

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6008853号  
(P6008853)

(45) 発行日 平成28年10月19日 (2016. 10. 19)

(24) 登録日 平成28年9月23日 (2016. 9. 23)

(51) Int. Cl. F 1  
H02H 1/04 (2006.01) H02H 1/04

請求項の数 28 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2013-520809 (P2013-520809)	(73) 特許権者	513014329
(86) (22) 出願日	平成23年7月19日 (2011. 7. 19)		エンブリマス、エルエルシー
(65) 公表番号	特表2013-532937 (P2013-532937A)		アメリカ合衆国、ミネソタ州 55416
(43) 公表日	平成25年8月19日 (2013. 8. 19)		、セント ルイス パーク、スイート 1
(86) 国際出願番号	PCT/US2011/044536		30、サウス ハイウェイ 100 16
(87) 国際公開番号	W02012/012426		60
(87) 国際公開日	平成24年1月26日 (2012. 1. 26)	(74) 代理人	110001807
審査請求日	平成26年7月22日 (2014. 7. 22)		特許業務法人磯野国際特許商標事務所
(31) 優先権主張番号	61/437, 498	(72) 発明者	ファクスヴォグ、フレデリック、アール、
(32) 優先日	平成23年1月28日 (2011. 1. 28)		アメリカ合衆国、ミネソタ州 55356
(33) 優先権主張国	米国 (US)		、ロング レイク、オークビュー ロード
(31) 優先権主張番号	61/408, 319		1220
(32) 優先日	平成22年10月29日 (2010. 10. 29)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電力系統保護用の連続無停止AC接地システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

変圧器を含む交流システムで使用する接地システムであって、

(a) 変圧器の変圧器中性点とアースとの間に接続されるスイッチ集合体であって、開位置と閉位置を有して、前記開位置にすると前記変圧器中性点における電気接続とアース接続との経路を前記スイッチ集合体を介して遮断し、前記閉位置にすると前記電気接続から前記アース接続に至る経路を前記スイッチ集合体を介して確立し、前記変圧器の通常作動時は前記閉位置となっている前記スイッチ集合体と、

(b) 前記スイッチ集合体と並列に接続され、前記変圧器中性点と前記アースとの間に接続されたDC遮断部と、

(c) 前記変圧器の複数の位相のうち一つ以上の位相で高調波信号、または、前記変圧器中性点と前記アースとの間でDC電流または疑似DC電流の所定の閾値を検知すると、前記スイッチ集合体を開位置にするように構成されたセンサを備え、前記スイッチ集合体を制御するように構成された制御回路と、

前記DC遮断部とインピーダンス整合された抵抗であって、前記変圧器中性点と前記アースとの間で前記DC遮断部と電氣的に直列に接続された前記抵抗と、を備える

ことを特徴とする、接地システム。

【請求項2】

前記DC遮断部は、前記変圧器中性点と前記アースとの間で前記スイッチ集合体と並列に接続されたキャパシタである

ことを特徴とする、請求項 1 に記載の接地システム。

【請求項 3】

前記制御回路は、前記変圧器の複数の位相のうち一つ以上の位相で高調波信号を検出するように構成された高調波検知器を含む

ことを特徴とする、請求項 1 に記載の接地システム。

【請求項 4】

前記制御回路は、前記変圧器中性点と前記アースとの間を前記スイッチ集合体を介して流れる DC 電流または疑似 DC 電流を検出するように構成された電流検知器を含む

ことを特徴とする、請求項 1 に記載の接地システム。

【請求項 5】

前記 DC 遮断部は、対応するスイッチを用いて、各々の抵抗を前記 DC 遮断部に選択的に追加できる複数の前記抵抗を備える

ことを特徴とする、請求項 1 に記載の接地システム。

【請求項 6】

前記複数の抵抗は、各々、前記変圧器中性点と前記アースとの間に直列に接続され、各抵抗に対応付けられたスイッチが該抵抗と並列に接続されて、各スイッチを開位置にすることによって対応付けられた抵抗を前記 DC 遮断部に加える

ことを特徴とする、請求項 5 に記載の接地システム。

【請求項 7】

前記複数の抵抗は、各々、前記変圧器中性点と前記アースとの間に並列に接続され、各抵抗に対応付けられたスイッチが該抵抗と直列に接続されて、各スイッチを閉位置にすることによって対応付けられた抵抗を前記 DC 遮断部に加える

ことを特徴とする、請求項 5 に記載の接地システム。

【請求項 8】

前記 DC 遮断部の抵抗の合計は、DC 電流または疑似 DC 電流または高調波信号の大きさによって調整することが可能である

ことを特徴とする、請求項 5 に記載の接地システム。

【請求項 9】

前記変圧器中性点と前記アースとの間で、前記 DC 遮断部と電氣的に並列に接続された過電圧保護素子をさらに含み、前記過電圧保護素子は、地磁氣的に誘導された電流と地絡が同時に発生することから保護するよう構成される

ことを特徴とする、請求項 1 に記載の接地システム。

【請求項 10】

前記スイッチ集合体と前記アースとの間で、前記スイッチ集合体と電氣的に直列に接続された分流抵抗をさらに含む

ことを特徴とする、請求項 1 に記載の接地システム。

【請求項 11】

前記スイッチ集合体と前記アースとの間で、前記スイッチ集合体と直列に接続されたホール効果電流検知器をさらに含む

ことを特徴とする、請求項 1 に記載の接地システム。

【請求項 12】

前記スイッチ集合体は、DC スイッチと前記変圧器中性点との間で前記 DC スイッチと電氣的に直列に接続された保護スイッチを備え、前記保護スイッチは前記 DC スイッチを高電圧から保護するように構成される

ことを特徴とする、請求項 1 に記載の接地システム。

【請求項 13】

前記制御回路は、電磁遮蔽された筐体に格納され、電磁遮蔽された筐体の内縁に複数のフィルタをさらに備えて、電磁的に遮蔽された筐体を侵害する電磁干渉、意図的電磁妨害 (IEMI)、および電磁パルス (EMP) 放射による損傷から前記制御回路を保護するように構成される

10

20

30

40

50

ことを特徴とする、請求項 1 に記載の接地システム。

【請求項 1 4】

前記スイッチ集合体は、電磁的に遮蔽された筐体とは隔離されて設置されるが、電気的には接続される

ことを特徴とする、請求項 1 3 に記載の接地システム。

【請求項 1 5】

電氣的保護回路であって、

( a ) 変圧器の変圧器中性点とアースとの間に接続され、開位置と閉位置を有して、前記開位置にすると電気接続と前記変圧器中性点との経路を遮断し、前記閉位置にすると前記電気接続から前記変圧器中性点に至る導電経路をスイッチ集合体を介して確立し、前記変圧器の通常作動時は前記閉位置となっている前記スイッチ集合体と、

( b ) 前記スイッチ集合体と並列に置かれ、前記変圧器中性点と前記アースとの間に接続された DC 遮断部と、

前記 DC 遮断部とインピーダンス整合された抵抗であって、前記変圧器中性点と前記アースとの間で前記 DC 遮断部と電氣的に直列に接続された前記抵抗と、を備え、

前記スイッチ集合体は、電子的制御入力を介して前記閉位置と前記開位置の間を移行可能で、前記電子的制御入力は、前記変圧器の複数の位相のうち一つ以上の位相で高調波信号が発生するか、前記変圧器中性点と前記アースとの間で DC 電流または疑似 DC 電流が所定の閾値になると、前記スイッチ集合体を開位置にする

ことを特徴とする、電氣的保護回路。

【請求項 1 6】

前記 DC 遮断部は、一つ以上のキャパシタか、一つ以上の抵抗のいずれかである

ことを特徴とする、請求項 1 5 に記載の電氣的保護回路。

【請求項 1 7】

前記 DC 遮断部の抵抗の合計は、DC 電流もしくは疑似 DC 電流の重大性、または高調波信号の重大性によって調整することが可能である

ことを特徴とする、請求項 1 5 に記載の電氣的保護回路。

【請求項 1 8】

前記変圧器中性点と前記アースとの間で、前記 DC 遮断部と電氣的に並列に接続された過電圧保護素子をさらに含み、前記過電圧保護素子は、前記保護回路が遮断モードで動作中に発生する地絡から保護するように構成される

