

大電流大容量形空気遮断器

High Capacity Air Blast Circuit Breakers

仲 野 善 一*
Zen'ichi Nakano

内 容 梗 概

日立製作所においては、今回 72~300 kV, 2,000~2,500 A, 3,500~15,000 MVA にわたる大電流大容量空気遮断器の新系列を開発した。この遮断器の遮断部は主接触子とアーク接触子を有し、いかなる大電流アークにも主接触子の損傷がまったくなく、優秀な遮断性能を持っている。本遮断器は JEC-145 によって規程される試験のほか汚損試験、注水洗浄試験、振動試験などの特殊試験を実施して良好な成績を納めた。

この遮断器は東北電力株式会社仙台火力発電所に 168 kV, 2,000 A, 5,000 MVA 4 台、北海道電力株式会社砂川変電所に 72 kV, 3,500 MVA, 10 台を納入したのをはじめ多数製作中である。

1. 緒 言

日立製作所では、すでに 72~300 kV, 1,500~12,000 MVA の各種定格の屋外用空気遮断器を多数納入しているが⁽¹⁾⁽²⁾、今回 72~300 kV, 2,000~2,500 A, 3,500~15,000 MVA の大容量空気遮断器の新系列を完成し、すでに形式試験および各種特殊試験を完了して、東北電力株式会社仙台火力発電所に 168 kV×4 台、北海道電力株式会社砂川変電所に 72 kV×10 台などを納入し、引き続き多数製作中である。

この遮断器の遮断部にはアーク接触子を設け、そのワイプ効果によって遮断能力の向上を計るとともに、主接触子が大電流アークから完全に保護される構造を取り、かつ接触子の解体点検もきわめて容易になるなど、数々の改良が施されている。

大容量遮断器であるため、遮断容量、投入容量の検証には 150 MVA 短絡発電機による遮断試験のほか、上記発電機を使用した日立等価試験法を併用して、遮断性能、投入容量を検証した。このほか、特殊試験として人工汚損試験、注水洗浄試験、振動試験などを行って機器の安全性を検討した。以下大電流大容量屋外用空気遮断器について概要を報告する。この遮断器の標準仕様を第 1 表に示す。第 1 図および第 2 図は本遮断器の外観図である。

2. 構造ならびに動作原理

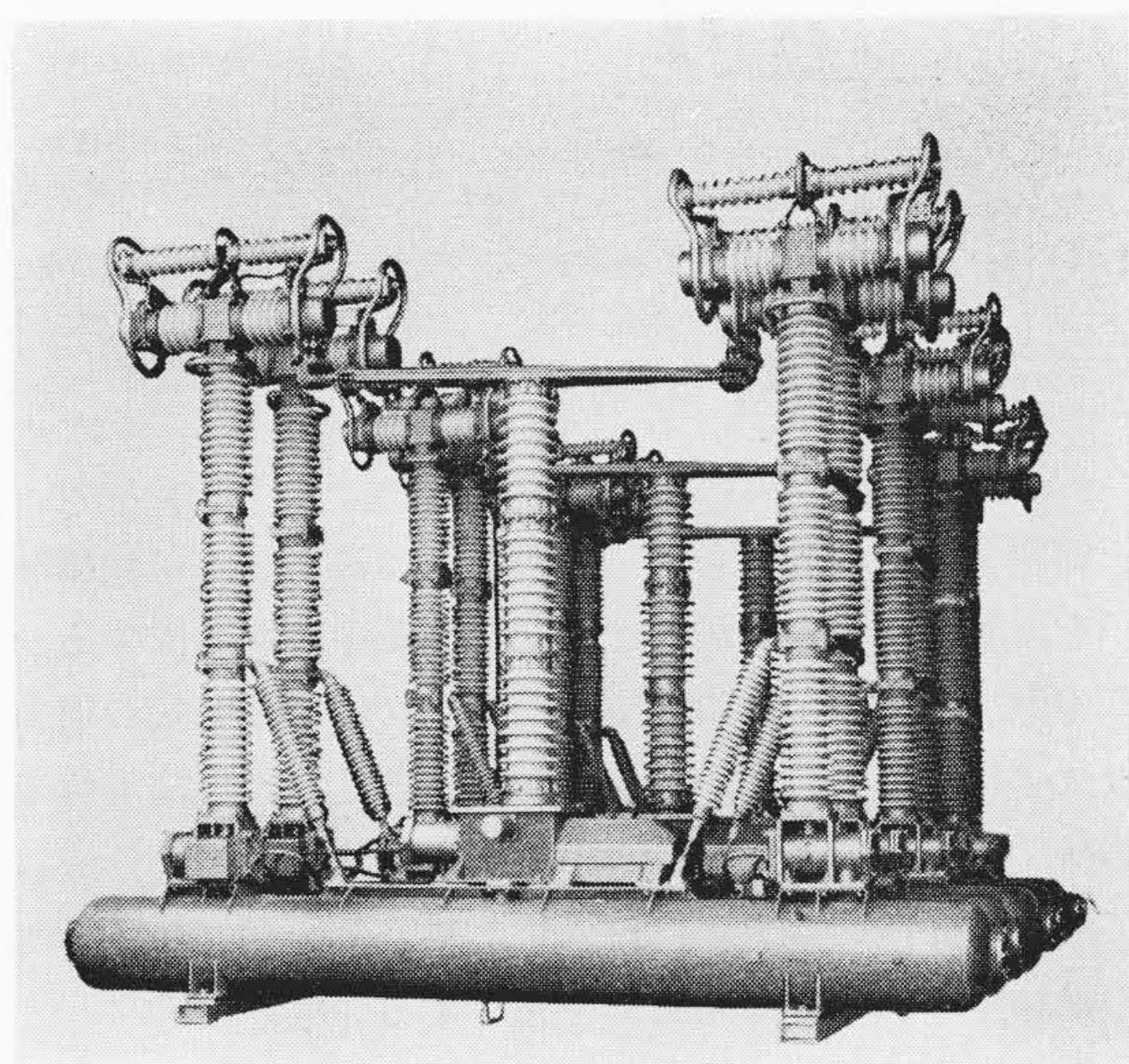
第 3 図は、遮断器の内部構造説明図、第 4 図は大容量遮断部の構造説明図である。

各相空気溜の一端に立てられた送気母管の上部に T 字形に遮断部を配置し、中央にある操作母管を回転して断路部を開閉する構造になっている。72, 168 kV 遮断器は機構部分をすべて空気溜の底部に取り付けてあるので架台

* 日立製作所国分工場

第 1 表 日立大電流大容量屋外用空気遮断器標準仕様

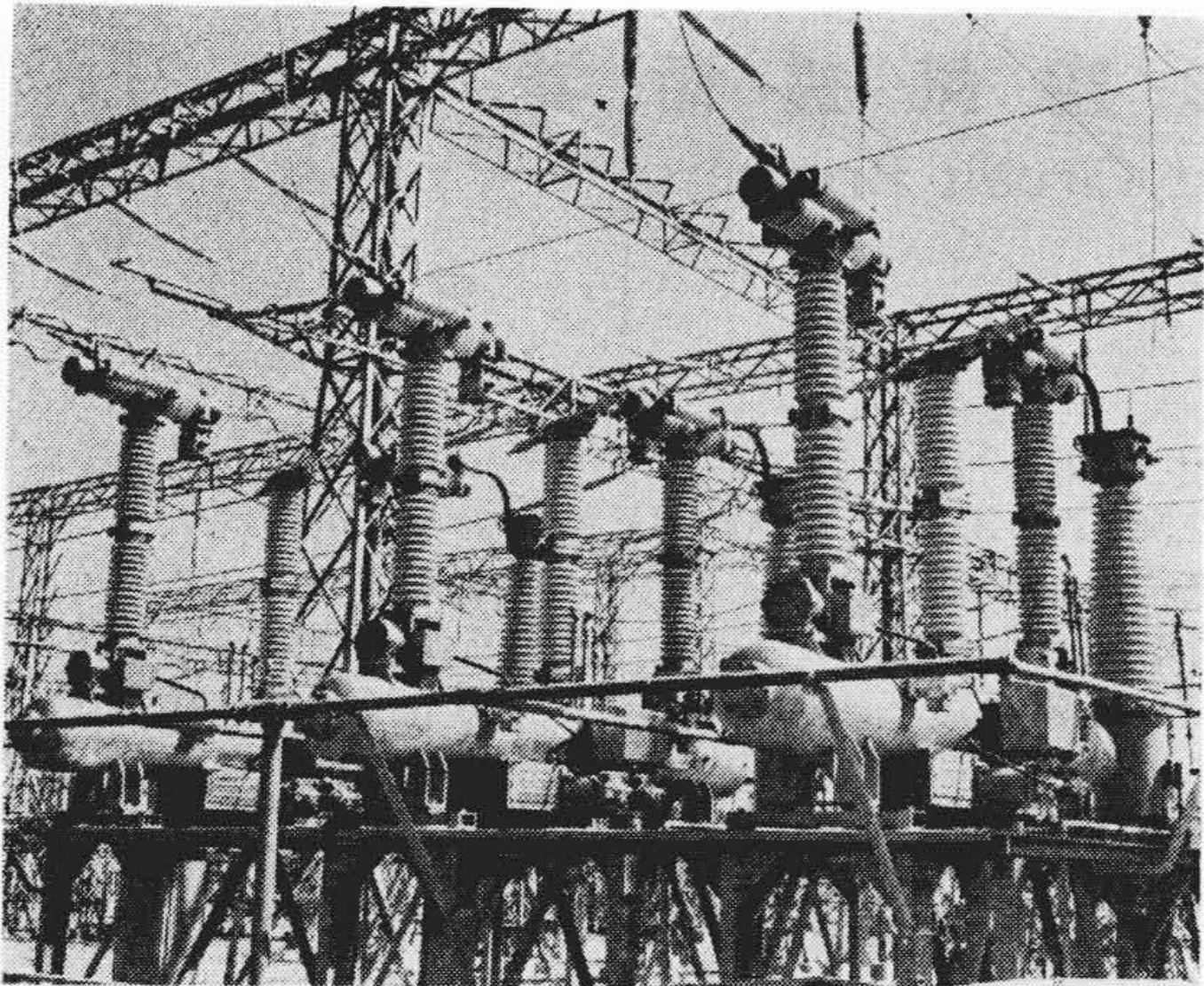
形 式	OPB-350A	OPB-350A	OPB-750A	OPB-1,500A
定 格 電 圧 (kV)	PA 72.84	PAR 120	PAR 168	PAR 300
定 格 電 流 (A)	2,000(84)	2,000	2,000	2,000
定 格 周 波 数 (Hz)	50-60	50-60	50-60	50-60
定 格 遮 断 容 量 (MVA)	3,500	3,500	7,500	15,000
定 格 投 入 電 流 (A)	76,000	46,000	70,300	78,800
定 格 短 時 間 電 流 (A/2s)	28,100	16,800	25,800	28,900
定 格 開 極 時 間 (s)	0.060	0.038	0.038	0.038
定 格 遮 断 時 間 (ms)	5	3	3	3
定 格 操 作 気 圧 (kg/cm ²)	15	15	15	15
定 格 操 作 電 圧 (V)	DC 100	DC 100	DC 100	DC 100
標 準 動 作 責 務	甲号又は乙号	(再投入)	O-0.35S-CO	
絶 縁 階 級 (号)	70	100	140	200
規 格		JEC-145		



