

高電圧遮断器の諸問題

桑山正俊*

Some Problems of the High Voltage Breakers

By Masatoshi Kuwayama

Kokubu Branch Works of Hitachi Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

A growing importance has been attached to the interrupting capacity of the breaker for the charging current of transmission line, as well as to the shortcircuit interrupting ability. Abnormal voltage due to arc restriking on the breaking point has been largely responsible for the difficulty in determining the insulation level for the super-high voltage transmission lines.

At the Shin-Aimoto Substation, Kansai Power Co., serving on the Shin Hokuriku main transmission line, by which the super-high voltage transmission has been practised for the first time in Japan, a charging current test was carried out in last January using Hitachi's Contrarc Circuit Breaker. By the adoption of auxiliary piston of pneumatic-oil pressure system, restriking was completely prevented in the test. But this fact does not necessarily mean the disuse of self-arc-suppression system. Furthermore, a recent improvement in the tripping mechanism of the 3-cycle high speed breaker has made the adjustment a step easier.

Following the discussion on the above, the writer also discloses his opinion about high voltage circuit breaker in relation to the adoption of higher voltage for the transmission and the problem of direct earthing at neutral point of the transmission system.

〔I〕 緒 言

遮断器の送電線充電々流の遮断性能は最近短絡遮断の性能とならんで、重視されるようになった。超高圧送電線の設計にあたっては、充電々流の再点弧による異常電圧が絶縁レベル決定の上に大きな要素になっている。我国初めての超高圧 275 kV の関西電力新北陸幹線新愛本変電所では、29 年 1 月に制弧遮断器による充電々流試験がおこなわれた。本試験において空気圧油ピストンの採用によつて、無再点弧で異常電圧皆無の成績が得られた。短絡電流に対しては自力消弧であることには変わりなく、また遮断器頭部へ空気を導入するについて、湿気の問題などに細心の注意が払われている。3 サイクル遮断器は超高圧以外にも採用される傾向であるが、その引外機構に対してもその後改良が行われた。系統の直接々地と昇

圧問題は最近の発電々力の増加と共に浮び上り、論議の中心になりつつあるが、それに対する高電圧遮断器の考え方、その他についての若干の考察を次に述べる。

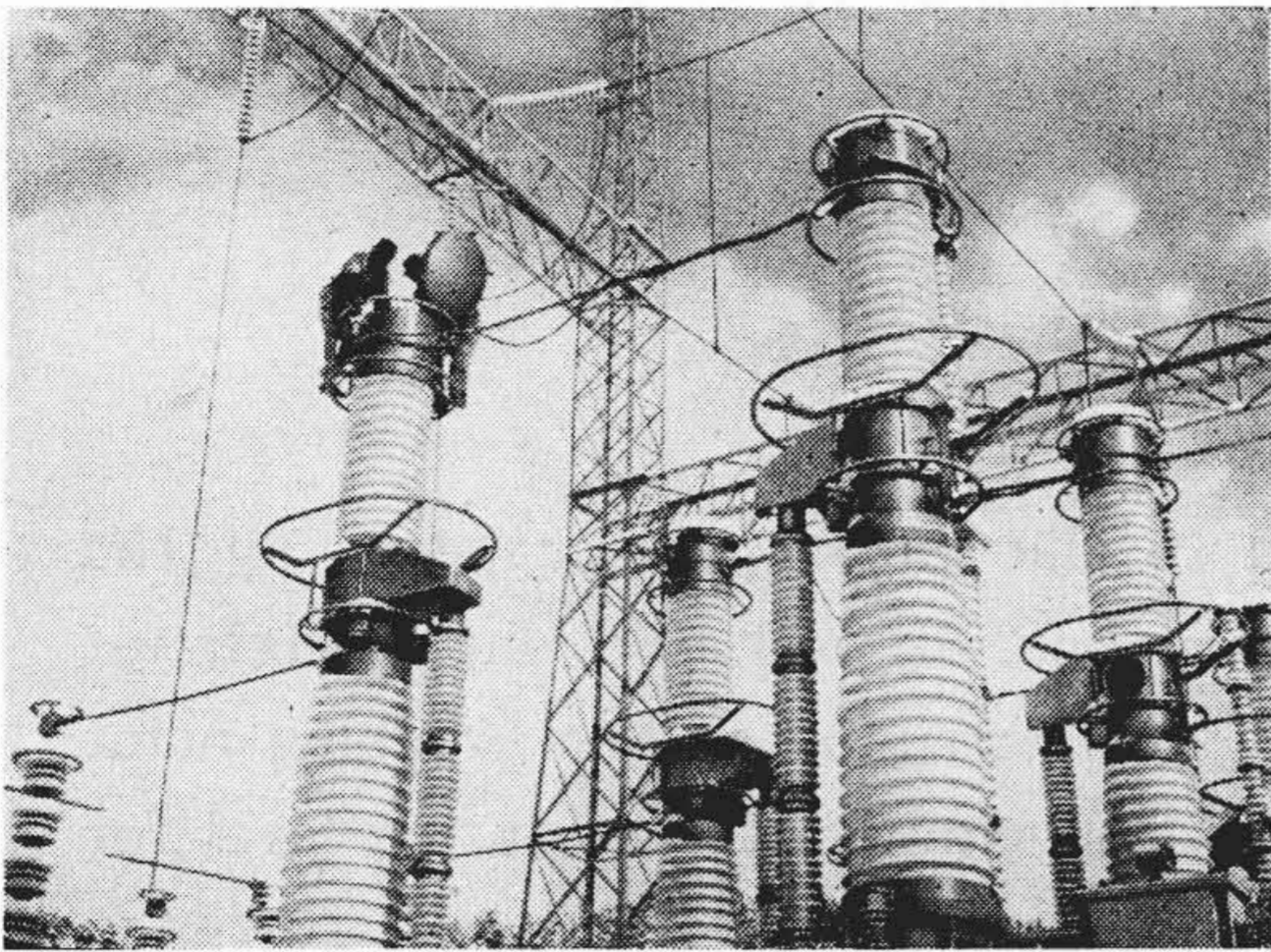
〔II〕 超高圧送電線における 充電々流遮断試験

直接々地系統においては非接地系に比べて、1 線接地による健全線電圧の跳上りが約 40% 少く、また共振現象に基く異常電圧の恐れもないので、絶縁強度の基準を引下げた経済的な建設が行われる。第 1 表(次頁参照)は日本の実施または計画中のもの、およびアメリカの基本値であつて、いずれも非接地の約 80% 程度となつている。そのため送電線の異常電圧としては、雷のサージについて遮断器の開閉に伴うスイッチサージが重要視されている。機器の商用周波絶縁耐力は非接地系では常規対地電圧の約 4 倍の試験電圧になつているので、3 倍くら

* 日立製作所日立工場国分分工場

いままでのスイッチサージは差支えないと考えられるが、直接々地系ではそれより低くする必要がある。スウェーデンの 380kV 送電線では 2.5 倍以下と指定されており、アメリカでは 2 倍以下を提唱した例がある。超高压送電線では単位長あたりに流れる充電々流が大きく、したが

つて再点弧によつて生ずる振動電流も激しい理で、それからくる二次的影響も低電圧の場合より大きいと考えられる。充電々流遮断に対しては再点弧 1 回以下の仕様が一般化した感があるが、これがあらゆる電圧の送電線に対して妥当であるか否かには疑問がある。抑制効果のな



第1図 試験作業中の 287.5 kV 制弧遮断器
Fig.1. 287.5 kV Contrarc Circuit Breaker under Test

第 1 表 高電圧送電線の衝撃絶縁基準値 (日本の実例およびアメリカの標準値)

Table 1. Standard Surge Voltage Level for High Voltage Transmission Lines, Japan (above) and U.S.A. (below)

