UDC 621.316.573+621.316.573:621.31-78

究極のモジュール化を実現したツインブレーカ

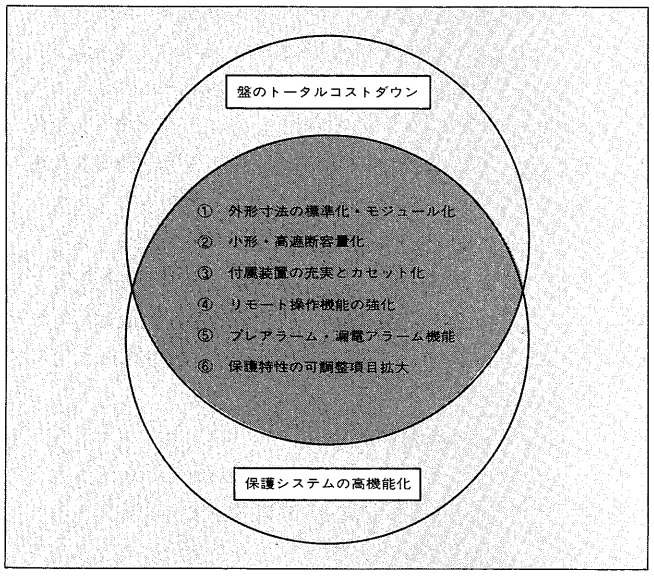
小塙 明比古(こはなわ あきひこ)　井出 安俊(いで やすとし)

1 まえがき

現代の生活，産業を支える基盤としての電気エネルギーの重要性はますます大きくなっている。しかも，昨今のインテリジェントビルやFA工場の本格化に見られるように，多くの産業システムが，情報化による高効率をめざして複雑・多様化している。これに伴い，システムを動かすエネルギー源としての電気は，あたかも空気や水のようにいつでも安定して供給されることが当然であると思われてきている。

一方，電気設備側からみれば，このような状況に対応するために信頼性の向上や需要家の使い勝手の改良をめざした技術開発，あるいは，より複雑化する設備のトータルコストダウンに寄与する提案がなされてきた。特に，需要家にとって最も身近で，しかも数多く使用される低圧配電設備に対しては顕著である。例えば，低圧配電盤の主要コンポーネントである配線用遮断器（以下，MCCBと記す）および漏電遮断器（以下，ELCBと記す）では，**図1**に示すような製品の改良が進められてきている。

図1　MCCB，ELCBの製品改良動向



富士電機では，こうした技術動向を踏まえ，さらに長年の経験で蓄積した技術を集大成して，まったく新しい発想による富士オートブレーカ（以下，FABと記す），および富士漏電遮断器（以下，ELBと記す）の新シリーズを開発した。この新シリーズは，225Aフレーム以下の全機種をフルモデルチェンジするもので，新しい発想を的確に表現するために，「ツインブレーカ」と命名した。

本稿においては，ツインブレーカの特長，仕様，構造などについて，その概要を紹介する。

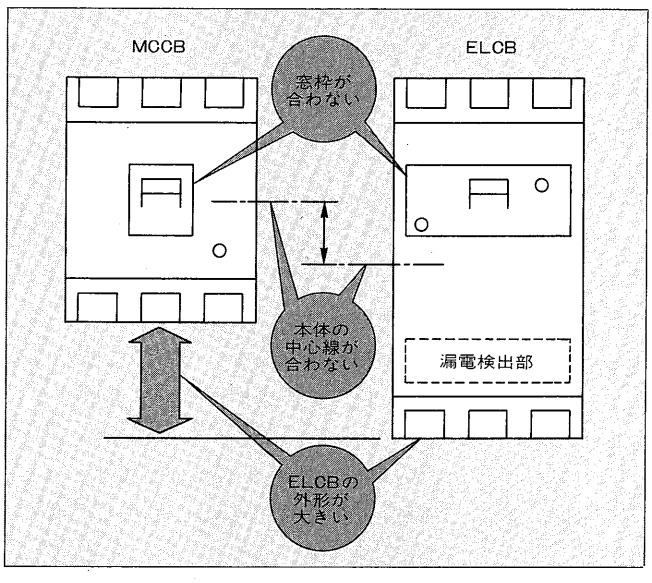
2 ツインブレーカのねらいと特長

2.1 MCCB，ELCBの現状

図2は，現在一般的に使用されているMCCBとELCBの外形の相違を示すものである。ELCBは，MCCBに漏電引外し機能を付加した遮断器として発展した経緯から，MCCBの負荷側に漏電検出部（零相変流器＋電子回路）を追加した構造として設計されてきた。

したがって，配電盤に設置される場合には，①MCCBと

図2　現行のMCCBとELCBの相違点



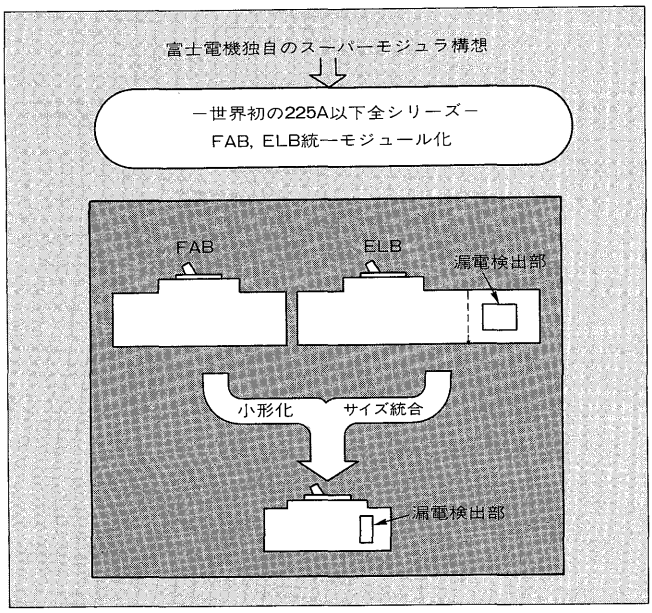
小塙 明比古

昭和48年入社。配線用遮断器の設計に従事。現在，吹上工場器具設計部課長。

井出 安俊

昭和48年入社。漏電遮断器の開発・設計に従事。現在，大田原工場設計部課長。

図3　ツインブレーカ開発のコンセプト



ELCBの取付中心線や，操作部の窓枠が合致しない，②ELCBのみ大形となる，など配電盤を構成する上での不都合が生じている。最近，複雑化する設備に対する安全性の向上の要求からELCBを設置するケースが増えており，MCCBとELCBが同一配電盤に混在して使用されるのが普通となってきた。こうした場合には，上述の不都合が盤の設計，製作，変更を煩雑にしており，今後の設備のトータルコストダウンを進める観点からも，この問題点の解消は需要家各位の遮断器メーカーに対する「潜在ニーズ」として重要なこととなっている。

2.2　究極のモジュール化を実現したツインブレーカ

ツインブレーカは，従来のMCCB，ELCBの概念を一新する新しいタイプの低圧過電流遮断器であり，図3に設計のコンセプトを示す。

ツインブレーカは，世界で初めて，30Aフレームから225AフレームまでのFABとELBの外形寸法を統一するとともに大幅なコンパクト化を行い，「究極のモジュール化」を実現したものである。このコンセプトは，1980年代の初めに富士電機独自の構想によりデプス60シリーズとして，低圧遮断器のモジュール化に先べんをつけた「盤面からの高さを60mmに統一」という特長を引き継ぎ発展させたものである。

ツインブレーカの名は，FABとELBの間で，同一の寸法，定格，および遮断容量の製品が経済形シリーズから高性能形シリーズまで完全にペアでそろうので，双子の英文字「TWIN」にちなんで付けた。また，この商品開発の基本的な姿勢を表現した下記項目の英文頭文字「TWIN」をつづったものである。

Trustworthy　：信頼性
World-wide　：国際性
Initiative　：先進性
New mechanism　：新技術

図4　ツインブレーカシリーズ

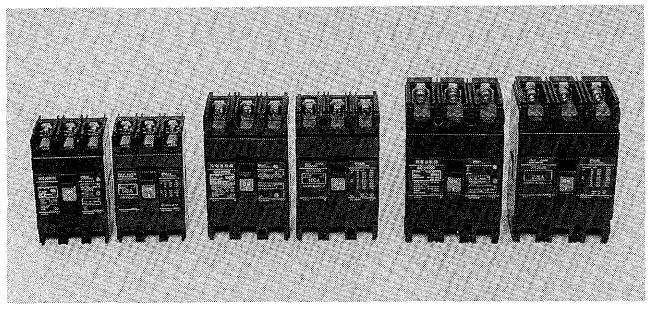
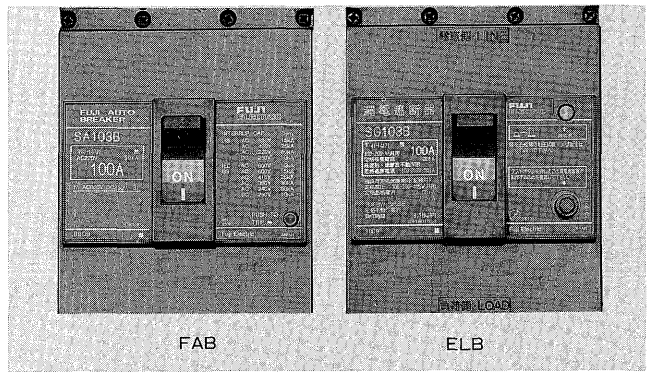


図5　ツインブレーカの前面デザイン



2.3　ツインブレーカの特長

図4，**図5**に外観を示すように，開閉状態の色による表示，銘板およびテスト・漏電表示ボタンなどを遮断器前面の窓枠部分に集中的に配置した機能的なデザインを採用するなど，マンマシンインタフェースの向上を図った。ツインブレーカの主な特長を以下に述べる。