ことを特徴とする、請求項 1 5 に記載の電氣的保護回路。

【請求項 1 9】

交流回路の変圧器を直流や高調波の影響による損傷から保護する方法であって、

変圧器中性点とアースとの間に電氣的に接続されたスイッチ集合体を備え、前記交流回路の通常作動時は前記スイッチ集合体を閉位置に維持することと、

前記変圧器の複数の位相のうち一つ以上の位相で高調波信号、もしくは所定の閾値を超える DC 電流または疑似 DC 電流のいずれかを検知すると、それぞれ、前記スイッチ集合体を開位置とするか、もしくは、前記スイッチ集合体を開位置とし前記変圧器中性点と前記アースとの間で前記スイッチ集合体と電氣的に並列に接続された DC 遮断部を通すこと

で前記アースへ流れる前記 DC 電流または疑似 DC 電流を遮断することと、  
前記 DC 遮断部は、各々に対応付けられたスイッチと直列に接続された状態で前記変圧器中性点と前記アースとの間に並列に接続された複数の抵抗を備えていて、前記スイッチを閉位置にすることによって、対応付けられた前記抵抗を前記 DC 遮断部に選択的に追加することと、を含む

ことを特徴とする方法。

【請求項 2 0】

高調波信号、または DC 電流または疑似 DC 電流が第二所定閾値を超えたことを検知すると、前記変圧器中性点と前記アースとの間の経路に前記 DC 遮断部内の一つ以上の抵抗を含めるかどうかを変えるために、前記一つ以上の抵抗とそれぞれ関係付けられた一つ以

10

20

30

40

50

上のスイッチを作動させることをさらに含む  
ことを特徴とする、請求項 19 に記載の方法。

【請求項 21】

前記スイッチ集合体の制御入力点に電氣的に接続された制御回路の中にある高調波検知器で、高調波信号を検出する

ことを特徴とする、請求項 19 に記載の方法。

【請求項 22】

前記スイッチ集合体の制御入力点に電氣的に接続された制御回路の中にある電流検知器で、DC電流または疑似DC電流を検出する

ことを特徴とする、請求項 19 に記載の方法。

10

【請求項 23】

電氣的保護回路を自動的に自己テストする方法であって、  
変圧器中性点とアースとの間に接続されたスイッチ集合体を開位置にすることと、  
変圧器の電圧周波数とは異なる周波数の交流電圧を前記変圧器中性点に注入することと

、  
交流電圧を注入しながら、前記変圧器中性点と前記アースとの間の前記スイッチ集合体と電氣的に並列に接続されたDC遮断部を流れる電流を測定することと、

測定された前記電流が所定制限值内の電氣的特性を示すかどうかを判断することと、  
前記所定制限值外であれば、前記電氣的保護回路に異常が発生したことを表示することと、を含む

20

ことを特徴とする方法。

【請求項 24】

前記テストする方法が所定の周期で自動的に行なわれる、  
ことを特徴とする、請求項 23 に記載の方法。

【請求項 25】

電氣的保護回路を自動的に自己テストする方法であって、  
変圧器中性点に直流信号を注入することと、  
前記直流信号が所定閾値を超えていると判断すると、前記変圧器中性点とアースとの間に接続された、DC遮断部と電氣的に並列に接続されているスイッチ集合体が、前記直流信号に反応して開位置となるかどうか判断することと、

30

前記スイッチ集合体が開位置とならなければ、前記電氣的保護回路に異常が発生したことを表示することと、を含み

前記テストする方法が所定の周期で自動的に行なわれる

ことを特徴とする方法。

【請求項 26】

電氣機器の設置台であって、  
開放構造を有する上面と、  
前記上面を地上高で保持するものであって、1つ以上の接地された杭の上に搭載される複数の支持脚と、

前記上面に配置され、高出力変圧器とアースとの間に電氣的に接続されている電氣的保護回路と、を備え、

40

前記電氣的保護回路は、

変圧器の変圧器中性点とアースとの間に接続されるスイッチ集合体であって、開位置と閉位置を有して、前記開位置にすると電氣接続とアース接続との経路を前記スイッチ集合体を介して遮断し、前記閉位置にすると前記電氣接続から前記アース接続に至る経路を前記スイッチ集合体を介して確立し、前記変圧器の通常作動時は前記閉位置となっている前記スイッチ集合体と、

前記スイッチ集合体と並列に置かれ、前記変圧器中性点と前記アースとの間に接続されたDC遮断部と、

前記変圧器の複数の位相のうち一つ以上の位相で高調波信号、または、前記変圧器中性

50

点と前記アースとの間でDC電流または疑似DC電流の所定の閾値を検知すると、前記スイッチ集合体を開位置にするように構成されたセンサを備え、前記スイッチ集合体を制御するように構成された制御回路と、

前記DC遮断部とインピーダンス整合された抵抗であって、前記変圧器中性点と前記アースとの間で前記DC遮断部と電氣的に直列に接続された前記抵抗と、を備える

ことを特徴とする、電気機器の設置台。

【請求項27】

前記過電圧保護素子は、サージアレスタを含む

ことを特徴とする、請求項9に記載の接地システム。

【請求項28】

前記過電圧保護素子は、サージアレスタを含む

ことを特徴とする、請求項18に記載の電氣的保護回路。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本願は、2011年7月19日、PCT国際出願として、米国以外のすべての国を指定国とする場合の出願人を米国企業エンプリマス(Emprimus, Inc.)とし、米国のみを指定国とする場合の出願人を米国民フレデリック・R・ファクスヴォグ(Frederick R. Faxvog)、ウォレス・ジェンセン(Wallace Jensen)、ゲイル・ノルドリング(Gale Nordling)、グレッグ・フックス(Greg Fuchs)、デビッド・ブレイク・ジャクソン(David Blake Jackson)、テリー・リー・フォルクマン(Terry Lee Volkman)、ジェームス・ニコラス・ルール(James Nicholas Ruehl)、ブライアン・グロ(Brian Groh)として出願された。

本願は、2010年10月29日に出願された米国仮出願第61/408,319号、2011年1月6日に出願された米国仮出願第61/430,388号、2011年1月28日に出願された米国仮出願第61/437,498号、2011年5月16日に出願された米国仮出願第61/486,635号、2011年6月13日に出願された米国有用特許出願第13159,374号の優先権を主張し、これらはいずれも本明細書に引用により援用される。

【0002】

本発明は、電気機器の電氣的保護装置に関し、特に、本発明は、電力系統保護のために使用可能な連続、無停電AC接地システムに関する。

【背景技術】

【0003】

電気機器、特にAC電流で動作する電気機器は、さまざまな入力信号や条件にさらされている。典型的な例として、米国で使用されるACデバイスは、所定の電圧(例えば120ボルト)を備えた60Hz電力(ヨーロッパでは50Hz)を受電想定している。これらの電源は多少の変動を伴う可能性があるが、特定電流で使用するよう作られたデバイスであっても、受信電力信号の少しぐらゐの変動では通常は問題が起きないようになっている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】米国特許出願番号 12/906,902

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

場合によっては、電力信号が高調波やその他の外部条件により大きく変動することがある。高調波や疑似DCは、例えば、磁気嵐(太陽風)や同一送電網にあるか局所的に同一

10

20

30

40

50

電源を共有する、スイッチング電源のような他の電気機器、アーク機器、溶接機器等により発生することがある。高調波や疑似DCがあると、電力信号の入力電圧と電流（および結果としての電力）が劇的に変動する可能性があり、その電力源に接続された電気機器を損傷しかねない。

【0006】

例えば、磁気嵐や高高度電磁パルス（HEMP）に伴うE3パルスによって、送電線や電源変圧器といった高電圧発電・送電・配電システムの設備機器に、DC電流もしくは、地磁気誘導電流（GIC）と呼ばれる疑似DC電流が誘導される場合があることが広く知られている。これらのDC電流によって電源変圧器コアの半周期飽和状態が引き起こされると、余分な無効電力損失、発熱、損傷や故障が変圧器に発生する可能性がある。また、半周期飽和状態になると1次周波数（50または60Hz）の高調波が発生することがある。そうすると、この高調波成分によって電力システムの中継器が作動してしまい、必要な補償用機器が切り離されることにもなる。こうなると、局所的もしくは広域の電力網が崩壊するという事態をもたらしかねない。

10

【0007】

これまで約20年以上に亘り、電力系統内のGICつまりHEMP（E3）により誘導される電流を削減する取り組みが提案されてきた。これらの解決策は、一般的に数種の形態に分類される。第1の解決策は、容量性回路を用いることで、AC接地経路を設けると同時に誘導DC電流を遮断するというものである。この種の解決策には、変圧器が接地された通常の接続と容量性回路を介するアース接続の間で切り替えができるよう、一般的にスイッチが一式備わっている。ただし、変圧器中性点のアース接続が誤って開位置となることがあるので、接地故障に対処するための高価な電子機器が必要となる。こうした容量性回路を用いた解決策では、現在の動作パラメータと比較しながら、電力系統中継器設定の再調整が必要となる場合もある。

