

限流形ヒューズフリー遮断器の開発

Development of Current Limiting Type Fuse Free Breakers

鈴木 浩* 橋爪 正興*
Hiroshi Suzuki Masaaki Hashizume

要 旨

電磁反発機構⁽¹⁾を採り入れ遮断容量を飛躍的に向上させた限流形ヒューズフリー遮断器2機種を開発した。これは電源容量の増大に伴う高遮断容量遮断器の需要増大に対処するため開発したもので、従来形ヒューズフリー遮断器に比べて遮断容量が大きいのみならず、そのすぐれた限流特性のため短絡故障時における配線および機器に与える電磁的ストレス、熱的ストレスを軽減し、また負荷側遮断器との協調により経済的な回路設計を可能にした。

1. 緒 言

最近、超高層ビルの出現あるいは工場設備の大形化などにより、電源容量もますます増大し、このため故障時における短絡電流もきわめて大きな値(400V級50,000A, 200V級100,000A程度以上)となりヒューズフリー遮断器(Fuse Free Breaker, 以下FFBと略す, JIS格規名: 配線用遮断器)も高遮断容量のものが要求されるようになってきた。

FFBの遮断容量を増大させる方法としては、従来よりモールド製ケース、カバーに強度の高いガラス繊維強化ポリエステル樹脂を使用するとか、消弧装置の強化による消弧能力の増大などにより相当効果をあげてきているが、前記の要望には対処できない。

そこで限流遮断がクローズアップされるわけであるが、日立製作所では多年の研究結果と豊富な経験をもとに電磁反発限流形FFBの開発に取り組んだ。

2. 仕 様

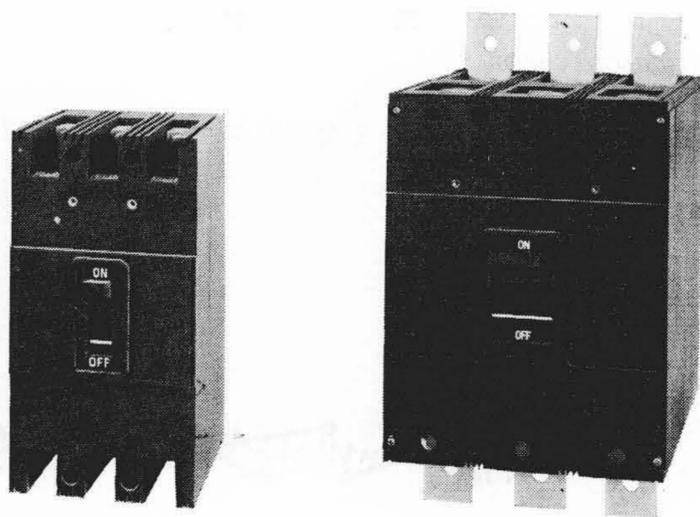
今回開発した限流形FFBの外観写真を図1に、その仕様を表1に示す。

3. 限流遮断の条件

限流遮断の原理を図2により説明する。

まず図2(a)は通常のFFBによる遮断波形であるが、短絡発生後接点が開離し始めアークが発生するまでに100Aフレーム程度の小形機種でも、引きはずし装置の動作に続く開閉機構の動作を介して開極動作が行なわれるため3~5msの時間遅れ(大形機種では5~10msかかるものもある)がある。

このため大きな限流効果は望めず、限流された電流値は規約短絡電流(限流されなければ流れるであろうと思われる電流)のせいぜい80~90%程度で全遮断時間も10~20msを要し、遮断能力の限



KS100A-Lフレーム 400A-Lフレーム

図1 限流形ヒューズフリー遮断器

表1 定格および仕様一覧表

フ レ ー ム		KS100A-L		400A-L	
形 式		KS100-DF	KS100-TF	K400-DF	K400-TF
極 数		2*	3	2*	3
引 き は ず し 方 式		完 全 電 磁 式		熱 動 電 磁 式	
基 準 周 囲 温 度 (°C)		40		40	
定 格 ・ 仕 様	定 格 電 流 (A)	15, 20, 30, 50, 75, 100		(125) (150) (175) (200) (225) 250 300 350 400	
	定 格 電 圧 (V)	AC 600		AC 600	
寸 法	遮 断 容 量 (A)	AC 220 V	125,000	150,000	
		AC 460 V	50,000	100,000	
寸 法	A, B, C, D	A	110	210	
		B	215	374	
		C	125	203	
		D	148	241	
製 品 重 量 (kg)		3.8	4.2	20	