(1)　FABとELBの外形・仕様の統一

30Aフレームから225Aフレームまで富士電機のFAB，ELB全シリーズにおいて，外形寸法の異なるフレーム数が従来の15機種から7種類に大幅に削減される。しかもELBには高性能形シリーズが追加されたので，配電盤の設計・製作の管理工数を削減しながらよりワイドな遮断器の適用が可能となる。

(2)　各フレーム間での基本寸法のモジュール化

遮断器の盤面からの高さ，窓枠寸法，および端子高さを統一したので盤設計，製作の合理化が可能となる。また，設備運転後でもFABとELBの変更・交換の要求に対して柔軟に対応できる。

(3)　コンパクト・高遮断容量化

富士電機独自のAD技術（Active-Arc Driving Technique）を開発，採用して高速・高限流遮断を実現し，単位体積あたりの遮断容量の大幅アップを達成した。これにより電源容量の増大に対してもより経済的に適用できる。**図6**に，ツインブレーカによる適用範囲拡大の一例を示す。

(4)　国際商品化

FABの標準品がIEC，BS，VDEなどの国際規格や外国規格に適合しており，主銘板に併記されている。また，IEC規格に準拠した開閉表示も採用している。定格電流の可調整形FABや接続方式のバリエーションなど，外国向けの

図6　ツインブレーカの適用範囲拡大（ELBの場合）

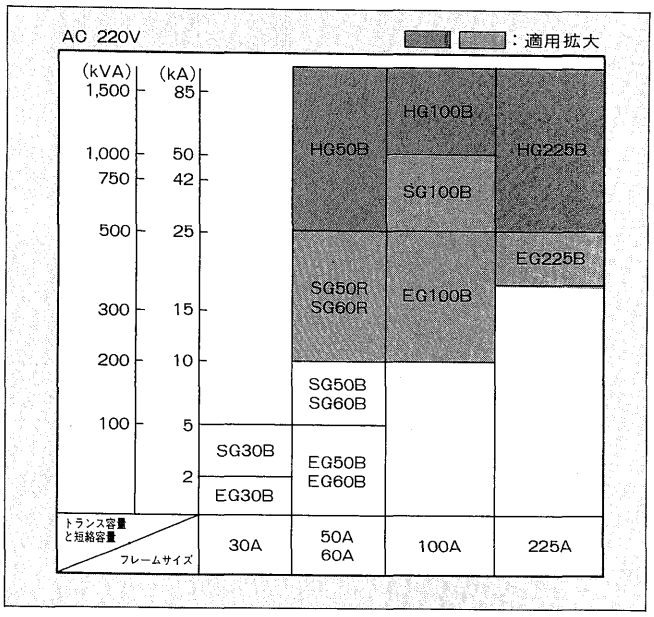
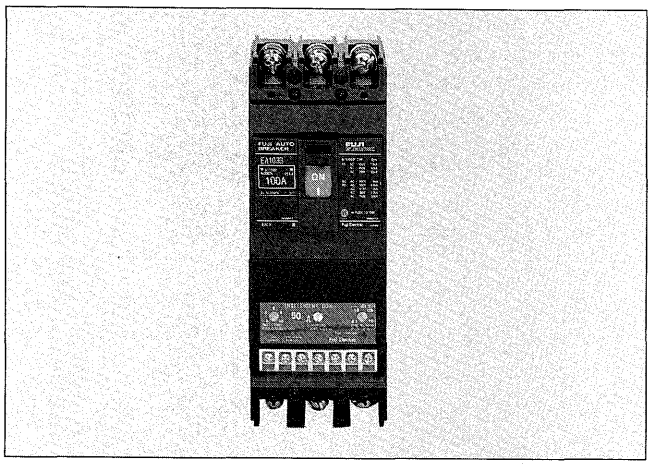


図7　電子式ツインブレーカの例



仕様の充実を図った。

(5)　豊富なオプション類と応用製品

ツインブレーカのモジュール化の効果をより拡大し，操作性，安全性などのユーザーインタフェースの向上を図ることをねらいとしたオプションをそろえている。特に，内装付属装置のリード線引出し，リモート操作装置，外部操作ハンドル，絶縁カバー類に特長をもたせている。

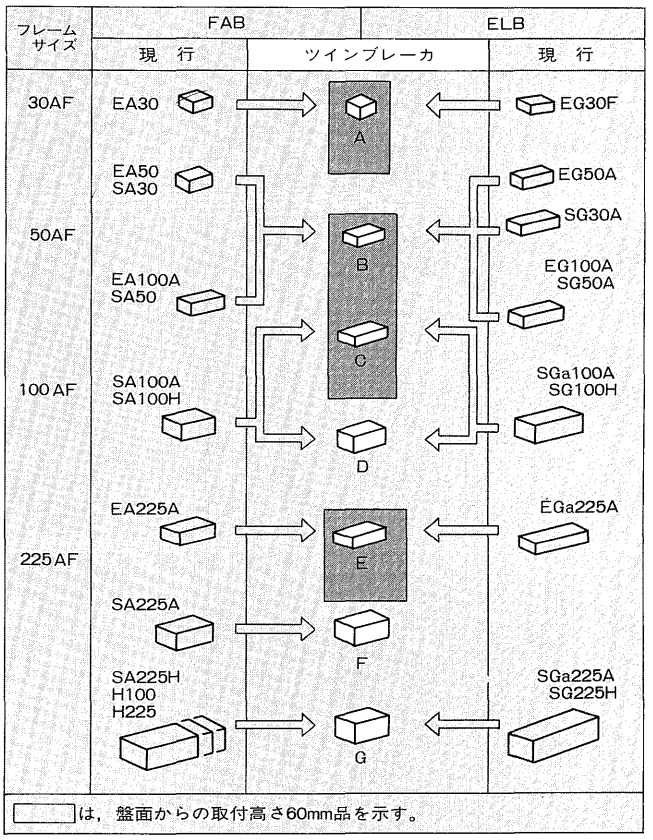
また，**図7**に示すようなツインブレーカの負荷側に電子式リレーを一体に取り付けた応用品が製作可能で，過電流引外し特性の可調整機能およびプレアラーム出力機能などを持つ電子式FAB，ELBとしても適用できる。

3　外形寸法の統一とモジュール化

3.1　機種統合を実現したツインブレーカ

現行の30Aフレームから225AフレームまでのFABおよびELBのシリーズにおいては，遮断容量と定格電流の違いに加えて，ELBの外形寸法がさらに異なるため，取付，大きさの違う合計15種類のフレームがある。

図8　新シリーズにおける機種統合



ツインブレーカにおいては，FAB，ELB合わせてわずか7種類に統合した。**図8**は現行シリーズからツインブレーカシリーズへのフレームの統合を示すものである。特にBで示されたフレームに相当する現行FAB，ELBシリーズは，合わせて5種類のフレームで構成されていた。これらは100A以下の最も需要が多いフレームであり，ツインブレーカでは，これを1種類に統合した。したがって，Bで示されたフレームは，機能統合の効果が最も顕著に現れるものであり，ツインブレーカシリーズの大きな特長の一つである。

3.2　ツインブレーカの機種構成

ツインブレーカは，**図9**に示すように用途および仕様別に分電盤ツインブレーカ，汎用ツイン60ブレーカ，および高性能ツインブレーカの3種類に大別される。

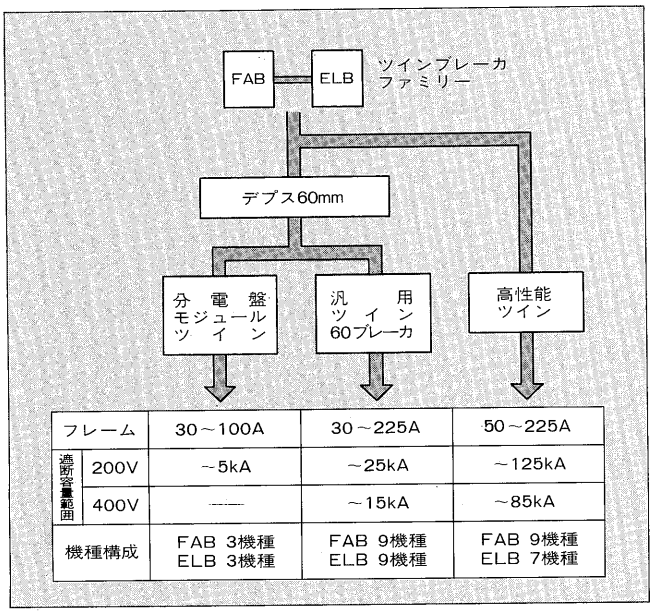
(1)　分電盤ツインブレーカ（**図8**のAで示すフレーム）

主要寸法をJIS C 8370の協約形配線用遮断器に合わせたツインブレーカである。30Aフレームから100Aフレームの6機種で構成され，主に100V，200 Vの電灯分電盤および動力分電盤に使用される。ワンタッチ取付ができる連結板への取付が可能，あるいはIEC35mmレールへの取付が可能などの特長を有している。**図10**に外観を示す。

