

# ストライカ引外し式限流ヒューズ付高圧交流負荷開閉器 (LBS)

High-Voltage Air Load Break Switch (LBS)

菊地 征範 KIKUCHI, Masanori

宮崎 哲司 MIYAZAKI, Satoshi

徳永 圭秀 TOKUNAGA, Yoshihide

高圧受配電設備は、ビルや工場などへの電力供給の他、近年では太陽光発電設備をはじめとした分散型電源の電力系統連系用としての需要も増加している。富士電機は、高圧受配電設備の主要機器の一つであるストライカ引外し式限流ヒューズ付高圧交流負荷開閉器 (LBS) で数多くの納入実績がある。このたび、従来 2 種類あった接触子の機能の一体化、ヒューズを可動させない主回路構造、消弧部構造の最適化による消弧性能の確保などにより、従来品に比べて小型でシンプルな構造を実現した。

High-voltage distribution facilities have recently been increasingly demanded for applications including grid connection of solar power generation facilities and other distributed power sources, in addition to power supplies to buildings and factories. Fuji Electric has a track record of many deliveries of high-voltage air load break switches (LBSs), which is a major device of high-voltage distribution equipment. With the contactor integrating the functions of the existing two types of contactors, main circuit structure that does not require a fuse to be movable and the ensured arc extinguishing performance achieved by optimization of the arc extinguisher structure, a more compact and simpler structure than the conventional devices has been realized.

## 1 まえがき

高圧受配電設備は、ビルや工場などに安定した電力を供給するために欠かせない設備である。近年、太陽光発電設備などの分散型電源の電力系統連系用としても高圧受配電設備の需要が増加している。これらの設備を構成する開閉器や変圧器などの機器には、より高い信頼性が求められている。また、機器を設置するスペースが縮小される中、さらなる小型化も求められている。

高圧交流負荷開閉器は、高圧受配電設備を構成する機器の一つで、負荷電流を開閉する装置である。中でもストライカ引外し式限流ヒューズ付高圧交流負荷開閉器 (LBS) は、負荷電流の開閉から短絡電流の遮断に至る幅広い電流領域での開閉・保護機能を持っている。そのため、キュービクル式高圧受電設備の主遮断装置や変圧器の一次側の保護装置など、さまざまな用途で使用されている。特に、PF・S 形高圧受電設備に用いられる主遮断装置のほとんどに LBS が採用されている。

富士電機では 1979 年に LBS を発売し<sup>(1)</sup>、数多くの納入実績がある。これらの実績を基に新たな需要に応えるため、今回、小型で使いやすさを向上した LBS を開発した。

## 2 LBS の用途

高圧受配電設備での電流開閉機器には、負荷開閉器のほかに遮断器と限流ヒューズがある。これらの機器の電流開閉機能を表 1 に示す。遮断器は、負荷電流開閉から短絡電流保護までの全領域において開閉・保護が可能な機器であるのに対し、限流ヒューズまたは負荷開閉器のみでは開閉・保護ができない領域がある。これに対し、LBS は限流ヒューズと負荷開閉器を組み合わせ、ストライカ引外し<sup>(注 1)</sup>

表 1 負荷開閉器・遮断器・限流ヒューズの電流開閉機能

種類	負荷電流開閉	過負荷電流保護 (事故電流小)	短絡電流保護 (事故電流大)	欠相防止
負荷開閉器 (LB)	○	○	×	○
遮断器 (CB)	○	○	○	○
限流ヒューズ (PF)	×	△*1	○	×
限流ヒューズ+負荷開閉器*2 (LBS)	○	○	○	○

○：開閉・保護可能 △：条件あり ×：開閉・保護不能

\*1：事故電流が最少遮断電流未満の場合、保護不能

\*2：ストライカ引外し機構付

機構付とすることで、開閉・保護領域をそれぞれ補完し、遮断器と同様に負荷電流、過負荷電流、短絡電流からなる全領域における開閉・保護を可能としている。各領域における電流開閉の動作は次のとおりである。

