

超 高 圧 電 力 研 究 所 納 短 絡 用 変 圧 器

Transformers for High Power Test

栗田 健太郎* 小 沢 実* 窪 田 道 也*
Kentarō Kurita Minoru Ozawa Michiya Kubota

内 容 梗 概

超高压電力研究所においては、横須賀市武山に遮断器などの短絡試験を行なう大規模な超高压試験所を建設中であるが、そこで使用される超高压短絡用変圧器（短絡容量 850 MVA）および高压短絡用変圧器（短絡容量 1,000 MVA）を完成した。これらの変圧器は過酷な短絡に常時さらされるので、短絡時に発生する電磁力の低減と巻線その他の機械的強度について、特別な考慮が払われている。また、超高压変圧器は衝撃試験電圧 1,550 kV の記録的なもので、400 kV 級送電用変圧器の製作技術に新たな経験を加えた。なお高压変圧器は大電流の流れる 2 次側巻線の直並列の切り替えを行なうものである。

1. 緒 言

超高压電力研究所では、横須賀市武山に大規模な超高压大電力試験所を建設中であるが、日立製作所では、その 330 kV 超高压短絡用変圧器および 52.8 kV 高压短絡用変圧器各 1 台、大電流変圧器 3 台、受電用変圧器 2 台その他を受注、このほどあいついで完成した。以下にこの超高压短絡用変圧器および高压短絡用変圧器について述べる。

日立製作所は早くから 400 kV 級送電用機器の開発研究を行っており、すでに昭和 35 年 400 kV 級 200,000 kVA 単相変圧器（衝撃試験電圧 1,450 kV）⁽¹⁾ を完成し、日立製作所日立研究所大電力実験所の超高压遮断器短絡試験電源用として使用されている。今回の超高压変圧器はこの実績を活用して設計製作された姉妹器ともいべきものである。

高压変圧器は巻線を 4 分割し、特殊な切替機構を内蔵して直並列接続を行ない、4 段階の電圧を得る構造となっている。

2. 超高压短絡用変圧器

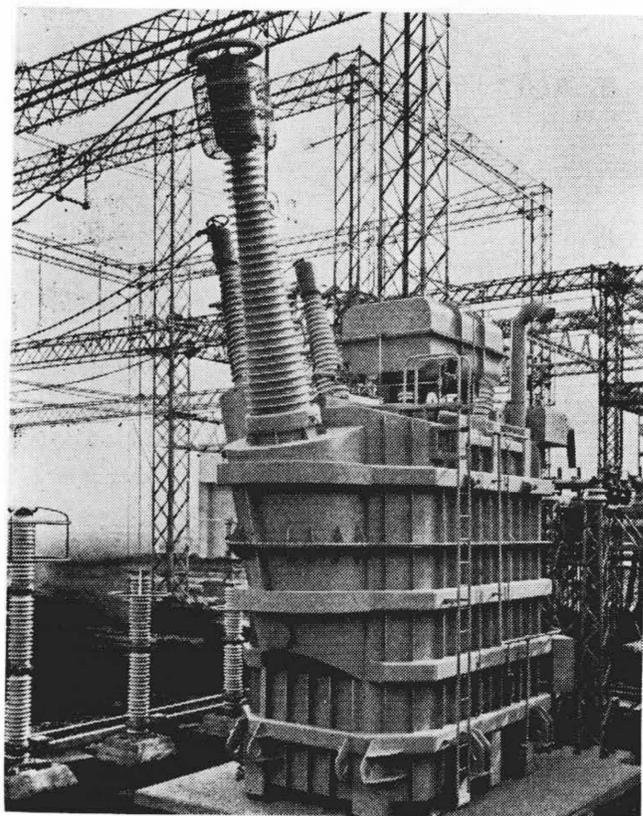
2.1 仕 様

本器の仕様は次のとおりである。

最大短絡容量	850,000 kVA (対称値)		
形 式	SOC-CP (屋外用単相油入自冷式内鉄形制振遮へい付)		
周 波 数	50/60~		
	一 次	二 次	
端 子 電 圧	15 kV	330-220-160-100 kV	接地側
衝撃試験電圧	150 kV	1550-1050-825-550 kV	450 kV
交流試験電圧	50 kV	680-465-347-230 kV	185 kV
%インピーダンス	7.15-5.09-4.20-3.60 (50~, 1-2 次間 50,000 kVA 基準)		
総 重 量	220.5 t		
油 量	81,000 l		
寸 法	高 さ	10.82 m	
	床面積	5.71 m×9.04 m	

