UDC 621.316.57.064.25

24kV 富士Tシャルタの新シリーズ

New Series of 24kV Fuji T-type Minimum Oil Circuit Breakers

藤宮 和朗* Kazuro Fujimiya　丹野 長平* Chohei Tanno
渡辺 巌* Iwao Watanabe　西原 淳* Atsushi Nishihara

I. まえがき

富士Tシャルタは小形，高性能，高信頼性でかつ経済的であることという時代の要請にマッチした画期的なしゃ断器として，昭和42年に発売以来そのすぐれた特性が広く各方面から認められて，納入台数はすでに25,000台に達すると共に，3～30kVの中電圧回路における主流しゃ断器としての地位を確立するに至っている。

われわれは，これらの運転実績を基にして，さらにコンパクト化の追求，シリーズの拡充など引続き開発研究を行っているが今回，すでに実用期にはいった20kV級配電の合理化，縮小化に寄与すべく，現標準シリーズの65%（床面積，体積）に縮小化された24kV 12.5～40 kA 600～2,000A コンパクトシリーズ（HF515C シリーズ）と鉄鋼，その他の大容量プラント向けを対象とした24kV 40kA 3,000A，4,000Aという大容量器シリーズ（HF515シリーズ）の開発を完了し，24kV富士Tシャルタの“新シリーズ”として発売を開始したので，以下にその概要を紹介する。

II. 新シリーズの特長

従来の24kV Tシャルタシリーズと比較した新シリーズの特長は次のとおりである。

1. 大幅なコンパクト化（HF515Cシリーズ）

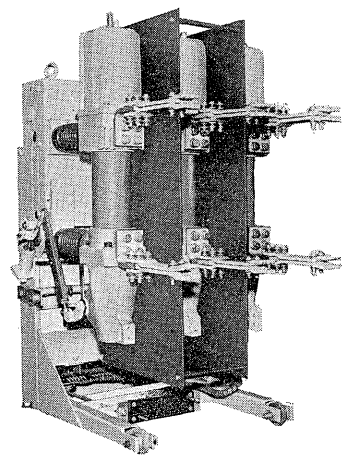
24kV 25kA，40kA器については現標準Tシャルタの床面積で65%，体積で65%と大幅なコンパクト化を実現した。

2. ブロック化による部品の共通化

しゃ断器の構成を操作器，しゃ断筒，トップカバーの3ブロックに分類し，これら組合せによりシリーズ化を図り，大幅な部品の共通化と，これに伴う信頼性の向上を実現した。

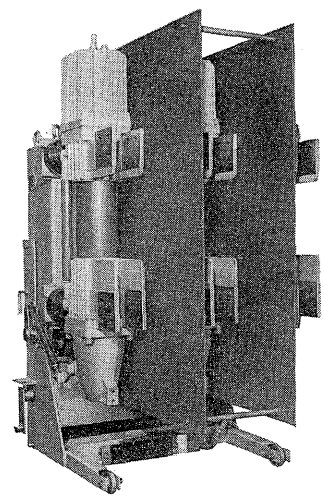
3. シリーズ定格の拡充（HF515シリーズ）

24kV 40kA 3,000A，4,000Aという極小油量しゃ断器としてはこの電圧クラスでの最大容量器を新たに開発してシリーズに加えた。



第1図
24kV 25kA 2,000A 引出形（M）Tシャルタの外観

Fig. 1.
Exterior view of draw out type for 24kV 25kA 2,000A TCB



第2図
24kV 40kA 4,000A ポータブル形（P）Tシャルタの外観

Fig. 2.
Exterior view of portable type for 24kV 40kA 4,000A TCB

III. 定格および仕様

24kV Tシャルタ新シリーズの定格および仕様の一覧表を第1表に示す。

IV. 構造および動作

1. 構造概要

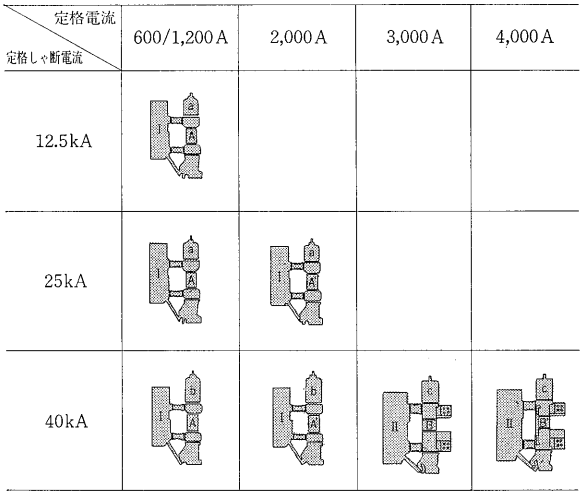
第1・2図に外観写真，第3図に基本構造，第4～7図および第2表に外形寸法を示す。これらの写真および

* 川崎工場開閉装置部

第1表　定格および仕様一覧表
Table 1.　Rating and specifications of 24kV TCB

形　　式　(注1)	定格 電圧 (kV)	絶縁階級	電流 (A)	周波数 (Hz)	しゃ断電流 (kA)	再起電圧 (kV/μs)	投入電流 (kA)	短時間電流 (kA)	開極時間 (s)	しゃ断時間 (～)	無負荷投入時間 (s)	油量 (ℓ)	重量 (ポータブル形) (kg)	参考 しゃ断容量 (MVA)
HF515C-20□/600-500/Muf	24	20号B	600	50/60	12.5	0.50	31.5	12.5	0.06	5	0.1	18	320	520
HF515C-20□/1,200-500/Muf			1,200										320	
HF515C-20□/600-1,000/Muf			600		25		63	25					320	1,000
HF515C-20□/1,200-1,000/Muf			1,200										320	
HF515C-20□/2,000-1,000/Muf			2,000										355	
HF515C-20□/600-1,500/Muf			600		40		100	40					335	1,700
HF515C-20□/1,200-1,500/Muf			1,200										335	
HF515C-20□/2,000-1,500/Muf			2,000										370	
HF515-20□/3,000-1,500/Muf			3,000									26	700	
HF515-20P/4,000-1,500/Muf			4,000										720	

