

最近の電鉄用整流器

Latest Rectifiers for Electric Railway Service

梅 沢 勝*
Masaru Umezawa

内 容 梗 概

電鉄用において、シリコン整流器が本格的採用を受けて以来、わずか5年を経過したのみであるが、整流素子の発展に伴い、長足の進歩を示した。特に高耐圧整流素子の出現で、跳躍の段階を迎えるに至った。この時点で電鉄用シリコン整流器の進歩の跡をふりかえって近況を紹介する。

1. 緒 言

直流変電所の主器である整流装置は近年において、非常な変遷を遂げてきた。わが国の電気鉄道で使用されている整流器は、大正から昭和にかけて回転変流機、昭和10年ごろより多極水冷水銀整流器、昭和20年ごろに単極形水銀整流器が現われ、昭和30年を前後として封切形水銀整流器となって落ち着いたかに思われたが、昭和32年よりシリコン整流器を電鉄用として使用することに対して研究が開始され、広範にわたる基礎研究の結果、昭和36年度より使用されることになり、いまや整流器の主流をなすに至った。これは水銀整流器と比較して次の利点があるからである。

- (1) 温度制御を必要とせず、ただ冷却を行えば良い。
- (2) 複雑な付属装置を必要としない。
- (3) 保守の手数が大幅にはぶけ、無人変電所用として最適である。

また、基礎実験も含めて実績が当初より優秀であったのに加えて、年々品質が向上し、次々と新製品化されていっそうの信頼を勝ち得たことが急激に普及した一つの原因でもある。現在では DC 1,500V 用で平均単器容量は、水銀整流器の 2,000 kW に対し 3,000 kW、最大単器容量は、3,000 kW に対し 4,000 kW といずれにおいても水銀整流器をしのいでいる。

2. 整 流 素 子

電鉄用に使用した日立製作所の整流素子と製作年度の一覧表を第1表に示す。当初、50A、300V で出発した整流素子は、わずか7年後の本年において、300A、3,000V に至っている。電流において6倍、耐電圧において10倍の進歩である。したがって電鉄用シリコン整流器の発展は整流素子の開発に負うところが大きい。

整流素子の開発の主眼は、素子容量の向上にあることはもちろんであるが、その性能の安定化が最優先とされた。

(1) 素子性能の安定化

シリコン整流素子は設計製作上次の問題を有する。

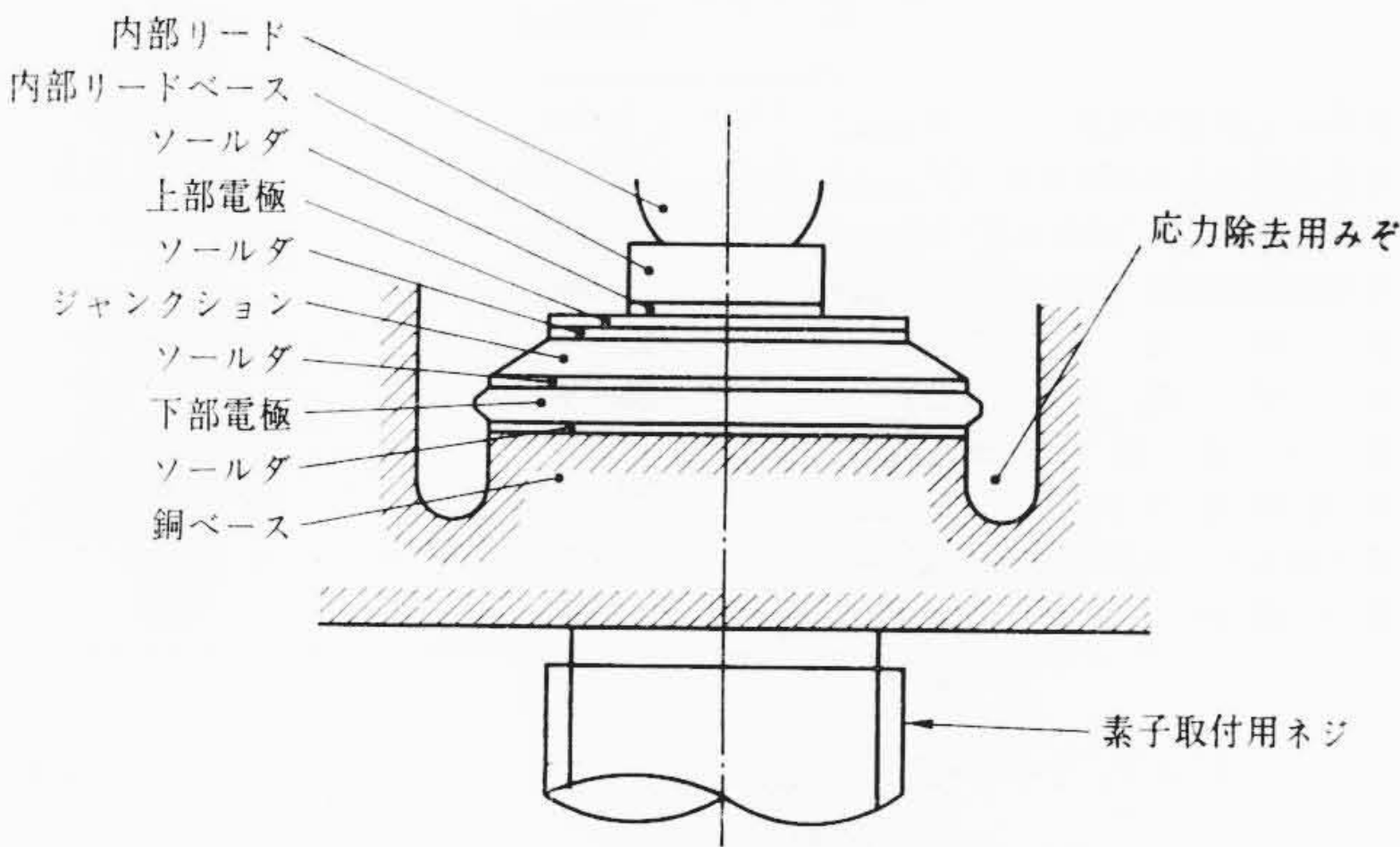
(i) 接合部と銅ベース間の熱疲労

接合部の主成分であるシリコンの熱膨張係数は 4.2×10^{-6} で、ベースを構成する熱伝導度の良い銅は 16.5×10^{-6} である。電鉄負荷のように繰り返しせん断負荷ではかなりの応力が発生する。またこの応力は機械的強度の弱い接合部に集中する傾向がある。第1図は最近の接合部構造を示したものである。銅ベースに深く切り込んだみぞによって、素子取付の「ネジ締め応力」および、熱応力を吸収させる。上下ソルダには鋭意開発した日立製作所独自の特殊ソルダを用い、上下電極とジャンクション(接合部)の厚み、ならびにおおのの接着面の処理を合理的に施すことにより、総合的に熱膨張の応力差を吸収することにし

* 日立製作所日立工場

第1表 整流素子定格と納入年度(電鉄用のみ)

納入年度	使用素子形式	電 流	電 圧
昭和33年	4JA60C	50A	300V
昭和35年	DJ13L	200A	1,000V
昭和36年	DF11L	500A	1,000V
昭和37年	DJ15N	200A	1,500V
昭和39年	DJ16M	280A	1,300V
昭和40年	HO3DA	300A	3,000V



第1図 整流素子接合部断面

てある。

(ii) 接合部の表面処理

高耐圧になるほど問題となる、接合部の温度上昇に伴う漏えい電流の増加、表面の酸化などの化学変化の促進を防止せねばならない。このため接合部の表面に物理的、化学的処理を十分施し、特殊ワニスによってコーティングされる。また外気と完全に遮断するため、ハーメチックシールの容器に収納して、十分に乾燥した不活性ガスを封入している。

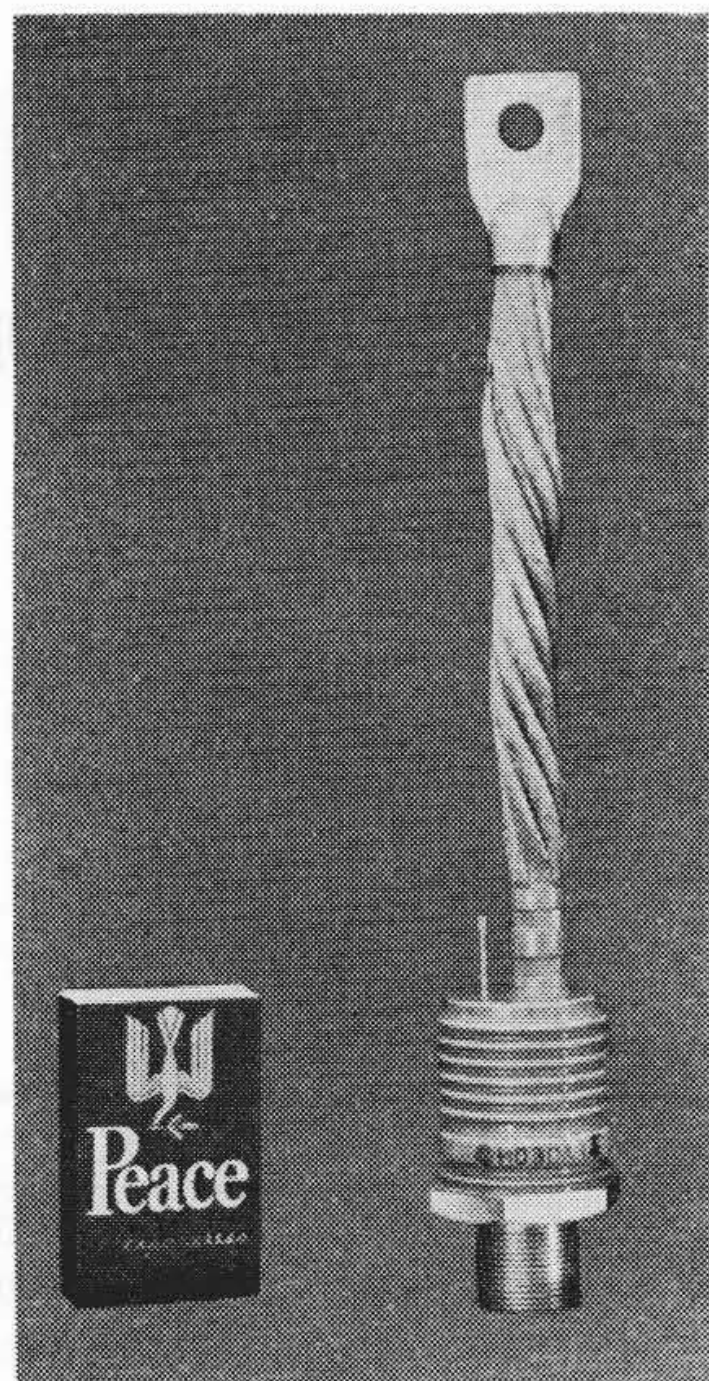
(iii) 品質管理

素子の用途に合った品質管理が要求される。電力用としての高品質を維持するため、生産工程の各パートごとに厳重な検査部門を設けると同時に、製作ふん囲気なども十分管理される。完成された製品についても、高温放置試験、高温ブロッキング試験、間欠負荷試験、熱サイクル試験、連続通電試験などにおいてチェックされるので、高品質を十分維持できる。