第 1 図に本器の外観を示す。

本器は遮断器の短絡試験などに使用するため、一般の電力用変圧器よりはるかに低い短絡インピーダンスを要求され、過酷な短絡電流に常時さらされるので、短絡時の発生機械力に対する強度を特に



第 1 図 超 高 圧 短 絡 用 変 圧 器

考慮した。また本器の接地側には高压短絡用変圧器をそう入して、最高 382.8 kV の端子電圧を得ることができる。

本器の各タップは、それぞれ別個のブッシングで引き出している。

2.2 巻 線

2.2.1 巻 線 の 構 造

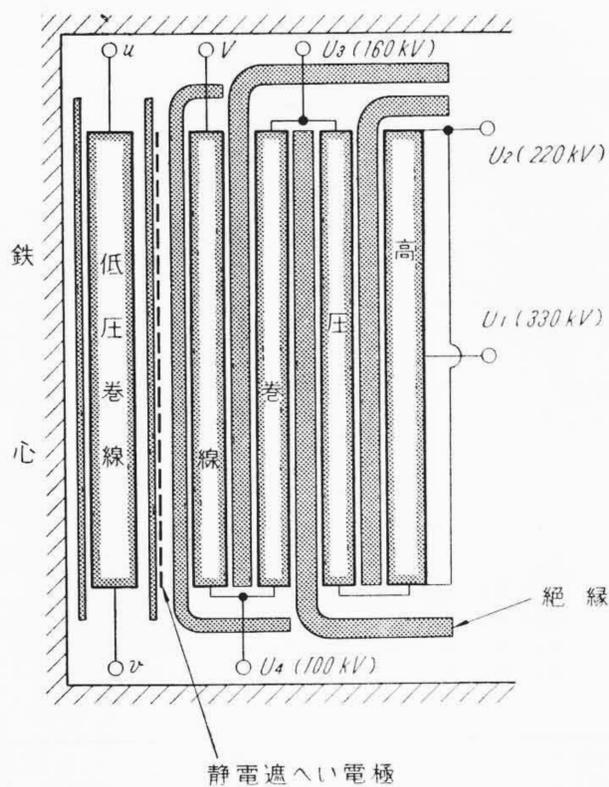
本変圧器は日立製作所の超高压変圧器の標準構造である内鉄形を採用している。鉄心は 2 脚で両脚の巻線は並列に接続される。

内鉄形変圧器の巻線方式としては、多重同心円筒巻線もあるが、本器では機械的強度の大きい円板巻線を高压側に採用し、低压側はヘリカル巻線とした。

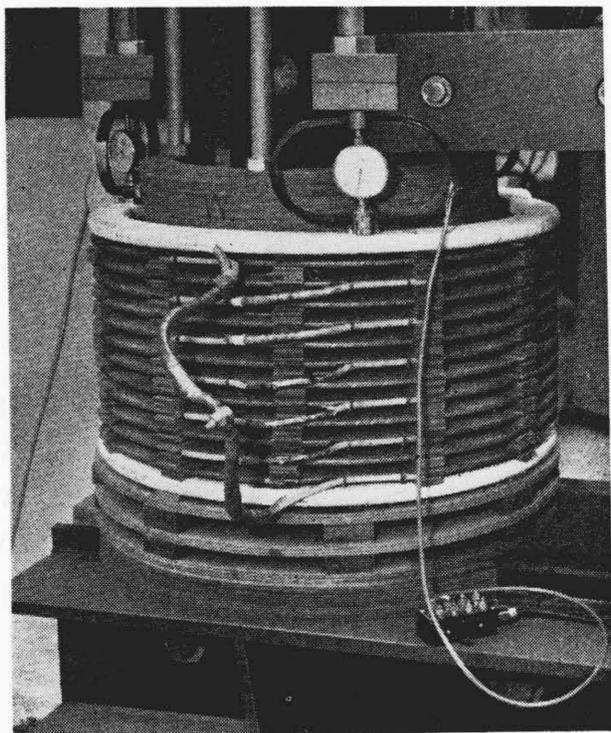
第 2 図に巻線の配置を示す。広範囲のタップ電圧に対し磁気的平衡を良好にして電磁力を小さくするため、高压側巻線は各タップ電圧に応じて 4 分割し同心的に配置し、単巻変圧器と類似の構造とした。また主絶縁は固体充てん方式で特別な処理によりコロナ発生が防止されている。