(注) □…ポータブル形はP，引出形はMと表示する。



(注) 記号説明：同一記号は同一構造であることを示す
操 作 器：Ⅰ，Ⅱ
しゃ断室：A，A′(Aと通電部材質が異なる)
B，B′(Bに油循環装置追加してある)
トップカバー：a, b, c

第3図　24kV 富士Tシャルタ新シリーズの基本構造
Fig. 3.　Basic construction of 24kV TCB new series

外形寸法図からわかるように，その外観，構成は 24kV Tシャルタの現標準シリーズと同じである。すなわち，独特の消弧装置を有するしゃ断筒を各相独立して支持がいしにより操作器フレームに取り付けることによって構成しており，接地金属からなる操作器を前面に，充電部であるしゃ断筒を後方にもってくる保守上の安全性に配慮が行われている。

特に新シリーズは36kV用しゃ断筒を24kVに適用していた現シリーズに対して，24kV 専用しゃ断筒を開発することにより操作器を含めた大幅なコンパクト化を達成している。また新シリーズでは第3図に示すようにその基本構造を操作器，しゃ断筒，トップカバーの3ブロックに分け，これらを組み合わせることによって，小容量から大容量までのシリーズを構成しており，したがってこれらのブロックの組替えにより容易に定格の変更が可能である。このブロック化はまた部品の共通化とこれに伴う信頼性の向上に役立っている。

引出形（M）とポータブル形（P）との切換は引出装置および主回路部の着脱により可能であるのは従来と同じである。

2.　しゃ断筒，トップカバー

しゃ断筒の体格を決定する重要な要素は，定格電流としゃ断電流である。定格電流により可動接触子径が定まり，また消弧室部品の大きさとしゃ断筒の直径が定まる。接触子径が大きくなるとノズル径も大きくなり消弧力が増し，また接触子のアーク消耗に対する寿命も増大するので必然的にしゃ断容量も大きくなる。またしゃ断時発生した高圧ガス圧の制限と冷却に利用されているトップカバー容積は，しゃ断容量によって定まる。

新シリーズはこれらを下記のように分類している。

(1)　しゃ断筒

定格電流

600～2,000A……可動接触子径　28mmφ

3,000～4,000A……可動接触子径　36mmφ

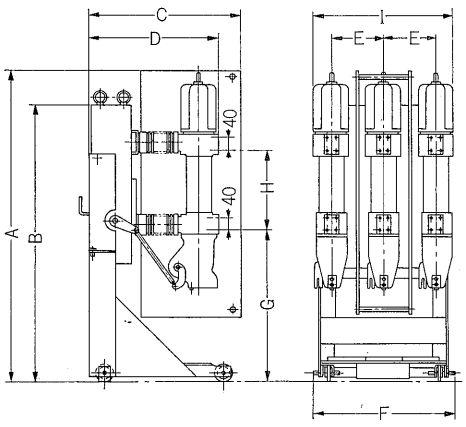
ただし，4,000A は油流循環装置付き

(2)　トップカバー

しゃ断電流　　12.5～25kA……容積小

40kA……容積大

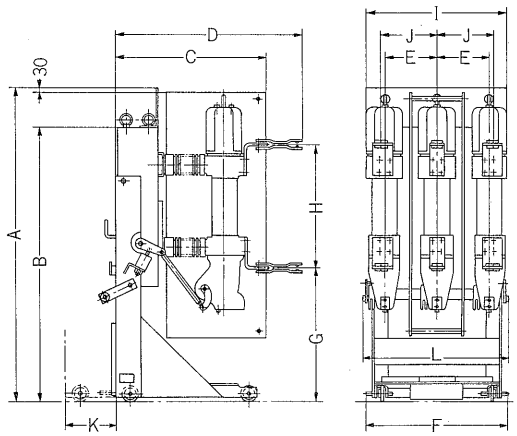
これらの断面構造は第8・9図に示す。



側面図　　端子側から見た図

第 4 図　24kV 600～2,000A ポータブル形 (P) 外形図

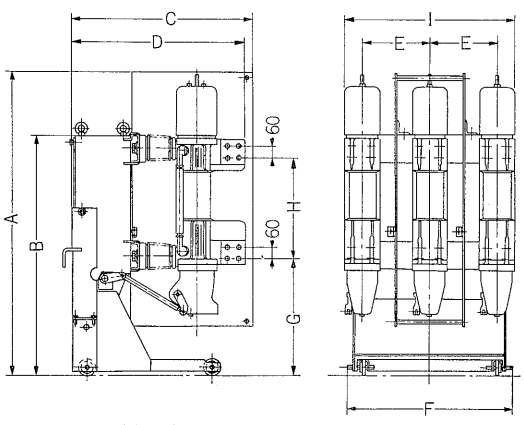
Fig. 4.　Outline of T-type minimum oil circuit breaker



側面図　　端子側から見た図

第 5 図　24kV 600～2,000A 引出形 (M) 外形図

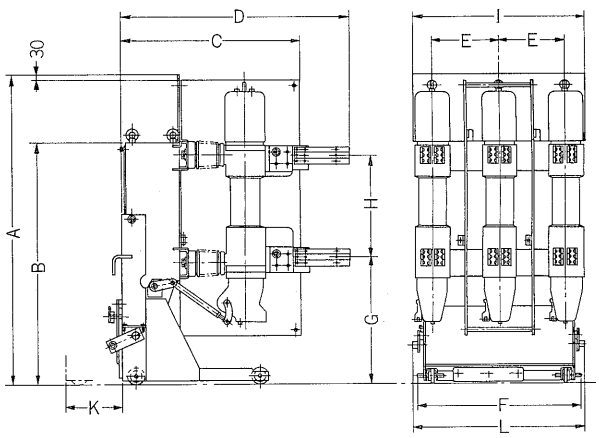
Fig. 5.　Outline of T-type minimum oil circuit breaker



