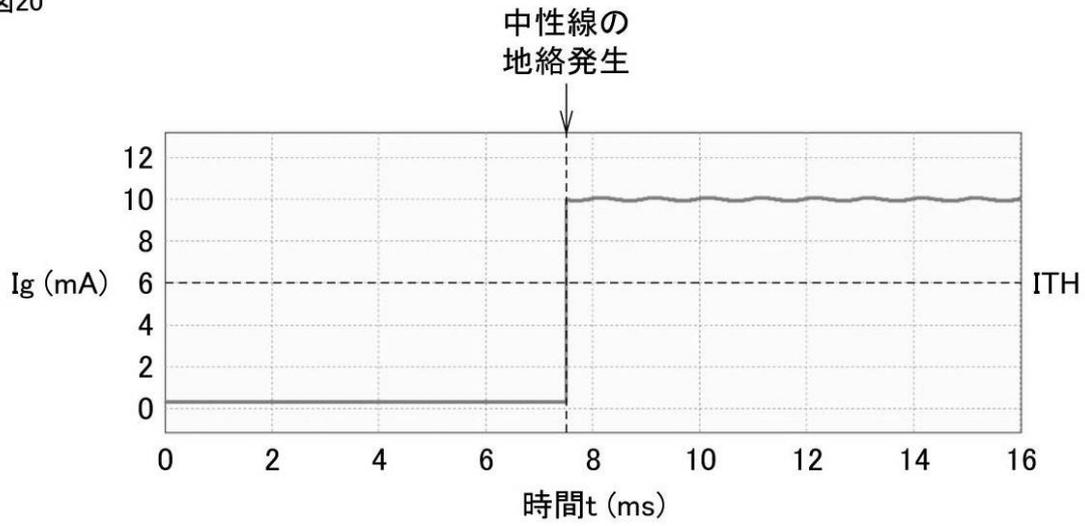


(b)



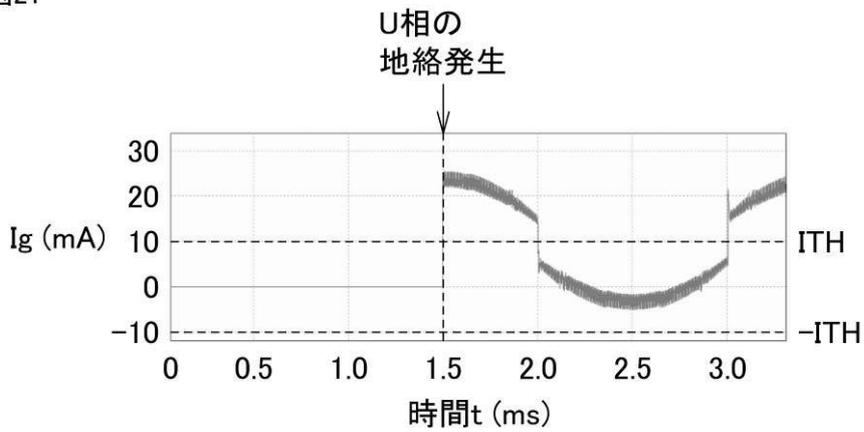
【 図 2 0 】

図20



【 図 2 1 】

図21



【 図 2 2 】

図22

