

22kV 固体絶縁メタクラの開発

22 kV Solid-insulation Metal-clad Switchgear

竹 島 良 博*
Yoshihiro Takeshima

島 崎 健 次*
Kenji Shimazaki

松 井 嶺 男*
Mineo Matsui

佐 藤 幹 夫**
Mikio Satō

要 旨

都市部における配電用変電所の大幅なスペース縮小を図るため、従来の空気絶縁方式に代わり、エポキシ樹脂を主体とした固体絶縁方式による、超小形 22 kV 固体絶縁メタクラと、24 kV, 1,200 A, 1,000 MVA 真空しゃ断器を開発したので、その構造、特長などについて述べる。

1. 緒 言

最近の都市過密化対策として、都市中心部における配電用変電所には、第一に用地難を克服するため変電設備の超小形化と、供給信頼度の向上、第二に労働力不足に備えて保守点検の簡易化が強く要望され、各種の新技术開発が押し進められてきた。

この情勢のもとに、従来の空気絶縁方式による変電所に代わり、66 kV 以上の変電所には SF₆ ガス絶縁方式による超小形開閉装置が、33 kV 以下の変電所にはエポキシ樹脂を主体とした固体絶縁方式による超小形閉鎖配電盤（メタクラ）が開発されるに至った。

今回、固体絶縁方式による 22 kV 固体絶縁メタクラと、24 kV, 1,200 A, 1,000 MVA 真空しゃ断器を開発したので、その概要、特長、構造などについて報告する。

2. 固体絶縁方式と、その特長

2.1 絶 縁 方 式

従来の空気絶縁方式によるメタクラは、すべての開閉装置を接地した金属の箱内に収納したものであり、寸法や容積を縮小するため、母線や収納機器配置の合理化と、収納機器の小形化を進めてきた。

しかし空気絶縁方式では絶縁距離などの点で限界があり、飛躍的に寸法を縮小することは不可能である。したがって空気絶縁方式に代わる新しい絶縁方式としては、各種高圧ガス、絶縁油、固体絶縁物が考えられるが、経済性、信頼性、取扱や保守点検の難易などの点から、33 kV 以下のメタクラに従来の一部使用実績のある固体絶縁物を採用した。

海外においては、固体絶縁と空気絶縁とを併用したメタクラが広く使用されており、価格面からは有利であると考えられるが、わが国では徹底した超小形化と高信頼度の強い要望により、このような併用では使用者の満足が得られず、固体絶縁物の表面に金属接地層を設けた完全固体絶縁方式メタクラを開発するに至った。

2.2 特 長

(1) 完全固体絶縁方式の採用による超小形化と高安全性

従来の空気絶縁方式に代わり、母線、断路部、しゃ断器などすべての充電部を今回新しく開発したエポキシ樹脂で絶縁したため、容積で 10%、据付床面積で 16% と小形化が可能となった。

さらにエポキシ樹脂の表面には接地金属層が設けてあるため、操作者が触れても全く危険が無く、きわめて安全である。

(2) 真空しゃ断器の採用による低騒音化

従来の空気しゃ断器に代わり、完全固体絶縁方式の真空しゃ断

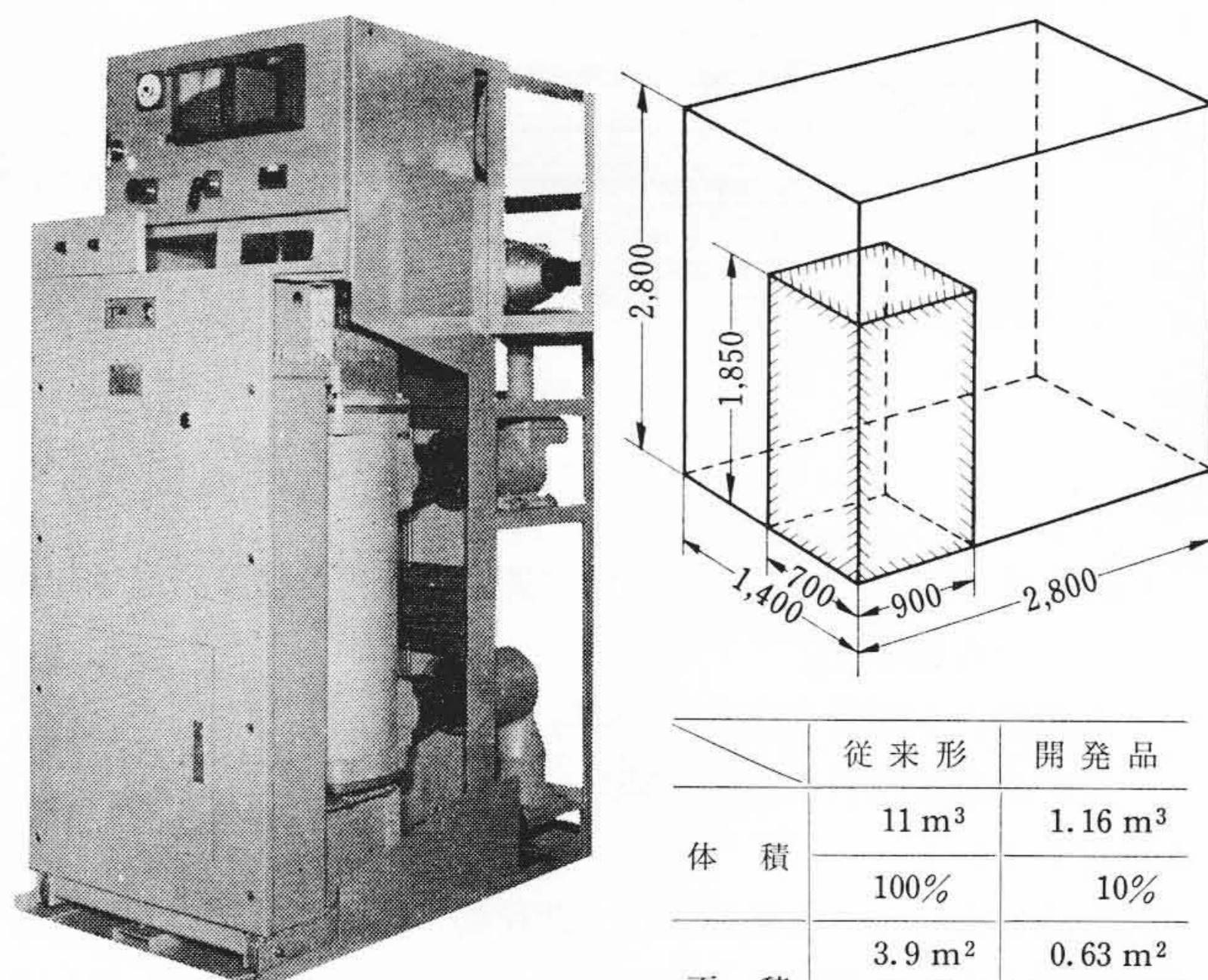
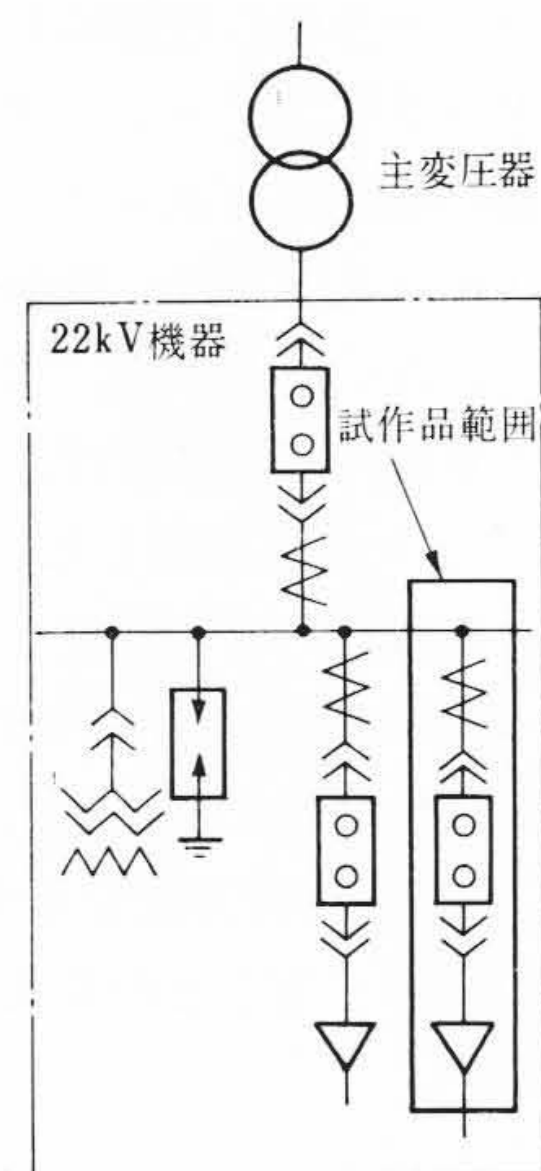


