

新しい二、三の負荷時タップ切換変圧器

Latest On-Load Tap Changing Transformers

桜木 義 祐* 中 川 清*
Yoshisuke Sakuragi Kiyoshi Nakagawa

内 容 梗 概

負荷時タップ切換変圧器と負荷時電圧調整器の需要は飛躍的に伸びつつある。最近納入したわが国屈指の大容量器である 70,000 kVA 変圧器、高圧△結線の負荷時タップ切換に新方式を開拓した 30,000 kVA 変圧器、および台湾に輸出した負荷時タップ切換単巻変圧器について特長を述べてある。

1. 緒 言

負荷時タップ切換変圧器の使用は近年ますます広まり、送配電電圧および力率の調整に容量の大小、電圧の高低を問わず採用されている。これには変圧器の内、外部の構造やタップ切換装置に新しい方式が採用されているものが多い。主体となる変圧器部分は一般変圧器と大同小異であるが、タップ切換装置はひんぱんな開閉操作にもかかわらず長年月の使用に耐える必要があり、この点に最も苦心が払われる。

ここに最近完成した負荷時タップ切換変圧器の中から、外部構造に特長をもつわが国屈指の大容量器である 70,000 kVA 変圧器、大容量 △-△ 結線の負荷時タップ切換に新方式を開いた 30,000 kVA 変圧器ならびに、わが国では初めての負荷時タップ切換単巻変圧器について概要を述べる。

2. 70,000 kVA 負荷時タップ切換変圧器

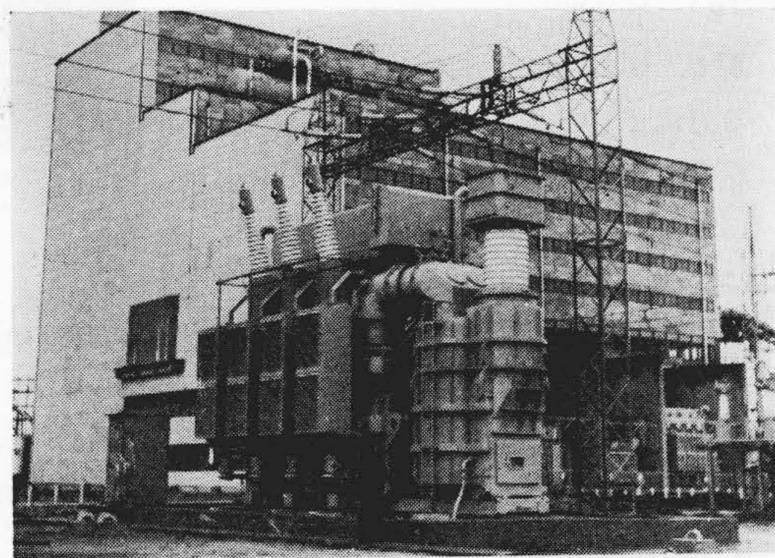
九州電力株式会社大村発電所と長崎変電所納めの各 1 台で、負荷時タップ切換変圧器としてわが国における大容量記録品である。本器の仕様を次に示す。

一次 F 115~R 110~F 100 kV 人
 二次 66 kV △
 絶縁階級 一次 (全絶縁) 100 号 二次 60 号
 負荷時タップ切換 一次中性点側 7 タップ
 三相 60~ 送油風冷式 内鉄型

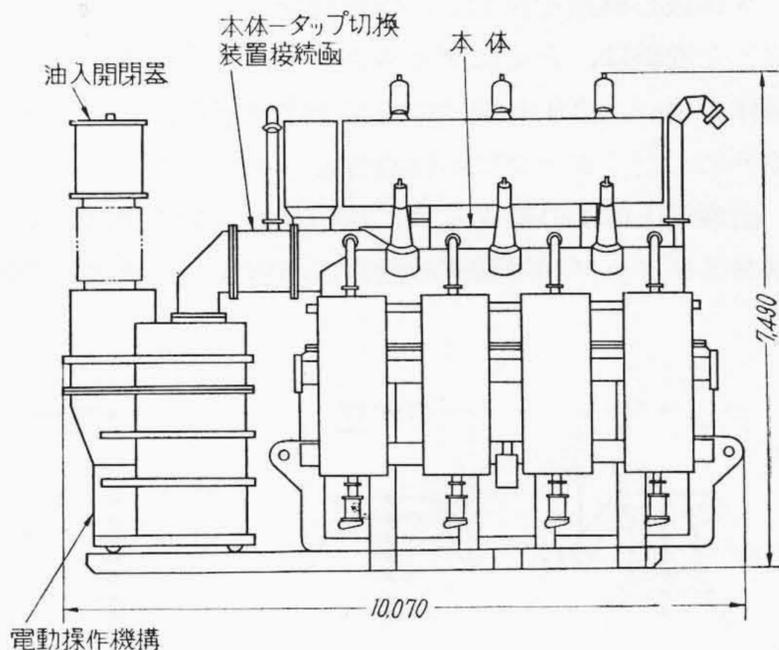
2.1 負荷時タップ切換装置

概略構造を第 2 図に示すが、油入開閉器、調比装置、間歇送り機構、限流リアクトル、電動操作機構からなる負荷時タップ切換装置は、本体とは別に一括した構造を採つた。両タンクは油密の接続函で連結され、点検などで機構部分を切り離れたときも、本体のみは普通の変圧器として使用できる。このとき高圧側は任意のタップを選定後、別に取り付けられる中性点ブッシングに接続される。

