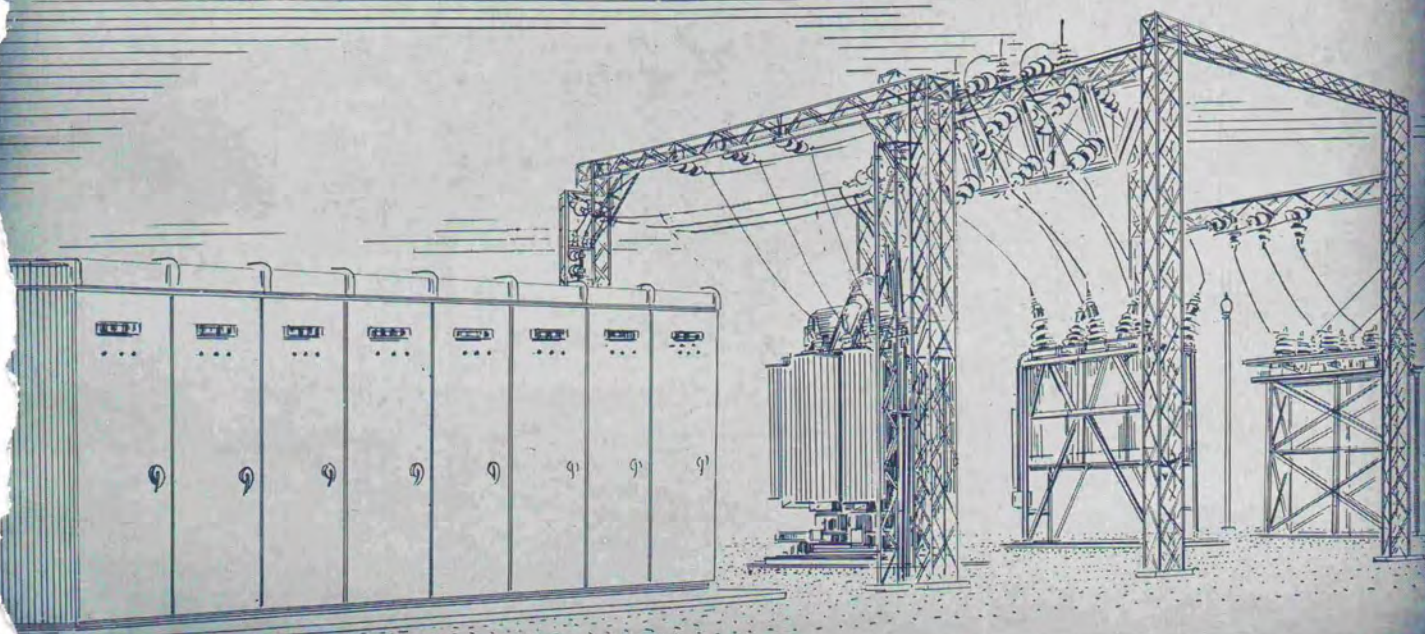


MITSUBISHI DENKI

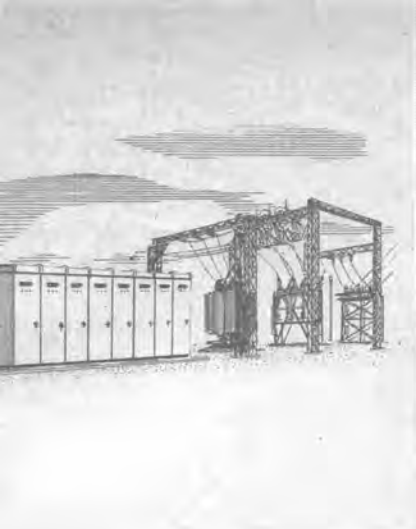
三菱電機



Vol. 27 1953

6

ユニットサブステーション特集



MITSUBISHI DENKI

三菱電機

表紙説明

表紙のペン画は三菱ユニットサブステーションの一例であります。屋外メタルクラッドはユニットサブ用として最適なもの、内部は安全なため各パートが鉄板で区別され完全に接地され種々の鎖錠装置を有しAIEE および NEMA 規格に合致するものであります。

仕様

変圧器 1×6,000 kVA 60～10/3 kV

メタルクラッド 1×制御電源箱

1×変圧器一次箱

1×変圧器二次箱

5×饋電線箱

昭和 28 年 第 27 卷 第 6 号

(ユニットサブステーション特集)

目次

三菱電機株式会社

本社

東京都千代田区丸の内(東京ビル)
(電) 和田倉 (20) 代表 1631・2331

研究所 兵庫県尼崎市南清水

神戸製作所 神戸市兵庫区和田崎町

名古屋製作所 名古屋市東区矢田町

伊丹製作所 兵庫県尼崎市南清水

長崎製作所 長崎市平戸小屋町

大船工場 神奈川県鎌倉市大船

世田谷工場 東京都世田谷区池尻町

郡山工場 福島県郡山市宇境橋町

福山工場 福山市仲野上町

姫路工場 兵庫県姫路市千代田町

和歌山工場 和歌山市岡町

中津川工場 岐阜県中津市駒場安森

福岡工場 福岡市今宿青木

札幌修理工場 札幌市北二条東12

大阪営業所 大阪市北区堂島北町8番地1

(電) 福島 (45) 5251-9

名古屋営業所 名古屋市中区広小路通

(電) 本局 (23) 6231-5

福岡営業所 福岡市天神町(三菱ビル)

(電) 西 (2) 5821-5825

札幌営業所 札幌市南一条西5の14

(電) (2) 2378・3911

仙台事務所 仙台市東一番丁63

(電) 仙台 2573・8057

富山事務所 富山市安住町23の2

(電) 富山 4692・5273

広島事務所 広島市袋1町(明治生命ビル)

(電) 中 1069・4824

高松出張所 高松市南紺屋町34の3

(電) 高松 3178・3250

小倉出張所 小倉市博労町63(富士ビル)

(電) 小倉 3614

単位自動変電所について	2
W 型メタルクラッド	50嵐信一・清水良夫
(速報) 本邦最大水素冷却 3,600 rpm タービン発電機	16
DH 型磁気遮断器	新井正元・五十嵐芳雄 志賀貞雄・富永正太郎
UR 型負荷時電圧調整器	田村良平
(速報) 傘型発電機相次いで完成	33
20 kV キュービクル	吉岡昌昭
C 型空気遮断器	新井正元・五十嵐芳雄・志賀貞雄
(速報) 連続式帯鋼冷間圧延設備用電機品完成す	46
電力遮断器のキャパシタトリップ	新井正元・平田康夫 志村 勲・阿澄一興
(製品紹介) 10,000 A 化学工業用逆性直流高速度遮断器	50

品質奉仕の三菱電機

単位自動変電所について

中部電力株式会社

水野 勝己

Unit Automatic Substation

By Katsumi MIZUNO

Chubu Electric Power Company

To meet with high efficiency ever changing conditions of power demand, of building relatively small substations distributed along the power transmission system has become pertinent. However but for special ingenious devices high cost of building and operation would result in to upset the advantage. The Chubu Electric Power Company has been trying to overcome the difficulties with various means. The high cost of operation has nearly been solved by turning scores of substations ranging from 1,500 to 9000 kVA to automatic operation. Finally the unit substation developed in America has drawn the engineer's attention and several stations have been remodeled to this system.

1. ま え が き

最近配電用変電所の一型式として米国のユニットサブステーションが注目され、わが国の実情に即した適用型式について研究せられた結果が公表される。一方次第に各所においてこの様式を採用入れた変電所の実現を見つづけるようである。当社においてもその適用実施に努力しつつあるので、この誌上を借りて本問題について触れて見たい。

2. ユニットサブステーション型式を採用するに到った経過

従来配電用変電所は相当大容量のものを負荷中心に設置し、一カ所で比較的広範囲に供給する方式を採っていたのであるが、戦後から最近にかけて需用の増加と変動は甚しいものがある。一方地方的産業の振興、農村電化の普及と共に負荷分布も広範囲となり、その負荷単位も増大すると共に密度も大となつたのに対し従来の方式では、設備の複雑化、配電線の電圧降下、損失の増加を来す許りでなく急需に応じ切れない。これに対して、比較的小容量の変電所を分散配置すれば電圧降下および損失の軽減を期待できるが、建設費および運転費は割高となるのは避けられない。また在来の変電所型式のままそれを小型化するのでは供給の柔軟性は必ずしも得られない。

この内運転費の節減のためには従来の設備に簡易自動化を施すことが行われており、30カ所に近い変電所に実施されその容量も 1,500kVA から 9,000kVA に及んでいる。しかしながらこれは在来の設備に自動再閉路装置その他適当な自動装置を附して自動化を計つたものであり、設備自体は単純化されておらず、必ずしも合理的なものとはいえない。また小容量変電所の場合では建設費の割高という点は以然として解決されず、したがって既設変電所の増設で増負荷に対処することが間々あった。

このためには変電設備の単純化を計つて、極力建設費を低減すると共に無人自動化により運転保守費の節減を計ることが必要であり、この点米国において夙にこの目的に応ずるべく発達を見たユニットサブステーションに注目したわけである。

3. ユニットサブステーションの適用について

適用については設計要項⁽¹⁾に比較的詳しく述べられているが、昨年竣工した振甫変電所および近く竣工の瑞浪変電所（いずれも三菱電機においてスイッチギヤー製作）の場合を中心に当社においてさらに考慮した事項を敷衍したい。なお振甫変電所の設備の詳細については別に紹介されると考えるので、ここでは触れない。

さてかかる型式の適用について考えると、ユニットサ

1 表 単位自動変電所実施例

所 名	所 在 地	出 力 kVA	変 圧 器			配 開 装 置	備 考
			電 圧 kV	容 量 kVA	台 数		
振 甫	愛 知 県	6,000	10.3	2,000	3	メタルクラッド 配 電 盤 (O.C.B)	竣工 最終設備 30/3 kV 6,000×2
瑞 浪	岐 阜 県	3,000	30/3	1,000	3	〃 (A.C.B)	工 事 中
鴨 田	愛 知 県	6,000	〃	2,000	〃	〃 (O.C.B)	〃
三 郷	〃	6,000	〃	〃	〃	(〃)	〃
乙 川	〃	6,000	〃	〃	〃	〃 (A.C.B)	〃 (遠方制御併用)

ブステーシヨンの特色である使用機器の標準化と工場組立による変電所設計の標準化、単純化および建設の簡易化という点よりみれば、変電所容量の大小を問わず望ましいことであり、大都市内の屋内型式を採用する必要のある場合の如き特殊な地理的條件の箇所を除き全配電用変電所に適用して可なりと考える。したがって前述の小容量変電所の場合のみならず、今後の新設変電所も特に支障のない限りこの型式によりたい。そこでその容量も12,000kVA 程度迄を対象とすることとなり、単位容量も6,000kVA のものを加えたいと考えている。因みに振甫変電所は当社としてこの種の変電所の最初のもので、最終設備容量12,000kVA (30/3kV 600kVA 2台で現在設備は6,000kVA である。なお当社における実施例を第1表に示す。