巻線導体には複導体電線⁽²⁾を使用し、巻線の占積率をいちじるしく向上させるとともに巻線の強度を高めている。

* 日立製作所国分工場



第2図 巻線の配置



第3図 電磁力モデル変圧器

2.2.2 巻線の静電遮へい

高圧各巻線には巻回間に遮へい導体を巻き込んで直列静電容量を飛躍的に大きくした制振遮へい⁽²⁾⁽³⁾を施すとともに、最外側の330 kV巻線は上下を並列接続として直列静電容量を増加し、耐サージ特性を改善した。

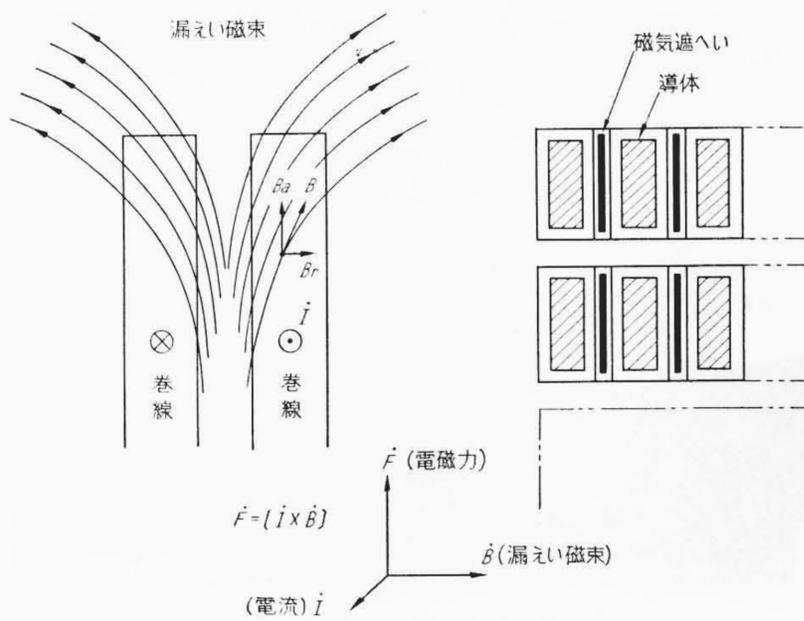
高圧側の被試験遮断器から発生し、低圧側発電機へ移行するサージ電圧を低減するため、高圧最内側巻線と低圧巻線との間に静電遮へい接地電極を設けて、静電的移行電圧を遮断している。

本器においては、開閉サージに対する絶縁強度が特に重要なので、さきに製作した200,000 kVA変圧器の実績を考慮して設計したが、(500×1,000) μs波形により実測の結果、各部の電位分布はほとんど均等で高い開閉サージ絶縁強度を有することが確認された。

