

OPF形, OPG形 空気遮断器の開発

Types OPF and OPG Air Blast Circuit Breakers

仲野善一* 平田敬一*
 Zen'ichi Nakano Keiichi Hirata
 黒岡清司* 細川正男**
 Seiji Kurooka Masao Hosokawa

内 容 梗 概

日立製作所では、すでに数年来、定格電圧 72~300 kV, 定格電流 800~2,500 A, 定格遮断容量 1,500~15,000 MVA の各種容量の屋外用空気遮断器を多数納入し、すぐれた運転実績を納めている。しかし、さらに小形軽量で特性のすぐれた遮断器の開発研究を進め、このたび重量、空気消費量とも従来の 60% 程度に低減した新形空気遮断器 OPF 形, OPG 形の新系列の開発に成功したので概要を報告する。

新形空気遮断器は、常時充気式内部断路形空気遮断器であって、操作部には簡単確実な機械的引張機構を採用し、これら一切を乾燥された高圧気中に封入して本体回りの配管を皆無にし、各部分を積立式のユニットシステムに構成するなど数々の新機軸が採用されている。一般の形式試験はもちろん、過酷な特殊試験を多数行ない、すぐれた特性を発揮している。

1. 緒 言

日立製作所では、すでに昭和 30 年以来定格電圧 72~300 kV の各種容量の屋外用空気遮断器を多数生産し良好な運転実績を納めている。しかしさらに小形軽量で特性のすぐれた遮断器を開発するため鋭意研究を続けてきたが、このたび重量、空気消費量とも従来の約 60% 程度の新形空気遮断器を完成した。

本器は常時充気式内部断路形空気遮断器であって、遮断部が常時圧縮空気タンクの中にあるため、遮断時の圧縮空気吹付けが効果的に行なわれ、空気使用量が少ないにもかかわらず、短絡電流の遮断はもちろん充電電流の遮断にもきわめてすぐれた性能を示している。操作部は簡単確実な機械的引張機構を採用し、これら一切を乾燥された圧縮空気中に封入してあるため、本体回りの配管が皆無となり、簡潔な外観を呈している。遮断部をはじめ各部に完全なユニットシステムを採用し、各部を単に積み重ねるだけで遮断器が構成されるなど実用性にも十分考慮が払われている。

2. 定格および仕様

新形遮断器は従来の外部断路器方式の場合と同じく、定格電流 2,000 A, 遮断容量 3,500 MVA (72 kV において) の大容量系列 (OPG 形) と、定格電流 1,200 A, 遮断容量 2,500 MVA (72 kV において) の中容量 (OPF 形) 系列の 2 系列があり、72 kV~300 kV の各電圧階級のもの整備されている。定格および仕様を第 1 表に示す。

3. 構造ならびに動作原理

3.1 構 造

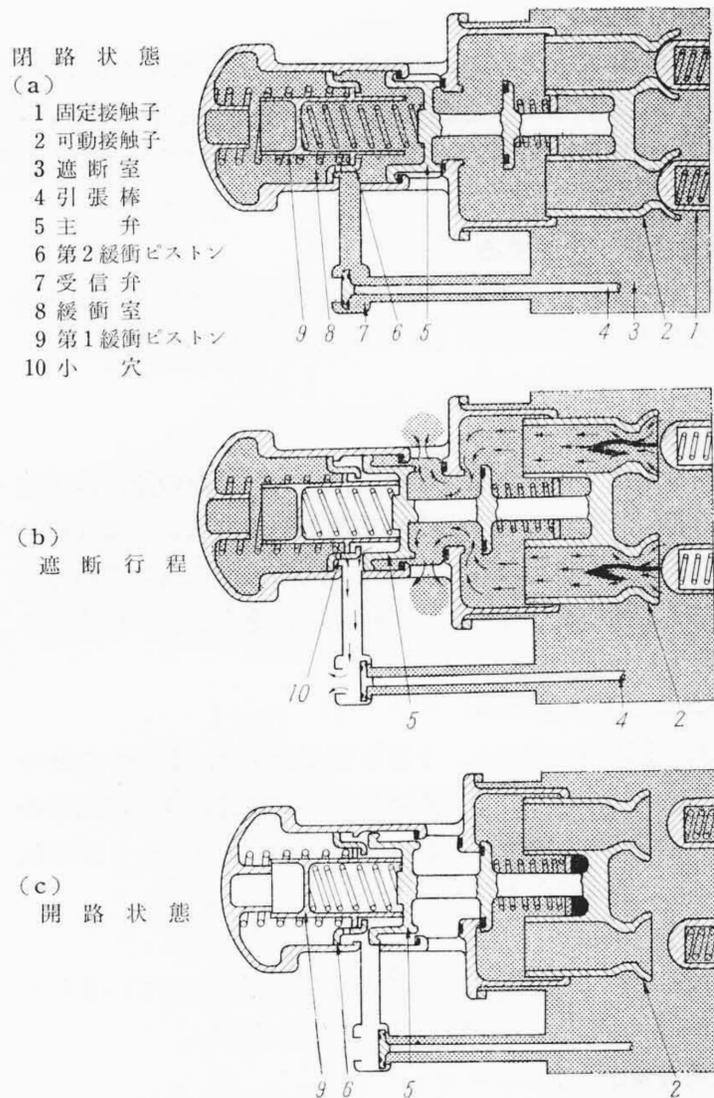
第 1~3 図は OPF 形, OPG 形空気遮断器の外観図、第 4~5 図は本器の構造説明図である。大地側におかれた空気だめの上部に支持がい管を直立させ、この上にタンク形遮断部を配置している。操作は大地側空気だめの一端に設けられた送信弁と、遮断部に直結された受信弁とが機械的に引張棒によって連結され、大地側に引いたとき遮断部を排気させて遮断動作を、充電部側で引いたとき充気して

第 1 表 標準定格および仕様一覧表

形 式	OPF 形			OPG 形			
	OPF-250-PA	OPF-350-PAR	OPF-500-PAR	OPG-350-PA	OPG-500-PAR	OPG-750-PAR	OPG1500-PAR
電 圧 (kV)	84 (72)	120	168	84 (72)	120	168	300
電 流 (A)	1,200	1,200	1,200	2,000	2,000	2,000	2,000
周 波 数	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60
遮断容量 (MVA)	2,500	3,500	5,000	3,500	5,000	7,500	15,000
再起電圧 (号)	1	1	1	1	1	1	1
投入電流 (A)	54,800	46,000	46,800	76,500	65,600	70,300	78,800
短時間電流 (A)	20,000	16,800	17,200	28,100	24,000	25,800	28,900
投入時間 (秒)	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
遮断時間 (秒)	5	3	3	5	3	3	3
操作気圧 (kg/cm ²)	15	15	15	15	15	15	15
操作電圧 (V)	DC 100	DC 100	DC 100	DC 100	DC 100	DC 100	DC 100
投入操作電流 (A)	5	5	5	5	5	5	5
引外操作電流 (A)	5	5	5	5	5	5	5
絶縁階級 (号)	70	100	140	70	100	140	200
商用周波 { 乾燥 1 分 注水 10 秒	160	230	325	160	230	325	460
インパルス	400	550	750	400	550	750	1,050
標準動作責務	甲号または乙号	O-0.25 秒-CO- 1分-CO	O-0.25 秒-CO- 1分-CO	甲号または乙号	O-0.25 秒-CO- 1分-CO	O-0.25 秒-CO- 1分-CO	O-0.25 秒-CO- 1分-CO

* 日立製作所国分工場

** 日立製作所日立研究所



第6図 遮断部動作説明図

室の排気口を閉して動作を完了する(第6図-c)。OPG形遮断部の固定接触子には第7図のように、通電容量を増すチュールリップ接触子と、凸状補助接触子とが一体に構成されており、遮断の際には最初チュールリップ接触子が開き、続いて補助接触子の順に開く(第8図)。このためアークは補助接触子と可動接触子のノズル間に発生し、チュールリップ接触子はアークの損傷を受けない。

3.2.2 投入動作

閉路用電磁弁を開くと下部空気だめ内の圧縮空気は電磁弁を経て送信弁へ流入し、送信弁の差動力を消失させる。この結果受信弁側で受けている空気力によって操作系が充電側に引き上げられ受信弁を開き、遮断部主弁室を充気する。遮断部の可動部分は差動力によって高速度で投入する。この動作の最終位置では主弁によって遮断室の排気口が閉され高気圧状態を保持する(第6図-a)。OPG形遮断器では補助接触子の次にチュールリップ接触子が接触するため、投入時の先行電弧は補助接触子間に発生し、チュールリップ接触子は損傷されない。

