

【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載

【部門区分】第 7 部門第 4 区分

【発行日】平成 21 年 8 月 13 日 (2009.8.13)

【公開番号】特開 2008-109832 (P2008-109832A)

【公開日】平成 20 年 5 月 8 日 (2008.5.8)

【年通号数】公開・登録公報 2008-018

【出願番号】特願 2006-341794 (P2006-341794)

【国際特許分類】

H 0 2 H 9/02 (2006.01)

H 0 1 L 39/16 (2006.01)

H 0 2 H 3/08 (2006.01)

【F I】

H 0 2 H 9/02 Z A A D

H 0 1 L 39/16

H 0 2 H 3/08 S

【手続補正書】

【提出日】平成 21 年 7 月 1 日 (2009.7.1)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【発明の詳細な説明】

【発明の名称】一体型高速スイッチモジュールを備えた半波非限流型超電導限流器

【技術分野】

【0001】

本発明は高速スイッチモジュールを備えた半波非限流型超電導限流器に関する。

【背景技術】

【0002】

電力系統では落雷、地絡、短絡などの事故時に発生するある閾値以上の過電流が系統に流れないように限流器及び遮断器などを適用する。

【0003】

限流器の中で、超電導素子を用いた超電導の限流器(Fault Current Limiters:FCLs)は電力供給源から供給される電力を、超電導素子の固有特性によって損失の発生なしに系統に供給し、落雷、地絡、短絡などの事故時に発生するある閾値以上の過電流を制限する。これによりブスバー、碍子、遮断器などの電力機器に加わる機械的、熱的、電氣的ストレスを制限する。

【0004】

一方、遮断器は電力系統上に連結され、ある閾値以上の過電流を感知し、遮断信号を発生する過電流継電器の制御によって系統との接続を切ることによって過電流が系統に流れることを遮断する。

【0005】

以下、添付した図面に基づき超電導限流器について詳述する(特許文献 1 を参照)。

【0006】

図 1 は超電導限流器の電力容量による超電導素子の接続を示す図であり、図 2 は図 1 の一部分を詳細に示した図である。

【0007】

図 1 を参照すれば、落雷、地絡、短絡などの事故によるある閾値以上の過電流の発生時

に各列の直列接続に該当する超電導素子の同時クエンチを誘導するために磁場を発生させて伝達するトリガマトリックス(trigger matrix)100Aと、落雷、地絡、短絡などの事故による上記の閾値以上の過電流を制限する限流マトリックス(current-limiting matrix)100Bとからなる。

【0008】

トリガマトリックス100Aは、図2に示したように、超電導素子RR1とこの超電導素子RR1を取り囲んだコイルLL1が一つのトリガマトリックス素子(Trigger matrix element)110-1を構成したものからなり、電力系統で必要な電流容量によりn個のトリガマトリックス素子110-1～110-nで構成される。

【0009】

限流マトリックス100Bは、図2に示したように、超電導素子RR1とこの超電導素子RR1を取り囲んだコイルLL1、及びこの超電導素子RR1と超電導素子RR1を取り囲んだコイルLL1と並列に接続されるコイルL11が一つの限流マトリックス素子(Current-limiting matrix element)114-1を構成して、トリガマトリックス素子110-1と接続されるn個の限流マトリックス素子114-1～114-nで構成される。また、限流マトリックス100Bは、前記n個の並列に接続された限流マトリックス素子114-1～114-nが限流モジュール(Current-limiting Module112-1)を構成したものからなり、電力系統で必要な電圧耐量によりm個の限流モジュール(Module112-1～112-m)が直列に接続される。

【0010】

従って、電力系統で適用される超電導限流器は、電力系統で必要な電流容量によってn個のトリガマトリックス素子110-1～110-nとこのn個のトリガマトリックス素子110-1～110-nに対応するn個の限流マトリックス素子114-1～114-nが接続されて構成され、前記n個の限流マトリックス素子114-1～114-nが一つの限流モジュール(Module112-1)を構成して、電力系統で必要な電圧耐量によってm個の限流モジュール(Module112-1～112-m)が直列に接続されて構成される。すなわち、電力系統で必要な電力容量によりトリガマトリックス素子及び限流マトリックス素子に備えられる超電導素子は直列及び並列に接続される。