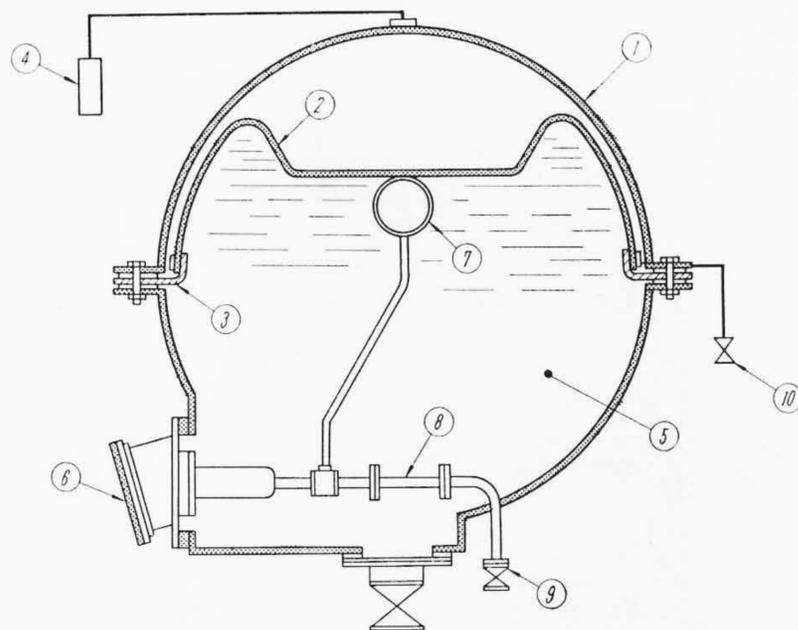
2.3 短絡時の機械的強度

短絡時の電磁力については、モデル変圧器による破壊試験(第3図)を含む多数の研究結果⁽⁴⁾⁽⁵⁾により正確な強度設計を行ない、安全率の高い構造とした。

本器では巻線の電流が非常に大きく、たとえば最低タップでは高



第4図 磁気遮へい



- ① コンサベータ本体
- ② 隔膜
- ③ 隔膜取付フランジ
- ④ 吸湿呼吸器
- ⑤ 油室
- ⑥ 油面計
- ⑦ 油面計用浮子
- ⑧ たわみ連結管
- ⑨ 排気弁
- ⑩ 排水弁

第5図 ダイアフラム形コンサベータ

圧側8,500 A、低圧側5,700 A(瞬時対称分)にも達する。このため低インピーダンスの要求もかねて、巻線の巻数を少なくし、巻線内の磁束を減少させ、電磁力を低減するとともに巻線の締め付けには特別の考慮を払った。

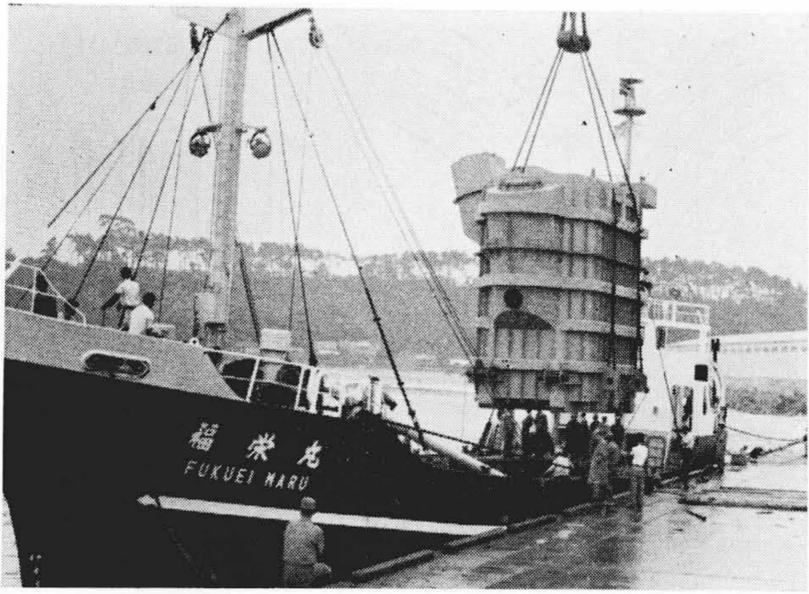
また巻線の要部には磁気遮へい⁽⁶⁾を施して軸方向機械力の低減をはかった。第4図にその原理を示す。内鉄形変圧器の円板巻線やヘリカル巻線は、巻線半径方向の電磁力に対してはきわめて安定で、高い機械的強度を有するので、軸方向電磁力の低減が重要となるが、これは巻線端部などにおける半径方向の漏れ磁束により生ずる。本器では、巻回間にケイ素鋼帯の磁気遮へいを巻き込んで、漏れ磁束を軸方向に向け、軸方向電磁力を低減させた。