### (a) 負荷電流開閉

LBS が開閉し、LBS の負荷電流開閉機能により電流

〈注 1〉ストライカ引外し：限流ヒューズの溶断表示器 (下図) の動作を利用して負荷開閉器のリンク機構を動作させ、負荷開閉器を開極させる方法である。

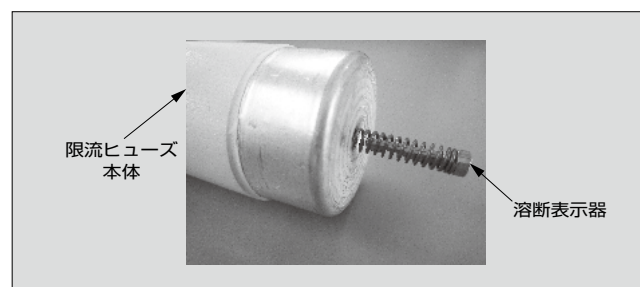


図 限流ヒューズの溶断表示器

表2 キュービクル式高圧受電設備の種類 (JIS C 4620)

項目	仕様	
主遮断装置の形式	PF・S形	CB形
公称電圧	6.6kV	
系統短絡電流	12.5kA以下	
受電設備容量	300kVA以下	4,000kVA以下
主遮断装置	高圧限流ヒューズ+ 高圧交流負荷開閉器	遮断器

開閉を行う。この際、限流ヒューズは<sup>〔注2〕</sup>溶断しない。

(b) 過負荷電流保護

限流ヒューズが溶断すると、ストライカ引外し機構によりLBSが開極する。LBSの開極時、限流ヒューズ内ではアークが継続して電流の遮断が完了していないため、LBSの過負荷電流を遮断する機能により電流を遮断する。ヒューズが1相でも動作すればLBSが開極するため、欠相防止（三相開極）になる。

(c) 短絡電流保護

限流ヒューズが溶断し、ストライカ引外し機構によりLBSが開極する。限流ヒューズでアークが短時間で消弧し、電流の遮断が完了した後にLBSが開極するため、LBSは無通電状態での開極となる。過負荷電流保護と同様にヒューズが1相でも動作すればLBSが開極するため、欠相防止（三相開極）になる。

遮断器は電流検出機能を持たないため、別に変流器と過電流継電器を設置する必要がある。これに対し、LBSは過負荷・短絡電流が発生すると限流ヒューズが検出（溶断）するため、変流器と過電流継電器を必要としない。このため、一般的には遮断器を使用するよりも簡素な設備構成が可能となる。

このことから、キュービクル式高圧受電設備では表2のようにJISで規定され、設備容量が300kVA以下の設備では主遮断装置へのLBSの適用が可能となっている。

〔3〕 開発品の特徴

LBSの外観を図1に、仕様を表3に示す。特徴は次に示すとおりである。

(1) 小型

従来品に比べて奥行寸法を約40mm縮小し、容積で10%小型化した。

(2) 限流ヒューズ交換時の作業性・安全性の向上

従来品は、接触子部と限流ヒューズ部が一体で、開閉操作時は接触子の動作に合わせて限流ヒューズ部も動く構造であった。そのため、限流ヒューズの交換作業は、限流ヒューズ取付部が不安定な開極状態で行っていた。開発品は、接触子部と限流ヒューズ部を分離し、限流ヒューズ部