側面図　　端子側から見た図

第 6 図　24kV 3,000～4,000A ポータブル形 (P) 外形図

Fig. 6.　Outline of T-type minimum oil circuit breaker



側面図　　端子側から見た図

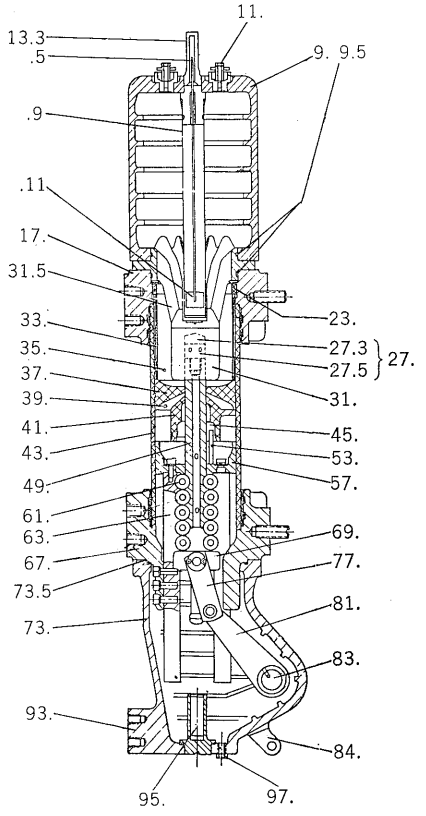
第 7 図　24kV 3,000A 引出形 (M) 外形図

Fig. 7.　Outline of T-type minimum oil circuit breaker

第 2 表　外形寸法表

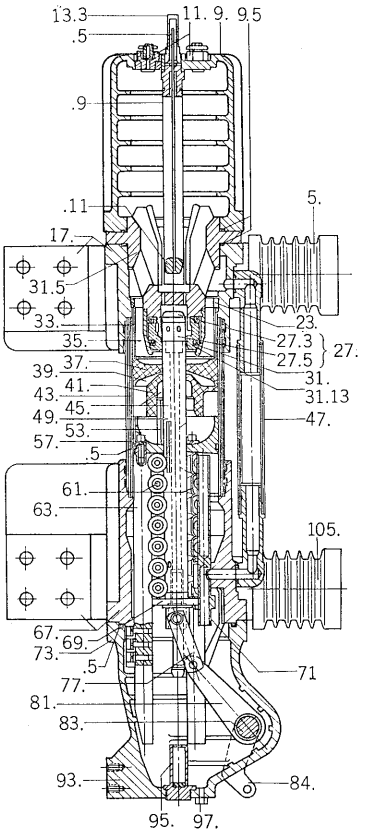
Table 2.　Outline dimensions

形　　式	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
HF515C-20P/600-500/Muf												
HF515C-20P/1,200-500/Muf												
HF515C-20P/600-1,000/Muf	1,515	1,323	725	644.5	250	686	736.5	375	645	—	—	—
HF515C-20P/1,200-1,000/Muf												
HF515C-20P/2,000-1,000/Muf												
HF515C-20P/600-1,500/Muf												
HF515C-20P/1,200-1,500/Muf	1,629	1,323	725	644.5	250	686	736.5	375	645	—	—	—
HF515C-20P/2,000-1,500/Muf												
HF515C-20P/3,000-1,500/Muf	1,609	1,274	954	915	350	822	622	536	880	—	—	—
HF515C-20P/4,000-1,500/Muf												
HF515C-20M/600-500/Muf												
HF515C-20M/1,200-500/Muf												
HF515C-20M/600-1,000/Muf	1,545	1,323	725	990.5	250	686	630	600	645	265	250	739
HF515C-20M/1,200-1,000/Muf												
HF515C-20M/2,000-1,000/Muf												
HF515C-20M/600-1,500/Muf												
HF515C-20M/1,200-1,500/Muf	1,659	1,323	725	990.5	250	686	630	600	645	265	250	739
HF515C-20M/2,000-1,500/Muf												
HF515C-20M/3,000-1,500/Muf	1,639	1,274	954	1,216	350	822	651	536	900	—	250	940



第8図　24kV 25kA (1,000MVA), 24kV 40kA)1,700MVA)……600～2,000 ATCBのしゃ断筒断面図

Fig. 8. Construction of breaking pole for 24kV 25kA (1,000MVA), 24kV 40kA (1,700MVA)……600～2,000 A TCB



第9図　24kV 40kA (1,700MVA), 4,000A TCBのしゃ断筒断面図

Fig. 9. Construction of breaking pole for 24kV 40kA (1,700MVA) 4,000A TCB

5.　上部支持がいし
9.　トップカバー
9.5　パッキン
11.　ガス抜き
13.3　油面表示管
13.5　表示棒
13.9　ガイド
13.11　浮子
17.　上部フランジ
23.　締付リング
27.　可動アーク接触子
27.3　絶縁キャップ
27.5　耐弧メタル
31.　固定接触子
31.5　台形導体
31.13　コンタクトフィンガ
33.　間隔筒
35.　上部消弧室
37.　上部ノズル
39.　リングカナル
41.　下部ノズル
43.　絶縁筒
45.　下部消弧室
47.　油流管
49.　可動接触子
53.　絶縁ピン
57.　中座
57.5　パッキン
61.　コンタクトローラ
63.　ガイドロッド
67.　下部フランジ
69.　ガイド
71.　制御ロッド
73.　クランクケース
73.5　パッキン
77.　プルバ
81.　内部クランク
83.　軸
84.　外部クランク
93.　支持面
95.　オイルダッシュポット
97.　油抜き栓
105.　下部支持がいし