* 日立製作所国分工場



第 1 図 70,000 kVA 三相負荷時タップ切換変圧器
115~100 kV/66 kV 人/△



第 2 図 70,000 kVA 三相負荷時タップ切換変圧器
外形図

この方式は、今までに北海道電力株式会社岩松発電所納 40,000kVA 負荷時タップ切換変圧器⁽¹⁾そのほかに採用されたが、110 kV 全絶縁の変圧器では本器が初めてである。

主変圧器中性点側から引出された各タップリードは、各相ごとに油密の貫通ブッシングで絶縁されて接続函に

入り、さらに調比装置に接続される。この貫通部は衝撃電圧印加の際現われる電位上昇と、タップ間電圧に対する絶縁構造ならびに油密構造に十分考慮を払った。

負荷時タップ切換装置⁽²⁾は、第3図に示す順序で機械的に連動操作されてタップ切換を行うが、特長を示すと、

(1) タップを中性点側に設け、油入開閉器を三相一括して碍子上に乗せ中性点端子とした。

(2) 油入開閉器の接触部は二点遮断で、切換時は強制的に油を吹付ける方式としたから電弧時間は短く接点の消耗が少ない。

(3) 調比装置および間歇送り機構は、油入開閉器支持碍管の直下に取り付けて油入開閉器と直結し、これら機構の連動動作に狂いの生ずるのを防いだ。

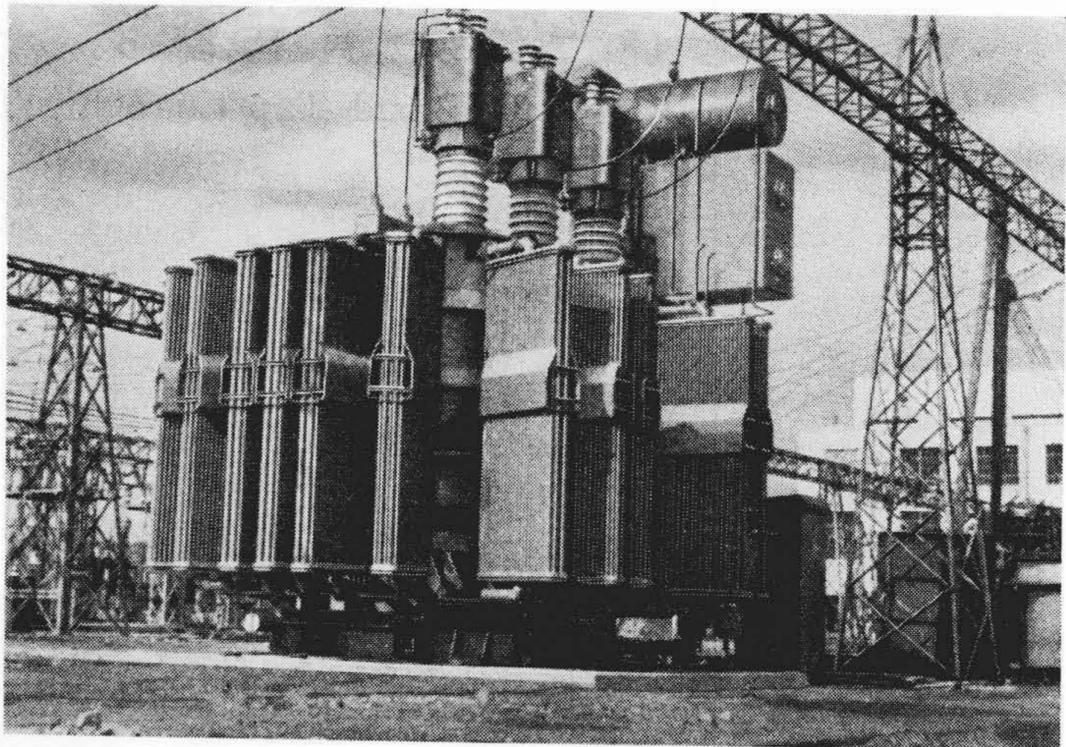
(4) 油入開閉器内の絶縁油がほかの油と混同しないように操作軸の貫通部は特殊構造の油密パッキングを使用した。

(5) 限流リアクトルは連続定格であるから、万一途中で渋滞しても焼損のおそれはない。

2.2 本体構造

5脚鉄心構造を採用し、低圧内側、高圧外側に同心配置した巻線は、ともにディスクコイルで占積率の高い複導体を用い、高圧巻線は中央部を中性点側にして上下を並列にした。タップは中性点側から引出した。

衝撃電圧印加の際タップに現われる異常電圧は、変圧器およびタップ切換装置の設計に考慮すべき重要な問題



第4図 30,000 kVA 三相負荷時タップ切換変圧器
80.5~70 kV/22, 33 kV Δ/Δ

である。このタップ間に発生する電圧は、主巻線よりの電磁誘導分とタップ巻線部分の共振によるものであるが、本変圧器においては、主巻線およびタップ部分に制振遮蔽⁽³⁾を施して、異常電圧の発生を抑圧した。