2.4 超高压ブッシング

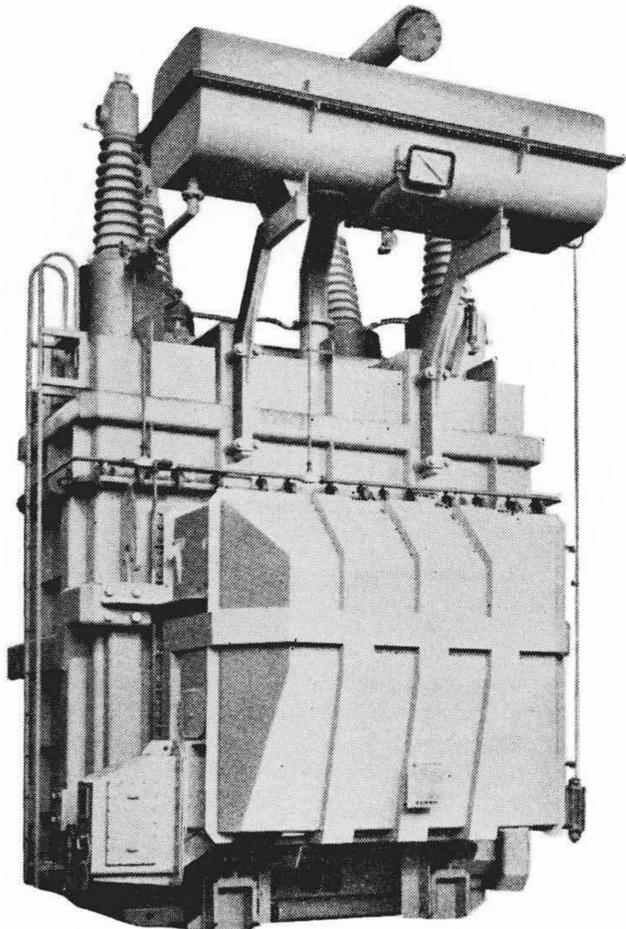
超高压ブッシングは、さきに200,000 kVA変圧器用として製作したもの⁽¹⁾と同形の油入形で、衝撃試験電圧1,700 kV、交流試験電圧750 kVである。長大な碍子(がいし)は1本物で日立製作所多賀工場で作製され、ブッシングの頭部にはコロナシールドが取り付けられた。このため誘導試験電圧においても可視コロナの発生を防止することができた。

2.5 コンサベータ

コンサベータには最近開発されたダイアフラム方式を採用した。



第6図 超高压変圧器の船積み



第7図 高压短絡用変圧器

その概略構造を第5図に示す。コンサベータ内の油面を特殊耐油性合成ゴム膜でおおい、外気と遮断したもので、絶縁油を完全に脱気した状態で大気圧に保つことができ、構造も比較的簡単な特長がある。隔膜の特性が重要なので、長期の寿命試験により確認されたものを使用している。

2.6 輸 送

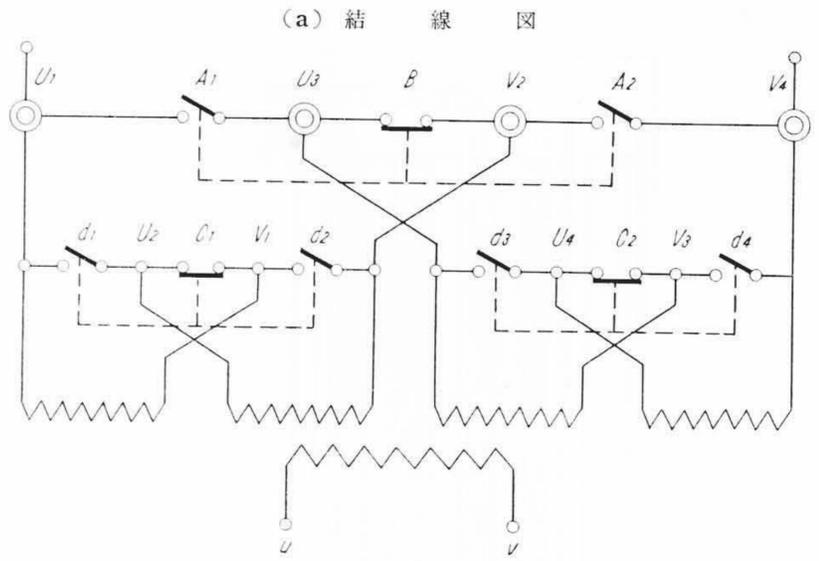
本器はブッシング、コンサベータなどを取りはずし、中身を組み立てたまま窒素ガスで封入して輸送された。大容量、低インピーダンスであるため輸送時の高さの点から、日立港一武山間を海上輸送したものである。第6図に日立港における船積み状況を示す。