〔注2〕 溶断：限流ヒューズのエレメント（線）が電流により溶けて切れた状態である。切れた瞬間にヒューズ内にはアークが発生するため、電流の遮断は完了していない。

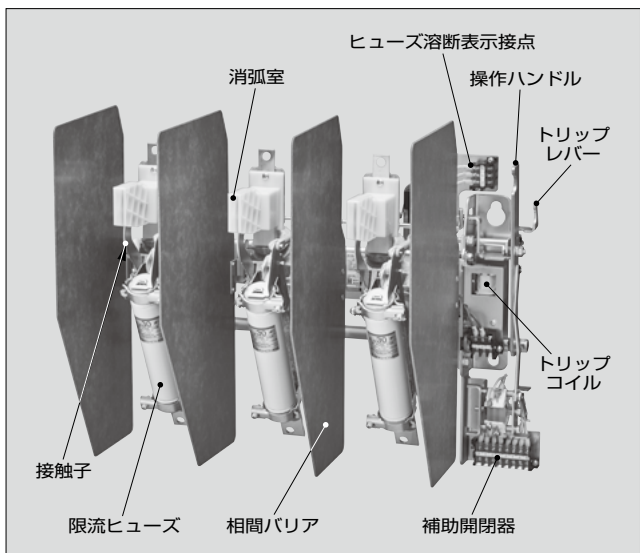


図1 LBS

表3 LBSの仕様

項目	仕様	
名称	ストライカ引外し式限流ヒューズ付 高圧交流負荷開閉器	
形式	LBS-6 A/200 (F)	LBS-6 A/210 (F)
定格電圧	3.6/7.2kV (50/60Hz)	
定格耐電圧	60kV	
定格電流	200A (開閉器部)	
定格投入遮断電流	12.5kA (1回)	
定格開閉容量	負荷電流 200A (200回) 励磁電流 10A (10回) 充電電流 10A (10回) コンデンサ電流 50A (200回, 6%リアクトル付)	
過負荷遮断電流	1,100A (1回)	
操作方式	手動フック操作	
接点構造	通電接点, アーク接点一体形	
消弧方式	細隙, ガス冷却消弧	
適用ヒューズ形式	JC-6/5~75	JC-6/100
ヒューズ定格電流	G5~G75	G100
準拠規格	JIS C 4611	

は動かない構造とした。これにより、限流ヒューズを交換するときの作業性および安全性が向上した。

(3) 取扱い性の向上

(a) 限流ヒューズの溶断時に動作する接点出力は、従来品では動作時に一瞬しか出力しなかった。開発品では動作した後、限流ヒューズを交換するまで継続して出力するようにした。これにより、この出力を使用する配電盤の制御回路に設けていた自己保持回路を省略できるようになった。

(b) 相間バリアの取付けをねじ止めからワンタッチ構造に変更し、取付け時の作業性を向上させた。

(c) 補助回路の配線位置をLBS本体の右側に集約するとともに、補助開閉器用の端子台を設け、配電盤側の配線時の作業性を向上させた。

(4) 環境対応

RoHS 指令<sup>(注3)</sup>に対応し、環境有害物質を含まないものにした。

(5) 搭載する限流ヒューズ

LBS に搭載する限流ヒューズを従来品と同じ適用ヒューズ形式とするため、限流ヒューズの取付部の互換性を持たせた。

4 開発品の構造

小型でシンプルな構造とするため、従来品に対し主回路部を中心に抜本的な構造の見直しを実施した。その結果、部品数を従来品の約 290 点から約 190 点に削減し、信頼性を向上させた。主な見直し箇所は次のとおりである。

4.1 接触子の一体化

図 2 に、従来品と開発品の接触子と主回路可動部の構造を示す。従来品は、負荷電流が流れる主接触子と電流遮断時に消弧室内でアークを消弧するアーク接触子を設け、主接触子の開極後、アーク接触子が開極する動作を行う。これは、開極時のアークを主接触子よりも遅延して解放するアーク接触子に負担させることで、主接触子の消耗を抑制し、常時負荷通電時の接触安定性を高めることを目的としている。しかし、その反面、機構構造の複雑化や部品点数の多さにつながっていた。

これに対して開発品では、製品を小型化するために従来のアーク接触子に、負荷通電を行う主接触子の機能を持たせ、主接触子とアーク接触子を一体化した接触子構造とした。

この構造を採用するに当たり、消弧と負荷通電に関する要求性能を両立させることが課題であったが、消弧室の形状、通電温度、接点消耗、開閉耐久性能、遮断性能など、さまざまな面から検討・検証し、最適な材料、形状、表面処理、接触圧力などを決定した。これにより、消弧性能と負荷通電性能を両立したシンプルな接触子構造を実現することができた。

4.2 主回路可動部の構造見直し

従来品では、開閉操作により接触子と限流ヒューズが一体で動くことから、開極状態の奥行き寸法が大きくなる要因となっていた。そこで開発品では、4.1 節で述べたように主接触子とアーク接触子を一体化することにより接触子部と限流ヒューズ部を分離し、限流ヒューズは動かず、主回路部は接触子だけが動く構造とした。これにより、可動箇所を少なくかつ可動部を小さくすることができ、信頼性の向上と奥行き寸法の縮小を達成した。

