

MITSUBISHI

三菱電機技報 Vol.79 No.6

2005

6

特集「最近の低圧遮断器の進歩」



目次

特集「最近の低圧遮断器の進歩」

低圧遮断器特集号に寄せて 1
 杉山 彰

低圧遮断器の現状と将来動向 2
 弥富 剛・矢木澤 守・小山健一

新形低圧気中遮断器“AE-SWシリーズ” 7
 岡下広史・福谷和則

新形低圧気中遮断器“AE-SWシリーズ”
 の短時間通電性能向上 11
 牧田 陽・竹内敏恵・福谷和則・岡下広史

新形低圧気中遮断器“AE-SWシリーズ”用
 アドオン方式引きはずしリレー 15
 広常弘二・野村敏光・黒崎剛史

新形低圧気中遮断器“AE-SWシリーズ”用ASIC 19
 野村敏光・西村貢一

UL489対応小形ノーヒューズ遮断器
 “SRU/HRUシリーズ” 23
 谷辺俊幸・高橋 進

UL489対応小形ノーヒューズ遮断器
 “SRU/HRUシリーズ”の遮断性能向上 27
 三橋孝夫・澤田 敦・伏見征浩

IEC60947-2 Type A (半波整流漏電) 対応
 漏電検出ASIC 31
 土本雄二・杉本康浩

UL489対応ノーヒューズ遮断器
 “NF50-SMUシリーズ” 35
 石田 伸・山中 尚・芦刈康宏

UL489対応ノーヒューズ遮断器
 “NF50-SMUシリーズ”の遮断技術 39
 三橋孝夫・池田龍典

MDUブレーカ用計測ユニット 43
 山崎晴彦・原本賢一・森 貢

低圧遮断器のRoHS対応 47
 細貝節夫・伊藤仁志

普通論文

新形ソリッドステートコンタクタ
 “US-N/US-Hシリーズ” 52
 山本京一

Recent Progress of Low Voltage Circuit Breakers
 To Feature Title About Low Voltage Circuit Breakers
 Akira Sugiyama

Current Status and Future Trend of Low-Voltage Circuit Breakers
 Takeshi Yatomi, Mamoru Yagisawa, Kenichi Koyama

Low Voltage Air Circuit Breakers “AE-SW Series”
 Hiroshi Okashita, Kazumori Fukuya

An Optimum Design of Short-Circuit Electromagnetic Forces of Multi-Finger Systems in Low Voltage Air Circuit Breakers
 Yo Makita, Toshie Takeuchi, Kazumori Fukuya, Hiroshi Okashita

Electronic Trip Relay for Low Voltage Air Circuit Breakers “AE-SW Series”
 Koji Hirotsune, Toshimitsu Nomura, Takeshi Kurosaki

ASIC for Low Voltage Air Circuit Breakers “AE-SW Series”
 Toshimitsu Nomura, Kouichi Nishimura

UL489 Listed Molded Case Circuit Breakers “SRU/HRU Series”
 Toshiyuki Tanibe, Susumu Takahashi

Improvement in Breaking Performance of UL489 Listed Molded Case Circuit Breakers of “SRU/HRU Series”
 Takao Mitsuhashi, Atsushi Sawada, Masahiro Fushimi

ASIC for Residual Current Detection of Type A
 Yuji Tschimoto, Yasuhiro Sugimoto

UL489 Listed Molded Case Circuit Breakers “NF50-SMU Series”
 Shin Ishida, Hisashi Yamanaka, Yasuhiro Ashikari

Breaking Technique for UL489 Listed Molded Case Circuit Breakers of “NF50-SMU Series”
 Takao Mitsuhashi, Tatsunori Ikeda

Measuring Units for MDU Breakers
 Haruhiko Yamazaki, Kenichi Haramoto, Mitsugi Mori

Responding to the RoHS Directive and Technology for Low Voltage Circuit Breakers
 Setsuo Hosogai, Hitoshi Ito

New Solid State Contactors “US-N/US-H Series”
 Kyoichi Yamamoto

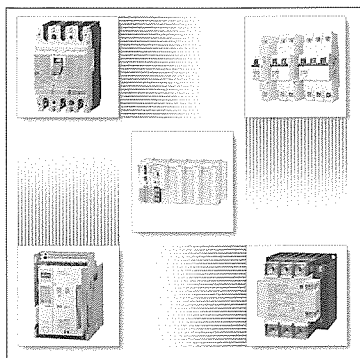
特許と新案

「地絡検出装置」
 「ポリエステル樹脂組成物、これを用いた開閉器および
 その製造方法」 57

「回路遮断器」 58

スポットライト

分岐ごと・設備ごとの原単位管理に役立つ
 MDUブレーカ用計測ユニット



表紙

最近の低圧遮断器の進歩

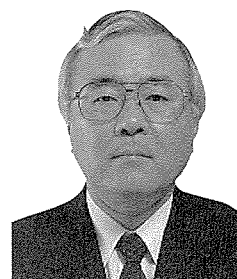
電気回路を過負荷や短絡事故から守る低圧遮断器にも市場のグローバル化、インテリジェント化や環境対策の波が押し寄せている。この特集では、各種低圧遮断器のそれぞれの方面での進歩について述べる。

表紙の写真は、左上と右上がグローバル対応したノーヒューズ遮断器、中央が低圧遮断器にインテリジェントな機能を持たせるMDUブレーカ用計測ユニット、左下は低圧遮断器としての基本性能の向上とインテリジェント化を果たした気中遮断器AE-SWシリーズであり、全体として明るくクリーンなイメージに仕上げた。

右下は低圧遮断器ではないが、負荷制御用のソリッドステートコンタクタであり、半導体化することにより、高信頼性を提供可能な製品である。

低圧遮断器特集号に寄せて

To Feature Title About Low Voltage Circuit Breakers



杉山 彰
Akira Sugiyama

電気は、電車等の駆動源から情報通信の信号波形に至るまで、様々な形に変換可能な非常に便利なエネルギーであり、発展途上の国でも高度情報化社会を持つ国でもなくてはならないものである。この電気エネルギーを流す低圧電路を過電流や短絡事故から保護するのが低圧遮断器であり、世界中の電気使用箇所には必ず使われている。また、発展途上国の電気の使用量増大につれて、低圧遮断器は今後も需要が増加していく。

最近の低圧遮断器の技術進歩としては計測機能との融合があり、三菱電機は1997年に“MDUブレーカ”という名称で計測機能付き低圧遮断器を発売した。このMDU (Measuring Display Unit) ブレーカは、電路の電流、電圧、電力、電力量などが計測可能である。電力量の計測が省スペースで実現可能な省エネルギー支援機器であり、発売以来、好評を得ている。

規格動向で見てみると、低圧遮断器は安全機器であるため、それぞれの国ごとに規格があり、それに適合する必要がある。米国の場合はUL (Underwriters Laboratories)、中国はGB (Guojia Biaozhun)、欧州はEN (Europeische Norm)、日本はJIS (Japanese Industrial Standards) などがあるが、市場がグローバル化している現在ではどこでも使用できる製品が求められている。また、日本では“従来

JIS”と“IEC (International Electrotechnical Commission) 規格をベースにした整合化JIS”があったが、2004年12月に統合化JISに一本化され、規格による貿易障壁をなくする方向に進んでおり、日本市場での海外メーカーとの競合も増加すると予想される。

地球に優しい環境対策としては、欧州でのRoHS (Restriction of the use of certain Hazardous Substances in electrical and electronic equipment) 指令対応が挙げられる。対象となる有害物質としては鉛、水銀、カドミウム、六価クロム、PBB (ポリ臭化ジフェニール)、PBDE (ポリ臭化ジフェニールエーテル) があり、この中でも電気接点中のカドミウムフリー化が低圧遮断器にとって重要課題である。

これらの動向を睨(にら)み、今回の特集では、グローバル市場対応の新形気中遮断器、UL489対応小形遮断器、MDUブレーカ用計測ユニット、遮断器のRoHS対応等について、それを実現する新技術について述べる。

低圧遮断器は電気エネルギーを安定して供給するための重要なインフラの一つである。今後ますます激しくなるグローバル競争の中で、ニーズを先取りした要素技術開発を継続することにより、国内及び世界に役立つ製品を提供していきたい。



弥富 剛*



矢木澤 守**



小山健一***

低圧遮断器の現状と将来動向

Current Status and Future Trend of Low-Voltage Circuit Breakers

Takeshi Yatomi, Mamoru Yagisawa, Kenichi Koyama

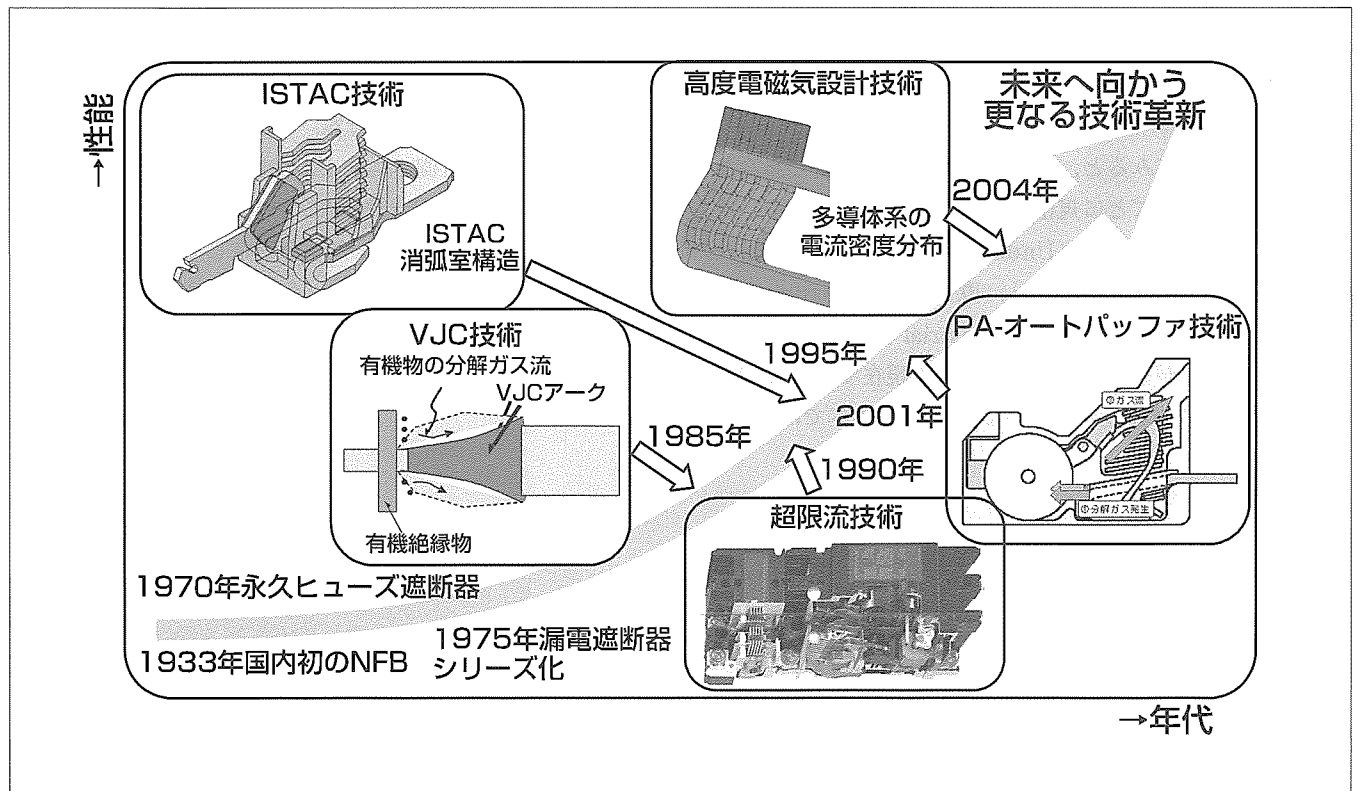
要旨

我が国初の低圧遮断器を1933年に製品化して以来、3/4世紀にわたって電力配電インフラを支える重要機器として産業の発展や人々の生活環境向上に貢献してきた。その間、電力配電機器へのニーズは高度成長による大容量化、情報化、産業構造のグローバル化、環境保護、省エネルギー化などのように次々と変化・多様化し、三菱電機では、遮断器内部で発生するアーク現象や電磁気現象の基礎研究成果、さらには遮断器の電子化技術等に基づいた高性能な製品によってこのニーズにこたえてきた。

例えば、ニーズの代表例として、遮断器で遮断できる電力の大容量化とコンパクト化がある。これを実現するためには、できるだけ小さな容積で接点間に発生したアークのエネルギーを消費して電流を安全に切る技術、すなわち遮断技術や限流技術が重要となる。

1980年代前半の基礎研究から生まれた高限流・遮断性能を達成したVJC(Vapor Jet Control)技術、200kAの遮断を可能とした超限流遮断器技術、遮断器のコンパクト化に大きく貢献したISTAC(Impulsive Slot Type Accelerator)技術、高電圧回路遮断に効果のあるPA(Polymer Ablation)-オートパッファ技術などを次々と開発し製品化することによって、1955年当時と比較すると50年間で約12倍の遮断性能向上を達成した。

今後も世界中で電気はますます重要なエネルギーと位置付けられており、そのために低圧遮断器を代表とする電力インフラ機器の重要性は高く、当社では、継続的な基礎技術開発によって世の中に貢献できる製品の創出を続けていく。



低圧遮断器技術の変遷

1933年に我が国初のNFB(No Fuse Breaker)を製品化して以来、継続的な遮断器関連技術の開発と高度化によって、現在に至るまで性能や信頼性を向上させてきた。今後も、技術開発によって世の中のニーズにこたえる製品を創出する。

1. ま え が き

当社の低圧遮断器技術は、1933年に我が国初のノーヒューズ遮断器を発売して以来、約3/4世紀にわたって世の中の電気文明を支えてきた。その間、時代のニーズは高度成長による大容量化、情報化、産業構造のグローバル化、環境保護、省エネルギー化などのように次々と変化・多様化し、それに対して当社は、世の中のニーズを先取りする形で途絶えることなく技術開発を推進しその時代に合った遮断器を製品化してきた。その一例として、遮断器1台で遮断できる容量については大容量化の要求がある一方、その遮断器の大きさはコンパクトが望まれてきた。これに対する当社遮断器の遮断能力の変遷を図1に示す。縦軸は遮断能力を遮断器体積で割った値を規格化した。これを見ると、50年間で約12倍に遮断能力が向上していることが分かる。

本稿では、世の中のニーズの指標とも言える規格や規制などの遮断器を取り巻く環境の変化とそれに対応した遮断器要素技術開発の経緯について述べる。

2. 低圧遮断器の周辺状況

低圧遮断器を取り巻く環境変化として、グローバル化に伴う規制・規格の変化があり、低圧遮断器単体及びそれを搭載する機器は、各国の規格への対応指向及び遮断器単体機器のグローバル標準化指向が強まっている。さらに、高度情報社会の進展により、ビルや工場等のインテリジェント化が進み、これに伴い、電気を供給する設備には高い信頼性が求められている。そのため、遮断器単体のみならず複数の遮断器を組み合わせた遮断システムの信頼性向上、予知予防保全(連続給電の確保)、停電時間の極小化が必要となっている。これらは人手を掛けずに実現することが望まれており、電路情報の遠隔監視のための計測・伝送・分析機能の重要性も増している。また、地球温暖化問題に対する京都議定書、欧州RoHS(Restriction of the use of certain Hazardous Substances in electrical and electronic equipment)指令での有害6物質の規制など、環境負荷低



図1. 遮断能力の変遷

減への取り組みが広がってきた。

グローバル化に伴う規制・規格の変化として、我が国では、個別機器に対してIEC(International Electrotechnical Commission)規格をJIS(Japanese Industrial Standards)規格に取り入れる活動が行われ、低圧遮断器の場合、1999年にIEC60947に基づき国際規格と整合化した規格としてJIS C 8201-2が発行し、従来JIS規格との並存状態となった。その後、規制改革委員会からの一本化の要請を受け、課題の整理及び統合化作業が進み、両規格を統合化した統合化JIS規格が2004年12月に発行された。なお、従来JIS規格も当面は存続する見通しである。

統合化JIS規格では、IEC規格の体系を本格導入し、従来JIS規格と比較して安全面の規制が充実した。その主なものには、「短絡遮断責務Icu, Icsの規程」「断路(アイソレーション)機能」などがある。また、従来JISにはない産業用と住宅用の区分が設けられ、適用場所及び使用者の区分(一般人、技能者、熟練者)により使用できる遮断器に制限を受ける。産業用遮断器の適用範囲は、定格電圧：AC1,000V以下、DC1,500V以下(電技省令では低圧は交流600V以下、直流750V以下と規定)、定格電流及び定格遮断容量には規定がなく、一方、住宅用遮断器の適用範囲は、定格電圧：AC440V以下(線間)又はAC300V以下(対地間)、定格電流：150A以下、定格遮断容量：25kA以下である。また、統合化JIS規格では、電気設備工事規定に関する特有な規定を附属書1と附属書2としてまとめている。附属書1にはJIS C 0364建築電気設備に対応する性能(IEC規格特有の要求項目)を、附属書2には在来電気設備規定に対応する性能(従来JIS規格特有の要求項目)をそれぞれ規定しており、附属書1の遮断器と附属書2の遮断器を混用することはできない。

これらの規格の統合化の動きと並行して、新しいJISマーク制度への改正も進められている(2004年6月、改正工業標準化の公布)。この新制度は、JIS規格のあるすべての製品が対象となり、①製品認証制度の導入(指定商品制の廃止)、②メーカー責任の下にJISマーク表示と自己適合宣言を自由選択、③登録された第三者認証機関による認証、⑤制度信頼性の確保(国の認証機関・製造業者等への立入検査権限、自己適合宣言品を含む試買検査実施)などを規定している。今後、登録認証機関の整備が進められ、経過措置期間が終了後、現行JISマーク制度は廃止される見通しである。

3. 各種低圧遮断器

低圧遮断器を大別すると、図2に示すように、気中遮断器(Air Circuit Breaker: ACB)、ノーヒューズ遮断器(Molded Case Circuit Breaker: MCCB)、ミニチュアサーキットブレーカ(Miniature Circuit Breaker: MCB)に

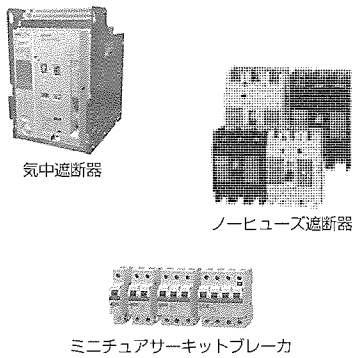


図2. 各種低圧回路遮断器

分類できる。

ACBは、主として低圧回路の最上位に用いられるので、高い遮断性能に加えて、他の低圧遮断器にはない短時間通電電流性能(事故時等の大電流を短時間通電する性能)を要求される。この短時間通電電流が大きいくほど選択協調領域を拡大でき、電力設備の信頼性が高まる。当社では、過渡電磁現象を考慮した短時間通電電流の改善手法を開発し、製品構造の最適化に適用している。また、近年のインテリジェント化及び省力化の要求に対しては、各種ネットワークへの対応、MDU(Measuring Display Unit)計測表示ユニットの搭載、機能ごとのモジュール化による多様なニーズへのフレキシブル対応などを実現している。

MCCBは、低圧回路の主幹から分電盤まで幅広く用いられることから、定格電流も3Aから4,000Aと幅が広いラインアップになっている。一般的にMCCBは、短時間通電性能を持っておらず、MCCB間の選択協調は上位MCCBの引き外し装置の動作特性と、下位MCCBの限流性能との関係で決まる。したがって、主として分岐回路に用いられる定格電流250A以下のMCCBでは、それより大型のMCCBより限流性能への要求が高くなる。また、市場のグローバル化の流れから、MCCBには高い定格電圧への対応が求められている。当社では、これらの要求にこたえるため、当社独自の限流・遮断技術を開発し製品へ適用してきた。また、MDUブレーカ等により省エネルギー・省力化にも対応している。

MCBは、欧州を中心に発達しグローバル市場で用いられるようになった機種で、薄形で高い限流性能が特長であり、低圧回路の下位に位置する分電盤及び機械装置に用いられることが多い。我が国でMCBの相当するものは、電灯分電盤用配線用遮断器や住宅用分電盤用配線用遮断器(安全ブレーカ)である。

また、これら低圧遮断器に感電・漏電火災防止のために漏電検出機能を搭載した漏電遮断器がある。漏電遮断器では、零相変流器(ZCT)を用いて微小な地絡電流を検出するため、インバータやサーボ回路のように、電流波形ひずみ、対地静電容量による漏洩(ろうえい)電流、高周波サー

ジが発生する場合に誤動作が発生することがあるが、当社では、これらの影響を排除できる漏電検出用ASIC(Application Specific IC)を開発し、高い信頼性を確保している。

4. 遮断器の要素技術

前述したように規格のグローバル化、環境保護対策、電力インフラ機器としての信頼性への要求等に対して、当社は、1933年の国内初の低圧遮断器製品化から一貫して技術開発によってこたえてきた。ここでは、それら技術を、小型・大容量化に対する遮断技術・限流技術、信頼性に対する電流通電技術、省エネルギーや最近の電子化の要求に対する電子式遮断器技術、環境対策その他に分類してその状況について述べる。

4.1 遮断・限流技術

遮断器の重要責務に遮断性能が挙げられる。電流の遮断は、遮断時に開極した接点間に発生したアークを安全確実に消滅させ電流の流れを止めることであり、遮断器の小型化や回路電圧の増大要求を考慮すると、可能な限り小さな容積で短絡電流アークのエネルギーを消費して、電流ゼロ点で接点間を絶縁状態に回復させる必要がある。このための技術が遮断技術である。また、低圧遮断器では、限流現象が積極的に利用される。接点間に発生した気中アークのインピーダンスは低圧回路の短絡インピーダンスと比較的に近い値となり、これによって短絡回路全体のインピーダンスが上昇して電流が抑制される。しかし、これは短絡電流の増大速度より速い必要があり高い技術が必要となる。この限流技術によって短絡電流が抑制されると、遮断器に接続された回路の配線や機器が短絡電流から保護しやすくなるとともに遮断器そのものもコンパクト化が可能となる。限流技術としては古くからヒューズが知られているが、ここでは、ヒューズのように電路を溶断し瞬時に長ギャップアークを発生するものではなく、通電時に閉じられた接点を開くことによって限流する技術の代表例、さらに高電圧回路の遮断技術の代表例を述べる。

(1) VJC技術

1980年当時、当社では、低圧遮断器の新限流・遮断技術の開発を目的として、接点間アークの基礎現象解明の研究を実施した。その研究では、電極・周辺構造や材料を変化させ、気中アークの電流・電圧特性だけでなく高速カメラによるアーク挙動の時間変化観測やアーク発光のスペクトラム分布などの計測を積極的に活用した。その結果、電極直径が小さいほどアーク径が小さくアーク電圧が高くなること、また、同一電極径では電極周辺を絶縁物で囲むことで高いアーク電圧が得られることが分かった。このことは、アーク発光のスペクトル分析から、電極材料で構成されるアーク陽光柱の周辺部分を絶縁物から放出されたガスが冷

却し、その結果アーク径が絞られて高いアーク電圧が得られていると結論付けられた⁽¹⁾。このアークモデルの模式図を図3に示す。この技術はVJC技術と名付けられ、1985年に製品に適用された。

(2) 超限流遮断技術

ますます大容量化する受配電方式を背景に短絡容量の増大が課題となる中、開発され、1990年に製品化されたのが遮断容量200kAの性能を持つ超限流遮断器である。この超限流遮断器は、図4に示すように、超限流ユニットを遮断器本体に接続するという全く新しい発想を持つ画期的製品であった。超限流ユニットはフォーク形2点切り構造を持っており、短絡電流の電磁力を利用して高速に開極することで瞬時に高いアーク電圧を発生し、遮断器本体と合わせると3点アーク構成になることで推定短絡電流を約1/10にまで限流することを可能とした。さらに、この接点には、前述したVJC技術を発展させたSJ-VJC(高速転流式アーク制御)技術も採用された。

(3) ISTAC遮断技術

短絡電流の電磁力を利用してアークを駆動したり可動子を駆動する手法としては、U字形固定子やブローアウトコイル形状があった。遮断器の高性能化と合わせコンパクト化の要求にも対応するためにはそれぞれの方式に一長一短があることから、アーク・可動子駆動と限流性能の関係に注目して開発したのがISTAC遮断技術である。ISTAC構造を図5に示す。高い限流性能を得るためにはアーク電圧の最大値を大きくするだけでなくアーク電圧の立ち上がり速度を高めることが本質的に重要であり、そのために、特に開極初期に可動子を速く駆動しかつ発生したアークをグリッド方向へ駆動することが可能な構造となっている⁽²⁾。このISTAC遮断技術によって大幅に消弧室がコンパクト

化された遮断器は1995年に発売された。さらに、この技術は磁性材料を付加することによって更に高性能化され、Advanced ISTAC技術として2001年に進化した。

(4) PA-オートパuffa遮断技術

これまでに述べた3つの技術は主として限流性能に注目して開発されたものであるが、遮断器として限流後の最終目的は電流を遮断することであり、それは電流ゼロ点での極間の絶縁回復を確実に達成することを意味する。その観点で開発された技術がPA-オートパuffa技術である。その消弧室構造を図6に示す。接点を開極し発生したアークによる熱で消弧室の絶縁物から高分子分解ガスが発生する。このガスをまず貯留して、その後アークに吹き付け、電流遮断点において接点間が既に冷却され導電性ガスが存在しない状態にすることで確実な遮断が可能となる⁽³⁾。この技術は特に高電圧回路を遮断する際に効果があり、2001年に製品化された。

4.2 信頼性技術

従来から遮断器の機械的開閉寿命や電氣的開閉寿命の長期化及び信頼性向上の取り組みは活発に議論されてきた。機構部の損傷としては、特にシャント(銅の平編線や薄板で可撓(かとう)性を持たせて電氣的接続を行う部品)の疲労断線が開閉寿命を制限する大きな要因であり、一方、電氣的寿命は接点の消耗に支配されている。現在の“WSシリーズ”では、国際化に対応するため、断路(アイソレーション)機能及び操作部のクラスII絶縁を装備するために新しい機構を開発しており、そこには開閉寿命を向上させる工夫も織り込まれている。100Aフレーム品等ではシャントレス通電機構を採用し、可動子と可動子ホルダをしゅう動接触させることでシャントをなくし、開閉寿命の大幅な

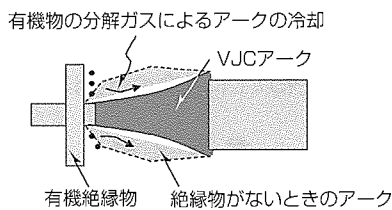


図3. VJCアークモデル

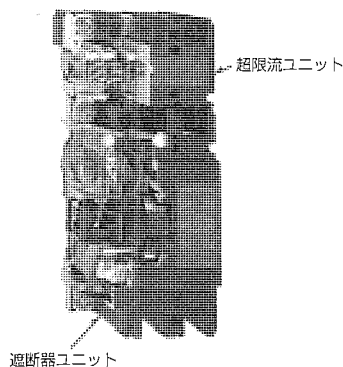


図4. 超限流遮断器

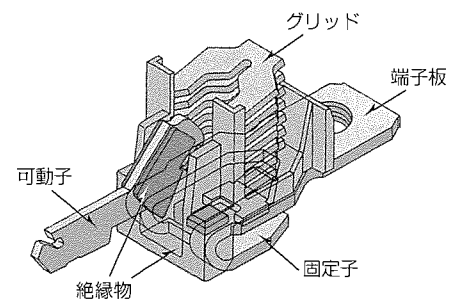


図5. ISTAC遮断技術

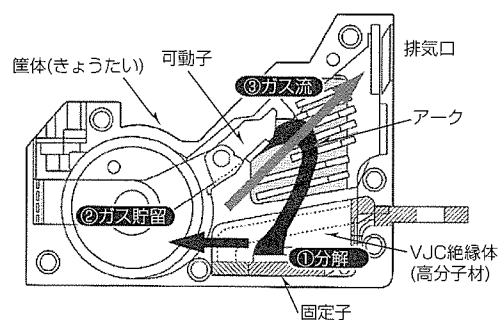


図6. PA-オートパuffa消弧室

向上を実現している。また、4.1節で述べた新遮断技術の効果で接点の耐久性能が優れ、電気的寿命も向上した。

上記のような機構部品の信頼性技術に加えて、通電の信頼性向上のための新たな技術も適用されている。新形気中遮断器“AE-SWシリーズ”では、定格電流2,000A(AE2000-SW)から4,000A(AE4000-SWA)の機種で定格短時間耐電流性能(短通性能)の格上げを達成している。短通性能の向上では、大電流通電時の電磁力による接点反発・発弧を抑えることが最大の課題である。そこで、図7に示すように、新しくA-φ法三次元過渡電磁界解析手法⁽⁴⁾を導入し、短通時に各フィンガに発生する電流の偏流を考慮した電磁力の時間変化を用いた高精度な短通設計手法を確立した。この設計手法の確立により、AE2000-SWAからAE4000-SWAの機種において目標の短通電流値で発弧なく良好な通電性能を確保できる主回路構造の実現が可能となった。

このように近年では、機械的な信頼性技術だけではなく、通電など電気的性能の信頼性向上のために過渡電磁界解析など新しい技術の積極導入を行っている。

4.3 省エネルギー支援及び環境対策技術

受配電設備は建物全体への電力供給をつかさどる心臓部に当たるため、重要な省エネルギーの“カギ”となる。受配電設備自体のロス低減が省エネルギー効果を生むほか、電力の使用状況をきめ細かく計測・管理することで設備全体の省エネルギーを図ることができる。このような背景から、省エネルギー支援機器として図8に示すMDUブレーカが開発された。MDUブレーカは計測機器部分の配線工事が不要であるという特長も持っている。

MDUブレーカは、遮断器内部のCT(Current Transformer), VT(Voltage Transformer)からの電流、電圧信号をI/V変換により電圧信号に変換し、A/D変換部でデジタル化する。電圧、電流、電力の計測は時間間隔を置いたサンプリングを行い、その値からCPUで実効値演算、デマンド演算、電力演算、電力量の積算、高調波演算などを行う。計測技術は、よりきめ細かなエネルギー管理の実現のため、ますます高度なものが求められている。これに対し、Real Time Auto Gain Control技術を開発し、①サンプリング周期の高速化(2s→0.25s)、②電力量、漏洩電流の測定精度の向上(±2.5%)などを達成した。また、計測項目や遮断器監視機能の充実として、③負荷電流高調波の最大計測次数を第7次から第19次まで強化、④AL(トリップ状態)、AX(ON/OFF状態)信号の伝送、⑤事故原因、事故電流の記憶も可能にするなどの機能拡充も行った。上位のシーケンサネットワークとのリンク機能(“B/NET”, “CC-Link”)の充実も行っている。

一方で、製品自身についても環境に配慮したものづくりを進めている。その第1はリサイクル可能材料の使用の取り組みであるが、特に、WSシリーズでは、プラスチック

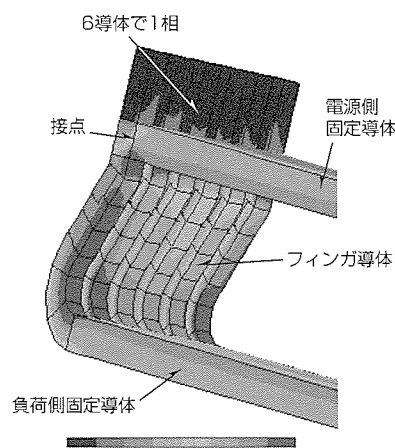


図7. AE4000-SWA主回路電流分布

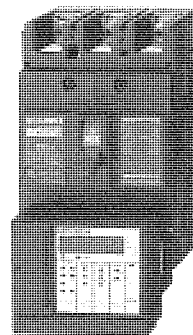


図8. MDUブレーカ

材料として、リサイクルが容易な熱可塑性材料を全面的に採用した。また、遮断器全般としては、欧州RoHS指令での有害物質の規制に対応した鉛フリー化や六価クロムフリー化等にも取り組んでいる。

5. む す び

その時々で必要とされる技術を開発し低圧遮断器製品として世の中に提供してきた。人々の活動にとって今後も電気エネルギーは重要でありつづけ、その根幹をなす技術と製品と認識し、従来以上に社会の発展に貢献する。

参 考 文 献

- (1) 吉安 一, ほか: 新限流技術VJC, 三菱電機技報, **60**, No.4, 230~232 (1986)
- (2) 高橋 貢, ほか: 新型ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器の新遮断技術ISTAC, 三菱電機技報, **69**, No.4, 353~357 (1995)
- (3) 三橋孝夫, ほか: 最近の遮断器における新遮断技術, 三菱電機技報, **76**, No.5, 348~351 (2002)
- (4) Takeuchi, T., et al.: 3-D Nonlinear Transient Electro-magnetic Analysis of Short Circuit Electro-magnetic Forces in a Three-Phase Enclosure-Type Gas Insulated Bus, IEEE Trans. on Magnetics, **36**, No. 4, 1754~1757 (2000)

新形低圧気中遮断器“AE-SWシリーズ”

岡下広史*
福谷和則*

Low Voltage Air Circuit Breakers “AE-SW Series”

Hiroshi Okashita, Kazumori Fukuya

要旨

低圧気中遮断器(Air Circuit Breaker: ACB)は、低圧受配電システムや船舶用の主幹として広く普及してきた。従来の要求に加えて最近では、高電圧における高遮断容量化・高耐久化などの遮断器基本性能の向上、高信頼性の向上はもちろん、絶縁強化による安全性の確保、従来品から新形品への置き換えが容易にできることなど使いやすさへの配慮が強く求められてきている。

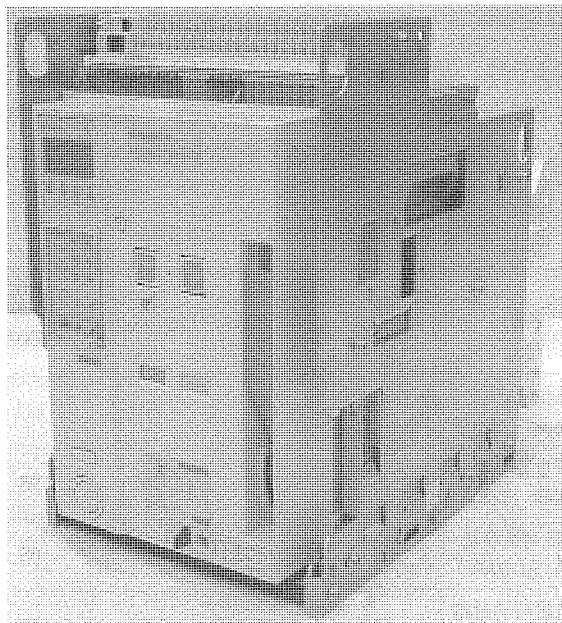
一方、環境マネジメントのための省エネルギー支援機能として、多種多様な要求仕様にフレキシブルに対応できる計測表示ユニットを搭載した気中遮断器の要求も生まれてきている。