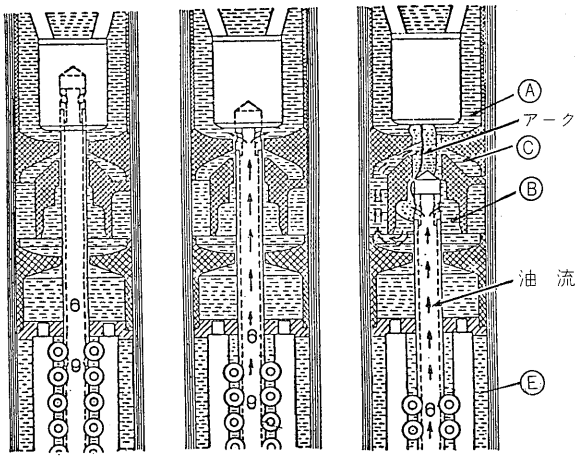
4,000A定格のしゃ断筒では冷却効果を増すため油流循環装置（自然循環）を装備しており，通電時すなわち閉路状態でのみクランクケース73.→可動接触子49.→下部ノズル41.→上部ノズル37.→固定接触子31.→油流管47.→制御ロット71.と油の循環経路が形成され，油が自然循環して冷却が行われる。制御ロッド71.と可動接触子49.はガイド69.にて一体になっているため，この油循環終路は，しゃ断動作が開始されると自動的に制御ロッド71.の動作によりふさがれる。

3. 消弧原理

Tシャルタのすぐれたしゃ断性能を支える二つの効果すなわち，フォルメンアウスグライヒと，リングカナールデューゼは本器においても有効に利用されており，さらに消弧室材料の改良によって，このような高電圧，大容量器の開発が可能となった。

これらの効果についてはすでに詳細に報告されているので，本稿ではその概略を第9図および第10図によって説明する。

しゃ断時，可動接触子の移動につれて，可動接触子と同体積の油がしゃ断筒下部の密閉室Ⓔから，可動接触子



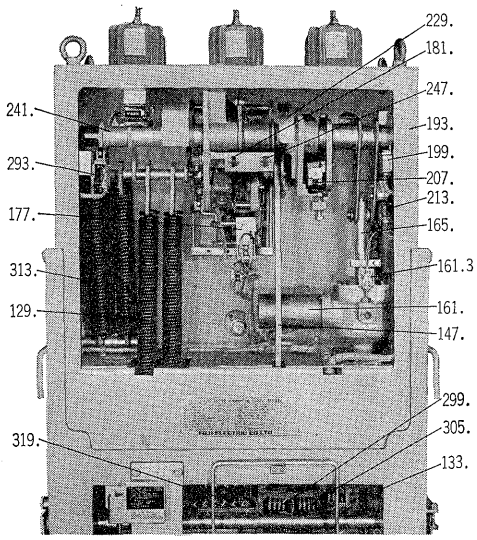
第10図　消弧原理

Fig. 10. Arc extinguishing mechanism

の動いたあとの空間を埋める。これにより絶縁耐力の低い気泡部の発生を防ぎ，アークエネルギーの小さい小電流しゃ断の際もガス密度を積極的に高めることによって，絶縁耐力を改善し，特に充電電流しゃ断時の再点弧を防止する。この容積補償をフォルメンアウスグライヒと呼んでいる。大電流しゃ断時，ガス圧とガス流の有効

な利用を図るためTシャルタでは消弧室をたくみに組み合わせることによって，アークによって発生したガスにより圧力を高めるとともに強力な油流吹付を行うので消弧力は非常に大きなものとなる。

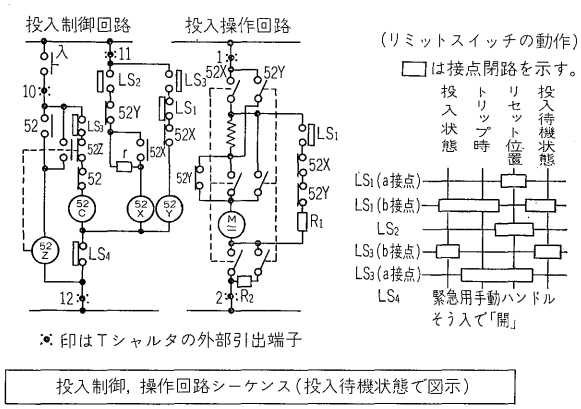
すなわち，しゃ断の際第10図に示すように接触子間に発生したアークにより上部しゃ断室Ⓐ部に発生したガスは第9図のトップカバーへ排出されるが，圧力室Ⓑ部に発生したガスは絶縁キャップとアーク自身により上部への排出が阻止されているので高い圧力に保たれ，Ⓐ部とⒷ部に圧力差を生じる。この圧力差により油がリングカナールⒸを通ってアークに強力に吹き付けられる。これをリングカナールデューゼといい，この油流吹付は，全周からアークをしぼり込むため，アークは直線状となりアーク長は極限される。このため最小アークエネルギーによるきわめて効果的なしゃ断が行われる。



129.	投入スプリング	207.	引きはずし自由機構
133.	反復投入防止リレー52Z	213.	リミットスイッチ
147.	阻止バー	229.	開閉表示器
161.	モータドライブ	241.	操作軸
161.3	インタロックスイッチ	247.	しゃ断用押しボタン
165.	スピンドル	293.	リミットスイッチ
177.	引きはずし装置	299.	コンタクタ52X
181.	投入用押しボタン	305.	コンタクタ52Y
193.	操作器箱	313.	しゃ断スプリング
199.	リミットスイッチ	319.	補助スイッチ