3. 高圧Δ結線負荷時タップ切換変圧器

関西電力株式会社和歌山変電所に2台納入した30,000 kVA変圧器は、Δ結線における負荷時タップ切換という新方式を開いたものである。

その仕様を次に示す。

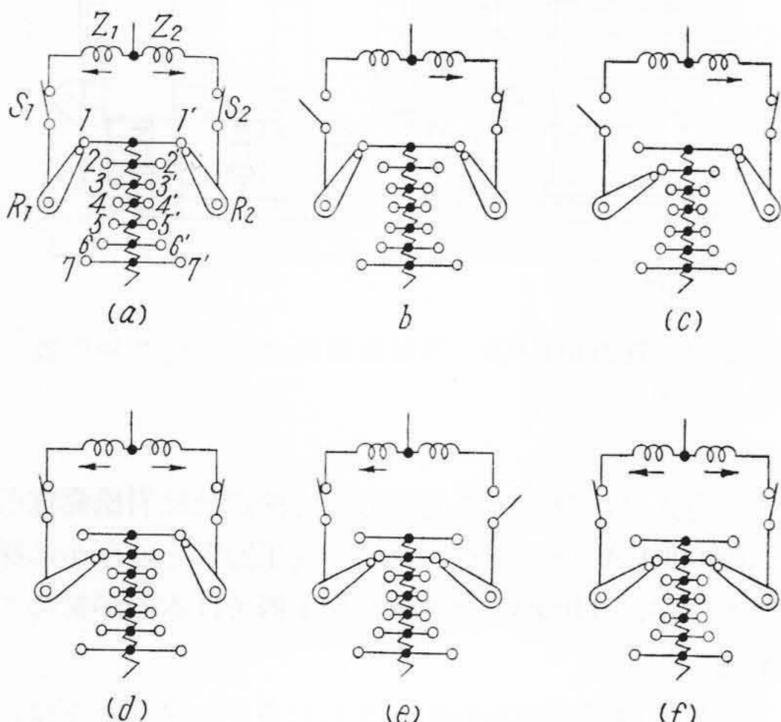
一次 F 80.5~R 70 kV Δ

二次 33 kV 22 kV Δ

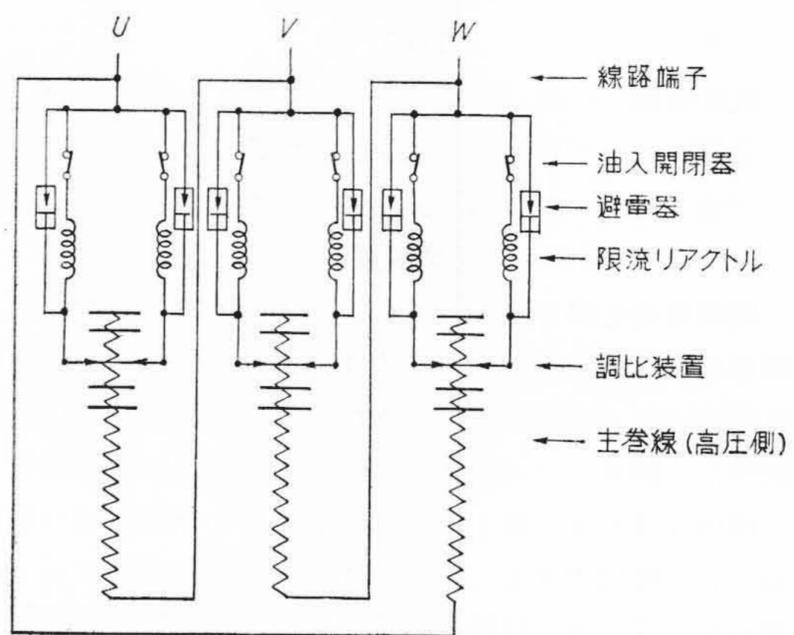
絶縁階級 一次 70号 二次 30号

負荷時タップ切換 一次側タップ

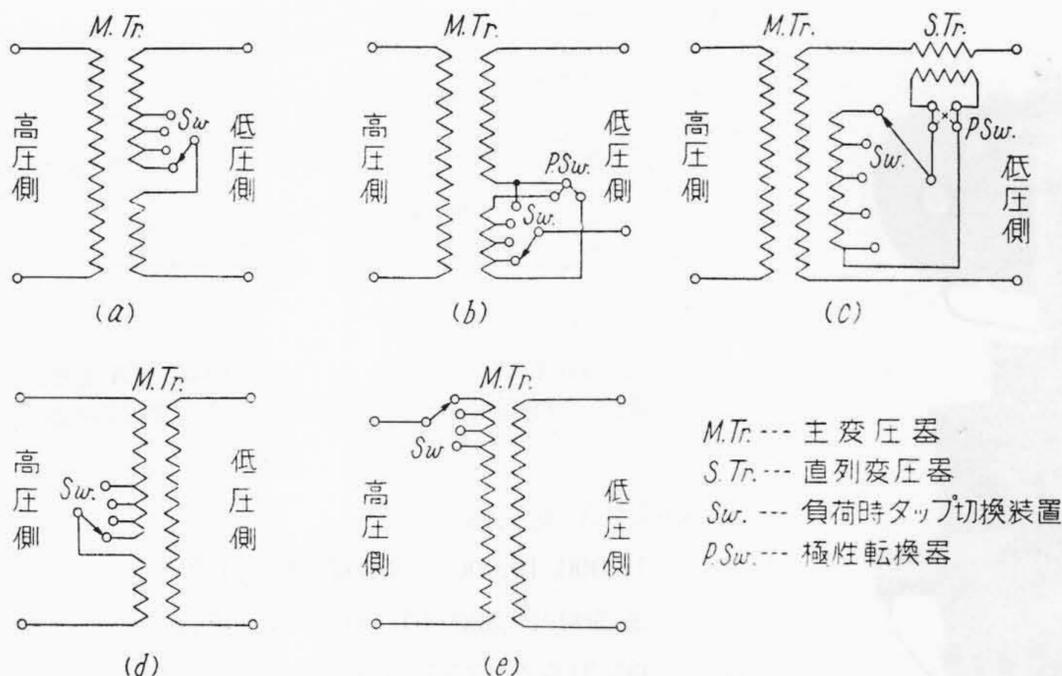
三相 60~ 油入自冷式 内鉄型



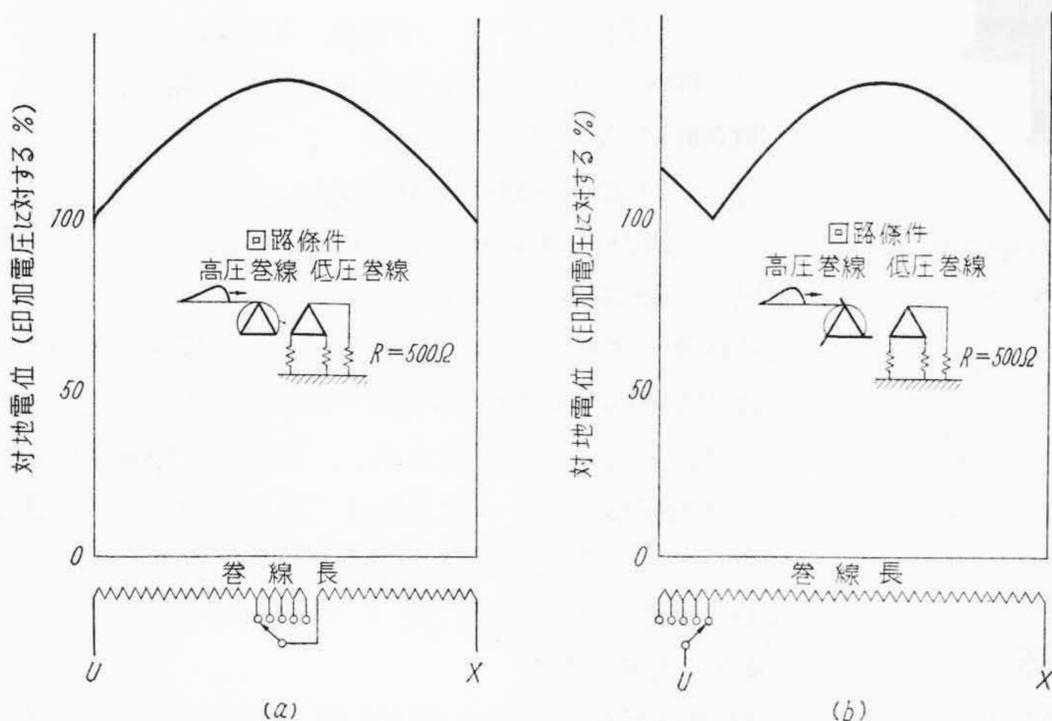
第3図 タップ切換方式説明図



第5図 30,000 kVA 三相負荷時タップ切換変圧器
接続図



第6図 負荷時タップ切換変圧器結線図