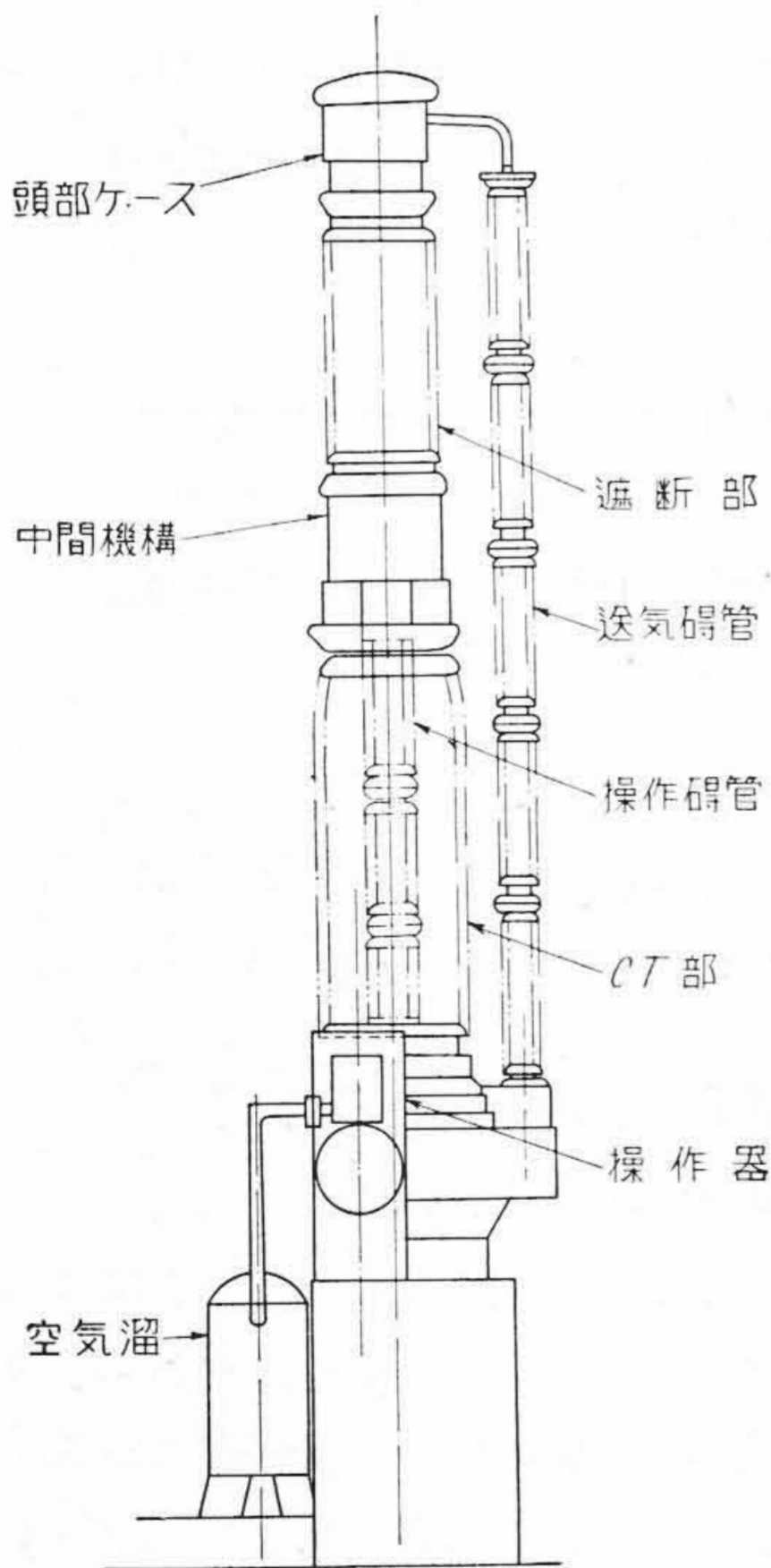
| 所 在 | 定格電圧 (kV) | 基準衝撃値 (kV) | | Ⓐ/Ⓑ (%) |
|------------|-----------|------------|--------|---------|
| | | 非接地 Ⓐ | 直接々地 Ⓑ | |
| 日 本 | 195 | (1,050) | 750 | 82 相当 |
| | 230 | | 900 | 86 |
| | 275 | | 1,050 | 81 相当 |
| アメリカ (標準値) | 161 | 750 | 650 | 87 |
| | 230 | 1,050 | 850 | 81 |
| | 288 | 1,300 | 1,050 | 81 |
| | 360 | 1,610 | 1,300 | 81 |

第 2 表 287.5 kV 制弧遮断器充電々流試験結果

Table 2. Testing Results of Charging Current Switching of 287.5 kV Contrarc Circuit Breakers

| 試験番号 | 電 圧 (kV) | 電 流 (A) | 遮断時間* (s) | 再 発 弧 回 数 | 再 点 弧 回 数 | 異常電圧 倍 数 | 動作責務 | 備 考 |
|------|----------|---------|-----------|-----------|-----------|----------|------|-------|
| 1 | 250 | 48 | 2.52 | 0 | 0 | — | “O” | |
| 2 | 250 | 48 | 2.61 | 0 | 0 | — | “O” | |
| 3 | 250 | 48 | 2.37 | 0 | 0 | — | “O” | 並列抵抗付 |
| 4 | 250 | 48 | 2.42 | 0 | 0 | — | “O” | |
| 5 | 250 | 48 | 2.53 | 0 | 0 | — | “CO” | |
| 11 | 275 | 53 | 2.48 | 0 | 0 | — | “O” | |
| 12 | 275 | 53 | 2.70 | 0 | 0 | — | “O” | |
| 13 | 275 | 53 | 2.70 | 0 | 0 | — | “O” | 並列抵抗付 |
| 14 | 275 | 53 | 2.43 | 0 | 0 | — | “O” | |
| 15 | 275 | 53 | 2.50 | 0 | 0 | — | “CO” | |
| 31 | 275 | 26 | 2.10 | 0 | 0 | — | “O” | |
| 32 | 275 | 26 | 2.30 | 0 | 0 | — | “O” | |
| 33 | 275 | 26 | 2.12 | 0 | 0 | — | “O” | 並列抵抗付 |
| 34 | 275 | 26 | 2.44 | 1 | 0 | 1 | “O” | |
| 35 | 275 | 26 | 2.24 | 0 | 0 | — | “CO” | |
| 41 | 250 | 48 | 2.66 | 0 | 0 | — | “O” | |
| 42 | 250 | 48 | 2.61 | 0 | 0 | — | “O” | |
| 43 | 250 | 48 | 2.61 | 0 | 0 | — | “O” | 抵抗なし |
| 44 | 250 | 48 | 2.55 | 0 | 0 | 1 | “O” | |
| 45 | 250 | 48 | 2.56 | 0 | 0 | — | “CO” | |
| 51 | 275 | 53 | 2.58 | 0 | 0 | — | “O” | |
| 52 | 275 | 53 | 2.56 | 0 | 0 | — | “O” | |
| 53 | 275 | 53 | 2.54 | 0 | 0 | — | “O” | 抵抗なし |
| 54 | 275 | 53 | 2.58 | 0 | 0 | — | “O” | |
| 55 | 275 | 53 | 2.54 | 0 | 0 | — | “CO” | |

(註) * 遮断時間は三相中最大のものを示す。



第2図 空気圧油ピストン付の制弧遮断器

Fig.2. Scheme of the Contrarc Circuit Breaker with the Supplementary Pneumatic Oil Piston

い理想回路では1回の再点弧で最高3倍の異常電圧となりうるが、実際には送電線、変圧器などの振動特性や遮断器のアーキ抵抗などによつて2倍程度以下に抑えられる。再点弧異常電圧については比較的低電圧の線路では問題が少く、超高圧となるにしたがつて重要視される。

第2表は関西電力新愛本変電所の287.5kV制弧遮断器による充電々流試験の結果である。本器にはあらかじめ充電々流対策として、小電流遮断用圧油ピストンに圧縮空気を使用し、遮断速度も幾分増加した。同表1~35は両側の遮断部の電圧分担を均等にするため1.2MΩの並列抵抗を使用、41~55は抵抗を除いたものである。試験電圧は現在の運転電圧である250kVと、さらに275kVの変圧器タップで行われたが、充電々流の自己励磁による多少の上昇があつた。結果はO遮断およびCO遮断を通じて再点弧は0で、異常電圧は全くなかつた。たゞ25A(新愛本、成出中間の開発までの間)の開閉においては第5高調波によつてはなはだしく電流波形が歪み、異形の消弧を行つたため、再発弧が1回あつた。ただしこれは特殊な場合であつて、平常は全くこのような小電流を切ることはない。本試験によつて並列抵抗がなくても超高圧の充電々流遮断に差支えないことが示された。

本遮断器においては短絡遮断時の制弧室圧力は圧油空気圧の数倍となるので、二次アーキに対する消弧油流は全く一次アーキの発生圧力によつて起され、自力消弧となるもので、空気圧力は小電流遮断の補助として用いられていることには変りがない。短絡遮断時の圧油ピストンへの逆流は逆止弁によつて抑えられる。本方式では万一圧油用気圧が低下しても、故障遮断には何等差支えないことが純他力式と異なる特長である。気圧のない状態で送電線を開放する際には若干再点弧するが、消弧力が弱いために、危険な異常電圧を誘発する可能性はほとんどないと考えられる。