これら要求にこたえるため、新形低圧気中遮断器AE-

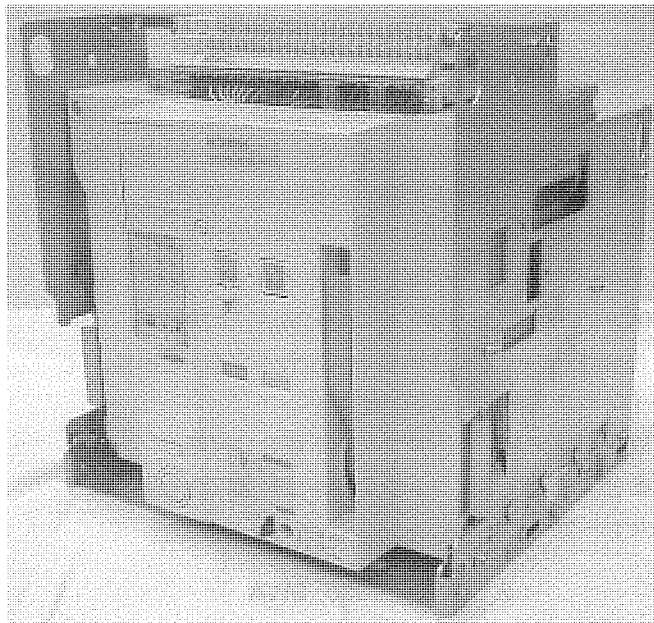
SWシリーズ(以下“新形AE-SWシリーズ”という。)を開発した。

新形AE-SWシリーズの主な特長は次のとおりである。

- (1) 小型AE2000-SWA機種追加
- (2) 高耐久性により高い開閉信頼性を実現
- (3) 高電圧遮断容量の向上により高い短絡遮断性能を実現
- (4) 短時間通電性能の向上による選択遮断領域の拡大
- (5) 絶縁性能の向上により高い安全性を実現
- (6) 既設の従来品にレトロフィット取付け可能
- (7) 多種多様な要求にフレキシブルに対応可能な引きはずしリレー部



AE2000-SWA 引出形 3極品



AE4000-SWA 引出形 3極品

新形低圧気中遮断器AE-SWシリーズ

AE2000-SWA引出形 3極品：1600Aフレーム外形の小型2000Aフレーム品(新機種)。ディスプレイ付引きはずしリレー搭載
AE4000-SWA引出形 3極品：3200Aフレーム外形の小型4000Aフレーム品

1. ま え が き

低圧電路の主幹として普及した気中遮断器の市場ニーズとして、従来の要求に加えて最近では、高電圧での高遮断容量化・高耐久化などの遮断器基本性能の向上、高信頼性の向上はもちろん、絶縁強化による安全性の確保が要求されるとともに、従来品からの置き換えが容易にできることなど使いやすさへの配慮が強く求められている。

一方、環境マネジメントのための省エネルギー支援機能として計測表示ユニットを搭載した気中遮断器があるが、多種多様な要求仕様にフレキシブルに対応できる計測表示ユニットを搭載できる気中遮断器の要求も生まれてきている。

これら要求を満足するために新形AE-SWシリーズの開発を行ったので、その主な特長について述べる。

2. 製品概要と特長

新形AE-SWシリーズの製品構成を表1に示す。630Aフレームから4000Aフレームまで9機種あり、それぞれに固定形・引出形と3極品・4極品があり、全36種類の製品系列となる。外形寸法は4種類にモジュール化され、また、取付寸法及び外形寸法は従来機種と同じ寸法のため新旧取替えが容易であり、盤設計の標準化を考慮している。

主な特長は次のとおりである。

- (1) 小型AE2000-SWA機種追加(1600Aフレームと同一外形)
- (2) 高耐久性能により高い開閉信頼性を実現(機械的回数 630~1600Aフレーム 10,000回→25,000回)
- (3) 高電圧遮断容量の向上により高い短絡遮断性能を実現(630~2000Aフレーム 50kA→65kA/AC690V, 2000~4000Aフレーム 50kA→75kA/AC690V)
- (4) 短時間通電性能の向上による選択遮断領域の拡大(2000~3200Aフレーム 65kA→75kA, 1秒値)
- (5) 絶縁性能の向上により高い安全性を実現(主回路 定格インパルス耐電圧 8kV→12kV)
- (6) 既設の従来品にレトロフィット取付け可能
- (7) 多種多様な要求にフレキシブルに対応可能な引きはずしリレー部

3. 小型AE2000-SWA

近年、ACBの2000Aフレーム品が、船舶用を含む低圧受

配電システムで需要が増大している。新形AE-SWシリーズにおいて2000Aフレームを1600Aフレームの外形寸法へ小型化、軽量化することにより盤省スペースの実現を可能とした。

2000Aフレーム品の新形AE-SWシリーズと従来品及び他社品の比較を表2に示す。

新形AE-SWシリーズ2000Aフレーム品は、①AE2000-SWA(小型品)と②AE2000-SWの2機種の構成である。

小型AE2000-SWAは1600Aフレームの外形寸法で構成するため、従来品から体積比で約30%減の小型品である。

遮断器の主機能である定格遮断電流及び定格短時間耐電流については、競合他社の1600Aフレームの同じ外形寸法の性能と比較しても世界最高性能であり製品競争力があるため、これら性能については65kAの性能とした。

この開発品では温度上昇を抑制することが重要な課題であった。

また、従来品と同じ外形寸法のAE2000-SWは、従来の定格遮断容量85kAの要求に対応させるため、定格短時間耐電流のみ65kAから75kAへ格上げして製品ラインアップした。

図1にACBの構造断面図を、図2に通電部を示す。

電流は、電源側端子から電源側ジャンクションを通過し、電源側導体、主接点、可動子、板シャント(薄銅板)、負荷側導体、負荷側ジャンクション、負荷側端子を通過して流れる。

ACBの温度上昇限度は絶縁モールドの耐熱温度以下になるように、通電時の温度上昇を抑制することと、端子部温度上昇が規定値以下になるように規格で定められている。以下に、温度上昇抑制の課題と解決手段について述べる。

表2. 2000Aフレームの比較

	新形AE-SW		従来品	A社
	AE2000-SWA	AE2000-SW	AE2000-SS	2000A
体積比(%) 3極品, 引出形	69	100	100	111
質量比(%) 3極品, 引出形	76	100	100	98
定格遮断容量 (kA/AC500V)	65	85	85	65
定格短時間耐電流 (kA, 1秒)	65	75	65	65

表1. 新形AE-SWシリーズの製品構成

Aフレーム	630	1000	1250	1600	2000	2500	3200	4000
AE-SW シリーズ	AE630-SW	AE1000-SW	AE1250-SW	AE1600-SW	AE2000-SWA			
					AE2000-SW	AE2500-SW	AE3200-SW	AE4000-SWA

ACB各部の温度上昇は、各 부품の固有抵抗と部品間の接続部の接触抵抗によるジュール熱による。これら固有抵抗、接触抵抗の低減が温度上昇抑制の重要な課題である。

温度上昇の抑制に対する主な対策内容を列挙する。

- (1) 板シャント(薄銅板)の導体断面積拡大
- (2) ジャンクション部コネクタ接触部の接触面積拡大による接触抵抗の低減
- (3) 上記コネクタ接触部のファインブランキング精密プレス加工による接触部せん断面の確保
- (4) 引出棒端子の垂直化
- (5) 中央極引出棒端子の導体断面積拡大(板厚)

対策内容の効果を定量的に把握するため、熱回路網による熱解析を実施した(図3, 図4)。

この結果、各部の接触抵抗、固有抵抗、放熱を改善した場合の温度上昇を定量的に推測でき、対策内容ごとに実機で温度上昇試験をする必要がなく、効果ある対策内容の絞り込みに有用となった。上記対策仕様について熱回路網による効果確認と実機の温度上昇試験において、規定値以下になることを検証した。

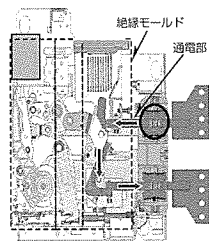


図1. AE2000-SWA構造断面図

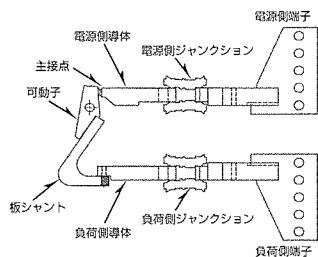


図2. ACB通電部構造

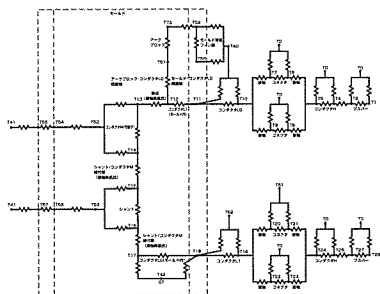


図3. AE2000-SWAの熱回路網

4. 開閉耐久性能の向上

新形AE-SWシリーズの開閉耐久回数(無通電)は、630から1600Aフレームにおいては従来品の1万回から2.5万回へ、2000から4000Aフレームは従来品の1万回から2万回へ大幅に向上させることにより、世界最高性能の開閉耐久性能を実現させた。

三菱1600Aフレーム品の開閉耐久回数比較を表3に示す。

図5にACB構造断面図を、図6から図8に機構部及び通電部の動作構成を示す。投入動作は開閉機構部の投入ばね(圧縮ばね)の蓄積エネルギーを、チャージアーム、リンク部、メインシャフト、絶縁リンクを介してACB可動部へ伝達させ短時間(0.08秒以下)で接点を投入(ON)させる構造である。各部品には投入ばねの蓄積エネルギーによる衝撃荷重が作用する。このため、開閉回数の向上には各 부품の剛性・信頼性の確保が重要な課題である。

以下に技術課題と解決手段について述べる。

- (1) 各部品に作用する衝撃荷重の定量化
- (2) 目標耐久回数に対する安全率の設定
- (3) 候補材料のS-N曲線データ整備
- (4) 軸部品の切欠係数を考慮した設計手法の確立

衝撃荷重の測定は最大応力発生部へひずみゲージ張り付け、ひずみ量から荷重校正し各部品へ作用する衝撃荷重の

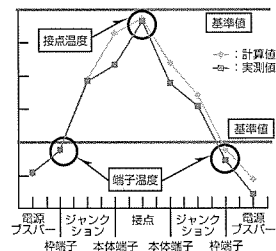


図4. 熱回路網計算結果と実測値

表3. 耐久回数(無通電)比較(1600Aフレーム)

	幅×高さ×奥行き(mm)	体積	開閉回数
新形AE-SW	300×430×368	100	25,000
従来品	300×430×368	100	10,000

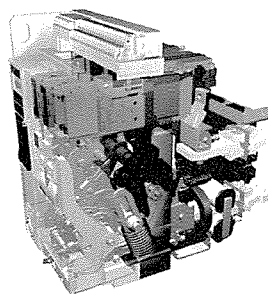


図5. ACB構造断面図

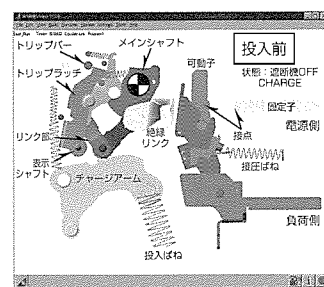


図6. 遮断器OFF, 機構部チャージ状態

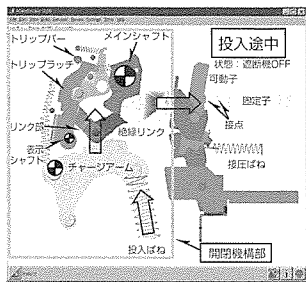


図7. 遮断器ON途中

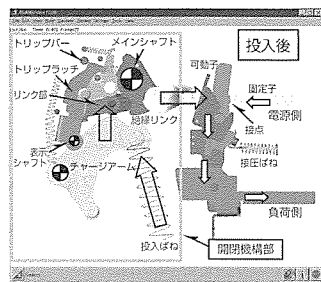


図8. 遮断器ON, 機構部ディスチャージ状態

定量化を行った。

目標耐久回数に対する安全率は、材料ばらつきを考慮し目標回数に対する許容繰返し回数の設定と材料の疲労限度に対する安全率を設定した。

機構部に採用する材料については、種類削減、加工性、熱処理仕様などの標準化を実現させるため候補材(SCM(クロムモリブデン鋼), S45CL(快削構造用炭素鋼)などを絞り込んだ。これら候補材については、テストピースの繰返し疲労試験によりS-N曲線を作成し、機構設計のデータバンクとして活用した(図9)。

半月形状、段形状、他部品を位置決めするためのC止め輪組込み溝形状などの断面形状が急変する軸部品には、応力集中により繰返し疲労限度が大幅に低下する。これら断面形状が急変する形状についても、テストピースの繰返し疲労試験によりS-N曲線を整備した。

断面形状の急変する軸部品については、切欠係数を考慮した設計により、設定した安全率を確保するための形状検討及び材料選定の最適化を実施した(図10)。各部品の剛性・信頼性の確保のために実施した検討フローにより耐久回数を大幅に向上させることができた(図11)。

5. 引きはずしリレー部

従来の引きはずしリレー部は、保護特性ごとに各種引きはずしリレー部を製品構成していた。このため仕様変更へ対応するためには、引きはずしリレー部ユニットごとの交換が必要であり、その後の通電確認など様々な問題点があった。

新形AE-SWシリーズではかかる問題点を解決するために、引きはずしの基本機能を構成する1種類のETR(Electronic Trip Relay)ベースへ各種モジュールを選択することで、多種多様な市場要求に対応可能な引きはずしリレー部の開発を実現した。各種モジュールは下記のものから構成される。

- (1) 用途別に過電流保護特性を設定するメイン設定モジュール
(WS; 一般保護用, WM; 発電機保護用, WB; 特殊用途用)
- (2) 地絡保護・2ndプレアラームなどオプション機能に

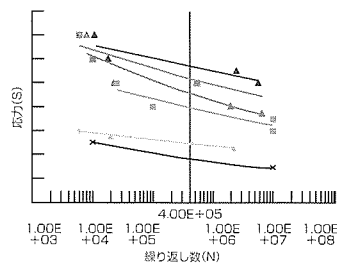


図9. 機構部候補材のS-N曲線

対策前		対策後	
部品名	材料	材料	材料
表示シャフト	A	B	C
応力	10	13	12.4
径	9.6	12.4	12.4
肉厚	0.1	0.1	0.1
発生応力	100	50	50
安全率	100	50	50

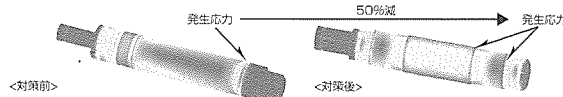


図10. 形状係数を考慮した計算結果とCAE解析結果

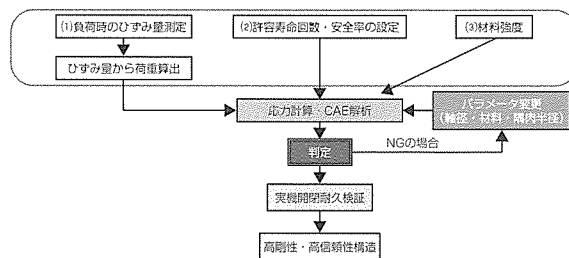


図11. 剛性・信頼性検討フロー

対応するオプション設定モジュール

- (G1; 地絡保護, N5; 中性極50%保護, E1; 漏電保護, AP; 2ndプレアラーム)
 - (3) トリップ原因表示LED, 計測拡張機能などに電源供給する電源ユニット部(5種類)
- また、各種伝送機能に対応するため下記の高機能モジュールも製品構成している。
- (4) 電流・電圧・電力等の計測を行う計測拡張モジュール
 - (5) 計測値・アラーム情報等を表示するための表示部
 - (6) 各種フィールドネットワークに接続するためのインタフェースユニット
 - (7) 遮断器を遠隔制御するためのI/Oユニット

6. むすび

本稿では、小型AE2000-SWA, 開閉耐久性能の向上, 多種多様な要求仕様にフレキシブルに対応できる引きはずしリレー部など新形低圧気中遮断器AE-SWシリーズの主な特長について述べた。

今後は、更に顧客満足を志向した気中遮断器を提供していく所存である。

新形低圧気中遮断器“AE-SWシリーズ” の短時間通電性能向上

牧田 陽* 岡下広史***
竹内敏恵**
福谷和則***

An Optimum Design of Short-Circuit Electromagnetic Forces of Multi-Finger Systems in Low Voltage Air Circuit Breakers
Yo Makita, Toshie Takeuchi, Kazunori Fukuya, Hiroshi Okashita

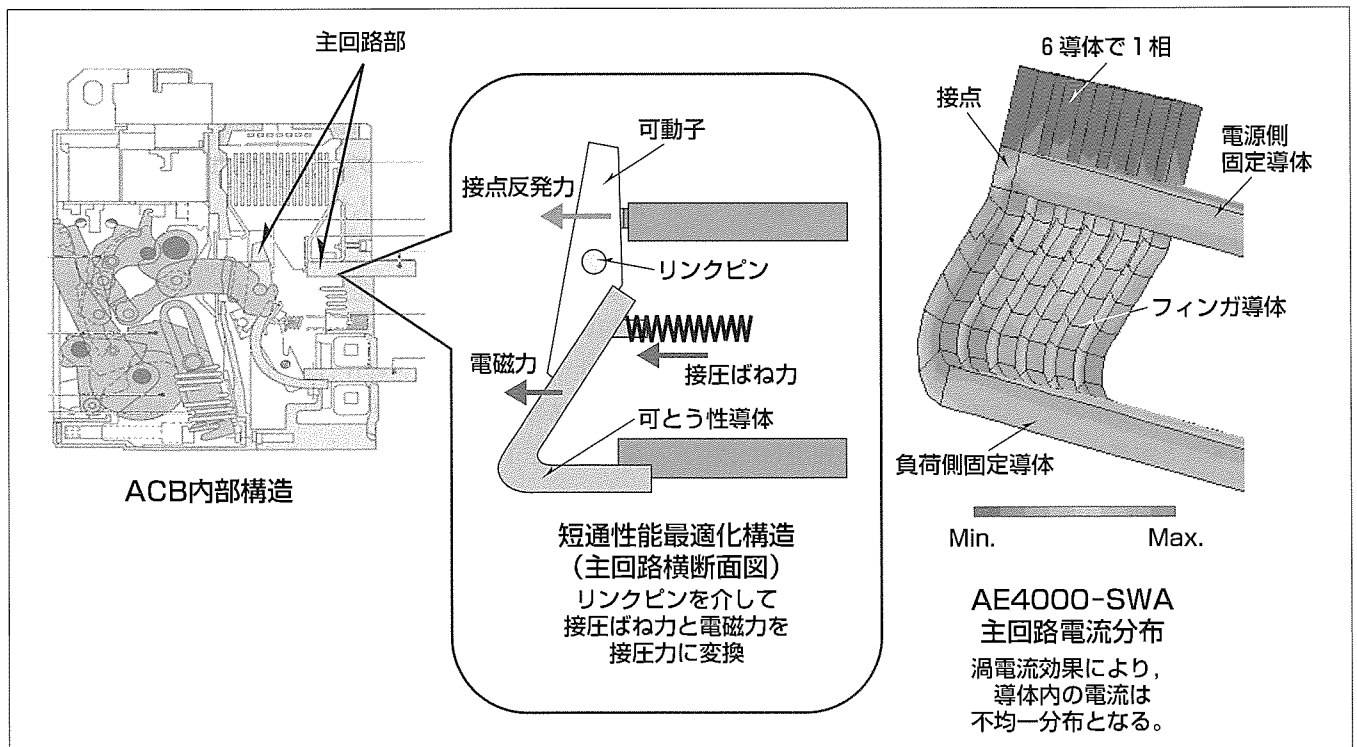
要 旨

新形低圧気中遮断器AE-SWシリーズでは、性能面の競争力アップのため、定格電流2,000A(AE2000-SW)から4,000A(AE4000-SWA)の機種で短時間通電(以下、“短通”という。)に耐え得る電流値を表す定格短時間耐電流の格上げを達成している。短通性能の向上においては、大電流通電時の電磁力による接点反発・発弧を抑えることが最大の課題であり、短通時に発生する電磁力の時間変化を高精度に考慮した短通設計手法の確立が不可欠であった。

一方、気中遮断器(Air Circuit Breaker:ACB)の主回路は複数本の可動フィンガ導体及び平板状の固定導体から構成されており、大電流通電時には各導体の表皮効果により電流が不均一に流れる現象(偏流)が発生する。一般的な電磁界解析手法では導体内の電流分布は均一として取り扱うことが多く、上記のような偏流を考慮した電磁力を求めることは難しかった。

そこで、複雑なACB主回路構造の導体内の偏流を考慮可能なA-φ法三次元過渡電磁界解析手法を新しく導入することで各フィンガ導体の電磁力解析の高精度化を試みた。その結果、各フィンガ導体の偏流が解析結果と実測結果で良好に一致していることを確認し、この解析手法の有効性を確認した。

さらに、この解析から得られる電磁力の時間変化からリンクピンを介して作用する接点抑え力(接圧力)の発生メカニズムを解明し、高度な短通設計手法を確立した。この設計手法により、隣接相に近い端フィンガにおける接圧力の時間遅れの改善が短通性能向上に重要であることが分かった。また、主回路構造の最適化を実施した結果、AE2000-SWからAE4000-SWAの機種において目標の短通電流値で発弧なく良好な通電性能を確保できる主回路構造を実現し、定格短時間耐電流の格上げを達成した。



ACB主回路構造と主回路電流分布

ACB主回路の短通最適化構造と大電流通電時の主回路電流の偏流分布を示す。

1. ま え が き

新形低圧気中遮断器AE-SWシリーズでは、性能面の競争力アップのため定格電流2,000A (AE2000-SW) から4,000A (AE4000-SWA) の機種で短時間通電に耐え得る電流値を表す定格短時間耐電流の格上げを達成している。短通性能の向上においては、大電流通電時の電磁力による接点反発・発弧を抑えることが最大の課題であり、短通時に発生する電磁力の時間変化を高精度に考慮した短通設計手法の確立が不可欠であった。

一方、ACBの主回路は複数本の可動フィンガ導体及び平板状の固定導体から構成されており、大電流通電時には各導体の表皮効果により電流が不均一に流れる現象(偏流)が発生する。一般的な電磁界解析手法では導体内の電流分布は均一として取り扱うことが多く、上記のような偏流を考慮した電磁力を求めることは難しかった。

そこで、複雑なACB主回路構造の導体内の偏流を考慮可能なA-φ法三次元過渡電磁界解析手法⁽¹⁾を新しく導入することで各フィンガ導体の電磁力解析の高精度化を試み、主回路部の短通設計手法の高度化を図った。

本稿では、この設計手法の開発について述べるとともに、AE4000-SWA機種への適用による短通性能向上の結果について述べる。

2. 主回路部の短通設計手法

2.1 過渡電磁界解析モデルと解析手法

図1にACB主回路の断面構造を示す。主回路は固定接点を固着した電源側固定導体、可動接点を固着した可動子、薄銅板を積層した可とう性導体及び負荷側固定導体から成る。可動子及び可とう性導体は複数のフィンガで構成されており、リンクピンにより1相ごとに連結されている。

短通時の表皮効果による導体の偏流を考慮するため、A-φ法辺要素有限要素法による過渡電磁界解析手法を採用している汎用ソフトウェアEMSolution(サイエンスソリューションズ社製)を用いた。この手法では磁気ベクトルポテンシャルAと電気スカラーポテンシャルφを使用した式

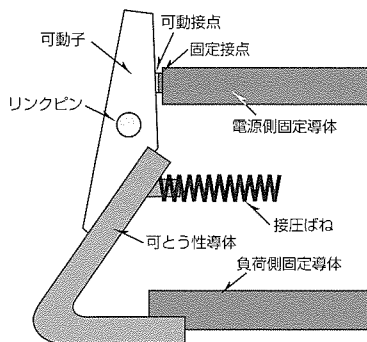


図1. ACB主回路の断面構造

(1)を基本方程式に用いており、各材料の表皮効果を扱うことが可能である。

$$\nabla \times \left(\frac{1}{\mu} \nabla \times A \right) + \sigma \left(\nabla \phi + \frac{\partial A}{\partial t} \right) = J_s \quad \dots\dots\dots(1)$$

ここで、μ、σ及びJ_sは、それぞれ透磁率、導電率及び強制電流である。フィンガ導体の各部に発生する電磁力の算出には各要素の電磁力を簡便かつ精度良く求めることができる節点法を用いている。

図2にACBの三相主回路をモデル化した解析メッシュを示す。短通時に主回路部で発生する渦電流の影響を精度良く解析するため、各導体は表皮厚(=8mm@60Hz)の1/3以下のメッシュで構成し、シャント積層方向を10分割、フィンガ隣接方向を5分割し、空気領域も含めて約30万要素のモデルを作成した。また、導体表面に流入する総電流量を規定する電気スカラーポテンシャルφを与えるため、各相の電源側固定導体表面に面要素を張り付けている。入力電流はA相及びB相に最大約190kAのピーク電流が流れる80kA三相短絡通電試験の実測値を式(2)でフィッティングし求めた。

$$I(t) = \sqrt{2}I_0 [e^{-at} \sin \phi + \sin(\omega t + \phi)]$$

$$I(t) = \sqrt{2}I_0 \left[e^{-at} \sin \left(\phi - \frac{2}{3} \pi \right) + \sin \left(\omega t + \phi - \frac{2}{3} \pi \right) \right] \quad \dots\dots\dots(2)$$

$$I(t) = \sqrt{2}I_0 \left[e^{-at} \sin \left(\phi - \frac{4}{3} \pi \right) + \sin \left(\omega t + \phi - \frac{4}{3} \pi \right) \right]$$

ここで、I₀は定格通電電流の実効値、a、ω及びφは、それぞれ系統のインピーダンスから決まる減衰時定数、角周波数及び短絡電流の投入位相である。

2.2 短通設計手法

次に、接点部の接圧力発生メカニズムについて、図3(a)を用いて述べる。主回路に電流が流れると、可とう性導体に発生する電磁力F_{in}と接圧ばね力F_{sp}がリンクピンを支点に接点部の抑え力(接圧力)F_{pr}として働く。図中ではF_{in}の発生箇所を1か所代表しているが、実際の発生電磁力は

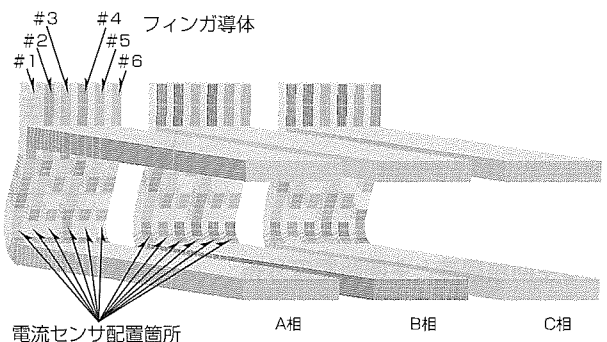


図2. AE4000-SWA主回路のメッシュモデル

電路全体に分布するので、式(3)に示すとおり電磁界解析で得られる各要素での電磁力 F_{fini} の総和となる。

$$F_{pr} = \sum_i F_{fini} \frac{L_{fini}}{L_{con}} + F_{sp} \frac{L_{sp}}{L_{con}} \dots\dots\dots(3)$$

ここで L_{fini} は電路中要素 i の電磁力作用点～リンクピン間距離、 L_{sp} は接圧ばね力作用点～リンクピン間距離、 L_{con} は接点反発力作用点～リンクピン間距離である。

一方、接点部では電流集中による電磁反発力 F_{con} が同時に発生する。電磁反発力は一般にはHolmの接触球モデル⁽²⁾により解析的に求めることができるが、接点の接触面積などを近似して求めることになるため精度的な問題が残る。最適な短通設計を行うには高精度に反発力を把握することが重要なため、今回は、接点部を抽出したモデル試験を行い、電磁反発力の電流依存性を測定した結果から接点部の反発力 F_{con} を求めた。

良好な短通性能を達成するためには通電中常に式(4)を満足するように接圧力 F_{pr} が接点部の電磁反発力 F_{con} よりも大きくなるように設計すればよいことになる。ここで、 F_{pr} と F_{con} の差分を接圧裕度とすると、接圧裕度が高いほど安定した短通性能が得られることになる。 F_{pr} を増加する方法として最も簡単には接圧ばね力 F_{sp} を増加させる方法が考えられるが、接圧ばね力を上げると投入操作機構に対する負荷が高くなることになり投入衝撃増大など信頼性上の問題が発生することになる。

$$F_{pr} = \sum_i F_{fini} \frac{L_{fini}}{L_{con}} + F_{sp} \frac{L_{sp}}{L_{con}} > F_{con} \dots\dots\dots(4)$$

そこで、この開発では、図3(b)に示すように、可動子の形状を改良することで、接圧ばね力を増大させることなく安定した短通性能を達成することをねらいとした。

3. 三次元過渡電磁界解析

図4に通電開始後6ms(B相の電流ピーク)の電流密度分布の解析結果を示す。各フィンガの電流密度は不均一であり、渦電流の影響で両端フィンガに集中していることが分かる。特に、B相と隣接するA相フィンガ#6とB相フィンガ#1では、それぞれB相及びA相の発生磁場の影響で、

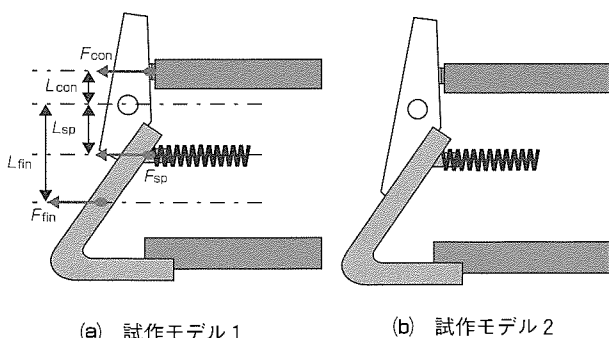


図3. 試作モデル断面図

中間位置のフィンガに対し約2倍の電流の偏流が発生していることが分かる。

ところで、この解析手法は、表面電流定義法を用いた比較的新しい手法であり、高圧電力機器における短絡電磁界解析の実績はあるが⁽³⁾、多フィンガ構造における電流分布の精度についてはこれまで実験と比較検証したことがなかった。そこで、図2に示すように、A、B相の各フィンガに電流センサ(ログスキークoil)を配置し各フィンガの通電電流の時間変化を測定した。図5に通電開始後6msでのA、B相各フィンガの電流値の解析値及び実測値を示す。解析値と実測値は、A、B相とも10%以内で良く一致する結果を得た。また、各フィンガの電流波形も良好に一致しており、この解析手法が十分な精度を持っていることを確認した。以上、電流分布の時間変化が正確に解析できていることから、電流と磁場の相互作用により計算される各フィンガの電磁力も同様に十分な精度を持っていると結論付ける。

4. 短通設計結果

前章の解析から、図3の試作モデル1、モデル2について各接点の接圧力と反発力を求め、式(4)を評価することで短通設計を実施した。接点の反発力は、この解析から得られる各フィンガの電流値に対応する接点部モデル試験の反

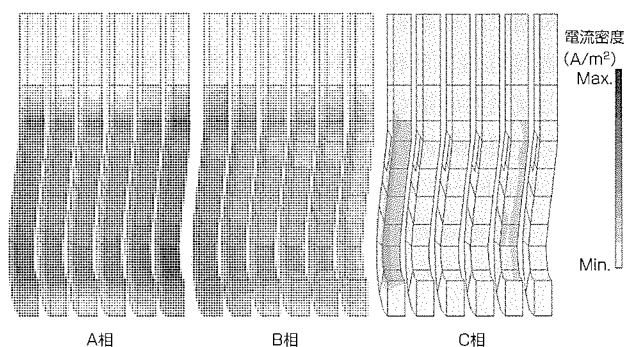


図4. フィンガ導体部の電流密度分布(通電開始後6ms)

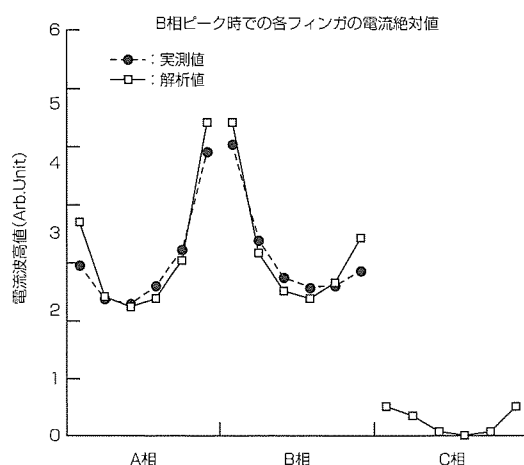


図5. 各フィンガの電流値(通電開始後6ms)

発力実測値を用いた。試作モデル2では可とう性導体に発生する電磁力を接圧力としてより有効に活用できる主回路構造を採用している。通電時に可とう性導体に発生する電磁力は可動子との接合部では接圧力として積極的に寄与するが、接合部以外では有効に寄与しないと考える。今回の短通設計では、より安全に接圧裕度を確保するため、可動子と可とう性導体の接合箇所において完全に密着している部分のみが接圧力として有効に作用すると仮定した。

図6に試作モデル1、モデル2におけるA相での接圧力と反発力の関係を示す。試作モデル1においては、A相フィンガ#1では接圧力が反発力より大きいが、A相フィンガ#6ではB相ピークの6ms付近で接圧力と反発力の差が極めて小さく、接圧裕度が確保できないことが分かる。つまり、6ms付近でA相フィンガ#6で発弧し短通性能を達成できない危険性があることになる。これに対し、試作モデル2では通電中常に接圧力が反発力より大きく、十分な接圧裕度が確保できており、良好な短通性能を達成できることになる。

以上の結果から、可動子後端部の形状が接圧力の増強に大きく寄与しており、最適な後端部形状を採ることで可とう性導体の電磁力を効率的に接圧力として伝達でき、安定した短通性能を実現できると推察する。

参考までに、従来用いていた静磁界解析による試作モデル1の短通設計結果を図の点線で示す。静磁界解析の場合、上記の過渡電磁界解析で確認できた通電開始後6msでの接圧力と反発力の重なりは見えない。これは、渦電流によるフィンガ間の電流の偏流が考慮できないため、フィンガ#6にはA相トータル電流の1/6の電流が流れていることになり、上記過渡解析で求めた電流値より小さくなる。したがって、接点に発生する反発力が小さくなるためと考えられる。

最後に、上記設計結果の検証のため、試作モデル1、モデル2についてAE4000-SWAの定格短時間耐電流75kAに対し裕度をみた80kAの短通試験を実施した。その結果、試作モデル1では80kAでA相フィンガ#6で発弧したが、可動子形状を改良した試作モデル2では発弧なく良好な短通性能を満足することを確認し、目標の短通性能向上を達成した。この結果は上記短通設計結果と一致しており、今回採用した設計手法の有効性を示していると考えられる。また、本稿ではAE4000-SWAを対象に短通設計・評価を実施したが、改良した可動子構造はいずれの通電容量においても有効であり、その他の定格電流機種でも同様の短通性能向上を達成している。