【0011】

図1の一部分を詳細に示した図2を参照すれば、電力供給源100から電力が供給される電力線に超電導素子RR1と超電導素子RR1を取り囲んだコイルLL1のトリガマトリックス素子110-1が接続される。超電導素子R11、超電導素子R11を取り囲んだコイルLL11、及びこの超電導素子R11、超電導素子R11を取り囲んだコイルLL11と並列に接続されたコイルL11が限流マトリックス素子114-1になり、必要な電圧耐量によってm個の限流マトリックス素子114-1が直列に接続される。電力系統で必要な電流容量によりトリガマトリックス素子110-1及びm個の限流マトリックス素子114-1が並列に接続されマトリックス構造を形成する。

【0012】

図2を参照して動作を説明すれば、正常電流が流れる場合は超電導素子(RR1、R11、R21、…Rm1)は電力供給源から供給する電力を損失なしで系統に供給する。正常電流時にはそれぞれの超電導素子を取り囲んだコイル(LL1、LL11、LL21、…LLm1)で生ずるインダクタンス成分が互いに相殺される。

【0013】

一方、落雷、地絡、短絡などの事故によりある閾値以上の過電流が発生する場合、超電導素子RR1は常電導状態にクエンチされて高い抵抗値を発生する。

【0014】

前記の発生した抵抗値により超電導素子RR1を取り囲んだコイルLL1に過電流が流れて磁場が発生するが、この磁場は、同時に直列に接続されているコイルLL11～LLm1に印加される。前記磁場により超電導素子R11～Rm1はクエンチされ、従って高い抵抗値を発生して、それぞれの超電導素子R11～Rm1と並列に接続されたコイルL

1 1 ~ L m 1 に過電流を分流させる。これにより超電導素子 R 1 1 ~ R m 1 が過電流により破壊されず、コイル L 1 1 ~ L m 1 が有するインピーダンス値により過電流は制限されることにより系統 1 5 0 に過電流が流れるのを遮断するようになる。

【0015】

前述したように動作するためにはそれぞれの超電導素子が同じ特性を有するように作製されるべきであり、それぞれの超電導素子は容器内に液体窒素などの冷媒で取り囲まれて冷却されるべきである。

【0016】

前述したように超電導限流器はある閾値以上の過電流またはある閾値以上の温度によって常伝導状態に遷移して高い抵抗を発生して過電流を制限し、冷却装置を備えて超電導状態になる温度に冷却することにより超電導素子が再び超電導状態に復帰できるようにする。

【0017】

しかしながら、超電導限流器の超電導素子は単位長さ当たり受容可能な電力容量が小さくて電力系統に適用するためには数多くの超電導素子の直列及び並列接続を必要とし、高圧系統であるほど幾何級数的に超電導素子の直列及び並列接続が増加するようになる。この場合超電導素子の直列及び並列接続による接続ポイントの増加は超電導限流器の不安定を引き起こし、これは安定的な電力が系統に供給されることを妨害する。また、超電導素子の製造工程上の不良や特性差によって超電導限流器が動作しない場合があり、超電導限流器の故障時故障の原因が把握し難くなる。また、超電導素子の直列及び並列接続のための製作費用及び製作技術、超電導素子の超電導状態を保つための冷却費用及び冷却技術によって実際の電力系統に適用し難い。

【0018】

また、常伝導状態から超電導状態に復帰するのに相当な時間がかかるため、現在一般的な電力系統から求められる 1 秒以内再閉路条件を満たしがたい。

【0019】

遮断器は過電流継電器の制御によってある閾値以上の過電流の遮断のために所要時間が 3 ~ 5 周期ほどかかる一方、超電導限流器は超電導素子の固有特性によってある閾値以上の過電流を感知してからすぐその過電流を制限する。これにより超電導限流器が一定値以上の過電流を制限する場合は過電流継電器が正常に作動できなくて系統との接続を遮断する遮断器を制御できなくなる。

【0020】

【特許文献 1】特表 2 0 0 4 - 5 3 1 0 5 2 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0021】