20

【0008】

第2の解決策は、変圧器中性点とアース接続との間のDC電流もしくは疑似DC電流から、損害を及ぼす危険性があるGIC事象を削減するための能動部品を常時連続使用するものである。この種の解決策では、通常は高価な電力用電子機器を必要とし、また常に能動状態なのでなんらかの故障が発生すると電力系統の信頼性が落ちてしまう。

30

【0009】

第3の解決策は、変圧器中性点とアース接続との間のDC電流を常時低減するために固定値抵抗を用いる抵抗対処法であるが、こうした対処法では、抵抗は通常は高い抵抗値である必要があり、またDC電流もしくは疑似DC電流を低減するだけで無くすることはできない。さらに、この種の解決策を導入する際に、電力系統中継器設定の再調整が必要となることがある。このように、現在の電力供給システムと相容する高信頼性・低コストの保護回路を提供できる解決策は存在しないのが実情である。

【0010】

前記した理由および他の理由もあって、改善が望まれる。

【課題を解決するための手段】

【0011】

以下に説明する開示内容によれば、上記の問題およびそれ以外の問題も対処することができる。

40

【0012】

第1の態様では、変圧器を含むACシステムに使用される連続接地システムを開示する。前記システムは、変圧器の中性点アース接続とアースとの間に接続されたスイッチ集合体を備えており、前記スイッチ集合体は開位置と閉位置を有し、前記開位置にすると電氣的接続とアース接続の間のスイッチを介した経路を遮断し、前記閉位置にすると電氣的接続とアース接続とを前記スイッチ集合体を介して接続する経路を確立する、そしてAC電気装置の通常動作時には前記スイッチ集合体は閉位置の状態となっている。前記システムはまた、前記スイッチ集合体と並列に配置され、前記変圧器中性点と前記アースとの間に接続

50

された、DC遮断部を備えている。前記システムは、前記スイッチ集合体を制御するように構成されて、前記変圧器の一つ以上の電力位相に高調波信号を検出するかもしくは前記変圧器中性点と前記アースとの間のDC電流が所定の閾値となると前記スイッチ集合体を開位置に作動させるように構成されたセンサをさらに含む、制御回路を備えている。

【0013】

第二の態様では、電氣的保護回路を開示する。前記電氣的保護回路は、変圧器の中性点接地接続とアースとの間に接続されたスイッチ集合体を備えており、前記スイッチ集合体は開位置と閉位置を有し、前記開位置にすると電氣的接続とアース接続の間のスイッチを介した経路を遮断し、前記閉位置にすると電氣的接続とアース接続とを前記スイッチ集合体を介して接続する経路を確立する、そしてAC電気装置の通常動作時には前記スイッチ集合体は閉位置の状態となっている。前記電氣的保護回路はまた、前記スイッチ集合体と並列に配置され、変圧器中性点とアースとの間に接続された、DC遮断部を備えている。前記回路に於いて、スイッチ集合体は電子制御入力を通じて閉位置と開位置を移動可能で、前記電子制御入力は、変圧器の一つ以上の電力位相に高調波信号が発生するかもしくは変圧器中性点とアースとの間のDC電流が所定の閾値となるとスイッチ集合体を開位置に作動させる。

10

【0014】

第三の態様では、AC回路から成る電気機器がDCや高調波の作用で損傷しないよう保護する方法を開示する。前記方法は、AC回路の通常動作時は、電気機器の変圧器中性点とアースとの間に電氣的に接続されたスイッチ集合体を閉位置に維持するようになっている。前記方法はさらに、所定の閾値以上の高調波信号もしくは所定の閾値以上のDCのいずれかを検知すると、スイッチ集合体を開位置とすることで、電気機器のアース接続とアースとの間に、電氣的にスイッチ集合体と並列に接続されたDC遮断部によってDCを遮断するようになっている。

20

【0015】

さらなる態様では、電氣的保護回路をテストする方法を開示する。前記方法として、変圧器中性点とアースとの間に接続されたスイッチ集合体を開位置とし、変圧器電圧の周波数とは異なる周波数のAC電圧を変圧器中性点に注入するようになっている。前記方法はさらに、前記AC電圧を注入しながらDC遮断部を介して電流を測定し、測定された電流が電氣的特性としてあらかじめ設定された限度内かどうかを判断するようになっている。あらかじめ設定された限度外の場合、前記方法は、電氣的保護回路に異常があることを表示するようになっている。

30

【0016】

別の態様では、電氣的保護回路をテストする方法として、変圧器中性点にDC信号を注入し、変圧器中性点とアースとの間に接続されたスイッチ集合体がDC信号に応答して開位置となるか否かを判断し、もし開位置とならない場合、電氣的保護回路に異常があることを示すようになっている。

【0017】

また別の態様では、電氣的保護回路をテストする方法として、高調波検知器に高調波信号を印加し、変圧器中性点とアースとの間に接続されたスイッチ集合体が高調波信号に

40

【0018】

他の態様では、電気機器の設置台は、開放構造を有する上面と前記上面を地上高で保持する複数の支持脚から成り、前記支持脚は1つ以上の接地された杭の上に搭載されており、電気機器は前記上面に配置され、高出力変圧器の接地ブッシングとアースとの間に電氣的に接続されている。

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】は、本明細書に記載される方法およびシステムを使用して保護された変圧器の正

50

面略図である。

【図2】は、本開示内容から導かれる実施形態として、発電所や配電所に設置される連続接地システムで使用可能な電氣的保護回路の実施形態例を示す。

【図3A】は、本開示内容から導かれる実施形態として、電氣的保護回路の第2実施形態例を含む連続接地システムを示す図である。

【図3B】は、本開示内容からさらに導かれる実施形態として、電氣的保護回路の第2実施形態例を含む連続接地システムを示す図である。

【図4】は、本開示内容から導かれる実施形態として、DC遮断部を自己テストする方法を示す図である。

【図5】は、本開示内容から導かれる実施形態として、電氣的保護回路のさらなる実施形態例を示す図である。

10

【図6】は、本開示内容から導かれる実施形態として、抵抗値可変の抵抗を含む電氣的保護回路の実施形態例を示す図である。

【図7】は、本開示内容から導かれる実施形態として、抵抗値可変の抵抗を含む電氣的保護回路の第2の実施形態例を示す図である。

【図8】は、本開示内容から導かれる実施形態として、抵抗性回路網と容量性回路網を用いた連続接地システムの別の実施形態例を示す図である。

【図9】は、本開示内容の原理に基づく連続接地システムのさらなる実施形態例を示す図である。

【図10】は、本開示内容から導かれる実施形態として、例えば電気機器設置台の斜視図である。

20

【図11】は、本開示内容から導かれる実施形態として、電気機器が搭載された図10の電気機器設置台の正面略図である。

【発明を実施するための形態】

【0020】

一般的には、本開示内容は、電力設備の変圧器および他の電気機器もしくは電気機械機器がDC電流に損傷を及ぼすことから保護し、結果として送電線に高調波成分が重畳しないようにするためのシステムおよび方法について説明する。変圧器中性点のDC大電流と高調波の大電圧は、磁気嵐(太陽風)、高高度電磁E3パルス(HEMP-E3)、または同一電力網もしくは局所電力回路にある、スイッチング電源、アーク溶接機、プラズマ切断、放電加工装置、アーク灯など他の電気機器によるものである。全体的に本開示内容は、50Hzまたは60Hz送電線の高調波成分および潜在的に有害な変圧器中性点DC電流を検知し、そのような高調波またはDC電流を検出すると重要な電気機器が操作保護モードに切り替えられるようにする方法とシステムについて説明するものである。

30

【0021】

本明細書に記載の様々な実施形態によれば、GIC(太陽嵐)やEMP E3パルスから高電圧電力システムを保護するには、磁気嵐とEMP(E3パルス)により誘導される電流を無くすためにスイッチ制御のDC遮断機構を備えた、連続無停止AC接地回路を使用すればよい。DC遮断部(1つ以上のキャパシタ、抵抗あるいはそれらの組合せから成る)は、高電圧電力システム用の無停止AC接地経路を提供できるよう、例えばY字型に構成された高電圧変圧器または単巻変圧器の中性点に、回路として組み込まれている。通常の動作では第2平行接地経路パスが、閉じられたスイッチ集合体を介し非常に低いインピーダンスの標準接地経路となる。