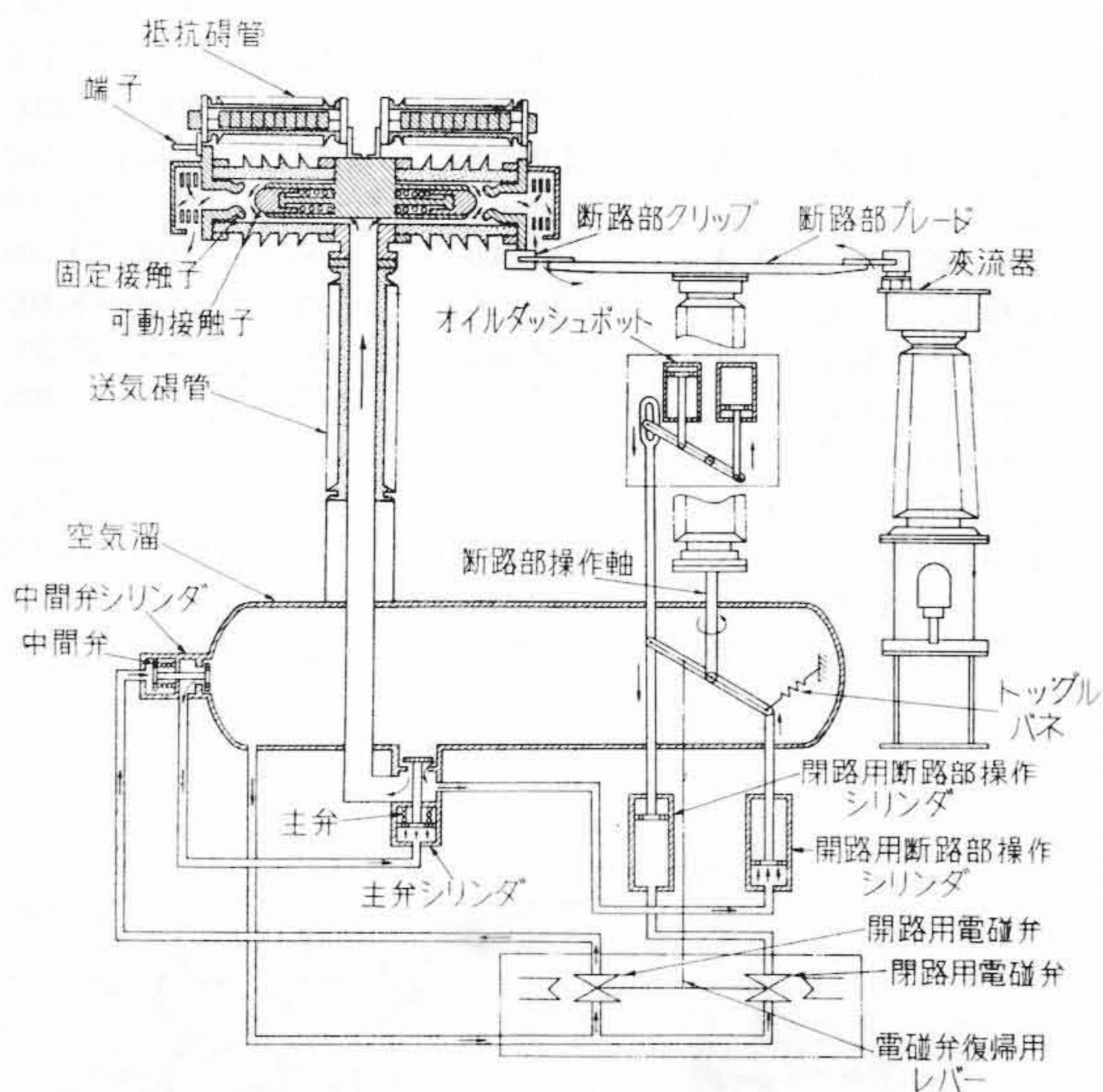
第 1 図 OPB-1,500 A-PAR 300 kV 2,000 A 15,000 MVA 大電流大容量空気遮断器

の下から自由に内部を点検できる構造になっている。

遮断に際しては、開路用電磁弁を励磁すると圧縮空気は中間弁を経由して主弁を開く。この結果、空気溜内の



第2図 OPB-500A-PAR 168kV 2,000A
5,000MVA 大電流大容量空気遮断器

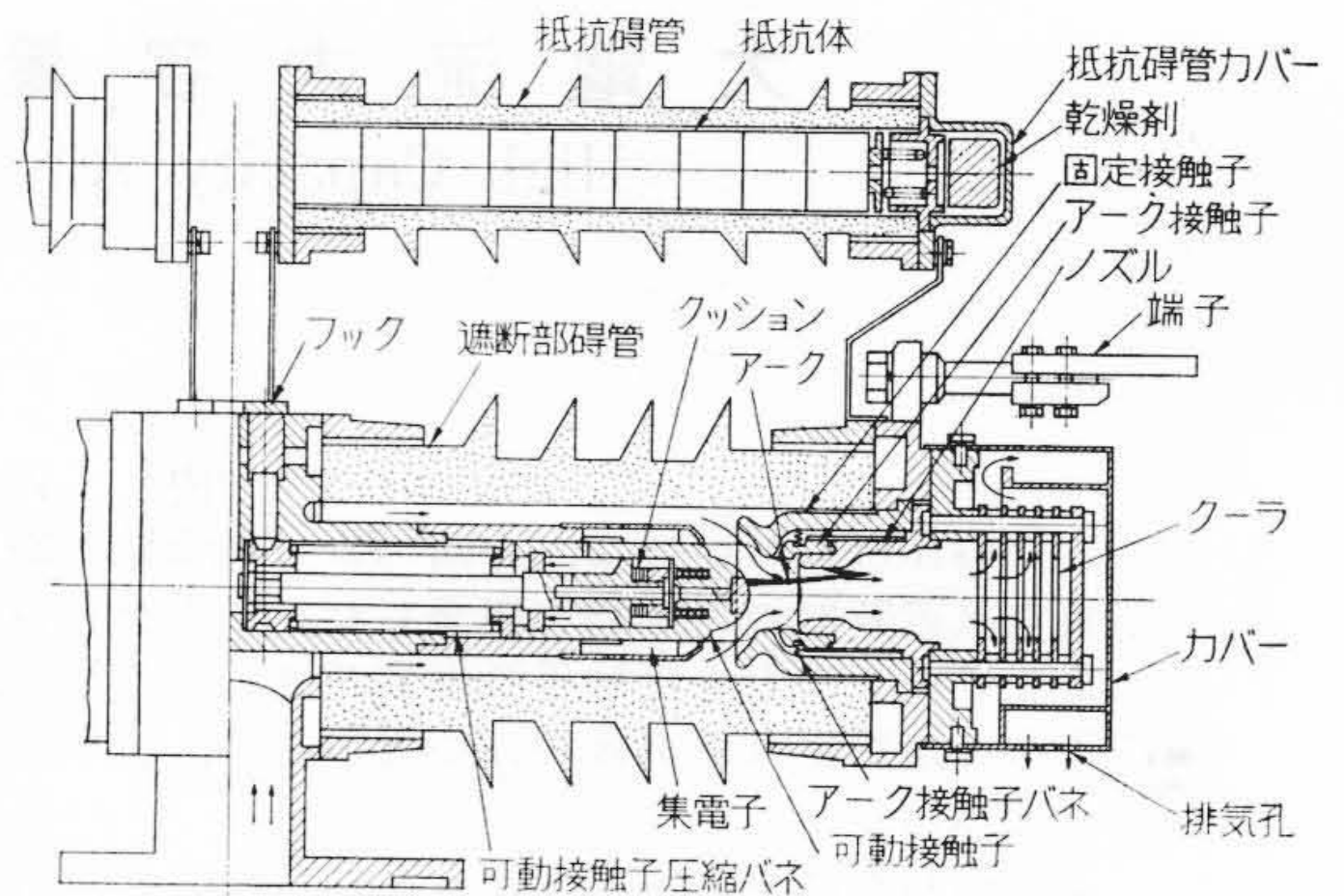


第3図 大電流大容量空気遮断器動作説明図

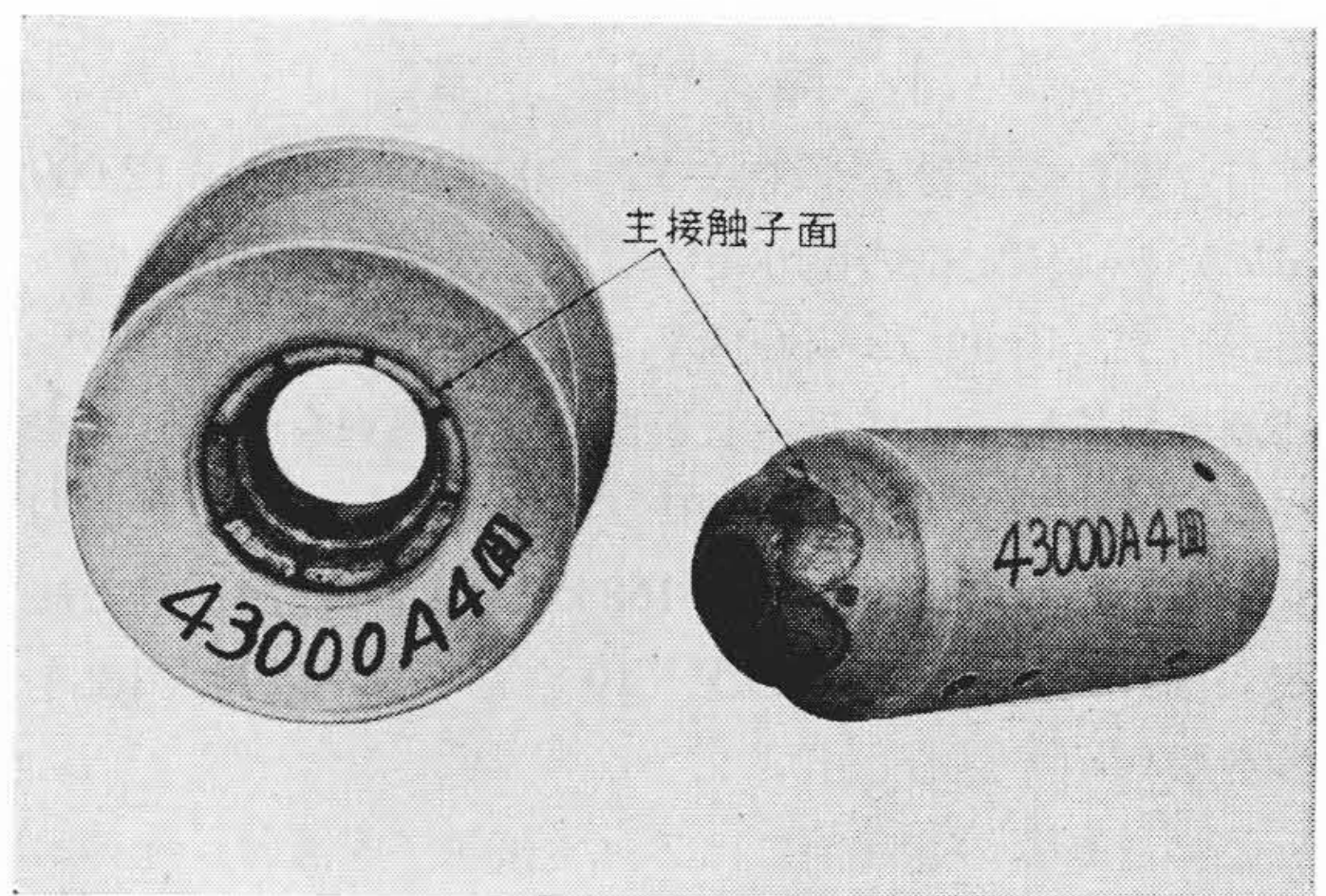
圧縮空気は送気導管を通して遮断部に流入し、可動接触子を駆動して固定接触子との間に遮断距離を形成する。この際、両接触子間に発生したアークは圧縮空気の強力な吹き付けによって、ノズル内に吹き込まれ電流零値で遮断する。一方、主弁から出た圧縮空気の一部は分流して開路側操作シリンダに流入し、断路部を動作して所要の絶縁距離を作り遮断動作を完了する。