5. む す び

新形低圧気中遮断器AE-SWの重要仕様の一つである定

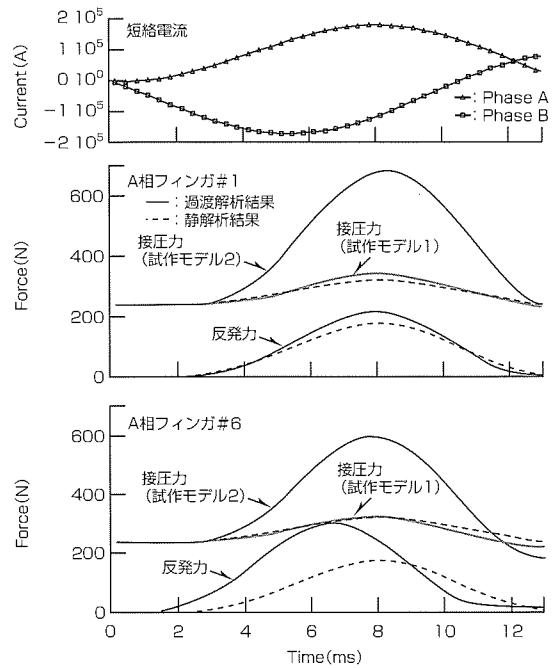


図6. フィンガ#1及び#6の接圧力と反発力

格短時間耐電流格上げのため、新たにA-φ法三次元過渡電磁界解析を導入し、主回路部の高精度短通設計手法を確立した。

この解析を用いて複雑な主回路構造の導体内電流を求めた結果、実測の電流分布と良好に一致することを確認し、各フィンガ導体に発生する電磁力を高精度に解析できることを確認した。さらに、この解析から得られる電磁力の時間変化からリンクピンを介して作用する接圧力の発生メカニズムを解明し、隣接相に近い端フィンガにおける接圧力の時間遅れの改善が短通性能向上に重要であることが分かった。また、主回路構造の最適化を実施した結果、AE2000-SWからAE4000-SWAの機種において目標の短通電流値で発弧なく良好な通電性能を確保できる主回路構造を実現し、定格短時間耐電流格上げを達成した。

参考文献

- (1) Kameari, A. : Calculation of transient 3-D eddy current using edge-elements., IEEE Trans. on Magnetics, **26**, No.2, 466~469 (1990)
- (2) Holm, R. : Electric Contacts, 4th Ed., Springer-Verlag (1967)
- (3) Takeuchi, T., et al. : 3-D Nonlinear Transient Electro-magnetic Analysis of Short Circuit Electromagnetic Forces in a Three-Phase Enclosure-Type Gas Insulated Bus, IEEE Trans. on Magnetics, **36**, No. 4, 1754~1757 (2000)

新形低圧気中遮断器“AE-SWシリーズ”用 アドオン方式引きはずしリレー

広常弘二*
野村敏光*
黒崎剛史*

Electronic Trip Relay for Low Voltage Air Circuit Breakers “AE-SW Series”

Koji Hirotsune, Toshimitsu Nomura, Takeshi Kurosaki

要旨

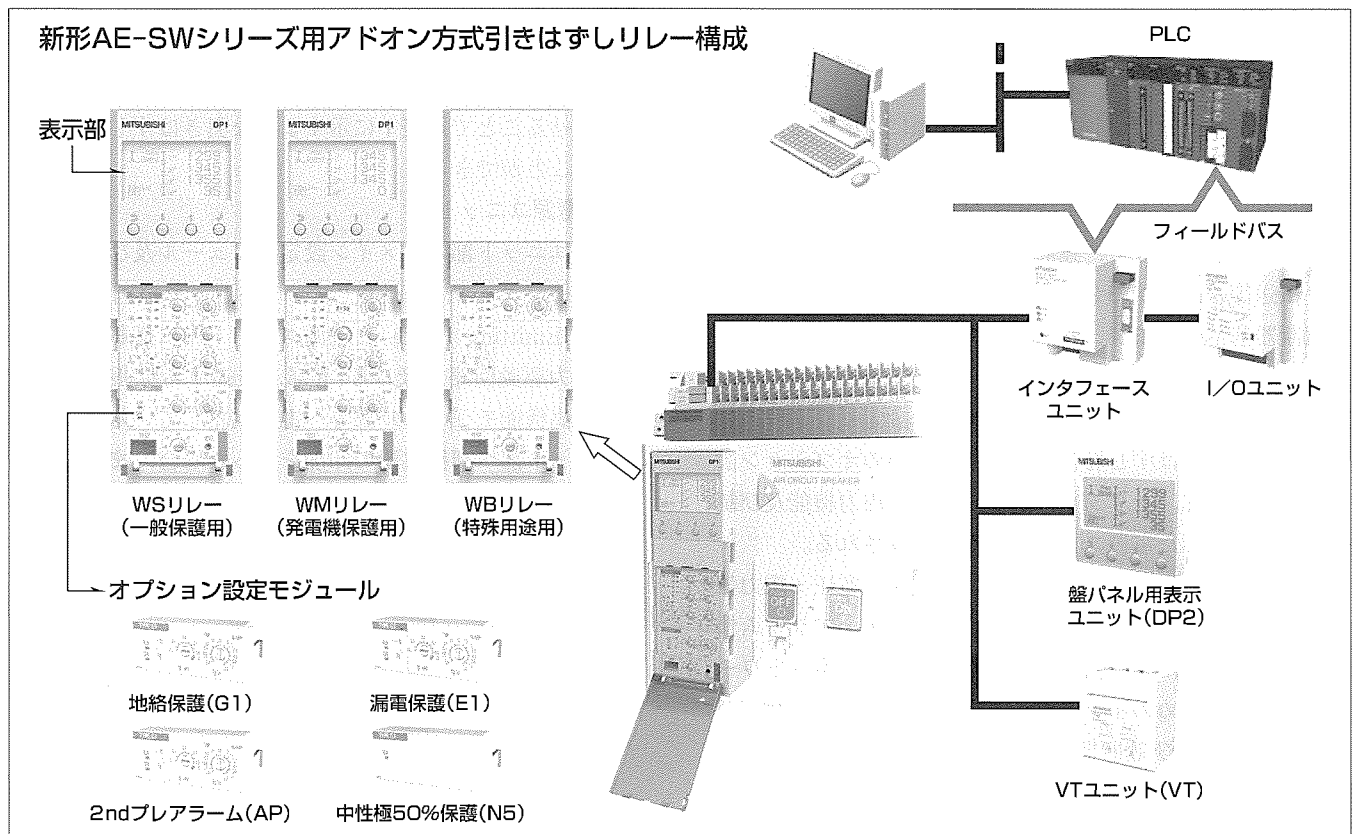
地球温暖化対策として省エネルギー活動が活発化する中、三菱電機では、主として低圧受配電システムや船舶用の主幹遮断器として使用されている低圧気中遮断器のリレー部の機能として、保護機能に加えて、電路情報を計測・表示・伝送する機能、事故原因や事前プレアラーム等の警報出力機能を搭載した計測表示付き“低圧気中遮断器AE-SSシリーズ”を既に製品化している。しかし、最近では、電気設備の予防保全として、より細かな警報機能や遮断器状態監視機能、そして各種ネットワークを使用した遮断器の遠隔制御等の高機能化・多機能化の要求が高まってきている。

そこで、新形低圧気中遮断器AE-SWシリーズ(以下“新形AE-SWシリーズ”という。)用引きはずしリレーとし

て、各機能をモジュール化した、“アドオン方式引きはずしリレー”を開発し製品化した。

これにより、仕様に合った各機能モジュールの組合せを自由に選択することで、多種多様なリレー品種に対応することが可能となる。主な特長は次のとおりである。

- (1) 過電流保護機能として、一般保護用、発電機保護用等3種類から選択可能で、さらに、地絡保護、漏電保護等のオプション保護機能を4種類から選択可能
- (2) 引きはずしリレー部へ拡張モジュールを搭載することで、電流・電圧・電力・高調波等が計測可能
- (3) 拡張モジュール搭載リレーの場合、外部へ表示ユニット、各種ネットワーク対応のインタフェースユニット、遮断器制御・監視用のI/Oユニット等を容易に追加可能



新形AE-SWシリーズ用アドオン方式引きはずしリレー構成図

この構成図は、リレー部の引きはずし機能の組合せを示す構成図と遮断器の外部へ接続するユニットの構成図である。引きはずし機能をモジュールごとに選択することで多種多様なリレー部を実現できる。また、拡張モジュールを搭載したリレーの場合、各種の外部ユニットの後付け対応が可能である。

1. ま え が き

低圧気中遮断器用の引きはずしリレー部に必要な機能として過電流保護機能、オプション機能として地絡保護機能、漏電保護機能等があるが、最近では、この保護機能に加えて、省エネルギー支援機器の一つとして、電路情報を計測・表示・伝送する機能、電気設備の予防保全として、遮断器の事前警報プレアラーム等の警報出力機能、事故原因出力、遮断器状態(ON/OFF)監視機能、及び伝送を使用した遮断器の遠隔ON/OFF制御等の高機能化・多機能化の要求が高まってきている。

以上の各種機能を搭載した気中遮断器として、当社では、既に低圧気中遮断器AE-SSシリーズに計測表示ユニット(Measuring Display Unit:MDU)を搭載した製品を発売済みである。しかし、この低圧気中遮断器(MDU搭載)AE-SSシリーズの製品ラインアップとしては、計測・表示・伝送機能のすべてを搭載した機種構成となっていたため、例えば、計測・伝送機能のみが欲しいといったニーズに対しオーバースペックとなっていた。

そこで、多種多様な仕様にフレキシブルに対応可能な新形AE-SWシリーズ用の引きはずしリレーとして、“アドオン方式引きはずしリレー”を開発し製品化したので以下に述べる。

2. 新形AE-SW用アドオン方式引きはずしリレー

多種多様な引きはずしリレー部の仕様に対応するために、新形AE-SWシリーズ用アドオン方式引きはずしリレーを開発した。このアドオン方式引きはずしリレー部の構成としては、大きく分けて、遮断器基本機能モジュールと、計測・伝送等の高機能モジュールに分類される。

遮断器基本機能モジュールとしては、遮断器の引きはずし機能を実現するETR(Electronic Trip Relay)ベース部、過電流引きはずし特性を設定するメイン設定モジュール部、地絡や漏電引きはずし特性を設定するためのオプション設定モジュール部、トリップ/アラーム接点出力機能及び制御電源を搭載した電源ユニット部から構成される。

また、高機能モジュールとしては、電流・電圧・電力等の計測を行う計測拡張モジュール部、計測値・アラーム情報等を表示するための表示部、各種フィールドネットワークに接続するためのインタフェースユニット、そして遮断器を遠隔制御及び遮断器状態をモニタするためのI/Oユニット等から構成される。

上記のように、構成を機能ごとにモジュール化し、その各モジュールの組合せを自由に選択することを可能とすることで、多種多様な引きはずしリレーの仕様にフレキシブルに対応することができ、また、フィールドで容易に機能追加が可能となる。

3. 遮断器基本機能モジュールの仕様と特長

3.1 引きはずし機能モジュール部

引きはずし機能モジュール部としては、図1に示すように、ETRベース、メイン設定モジュール、オプション設定モジュール及び電源ユニットから構成される。

過電流引きはずしの特性を設定するためのメイン設定モジュールの種類としては、一般保護用(WS)、発電機保護用(WM)、特殊用途用(WB)の3種類があり、このうちのひとつとETRベースを組み合わせることで基本機能である過電流引きはずし動作が可能である。

また、引きはずし機能のオプション機能として、オプション設定モジュールを追加することで、様々な保護が可能となる。このオプション設定モジュールには、地絡保護機能(G1)、漏電保護機能(E1)、2ndプレアラーム機能(AP)、中性極50%保護機能(N5)の4種類がある。

ETRベースへ標準搭載のプレアラーム(PAL)と2ndプレアラームを組み合わせることで2段プレアラームを実現でき、より細かく負荷電流の監視が可能となる。さらに、中性極保護機能は、標準仕様では電圧極と同じ保護特性で動作するようになっているが、中性極に高調波電流が重畳されている場合には、他の機器を保護するために、中性極の過電流保護機能を電圧極の50%とすることが可能な中性極50%保護機能を搭載することも可能である。

メイン設定モジュール、オプション設定モジュールを組み合わせることで、表1に示すような引きはずし機能を実現することができる。

3.2 電源ユニット部

電源ユニット部は、メイン設定モジュール及びオプション設定モジュール内に搭載しているトリップ原因表示LED(Light Emitting Diode)と電源ユニット内に搭載している接点出力駆動回路、及びETR部、後述する拡張モジュール等の高機能モジュール部等へ電源供給している。この電源ユニット部へ制御電源の印加を怠った場合、また、停電

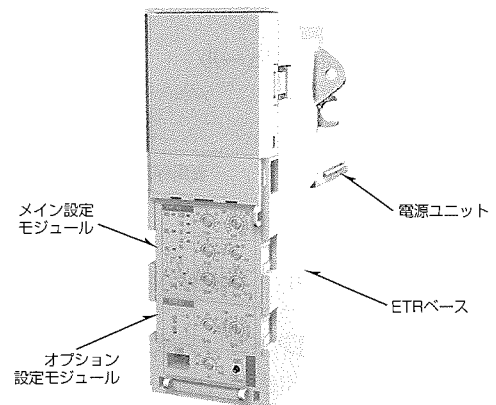


図1. 基本機能モジュール部

等で制御電源が印加されていない状態でも、過電流保護機能及び地絡保護機能(感度電流設定：0.2~1.0)は、遮断器内部のCT(Current Transformer)から電源供給されるため正常に動作する。電源ユニットのラインアップは、表2に示すように5種類あり、制御電源電圧及び接点出力電圧範囲は、DC24-60V、AC・DC100-240Vをすべてカバーできる。

また、電源ユニット内に接点出力を搭載したものについては、接点出力数を6出力搭載しており、各接点出力の標準割付け設定は、LTD(Long Time-Delay)、STD(Short Time-Delay)/INST(INSTantaneous)、オプション設定モジュール用G1/E1/AP、PAL、TAL(温度アラーム)内部エラー、に設定している。ここで、後述の表示部(DP1及びDP2)を接続した場合には、この接点出力の出力割付けを容易に変更することが可能となっており、外部シーケンスに応じた変更が可能である。

4. 高機能モジュールの仕様と特長

高機能モジュールは、遮断器基本機能モジュールへ計測・表示、ネットワーク機能といった拡張機能を追加することができるモジュールであり、今回製品化した製品構成を図2に示す。

以下に、この高機能モジュールを計測・表示機能を持つ拡張モジュール部と各種ネットワーク対応とに分けて、それぞれの仕様と特長について述べる。

4.1 拡張機能モジュール部

表示・ネットワーク機能等の高機能モジュールを搭載するためには、拡張モジュール

(EX1)が必要となっており、この拡張モジュールをETRベース裏面へ取り付けすることで豊富な機能を引きはずしリレー部へ追加することが可能となる。

拡張モジュールには、新開発の計測ASIC(Application Specific Integrated Circuit)を搭載しており、負荷電流、電圧、電力、19次までの高調波電流、電力量等、多種の計測要素と高い計測精度を実現することが可能となっている。これらすべての計測要素を計測するためには、遮断器外部へ電圧計測用VTユニット(VT)を取り付ける必要がある。ETRベース内部にVTユニット接続検出回路を搭載することで、VTユニットの接続状態の自動認識が可能であり、

表2. 電源ユニットのラインアップ

形名	定格電圧	アラーム出力
P1	AC・DC100-240V	-
P2	DC24-60V	-
P3	AC100-240V, DC100-125V	6 アラーム接点出力
P4	DC24-60V	6 アラーム接点出力
P5	DC100-240V	6 アラーム接点出力(SSR)

SSR : Solid State Relay

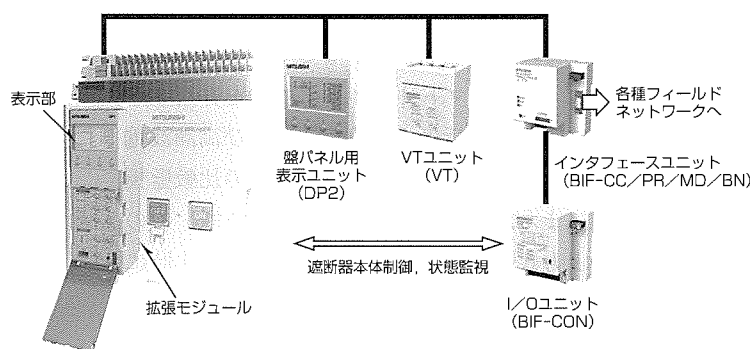


図2. 高機能モジュール構成

表1. 特性機能組合せ一覧

		オプション設定モジュール				
		-	G1 地絡保護	E1 漏電保護	AP 2ndプレアラーム	N5 中性極50%保護
メイン 設定 モジ ュ ー ル	WS (一般保護用) LTD+STD+ INST/MCR					
	WM (発電機保護用) LTD+STD+ INST/MCR					
	WB (特殊用途) INST/MCR					-

MCR : Making Current Release

VTユニットが未接続の場合には負荷電流の計測のみを行うようにした。また、計測要素以外にも、事故及びアラーム発生の過去10回分の履歴情報記憶機能を搭載している。

さらに、拡張モジュールで計測した計測値及びその他の情報を表示部等の各ユニットに伝送する手段として低圧気中遮断器(MDU搭載)AE-SSシリーズと同様にRS-485の内部伝送方式を採用しているが、計測要素等の情報量が増加したために、内部伝送速度を19.2kbpsから38.4kbpsへ変更し、高速伝送化している。この内部伝送線に接続する表示部及びインタフェースユニット部のユニットの接続判別を自動で行える内部伝送プロトコルを採用しているため、フィールドで各ユニットを追加する場合でも、設定作業を必要としないため、容易に機能を追加することが可能となっている。

各種の計測値、事故原因及び履歴情報、また、アラーム情報等を表示するためのモジュールとして、引きはずしリレー部前面に取り付けるタイプの表示部(DP1)と盤パネルへ取り付けるタイプの表示ユニット(DP2)の2種類がある。DP2は、拡張モジュールを搭載した引きはずしリレーであれば、遮断器制御端子部の内部伝送用コネクタ(図3)へ接続することで容易に機能を追加可能である。なお、DP1とDP2は2台同時取付けが可能な仕様となっている。

DP1, DP2には、ドットマトリックス型LCDを採用することで、電流や電圧等の一括表示、負荷電流及び高調波電流のバーグラフ表示等を可能とし、各計測要素の比較監視が容易に行える。また、バックライトの発光色を緑、赤の2色バックライト方式とし、事故発生時及び警報発生時には、緑から赤に変化することで、遠くからでも異常を察知することが可能である。

4.2 各種ネットワーク対応

各種の計測値、事故原因及び履歴情報並びにアラーム情報等を各種フィールドネットワークに接続して一括でモニタ及び設定する場合には、各種フィールドネットワーク用のインタフェースユニットを表示ユニット同様に図3の内部伝送用コネクタへ接続することで対応が可能となる。現在対応可能なインタフェースユニットのラインアップを図4に示す。

これらのインタフェースユニットとI/Oユニット(BIF-CON)を接続することで、遮断器の遠隔制御が可能となる。このユニットには、遮断器本体に付属する投入コイル(CC)、電圧引きはずし装置(SHT)、電動チャージ(MD)にダイレクト接続可能なa接点出力を専用で搭載しており、これを各付属装置へ接続することで、フィールドネットワーク上のPLC(Programmable Logic Controller)やSCADAシステ

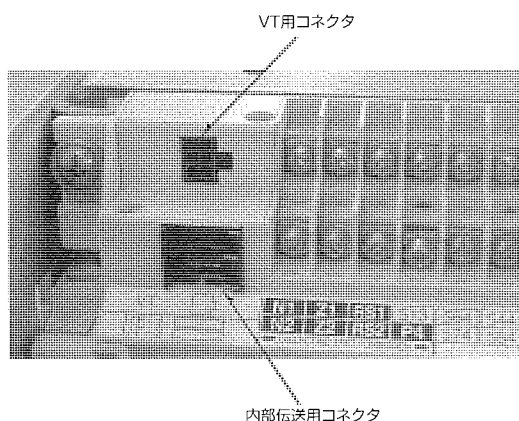


図3. 高機能モジュール接続端子部(遮断器制御端子部)

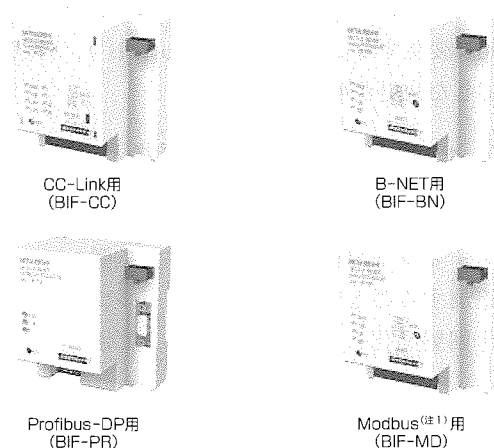


図4. インタフェースユニットのラインアップ

ム(Supervisory Control And Data Acquisition system)等により遮断器を遠隔からON/OFF制御及びバネチャージ制御を行うことが可能となる。さらに伝送用セルスイッチ(BIF-CL)を引出形遮断器に搭載し、この接点出力をI/Oユニットへ接続することで、遮断器の引出位置検出を遠隔で監視することも可能となる。また、汎用の接点入力端子を3個搭載しているため、ネットワークを利用した外部シーケンスを組むことができる。

5. む す び

以上、新形低圧気中遮断器AE-SWシリーズ用アドオン引きはずしリレーについて簡単に述べた。今回開発した新形リレーは、拡張性のある製品であり、今後も客先ニーズに合ったモジュール群を開発することで、よりフレキシブルに対応できる製品にしていく所存である。

(注1) Modbusは、Schneider Automation Inc.の登録商標である。

新形低圧気中遮断器“AE-SWシリーズ”用ASIC

野村敏光*
西村貢一*

ASIC for Low Voltage Air Circuit Breakers “AE-SW Series”

Toshimitsu Nomura, Kouichi Nishimura

要 旨

新形低圧気中遮断器AE-SWシリーズ用引きはずしリレー部(Electronic Trip Relay : ETR)を、引きはずし機能を実現するETRベース、過電流引きはずし特性を設定するメイン設定モジュール、その他の保護機能の特性を設定するオプション設定モジュールのように機能ごとのモジュール構成とすることで、多種多様なリレー仕様に、各モジュールの組合せを選択することで対応可能とした。

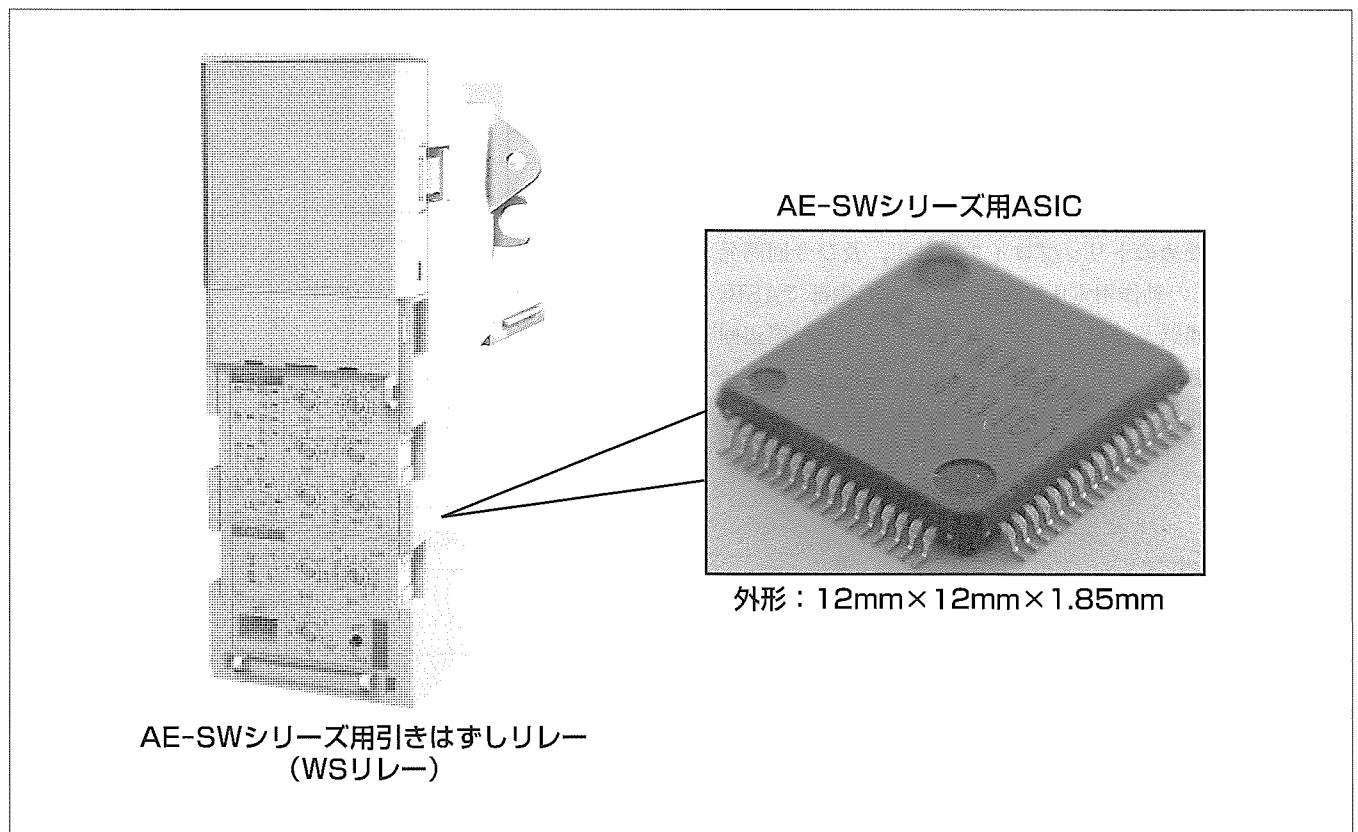
各モジュールを接続するためのベースモジュールであるETRベースにおいて、各モジュールの接続機構、各モジュール部とのインタフェース回路、及び新たに追加した機

能回路部を持たせる必要があった。

そこで、過電流検出、地絡検出、漏電検出等の引きはずし機能の入力回路部及び周辺回路部をワンチップ化した新形低圧気中遮断器AE-SW用ASIC(Application Specific IC)を開発した。

主な特長は次のとおりである。

- (1) 各種引きはずし入力回路部をワンチップ化
- (2) ASIC内部の低消費電流化を実現
- (3) 鉛フリー対応



AE-SWシリーズ用ASIC

新形低圧気中遮断器AE-SWシリーズ用に、過電流引きはずし、地絡引きはずし、漏電引きはずし機能及びその周辺回路をASIC化し、引きはずしリレー部の小形化、高機能化を実現した。

1. ま え が き

新形低圧気中遮断器AE-SWシリーズ用アドオン方式引きはずしリレー部の開発に当たり、従来機種であるAE-SS形低圧気中遮断器に計測表示ユニット(Measuring Display Unit:MDU)を搭載した製品の機能を継承し、さらに、各モジュールの接続機構、各モジュール部とのインタフェース回路、及び新たに追加した機能回路部を持たせる必要があった。

そこで、このETRベース内部の引きはずし機能回路部をASIC化し、ETRの小形化を実現した。以下で、この新形低圧気中遮断器AE-SWシリーズ用ASICについて述べる。

2. AE-SWシリーズ用引きはずしリレー構成

新形低圧気中遮断器AE-SWシリーズ用アドオン方式引きはずしリレーは、引きはずし機能を実現するための遮断器基本機能モジュールとその他の機能を実現するための高機能モジュールに分類できる。

遮断器基本機能モジュールは、遮断器の引きはずし機能を実現するETRベース、過電流引きはずし特性を設定するメイン設定モジュール、地絡や漏電引きはずし特性を設定するためのオプション設定モジュール、トリップ/アラーム接点出力機能及び制御電源を搭載した電源ユニットから構成され、図1にETRベースの内部ブロック図を示す。

ETRベース内部の動作用電源としては、遮断器内部へ搭載した電源CT(Current Transformer)からの出力を整流回路により整流した後、電源回路で気中遮断器をトリップ動作させるためのトリップコイル駆動用、及び今回開発した専用ASICの動作用電圧に変換し、ASIC内部でASIC内のアナログ回路及びマイクロコンピュータとその周辺回路用の内部電源を生成し、供給している。過電流検出方法としては、遮断器内部へ搭載した各相の電流検出コイルで

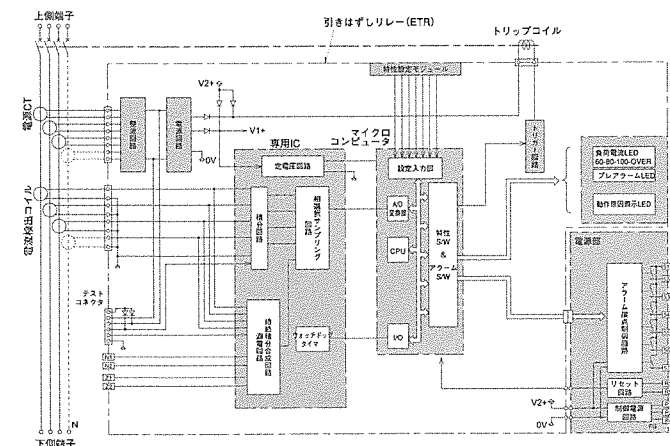


図1. ETRベース部内部ブロック図

あるログスキーコイルからの出力を積分回路により積分した後、各相の出力信号をマイクロコンピュータ内のA/D変換器で取り込み、実効値演算処理を行っている。また、地絡引きはずし機能としては、各相のログスキーコイルの出力信号を積分合成した信号を、過電流検出と同様の方法で処理する。さらに、外付けの零相変流器(ZCT)を取り付けることによって保護が可能になる漏電引きはずし機能としては、漏電検出回路を経てマイクロコンピュータ内で処理を行っている。

3. 新形AE-SWシリーズ用ASICの特長

図2にASIC内部のブロック図を示す。以下に各回路部の特長について述べる。

(1) 過電流信号入力回路

各相の電流を検出する電流検出コイルとして、通常のCTと違い、1次電流が大電流の場合でも二次出力が飽和しない空芯コイルであるログスキーコイルを使用している。このログスキーコイルの出力波形は、一次電流波形を微分した波形が出力されるため、この微分波形を積分し元の正弦波にする必要があり、各相の過電流引きはずし検出回路の初段入力として、ASIC内部へ各相の積分回路(図3(a))

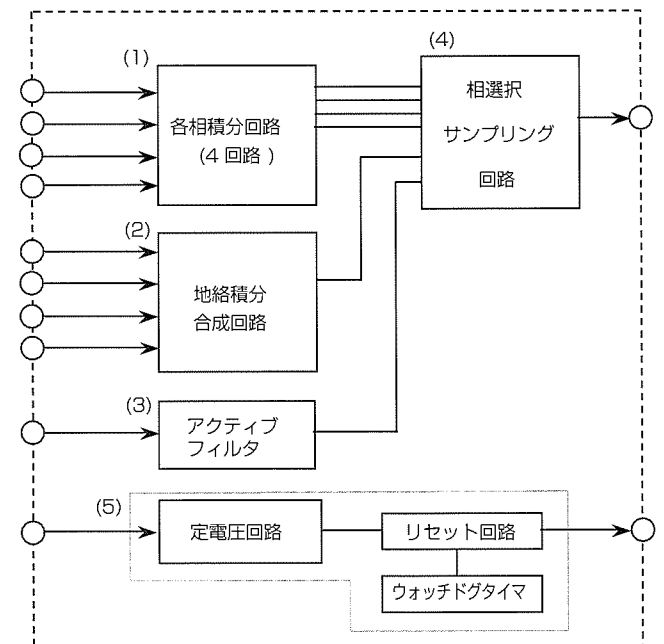


図2. ASIC内部ブロック図

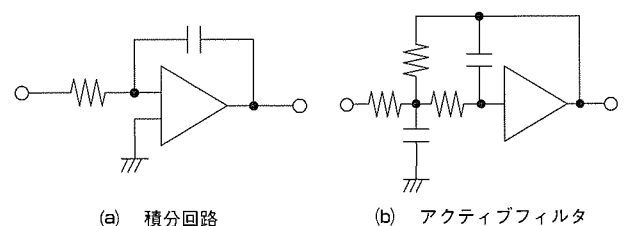


図3. 各回路の基本構成

を搭載した。また、AE-SWシリーズでは、3極用遮断器を使用した三相4線電路の中性極保護用として、新たにロゴスキーコイルの外部N極CT(NCT)を製品化しており、ASICとしてもこれに対応した積分回路部を構成している。

(2) 地絡信号入力回路

地絡検出する方式としては、過電流検出に使用しているロゴスキーコイルの各相の出力をベクトル合成し、過電流引きはずし入力と同様に積分するための地絡積分合成回路を搭載している。また、上記(1)と同様に外部N極CTを使用した地絡検出も可能なように、ベクトル合成回路を構成している。

(3) 漏電信号入力回路

漏洩(ろうえい)電流の検出信号としては、遮断器外部へ接続したZCTを使用し、このZCTの二次出力をETR内へ取り込み、漏電検出を行う。ASIC内部には、このZCTの二次出力信号の高調波成分を除去するローパスフィルタとして、初段にアクティブフィルタ(図3(b))を搭載した。これにより、漏洩電流の基本波成分を有効に抽出できることにより、安定した漏電検出が可能となる。

(4) 相選択サンプリング機能

上記(1)~(3)の各信号入力回路からのアナログ出力信号をマイクロコンピュータ内のA/D変換部に取り込みデジタル実効値演算処理を行うが、各相の過電流検出信号、地絡検出信号及び漏電検出信号はそれぞれ独立した実効値検出方式としており、各相ごと又は検出内容ごとにそれぞれ対応した信号を相選択サンプリング回路により信号を切り換えて、A/D変換器へ出力する。各信号の切換え時間としては、20 μ s(typ), 35 μ s(Max.)となっており、各種引きはずし機能のサンプリング時間としては、十分な時間である。

(5) 定電圧回路

専用ASIC、マイクロコンピュータ及びその周辺回路部の動作電源は、ETRベース内にある電源回路へ電源CTの二次出力を入力することで、直流電圧に変換した後、さらに、ASIC内の定電圧回路により、動作電圧に変換して内部電源として供給している。

さらに、この定電圧回路にマイクロコンピュータ用リセット回路を搭載し、安定した動作を得ることができ、また、マイクロコンピュータに内蔵されているプログラム暴走監視用のウォッチドグタイマ機能とは別に、ASIC内部にもウォッチドグ機能を内蔵することで、更なる安定動作を実現している。

4. ASICとその周辺回路の特長

遮断器の過電流引きはずし動作のうち、瞬時引きはずし動作の最大遮断時間は40ms以下であるが、引きはずしリレー部に電源が供給されていない状態、例えば遮断器の負荷電流が0Aの状態(この場合、電源CTからの動作電源