(2)　汎用ツイン60ブレーカ　（**図8**のB，C，Eで示すフレーム）

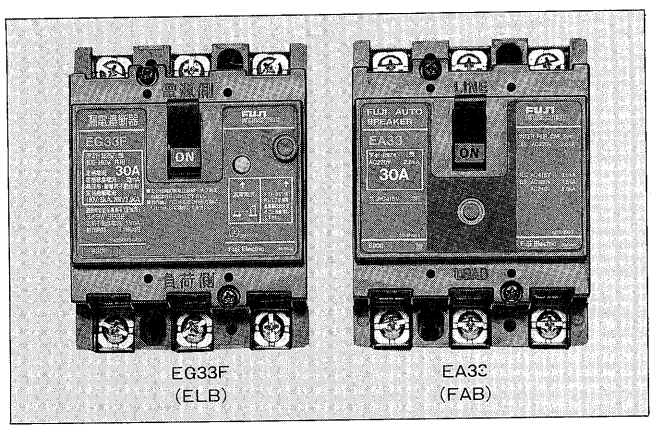
JIS C 8480「キャビネット形分電盤」の最大短時間電流区分に適合する遮断容量を有し，盤面からの取付高さを60 mmに統一したツインブレーカである。30Aフレームから

図9　ツインブレーカの構成



		分電盤モジュールツイン	汎用ツイン60ブレーカ	高性能ツイン
フレーム		30～100A	30～225A	50～225A
遮断容量範囲	200V	～5kA	～25kA	～125kA
	400V	――	～15kA	～85kA
機種構成		FAB 3機種 ELB 3機種	FAB 9機種 ELB 9機種	FAB 9機種 ELB 7機種

図10　分電盤ツインブレーカ



225A フレームの18機種で構成され，電灯分電盤および動力分電盤の主力コンポーネントとしてワイドな選定が可能である。ツインブレーカの特長が最も生きるシリーズである。**図11**に代表的機種の外観を示す。

(3)　高性能ツインブレーカ　（**図8**のD，F，Gで示すフレーム）

220V 125kA，460V 85kA，までの高遮断容量をカバーする高性能限流形ツインブレーカである。50A フレームから225A フレームの16機種で構成される。現行品では対応できない高遮断容量の ELB も系列に加えたことで，大容量設備の配電盤構成が容易になる。

盤面への取付投影面積は，汎用ツイン60ブレーカと同一となるようコンパクト化した。高遮断容量を実現するため盤からの取付高さを汎用ツイン60ブレーカより高くとっている。**図12**に225A フレームの FAB，ELB の外観を示す。

3.3　主要寸法の統一

FAB，ELB の主要寸法の統一は，盤の設計，製作，および盤の美観に対して大きな影響を及ぼす。したがって，ツインブレーカでは，この主要寸法の統一を徹底して行った。

図11　汎用ツイン60ブレーカ

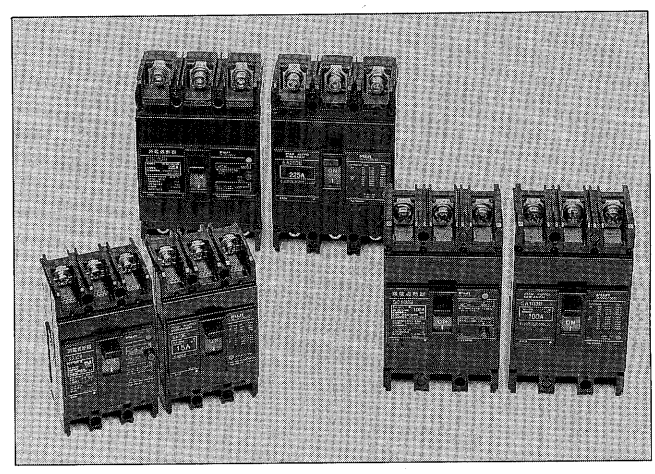


図12　高性能ツインブレーカ

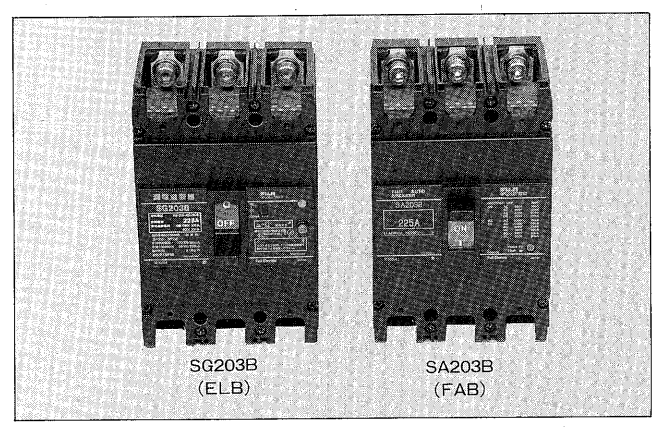


図13に汎用ツイン60ブレーカの統一された主要寸法を示す。FAB と ELB の同一外形化という基本的な統一に加えて，盤面からの高さ60mm，ハンドル窓枠幅50mm，および端子の高さ24mm などの統一を図ってある。

なお，ツインブレーカのハンドル窓枠形状については，現行の ELB と同様に，ハンドルと銘板を盤面から出す大きな窓枠に統一した。ただし，現行の FAB で用いられているハンドルだけを盤面から出す方式も可能とするため，窓枠面を 2 段構造としている。

3.4　外形寸法のモジュール化

分電盤ツインブレーカ，および汎用ツイン60ブレーカの経済形100A フレーム以下においては，前述の主要寸法がすべて同一である上に，さらに幅寸法を 1 極あたり25mm としたモジュール化を実現した。したがって，盤の加工はもとより，配線を行う場合にもきわめて合理的な構成とすることができる。特に，FAB と ELB が混在した分電盤においては，現在の盤構造を根本的に簡素化できる可能性を持っている。**図14**に汎用ツイン60ブレーカ（経済形100A フレーム以下）を密着して配列した状態を示す。

3.5　コンパクト化

ツインブレーカは，現行シリーズと比較して小形化されている。特に ELB においては，FAB との外形寸法の統一

図13　主要寸法の統一

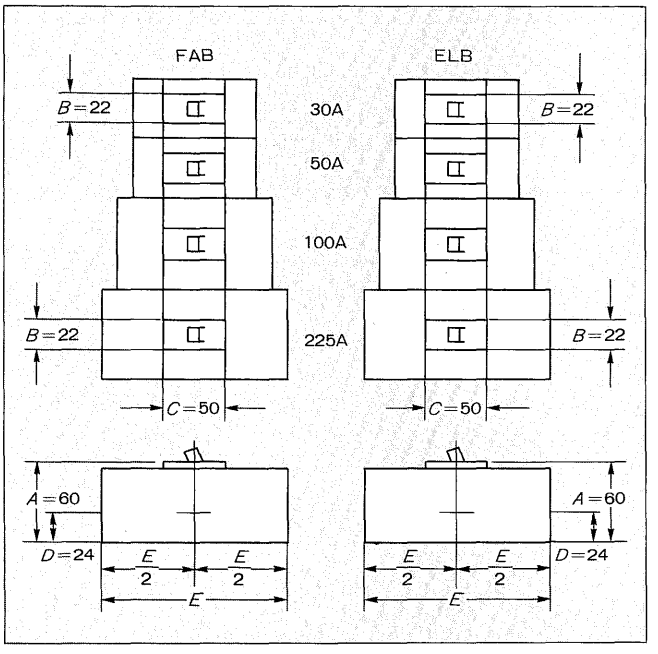
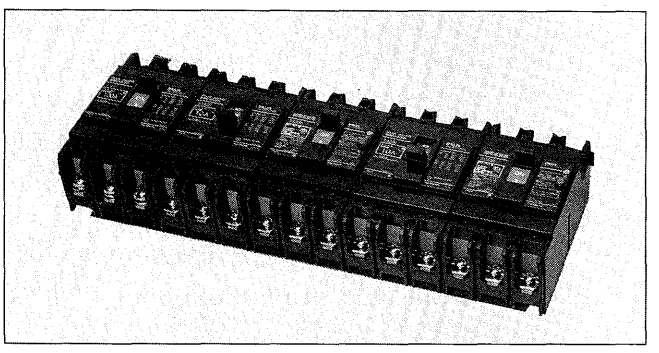


図14　外形寸法のモジュール化（経済形100Aフレーム以下）



化で大幅な小形化が実現した。**図15**は経済形100A フレームのツインブレーカと現行品との比較を，また**図16**は汎用形225Aフレームのツインブレーカと現行品との比較を示す。

4　主要寸法の統一とモジュール化の効果

4.1　盤の設計，製作の簡素化

FAB と ELB の外形寸法統一の実現は，盤の設計，製作に大きな変化をもたらすものと思われる。すなわち，ツインブレーカを用いれば盤の設計，製作は，遮断容量，定格電流，および回路数が決まれば進めることができ，最後に FAB と ELB の別，あるいは両者の詳細な仕様に基づいた選定が可能となる。したがって，盤の標準化および短納期化に貢献でき，盤の CAD 設計，自動製作の推進に寄与できる。**図17**はその具体例を示すもので，現行シリーズの外形，取付穴，およびハンドル窓枠の形状パターン数が，ツインブレーカにおいては，それぞれ1/3以下へと統一されている。