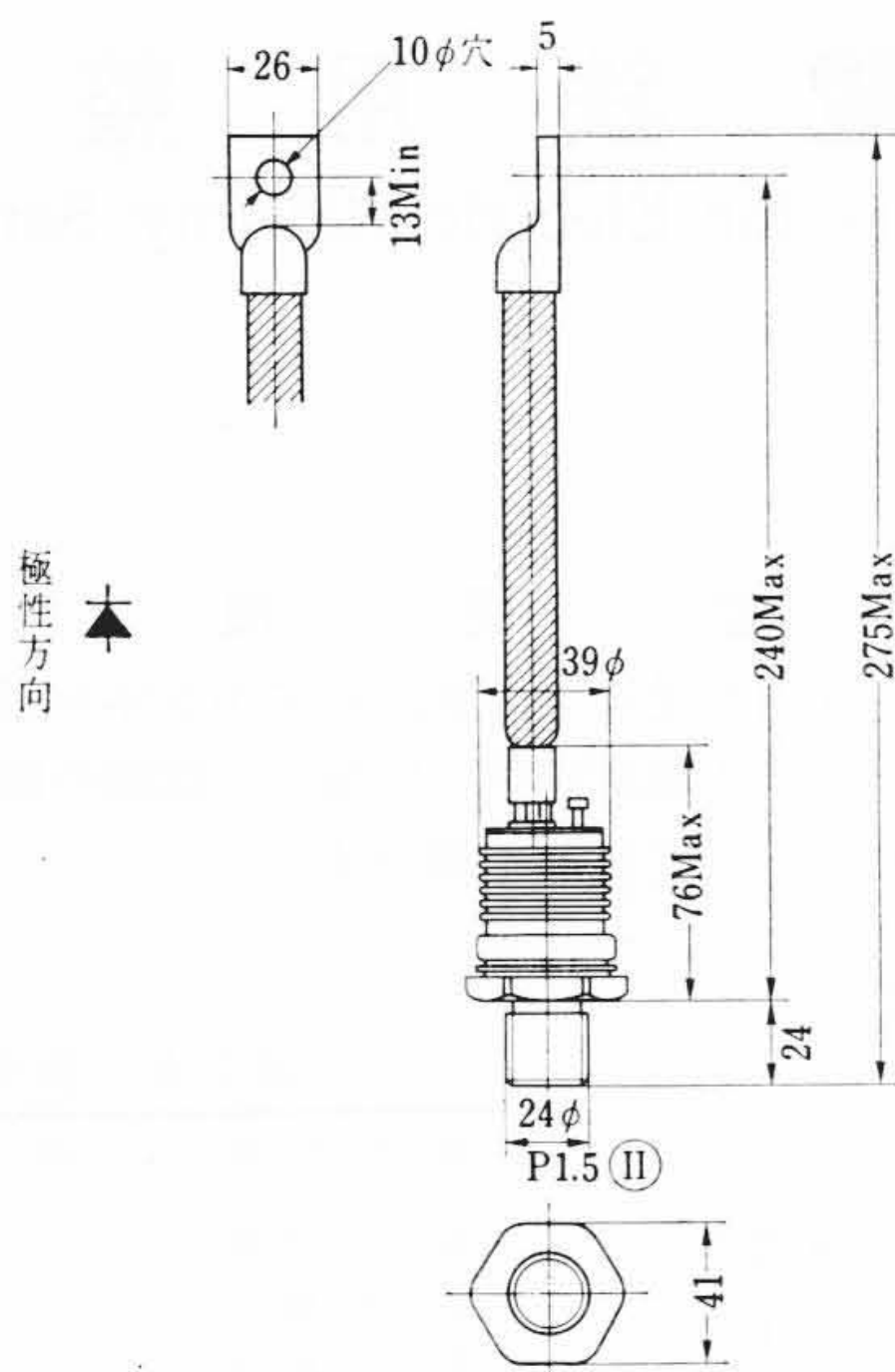
(2) 素子の高耐圧化

半導体内部での整流機構および接合部外周の電界分布などが解明されるにしたがって、素子の高耐圧化が容易となった。

接合部の内部(バルク)の耐圧は母材シリコンの比抵抗を管理することによって一定にできるので、接合部の表面に傾斜を施し、特殊絶縁処理を施すことによって、常に沿面の耐圧より内部の耐圧を低くする、いわゆるコントロールアバランシェ形とすることが出来る。アバランシェ電圧は次式で表わされる。



第 2 図 H03 形 整 流 素 子



第 3 図 H03 形 整 流 素 子 寸 法 図

第 2 表 H03 形整流素子特性表

形 式	H03DA	H03CF
定格せん頭逆耐電圧 (V_{peak})	3,000	2,500
定格過渡せん頭逆耐電圧 (V_{peak})	3,300 以上	2,750 以上
定格平均順電流(单相半波) (A_{ave})	300	300
定格瞬時過電流 (1 c/s) (A_{peak})	5,500	5,500
動 作 温 度 ($^{\circ}C$)	-25~+150	-25~+150
保 管 温 度 ($^{\circ}C$)	-25~+150	-25~+150
最 大 逆 電 流 (mA_{peak})	25	25
最大順電圧降下 (V_{peak})	1.60 (单相半波 せん頭値940A)	1.60 (单相半波 せん頭値940A)
最大接合ベース間熱抵抗 ($^{\circ}C/W$)	0.12	0.12
最大締付トルク (kg-cm)	550	550

$$V=V_0(1+\beta\cdot\Delta T) \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 β : $10\times10^{-4}V/^{\circ}C$

ΔT : 温 度 上 昇 ($^{\circ}C$)

したがって電圧の裕度は運転中のほうが常温状態より大きい。

日立 H03 形高耐圧素子は電子計算機をフルに駆使した、綿密な設計に基づき、品質管理の十分行き届いた半導体専門工場で、一貫して製作されたもので第 2, 3 図がその外観写真と寸法図である。その特性は第 2 表に示すとおりである。

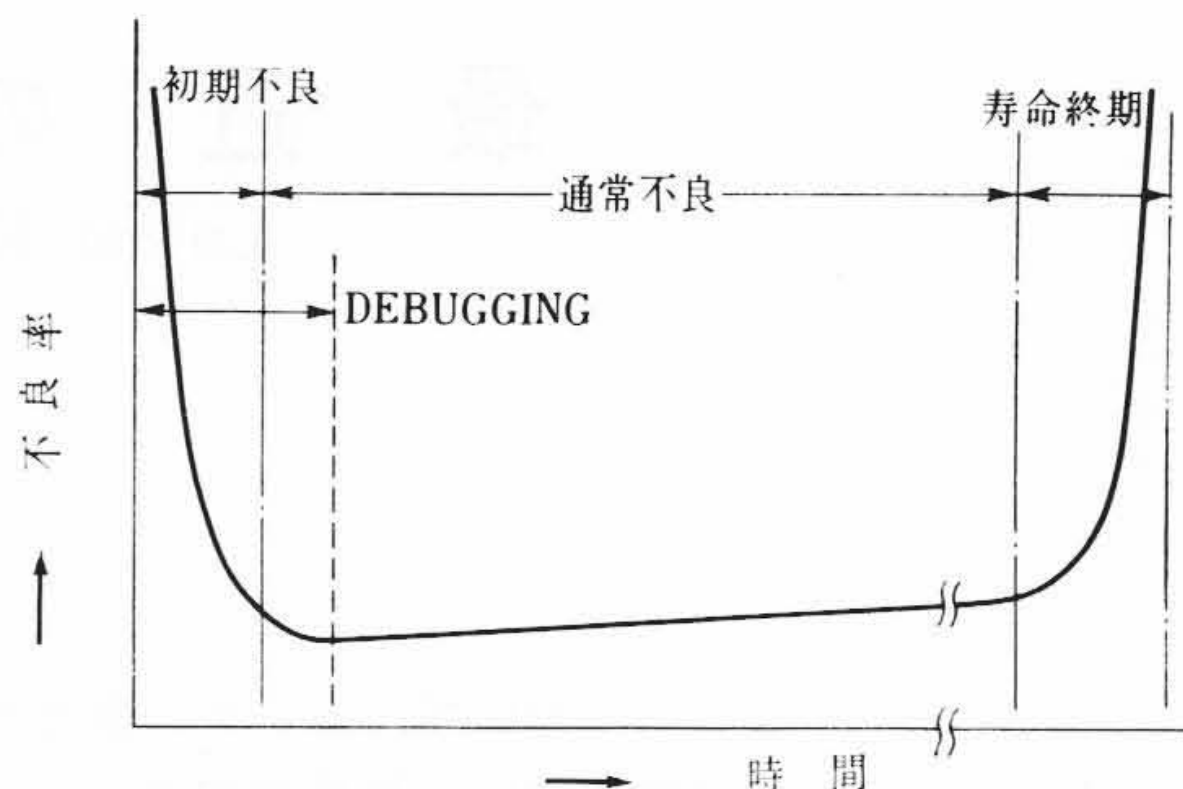
この素子の特長は特性表のほかに次を数えることができる。

- (i) ひだ付きが子で沿面絶縁距離を十分とり、ゴミの付着による影響を度外視できる。
- (ii) がんじょうで気密度のすぐれたハーメチックシールとしてある。
- (iii) 寸法は IEC の国際規格に合わせてある。
- (iv) 期待不良率は $10^{-8}/h$ 以下である。

(3) 素子の寿命

シリコン整流素子の寿命の終点は、両極間の短絡または開放のもの以外は明確に判断できない。両極間の短絡または開放は事故の結果であって、これにより寿命を推定することは困難である。しかしながら一般的には素子の逆特性の変化が寿命に比例すると考えてもよい。

素子は半導体製品であるので、その不良パターンはトランジスタと類似していると考えられたが、これは工場における長期寿命試験および今までの現地運転の結果もこれを立証している。第 4 図はこの不良パターンを示している。すなわち事故は運転初期(ほとんどは工場内試験期間中で出つくす)に発生するが時間の経過とともに激減する。寿命終期は理論上および強制寿命試験では



第 4 図 不 良 パ タ ー ン

存在するが、実運転においてはその使用条件から推して経験することは不可能であろう。図において A 部が初期不良で B 部が実働期間に相当する。したがって工場において行なわれる初期不良の除去 (Debugging) が重要な意味を持つてくる。これは不良現象については明確な認識

を持った試験計画において初めて達成される。

3. 電鉄用シリコン整流器の保護方式

第 5 図に電鉄用変電所の接続図を示す。

シリコン整流器の保護としては次のものが対象となる。

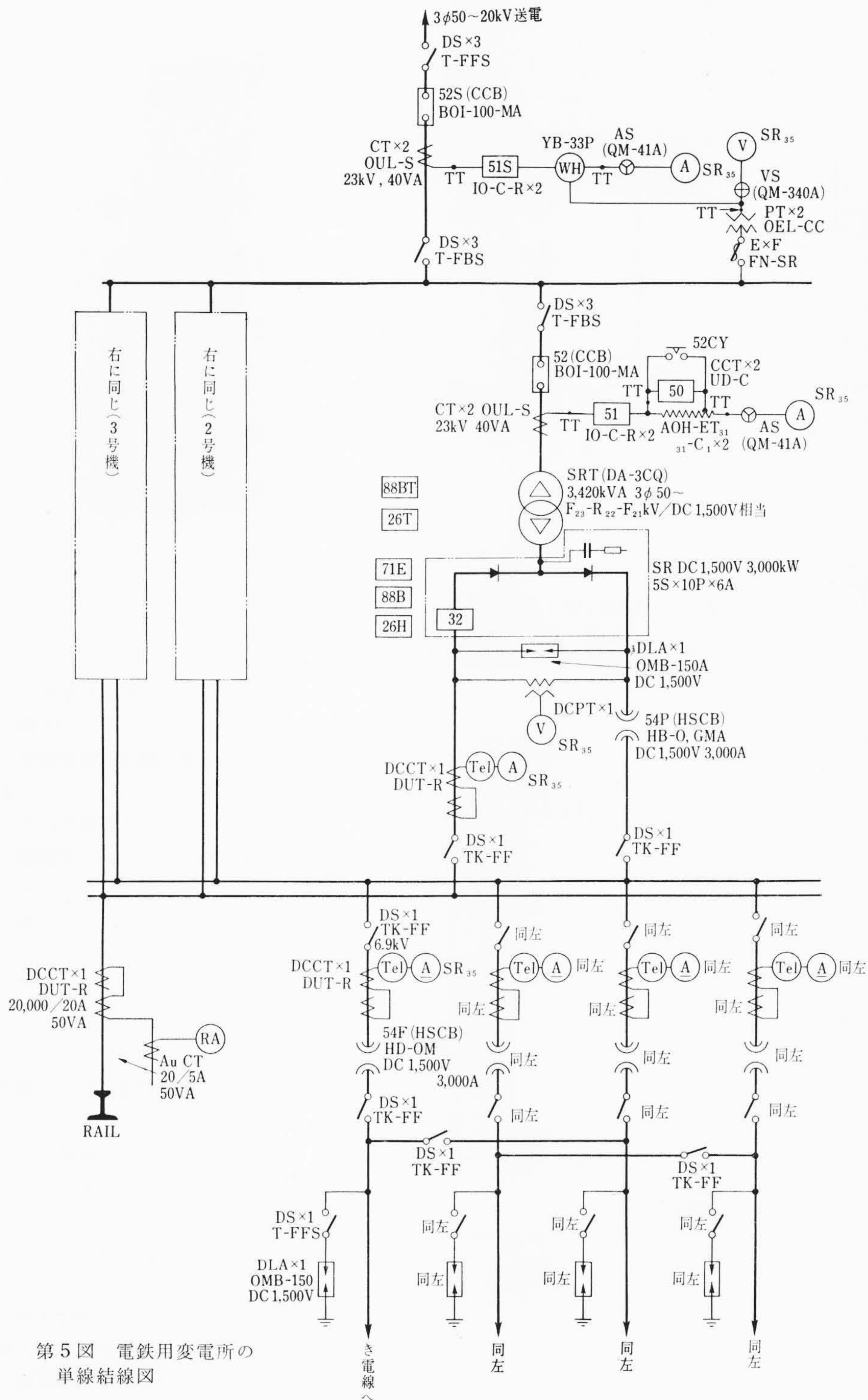
- (A) 過 電 流
 - (i) 直 流 側 短 絡
 - (ii) 過 負 荷 運 転
 - (iii) 1 アーム短絡
- (B) 過 電 圧
 - (i) 交流側開閉サージ
 - (ii) 直流側開閉サージ
 - (iii) 交流側雷サージ
 - (iv) 直流側雷サージ
- (C) そ の 他
 - (i) 冷却用送風機故障
 - (ii) 整流素子故障