投入操作に際しては、閉路用電磁弁を励磁すると空気溜内の圧縮空気は電磁弁を経て閉路用操作シリンダ内に流入し、操作ピストンを駆動する。この結果、操作導管は回転して高速度で投入して動作を完了する。

大容量遮断部の構造は第4図に示すように、送気導管の上に左右対称にT字形に配置され、2遮断点が一つの



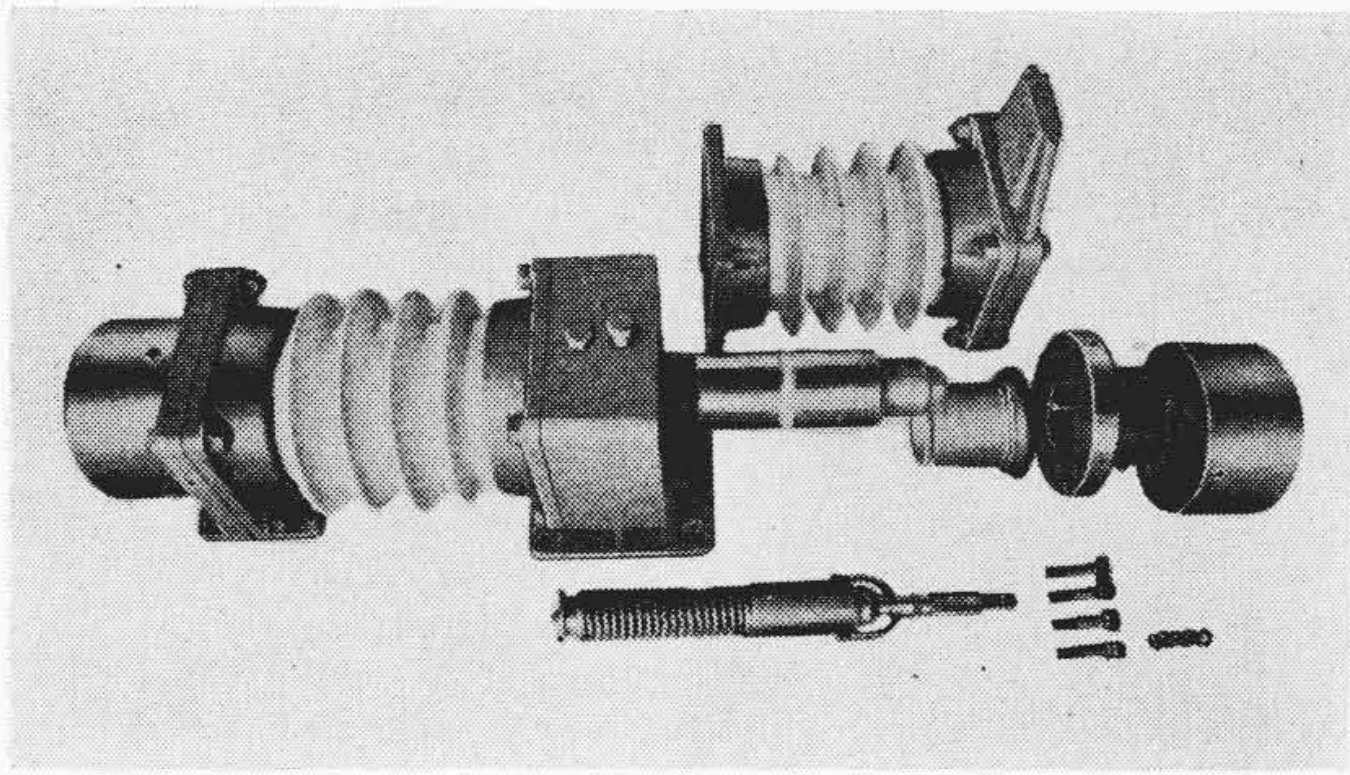
第4図 大容量遮断部構造説明図



第5図 43,000 A 4回遮断後の可動、固定両接触子

ユニットになっている。このユニットを電圧階級に応じて直列に接続し、各遮断点には電圧分布を均等にするため並列抵抗を取り付けてある。この並列抵抗は電圧分布を改善するとともに、電流遮断による異常電圧の抑制効果がある。遮断部内部は、第4図に示すようにアーク接触子を内蔵する腕状固定接触子と、凸状可動接触子が圧縮バネによって衝合されている。圧縮空気が遮断部に流入すると、一部の圧縮空気は可動接触子外周にある孔からはいて可動接触子ピストンを駆動する。開極は主接触子が離れ、続いてアーク接触子の順に開く。この間には若干の時差があるので、遮断室内の圧力は高まり、可動接触子も十分に加速される。このため空気の有効な吹き付けができて、消弧後の絶縁回復特性が早いので遮断能力が増大する。この間、アークはアーク接触子から発生し急速にノズル内に吹込まれて消弧するので、主接触子は大電流アークから完全に保護される。第5図は、短絡電流43,000 A 4回を遮断した後の接触子の状況を示す。

可動、固定接触子の分解点検は、第6図のように可動、固定両接触子部分が組立られた状態で引出すことができ



固定、可動接触子部分は組立られた状態で引出せる。

第6図 分解された固定、可動両接触子

る。このため、接触子交換に要する時間は1遮断点当りわずかに5分程度であって、停電時間を著しく短縮できる。

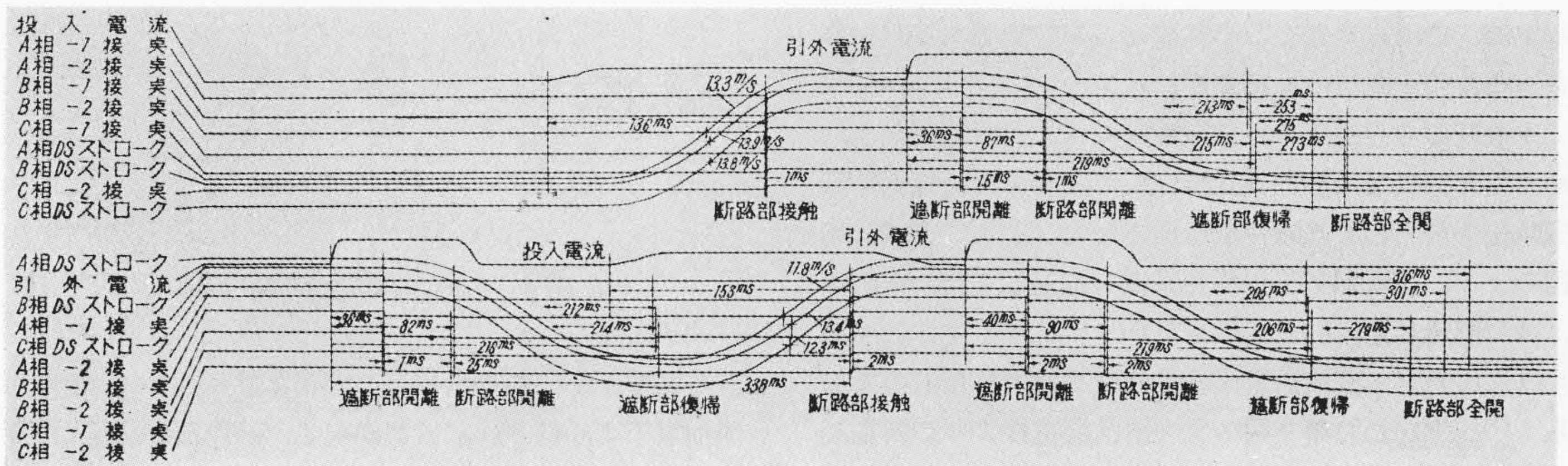
3. 諸特性試験

3.1 開閉試験

JEC-145に規定された特性試験および連続開閉試験を実施して、第2表に示す結果を得た。この結果からなら支障なく長期の使用に耐えることがわかった。第7図は168kV遮断器の操作試験(動作責務 "O"—0.35 S—"CO")のオシログラムの一例である。

第2表 大電流大容量屋外用空気遮断器開閉操作試験結果

形 式		OPB-350A-PA			OPB-750A-PAR			OPB-1,500A-PAR		
定格電圧, 遮断容量		72k V, 3,500MVA			168k V, 7,500MVA			300k V, 15,000MVA		
操 作 気 圧 (kg/cm ²)		11	15	18	11	15	18	11	15	18
閉 路	操 作 電 圧 (V)	75	100	125	75	100	125	75	100	125
	閉 路 時 間 (s)	0.182	0.153	0.149	0.162	0.137	0.126	0.156	0.136	0.124
引 外	操 作 電 圧 (V)	60	100	125	60	100	125	60	100	125
	遮断部開極時間 (s)	0.046	0.041	0.040	0.043	0.037	0.034	0.040	0.038	0.036
	断路部開極時間 (s)	0.094	0.085	0.082	0.093	0.082	0.077	0.097	0.088	0.083
再 閉 路	再 閉 路 時 間 (s)	—	—	—	—	0.338	—	—	0.328	—
	無 電 圧 時 間 (s)	—	—	—	—	0.280	—	—	0.268	—



第7図 OPB-500A形 PAR式 168kV 2,000A 5,000MVA
空気遮断器3相開閉試験オシログラム

第4表 絶縁試験結果

形 式				OPB-350A -PA	OPB-750A -PAR	OPB-1,500A -PAR
電 圧 (kV)				72	168	300
閃 絡 電 圧 (kV)	商用周波	乾 燥	対 地 極 間	289 289以上	593 480	600以上 600以上
		注 水	対 地 極 間	225 225以上	466 435	600以上 600以上
	インパ ルス	乾 燥	対 地 極 間	486 603	976 1,095	1,322 1,572
			対 地 極 間	486以上 603以上	927 1,147	1,275 1,475以上
		注 水	対 地 極 間	470 603	929 1,040	1,275 1,475以上
			対 地 極 間	470以上 603以上	872 931	1,215 1,428
規格値 (kV)		商用周波 インパルス		160 400	325 750	460 1,050