本発明は前述した従来の技術の問題点を解決するために案出されたもので、その目的は超電導素子を用いた限流器が短絡事故時に超電導限流器と系統保護機器との協調を円滑にするため、1 / 2 周期間中は完全に短絡電流を制限せず 1 / 2 周期後から短絡電流を制限する半波非限流方式を提供することにより、遮断器(CIRCUIT BREAKER)などの系統保護継電要素との相互連携が円滑になされるようにするところにあるが、それは事故電流発生後最初の 1 / 2 周期内に事故電流の波高値に達する前に限流する限流器に比べて 1 / 2 周期の事故電流を許容する不利な側面があるものの、電力系統の保護継電要素と連携して使用する場合は 1 / 2 周期間は事故電流を制限しないことが望ましいからである。

【0022】

本発明の他の目的は、超電導素子を用いて限流器を構成するにおいて超電導素子を囲んだ周辺の多数のスイッチング素子の一つのメカニズムによって一体型で同時に動作するモジュールで構成することにより、全体構成的な面から超電導素子と高速スイッチモジュール、及び限流負荷の 3 つの構成要素のみを有する超電導限流器を提供し、よって超電導素子の使用量の低減及び冷却費用の削減による費用節減が図れる超電導限流器を提供すると

ころにある。

【0023】

本発明のさらに他の目的は、既存の電力系統上で適用されていた保護機器との相互作用及び再閉路問題への対処が可能な超電導限流器を提供するところにあり、ひいては超高压、大電流容量を受容する電力系統で使用可能な超電導限流器を提供して長期的に信頼性を確保できる超電導限流器を提供するところにある。

【課題を解決するための手段】

【0024】

前述した目的を達成するための本発明に係る半波非限流型超電導限流器は、電源供給経路上の超電導素子と並列に接続される分流経路上に配されるコイルであって、前記超電導素子のクエンチにより分流された過電流が流れる時それに電磁反発力を発生させて連動手段に前記電磁反発力を印加する駆動コイルと、前記駆動コイルと系統との間に直列に接続され、前記分流経路上の後段に位置する高速スイッチング接点であって、前記連動手段に一体に軸着されそのスイッチの接触した接点が前記連動手段に印加された電磁反発力により離れる高速スイッチング接点と、前記駆動コイルと並列に接続されて限流経路上に配設されるアーク切換スイッチであって、前記連動手段にそのスイッチの一方側が一体に軸着し、前記高速スイッチング接点の移動方向で反対方向に連動して、前記高速スイッチング接点が予め設定された間隔だけ離れる時接点が接して前記過電流を後段に直列に接続された限流負荷に通流させるアーク切換スイッチと、からなる一体型高速スイッチモジュールを含んで構成される。

【0025】

このような一体型高速スイッチモジュールは機械的には少なくとも一つ以上の複数個を順次に連続配置でき、特に高速スイッチング接点は順次に少なくとも一つ以上連続的に配置でき、望ましくは前記高速スイッチング接点が複数個配される場合、駆動コイルも一つ以上の分流経路上に配置され得る。

【発明の効果】

【0026】

以下に述べるように、本発明の半波非限流型超電導限流器は、超電導素子、一体型高速スイッチモジュール及び限流負荷などをハイブリッド方式で構成して、落雷、地絡、短絡などの事故によってある閾値以上の過電流が発生する場合に過電流を半周期以後から制限することにより系統上で電力機器と協調可能なようにする。また、最小の超電導素子を使用することができて製作及び冷却費用が節減され、製作及び冷却技術が容易になる効果がある。これにより、安定的かつ信頼性の高い半波非限流型超電導限流器が具現され、安定的な電力が系統に供給される効果がある。また、既存の検証され適用されてきた限流負荷及び電力機器を使用することによりメンテナンスが容易になる効果がある。

【0027】

また、大電力系統上にも超電導素子を必要な電流容量によって並列に接続し、遮断器などの電力機器を必要な電圧耐量に合わせて使用することにより本発明を適用できる効果がある。

【発明を実施するための最良の形態】

【0028】

以下、添付した図面に基づき本発明に係る一体型高速スイッチモジュールを備えた半波非限流型の超電導限流器を説明する。但し、本発明を説明するにおいて、関連した公知の機能あるいは構成に対する具体的な説明が不必要に詳細になり本発明の要旨を不明にする恐れがあると判断される場合、それに対する詳細な説明は省く。