4.2　仕様変更への対応が容易

ツインブレーカでは，ある仕様の FAB に対応する同一外形の ELB が存在するため，盤の製作途中での指定変更

図15　ツインブレーカと現行シリーズの外形比較（100Aフレームの例）

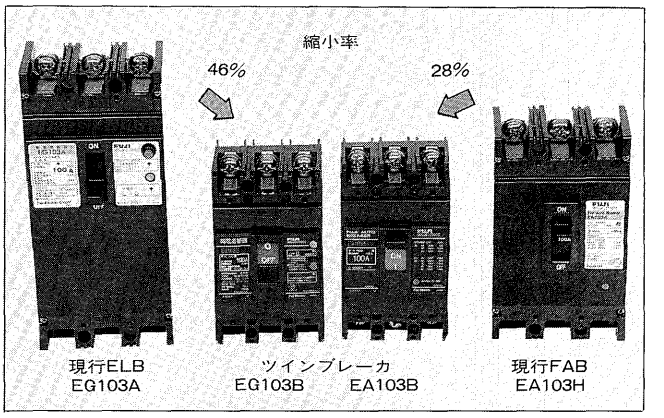


図16　ツインブレーカと現行シリーズの外形比較（225Aフレームの例）

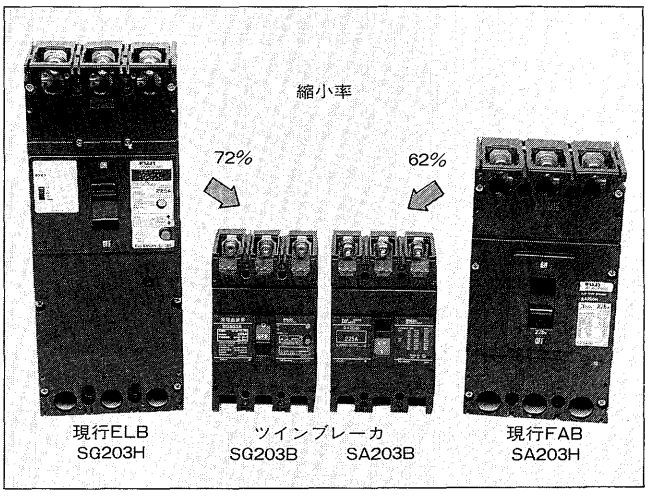
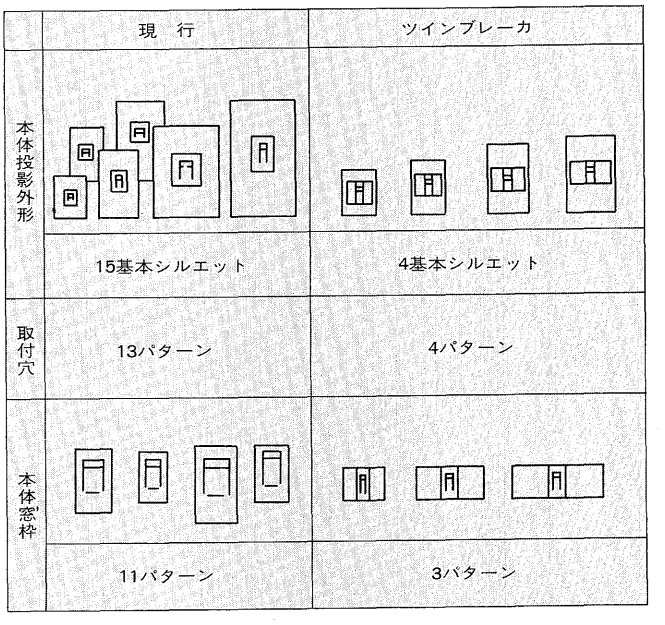


図17　外形寸法統一による寸法パターンの削減



や，すでに設置された後に，負荷の移設などによって生ずる FAB から ELB への変更要求や，その逆のケースに対してきわめて容易に対応することが可能である。特に，分電盤ツインブレーカおよび汎用ツイン60ブレーカの経済形100A フレーム以下については，30～100A フレームがすべ

て同一外形に統一されているため，仕様変更への対応は，さらに容易なものとなり，保守性もきわめて向上する。

4.3 短納期対応

(1) 付属装置の共用化

FAB と ELB の付属装置は，補助スイッチ，警報スイッチなどの本体内部に装着される内装付属装置と，外部操作ハンドル，鉄箱などの本体外部に装着される外装付属装置がある。ツインブレーカにおいては，上述の付属装置が FAB と ELB でまったく同一のものが使用できるため，選定が容易になるばかりでなく，納期短縮あるいは在庫圧縮に貢献できる。

(2) 部品の共用化

ツインブレーカでは，FAB と ELB の部品の共用化につ

図18 ツインブレーカと現行品の部品点数と定格数の比較

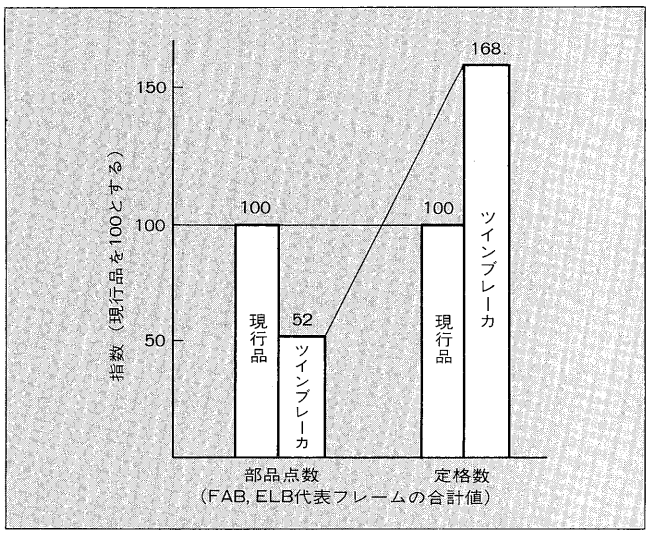
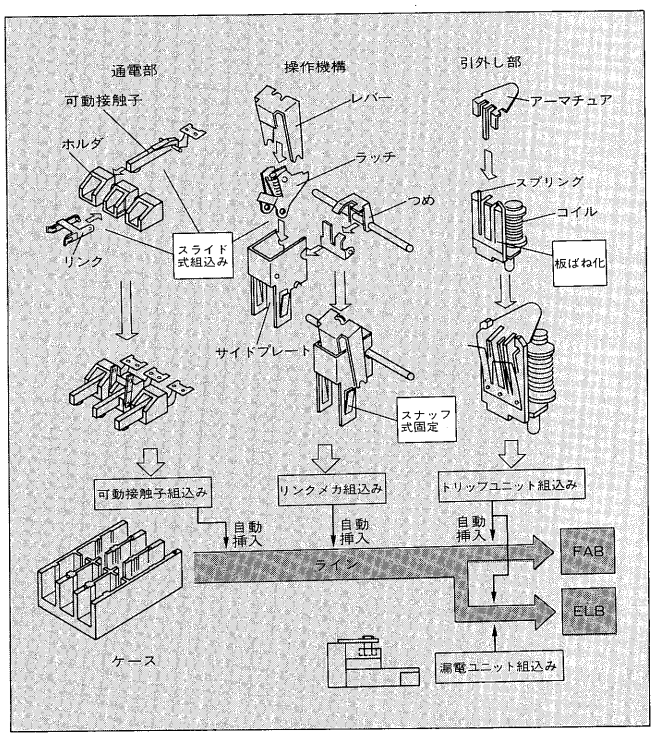


図19 組み立てやすい製品構造



いても徹底的に追求した。**図18**は，ツインブレーカのなかの一つのフレームを例にとり，部品点数と製品の定格数の関係を現行品と比較したものである。図からわかるように，より少ない部品点数でより多くの製品定格を網羅している。また，**図19**に示すように自動組立のしやすさの追求により，高いレベルで品質を均一化しながら CIM 化された新しい生産システムに対応できる製品とした。今後ますます厳しくなる短納期要求に十分対応できると考える。

5 表示の改善

ツインブレーカにおいては，ハンドルの開閉状態が遠くからでも一目で確認できるように，色による開閉表示を行った。**図20**に示すようにハンドル部にオン状態で赤色，オフ状態で緑色が表示される(IEC に準拠)。また，過電流や漏電によってブレーカが動作した場合は，赤色と緑色の双方が同時に表示される。さらに，色による表示とともに，従来の ON－OFF の文字と IEC 規格に準拠した I－O の文字も同時に表示される。

ツインブレーカ本体の銘板は，オレンジ色を基調とした新しいデザインに一新したので盤のイメージアップが図れる。なお本体の銘板は形式仕様と定格遮断容量の表示を別々にし，かつ形式は FAB, ELB のシリーズ別に色分けをした。形式の文字が，緑色は経済形シリーズ，黄色は汎用形シリーズ，灰色は汎用形・高遮断容量シリーズ，赤色は高性能シリーズを示す。

また，制御回路電源を必要とする付属装置の仕様を明示する銘板は，制御回路電圧により色分けしたので適用電圧のチェックが容易となる。

6 ツインブレーカの定格と仕様

ツインブレーカは，電源設備の容量に合わせて最も経済的な適用が図れるようワイドなバリエーションをそろえている。FAB, ELB ともに経済形 (E シリーズ)，汎用形 (S シリーズ)，および高性能形 (H シリーズ) で構成される。それぞれのシリーズにおいても，豊富な定格と仕様を整備したため，寸法を統一したにもかかわらず適用範囲が広くきめ細かな選定が可能である。**表 1** および**表 2** にツインブ