第5表 遮断器汚損試験結果

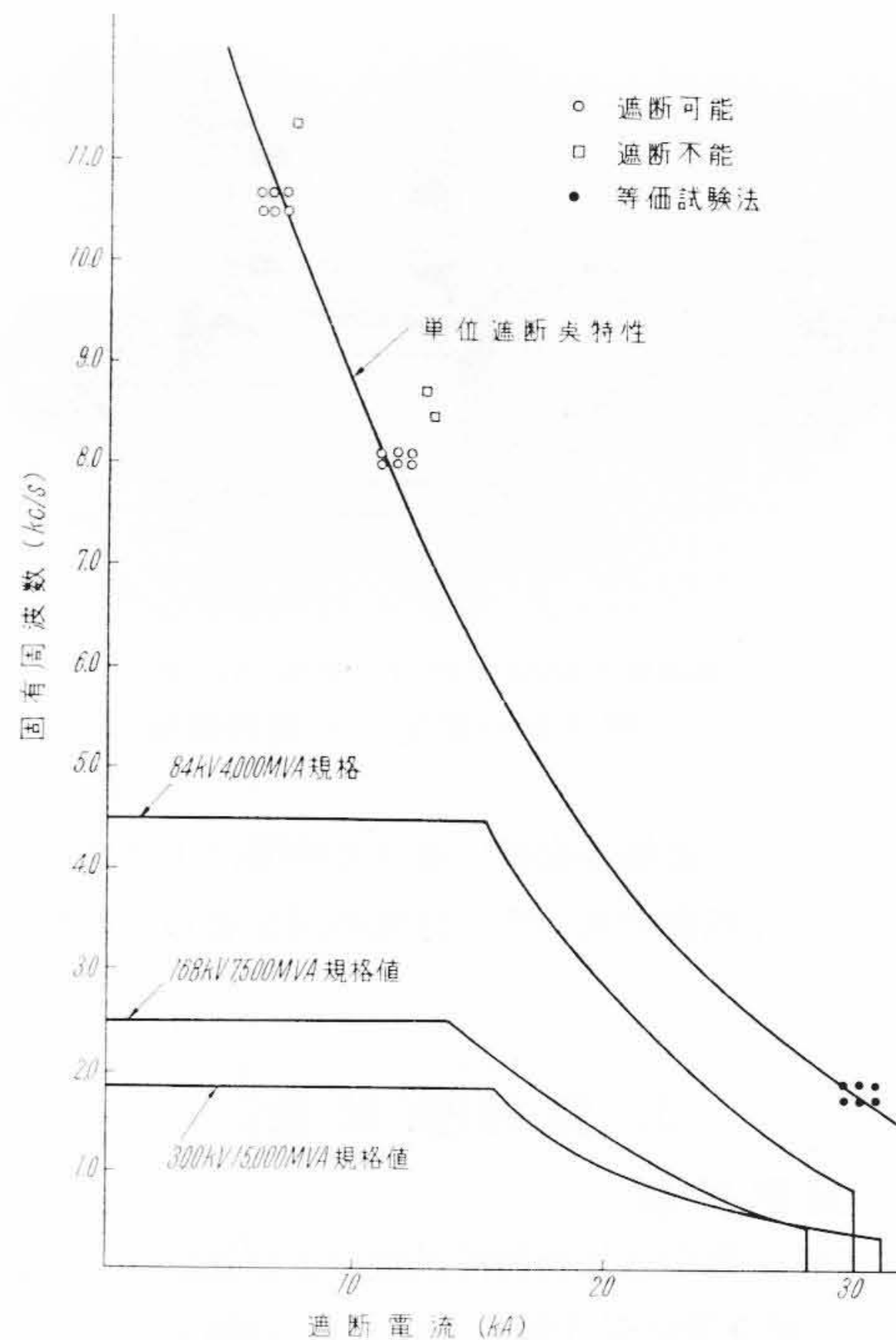
印加電圧 実効値 (kV)	漏洩電流 波高値 (mA)	加圧時間 (min)	絶縁抵抗(MΩ) (1,000メガー)		結 果	塩分附着量 (mg/cm ²)
			試験直前	試験直後		
対地間 97	2.5	10	17	25	異常なし	0.06
対地間 168	6.5	10	16	25	異常なし	0.06

試験には人工汚損による塩分付着量 0.06 mg/cm² にし、碍管表面に水分を十分スプレーして湿潤状態を作り、電圧を印加した。結果は第5表に示すようになんら異常なく使用できることがわかった。

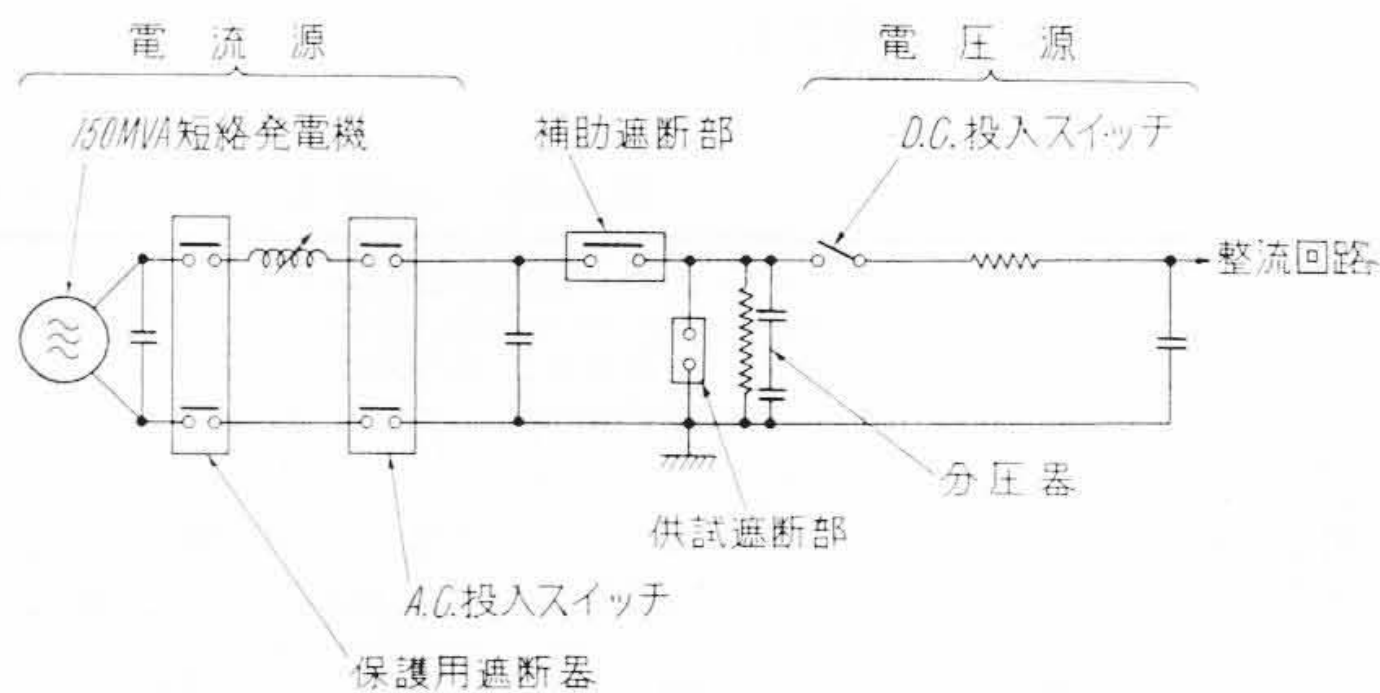
3.4 遮断試験

空気遮断器の遮断特性は、固有再起電圧周波数と密接な関係があって、比較的小電流の遮断では高い周波数のもとでも遮断可能であるが、大電流の遮断では低い周波数でないと遮断できない傾向がある。本遮断器では、アーク接触子によるワイピング効果があるため、遮断室内の圧力がほぼ最高値で開き、この間に可動接触子は十分加速される。このためアーク消滅後の絶縁特性が良く、高い固有再起電圧周波数のもとでも遮断できる。特に充電電流、励磁電流などの小電流にも高性能である。大容量遮断器の遮断特性を第8図に示す。

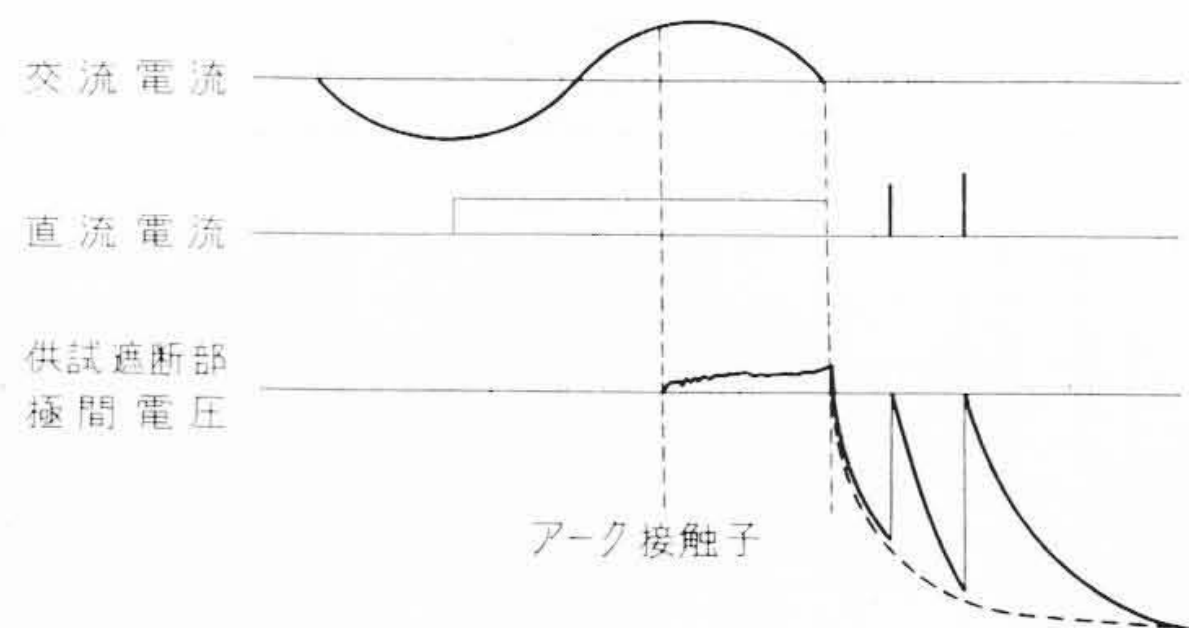
本遮断器の定格遮断容量の検証には、遮断電流がきわめて大きくなるため、日立製作所で開発された日立等価試験法を併用して遮断容量を推定した。これは第9、10図のように150 MVA 短絡発電機を電流源とし、電圧源には、直流高電圧に充電されたコンデンサを主体とするコッククロフト直流高電圧発生装置を使用したものである⁽³⁾⁽⁴⁾。すなわち第9図のように、発電機より遮断電流を補助、供試両遮断部に通電し、引続き電圧源より直流高電圧を加える。その後0.5～前後で、供試、補助遮断部が開くと最初の電流零値で遮断され、供試遮断部極間に