3.3 各部の構成と組立

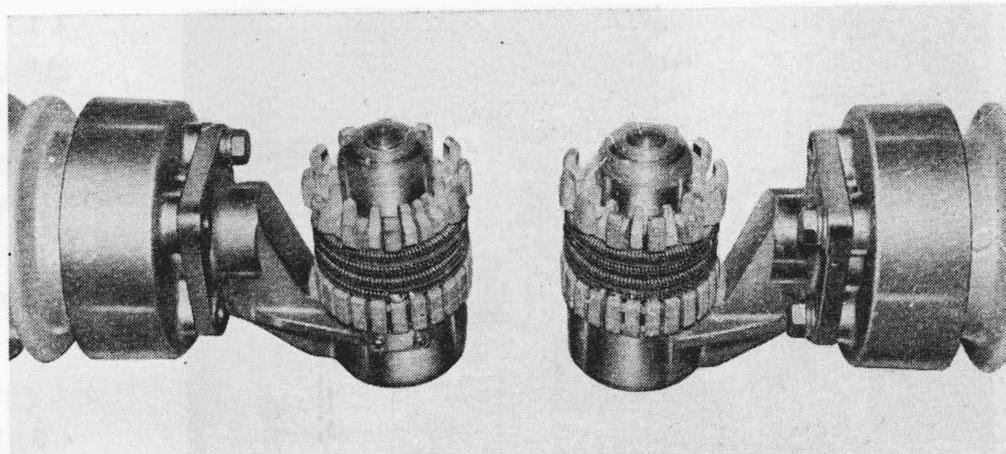
OPF形OPG形空気遮断器は遮断部部分、支持がい管部分、下部空気だめ部分と電磁弁箱部分の4部分から構成されている。各部分はいずれも独立したユニットの形式をとり、組立の際にはこれらを単に積み重ねるだけで遮断器が組み立てられる。第9~11図は本器の組立状況の説明図である。第2表は各電圧階級における各部分の組合せ数を示す。

3.3.1 遮断部部分

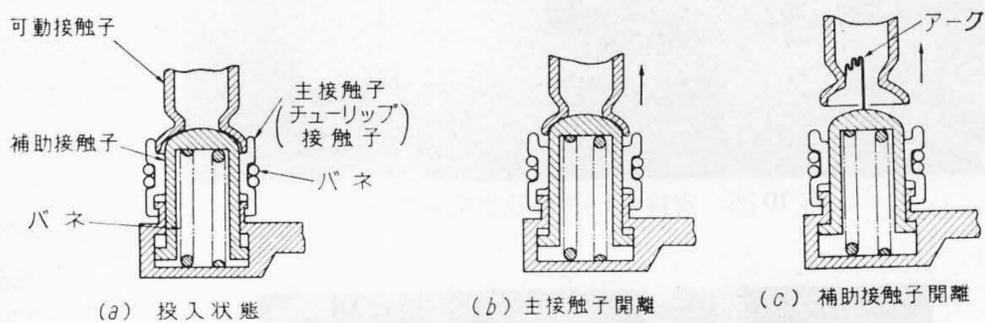
タンク形遮断部、遮断部操作受信弁と中間機構部とが一体となって遮断部々分を構成している。この部分単独として試験装置にかけ品質が管理される。

3.3.2 支持がい管部分

支持がい管、系統連結用レバーと引張操作絶縁棒とが一体となって支持がい管部分となっている。連結レバーはがい管の両端



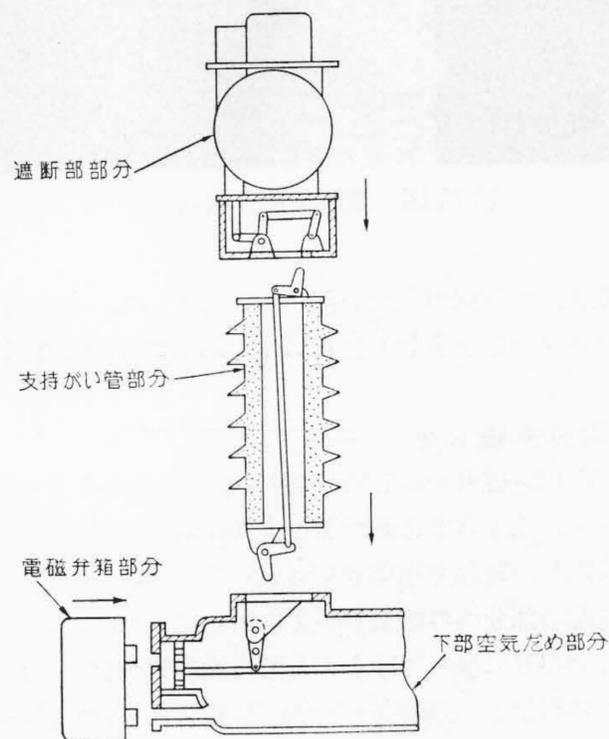
主接触子(チュールリップ接触子)と凸状補助接触子が一体に構成されている
第7図 OPG形空気遮断器固定接触子部分



第8図 OPG形空気遮断器接触子の開極説明図

第2表 OPF形, OPG形空気遮断器ユニット組合せ数

ユニット名称	OPF形(1,200A用)			OPG形(2,000A用)			
	84(72)	120	168	84(72)	120	168	300
遮断部部分	3	6	6	3	6	6	12
支持がい管部分	3	6	6	3	6	6	12
使用がい管数	70号用	3	12	3		12	36
	100号用		6		6		
下部空気だめ部分	1	3	3	1	3	3	3
電磁弁部分	1	3	3	1	3	3	3

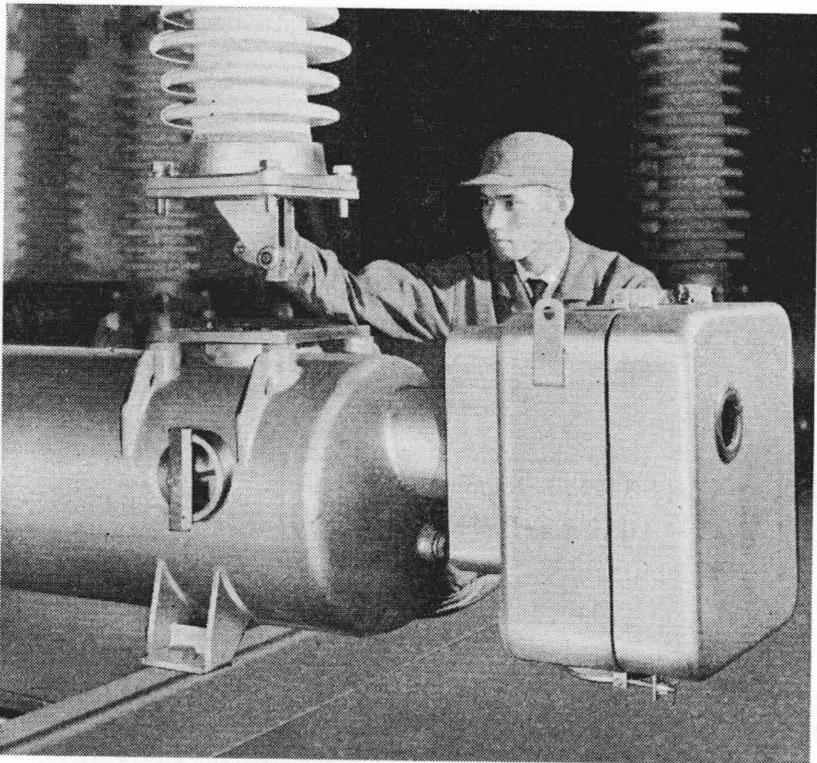


第9図 各部の構成説明図

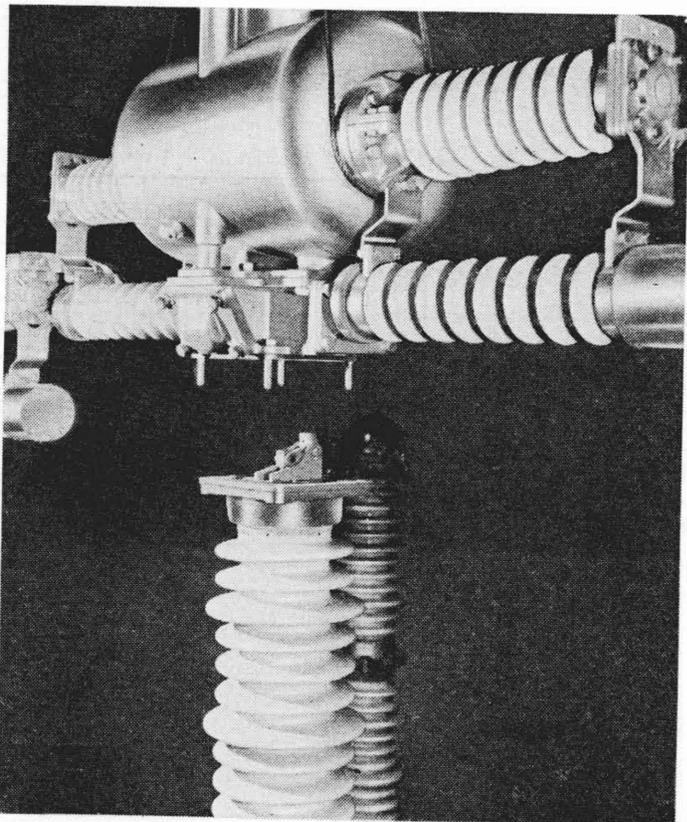
面から突き出し下部空気だめ部分と遮断部中間機構部のリンクにそう入される。

3.3.3 下部空気だめ部分

空気だめ内に送信弁、連結リンクと、これらを結合する操作棒



第10図 支持がい管部分の組立状況



第11図 遮断部部分組立状況

とが内蔵されて下部空気だめ部分となっている。このため本部分は通常の空気だめと少しも変わらずきわめて簡潔な外観を呈している。

3.3.4 電磁弁箱部分

開閉操作電磁弁をはじめ、電磁弁を復帰させるリセット弁、補助スイッチ、端子台など遮断器の操作に必要な付属品一切をこの箱内に収納し、電磁弁箱部分を形成している。この箱の裏面には下部空気だめ部分への給気管が突き出しており、この箱部分を下部空気だめ部分に取り付けることで自動配管が行なわれる。したがってこの部分も、遮断部と同様に単独試験装置で管理される。