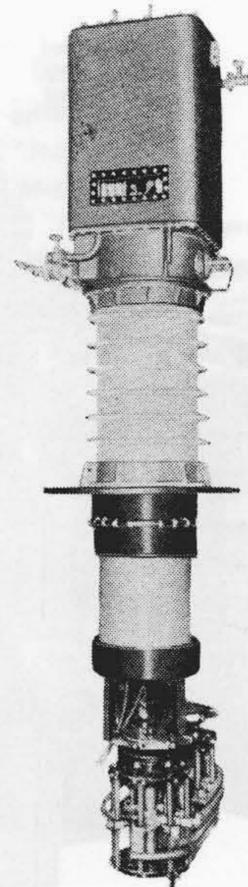


(a) 巻線の中央にタップのあるとき
(b) 巻線端にタップのあるとき

第7図 衝撃電圧特性

3.1 結線

結線は第5図に示すように高圧巻線の線路側でタップ切換を行う方式とした。△-△結線の負荷時タップ切換変圧器には第6図に示す種々の方式がある。容量の比較的小さいうちは低圧側で切り換えるのが容易で (a), (b) が用いられる。容量が大きくなるにつれて開閉電流も大きくなるので, (c) に示すように主変圧器に設けた調整巻線から直列変圧器を介して電圧調整を行うが, 容量がさらに大きいときは高圧側でタップ切換を行う。このとき高低圧巻線のアンペアターンの分布や, 衝撃電圧に対する特性を考え, (d) に示す巻線の中央にタップを設ける方式が普通採られているが, (e) のように線路側にタップ切換器を設けると線路端子を兼用させることもできて, 重量, 寸法などの点で有利なことが