3. 高压短絡用変圧器

3.1 仕 様

本器の仕様は次のとおりである。

- 最大短絡容量 1000,000 kVA (対称値)
- 形 式 SOC-C (屋外用单相油入自冷式内鉄形)
- 周 波 数 50/60~



u, v 一次端子
 U₂, U₄, V₁, V₃ 二次内部端子
 U₁, U₃, V₂, V₄ 二次外部端子
 c₁, c₂, d₁, d₂, d₃, d₄ 内部切替機構接点
 A₁, A₂, B 外部断路器接点

(b) 二次側接続切替法

電 圧 (kV) (50~)	電 圧 (kV) (60~)	内 部 切 換 機 構				外 部 断 路 器		
		指 針	c ₁	d ₁ ・d ₂	c ₂	d ₃ ・d ₄	A ₁	A ₂
12	13.2	1.2	×	○	×	○	○	×
24 ₍₁₎	26.4 ₍₁₎	4	×	○	×	○	×	○
24 ₍₂₎	26.4 ₍₂₎	3	○	×	○	×	○	×
36	39.6	4	×	○	○	×	×	○
48	52.8	4	○	×	○	×	×	○

(○印 閉路 ×印 開路)

第8図 二次側接続切替法

- 端 子 電 圧 一次 15/16.5 kV
- 二次 12/13.2-24/26.4-36/39.6-48/52.8kV
- 衝撃試験電圧 一次 150 kV 二次 550 kV
- 交流試験電圧 一次 50 kV 二次 230 kV
- %インピーダンス 2.19(50~, 15/12kV 接続 50,000kVA 基準)
- 総 重 量 130 t
- 油 量 40,000 l
- 寸 法 高さ 7.65 m
- 床 面 積 5.79×5.15 m

本器の外観を第7図に示す。

巻線の電流は一次側で 67,000A (瞬時対称分)に達するので、電磁力に対する設計は超高压変圧器同様の考慮を払った。

コンサベータもダイヤフラム方式である。

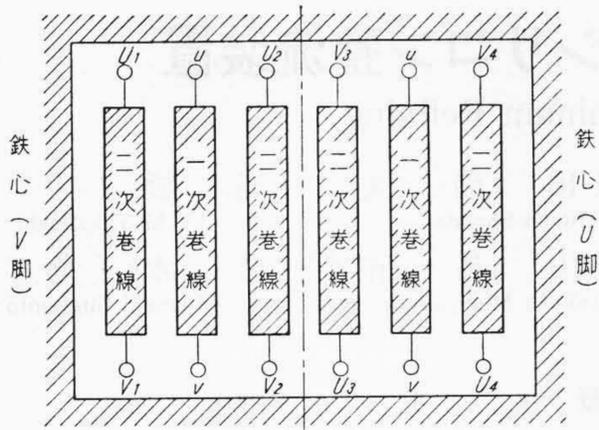
本器は窒素ガスを封入し、鉄道およびトレーラにより陸上輸送した。

3.2 巻 線

本器の二次側は第8図に示すように、変圧器内部の直並列切替機構と外部の断路器とにより、4分割した二次巻線の直並列切り替えを行ない、4段階の端子電圧をうる構造となっている。各接続において磁氣的平衡を保ち、インピーダンス電圧を小さくするため、第9図のように2脚鉄心の各脚に一次巻線をはさんで二次巻線を配置した。同じ脚にある二つの二次巻線は、一次巻線のそれぞれ内、外側にあるため、漏えい磁路長が異なるので、並列接続時の電流不平衡を生じないように、一次巻線との漏えいインピーダンスが互いにはほぼ相等しくなるように寸法が選んである。一次巻線は両脚並列である。一次、二次ともヘリカル巻線とし導体には多導体電線を使用し、要部に磁気遮へいを施した。