第8図 大容量遮断部遮断特性曲線

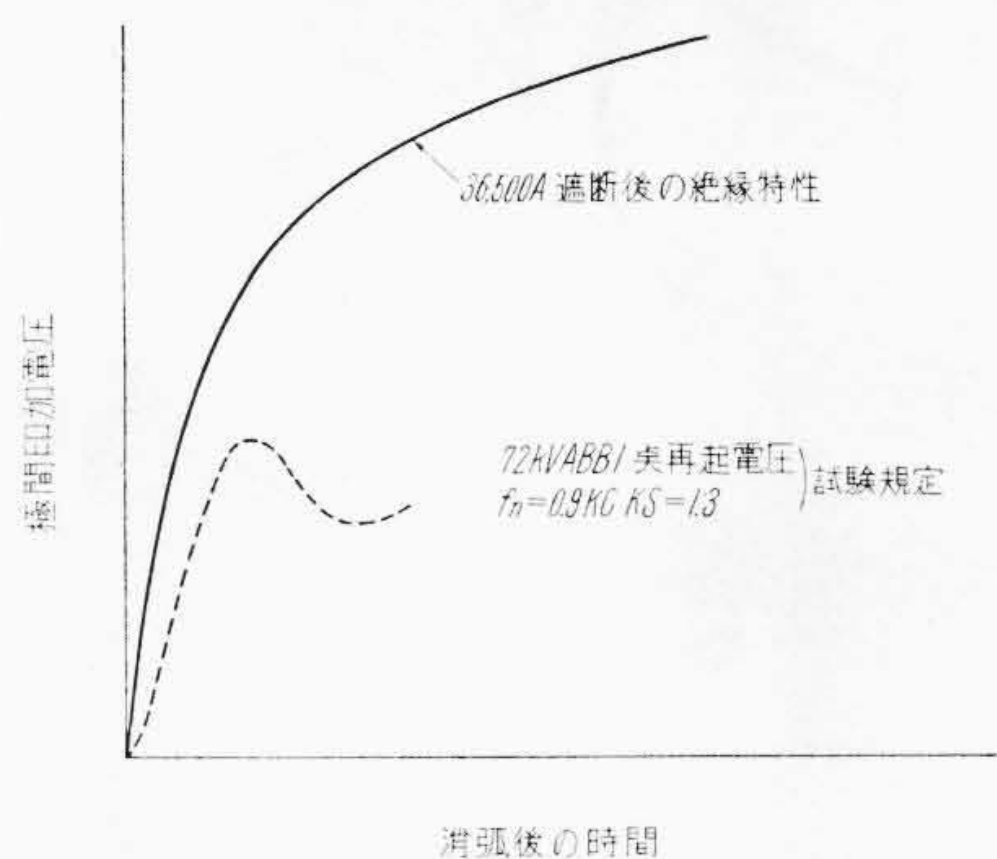


第9図 日立等価試験回路

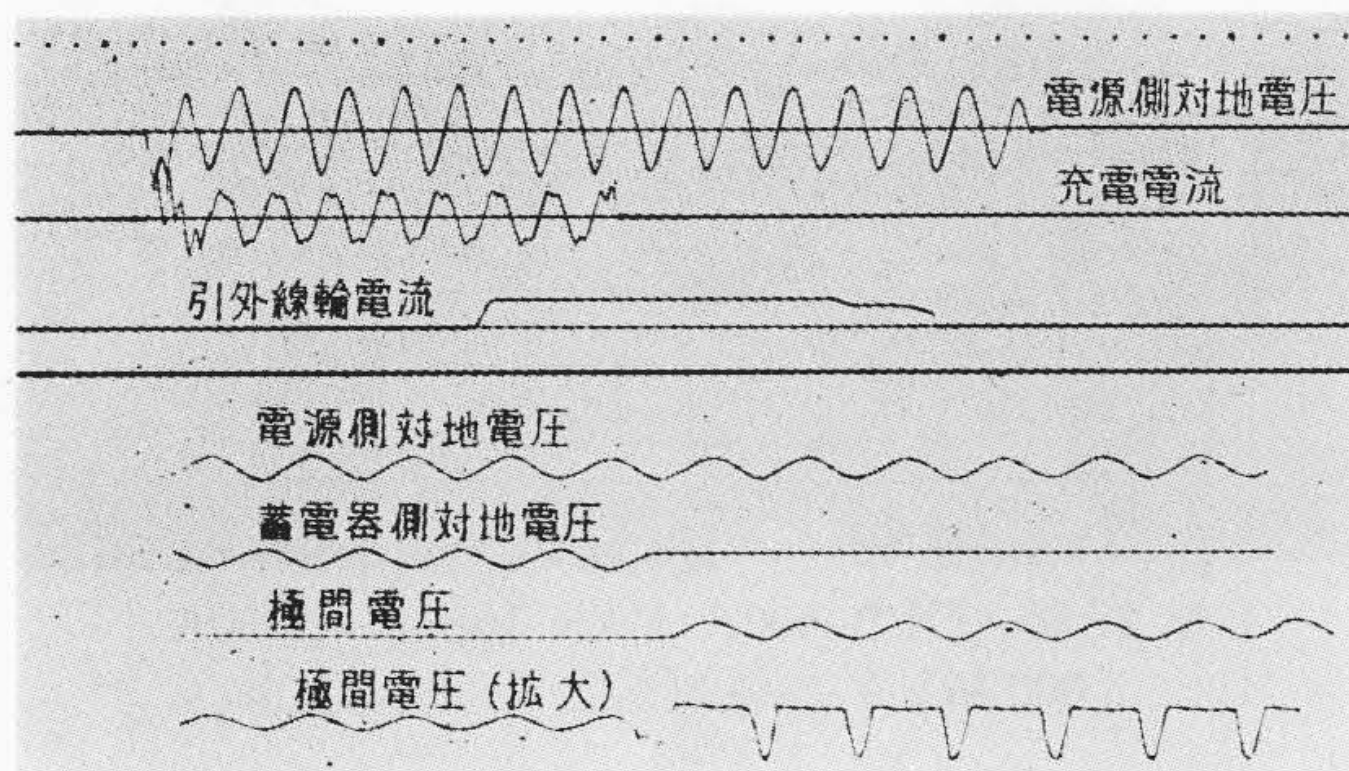


第10図 日立等価試験説明図

直流高電圧が印加される。このとき遮断部の絶縁耐力が印加電圧より低ければ放電が起るが、電流が小さいためただちに消弧して極間電圧はふたたび上昇し、放電を繰返す。この放電電圧の包絡線が、供試遮断部の大電流遮断後における絶縁回復特性を示す。この特性が規程の再

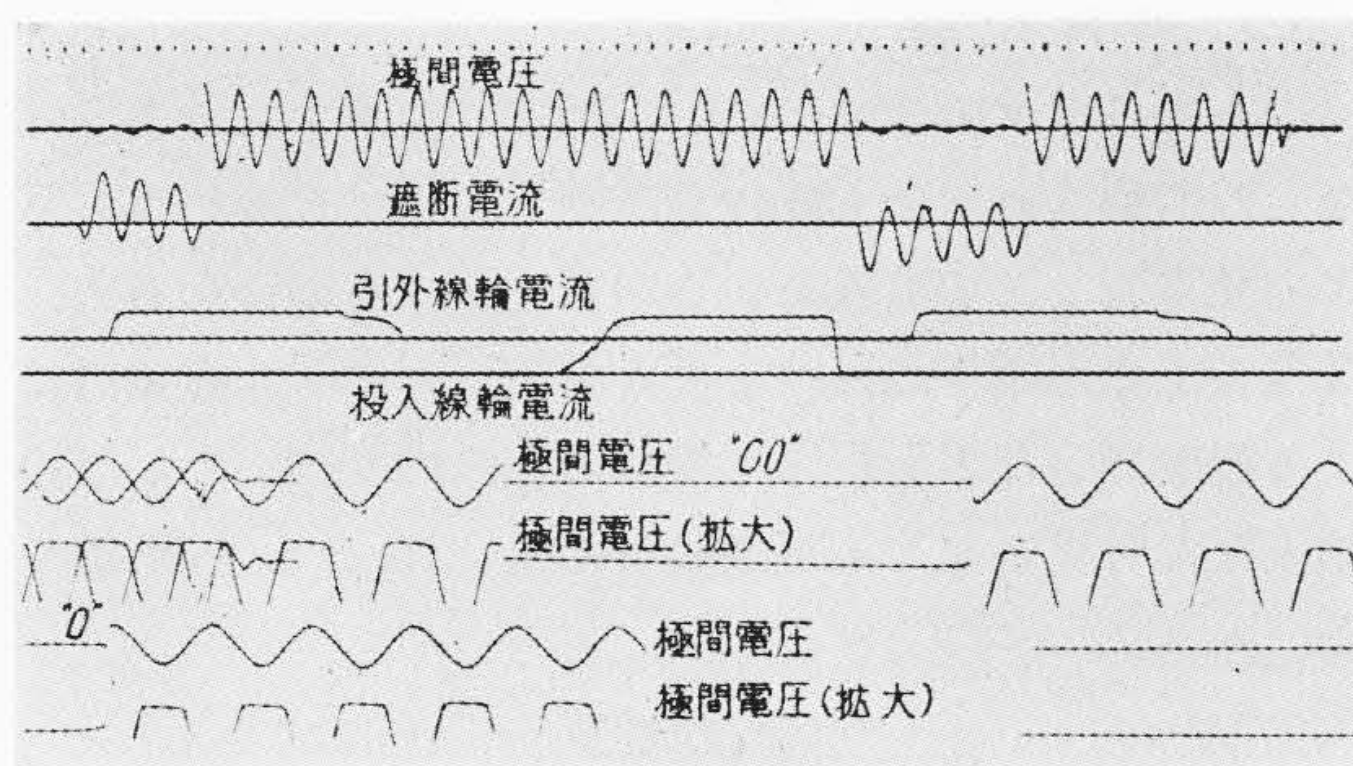


第11図 日立等価試験結果



4遮断点，試験電圧 112 kV，試験電流 15 A
操作気圧 15 kg/cm²

第12図 充電電流遮断試験オシログラム



4遮断点，試験電圧 146 kV，遮断電流 200 A
操作気圧 15 kg/cm²，動作責務 "O-0.35 S-CO"