以下設備について今少しく述べる、

(1) 一次側設備

一次設備は現在の処ユニットサブステーションなるが故の特別な考慮を加えず、従来の当社の標準方式をそのまま踏襲している。

(2) 変圧器

変圧器は三相の方が単相よりも価格が幾分安く、床面積も少なくてすむ点、またユニットサブステーション本来の特長である設備の簡易化を徹底させる意味から三相の方がよいことは論ずるまでもない。しかして最近の技術の進歩による事故率の減少も予想せられる折柄なお更である。といつても事故は必ずしも絶無といえず、また米国と違って配電線の信頼度は充分とはいえない。一旦変圧器故障の場合隣接変電所に切換え得る負荷にも限度があり、予備の問題も考慮に入れねばならない。勿論これに対して設備容量に応じて三相変圧器二台を設置することも考えられ、経済的制約もあり、現在迄は過渡的措置としてやむをえず単相変圧器を採用している。しかし将来は移動用変電所採用の如き手段を講じ、三相化を計る予定である。

(3) 二次側開閉装置

二次側開閉装置はその信頼度、安全性という点より本格的なメタルクラッドスイッチギヤをすべて採用している。これは変電所の最終容量が6,000kVA 以上であり、供給区域内の負荷密度も比較的高く、供給の信頼度

の高いことが要求せられているからであるが、これとは別に比較的供給範囲も小さく、負荷密度も低い農山村の1,500kVA 程度の小容量変電所の場合には建設費低減のために簡易化したキュービクル型のものを使用したいと考えている。なお6,000kVA 単位の場合の母線の電流量は安全度をみて1,500アンペアとし、分岐線はすべて600アンペアを標準としている。

(イ) 一般構造

母線の引込引出は変圧器が単相であること、架空引出の場合電路間隔に制約のあることよりケーブル(引込は単心引出は三心)を採用した。

さてかかる屋外設置の比較的狭い箱内に各種機器を納める場合、耐風雨雪構造とすることは勿論であるが、湿度の高いわが国においてはとくに防湿構造には充分注意を払う必要がある。このために一応箱内にスペースヒータ(400W)を設けるなどの手段を講じているが、両内の換気構造との関聯もあり、実際製品について調査の上具体的対策を樹てたいと思つている。なお通風孔の防塵方法についてもさらに研究を要する。日光直射時の天候急変による天井裏の結露防止については振甫変電所の場合は何等考慮しなかつたが、二重天井方式を採用することも今後の研究課題である。

遮断器を制御する場合、とくに雨の中の場合扉を開閉することを避けるため、振甫の場合は別々監視室に制御スイッチを設け、瑞浪変電所では制御装置を函の中心部に集めて開閉扉を明けないで制御できるよう制御窓を設けると共に計器窓も設けた。この場合計器窓が函内外の温度差により曇らぬよう考慮することは勿論、硝子破損を防ぐ為鉄扉を設ける必要がある。

(ロ) 遮断器

遮断器の遮断容量は6,000kVA 単位に対して100MVA が要求される。振甫変電所の場合は時期的関係からやむをえず油入型を採用したが、勿論無油型が望ましく、瑞浪変電所の場合には磁気吹消型を採用した。なお無油型遮断器の採用と共に他の函内油入機器すなわちP.T. 所内変圧器も乾式のものとしたいと考えている。

遮断器の投入は両変電所共セレン投入によつている。この場合セレン装置は遮断器共通に一台でもよいのであるが、安全を期し各遮断器に設置している。また遮断器

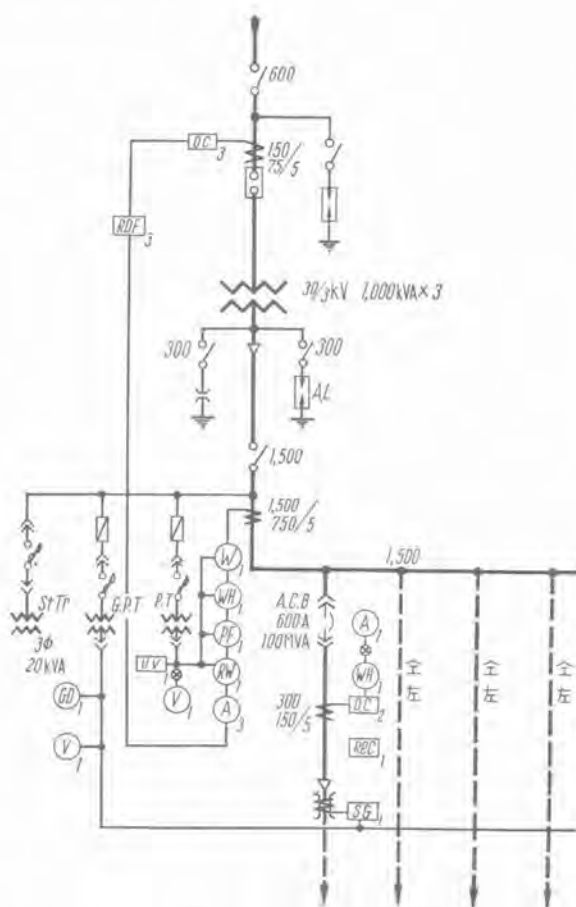
の引出および昇降装置はこのスイッチギヤの眼目であり特に安定度の高いことが要求される。現場では取扱いに特に細心の注意を要せず、普通に心配なく取扱える程度の精度と強度を有することが必要で、閉路時完全挿入位置の確実な表示方法を考慮する必要がある。

(ハ) 制御用電源

所内変圧器は二次側に設置することを標準としている。したがって一次側遮断器の投入は手動投入となる。一般に遮断器は手動投入できぬものであり、このため無電圧で遮断器を投入した上、3極断路器で変圧器を生かす方法を採らねだならないが、万一変圧器故障時のことを考えると好ましい方法ではない。したがってかかる形式の変電所においては機械的方法等により直接投入できるような構造のものが望ましい。

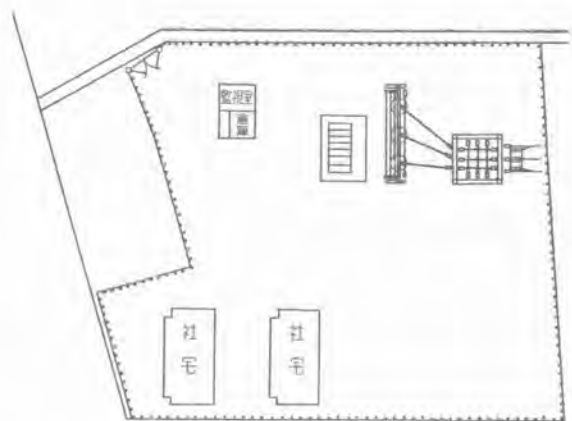
引外用電源としては交流、直流の二方法があるが、当社では信頼度のあることより警報表示および非常灯電源を兼ねて保守上の難点があるが、敢えて蓄電池を設けることとした。蓄電池は密閉型(48V 36~48AH)のものを採用している。

以上設備の主要なものについて考慮した点、また将来とも考慮すべき点について挙げた。ここに触れなかつた点については大体前記設計要項によつていたので、その方を参照されたい。



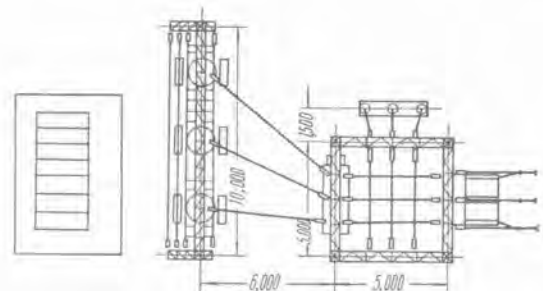
1 瑞浪変電所単線結線図

Fig. 1. Schematic diagram of Mizunami Substation.



2 瑞浪変電所一般平面図

Fig. 2. Plan of Mizunami Substation.



3 瑞浪変電所機械器具装置図

Fig. 3. Layout of machines in Mizunami Substation.

次にその実施例の一つとして近く竣工予定の瑞浪変電所の単線結線図、一般平面図および屋外機器装置図を示す。その設備の概要は次の通りである。

変電所出力	3,000kVA (変圧器 30/3KV 1,000kVA 3 台)
引出配電線回線数	4 回線
用地	546 坪
建物	監視室 (倉庫共) 6 坪 1 陳 社 宅 2 戸

4. 運轉保守について

この型の変電所は単純化せられた設備と適当な自動装置との組合はせにより無人運轉を目標としているのであるが、わが国の現状では交通の便必ずしも充分でなく、通信設備も完備しているとはいいがたいこと、さらに相当設備容量の大きいものを対象としている点もあり、盗難予防も兼ねて緊急時の連絡手配に主として当る監視員として終日勤務者 2 名 (内予備員 1 名) を置いている。そのために構内に数坪の監視員詰所を設けている。

(1) 警報表示

上記監視室には監視の便のため警報表示盤を設け、下記の通り故障時警報表示を行うとともに社宅にも警報を行うようにしている。

ランプ表示 (赤緑色信号灯) …	各遮断器開閉表示
同 (無色信号灯) …	3KV 側地絡表示
電 鈴	…自動遮断 (但饋電線は再閉路不成功時)
ブザー	…停電警報及び 3KV 側地絡警報)

(2) 記録

平日は8時、10時、初夜ピーク時の3回巡視を兼ねて所要の記帳をとることとし、毎時の電力量は毎日1回記録電力計の記録と積算電力計の読みとより整理し、給電報告を行うこととしている。上記の方法は繁雑であり、記録そのものも推定によらざるをえないので、信頼性のある記録積算電力計の出現が望ましい。

なお点検手入は従来、一般変電所に準じて一応行うこととしているが、ここ暫く経過をみた上さらに検討したいと考えている。

5. 結 言

以上単位自動変電所に関する諸問題について、略述した。その設備とくにメタルクラッドスイッチギヤーにつ

ては実際使用の上、さらに検討を加えねばならない。この点未だ使用経験の浅い現状では後日に待たねばならぬが、例えば遮断器の引出昇降装置の機構の安定度、函の防塵装置あるいはその他細部についてさらに改良を加える余地があるように見受けられる。要するにこの種の変電所においてはスイッチギヤーがその中枢を示すものであり、将来の無人運転も考える時、その信頼度如何が変電所の死命を制する。したがって使用機器の標準化を計ることは勿論、在来の機器をそのまま函の中に収めるという考えでなく、スイッチギヤーに適合するよう新しく設計製作されたものを使用することが必要である。それと共に限られたスペースに機器を収めるのであるから工事点検の容易なようその配置についても充分留意し、さらにドアの握り、押ビスに到るまで神経をくばり堅牢確実なものとするのが望ましい。また函の如きもその主要寸法とくに取付寸法の如きはできるだけ製作者間で統一されることが望まれる。これはこの型の変電所の機動性の一面を発揮させることにもなるのである。

今後共製作者の努力を得てよりよいものとするよう努力したい。

文 献

- (1) 単位自動変電所設計要項：電気協同研究 Vol. 9, No. 1

W 型 メ タ ル ク ラ ッ ド

神戸製作所

五十嵐 信一^{*}・清水 良夫^{**}

Type W Metal-Clad

By Shinichi IGARASHI, Yoshio SHIMIZU

Kobe Works

Brief account are given herein about metal-clads (Made of steel plates, American system) containing oil circuit breakers and air circuit breakers manufactured by Mitsubishi. Switchgear of this type is now getting very popular because of its excellent facilities. Description covers the construction used for outdoor service as well as the internal construction of ordinary type.