3.3 直並列切替機構

変圧器内部の直並列切替機構の構造を第10図に示す。前記のよ



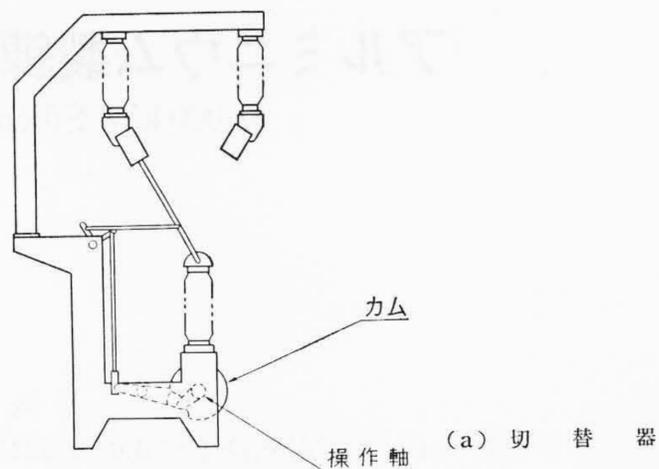
第9図 巻線の配置

うな大電流においても溶着を生ずることのないよう、大電流開閉器の構造を適用した。第8図(a)の c_1 、 $d_1 \cdot d_2$ 、 c_2 および $d_3 \cdot d_4$ の切替機構には、第10図(a)のような4組のプレート形切替用開閉器を設け、共通の操作軸に取り付けたカムによって第8図(b)の順序で操作する。また第8図 A_1 、 B 、 A_2 は変圧器とは別に設置された断路器で、これらと変圧器の切替機構とが、すべて所期の接続関係にあるときだけ、配電盤上のランプにより表示するようにして誤操作を防止している。またこれらの接続変更にもなつて、ブッシング変流器の電流比も切り替えるよう切替箱が付属している。

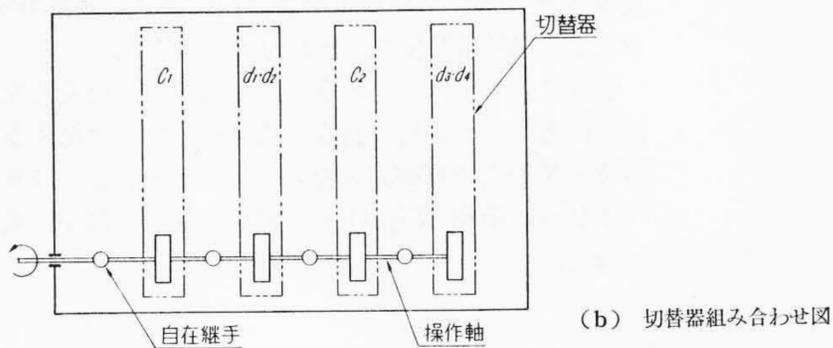
4. 結 言

超高圧変圧器の完成によって、近い将来わが国にも実現を予想される400kV級送電用機器の製作技術にいくたの資料が加えられたが、これは超高圧、大容量変圧器の設計、製作に関する豊富な経験と、たゆまぬ研究の成果であるということができよう。

終わりにあたり、本器の完成は日立製作所国分工場および日立研



(a) 切替器



(b) 切替器組み合わせ図

第10図 直並列切替機構

究所そのほか多数関係者の協力の結集であることを付記する。

参 考 文 献

- (1) 木沢, 栗田, 浅野: 日立評論 別 36, 4 (昭 35-5)
- (2) 首藤: 日立評論 別冊 5, 63 (昭 28-12)
- (3) 首藤: 日立評論 別冊 7, 15 (昭 29-7)
- (4) 窪田, 奥山, 後藤: 電気四学会 昭和 36 年連合大会 627
- (5) 奥山, 窪田, 後藤: 電気四学会 昭和 36 年連合大会 628
- (6) 特許 255762 号

第 25 卷 日 立 第 6 号

目 次

- ・巻頭随筆“オン・ザ・ロック”……………寺 崎 浩
- ・オンラインで計算制御“日立ハイマトロールとその応用”
- ・福 島 T V (F T V 開 局)
- ・石 炭 の 水 力 輸 送
- ・プラスチックの射出成形“使う者の立場で作られた日立射出成形機”
- ・脱 湿 装 置
- ・カ ー ク ー ラ
- ・夏が待ち遠しい冷凍ショーケース
- ・おしゃれで強力“面目一新した日立家庭用換気扇”

- ・時間を自由にコントロールする日立モータタイマ
- ・プラスチックのベテラン選手“日立スタンドライト成形材料”
- ・電線百話 第29話: 変圧器と象さんの鼻
- ・新しい照明施設: 地下鉄東銀座駅
- ・読者の声 <ファインチューニングとは>
- ・明日への道標「ロスアンゼルス市電気局向けの超大形変圧器」
- ・日立ハイライト「夏を涼しく」
- ・日 立 だ よ り

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