電磁弁箱部分はOPF形OPG形とも共通同一品を使用している。

以上の4部分は第8図のように順に積み重ねることで短時間に遮断器が構成される。

4. 特 長

OPF形OPG形空気遮断器のおもな特長は次のとおりである。

4.1 高性能な常時充気式

遮断室が高気圧中にあるため、気圧の損失がなく圧縮空気の高い絶縁特性をそのまま利用できる。開極瞬時の空気吹付け効果がよく、短絡電流の遮断はもちろん、充電電流の遮断にもすぐれた性能を示す。

4.2 点検の手数が半減する

本器では2組の遮断点を1個の可動接触子によって開閉する構造となっているため、点検の際には2個の遮断点を同時に調べることができる。

4.3 簡単な操作方式

操作部は簡単確実な機械的引張機構を採用し、遮断の際には大地側へ、投入の際には充電部側へと常に系統が引張力によって運動する。このため各部は軽量になり、高速度再閉路操作に適している。また各受信弁は1個の送信弁によって機械的に連絡されているので各遮断点の動作も確実で接触差も少ない。

4.4 完全ユニットシステム

遮断部部分、支持がい管部分、下部空気だめ部分、電磁弁部分の各4部分をユニットとしている。遮断部や電磁弁部分は各電圧階級とも共通であって完全互換性を有している。また各ユニットは単独試験装置によって十分管理される。

4.5 無配管方式

簡単な操作部はすべて乾燥された高気圧中に封入されているため本体回りの配管が皆無となり、空気漏れの心配もない。

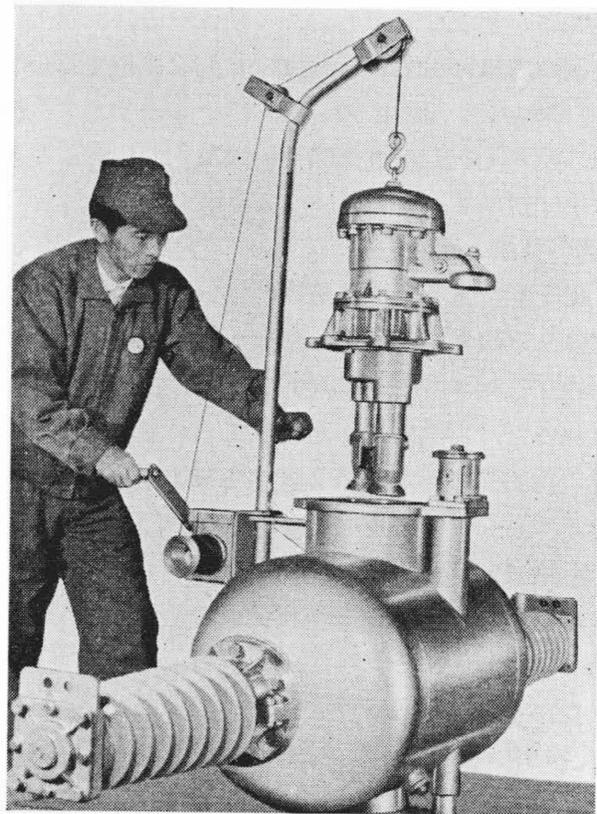
4.6 空気消費量が少ない

常時充気式であって消弧に必要な空気量だけ大気に放出するので遮断に関係のない部分に充気することがなく空気消費量を節減できる。このため圧縮空気発生装置の設備も小さく、空気系全体に与える影響が大きい。

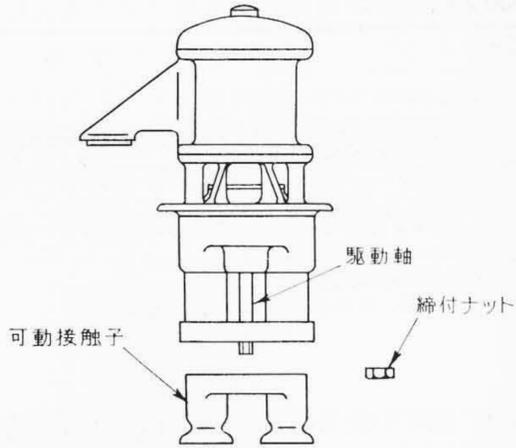
5. 点 検

5.1 遮 断 部

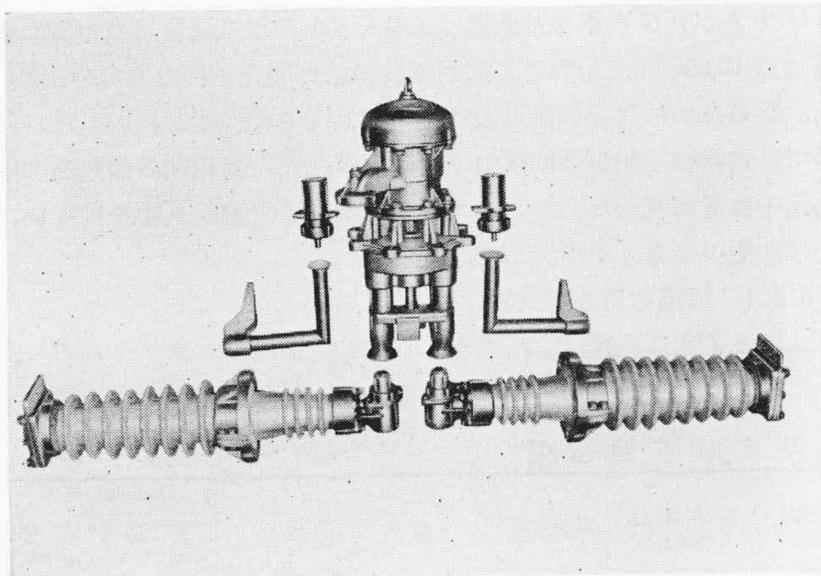
タンク形遮断部には側面に点検窓を設け、通常の点検ではここから内部をのぞくだけで各接触子や抵抗体の状態を監視することができる。しかし大電流を多数回遮断したのち、接触子を詳細に調べる必要のある場合には、遮断部空気だめ側面に設けてある金具につり上装置を取り付け可動接触子部分を巻き上げる(第12図)。この際、



第12図 接触子部分つり上げ状況



第 13 図 可動接触子取はずし要領説明図



第 14 図 OPF 形空気遮断器遮断部各部品

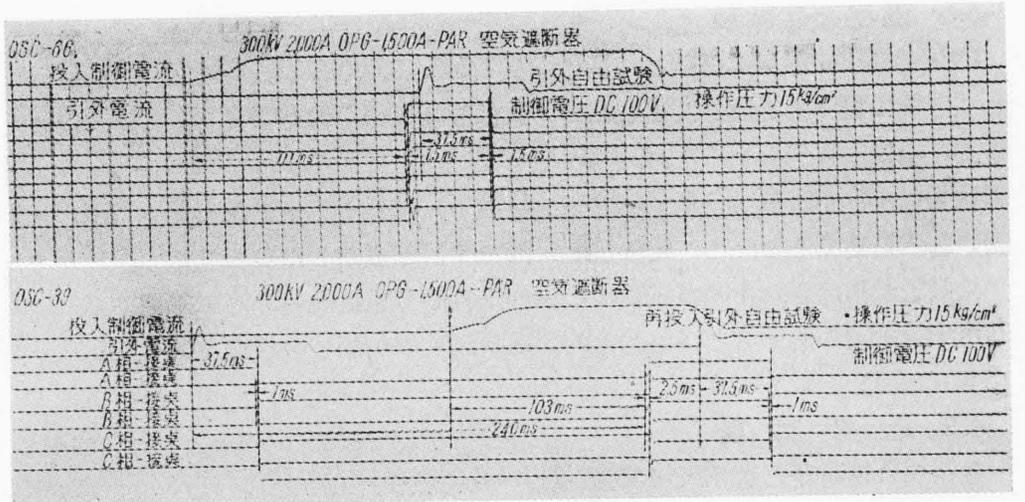
可動接触子は主弁や緩衝装置部分と一体に構成されているため、この部分が一緒に露出する。自動配管されている受信弁からの給気部分も同時に切離される。可動接触子を交換する際には、可動接触子駆動軸の先端のナットをゆるめてメガネ状接触子部分のみを取りはずし、交換する(第13図)。第14図はOPF形遮断器の遮断部部品を示す。

5.2 操 作 部

操作部は半永久無点検を目標に設計され、各部分とも強度的にも耐錆性にも秀れた高級材料を使用しているため、ほとんど点検を必要としない。しかし定期点検などでリンク部分の状態を確認する際には下部空気だめ側面にある点検窓や、中間機構部ののぞき窓から容易に内部を直視できる。