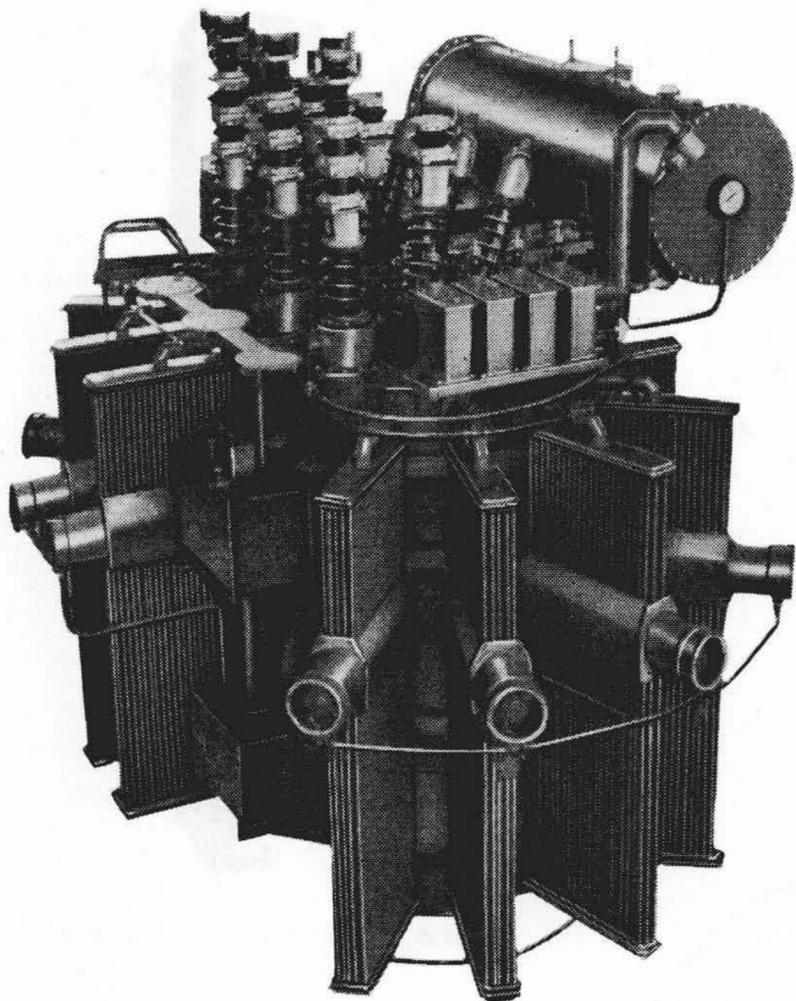
第8図 負荷時タップ切換装置

多い。(d), (e) の結線を比較すると, 第7図からも明らかなように, (d) ではタップ間の絶縁は容易であるが, 衝撃電圧印加による異常電圧により, タップ切換装置は線路端より強い対地絶縁が必要となる。(e) の結線ではタップ切換装置特に油入開閉器は線路端子側であるから絶縁は容易である。タップ間の絶縁は一応問題となるが, 巻線は制振遮蔽を用いて異常電圧を抑圧し, タップ切換装置は避雷器によつて保護すれば線路端にタップ巻線を設ける方が経済的かつ絶縁上の心配も一掃できる。

本変圧器は第6図 (e) の結線を採用し, 巻線は内側から低圧, 高圧の各巻線を配置しその外側にタップ巻線を設け, タップ切換により生ずる高低圧巻線のアンペアターンの分布の不均衡を極力小さくしたから, 短絡時に働く電磁機械力が小さい。

3.2 負荷時タップ切換装置

高圧側線路端子を兼ねる油入開閉器は各相ごとに絶縁碍子上に設置されるが, その構造は前述の 70,000 kVA 変圧器のものと同一方式の単相用油入開閉器である。各相の調比装置および間歇送り機構は第8図のように油入開閉器支持碍管の下に直結して取り付けられている。各相の操作碍管を一括し電動操作機構で駆動する。