がない状態)から短絡事故が発生した場合には、引きはずしリレー部は、図4に示すように、電源CTから電源が供給され始めてから、ASICの駆動用電源がONし、マイクロコンピュータ用等の内部動作電源がASICで生成された後、過電流検出処理、そして引きはずし動作までの時間を、最短で行う必要がある。

そこで、今回開発したASICとしては、ASIC自体の消費電流を低消費電流化することで、図の立ち上がり時間： t_1 を短くしている。また、このASIC自体の低消費電流化は、地絡感度電流設定値が $0.2 \times I_n$ (CT定格)の場合においても、外部から引きはずしリレー部へ電源を供給するための電源モジュールに制御電源を印加していない状態でも、電源CTからの少ない動作エネルギーでも、正常に引きはずし動作を行えることを可能としている。

さらに、リレーの動作時間を短くするために、ASIC内部の定電圧回路により生成される内部動作電源が完全に出力されるまでの立ち上がり時間： t_2 を最大でも300 μ sとすることで、動作時間の短時間化を可能としている。なお、今回のAE-SWシリーズ用に使用しているマイクロコンピュータ及びその周辺回路の動作電圧としては、DC3.3Vと低電圧化することでも、低消費電流化を行っている。

周辺回路部として、電源CTからASICに供給する電源の定電圧電源を生成するためのスイッチング電源部のON/OFF制御を行うための電圧比較回路をASIC内部に搭載した。

さらに、このASICに汎用性を持たせるため、引きはずし機能のうち瞬時引きはずし機能のみを容易に構成できるように、トリップ検出機能回路部を別に搭載している。

以上のような機能を搭載したASICをAE-SWシリーズ用引きはずしリレー部のETRベース部へ搭載することで、リレー部の小形化が可能となり、また、多種多様な機能を選択できる引きはずしリレー部を製品化することができた。

ここで、従来品であるAE-SS用リレーと、今回開発したAE-SW用リレーの外観を図5に示す。図は引きはずし機能のみを搭載したリレー部であるが、表面積比で50%の小形化を実現した。

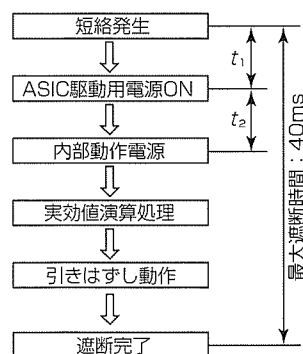


図4. リレーの動作時間について

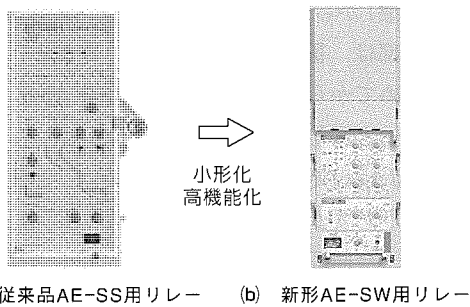


図5. 製品外観

最後に、今回開発した、ASICの外観を図6に示す。ICの外形は、12mm×12mm×1.85mm、ICパッケージはQFP(Quad Flat Package)の64ピンを採用した。また、このASICは、鉛フリーに対応している。

5. むすび

以上、新形低圧気中遮断器AE-SWシリーズ用ASICに

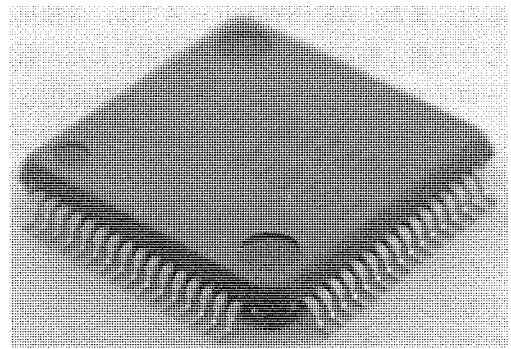


図6. ASICの外観

ついて述べた。今回、気中遮断器用の各種引きはずし機能とマイクロコンピュータ及び電源回路の周辺回路部分とを専用ASICに搭載することで、リレー部の小形化・高機能化を実現した。



UL489対応小形ノーヒューズ遮断器 “SRU/HRUシリーズ”

谷辺俊幸*
高橋 進*

UL489 Listed Molded Case Circuit Breakers “SRU/HRU Series”

Toshiyuki Tanibe, Susumu Takahashi

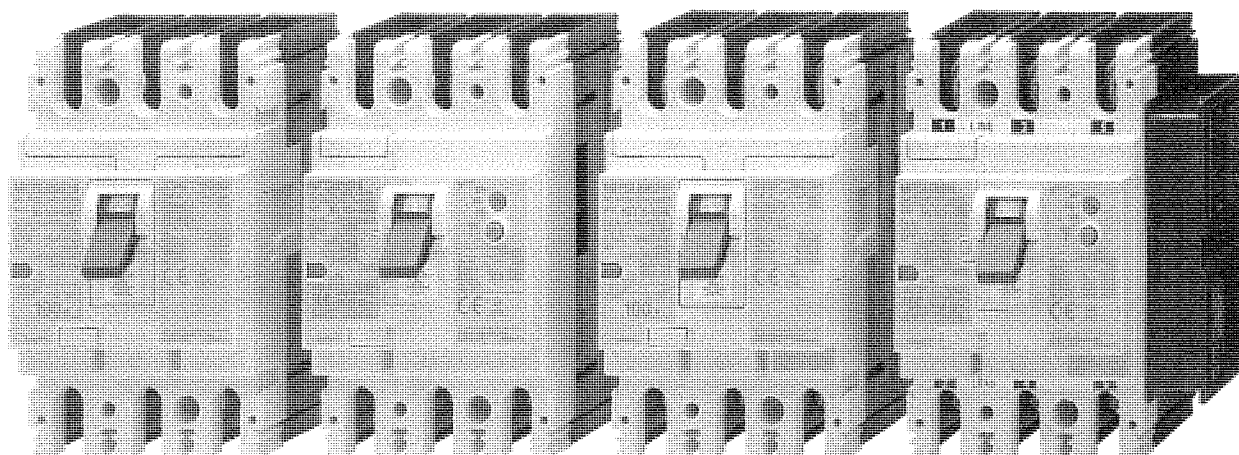
要 旨

機械装置は逐次大容量化しており、それに伴って、装置に搭載される遮断器には、大容量製品の小型化が要求されている。また、世界中へ輸出される機械装置の標準化のため、搭載される遮断器に、北米・欧州・中国・日本で規定されている各規格への適合や、欧州の有害物質使用制限に関するRoHS(Restriction of Hazardous Substances)指令への適合が要求されている。さらに、半導体製造装置では、次世代装置用に電気系統の200V系から400V系への高電圧化が計画されている。これらのニーズに対応するため、マルチスタンダード対応で小形かつ480V回路に適用できる新形ノーヒューズ遮断器・漏電保護付きノーヒューズ遮断器“SRU/HRUシリーズ”の開発を行った。

SRU/HRUシリーズの主要な特長、及びそれを実現するために開発した新技術は次のとおりである。

- (1) 小形化、高電圧遮断を実現
 - 直線動作形2点切り遮断構造
 - 小形新機構
- (2) インバータやサーボ回路での漏電保護をより確実にする直流重畳漏洩(ろうえい)電流の検出を可能としたEN(Europäische Norm)60947-2規定のType A漏電特性
- (3) 環境負荷低減(RoHS指令への対応)
- (4) マルチスタンダード製品として北米・欧州・中国・日本の規格に対応

本稿では、(1)から(4)のそれぞれについて述べる。



ノーヒューズ遮断器
NF100-SRU形

漏電保護付き
ノーヒューズ遮断器
NV100-SRU形

ノーヒューズ遮断器
NF100-HRU形

漏電保護付き
ノーヒューズ遮断器
NV100-HRU形

UL489対応小形ノーヒューズ遮断器“SRU/HRUシリーズ”

UL489対応小形ノーヒューズ遮断器・漏電保護付きノーヒューズ遮断器SRU/HRUシリーズは、北米：UL489、欧州：EN 60947-2、中国：GB 14048.2、日本：JIS C 8201-2に適合したマルチスタンダード製品である。また、480V回路に使用可能な100アンペアフレームのUL489適合遮断器で、世界最小クラスとなる小型化を実現するとともに、環境負荷低減のためRoHS指令にもいち早く対応し、市場からの小型化、グローバル化、環境負荷低減といったニーズに対応した製品となっている。

1. ま え が き

機械装置の小形化・グローバル化を実現するため、機械装置に搭載される低圧遮断器に対して、北米に輸出される機械装置に必要なUL (Underwriters Laboratories) 489規格に適合した遮断器の小形化・マルチスタンダード化の要求がある。さらに近年では、機械装置の高電圧化(200V級から400V級への高電圧化)に対応した小形の遮断器が切望されており、これらにこたえるため、UL489規格に適合した480V回路に使用可能な小形遮断器SRU/HRUシリーズの開発を行った。

本稿では、SRU/HRUシリーズの主な特長、及びそれを実現するために開発した新技術について述べる。

2. 小形化を実現した新技術

2.1 直線動作形2点切り遮断構造

機械装置市場のニーズとして、北米への輸出対応のため遮断器がUL489規格認定品であることが必要ということには前に述べたが、表1に示す規定を満足する必要があるため、従来の遮断構造では小形化が困難であった。そこで、UL489規格に規定の単極480V・8.66kA遮断責務を満足するために、新遮断方式として直線動作形2点切り遮断構造を採用した。一般的に高い電圧を遮断するためには大きな開極距離が必要となるが、この構造を採用することにより、接点の開極距離を効果的に増加させるとともに、接点の高速開極が可能となった。その結果、1点切り遮断構造よりも小さなスペースでの遮断が可能となる。

また、この構造は、遮断を行う消弧室と開閉機構部・引きはずし装置部を遮断器の内部隔壁で分離することで、短絡遮断時の絶縁性能向上や開閉機構部動作の信頼性向上にも貢献している(図1)。

表1. UL489とEN 60947-2の相違点

100A定格 3極品 遮断容量 AC480V 18kAの場合		
規格	UL489	EN 60947-2
絶縁距離	使用電圧=480Vの場合 端子間の絶縁距離 空間距離：25.4mm 沿面距離：50.8mm 端子部以外の絶縁距離 空間距離：12.7mm 沿面距離：9.5mm	絶縁電圧 $U_i=500V$ ， インパルス耐電圧 $U_{imp}=8kV$ の場合 空間距離：8mm 沿面距離：8mm
遮断責務	シーケンスZ 各極 AC 480V 8.66kA O-CO+ 三相 AC 480V 10kA O 計 7回遮断	I_{cs} 三相 AC 480V 9kA O-CO-CO ($I_{cs}=50\%I_{cu}$ として) 計 3回遮断
	三相遮断試験 三相AC 480V 18kA O-CO	I_{cu} 三相 AC 480V 18kA O-CO

2.2 小形新機構

限られた遮断器内部にすべての機能を搭載し小形化を実現するためには、機構部についても小形化が必要であった。そこで、従来のトグルリンク機構から以下の構造変更を行い、従来と同様の駆動力を持った小形新機構を開発した(図2)。

(1) フレームの間隔を狭め、フレームの外側に投入ばねをレイアウトし、リンク機構をフレーム内部に収容

フレームの間隔が狭まったことで、各リンク部品を短いスパンで軸止することとなり、ピンにかかる応力を低減できた。応力低減分ピン径を小さくすることができるため、リンク部品についても小形化が可能となった。

(2) 投入ばねを掛けたピンをフレームに形成した溝で案内し、そのピンをハンドルで駆動

投入ばねがフレームに形成した円弧溝の中心で駆動され、ハンドルの回転中心とピンの軌道中心の位置を変えることができ、ハンドルの窓枠が小さい機構部を実現できた。

結果として、従来の100アンペアフレームの機構部との体積比が約40%の小形で薄い機構部を開発することができた。また、この新機構は、欧州の遮断器規格であるEN 60947-2に規定されている断路(アイソレーション)機能も標準装備している。

以上の新規開発技術により、UL489規格に適合し、480Vデルタ回路に使用できる遮断器では、図3に示すように、当社従来機種(NF-SFW形)と比べ、体積比約40%

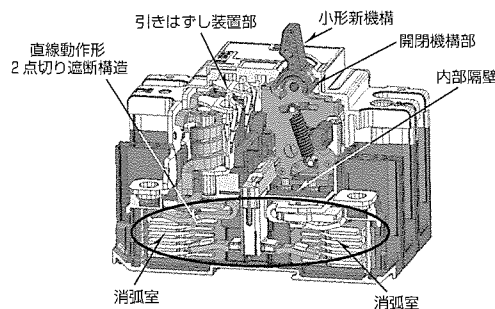


図1. NF100-HRU形内部構造

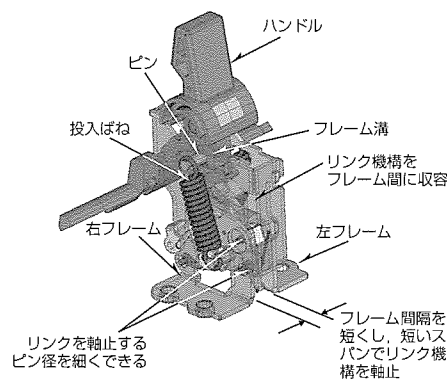


図2. 小形新機構の部品レイアウト

という大幅な小形化を実現した。また、これらの小形化技術により、漏電保護付きノーヒューズ遮断器も小形化でき、従来機種では実現できていなかった2極品の“ノーヒューズ遮断器と漏電保護付きノーヒューズ遮断器の同一外形化”を達成した。

3. Type A漏電特性による漏電保護機能の向上

近年、機械装置では、駆動制御の高精度化のため、インバータやサーボといった整流回路を搭載した機器の使用が増加している。万一それら装置の整流回路が故障すると、半波整流された波形の漏洩電流が流れることがある。遮断器がこの漏洩電流を検出してトリップし感電や漏電火災を防止するためには、表2に示すType A(EN 60947-2に規定)の漏電保護特性を備える必要がある。そこで、SRU/HRUシリーズの漏電保護付きノーヒューズ遮断器には、新規開発したデジタル・アナログ混在ASIC(Application Specific Integrated Circuit)を搭載し、Type A特性による漏電保護範囲の拡大を実現するとともに、電子回路の小形化を実現している。

4. RoHS指令対応による環境負荷低減

世界的に環境への有害物質排出の規制が叫ばれている中、

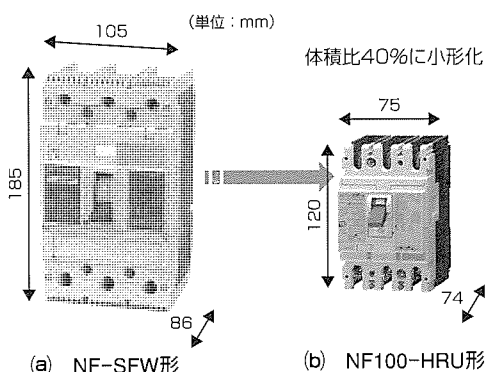


図3. 従来機種からの大幅な小形化

表2. 漏電検出特性

地絡波形	交流の漏洩電流波形	
	交流の漏洩電流波形	半波整流された漏洩電流波形
EN 60947-2での分類		
Type A (SRU/HRUシリーズ)	○ 検出可	○ 検出可
Type AC	○ 検出可	× 検出不可

最も有名なのが、RoHS指令(2006年7月1日以降欧州で上市する電気機器に、鉛・水銀・カドミウム・六価クロム・PBB(ポリ臭化ビフェニル)・PBDE(ポリ臭化ジフェニルエーテル)を含有してはならない)である。SRU/HRUシリーズは、以下の(1)~(4)の対策により、RoHS指令に対応している。また、遮断器本体だけでなく付属装置類も同様の対策を行い、シリーズとして完全にRoHS指令に適合している。

(1) はんだ付け箇所の削減と鉛フリーはんだの使用

従来の製品では構造部品の固定にもはんだ付けを使用している部位があったが、設計を変更し、そのようなはんだ付け箇所をなくした(図4)。漏電保護付きノーヒューズ遮断器では、電子回路部ではんだを使用しているが、それらはすべて鉛フリー化されている。

(2) カドミウムレス接点の採用

電気接点にはカドミウムを添加している物があるが、SRU/HRUシリーズの接点は、カドミウムを全く含んでいない。

(3) 六価クロムを三価クロムに変更

従来、亜鉛めっきのクロメート処理には六価クロムが広く使用されてきた。SRU/HRUシリーズでは、小さなねじまで含めてすべての亜鉛めっきクロメート処理部品に三価クロムのクロメート処理を施しており、六価クロムの使用を全廃した。

(4) PBB・PBDE

両物質ともにプラスチック材料の難燃化のために添加されるものであるが、SRU/HRUシリーズに使用しているプラスチック材料には、両物質を含む材料を一切使用していない。

5. マルチスタンダード化による国際化

今、世界はあらゆる面でグローバル化が進んでいる。これは、電気設備・装置・機器も同様である。機械装置メーカーにおいても、様々な国へ装置を輸出するために、搭載機器のマルチスタンダード化に対する要求は強い。グロー

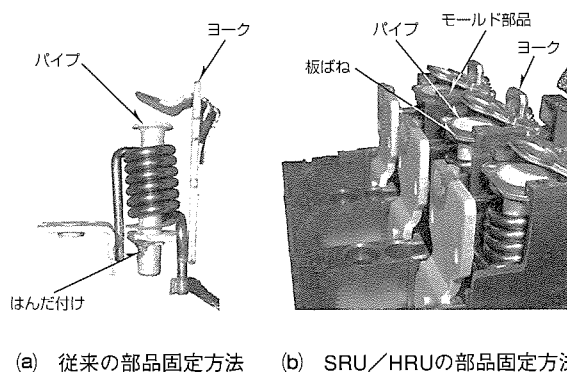


図4. はんだ付けによる部品固定の廃止

表3. 各国適用規格と認定取得状況

適用地域	アメリカ	カナダ	ヨーロッパ	中国	日本	
規格	UL489	CSA C22.2 NO.5-02	EN 60947-2	GB 14048.2	JIS C 8201-2	電気用品安全法
適合状況	○	○	○	○	○	○
認証制度	ULラベルサービス	cULラベルサービス	CEマーキング	CCC	-	<PSE>
認定機関	UL	UL	テュフラインランド	CQC	-	JET

CSA : Canadian Standards Association GB : Guojia Biaozhun CCC : China Compulsory Certification JIS : Japanese Industrial Standards
PSE : Product Safety, Electrical Appliance & Materials JET : Japan Electrical safety & Environment Technology Laboratories

表4. SRU/HRU仕様一覧

UL489 Listed ノーヒューズ遮断器

形名		NF50-SRU				NF100-SRU			NF100-HRU						
定格電流 A		1 2 3 5 10 15 20 25 30 40 50				60 70 75 80 90 100			1 2 3 5 10 15 20 25 30 40 50 60 70 75 80 90 100						
極数		2		3		2		3	2		3				
規格 遮断容量 kA	UL489 CSA 22.2 NO.5	定格電圧 V	AC240				AC240			AC480					
		AC 480V	-				-			18(10) ^{注1}					
	AC 240V	35(25) ^{注1}				35			50(25) ^{注1}						
	定格絶縁電圧 V	500				500			500						
	IEC 60947-2 EN 60947-2 JIS C 8201-2 GB 14048.2 (Icu/Ics)	AC 690V	-				-			-					
		AC 500V	10/5				10/5			18/9(10/5) ^{注1}					
		AC 440V	15/8				15/8			25/13(15/8) ^{注1}					
		AC 400V	15/8				15/8			25/13(15/8) ^{注1}					
AC 230V		35/18(25/13) ^{注1}				35/18			50/25(25/13) ^{注1}						
DC 250V	-				-			-							
アイソレーション適合		○				○			○						
外形 寸法		a	50		75		50		75	50		75			
		b	120				120			120					
		c	68				68			74					
		ca	96				96			102					

注1. ()内の遮断容量は定格電流15A以下に適用される。

UL489 Listed 漏電保護付きノーヒューズ遮断器

形名		NV50-SRU				NV100-SRU			NV100-HRU						
定格電流 A		5 10 15 20 25 30 40 50				60 70 75 80 90 100			5 10 15 20 25 30 40 50 60 70 75 80 90 100						
極数		2		3		3			3						
定格電圧 (UL489) V		120-240両用				120-240両用			120-240~480共用						
定格使用電圧 (IEC 60947-2) V		100-230両用				100-230両用			100-230~440共用						
高速形	動作時間 s 以内	定格感度電流 $I_{\Delta n}$ mA	30 50		30 50 100・300・500切換え		30 50 100・300・500切換え			30 50 100・300・500切換え					
		EN 60947-2	0.04				0.04			0.04					
		JIS C 8201-2 at 5 $I_{\Delta n}$	0.1				0.1			0.1					
		UL1053	$I_{\Delta n}$ の75%				$I_{\Delta n}$ の75%			$I_{\Delta n}$ の75%					
ピックアップ電流 UL1053		機械式ボタン				機械式ボタン			機械式ボタン						
規格 遮断容量 kA	UL489 CSA 22.2 NO.5	AC 480V	-				-			18(10) ^{注1}					
		AC 240V	35(25) ^{注1}				35			50(25) ^{注1}					
	AC 120V	35(25) ^{注1}				35			50(25) ^{注1}						
	IEC 60947-2 EN 60947-2 JIS C 8201-2 GB 14048.2 (Icu/Ics)	AC 440V	-				-			25/13(15/8) ^{注1}					
		AC 400V	-				-			25/13(15/8) ^{注1}					
		AC 230V	35/18(25/13) ^{注1}				35/18			50/25(25/13) ^{注1}					
		AC 100V	35/18(25/13) ^{注1}				35/18			50/25(25/13) ^{注1}					
		DC 100V	-				-			-					
アイソレーション適合		○				○			○						
外形 寸法		a	50		75		75		93	93		120			
		b	120				120			120					
		c	68				68			74					
		ca	96				96			102					

注1. ()内の遮断容量は定格電流15A以下に適用される。

バル化の背景として、WTO/TBT(World Trade Organization/Technical Barriers to Trade)協定が目指す技術面での非関税障壁の排除は基準・規格の国際整合化を各国に求めているが、現実には整合化の道半ばであり、今のところは、それぞれの規格に対応する必要がある。SRU/HRUシリーズについては、米国の遮断器規格であるUL489規格だけでなく、表3に示す規格・法規すべてに適合している。さらには、CE(Communaute Europeenne)マーキングについて、テュフラインランドの第3者認証を取得しており、適用地域で要求される機械装置の認証を円滑に進めることができる。

6. SRU/HRUシリーズの製品仕様

SRU/HRUシリーズの製品仕様は表4に示すとおりであり、機械装置への使用頻度が高く、遮断器の小形化が最も望まれていた1Aから100A定格のノーヒューズ遮断器と漏電保護付きノーヒューズ遮断器をラインアップしている。

7. むすび

以上、UL489対応小形ノーヒューズ遮断器SRU/HRUシリーズの特長と、それを支えている新技術について述べた。今後も、顧客のニーズに合った製品の開発を行っていく所存である。

UL489対応小形ノーヒューズ遮断器 “SRU/HRUシリーズ”の遮断性能向上

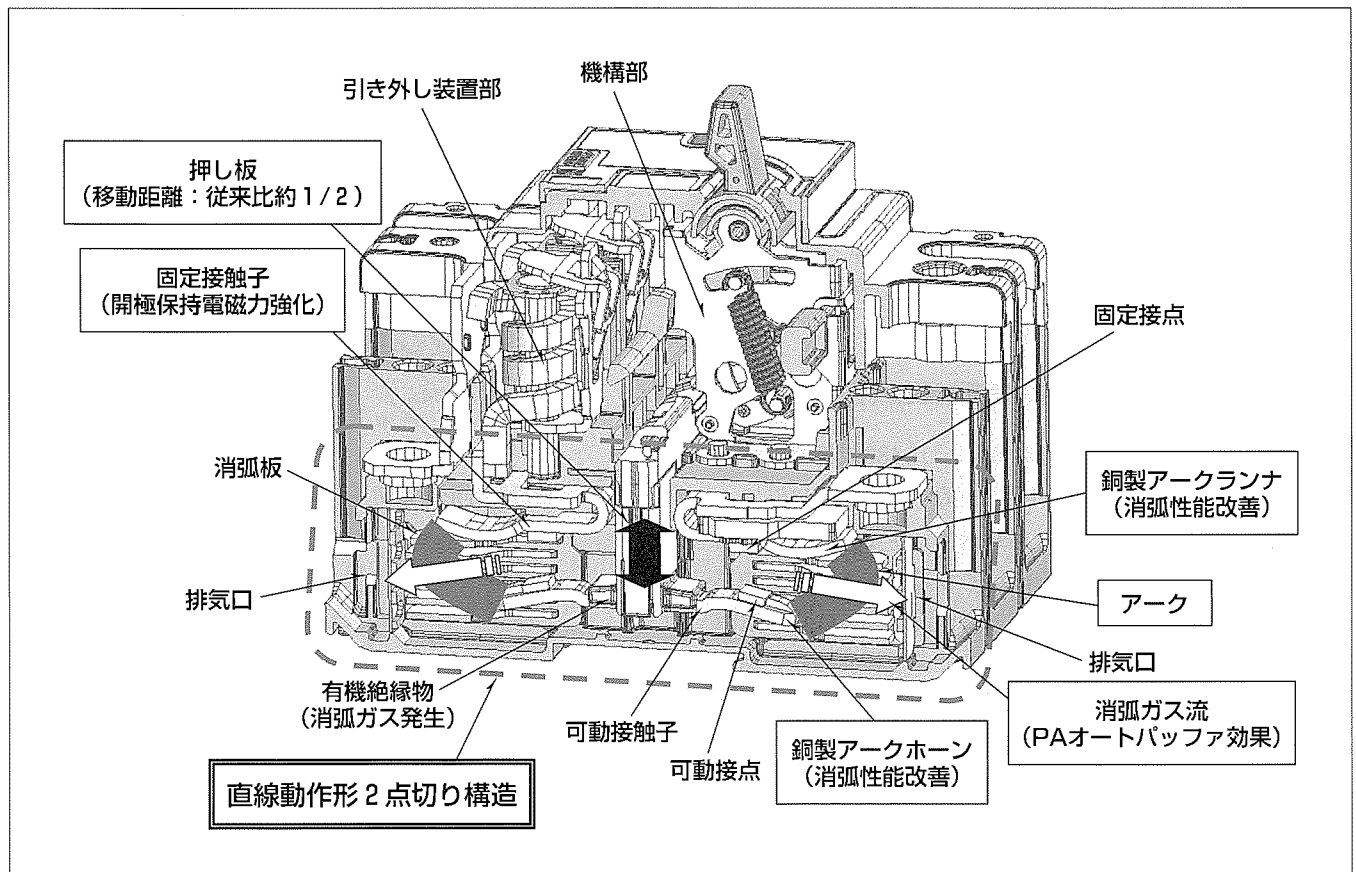
三橋孝夫*
澤田 敦**
伏見征浩***

Improvement in Breaking Performance of UL489 Listed Molded Case Circuit Breakers of “SRU/HRU Series”
Takao Mitsuhashi, Atsushi Sawada, Masahiro Fushimi

要 旨

近年、遮断器を搭載する各種装置の電源電圧が200V系から400V系へ高電圧化していく流れに伴い、400V系の小形遮断器の要求が強くなってきている。従来のUL (Underwriters Laboratories) 489規格AC480Vに適合する製品では、1線地絡を想定した単極480Vの遮断責務(同規格特有のシーケンスZの一部)を達成するため、他の規格適合品に比べて外形が大幅に大きいものになっていた。そこで、新形UL489対応小形遮断器SRU/HRUでは、小形高遮断性能を可能とする新しい消弧装置を開発し、単極480Vの遮断責務に対応した。具体的には、各種消弧室構成に三菱電機独自の遮断技術“PAオートパッファ(Polymer Ablation type Auto-Puffer: 高い電圧回路の遮断性能改善に有効)”の適用を想定した基礎モデル試験を実施し、遮断性能と遮断時内圧上昇低減の観点から直線動作形2点切り構造を採用した。これにより、動作軸(押し板)の移動距離を従来の約1/2にでき、遮断器全体の小形化が可能となった。また、可動接触子再閉極に伴う再点弧発生要因を明らかにし、これを防止するために接触子間の開極保持電磁力の強化を行った。さらに、直線動作形2点切り構造特有の消弧空間内圧上昇による機構部開極動作遅れを明らかにし、この影響を最小限とするための排気構造を開発した。これらの遮断技術は、基礎的研究で得られた知見に基づいており、他の2点切り消弧装置及び高い電圧回路の遮断責務が要求される気中回路遮断器への展開が可能である。

能改善に有効)”の適用を想定した基礎モデル試験を実施し、遮断性能と遮断時内圧上昇低減の観点から直線動作形2点切り構造を採用した。これにより、動作軸(押し板)の移動距離を従来の約1/2にでき、遮断器全体の小形化が可能となった。また、可動接触子再閉極に伴う再点弧発生要因を明らかにし、これを防止するために接触子間の開極保持電磁力の強化を行った。さらに、直線動作形2点切り構造特有の消弧空間内圧上昇による機構部開極動作遅れを明らかにし、この影響を最小限とするための排気構造を開発した。これらの遮断技術は、基礎的研究で得られた知見に基づいており、他の2点切り消弧装置及び高い電圧回路の遮断責務が要求される気中回路遮断器への展開が可能である。



UL489対応小形ノーヒューズ遮断器SRU/HRUシリーズの遮断技術

小形遮断器SRU/HRUシリーズでは、高い回路電圧での遮断性能と遮断時内圧上昇低減との両立性に優れた直線動作形2点切り構造を採用するとともに、可動接触子の開極保持電磁力強化及び消弧空間内圧上昇に起因する開極障害要因の排除により再点弧を防止し、世界最小クラスの筐体(きょうたい)寸法でUL489規格AC480Vに対応可能な遮断性能を実現している。

1. ま え が き

IEC規格やJIS規格での遮断器の定格電圧は、通常、Y結線回路の線間電圧を意味しており、三相遮断時には1極の接点間に対地電圧(線間電圧を $\sqrt{3}$ で除したもの)が印加される。一方、 Δ 結線回路では、1線地絡が発生した場合、1極間の接点間に線間電圧が印加されることになる。言い換えれば、定格電圧が同じ場合、 Δ 結線回路ではY結線回路に比べて $\sqrt{3}$ 倍高い電圧が接点間に印加され、それだけ高い消弧能力(高い電極間絶縁回復力)が要求される。日本では、電気設備技術基準で回路の対地電圧を300V以下に制限しているが、北米では、定格電圧600V、480V、240Vの Δ 結線回路も存在し、UL489規格で特にY表記(Δ 結線回路での使用不可)を用いない場合、1線地絡発生時には日本より高い600V及び480Vの電圧が接点間に印加されることがある。

一方、遮断器を搭載する各種装置の電源電圧が200V系から400V系へ高電圧化していく近年の流れに伴い、400V系(UL489規格では定格電圧480V)での小形遮断器の要求が強くなってきている。しかし、UL489規格に適合する当社従来製品では、1線地絡を想定した単極480Vの遮断責務のため他の規格適合品に比べて外形が大幅に大きくなっていった。そこで、小形筐体寸法で単極AC480V遮断責務を満たす新しい消弧装置を開発し、小形遮断器SRU/HRUシリーズに適用した。これにより、世界最小クラスのUL489規格・定格電圧480Vに対応できる遮断器を実現した。

本稿では、新形UL489対応小形遮断器SRU/HRUシリーズに適用されている遮断技術、及びこれらの技術を開発するために実施した研究について述べる。

2. UL489規格の遮断試験条件

遮断容量AC480V、18kAの場合、UL489規格では、三相遮断試験(三相AC480V・18kA・O-CO責務)以外に、シーケンスZ(各極AC480V・8.66kA・O-CO責務+三相AC480V・10kA・O責務)を満足する必要がある。この単極遮断では、他の試験と比べて遮断電流は小さいが、電極に印加される回路電圧は高くなるので、電極間の高い絶縁回復力を実現できる消弧装置が必要となる。また、シーケンスZでは、各極3回・合計7回の遮断を行う必要があり、小形化にはアークによる接触子損耗対策が必要となる。接触子の損耗は、アーク電流とアーク時間に依存するので、限流性能と再点弧を防止することが接触子損耗低減につながる。以上から、UL489規格AC480V適合の小形遮断器を実現するためには、短いアーク時間で高い電圧回路を遮断できる新しい遮断技術の開発が必要であった。

3. 単極AC480V遮断技術

3.1 直線動作形2点切り構造

図1に、直線動作形2点切り構造の消弧装置を適用した新形遮断器の内部構造を示す。この遮断器では、同構造を採用することにより、動作軸(押し板)の移動距離を従来の1点切り構造と比べ約半分に低減し小形化を図っている。

2点切り構造は、可動接触子の動きから直線動作形と回転動作形に分類でき、回転動作形は、更に可動接触子の配置から、フォーク形と直線形に分類できる。これら2点切り構造は、1点切り構造に比べ開極直後に2倍の電極降下電圧が発生することから、高い限流性能を実現しやすい。図2は、1点切り構造と2点切り構造の試作遮断器の単極AC480V・10kA遮断時の電極間の電圧波形と電源電圧波形を同時に示している。同図から、電極間の電圧立ち上がりよりも早く遮断時間が短い2点切り構造の遮断直後の再起電圧(約-200V)が、1点切り構造(約-500V)より小さいことが分かる。これは、限流性能に優れた2点切り構造の方が、遮断直後に要求される電極間の絶縁回復力が小さいことを示しており、高い電圧回路の遮断に有利と言える。また、2点切り化により遮断時間の短縮も可能となるので、