図20 ハンドルの開閉表示

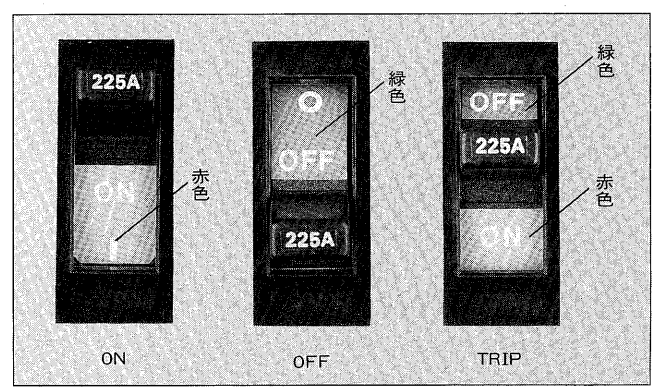


表1　FABの定格と仕様（三極品の場合）

フレーム			30	50		60		100		225	
E	基本名称		EA30	EA50A	EA50B	EA60B		EA100F	EA100B	EA225B	
	極　数		3	3	3	3		3	3	3	
	定格電流(A)		3,5,10,15,20,30	5,10,15,20,30,40,50	5,10,15,20,30,40,50	60		60, 75,100	50, 60, 75,100	125,150,175,200, 225	
	定格絶縁電圧(V)	AC	415	415	660	660		415	660	660	
		DC	–	–	250	250		–	250	250	
	定格遮断容量(kA) JIS(sym)	AC550V	–	–	1.5	1.5		–	7.5	10	
		AC460V	–	–	2.5	2.5		–	10	15	
		AC220V	2.5	2.5	5	5		5	25	25	
		DC250V	–	–	2.5	2.5		–	5	10	
	外形寸法(mm)	幅	75	75	75	75		75	75	105	
		高さ	96	96	130	130		130	165	165	
		深さ	60	60	60	60		60	60	60	
S	基本名称		SA30B	SA50B	SA50R	SA60B	SA60R	SA100B	SA100R	SA225B	SA225R
	極　数		3	3	3	3	3	3	3	3	3
	定格電流(A)		3,5,10,15,20,30	5,10,15,20,30,40,50	5,10,15,20,30,40,50	60	60	15,20,30,40,50,60,75,100	15,20,30,40,50,60,75,100	125,150,175,200, 225	125,150,175,200, 225
	定格絶縁電圧(V)	AC	660	660	660	660	660	660	660	660	660
		DC	250	250	250	250	250	250	250	250	250
	定格遮断容量(kA) JIS (sym)	AC550V	1.5	5	7.5	5	7.5	15	35	18	35
		AC460V	2.5	7.5	10	7.5	10	25	42	25	42
		AC220V	5	10	25	10	25	50	85	50	85
		DC250V	2.5	5	5	5	5	10	40	20	40
	外形寸法(mm)	幅	75	75	75	75	75	90	90	105	105
		高さ	130	130	130	130	130	155	155	165	165
		深さ	60	60	60	60	60	60	82	82.5	82.5
H	基本名称			H50B				H100B	H100R	H225B	H225R
	極　数			3				3	3	3	3
	定格電流(A)			15,20,30,40,50				15,20,30,40,50,60,75,100	40,50,60,75, 100	125,150,175,200, 225	125,150,175,200, 225
	定格絶縁電圧(V)	AC		660				660	660	660	660
		DC		250				250	250	250	250
	定格遮断容量(kA) JIS(sym)	AC550V		42				42	65	42	65
		AC460V		65				65	85	65	85
		AC220V		100				100	125	100	125
		DC250V		40				40	40	40	40
	外形寸法(mm)	幅		90				90	105	105	105
		高さ		155				155	165	165	165
		深さ		82				82	99	99	99

レーカの基本形式について，定格と仕様を示す。

7　ツインブレーカの構造と性能

ツインブレーカの開発は，配電盤の標準化の条件を整える一方，供給する側の富士電機では，多品種，短納期に対応する最適生産方式構築のための製品構成の条件を整えるねらいがある。したがって，構造決定にあたっては，当初から可能な限り小形化，モジュール化を追求したFABの体格の中に，ELBの機能を入れることをめざした。例えば，最も極端な例では，現行ELBの体積の30%に縮小する超コンパクト化が必要であった。

このため，遮断器の各構成要素を最小化するシミュレーションをCAD，および部分実験を駆使して実施した。**図21**にツインブレーカと現行の富士電機FAB，ELBとの体積比較を示す。

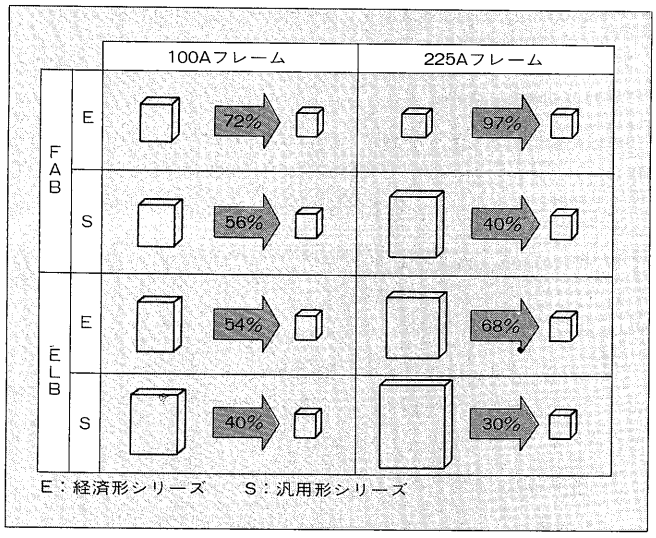
ツインブレーカの構造決定で特に注意した点や目標とした方針は，下記のとおりである。

表2　ELBの定格と仕様（三極品の場合）

フレーム			30		50		60		100		225	
EG	基本名称	高速形	EG30F	EG30B	EG50F	EG50B	EG60B		EG100F	EG100B	EG225B	
		時延形	–	–	–	–	–		–	EG100BD	EG225BD	
	極　数		3	3	3	3	3		3	3	3	
	定格電流(A)		5,10,15,20,30	5,10,15,20,30	5,10,15,20,30,40,50	5,10,15,20,30,40,50	60		60, 75, 100	60, 75, 100	125,150,175,200, 225	
	定格電圧*1(V)	AC	100-200共用	100-200-415共用	100-200共用	100-200-415共用	100-200-415共用		100-200共用	100-200-415共用	100-200-415共用	
	定格感度電流(mA)	高速形	15, 30	15, 30, 100	15, 30	15,30, 100/200	15,30, 100/200		30, 100/200	30, 100/200/500	30, 100/200/500	
		時延形	–	–	–	–	–		–	100/200/500	100/200/500	
	定格遮断電流(kA)	AC415V	–	1.5	–	2.5	2.5		–	10	15	
		AC200V	2.5	2.5	2.5	5	5		5	25	25	
	JIS(sym)	AC100V	5	5	5	5	5		5	25	25	
	外形寸法(mm)	幅	75	75	75	75	75		75	75	105	
		高さ	96	130	96	130	130		96	130	165	
		深さ	60	60	60	60	60		60	60	60	
SG	基本名称	高速形	SG30B		SG50B	SG50R	SG60B	SG60R	SG100B	SG100R	SG225B	SG225R
		時延形	–		–	–	–	–	SG100BD	SG100RD	SG225BD	SG225RD
	極　数		3		3	3	3	3	3	3	3	3
	定格電流(A)		5,10,20,30		5,10,15,20,30,40,50	5,10,15,20,30,40,50	60	60	15,20,30,40,50,60,75,100	15,20,30,40,50,60,75,100	125,150,175,200, 225	125,150,175,200, 225
	定格電圧*1(V)	AC	100-200-415共用		100-200-415共用	100-200-415共用	100-200-415共用	100-200-415共用	100-200-415共用	100-200-415共用	100-200-415共用	100-200-415共用
	定格感度電流(mA)	高速形	30,100/200/500		30,100/200/500	30,100/200/500	30,100/200/500	30,100/200/500	30,100/200/500	30,100/200/500	30,100/200/500	30,100/200/500
		時延形	–		–	–	–	–	100/200/500	100/200/500	100/200/500	100/200/500
	定格遮断電流(kA)	AC415V	2.5		7.5	10	7.5	10	25	42	25	42
		AC200V	5		10	25	10	25	50	85	50	85
	JIS(sym)	AC100V	5		10	25	10	25	50	85	50	85
	外形寸法(mm)	幅	75		75	75	75	75	90	90	105	105
		高さ	130		130	130	130	130	155	155	165	165
		深さ	60		60	60	60	60	60	82	82.5	82.5
HG	基本名称	高速形			HG50B				HG100B		HG225B	
		時延形			HG50BD				HG100BD		HG225BD	
	極　数				3				3		3	
	定格電流(A)				15,20,30,40,50				15,20,30,40,60, 75, 100		125,150,175,200, 225	
	定格電圧*1(V)	AC			100-200-415共用				100-200-415共用		100-200-415共用	
	定格感度電流(mA)	高速形			30,100/200/500				30,100/200/500		30,100/200/500	
		時延形				100/200/500				100/200/500		100/200/500
	定格遮断電流(kA)	AC415V			65				65		65	
		AC200V			100				100		100	
	JIS (sym)	AC100V			100				100		100	
	外形寸法(mm)	幅			90				90		105	
		高さ			155				155		165	
		深さ			83				82		99	

*1：時延形の定格電圧は200-415V共用

図21　ツインブレーカと現行品の体積比較



(1)　各機能要素のスペース配分の最適化

最小化シミュレーションの成果として，①漏電検出部の大幅小形化が可能，②縦長の省スペース開閉機構でも十分な操作力が得られる，などが判明したので，遮断器の性能に直結する消弧部の全体に占める体積比は縮小しない方針とした。

(2)　各機能要素のユニット化

オプション類も含めFAB，ELBの各構成要素をユニット化して注文仕様により組み合わせれば，最終製品となる設計を進めた。

(3)　新材料や新技術の導入

超コンパクト設計実現に向けて，積極的に新材料や新技術の開発を進めた。特に，①高強度モールド材の開発，②高速限流遮断機構の開発，③トランスレス漏電検出回路の開発，④通電部からリード線を排除したしゅう動接触子構造（225Aフレーム）の開発，がコンパクト化の基盤技術となっている。