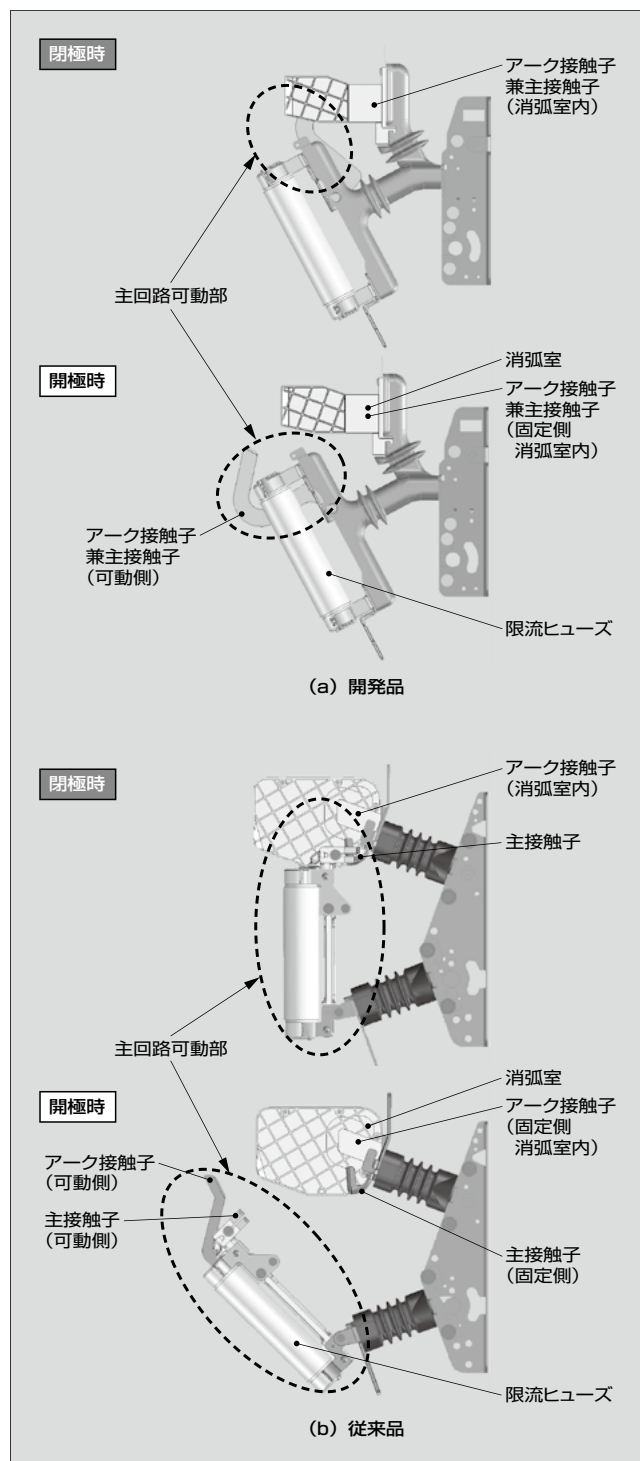


図 2 従来品と開発品の接触子と主回路可動部の構造

4.3 消弧構造

小型化のポイントの一つとして、消弧室の縮小は欠かせない。しかし、消弧室の容積を縮小すると、アークの消弧が不完全になり遮断不能につながる。そこで、消弧室長さ<sup>(1)</sup>と接触子の乖離<sup>(2)</sup>（かいり）速度の関係を最適化して乖離後の極間絶縁距離を確保することなどが課題となる。