第13図 短絡電流遮断試験オシログラム

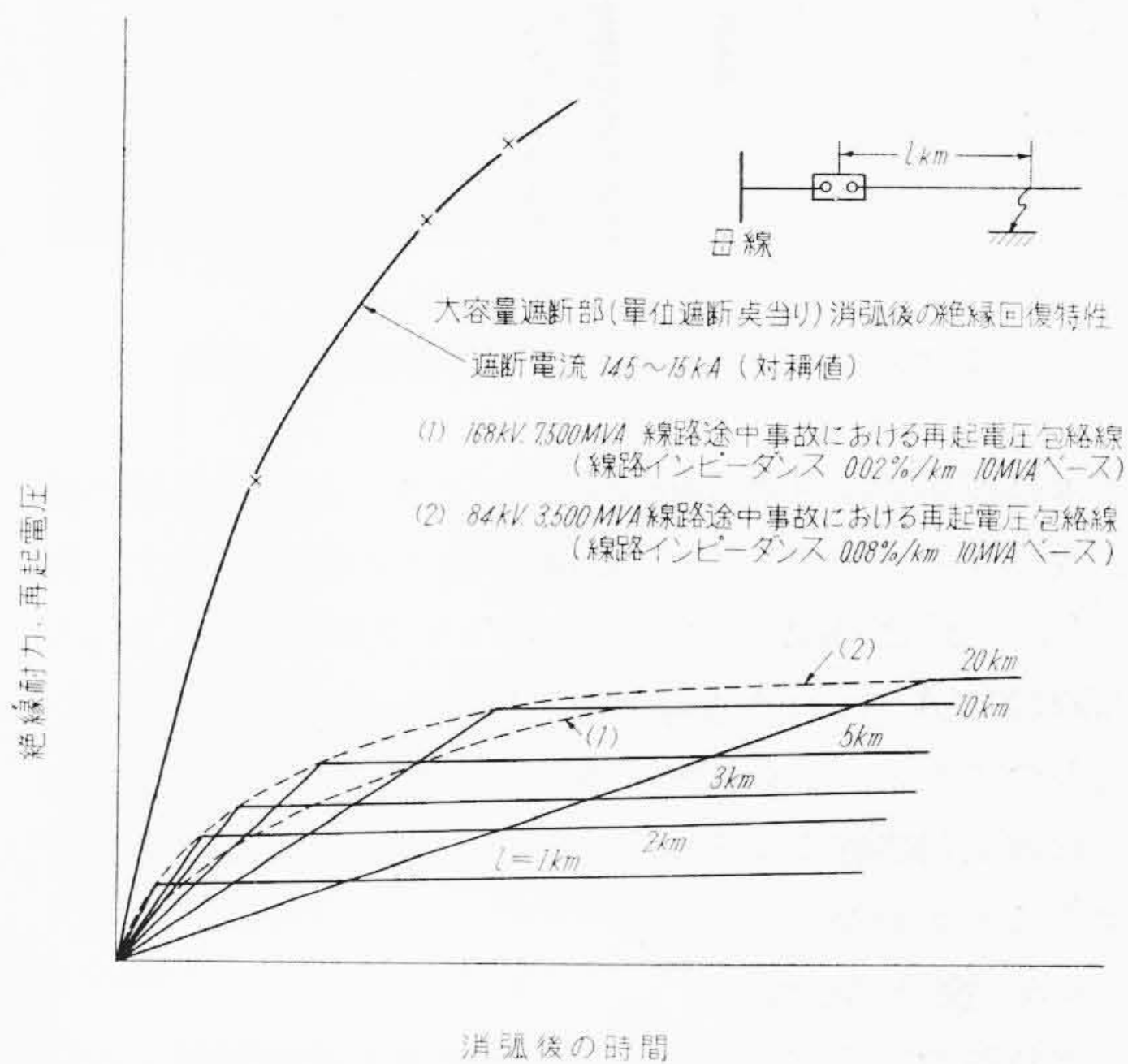
起電圧の波形より上回っているか否かで判定するものである。第11図は 72 kV 3,500 MVA 空気遮断器で実施した一例である。この例は実試験時の遮断容量 4,300 MVA に相当するものであり，再発弧することなく遮断可能であることが明らかである。第12図および第13図は，168 kV (4点切) 空気遮断器によって短絡電流，充電電流の遮断試験を行ったオシログラムの一例である。第6,7表は試験結果を示したものである。これらの試験は

第6表 短絡電流遮断試験結果

遮断点数	試験電圧 (kV)	遮断電流 (A)	固有周波数 (kc)	マーク時間 (μ)	備考
8	173	1,440~1,540	5.2	0.30~0.54	
4	150	2,000~2,120	3.9	0.31~0.50	
2	63	4,140~3,920	9	0.37~0.61	
1	40	6,900~7,600	17	0.20~0.59	
1	10	18,200~19,400	2.4	0.06~0.50	
1	10	30,000~34,000	5	0.07~0.38	
1	32 kV	35,600	0.9以上	0.44~0.45	等価試験

第7表 充電電流，励磁電流遮断試験結果

試験の種類	遮断点数	試験電圧 (kV)	遮断電流 (A)	再点弧回数 (回)	アーク時間 (μ)	異常電圧 倍 数
充電電流	4	112	15	0	0.2~0.34	1.0
	2	60	10	0	0.1~0.4	1.0
	1	45	32	0	0.09~0.39	1.0
励磁電流	8	150	0.9~3.9	—	0.10~0.30	1.0~1.8
	4	100	9.4~22.4	—	0.24~0.31	1.6~2.2
	2	60	1.5~2.8	—	0.3~0.5	1.5~2.0
	1	45	1.84	—	0.2~0.46	1.0~1.2

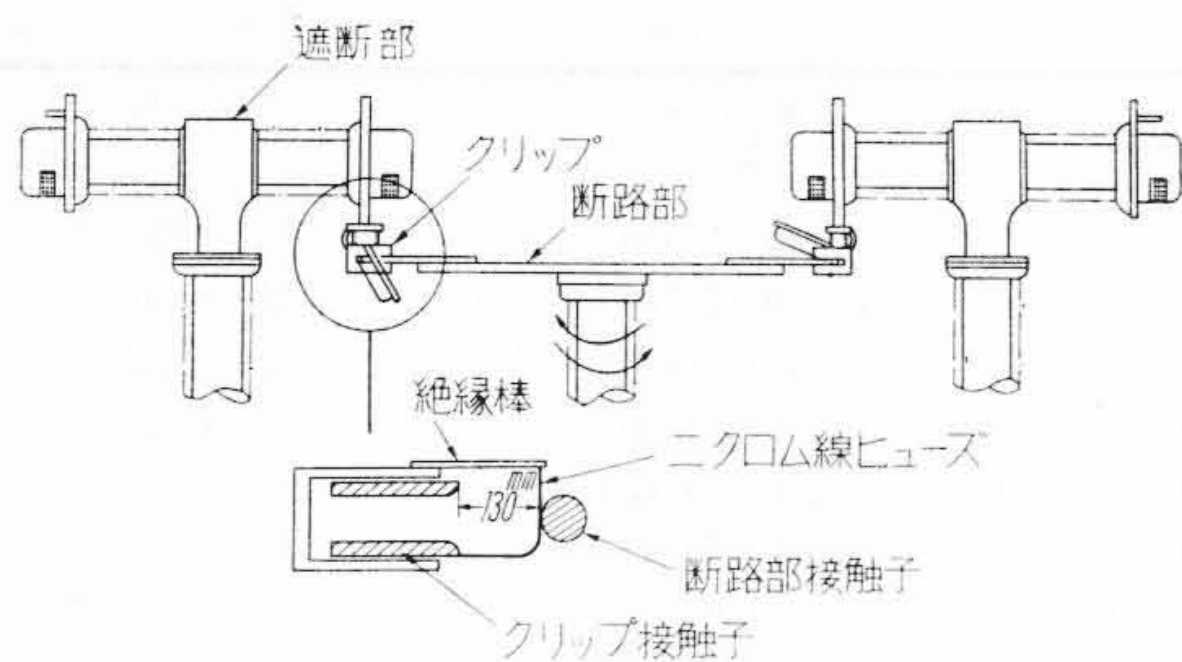


第14図 線路途中故障に対する大容量遮断部の遮断特性

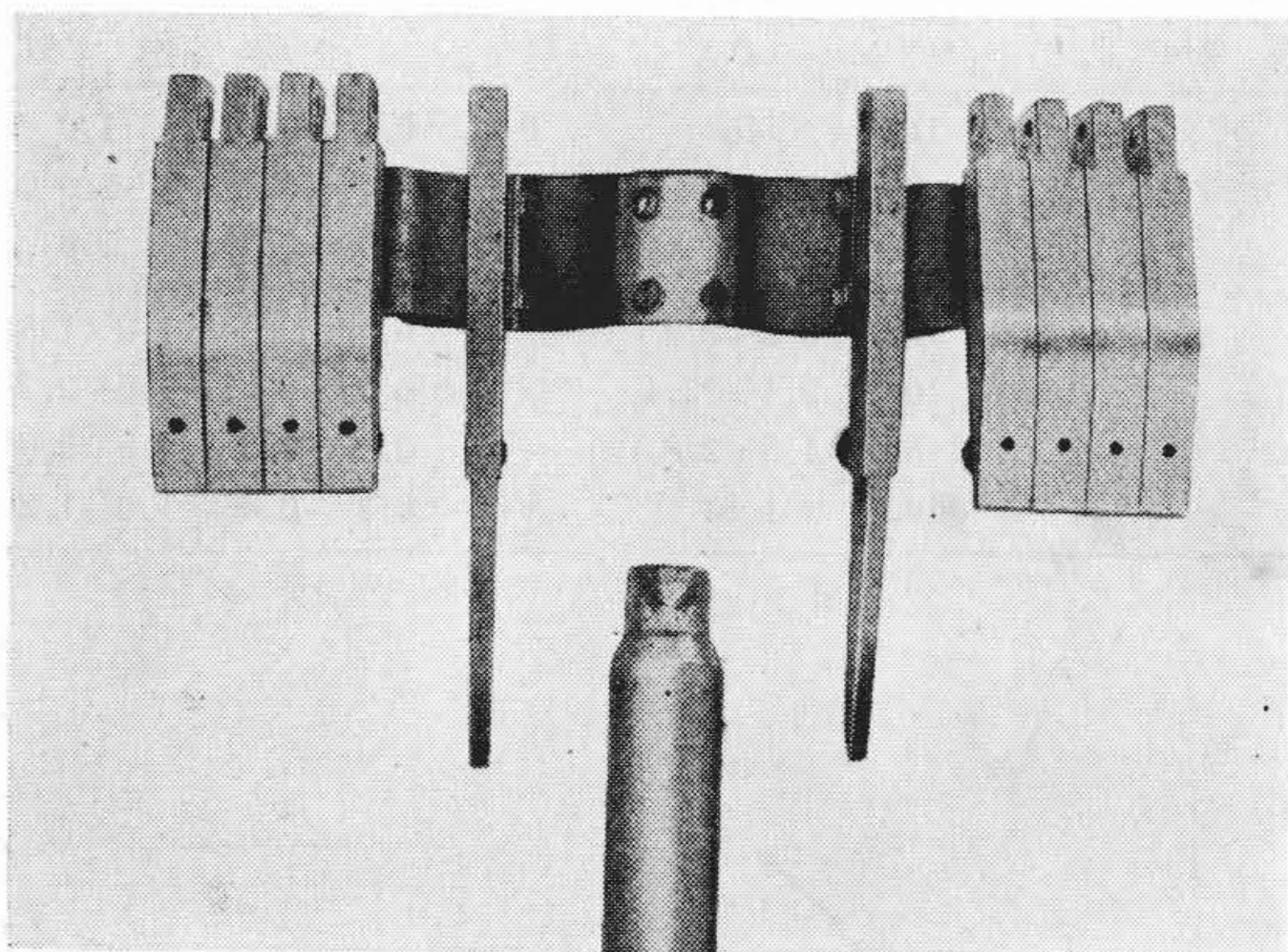
72 kV 3,500 MVA, 168 kV 7,500 MVA, 300kV 15,000 MVA の定格遮断容量に対して十分の余裕をもつことを示している。