図 1 22 kV 固体絶縁メタクラ

	従来形	開発品
体 積	11 m ³	1.16 m ³
	100%	10%
面 積	3.9 m ²	0.63 m ²
	100%	16%

図 2 従来形メタクラと固体絶縁メタクラの寸法比較



(実線内は試作範囲を示す)

図 3 単 線 図

器を採用したため、保守点検の簡素化、低騒音化が可能となるとともに、空気系統配管やコンプレッサ装置が不要となった。

また真空しゃ断器の操作機構には、電動蓄勢バネ操作方式を採用したため、バッテリー容量も 10% となった。

(3) トランジスタ式継電器の採用による保守の簡素化

回路保護に必要な継電器はすべてトランジスタ化し、一つのケ

* 日立製作所国分工場

** 日立製作所日立研究所

表 1 定 格 仕 様

(1)	外形寸法	幅	700 mm
		奥行高さ	900 mm 1,850 mm
	重量		900 kg
	定格電圧		23 kV
	定格母線電流		1,200 A
	しゃ断容量		1,000 MVA
	絶縁階級		20 号 B
	定格周波数		50~60 Hz
(2)	形式		真空しゃ断, 引出断路器形, 固体絶縁方式
	定格電圧		24 kV
	定格電流		1,200 A
	定格しゃ断容量		1,000 MVA
	定格投入電流		65.5 kA
	定格短時間電流		24.1 kA
	定格しゃ断時間		5 サイクル
	絶縁階級		20 号 B
(3)	動作責務		甲号または乙号
	操作方式		電動蓄勢バネ投入方式
	形式		プッシング形分割式
	変流比		400~200/1 A
	定格負担		15 VA
	誤差階級		1.0 級
	過電流定数		10 以上
	形式		トランジスタ方式
(4)	定格		1 A
	操作電源		DC 100 V
	耐圧		AC 2,000 V 1 分間
	継電器要素		過電流要素×3 地絡過電流要素×1 再閉路要素 (2 回再閉路方式)×1
	付属品		電源装置
	形式		トランジスタ方式
	定格		1 A
	操作電源		DC 100 V

ース内に小形コンパクトに収納するとともに、プラグイン方式として、保守点検を容易にした。

(4) 直結式ケーブル接続部の採用による作業時間の短縮

ケーブルヘッドとしては、直結式ケーブルヘッドを採用し、ケーブル接続作業時間を 10% に短縮するとともに、信頼度も向上した。

3. 定格および仕様

今回開発した完全固体絶縁メタクラと、24 kV 真空しゃ断器の定格および仕様は表 1 に示すとおりである。

4. 絶縁材料

固体絶縁方式により充電部を完全に密閉するための材料は、信頼度の高いものでなければならないため、各種の固体絶縁材料を比較検討した結果、碍子(がいし)、プッシング、変流器などに広く使用実績があり、かつ注型によって相当大形で複雑な形状のものまでも製作可能な熱硬化性エポキシ樹脂を採用した。

エポキシ樹脂にはビスフェノール形や、耐熱耐候性に富んだ脂環族形などがあり、いずれも硬化剤、充てん剤の選択によって、その特性をかなり広範囲に変えることができるので、従来から使用していたエポキシ樹脂を再検討し、耐熱性と耐クラック性の向上に重点をおき、新しい注型用エポキシ樹脂を開発した。

表 2 従来樹脂(アラルダイト B)と今回開発樹脂(MC-12)の一般特性比較表

分類	特性項目	単位	従来樹脂 (アラルダイト B)	今回開発樹脂 (MC-12)
一般	比重		1.8	1.75
機械的	引張り強度	kg/cm ²	30℃ 800	700
			100℃ 300	350
	伸び	%	30℃ 2	1.4
			100℃ 7.6	2
	曲げ強度	kg/cm ²	30℃ 1,300	1,100
			100℃ 400	900
	曲げ弾性率	kg/cm ²	30℃ 10×10 ⁴	10×10 ⁴
			100℃ 2.5×10 ⁴	7×10 ⁴
熱的	熱変形温度	℃	107	139
	熱伝導率	cal/cm・S・℃	11×10 ⁻⁴	9.5×10 ⁻⁴
	熱膨張係数	/℃ (20~100℃)	4.3×10 ⁻⁵	2.2×10 ⁻⁵
電気的	体積固有抵抗	Ω-cm	10 ¹⁴	10 ¹⁴
	誘電体力率	60 Hz	0.02~0.045	0.005~0.02
	誘電率	60 Hz	3.8	3.6
	耐トラッキング性	DIN 試験法	A ₂	A ₃ C
	耐アーク性	s	185	140
耐クラック性		5 mm 厚 C 字形ワッシャ法	0℃ クラック	-70℃ パス