第11図　操作器の内部配置

Fig. 11. Front view of driving box



投入制御，操作回路シーケンス（投入待機状態で図示）

R_1, R_2	直列抵抗器	52Z	反復投入防止継電器
r	負性抵抗器	52C	投入コイル
52X	電磁接触器	M	操作電動機
52Y	電磁接触器		

第12図　標準操作回路

Fig. 12. Connection diagram

4. 操　作　器

Tシャルタの操作器はいったん駆動装置によりスプリングにエネルギーをチャージしたのち，投入鎖錠を解放して投入スプリングにより投入するいわゆるスプリング投入方式であり，しゃ断動作はしゃ断スプリングの力により行われる。このため可動接触子の投入速度が操作力を伝達する駆動装置の運動と無関係に一定している。また投入準備動作中に投入指令を与えても鎖錠機構がラッチしているので投入スプリングの引き伸ばしが不完全な状態で投入するということはありえない。第11図に操作器の内部配置，第12図に標準シーケンスを示し，第13図のフローチャートにより動作原理を説明する。

V. 試　　験

交流しゃ断器標準規格 JEC-181 (1971) および電力規格B-122に基づき，短絡しゃ断，小電流しゃ断など各種の電流しゃ断のほかに，機械的な性能賦与試験においては，開閉試験，各部の応力試験，10,000回連続開閉試験などの苛酷な試験を実施して，そのすぐれた実用性能を確認した。ここでは，これらの試験のうち主なものについてのみ概要を述べる。

1. 短絡しゃ断試験

24kV 1,000MVA器は，三相実負荷により，1,500MVA器は，weil 合成試験によって100%I電流しゃ断直後に異相地絡試験相当する回復電圧を印加し，そのすぐれた性能を確認した。また短絡電流投入時の電磁力に対する投入性能を検証するために“CO”試験を実施し問題のないことを確認した。試験結果を第3表に，代表的オシログラムを第14～17図に示す。

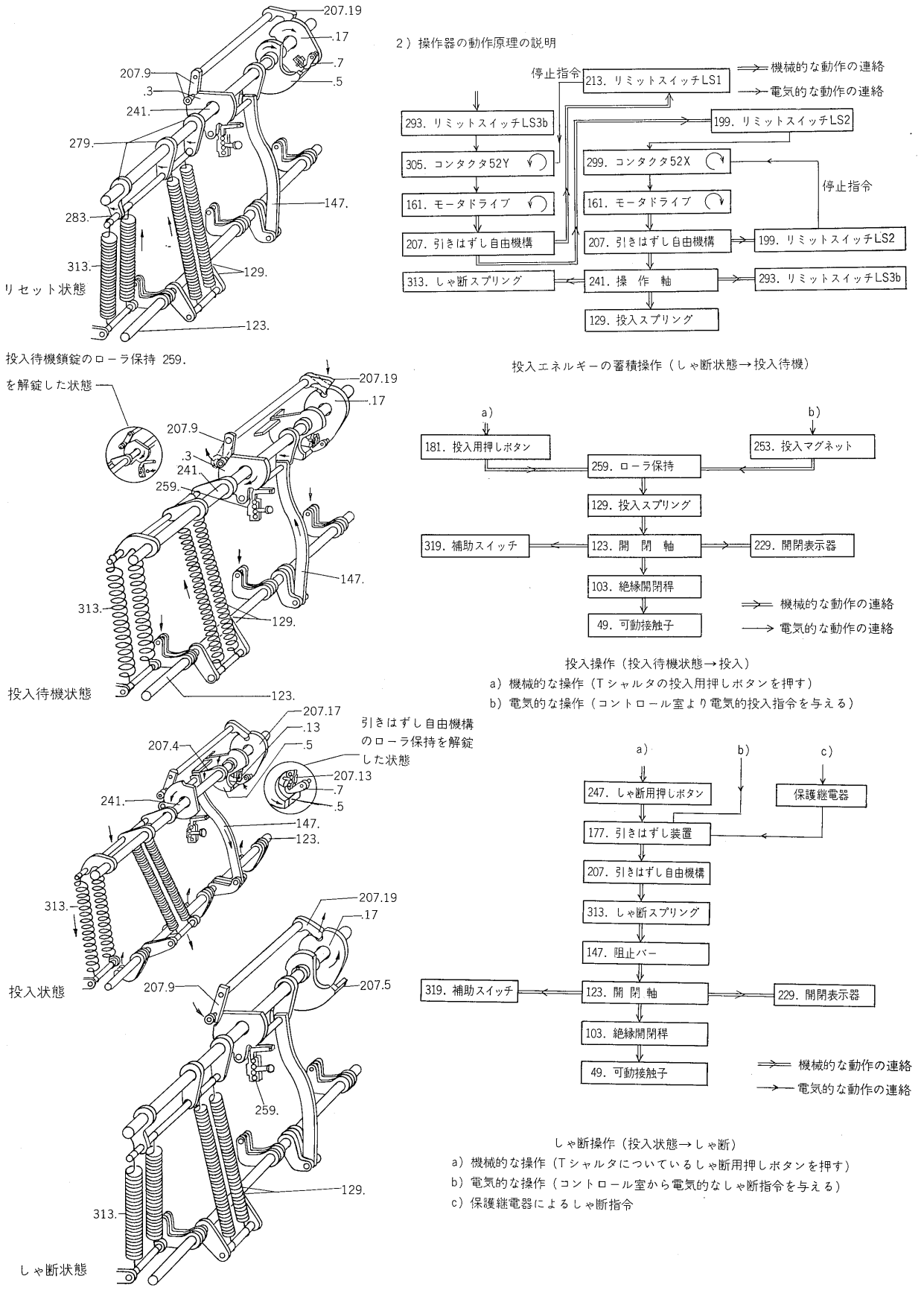
しゃ断試験後の接触子および消弧室の消耗は第18図に示すように非常に少ないことがわかる。