40

【0022】

本明細書が開示する連続接地システムは、標準の変圧器接地方式と互換性のある接地方式を提供するので、電力系統中継器の設定変更は何ら必要ない。高いDC(または疑似DC)電流や高調波電力成分のいずれかが検出されると、スイッチ集合体は開位置となることで、DCまたは疑似DCの電流が系統に流れるのを遮断または減衰する。疑似DCまたはDCの電流を遮断すると、変圧器の半周期飽和を防ぐことができ、従って過剰な無効電力損失、過熱や損傷から保護できる。また、DC電流を遮断すると、部分的に飽和した変

50

圧器に高調波が発生することも防ぐことができる。このような電力高調波は、電力系統中継器を次々に移動する可能性があり、結果として局所的または広域の停電が発生することがある。さらに、本明細書に開示される実施形態の中には、このような連続接地システムに含まれる電氣的保護回路が正常動作時またはGIC保護モード動作時のいずれであっても接地故障を処理できるように設計（設定）されているものがある。

#### 【0023】

図1は、本開示内容の機能により保護された電気機器例の正面略図であり、本開示内容の所定のいくつかの構成機器を物理的に配置したものである。図示の実施形態では、高電圧変圧器100として示された1台の電気機器は、電氣的保護回路102に電氣的に接続されている。電氣的保護回路102は、図2-9に示す実施形態によれば、例えば、以下に記載される機器の少なくとも一部を含めることができる。高電圧変圧器100は、安定性およびアースからの隔離のため、コンクリートの受け台に搭載されているのが普通である。電氣的保護回路102は、上記のように、高電圧変圧器100に電氣的に接続され、筐体に収められ、電氣的に接地された支持体103上に配置される。GIC事象に対する保護に加えて、すべての制御電子機器（半導体装置）はEMP/IEMPを遮蔽し電氣を通さない筐体104に収められ、前記筐体は電氣的保護回路102と高電圧変圧器100に電氣的に接続され、検知切替制御回路105を含んでいる。なお、遮蔽フィルタ筐体104が無くても、前記システムは、変圧器をGIC事象から保護できるが、EMP E3パルスの脅威に対しては保護できない。

#### 【0024】

実施形態によっては、電氣的保護回路102として、図2-9で説明するスイッチ集合体およびDC遮断部が含まれる一方で、遮蔽フィルタ筐体104には、検知切替作動回路が含まれる訳だが、電氣的保護装置のために上記以外の部品を備えることもある。

#### 【0025】

次に図2を参照しながら、本開示内容による、電氣的保護回路200の一般的な第1実施形態を説明する。前記回路200は、一般的に変圧器12（図示の実施形態では、Y型変圧器として示されている）の変圧器中性点10とアース14との間に接続される。電氣的保護回路200は、変圧器中性点10とアース14との間に、電氣的に制御されるスイッチ204が接続されたスイッチ集合体202を備えている。分流抵抗206をスイッチ204とアース14との間に接続して、変圧器中性点10とアース14との間を流れるDC電流を検知するために使用することもできる。実施形態によっては、分流抵抗206を通常は数ミリオーム単位の低インピーダンスとすることで、スイッチを介した低インピーダンスのアース接続を実現している。別の実施形態では、分流抵抗器206をホール効果電流検知器または他の非接触電流検知器に置き換えることも可能である。さらに、電氣的に制御された高電圧の接地スイッチ208を変圧器中性点10とスイッチ204との間に接続することで、例えば、地絡中にスイッチ204を高電圧から保護できる。実施形態によってはアース14を、事業所内のアース網に接続することもあるし、アース接続された変圧器収納庫に接続することもある。

#### 【0026】

スイッチ204は、高電圧回路遮断器スイッチのように高速動作し電氣的に制御されたスイッチであれば何でもよい。例示した実施形態では、スイッチ204は通常は閉位置にあり、電氣的な制御入力を通じて迅速に開位置になることができる。制御入力に接続可能な検知制御回路の例を、図3に関連付けながら以下でさらに説明する。

#### 【0027】

DC遮断部210は、変圧器中性点10とアース14との間に、スイッチ集合体202と並列に接続されている。以下の例でさらに説明するが、DC遮断部210は、アース14と変圧器中性点10との間の電流経路を遮断できる1つ以上の直流遮断素子（例えば、キャパシタや抵抗）を備えることで、変圧器12にも損傷を与えかねない有害なDCもしくは疑似DCのアース電流が変圧器中性点10に流れないように未然に防ぐ。具体的な応用例に応じて、容量性または抵抗性のいずれかの（またはその組み合わせ）遮断素子210

10

20

30

40

50

を保護回路 302 に用いることになる。さらに、実施形態によっては、DC 遮断部 210 をアースに直接に接続することで、スイッチ 204 と 208 が計らずも誤作動しても変圧器（または他の電力関係機器）は AC 接地を確保できるようになる。

#### 【0028】

通常の場合では、変圧器中性点 10 はスイッチ集合体 202 を介して接地されている。つまり、スイッチ集合体 202 は、スイッチ 204 と高電圧接地スイッチ 208 を備えるが、通常は閉位置にある。これは器具類で使用される標準接地構成に対応し、結果的に、本明細書に開示される接地システムは、使用前に取り付けられる電気器具類の再調整を必要としない。この状態での最初の動作モードでは、スイッチ集合体が短絡しているため、DC 遮断部 210 は通電されていない。通常モード（GIC の無い状態）で動作しているときに地絡を検出すると、電力系統中継器が障害の発生した機器を隔離するまでは、スイッチ集合体を通る接地で地絡電流に対応する。中性点からアース接続に至る間で高電力高調波または疑似 DC 電流のいずれかの存在が検出されると、スイッチ集合体は、GIC 検知制御用電子機器により開位置となる。この第 2 の動作モードでは、変圧器中性点は DC 遮断部 210 を通して AC 接地される。この動作モードでは、GIC 事象や EMP E3 事象に伴う DC 電流または疑似 DC 電流から保護される。この GIC 保護モードは、電力系統操作員が前記事象の終結宣言を行ない、スイッチ集合体 202 を再度閉位置に戻すまで維持される。

10

#### 【0029】

実施形態によっては、GIC と地絡という極めて稀にしか起こらない事象が同時に発生することに備えて、バリスタまたは MOV（金属酸化物バリスタ）として知られているサージアレスタ 212、または他のそのようなサージ止め装置を組み込み、遮断部 210 を保護するきっかけとする。障害が起きた電流を検出したという中継器からの信号を変圧器中性点電流変圧器 214 を介して受け取ると、スイッチ集合体 202 は再度閉位置に戻り、次いで高電圧スイッチ 208 も再度閉位置となる。従って、一度地絡が起きると、初めにサージアレスタ 212 がアースされ、スイッチ集合体 202 が再度閉位置となるまで続く。なお、同時事象（GIC と地絡）の起きる確率は非常に小さく、現実にはシステムが無くなるまで一度も発生しないかもしれない。

20

#### 【0030】

サージアレスタ 212 のコスト削減のため、1 回の事象だけ保護した後は交換が必要な使い捨て素子である低コストのサージアレスタを用いるのが望ましい。サージアレスタが働きを終えると、設計上、アースに短絡する。2 番目の選択肢としては、最初の導入時に追加でサージアレスタを組み込んでスイッチを付け、最初のサージアレスタが役目を終えると、必要に応じ交換用として 2 番目に切り替わることである。3 番目の選択肢は、最初の導入時に非常に頑丈なサージアレスタを組み込み、サージアレスタが故障せずに多くの地絡に耐えることが保証されることである。

30

#### 【0031】

スイッチ集合体を開位置にすると、図 2 の DC 遮断部 210 は、DC もしくは磁気嵐や EMP E3 事象により誘導される疑似 DC を遮断すると同時に、変圧器中性点 10 の AC 接地経路にもなる。前記の両 DC を遮断すると、変圧器 12 で半周期飽和となりその結果変圧器に過度の無効電力損失、過熱、損傷あるいは故障を引き起こしてしまうことを防止できる。さらに、DC を遮断すれば、電力系統に高調波が発生し結果として電力中継器を次々に移動して電力補償機器が切り離されたり、過度の無効電力負担が生じたり、潜在的に送電網が小規模または大規模に崩壊したりするといったことを防止できる。

40

#### 【0032】

さらに、DC 遮断部 210 の信頼性を高めるために、複数のキャパシタを並列に並べたものか複数の抵抗を並列に並べたもののいずれかを備えて、これらのキャパシタあるいは抵抗の 1 つ以上がだめになってもまだ遮断部として利用できるようにすることができる。