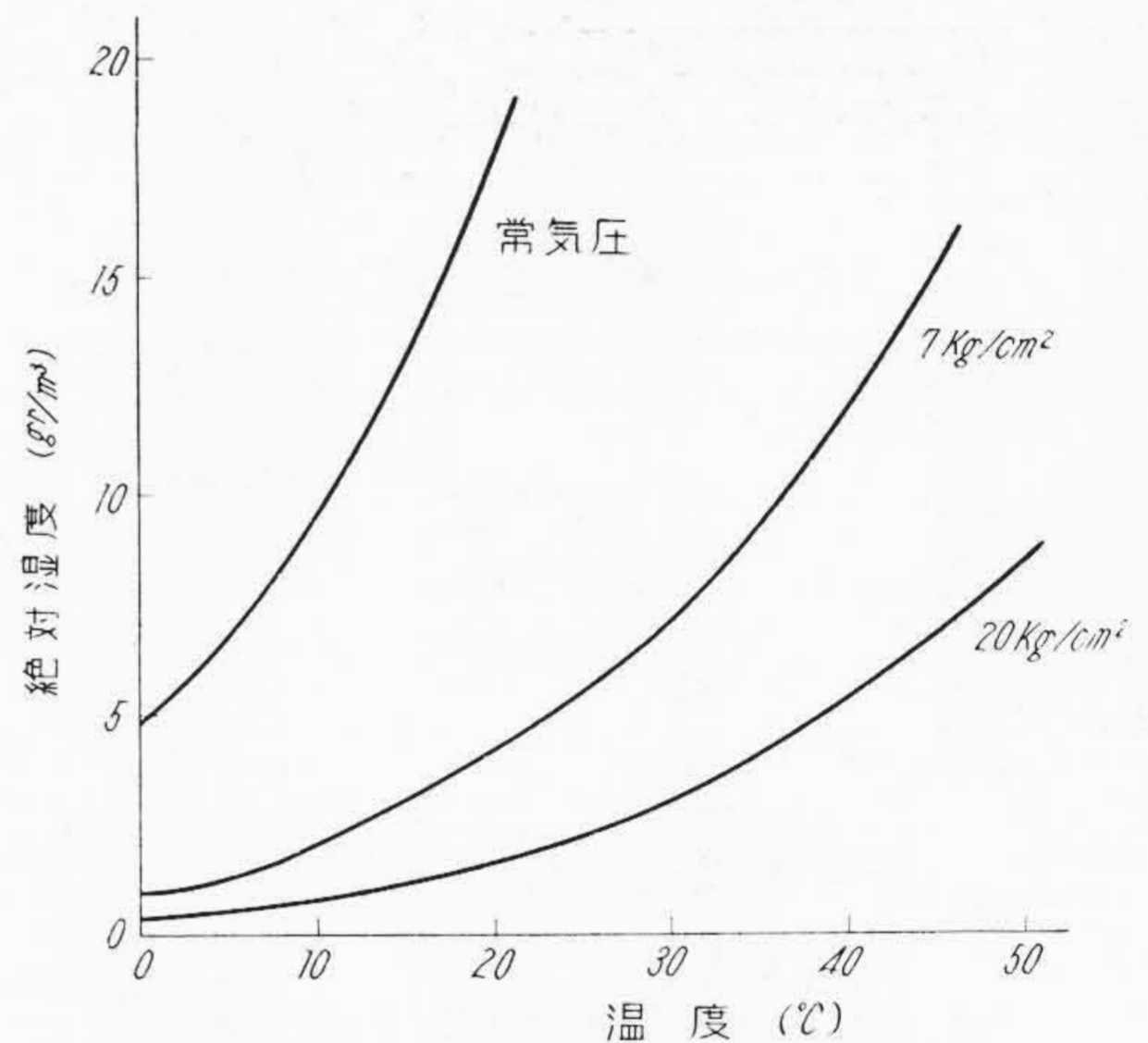
第3表は空気圧油ピストン付の287.5kV制弧遮断器について、工場実験室で行つた短絡遮断試験の結果である。1/2極分に対して試験電圧130kVは両遮断部の電源側にかゝる電圧分布を75%とすれば、300kVの線間電圧に相当している。アーキ時間は遮断速度の向上の結果幾分短縮して、全部1~以内となり、平均0.87~となつている。さらにピストン気圧がない場合にもほとんどアーキ時間の延長を見ないことは、試験電流値がすでに十分自力消弧の範囲にあることを示している。開極時間は1.8~で、全遮断時間は2.8~となつている。

圧油ピストン用空気の供給は遮断部の傍らに立てた細い碍管によつて、頭部から行われる(**第2図**)。碍管内壁の湿潤による漏洩電流を防ぐため、圧縮空気源としては

第3表 空気圧油ピストン付制弧室による遮断試験結果(287.5kV制弧遮断器1/2極分)