2. 短時間電流試験

短時間電流通電時の接触部通電容量と電磁力に対する機械的強度を検証するため，三相短時間電流試験を実施した。2,000A 器に対して第1波高値 108kA，実効値 42.5kA を 2.25 秒通電し規格を上回る性能を有することが確認された。

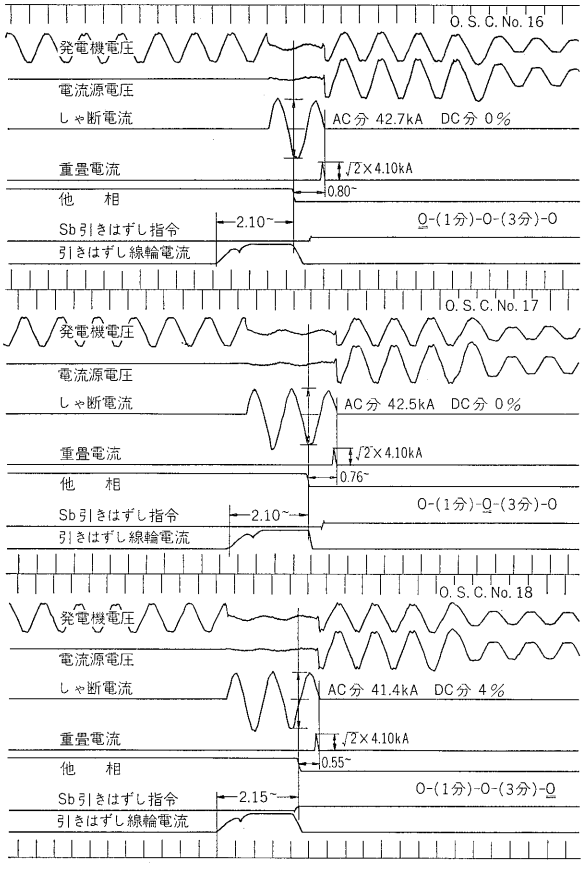
3. 小電流しゃ断試験

進み小電流しゃ断は一線地絡時の苛酷な条件を想定して，しゃ断器極間に線間電圧の $2\sqrt{2}$ 倍の電圧を印加さ



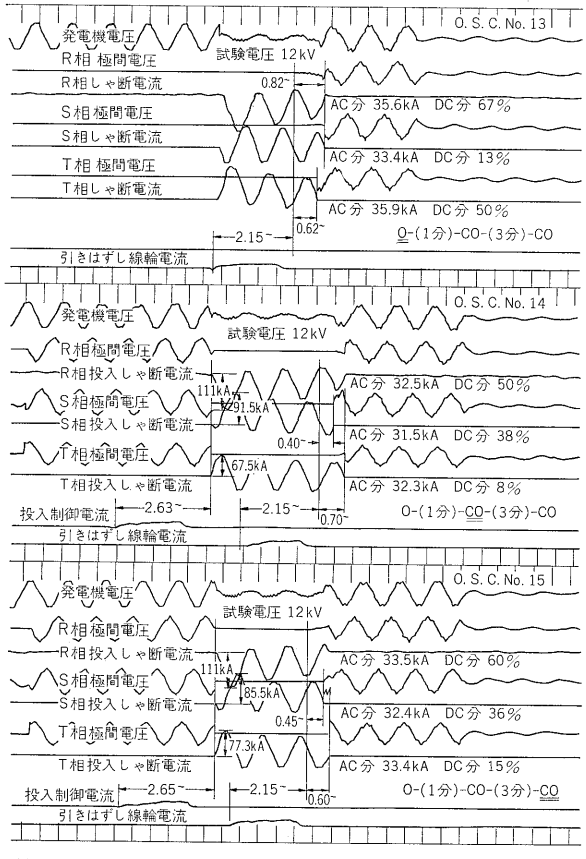
第13図 動 作 説 明 図

Fig. 13. Operating mechanism



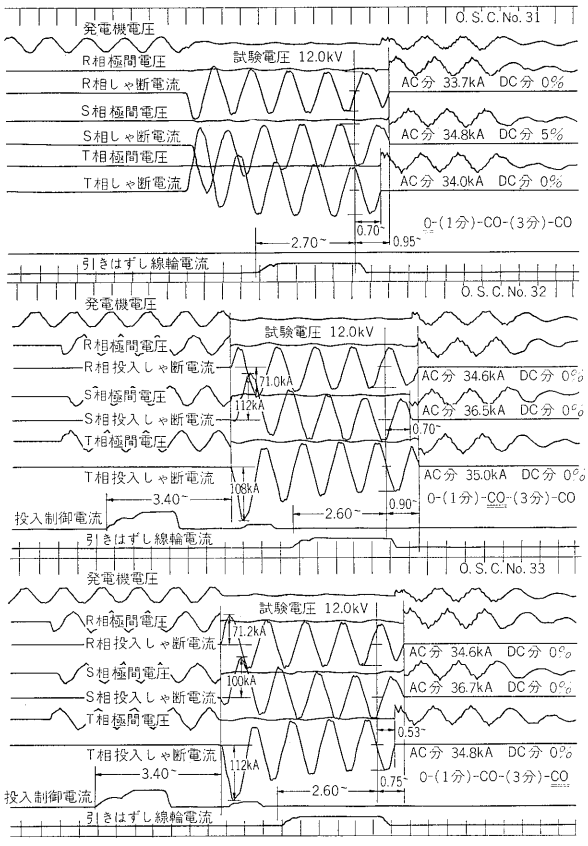
第14図　24kV 2,000A 40kA 器単相短絡試験オシログラム（合成試験）