注: 1. *印の2極は3極の中央極をはずしたものである。
2. ()付きの定格電流は標準外で、注文により製作。

* 日立製作所亀戸工場

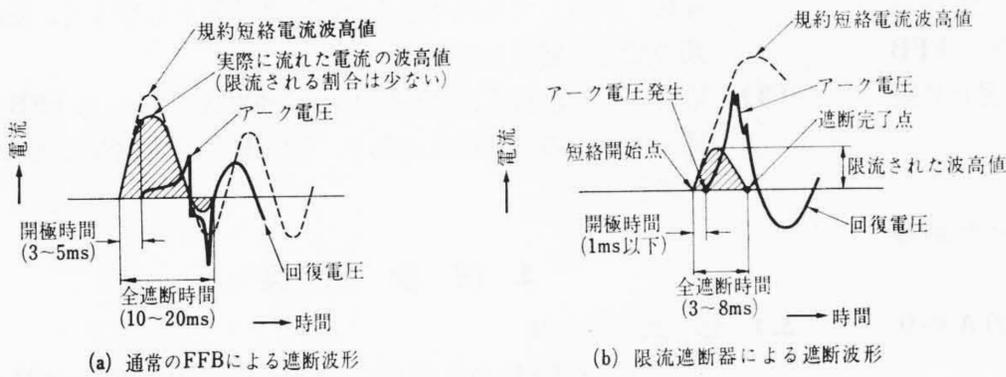


図2 限流遮断の原理

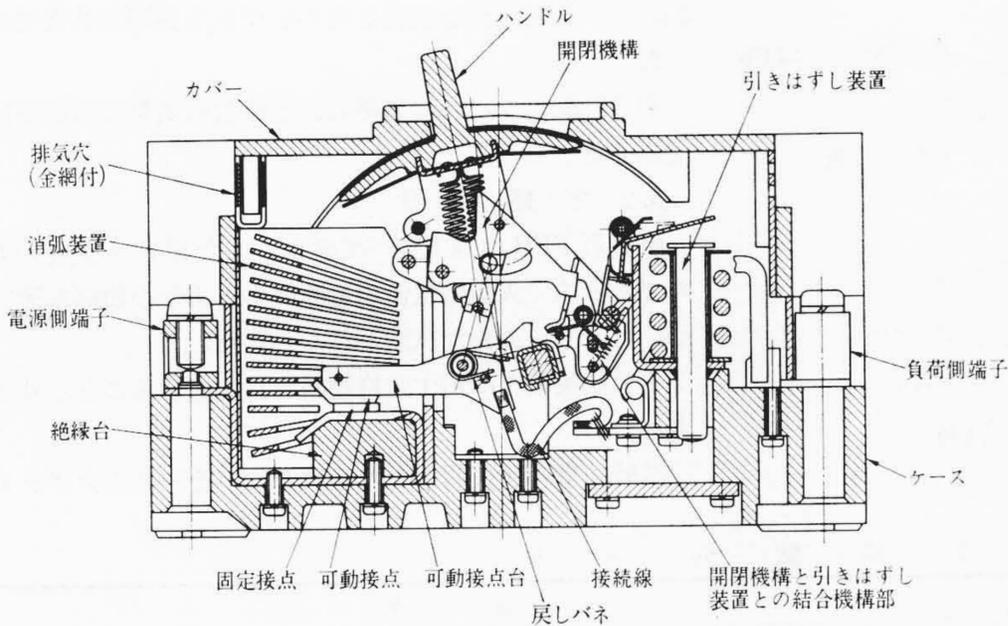


図3 KS 100 A-L フレームの構造

界もそれほど高くない。

次に図2(b)は限流形FFBによる遮断波形で、短絡後きわめて短い時間で開極するよう種々の方策がとられているためアーク電圧の発生も早い。

このアーク電圧が上昇し回路インピーダンスによる電圧降下との総和が電源電圧を上まわる点において短絡電流は限流遮断される。

そのため限流遮断を行なわせるためには

- (1) 開極までの時間遅れをできるかぎり短縮し、アーク電圧を早く発生させる。
- (2) アーク電圧を急上昇させるために可動接点の移動速度を高めるとか消弧装置を強化する。