消弧部の構造を図 3 に示す。消弧室の内部には固定接触子とアークガイドを設け、可動接触子は V 字形状とし、アークは常にアークガイドと可動接触子の先端部間で発生

〈注 3〉 RoHS 指令：電気・電子機器に含まれる特定有害物質の使用制限についての EU（欧州連合）の指令

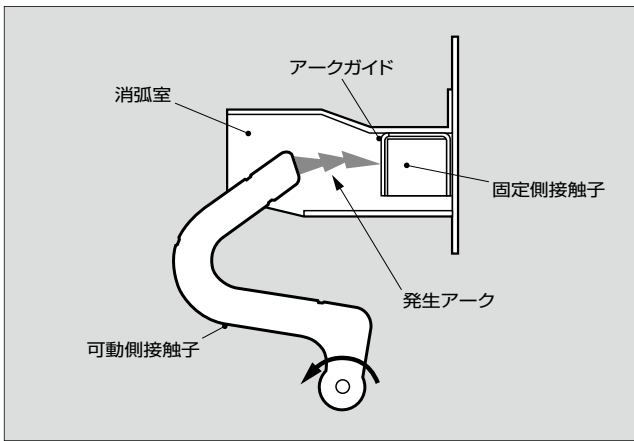


図3 消弧室の構造

するようにした。アークが消弧するために必要なアーカガイドと可動接触子との距離ならびに可動接触子の回転速度など、各構造要素の相互影響を考察して消弧室の大きさを最適化した。その結果、開発品は安定した開閉遮断性能を維持したまま、従来品に比べて消弧室の容積を投影面積でほぼ半分にまで縮小した(図4)。さらに、従来品は二つのモールド部品を組み合わせることで消弧室を構成していたが、縮小したことにより一体で成形することが可能となり、消弧室部でもシンプルな構造とすることができた。

図5に、この消弧部の構造で200Aの負荷電流開閉試験における3相遮断のオシログラムの例を示す。

LBSに開極指令を与えるとリンク機構が崩れ、可動側接触子が回転動作し、固定側接触子との接触が解けることにより接触子が開極する。この例では、開極後アークが発生し第2相(S相)が11msで電流遮断後、第3相(T相)と第1相(R相)が続いて遮断し、接触子が開極してから15.9msで全相の電流遮断が完了していることが分かる。なお、遮断相順は、接触子が開極したときの位相によるため第1相や第3相が最初に遮断される場合もある。