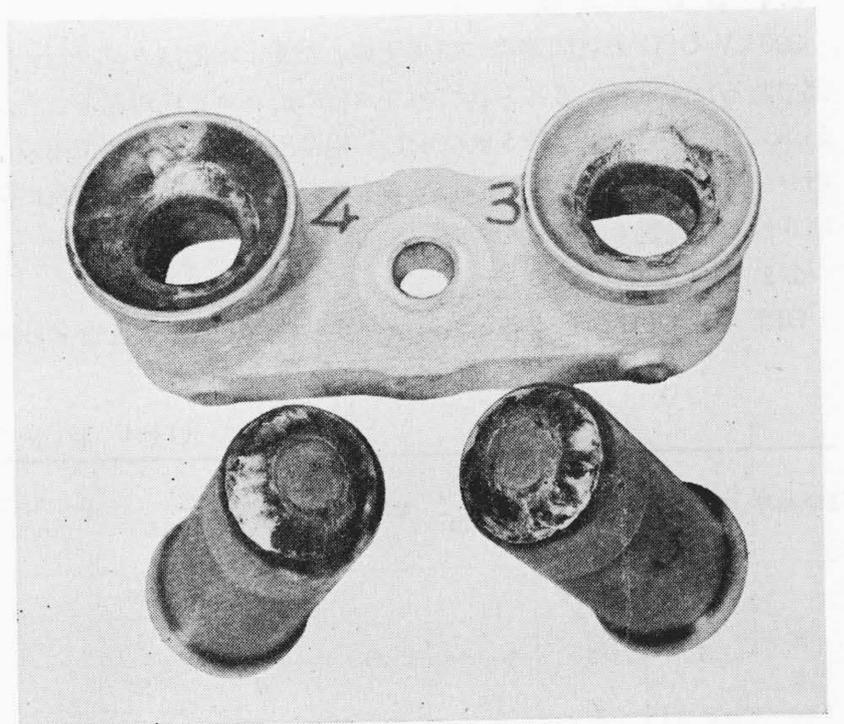
第 3 表 開 閉 操 作 特 性
(操作気圧 15 kg/cm², 操作電圧 100 V)

形 式	OPF-250A -PA	OPF-500A -PAR	OPG-350A -PA	OPG-750A -PAR	OPG-1,500 A-PAR
定格電圧 (kV)	84(72)	168	84(72)	168	300
定格電流 (A)	1,200	1,200	2,000	2,000	2,000
遮断容量 (MVA)	2,500	5,000	3,500	7,500	15,000
引し はず	開極時間 (ms)	37	35	38	37
	三相接触差 (ms)	1	1	1	1.5
投 入	投入時間 (ms)	96	105	97	105
	三相接触差 (ms)	1.5	1.5	1.5	1.5
再 投 入	第引 一は 開極時間 (ms)		35		38
	回 目し 差 (ms)		1		1.5
	再 投 入 時間 (ms)		250		250
	投 入 時間 (ms)		105		100
	三 相 接 触 差 (ms)		1.5		2
第引 二は 回 目し 差 (ms)	開極時間 (ms)		36		37.5
	三相接触差 (ms)		1		1



(上) CO 操作 (下) O-CO 操作

第 15 図 OPG 形 300 kV 空気遮断器操作試験オシログラム



第 16 図 34,000 A 10 回遮断後の OPG 形空気遮断器接触子

6. 諸 特 性 試 験

OPF 形 OPG 形空気遮断器は、開発にあたって通常の性能試験のほか各種特殊試験、実用性試験もあわせて実施し、製品の信頼性を検討した。

6.1 操 作 試 験

本器では JEC-145 に規程されている諸験のほか台風時などに発生する多発事故にも操作できることを確認するため、O-θ-C-t-O-θ-CO(θ: 0.25 秒, t: 5 秒以下)の繰り返し試験を行ない機械的、熱的に過酷な試験も合わせて実施した。第3表はOPF形OPG形空気遮断器の操作試験結果、第15図はOPG形300kV空気遮断器の操作試験(O-0.25秒-CO)のオシログラムの一例である。

第 4 表 OPF 形, OPG 形空気遮断器
主要部分温度上昇試験結果

条 件	OPF 形(1,200A 用)		OPG 形(2,000A 用)		
	遮断試験前	遮断試験後 (22,000A 6回遮断後)	遮断試験前	遮断試験後 (34,000A 10回遮断後)	
通電電流 (A)	1,200	1,200	2,000	2,000	
温 度 上 昇 値 (°C)	端 子 板	20.0	19.0	26.5	29
	遮断部空気溜 外面	17.5	19.0	27.5	27.5
	可動接触子	30.0	34.0	31.5	40
	固定接触子	31.0	35.0	31.5	37.5
	固定接触子ブ ラケット	29.0	29.0	31.5	40

備考 1. 測定部分が外部露出している場所はアルコール温度計、内部は抵抗温度計により求めた。
2. OPG形温度試験は端子板より1mはなれた場所での試験導体の温度上昇値が30°Cとなるようにして行なった。

6.2 温度上昇試験

OPF形OPG形空気遮断器に定格電流1,200, 2,000Aを一定通電して各部の温度上昇値を測定した。結果は第4表のとおりである。各部の温度上昇値ともいづれも規程値を下回る値である。特にOPG形遮断部では主接触子(チューリップ接触子)部分がアークから保護される構造であるため、定格遮断電流を十数回遮断したのちにも主接触子が損傷されず遮断試験後の温度上昇値も銀接触の55℃に対して十分余裕のあることがわかった。遮断試験の接触子の状態を第16図に示す。

6.3 絶縁試験

各系列の遮断器ともJEC-145に規程される乾燥、注水の試験においてインパルス、商用周波値を上回っている。特に商用周波試験では絶縁階級の一段上の特性にも匹敵する値であった。

6.4 コロナ試験

300kV OPG形遮断器について実施したが、本器はタンク形遮断部であるため電界が緩和されており、特に耐コロナ性があることがわかった。試験結果を第5表に示し、相電圧の約2倍程度で両端子のシールド金具よりわずかに発生するのを認めた。試験は深夜に倍率6倍の双眼鏡で観察した。

6.5 短時間電流試験

OPF形、OPG形とも各定格容量のうちの最大遮断電流を2秒間

第5表 300kV, OPG形空気遮断器コロナ試験結果

印加電圧 (kV)	コロナ発生状況
250	各部からのコロナ発生を認めず
300	電磁弁箱側のシールド下端より約10秒間隔で、かすかなコロナ発生を認めた
350	両端子シールドリング下端よりかすかなコロナの発生を認めた。その他異常なし
400	350kV印加時と同じ、その他の箇所よりコロナ発生を認めず

(注) 1. 深夜、倍率6の双眼鏡で観察した。
2. 気象条件、温度4℃、気圧763mmHg、湿度46%

通電した。この結果、通電の前後における端子間の接触抵抗の変化はなく、接触部の溶着痕跡、銀めっきのはく離なども全く認められなかった。

6.6 遮断試験

OPF形、OPG形空気遮断器は150MVAの短絡試験用発電機による通算10,000回にもおよぶ遮断試験の結果開発されたもので、実負荷試験のほかに日立等価試験法も併用してその性能を検討した。試験では通常の三相短絡回路のほかに脱調遮断、異相地絡の遮断や線路途中故障の遮断などきわめて過酷な条件下で遮断試験を行ない、その性能の優秀さを検証した。

6.6.1 短絡電流遮断試験

第6,7表は遮断試験結果を示し、第17図はオシログラムの一例

第6表 OPF形空気遮断器遮断試験結果

試験種類	項番	供試点数	操作圧力 (kg/cm ²)	動作責務	電圧 (kV)	電流 (A)	固有周波数 (kc/s)	アーク時間 (s)	投入電流 (kAp)	試験回数	備考	三相換算電圧 (kV)		
												2点 (84kV系)	4点 (168kV系)	
充電電流	1	2	15	O	73	29	—	0.05~0.3	—	20	再点発弧なし	101	182	
					73	14	—	0.05~0.15	—	20	再点発弧なし	101	182	
			12		67	27	—	0.05~0.2	—	20	再点発弧なし	93	168	
					67	13	—	0.05~0.15	—	20	再点発弧なし	93	168	
	2	4	15	O	146	29	—	0.05~0.3	—	20	再点発弧なし	101	202	
			12		122	25	—	0.05~0.3	—	20	再点発弧なし	84	168	
励磁電流	3	4	15	O	122	10	—	0.05~0.2	—	20	変異圧常器側圧	1.1~2.2	84	168
					146	5	—	0.05~0.1	—	20		1.0~1.3	101	202
			17.5		122	10	—	0.05~0.2	—	20		1.0~2.4	84	168
短絡電流	4	4	12	O	146	2,200	5	0.3~0.4	—	4	O-0.25s-CO-1m-CO	84	168	
			15	OCO				0.05~0.5	4~6	2				
	5	2	12	O	73	4,500	5	0.2~0.35	—	4	O-0.25s-CO-1m-CO	84	153	
			15	OCO				0.1~0.4	7~15	2				
	6	1	12	O	40.2	8,250	6	0.1~0.35	—	4	O-0.25s-CO-1m-CO	84	168	
			15	OCO				0.15~0.4	17~24	2				
	7	1	12	O	20	17,800	4	0.2~0.45	—	4	O-0.25s-CO-1m-CO	42	84	
			15	OCO				0.15~0.5	28~37	2				
	8	1	12	O	12	22,000	3	0.35~0.5	—	4	O-0.25s-CO-1m-CO	25	50	
15			OCO	0.1~0.35				50~58	2					
9	1	12	O	40.2相当	22,000	0.9相当	0.35~0.45	—	2	日立等価試験	84	168		
		15	O				0.4~0.45	—	2					

(注) $f=50\text{ c/s}$ 三相換算電圧=試験電圧 $\times\frac{\text{所定点数}}{\text{供試点数}}\times\frac{1}{K_1}\times\frac{1}{K_2}\times\sqrt{3}$

K_1 の 値

電 圧 (kV)	84	168
充 電 電 流	1.25	1.25
励 磁 電 流	1.25	1.25
短 絡 電 流	1.5	1.5

K_2 の 値 (電圧分布を考慮した値)

$K_2=1.1$ (ただし 所定点数 > 供試点数の時)
 $K_2=1.0$ (ただし 所定点数 ≤ 供試点数の時)