第9図 22,500 kVA 三相負荷時タップ切換単巻変圧器 66 kV/34.5kV ±7.5%/3.45 kV ㄥ/△

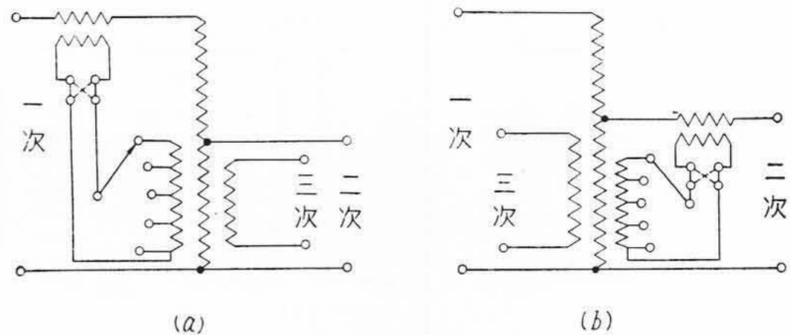
3.3 その他

低圧側は 22 kV で将来は 33 kV に切り換える構造としたほか、外部構造ではラジエタに送風機を取り付けて 36,000 kVA に容量増加ができる。

4. 負荷時タップ切換単巻変圧器

台湾電力会社に 22,500 kVA 1 台、30,000 kVA 2 台の負荷時タップ切換単巻変圧器を納めた。

各変圧器の仕様を次に示す。



(a) 22,500 kVA 変圧器 (b) 30,000 kVA 変圧器
第10図 負荷時タップ切換単巻変圧器結線図

22,500 kVA 変圧器

出力 18,000/10,000/8,000 kVA (自冷)
22,500/12,500/10,000 kVA (風冷)
電圧 66/34.5/3.45 kV 結線 ㄥ/△
負荷時タップ切換 66 kV 側±7.5% 17タップ 衝撃電圧強度 (1.5×40 μs 全波) 一次 350 kV
三次 75 kV 中性点 110 kV

三相 60~ 油入自冷式/油入風冷式 内鉄型

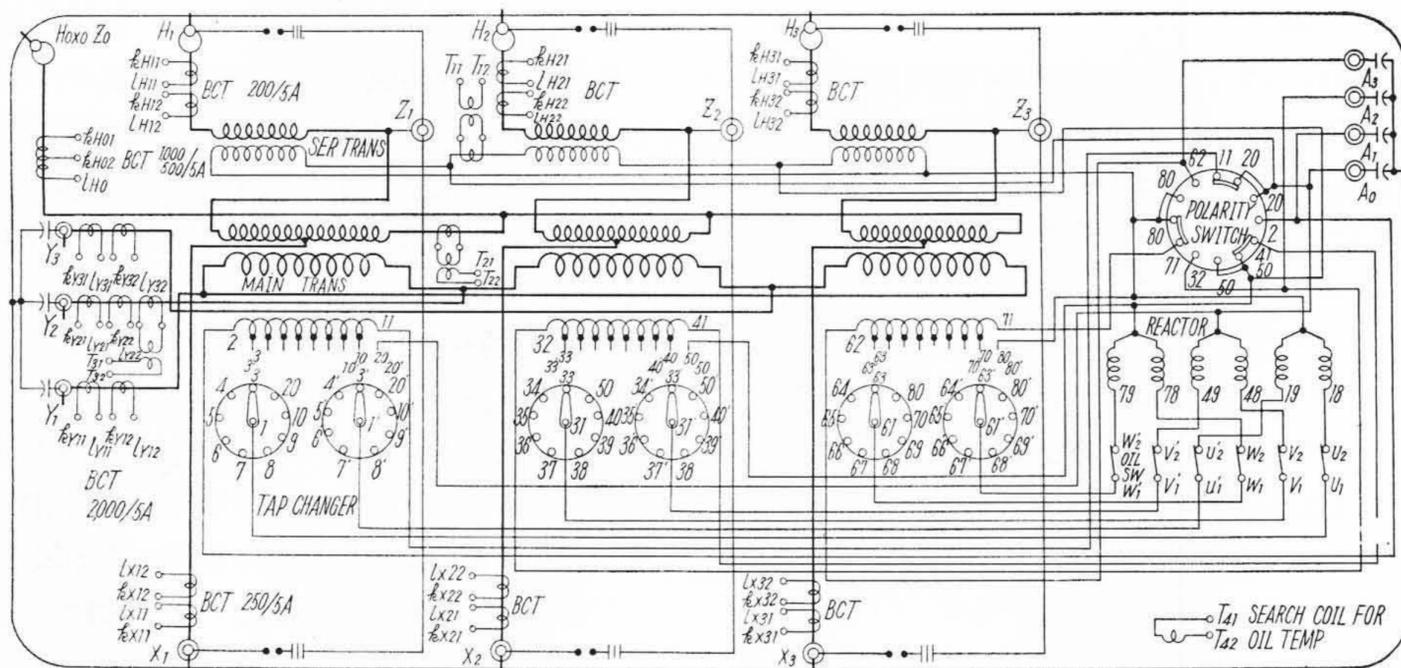
30,000 kVA 変圧器

出力 24,000/24,000/10,000 kVA (自冷)
30,000/30,000/12,500 kVA (風冷)
電圧 69/34.5/3.45 kV
負荷時タップ切換 34.5 kV 側±7.5% 17タップそのほかは 22,500 kVA 変圧器と同一仕様である。