以上に対する保護方式は、整流素子の信頼性の向上およびその使用実績の優秀さによって、徐々に簡易化されてきた。

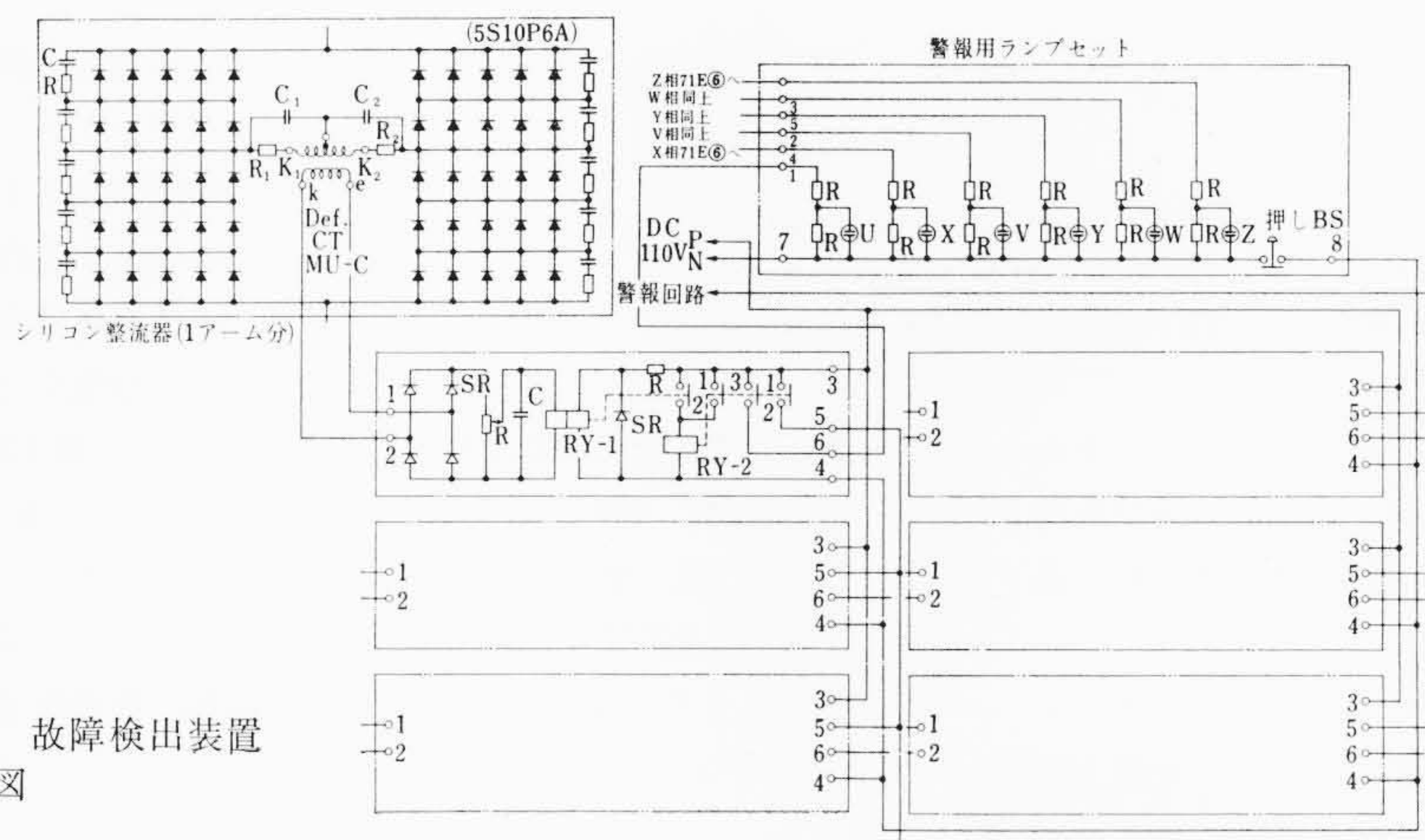
直流側短絡は直流高速度遮断器 (54P) によって 1 サイクル以内で遮断される。過負荷運転については交流側に設けられた過電流継電器 (51) により検出され交流側遮断器 (52) により保護される。この間継電器の動作より交流側遮断器の動作にいたる数サイクル間の過電流に耐えねばならない。

アーム短絡は素子の信頼性および一個余裕直列方式・素子故障検出装置による保護方式によって実際上はシリコン整流器の耐量として考慮する必要はない。なんらかの突発的な原因によってこれが発生した場合は、交流側からの突入過電流は交流高速度過電流継電器 (50) により検出され、交流側遮断器により遮断される。直流き電線からの逆流に対しては逆流継電器 (32) により検出され、遮断器によって遮断される。

過電圧保護は交流、直流側とも開閉サージは整流素子の近くに設けられたサージアブソーバにより、定常時の 200% 以下に押えられるが、さらに万全を期して素子直列枚数を 1 個プラスしてある。電鉄用においては雷サージは交流側および直流側の両側より侵入する可能性が強い。したがって交流側避雷器、直流側避雷器によっておのおの保護されねばならない。この場合発生する最高電圧 (避雷器の放電開始電圧、あるいはその地域での雷の大きさより定まる避



第5図 電鉄用変電所の単線結線図



第6図 故障検出装置接続図

雷器の制限電圧のいずれか高いほう) に対して協調の取れた直列枚数であることを要するが、一般には直撃雷の機会が少ないことと素子の信頼度の向上より直列枚数の完全1個余裕は必要としない。素子が高耐圧化した現在雷サージに対するプラス1個方式はその妙味が少ない。したがって今回製作した京阪電鉄納 3,000 kW 600 V 整流器では最高電圧 3,500 V の直流側避雷器を採用して 0.5 s 劣化検出, 軽故障扱いとする方式が採用されている。

冷却用送風機の故障はシリコン整流器のような風冷器によっては非常に大きな影響をもつ。電動機およびその回路の故障に対しては FFB および専用電磁開閉器 (88 B) により, 短絡, 過電流, および欠相焼損防止を行なっている。さらに整流素子冷却片に埋込んだ温度継電器 (26 H) により素子部温度過上昇を検出する方式として二重に保護を行なっている。この方式の利点は他の風圧継電器などと異なり, 微妙な風圧に対する調整を要せず, したがって誤動作のおそれがないこと, 埋込形ゆえほとんど保守の手数を要しないことである。

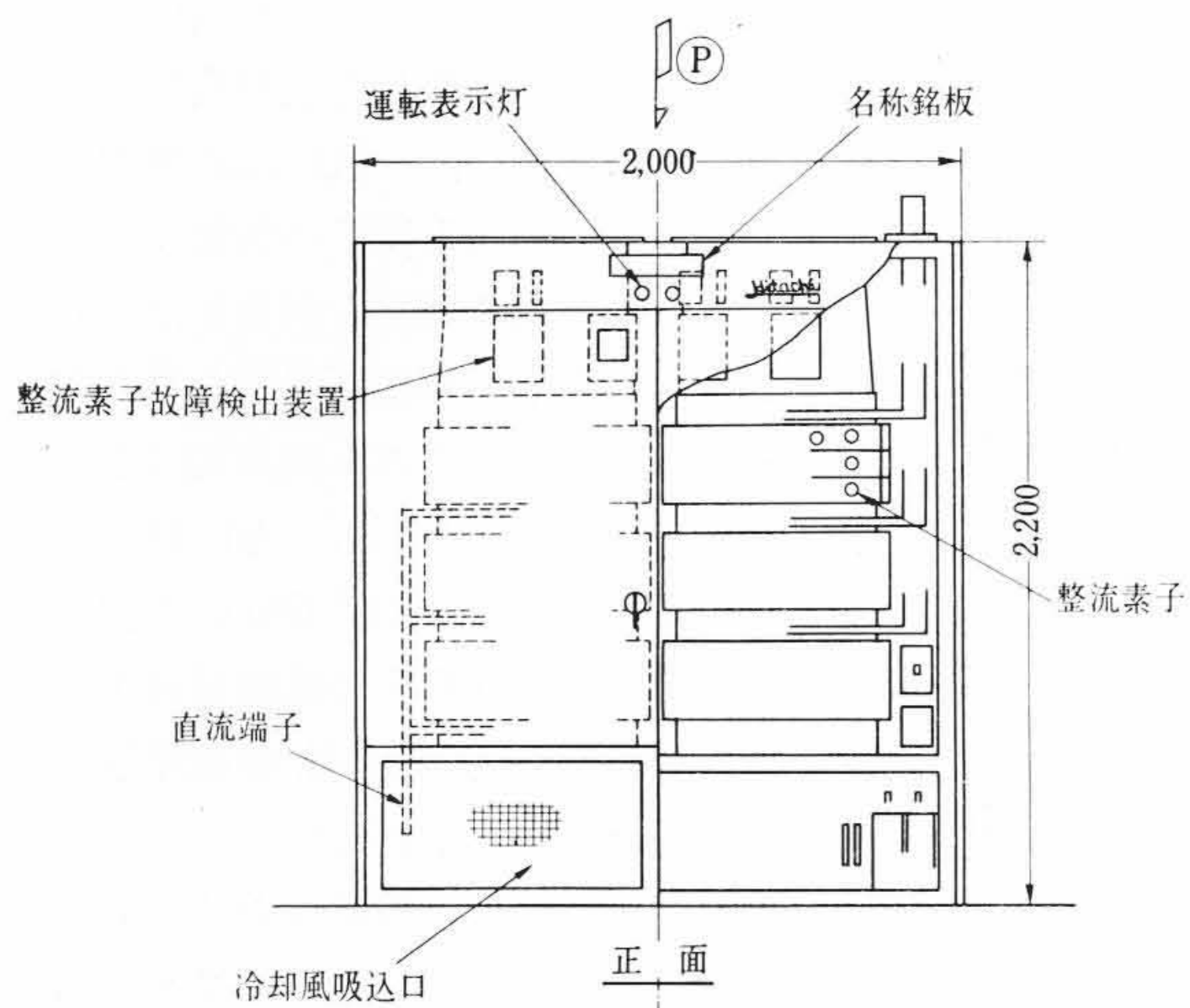
整流素子の故障検出は同一アームの同電位点を検出して, その電位差によって故障素子を検出する方法が一般に行なわれ, 警報表示を出すとともにネオンランプなどで故障素子を含んだアーム位置 (メッシュ接続) または直列位置 (ストリング接続) を表示するものが多い。