Fig. 14. Oscillograms of 24kV 2,000A 40kA synthetic tests



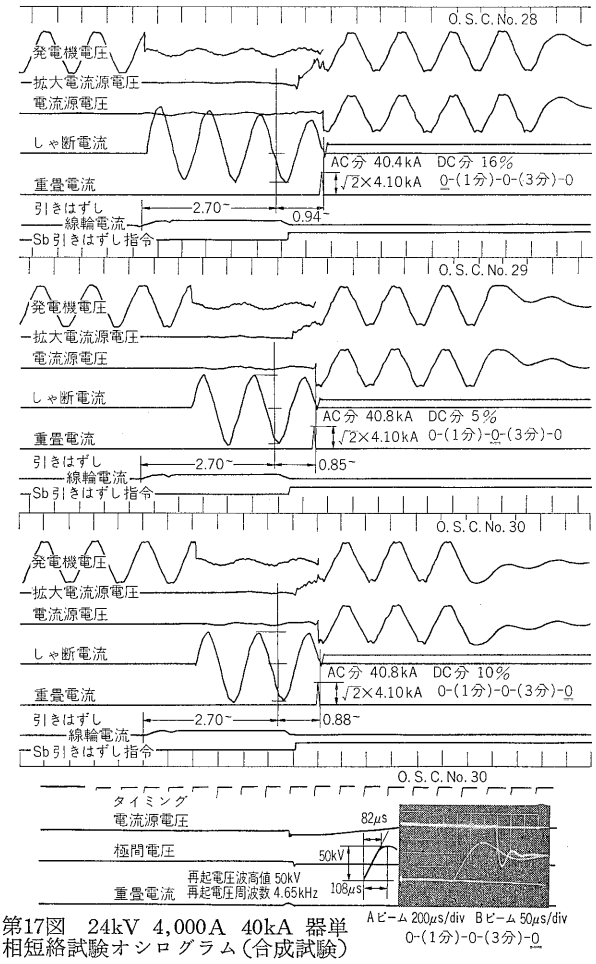
第16図　24kV 2,000A 40kA 器三相短絡試験オシログラム（低減電圧試験）

Fig. 16. Oscillograms of 24kV 2,000A 40kA three-phase short circuit breaking tests



第15図　24kV 4,000A 40kA 器三相短絡試験オシログラム（低減電圧試験）

Fig. 15. Oscillograms of 24kV 4,000A 40kA three-phase short circuit breaking tests



第17図　24kV 4,000A 40kA 器単相短絡試験オシログラム（合成試験）

Fig. 17. Oscillograms of 24kV 4,000A 40kA synthetic tests

第3表　短絡試験結果

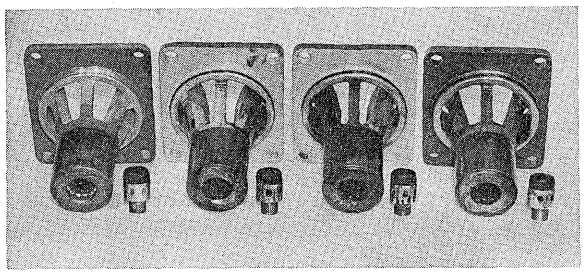
Table 3. Results of short circuit breaking tests

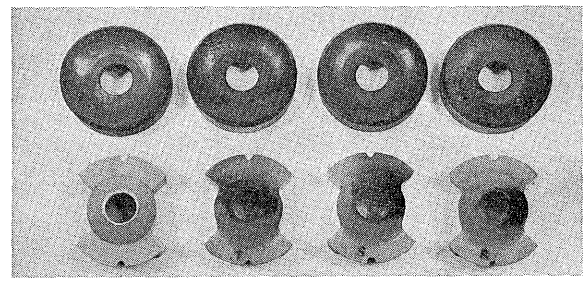
定格	試験種類	オシロ番号	動作責務	給与電圧 (kV)	回復電圧 (%)	投入電流 (kA)	しゃ断電流 対称分 (kA)	しゃ断電流 直流分 (%)	アーク時間 (～)	開極時間 (～)	しゃ断時間 (～)	再起電圧 波高値 (kV)	再起電圧 波高時間 (μs)	再起電圧 おくれ時間 (μs)	短絡力率 (%)	試験方法
24kV 2,000A 25kA	BTF 10%I	1	0-(1分)-0-(3分)-0	24	98	—	2.47	18～55	1.05	2.15	3.20	49.5	93	—	15以下	三相実負荷
		2		〃	〃	—	2.56	2～52	1.29	〃	3.44					
		3		〃	〃	—	2.56	5～52	0.96	〃	3.11					
	30%I	4		24	96.5	—	7.14	22～75	0.86	2.15	3.01	42.1	25.6	5以下	15以下	
		5		〃	〃	—	7.14	25～72	0.90	〃	3.05					
		6		〃	〃	—	7.14	25～71	0.92	〃	3.07					
	60%I	7		24	93	—	15.7	0～46	0.75	2.15	2.90	41.5	35.0	5以下	15以下	
		8		〃	〃	—	15.7	6～54	0.72	〃	2.87					
		9		〃	〃	—	15.7	4～59	0.77	〃	2.92					
	100%I	10	0-(1分)-CO-(3分)-CO	24	91	—	25.6	0～24	0.90	2.15	3.05	40.0	63	10以下	15以下	
		11		〃	〃	68.2	25.5	0～10	0.65	2.05	2.70					
		12		〃	〃	69.1	25.5	0～8	0.72	〃	2.77					
24kV 2,000A 40kA	100%I (投入容量)	13	0-(1分)-CO-(3分)-CO	12	46	—	35.0	13～67	0.82	2.15	2.97	19	24	10以下	15以下	
		14		〃	〃	111	32.1	8～50	0.70	2.15	2.85					
		15		〃	〃	111	33.1	15～60	0.60	2.15	2.75					
	100%I 異相地絡兼用	16	0-(1分)-0-(3分)-0	24	104	—	42.7	0	0.80	2.10	2.90	50.0	82	10以下	15以下	ワイル合成
		17		〃	〃	—	42.5	0	0.76	2.10	2.86					
		18		〃	〃	—	41.4	4	0.55	2.15	2.70					
24kV 4,000A 40kA	10%I	19	0-(1分)-0-(3分)-0	20.8	98	—	3.88	5	1.00	2.70	3.70	41.8	37.4	5以下	15以下	単相実負荷
		20		〃	〃	—	3.88	18	0.90	〃	3.60					
		21		〃	〃	—	3.88	6	1.00	〃	3.70					
	30%I	22		20.8	95	—	11.4	3	1.25	2.70	3.95	40.0	39.3	5以下	15以下	
		23		〃	〃	—	11.5	0	1.05	〃	3.75					
		24		〃	〃	〃	11.4	0	0.83	〃	3.53					
	60%I	25		20.8	93	—	25.0	5	0.87	2.70	3.57	39.2	53	5以下	15以下	
		26		〃	〃	—	25.2	0	0.92	〃	3.62					
		27		〃	〃	—	25.2	3	1.18	〃	3.88					
	100%I 異相地絡兼用	28		24.0	104	—	40.4	16	0.94	2.70	3.64	50.0	82	10以下	15以下	ワイル合成
		29		〃	〃	—	40.8	5	0.85	〃	3.55					
		30		〃	〃	—	40.8	10	0.88	〃	3.58					
	100%I (投入容量)	31	0-(1分)-CO-(3分)-CO	12.0	44	—	34.2	0～5	0.95	2.70	3.65	19	24	10以下	15以下	三相実負荷
		32		〃	〃	112	35.4	0	0.90	2.60	3.50					
		33		〃	〃	112	35.4	0	0.75	〃	3.35					