3.5 線路途中故障時の遮断特性

大容量母線から数キロメートル離れた架空送電線の線路途中の故障を，母線出口で遮断した場合，線路の往復反射による三角波状の電圧が遮断器の極間に現われてくる。このため再起電圧の初期の上昇率が非常に高くなり，遮断器に対してきわめてかこくな条件となる。そこで JEC-145 に規程された再起電圧周波数だけでは不十分となる。



第15図 等価投入試験説明図



試験電圧 146 kV, 投入電流 18,800 A

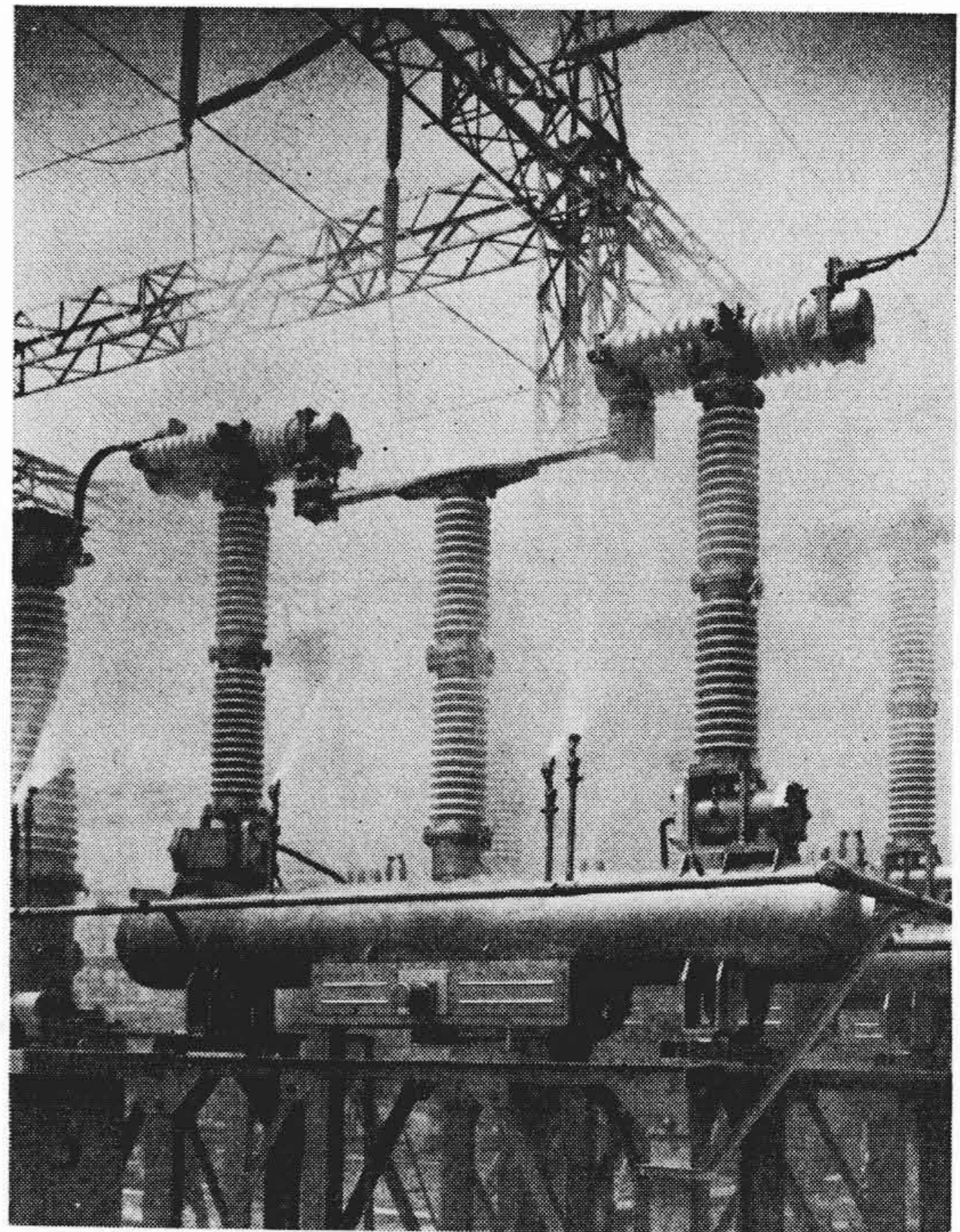
第16図 等価投入試験後の接触子の状態

本遮断部では日立等価試験法により、送電端近辺の線路故障遮断を究明した。第14図はこの関係を示す。図中(1)(2)は母線短絡容量が168 kV 7,500 MVA, 84 kV 3,500 MVA における線路途中事故の再起電圧を示したものである。この図から遮断部の絶縁回復特性が常に再起電圧包絡線より上回っているため、問題なく遮断できることがわかる。

3.6 投入試験

遮断器の短絡電流投入容量を検討する試験を行った。大容量遮断器では投入電流が大きいため、大容量等価投入試験を採用した。日立空気遮断器は、断路部を高速度に回転して投入する。この際、断路部接触子の先端がアーク接触子にはいる前に先行アークを発生する。これに等価な状態を再現するために、あらかじめ断路部の投入速度を測定する。次に定格電圧を印加して先行アーク時間を求め、両測定値からアークの発生位置を決定する。第15図は等価試験の方法を示す。これらの測定値にもとづいて、アーク発生位置までヒューズ線を張って断路部接触子が回転してこれに接触すれば、大電流アークを発生するようにすれば、定格電圧での投入電流に相当するアークを発生することができる。

168 kV, 5,000 MVA 遮断器について、試験電圧 146 kV(相電圧 $\times 1.5$), 投入電流 18,800 A の等価投入試験を

第17図 OPB-500A-PAR 168 kV 2,000A
5,000 MVA 空気遮断器活線洗浄試験

行った。試験後の接触子の損傷状態を第16図に示す。このような投入試験を行った結果、接触子の損傷はきわめて軽微であって、5,000 MVA に相当する短絡電流を投入してもなんら支障なく使用できることがわかった。

3.7 特殊試験

以上の各種試験のほかに、遮断器に要求されるようになった活線洗滌試験(第17図)や、海岸に近接している火力発電所などで塩風による影響をうける場合を考え、3%人工塩水雨下における投入試験、ガイゲル振動計による振動測定などを行って機器の安全性を調べた。この結果なんら異常なく、長期使用に耐えることを確認した。

4. 結 言

大電流大容量空気遮断器について、各種の試験結果の概要を述べたが、特長を要約すると次のとおりである。

- (1) 固定接触子に補助接触子を内蔵しており、ワイピング効果があるため、アーク消滅後の極間の絶縁回復特性がすぐれており、高い再起電圧に対しても高性能である。充電電流、励磁電流などの小電流遮断特性もよい。
- (2) 大電流アークが補助接触子から発生し、急速にノズル内に吹入れ消弧するため、主接触子が大電流アークによる損傷をまったく受けない。
- (3) 遮断部接触子の解体点検および交換がきわめて

短時間にできるので停電時間が少なくてすむ。

(4) 外部断路形であるため、開閉状態が一見して確認できる。気中断路部で極絶縁を保持させているため、碍子の汚損、冠雪に対する信頼度が高い。

最後に大容量遮断器の開発に当り終始熱心な御指導御援助をいただいた東北電力株式会社、北海道電力株式会社はじめ各電力会社の当事者各位に深く感謝する次第である。

参考文献

- (1) 細包, 能, 仲野, 山崎: 日立評論 39, 1381 (昭 32-12)
- (2) 細包, 齊藤, 黒岡: 日立評論 40, 1039 (昭 33-9)
- (3) J. Biermanns: C. I. G. R. E. No. 102 (1954)
- (4) H. Becker: C. I. G. R. E. No. 117 (1956)