第6図はその回路例を示したものである。

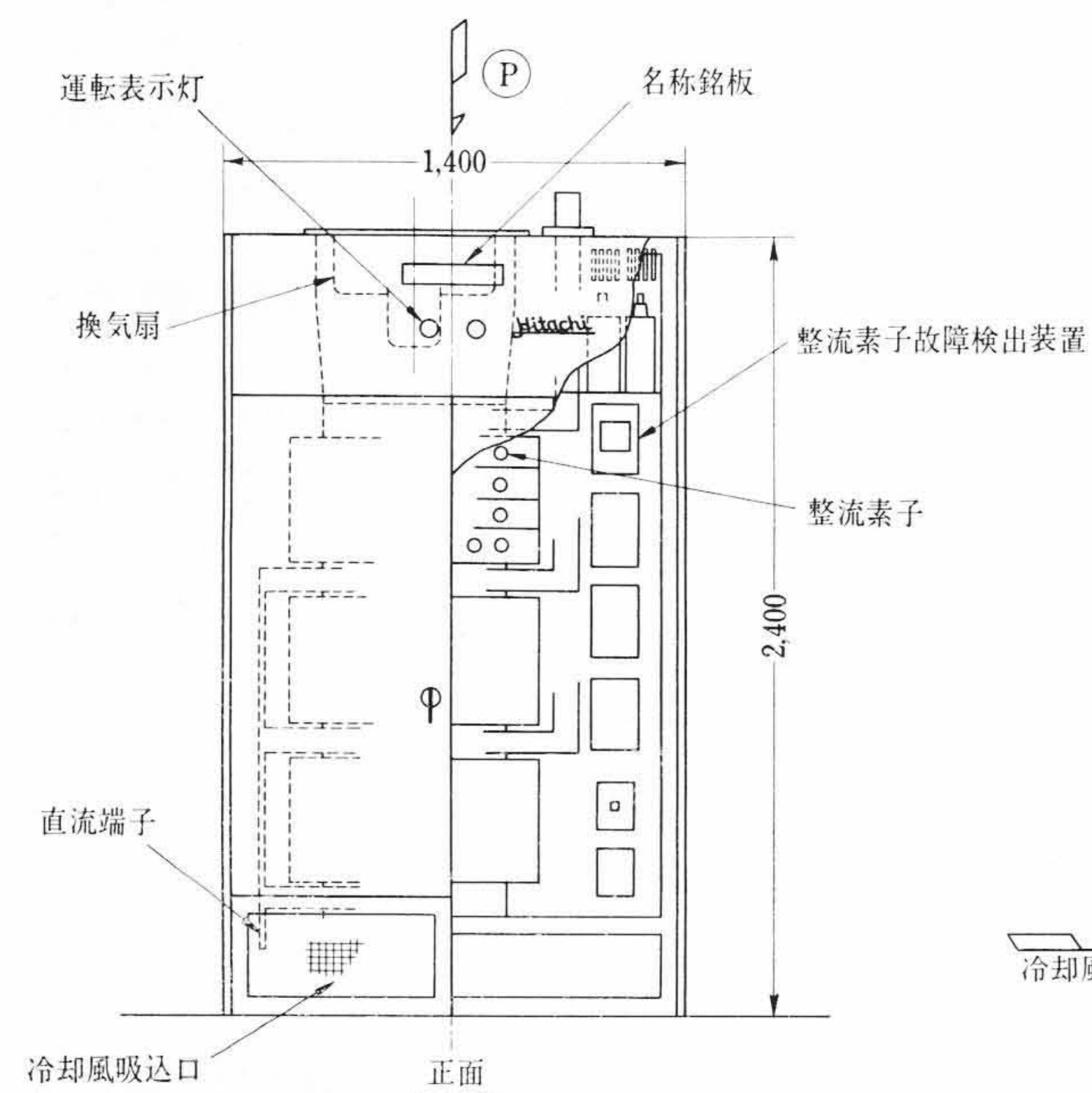
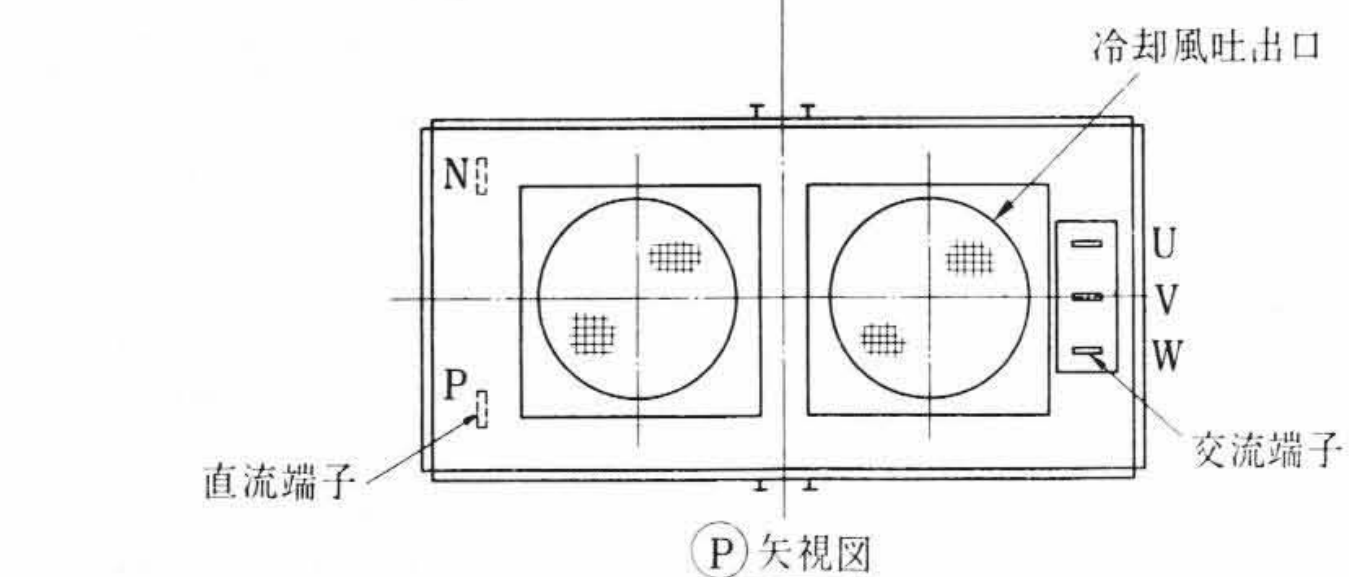
4. シリコン整流器の構造

(1) 整流素子の接続

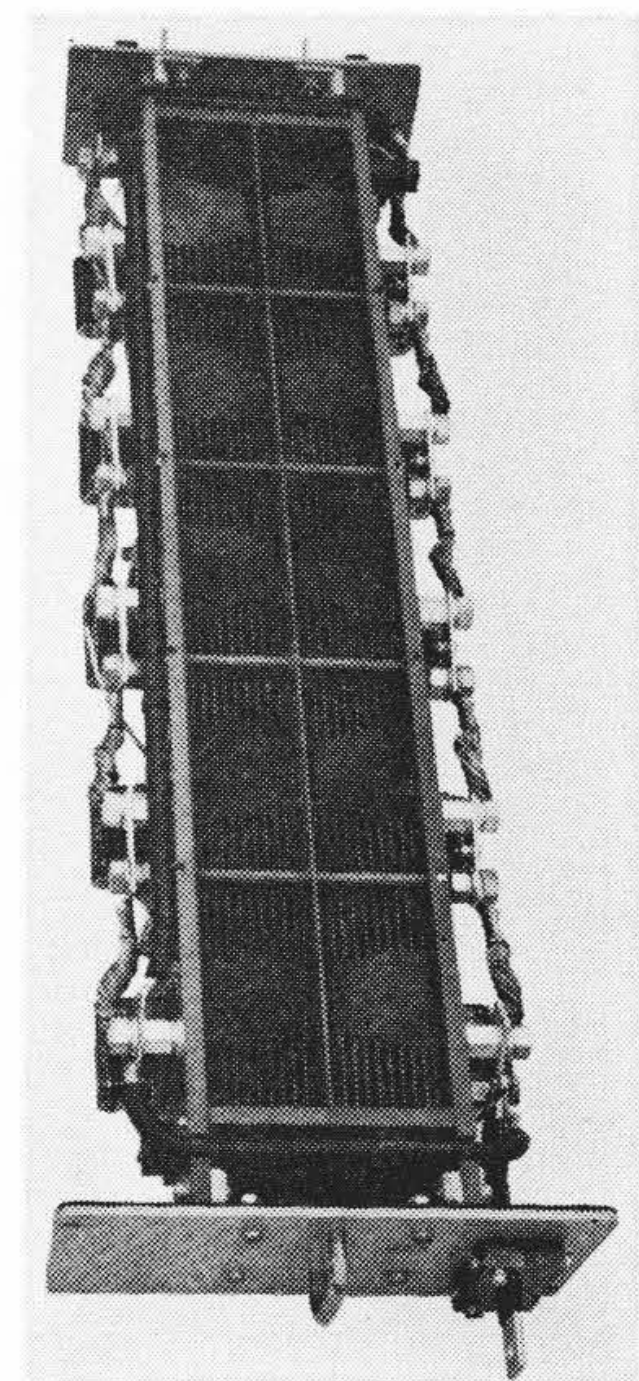
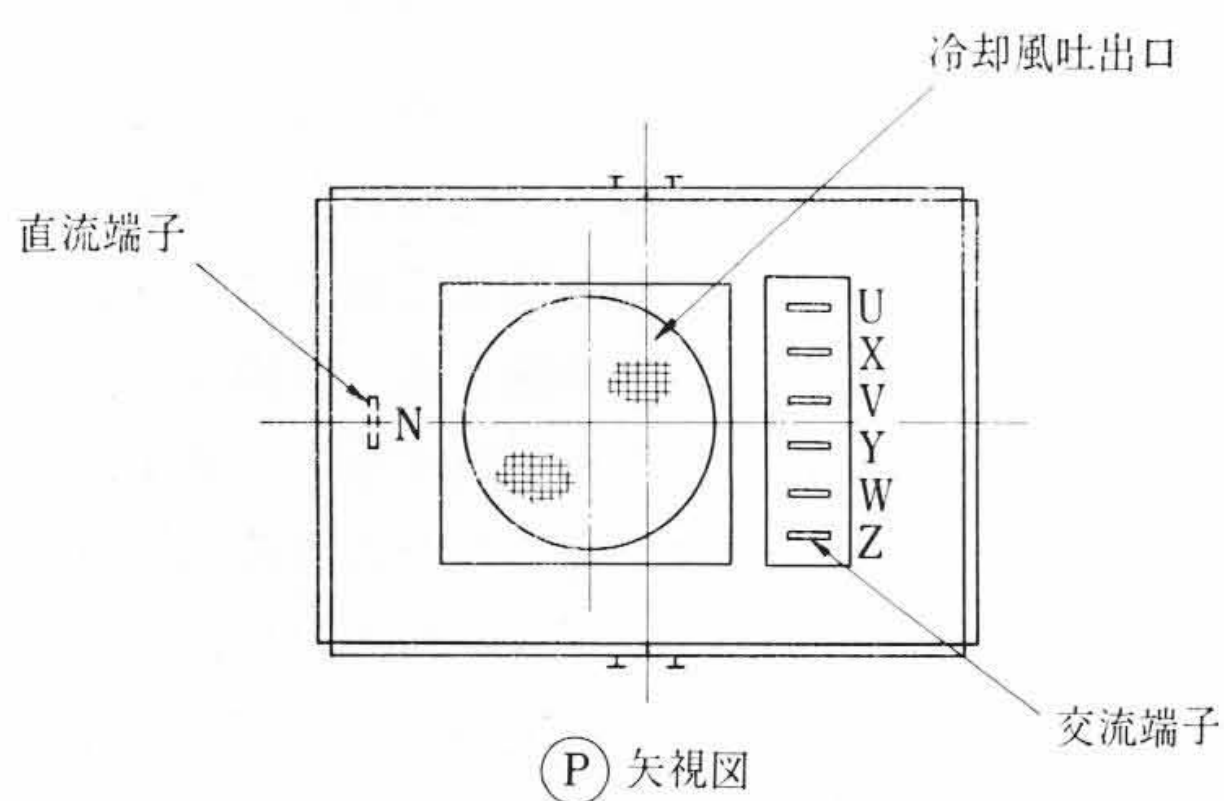
電鉄用シリコン整流器として一般に用いられる結線は相間リアクトル付二重星形結線と三相ブリッジ結線である。両結線とも, 信頼度を同一として素子を構成すると, 素子耐圧が格段に上昇したため整流器構成素子数は三相ブリッジに対し相間リアクトル付二重星形のほうが少なく済み, 非常に小形化できる。第7図に 3,000 kW 1,500 V D種定格の三相ブリッジ形, 第8図に同容量の相間リアクトル付二重星形結線の整流器を示す。図よりわかるように容積で 76%, 据付面積で 70%, 重量で 75% に縮小されている。しかし, 相間リアクトル付二重星形結線は変圧器容



第7図 3,000 kW 1,500 V 三相ブリッジ結線シリコン整流器 (HO3形整流素子) 寸法図



第8図 3,000 kW 1,500 V 相間リアクトル付二重星形結線シリコン整流器 (HO3形整流素子) 寸法図



第9図 トレイ式の素子スタック

とするためストリング・メッシュ法、およびメッシュ法が多用される。電鉄用整流器の素子スタックを第9～11図に示す。第9図は多数個の素子を組み込むためのトレイ方式で初期のころに多用された。第10図はストリング接続で分圧用抵抗器、コンデンサが多数個使用されている。第11図は最近の標準スタックでストリング・メッシュおよびメッシュ接続用のものである。分圧器の員数は最少にすると同時に絶縁構造上からの利点が数えられる。

(2) セットの構造

(i) 内蔵品と素子スタック部

整流器の内蔵品は、高電圧側部品として、シリコン整流素子、素子用分圧器、サージアブソーバ、素子故障検出装置、温度検出器などを含み、低電圧品として冷却用送風機、保護用ヒューズフリーブレーカ、電磁開閉器などを含んでいる。そのほか場合により直流高速度遮断器用逆流検出器、冷却空気用フィルタなどがある。