1. ま え が き

木製の低圧開放型にその端を発した配電盤は、電力使用の増大と共に漸次改良されキュービクル、トラック型の順に発達し、その道程を辿り現在においては米国式メタルクラッドの時代にまで進んできている。

開放型は部分品のよせ集めであることから、この面から見れば融通性があると云えるが、これを纏めるのには特別な技術と手数を要し、荷造発送に当つての解体、現地での組立、結線の間違の外に安全性が劣ることから鉄板囲いのキュービクル(閉鎖型)とシフアクトリーメードにしたのは大きな躍進であつた。しかしこれは鎖錠装置が完全で無く点検に不便なことから引出型としてトラック型(閉鎖車台型)に移行したのであるが、これをさらに改良しコンパクトなものとして移動性と互換性をより良く持たしめたのはここに記述する鋼板製 W 型メタルクラッド(装甲型開閉装置)である。

当社はその優秀性を認め鋭意開発中の処遮断器として油入遮断器のものは遮断容量 50 MVA~500 MVA までの 5 種、磁気遮断器使用のものは遮断容量 50 MVA~250 MVA までの 5 種の開発を終り、各電力会社のご注文に応じ龐大なる数を量産に流し、昨年秋には中部電力株式会社振甫ユニットサブステーション用として 6,900 V 150 MVA 油入型遮断器内蔵の屋外型を納入したのを初めとし、最近では中国電力大社ユニットサブステーション用として 6900 V 100 MVA 磁気遮断器内蔵の屋外メタルクラッドを他社に先んじて納入している。以下これらメタルクラッドの内部構造と屋外用としてユニットサブステーションに応用したる場合につき記述することとする。

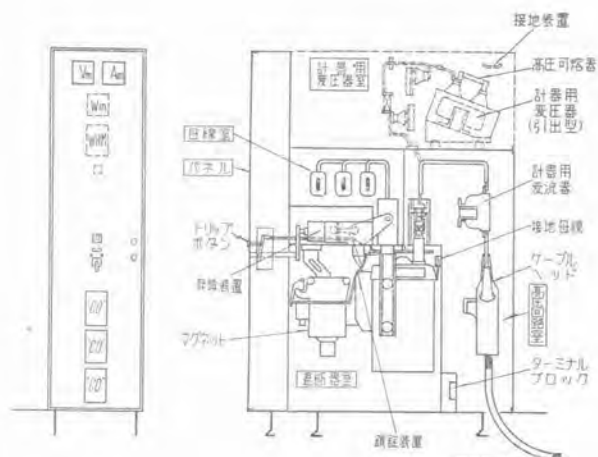
2. メタルクラッドの定義

前述のようにキュービクルから発達してメタルクラッドとなつたものであるが外観は両者共に鋼板囲いでよく似ており紛らはしいので NEMA 規格では次の如く定義を下している。

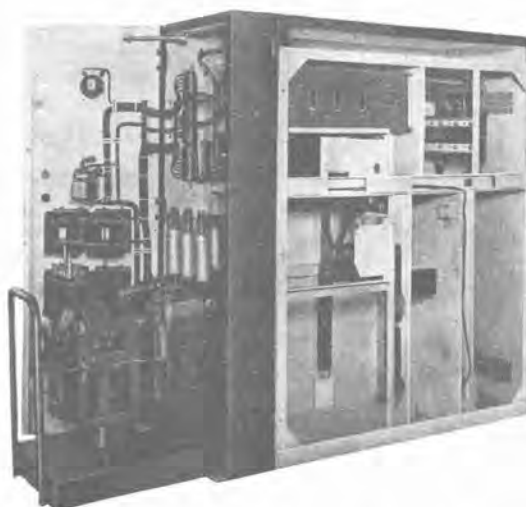
「メタルクラッドスイッチギヤーとは遮断器 およびその他の装置例えば計器用変成器、母線、内部結線を含む金属構造物である。変成器、絶縁母線および内部結線等はそれぞれ分離されて接地された金属の区劃内に収められている。遮断器は自己結合の一次および二次の接点を有しており且つ遮断器を回路開の位置から回路閉の位置に移変するために必要な断路機構を装備している構造であるから遮断器を回路開の位置に移してから初めて固定部分より取り出すことができる。正しい順序で安全な操作を行うようにこれを保証する鎖錠装置が用意されている。(NEMA 抜粋)

キュービクルは鉄板製閉鎖型で中に遮断器、断路器を入れ表面に計器および継電器を取付けた単位配電函である。山形鋼其他の鋼材枠組に鋼板を張る場合と鋼板のみで組立てる場合の二方法がある。母線は絶縁テープを巻く位で時にアスベストセメント板等で母線室や高圧部分を囲う場合がある。

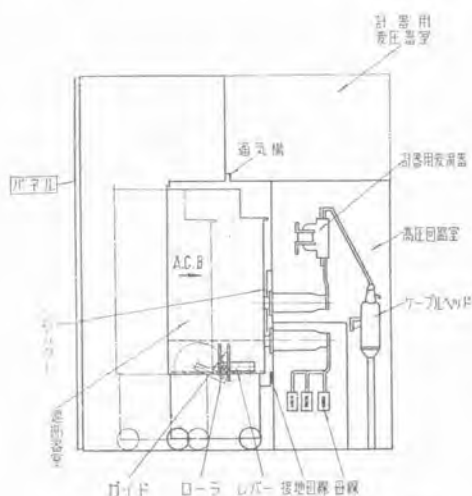
当社 W 型メタルクラッドは、遮断器は引出型となつており母線室、遮断器室、機構室、高圧回路室、計器用変成器室およびパネル部等よりなり各部が鋼板で区劃され完全に接地されている。また遮断器を点検のため引出す際には完全な鎖錠装置を持つていて、遮断器開の状態であれば引出しまたは入れることができぬ構造となつており完全なメタルクラッド形態を有しているのである。



1 図 (a) WF 型メタルクラッド配電盤
Fig. 1. (a) Type WF metal clad switchgear.



2 図 (a) WF 型メタルクラッド配電盤
Fig. 2. (a) Type WF metal clad switchgear.



1 図 (b) WH 型メタルクラッド配電盤
Fig. 1. (b) Type WH metal clad switchgear.



2 図 (b) WH 型メタルクラッド配電盤
Fig. 2. (b) Type WH metal clad switchgear.

(1 図 a, b および 2 図 a, b 参照)

3. W 型メタルクラッドの種類

形状と絶縁方式の相違から大別して歐洲型と米國型とに分けることができるがこの W 型は歐洲型すなわち耐爆充填型ではなくいゆる米式メタルクラッドで鋼材枠組に鋼板を張付け箱体とし、絶縁にはフェノールレジン系積層板またはモールドを使用し高圧露出部分を全然無くした構造である。

またこの型は遮断器が油入型か氣中型かによつて内部構造に大いに相違がある。すなわち油入型 (WF 型または WB 型) の場合は、これを回路に結合または切離しの際はネジ装置による昇降機構によつて行われ、箱よりの出入は水平移動であるに対し、氣中遮断器 (WH 型) の場合は単に水平移動によつて回路と結合または切離される。共に迅速に遮断器の交換ができるようになっている。

また設置場所によつて屋内型と屋外型とあり、後者は屋内型のものを耐暴風雨雪の構造としたもので、遮断器 W 型メタルクラッド・五十嵐・清水

の引出しは前者は表面より行うに對し後者は裏面扉を開いて行ふものである。屋内型は火力発電所および一般屋内変電所用として使用され屋外型はユニットサブステーション (単位式自動変電所) 用として今後盛んに採用される氣運にある。遮断器の型式と屋内外の別により形状および寸法に相違あり当社標準のものは別表の通りである。