第7表 OPG 形 空 気 遮 断 器 遮 断 試 験 結 果

試験種類	項番	供試点数	操作圧力 (kg/cm ²)	動作責務	電 圧 (kV)	電 流 (A)	固有周波数 (kc/s)	アーク時間 (s)	投入電流 (kAp)	試験回数	備 考	3相換算電圧 (kV)		
												2 点 (84kV 系)	4 点 (168kV 系)	8 点 (300kV 系)
充 電 電 流	1	1	12	O	33.6	108	—	0.1~0.4	—	20	再点発弧なし	84	168	365
			15		36.5	117	—	0.1~0.4	—	20	再点発弧なし	91	182	395
	2	2	12	O	67	54	—	0.1~0.35	—	20	再点発弧なし	93	168	365
			15		73	58	—	0.1~0.35	—	20	再点発弧なし	101	182	395
	3	4	12	O	122	25	—	0.1~0.3	—	20	再点発弧なし	84	168	332
			15		146	29	—	0.1~0.3	—	20	再点発弧なし	101	202	395
	4	8	12	O	244	12	—	0.05~0.1	—	20	再点発弧なし	84	168	365
			15		260	14	—	0.05~0.1	—	20	再点発弧なし	90	180	390
励 磁 電 流	5	2	17.5	O	67	42	—	0.1~0.4	—	20	1.3~2.4	84	168	336
			15		146	3	—	0.05~0.1	—	20	1.0~1.2	101	202	395
	6	4	15	O	146	10	—	0.05~0.2	—	20	1.1~2.3	101	202	332
			17.5		122	10	—	0.05~0.2	—	20	1.1~2.4	84	168	332
	7	8	17.5	O	200	8	—	0.05~0.2	—	20	1.1~2.4	69	138	300
短 絡 電 流	8	8	12	O	226	820	1.8	0.3~0.45	—	4		65	130	300
			15	OCO				0.2~0.37	1.5~2.1	2				
	9	4	12	O	146	2,200	5	0.15~0.3	—	4		84	168	352
			15	OCO				0.2~0.5	3.5~6.7	2				
	10	2	12	O	73	4,500	5	0.3~0.4	~	4		84	153	352
			15	OCO				0.1~0.5	8~15	2				
	11	1	12	O	40.2	8,250	7.5	0.15~0.4	—	4		84	168	388
			15	OCO				0.2~0.45	18~25	2				
	12	1	12	O	20	17,800	5.5	0.15~0.45	—	4		42	84	194
			15	OCO				0.2~0.55	30~38	2				
	13	1	12	O	10.8	31,500	4.5	0.1~0.55	—	2		22.5	45	104
15			OCO	0.1~0.45				75~86	1	O-0.25s-CO-1m-CO				
17.5			OCO	0.15~0.3				54~86	1	O-0.25s-CO-5s-CO				
14	1	12	O	46.2相当	31,500	0.9相当	0.3~0.5	—	2	日立等価試験 (異相地絡遮断)	97	194	445	
		15	O				0.35~0.5	—	2					
15	1	15	O	53.4相当	15,800	0.9相当	0.3~0.4	—	2	日立等価 (脱調遮断)	112	224	516	
16	1	15	O	12	23,200		0.4~0.45	—	2	K _m 故障	25	50	116	
17	8	15	O	226	820	1.8	0.2~0.3	—	3	電圧分布 51:49	65	130	300	

(注) $f=50\text{ c/s}$ 三相換算電圧=試験電圧× $\frac{\text{所定点数}}{\text{供試点数}} \times \frac{1}{K_1} \times \frac{1}{K_2} \times \sqrt{3}$

K₁ の 値

種 類	電 圧 (kV)	84	168	300
充 電 電 流		1.25	1.25	1.15
励 磁 電 流		1.25	1.25	1.15
短 絡 電 流		1.5	1.5	1.3

K₂ の 値 (電圧分布を考慮した値)

K₂=1.1 (ただし 所定点数 > 供試点数の時)
 K₂=1.0 (ただし 所定点数 ≤ 供試点数の時)

であり、第18図は遮断特性曲線である。この曲線は第6, 7表の値から再起電圧上昇率が試験電圧に比例するものとして求めた。OPF 形 OPG 形空気遮断器とも JEC-145 規程値に対して十分余裕がある。なお本試験には日立等価試験法⁽⁵⁾ (第19図) を併用した。この結果から脱調遮断, 異相地絡時も支障なく遮断できることがわかった。

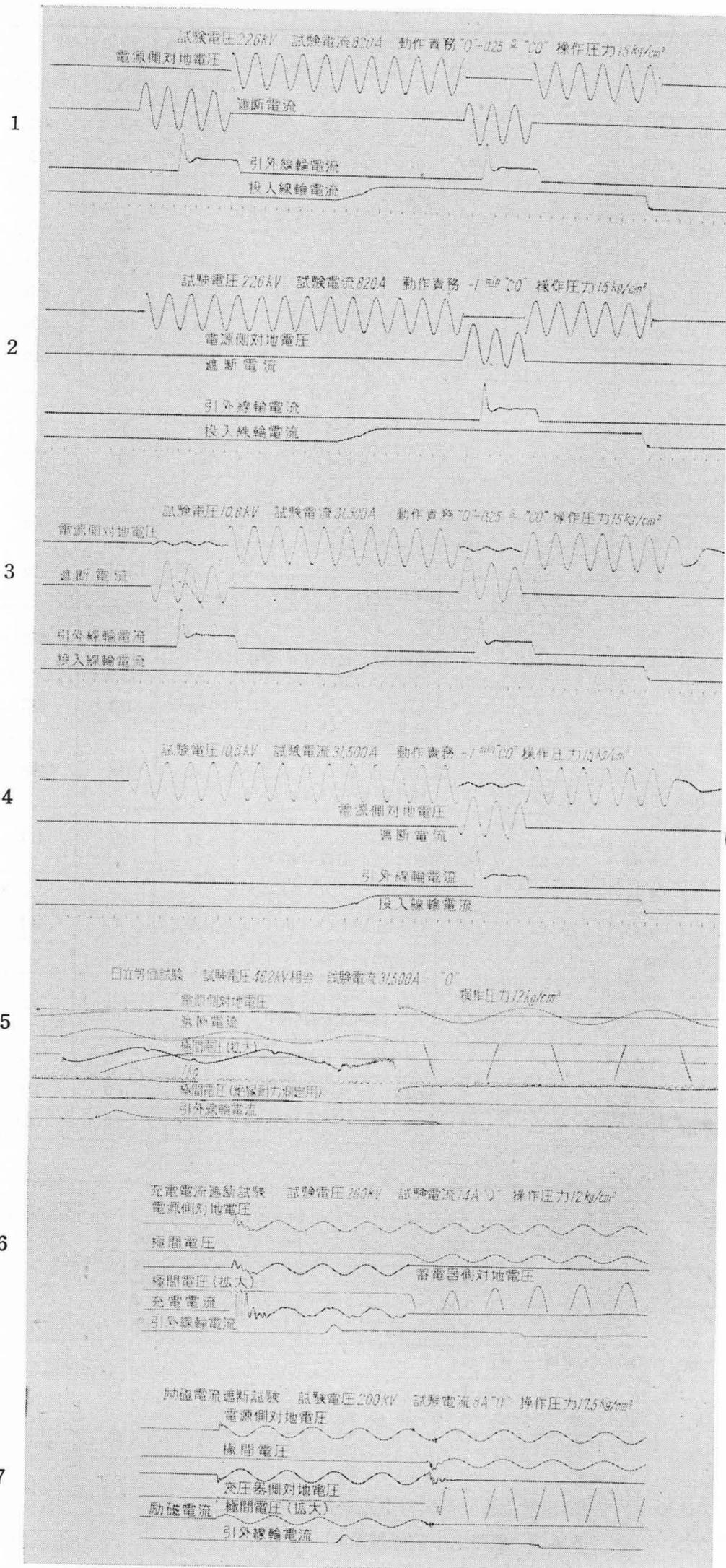
6.6.2 充電電流, 励磁電流遮断試験

充電電流遮断試験ではアーク時間を位相制御によって変化させ相電圧の150~170%程度の電圧まで上げて実施した。この結果から0.1~以下の短い場合においてもいずれも無再点弧であった。これは本遮断器の遮断直後の絶縁耐力の高いことを示している。