【0029】

図3は本発明の一実施例による一体型高速スイッチモジュール320を備えた半波非限流型超電導限流器を示す図であり、図4は図3において超電導素子の接続を示す図であり、図5は図3の一体型高速スイッチモジュールの動作を詳細に示す図であり、図6は図3を応用した図である。

【0030】

図3を参照すれば、電力供給源300から供給される電力の伝達特性を最適化するため所定のインピーダンス値を有する電力線に超電導素子(SC)310が直列に接続される。

【0031】

超電導素子310の後段には点線で示して一つの一体型であることを示す一体型高速スイッチモジュール320と、限流負荷(CLL)330、回路遮断器(CB)340などが接続される。

【0032】

一体型高速スイッチモジュール320は回路的に超電導素子310のクエンチ(Quench)現象が発生した時事故電流である過電流が分流されるように形成した分流経路上に前記超電導素子と並列に接続される駆動コイル322と、常時接点が接して前記駆動コイル322と系統350との間に直列に接続される高速スイッチング接点324、及び限流経路上に常時接点が離れて駆動コイル322の両端間に並列に接続されるアーク切換スイッチ326で構成され、機械的には図5で点線で示した部分のように駆動コイル322により移動する反発板328に軸327が延設され、この軸の両端には下側に高速スイッチング接点324が形成されており、上側端にはアーク切換スイッチ326が形成されているが、高速スイッチング接点324とアーク切換スイッチ326はスイッチのオン/オフ概念上には互いに反対状態になるように配置されており、このような一体型高速スイッチモジュール320の動作については、追って図5のaないし図5のdを参照してさらに詳述する。

【0033】

超電導素子310は臨界電流密度(Critical Current Density:Jc)、臨界磁場(Critical Magnetic Field:Hc)及び臨界温度(Critical Temperature:Tc)などの3種の臨界値以内で電気抵抗が0Ωになる超電導状態になる。

【0034】

超電導素子310は前記超電導状態を用いて電力供給源300から供給する電力を電力損失なしで系統350に供給する。

【0035】

また、超電導素子310は、前記3種の臨界値の一つでも範囲を越えると、超電導状態から急速に常電導状態に移転して、高い抵抗値を発生するクエンチ(Quench)現象が発生する。

【0036】

超電導素子310は、それに落雷、地絡、短絡などである閾値を越える過電流が流れる場合に、瞬間的に高い抵抗値を発生するクエンチ現象が発生して、過電流を他の経路に分流させる。本発明の超電導素子310は、過電流発生時に過電流を他の経路に分流させるため、電力系統で必要な電流容量によって複数個が並列に接続されて構成される。例えば、図4に示したように、複数個の超電導素子を並列に接続することができる。

【0037】

超電導素子310は容器内で液体窒素などの冷媒で取り囲まれて冷却される。

【0038】

高速スイッチモジュール320は、超電導素子310に落雷、地絡、短絡などのある閾値を越える過電流が流れる場合に、その過電流を用いて超電導素子310から過電流を分離し、分離された過電流を限流することができるようにする。高速スイッチモジュール320を図5を参照して詳述する。

【0039】

図5のaに示したように、高速スイッチモジュール320は駆動コイル322、高速スイッチング接点324及びアーク切換スイッチ326を含んだ一体型である。高速スイッチモジュール320は常時接点が接触している高速スイッチング接点324の接点の分離、または常時接点が離れているアーク切換スイッチ326の接点の接触が真空中で行われる真空インタラプト(Vacuum Interrupter:VI)構造を有する。

【００４０】

高速スイッチモジュール３２０の駆動コイル３２２は超電導素子３１０と並列に接続される分流経路上に配置され、そこには超電導素子３１０が分離した過電流が流れてその過電流により電磁反発力を発生する。

【００４１】

高速スイッチモジュール３２０の高速スイッチング接点３２４は、前記分流経路上の後段である駆動コイル３２２と系統３５０との間に直列に接続され、常時接点が接触していて駆動コイル３２２が発生するある閾値以上の電磁反発力により接触した接点が離れてアークを発生する。

【００４２】

例えば、図５のｂに示したように、高速スイッチモジュール３２０の駆動コイル３２２に過電流が流れるようになる場合、渦電流が誘導されて互いに押し出す電磁反発力を発生し、臨界値以上の電磁反発力により連動手段である反発板３２８は矢印方向に動く。この反発板３２８は銅やアルミニウムのような導電率の優れた導体を使用して作製することができる。