ことが不可欠な条件となる。

4. 構造および特長

4.1 KS 100 A-L フレーム

図3はKS 100 A-L フレームの構造を示したものである。

構造は開閉機構、引きはずし装置、消弧装置およびこれらを収納する絶縁物モールド製ケース、カバーより成る。

通常のFFBと異なる点は、

- (1) 固定接点から電源側端子に至る導体がストレートではなく可動接点台と平行部分を持つようう回させられている。
- (2) 可動接点に接触圧力を与える戻しバネにねじりバネを使用しオーバーストローク(開閉機構ON状態のまま可動接点を引っぱりあげたときの遮断距離、図4の反発遮断距離と同じ)を通常のFFBより大幅に増大した。

ことである。

これにより、あらかじめ予定された電流値(反発開始電流値と呼ぶ)以上の電流が流れると可動接点台と固定接点台に流れる逆向きの電流による反発力により引きはずし装置による開閉機構部分の動

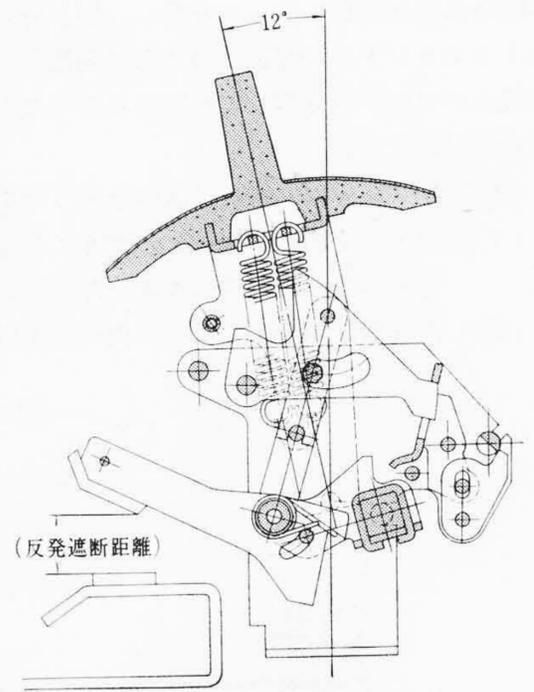


図4 反発開極の状態

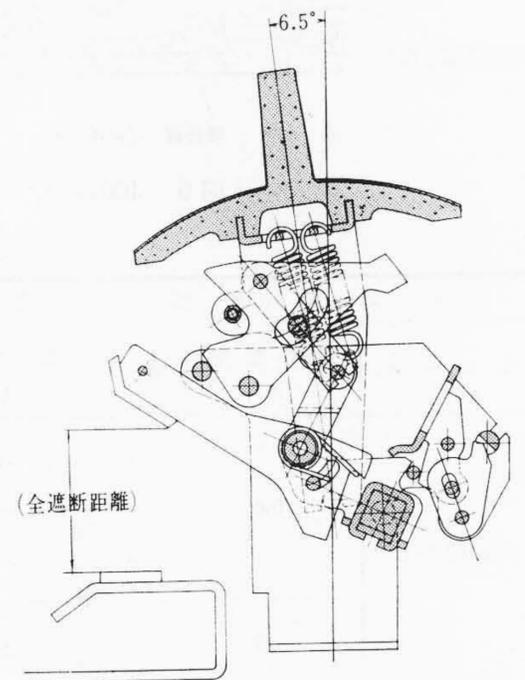


図5 完全開極(トリップ)状態

作を待たずに可動接点が瞬時に反発開離し、これにより限流作用を発揮し、引き続き引きはずし装置の動作による完全開極動作に移行し遮断動作を完了する。

KS 100 A-L フレームの特長は次のとおりである。

- (1) 標準のFFBに比べて遮断容量が飛躍的に大きくなったにもかかわらず、構造が簡単で製作しやすく、標準のコントロールセンタに収納可能な小形寸法であり、価格的にも割安である。
- (2) 引きはずし機構はバイメタルなどの熱動要素を使用せず、完全電磁式を採用しているため15A定格までの小電流定格のものも遮断容量が低下しない。

4.2 400 A-L フレーム

図6は400 A-L フレームの構造を示したものである。

構造は標準のC-400 A フレームFFBの裏面に限流器を取り付け、両者を直列接続したものである。

限流器のおもな構成要素は可動接点台、固定接点台、戻しバネ、接続線、電源側端子板およびこれらを収納する絶縁物モールド製ケース、カバーなどである。

FFBハンドルによる開閉動作時および反発開始電流値以下の電流が流れている状態では限流器の接点は閉じたままであるが、反発開始電流値を越える大きな電流が流れた場合には限流器の可動接点