#### 【0033】

また、電磁パルス（EMP）の E1、E2 部分と意図的電磁妨害（IEMI）の両方

50

たはいずれか一方から保護するために、システム内の高感度な検知制御用電子機器はすべて、図1で制御システムを収めた筐体104のように、遮蔽し電気を通さない筐体内に配置したほうが良い。ただし、遮蔽された筐体に収容されていない機器であっても高感度な半導体電子回路を含まなければ、EMPまたはIEMI事象のいずれかに対しても故障しない。遮蔽し電気を通さない筐体内に検知制御用電子機器が配置されていない実施形態であっても、地磁気から誘導されたGICからは変圧器を保護できる。そのような筐体の内容に関しては、以下でさらに詳細に説明する。

#### 【0034】

次に、図3Aを参照しながら、本開示内容から可能な実施形態にしたがう、電氣的保護回路302の第2の実施形態例を含む連続接地システム300について説明する。この実施形態では、電氣的保護回路302は、図2の回路200とおおむね同一であるが、DC遮断部208はキャパシタ304として示されている。ある実施形態では15kV、3000 $\mu$ Fのキャパシタが使われているが、別な種類のキャパシタも同様に使用できる。

#### 【0035】

図3Aは、本開示内容から可能な実施形態による検知制御回路310を示している。検知制御回路310は、検知制御モジュール312や電流検出部314などの制御用電子回路を備えている。中継器制御回路316は、検出制御モジュール312と接続し、スイッチ204、208を作動させるスイッチ制御出力313を生成する。

#### 【0036】

検知制御モジュール312はGIC事象で半周期飽和状態となった変圧器から発生する高調波を検知する。たとえば、モジュール312に、変圧器のいずれかの位相に配置された容量性電圧変圧器(CVT)214の信号形態を常に測定する高調波検知器を含めることができる。中性点DC電流が高調波検知器のいずれかからの信号が既定値を超えると、スイッチング集合体202の2つのスイッチを開位置にする信号を送信する。既定値は、各個別導入ごとの保護要件に応じて電気機器または電力システムの技術者が選択する。DC電流または疑似DC電流の既定値として典型的な範囲は約5~50アンペアの範囲になる。電力高調波レベルの既定値として典型的な範囲は、全高調波歪み(THD)の約1~10%の範囲内になると考えられる。電流検出回路314は、中性点に於けるDC電流もしくは磁気嵐によって発生した疑似DC電流を分流抵抗206の両端で測定し、必要に応じて中継器制御回路316を発動させるために、その測定結果を検知制御モジュール312

#### 【0037】

図示した実施形態では、遮蔽された筐体320は、制御回路310を収納し、高周波高電力な電磁信号が前記筐体に入ることを防止するために筐体320の外周に配置された複数のフィルタ322を備えることで、高感度の制御検知用電子機器が潜在的な妨害や損傷にさらされないようにしている。フィルタ322は、通常は高電圧信号が前記筐体に入らないようにサージ電圧を抑制することもできるローパスフィルタまたはバンドパスフィルタを用いる。図示した実施形態では、遮蔽された筐体320は、通常約14kHzから10GHzまでの電磁周波数の電磁波放射から保護するために、すべてのドアの開口部の周りを導電性ガスカートで前記筐体を遮蔽したEMP/IEMIファラデー筐体である。また、本実施形態では、フィルタ322は、CVT入力326、操作員入出力328、スイッチ制御出力313、および分流抵抗器206のどちら側にも接続される電流検出入力330と同様に電力入力324にも配置されている。さらに、筐体320の内側と外側のいかなるファイバ通信も適切な遮断周波数超導波管を介してフィルタすることで、本質的にEMP事象とIEMI事象から保護することとなる。

#### 【0038】

動作中に、制御回路310がGIC事象を検知すると、中継器制御回路316は、スイッチ制御出力313を介して、DC低電圧スイッチすなわちスイッチ204を開位置にする。この動作に続き、信号が流れて、高電圧接地スイッチ208が開位置となる。接地スイッチ208は、通常は数時間から1日の単位で磁気嵐事象が続く間、開位置のままにな

10

20

30

40

50

るのが普通である。この期間、変圧器 1 2 の変圧器中性点 1 0 は D C 遮断部 2 1 0 (この場合はキャパシタ 3 0 4) によって接地されている。接地スイッチ 2 0 4, 2 0 8 を再度閉位置とするのは、磁気嵐が通過した後に電力系統の操作員が制御を行なうのが普通である。しかし、設備によっては、例えば所定時間経過後といったように、自動的にスイッチを再度閉位置とする構成にすることもある。

#### 【 0 0 3 9 】

次に図 3 B を参照しながら、連続接地システム 3 5 0 の実施形態例をさらに説明する。この代表的な実施形態に於いて、変圧器中性点からアース接続までの D C 電流を測定する目的で、分流抵抗器 2 0 6 と電流検出装置 3 1 4 の代わりにホール効果電流検知器を使用することもできる。このような実施形態では、前記ホール効果検知器は、一度 E M P や I E M I の攻撃を受けると使えなくなる。容量性電圧変圧器 ( C V T ) 2 1 4 も一度 E M P や I E M I の攻撃を受けると、同様に故障するのではないかと、という疑問がある。

10

#### 【 0 0 4 0 】

そのような攻撃を受けても変圧器を確実に継続して保護するためには、フィルタ 3 2 2 を介して検知制御電子機器 3 1 2 に接続される電磁 ( E M ) 場検出器 3 5 2 を、この保護システムに追加すればよい。検出器 3 5 2 は、筐体 3 2 0 の外部に置き、 E M P E 1、E 2 パルスまたは I E M I パルスを検出することができ、検出すると D C スイッチ 2 0 4 そして変圧器の保護に必要なスイッチを開位置とする。 E M 検出器 3 5 2 は、制御用建屋の屋上または側面に取り付け、遮蔽された導管でシールドされた制御用電子回路 3 1 0 に接続する必要がある。

20

#### 【 0 0 4 1 】

様々な実施形態で、異なるタイプの電磁場検出器を使用することができる。代表的な実施形態に於ける電磁場検出器として、"電磁場検出システムおよび方法"という名称を持ち、その開示内容全体が本明細書に参考として援用された、同時係属中の米国特許出願第 1 2 / 9 0 6 , 9 0 2 号に記載されているものを含めてもよい。

#### 【 0 0 4 2 】

動作中に、万一ホール効果検知器と C V T 2 1 4 の両方またはいずれか一方が電磁事象によって損傷ないし破壊されたとしても、電磁場検出器 3 5 2 が D C スイッチ 2 0 4 を開位置にし、その結果、高電圧変圧器 1 0 を保護する。

#### 【 0 0 4 3 】

次に図 4 を参照しながら、図 3 の連続接地システム 3 0 0 を基とし、自己テスト手順も備わった試験装置 4 0 0 について説明する。本開示内容の様々な実施形態によれば、試験装置 4 0 0 は手動テスト、自動テスト (例えば、既定の間隔で行なう) のいずれによっても可能である。図示した実施形態によれば、テスト例として、スイッチ集合体 2 0 2 を開位置にし、例えば A C 電圧源 4 0 4 を使用することによって、電力系統 ( 5 0 H z または 6 0 H z もしくはその高調波 ) とは異なる周波数の電圧を変圧器中性点接続に印加し、同時にこのテスト周波数でキャパシタを通過する電流を測定すればよい。注入された電圧の値と合わせてこの電流の値があれば、キャパシタ (または抵抗) の静電容量 (または抵抗値) の測定値が得られる。静電容量 C は単純な次式で与えられる。

30

$$C = I / V$$

40

ここで、 I はキャパシタを流れる電流、 V は印加された電圧、  $\omega$  は印加された電圧の角周波数 (  $\omega = 2 \pi f$  )

抵抗遮断素子の場合、抵抗値は  $R = V / I$  で得られる。

#### 【 0 0 4 4 】

従って、もし印加された信号の周波数で測定された静電容量 (または抵抗値) が、導入当初の設定値の公称許容範囲内であれば、キャパシタ (または抵抗) が動作状態にあり、 G I C または E M P E 3 事象のいずれが発生しても対応可能であると自己テストで確認されたことになる。もし静電容量 (または抵抗値) が所定の許容範囲外となった場合、追加診断を行なって保護システムが既定外静電容量を検出した原因を追及するようメッセージが出る。そして、もしキャパシタ (または抵抗) やスイッチ類や他の部品が正常に機能

50

していない場合、故障している部品の交換が必要となる。

#### 【0045】

DC遮断素子として抵抗を用いた場合にも、上記のキャパシタを用いた場合と同様の自己テストを行なうことができる。この場合、注入された信号を用いて、抵抗の抵抗値を測定し、所定値となることを確認する。