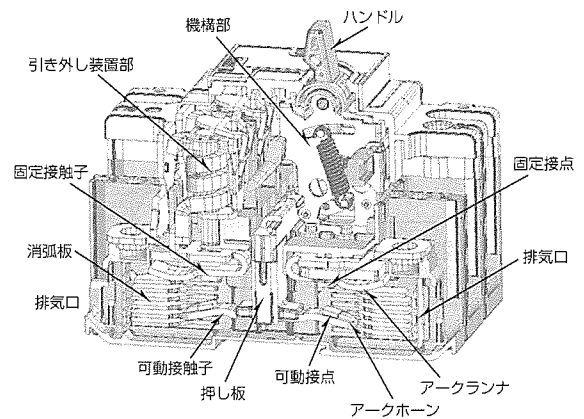


図1. 直線動作形2点切り消弧装置を適用した新形遮断器

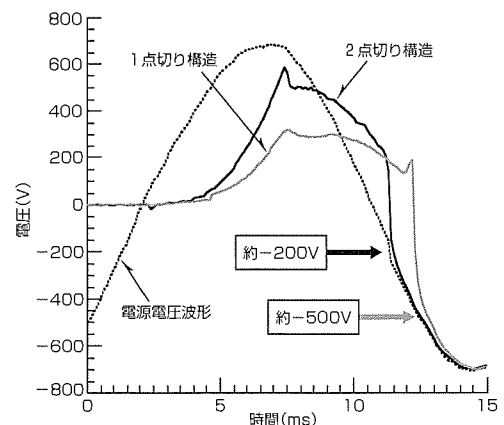


図2. 2点切り構造と1点切り構造の再起電圧比較

接触子損耗低減の点でも有利である。

3.2 2点切りPAオートパッファ基礎試験

高い電圧回路での遮断性能を向上させる当社独自の技術として、PAオートパッファがある。この技術は、遮断動作時に接点間に発生するアークの熱を利用して高分子材(プラスチック)から分解ガスを発生させ、この分解ガスを筐体内に貯留してアークの吹き消しに利用するもので、電流零点近傍での電極間での絶縁回復力を高めることができる。この技術では、アークによる分解ガスを積極利用するため、遮断時の筐体内圧が上昇する傾向があり、これを受ける筐体強度への要求が高くなる。筐体強度の点からはできるだけ内圧上昇が低い方がよく、一方、高い電圧回路での遮断のためには、より高い内圧を発生する方が有利である。そこで、新形遮断器の開発では、各種消弧装置構成にPAオートパッファの適用を想定した基礎モデル器を試作・評価し、高い電圧回路の遮断性能と遮断時の内圧上昇とのバランスに優れた直線動作形2点切り構造を採用した。

表1に、新形遮断器の小形筐体寸法を想定した基礎モデル試験の結果を示している。モデル化した消弧装置構成は、2点切り構造の直線動作形とフォーク形(回転動作形)、及び1点切り構造である。アーク発弧は、接点間にヒューズを張り、試験回路(单相, AC600V, 10kA, pf0.24)に設けたスイッチを投入することにより行った。また、排気口面積を変化させて筐体内圧ピーク値を調整し、第1半波直後の電流零点で再点弧することなく遮断が完了した時を遮断成功として、この時の筐体内圧ピーク値を比較した。

1点切りモデルでは、新形遮断器の筐体寸法を想定した消弧空間寸法(L)40×(H)23×(W)17(mm)の場合、1.2MPaまで内圧ピークを上昇させても遮断できず、筐体内容積を25%増した(L)50×(H)23×(W)17(mm)場合

に内圧ピーク0.49MPaで遮断に成功した。一方、両2点切りモデルでは、設定したすべての条件で遮断に成功した。これは、先述の1点切り構造に比べ2点切り構造が高い電圧回路の遮断に有利であることを裏付けている。両2点切りモデルに関して総排気口面積を同じとしたときを比較すると、直線動作形(0.68MPa)がフォーク形(0.80MPa)より約20%内圧ピーク値が低くなった。また、製品で実現可能な最大排気口寸法 $d=10\text{mm}$ (端子ねじと対向する部分には排気口を設けることができないので排気口幅 d は約10mm以下に制限される)では、直線動作形(0.28MPa)がフォーク形(0.80MPa)の約1/3となり、その差が拡大する。以上から、直線動作形2点切り構造は、高い電圧回路での遮断性能と遮断時の内圧上昇低減の両方に優れた構造であると言える。

3.3 絶縁回復力に対する接点材料の影響

PAオートパッファを適用した遮断器では、アークスポットから供給される導電粒子により持続するアークをガス流で吹き消すので、アークスポットの導電粒子の放出状態に影響を受ける。この状態は、アークスポットが形成されている電極材料に影響を受けるので、遮断性能が電極材料に依存すると言える。そこで、1点切りモデルを用いて各種電極材(鉄, 銅, 各種銀系接点材)を用いた場合の遮断に必要な内圧ピーク値の比較を行った。その結果、一部の銀系接点材では、遮断成功には、銅, 鉄より高い内圧ピーク値を発生させる必要があることが判明した。そこで、新形遮断器では、接点間で発生したアークスポットを移行させる大形の銅製アークランナ及びアークホーンを設け、アーク消滅時にはアークスポットが接点で形成されないようにした。これにより、遮断性能が接点材に依存しない構造を実現した。

表1. 基礎モデル実験による各種消弧装置構成の遮断性能比較(試験回路条件: 単極AC600V, 10kA, pf0.24)

消弧装置構成	2点切り構造		1点切り構造
	直線動作形	フォーク形	
基礎実験モデル			
消弧空間寸法	(L)55×(H)23×(W)17(mm)	(L)40×(H)23×(W)17(mm)	(L)40(50)×(H)23×(W)17(mm)
遮断成功時内圧ピーク	0.68Mpa($g=16\text{mm}$, $d=5\text{mm}$) 0.28Mpa($g=16\text{mm}$, $d=10\text{mm}$)	0.80Mpa($g=16\text{mm}$, $d=10\text{mm}$)	0.49Mpa($g=16\text{mm}$, $d=10\text{mm}$) ただし、L50mmの場合
遮断成功最小電極間距離	7mm×2 (AC480Vでは、6mm×2)	10mm×2 以下	16mm

4. 再点弧防止技術

小形遮断器では、短絡遮断と同様に、シーケンスZの単極遮断においても、機構部が開極動作を開始する以前に接触子間の電磁反発力で接点が開極する。この開極電磁力は電流ピーク以降急速に減衰するので、接圧ばねによる閉極力が電磁反発力に勝った時点で可動接触子が再閉極動作を開始する。この再閉極動作は、機構部により動作軸(図1の、押し板)が可動接触子を開極させる(押し下げる)まで進むため、機構部の動きが遅いと電流零点での接点間距離が小さくなり、単極遮断の高い再起電圧により接点間で再点弧が発生する。単極遮断では、短絡遮断に比べ遮断する電流が小さいため機構部を始動する引き外し部の動作速度が相対的に遅くなり、機構部による高速開極動作は期待できない。そこで、新形遮断器では、非線形三次元磁界解析(図3)を用いて接触子間の開極保持電磁力(遮断動作後半の開極電磁力)を強化して再閉極動作が開始する時刻を遅らせ、電流零点においても遮断に十分な接点間距離を確保している。

図4は、直線動作形2点切り遮断器における押し板挙動の一例を示しており、電流零点での押し板の位置は、接点开極距離1mmに相当することが分かる。しかし、実際には、可動接触子は接圧ばねを介して押し板に接合されていることから、接触子間の開極電磁力により接点間距離は1mm以上となる。別途、高速度ビデオカメラで実施した可動接触子挙動観測から、電流零点での接点間距離は5mm程度であると推定され、接触子間の開極保持電磁力が電流零点での接点間距離を確保するのに不可欠であることが分かる。また、可動接触子は、電流遮断後も押し板と接触するまで閉極動作を継続するので、再閉極動作での最小接点間距離は電流遮断後となる。この最小接点間距離が小さいと、いったん遮断に成功したとしても、接点間に印加される電源電圧(再起電圧)で絶縁破壊が生じ、再点弧が発生する。図の例では、図中に矢印で示した押し板の開極動作がいったん停滞する時刻が可動接触子と押し板が接触した時刻と考えられ、上記最小接点間距離は約4mmと推定できる。

ところで、今回採用した直線動作形2点切り構造では消弧空間が機構部と隔壁で分離されており、機構部の開極動作は押し板を消弧空間側へ押し出すことにより行われる。したがって、遮断時の消弧空間での内圧上昇は、押し板を消弧空間外に押し戻すように作用して機構による開極を妨げ、電流零点での可動接触子の開極距離を低下させる。一方で、遮断時内圧上昇はPAオートパuffa効果を高めて電流零点での接点間空間の絶縁回復を促進する。新形遮断器では、これら相反する現象をバランスさせて単極AC480V、

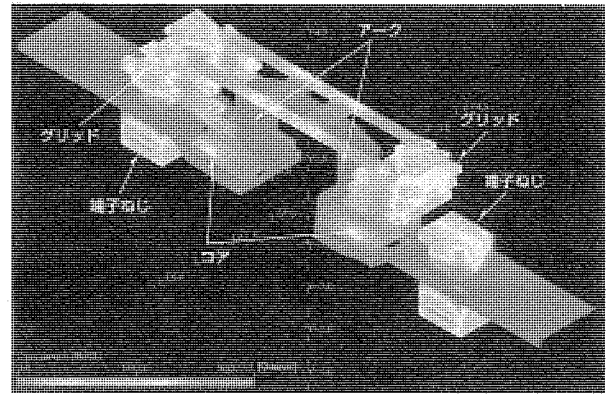


図3. 直線動作形2点切り消弧装置の磁界解析例

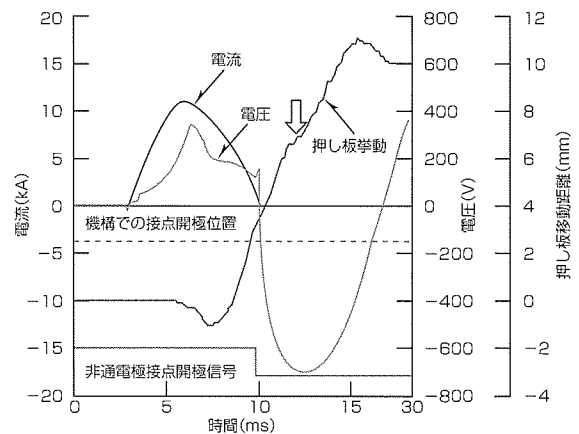


図4. 押し板挙動例(単極AC480V, 10kA遮断時)

8.66kAの遮断責務を達成するため、意図的に消弧空間の圧力の一部を押し板内の空洞を介して機後部側へと抜き、押し板の消弧空間側と機構部側の両端での圧力差を緩和させている。

5. む す び

新形UL489対応小形遮断器SRU/HRUシリーズに適用されている遮断技術、及びこれらの技術を開発するために実施した研究について述べた。これら技術は、他の2点切り消弧装置及び高い電圧回路の遮断責務を満たす必要のある気中回路遮断器への展開が可能である。

参考文 献

- (1) 三橋孝夫, ほか: 最近の遮断器における新遮断技術, 三菱電機技報, 76, No.5, 348~351 (2002)
- (2) 月間 満, ほか: オートパuffa方式を利用した新型配線用遮断器の開発, 電気学会論文誌B, 122, No.9, 969~975 (2002)

IEC60947-2 Type A(半波整流漏電)対応漏電検出ASIC

土本雄二*
杉本康浩*

ASIC for Residual Current Detection of Type A

Yuji Tsuchimoto, Yasuhiro Sugimoto

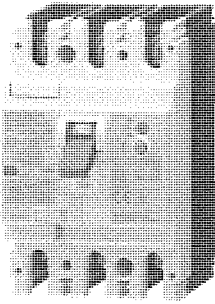
要旨

近年、機械装置は、駆動制御の高性能・高精度化からインバータやサーボを搭載した装置が増えてきている。インバータやサーボには整流回路があり、それら整流回路が故障した場合、半波整流された波形や位相制御された波形の漏洩(ろうえい)電流が発生することがある。この漏洩電流を検出し遮断器をトリップさせて感電や漏電火災を防止するためには、半波整流、半波位相制御された漏洩電流波形を検出する漏電保護特性(IEC 60947-2にType Aとして規定。以下“Type A”という。)とする必要がある。そこで、新規にデジタル・アナログ混在ASIC(Application Specific Integrated Circuit)を開発し、“SRU/HRUシリーズ”の漏電保護付きノーヒューズ遮断器に搭載し、Type

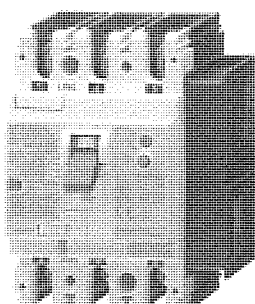
A特性による漏電保護範囲の拡大を実現するとともに、ASICの小型化及び周辺回路機能の取り込みによる電子回路の小型化を実現した。また、漏電遮断器は感電や漏電火災を防止する機能に加えインバータ回路で発生する高調波やサージによる不要動作を防止する機能も要求されており、これらも併せ実現している。

漏電検出ASICの主な特長、及びそれを実現するための新技術について以下に述べる。

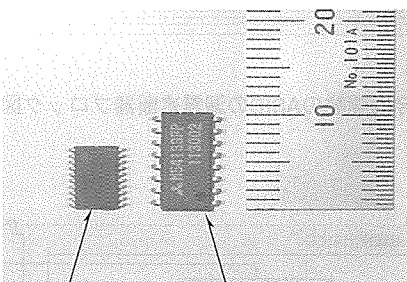
- (1) Type A特性
- (2) インバータ回路で発生する高調波による不要動作防止
- (3) サージに対する不要動作の防止



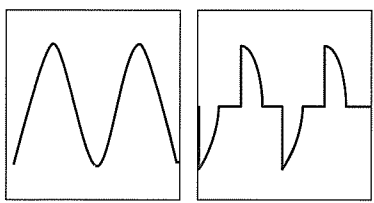
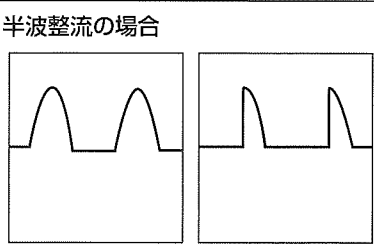
NV100-SRU形



NV100-HRU形



新形ASIC 従来ASIC

IEC60947-2の分類	Type A (本開発品)	Type AC (従来品)
地絡波形 交流の場合 	○ 検出可	○ 検出可
半波整流の場合 	○ 検出可	× 検出不可

IEC60947-2 Type A(半波整流漏電)対応漏電検出ASIC

IEC60947-2 Type A対応漏電検出ASICは半波整流された漏洩電流を検出する機能を備えたASICであり、インバータやサーボといった整流回路を搭載した機器において、整流回路の故障により半波整流された漏洩電流が発生した場合の漏電検出を可能にした。また、ASICは、アナログ・デジタル混載とすることで、周辺部品の削減・小型化を実現した。UL489対応小型漏電保護付きノーヒューズ遮断器“SRU/HRUシリーズ”に搭載している。

1. ま え が き

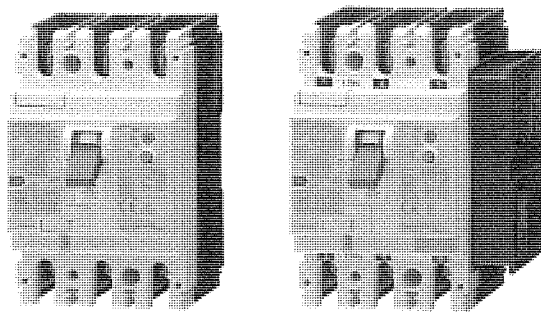
近年、機械装置は、駆動制御の高性能化・高精度化からインバータやサーボを搭載したものが増えてきている。これらインバータやサーボには整流回路を搭載しており、整流回路が故障し地絡事故が発生した場合、半波整流、半波位相制御された波形の漏洩電流が発生する可能性がある。この漏洩電流を検出し遮断器をトリップさせて感電や漏電火災を防止するためには、半波整流、半波位相制御された漏洩電流波形を検出するType Aの漏電保護特性とする必要がある。そこで、Type A対応のデジタル・アナログ混載のASICを新規に開発し、SRU/HRUシリーズの漏電保護付きノーヒューズ遮断器に搭載した。このASICにより、Type A特性による漏電保護範囲の拡大を実現するとともに、ASICの小型化による電子回路の小型化を実現した(図1)。

2. 漏電検出機能への要求

漏電遮断器は、感電や漏電火災を防止する機能に加え、インバータ回路で発生する高調波による不要動作や感度電流の不安定化やサージによる不要動作を防止する機能に対する要求からこれら不要動作を防止する機能を満足してきた。さらに今回開発したASICでは、それらの機能を持ちType Aの検出を可能にし電子回路の小型化を実現している(図2)。

3. 漏電検出回路の構成

図3に今回開発のASICの漏電遮断器のブロック図を示す。ASICはデジタル・アナログ混載ASICであり、零相変流器(ZCT)からの信号は入力回路に入力されA/D変換器によりアナログ-デジタル変換する。デジタル化した信号はデジタルフィルタのローパスフィルタへ入力される。地絡電流判別回路は、地絡電流の大きさと時間幅で地絡を検出する。DPDC(Dual Polarity Digital Counter)サージ判別回路は、サージであるか否かを判別しサイリスタ駆動回路によりサイリスタを駆動し遮断器をトリップさせる構成



(a) NV100-SRU形 (b) NV100-HRU形

図1. Type A漏電検出ASIC搭載漏電遮断器

としている。

図4は従来の漏電遮断器のブロック図である。漏電遮断器の漏電検出回路はZCTからの信号を受け、漏電検出用のASICで検出し漏電を検出している。漏電検出回路はアクティブフィルタ(ローパスフィルタ)、地絡電流判別回路部、DPDC判別回路部、サイリスタ駆動回路部により構成されている。

4. デジタルフィルタ

インバータ一次側に設置した漏電遮断器でインバータ一次側及び二次側の地絡電流を検出する場合、ZCTで検出される信号には、インバータ回路で発生する高調波分として漏洩電流にインバータの運転により商用周波数に加え、インバータの運転周波数、キャリア周波数成分及びキャリ

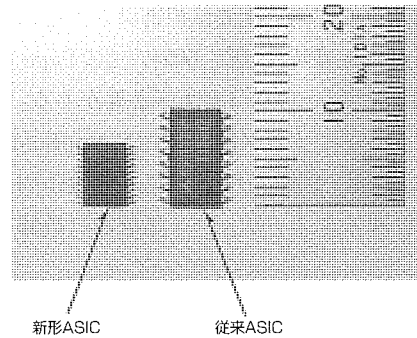


図2. 新形ASIC

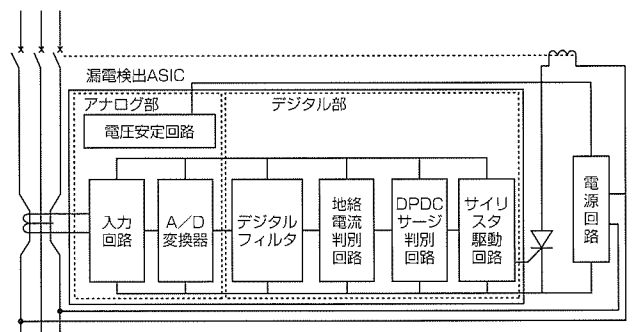


図3. 今回開発のASICの漏電遮断器ブロック図

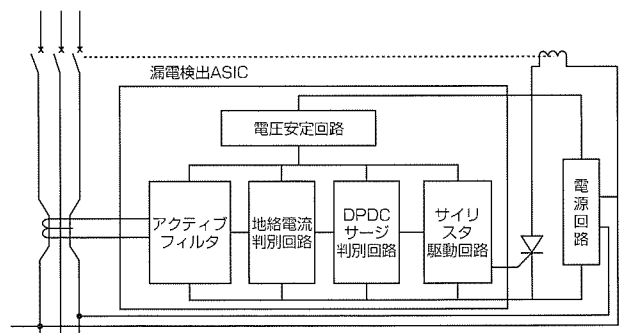
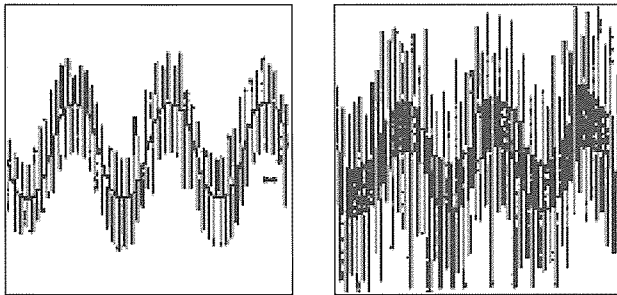


図4. 従来の漏電検出回路ブロック図

ア周波数の高調波成分が含まれることになる(図5)。

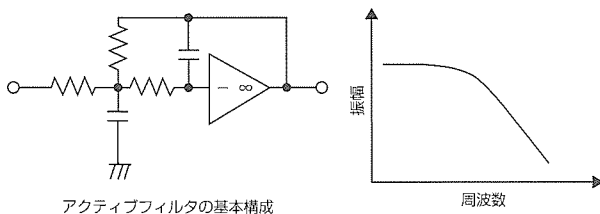
漏洩電流は、対地静電容量により変化し、不要な動作や感度電流が不安定となる要因となっていた。インバータ二次側の対地静電容量による漏洩電流の影響を低減することで、実際の事故時の漏洩電流の検出が可能になる。従来の漏電検出ASICの電子回路では、対地静電容量によるインバータのキャリア周波及びキャリア周波の高調波成分をアクティブフィルタ(ローパスフィルタ)により減衰させ除去する方式としていた(図6、図7)。

今回開発したASICでは、アクティブフィルタの部分を実装化することにより、周辺部品レスを実現し外付け部品点数の削減を実施した。デジタルフィルタには、FIR(Finite Impulse Response)フィルタと比べ回路規模が小さくなるIIR(Infinite Impulse Response)フィルタを採用した。従来のアナログ方式の場合と同等なフィルタ特性を実現している。図8にこのASICで採用したデジタルフィ



(a) インバータ一次漏洩電流 (b) インバータ二次漏洩電流

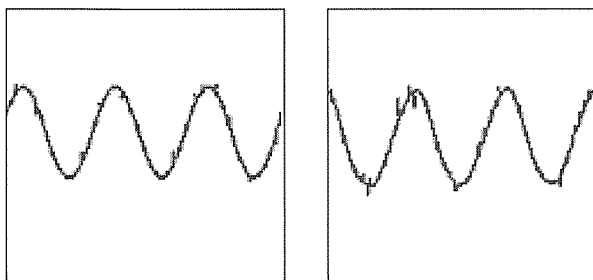
図5. インバータ回路の漏洩電流



アクティブフィルタの基本構成

周波数

図6. 従来回路のフィルタ構成



(a) インバータ一次漏洩電流 (b) インバータ二次漏洩電流

図7. フィルタ後のインバータ回路の漏洩電流

ルタのブロック図を示す。

5. 地絡電流判別回路

地絡電流判別回路は、地絡電流の大きさと信号の時間幅を検出している。図9に動作を説明する機能ブロック図を示す。地絡信号のレベルが検出レベルを超えるとコンデンサの充電を開始し、一定時間が経過すると地絡発生として検出されている。このことで、対地静電容量で漏洩する比較的小さいサージ電流成分を除去している。

今回開発したASICでは、地絡電流判別回路はデジタル化を実施しており、タイマ部をデジタル化することで周辺部品レス化を実施し部品数を削減した。

6. DPDCサージ判別回路

DPDCサージ判別回路はサージであるか否かを判別し絶縁不良など事故による地絡の場合のみ遮断器をトリップさせ不要動作を防止するための回路であり、今回開発したASICではこの機能に加えType A漏電特性を実施した。以下に特長を示す。

絶縁不良などの事故による地絡電流は、商用周波数の正弦波や商用周波数の半波整流の電流となり、正側及び負側の信号又は正側のみ若しくは負側のみが定期的に繰り返す信号となる。これらの信号は、周期性・連続性を持った信号である。一方、サージによる漏洩信号は、図10に示すように、サージアブソーバが対地間に設置された場合の漏

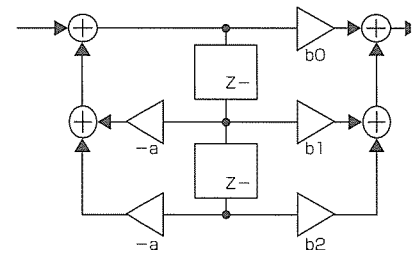


図8. デジタルフィルタのブロック図

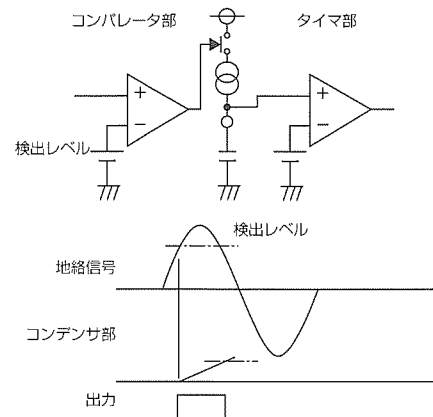


図9. 地絡電流判別回路の機能ブロック図

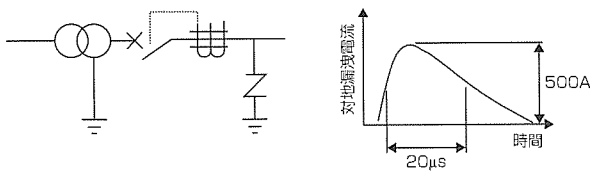


図10. アブソーバによるサージ電流

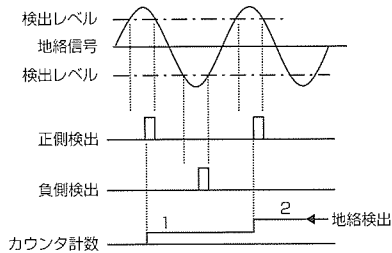


図11. 正弦波でのDPDCサージ判別回路動作

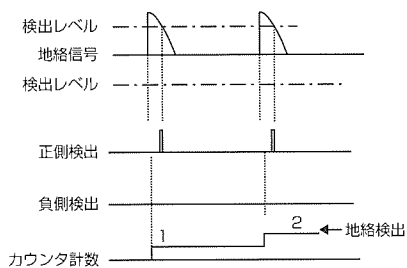


図12. 半波整流の電流発生時のDPDCサージ判別回路動作

洩電流波形の例を示す。

サージ波形は発生が不規則であり、正側、負側の発生も不規則となることから、サージの判別を行っている。すなわち、ZCTからの検出信号を地絡電流判別器回路によって信号の大きさと信号の時間幅により判別し対地静電容量で漏洩する比較的小さいサージ電流成分を除去し、その信号を入力しDPDCサージ判別回路により絶縁劣化など事故による電流であるかサージによる電流であるかを判別している。図11に商用周波数の正弦波での地絡動作、図12に半波整流波形での地絡動作を示す。

図11に示すように絶縁劣化などの事故の場合は正弦波の周期性・連続性を持った信号である。DPDCサージ判別回路には正側、負側の信号が交互に連続してくる。今回開発したASICでは、正側又は負側の連続した信号をカウンタ計数し漏電の検出が可能になる。また、図12に示すように、半波整流された電流波形では正又は負側の連続した

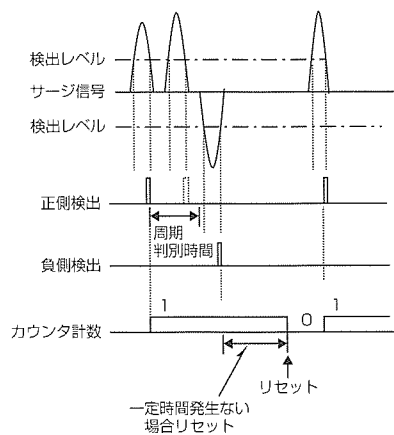


図13. サージ波形でのDPDCサージ判別回路動作

表1. 漏電保護特性

地絡波形	IEC60947-2の分類	
	Type A (本開発品)	Type AC (従来品)
交流の場合 	○ 検出可	○ 検出可
半波整流の場合 	○ 検出可	× 検出不可

信号をカウント計数し漏電検出が可能となる。一方、サージによる場合は、正側、負側各々の信号が連続的に来ない。このような場合は、図13に示すように、1波カウントの後一定の周期判別時間後からカウント可能にすること、また、一定時間内に信号が来ない場合は計数をリセットするためサージ信号では動作しない。

以上のように、DPDCサージ判別回路を構成することで、表1に示すType Aの漏電保護特性を満足するASICを実現した。

7. む す び

以上、Type A漏電検出ASICの特長と、採用した技術について述べた。新ASICはTypeA機能に加え電子回路の小型化も実現しており、今後も対応機種拡大を行っていく所存である。

UL489対応ノーヒューズ遮断器 “NF50-SMUシリーズ”

石田 伸*
山中 尚*
芦刈康宏*

UL489 Listed Molded Case Circuit Breakers “NF50-SMU Series”

Shin Ishida, Hisashi Yamanaka, Yasuhiro Ashikari

要 旨

北米向け電気装置に使用される回路遮断器において、分岐回路に使用される回路遮断器の適用規格としては、UL (Underwriters Laboratories) 1077やUL489がある。

UL1077規格対応の回路遮断器は、保護器具や装置内に設置することを前提とし、UL489規格対応回路遮断器やヒューズのバックアップを受けて使用することとなっている。単独で使用できるのは、米国NEC (National Electrical Code) 規定により規定された条件を満足する限定された回路にのみとなっている。これに対して、UL489規格対応の回路遮断器は、UL1077規格のような制約を受けることなく、単独で分岐回路の回路保護機器として使用することができる。

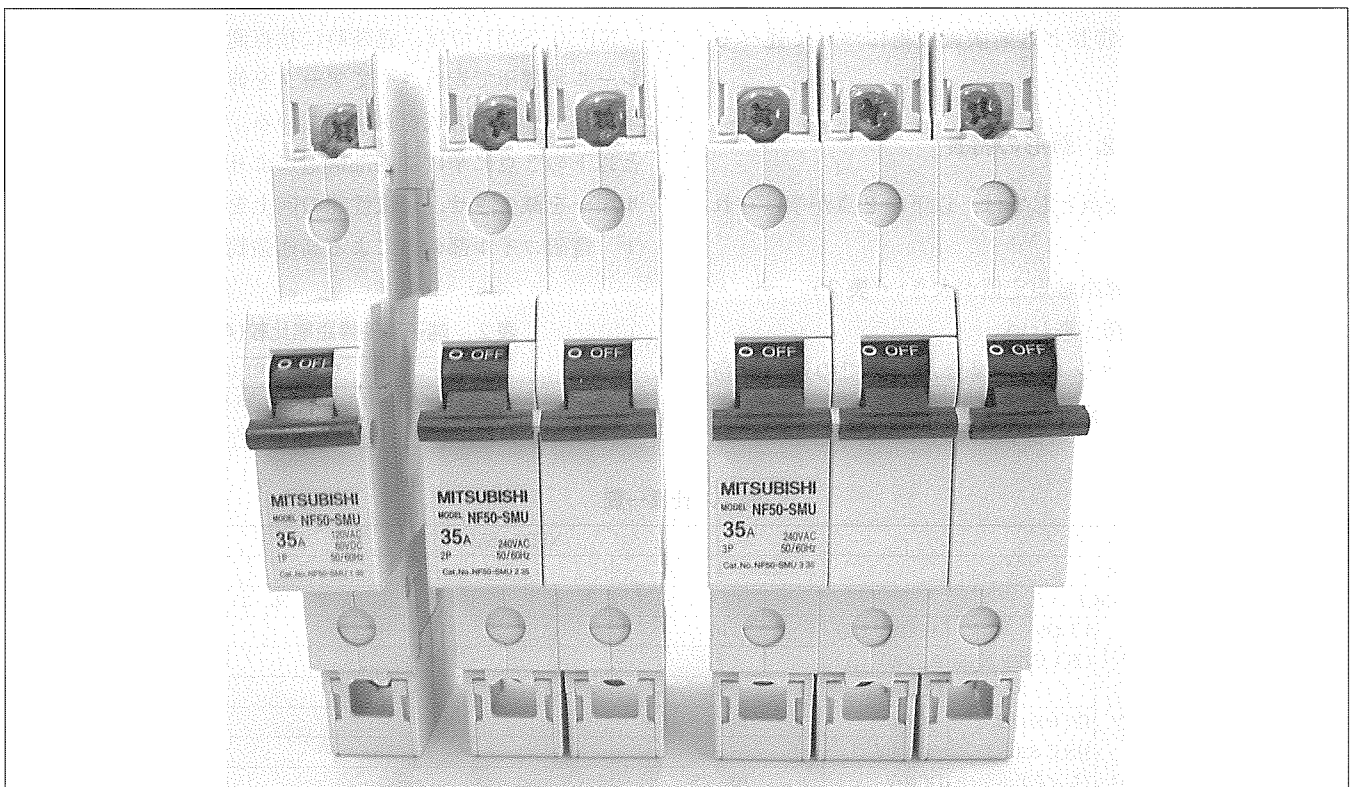
近年、半導体装置メーカーなどの機械セットメーカーでは、分岐回路で使用する回路遮断器を選定するに当たり、

単独で使用することができるUL489規格対応回路遮断器を使用する傾向が強くなっており、三菱電機は、UL489対応としたノーヒューズ遮断器NF50-SMUシリーズの開発を行った。

このNF50-SMUシリーズの主要な特長は次のとおりである。

- (1) 小形化と単極品の品ぞろえ
- (2) 小形品での高遮断容量化
- (3) 各種海外規格適合と同時表記
- (4) 熱動電磁式での低定格電流対応
- (5) 付属装置対応
- (6) 開閉式端子カバー標準装備
- (7) AC/DC共用(1極品)

本稿では、(1)~(7)のそれぞれについて述べる。



UL489対応ノーヒューズ遮断器NF50-SMUシリーズ

UL489対応ノーヒューズ遮断器NF50-SMUシリーズは、1極品の横幅を18mmとし、高遮断容量化及び各種規格適合化を実現している小形配線用遮断器である。

1. ま え が き

北米向け電気装置に使用される回路遮断器において、分岐回路に使用される回路遮断器の適用規格としては、UL1077やUL489がある。

UL1077規格対応の回路遮断器は、保護器具や装置内に設置することを前提とし、UL489規格対応回路遮断器やヒューズのバックアップを受けて使用することになっている。単独で使用できるのは、米国NEC規定により規定された条件を満足する限定された回路にのみとなっている。これに対して、UL489規格対応の回路遮断器は、UL1077規格のような制約を受けることなく、単独で電源引込み口、幹線(フィーダ)や分岐回路の回路保護機器として使用することができる。

近年、半導体装置メーカーなどの機械セットメーカーでは、分岐回路で使用する回路遮断器を選定するに当たり、単独で使用することができるUL489規格対応回路遮断器を使用する傾向が強くなっている。さらに、分岐回路で多数台設置を目的とした小形化のニーズや、半導体製造装置に関するSEMI(Semiconductor Equipment and Materials International)規格にある回路遮断器遮断容量10kAのニーズも多くなっている。

この要求に対して、UL489対応としたノーヒューズ遮断器NF50-SMUシリーズの開発を行った。このシリーズについて、その主要な特長と遮断限流技術について述べる(表1)。

2. 新形の特長

UL489規格の特有な点としては、以下の2点が挙げられる。

- (1) 異極端子間の絶縁距離規定値が大きい(表2)。
- (2) 単極での遮断責務が厳しい。

3極品の試験シーケンスZの場合、三相での遮断責務(AC240V)に加え、1極ごとに遮断責務(AC240V)がある。

したがって、単極遮断については、他の規格に比べて高い遮断能力を持つ必要がある。

UL489対応ノーヒューズ遮断器であるNF50-SMUシリーズの主な仕様は表1に示すとおりであり、次の特長を持っている。

2.1 小形化と単極品の品ぞろえ

NF50-SMUでは、後述する遮断限流性能の向上により、当社従来のUL489規格適合の50アンペアフレーム製品と比較すると1極品当たりの横幅を25mmから18mmに、体積比では44%と大幅に小形化を実現し、機械装置等の盤の省スペース化に貢献している。