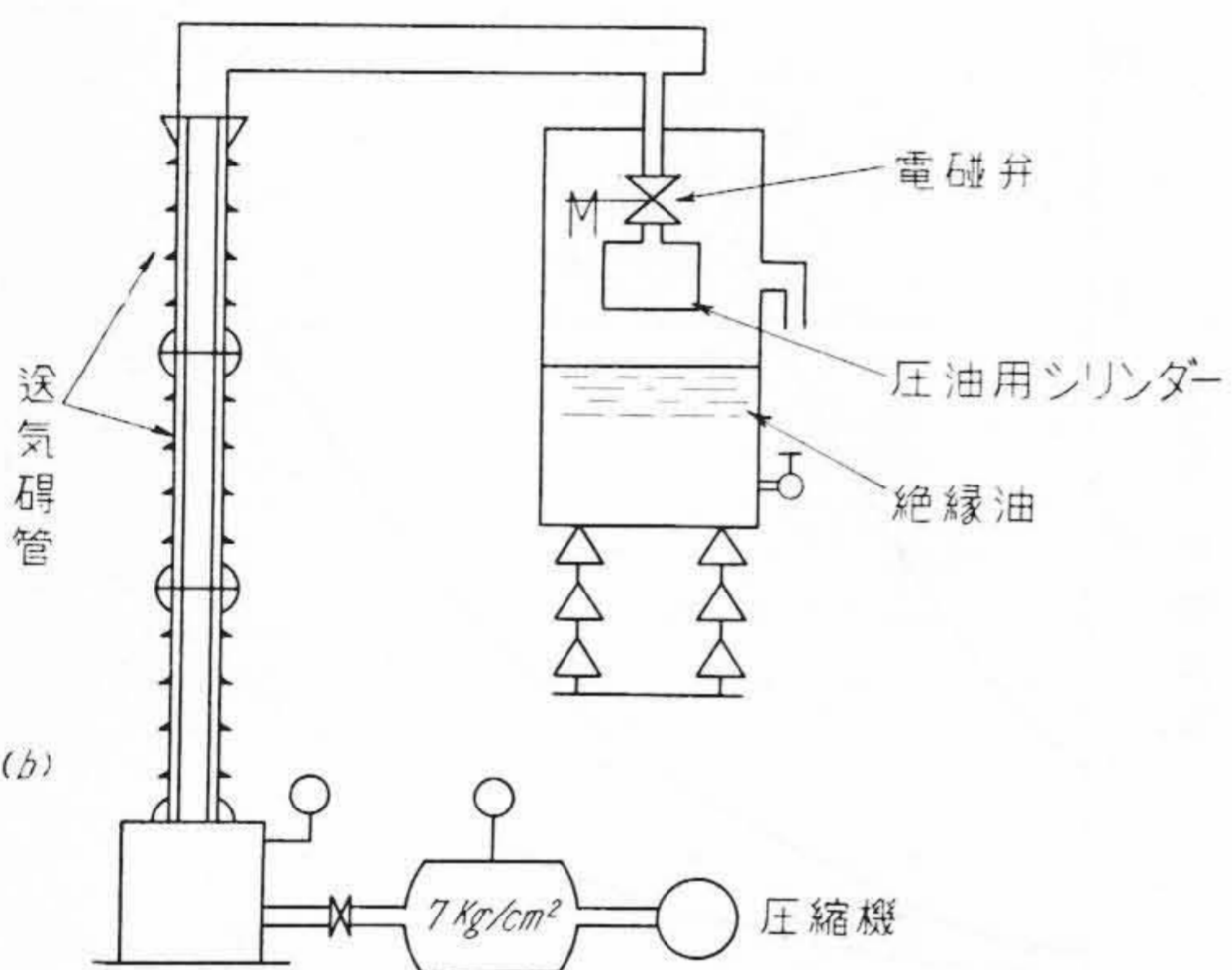
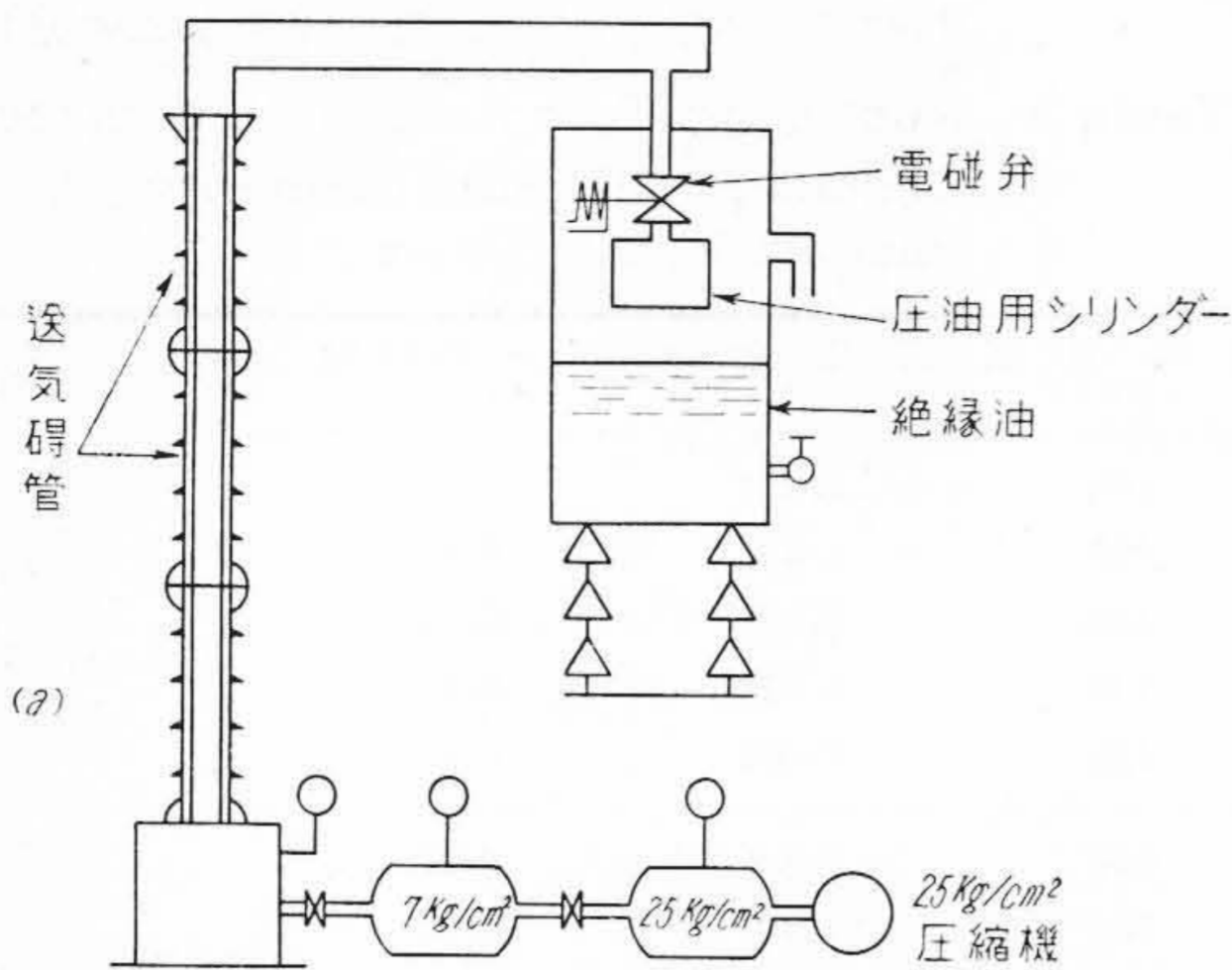
Table 3. Rupturing Test Results of Contract Chamber with Supplementary Pneumatic Oil Piston

| 試験電圧 (kV) | 遮断電流 (A) | アーキ時間 (s) | 備考 |
|-----------|----------|-----------|--------------------------------|
| 130 | 1,620 | 0.89 | ピストン気圧 7 kg/cm ² |
| 130 | 1,310 | 0.82 | |
| 130 | 1,540 | 0.77 | |
| 130 | 1,250 | 0.84 | |
| 130 | 1,460 | 0.82 | |
| 130 | 1,620 | 0.93 | 送気せず |
| 130 | 1,640 | 0.96 | |
| 130 | 1,400 | 0.85 | |
| 130 | 1,540 | 0.91 | |



第3図 圧縮気圧と絶対湿度との関係(大気圧換算)
Fig. 3. Absolute Humidity Curve of Compressed Air

25 kg/cm²の高圧々縮機を設備し、高圧で冷却した空気を減圧して、大幅に湿度を低下した空気を使用することになつている。**第3図**は断熱的に圧縮した空気中に含まれる飽和蒸気量を大気圧に換算した値の曲線である。これによれば圧縮したばかりの熱い空気をそのまま減圧した場合でも、20 kg/cm²から7 kg/cm²に下げたときには約40%の乾燥空気がえられることを示している。高圧空気を室温まで冷してから減圧すれば35%の空気がえられるわけである。高圧空気は圧縮機から一旦大きな空気槽に入つて後、減圧側に導かれるので、その際冷却と余分な水分および塵埃の沈着が行われる。なお送気用碍管の内面には万一多湿の空気が入つてくることがあつても、水分による導電性皮膜が形成されぬよう、珪素樹脂処理が施される。珪素樹脂処理後の碍管内面の漏洩電流値は軸方向に200kV/mの電位傾度に対して、100%湿度の場合でも内部乾燥状態の場合とほとんど変



(a) 減圧乾燥空気使用 (b) 非減圧空気使用

第4図 送気碍管通気試験略図
Fig. 4. Testing Scheme of the Pressure Air Transmitting Porcelain Tubes

第4表 送気碍管試験結果
Table 4. Test Results of Air Feeding Insulators

| 経過時間 (h) | 50~閃絡電圧 (kV) | | 漏洩電流 (μA) | | 絶縁抵抗 (MΩ) | |
|----------|--------------|--------|-----------|--------|-----------|--------|
| | 減圧したもの | 減圧せぬもの | 減圧したもの | 減圧せぬもの | 減圧したもの | 減圧せぬもの |
| 15 | 300 | 310 | 52 | 50 | ∞ | ∞ |
| 72 | 320 | 188 | 52 | 200 以上 | ∞ | 2.8 |
| 73 | 323 | 227 | 46 | 200 以上 | ∞ | 2.8 |
| 94 | 317 | 207 | 46 | 200 以上 | ∞ | 0.6 |

(註) 1. 碍管内面は 30% 塩水吹付乾燥、微細な結晶附着したものを使用。
2. 減圧は 25→7 kg/cm²、減圧せぬものは 7 kg/cm² に圧縮したものをそのまま使用。
3. 電氣的試験は中間の碍管 1 本に対して行う。漏洩試験は 150 kV 加圧。

りがなかつた。第4図は通気試験装置の略図で第4表は碍管内面に 30% 塩水を吹付け、一旦乾燥したものを組込んで通気比較試験した結果である。これによると始めの十数時間はいずれも異常ないが 70 時間目に至つて、減圧しない 100% 湿度の空気を通じている側は、2/3 の電圧で内部閃絡を起し、漏洩電流も急激に増えている。