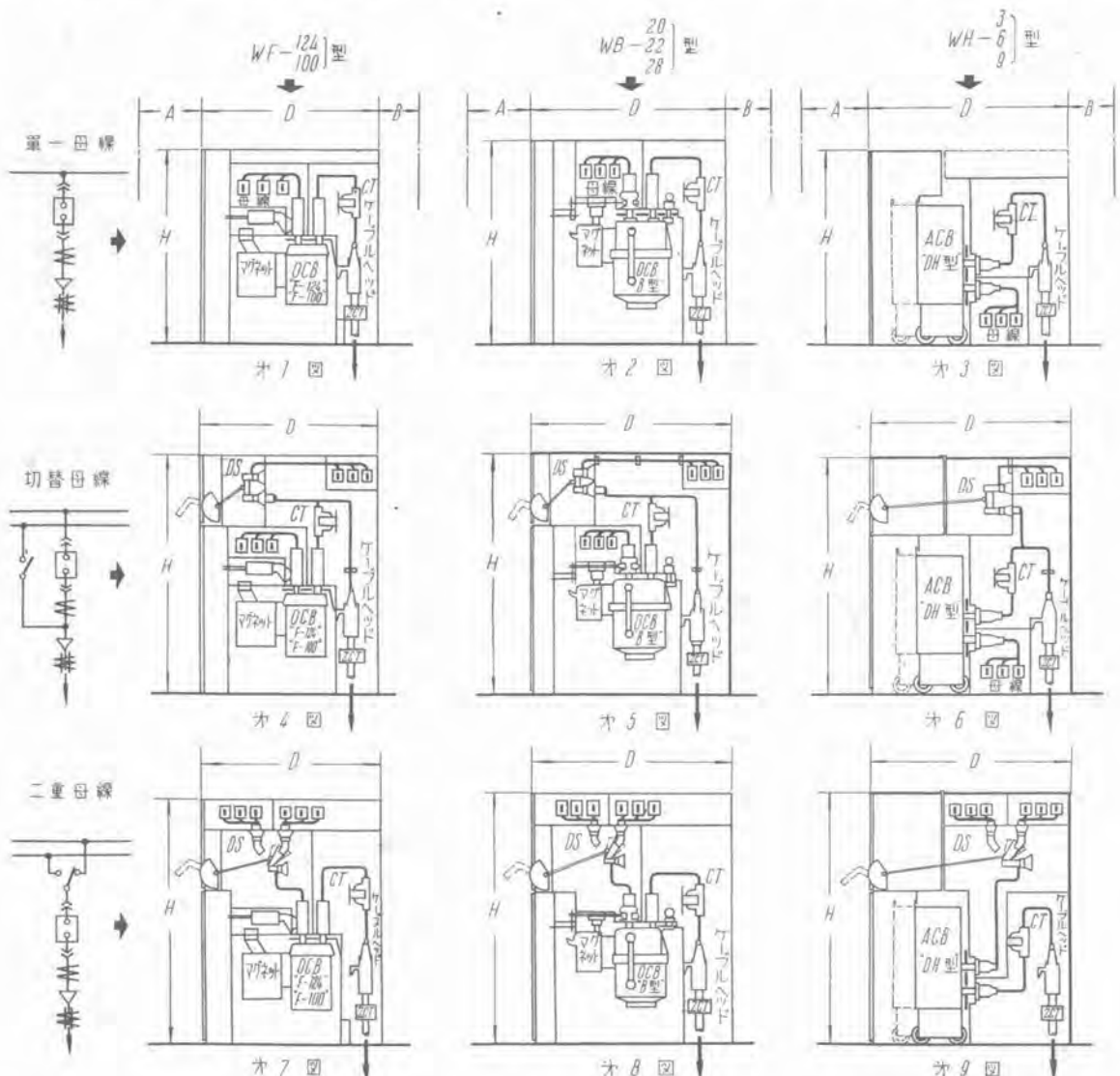
4. 外箱およびその内部

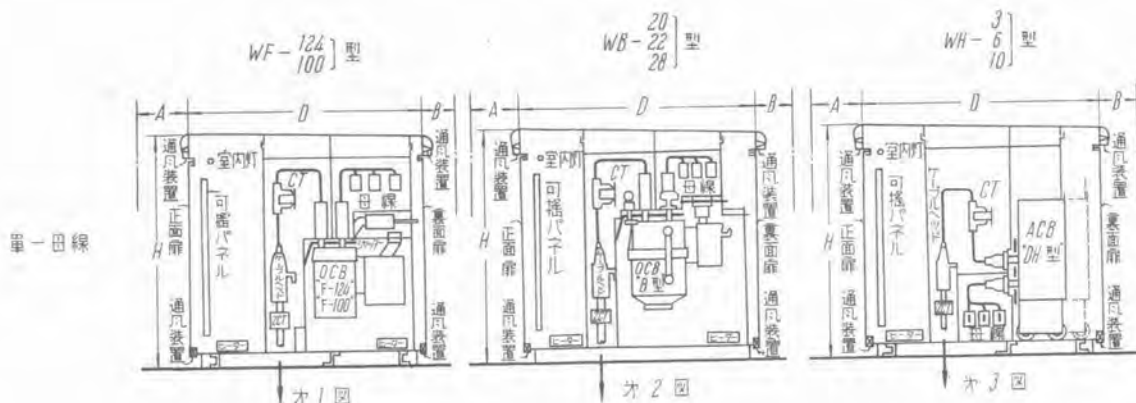
外箱は運搬中等に歪まないように堅牢にして而も外觀が優美なように角鋼あるいは溝鋼等を溶接してフレームを形成し、それに 3.2 mm の厚さの高級仕上鋼板を溶接あるいはねぢ止めてでき上つている。

したがつて屋内用の外觀は一般のキュービクル配電

1表 屋内用メタルクラッド寸法表

型		定 格			単 一 母 線					切 替 母 線					二 重 母 線				
盤型名	遮断器型名	遮断容量 kAV	電 圧 V	電 流 A	W 巾	H 高サ	D 奥行	重量 kg	参照 図	W 巾	H 高サ	D 奥行	重量 kg	参照 図	W 巾	H 高サ	D 奥行	重量 kg	参照 図
WF-124	F-124	50.000	11.500	600	510	2.300	1.450		1	510	2.500	1.800		4	510	2.300	1.800		7
			6.900	1.200															
			3.450	1.500															
			3.450	2.000															
WF-100	F-100	100.000	11.500	600	610	2.300 (1.800)	1.800		1	610	2.500	1.800		4	610	2.300	1.800		7
			1.200																
			1.500																
			6.900	2.000															
WB-20	B-20C	150.000	11.500	600	710	18.50	1.800		2	710	2.700	2.200		5	710	2.500	1.800		8
WB-22	B-22C	250.000		1.200															
WB-28	B-28B	500.00	11.500	600	910	2.600	2.150		2	910	2.800	2.150		5	910	2.600	2.150		8
			1.200	2.000															
WH-3	3-DH-5	50.000	3.450	600	660	2.300	1.950		3	660	2.700	1.950		6	660	2.700	2.200		9
	3-DH-10	100.000		1.200															
	3-DH-15	150.000																	
	3-DH-25	250.000																	
	3-DH-15	150.000	3.450	2.000	910	2.300	1.950		3	910	2.700	1.950		6	910	2.700	2.200		9
	3-DH-25	250.000																	
WH-6	6-DH-15	150.000	6.900	600	910	2.300	2.350		3	910	2.800	2.200		6	910	2.700	2.200		9
	6-DH-25	250.000		1.200															
	6-DH-50	500.000		1.200															
				2.000															
WH-10	10-DH-15	150.000	11.500	600	910	2.300	2.350		3	910	2.900	2.500		6	910	2.800	2.500		9
	10-DH-25	250.000		1.200															
	10-DH-50	500.000		1.200															
				2.000															





2表 屋外用メタルクラッド寸法表 (単位式自動変電所用)

型		定 格		単 一 母 線					参照図
盤型名	遮断器型名	遮断容量 kVA	電 圧 V	電 流 A	W 巾	H 高サ	D 奥行	重量 kg	
WF-124	F-124	50,000	11,500	600	610	2,300	2,300	1	
			6,900	1,200					
			3,450	1,500					
WF-100	F-100	100,000	11,500	600	710	2,300	2,300	1	
			6,900	1,200					
			6,900	1,500					
WB-20 WB-22	B-20C B-22C	150,000 250,000	11,500	600	810	2,300	2,300	2	
				1,200					
				2,000					
WB-28	B-28B	500,000	11,500	600	1,010	2,500	2,500	2	
				1,200					
				2,000					
WH-3	3-DH-5	50,000	3,450	600	710	2,300	2,300	3	
	3-DH-10	100,000		1,200					
	3-DH-15	150,000		1,200					
	3-DH-25	250,000	3,450	2,000	960	2,300	2,300	3	
	3-DH-25	250,000		2,000					
WH-60	6-DH-15	150,000	6,900	600	960	2,600	2,650	3	
	6-DH-25	250,000		1,200					
	6-DH-25	250,000		1,200					
	6-DH-50	500,000		2,000					
WH-10	10-DH-15	150,000	11,500	600	960	2,600	2,650	3	
	10-DH-25	250,000		1,200					
	10-DH-50	500,000		2,000					

盤前後のスペース

型名	寸法	通 路 A	ブレーカー引出寸法 B
WF-124	最小	1000	最小 1800
WF-100	〃	1000	〃 1800
WB-20	〃	1000	〃 1900
WB-22	〃	1000	〃 1900
WB-28	〃	1000	〃 1900
WH-3	〃	1000	〃 1500
WH-6	〃	1000	〃 1700
WH-10	〃	1000	〃 1700

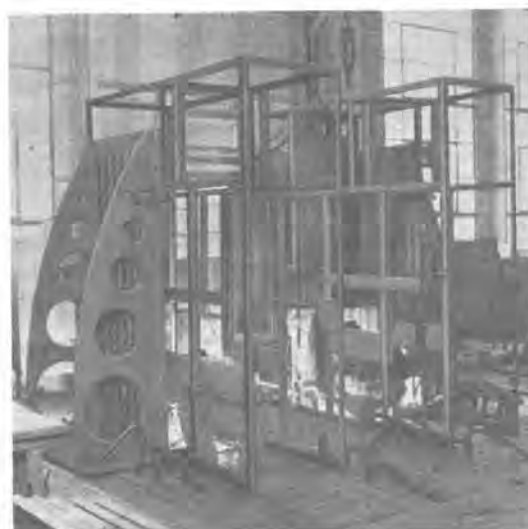
盤、トラック型配電盤と似ていていわゆる歐洲型と称せられている充填型メタルクラッドとはその趣を異にしている。

内部各部屋は隔壁鋼板によつて仕切られており、各部屋毎に区分して点検できるように取外し可能の鋼板隔壁を配置している。

したがつて点検する際に隣の室の生きている回路に操作者がさらされることのないようにしてある。3図は外箱(WH型)のフレームを組んでいる所である。

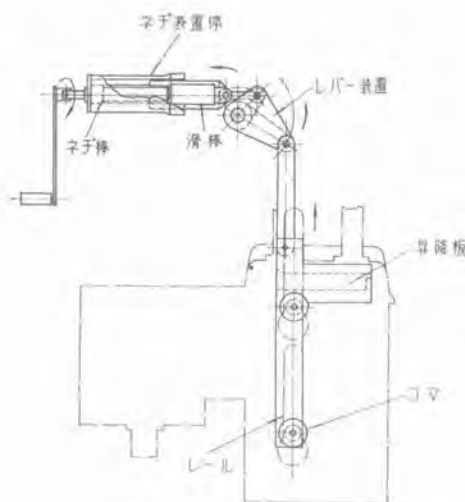
5. 遮断器の着脱機構

メタルクラッドにおいては遮断器は引出して点検、交換できるようになっている。同種類の遮断器ならばどの配電盤でも互換性を持つことは論を待たない。その遮断器を引出す方式、すなわち遮断器を回路から外したりあるいは回路に入れたりする方法に遮断器を垂直に吊り上げ、吊り降しすることによって着脱する垂直引出型と



3図 フレームの溶接作業

Fig. 3. Welding work of frame.



4 図 WF 型昇降装置
Fig. 4. Type WF sifting device.



5 図
昇降用ジャッキ装置
Fig. 5. Jack of Type
WB sifting device.



6 図 WB 型遮断器室内部
Fig. 6. Type WB breakers chamber.