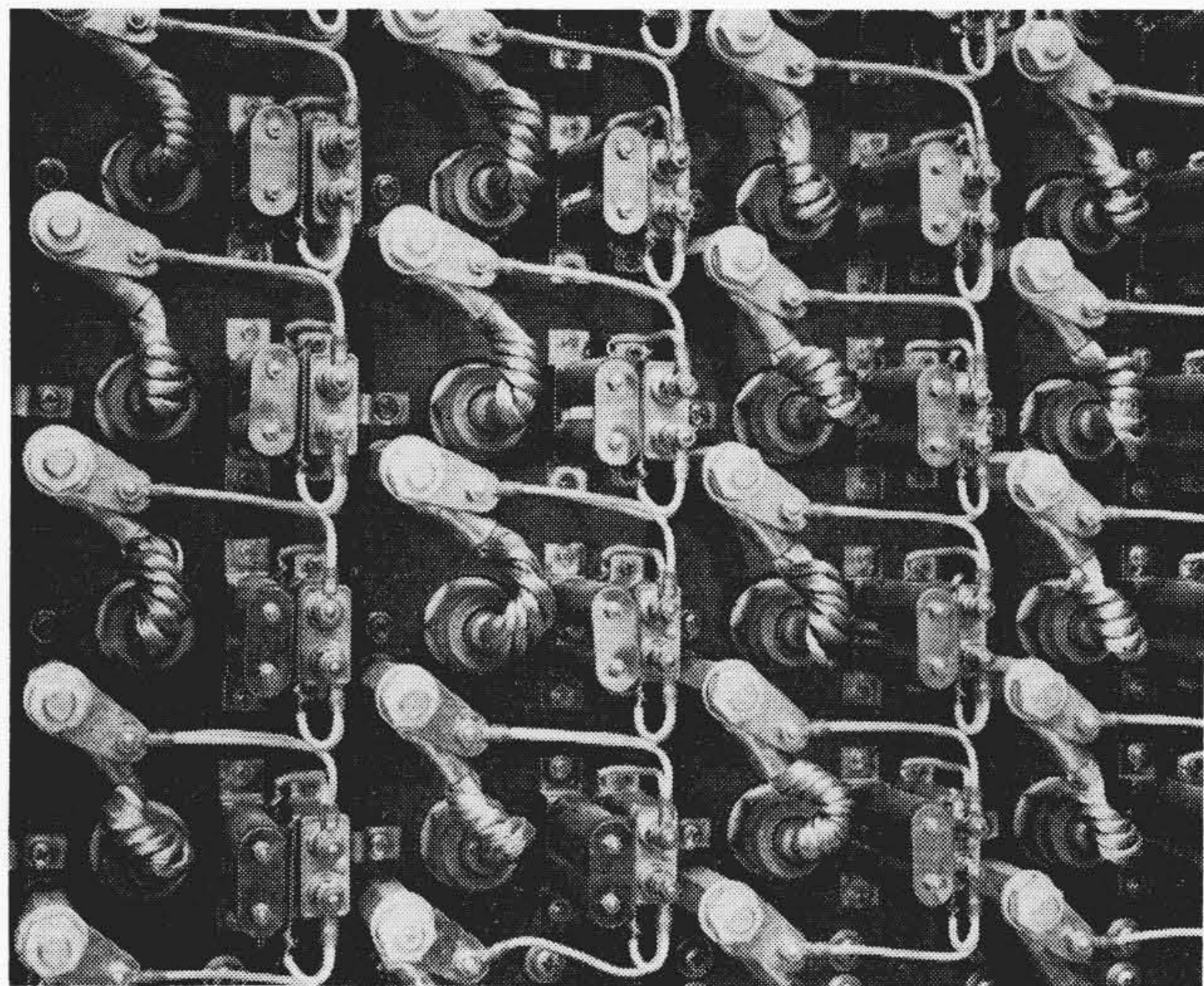
第12～15図は整流器の外観を示す。第12図はトレイ式1,500 kW、600 V器、第13図はストリング結線の3,000 kW、1,500 V器、第14、15図は現行標準系列のストリング・メッシュ式の1,500 V、3,000 kW および4,000 kW 器である。写真で明確なるように素子スタック関係が非常に簡潔化され部品の減少が目だつ。

量が1.29倍となるほか、軽負荷となる使用個所では、リアクトルの臨界電流を保持し電圧急昇(約15.4%)を防止するため補助負荷(N.L.R)を要する場合があるので、両者の選択には経済比較を必要とする。

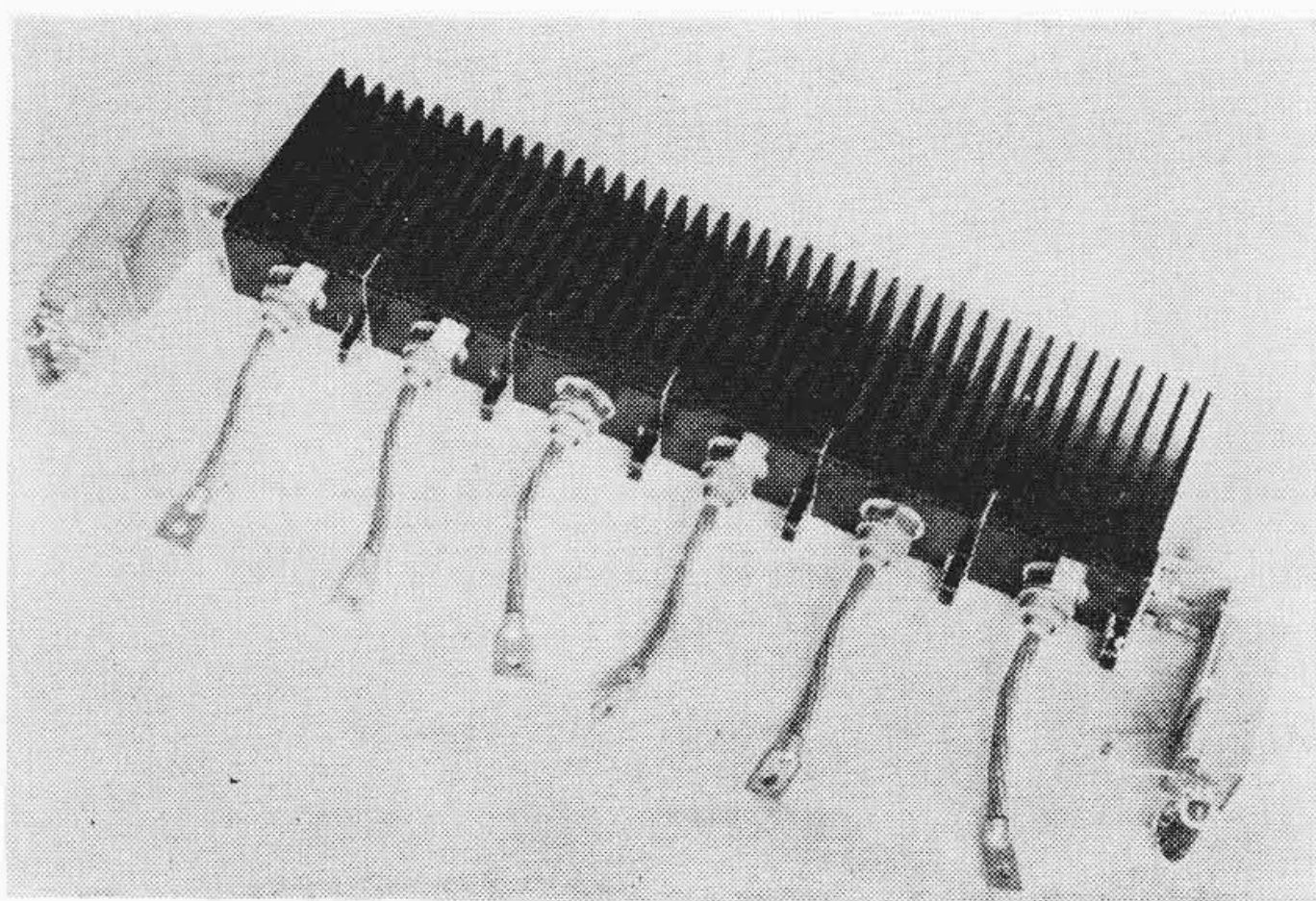
整流素子の1アームの接続方法としてはストリング式とメッシュ式がある。両者の比較を第3表に示す。非常に安定した順方向特性が得られる現在では、装置の複雑さを避け、保守条件を有利

第3表 整流素子の1アーム内接続法の比較

素子接続法	メッシュ接続	ストリング接続
1アーム接続図		
分圧器総数	m 組	$m \cdot n$ 組
電流不平衡	大	小
素子故障時の影響 1個短絡	$(m-1)n$ 個が $\frac{m}{(m-1)}$ 倍の過電圧	$(m-1)$ 個が $\frac{m}{(m-1)}$ 倍の過電圧
整流素子の故障検出 1個短絡	やや複雑	容易