(4)　小形化に対する信頼性，安全性の徹底的な確認

小形化により特に懸念される遮断器各部の温度上昇，接続電線範囲，端子部の絶縁処理などは，実器を用いて十分な検証を行っている。

7.1　全体の構成

図22に最小フレームサイズのツインブレーカ，**図23**に最大フレームサイズのツインブレーカの構造断面図を示す。最小フレームサイズでは，過電流引外し用電磁トリップ機構の真下に，最大フレームサイズは，引外し用バイメタルと負荷側端子の間に漏電検出ユニットを配置した。おのおののフレームで漏電検出部を配置した理由は，最小フレームでは電磁石ユニットと一体にしたカセット化が可能であるためである。**図24**のように，この部分の漏電検出ユニットを取り外すだけで，ELBがFABになる。最大フレームでは，漏電検出用の零相変流器の平衡特性に，影響が最も少ない貫通導体の配置とするためである。いずれの場合でも消弧部は，十分なスペースを確保していることがわかる。

図22　ツインブレーカ最小フレームの断面と現行品比較

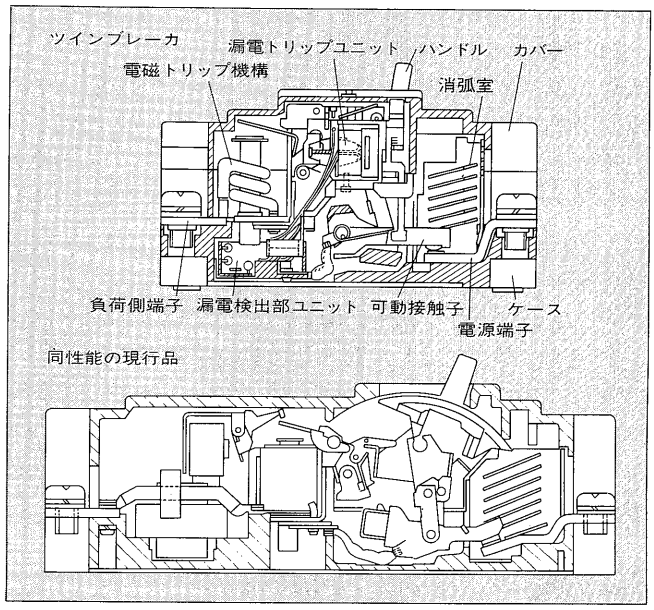


図23　ツインブレーカ最大フレームの断面とコンパクト化技術

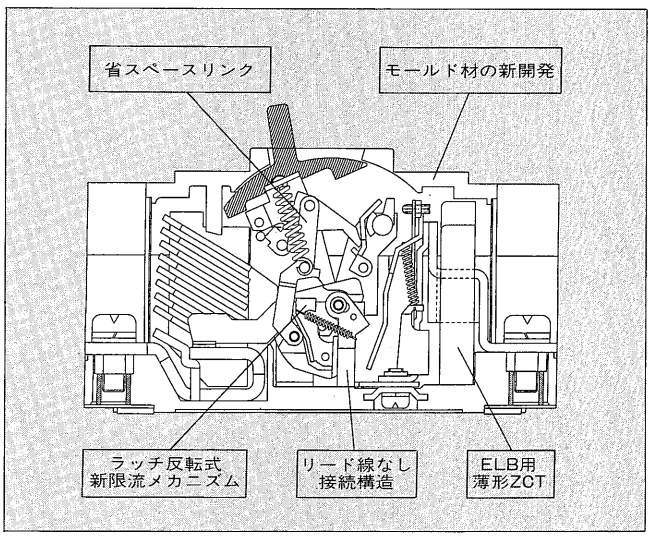
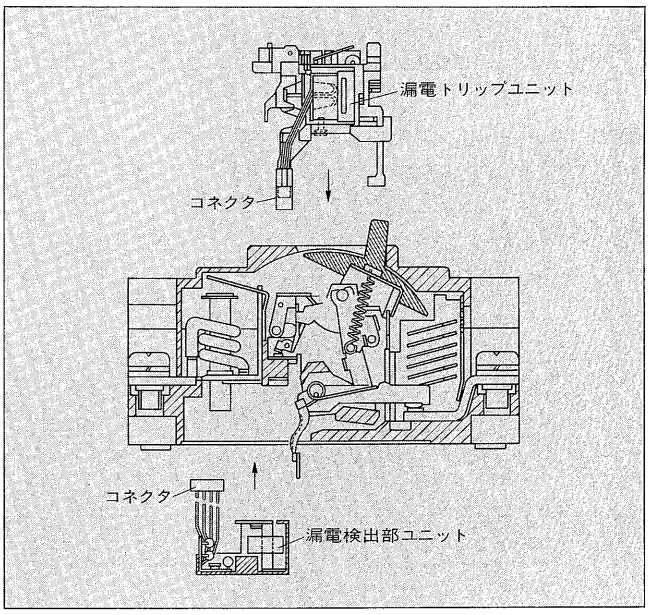


図24　ELBのユニット化構造



7.2 開閉機構部

開閉機構の原理は，4節のトグルリンク機構である。この動きは，リンクの腕となる部品の回転支点間距離と，支点位置の組合せ関係により複雑に変化する。このため，リンク機構の決定には，①関連動作するリンク腕の位置解析，②リンク機構を動かす主スプリング力の伝達荷重計算と，それに対抗する接点荷重や電流による電磁反発力とのつり合い検討，など多量の計算が必要である。

ツインブレーカの設計では，リンク機構の動作シミュレーション，およびそれに同期する投入荷重解析が可能なCADプログラムを開発し計算を実施した。**図25**は，縦長にスペースを制約した場合のツインブレーカのリンク機構のオフからオンへの動作移行解析と，それに同期した接点接触位置での投入可能荷重特性の解析結果である。**図26**は，オンからトリップ動作への移行解析結果である。

ツインブレーカの開閉リンク機構は，構造全体に対する専有面積を，20～30%縮小したにもかかわらず，接点投入力が現行比30%程度増大し，開極時間も約15%程度早くなり，余裕を持った接点開閉を可能としている。

また，リンク反転支点の位置を工夫して，主接点の位置とハンドルの位置表示が，いかなる場合でも一義的に対応するフェイルセイフのコンタクトオン機構とした。

また，このクラスのMCCB，ELCBとしては，初めて開閉リンク機構の非充電部化を**図27**で示す方法で実現したのでより一層安全性が向上した。

遮断器のハンドルは，マンマシンインタフェースの機能を持っているので内部の開閉機構のエネルギーと外部操作時の過大な操作力に耐える設計が必要である。ツインブレーカでは，ハンドルの形状もコンパクト化したため，過大な外部操作力に耐えられる形状を詳細に検討した。例として，**図28**のハンドルA部に示す円弧部に加わる応力の度合いを三次元有限要素法を成形品に対しても適用して解析した。これによりワイヤフレーム図形をベースに定量的評価ができたので，スリムで十分な強度を持つハンドルが実現した。