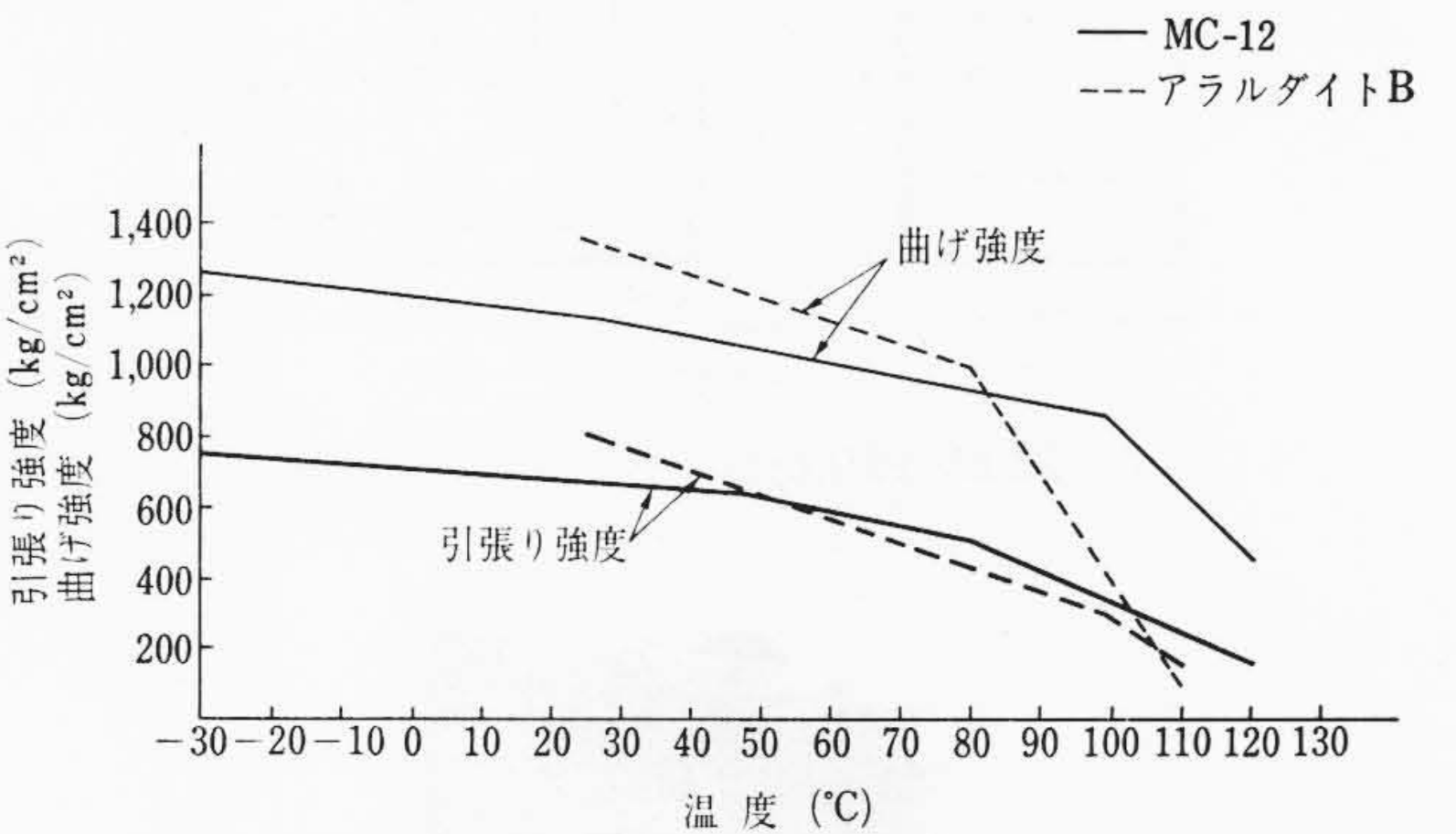


図 4 従来樹脂(アラルダイト B)と今回開発樹脂(MC-12)の温度-強度比較

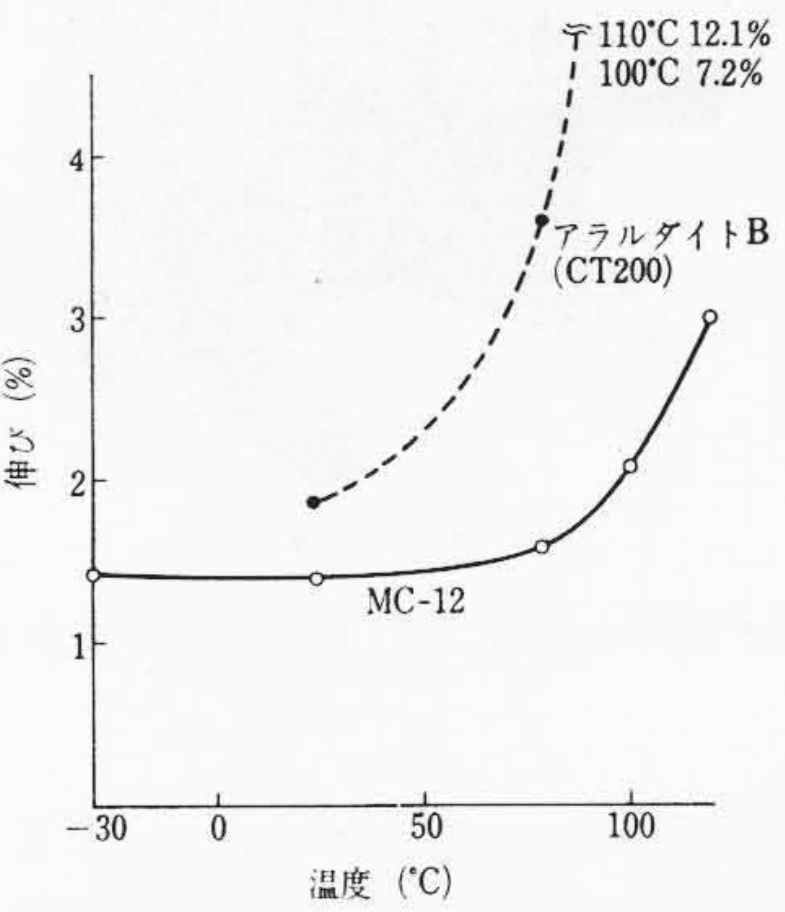


図 5 従来樹脂(アラルダイト B)と今回開発樹脂(MC-12)の温度-伸び特性の比較

エポキシ樹脂の膨張係数を埋込導体に極力近づけることを目指し、アルミとほとんど同一の $2.2 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ ときわめて低膨張率の樹脂開発に成功した。また連続使用温度 105℃ においても機械的強度がほとんど変化しないよう、樹脂の熱変形温度を 130℃ 以上とした。注型用樹脂の耐クラック性試験には種々の方法があるが、今回開