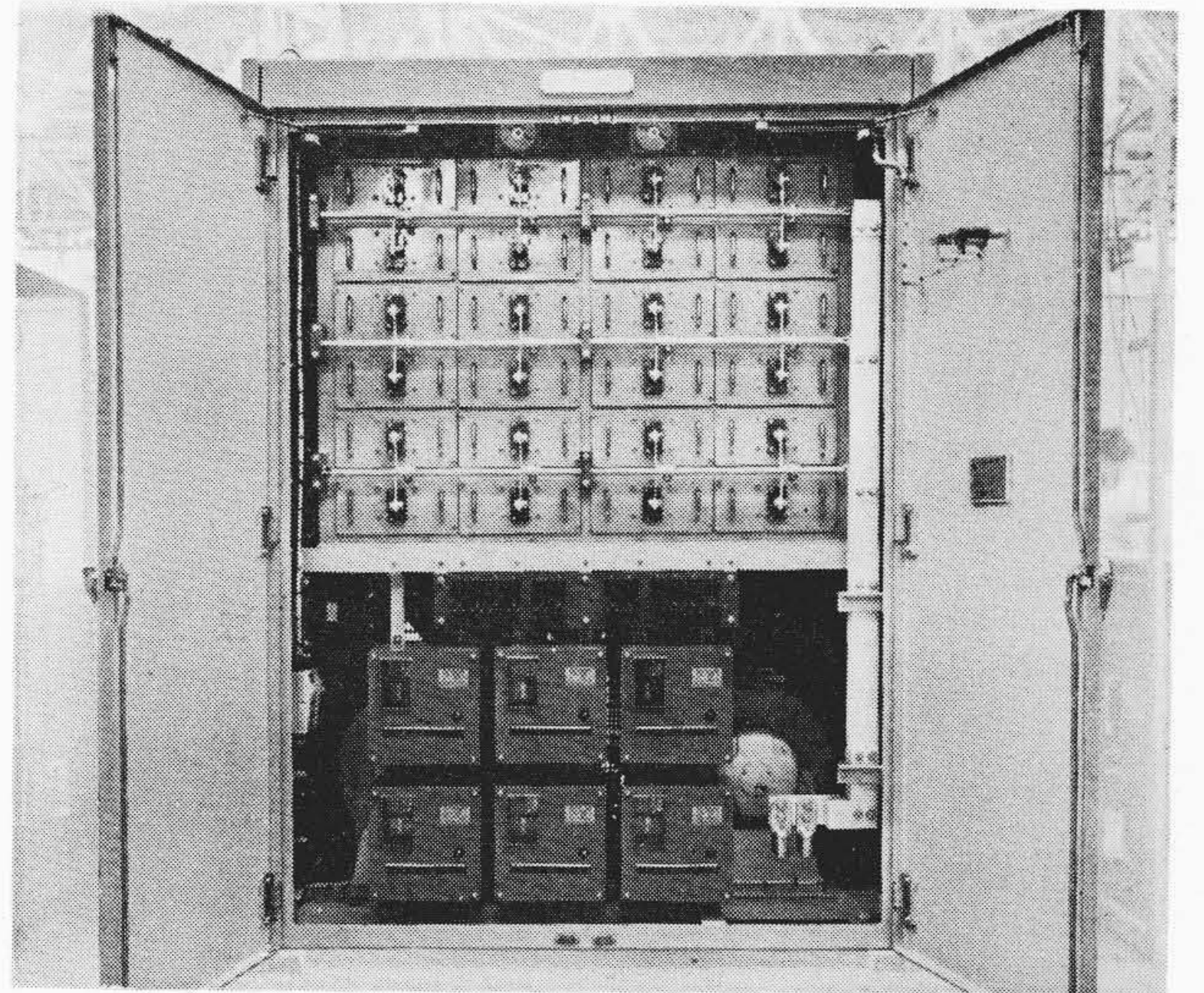
第10図 ストリング式の素子スタック



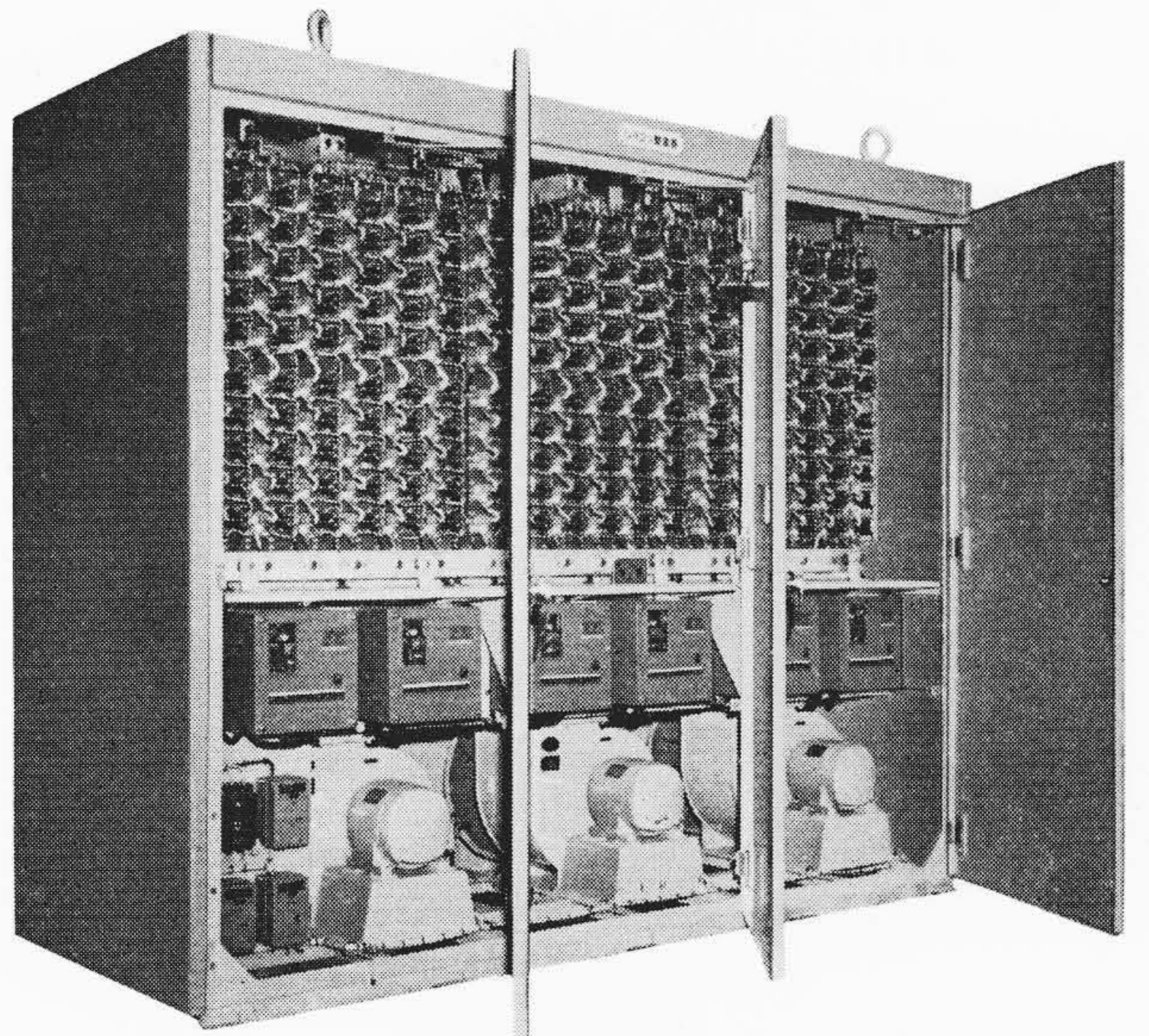
第11図 メッシュ式の素子スタック

(ii) 絶 縁

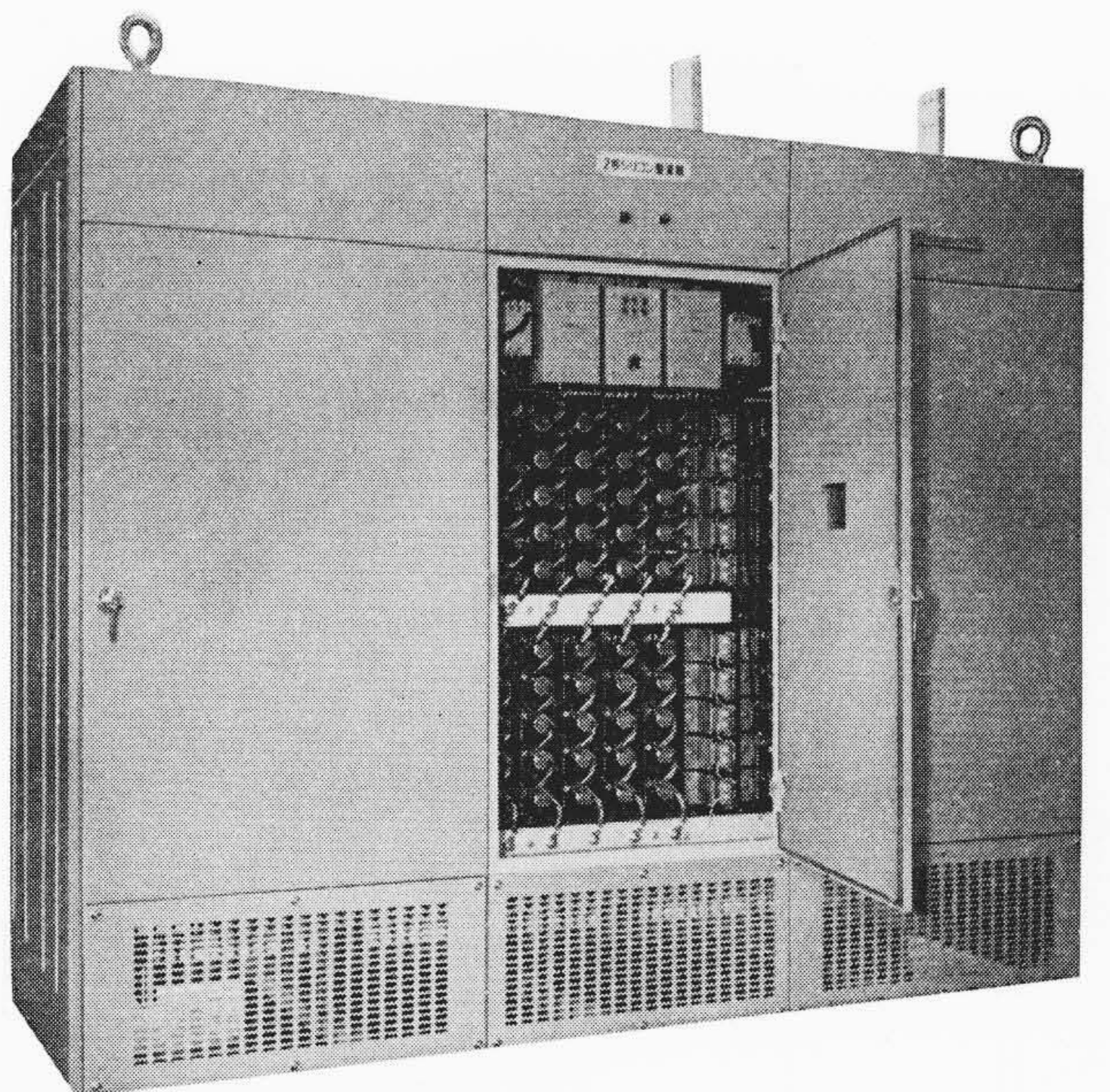
以上素子部簡潔化のほか最近特に目だった点は高圧印加部と対接地間の絶縁である。ごく最近までシリコン整流器の絶縁にフェノール系樹脂板が使用されてきた。フェノール系樹脂材の欠点は吸湿時の絶縁低下と耐アーク性に弱いことである。したがって吸湿が懸念される場所においては絶縁距離の延長はあまり意味を持たない。この欠点を除くため応急の処置としてシリコンワニスあるいはW-18ワニスなどで処理を施しているが、耐年の点で十分納得のいくデータは得られていない。日立