が瞬時に反発開離しアークを発し、引き続き上部のFFBの接点も数ミリ秒の時間遅れのうちに開極し、限流器の接点とFFBの接点のアークを分担して遮断するので2点遮断の効果が現われ遮断を容易にする。

400 A-L フレームの特長は次のとおりである。

- (1) 標準のFFBに限流器を付加する簡単な構造でありながら遮断容量が飛躍的に大きくなっている。
- (2) 限流器は400 A フレーム内の各定格電流(125~400 Aの9

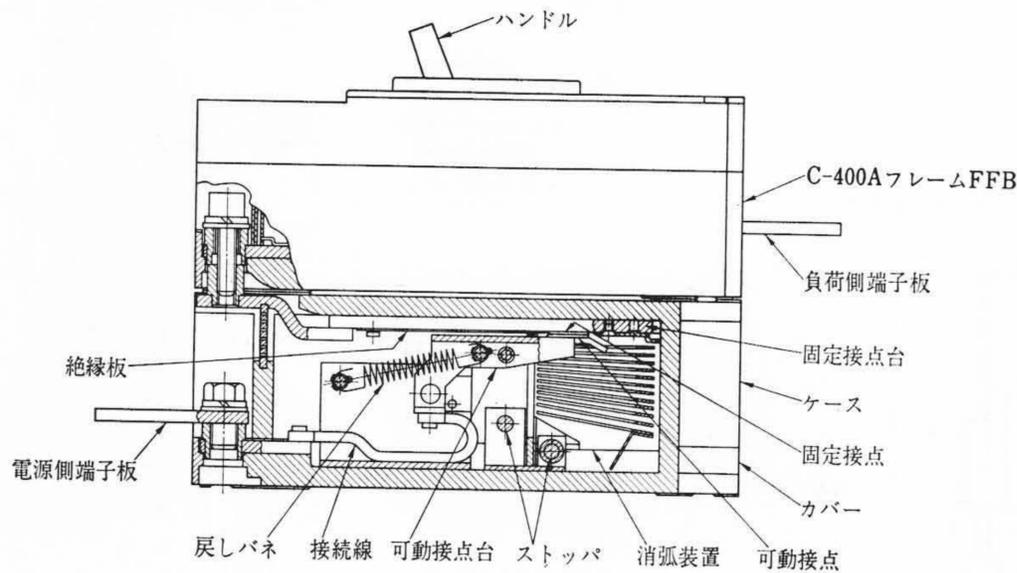


図6 400A-Lフレームの構造

種類) に対して共用できるため在庫管理がしやすく、短納期の受注に応じられる。

- (3) 取付面積, 取付穴位置が標準のC-400 A フレーム FFB と同一であるので互換性があり, 制御盤や配電盤など経済的に設計できる。

5. 試験結果

5.1 形式試験

限流形 FFB の性能確認は JIS-C 8370, JEM-1071 に よる形式試験の順序に従い, 過電流引きはずし試験, 過負荷試験, 温度試験, 耐久試験, 絶縁抵抗試験, 耐圧試験および短絡試験を実施したがいずれも良好な結果であった。

その詳細については省略し, 短絡試験結果のみ以下に記述する。

5.2 短絡試験

限流形 FFB は以上述べてきたような原理・構造のものであるので大短絡電流の遮断はもとより小短絡電流についてもじゅぶんな試験が行なわれた。

その結果表 1 に示す定格遮断容量を有することが確認された。

試験結果の代表的なものを表 2 に, そのオシログラム

表2 交流短絡試験結果

供 試 遮 断 器		回 路 条 件		動 作 責 務	試 験 結 果						
フ レ ー ム	定 格 電 流 (A)	極 数	試 験 電 圧 (V)		短 絡 電 流 (kA)	遮 断 電 流 ピーク値 (kA)			遮 断 時 間 (ms)		
						R	S	T	R	S	T
KS100A-L	100	3	460	50	O	16.1	28.0	22.0	7.5	7.5	4.5
					CO	23.0	27.8	13.7	5.5	6.0	4.0
		3	220	125	O	14.8	10.7	17.6	4.0	4.0	4.0
					CO	10.0	20.8	21.0	4.0	4.0	3.5
	15	3	220	125	O	13.4	6.0	11.0	5.0	4.5	5.0
					CO	13.5	6.0	11.0	4.0	5.0	5.0
400A-L	400	3	460	100	O	18.2	48.2	53.4	7.0	7.0	6.0
					CO	30.5	43.1	56.0	4.5	6.5	6.5
		3	220	150	O	32.2	14.8	38.6	5.5	6.0	6.0
					CO	43.0	23.7	34.2	5.5	4.0	5.5