励磁電流遮断も異常電圧倍数2.4以下であった。

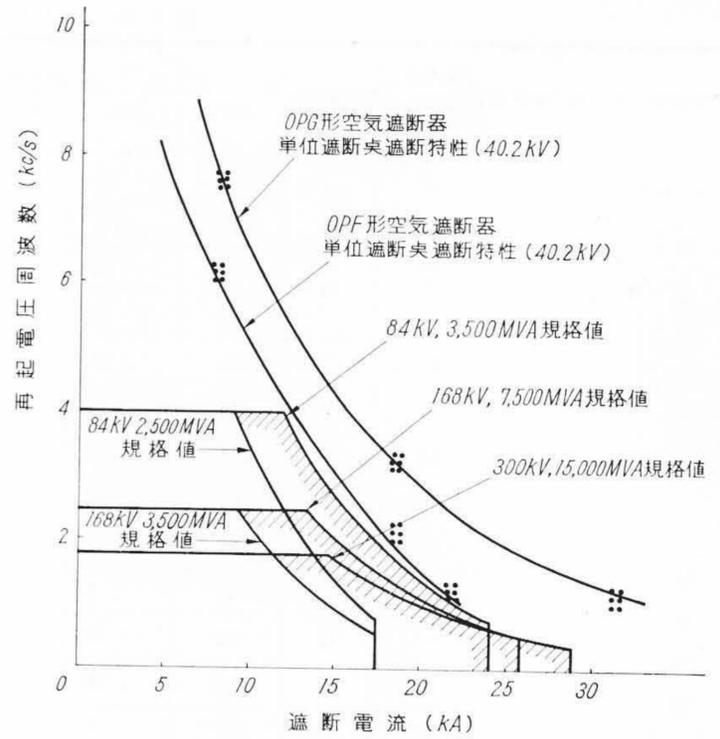
6.6.3 線路途中故障遮断

大容量母線から数キロメートル離れた場所で事故を生じた場合電源側のインピーダンスに比べて架空線のインピーダンスが相当大きくなる可能性がある。そこでこのような場所での事故を母線出口の遮断器が遮断した場合には線路の往復反射によって三角波状の電圧が現われる。このため極間の初期の再起電圧の上昇率が非常に高くなり、JEC-145に規程される再起電圧のみでは不十分となる。しかし、遮断瞬時の極間電圧は電源側のインピーダンスと線路側のインピーダンスの比により定まり、線路長が極端に短い場合は上昇率は高いが第一波の波高値は低い。学会においても目

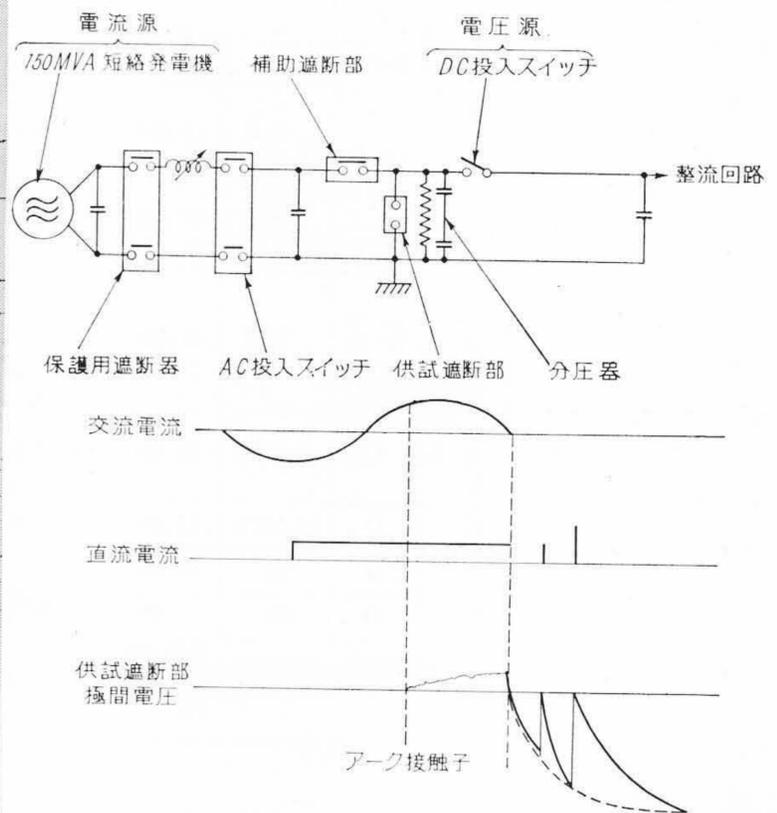


1, 2: 高電圧試験 O-0.25秒-CO-1分-CO操作(電磁オンロ)
 3, 4: 大電流試験 O-0.25秒-CO-1分-CO操作(電磁オンロ)
 5: 日立等価試験(ブラウン管オンロ)
 6: 充電電流試験(ブラウン管オンロ)
 7: 励磁電流試験(ブラウン管オンロ)

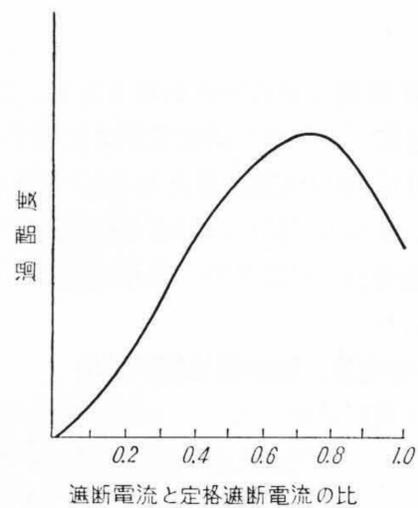
第17図 OPG形空気遮断器遮断試験オンシログラム



第18図 OPF形, OPG形空気遮断器遮断特性曲線



第19図 日立等価試験法説明図



第20図 線路途中故障回路遮断の過酷度説明図

下線路途中故障事故の過酷さについては検討中であるが、一応次の諸要素が過酷さを表わす尺度と考えられている。(A) 遮断電流の大きさ (B) 再起電圧上昇率, (C) 第一波波高値の振幅率

の三要素の積で表現すると第20図の様になり定格遮断電流の80%近辺で最過酷になる。

OPG形空気遮断器に対しては、以上の考え方から定格遮断電流の80%の値での線路途中故障遮断試験を行なった。第21図は実施した試験回路を示し、第22, 23図は代表的オシログラムの一例である。この試験から支障なく遮断できることがわかった。

6.6.4 電圧分布の実測

300 kV OPG形空気遮断器について測定を行なった。測定は8遮断点の中間点(1/8点)と対地電圧および全体(8/8点)と対地電圧とについて測定し比較した。この結果からは1/8点でほぼ全体の50%になっており均一化されていることが立証された⁽⁶⁾。

6.7 特殊試験

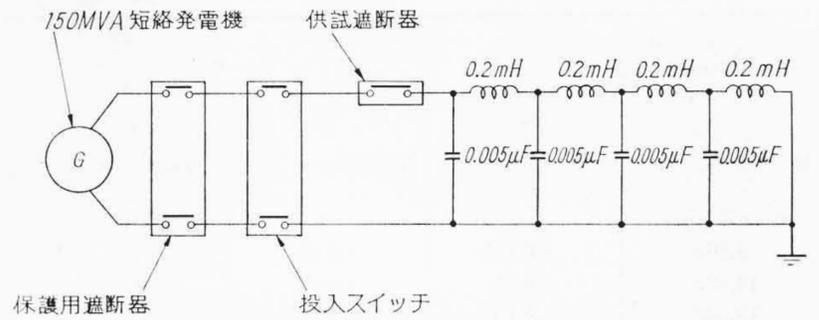
以上の諸性能試験のほかに実際の使用状態を考えた各種特殊試験を実施した。

6.7.1 主要部分の寿命試験結果

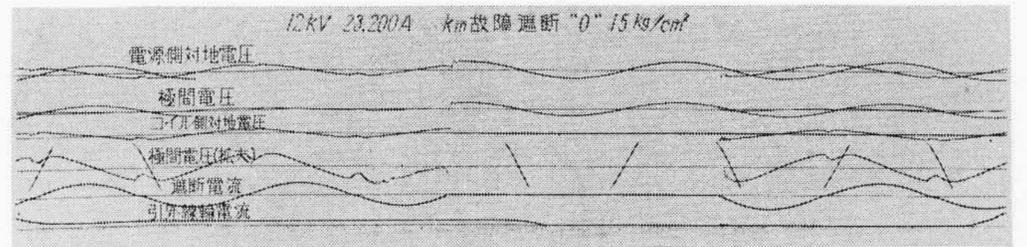
本器の各部はユニットとして構成されているため、各部分について数万回の寿命試験を繰り返して行なって均一性と安全性を検討した。第8~10表はその試験結果である。この結果から各部とも十分な機械的強度を有し、長期間の使用に耐えることが確認された。

6.7.2 絶縁棒の特性試験

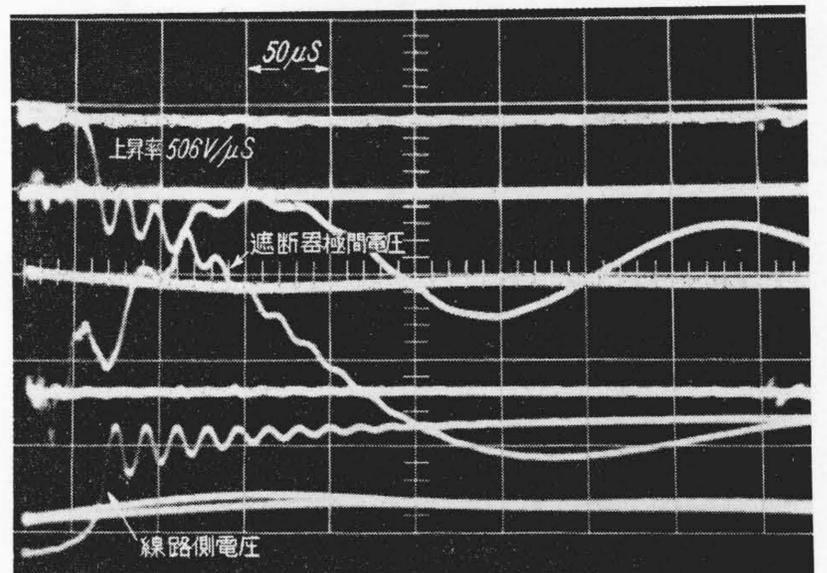
OPF, OPG形空気遮断器操作部には、充電部側の受信弁と大地側の送信弁との信号伝達に絶縁棒を使用しているため、この絶縁