#### 【0046】

EMP E1、E2パルスから保護するため、この自己テスト構成で使用される電圧高調波注入源404、406、408は、この試験装置400内の他の高感度電子部品と共に遮蔽された筐体320の内部に收容する。この自己テスト構成で使用される電流検知器402は、ホール効果電流検知器であってもよいがその場合、統合アンプを備えた半導体素子であることから、EMP事象や強力なEMI事象に遭うと使えなくなる。

#### 【0047】

図4の試験装置400はまた、検知制御電子回路を電子回路的にテストすることが可能な装置としても表されている。テストは手動でも、所定間隔で自動的にも行なうことができる。この追加テストは、DC注入電圧部408から変圧器中性点接続にDC信号を注入して行なわれ、その結果スイッチ集合体202と分流抵抗206を介するDC電流が流れる。検知制御用電子回路が正常に動作していれば、このことはGICのDC電流が流れるのと同じ状態を創りだしたことになる、スイッチ集合体が開位置になる。スイッチ類は、次に再度閉位置にすれば通常の動作モードに戻る。同様にして、高調波信号発生器406からCVT214接続に高調波信号を注入することにより、GICによって高調波が発生したのと同じ状態を創りだすことができる。高調波検知制御用電子回路が正常に動作していれば、これによってスイッチ集合体が開位置となる。スイッチ類は、次に再度閉位置にすれば通常の動作モードに戻る。

#### 【0048】

図5は、本開示内容により可能な実施形態として、電氣的保護回路500の別の実施形態例の概略図である。この実施形態では、キャパシタと変圧器のインダクタンスの組み合わせによって発生する鉄共振を防止するために、図3、図4のキャパシタ304と直列に抵抗502を配置している。この構成では、サージアRESTA212はキャパシタ304と並列のままであるが、抵抗502はそうではない。通常は抵抗502の抵抗値は、50～60Hzの系統用のキャパシタ304のインピーダンスと整合するように数オーム(0.5～3)単位以下とする。この実施形態では、スイッチング部品とGIC検知電子回路は、すべて図3、図4に示されているものと同じである。

#### 【0049】

図6、図7では、追加の実施形態として、DC遮断部210の一部として可変レベル抵抗を使用している。図6では、並列に配置され、各々と結合してスイッチ604a～604cが直列に接続された抵抗602a～602cの列を備えた電氣的保護回路600が、磁気嵐やEMP事象のE3部分に対し、様々なレベルで保護する。並列抵抗602とこれらの抵抗と結合しているスイッチ604の数は、個別の導入設備で必要とされるDC遮断や減衰の範囲に応じて調整可能である。この実施形態では、制御回路310(図示しない)が、高調波および中性点DC電流に関わる多くの所定閾値をスイッチ制御用に備え、事象の大きさを検知することによって、スイッチが閉位置になる抵抗602の数を制御できる。図示した実施形態では、さらに抵抗602a～602cと並列に抵抗601を備え、スイッチがすべて開位置になっても一定レベルの抵抗が確保されるようにしている。

#### 【0050】

図7では、電氣的保護回路700が、直列接続された抵抗702a～702cと各抵抗に並列に関連スイッチ704a～704cが接続された回路を1列備え、磁気嵐やEMP事象のE3部分に対して様々なレベルの保護ができるようになっている。さらに抵抗702a～702cと直列に抵抗701を備え、スイッチ704a～704cが閉位置になっても変圧器中性点10とアース14との間の経路に一定レベルの抵抗が残るようにしている。直列抵抗702および関連スイッチ704の数は、個別の導入設備で必要とされるD

10

20

30

40

50

C 遮断や減衰の範囲に応じて調整可能である。この実施形態では、検知制御用電子回路が、スイッチが閉位置になる抵抗の数を制御できるよう、やはり事象の大きさを検知できる必要がある。

#### 【 0 0 5 1 】

図 8 は、本開示内容によりさらに可能な実施形態として、連続接地システム 8 0 0 の追加実施形態例を表している。上記で説明したものに比べ、この連続接地システム 8 0 0 は、例えば大きい地磁気誘導電流 ( G I C ) や強い全高調波信号から変圧器 1 0 を保護する目的で使用する複数の抵抗とスイッチを一般的に備えている。図 2 の電氣的保護システム 2 0 0 と比較すると、システム 8 0 0 は、直列接続した遮断回路 8 1 0 a , 8 1 0 b とそれに並列接続するサージアスタ 8 1 2 a , 8 1 2 b とやはり並列接続するスイッチ集合体 8 0 2 a , 8 0 2 b からなる分圧回路を備えている。スイッチ集合体 8 0 2 a , 8 0 2 b は各々、高電圧接地スイッチ 8 0 8 a , 8 0 8 b と D C スイッチ 8 0 4 a , 8 0 4 b とで構成されている。複数のスイッチ集合体を使うことにより、高電圧接地スイッチ 8 0 8 a , 8 0 8 b の作動電圧要件を低くできる。作動電圧要件を低くできれば、標準的な市販の高電圧接地スイッチ 8 0 8 が使用可能となる。

10

#### 【 0 0 5 2 】

図 9 は、さらに可能な実施形態として、電氣的保護装置に使用される回路 9 0 0 の更なる例の概略図である。この実施形態では、回路 9 0 0 は、概ね図 5 に示したものと似ているが、直列に接続された抵抗を追加してある。この実施例では、スイッチ集合体 9 0 4 a ~ 9 0 4 c と 9 0 6 a ~ 9 0 6 c を複数並列に接続し、各々を直列抵抗 9 0 8 a ~ 9 0 8 c のひとつと接続している。図示した実施形態では、抵抗 9 0 8 a ~ 9 0 8 c は通常 2 オームの抵抗値を持っているが、他の抵抗値を使用することもできる。各々の抵抗の間で、別個のスイッチ 9 0 4 a ~ 9 0 4 c と 9 0 6 a ~ 9 0 6 c をアース 1 4 に接続している。各スイッチ 9 0 4 a ~ 9 0 4 c は、保護接地スイッチ 9 0 6 a ~ 9 0 6 c と直列に接続している。特に本実施形態に於いては、スイッチ集合体 9 0 4 a ~ 9 0 4 c と 9 0 6 a ~ 9 0 6 c を徐々に開位置にするように、さらに遮断抵抗を追加してもよい。

20

#### 【 0 0 5 3 】

図 6 , 7 , 9 の実施形態では 3 つの抵抗を配置したが、抵抗を追加して使用することもできる。

#### 【 0 0 5 4 】

以上で説明した実施形態に於いて、特定の回路値を提供したが、本明細書の説明と矛盾がなければ、他の回路部品や回路値を使用してもよい。

30

#### 【 0 0 5 5 】

次に図 1 0 を参照しながら、機器設置台 1 0 0 0 の例について説明する。機器設置台 1 0 0 0 は、以上の図 2 ~ 9 で説明したように、発電所や保護対象となる電気機器の近辺で、回路を格納および保護するために使う。実施形態によっては、機器設置台 1 0 0 0 は、その上に図 1 の電氣的保護回路 1 0 2 を搭載できる構造物を指すこともある。

#### 【 0 0 5 6 】

図示した実施形態では、機器設置台 1 0 0 0 は複数の支持脚 1 0 0 4 が支える基盤 1 0 0 2 を備える。支持脚 1 0 0 4 は各々、杭 1 0 0 6 を取り付けその上に立設してある。各杭 1 0 0 6 は、コンクリートで打つか地面の下まで沈め、上に載せる機器設置台に復元力のある基盤を提供している。

40

#### 【 0 0 5 7 】

機器設置台 1 0 0 0 の基盤 1 0 0 2 は、柱 1 0 1 2 が支える開放構造 1 0 1 0 を有する上面 1 0 0 8 を備えている。実施形態によっては、開放構造 1 0 1 0 は、格子状にしたり網の目状にしたり別の配置方法により、水や雪がその表面上に堆積しないようにしている。基盤構造体は、電力業界標準に沿って、電氣的に接地されるのが普通である。

#### 【 0 0 5 8 】

図示した実施形態に於いては、設置台 1 0 0 0 は全体として幅約 6 フィート、奥行き 3 フィート、高さ約 1 0 フィートである。別の実施形態では、設置台 1 0 0 0 は、幅約 1 0

50

フィート、奥行き約4フィート、高さ約10フィートである。さらに別の実施形態では、設置台1000は、幅約16フィート、奥行き約4フィート、高さ約10フィートである。他のサイズも同様に使用できる。