7.3 限流機構と遮断部

モールドケースを使用した低圧遮断器の遮断能力は，遮断時に発生するアークエネルギーによるストレスの処理限界によってほぼ決定される。このストレスは，急しゅんな

図25　オン→オフ動作解析と投入荷重例

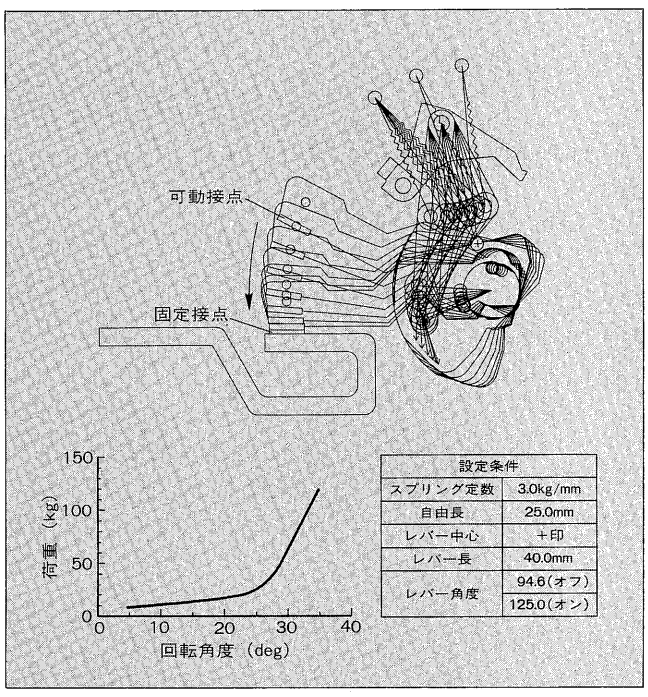


図26　オン→トリップ時のリンク動作解析例

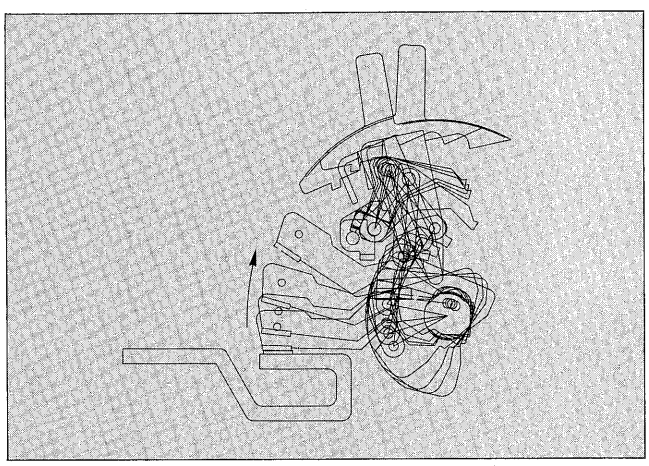


図27　開閉リンク機構の非充電部化構造

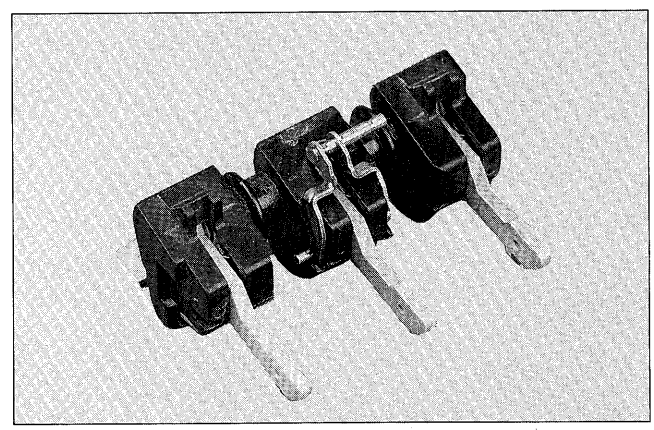


図28　ハンドルの応力解析図

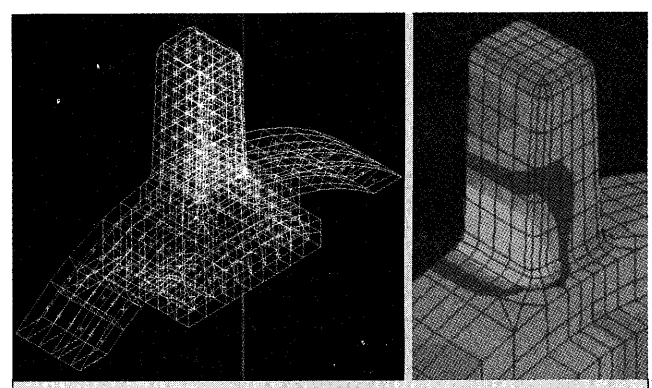


図29　限流遮断の原理

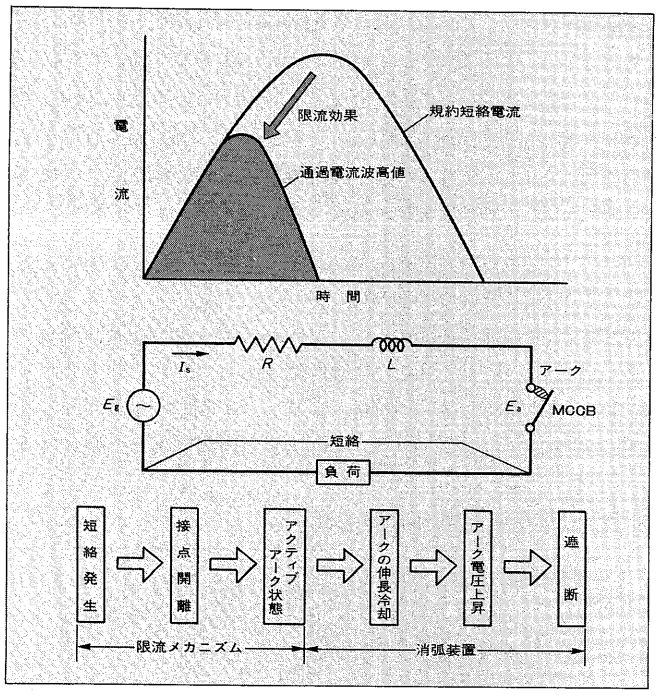
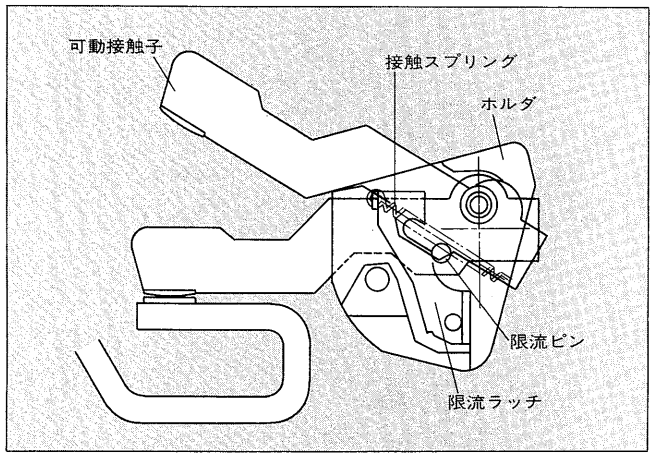


図30　ツインブレーカの限流機構



内部圧力の増大によるモールドケースの破壊や，高温による導電部材や絶縁部材の溶融・飛散により絶縁耐力の低下などを発生させる。

ツインブレーカは，超コンパクト設計を目標としたので，現行の遮断技術では前述のストレスにより発生する問題を解決できないことが予想された。したがって，ツインブレーカの開発にあたっては新しい限流遮断機構の追求や高強度モールド材の開発を行った。

図29に限流遮断の原理を示す。限流遮断では短絡遮断時，遮断器接点間に発生したアークを急激に冷却してアーク抵抗を増大させて，短絡電流自体を絞り込んで遮断するものである。現在のMCCBでは，アークの冷却のために消弧部に配置された有機物から発生させた気化ガスの圧力によるピンチ効果を利用したものが主流である。しかし，MCCBをさらにコンパクト化するには，一段とアークエネルギーを抑制した遮断が必要である。

富士電機では，その方法として短絡発生時点から冷却可

図31　限流機構の動作過程

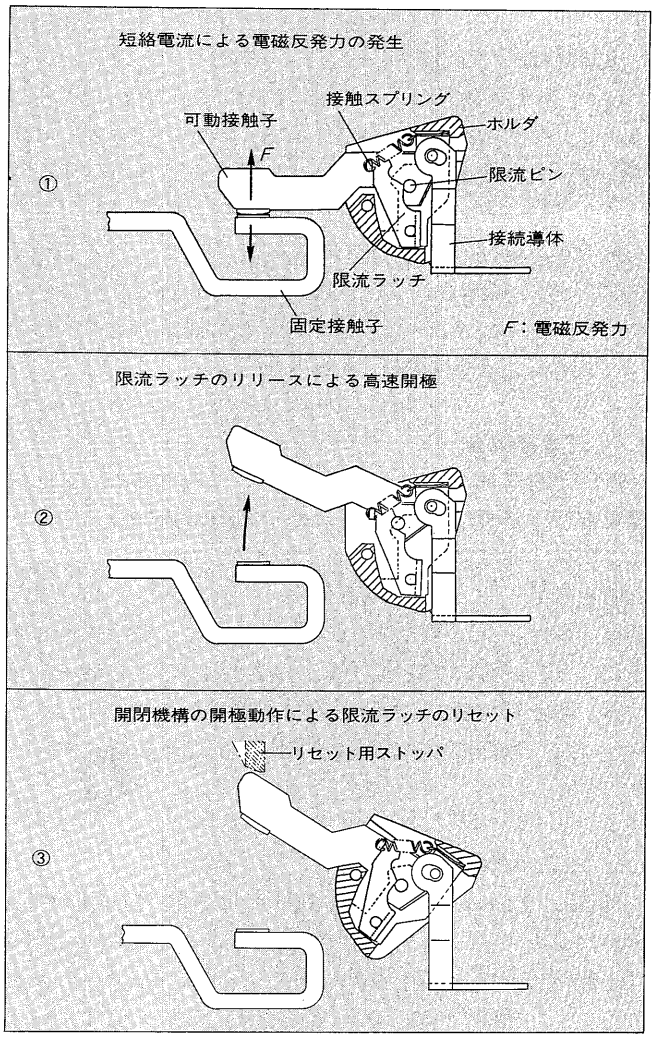
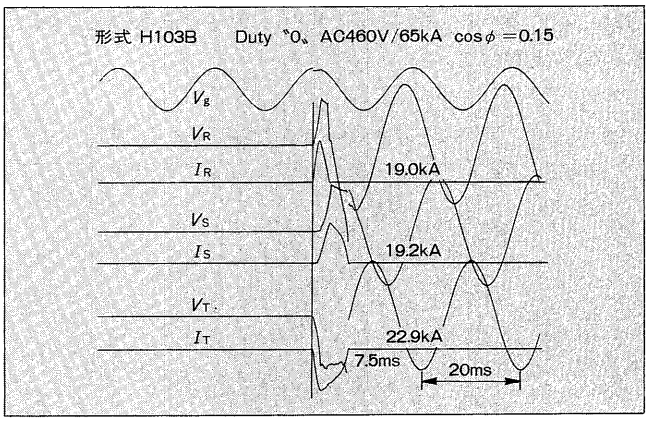


図32　遮断試験オシログラム



能なアークに移行する時間を短縮することが最も有効であるとの観点から，これを実現する機構開発に注力した。**図30**は，ツインブレーカ向けに開発された限流遮断機構を示す。短絡事故電流の急しゅんな増加によって接触子間に発生する電磁反発力を限流ラッチに集中させ，一定限度を超えると限流ラッチをリリースして，可動接触子を急速開極させるシステムである。限流ラッチが開極すると，接触スプリングの押し方向が反転し可動接触子は，開方向に駆動されるので，瞬時に安定して十分な限流開極スピードと距

離が得られる。**図31**にツインブレーカの限流動作過程を示す。

冷却が可能となった状態のアークをアクティブアークというが，富士電機では，上述の技術によって短時間(1～2 ms)でアクティブアーク状態にすることができるので，この方式をAD技術と命名した。**図32**にAD技術を駆使したツインブレーカH103Bの460V 65kA遮断時のオシログラムを示す。現行の同等機種に対して，電流ピークで20%，I^2tで45%も低減されAD技術が非常に有効であることがわかる。ツインブレーカは，限流遮断性能の向上により，バックアップ遮断協調範囲が拡大する。