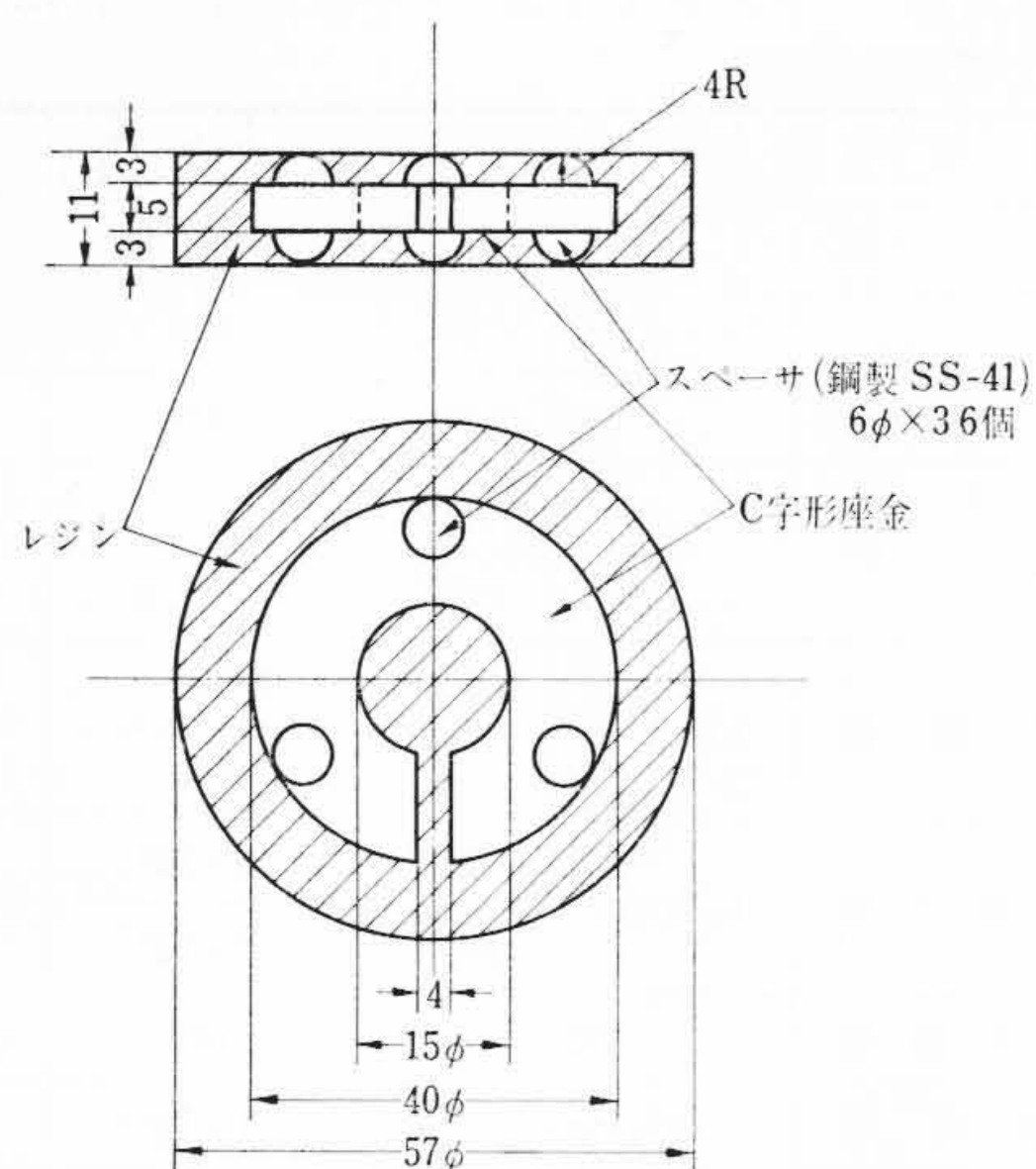


図6 C字形ワッシャ法試験片

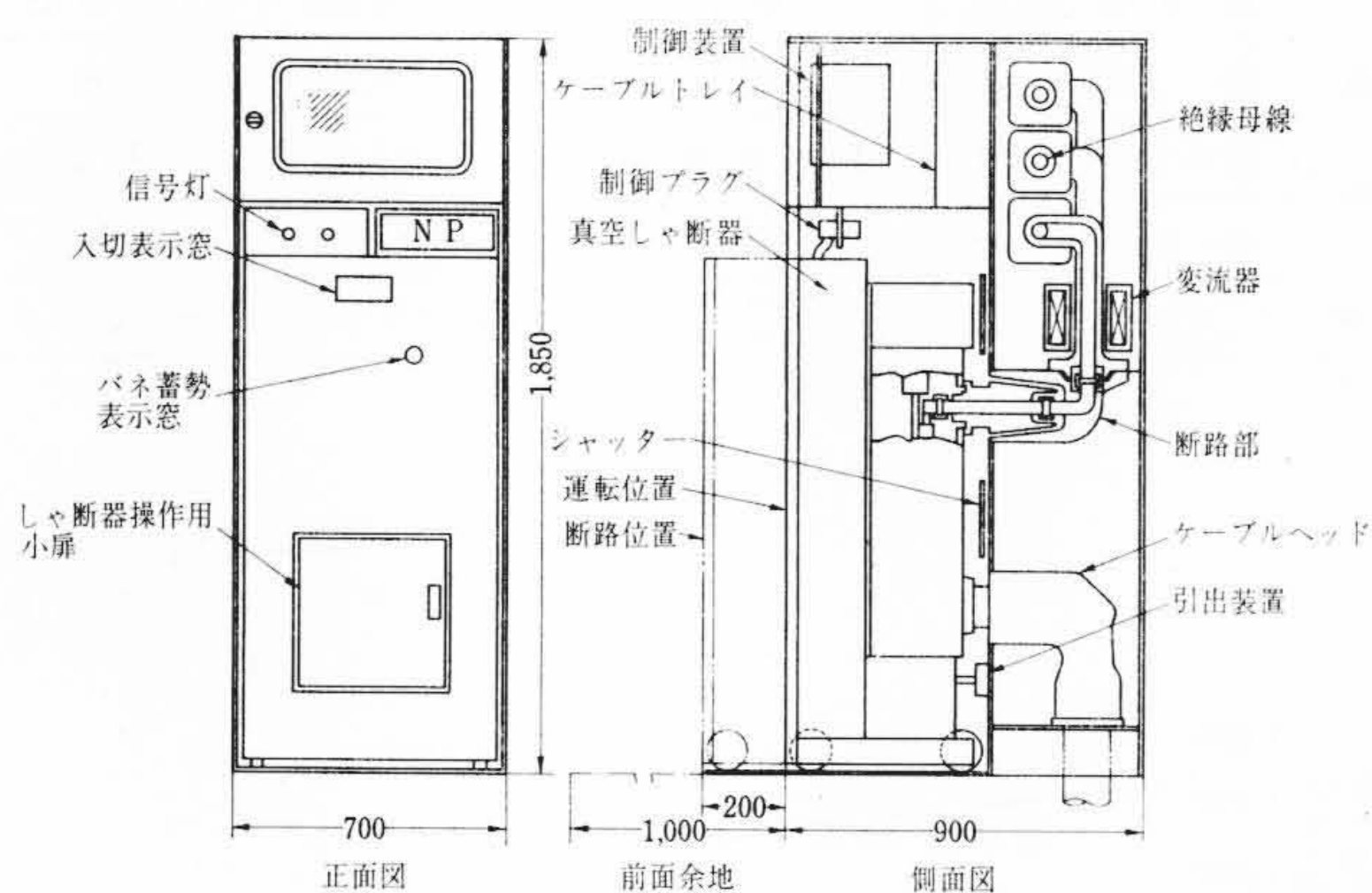


図7 22 kV 固体絶縁メタクラの内部構造図

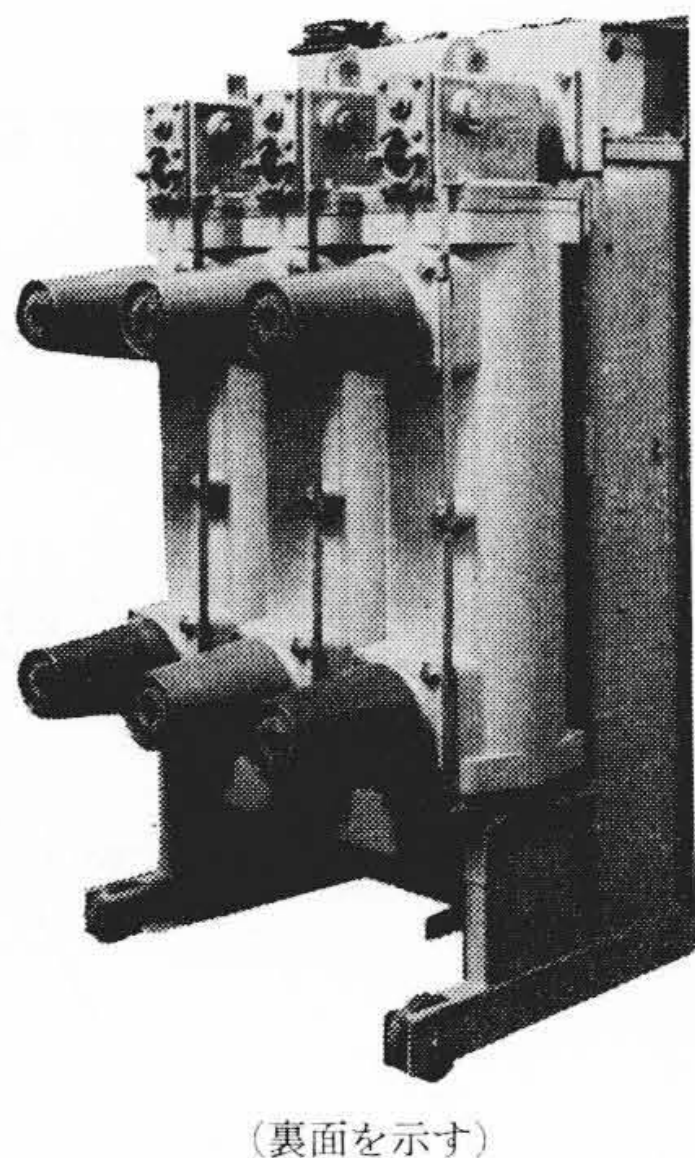


図8 24 kV 1,200 A 1,000 MVA 真空しゃ断器

発したエポキシ樹脂に対しては図6に示すようなC字形座金試験片を用い、高温側を130℃一定とし、低温側を室温より0℃、-10℃と段階的にクラック発生するまで下げる、冷熱試験を実施した。今回開発した樹脂は-70℃までクラック発生せず、耐クラック性の良好なものである。

エポキシ樹脂などの絶縁物表面に接地層を設ける方法には、電気メッキによるもの、導電性塗料の塗布、金網などを二段注型により樹脂表面近くに埋め込むなど幾つかの方法があるが、いずれも作業性、密着強度、表面電気抵抗値の安定性に問題があるため、かなり複雑な形状にも適用可能なうえ、表面電気抵抗値が金属と同一で安