#### 【0059】

図示した実施形態に於いては、機器設置台1000は、支持脚と上面を含むものであり亜鉛メッキ鋼でできている。杭1006は、コンクリートまたは適切なアンカーボルトを含む他の復元力のある材料とすることができる。代替の実施形態として、代替金属あるいは剛性と耐候性のある材料で機器設置台1000を構築することもできる。

#### 【0060】

全体として、機器設置台1000は、工場で組み立てられ容易に輸送できるよう折りたためる、比較的接地面積の小さな低コストの構造物である。設置台1000は、変電所で再度容易に組み立てられるようにできている。

#### 【0061】

図11と関連してさらに説明するが、機器設置台1000は、磁気嵐(地磁気誘導電流、GIC)か電磁パルス(EMP)に伴うE3パルスのいずれかの攻撃によって生じる、有害なDC中性点電流を遮断するために必要となる電氣的保護部品であれば、通常どのようなものであっても支持できるように作られている。図11で設置台1000に載っている部品は、キャパシタ集合体1014と高電力抵抗1016とサージアレスタ1018とである。キャパシタ集合体1014は1つ以上のキャパシタを含むものであり、多数のさまざまな構成のいずれであってもかまわない。実施形態の例として、キャパシタ集合体1014は、前記したキャパシタ304と同一であってもよい。抵抗1016は、例えば、高電流印加に耐える1オームの電力抵抗とすることができる。抵抗1016は、いくつかの実施形態で先に説明した電力用抵抗502と同一とすることができる。

#### 【0062】

図示した実施形態では、キャパシタ集合体1014はアース位置と高電圧変圧器の中性点の間で抵抗1016と直列に接続している。実施形態によっては、開放構造1010上の抵抗1016の下に敷かれた絶縁パッド(図示せず)により、抵抗1016は機器設置台を介してアース接続から絶縁されることもある。これとは別の電氣的絶縁方法を用いることもある。

#### 【0063】

サージアレスタ1018は、接地点と高電圧変圧器の中性点との間に接続されている。サージアレスタ1018は、いくつかの実施形態で先に説明したサージアレスタ212と同一である。実施形態によっては、サージアレスタ1018は、圧力開放モードとなっても開放されたガスや破片が他の機器をなにも損傷せずに地面に向かうよう底が開口した、金属製保護箱で覆われている。設置台上に収容する機器のうちサージアレスタの下に位置するものは全て、そうした損傷を防ぐため適切に遮蔽する。

#### 【0064】

設置台1000の上部左側にあるのは高電圧接地スイッチ1020である。接地スイッチ1020は、設置台1000の底部から延設されるシャフト1023を介して電動機1022に接続される。設置台1000の底部上にはDC切断スイッチ1024と分流抵抗1026がある。DC切断スイッチ1024が作動すると、設置台1000上の回路が高電圧変圧器から切断される。

#### 【0065】

オプションとして、機器設置台1000の近くに1つ以上の電氣部品を制御する制御用電子回路を備えてもよい。実施形態によっては、電子回路への損傷を防ぐため、前記制御用電子回路を電氣的に遮蔽された筐体に収納する。

#### 【0066】

様々なコンポーネントを電氣的に相互接続するため、1つ以上の電氣伝導体1050とアース電氣伝導体1060を使用する。伝導体1050はいくつかの高電圧絶縁体1030に搭載されている。電氣的ブッシング1040もキャパシタと電力抵抗器とサージアレ

10

20

30

40

50

タの上部に図示してある。EMPとIEMIから保護された電子機器（例えば、上記の電子機器310）は、常にではないが通常は変電所の制御用建屋（建物）に收容する。

【0067】

また、実施形態によっては、安全上の理由から、設置台1000の下に人が立ち入らないよう底部の周囲に適切な柵を設ける。

【0068】

さらに、図示した実施形態では特定の電気機器配置となっているが、別の実施形態として異なる電氣的接続も可能である。電氣的接続の例が、上記の図2～図9に併せて示してある。

【0069】

全体として、本開示内容の様々な実施形態によれば、回路保護に関して多くの利点を提供できるが、特に、発電や配電で使用する変圧器のようなAC電気機器のアース接続部分に流れる高調波信号または直流電流信号のいずれかに関して有効である。例えば、DCまたは疑似DCの中性点電流を遮断することで、変圧器コアの半周期飽和現象を防ぐことができ、その結果、変圧器の過熱や損傷や故障を防止できる。また、DCを遮断することで、電力系統中継器を作動させ停電や非常に不安定な状態をもたらす高調波を低減し、電力品質も向上する。こうすれば、電力系統中継器の連鎖反応や、電力補償用ないしその他の重要機器の切断を大部分防ぎ、結果としてGIC事象やEMP事象が起こった時に送電網の一部あるいは全体が崩壊してしまうことを避けることができる。

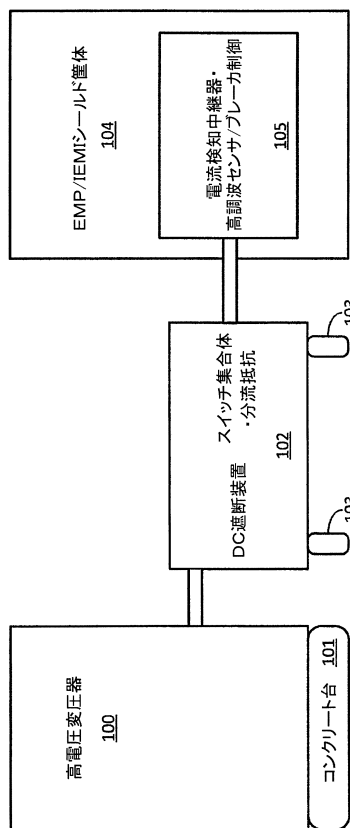
【0070】

上記の明細書、実施例及びデータがあれば、本発明の組成物を製造し使用する説明としては完璧である。本発明の精神および範囲から逸脱することなく、本発明の数々の実施形態を行なうことができるので、本発明の特許請求の範囲は添付の内容となる。