遮断器を水平に押込みあるいは引出すことによって着脱する水平引出型との二種類ある。

当社においては油入遮断器には垂直引出型を、磁気遮断器には水平引出型を採用している。以上遮断器を回路に着脱さす機構に就いて述べよう。

i) 垂直引出型………は遮断容量 100 MVA 以下の油入遮断器を用いる WF 型とそれ以上の大型遮断器を用いる WB 型との 2 種類があり、それぞれに適した方法により、その機構が設けてある。

WF 型は 4 図に示すようにねじ装置体とこれにつながるレバー機構によっている。すなわちボールベアリングによって支えられたねじ棒を廻らすことによってこれに噛み合っている滑棒を引き寄せる、したがって滑棒に連結されたレバーは上下して昇降板を上下さすのである。

WB 型は 5 図に示すような特殊なジャッキとラックを利用して昇降している。すなわち左右に此のジャッキを付けて左右のジャッキを鎖と鎖車を利用して同時に回すことによってそれぞれのラックに取付けてある昇降板を上下さすのである。(6 図参照)。此のジャッキは 5 図より明らかなように前後一對のウォーム機構より成り、それぞれのウォーム軸に与えられるスラストが互に平衡するようにウォームの方向を逆にしてウォーム軸を一本にしている。したがってウォーム軸にスラストベアリングを用いる必要はない。また前後のラックに誤差があってもウォーム軸が多少前後するだけで一方だけに無理をすることがないようにしてある。

ii) 水平引出型………水平引出し型の WH 型では磁気遮断器に車輪が付いているのでトラック型と同様引出したり挿入したりすることができるようになっている。すなわち WH 型は遮断器が所定の位置に確実に入るように一定の距離だけ定常位置より前において止まり(此の位置を試験位置と呼んでいる。此の位置において遮断

器は完全に主回路より独立し二次接触子が続ぐことによって遮断器を試験することができるからである。)それより遮断器を所定の位置迄進めるには遮断器の前方に出ているロッドにハンドルを挿入して回転する。ロッドを回転すると遮断器に付いているレバーが回転し、此のレバーが回転し此のレバーに付いているローラーで外箱のガイドを押して遮断器が進むようになっている。(1 図 B 参照)引出す時は反対方向にロッドを廻らすことによって試験位置迄出しそれよりは遮断器を引出すことができる。

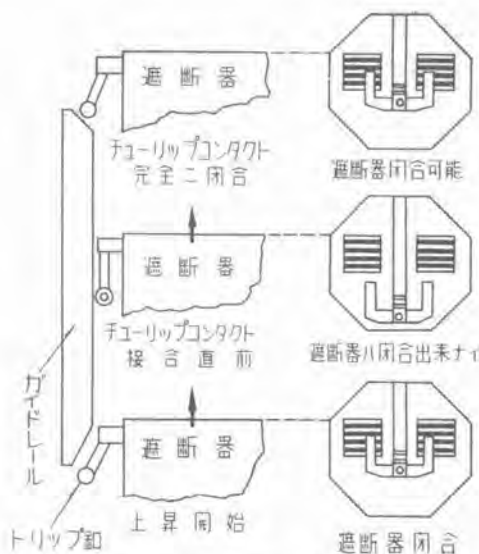
6. 遮断器の着脱に関する鎖錠装置

遮断器が閉のまゝで回路に着脱されると一次接触部が焼損するから遮断器は如何なる場合でもトリップした状態で回路に着脱されるように、あるいはトリップしなければ着脱できないように確実なる鎖錠装置が付けられねばならない。

当社は此の鎖錠装置として最も確実な機械的鎖錠装置を用いている。そして如何なる場合でもトリップした状態で回路に着脱される形式のものには WB 型が入り、トリップしなければ着脱できない形式のものとしては WH 型、WF 型がある。

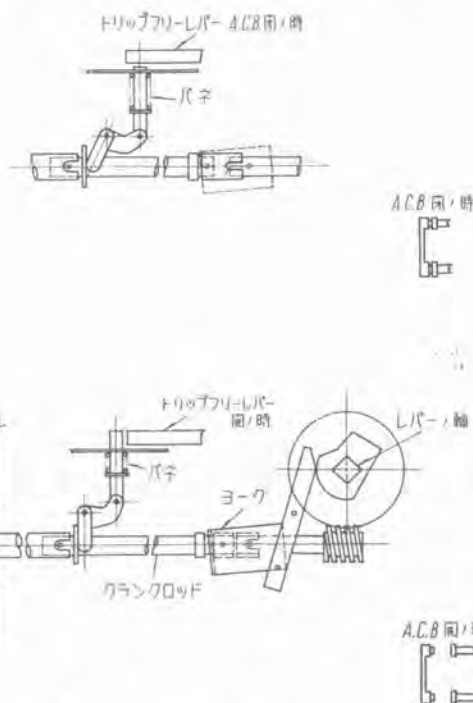
i) WB 型………WB 型の場合には至って簡単で 7 図に示すように外箱に梯形のガイドを設け油入遮断器にトリップ用鉤を付け、油入遮断器が上下する時には必ずそのガイドによってトリップ鉤を押すようになっている。また油入遮断器を降ろす時には油入遮断器の一次接触部が完全な接触を保っている内に此のガイドが遮断器のトリップボタンを押してトリップさすようになっている。故に遮断器を切ることを忘れて遮断器を回路より抜く場合でも自然と油入遮断器はトリップしてから抜けるので安全である。また油入遮断器が充分所定の位置迄入っていない時に油入遮断器を投入しようとしてもトリップ鉤をガイドが押しているので入らないと言う鎖錠装置も兼ねている。

ii) WF 型………WF 型は WB 型と同様な機構を備え更らに手動によってトリップ鉤を押さなければ昇降



7 図 鎖錠装置説明図 (WF 型, WB 型)

Fig. 7. Explanation of the interlock device.

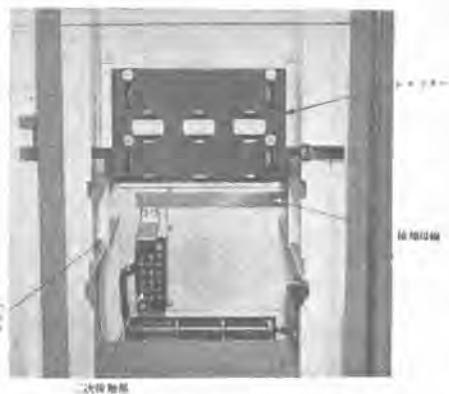


8 図 DH 型気中遮断器鎖錠装置

Fig. 8. Interlock device of Type DH air circuit breaker.

用ハンドルを昇降装置に入れることができないようなシャッターを付けたものである。(1 図 A 参照) そして此のシャッターは油入遮断器が回路に入っている時のみ有効に働き油入遮断器を抜いている時には開いたまゝになっているようにしてある。

iii) WH 型……………以上二つの型は外箱に所要の装置を付けて鎖錠をしていたが WH 型では磁気遮断器に鎖錠装置をもっていて外箱には特に此の鎖錠装置のために装置を付けることをしていない。8 図に示すような機構になっていて遮断器がトリップした時のみに引出ハンドル用の回転ロッドのクラッチがかゝつて遮断器のレバ



9 図 WH 型遮断器室内部

Fig. 9. Type WH breakers chamber.

ーを回転し遮断器が閉の時にはクラッチが外ずれて遮断器のレバーが回らぬようになっている。

7. 一次接触部のシャッター

シャッター機構もそれぞれ WB, WF, WF 型とそれぞれに適合した形を取っているがその目的動作は同一である。

油入遮断器あるいは磁気遮断器が完全に回路から離脱された時シャッターが閉じて高圧側と遮断器とを遮断し不慮の災害を防止するものである。油入遮断器ならば遮断器が吊上げられて所定の距離だけ上った時、磁気遮断器ならば試験位置から所定の距離だけ進んだ時に始めて開くように設計してある。(6 図, 9 図参照)。

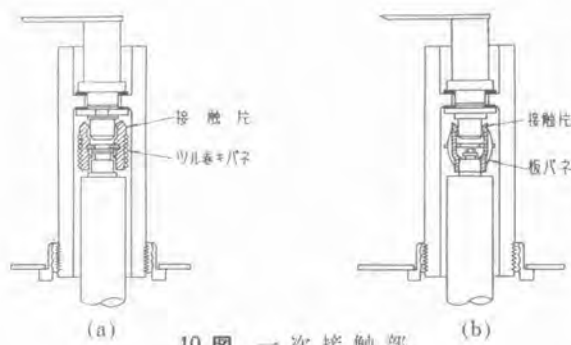
8. 接地母線

メタルクラッド配電盤には安全のため接地母線を設けている。その接地母線には各盤毎に接触板を備え遮断器にはそれぞれグランドシューを付し遮断器が高圧回路より安全距離に離れる迄は遮断器の非帯電部分を完全に接地するようにしている。したがって高圧回路に遮断器がつながっていてもその取扱者が感電する恐は全くないようにしてある。

9. 一次接触部

一次接触部は多数の接触片をばねで押しつけたセクトル型のものを用いている。此の型のものには 10 図に示すように接触片をつる巻ばねでしばつた型のものと板ばねと特殊リングを用いた型のものとがある。最初 a 図に示すようなつる巻ばねの型のものを用いたがこれは主回路電流による磁界のためにばね内に電圧を誘起しばね内に局部電流が流れる。したがつてばねの温度上昇の原因となりばね劣化の恐れがある。故にかかる恐れのない b 図のような板ばねを用いたものを当社では現用して居る。

また接触片の接点部は銀のチップを付しスタッドには厚めの銀メッキを施し、その上に 2 点接触としているの



10 図 一次接触部
Fig. 10. Primary disconnecting part.



11 図 二次接触部
Fig. 11. Secondary disconnecting part.

で接触抵抗は非常に低く接触部の温度上昇は定格電流において NEMA 規格を超えることは無い。

したがって当社の一次接触部はばね劣化の恐れは全く無く遮断器の互換性の上から中心が多少くるついても接触状態には全く影響のないようになっている。

一次接触部の固定部はスタッドのみで可動部、すなわち遮断器側に接触片が付いて出るようになっているので点検に便利である。一次接触部の固定部は碍管内に取付けられ電氣的にも機械的にも頑丈にできている。

10. 二次接触部

二次接触部は遮断器側に 2 本のガイドを持つており、その相手側すなわち外箱に固定される側は多少動き得るように取付け遮断器の互換性上無理の無いようにしてある。接触部は全部銀メッキをしており堅牢にして接触確実な構造となつてゐる。11 図は WB 型の二次接触部である。

11. 母線

母線はマイカルタで絶縁しその接続部分は銀メッキし接続板を当て、ボルトで締め付ける。そしてその上を 12 図に示すようなマイカル製のカバーを被せその内に特殊コンパウンドを流し込んでいる。

母線の所要絶縁耐力は此の絶縁被覆のみで充分もつように設計してある。また母線は接地部分並びに母線相互間に適当な距離を保持するためおよび故障電流によつて歪を受けることを防ぐために充分厚いマイカルタ製支持

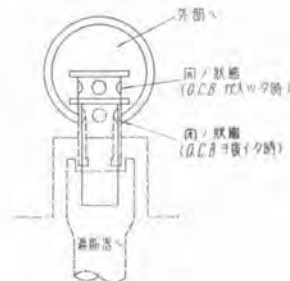


12 図 母線室
Fig. 12. Bus chamber.

カバーを被せコンパウンドを充填したもの

マイカルタカバー

母線室



13 図 瓦斯抜き説明図
Fig. 13.

Explanation of gasvent.