電流遮断においては、接触子が開極後、可動接触子の先端が消弧室内にある間にアークが消弧している必要がある。

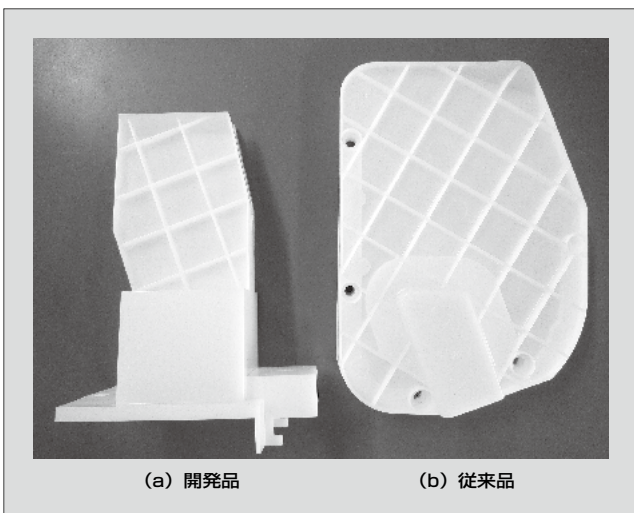


図4 消弧室の比較

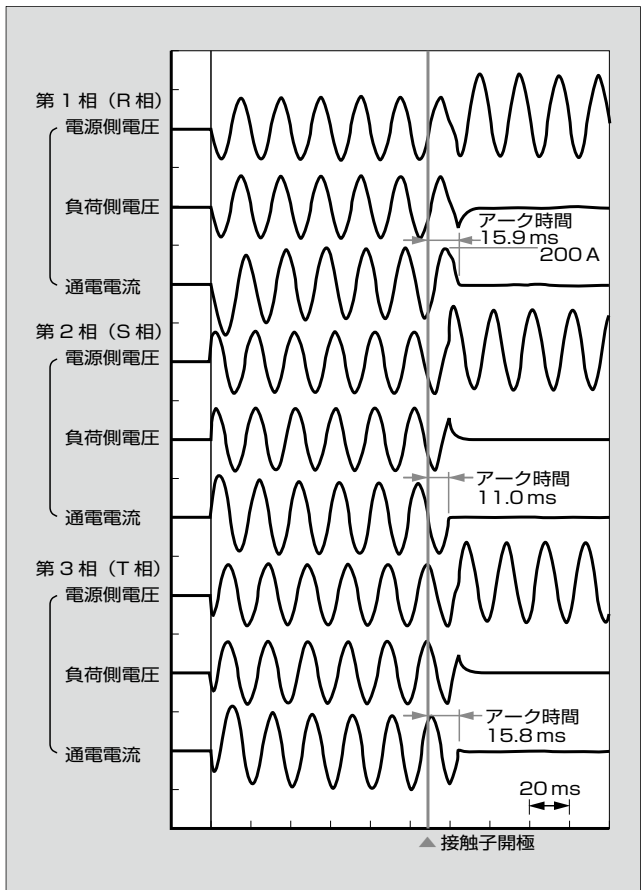


図5 負荷電流開閉オシログラムの例

開発品では、可動接触子の動作速度の最適化を図り、これを確実にした。

#### 4.4 主回路部の絶縁支持構造

どのような電圧であっても、絶縁性能を確保することは電気機器にとって必須である。絶縁するための主な手段として、絶縁距離の確保、絶縁物の介在、絶縁耐力のある雰囲気の使用(真空, SF<sub>6</sub>ガスほか)などがある。LBSは経済性観点から気中遮断方式を採用しているため、絶縁性能の向上に対して、絶縁距離と絶縁物の組み合わせに注目した。

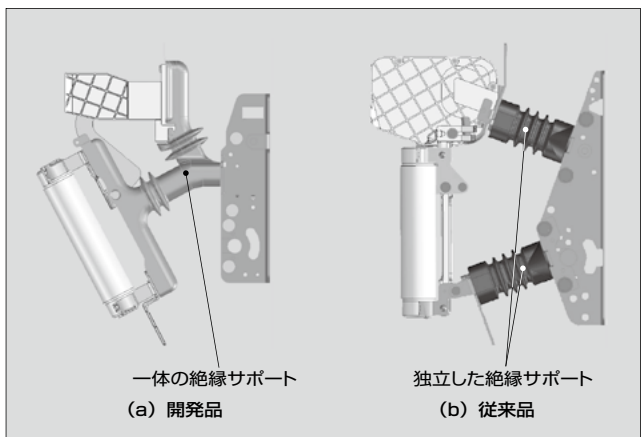


図6 絶縁サポート構造

従来品は、電源側端子を支持する絶縁サポートと、負荷側端子を支持する絶縁サポートがそれぞれ独立して取り付けられ、さらに、絶縁サポートを固定するフレームもそれぞれに設ける必要があった。

絶縁サポートには、強度の確保のほか、絶縁性能を満足するために沿面距離（絶縁物表面の距離）の確保が必要になる。開発品では強度および絶縁物表面形状の検討を行い、電源側と負荷側を一体で支持する絶縁サポート構造とした（図6）。

## 5 あとがき

ストライカ引外し式限流ヒューズ付高圧交流負荷開閉器 (LBS) は、高圧受配電機器の要の機器として、電力の安定供給に欠かせない機器である。今後も、いっそうの高信頼性を確保し、お客さまの要求を満足する開閉器を開発し、社会の発展に寄与していく所存である。

### 参考文献

- (1) 山木正雄ほか. LBS形ヒューズ付気中負荷開閉器 (Lシャル

タ). 富士時報. 1979, vol.52, no.11, p.707-713.

- (2) 菊地征範. ストライカ引外し式限流ヒューズ付高圧交流負荷開閉器 (LBS). 富士電機技報. 2013, vol.86, no.4, p.281-283.



### 菊地 征範

高圧受配電機器の開発設計に従事。現在、富士電機機器制御株式会社開発・生産本部開発統括部受配電開発部課長補佐。電気学会会員。



### 宮崎 哲司

高圧受配電機器の開発試験に従事。現在、富士電機機器制御株式会社開発・生産本部開発統括部技術開発部。



### 徳永 圭秀

高圧受配電機器の開発設計に従事。現在、富士電機機器制御株式会社開発・生産本部開発統括部受配電開発部。





\*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する  
商標または登録商標である場合があります。