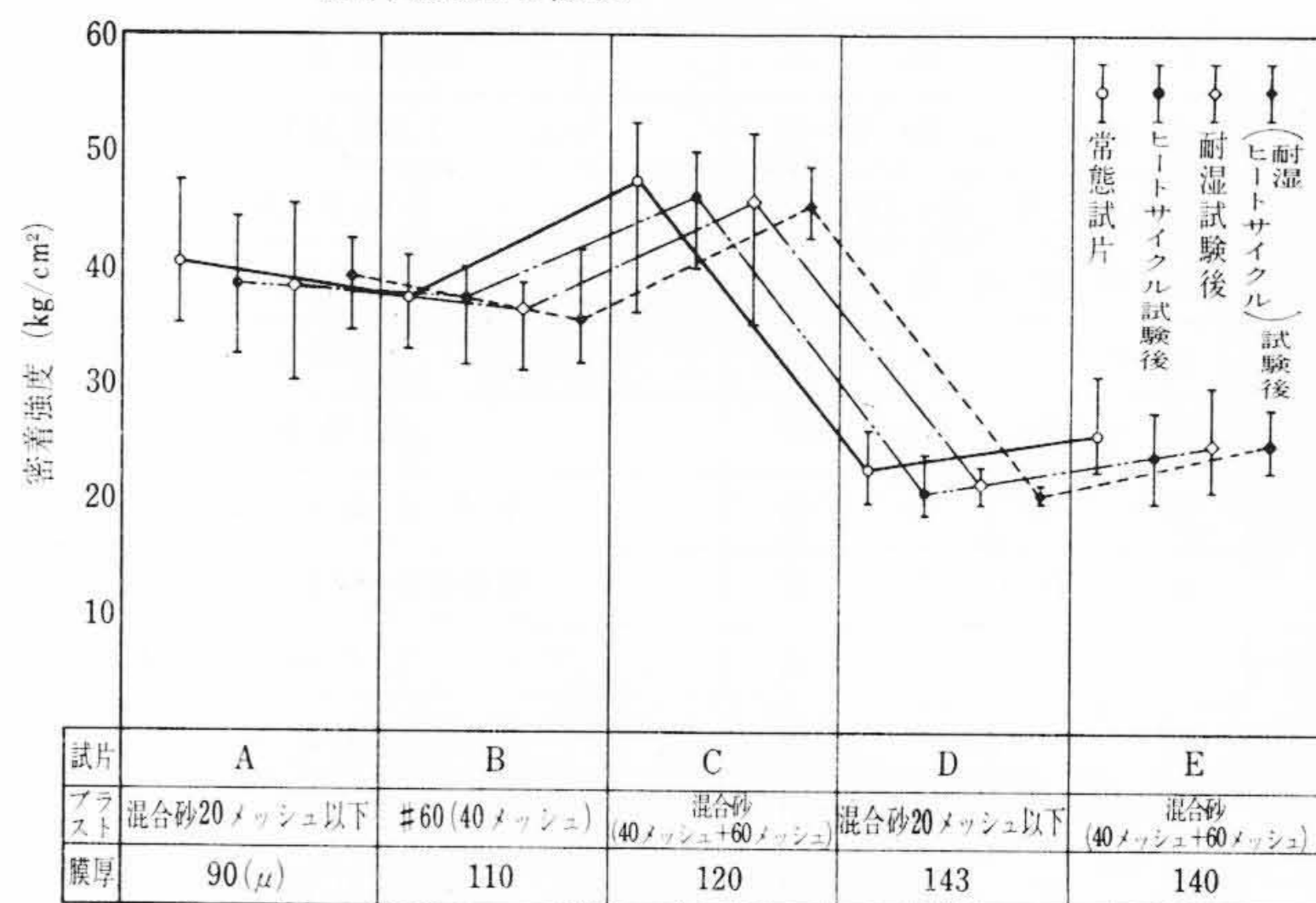
表3 耐クラック性試験結果

温度 サイクル レジ 種類	室温	0℃	-10℃	-20℃	-30℃	-40℃	-50℃	-60℃	-70℃
No.	1	2 3	4 5	6 7	8 9	10 11	12 13	14 15	16 17
MC-12	→	→→	→→	→→	→→	→→	→→	→→	→→
アラライト B	→	×××	×	×					

試片：各3個、130℃→各温度（保持時間1h）

表中 →印パス、×印き裂を生じた個数

表4 アルミ溶射膜厚と各種プラスト条件における密着強度比較表



定性があり、密着強度が高い層を製作することの可能なアルミニウムの電気溶射を採用した。

このほか、補助絶縁材料としては、最近のプラスチック絶縁ケーブルに使用されている、エチレンプロピレンゴム (EPR) を採用した。

5. 構造

5.1 完全固体絶縁メタクラの構造

メタクラの内部構造は、図7に示すとおりである。真空しゃ断器は水平引出形構造で、しゃ断器の前面には操作機構部を有し、その部がそのままメタクラの正面を兼ねている。

主回路断路部には連動シャッターを設け、しゃ断器引出時に充電部が露出することを防止している。

制御装置は、しゃ断器の上部箱内に収納してあり、メタクラ前面の、のぞき窓をとおして保守することができる。点検に際しては制御装置部の前面ドアを開き、プラグイン式の継電器箱を抜き出さうる構造としてある。

母線、分岐導体、断路部、ケーブルヘッド部などの充電部は、すべて表面に接地層を設けたエポキシ樹脂による完全固体絶縁方式で、これにより超小形化と安全性の向上を可能としている。

5.2 真空しゃ断器

24 kVにおいてしゃ断電流26 kA、BIL 125 kVという最高レベルにある大容量真空バルブを、表面にアルミ溶射接地層を設けたエポキシ樹脂絶縁筒内に密閉し、さらにすき間には温度変化により粘性変化のほとんど生じないシリコン油を充てんしている。

操作機構は、モータにより投入バネを蓄勢する電動蓄勢バネ投入操作方式で、操作電源その失の場合でも、手動ハンドルにより投入バネを蓄勢すれば安全に投入できること、制御用バッテリー容量が10%で済むこと、圧縮空気発生装置のような補助装置が不要であることなど数多くの特長を備えている。

5.3 母線および接続部

母線はEPゴム絶縁で、その表面には半導電性接地層を設けている。

接続部は、温度膨張による伸びを考慮したチューリップコンタクト方式で、EPゴム製のテーパ状パッキングをボルト締めにより圧着させている。

組立、解体時にはテーパ状パッキングを母線に平行にずらすことにより、母線のみを取はずしできるので、現地据付け、増設作業がきわめて簡単に、かつ確実に行なわれる。

5.4 断 路 部

一次断路部の構造は、図9に示すとおりである。真空しゃ断器が水平引出式の主回路自動連結構造であるため、しゃ断器のブッシングと、メタクラ断路部には空気ギャップを持たせ、組立時の製作誤差を吸収できるチューリップコンタクト構造としてある。