【００４３】

この際、高速スイッチング接点３２４の接触した接点のうち一方の接触面が反発板３２８と連結され反発板３２８が動くと同時に接触した接点は離れ始めながらアークを発生する。高速スイッチング接点３２４は少なくとも一つ以上を順次直列に連結して使用することができる。

【００４４】

絶縁破壊を引き起こさずに使用できる最高の電圧を意味する絶縁耐力は、例えば図６に示したように、高速スイッチング接点３２４を順次二つ直列に連結することによって増加させることができ、これにより受容される電圧耐量が増加する。すなわち、直列に連結する高速スイッチング接点３２４の個数が多いほど受容される電圧耐量が増加する。

【００４５】

また、図５のｃに示したように、高速スイッチモジュール３２０のアーク切換スイッチ３２６は駆動コイル３２２と並列に接続される限流経路上に配置され、高速スイッチング接点３２４の接触した接点が徐々に離れて予め設定された間隔になる場合に離れた接点が接触する。

【００４６】

参考までに、限流経路の用語は超電導素子でクエンチにより分流された事故電流を限流負荷により限流するための経路を意味し、分流経路とは超電導素子でクエンチ現象により分離された事故電流が流れる経路を指す。

【００４７】

アーク切換スイッチ３２６の離れた接点間隔によってｃ経路が接続される時間が決定されるが、アーク切換スイッチ３２６の接点が接触すると、図３に示したように、インピーダンス成分が低いｃ経路に過電流が流れるようになる。すなわち、アーク切換スイッチ３２６の接点接触を通じて殆んどの過電流を超電導素子３１０から分離して超電導素子３１０が過電流により破壊されることを防止する。一方、アーク切換スイッチ３２４から発生したアークは維持し続け、このアークにより前記過電流が系統３５０に流れるようになる通電経路が生成される。

【００４８】

図５のｄに示したように、高速スイッチング接点３２４から発生したアークは電流の半周期で電流零点になる場合に消弧し、高速スイッチング接点３２４から発生したアークにより生成された通電経路も遮断される。

【００４９】

限流負荷３３０は抵抗、インダクタ、コンデンサなどのインピーダンス素子で構成され算定されたインピーダンス値によって過電流を制限する。前記の限流負荷(Current limit Load: C L L) ３３０は、高速スイッチング接点３２４から発生したアークが電流の半周

期で電流零点になる時に消弧するとそこに過電流が流れるようになり、その過電流を制限する。

【0050】

遮断器340はある閾値以上の過電流時に過電流継電器(図示せず)が発生する遮断信号に応じて系統350との接続を遮断する。前記過電流継電器(図示せず)は電力系統上に連結されて上記の閾値以上の過電流を感知し、遮断信号を発して電力機器を過電流から保護する。

【0051】

系統350は電力供給源300が供給する電力を使用する少なくとも一つ以上の負荷を含む。

【0052】

前述したように、過電流が流入して電磁反発力を発生する駆動コイル322、前記電磁反発力により接触した接点が離れる高速スイッチング接点324及び高速スイッチング接点324が予め設定された間隔に離れる時に接触するアーク切換スイッチ326を含んだ一体型高速スイッチモジュール320は電力供給源300から供給する電流の周波数に該当する半周期以内で前記動作が行われる。これは、一般的に適用される遮断器が3～5周期内に過電流を遮断することに比べて高速であると言える。

【0053】

しかしながら、高速スイッチモジュール320の高速スイッチング接点324を分流経路上の後段に配置することにより、駆動コイル322から発生した電磁反発力で高速スイッチング接点324の接触した接点が離れながらアークが発生し、この発生したアークにより過電流が系統350に流れる通電経路が生成される。

【0054】

高速スイッチング接点324から発生したアーク成分は電流の半周期で電流零点になるときに消弧し、これにより前記の生成された通電経路も遮断され、全ての過電流は限流負荷330で限流される。

【0055】

すなわち、半周期以後に過電流が限流負荷330で限流されるように高速スイッチモジュール320の高速スイッチング接点324を分流経路上の後段に配置したものであり、このような概念が半波非限流型と命名した最も重要な理由である。