また、従来製品では3極品と2極品しか品ぞろえがなかったが、NF50-SMUでは1極品から品ぞろえをし、単極のみが必要な回路への対応を可能としている。

2.2 小形品での高遮断容量化

半導体装置メーカーのSEMI規格には、設置する回路遮断器の遮断容量について10kAの要求があり、NF50-SMUでは、限流性能の向上により高遮断容量10kAを実現している。

小形の外形で高遮断容量を実現するためには、回路遮断器内部の狭小空間で高遮断時の通過エネルギーに耐えることが必要となってくる。回路遮断器に与えるダメージを小さくするため、限流性能を向上させ、可能な限り遮断時の通過エネルギーを減少しなければならない。

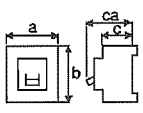
NF50-SMUでは、遮断時に接点間に発生するアークをレール状電極で走行させてアークを伸ばし消弧装置で遮断するアーク走行方式を採用している。このアーク走行方式と以下の2点に挙げる内部構造により、遮断時の通過エネルギーを減少させ、限流性能の向上を実現している。

- (1) 電磁コイル部の力による高速強制開極

表2. 端子部絶縁距離比較(AC240V)

区 分	UL489	UL1077
空間距離(mm)	19.1	6.4
沿面距離(mm)	31.8	9.5

表1. 仕様一覧

形 名		NF50-SMU			
極 数		1	2	3	
定格電流 I_n (A)		0.5, 1, 1.5, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 13, 15, 20, 25, 30, 35			
定格遮断容量 (kA) (I_{cu}/I_{cs})	UL489	AC120V (Δ)	10	—	
	CSA C22.2 No.5	AC240V (Δ)	—	10	
		DC60V	10	—	
	IEC60947-2 JIS C 8201-2	AC230V	10/7.5	—	
AC400V		—	10/7.5		
DC60V		10/7.5	—		
外形 (mm)		a	18	36	54
		b	124		
		c	44		
		ca	70		
付属装置	警報スイッチ, 補助スイッチ, 電圧引きはずし装置, とってロック装置				
適合規格	UL489, CSA22.2 No.5, IEC60947-2, JIS C 8201-2				

瞬時引きはずし用の電磁コイル部の力により、可動接点を固定接点から強制的に高速開極させることにより、アーク走行が始まるまでの時間を短縮することを可能とした。図1に示すように回路遮断器を通過する最大電流 I_p を低減する必要があり、いかにアーク走行が始まるまでの時間 t_d (膠着(こうちゃく)時間)を短くするかがポイントとなる。 t_{d1} から t_{d2} のわずかの時間差が、 I_{p1} と I_{p2} の電流値の差となり、最終的には図斜線部に示す通過エネルギーの減少、つまり大きな限流性能の差を生むことになる。この t_d はわずか数ms以内の短時間の数値であり、1msレベルの短縮が重要となる。

(2) 排気均一化

遮断時に発生したガスの排気が均一に排気されるように、消弧装置背面に排気口を分散配置し、排気が均一化されることによりアーク走行後のアーク電圧を安定して維持することができ、高遮断電流を遮断することが可能となった。

以上により、非アーク走行方式のような大きな接点間の開極距離が不要となるため、小スペースでの高遮断が可能となる。

図2、図3は、当社従来回路遮断器との通過電流尖頭(せんとう)値 I_p 、通過エネルギー I^2t の比較である。

2.3 各種海外規格適合と同時表記

機械セットメーカーでは世界中どこでも使用可能な装置というニーズがあり、盤内の設置される回路遮断器においても同様に各種海外規格への適合というニーズが強くなっている。

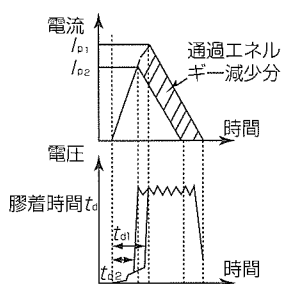


図1. 限流波形

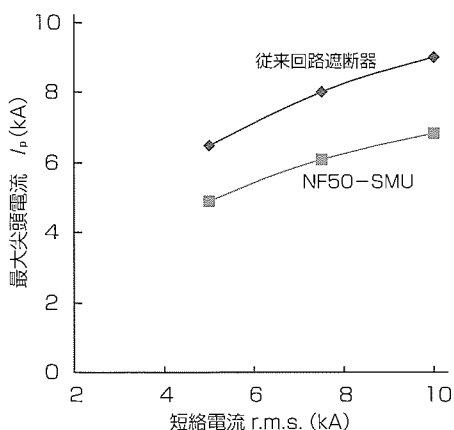


図2. 通過電流尖頭値比較(AC240V)

この製品は標準で米国UL規格、カナダCSA (Canadian Standards Association) 規格、欧州IEC (International Electrotechnical Commission) 規格、日本新JIS (Japanese Industrial Standards) 規格の遮断器の各種海外規格に適合している。また、製品に米国UL、カナダCSA (C-UL)、欧州CE (Communaute Europeenne)、日本新JISの同時表記を行っている。

2.4 熱動電磁式での低定格電流対応

この製品の過電流通電時の引きはずし機構は熱動電磁式と呼ばれており、その構成としては、バイメタルに直接電流を流し、バイメタルの抵抗によるジュール熱により、バイメタルを湾曲させ、一定の動作温度に達したとき、その変位置により機構部の引きはずし動作が行われる。

従来の熱動電磁形式のUL489対応回路遮断器製品の最小定格電流は15Aまでであったが、以下の2点により0.5Aまで拡大対応を実現している。

- (1) 本体をトリップ動作させるための機構部引きはずし荷重の低減により、バイメタルの動作負担を軽減し、低定格サーマル動作を実現する。
- (2) 遮断時のアーク走行後にバイメタルとコイルに電流が流れない構成とし、遮断時にバイメタル・コイルへの負担を低減することにより、低定格品での高遮断容量化を実現する。

また、従来の15Aよりも小さい回路遮断器では、回路遮断器の取付け姿勢の影響を受ける完全電磁式のみを選定していたが、この製品は、取付け姿勢による影響を受けない熱動電磁式であるため、ユーザーでの回路遮断器の選定範囲を広げることができた。

2.5 付属装置対応

この製品の付属装置としては、警報スイッチ(AL)、補助スイッチ(AX)、電圧引きはずし装置(SHT)、とってロック装置(HL)を品ぞろえしている。図4に示すように、警報スイッチ、補助スイッチ及び電圧引きはずし装置については、本体の左右のどちらでも付属装置を顧客で取り付

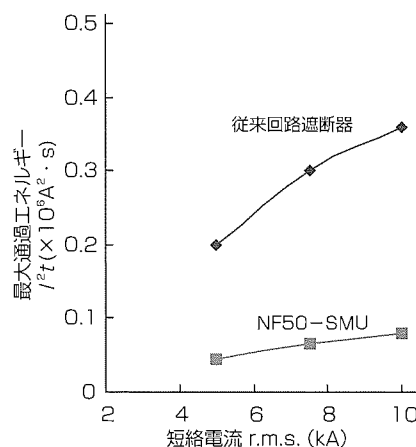


図3. 通過エネルギー比較(AC240V)

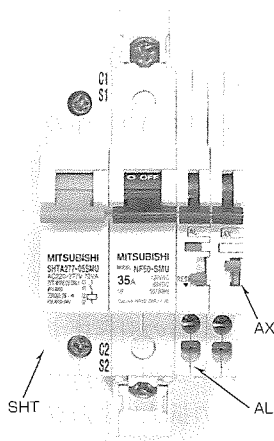


図4. 付属装置取付け図

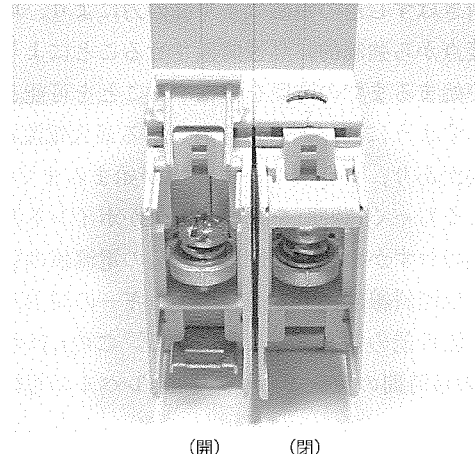


図5. 端子カバー

けることができる構成としている。

2.6 開閉式端子カバー標準装備

図5に示すように、本体の電源側及び負荷側の端子部には、開閉することが可能な端子カバーを標準装備している。その端子カバーはフィンガプロテクションの構造となっており、IEC規格の保護等級IP20に対応し、安全性の向上も図っている。

また、端子カバーの正面に端子カバーを閉じた状態でも絶縁抵抗測定を行うことができる開口部を設けて、遮断器の保守・点検を容易に行うことができるようにしている。

2.7 AC/DC共用(1極品)

1極品はAC、DC両用タイプであり、電圧がAC230V、

DC60V以下の回路に使用できるようにしている。製品の在庫品がある場合は、その保管スペースを削減できるばかりでなく、管理業務も低減することができ、さらに、AC用、DC用の誤手配をなくすことができるようにしている。

3. む す び

以上、UL489対応ノーヒューズ遮断器NF50-SMUシリーズの製品の特長と遮断限流技術について述べた。今後ともユーザーニーズに対応した製品開発に取り組んでいく所存である。

UL489対応ノーヒューズ遮断器 “NF50-SMUシリーズ”の遮断技術

三橋孝夫*
池田龍典**

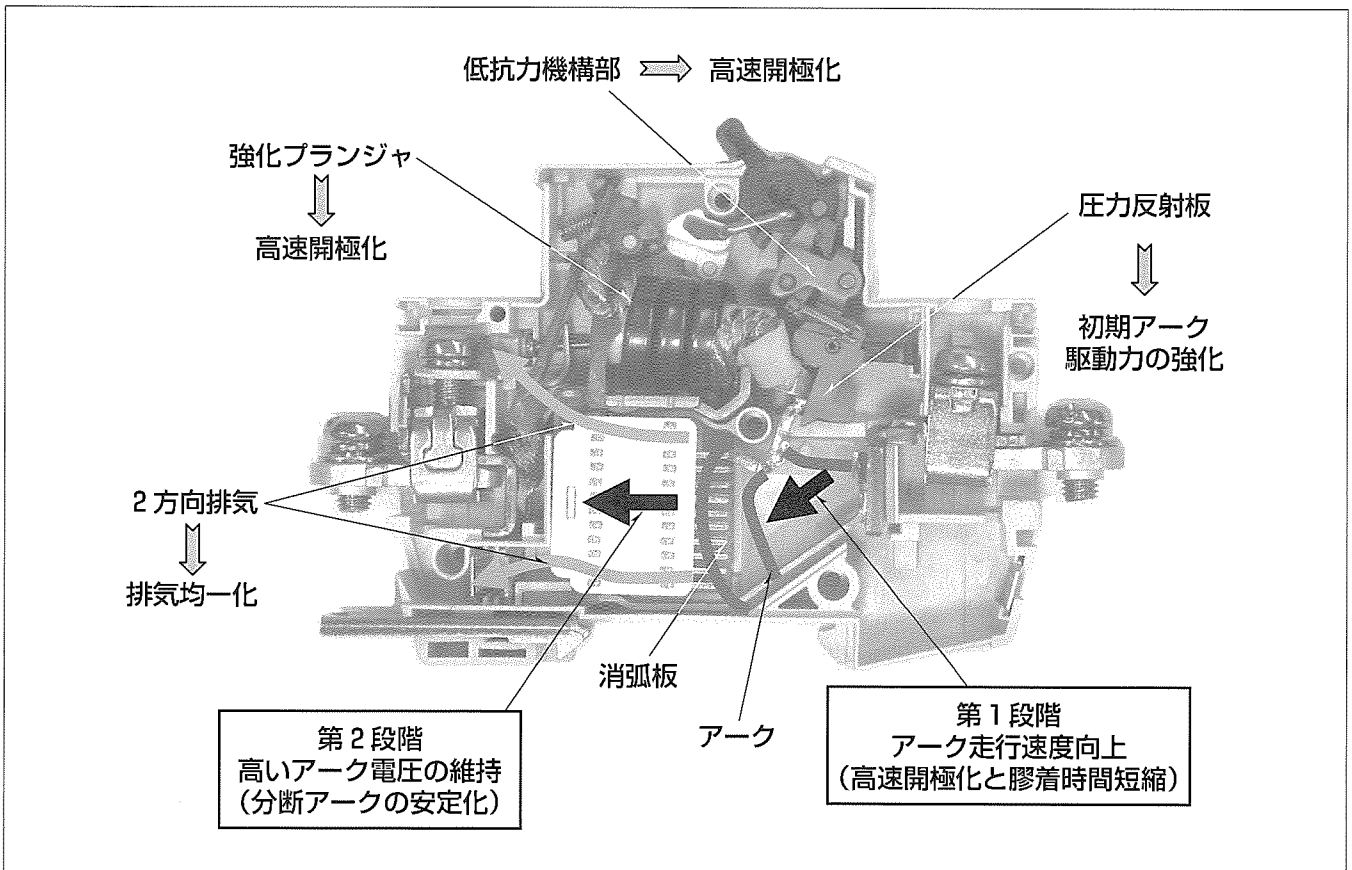
Breaking Technique for UL489 Listed Molded Case Circuit Breakers of “NF50-SMU Series”

Takao Mitsuhashi, Tatsunori Ikeda

要 旨

ノーヒューズ遮断器NF50-SMUシリーズでは、遮断時の通過エネルギーに耐え高遮断容量と薄形の両立を図るため、アーク走行形消弧装置を採用し高い限流性能を実現している。アーク走行形消弧装置では、事故電流の瞬時値が上昇する前にアークを接点からアーク走行路で高速走行させて伸長し、消弧板でアークを分断することにより高いアーク電圧を発生させ高限流性能を得ている。したがって、限流性能は、アーク走行特性と消弧板でのアーク分断状態により決定される。アークは、アーク長が長いほど強い駆動力を受け、また、短絡電流領域では大電流になるほど走行が困難となる。そこで、NF50-SMUでは、短絡遮断時に可動接触子を開極させる電磁プランジャの推力の強化に

より開極速度を向上させ、電流瞬時値が上昇する前に十分なアーク長を得るようにした。また、アークを走行させる二つの駆動力(電磁力及びアーク前後の圧力差に起因する力)のうち、大電流アーク発生時により有効に働く後者の力を接点对近傍に設けた圧力反射板で強化し、開極初期のアーク膠着(こうちやく)時間を低減している。さらに、アーク走行形消弧装置でのアーク挙動観測から、消弧板による良好なアーク分断状態を得るには排気均一化が有効であることを得て、NF50-SMUでは2方向排気を採用し分断アークの安定化を図っている。これらのアーク走行技術及び分断アーク安定化技術は、アーク走行形の消弧装置を持つ他の気中回路遮断器への展開が可能である。



UL489対応ノーヒューズ遮断器の新遮断技術

NF50-SMUシリーズでは、強化プランジャによる高速開極、圧力反射板による開極初期のアーク駆動力強化、排気均一化による分断アークの安定化などにより、アークを高速・安定走行させて高いアーク電圧の発生・維持を行い、遮断及び限流性能を向上させている。

1. ま え が き

ノーヒューズ遮断器NF50-SMUシリーズでは、接点で発生するアークを一对の走行路(アークランナ)で消弧装置(複数の消弧板)まで走行させて遮断するアーク走行形消弧装置を適用している。この方式では、主に、アークが消弧板まで走行し、かつ、消弧板による分断アークを持続的に形成できる限界の電流値(アーク走行限界電流値)により遮断容量が制限される。特に、小型遮断器では、接触子対(可動接触子、固定接触子)の熱容量が小さく、大電流遮断動作の初期段階にアークを消弧板まで導いて電流を限流しないと、アークの熱により接触子が溶断する。この限界値は、接点开極速度、電極・走行路・壁材等の材質及び形状、空間の容積及び形状などの多くの要素に影響を受ける。

本稿では、UL(Underwriters Laboratories)489対応の新形遮断器NF50-SMUに適用されているアーク走行限界電流値の向上技術、及びこれらの技術開発のために実施した研究について述べる。

2. アーク走行型消弧装置

図1にNF50-SMUの内部構造を示す。短絡遮断時には、プランジャが高速動作し、機構部のラッチを外し機構部による可動接触子の開極動作が開始される。同時に、プランジャが直接可動接触子を駆動し、可動接触子が高速で開極するように構成されている。開極に伴い発生するアークは、まず、下部アークランナとL字状アークホーン間へと移行し、続いて、下部アークランナとヨーク(上部アークランナ)間へと移行して、消弧板に到達する。消弧板に到達したアークは、消弧板により複数に分断され、電源電圧を超える高いアーク電圧を発生する。これに伴い、電流が急速に減衰し、電流零点で遮断が完了する。通常、このようなアーク走行形遮断器ではアークが消弧板に到達する時刻が電流ピークとなるので、消弧板までの到達時間を短縮することが電流ピーク低減に直結する。しかし、電流ピーク後に

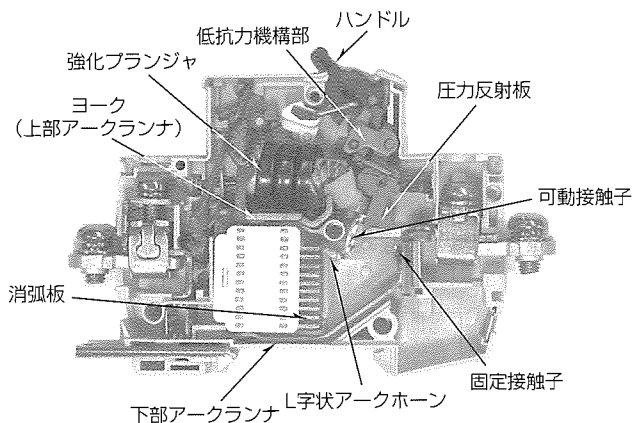


図1. ノーヒューズ遮断器NF50-SMUの内部構造

消弧板による分断アークを安定的に維持できなければ、アーク電圧が急落し電流が再び増加して接触子溶断又は遮断不能が発生する。したがって、アーク走行形遮断器の限流遮断性能を向上させるには、以下の二つが要点となる。

- (1) 消弧板までの到達時間の短縮(高速アーク走行)
- (2) 分断アークの安定化

3. 膠着時間の低減

3.1 電磁力解析によるプランジャの最適化

高速アーク走行のためには、アーク走行が始まる時間(膠着時間)の短縮が必要である。アーク走行開始から消弧板までの到達時間は膠着時間に比べて十分小さい。アーク走行を開始するには、電磁力及び接点材料等の駆動条件で決まるある値以上のアーク長が必要となる。したがって、プランジャの推力を強化して可動接触子を高速開極させることが膠着時間短縮につながる。

図2に、プランジャの磁束密度分布の解析例を示す。この解析により、同一プランジャ径で従来品の約2倍の推力が発生できる構造が得られた。

3.2 短絡遮断時の機構部抗力の低減

既に述べたように、アーク走行形遮断器では、短絡遮断時には機構部のばね力とともに、プランジャの推力で直接可動接触子を開極する構成を採用している。この構成では、ラッチが開放されて機構部が反転するタイミングが遅れると、機構部がプランジャに対して大きな抗力となり、プランジャの動きが停滞し可動接触子の開極が遅れる。そこで、NF50-SMUの開発では、高速ビデオカメラを用いて、プランジャと機構部の各部品の挙動を詳細に観測し、最適のタイミングで機構部を反転できる構造を実現した。

3.3 圧力反射板

接点間で発生したアークを走行させる力は、電磁力及びアークの前後の圧力差に起因する力である。アーク走行形遮断器の比較的短い開極距離で発生する大電流アークを駆動するには、後者の方が有用である。NF50-SMUの開発

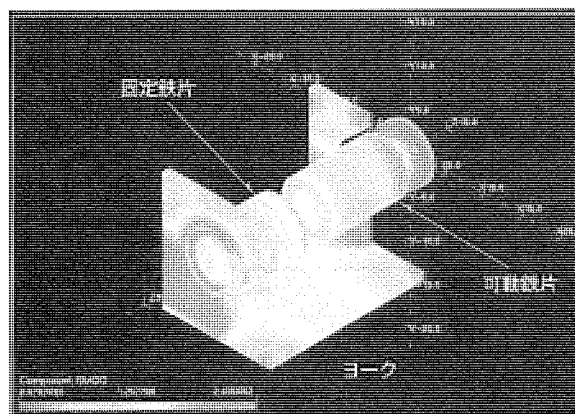


図2. プランジャの磁束密度分布解析例

では、接点の反アーク走行側に樹脂材で構成される圧力反射板を適用し、開極初期のアーク駆動力を高めている。

4. 消弧板による分断アークの安定化

4.1 電流増大による分断アーク不安定化

図3に、従来品(遮断容量：単相，交流230V，6kA)における短絡遮断動作時のアーク挙動を示す。この実験では、製品の定格遮断容量を超える回路条件(単相，交流300V，推定短絡電流6.1kA)で意図的にアークの不安定性を発生させている。なお、図では、電圧波形に矢印で各アーク像に対応する撮影時刻を示している。

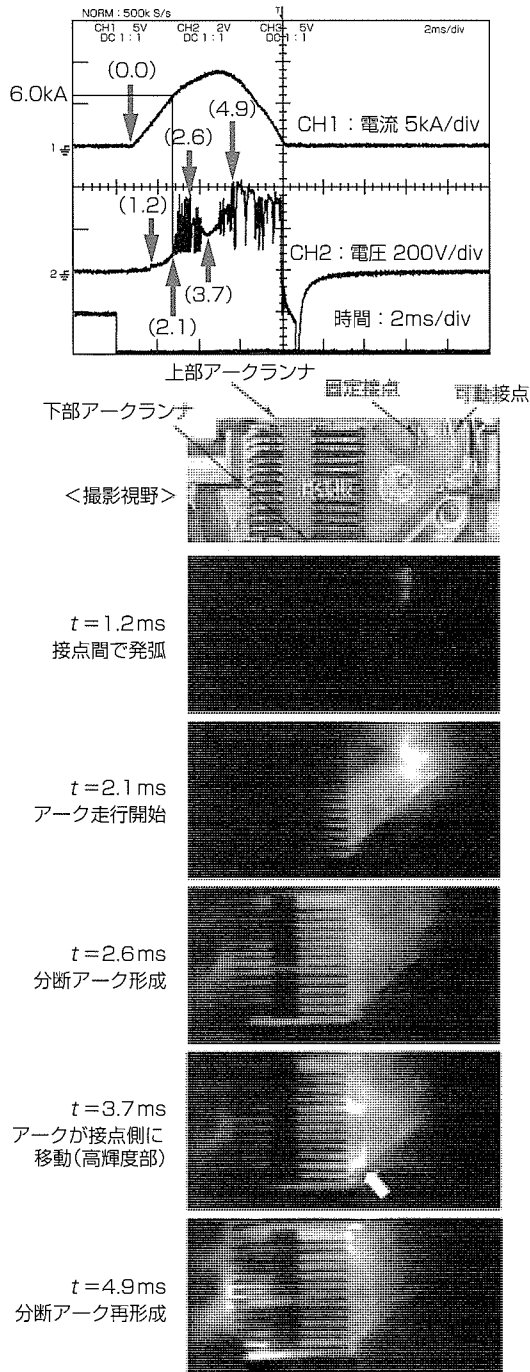


図3. 短絡遮断時のアーク挙動

通電開始後 $t=1.2\text{ms}$ で発弧， $t=2.1\text{ms}$ でアークが走行開始， 0.05ms 程度で消弧板に到達している。このときの電流瞬時値は約 6kA であり，通常の定格遮断条件ではこの値が電流ピークとなる。しかし，実験での回路電圧が定格より高く(交流 300V)設定されているため，消弧板による分断アークが形成された後も電流瞬時値が上昇し，電流ピーク値は約 9kA となる。

この遮断器は，11枚の消弧板を持っているので，全消弧板でアークが分断されると $360\sim 420\text{V}$ の電圧が発生する。したがって，比較的高い電圧を発生している状態($t=2.6\text{ms}$ ， 4.9ms)では，アークはほぼすべてのグリッドで分断されていると考えられる。一方，いったん電圧が急上昇($t=2.1\text{ms}$)した後にアーク電圧が約半分まで低下する期間($t=3.7\text{ms}$ 前後，電流瞬時値約 8kA)では，消弧板の接点対側に発光強度が大きな領域(図中，矢印で示す)が確認できる。これは，電流瞬時値の増大に伴い径が大きくなったアークコラムを限られた面積の消弧板では分断状態のまま維持できず，アークが接点対側へと移動したことを示している。以上から，従来品における安定的に分断アークを維持できる限界(走行限界電流値)は，電流瞬時値約 8kA であると考えられる。

4.2 排気均一化による分断アークの安定性改善

大電流遮断時のアーク走行では，アークスポットの方向が大きく変化する走行路(例えば，U字状又はL字状の走行路)側のアークスポットの移動が，もう一方より遅れる傾向があり，この遅れが大きいと消弧板に対してアークが斜めに到達し，走行が遅れたアークスポット側では分断アークが形成されない。このような状態では，設置した消弧板枚数から期待されるアーク電圧が得られず，電流瞬時値が上昇し接触子溶断へとつながる。これを防止するため，NF50-SMUでは，消弧板の背面での排気の均一化を図っている。

図4は，従来品での排気均一化の効果検証実験の結果を示している。この実験においても，回路条件を従来品の定格遮断容量(単相，交流 230V ， 6kA)を超える(単相，交流 300V ， 11kA)とした。図中右側に示す従来品の場合，いったんアークが消弧板に到達して高い電圧を発生する($t=2.6\text{ms}$)が，その後，分断アークを維持できず上部アークランナ側アークスポットが先行して接点側に移動し($t=3.8\text{ms}$)，さらにアークが接点対近傍まで戻り($t=6.1\text{ms}$)アーク電圧が大幅に低下している。一方，排気均一化した図中左側では，分断アーク発生($t=3.2\text{ms}$)後，上部アークランナ側のアークスポットが排気口側へと順次移行し($t=4.0$ ， 4.9 ， 5.3ms)，これに伴い電圧が上昇する。アークが消弧板に到達した後の発生電圧を比較すると，明らかに排気均一化した場合が従来品より高くなっており，分断アークの安定性が改善されている。以上から，排気均一化

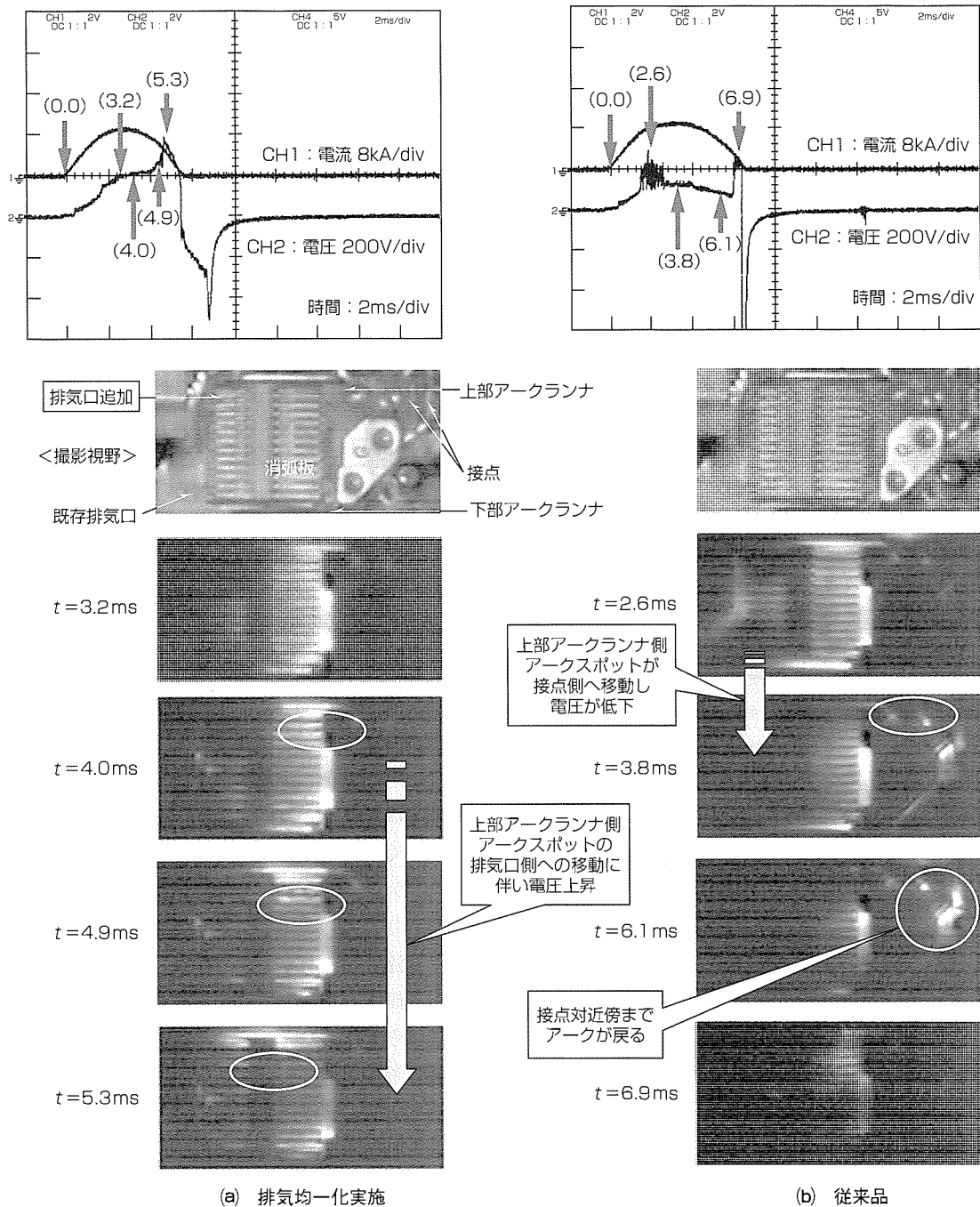


図4. 排気均一化によるアーク挙動変化

により分断アークの安定化が可能であると言える。

が可能である。

5. む す び

UL489対応ノーヒューズ遮断器NF50-SWUに採用された遮断技術とその開発について述べた。これら技術は、他のアーク走行形の消弧装置を持つ気中回路遮断器への適用

参 考 文 献

- (1) 三橋孝夫：小形低圧気中遮断器における大電流アーク走行条件の検討，電気学会 放電・開閉器・高電圧合同研究会，SP-03-134 (2003)

MDUブレーカ用計測ユニット

Measuring Units for MDU Breakers

Haruhiko Yamazaki, Kenichi Haramoto, Mitsugi Mori

要 旨

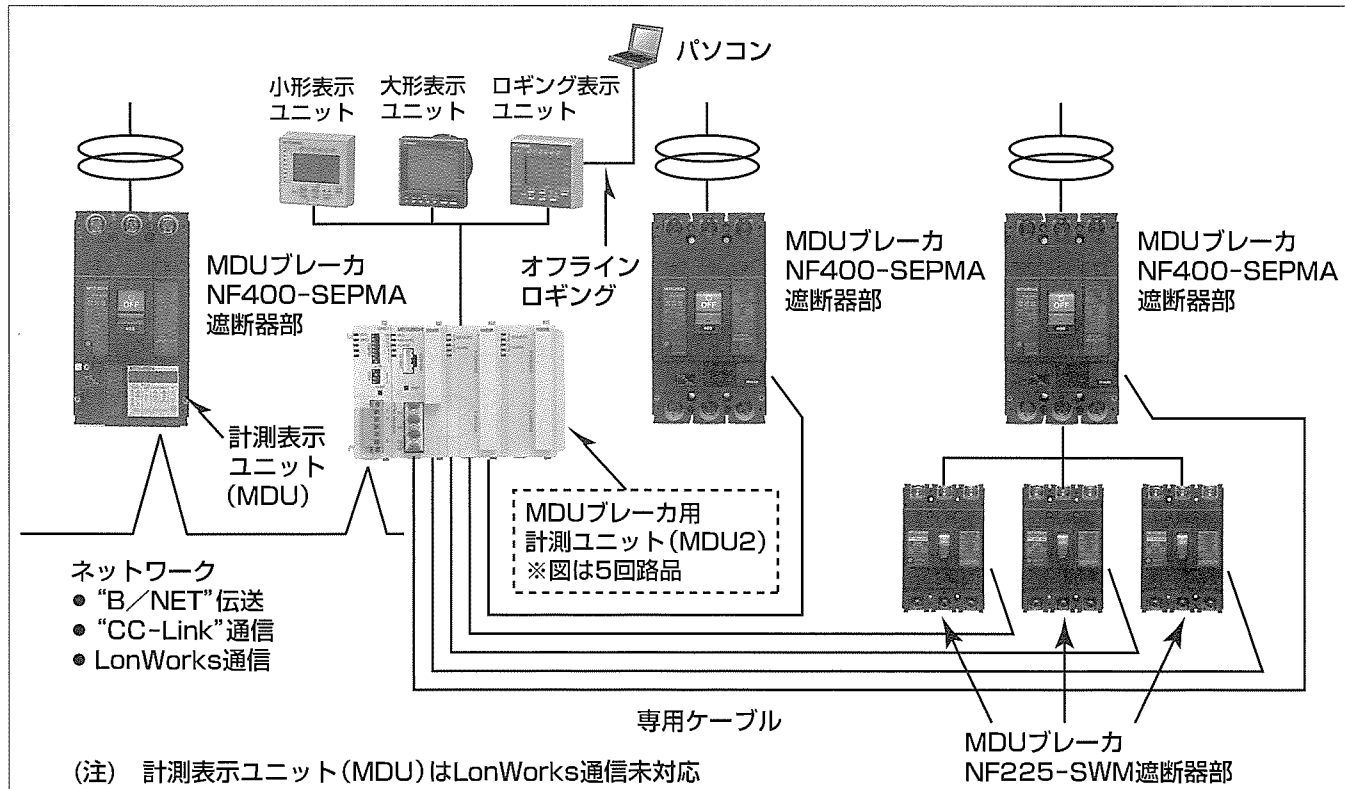
省エネルギー活動においては、P(現状の省エネルギー分析・目標管理)、D(省エネルギー対策の実施・運用)、C(省エネルギー対策の評価)、A(省エネルギー対策の是正・継続)のサイクルを回すことが重要である。このうちPとCではエネルギー使用量をきめ細かく計測することが必要になる。

MDU(Measuring Display Unit)ブレーカは、配線用遮断器に計測用VT(Voltage Transformer)・CT(Current Transformer)を内蔵し、計測表示ユニットMDUと組み合わせることにより、投影面積は通常の配線用遮断器と同一、外付けVT・CTの設置スペース及び配線が不要という省スペース・省施工性及びこれらに伴うトータルコストメリット性が評価され、1997年の発売以来売上げを伸ばしてきた。しかし、省エネルギー法改正による対象事業者の拡大等に