第21図 線路途中故障回路遮断試験回路説明図



第22図 線路途中故障遮断試験ブラウン管オシログラム



第23図 線路途中故障遮断試験高速度ブラウン管オシログラム(拡大)

第8表 回数試験後の動作時間の変動および主要部分の状況

回数	動作時間の変動 (ms)			
	遮断部		電磁弁	
	開極	閉路	開極側	閉路側
0	0	0	0	0
5,000	+0.5	-0.5	-0.17	+0.27
10,000	0	+0.5	-0.25	+0.26
15,000	+0.5	-1	-0.25	+0.26
20,000	+0.5	-0.5	-0.37	+0.25
25,000	+1	-1	-0.40	+0.26
30,000	+0.5	-1	-0.40	+0.26

回数試験後の状況

部品名	継続使用の可否	状況
遮断部	可	30,000回、回数試験後固定両接触子間の接触面が約0.2mmくぼみ、主弁弁座面パッキングが0.2mm程度跡がついたが支障なし
操作部	可	送信弁、受信弁パッキングに弁座跡約0.2mm程度ついたが支障なし
電磁弁	可	異常なし
エアダッシュユニット	可	ピストン外径が0.02程度摩耗したが特性には変化なし

第9表 回数試験前後の寸法変化(操作部)

操作回数	寸法変化 (mm)									
	操 作 部									
	ピ ン			ピ ン 穴			送 信 弁		中 間 リ ン ク	
	20φピン	16φ	12φ	20φ	16φ	12φ	ピストン	シリンダ	ガタリンクピン	穴
0(基準値)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20,000	0	0	0	0.005	0	0	0	0	0	0
30,000	-0.0025以下	0.005以下	0.005以下	+0.009	+0.005以下	+0.005以下	-0.01以下	0	0	+0.005以下

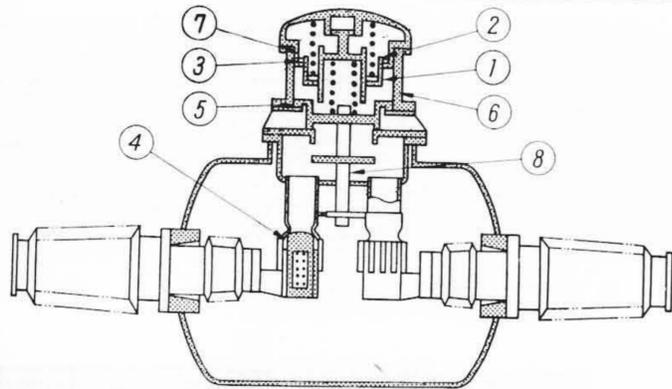
備 考

- 上記主要箇所ほかに各部について点検を行なった結果
- (1) 中間リンクバネ全長に対し1mm短縮(全たわみの3%)した。
 - (2) ピン類には多数回の操作により光沢が出ていたが寸法、変形など異常なし。
 - (3) さし込式レバは接触面相互間に0.02程度当たり跡を残したがそのほか異常がなかった。
 - (4) 送信弁、受信弁の弁座面に変化なし。弁部分パッキングには約0.2mm程度の弁座面の当たった跡があった。
 - (5) その他各部異常なし。

第10表 回数試験前後の寸法変化(遮断部)

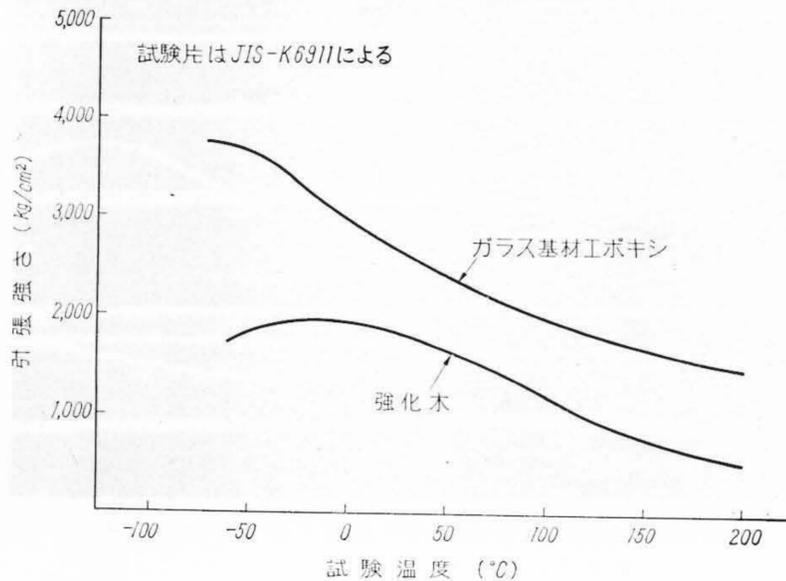
寸法変化 (mm)	遮断部							
	測定箇所							
	1	2	3	4	5	6	7	8
操作回数	第1緩衝ピストン 外	第2緩衝ピストン 内	第2緩衝ピストン 外	固定接触子外径	主弁ピストン外径	主弁シリンダ内径	緩衝室シリンダ内径	シャフト外径
0 (基準値)	0	0	0	0	0	0	0	0
5,000	-0.005	+0.01	-0.05	0	-0.01	+0.015	+0.005	0
10,000	-0.01	+0.02	-0.09	+0.005	-0.02	+0.015	+0.005	+0.005
15,000	-0.01	+0.02	-0.11	+0.005	-0.02	+0.015	+0.005	+0.005
20,000	-0.01	+0.02	-0.12	+0.005	-0.025	+0.015	+0.005	+0.005
30,000	-0.02	+0.02	-0.13	+0.005	-0.03	+0.015	+0.005	+0.005

測定箇所

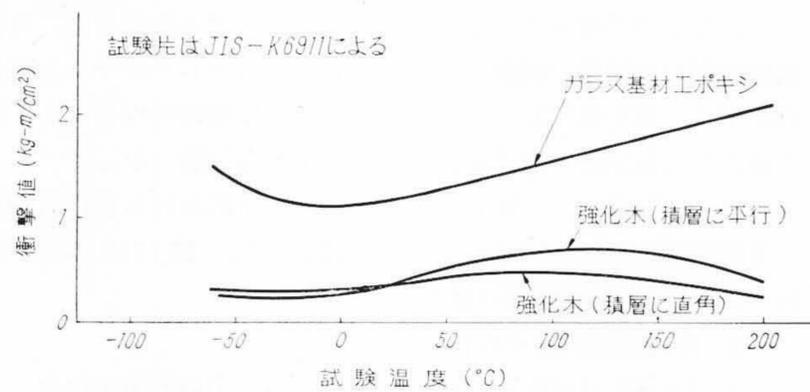


30,000回回数試験後の外観点検

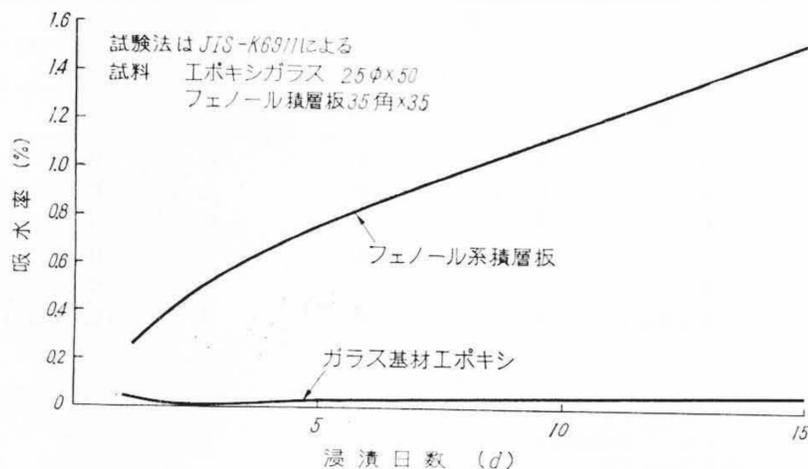
- (1) 可動接触, 固定接触, 子接触面へこみ0.2mm以下程度
- (2) 弁部分パッキング弁座あと0.2mm以下
- (3) 固定接触子チュアリップ状主接触子当たり面銀メッキ部光沢があった。
- (4) その他異常なし