板を各盤毎に設けている。

母線から分岐する導体その他と母線と同様マイカルタで絶縁をするかあるいは絶縁テープを巻きニス処理をして同等の絶縁耐力を持たしており、導体が裸のまま出ている所は無い。

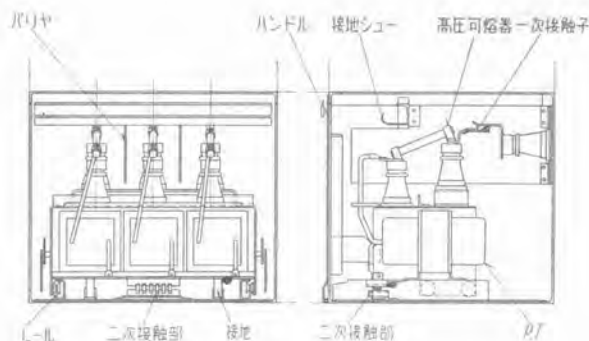
12. 遮断器瓦斯抜き装置

気中遮断器用の WH 型では 1 図に示すように外箱に通気溝を設けて遮断器が動作した時に出る瓦斯を外部に逃がしている。油入遮断器の時は一連の配電盤を貫通するような瓦斯管を用いて外部に逃がすようにしている。その瓦斯管に各遮断器の瓦斯抜き口を接続する箇所には 13 図に示すように弁を付けている。したがって遮断器を抜いてある配電盤へ他の配電盤の遮断器の瓦斯が流入することはない。

13. 計器用変成器室

計器用変成器室は変成器を高圧可溶器と共に台車に載せ此の台車をヒンヂ付扉に連動させて扉を開くと台車が前進して高圧可溶器を取換るに便利な位置迄出てくる。そして扉を閉めると台車は奥に押されて高圧可溶器台に取付けられた一次接触子が外箱の固定碍子上の接触片に接触して変成器回路が形成されるようにしてある。また扉を開いて一次接触子が接触片よりはなれて変成器回路を断ち、変成器並びに高圧可溶器を完全接地するように部屋の前上部に接地しシュエを取付けている。したがって扉を開けば変成器高圧可溶器は回路より外ずれて接地されるから変成器、高圧可溶器に手で触れても感電の恐れは全くない。したがって高圧可溶器、変成器の取換は極めて安全である。

変成器の二次側は台車の前下部に取付けられた二次接触子と部屋の前下部に取付けられた接触片によつて一次



14 図 計器用変成器室

Fig. 14. Potential transformers chamber



15 図 計器用変成器室

Fig. 15. Chamber of potential transformer.

側と同様に扉を閉めた時回路ができ扉を開いた時回路を切るようになっている。また台車の非常電部分を接地して置くために二次接触部の両脇に接触片を設けている。

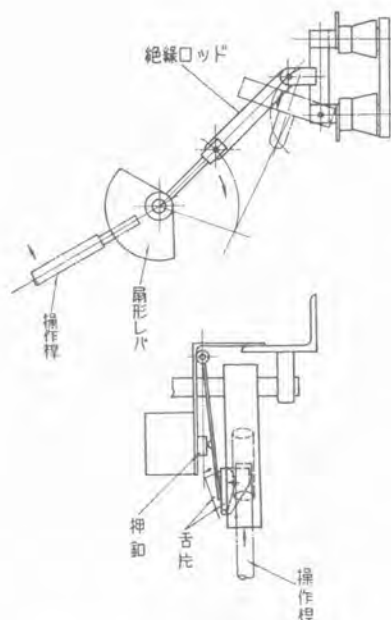
15 図は変成器室の扉を開いた所である。

14. 断 路 器

メタルクラッドに用いる断路器としては、普通の断路器の必要条件の外操作が確実で機構が簡単であり遮断器その他との鎖錠装置を付すのに便なる遠方操作機構をもつたものを用いる必要がある。

当社では 16 図に示すような機構のものを用いている。先づ操作桿を扇形レバーに入れてレバーを上下に操作する。レバーと主軸とは一体になって回るのでその主軸につながるレバーは断路器の内部とレバーとを結ぶ絶縁ロッドを通じて断路器を開閉する。然して扇形レバーの操作桿受穴には舌片が付いていて操作桿を入れるとその舌片が押釦を押すようになっているので此の押釦を遮断器のトリップ回路に入れて置けば簡単に常に遮断器をトリップさせた状態で断路器を開閉すると言う遮断器との鎖錠を行うことができる。

また鎖錠線輪を取付けることによつて簡単に遮断器がトリップしていなければ扇形レバーが動かないようにすることもできる。此の方式の一大長所は断路器が入っている時には絶縁ロッドとレバーとが一直線になっているため断路器のフックの代りをしてることである。普通



16 図 断 路 器

Fig. 16. Disconnecting switch.



17 図 屋外用メタルクラッド配電盤(中部電力振甫 s/s 用)

Fig. 17. Out door metal clad switchgear.

遠方操作には此のフックの代りをするためにウーム等を用いてやっているようであるが此の方式に依る時はその必要はない。

15. 屋 外 用 装 置

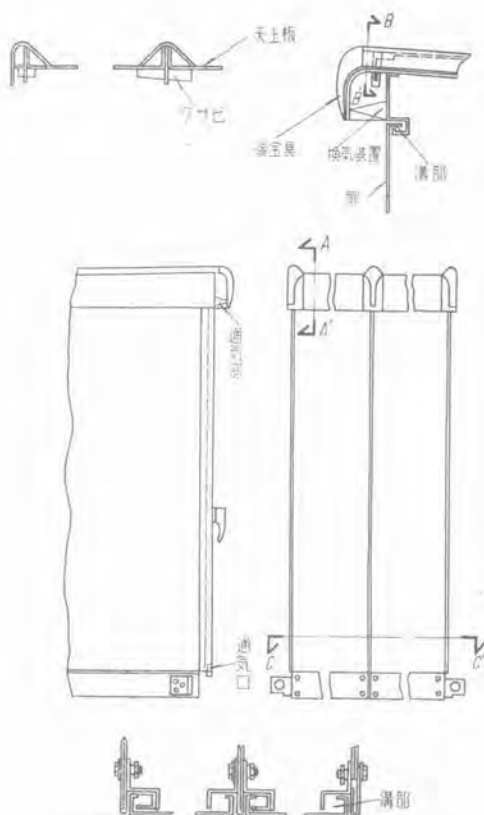
屋外用のものは屋内用のものに屋根を張り防雨のため前後に扉を付け底を上げたもので防雨、防湿には万全を期して設計してある。その外観は 17 図に示すようにすっきりした美しさを持っている。

防雨上問題の多い点を二、三挙げてこれに対して当社の取っている方式を紹介しよう。

i) 各盤の屋根の続き目

18 図に示すように屋根板の両端を曲げてそれを突合せその上にへ字形に曲げた覆いをかぶせている。

此の覆いの取付けは前後二ヶ所にクサビで取付けその両端に端金具を取付けているので雨の入る余地がない。端金具と覆との隙間をぬって雨滴が侵入してそれはヒサ



18 図 屋外用メタルクラッド配電盤
Fig. 18. Out door metal clad switchgear.



19 図 通気装置およびヒーター
Fig. 19. Ventilating device and heater.

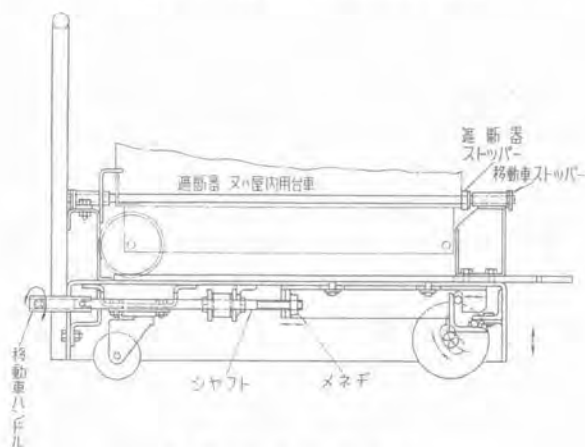
シの内部を通して箱外に流れ箱内には絶対に入らない。

ii) 通風換気装置

通風換気孔より雨の絶対に入らないよう当社では19図に示すような金網製の通風装置を18図に示すように上部ヒサシの内部と扉の下部と扉の下内部に取付けている。上記の図面から判るように外界と内部とは二枚の金網によって区切られているそして、その金網の形は第一の網をくどつてきた雨滴も第二の網で取れるような形にしてある。



20 図 WB 型用台車(床上の O. C. B. を吊上げて居る所)
Fig. 20. Type. WB transfer truck.



21 図 科 動 車 機 構 図
Fig. 21. Mechanism of the transfer dooly.

iii) 扉 の 隙 間

扉と外箱との間の隙間を如何にするかと言うことである。当社では従来のパッキンに依る方式を止めて18図に示すような方式を採った。かようにすることによって扉と外箱の隙間から入ってきた雨滴は全部溝部を流れて箱内には入ってこない。此の方式に依る時は従来のもののようにパッキンが劣化して雨が入ると言うことはない。

また19図に示すようなヒーターを箱内に取付けることによって内部の湿度の過剰になるのを防ぎ特に休止中には電熱器を自動的に増す方法を取っている。

16. 付 属 品

メタルクラッド配電盤には遮断器の出し入れに要する車だとか遮断器を点検するに要する試験台等の附属品がある。次に此等の主だったものに就いて述べる。

i) 台 車

油入遮断器をメタルクラッドに配電盤に入れて昇降装置に載せたりまた昇降装置より外して所要の場所に運ぶために油入遮断器の種類に応じた台車が一通の配電盤に対して、一台附属される。20図はWB型の台車を示している。此の型のものは図から判るように床上にある油入遮断器を吊り上げて運ぶに便なるよう吊り上げ機構を持っている。



22 図 移動車のレベルを合せている所(WH 型)
Fig. 22. Leveling of transfer dooly.



23 図 WB 型用台車および屋外移動車
Fig. 23. Type WB transfer track and dooly.

ii) 屋外移動車

上記屋内用台車あるいはDH型磁気遮断器を載せて運ぶ移動車が屋外用メタルクラッドには一台附属される。此の移動車は車体のレベルが屋外用メタルクラッドの底板とうまく一致しなくては遮断器の出し入れの時にひつかうって円滑に出し入れができない。故に当社では車体のレベルを簡単な機構によって可変にしている。(21 図参照) また遮断器の出し入れの時に車が戻らぬように移動車ストッパーにて移動車を外箱に固定する。(23 図参照)

iii) 試験台

油入遮断器をメタルクラッドから引出して細密な点検をするために試験台一台を附属させる。これによって油入遮断器のすべての点検ができるようになっている。その構造は油入遮断器を吊り上げる機構と電気回路を試験するための制御箱とより成っている。24 図は WB 型の一例である。気中遮断器は吊り上げる必要がない故 WH 型には制御箱を一個附属させる。

制御箱は表面に制御開閉器、信号灯、電源開閉器等を



24 図 試験台 (WB 型用)
Fig. 24. Type WB inspection rack.