断路部には、電界制御のため内部シールドを埋め込んである。

5.5 ケーブルヘッド

メタクラよりの外部引出部であるケーブルヘッドは、下部断路部と一体注型をした、図10に示す構造の直結式接続方式である。

ケーブルにはCVケーブルを使用している。

5.6 変 流 器

変流器はブッシング形で、母線との分岐導体に取り付けられており、組立、取り替えが便利のように、分割形としてある。

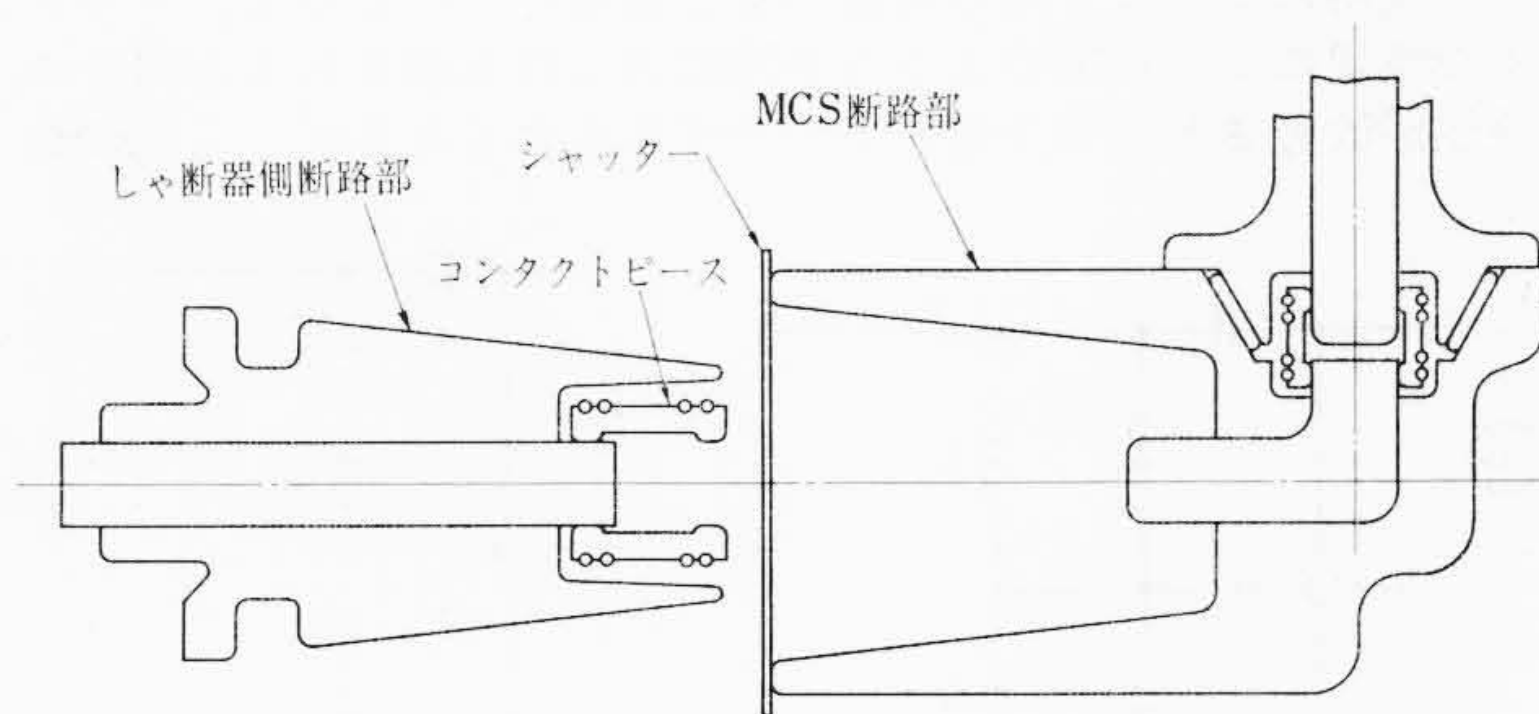


図9 断路部構造図

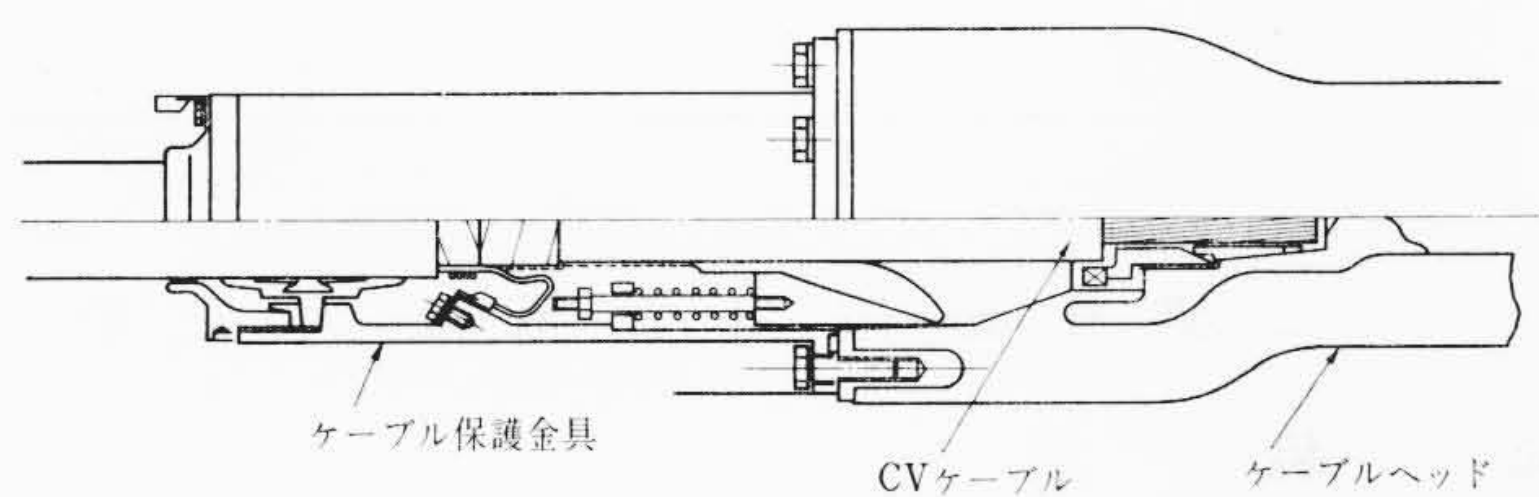


図10 直結式ケーブルヘッド構造図

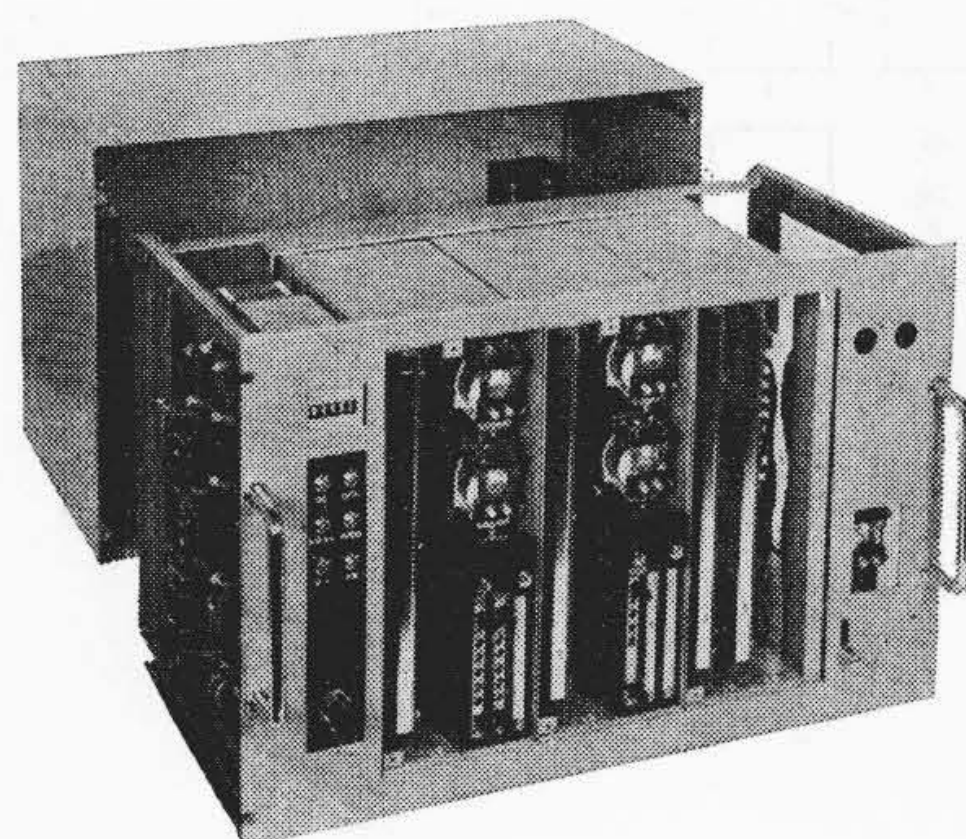


図11 制御装置

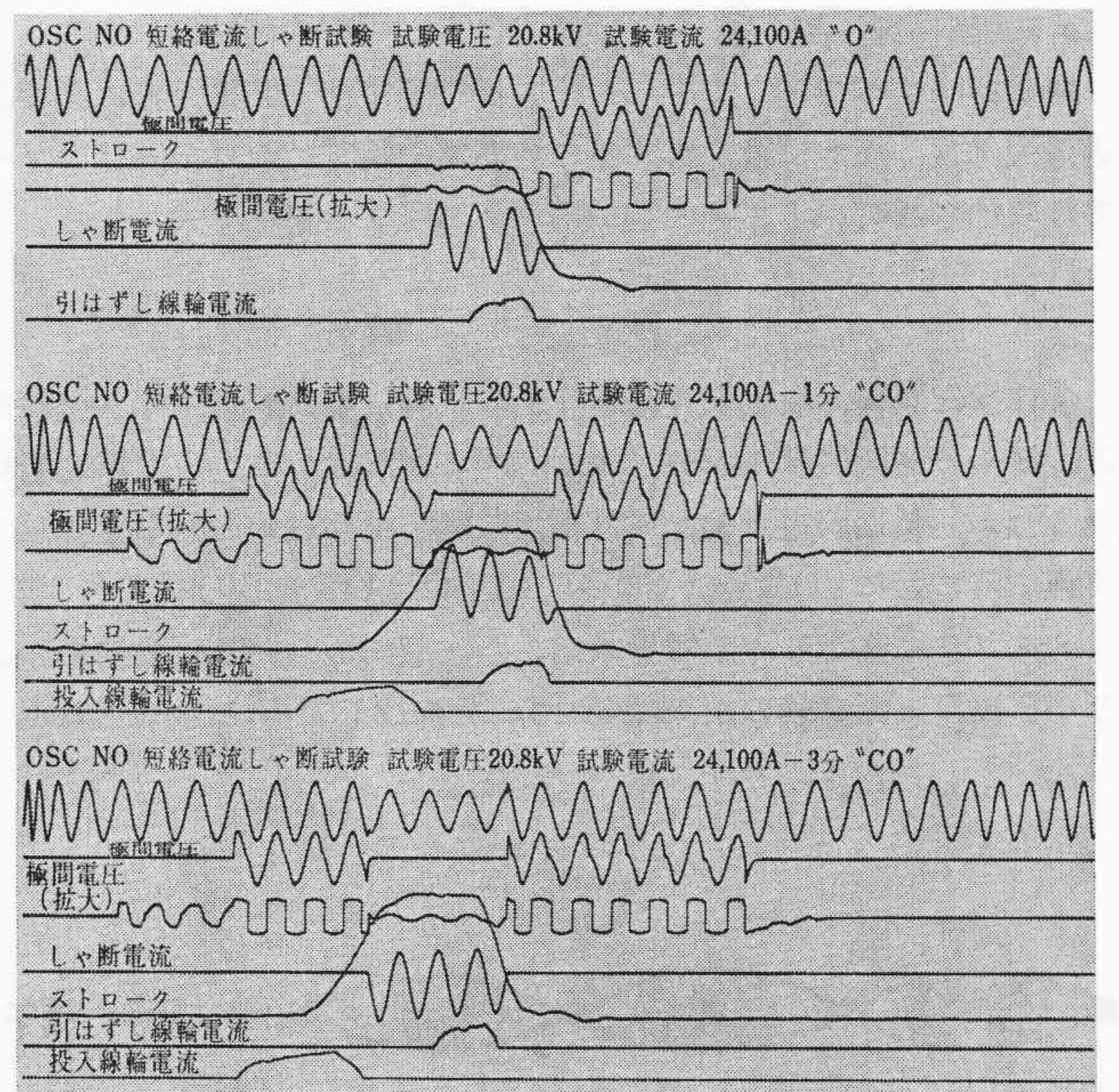


図12 24 kV 1,000 MVA 0-1分-CO-3分-CO
短絡しゃ断試験オシログラム

表5 短絡しゃ断試験結果

試験 条件	動作 責務	試験 電圧 (kV)	しゃ断電流		試験 周波数 (Hz)	アーク時間 (サイクル)	投入電流 (A, Peak)
			対称値 (A)	直流分 (%)			
単 相	電流の0	20.8	2,350	11	60	0.35	
	10%	20.8	2,440	7	60	0.48	
	断電流の0	20.8	2,430	10	60	0.52	
	30%	20.8	7,050	7	60	0.47	
	断電流の0	20.8	7,500	0	60	0.50	
	60%	20.8	7,290	16	60	0.54	
負 荷	電流の0	20.8	14,300	0	60	0.40	
	断電流の0	20.8	14,100	4	60	0.43	
	60%	20.8	14,500	5	60	0.37	
	CO 電流の0	20.8	24,600	21	60	0.48	
	断電流のCO	20.8	24,100	60	60	0.47	68,100
	100% 電流のCO	20.8	24,600	21	60	0.62	50,000
断	電流の0	20.8	26,100	16	60	0.50	
	110%	20.8	26,900	10	60	0.47	
	断電流の0	20.8	26,900	25	60	0.62	

表6 小電流しゃ断試験結果

進み小電流							
試験方法	試験電圧 (kV)	試験電流 (A)	周波数 (Hz)	動作責務	アーク時間 (サイクル)*1	試験回数	再点弧 回数
単	20.8	13	50	0	0~0.5	12	0
	20.8	62	50	0	0.12~0.5	12	0
相	20.8	170	50	0	0.11~0.5	12	0

*1 50 Hz に対する時間

遅れ小電流

試験方法	試験電圧 (kV)	試験電流 (A)	周波数 (Hz)	動作責務	アーク時間*1 (サイクル)	試験回数	異常電圧倍数 (最大)*2	