より、①1点数当たりのコスト低減(計測点数増加への対応)、②将来計測を開始する想定で遮断器本体を先に設置し、必要に応じてMDU部を設置できる、③ユニット内部にロギングデータを蓄積し、パソコン等でデータを収集するオフラインロギングやオープンネットワークであるCC-Link通信・LonWorks^(注1)通信等、客先のシステムへ柔軟に対応可能、等の要求が高まってきた。

このため、①計測部を集約し多回路計測が可能、②表示部をユニット化し用途に合わせ選択可能(オフラインロギング対応を含む)、③通信部をモジュール化し必要な通信への対応が可能、の特長を持ったMDUブレーカ用計測ユニット(MDU2)を開発した。

(注1) LonWorksは、米国エシャロン社の登録商標である。



MDUブレーカを使用した電路の計測・監視システム

省エネルギーのためには、きめ細かな計測・監視を実施し、問題点を見つけ、対策していくというサイクルを回すことが大切である。そのためMDUブレーカを使用した電路の計測・監視システムの構成例を示す。

1. ま え が き

省エネルギー法の改正による対象事業者の拡大や環境国際規格ISO14001に基づく環境マネジメントシステムの浸透などにより、電気の使用状態についてきめ細かな測定のニーズが高まっている。省エネルギー支援機器として1997年に発売された“MDUブレーカ”は配線用遮断器に計測用VT・CTを内蔵しMDUと組み合わせることにより電路の監視が可能な製品であり、その省施工、省スペース性により好評を博してきたが、①計測1点数当たりのコスト低減、②MDU部の後取付け、③オフラインロギングへの対応やオープンネットワークであるCC-Link通信・Lon-Works通信への対応等のニーズが高まってきた。これらの要求にこたえるため、MDUブレーカ用計測ユニット（以下“MDU2”という。）を開発した。

2. MDUブレーカ

配線用遮断器は、電路の分岐ごとに設置義務があるため必ず設置されているものである。したがって遮断器に計測用VT・CTを内蔵し電路情報を計測できるMDUブレーカは、従来の外付けVT・CT及び計測器の組み合わせに対し、

- 省施工、省配線、省スペース
- 従来の遮断器スペースで取付け可能

の特長がある。

また、漏電遮断器・漏電アラーム遮断器が母体の場合は、内蔵の零相変流器(ZCT)を絶縁・増幅した信号から漏洩(ろうえい)電流の計測も可能である。さらに、遮断器本体が持っている負荷電流のプレアラーム警報(PAL)、過電流警報(OVER)漏電アラーム警報(ECA)等の監視、遮断器がトリップした場合の事故原因及び事故電流の計測等、遮断器特有の情報も計測・監視しており、

- 設備の絶縁劣化診断
- 電路の監視・事故予防・設備保全

も可能である。

2.1 MDUブレーカの構成

MDUブレーカは、表1のとおり、225Aフレームから800Aフレームまでの製品をラインアップしている。

また、各製品における計測可能・監視が可能な項目は、

表1. MDUブレーカの製品ラインアップ

	ノーヒューズ遮断器	漏電遮断器	漏電アラーム遮断器
225Aフレーム	NF225-SWM	NV225-SWM	NF225-ZSWM
400Aフレーム	NF400-SEPMA	NV400-SEPMA	NF400-ZEPMA
	NF400-HEPMA	NV400-HEPMA	
600Aフレーム	NF600-SEPMA	NV600-SEPMA	NF600-ZEPMA
	NF600-HEPMA	NV600-HEPMA	
800Aフレーム	NF800-SEPMA	NV800-SEPMA	NF800-ZEPMA
	NF800-HEPMA	NV800-HEPMA	

今回開発したMDU2と組み合わせた場合、表2のようになる。

次にMDUブレーカの内部構成について、図1の電子式配線用遮断器(400~800Aフレーム)の場合で述べる。

負荷電流の検出には各相の過電流引き外し用CTの2次側に計測用の2次CTを接続し、電圧検出用のVTとしては、抵抗とCTの直列回路を1-2相間、2-3相間に接続してある。抵抗とCTの直列回路を計測用VTの代わりに使用したのは小型に構成するためである。以下略称して“計測用VT”という。

表2. MDU2の計測・監視機能

	ノーヒューズ遮断器	漏電遮断器	漏電アラーム遮断器
計測	負荷電流	○	○
	線間電圧	○	○
	高調波電流	○	○
	電力	○	○
	電力量	○	○
	無効電力	○	○
	無効電力量	○	○
	力率	○	○
	周波数	○	○
	漏洩電流	-	○
	事故電流	○	○
	監視	プレアラーム	○
過電流警報		○	○
漏電プレアラーム		-	○
漏電アラーム		-	○

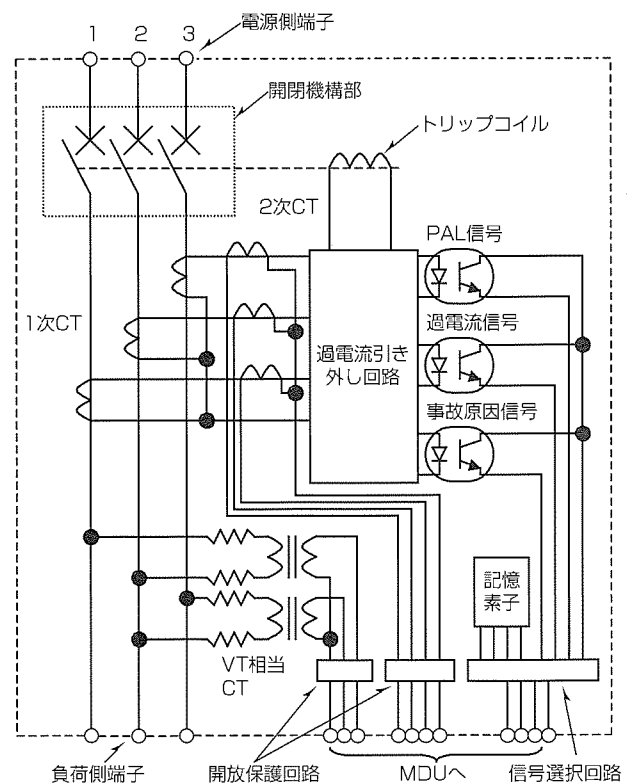


図1. MDUブレーカのブロック図

計測用VTや計測用CTの2次側には、MDU2が未接続の状態でも2次側が開放となっても問題ないよう保護回路を入れてある。また、これらの計測用VT・CTの採用により、遮断器の主回路や過電流引き外し回路とMDU2への信号を絶縁し、安全性を確保している。

2.2 MDU2の構成

MDU2は、表3のとおり、通信機能・計測回路数に応じた製品をラインアップしており、その外見は図2となる。

次に、MDU2の内部構成について図3で述べる。

MDUブレーカからの信号は入力回路で所定のレベルに変換され計測用のCPU(Central Processing Unit)に入力される。電流・電圧・漏洩電流のアナログ信号では、A/D変換され各種の計測値を算出する。また、警報信号は、レベルの変化を連続監視している。各計測用CPUの算出値

表3. MDU2の製品ラインアップ

	3回路	5回路	7回路
B/NET伝送	MDU2-3-B	MDU2-5-B	MDU2-7-B
CC-Link通信	MDU2-3-C	MDU2-5-C	MDU2-7-C
LonWorks通信	MDU2-3-L	-	-

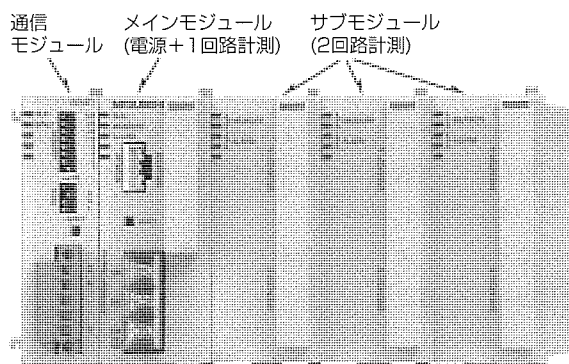


図2. MDU2の外観

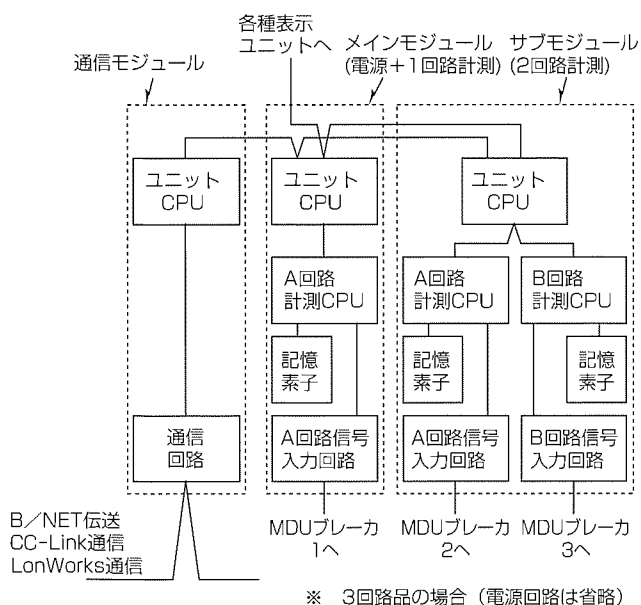


図3. MDU2のブロック図

及び警報状態は、内部伝送によりユニットCPUにデータを転送する。ユニットCPUは2本の内部通信線を持っており、表示ユニット及び外部通信からの要求に応じて、必要なデータを転送する。このように各計測部はモジュール化されているため、サブモジュールを増設することにより、最大7回路の計測が可能である。また、通信部もモジュール化されており、必要なモジュールを組み合わせることにより各種の通信に対応可能である。

3. MDU2での新技術

次にMDU2での新技術を述べる。なお、これらの技術は先行して新形MDU(分離販売対応形MDU(2003年発売))にも採用し、計測精度の向上やMDUの後取付けを可能にしてある。

3.1 計測精度の向上

MDUブレーカの計測用VT・CTは遮断器に内蔵させるため、小型化を図っている。したがって、外付けで 사용되는一般の計器用VT・CTに比べ、誤差・直線性・位相特性等が悪く、計測用CPUで補正する必要がある。また、各々のばらつきも大きいため、遮断器1台ずつに対して調整試験を行い、補正値を決める必要がある。

従来のMDUブレーカは定格に対してほぼ均等に3点ほどで補正を実施していた。しかし、計測用CTは、軽負荷時の位相誤差が大きく変動するが、これに対応できていなかったため、調整時とは異なる組合せにすると、計測精度を満足できないという問題があった。

このため、定格の約20%以下の領域の補正点を増やし、細かな補正ができるよう方式を改善した。図4に従来と今回での補正後の結果の例を示す。

これにより、電力量の精度では、従来の定格の±2.5%から負荷電流5~100%の領域において、真値の±2.5%に向上することができた。

3.2 MDUブレーカの自動認識

上記により計測精度の向上を図ることができたが、MDU2の各回路には、どのMDUブレーカが接続されるか事前に分からないため、MDUブレーカの自動認識が必要になる。

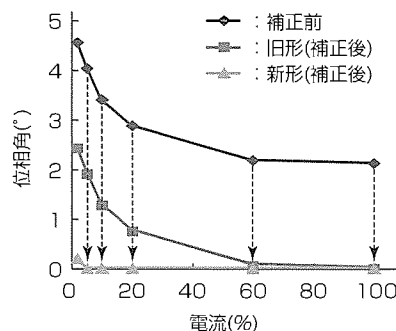


図4. 計測用CT位相補正特性

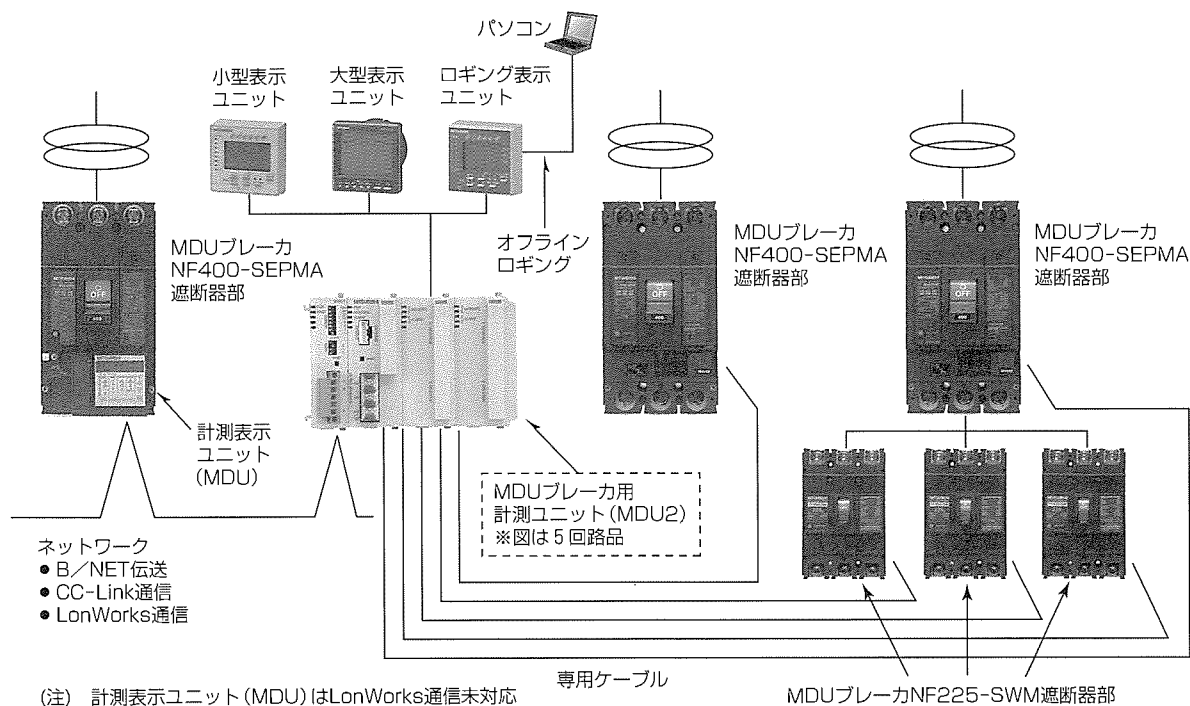


図5. MDUブレーカ及びMDU2の接続例

これを実現するためには、以下の課題があった。

- (1) MDUブレーカのAフレームに合わせ、CT比を変更する必要がある(225Aフレームの場合、定格は225A、400Aフレームの場合、定格は400A、等)。
- (2) MDUブレーカの機種に合わせ、計測要素を変更する必要がある(漏電遮断器には漏洩電流計測あり、等)。
- (3) 内蔵の計測用VT・CTの誤差はMDUブレーカ固有のものとなるため、その補正値はMDUブレーカ側に記憶させる必要がある。

このため、MDUブレーカ側に記憶素子を設け、Aフレーム、機種、CT・VTの補正値を持たせることにより、この課題を解決した。具体的には、回路部の誤差を調整したマスタのMDUを使用し、MDUブレーカと組み合わせて調整試験を実施する。このとき得られた補正値、Aフレーム、機種データをマスタからMDUブレーカへ書き込むことにより実現している。

4. MDUブレーカ及びMDU2の接続例

ここで、MDUブレーカ及びMDU2の接続例を図5に示す。MDU2は、複数のトランス系統(異電圧、異相線)を1

台で計測可能である。また、MDUブレーカとMDU2間は最大10mまで延長可能である。計測点数が少ない場合や計測部間の距離が長い場合は、一体形であるMDUを使用し、ネットワークで電路情報を伝送することにより対応が可能である。また、表示ユニットにはロギングデータを収集し蓄積するロギング表示ユニットを準備しており、オフラインロギングに対応している。

このように、システムに合わせて柔軟に対応することが可能となっている。

5. む す び

MDUブレーカは省エネルギー支援機器として評価を得ているが、その向け先は現在のところほとんどが国内である。しかし、世界各国においても省エネルギーへの関心は高まっている。また、MDUブレーカは省エネルギーのみでなく電路の監視、保全の機能も持っており、これらの機能も併わせて訴求し、海外への展開を図っていく計画である。

また、更なる小形化、高機能化、低価格化を図り、更に発展させていく所存である。

低圧遮断器のRoHS対応

細貝節夫*
伊藤仁志*

Responding to the RoHS Directive and Technology for Low Voltage Circuit Breakers

Setsuo Hosogai, Hitoshi Ito

要旨

欧州では電気・電子機器への特定有害物質の使用を制限するRoHS指令(Restriction of the use of certain Hazardous Substances in electrical and electronic equipment)が2006年7月1日に施行される。

このRoHS指令を始めとし、環境負荷低減の取り組みが世界的に進められており、三菱電機の低圧遮断器はこれに積極的に取り組んでいる。

これまで2002年に、はんだ材料を鉛フリー化した遮断器の供給を特定顧客向けで開始し、2004年には、新規開発のUL489対応小形遮断器“SRU/HRUシリーズ”でRoHS適合化を実現した。

現在のRoHS適合化への取り組みとして、2005年6月に先行機種としてUL(Underwriters Laboratories)・CE

(Communaute Europeenne)マーキング品の適合化を図り、2006年1月を目標に残り製品のRoHS適合化を進めている。

低圧遮断器は、長い製品寿命と高い信頼性が要求される。RoHS適合化を進めるに当たり、鉛フリーはんだの中で最も信頼性が高いSn-Ag-Cu系を採用するとともに、面実装部品のクリープ、熱疲労に関して、実験検証及びCAE(Computer Aided Engineering)解析を行い信頼性を確認した。

また、六価クロムフリー材では実用的な製品検証によりその信頼性が従来と変わらないことを実証した。

さらに、環境負荷低減の取り組みとして電気接点のカドミウムフリー化に取り組んでおり、技術的な見通しが得られてきている。



RoHS対応低圧遮断器

2005年6月に先行機種としてUL・CEマーキング品のRoHS適合化を行い、2006年1月に残り製品のRoHS適合化を行う。UL489対応小形遮断器SRU/HRUシリーズなど新規開発品は既にRoHS適合化を実現している。

1. ま え が き

欧州では、電気・電子機器への特定有害物質の使用を制限するRoHS指令が2006年7月1日に施行される。

特定物質として、鉛、六価クロム、カドミウム、水銀、PBB(ポリ臭化ビフェニール)、PBDE(ポリ臭化ジフェニールエーテル)の6物質が指定されているが、同時に、代替が困難な快削合金の鉛などは除外項目とされている。また、電気接点に含まれるカドミウム化合物も除外品目とする検討がなされている。

一般の電気・電子機器と同様に、低圧遮断器の場合も、実装基板の電子部品接合部や電気接続部品のはんだ付部には鉛が含まれる。また、鉄鋼部品の防錆(ほうせい)処理として使用される亜鉛めっき部品のクロメート皮膜には六価クロムが含まれる。電気接点にはカドミウム化合物が含まれている場合がある。

現在、当社の低圧遮断器では、環境負荷低減の取り組みとして2006年1月を目標に製品のRoHS適合化を進めている。

本稿では、低圧遮断器におけるRoHS適合化の取り組みの概要について述べるとともに、3つの要素技術、RoHS適合化の取り組みとして鉛フリーはんだ接合部の信頼性と六価クロムフリー材の信頼性、環境負荷低減の取り組みとしてカドミウムフリー電気接点の開発について述べる。

2. RoHS適合化の取り組み概要

当社の低圧遮断器では、環境負荷低減の取り組みとして、2002年に特定顧客向けにはんだ材料を鉛フリー化した遮断器の供給を開始している。

2004年には、新規開発品のUL489対応小形遮断器SRU/HRUシリーズでRoHS適合化を実現した。

現在は当社低圧遮断器の広範な製品群にわたってRoHS適合化への取り組みを行っており、2005年6月に先行機種としてUL・CEマーキング品のRoHS適合化を行い、2006年1月に残り製品のRoHS適合化を進めている(図1)。

RoHS適合への取り組みに当たっては様々な技術課題があったが、全社の共通的な課題に関しては、社内プロジェクト活動として展開するとともに、社内の研究所と合同でその問題解決に当たった。

例えば、グリーン調達活動では、調達先への化学物質調査とともに、当社が確認の必要性があると判断した場合は、当社の先端技術総合研究所が開発した高速分析技術により規制6物質含有調査を実施している(図2)。

また、鉛フリーはんだ化に当たっては、社内鉛フリーはんだ化プロジェクトの活動により、実装ラインの円滑な立ち上げが可能となった。

一方、RoHS適合化及び環境負荷低減の取り組みの中で、

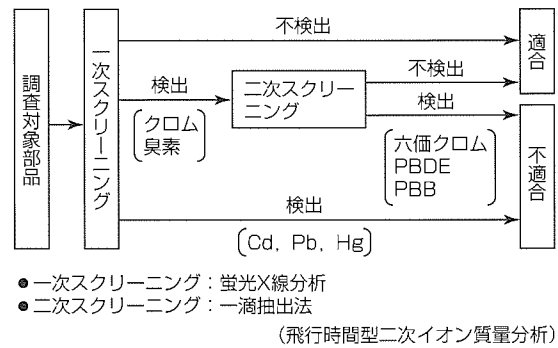


図2. 高速分析技術

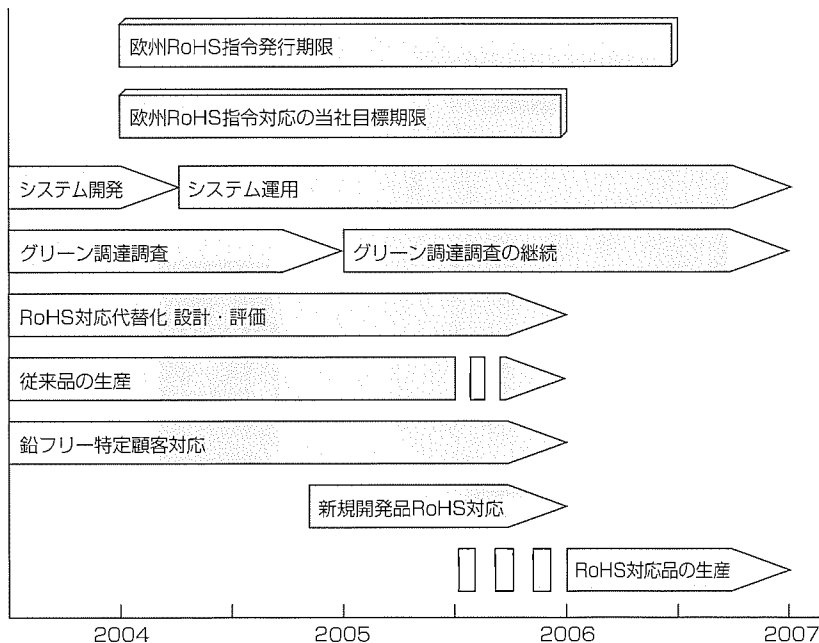


図1. 低圧遮断器のRoHS対応スケジュール

低圧遮断器固有の性能と信頼性にかかわる技術課題については、社内の研究所と共同して開発に当たった。

次章以降に3つの要素技術について述べる。

- 鉛フリーはんだ接合部の信頼性
- 六価クロムフリー材の信頼性
- カドミウムフリー電気接点の開発

3. 鉛フリーはんだ接合部の信頼性

3.1 鉛フリーはんだの選定

低圧遮断器では、実装基板の電子部品接合部や電気接続部にSn-Pbはんだを使用してきた。

低圧遮断器は低圧屋内電路の保護に使用される重要な機器であり、一般に15年という長い製品寿命が要求される。

このため、鉛フリー化に当たっては、鉛フリーはんだの中で最も信頼性が高く産業用機器への採用実績が多いSn-Ag-Cu系はんだを、十分な信頼性検証を行った上で、採用した。

以下に、はんだ接合で信頼性上留意すべき特性である耐クリープ性と熱疲労特性の検証事例を示す。

3.2 耐クリープ性

鉛フリーはんだ化に当たり、従来のはんだより融点が高いSn-Ag-Cu系はんだは耐クリープ性に優れることが予想された。

これを確認するために、低圧遮断器に内蔵する実装基板で省スペース化のために採用している基板対基板実装コネクタ(図3)を用いてはんだクリープ試験を行った。

図4に実験から求めた面実装コネクタはんだ付部のクリープ許容応力例を示す。

Sn-Ag-Cu系はんだは、Sn-Pbはんだに比較して耐クリープ性に優れる。

3.3 熱疲労寿命

低圧遮断器に内蔵される実装基板には、SOP(Small Outline Package)、チップコンデンサ、円筒形抵抗などが実装されている(図5)。

市場では、温度サイクルによりこれら部品基材と基板の熱膨張係数の差による熱応力が、はんだ接合部に加わる。

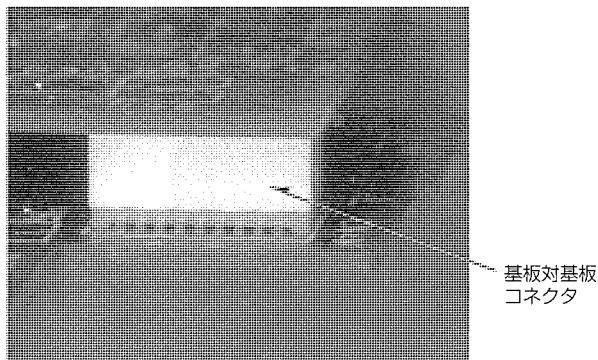


図3. 面実装コネクタの外観

Sn-Ag-Cu系はんだは、従来のはんだと縦弾性係数、クリープ特性などの機械的性質が異なるため、熱応力の繰り返しによる熱疲労寿命が変わることが予想された。

そこで、熱疲労寿命予測を行うために、温度サイクル試験において、各部品のはんだ接合部の電気抵抗を連続モニタリングし、はんだ割れサイクル数を測定した。

温度サイクル試験における試験温度範囲 ΔT (又は発生ひずみ)とはんだ接合部のはんだ割れ寿命の対数プロットは直線近似できることが知られている。これを用いて想定市場環境での熱疲労寿命を予測した。

試験の結果、各部品の鉛フリーはんだ割れ寿命は市場想定環境に対して十分な裕度を持っていることを確認した。

一方、低圧遮断器の広範な製品群の中には試験に用いたものとは異なる寸法の部品が用いられる場合もある。

このような場合は、CAEによる非線形弾塑性クリープ解析により発生ひずみを算出し、上記の寿命予測線を用いて熱疲労寿命予測を行い、市場想定環境に対して十分な裕度を持つことを確認している。

4. 六価クロムフリー材の信頼性

4.1 六価クロムフリー材の選定

低圧遮断器では、開閉機構部品や端子ねじ、消弧室のグ

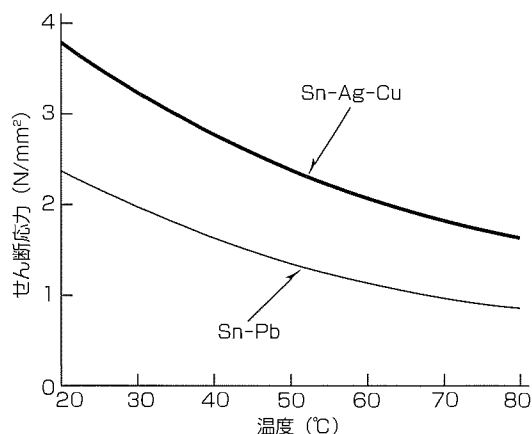


図4. クリープ許容応力(破断寿命15年)

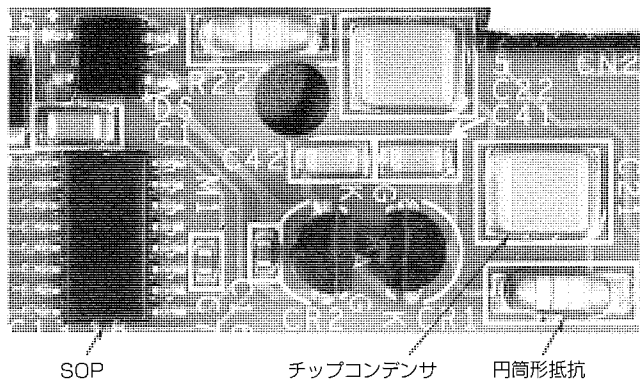


図5. 低圧遮断器内蔵実装基板例

リッドと呼ばれる磁性鉄板などに鉄鋼部品を使用しており、その防錆処理としてクロメート皮膜亜鉛めっきを使用してきた。

クロメート皮膜亜鉛めっきは鉄鋼部品の最も一般的な防錆処理であり、亜鉛めっきは鉄を、クロメート皮膜は亜鉛めっきを腐食環境から防食する機能を持っている。

このクロメート皮膜には六価クロム化合物が含まれるため、数年前からクロメート薬剤メーカーや亜鉛めっき鋼板メーカーが六価クロムフリー皮膜を開発し商品化してきた。

RoHS対応の低圧遮断器では、亜鉛めっき部品、めっき鋼板の六価クロムフリー皮膜について、耐食性、ねじ締結特性などの検証試験を行うとともに製品性能を確認し、亜鉛めっき部品では三価クロメート皮膜を、亜鉛めっき鋼板ではクロムフリー皮膜を採用している(表1)。

以下に三価クロメート皮膜を例に耐食性の検証事例を示す。

4.2 三価クロメート皮膜の耐食性

クロメート皮膜は三価クロム化合物、六価クロム化合物、結晶水から構成され、皮膜に傷が入った場合に六価クロムが溶け出し皮膜を修復する自己修復作用を持っている。

一方、六価クロムフリー皮膜として開発された三価クロ

メート皮膜は、六価クロム化合物がないことによる自己修復作用の低下を補うために、皮膜自体の耐傷付き性を高めたり、六価クロムに近い挙動を示す添加剤を添加するなどの工夫が行われている。

三価クロメート皮膜の塩水噴霧試験での耐食性能を従来のクロメート皮膜と比較した結果を図6に示す。

採用評価した多種類の部品の試験結果を一般部品とねじ部品に分けて整理した。

クロメート皮膜、三価クロメート皮膜にかかわらず、一般部品とねじ部品の間に耐食性の差異はあるが、クロメート皮膜、三価クロメート皮膜間には耐食性の差異はなく、切り替えに問題がないことが分かる。

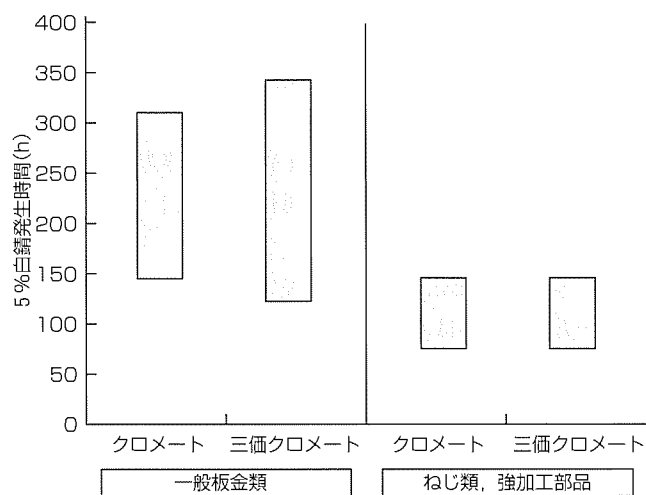


図6. 三価クロメート皮膜の耐食性

表1. クロメート皮膜と六価クロメート皮膜

分類	クロメート皮膜	六価クロムフリー皮膜
亜鉛めっき部品	クロメート皮膜 六価クロム化合物	三価クロメート皮膜 三価クロム化合物+添加剤
亜鉛めっき鋼板	特殊クロメート皮膜 六価クロム化合物	クロムフリー皮膜 有機皮膜

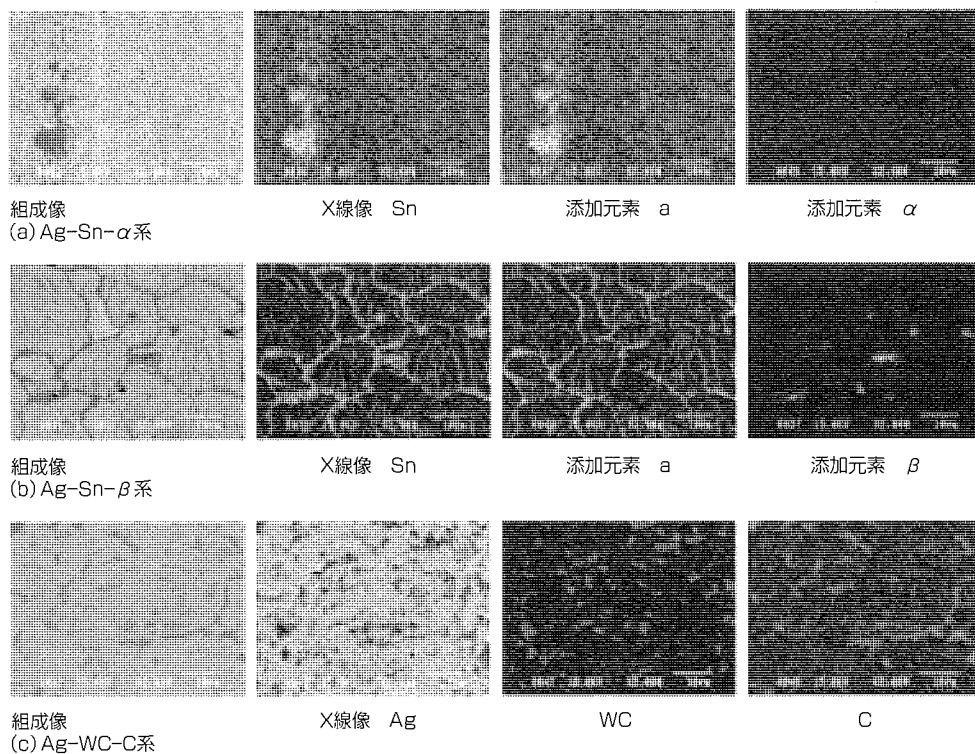


図7. カドミウムフリー接点断面組織

5. カドミウムフリー電気接点の開発

5.1 低圧遮断器の電気接点

低圧遮断器の電気接点には、短絡事故電流などの大きな電流を遮断する際に発生するアークを遮断する重負荷や、繰り返される開閉操作などの責務において、安定した低接触抵抗、耐溶着性、耐消耗性が要求される。この要求を満たすために低接触抵抗の銀に耐溶着性、耐消耗性を向上させる酸化物、炭化物、グラファイトなどを添加した複合材料が電気接点として使用される。

従来、低圧遮断器では、主にAg-CdO系接点、Ag-WC系接点を使用してきた。

5.2 カドミウムフリー接点の開発

現在、製品のRoHS適合化に合わせ、環境負荷低減の取り組みとして、接点メーカーと共同でカドミウムフリー接点の開発を行っている。

カドミウムフリー接点材料としては、Ag-WC系、Ag-Ni系、Ag-酸化物系(Ag-Sn, Ag-Zn)などがあり、遮断器の大きさ、遮断性能に応じて、最適な接点を検討している。Ag-酸化物系では、それぞれの材料をベースに各種の微量添加化合物を配合したり、製造プロセスで組織をコ