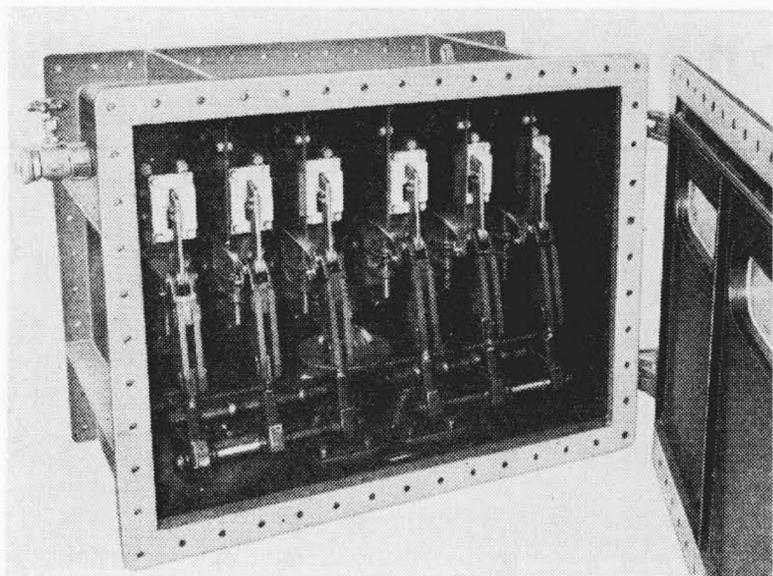
一次、二次は線路容量を示し、三次は巻線容量を示すが分路巻線容量は、一次または二次から給電し、三次と組合わせて二巻線変圧器に使用するときも、三次に定格負荷できるようにした。

4.1 内部構造

22,500 kVA 変圧器は 66 kV 側、30,000 kVA 変圧器は 34.5 kV 側で ±7.5%、17 タップの負荷時電圧調整を行う。第10図に示すように前者では 66 kV 側に、後者は



第11図 22,500 kVA 三相負荷時タップ切換単巻変圧器接続図



第12図 油入開閉器

34.5 kV 側に直列変圧器を接続し主変圧器の調整巻線のタップ切換により直列変圧器の端子電圧を段階的に変化した。この結線方式が調整回路電圧を一次、二次の電圧に無関係に選定できることを利用し、仕様の異なる両変圧器に同一のタップ切換装置を採用した。第11図に22,500 kVA 変圧器の接続図を示す。

主変圧器は内側より調整、三次、分路、直列の各巻線を同心状に配置した。調整巻線はタップ切換えによりアンペアターンの不平衡が起らぬように特殊のシリンドリカルコイルとした。直列巻線は電位分布を良好にして端子付近の電位傾度を小さくするように制振遮蔽を施した。

主変圧器のほかに、線路容量の7.5%容量の直列変圧器と負荷時タップ切換用の限流リアクトルを内蔵する。

4.2 負荷時タップ切換装置⁽²⁾

油入開閉器はすでに多数の製作実績のある6 kV 級のものを使用した。本器の接触部はクリップ型の主接触子と耐弧メタル付の補助接触子からなっている。油吹付けにより電弧時間が短く10万回以上の寿命がある。

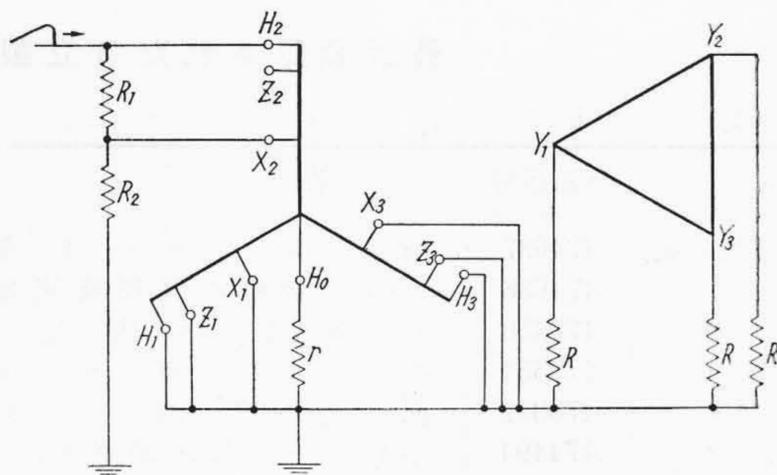
調比装置は、2回転式のものを用いた。つまり調整巻線に1タップだけ余分に巻線を設け可動接触子を同一方向に2回転させてタップを切り換え、極性転換器はその中間で連動動作して直列変圧器の極性を変える。

4.3 保護

保護としては、直列変圧器二次巻線と主変圧器直列巻線のおのにおに避雷器を挿入し、三次巻線と調整回路とはサージアブソーバにより衝撃電圧に対する保護を行った。実測では、三次開放で一次から三次への移行電圧は十数パーセントで絶縁上問題ない。このほか一次、二次線路端には避雷器が接続される。

4.4 試験

衝撃電圧試験は JEC-110 改訂案に準じて行つた。一例として第13図に22,500 kVA 変圧器の一次、二次の接地試験の方法を示す。巻線は H_2-X_2 間および X_2-H_0 間に避雷器が取り付けられるが、この状態で試験を



第13図 衝撃電圧試験

行つても避雷器により巻線が保護されるので変圧器自体の試験としては不十分であり、避雷器をはずした状態で行えば直列巻線、二次ブッシングなどに内部電位振動による異常電圧が発生し苛酷な試験となる。図示のように抵抗 R_1 と R_2 によつて分圧し、二次側には34.5 kV 級絶縁相当の200 kV が加わるようにした。