第12図 1,500 kW 600 V シリコン整流器

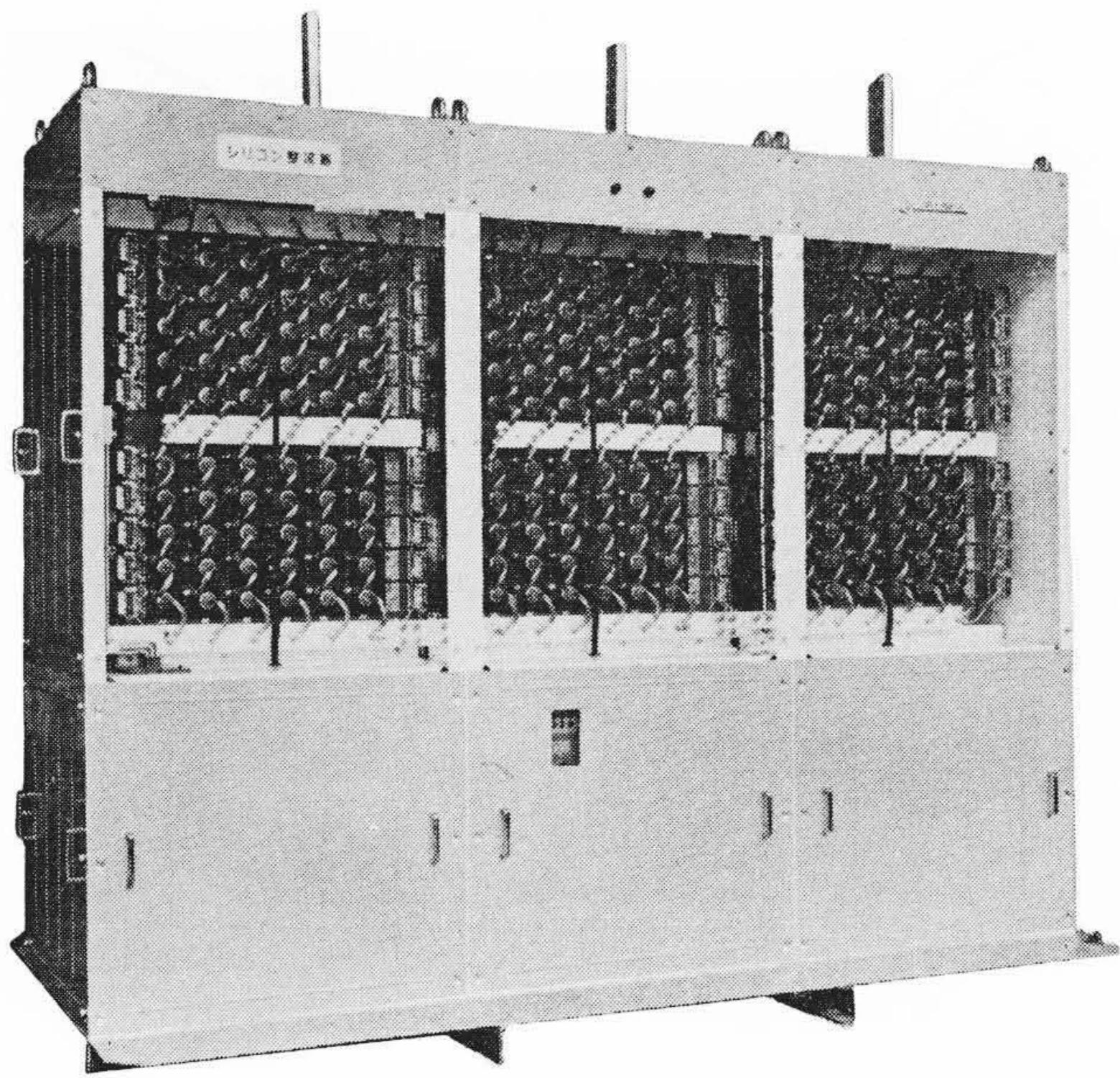


第13図 3,000 kW 1,500 V シリコン整流器

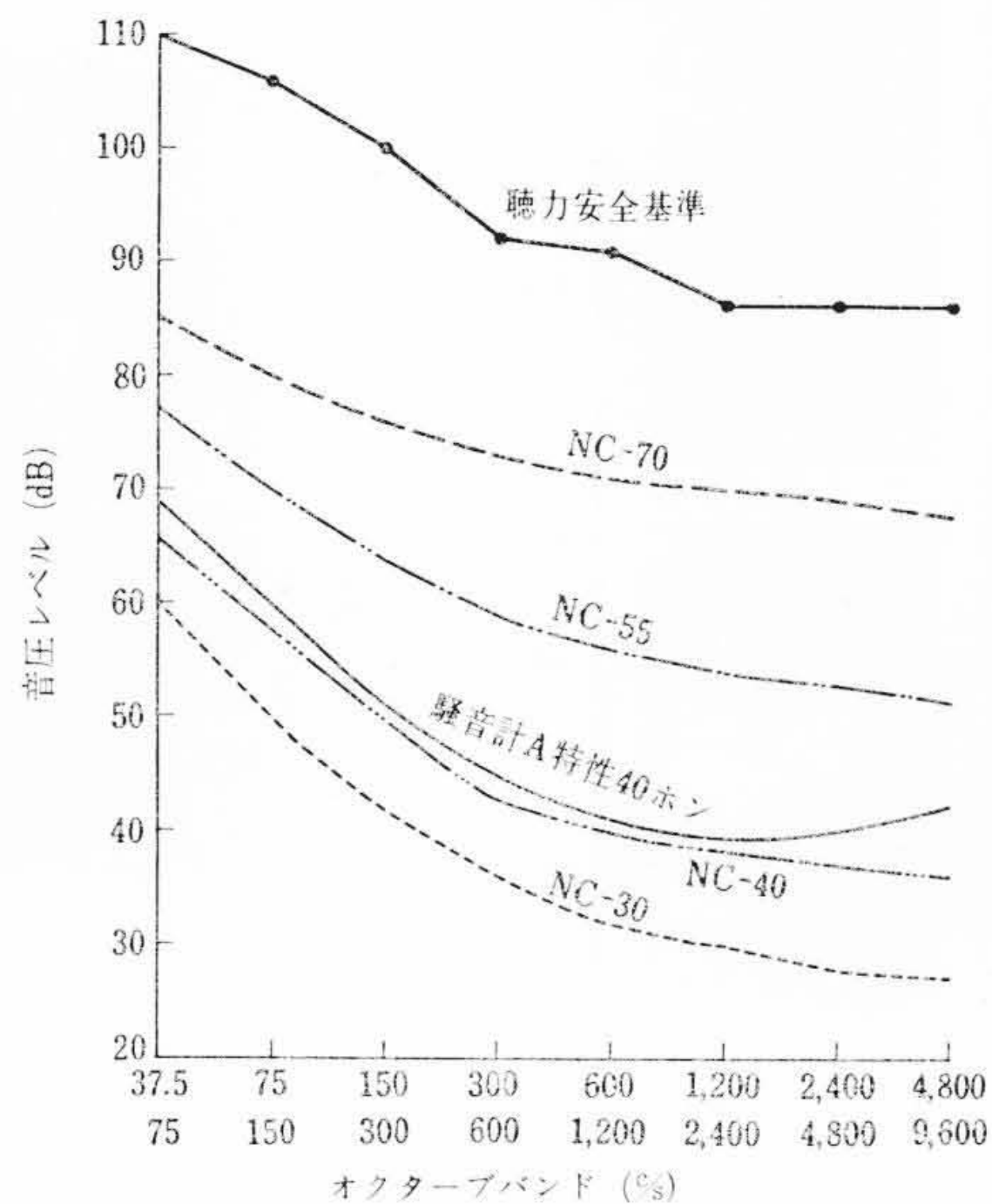


第14図 3,000 kW 1,500 V シリコン整流器

製作所ではこの問題について研究の結果、素子高圧部とキュービクル間をエポキシ樹脂系のがが子で浮かし、素子スタック部



第15図 4,000 kW 1,500 V シリコン整流器

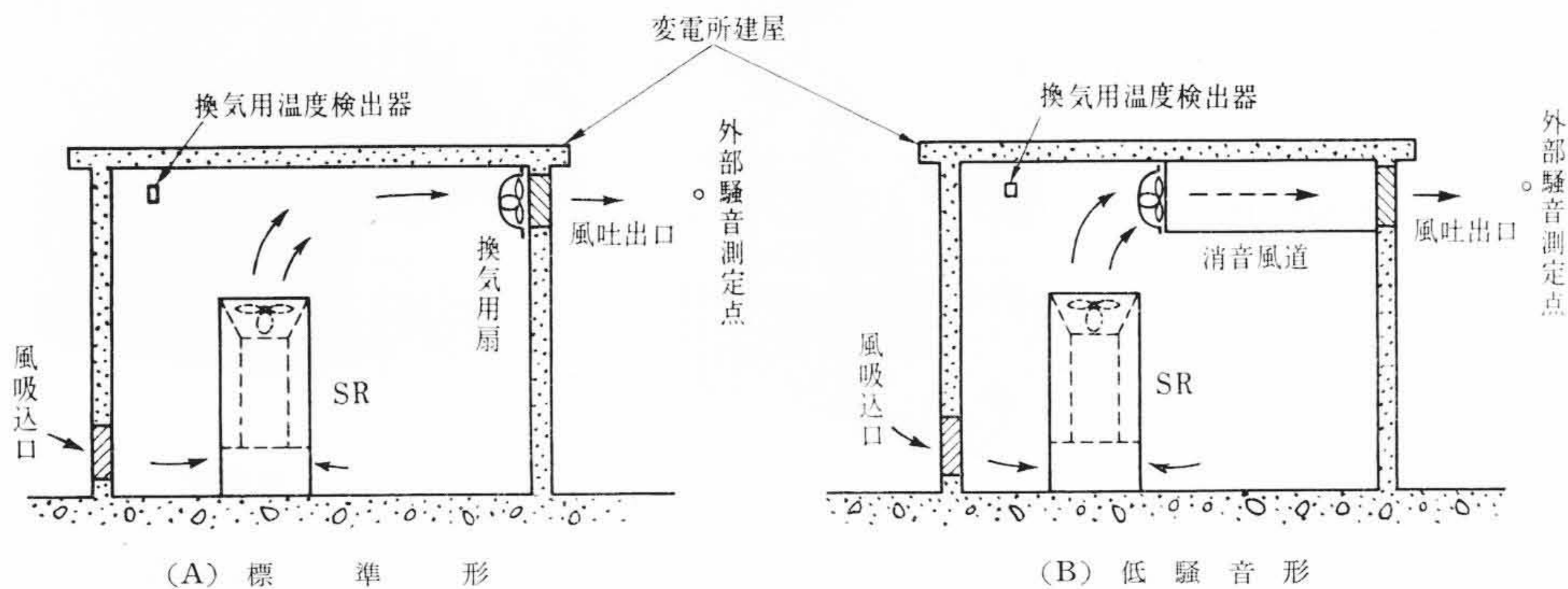


第16図 騒音の基準

絶縁風道に関しては耐トラッキング材を選択採用して高圧低圧間の絶縁を温度に関係なく良好に維持することに成功した。なお同時に空間と沿面の絶縁距離を、JEM 規定値を中心に再検討して屋内形、屋外形のあらゆる条件に協調したものを採用した。

(iii) 冷却風通路と騒音

冷却風通路はいうまでもなく、最もスムーズに空気の流れを



第17図 屋内形冷却方式

第4表 都市における許容騒音値（都条令）

適用地区		騒音値
繁華街	8時～19時	70 (ホン)
	19時～8時	70～65 (ホン)
商業・工業地区		60～55 (ホン)
住宅地区		55～50 (ホン)

第5表 最大風速と最大降雨量

場所	最大風速 (m/s)	最大降雨量	
		1時間 (mm)	10分間 (mm)
鹿児島	49.6 (1899. 8)	89 (1941. 7)	24 (1950. 7)
熊本	26.6 (1927. 9)	76 (1957. 7)	22 (1963. 7)
大分	25.0 (1945. 9)	71 (1948. 8)	29 (1948. 8)
福岡	32.5 (1951. 10)	73 (1957. 8)	22 (1948. 7)
室戸岬	66.7 (1961. 9)	124 (1949. 7)	38 (1942. 9)
高松	24.4 (1954. 9)	67 (1950. 8)	23 (1947. 7)
下関	34.2 (1942. 8)	77 (1953. 6)	23 (1940. 7)
広島	33.9 (1951. 10)	79 (1926. 9)	25 (1948. 9)
岡山	25.8 (1896. 8)	67 (1950. 9)	27 (1961. 7)
鳥取	29.2 (1961. 9)	50 (1953. 7)	17 (1959. 9)
大阪	42.0 (1934. 9)	64 (1940. 7)	22 (1939. 9)
京都	28.0 (1934. 9)	83 (1918. 8)	22 (1939. 8)
岐阜	32.5 (1959. 9)	100 (1914. 7)	26 (1952. 7)
名古屋	37.0 (1959. 9)	92 (1919. 7)	23 (1941. 8)
静岡	24.1 (1959. 8)	76 (1941. 7)	26 (1957. 8)
東京	31.0 (1933. 9)	89 (1939. 7)	33 (1953. 8)
宮崎	46.7 (1948. 9)	77 (1938. 8)	25 (1946. 10)
水戸	28.3 (1961. 10)	82 (1947. 9)	36 (1959. 7)
前橋	29.9 (1900. 9)	94 (1955. 8)	25 (1961. 8)
仙台	30.7 (1961. 9)	42 (1930. 7)	21 (1942. 8)
秋田	21.7 (1957. 12)	94 (1948. 9)	30 (1950. 7)
青森	33.4 (1902. 1)	69 (1939. 8)	21 (1944. 9)
札幌	26.2 (1959. 4)	58 (1943. 8)	18 (1943. 8)
札幌	21.1 (1956. 5)	50 (1913. 8)	19 (1953. 8)

() 内数字は年月を示す

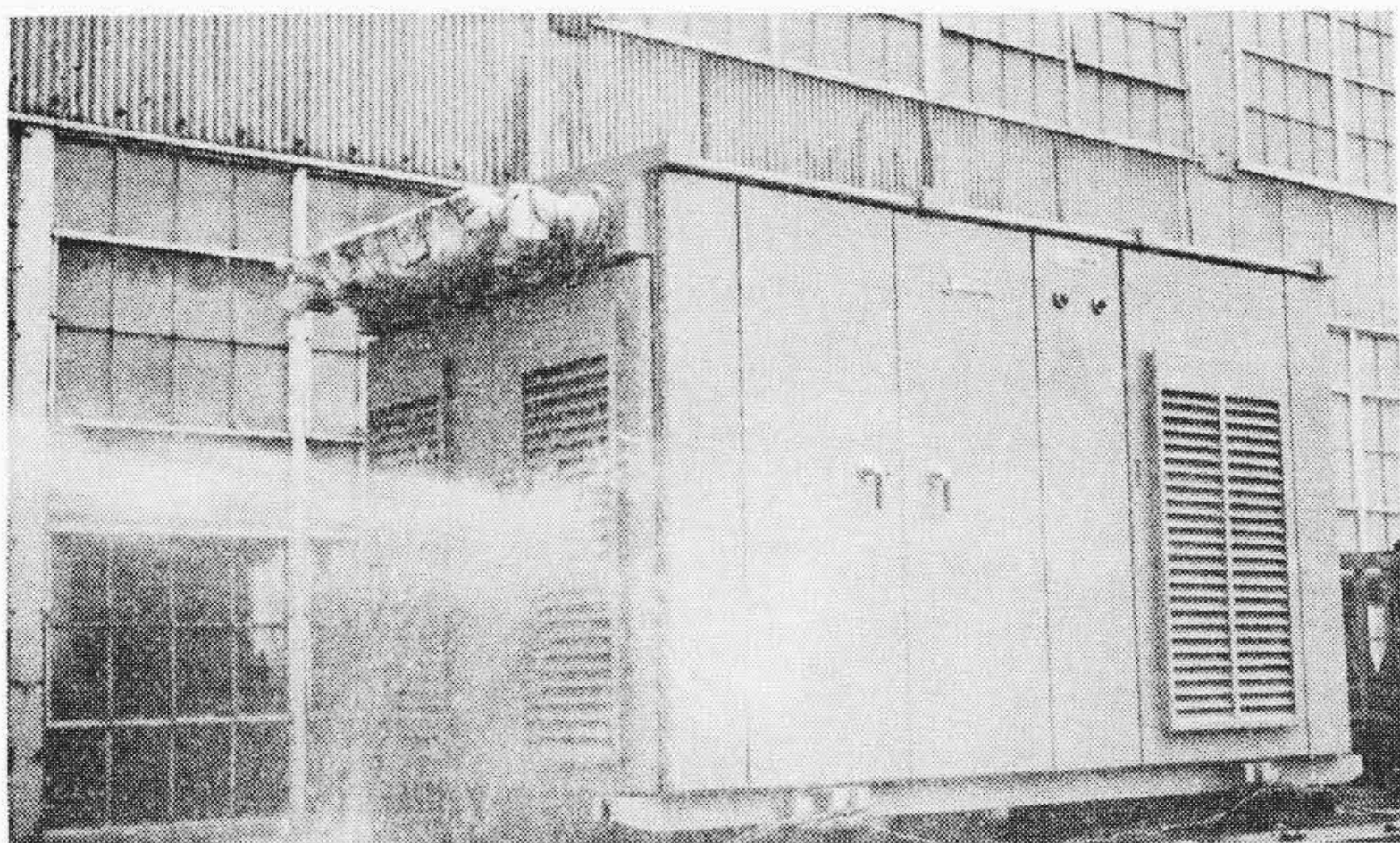
作り、整流器で発生した熱を除去すべきものであるが、これに付随して騒音が問題となってくる。都市における許容騒音値として代表的なものに東京都都条例がある(第4表参照)。またやかましさの目安を表わすものとして第16図の騒音の基準が活用できる。図における聴力安全基準は耳が損傷を起こす限界のレベルであり、NC-55(指示騒音計A特性では約60～65ホン)以上は一般事務所としては不適當の範囲である。この図より人間の感ずるやかましさはだいたい騒音計のA特性で表わされることに注意を要する。

したがって、市街地に設置される変電所では外部との境界で55ホン程度になることが望ましい。このためには各機器とも騒音に対し十分な配慮が必要であるが変電所建屋においても放射面を大きくしないことと遮音についての注意が必要である。送風機については大略の騒音値は次で示される。

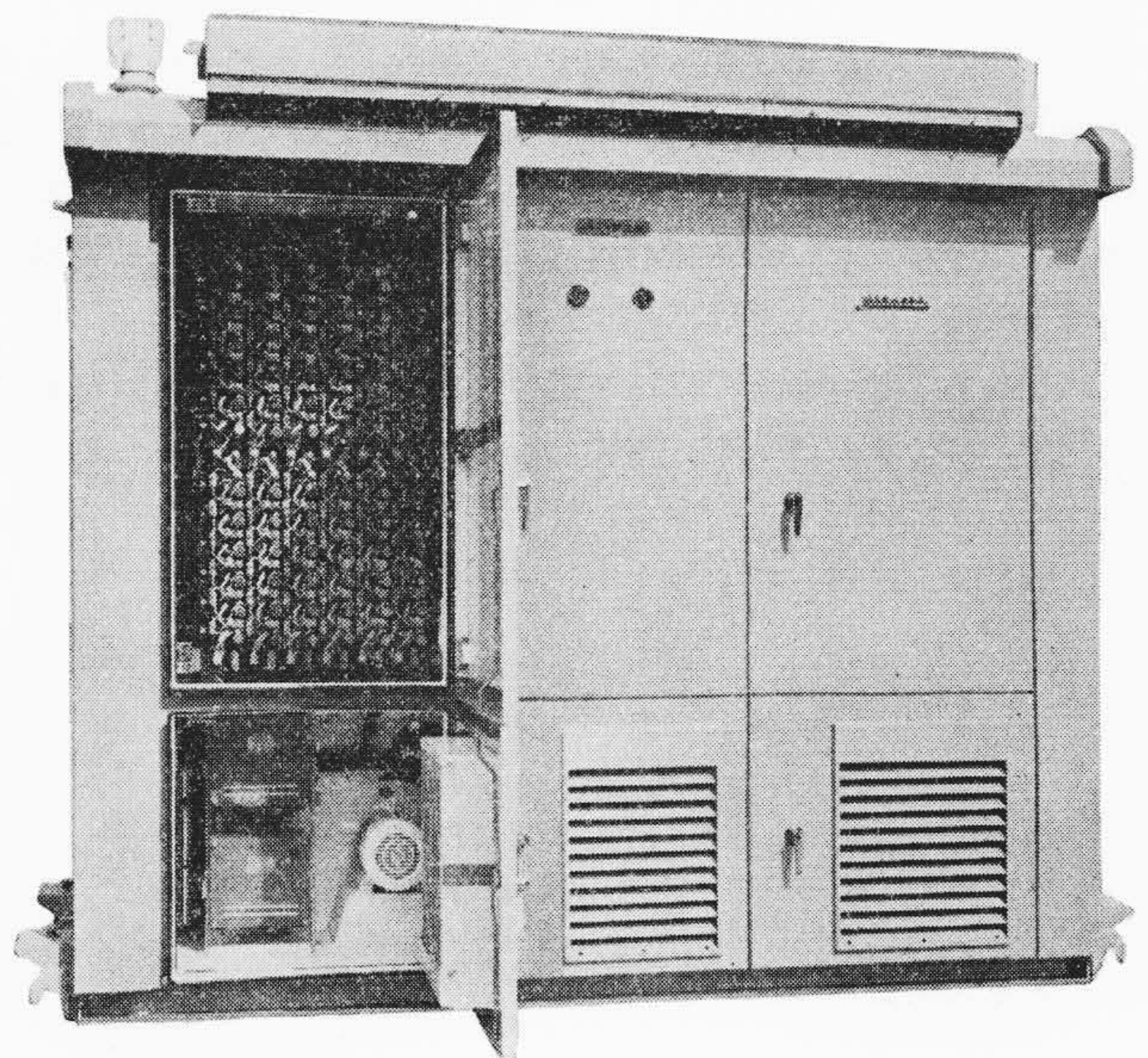
$$P_L=10\log_{10}Q+20\log_{10}P+L\quad(\text{ホン})\quad\cdots\cdots(2)$$