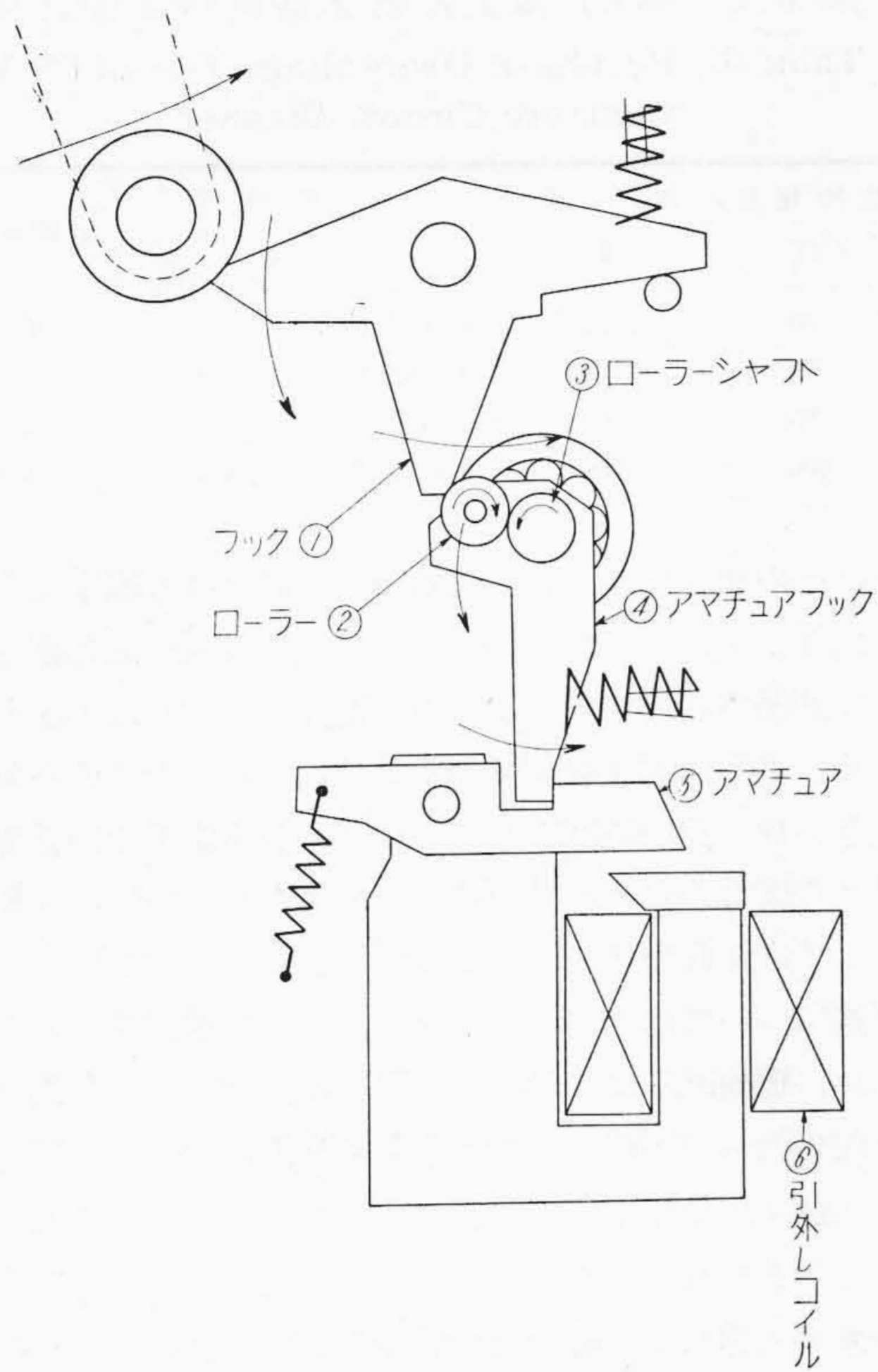
以上の方法によつて充電々流性能の向上を要するのは発変電所の線路側に入る遮断器についてのみである。

変圧器側に使用される超高压の制弧遮断器は現地試験の結果によつても、従来のまゝで、変圧励磁電動を全く異常なく切つているので、空気圧油ピストンを採用する必要はない。

〔III〕 高速度遮断の問題

直接々地の超高压送電線においては、誘導障害の関係から接地故障時間を 0.1s 以下に抑えるため、3~ 遮断器が使用されているが、154 kV 系統においても、短絡時の安定度を維持するため 3~ 遮断の採用が考えられるようになった。高速度遮断器は遮断速度の増加、小電流遮断用の補助装置の追加などによつて、旧型遮断器より著しく操作力が大きくなつてきている。遮断器の投入時に蓄積されたこの操作力を急速に釈放して、高速度遮断を行うには、さらに別に大きな機械的勢力を必要とするわけであるが、引外電流の増大に対しては、高速度リレーの通電容量および操作ケーブルなどからくる制限があるので、電流を可及的に低く抑えるため、能率的な高速度引外機構が開発されてきた。制弧遮断器の引外電流は各操作器毎に 8A 以下に制限して、高速度リレーから直接操作できるようにしている。

3~ 制弧遮断器の引外機構はローラーの特殊な組合せからなるもので、操作力を最小の段数で落して、引掛けておき、各段間の起動に要する死時間を極力減じた機構を採用している。遮断器の主接触のチューリップのワイプは 35~40mm 与えてあり、どのような条件下でも確実な接触を行うようになつてきているが、その解離に要する時間を含んでも、この機構によつて開極時間の延長が防止されている。本機構は最近その高速度性を損うことなく次のように改良され、その調節の自由度を増加した。第5図はその概略図である。被引外操作力 F はレバーを介してローラー②にかゝり、ローラーシャフト③によつて受止められている。ローラー②、③間には僅かの偏倚角度による分力が矢印の方向に回転力を与えているが、それはアマチュアフック④を介して、アマチュア⑤によつて引止められている。今回の改良主要点はアマチュアフック④を延長して、ローラー②を支えるように支持したことであつて、引外分力の大きさはアマチュアフック



第5図 3相遮断用高速度引外機構
Fig.5. High Speed Tripping Mechanism for 3-phase Circuit Breakers

の角度の調整によつて自由に変えられ、またアマチュアフックが動作しなければ、ローラーは絶対に動作を起すことはないようになっている。

高速度遮断器の寿命に対しては運動部分の磨耗防止と、特に動作の始めと終りのショックの吸収方法いかなが重点である。制弧遮断器の各要素の強度に対しては十分な安全率を与えてあることは勿論であつて、高速動作の枢要なところにはボールベアリングを使用し、長期間の使用によつて性能に変化のないようにしている。高速停止に伴う機械的ショックは要所々々に配置された十分な容量の油制動壺に吸収させているが、工場組立の際に速度曲線を繰返し測定して、可動コンタクトが高速度状態から停止へ円滑に移行するように入念な調整が行われる。

最近の遮断器の操作気圧は漸次高くなる傾向がある。制弧遮断器では空気遮断器のように気圧が直接遮断容量と関係していない故、 possibleの限り低く抑えて、空気系の取扱が安全で便利のようになっている。普通型の標準の操作気圧は 4.5kg/cm^2 、高速度型は 7kg/cm^2 となつているので、空気槽にも特別容器の注意を必要とせず、断路器の操作にもそのまま共通に使用される。