25 図 ターレットパンチングプレス(高能率孔明機械)
Fig. 25. Station punch press.

付し、内部に制御継電器、セレン整流器(交流電源の時のみ)、可熔器等を容れている。

iv) 制御中継線

メタルクラッド配電盤の前で遮断器を本体の制御回路につないで本体の操作回路で遮断器を操作して見られるように中継線を附属する。此の中継線は二次接触部の一對を多芯ケーブルの両端に付けたものである。

また制御中継線としては前述の制御箱と遮断器とを結ぶためにも別に附属させる。此れは多芯ケーブルに二次接触部の凹部を一端に付けたもので油入遮断器の場合には二次接触部を制御箱に結んだまゝ試験台にて油入遮断器を上下できるようにしている。

17. む す び

以上で当社のメタルクラッドの概要を終ることとする。この利点は数々あるも主なることは、

1. 高度の信頼度を持っている。
2. 保守点検が容易で操作に安全性がある。
3. 遮断器其他に互換性がある。
4. 外形寸法が少で、移動が容易である。
5. 外観が美しい。
6. 標準化が容易。

等を挙げることができる。当社としては以上の利点を更に(25 図)活かすため品質の向上と量産化に特別に意を用い研究と機械設備の拡充に当っている。今後メタルクラッドは凡ゆる方面に応用の路は広く需要が多いと思われる。

速 報 !!

本機は 3,600 rpm 機としては九州電力築上発電所 (43,750 kVA 13.2 kV) および中国電力小野田発電所 (41,177 kVA 11 kV) 空気冷却発電機 (空気冷却機として本邦記録品) を遥かに凌駕する容量のものでありしかも水素冷却式とし本邦における記録品である。

本 邦 最 大 水 素 冷 却

3,600 rpm タービン発電機完成

構造および仕様

密閉自己耐爆固定発電子, 円筒形界磁水素冷却交流発電機

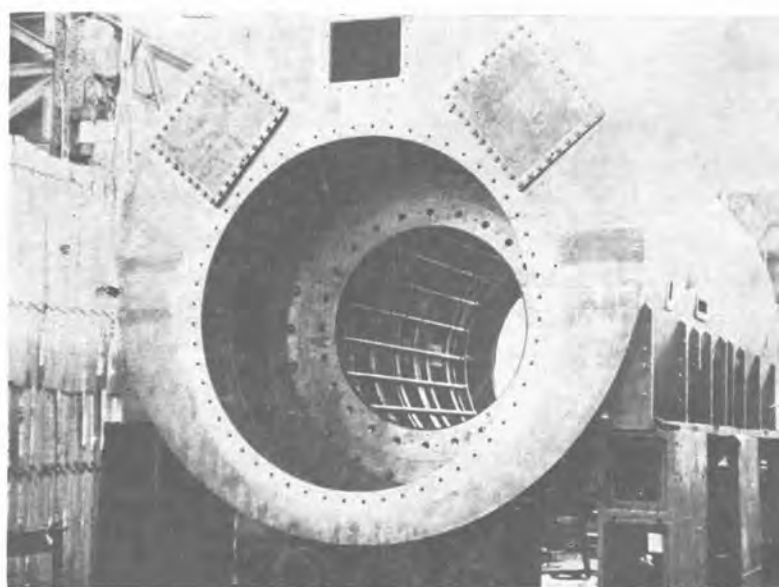
皮相出力	58,800 kVA	66,250 kVA
水素ガス圧	0.5 psig	15 psig
力 率	85%	83%
相等出力	50,000 kW	55,000 kW
端子電圧		13,200 V
相 数		3
周波数		60~
回転数		3,600 rpm
相電流	2,570 A	2,895 A
発電機ガス容積		50 M ³

主 励 磁 機

型 式	閉鎖通風型直結分巻補極付他励磁
出 力	200 kW
電 圧	250 V
回転数	3,600 rpm

副 励 磁 機

型 式	閉鎖通風型直結複巻補極付
-----	--------------



固定子枠は溶接組構式でその外板は 7 kg/cm² の爆発圧力に充分に耐えるように計画されている。

D H 型 磁 気 遮 断 器

伊丹製作所

新井正元*・五十嵐芳雄**・志賀貞雄**・富永正太郎**

Type DH Magnetic De-ion Circuit Breakers

By Masamoto ARAI, Yoshio IGARASHI, Sadao SHIGA, Shotaro TOMINAGA

Itami Works

Magnetic de-ion circuit breakers which were used in the place of oil circuit breakers only on a circuit below 600 volts have now come to occupy predominant position on heavy duties as a result of incessant studies. In America they are widely used for indoor switchboards and cubicles of 3,450—13,800 volts. Even in Japan these breakers are demanded for indoor metal clad switchboards and unit substations. In view of this trend Mitsubishi has developed Type DH magnetic de-ion circuit breakers, which are now increasingly produced.

1. ま え が き

昔から 600V 以下の回路では簡単な磁気遮断器が油入遮断器のかわりに重宝がられている。これを 3,450V あるいはそれ以上の電圧の回路で使用できないかとの要求で、種々工夫研究の末、主として消弧室使用材料の改良から製作可能となり実用化されるに至った。1935 年頃米国で 3,450V 級磁気遮断器が発売された頃は、従来の油入遮断器は Heavy Duty 用、磁気遮断器は Light Duty 用と云われていたが、遮断試験の成績および使用実績から、磁気遮断器が逆に Heavy Duty 用として油入遮断器の王座を奪わんとしてゐる。すなわち屋内配電盤、キュービクル等の 3,450 乃至 13,800V 用の交流遮断器は米国では磁気遮断器が発達完成して急速に油入遮断器に代つてその実用時代に入つた。一方我国においても油を使わなくて保守点検の容易な磁気遮断器が、屋内メタルクラッド配電盤あるいはユニットサブステーション用として要求せられるので、当社はこの趨勢に鑑み DH 型磁気遮断器を昨年開発完了し、漸々量産に入り需要に応じている。

以下 DH 型磁気遮断器の構造動作原理並に成績を紹介する。

2. 概 略

この遮断器は油を使わないからよこれが目立たず、油

入遮断器のように油の劣化による消弧能力の低下あるいは油による火災の恐れもなく、磁気吹消を応用してガスの発生しない特殊材質を用いた消弧室で遮断性能を良くしているの、消弧室の耐久性と相まつてアーキングチップは電弧による損耗も少く、使用頻度の多い場所に用いるのに適している。とくにメタルクラッド配電盤用として占有床面積の小さい割合に大遮断容量で、かつ断路部は従来油入遮断器で採用されている垂直降下式ではなく、水平引出型に設計してあるのであまり操作力を必要とせず、消弧室が簡単に外せるので点検が容易で、油その他損耗する部分が少いから保守が簡単である。1表 DH 型磁気遮断器外形寸法表に示す如く、定格電圧も 3,450V 乃至 11,500V で遮断容量 50 MVA から 500 MVA まで製作可能で、発電所の発電機、補機、動力変圧器、饋電線、連絡線、進相キャパシタの開閉あるいは工業設備動力用遮断器として屋内用あるいは屋外用メタルクラッド配電盤に入れて使用せられ、広範な用途がある。

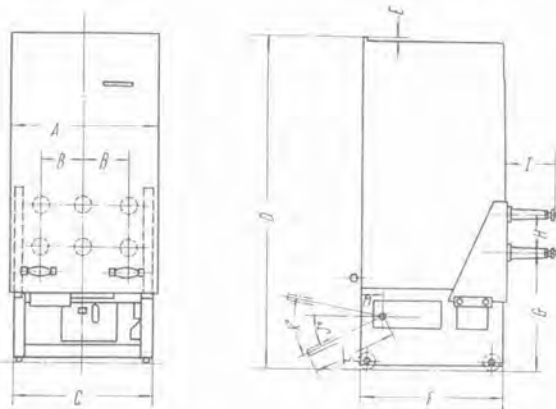
3. 消弧原理および消弧室構造

この遮断器はメタルクラッド配電盤の中に入れて使うために消弧室はできるだけ小さくかつイオン化ガスの発生の少い消弧方式の採用が必要となる。従来の簡単な磁気遮断器の如く電弧を延ばしてのみ冷却あるいは消イオンすると、かなりの電弧長に延ばすことが必要で、電弧長が増加してもその割合に冷却並びに消イオン作用が増

1 表 DH 型磁気遮断器外形寸法図

型 名	電 流 A	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
3-DH-5	600 1200	416	127	365	1483	25	597	686	229	260		55°		
3-DH-10	600	568	178	518	1640	25	586	686	?	270	18°	43°	846	162
3-DH-15	1200	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
3-DH-25	600	568	178	518	1640	25	829	?	?	273	?	43°	?	?
	1200	?	?	?	?	?	?	?	?	290	?		?	?
	2000	818	254	772	?	?	?	?	?	?	?		?	?
6-DH-15	600 1200	822	254	762	1860	162	829	?	?	?	?	45°	1146	?
6-DH-25	1200	?	?	?	?	25	?	?	?	?	270°	55°	?	?
	2000	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
6-DH-50	1200	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
	2000	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
10-DH-15	600 1200	?	?	?	?	162	?	?	?	?	18°	45°	?	?
10-DH-25	1200	?	?	?	?	25	?	?	?	?	18°	45°	?	?
	2000	?	?	?	?	?	?	?	?	?	27°	55°	?	?
10-DH-50	1200	?	?	?	?	162	?	?	?	?	18°	45°	?	?
	2000	?	?	?	?	25	?	?	?	?	?	?	?	?