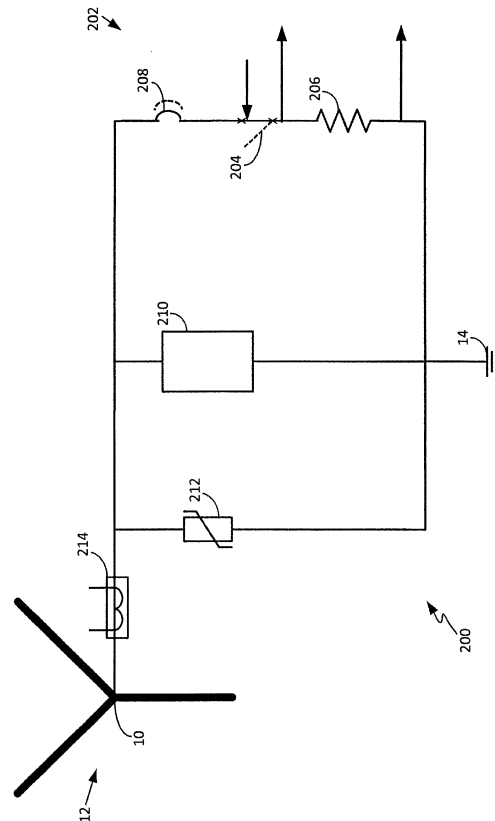
10

20

【図1】

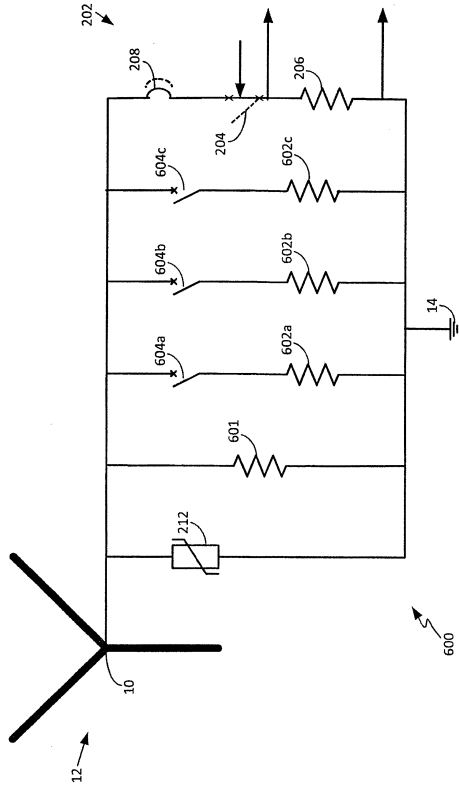


【図2】

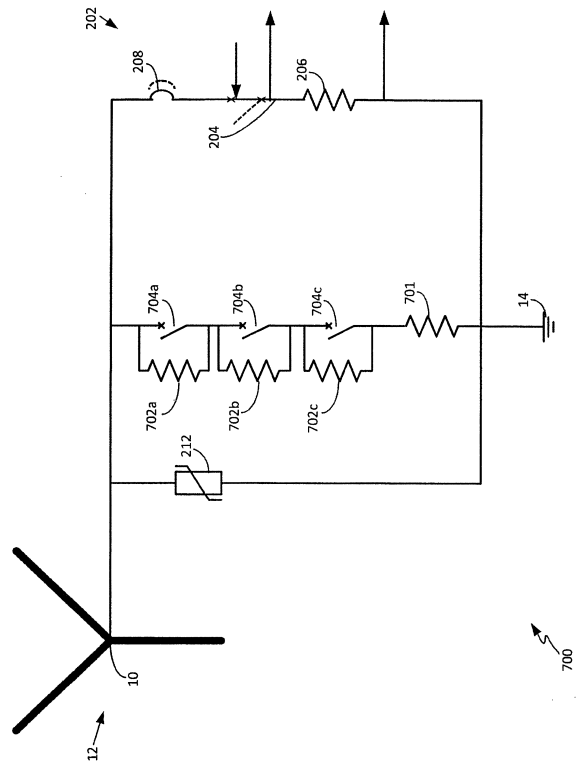




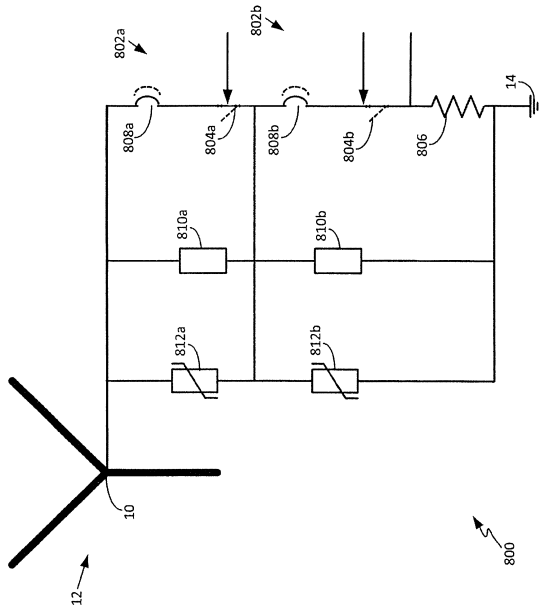
【 図 6 】



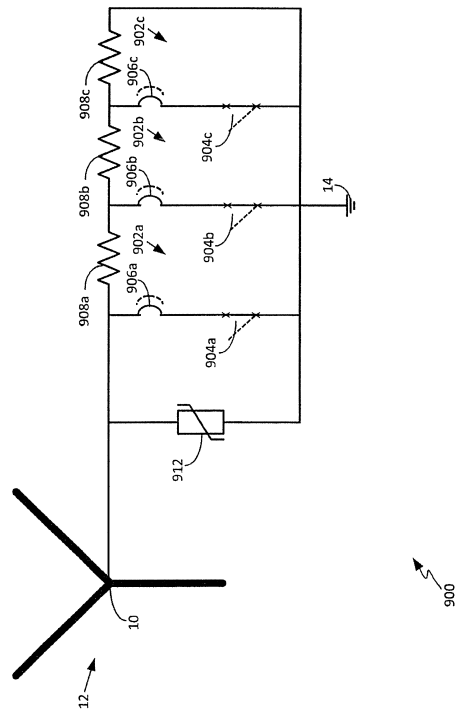
【 図 7 】



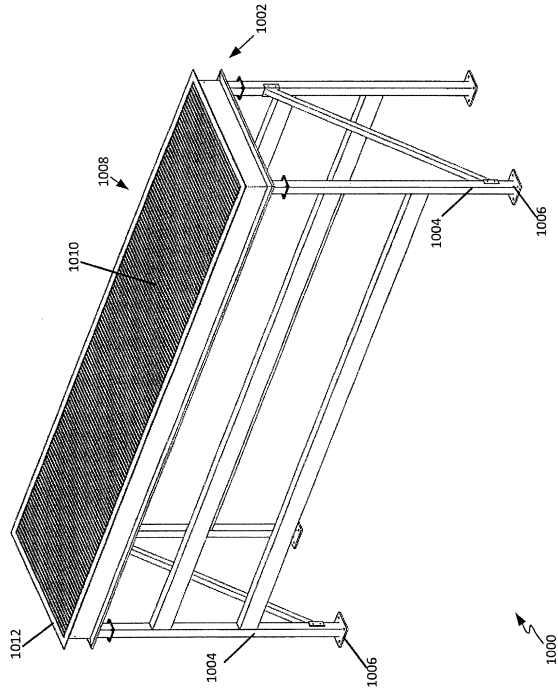
【 図 8 】



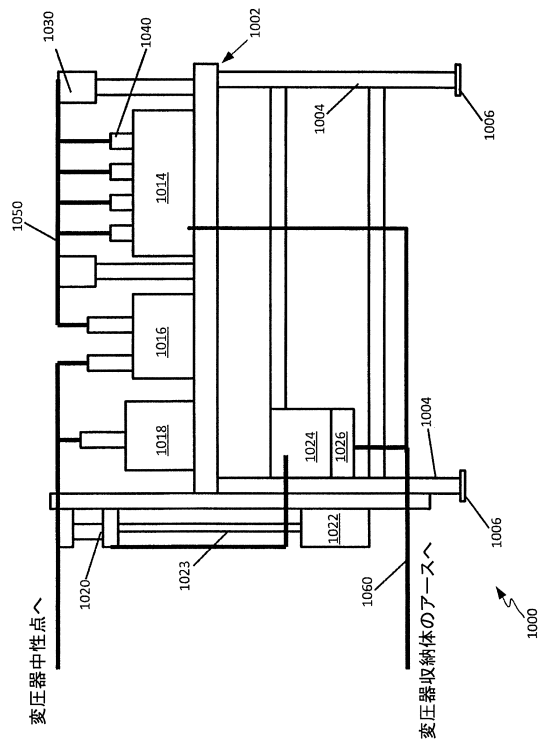
【 図 9 】



【図10】



【図11】



## フロントページの続き

- (31)優先権主張番号 61/430,388  
(32)優先日 平成23年1月6日(2011.1.6)  
(33)優先権主張国 米国(US)  
(31)優先権主張番号 13/159,374  
(32)優先日 平成23年6月13日(2011.6.13)  
(33)優先権主張国 米国(US)  
(31)優先権主張番号 61/486,635  
(32)優先日 平成23年5月16日(2011.5.16)  
(33)優先権主張国 米国(US)  
(31)優先権主張番号 61/366,088  
(32)優先日 平成22年7月20日(2010.7.20)  
(33)優先権主張国 米国(US)

## 前置審査

- (72)発明者 ジェンセン、ウォレス  
アメリカ合衆国、ミネソタ州 55038、センターヴィル、イーグル トレイル 6985  
(72)発明者 ノルドリング、ゲイル  
アメリカ合衆国、ミネソタ州 55331、エクセルシオ、リンウッド アヴェニュー 20625  
(72)発明者 フックス、グレッグ  
アメリカ合衆国、ウィスコンシン州 54022、リヴァー フォールズ、サウス 5番 ストリート 108  
(72)発明者 ジャクソン、デビッド、ブレイク  
アメリカ合衆国、ミネソタ州 55331、エクセルシオ、ウッドハイブン プレース 20650  
(72)発明者 フォルクマン、テリー、リー  
アメリカ合衆国、ミネソタ州 55376、セント マイケル、55番 ストリート エヌイー 14240  
(72)発明者 ルール、ジェイムス、ニコラス  
アメリカ合衆国、ミネソタ州 55331、エクセルシオ、ラファイエット アヴェニュー 456  
(72)発明者 グロ -、プライアン  
アメリカ合衆国、ミネソタ州 55372、プライアー レイク、アイランド ビュー ロード エヌダブリュー 15769

審査官 吉村 伊佐雄

- (56)参考文献 特開平03-207224(JP,A)  
特開平05-081973(JP,A)  
特開2004-347563(JP,A)  
特開平02-142358(JP,A)  
特開昭59-013313(JP,A)  
特開平06-260308(JP,A)  
特開昭58-046804(JP,A)  
特開2001-028829(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01R 23/00 - 23/20、

H02H 1/00 - 3/07、 3/32 - 3/52、

7/00 - 7/055、 7/10 - 7/20