【0056】

これは電力系統上に適用される遮断器340のような保護機器が相互に協調して動作できるようにするための本発明の重要な目的である。

【0057】

つまり、高速スイッチモジュール320の高速スイッチング接点324を分流経路上の後段に配置することによって本発明の半波非限流型超電導限流器になり得る。

【0058】

図3を参照して動作を説明すれば、正常電流が流れる場合は超電導素子310は電力供給源300から供給する電力を損失せずにa経路(電源供給経路)を通してd経路を通じて系統350に供給する。

【0059】

一方、落雷、地絡、短絡などの事故によりある閾値を越える過電流が発生する場合、超電導素子310には高い抵抗値を発生するクエンチ(Quench)現象が発生し、発生した抵抗値により過電流は超電導素子310と並列に接続されたb経路(分流経路)の駆動コイル322に流れる。

【0060】

駆動コイル322に流れる過電流により渦電流が誘導され強い電磁反発力が発生し、この電磁反発力により駆動コイル322と直列に接続された高速スイッチング接点324の接触していた接点が離れるようになる。

【0061】

高速スイッチング接点 3 2 4 の接点は離れながらアークが発生し、発生したアークのアーク抵抗により過電流が所定値に制限されるが、前記アークにより通電経路が生成され過電流は d 経路を通じて流れる。

【0062】

高速スイッチング接点 3 2 4 の接点が予め設定された間隔に離れる時にアーク切換スイッチ 3 2 6 の接点が接触し、c 経路(限流経路)に前記過電流が流れる。

【0063】

前記過電流が電流の半周期で電流零点になる時に接点スイッチ 3 2 4 から発生したアークは消弧し、超電導素子 3 1 0 も前記過電流から完全に分離される。全ての過電流は高速スイッチング接点 3 2 4 と並列に接続された限流負荷 3 3 0 に分流し、電流の半周期以後から限流負荷 3 3 0 で算定された値に制限される。遮断器 3 4 0 は過電流継電器が発生する遮断信号に応じてスイッチを開いて系統 3 5 0 との連結を遮断する。前述したように超電導素子 3 1 0 は正常電流が流れる場合は電力供給源 3 0 0 が供給する電力を損失なしで系統 3 5 0 に供給し、落雷、地絡、短絡などの事故によってある閾値を越える過電流が発生する場合は高い抵抗値を発生して前記過電流を他の経路に分離する。

【0064】

また、一体型高速スイッチモジュール 3 2 0 は前記過電流を超電導素子 3 1 0 から分離して超電導素子 3 1 0 を保護し、過電流が電流の半周期以後から限流負荷 3 3 0 によって制限できるようにする。

これにより、本発明の超電導素子 3 1 0 は電力系統上で必要な電流容量だけに合わせて、図 4 に示したように、超電導素子 3 1 0 を並列に接続して使用する。

【0065】

すなわち、電力系統上の必要な電圧耐量とは関係なく超電導素子を使い、最小の超電導素子の適用によって、技術及び費用面において容易であり、安定的かつ信頼性の高い半波非限流型超電導限流器を具現できる。

【0066】

また、半波非限流型超電導限流器は半周期以後に過電流を制限することにより遮断器などの電力機器が動作できるようにするため、電力系統上で電力機器と協調して動作することができる。

【0067】

そして、半波非限流型超電導限流器は、電力系統上で必要な電流容量によって超電導素子を並列に接続すれば良いので、大電力系統上でも、本発明を適用して超電導素子を並列に接続して必要な電流容量に合わせ、必要な電圧耐量に合わせて遮断器などの電力機器を取り替えると使用できるようになる。