誘導障害については、NEMA 規格に準拠して変圧器を三次側から定格の110%電圧で励磁し、一次端子におけるコロナ電圧を測定したが、NEMA 規格の5,000 μ V に比べきわめて低いものであつた。

4.5 その他

送風機は最高油温度によつて制御されるが、送風機の制御盤と電圧調整盤はともに一つのキュービクルに納めて変圧器に取り付けた。

輸送はコンサベータ、ブッシング、ラジエタなどの外部関係部品を取りはずし、中身は本体タンクと輸送カバーを利用して窒素ガス封入のうえ組立輸送した。

5. 結 言

負荷時電圧調整器および負荷時タップ切換変圧器は電力システムの合理的な運転制御を行うためにその採用は、ますます増大しているが、この傾向は負荷時タップ切換装置自体の改良と進歩による性能と信頼度の向上によつて一段と推進されようとしている。

以上完成をみた二、三の負荷時タップ切換変圧器の概要を述べ関係各位の御参考に供した次第である。

終りに、九州電力株式会社、関西電力株式会社ならびに台湾電力公司の関係各位の御厚意に感謝し、今後の御鞭撻をお願いする次第である。

参 考 文 献

- (1) 池田, 桜木: 日立評論 38, 651 (昭 31-5)
- (2) 桜木, 大音: 日立評論 別冊 No. 7, 23 (昭 29-7)
- (3) 首藤: 日立評論 別冊 No. 7, 15 (昭 29-7)

特許と新案

最近登録された日立製作所の特許および実用新案

(その3)

(第12頁より続く)

区別	登録番号	名称	工場別	氏名	登録年月日
実用新案	474637	静止レオナード制御装置	日立工場	高尾 滋	33. 3. 28
"	474638	誘導電動機の低周波速度制御装置	日立工場	高角 昌隆	"
"	473350	断路器の固定接触部	国分工場	加藤 清次	33. 3. 15
"	473351	断路器導双接触部	国分工場	加藤 清次	"
"	473352	保護間隙付断路器	国分工場	加藤 清次	"
"	474494	エレベータ着床制御電磁石取付装置	国分工場	加藤 森和夫	33. 3. 28
"	474495	エレベータ乗籠	国分工場	酒山 真喬	"
"	474496	エレベータ用乗籠	国分工場	酒山 真喬	"
"	474501	端子盤電線接続装置	国分工場	小原 好延	"
"	474506	複動緩衝器	国分工場	小原 好延	"
"	474521	三相変圧器	国分工場	小原 好延	"
"	474609	変圧器油槽	国分工場	小原 好延	"
"	474610	変圧器の避圧装置	国分工場	小原 好延	"
"	474611	押釦スイッチの鍵操作装置	国分工場	小原 好延	"
"	474615	遮断器操作装置	国分工場	小原 好延	"
"	473336	電気車用MGの保護装置	水戸工場	高村 正一	33. 3. 15
"	473318	弾性車輪	笠戸工場	高坂 井正裕	"
"	473320	防爆用フレームアレスター掃除器	笠戸工場	高坂 井正裕	"
"	473324	扉閉め安全装置	笠戸工場	高坂 井正裕	"
"	473325	車輻動力伝達装置	笠戸工場	高坂 井正裕	"
"	473326	ボルスターアンカー	笠戸工場	高坂 井正裕	"
"	473327	台車のボルスターアンカー	笠戸工場	高坂 井正裕	"
"	473328	運搬車操作装置	笠戸工場	高坂 井正裕	"
"	473329	ホッパー底扉安全装置	笠戸工場	高坂 井正裕	"
"	473330	車輻連結用幌	笠戸工場	高坂 井正裕	"
"	473331	ホッパー底扉開閉装置	笠戸工場	高坂 井正裕	"
"	473335	ホッパー扉	笠戸工場	高坂 井正裕	"
"	473338	ホッパー扉	笠戸工場	高坂 井正裕	"
"	473360	腐蝕性流体用安全弁	笠戸工場	高坂 井正裕	"
"	473361	腐蝕性流体に用いる安全弁	笠戸工場	高坂 井正裕	"
"	474517	タンク車の波除板	笠戸工場	高坂 井正裕	33. 3. 28
"	474524	運搬車の底戸開放装置	笠戸工場	高坂 井正裕	"
"	474534	2枚引戸装置	笠戸工場	高坂 井正裕	"
"	474535	トラックブレーキ支持装置	笠戸工場	高坂 井正裕	"
"	473308	巻上機の過巻防止用制限開閉機構	亀有工場	小橋 田正六	33. 3. 15
"	473319	粒体を含む流体輸送装置混合室の安全装置	亀有工場	小橋 田正六	"
"	473323	連結用昇降シャフト	亀有工場	小橋 田正六	"
"	473334	曲線部を走行しうる走行装置	亀有工場	小橋 田正六	"
"	473337	車輻の過負荷防止装置	亀有工場	小橋 田正六	"
"	473339	歯車の潤滑装置	亀有工場	小橋 田正六	"
実用新案	473347	巻上機用深度計	亀有工場	小橋 田正六	33. 3. 15

(第72頁に続く)