特許の紹介



特許第 218020 号

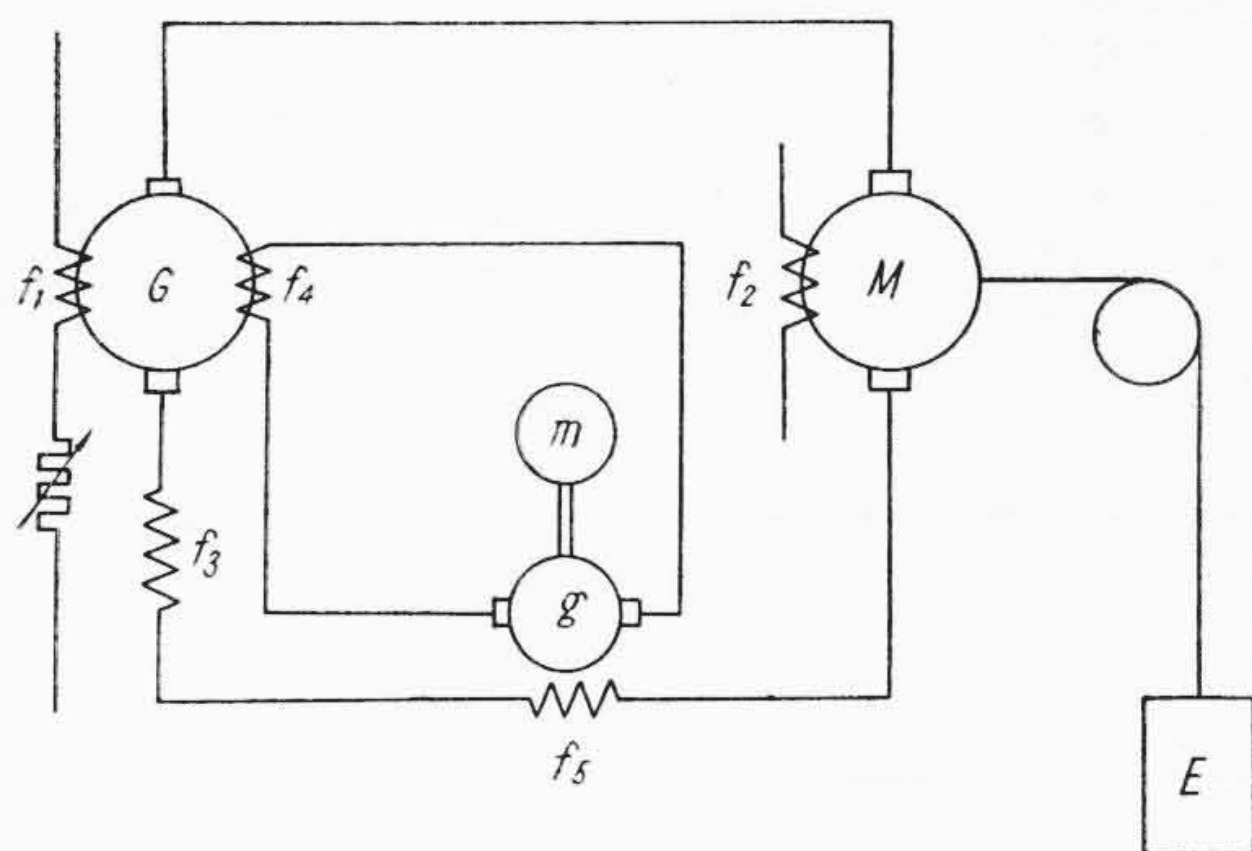
藤 森 和 夫

電動移動体の速度制御装置

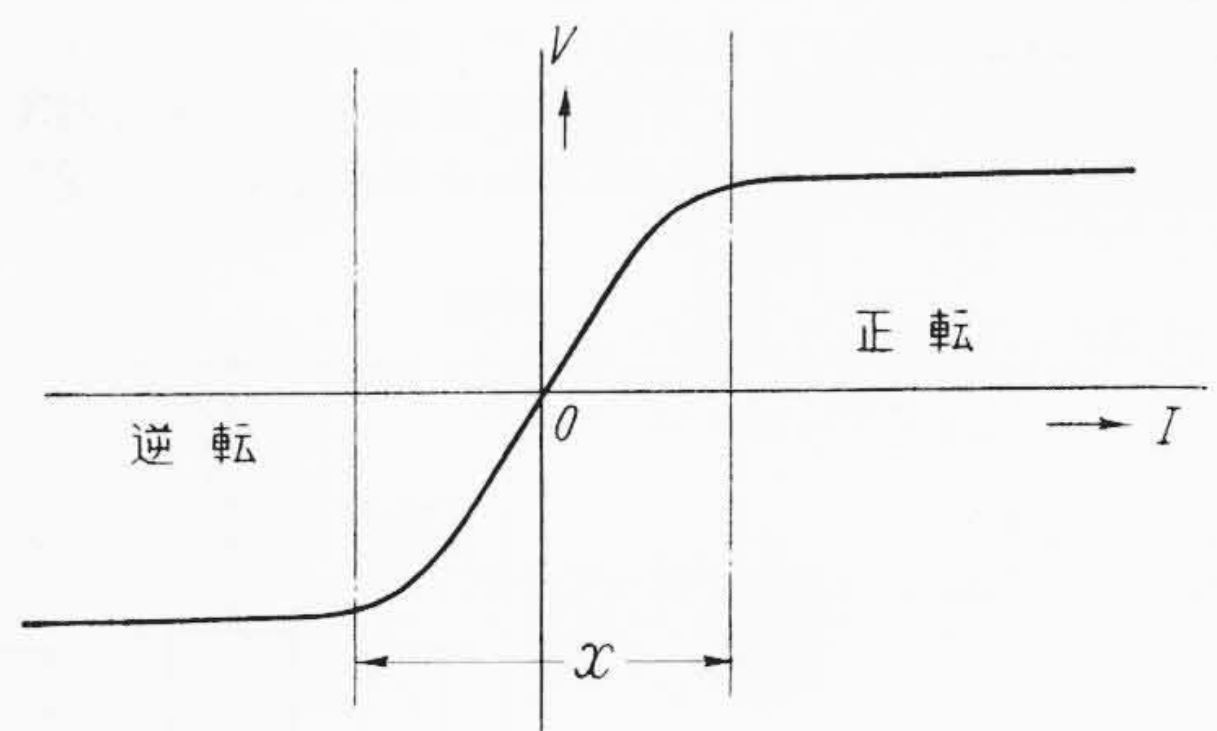
この発明はエレベータを駆動するワードレオナードセットにおいて、その発電機に対して自身および電動機の刷子電圧降下の総和を相殺するような特別の電圧を付与することを特長とするもので、その特別の電圧は電動機の正転または逆転に無関係に生じかつ運転中の電動機の負荷電流に応じて与えられるものである。この発明は従来何人もこれに想い及ばなかつた刷子電圧降下の悪影響をエレベータ駆動の場合において突き止め、運転中これを完全に補償することに成功したものである。この装置の実施の結果は着床差 ± 1 ミリを実現した画期的なもので、高級エレベータの名はこの発明の実現によつて生じたものである。作用を簡単に説明すると、第 2 図は刷子電圧降下特性曲線で小範囲 X 間だけは一定の傾斜角をもつて漸変するが、それをこえて負荷電流が増大するときは刷子電圧降下 V は I に無関係に一定値に落ち着くのである。

よつてこれは負荷電流に比例する直巻界磁で補償しようとしてもそれは達し得られぬわけである。一般に直流エレベータの着床時のように発電機(電動機)の電圧が数ボルトであるのに対して電流は $-100 \sim +100 \text{ A}$ のごとくに変化する場合においては刷子電圧降下は直接にエレベータ速度を左右し、正負の荷において着床速度の差は $7 \sim 4 \text{ m/min}$ の程度に変化し、その結果着床差も $\pm 10 \text{ mm}$ 以上となることもあつた。本装置ではレオナード発電機 G に対して本来の f_1 界磁のほかに特に補償界磁 f_4 を加設し、この f_4 を数ワット程度の特小直流発電機 g によつて付勢し、また g の界磁 f_5 を主回路電流によつて付勢することにより刷子電圧降下をエレベータ運転の全期間を通じて常に相殺することに成功している。

(宮崎)



第 1 図



第 2 図



特許の紹介



特許第193059号

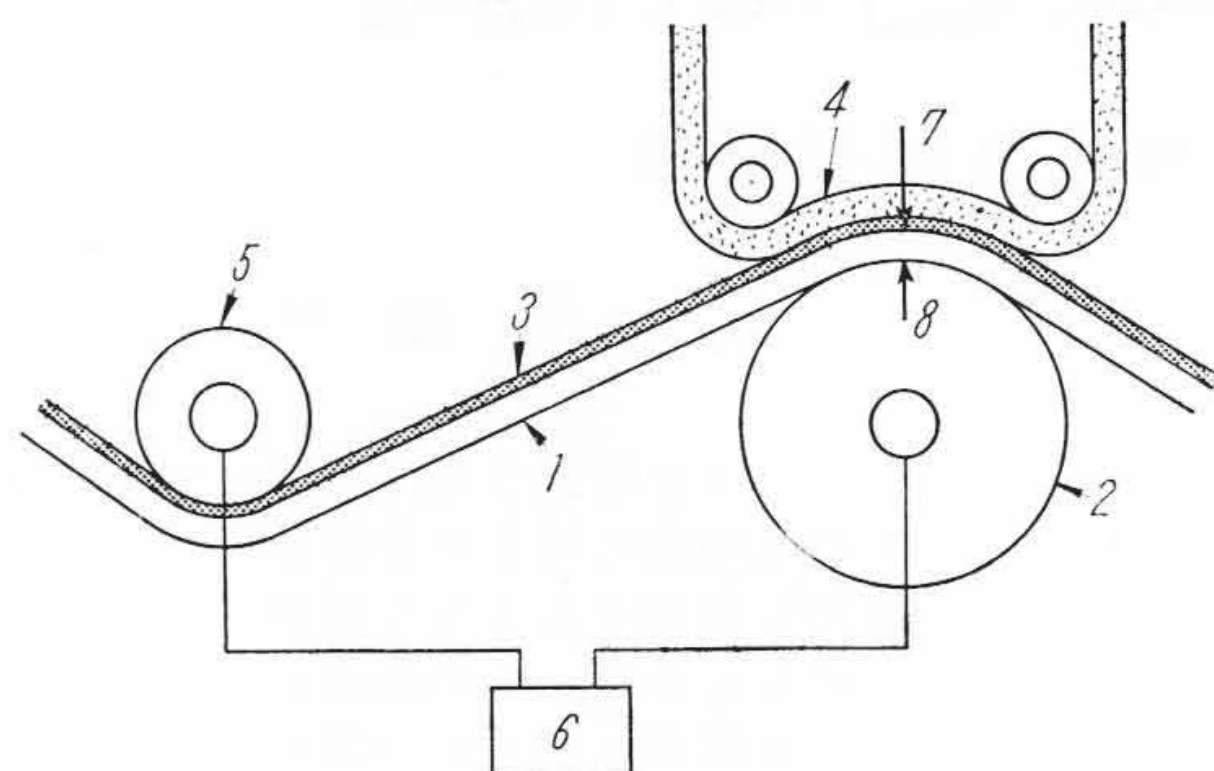
山辺知定

金属被膜紙の処理方法

蓄電器紙その他の絶縁紙に亜鉛その他の金属蒸気を被着させた金属被膜紙の被膜形成後その耐電圧を向上させるため図に示すように金属被膜紙1を張架するローラ2と金属被膜紙3との間に適当な電圧を印加し金属被膜紙1の絶縁紙部分中の低耐電圧点を通じ瞬間的絶縁破壊を起させこの放電電流により破壊点の周囲の金属被膜を蒸発逸散させることにより金属被膜紙1からこの低耐電圧点を除去する方法は従来より行われているが絶縁紙に生ずる放電による貫通孔の直径はある程度以下にはならず耐電圧の向上にも限度があった。

本発明においては図に示すように金属被膜紙1の金属被膜3の表面に適当なる保護層4、たとえばゴム板、エポナイト板あるいは大理石板などを密着被覆させローラ2とローラ5との間に高圧直流電源6を接続することに

より金属被膜紙1の厚み方向7、8に電圧を印加せしめ従来方法の保護被膜層を施さないで電圧印加処理を行ったものと比較すると絶縁紙に生ずる貫通孔は30%以下となり被膜逸散部の直径は2~4倍となり絶縁紙の耐電圧は著しく改善される効果を有する。



特許第208009号

中谷信夫・植田瑞穂

周波数強制転換装置

相手端局よりの信号着信の有無により自端局で送受器を上げると自動的に応答または発信の周波数電流を送出する二周波転換式無線および搬送通信方式において各端局装置A、B、Cはそれぞれ待受状態において f_1 なる周波数に対し受信状態にあり f_2 なる周波数を送信する態勢にあるとき端局Aの送受器を上げると継電器装置5動作し f_2 なる周波数に対し受信状態となり f_1 なる周波数を送信する。被呼端局Bが応答に出て送受器を上げると端局Aよりの信号 f_1 により端局Bの継電器群5'動作し f_1 に対し受信状態を保持する。このとき端局Cも f_1 に対し受信状態にあるためC端局よりB端局に対し割込通話を行うことはできない。C端局にて電鍵4''を操作すると継電器3''動作し継電器群5''を作動せしめ f_2 なる周波数に対し受信

状態に転換せしめ割込通話を行う。また線路雑音中に f_1 なる周波数成分が存在する場合には各端局にて擬似受信状態となり送受器を上げても周波数転換行われず発信不可能となったときC端局のときは送受器を上げ電鍵4''を操作することにより f_2 に対し受信状態となるよう転換することが可能となる。また相手端局よりの着信電流弱く受信継電器不動作の場合電鍵4''の操作により強制的に周波数を転換せしめ受信状態とすることができ一系統に加入する任意の二端局が通話中においても通話中でない端局より通話中の二端局のいずれへも自由に割込通話を行うことを可能とし雑音により発信不可能、相手端局よりの着信弱く応答不可能の場合においても本装置の動作により発信および受信を可能とする効果がある。