ントロールすることにより複数の仕様を試作し、化学成分、組織と性能との相関性を求めている。

図7に試作品の断面組織及び添加元素の分布例を示す。

Ag-Sn系接点の例では、Snなどの添加元素の化合物が細かく均一に分散した中に適度に凝集した組織の接点が優れた性能を示した。

また、Snなどの添加元素の化合物が結晶粒界に沿って網目状に、かつ、粒内に針状に析出した接点が優れた性能を示した。これは微量添加元素が組織の均一化を向上させている。

さらには、WCやCを添加した焼結接点を適用することによりカドミウムフリー化が可能であることを確認している。

6. むすび

以上、低圧遮断器におけるRoHS適合化の取り組みについて述べた。

今後、2006年1月を目標に低圧遮断器のRoHS適合化を進めるとともに、環境負荷低減への取り組みを継続して推進する所存である。

新形ソリッドステートコンタクタ “US-N/US-Hシリーズ”

山本京一*

New Solid State Contactors “US-N/US-H Series”

Kyoichi Yamamoto

要 旨

ソリッドステートコンタクタは、温度調整用ヒーター、工業用モータ、白熱灯など交流一般負荷を開閉する無接点形コンタクタで、高頻度開閉、又は無騒音、アーク・ノイズレスを必要とする用途で多く使われている。最近では、半導体製造装置や樹脂成形機の温度調節（ヒーター制御）用途に代表されるように、海外輸出向け産業装置への組み込み用としての要望も含め、使いやすさを求める声が増加している。US-N/US-Hシリーズは、この要求にこたえ、小型化・高性能化に加え、グローバル製品としての使いやすさを実現している。US-N/US-Hシリーズの特長を以下に示す。

(1) 国際性/安全性に優れた仕様

- UL (Underwriters Laboratories) 規格, TÜV (Tech-

nischer Überwachungs Verein) 認定など各種海外規格に標準で適合

- US-N20~N50はAC100~480V

US-H20~H50はAC24~480Vの幅広い主回路電圧範囲で使用可能

- 充電部保護カバーを装備 (US-N: 標準)

(2) 用途に合わせたラインアップ

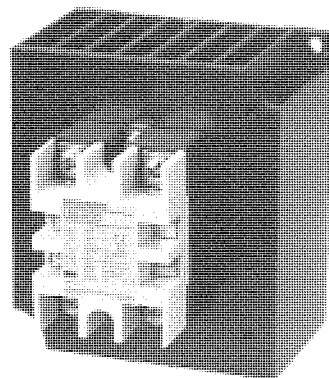
- 一般用US-Nシリーズとヒーター負荷専用US-Hシリーズに分け、ヒーター負荷専用US-Hシリーズは機能最適化し、より小型の製品化を実施

(3) 使いやすさを更に向上

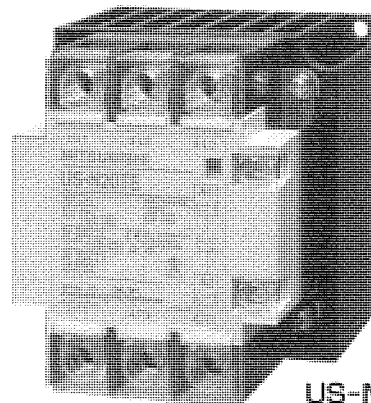
- 高頻度開閉, 長寿命, 無騒音運転を実現
- 動作確認できる表示灯を標準装備

グローバル化に対応

国内外電圧対応
(主回路200V/400V共用)



US-H



US-N



各種海外規格に準拠

新形ソリッドステートコンタクタ“US-N/US-Hシリーズ”

一般負荷用US-Nシリーズとヒーター負荷専用US-Hシリーズをラインアップしている。これらのシリーズでは、回路中の素子への電圧負担を軽減することにより、主回路使用電圧のワイドレンジ化を実現し、200V系/400V系を同一製品で共用することが可能になった。また、EMC (ElectroMagnetic Compatibility) 性能等海外規格に沿った設計に見直し、標準で規格対応している。

1. ま え が き

モータ制御を始めとし広範囲に使用される電磁開閉器・電磁接触器(コンタクタ)は、“性能の確立された電気部品”と位置付けられる成熟製品でありながら、年々激化する多種機械装置のグローバル競争の下、安価で使いやすさ(取扱い、国際性、安全性)に優れた製品との要求に集約されつつある。

ソリッドステートコンタクタ(無接点コンタクタ)は、モータ、ヒーター等の電力機器制御用に使用され、機器の電子化・高機能化、メンテナンスフリーの要求にこたえてきた。しかし、従来高級機能品と見られていたソリッドステートコンタクタもグローバル競争下の安価要求の例外ではなく、市場ニーズにこたえ、より使いやすさを増したUS-N/US-Hシリーズを新たに開発した。

本稿では、US-N/US-Hシリーズの概要と多様化する用途に対応した品ぞろえ、及び使用可能範囲の広がった適用事例について述べる。

2. ソリッドステートコンタクタを取り巻く環境と動向

最近の動向として、半導体製造装置などのIT関連市場や射出成形機、精密機械加工装置において、ソリッドステートコンタクタの需要が拡大している。半導体製造装置の洗浄液や乾燥機の温度管理、環境試験装置の温度設定、射出成形機での樹脂材料の溶解などに多数のヒーターを用いて高精度な温度調節を行うため、ヒーターごとに高頻度開閉での制御を要するケースが増加している。一方で、搬送ラインなどモータ制御であっても、稼働が多く、メンテナンスによる停止は支障をきたすケースではソリッドステートコンタクタの長寿命の特長が有効である。特に半導体製造装置などの埃(ちり)を嫌う装置や電子部品が集積し開閉ノイズの影響を受けやすい装置、開閉音を起こしたくない非常に静かな環境では、ソリッドステートコンタクタの特長を十二分に発揮することができる(図1)。

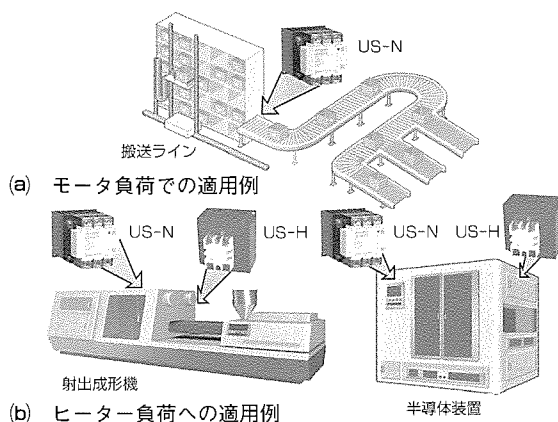


図1. ソリッドステートコンタクタの適用例

小刻みな温度調節では多数のヒーターを制御する等、装置の小型化の反面、設置台数は増加しており、市場では複雑な機能要求よりも単純機能での小型化を好む傾向がある。また、設計しやすい単一サイズでの品ぞろえや、シーケンサなどのコントローラ、温調器から直接制御を可能とする入力仕様(図2)など使いやすさが求められている。

一方、IEC(International Electrotechnical Commission) 60947-4-2/3(半導体接触器のモータ/ヒーター負荷開閉用途)やUL508に規定されるように海外規格の規制範囲もより厳密になり、熱効率やEMC性能での高性能化を実現しないと従来との同等製品では規格認定取得が難しくなっている。しかし、企業の海外進出が目覚ましい中、海外規格の認定取得を使用条件とすることが急増しており、高密度設計が不可欠となっている。

装置の輸出先もアジア圏、北米・欧州圏と様々であり、国内向けの200V系装置と海外向けの400V系装置の2種類だけでなく、例えば、北米市場のAC480Vから安全面を考慮した低電圧回路まで広範囲の電圧事情が存在する。ソリッドステートコンタクタは心臓部に採用する素子の使用電圧に制限があるため、通常、これら広範囲の電圧には対応できないという課題があり、ユーザーの利便性を妨げてきた。

3. 新形ソリッドステートコンタクタUS-N/US-Hシリーズの概要

新形ソリッドステートコンタクタUS-N/US-Hシリーズは、海外規格、広範囲使用電圧などの要求にこたえたグローバル対応製品であり、多様化する用途に適応した品ぞろえを持っている。以下に主な特長を示す。

(1) 高頻度開閉用途に対応(図3)

パワー半導体素子を使用し、高頻度開閉を実現

(2) 長寿命・高信頼性でメンテナンスフリー

(3) アークレス、ノイズレス(図4)

ゼロ電圧トリガー方式により、アークの発生がなく電磁

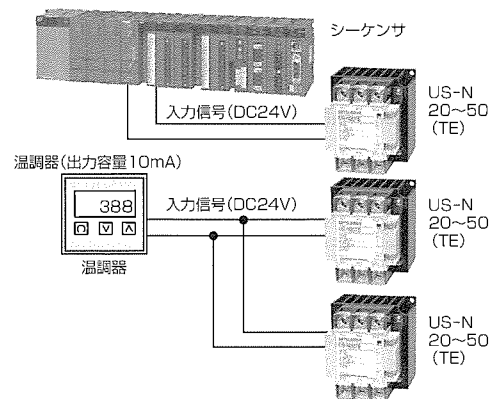


図2. シーケンサや温調器からの駆動

ノイズを抑制可能

(4) 無騒音でクリーン運転

開閉動作音がなく、磨耗粉のないクリーンな運転が可能

(5) 多くの海外規格に対応(表1, 表2)

国内規格はもとより、各種海外規格に標準で適合

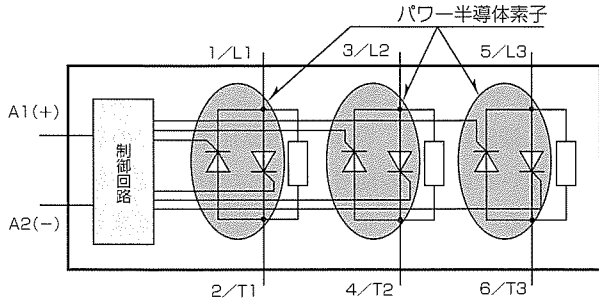


図3. UN-N20TE~N50TE (3素子品) 回路図

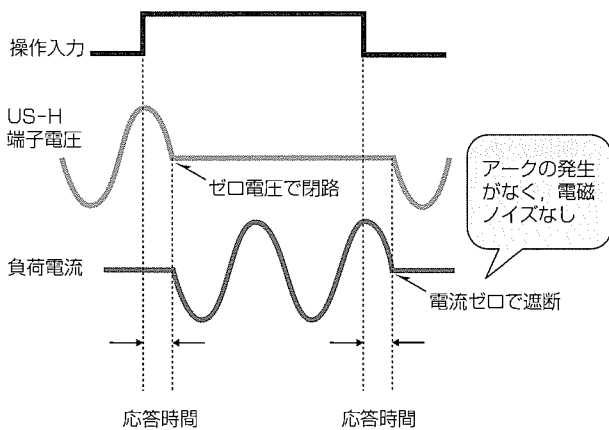


図4. アークレス, ノイズレス開閉

表1. 規格への対応

JEM規格	IEC規格	UL規格	CSA規格	EC指令	TUV認定	CCC認定
日本	国際	アメリカ	カナダ	欧州	ドイツ	中国
準拠	準拠					(申請中)

JEM : Japan Electrical Manufacturers association
 CSA : Canadian Standards Association
 EC : European Communities
 CCC : China Compulsory Certification

表2. 海外規格認定のためのEMC評価

	評価項目
エミッション	伝導無線周波エミッション 放射無線周波エミッション
イミュニティ	静電気放電 無線周波電界 ファーストトランジェント サージ電圧 電圧ディップ

外来サージ(2 kV, 1.2×50μs)に対するEMC評価へも適合し、誤動作対策は万全

(6) 幅広い主回路電圧に適用

US-N20~N50 : AC100~480V

US-H20~H50 : AC24~480V

(7) 動作確認ができる表示灯を標準装備(図5)

動作表示灯を前面に設けて、動作確認が容易

(8) 充電部保護カバー標準装備(図6)

US-Nシリーズは充電部保護カバーを標準装備

(CAN端子付き品も用意(図7))

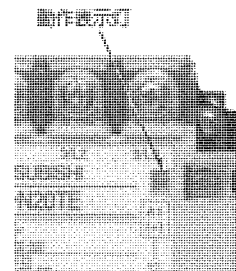
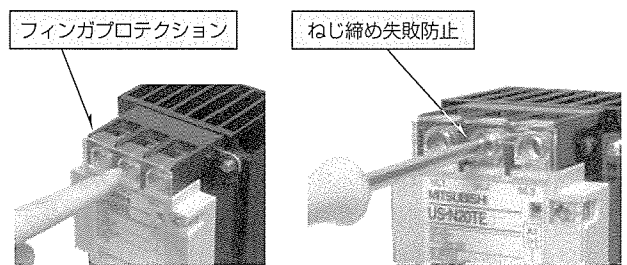
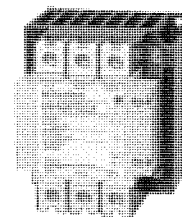


図5. 表示灯での動作確認



カバーはフィンガセーフ・バック ねじ締め用穴がドライバのガイドに
 オブハンドセーフに対応

図6. 充電部保護カバー標準装備



US-N□CX形

CAN端子の構造(配線のスピードアップ化)

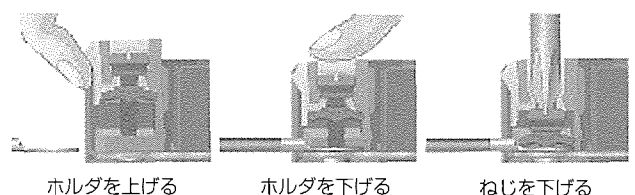


図7. CAN端子付き品(US-N20~N50CX)

- (9) 適用範囲を拡大する豊富なオプションユニット(図8)
 (10) 小型化の実現(図9)

電子部品の高密度化, 熱解析ソフトウェアを用いた冷却

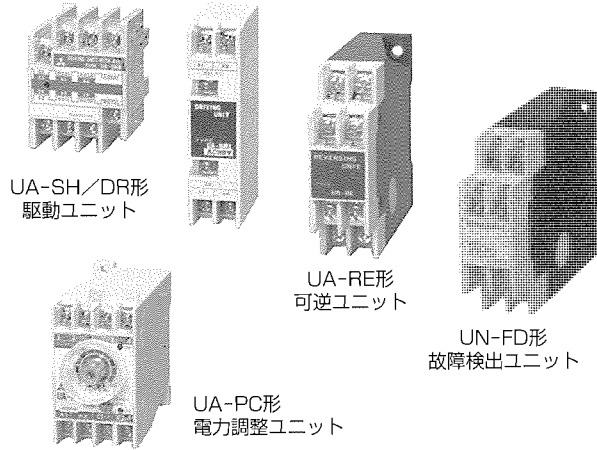


図8. オプションユニット

フィンの最適放熱設計により取付面積で従来比(最大)66%を実現

US-N/US-Hシリーズのラインアップを表3, 表4に示す。

4. ソリッドステートコンタクタの適用事例

ソリッドステートコンタクタは, 図8のオプションユニットと組み合わせることにより, 様々な運転をすることが

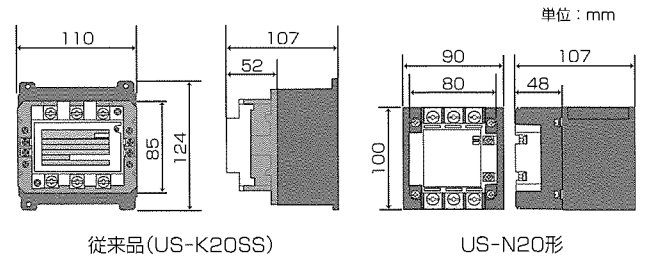


図9. 小型化の実現

表3. UN-Nシリーズ定格(一般負荷)

AC-1級定格使用電流(A)		5	8	20	30	40	50	70	80	
AC200V	ヒーター容量(kW)	単相	1	1.6	4	6	8	10	14	16
		三相	1.7	2.7	6.9	10.3	13.8	17.3	24.2	27.7
	モータ容量(kW)	三相	0.4	0.4	2.2	3.7	5.5	5.5	11	11
AC400V	ヒーター容量(kW)	単相	-	-	8	12	16	20	28	32
		三相	-	-	13.8	20.7	27.7	34.6	48.5	55.4
	モータ容量(kW)	三相	-	-	3.7	7.5	11	11	22	22
機種										
	AC 200V	US-N5SS US-N5SSTE	US-N8SS US-N8SSTE	US-N20 US-N20TE	US-N30 US-N30TE	US-N40 US-N40TE	US-N50 US-N50TE	US-N70NS US-N70NSTE	US-N80NS US-N80NSTE	
	AC 400V	-	-	(200V/400V共通)	(200V/400V共通)	(200V/400V共通)	(200V/400V共通)	US-NH70NS US-NH70NSTE	US-NH80NS US-NH80NSTE	
主回路制御方式		一括制御								
定格操作電圧		DC12V~DC24V								
使用周囲温度		-10~60℃(40℃以上は電流低減して使用)								

表4. UN-Hシリーズ定格(ヒーター負荷専用)

AC-1級定格使用電流(A)		20	30	40	50	20	30	40	50	
AC200V	ヒーター容量(kW)	単相	4	6	8	10	4	6	8	10
		三相	6.9	10.3	13.8	17.3	6.9	10.3	13.8	17.3
AC400V	三相	13.8	20.7	27.7	34.6	13.8	20.7	27.7	34.6	
機種										
	AC200/400V共通	US-H20	US-H30	US-H40	US-H50	US-H20DD	US-H30DD	US-H40DD	US-H50DD	
主回路制御方式		一括制御				個別制御				
定格操作電圧		DC12V~DC24V								
使用周囲温度		-10~60℃(40℃以上は電流低減して使用)								

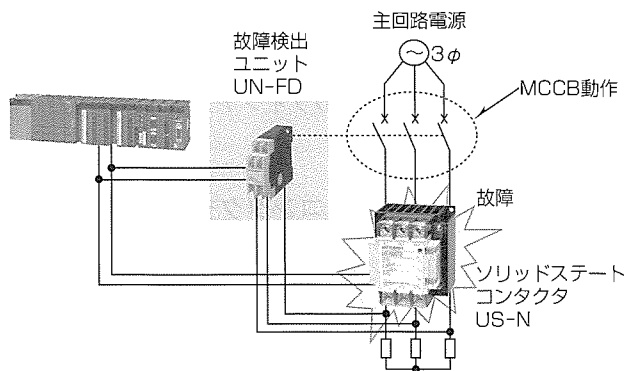


図10. 故障検出ユニットとの組合せ

できる。一例を以下に示す。

ソリッドステートコンタクタの使用条件、取扱いを誤ると故障する場合があるが、そのほとんどは導通モードとなる。図10は故障検出ユニットとの組合せでその対策をした回路例である。主回路素子が導通モードで故障したことを検出し、電圧引きはずし装置付きMCCB(Molded Case Circuit Breaker)と組み合わせて主回路電源を遮断することにより負荷の異常運転を防止できる。

また、図11は電力制御ユニットとの組合せの回路例である。電気炉の温度制御を電力制御することが可能になる。

そのほか、有接点コンタクタでは得られない、素早い反

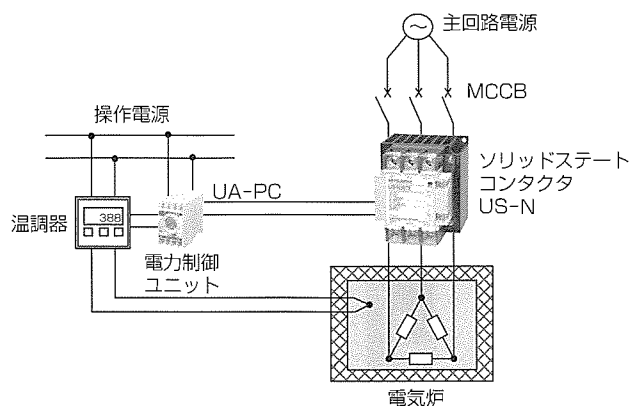


図11. 電力制御ユニットとの組合せ

応を求められる制御に最大の効果を発揮する適用事例が多いようである。

5. む す び

以上、US-N/US-Hシリーズソリッドステートコンタクタの概要について述べた。今後、更に市場ニーズは多様化/グローバル化することが予想されるが、海外市場の新たな要求にこたえとともにユーザー感覚を反映した顧客満足度の高い製品を提供できるよう努めていく所存である。



特許と新案 * * *

三菱電機は特許及び新案を有償開放しております

有償開放についてのお問合せは
三菱電機株式会社 知的財産渉外部
電話(03)3218-9192(ダイヤルイン)

地絡検出装置 特許第2600534号(特開平5-15046)

発明者 畠山善博, 有信一郎, 佐藤栄一

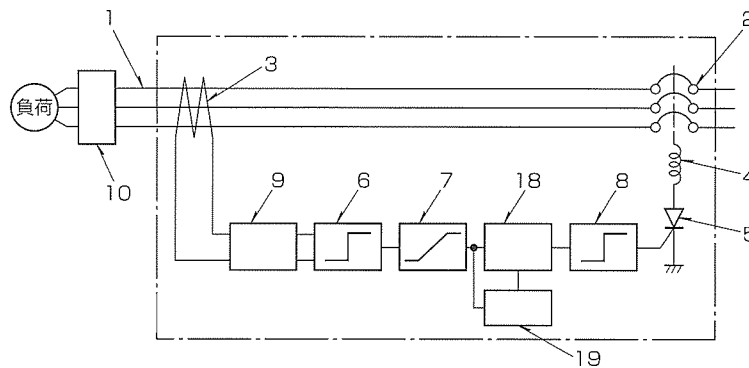
この発明は、負荷側にインバータを挿入して負荷制御を行う交流回路において、地絡検出装置の不要動作や不動作のない回路方式に関するものである。

負荷側にインバータが挿入されているときは、地絡電流にはインバータが周波数変換のために発生させた高周波成分が含まれている。しかし、この高周波成分が原因で、地絡事故が発生しても、地絡検出装置が動作しない、また、電線が持つ浮遊静電容量に流れる高周波を含む不平衡電流により地絡が発生していないのに地絡検出装置が動作し、電路を遮断してしまうなどの不具合が生じていた。

この発明では、オペアンプを含む低域フィルタにより、上記高周波成分を除去し、レベル判別器、信号幅判別器、カウンタとタイマにより、

所定レベル所定信号幅を越えた地絡電流が、所定時間内に2回以上発生したことを検出することで、地絡事故発生を判定しトリガ回路を駆動して遮断器を遮断する。また、この回路電源の立ち上げ時などに低域フィルタの持つ時定数による過渡出力が発生した場合、カウンタとタイマにより遮断器が不要動作することを防止できる。

この発明により、不動作、不要動作のない地絡検出装置が安価・小型に提供でき、電気設備の安定化・安全化を実現するものである。



- 1: 交流電路
- 2: 遮断器
- 3: 零相交流器
- 4: 遮断器引き外し電磁装置
- 5: スwitching素子
- 6: レベル判別器
- 7: 信号幅判別器
- 8: トリガ回路
- 9: 低圧フィルタ
- 10: インバータ
- 18: カウンタ
- 19: タイマ

ポリエステル樹脂組成物、これを用いた開閉器およびその製造方法 特許第3098042号(特願平10-535540)

発明者 勝部俊一, 上元利和, 福谷和則

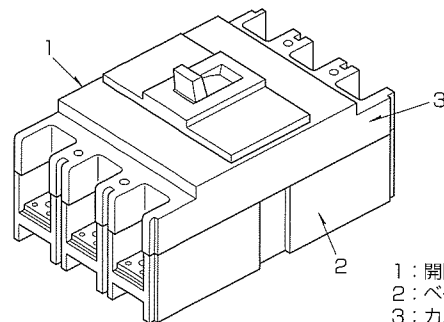
この発明は、開閉器の筐体(きょうたい)に用いる絶縁成形部材、これを用いた開閉器に関するものである。

従来、開閉器の筐体の材料としては、大電流遮断時のアーク熱で脱水反応する水酸化アルミニウムなどの金属水酸化物を配合した有機組成物を用いていた。これらの有機組成物で形成された筐体を用いてアーク発生後の絶縁性能を実験により検証した結果、絶縁成形部材の表面には絶縁性能を低下させる樹脂成分の多いスキン層が形成され、必要とされている絶縁性能を得ることができなかった。

この発明は、上記の結果に基づいて、開閉器の筐体の絶縁成形部材に、フマル酸ネオペンチルグリコール系ポリエステル、及び硬化剤としてクメンハイドロパーオキシドからなる樹脂成分を21~29wt%、無機充填(じゅうてん)材として150℃以上で脱水反応する1種類以上の無機化合物を52~60wt%、ガラス繊維などの強化材を15~23wt%

含有してなるポリエステル樹脂組成物を用いることにより、成形品の表層に水酸化アルミニウムなどの金属水酸化物を大量に含有させるようにした。

この結果、大電流遮断後の表層に樹脂成分のスキン層が形成されるのを防止するとともに、ベースの絶縁性能が低下することのない開閉器を提供することができる。



- 1: 開閉器
- 2: ベース
- 3: カバー



特許と新案***

三菱電機は特許及び新案を有償開放しております

有償開放についてのお問合せは
三菱電機株式会社 知的財産渉外部
電話(03)3218-9192(ダイヤルイン)

回路遮断器 特許第3548700号 (特開2000-113798)

発明者 伏見征浩, 高橋 進

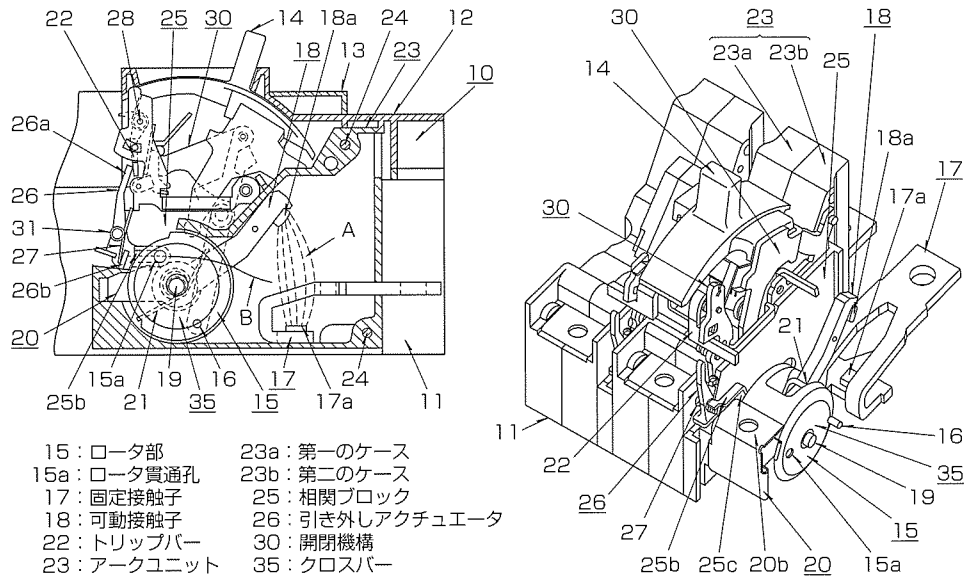
この発明は、通電回路に短絡電流が発生したとき、機構部が高速トリップを行う回路遮断器を得るとともに、アークガスによる絶縁劣化の少ない回路遮断器に関するものである。

回路遮断器は、短絡電流のような大電流が流れたとき、可動接点と固定接点の間にアークが発生する。従来の回路遮断器においては、このアークに起因するアークガスは、しばしば可動接触子を引き外すトリップバーの動きと反対方向の力となって、トリップまでの時間に遅れが生じるという現象があった。また、アークガスにより合成樹脂から成る回路遮断器の筐体(きょうたい)の内壁表面を炭化させ、絶縁劣化を引き起こすという問題点も発生していた。

この発明は、接触子機構とクロスバー及び消弧装置を絶縁材料製のケースに収納して回路遮断器の極ごとにアークユニットを構成した。さらに、アークユニットにアークガス放出孔を設け、この放出孔に近接して引き外しアクチュエータを備えた構造とした。また、上記のアークガス放出孔は、接触子機構が電磁反発状態のときは開口し、接触子機構が開閉機構を介して開離状

態(トリップ後)になったときはロータ部により閉塞(へいそく)される構造とした。

これにより、接触子機構の電磁反発時に発生したアークガスがアークユニットの放出孔から放出され、このアークガスの圧力を引き外しアクチュエータを介して直接トリップバーに伝えることにより、短絡電流発生からトリップまでの時間遅れのない回路遮断器とした。また、アークユニットをロータ部で閉塞することにより、アークによって溶融された金属粒や高温ガスのアークユニット外への飛散がなくなり、繰返し遮断動作後の筐体内の絶縁劣化を少なくすることができる。



- 15: ロータ部
- 15a: ロータ貫通孔
- 17: 固定接触子
- 18: 可動接触子
- 22: トリップバー
- 23: アークユニット
- 23a: 第一のケース
- 23b: 第二のケース
- 25: 相関ブロック
- 26: 引き外しアクチュエータ
- 30: 開閉機構
- 35: クロスバー

<本号記載の商標について>

本号に記載されている会社名、製品名はそれぞれの会社の商標又は登録商標である。

<次号予定> 三菱電機技報 Vol.79 No.7 特集「パワーエレクトロニクス技術」/「ユビキタスアクセスネットワーク技術」

三菱電機技報編集委員	三菱電機技報 79巻6号	2005年6月22日 印刷
委員長 三嶋 吉一	(無断転載・複製を禁ず)	2005年6月25日 発行
委員 小林 智里 長谷川 裕 堤 清英	編集人 三嶋 吉一	
佐野 康之 村松 洋 松本 修	発行人 園田 克己	
浜 敬三 藤原 正人 光永 一正	発行所 三菱電機エンジニアリング株式会社 e-ソリューション&サービス事業部	
瀬尾 和男 部谷 文伸	〒102-0073 東京都千代田区九段北一丁目13番5号	
黒畑 幸雄 山木比呂志	日本地所第一ビル 電話 (03)3288局1847	
事務局 園田 克己	印刷所 株式会社 三菱電機ドキュメンテクス	
本号取りまとめ委員 石井 和宏	発売元 株式会社 オーム社	
	〒101-0054 東京都千代田区神田錦町三丁目1番地	
	電話 (03)3233局0641	
	定 価 1部945円(本体900円) 送料別	
URL http://www.MitsubishiElectric.co.jp/giho/	三菱電機技報に関するお問い合わせ先 cep.giho@ml.hq.melco.co.jp	

スポットライト

分岐ごと・設備ごとの原単位管理に役立つMDUブレーカ用計測ユニット

1. MDUブレーカ用計測ユニットとは

配線用遮断器に計測用VT・CTを内蔵したMDUブレーカと組み合わせ、各種電気量、事故発生時の原因及び事故電流の計測、遮断器が保有している各種警報の監視を複数台同時(最大7回路)に行える製品です。

2. 特長

(1) MDUブレーカの省配線、省スペースを継承

- MDUブレーカ(本体部)と専用ケーブルを接続するだけで各種計測・監視が可能
- 3, 5, 7回路用をラインアップし、更なる省配線・省スペースを実現
- 複数のトランス系統を1台で計測可能

(2) フレキシブルなシステム構築

- B/NET伝送, CC-Link通信, LonWorks^(注)通信に対応
- ロギング表示ユニット(別売)を接続すれば、オフラインロギングによるデータ収集が可能

3. 機種一覧・外観

機種一覧を表1に、外観例を図1に示す。

4. 仕様

仕様及び精度を表2に示す。

電力量は、電圧100~440V、電流5~100%、力率1、無効電力量は、電圧100~440V、電流10~100%、力率0、の範囲で真値に対する誤差。その他は計測定格に対する誤

(注) LonWorksは、米国エンシャロン社の登録商標です。

差である。

表1. 機種一覧

通信仕様	計測回路数		
	3回路	5回路	7回路
B/NET伝送	MDU2-3-B	MDU2-5-B	MDU2-7-B
CC-Link通信	MDU2-3-C	MDU2-5-C	MDU2-7-C
LonWorks通信	MDU2-3-L	-	-

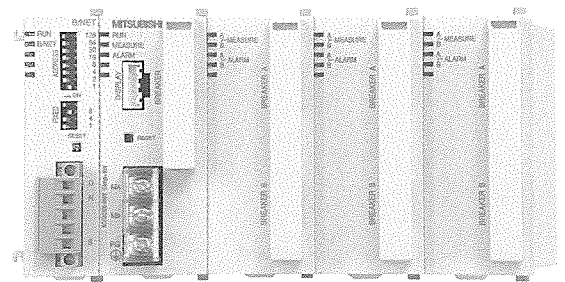
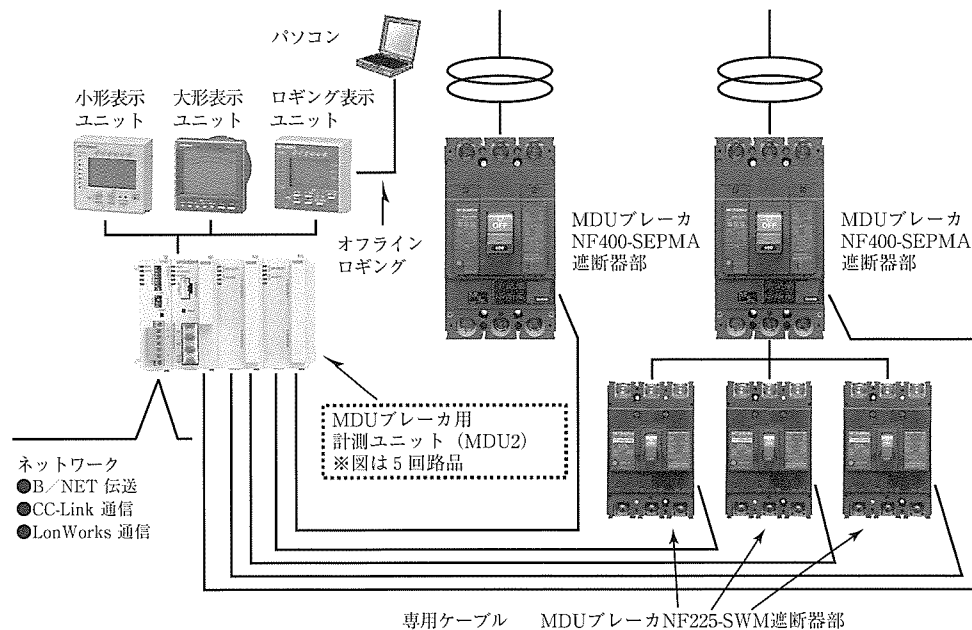


図1. MDUブレーカ用計測ユニット外観例 (MDU2-7-B)

表2. 仕様及び精度

計測項目	精度
電流・電圧・電力・周波数・漏洩電流	±2.5%
無効電力	±2.5%
力率	±5%
電力量	±2.5%
無効電力量	±3.5%
事故電流	±15%



MDUブレーカ用計測ユニットを使用した電路監視システムの構成例

住 所：〒104-6212 東京都中央区晴海一丁目8-12 (オフィスタワーZ棟)

会社名：三菱電機株式会社 お問い合わせ先：FAシステム事業本部 機器計画部 TEL 03-6221-6156