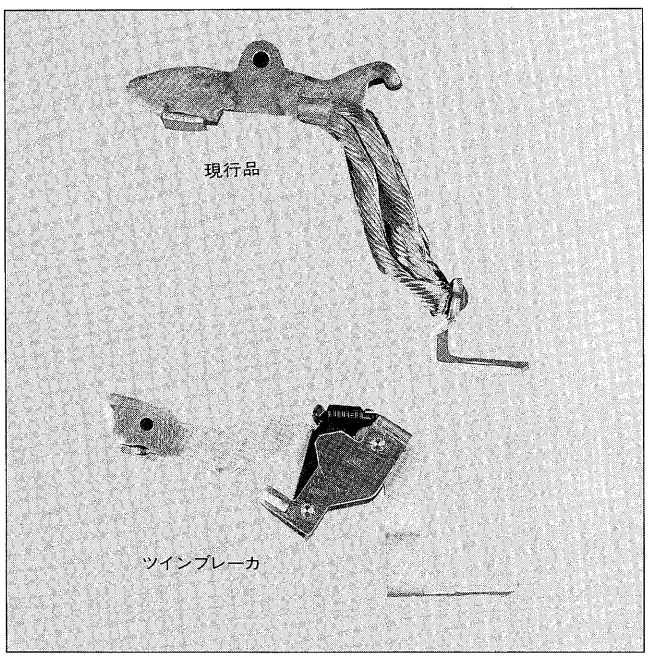
7.4 通電部構造

低圧遮断器をコンパクト化する場合，通電部の設計は，慎重に行う必要がある。特に，最も小形化された225Aフレームでは，通電部断面積と十分な接触圧力を確保した。高遮断容量品では，通電部断面確保と可動接触子の高速限流開極の動きをより容易にするため，**図33**に比較して示すように，リード方式の通電から，平行導体で可動接触子を受けるしゅう動接触方式を開発して温度上昇性能を現行どおりに維持しながら，コンパクト化と高遮断容量化を実現した。

7.5 ELBの漏電検出部

FABとELBの外形寸法を統一する上で，従来のELBの外形を大きくしていた漏電検出部の占有スペースをいかに小形化し，性能を確保するかが，大きな課題の一つであった。この課題を達成するために，零相変流器(以下，ZCTと記す)と貫通導体の省スペース構成，漏電検出回路の小形化，およびトリップコイルの小形・高効率化を追求し，**図34**に示すように，現行品に比べて10%から30%と大幅な縮小化を実現した。

図33　ツインブレーカ可動接触子通電部構造の現行品との比較



(1) ZCTと貫通導体の省スペース構成

図35は，ZCTおよびその貫通導体の構成例である。この構成はフレームによって異なるが，基本的な設計手法はZCTの製造方法の改良などにより薄形化するとともに，板状の貫通導体を最適配置して，省スペース化を図るものである。さらに，ZCT鉄心には高透磁率材料を用いて，安定した零相検出特性を確保する一方，適切なシールドで，十分な平衡特性を持たせた。

(2) 漏電検出回路の小形化

現行の漏電検出回路は，トランスを用いて増幅回路の電源を構成し，内蔵リレーの動作によりトリップコイルを駆動する方式であった。ツインブレーカの漏電検出回路はトランスおよびリレーを用いない方法を開発し，大幅に小形

図34　ELBの漏電検出部の小形化

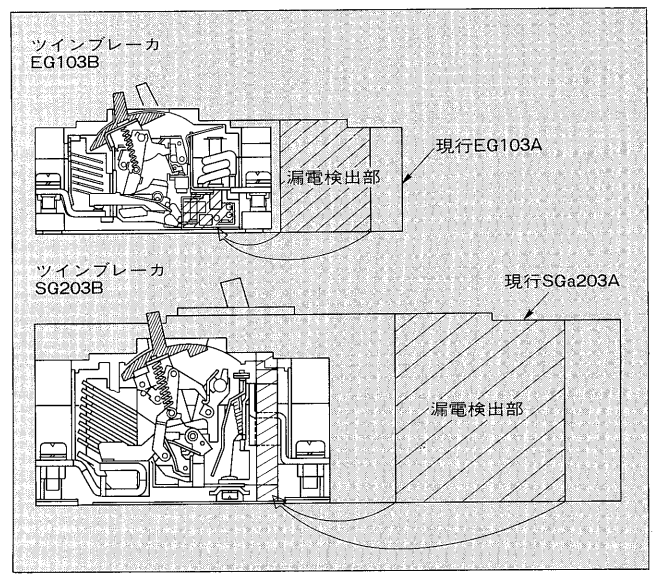
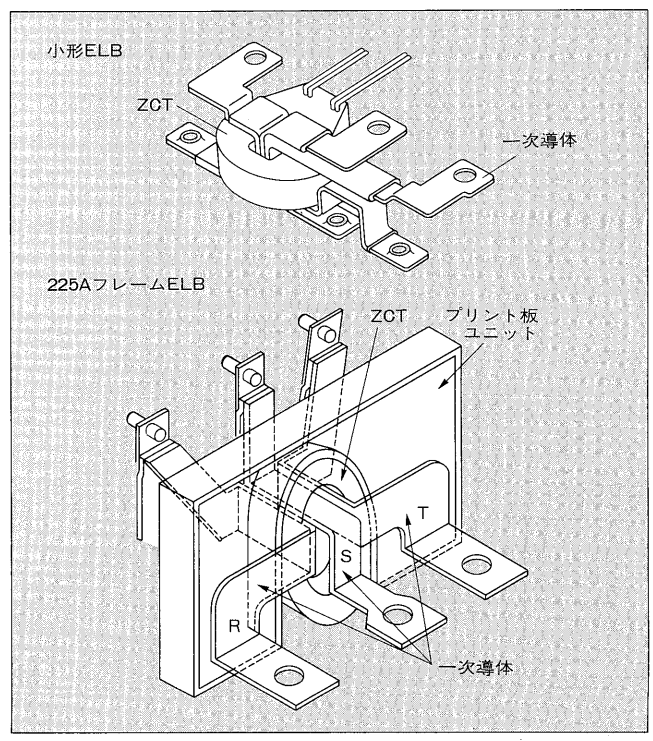


図35　ZCTと貫通導体構成例



化した。この条件として，回路の消費電流を最小限に維持する必要があるため，富士電機独自の電流制限回路の採用と低消費電流で動作可能な増幅回路の構成などの技術開発をした。また定格電圧範囲は，従来の200V-415Vから100V-415Vへ拡大させた。電子回路は，表面実装電子部品を用いた高密度実装プリント板とし，コンパクトで信頼性の高い構成とした。

(3) トリップコイルの小形・高効率化

ツインブレーカのトリップコイルは，低消費電流で駆動可能な磁気保持形を採用した。開発には，有限要素解析を駆使して，小形で機械的出力が大きく，しかも駆動VAが極小となる最適な磁気回路構成を追求した。また，永久磁石には高磁束で安定した性能の希土類永久磁石を採用している。

8 あとがき

富士電機では，電磁開閉器の新シリーズの発売に続き，本稿で紹介してきたように配線用遮断器，漏電遮断器についても新シリーズの開発を行った。両機種ともに長年にわたる使用実績を有する商品である。しかし，いかに使い慣れた商品といえども，その時代のニーズにマッチした変革の余地があることを本稿を通してご理解いただければ幸いである。この商品を開発するに至った考えは，電磁開閉器の新シリーズ開発と軌を一にするものである。すなわち，高度化，複雑化する電気設備に対して，より柔軟に対応するコンポーネントへの変革である。

ツインブレーカが低圧配電システムのさらなる発展に貢献できることを確信する次第である。今後とも需要家各位のご批判を仰ぎ，より一層の充実を図ってゆく所存である。

技術論文社外公表一覧

標題	所属	氏名	発表機関
A Statistical Approach to the Distribution of Break-down Points on Epoxy Resin Molded Insulation	富士電機総合研究所 〃	前田 孝夫 夏目 文夫	IEEE (6th ISH) (1989-9)
Three-Phase Current Source GTO Rectifier Adopting New PWM Control Techniques	技術第二統括部 富士電機総合研究所	岩堀 道雄 高坂 憲司	IEEE IAS Annual Meeting (1989-10)
New Power Transistor Module for Simple Snubber Network	松本工場 〃 〃 富士電機総合研究所	稲越 雄司 重兼 寿夫 小林 真一 三木 広志	PCIM '89 Conference (1989-10)
Study on Linear Reluctance Motor for Electromagnetic Levitation System	富士電機総合研究所	山口 仁	MAGLEV'89 (1989-7)
Properties of the Sputtered YBCO Films	富士電機総合研究所 〃 〃 〃 〃 〃	向江 和郎 室井 道人 鯉沼 裕司 岡村 祐子 津田 孝一 長野 恵	International Conference on Electronic Components and Materials (1989-11)
Electronic Structure at the Grain Boundaries in ZnO Varistors with Rare Earth Metal Oxides	富士電機総合研究所 〃	向江 和郎 津田 孝一	
Fabrication of YBCO/Barrier/YBCO Structure Junctions	富士電機総合研究所 〃 〃	松井 俊之 佐藤 則忠 向江 和郎	ISS '89 (1989-11)
Properties of Sputter-Deposited Y-Ba-Cu-O Thin Films	富士電機総合研究所 〃 〃 〃 〃 〃	室井 道人 岡村 祐子 鈴木 健 津田 孝一 向江 和郎 長野 恵	
Thermal Fatigue Failures of Large Scale Package Type Power Transistor Modules	松本工場 〃 〃	角 幸雄 大賀 公二 白井祺一郎	15th International Symposium for Testing and Failure Analysis (1989-11)

＊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。