単	20.8	5	50	0	0.04~0.18	15	電流側	負荷側
							1.0	2.5
相	20.8	8	50	0	0.08~0.23	15	1.0	2.3
	20.8	11	50	0	0.11~0.26	15	1.0	2.0
	20.8	21	50	0	0.03~0.25	15	1.0	2.1
	20.8	33	50	0	0.06~0.21	15	1.0	1.7
	20.8	33	50	0	0.06~0.21	15	1.0	1.7

*1 50 Hz に対する時間

*2 試験電圧 20.8 kV に対して

5.7 制御装置

継電器はすべてトランジスタ化され、配電線一回線保護に必要な過電流保護、接地保護、再閉路の各要素を備えており、一体のケースに収納されている。その端子部はすべてプラグイン式である。

6. 試験

各種操作試験、温度上昇試験、絶縁試験、寿命試験、冷熱試験など、従来の開閉装置において施すべき各種試験のほか、実用性能検証のため、長期課電試験、屋外暴露試験、衝撃試験などを継続して実施することになっている。それらの結果については次回に報告する。

メタクラに真空しゃ断器を収納した状態でのしゃ断試験結果および小電流しゃ断試験の結果は図12、表5、6に示すとおりである。

7. 結 言

以上、22 kV 完全固体絶縁メタクラの開発について概略を説明したが、本装置は超小形であること、安全および信頼度の高いこと、保守点検が簡略化されていることなど、多くの特長を有しているので、都市中心部における配電用変電所などに多数採用されるものと期待される。

なお、今回開発した24 kV、1,200A、1,000 MVA 真空しゃ断器および固体絶縁断路部を採用した22 kV 特高メタクラは、昨年7月末より神戸製鋼株式会社高砂工場、帝都高速度交通営団新お茶の水変電所、日産自動車株式会社栃木工場に、合計11台納入され、現在好調裡に運転中である。

終わりに、本開発にあたり絶大なご尽力を賜った関係各位に対し深く御礼申し上げる。



特 許 の 紹 介



特許第522377号(特公昭43-3840号)

山 根 雅 己

電 磁 形 高 速 疲 労 試 験 機

従来の電磁形疲労試験機によると試験片に平均応力が発生したり、また試験片に加わる吸引力がひずみ波形となる欠点がある。

この発明はこのような欠点を改良するために、図1に示すように、試験片1の両側に1対の電磁石 $L_1 \sim L_4$ を一定間隔へだてて2組配置し、これらの電磁石によって交互に試験片を吸引して振動させるようにするとともに、図2に示すように同じ側の電磁石のコイ

ル2個 l_1, l_2 および l_3, l_4 を並列または直列に接続し、これら2組のコイルを直流バイアス電源 E に対しては直列に、交流電源 e に対しては並列に接続したものである。

この発明によれば1対の電磁石を2組用いているので、プッシュプル原理により従来のような平均応力は打ち消されると同時に、直線性が改善されるので吸引力のひずみもなくなる。(永田)