第24図 ガラス基材エポキシ棒の引張強さと温度の関係



第25図 ガラス基材エポキシ棒の衝撃値と温度の関係



第26図 ガラス基材エポキシ棒の浸漬日数と吸水率の関係

第11表 ガラス基材エポキシ棒の諸特性試験結果

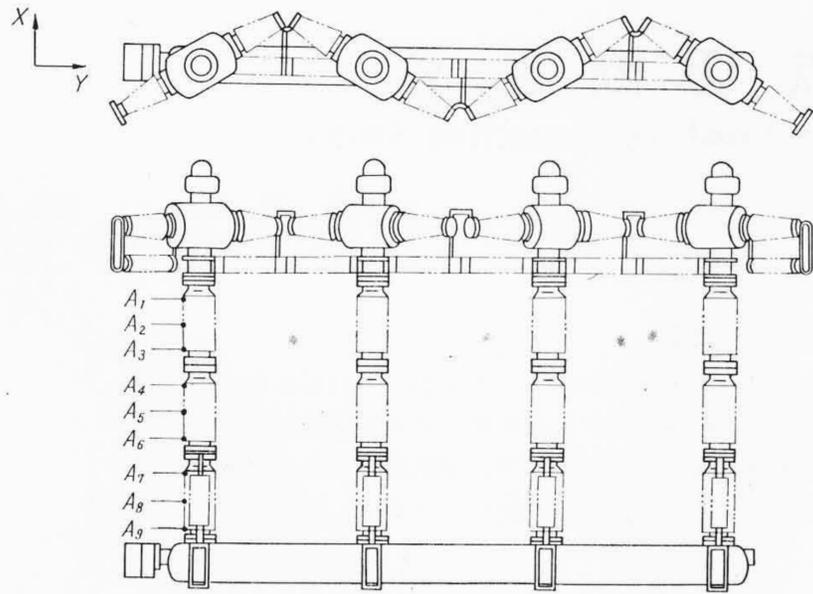
項目	ガラス基材 エポキシ	フェノール 積層板	備考	
吸水率(%) 室温(24時間)	+0.03	+0.25	JIS-K6911	
比重	1.64	1.31	JIS-K6911	
耐アセトン性 (室温2時間)	変化なし	変化なし	JIS-K6911	
耐熱性	150°C 2時間き裂なし 200°C 2時間き裂発生	100°C 2時間 き裂発生	JIS-K6911	
熱変形温度(°C)	200以上	200以上	ASTM D648-56T	
熱膨張係数	1.7×10^{-5}	7.5×10^{-5}	JIS-K6911	
圧縮強さ (kg/cm²)	層に垂直	1,500	1,100	JIS-K6911
	層に平行	3,400	1,700	JIS-K6911
へき開値(kg)	1,200	750	JIS-K6911 積層板の層に平行に 鋼球による荷重を加 えそれが破壊したと きの荷重	

第12表 300kV OPG形空気遮断器操作時の支持碍管部分
応力測定結果

動作責務 操作圧力 (kg/cm²)	C		O		CO		O-CO	
	15		15		15		15	
	測定値*	測定箇所	測定値*	測定箇所	測定値*	測定箇所	測定値*	測定箇所
	応力 (kg/cm²)	ひずみ ($\times 10^{-6}$)						
A1・Y	9.1	12.1	13.0	17.3	18.4	24.6	19.8	26.4
A2・Y	7.0	9.3	12.7	16.9	18.0	24.0	13.2	17.6
A3・Y	13.4	17.9	18.7	25.0	24.5	32.7	17.4	23.2
A1・X	9.0	12.0	23.2	31.0	19.5	26.0	23.8	31.8
A2・X	7.0	9.3	19.5	26.0	13.2	17.6	19.5	26.0
A3・X	12.6	16.8	17.8	23.8	16.7	22.2	20.8	27.8
A4・Y	17.1	22.8	20.5	27.4	23.2	31.0	21.6	28.8
A5・Y	14.0	18.7	17.5	23.3	16.0	21.3	19.9	26.5
A6・Y	14.6	19.3	16.6	22.2	15.4	20.5	18.7	24.9
A4・X	10.6	14.1	19.1	25.4	16.7	22.3	19.3	25.7
A5・X	10.3	13.7	12.7	16.9	11.4	15.2	12.7	16.9
A6・X	13.9	18.5	12.4	16.5	10.6	14.1	17.2	23.0
A7・Y	14.6	19.5	12.4	16.5	15.0	20.0	15.2	20.2
A8・Y	8.6	11.5	8.4	11.2	9.7	12.9	8.6	11.5
A9・Y	18.3	24.4	13.5	18.0	15.9	21.2	17.2	23.0
A7・X	26.8	35.8	16.7	22.3	15.0	20.0	26.2	35.0
A8・X	13.3	17.7	11.2	14.9	8.1	10.8	12.8	17.1
A9・X	11.0	14.7	19.0	25.4	13.2	17.6	18.7	25.0

* 15 kg/cm²の圧力封入時を0として測定した。

安全度の高いことを確認した。第27図および第12表は試験結果の一例である。そのほか汚損試験, 活線洗浄試験, 騒音試験, 耐衝撃試験など各種試験を合わせ実施して満足すべき結果を得た。各種試験の詳細については後日報告する予定である。



X, Yはひずみ計の感応方向を示す。

第 27 図 300kV OPG 形空気遮断器応力測定位置説明図

7. 結 言

以上 OPF 形, OPG 形新系列の空気遮断器の概要について述べたが, その特長を要約すると次のとおりである。

- (1) 常時充気式内部断路方式を採用しているので, 少量の空気

使用量で高遮断性能が得られる。

- (2) 2組の遮断点を1個の可動接触子で開閉するので, 今までの遮断器に比べ点検の手数が半減する。

- (3) 操作機構は乾燥された空気タンク内に封入されているため外部配管が不用となり, 構造が簡単で高速動作に対する信頼度が高い。

- (4) 各部は完全なユニット式で積み重ねるだけで組立完成し, かつ製品重量も軽いので据付, 保守が容易である。

今回の新形遮断器は日立製作所が長年月にわたる豊富な製作経験と広範な研究結果に基づいて完成したもので, 各部にわたり十分な実用性を具備したきわめて信頼度の高い遮断器である。海外の各種遮断器と比較しても遜色なく, 国産技術として高く評価されることを確信する。

本器の開発にあたり終始熱心なご指導, ごべん達をいただいた各電力会社はじめ関係各位に深く謝意を表する次第である。

参 考 文 献

- (1) 細包, 能, 仲野, 山崎: 日立評論 39, 1381 (昭32-12)
- (2) 細包, 斎藤, 黒岡: 日立評論 40, 1039 (昭33-9)
- (3) 仲野: 日立評論 41, 917 (昭34-8)
- (4) 山崎, 細川: 日立評論 41, 901 (昭34-8)
- (5) 山崎: 日立評論 40, 1047 (昭33-9)
- (6) 山崎: 日立評論 41, 909 (昭34-8)



特 許 と 新 案

最 近 登 録 さ れ た 日 立 製 作 所 の 特 許

特許番号	名 称	氏 名	特許年月日	特許番号	名 称	氏 名	特許年月日
402503	自動溶接機の溶接線追従機構	林 順 雄	37. 12. 26	303720	調節 計	倉 持 義 徳	38. 1. 7
402504	抵抗 器	土 井 俊 雄	"	303721	固体潤滑転動軸受	萩 原 平 幹	"
402505	抵抗 器	土 井 俊 雄	"	303722	ミリ波後進波管用ヘリックスの製法	野 木 喜 久 夫	"
402506	油入高圧電気機器用互り端子	宮 沢 寿 郎	"	303723	車輪空転検出装置	武 井 村 昌 夫	"
402507	タック監視装置	大 音 透	"	303724	機材縮着装置	中 宮 村 昌 夫	"
402508	微量銅イオン検出用試験	佐 藤 信 次	"	303725	無電極放電燈	川 村 船 和 純	"
402509	タック切換装置	大 西 真 央	"	303726	半導体装置の製法	山 本 野 地 陽	"
402510	小型直流電動機 of 速度制御装置	大 西 和 夫	"	303727	列車自動運転装置	和 飛 永 俊 勝	"
402511	荷物用エレベータ	高 及 鈴 修	"	303728	塗 装 方 法	高 安 井 神 上 昌 啓	"
402512	ディーゼルエンジン用燃料噴射弁	木 村 純 彦	"	303729	容器掃除機	井 上 尾 昌 次	"
402513	複式気化器操作装置	山 本 景 一	"	303730	列車接近警報装置	若 北 林 川 圭 次	"
402514	ブレーキの熱膨脹による間隙自動調整装置	小 田 沢 泉	"	303731	パイロットワイヤ保護継電装置	紫 田 山 井 田 俊 三	"
402515	ペルトン水車	田 沢 泉	"	303732	地上子信号による電車の自動速度制御装置	和 飛 永 俊 勝	"
402516	洗濯機	岩 田 幸 二	"	303733	蒸気タービン	飛 永 俊 勝	"
402517	洗濯機	岩 田 幸 二	"	303734	洗濯機	大 島 亮 一	"
402518	半導体整流器試験装置	岩 田 幸 二	"	303735	両用車輪車両の軸箱装置	齋 田 信 幸	"
402519	半導体整流器試験装置	岩 田 幸 二	"	303736	ヒューズ付押ボタンスイッチ	渡 辺 新 太 郎	"
402520	電気車の無接点自動ノッチ進め装置	大 島 道 安	"	303737	電車プログラム制御装置	和 田 俊 介	"
402521	放射線遮蔽窓	繁 井 政 和	"	303738	電気車停止プログラム制御装置	和 田 俊 介	"
402522	ペルトン起電機	近 堀 幸 幸	"	303739	複数個の撓性振動伝達子を有する超音波洗滌装置	竹 村 悌 雄	"
402523	高圧整流装置	近 堀 幸 幸	"	303740	多段連続式自動スタート自動リセット装置	飛 永 勝 年	"
303714	パワショベル又はジッパトレジャ	安 河 内 雄 元	38. 1. 7	303741	ガスクロマトグラフ	中 橋 本 村 武 三	"
303715	負荷時電圧又は位相調整変圧器試験方法	岡 田 川 木 義 健	"	303742	映画撮影装置を備えた電子顕微鏡	片 桐 信 二	"
303716	誤動作防止信号送受方式	小 栗 田 健 五 郎	"	303743	デコーダ	不 破 康 博	"
303717	後動作型自動利得調整器の警報装置	江 大 中 野 村 逸 夫	"				
303718	大電流測定装置	増 松 原 井 澤 尊	"				
303719	交流ブリッジ平衡装置	今 井 引 新	"				