【0068】

図 7 は本発明の他の実施例による一体型高速スイッチモジュールを含んだ半波非限流型超電導限流器を示した図である。

【0069】

図 7 を参照すれば、電力供給源 3 0 0 から供給される電力の伝達特性を最適化するため所定のインピーダンス値を有する電力線に超電導素子 3 1 0 が直列に接続される。半波非限流型超電導限流器には、常時接点が接触して電源供給経路上に超電導素子 3 1 0 と系統 3 5 0 との間に直列に接続される第 1 高速スイッチング接点 3 2 4 - 1 と、第 1 分流経路上に超電導素子 3 1 0 及び第 1 高速スイッチング接点 3 2 4 - 1 と並列に接続される第 1 駆動コイル 3 2 2 - 1 と、第 2 分流経路上に第 1 駆動コイル 3 2 2 - 1 と並列に接続される第 2 駆動コイル 3 2 2 - 2 と、常時接点が接触して第 2 駆動コイル 3 2 2 - 2 と系統 3 5 0 との間に直列に接続される第 2 高速スイッチング接点 3 2 4 - 2 と、限流経路上に常時接点が離されて第 2 駆動コイル 3 2 2 - 2 と並列に接続されるアーク切換スイッチ 3 2 6 とが一体型である高速スイッチモジュール 3 2 0 が含まれる。

【0070】

また、第 1 駆動コイル 3 2 2 - 1、第 2 駆動コイル 3 2 2 - 2 及びアーク切換スイッチ 3

26と系統350との間に限流負荷330が接続されて半波非限流型超電導限流器が構成される。そして、この半波非限流型超電導限流器は遮断器340を通じて系統350に接続される。

【0071】

図7を図3と対比してみると、超電導素子310に直列に接続される第1高速スイッチング接点324-1と第1高速スイッチング接点324-1の接点を開く第1駆動コイル322-1をさらに含んで、一体型高速スイッチモジュール320が構成されることが分かる。

【0072】

これにより図7の動作を詳述すれば、落雷、地絡、短絡などの事故によって過電流が発生する場合に超電導素子310はクエンチして高い抵抗値を発生して、前記過電流は相対的に低いインピーダンスを有するb-1経路(第1分流経路)とb-2経路(第2分流経路)とに分流する。b-1経路に存在する第1駆動コイル322-1は前記過電流により電磁反発力を発生し、発生した電磁反発力により第1高速スイッチング接点324-1は接触した接点が離れるが、第1高速スイッチング接点324-1は超電導素子310と直列に接続され、超電導素子310が殆んどの過電流をb-1経路とb-2経路とに分流するため、比較的小さいアークを発生し、このアークのアーク抵抗によりa経路(電源供給経路)に残留した過電流は所定値に制限される。

【0073】

一方、b-2経路に存在する第2駆動コイル322-2は前記過電流により電磁反発力を発生し、発生した電磁反発力によって第2高速スイッチング接点324-2は接触した接点が離れるが、第2高速スイッチング接点324-2は第2駆動コイル322-2と直列に接続され第1高速スイッチング接点324-1から発生するアークに比べて大きいアークを発生し、このアークのアーク抵抗によりd経路の過電流は所定値に制限される。

【0074】

また、第2高速スイッチング接点324-2から発生したアークにより前記過電流が系統350に流れるようになる通電経路が生成され、過電流はd経路に流れるようになる。第1高速スイッチング接点324-1の接触した接点が予め設定された間隔に離れると、アーク切換スイッチ326の接点が接触するが、これにより第1高速スイッチング接点324-1から発生した小さいアークはc経路に分流されながら消弧され、超電導素子310は過電流から完全に分離される。

【0075】

すなわち、電流の半周期内に超電導素子310は過電流から分離され超電導状態に復帰できる時間的余裕が生じる。これによって過電流継電器が発する制御信号に応じて系統350との連結を遮断してから、設定時間内に再び連結する再閉路遮断器が適用される電力系統で使用できるようになる。

【0076】

一方、第2高速スイッチング接点324-2から発生した大きいアークは電流の半周期で電流零点になる時に消弧され、過電流は限流負荷330に流れるようになって限流負荷330で制限される。すなわち、図3のように電流の半周期以後に限流が始まる。

【0077】

図7の半波非限流型超電導限流器と図3の半波非限流型超電導限流器との相違点は、図3の場合は電流の半周期で電流零点になる場合に高速スイッチング接点324から発生したアークが消弧され、これにより超電導素子310も半周期以後から過電流から完全に分離されることである。

【0078】

しかし、図7の場合は第1駆動コイル322-1及び第2駆動コイル322-2、第1高速スイッチング接点324-1及び第2高速スイッチング接点324-2、アーク切換スイッチ326が一体型である高速スイッチングモジュール320により半周期以内に超電導素子310から過電流を完全に分離することにより、1秒以内再閉路動作を行なう遮断器