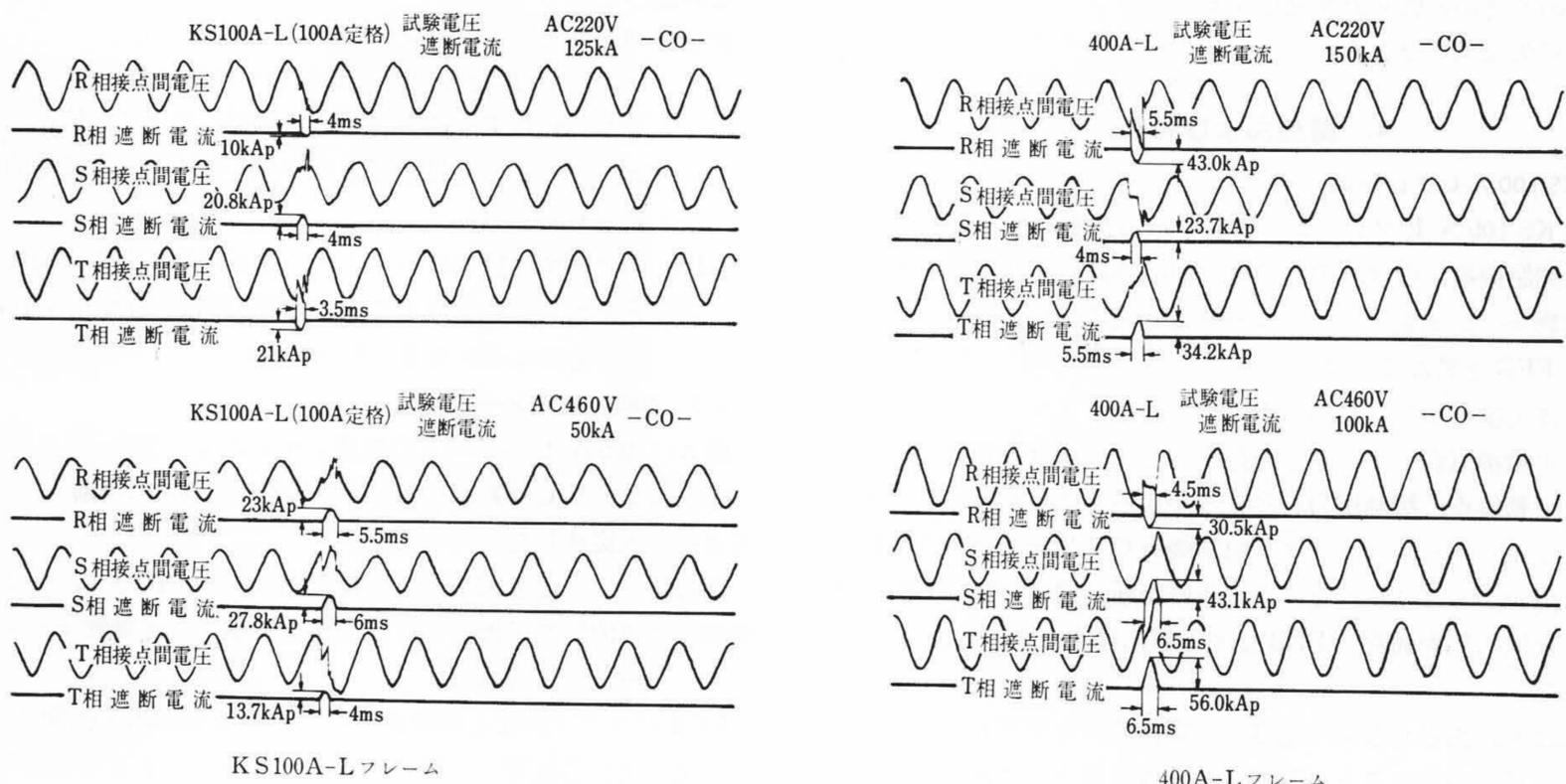
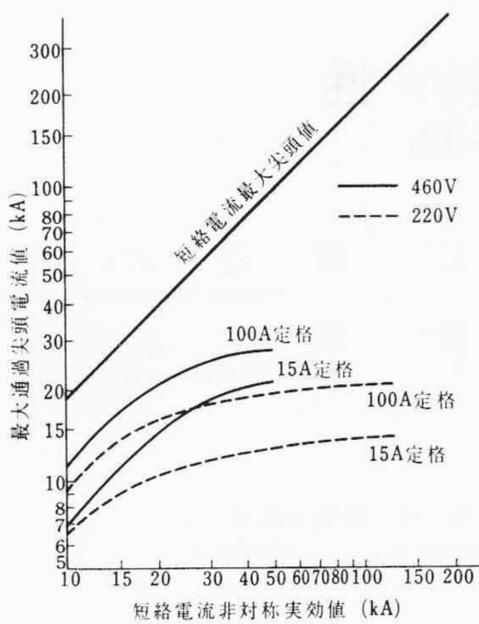
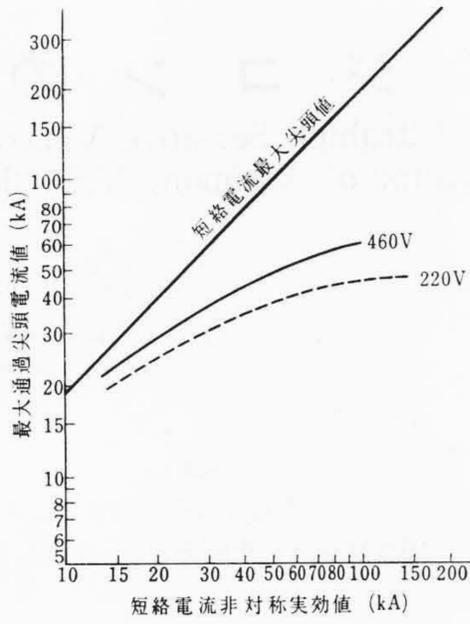