(注) 1) 時間表示の基準は50Hzである。

2) 三相試験の場合しゃ断電流は三相平均電流を示す。

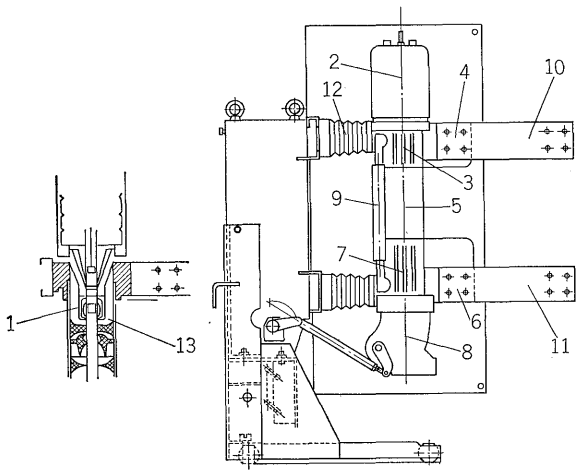
3) 〃　再起電圧は第一相しゃ断の場合を示す。





第18図　短絡試験後の接点，消弧室部品（24kV 40kA 2,000A TCB）

Fig. 18. Contacts and parts of arc quenching device after short circuit breaking tests (24kV 40kA 2,000A TCB)



第19図　温度上昇試験図

Fig. 19. Temperature rise test

れるよう単相24kV 14A，15Aの進み小電流しゃ断を行い異常なくしゃ断できることを確認した。また単相20.8 kV 6.3A，19.7A の遅れ小電流しゃ断を行い異常電圧の発生しないことを確認した。

4. 温度上昇試験

第4表に4,000A 定格器の温度試験結果を示す。本器はⅣ. で述べたユニークな油流循環装置を装備しているので冷却効果が有効に働き，規格の温度上昇値を十分に満足している。

5. 連続開閉試験

定格操作電圧のもとで無負荷連続10,000回の開閉試験を行ったが，各部になんら異常がなく，試験後の開閉特性にも変化はなかった。

VI. む　す　び

今回開発を完了し発売を開始した24kV Tシャルタの“新シリーズ”は，8年間にわたる富士 T シャルタの実積をふまえ，これに最近の技術成果を加えることにより大幅なコンパクト化を達成すると共に，極小油量しゃ断器としては例のない大容量器を開発して定格を拡充したものである。したがってこの24kV Tシャルタ“新シリーズ”は，すでに実用期にはいった20kV 級受配電設備の合理化，縮小化計画に大いに寄与できるものと考える。

第4表　温度上昇試験結果

Table 4. Temperature rise test

条　件　通電電流　4,000A
　　周 波 数　60Hz
　　通電時間　60h（温度が一定となるまで）

（単位 deg）

測定箇所		相 R	相 S	相 T	規格値
1	固定接触子	43.5	45.5	44	50
2	トップカバー	28	28	28	70
3	上部フランジ	32	35	33	40
4	上部タンシ	33	31	31	40
5	しゃ断室	25	30.5	30	70
6	下部タンシ	28	29	29	40
7	下部フランジ	28	26.5	27	40
8	クランク室	14	20	15	70
9	油流管	18.5	21	19	70
10	上部導体	34	31	32	40
11	下部導体	30	31	30	40
12	油	39	41	41	—
	周囲温度	31			—

参考文献

(1) 竹谷・吉ケ江：富士Tシャルタ（3.6/7.2kV 250/350MVA器）富士時報 **41** No. 3（昭42）

(2) 藤宮・安藤・田中：富士Tシャルタ（24kV 1,000MVA および36kV 1,500MVA）富士時報 **44** No. 4（昭46）

(3) 竹谷：富士Tシャルタの系列　富士時報 **44** No. 11（昭46）

(4) 吉ケ江・佐々木・中村：12/7.2kV 1,000/750MVA 1,200～4,000A Tシャルタ　富士時報 **45** No. 6（昭47）

e-Front runners

＊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。