〔IV〕 高電圧遮断器の適用

(1) 直接々地による昇圧と遮断器

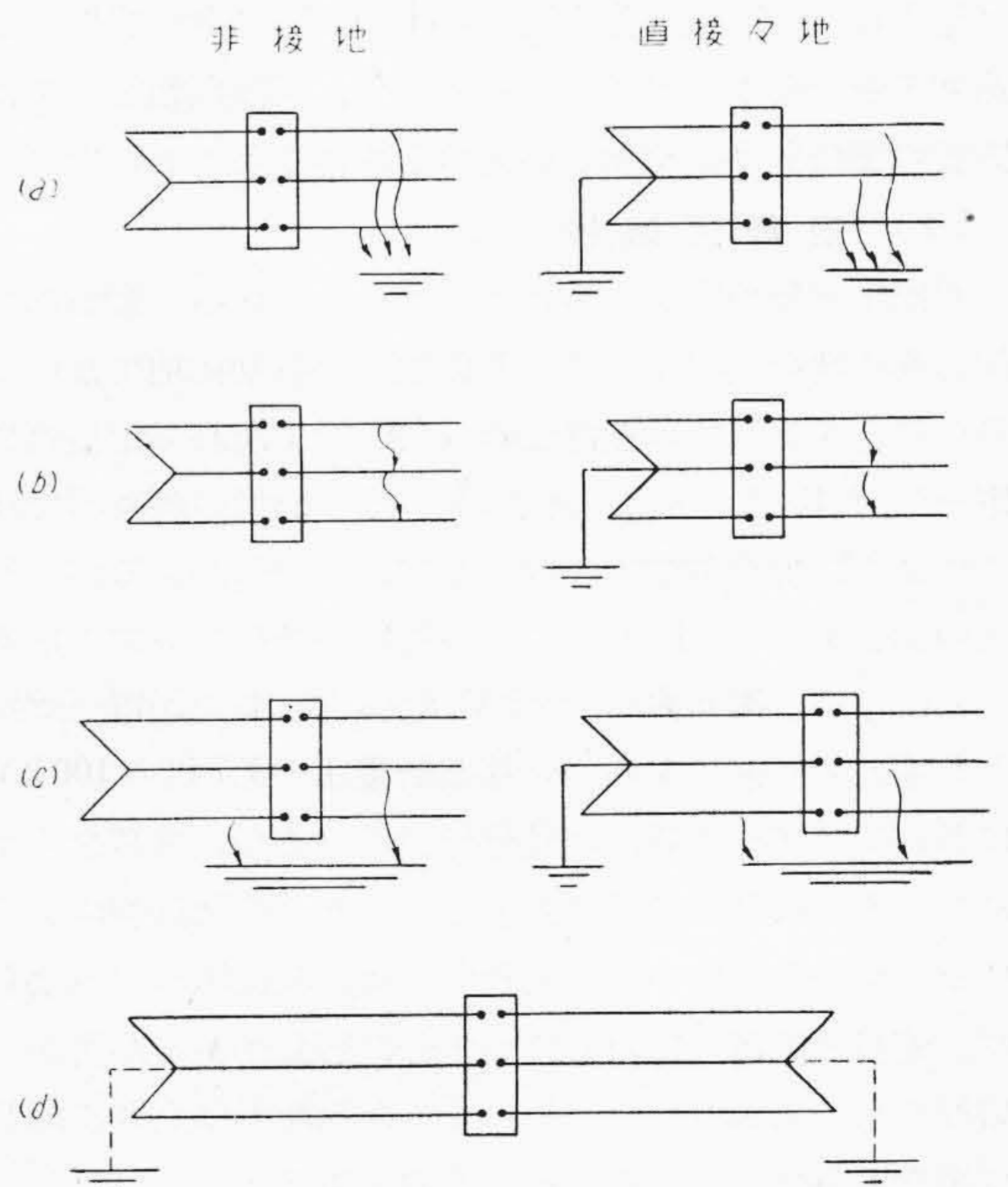
近時送電容量増加の目的で、中性点を直接々地して送電々圧を格上げする案が処々で検討されている。送電線の絶縁レベルを在来のまゝとした昇圧 possibleの限度は、一線地絡時の健全線の電圧の跳上りを基準に取れば、直接々地系のそれが 1.3 倍以下とされているので、 $1.73/1.3$ すなわち約 1.3 倍である。避雷器についていえば、154 kV 用の許容端子電圧は 196 kV であつて、これをそのまま直接々地の 195 kV に使用すれば、健全線の跳上りと発電機電圧の昇騰を見込んでも、許容範囲に止められる。

第 5 表 非接地*および直接接地系における遮断電圧 (第 6 図参照)

Table 5. Breaking Voltage in Non-earthing or Direct Earthing System

| 故障条件 | 遮断電圧 | |
|----------------|-----------------|-----------------|
| | 非接地 | 直接々地 |
| (a) 三相接地短絡* | $1.50E^\dagger$ | $1.3E'^\dagger$ |
| (b) 三相非接地短絡 | $1.50E$ | $1.5E'$ |
| (c) 遮断器を挟む異相地絡 | $1.73E$ | $1.3E'$ |
| (d) 系統間の完全脱調遮断 | $3.00E$ | $2.5E'$ |

(註) * 非接地...有効接地でないものを含めて考える。
† E, E'...それぞれの系統の対地相電圧。



第6図 種々の故障状態図
Fig.6. Diagram of Various System Casualties

遮断器の場合は対地絶縁のほかに同相端子間の絶縁と、開閉能力の問題があるので簡単ではない。三相遮断器の定格遮断電圧は我国では $1.5E$ (E =相電圧)と定められ、遮断容量、遮断時間等決定の基準となつているが、使用中に遭遇する回復電圧は同一の回路でも種々のものが考えられる。これを非接地と直接々地について比較すると第5表(前頁参照)のようになる。(a)の三相接地では直接々地の場合には、先に切れる相には残る相の地絡電流による電圧降下分が最大限に加わるものとして、 $1.3E$ の回復電圧を見込めば、非接地に較べて1割強楽になるだけである。(b)の条件では両方の系統に対して同一の回復電圧となるが、このような故障は航空機やその他の異物による原因しか考えられず、はなはだ稀である。しかし全くないとはいいい切れぬ。(c)、(d)の条件は直接々地の方に有利であるが、さらに(c)は直接々地系統ではきわめて発生し難いと考えられる。(d)に対しては一般の遮断器の定格としては保証されていない。

以上の故障遮断のほかに遮断器は線路の充電々流を安全に開閉する必要がある。直接々地によつて、線路の開閉性能にプラスされることは少いので、再点弧による異常電圧を防止するためには、昇圧分だけ遮断部の性能を向上させる必要がある。さらに遮断器の両側が異系統状態になつたときの端子間にかゝる電圧はあきらかに昇圧後が高い。結論として、直接々地による昇圧に対しては遮断器の対地絶縁は線路に対する考え方と同様でよいが、遮断部に関しては余裕ある場合は別として、一般には電圧相当の改造強化を要するが、同時に3 \sim 程度の高速度遮断の要求も附随して来るので、実際問題としては既設の遮断器は全く新しいものと取替えることになる。

(2) 過電圧遮断

過電圧遮断の問題も最近取上げられている。遮断器を挟む異相地絡の場合には、非接地系(有効接地でないものを包含する)では相電圧の $\sqrt{3}$ 倍すなわち定格遮断電圧の1.15倍が一つの相にかゝる。旧型の遮断器ではこのような線路事故に失敗した二、三の例があるが、最近の消弧室付の遮断器ではこの程度の遮断で事故となることはない。第6表は69kV制弧遮断器で過電圧遮断した場合の性能である。定格遮断電圧の1.7倍の100kVにおいてはアーク時間は幾分延びているが、異常なく切れている。旧型の消弧装置もなく、また遮断試験によつてたしかめられていない遮断器では、異相地絡のみならず、定格遮断電圧に対しても十分な容量があるか否か、疑問のものもあるので、そのような遮断器は必要に応じて漸次取替または改造すべきものと思う。

完全脱調状態にある二系統間を一つの遮断器で切るときは第5表(d)によつて最大は定格遮断電圧の2倍とな

第6表 69kV制弧遮断器過電圧試験結果
Table 6. Results of Overvoltage Test of 69kV Contrarc Circuit Breaker

| 遮断電圧 (kV) | 電 流 (A) | アーク時間 | | 試験回数 |
|--------------|------------|------------|-----|------|
| | | (\sim) | 平 均 | |
| 60 | 1,500 | 0.9~1.6 | 1.3 | 6 |
| 70 | 600 | 1.0~1.9 | 1.4 | 7 |
| 85 | 1,000 | 1.7 | 1.7 | 1 |
| 100 | 1,000 | 1.4~2.2 | 1.7 | 3 |

り、そのまゝでは一般の遮断器にははなはだ困難な条件である。しかし実際の場合には両系統は長い送電線を通じて連絡されているので、再起電圧の点でかなり緩和される。さらに完全脱調に到るまでには、両系統の容量が大きい程、長い時間がかゝるので、各発電機の内部電圧はその擾乱のために低下すると考えられるので、遮断器としてはかならずしもはなはだ苛酷とはならない。この問題についてはさらに広く条件を求めて検討すべきであるが、概観的にはこの場合の再起電圧その他の苛酷度が発電機付近で短絡した場合の2/3程度になるとして、遮断実験室では相電圧の2倍に耐えれば、実用上差支えないと考えられる。ただし突発的な接地短絡によつて系統分離する際には、完全な脱調状態となる前にリレーによつて急速遮断すべきである。

287.5kV制弧遮断器のごとく、遮断部が両側に対称的に配置された遮断器では、頭部金具の対地静電容量の関係で、遮断電圧は両方に均等に分担されず、8:2または7:3のように一方に多くかゝるので、単位遮断点としては幾分余裕のあるものを使用している。これによつて脱調状態の両系統を切離す際には、電圧の負担は両方に電源があることによつて均衡が取れ、かえつて能率のよい遮断が行われる。

[V] 結 言

以上により、送電線の充電々流遮断の問題は超高圧になる程、再点弧による異常電圧が影響する処が大きいので、高電圧遮断器としては遮断容量、遮断時間と並んで重要な要素となつている。我国初めての超高圧送電線である関西電力新北陸幹線の新愛本変電所における287.5kV制弧遮断器の充電々流試験では空気圧油ピストンの採用によつて無再点弧の成績が得られた。しかして空気を遮断器頭部に導入するためには入念な注意が払われている。短絡遮断に対しても上記の改造に附随して、遮断時間の若干の短縮が行われたが、自力消弧が根幹になつていくことには変りがなく、定格遮断電流の15%においてすでに完全な自力による高速度遮断が行われている。3 \sim 遮断器に関してはこのように遮断部についての