図7 遮断試験オシログラム



KS100A-Lフレーム



400A-Lフレーム

図8 限流特性

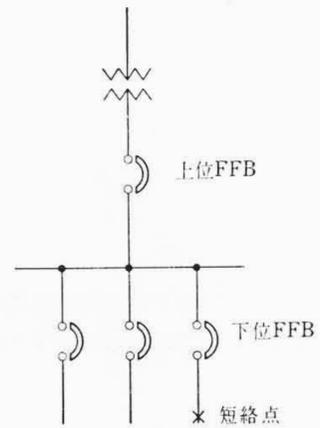


図9 カスケード接続

を図7に示す。

5.3 限流特性

限流遮断の効果としては遮断器自身の遮断容量が大きくなるほかに、その回路に接続される電線および機器に与える電磁的ストレスおよび熱的ストレスを軽減することができる点に大きな特長がある。

図8は限流形FFB2機種の限流特性を示したものである。

6. カスケード遮断⁽²⁾への適用

FFBは小フレームのものほど開極までの時間遅れが少なく、図9に示すような直列接続をした場合必ず下位のFFBが先に開極動作を開始するため下位の小フレームの遮断容量の不足を上位のFFBで補うカスケード遮断はむずかしく、2点遮断による効果もほとんどないのが普通である。

しかし実際の需要の面では30A、50Aフレームなどの小フレームのものの使用量が非常に多く、経済性の点からFFB同士のカスケード遮断が久しく望まれてきた。

この点今回開発した限流形FFBは開極動作がきわめて早く行なわれるため下位のFFBとの2点遮断効果が付加されカスケード遮断がじゅうぶん可能となる。

上位FFBとしてKS100A-Lフレームを、下位FFBとして標準のKS30A、KS50Aフレームと組み合わせた場合の遮断容量は表3に示すとおりであるが、これだけの遮断容量が得られることは現在の電気設備状況から見て大部分のケースをカバーできるわけで、

表3 カスケード接続の遮断容量

下位FFB	上位FFB	KS100A-L (460V 50,000A) (220V 125,000A)
	400V級	KS50A* (1,500A)
200V級	KS30A (2,500A)	50,000A
	KS50A (5,000A)	50,000A**

注：1. ()内数値はFFB単独の遮断容量
2. * ケース、カバーを強化したもの
3. ** 遮断試験状態より、さらに大きいと思われるが未確認

需要量も多いため経済的效果はきわめて大きい。

7. 結 言

以上述べたように電磁反発機構の採用により、簡単な構造で、コンパクトで、しかも飛躍的に大きくなった遮断容量を持つFFBを開発することができた。

開発期間中終始懇切な指導を賜った上司のかたがたおよび試験を担当された各位に対しつつしんで感謝の意を表す。

参 考 文 献

- (1) G. Hillebrand, A. Reiss: AEG Mitteilungen, 120 (1963)
- (2) 和田: 電設工業 15, 43 (昭44-5)