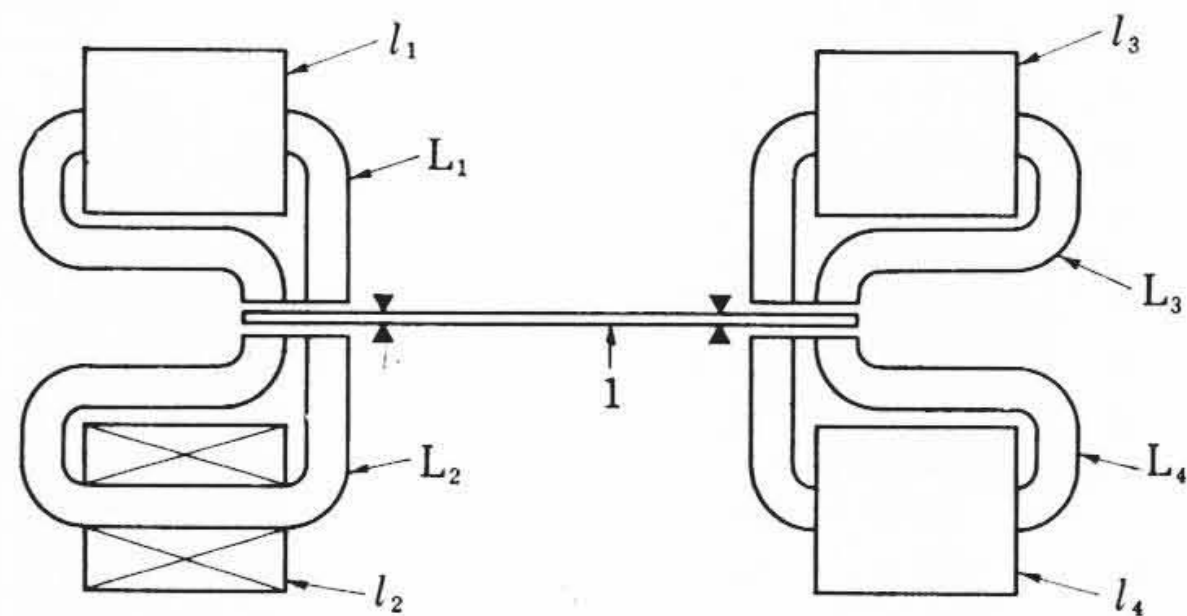


図 1

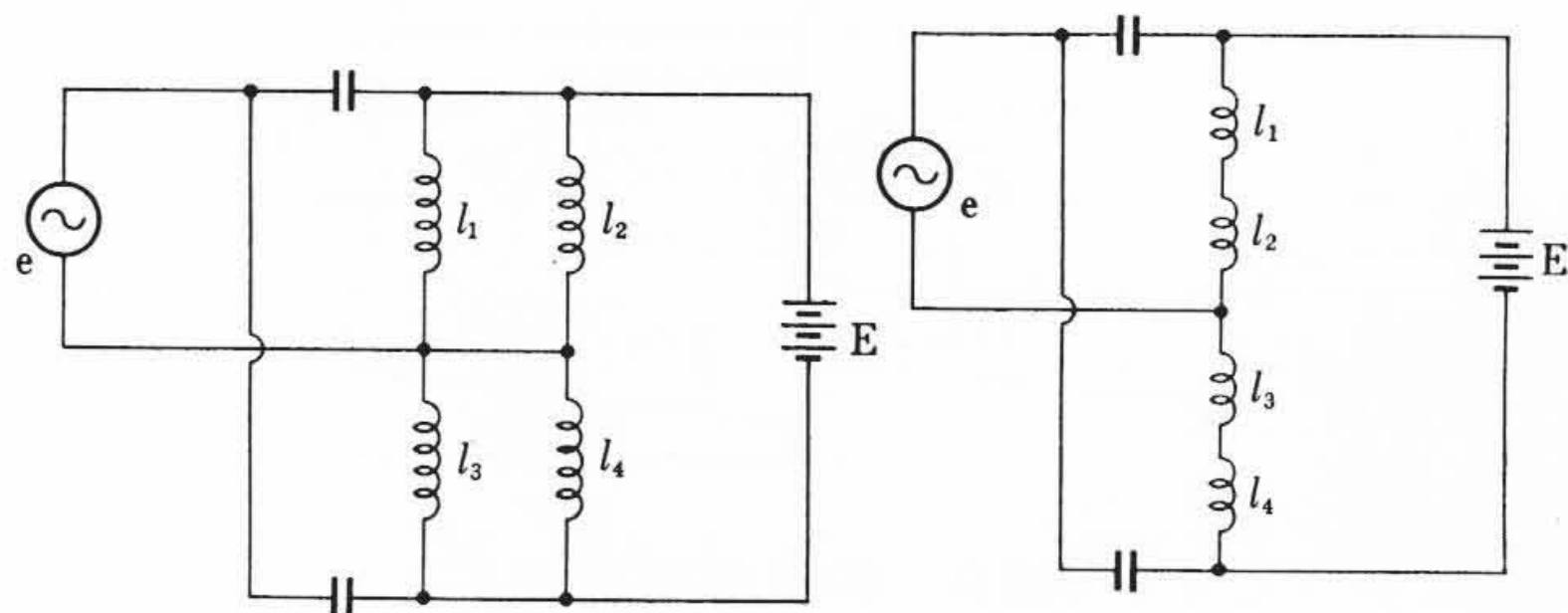


図 2

特許第517308号(特公昭42-24363号)

三 浦 種 敏・越 川 常 治・金 沢 安 矩

残 響 付 加 装 置

本発明は残響音付加装置、すなわち音響再生装置などにおいて残響音を付加する装置で、特にデジタル技術を用いて残響音を発生する装置である。従来の残響音付加装置では、原信号をアナログ信号のまま遅延を行なって残響音を作っていたので、高品質の残響音を作るためには、周波数特性が良く、ダイナミックレンジの大きな遅延素子を必要とし、経済性が劣っていた。また、機械的なものでは外部振動などの影響を受けたり、装置が大形化するなどの欠点をもっていた。

本発明はデジタル技術を用いて、上述の欠点を除き、高品質の残響音を、小形かつ安価な装置で実現したものである。

本発明は図に示すように、アナログ音響信号の一部を符号化して、所定の遅延を行ない、さらにその遅延された符号信号を整形したのち、再びアナログ信号に変換して、所定の減衰を与えて、原信号と混合して残響音として付加するように構成したものである。

本発明によれば、従来装置に比べ、安価な装置で、低雑音、良品質の残響音付加信号が得られ、特に従来は遅延素子として高価なものを要していたが、デジタル回路の効果を生かして遅延素子の構成を安価に作るという実用上きわめて有効な利点を有する。(岸原)

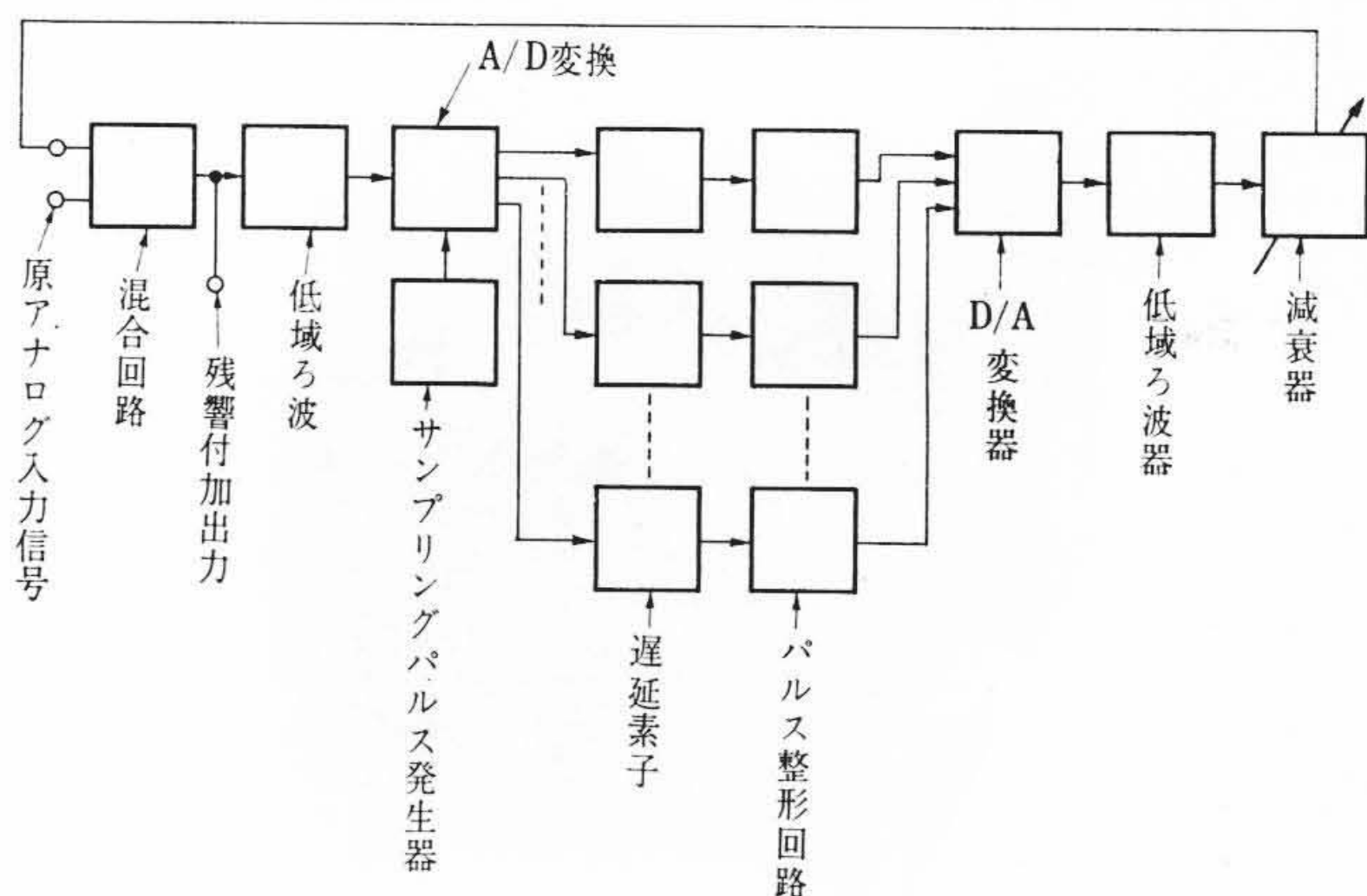


図 1