研究の他に、引外機構についての研究改良も行われた。最近においては直接々地による送電線の格上げによつて送電容量の増加が処々で計画されるようになったが、遮断器の場合はそのまゝの形で格上げは困難である。早期の系統分離や遮断器を挟む異相地絡遮断については制

弧遮断器は異常なく使用することができる。

終りに新北幹の充電々流試験に際しては、関西電力の当事者の方々に種々御援助、御骨折頂いたことに対して厚く感謝の意を表する次第である。



日立断路器について Hitachi Disconnecting Switch

NHL 型 断 路 器

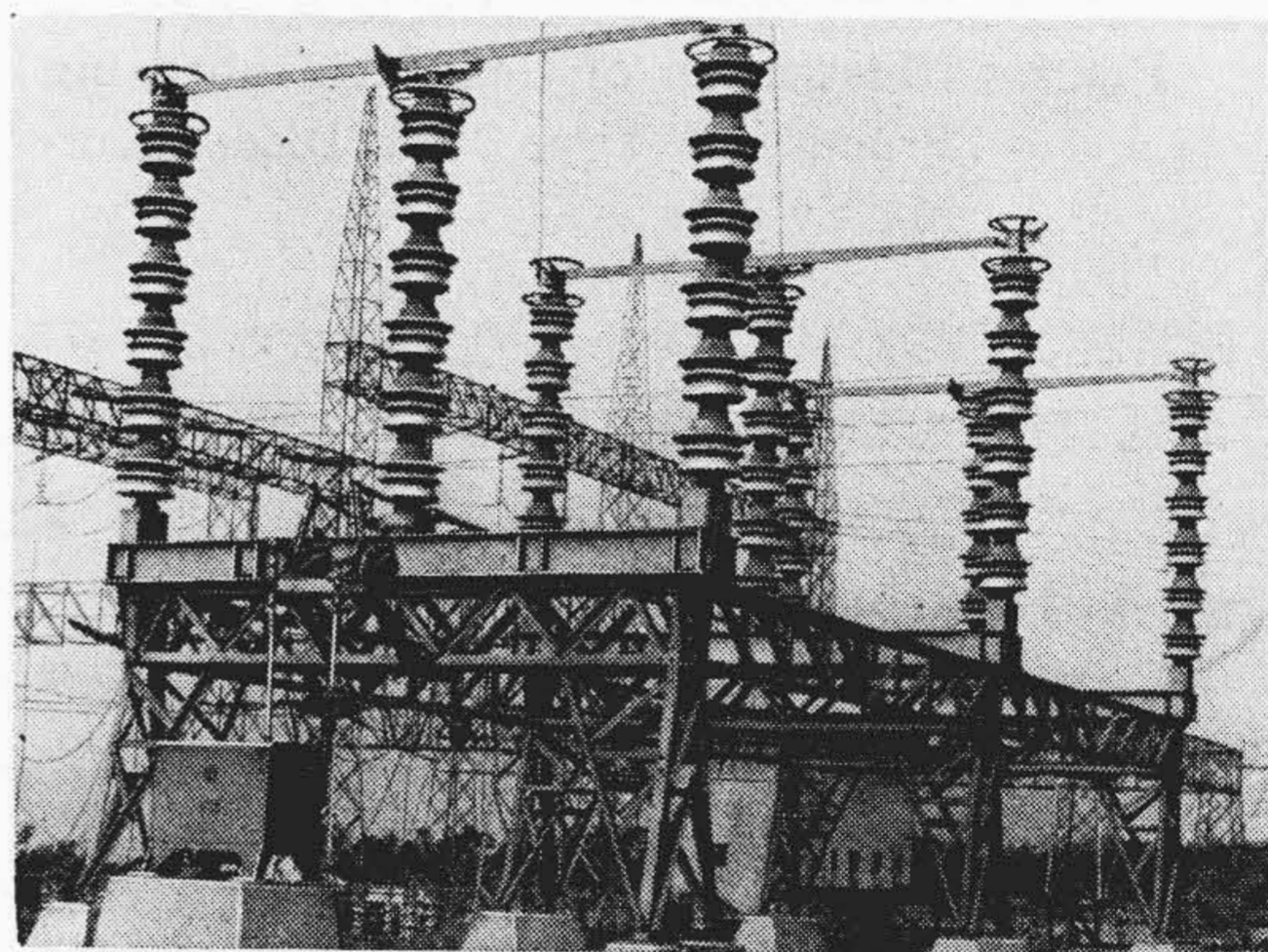
日立製作所日立工場において製作されている NHL 型は屋外用水平二重切断路器である。従来の面接触型では操作が非常に重くなり難渋している場合が多い。NHL 型では、我国で最初にブレードを投入後捻回圧接を行う方式を採用したので操作は軽快であり、以来十数年にわたり定評ある実績を示している。最近の高電圧断路器はいずれもこの強制接触方式に移行する傾向である。しかしこの方式の特長を活用するには能率的で、長期の使用に耐える回転機構が不可欠である。従来考えられたカム機構またはノッチを外す機構では、操作力の伝達が直接でなく、年月の経過とともににはなはだ重くなり、あるいは動作の途中が不安定となつて操作できなくなるなどの欠陥があつた。

NHL 型では、一連のレバー、リンクにより直接的に力を伝え、少しも無理のない安定した機構となつているため、その動作は確実であつて、そのほか各部についてもその優秀なことは実績により証明されている。

第 1 表は日立製作所における終戦後より 29 年 3 月までの NHL 型断路器の受注、納入の統計である。

定格電圧では新北陸幹線の超高圧 287.5 kV のものを成出、枚方両発電所に合計 33 台納入した。一方定格電流では発電所容量の増大とともに 2,000 および 3,000 A まで製作した。これら高電圧あるいは大電流のものは NHL 型のごとくブレードを回転させて接触を行う方式によつて初めて製作可能となつたのである。

第 2 図は NHL 型の操作説明図であつて、投入の場合には、ブレードが回転碍子によつて回転され固定接触部に入るとブレード先端にあるノックピンがストッパーに当つてレバーとリンクよりなる死点を崩すので、ブレードは水平位置から垂直位置に回転して、回転碍子からの回転力は悉くブレード自転力に変換して強力な締付接触



第 1 図 NHL 型 287.5 kV 800 A 圧縮空気操作式断路器 (枚方変電所設置)

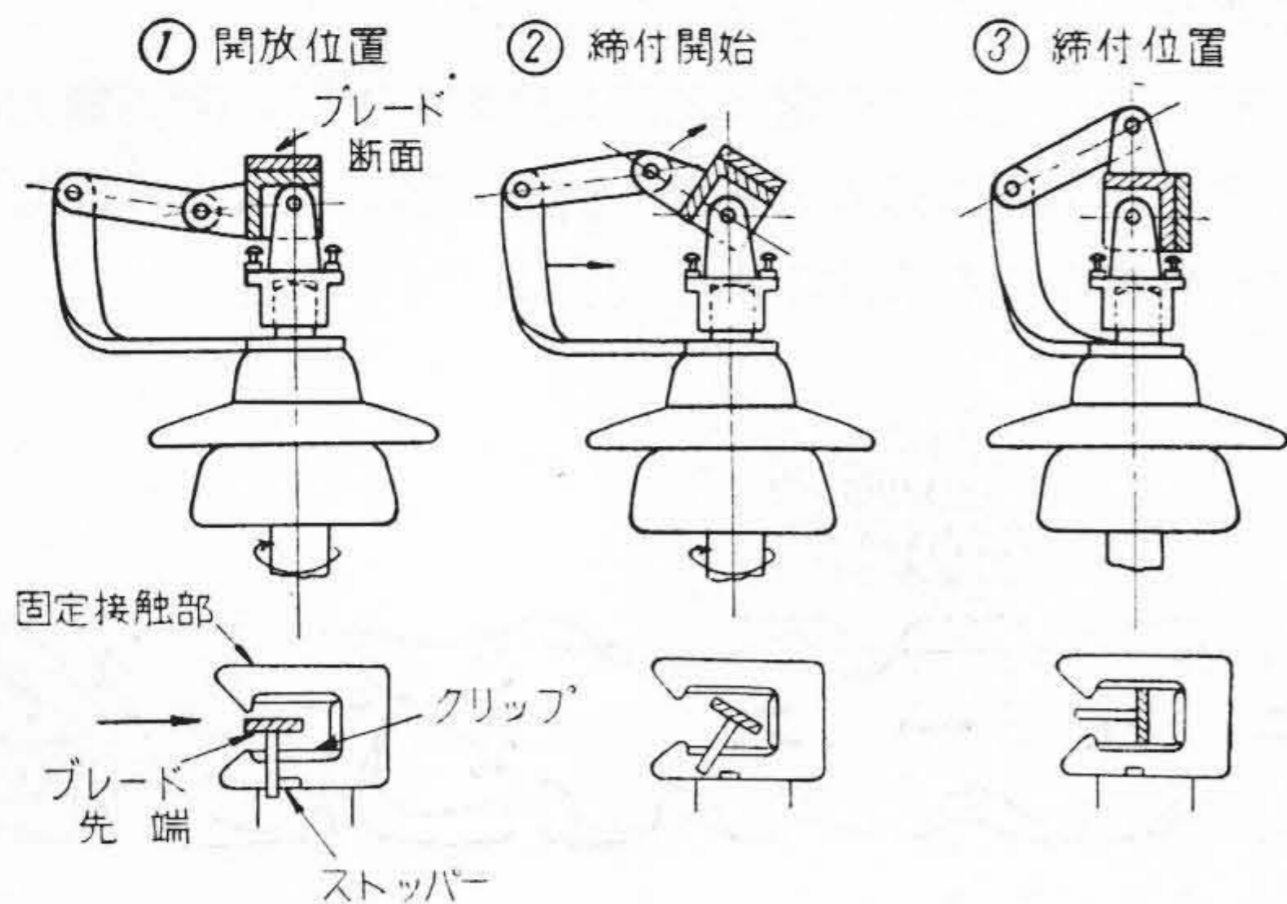
Fig. 1. Type NHL 287.5 kV 800 A Pneumatic Disconnecting Switch (Installed at Hirakata Substation)