340を適用する電力系統で遮断器340が再び閉路する場合に超電導素子310が超電導状態に復帰できる時間をさらに短縮できるようにする。

【0079】

すなわち、超電導素子310は再び超電導状態に復帰するのに所定の時間を必要とするため、さらに迅速に過電流から超電導素子を分離する。

【0080】

図8は図7において過電流が発生する場合経時的な過電流の変化の推移を示すグラフである。

【0081】

落雷、地絡、短絡などの事故によってある閾値を越える過電流が発生する場合、超電導素子310は常電導状態に移転して高い抵抗値が発生するクエンチ現象が発生し、発生した抵抗値により過電流はインピーダンス成分が低いb-1経路(第1分路経路)及びb-2経路(第2分路経路)に分流する(P1時点)。

【0082】

前記b-1経路の高速スイッチモジュール320の第1駆動コイル322-1は前記過電流によって電磁反発力が発生し、その電磁反発力によって高速スイッチモジュール320の第1高速スイッチング接点324-1は接触した接点が離れながら小さいアークが発生する。

【0083】

前記第b-2経路の高速スイッチモジュール320の第2駆動コイル322-2は前記過電流によって電磁反発力が発生し、その電磁反発力により高速スイッチモジュール320の第2高速スイッチング接点324-2は接触していた接点が離れながら第1高速スイッチング接点324-1から発生するアークに比べて大きいアークが発生する。

【0084】

第1高速スイッチング接点324-1と第2高速スイッチング接点324-2から発生するアークのアーク抵抗によってa及びd経路に残留する過電流は所定値に制限される(P2時点)。

【0085】

第1高速スイッチング接点324-1の接触した接点が離れながら予め設定された間隔に離れる時アーク切換スイッチ326の離れた接点が接触するようになり、c経路(限流経路)が接続されて第1高速スイッチング接点324-1から発生した小さいアークは消弧され、超電導素子310は過電流から完全に遮断される(P3時点)。前記アーク切換スイッチの離れた間隔はc経路が接続される時間を決定する。

【0086】

第2高速スイッチング接点324-2から発生した大きいアークは電流の半周期において電流零点になる時に消弧され、全ての過電流は限流負荷330に分離される(P4時点)。分離された過電流は限流負荷330の算定されたインピーダンス値によって制限される。一方、遮断器340は過電流継電器が発生する信号に応じてスイッチを開いて系統350との連結を遮断する。

【0087】

図8に示したグラフのように、落雷、地絡、短絡などの事故により非正常に高い電流、即ち過電流が発生するようになるが、半波非限流型超電導限流器を通じて電力供給源300から供給する電流の半周期以後に過電流を制限し、過電流継電器が前記過電流を感知して遮断器を制御できるようにする。

【0088】

これまで本発明を特定の望ましい実施例について示しかつ説明したが、本発明の属する技術分野における通常の知識を有する者は前述した実施例について本発明の範疇から逸脱しない限度内で多様に改造及び変化させることができることが容易に分かる。従って、本発明の権利範囲は説明された実施例に限って定められるべきではなく、特許請求の範囲のみならず、本特許請求の範囲と均等なものによって定められるべきである。

【図面の簡単な説明】

【0089】

【図1】超電導限流器において電力容量による超電導素子の接続を示す図である。

【図2】図1の一部を詳細に示す図である。

【図3】本発明の一実施例による一体型高速スイッチモジュールを備えた半波非限流型超電導限流器を示す図である。

【図4】図3において超電導素子の接続を示す図である。

【図5】図3の一体型高速スイッチモジュールの動作の詳細を示す図である。

【図6】図3を応用した図である。

【図7】本発明の他の実施例による一体型高速スイッチモジュールを備えた半波非限流型超電導限流器を示す図である。

【図8】図7において過電流が発生する場合の経時的な過電流の変化の推移のグラフを示す図である。

【符号の説明】

【0090】

- 300 電力供給源
- 310 超電導素子
- 320 一体型高速スイッチモジュール
- 322 駆動コイル
- 324 高速スイッチング接点
- 326 アーク切換スイッチ
- 327 軸
- 322-1 第1駆動コイル
- 324-1 第1高速スイッチング接点
- 322-2 第2駆動コイル
- 324-2 第2高速スイッチング接点
- 330 限流負荷