ここに、 P_L : 騒音値 (ホン)
 Q : 風量 (m^3/min)
 P : 全圧 (mmAq)
 L : 比騒音 (通常25～30ホン)

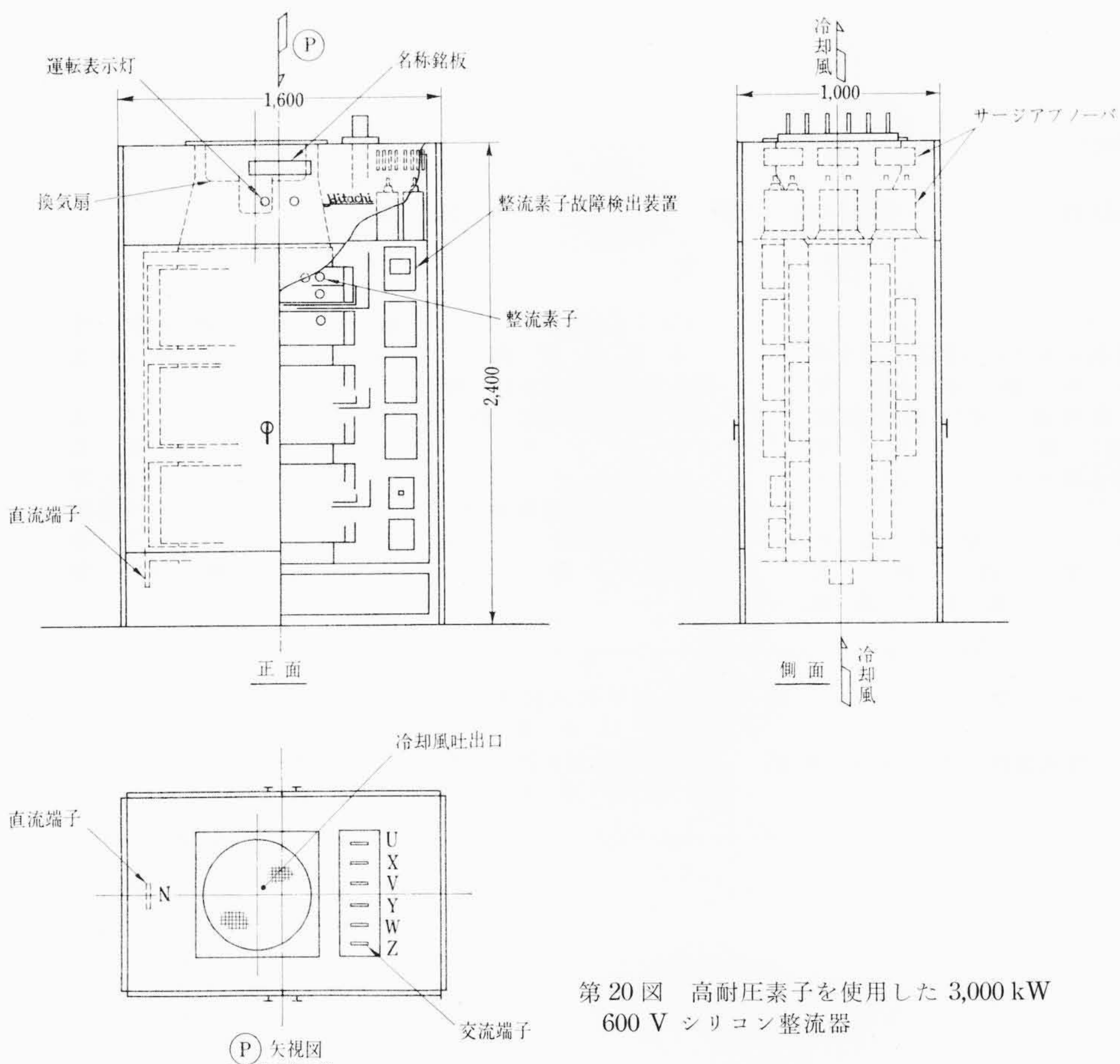
したがって圧力損失を極力低くして風量を増大し、冷却を合理的に行なう必要がある。第17図(A)に標準屋内形冷却方式を示す。図に明らかなように換気扇をキュービクルの最上面に取り付け吐出する形とすることが最も有効であり、さらに変電



第18図 可搬屋外形シリコン整流器の注水試験



第19図 屋外形 3,000 kW 1,000 V シリコン整流器



第20図 高耐圧素子を使用した 3,000 kW 600 V シリコン整流器

建屋の換気用としては壁面に換気扇を取り付ける。この形で騒音は JIS 測定法で 70~77 ホンが標準であるが、特殊設計低騒音ファンを使用すれば 65 ホンにすることができる。また変電所の外部への騒音をさらに小さくするためには、第 17 図 (B) 図示のように変電所建屋の天井部を利用し換気扇を内部に取り付け、風道に吸音装置を設ければ数ミリの圧力損失で 10 ホンは容易に低下することができる。

(iv) 屋外形シリコン整流器

機器の側からみた屋外形の特長は冷却風を必要とする関係で暴風雨の対策と耐湿絶縁の問題にしばられる。国内の気象条件で最大降水量と最大風速は第 5 表に示すとおりである。これより、降雨量に対しては一般にいられているとおり 0.05 mm/s の考慮でよい。電力の送電線路は 40 m/s の風速を基準として強度設計がされている。したがって電鉄用屋外形においても悪条件として風速 40 m/s の暴風雨を想定する必要がある。しかしながら暴風雨は平均風速 $\bar{V}$ を持った不整流の乱流であるため等価試験はほとんど実現不能と思われる。第 18 図は工場に行なっている可搬式屋外形シリコン整流器の注水試験の一例である。筆者らは高速度カメラを用いて散水の水速を測定したが 7 気圧東噴水で 1 ノズルより 10 m 離れて 17~25 m/s の水適速度を得た。したがって暴風雨時のように雨滴は霧状で瞬間最大 40 m/s を越えるような状態の試験は樹立できなかったが、JIS 船用電気器の防水検査、防衛庁規格艦船用電気機器検査を参考とした。これらより数段過酷な社内試験によって安全性の確認を行なっている。

第 19 図は第二次国鉄山陽線、屋外形 3,000 kW 整流器を示したものである。写真に見られるように冷却風の通路に当たる下部の高圧印加機器は水切絶縁カバーで囲み、上部の整流素子室には直接冷却風を通さない構造にしてある。また通風方式は送風機を下部放置とした押込式で整流器の主要部の気圧を高めることにより、外部の冷

空気の屋内混入を防止している。エアフィルタは外側より水切、ネットとビニロック、空間間げき、さらにネットとビニロックの二重構造とすることによっていかなる角度からの注水においても浸水のないようにしてある。

ドア部の密閉パッキングは従来ネオプレンゴムを主体としたものが使用されたが意外に寿命が短いことがわかったのでハイパロンゴムを主体としたものに切り換えた。また有機材料では劣化は免れないので、この種のパッキングはすべてはめ込み形として交換時の手数を大幅に減少させた。

絶縁の問題は、屋内形に比較して屋外の湿った空気を直接吸込むため絶縁材の取扱いには十分注意が必要である。特にアース絶縁は種々の状

第 6 表 3,000 kW 600 V 整流器の比較
(相間リアクトル付二重星形結線)

素子形式	D J-15N	H03 DA	比 較
整 流 素 子	4S×14P×6A =336個	2S×12P×6A =144個	約42%となる
冷 却 片	336個	144個	約42%となる
分 圧 器	96組	48組	50%となる
送 風 機	2台	1台	したがって騒音も低下する
温 度 Ry	2個	1個	
据 付 面 積	3,200×1,000	1,600×1,000	50%に減少する
重 量	2,800 kg	1,400 kg	50%に減少する
損 失	24.2 kW	15.4 kW	64%に減少する
効 率	99.20%	99.49%	
(SRのみ)			

況下においても満足する値でなければならない。

5. 高耐圧，3,000 V 素子を使用した電鉄用整流器

高耐圧素子を使用した 3,000 kW，600 V シリコン整流器の外観を第 20 図に示す。本器は京阪電鉄天満橋変電所に納入されたもので，おもな仕様は次のとおりである。

形 式	FF-6 XR
出 力	3,000 kW
電 圧	600 V (655 V)
電 流	5,000 A
定 格	超重負荷公称定格
	(1) 重 負 荷 120% 負荷 2 時間後 300% 1 分間
	(2) 超重負荷 300% 負荷 1 分間を 1 時間に 10 回 (5 分間隔)
周 波 数	60 c/s

結 線 相間リアクトル付二重星形逆接続

従来の最大耐圧素子 DJ 15N 形 (200 A，1,500 V) を使用した同容量整流器との比較表は第 6 表に示すとおりである。

比較表より明かなように，大幅な素子構成数の減少は冷却機器をはじめ寸法，重量の逡減に比例的に利いてきている。したがって保守，点検の手数が半減し，整流素子の信頼度の向上とともに無人変電所向けに適合したものである。

6. 結 言

以上，最近の電鉄用シリコン整流器の傾向について，特に整流素子の高耐圧化によりコンパクト化された経済設計について述べた。このように整流器が小形化されれば地下変電所などスペースの小さい用途に対し，変圧器との一体化も容易になし得る利点がある。またふん囲気の悪い条件下における液冷形・密閉形なども容易となる。現在高耐圧整流素子は緒についたばかりなのでさらに今後の発展が期待され，それにしたがって外観的にも内容的にも今までの電鉄用整流器を大幅に変えた整流器が現われるだろうと推定される。

終わりにあたり，新製品の採用を快く引き受けられた京阪電鉄株式会社ならびに東京急行電鉄株式会社のかたがたに対し厚くお礼申し上げます。また日ごろご指導をいただいている日本国有鉄道当局ならびに顧客各位に対しても厚くお礼申し上げます。

参 考 文 献

- (1) 地福，高橋：日立評論 43, 380 (昭 36-3)
- (2) 地福：日立評論 43, 1189 (昭 36-10)
- (3) 佐々木：電気四学会九州支部連合大会 328 (昭 39)
- (4) 守田：日刊工業新聞主催講習会 (昭 37-9)
- (5) 東京天文台：理科年表 38 (昭 40)

Vol. 47

日 立 評 論

No. 12

目 次

■論 文

- ・格子またはリンクの順位選択における内部ふくそう率
- ・多領域炉心の実験的研究
- ・多重インバータによる定周波定電圧電源装置
- ・同期機の動態安定度
- ・BH形モートルブロックの巻上用スプロケットとリンクチェーンのかみ合い
- ・大容量磁気ディスク記憶装置
- ・点溶接機制御装置
- ・自動車用ポータブル電子冷蔵庫

- ・Cu - Co - Fe 合金の時効特性
- ・多能工を擁する職場の能力検討法
- トランジスタリレー特集
- ・保護継電器のトランジスタ化
- ・日立トランジスタ距離継電器
- ・全トランジスタキャリアリレー装置
- ・共架多回線送電線用差電流特性キャリアリレー装置
- ・電源制御装置
- ・SDB 形母線保護継電器

発行所 日立評論社

取次店 株式会社 オーム社書店

東京都千代田区丸の内1丁目4番地

振替口座東京 71824 番

東京都千代田区神田錦町3丁目1番地

振替口座東京 20018 番