第 1 表 終戦後より 29 年 3 月まで、NHL 型断路器の受注統計

Table 1. Orders for Type NHL D.S. During from 1945 to March 1954

| 定格電圧 | 287.5 kV | 161 kV | 115 kV | 69—80.5 kV | 23—34.5 kV | 合 計 |
|------|----------|--------|--------|------------|------------|-------|
| 台 数 | 33 | 428 | 61 | 796 | 190 | 1,508 |

が行われる。開路の場合には、この逆に回転碍子からのレバーによつてリンクは引出され、これにつれてブレードは垂直位置から水平位置に回転して締付接触を解き死点を形成した状態で固定接触部外に引出される。冬期接触部氷結などの問題に対しても前述のごとき構造であるため、氷を粉碎して投入、開路することも容易となり、これは種々の工場試験あるいは昭和 28 年冬期間に東京電力白根発電所で行われた耐冰雪試験にも立証されている。

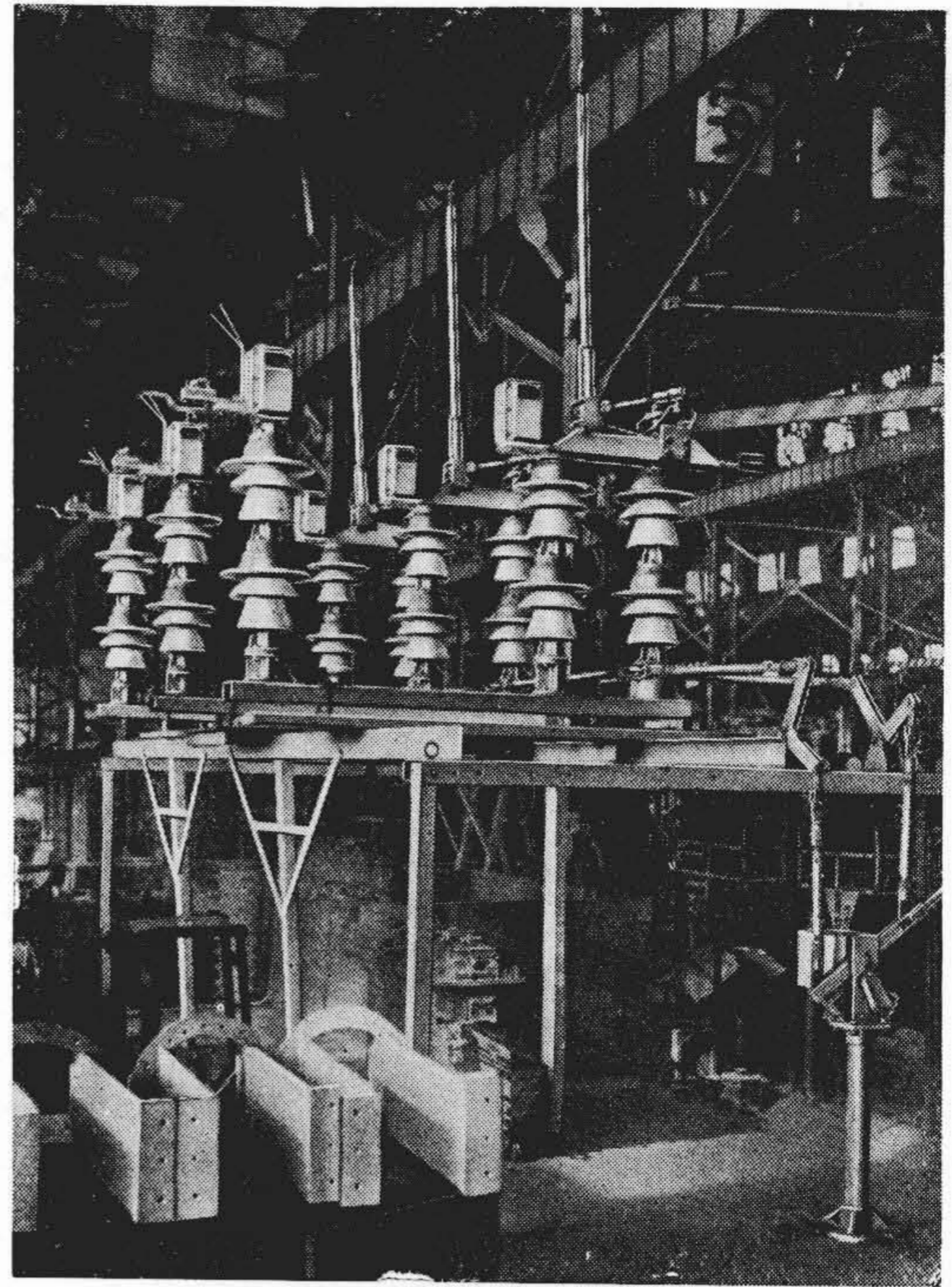


第2図 NHL型断路器締付操作説明図
Fig. 2. Illustration of Contact Tightening Process of Type NHL Disconnecting Switch

断路器は従来高圧回路用でも手動操作式のものが多かったが、最近では運転上の便利さから主回路用のものはほとんど大部分圧縮空気操作式が採用されている。前記受注合計1,508台中417台は圧縮空気操作式のものである。また電動操作式もときとして採用されるようになった。

NGL型断路器

NGL型はNHL型と同様にブレードを回転させて締付接触を行う屋外用堅切型断路器である。ブレードは垂直面内を運動するので、閉路、開路いずれの場合でも相間に対する絶縁距離は変わらず、したがって水平切型に比較して相間寸法を短縮しうる利点がある。閉路におけるブレードの投入および捻回、逆に開路におけるブレードの捻回および引きは一つのレバーの回転によつて連続してスムーズに行われる。ブレードは固定接触部に入つて回転して締付接触を行い、またブレード自重とバランスする引き用バネがあるので操作は軽快である。投入完了するとレバーは所定の位置に到つて死点を形成し、ブレードをロックするので、ブレードは電磁力または外力によつて接触部からとび出すことは絶対にない。回転



第3図 NGL型69 kV 2,000 A 断路器
Fig. 3. Type NGL 69 kV 2,000 A Disconnecting Switch

碍子は外側で、これを支えるベアリングはNHL型と同様給油を要さないピボット式となつている。また操作架からの力を伝える操作桿のヒンジ金具などは衝撃に耐えうるようNHL型と同様にマレアブル（日立製作所深川工場製）を使用している。必要に応じて垂直壁取付も行ふことができ、適用範囲はきわめて広く、すでに数百台のものが納入されている。

定格電圧において161 kV級は我国では一般に水平切型を使用するのが大部分であるので、一応69—80.5 kV級までを標準としている。定格電流では、発電所容量の増大により大電流のもの要求される場合が多くなり、2,000 Aまで製作納入している。