註 上記型名 3-DH-15 は使用電圧 3,450kV、遮断容量 150 MVA を示すものである。



DH 型磁気遮断器外形図

さないから効果的な消弧方法とはいえない。また電弧を延ばすことは必然的に電弧エネルギーが大きくなるので、その放散する熱のために制御困難となつて大きな遮断器構造が必要となり、印加電圧、遮断電流が大きくなると益々大型高価となる。放散される電弧エネルギーを少なくするには冷却あるいは消イオン作用と直接関連のある電弧抵抗を急速に高めることが必要で、本遮断器は磁気吹消による磁氣的発生空気吹付の冷却消イオン作用と、細長い溝中に電弧を電磁効果で追い込んで電弧の占有面積を小さくせばめ、かつその隔離板端で冷却消イオンさせて電弧抵抗を増す方法と、電弧を延ばすことを併用している。

1 図 a, b は 3,450V 600A 150MVA の DH 型磁気遮断器の外形写真で、2 図はその動作原理を説明するための、基準部品の代表的配置を示す。電弧の吹上状況を説明すると、アーキングコンタクトが開く瞬間、電弧通路は 1 の如くループ状にでき、このループ電弧の磁束が真横上にある特別に設けられた積層鉄板磁極の突出部の影

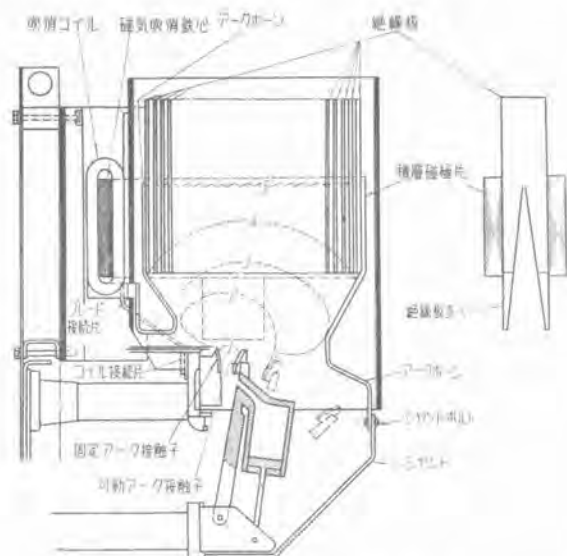
響と電弧自身の電磁効果で 2 の如く急速に延び、このループ効果に依つてほとんど瞬時的に消弧室の固定静止コンタクトの真上の固定アークホーンに電弧が移り、3 の如きループをつくる。電弧足が固定コンタクトからアークホーンに移ると、電流は遮断器閉路中には通らない吹消コイルを通るようになり、消弧室両側につけられた積層鉄心の磁極片によりこのコイルは消弧室全長にわたつて均一かつ強力な磁界を作つて電弧を吹上げ、可動コンタクトの電弧足も消弧室前端のアークホーンに移されて 4 の如くなる。このアークホーンは下部遮断器套管部に並列に接続されているので最後には電弧は 5 に達する。3 図は吹消コイルが造る磁界と電弧の磁界が作用して電弧下方の



1 図 (a) バリヤーを外した 3-DH-15 型磁気遮断器
Fig. 1. (a) Type 3-DH-15 magnetic de-ion circuit breaker with cover removed.

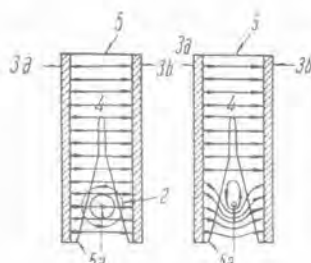


1 図 (b) 量産中の DH 型磁気遮断器
3-DH-15 型磁気遮断器 3,450V 150MVA 1,200A
Fig. 1. (b) Type DH magnetic de-ion circuit breakers in mass production (Type 3-DH-15 3,450V 150MVA 1,200A magnetic de-ion circuit breakers).



2 図 消弧原理および構造説明図

Fig. 2. Illustration for principle of arc extinction and construction.

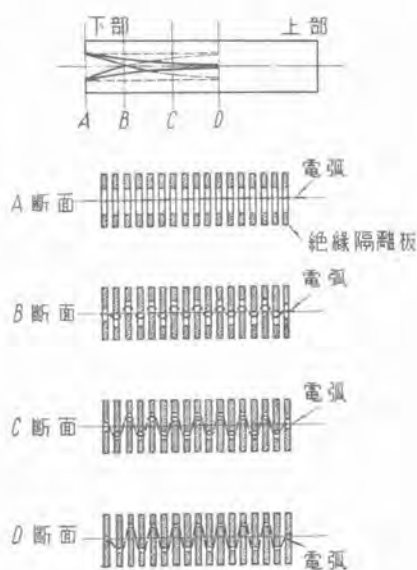


3 図 電弧上昇原理説明図

Fig. 3. Explanation how the arc will rise.



4 図 消弧室
Fig. 4. Arc
extinguishing
chamber.



5 図 電弧吹上経過

Fig. 5. Process of blowing
up the arc.

磁界が密になつて電弧を上昇せしめる原理を示す。

この消弧室は 4 図の写真に示すように、ガスを発生しない耐弧性絶縁物で作つた V 型の溝のある薄い板が適当な間隙を置いて電弧通路に直角に並べられており、上昇する電弧は次第にこの細い溝に追込まれ、溝の上部は隣の板とジグザグになつてゐるので、電弧は延ばされて表面あるいは端面で冷却寸断され、引続いて絶縁耐力ができ、回復電圧に打勝つて遮断を完了する。5 図は電弧吹上順序経過にしたがつてこの絶縁隔離板で電弧が延ばされる状態を示す。

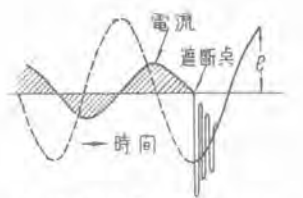
電弧に直角に磁界が加わると電弧を形成する電子、陽イオンに力が作用して更にその中性分子に衝突するため電弧を包む気体には一種の気流が生じ、新しい空気の吹付によつて電弧エネルギーが失われる。電流零値に達してもこの作用はつづけられて消弧され、充分消イオンされた気体は更に上方へ逃げる際、狭い間隙を通り絶縁板表面で冷却され、外部に絶縁耐力の低い気体を放出することはない。またこの絶縁板はガスを発生しない耐弧性のものであるため使用頻度が多くても損耗することなく、かつ電弧遮断は短時間で行われるため絶縁板が加熱され、引続いて遮断を行つても能力の低下することはない。

磁気吹付で電弧が追込まれる絶縁隔離板の溝は長くて上部になるにしたがつて非常にせまい。大電流が消弧される時、電流零値えの減衰にしたがつて上部の細い溝えと電弧が比較的しぼられることなく吹上げられれば、電弧電圧も低く低電弧エネルギーで電流零値で遮断せられるが、大抵吹消コイルに移る時期と吹上速度が必ずしも適当にならないために電流はしぼられて高電弧電圧となり、電弧の抵抗分のために短絡回路の力率は改善せられて、従来の油入遮断器と違つて印加電圧の最高値より前で遮断せられるので回復電圧は高くならない。また電流零値直後に瞬時的に流れる漏洩電流は数マイクロ秒で消弧を妨げることなく、熱せられたアークシュート表面と電弧柱跡にそれぞれ流れて回復電圧をゆるやかにするのに役立ち、異常電圧を発生して系統の絶縁をおびやかすことはない。6 図は普通の油入遮断器と比較して回復電圧特性がゆるやかなことを示す。

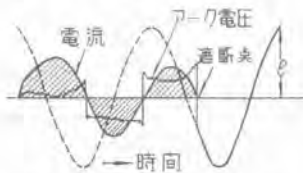
遮断電流が小さい時は吹消コイルにより造る磁束が小さいので吹消能力が小さく、遮断時間が延びるので、7 図に示す如き空気吹付方式を補助的に採用した。すなわち開路時可動コンタクトに取付けられた空気ピストンが固定コンタクトとの関係運動で自動的に動作して空気シリンダ内の空気を圧縮して、可動アークチップ真下の導孔から空気を吹付ける。

消弧室を構成する絶縁隔離板は消弧に最も重要なもので、消弧室上部の空間に不必要なイオン化ガスを放散せしめないようにガス発生物でないことが必要で、次のような性質を要求される。

- (1) ガス放出が少い
- (2) 機械的強度が強い(衝撃も含む)



(a) 油入遮断器で遮断した場合



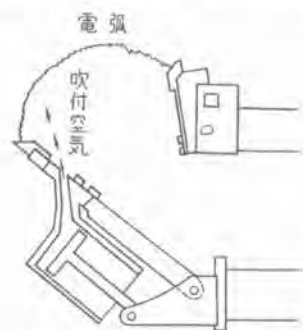
(b) 磁気遮断器で遮断した場合

6 図 油入遮断器と磁気遮断器の遮断および回復電圧特性

Fig. 6. Interruption by oil circuit breaker and magnetic de-ion circuit breaker, and recovery characteristics of respective curves.

(a) Interruption by oil circuit breaker.

(b) Interruption by magnetic de-ion circuit breaker.



7 図 補助空気吹付機構

Fig. 7. Auxiliary air blowing device.

- (3) 熱伝導度が高く膨脹係数が少ない
- (4) 熱衝撃に強い
- (5) 電気抵抗が高い
- (6) 吸湿が少ない

また高温においては多少絶縁が悪くとも高温にさせる電弧がなくなれば、直ちに絶縁耐力を回復しなければならないので、上記条件を色々研究の結果特殊耐熱陶器を採用した。使用電圧および遮断電流の大ききでこの絶縁隔離板の枚数および大きさ並びに間隔等を変える必要がある。

4. 一般構造

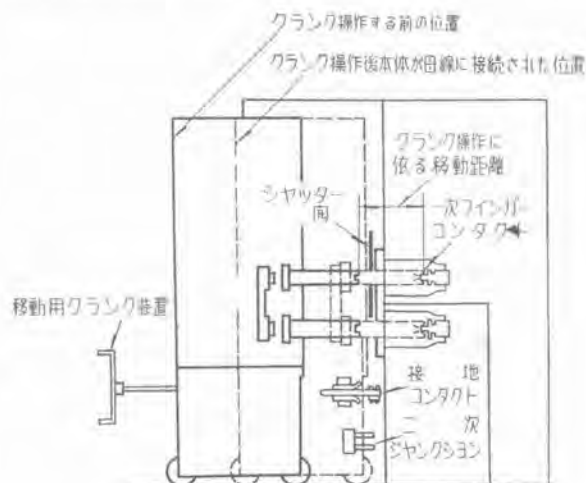
1 図の外形写真に示す如く遮断器は枠組据付で特に水平引出型メタルクラッドに適した形で、構造は上下二段に分れ、操作機構補助スイッチおよび低圧制御付属品は下部に、高圧消弧室および他の部分は上部にあり、この上下の間は金属板の隔壁によつて区分されている。6 本の屋内用套管は水平に背後に出、チューリップコンタクトは容易に点検できる。接触部は一次コンタクトと二次

コンタクトおよび電弧コンタクトからなり、一次コンタクトは導電性のよい銀で、コンタクトが分離する時は一次二次電弧コンタクトの順に離れ、最後に電弧は銀タンゲステン合金製の電弧コンタクトに発生するようになっている。二次コンタクトは強力なスプリングで押しつけられ、線コンタクトなので充分低い接触抵抗を保ち、容量 2,000A まで製作できる。

操作機構は下段に据付けられた水平電磁石により操作され、その引外機構は従来のものと同じく引外自由であり、機構はクロスバーにつながれてから絶縁棒によつて各相可動コンタクトにつながり三相同時動作するが、回路故障時遮断器投入の際に流れる大きな電流に打勝つて充分動作するような強力電磁石を使つてある。もし投入用に電池が無くて電磁石を利用できなければ 3,450 V 100 MVA 以上の遮断器は故障回路の手動投入は不可能で、これがためにはスプリングクローズ方式を採用する必要がある。すなわち手動でスプリングをしぼつて置き、このスプリングの力で故障電流に打勝つて遮断器を投入させるもので、当社は目下これを試作中である。

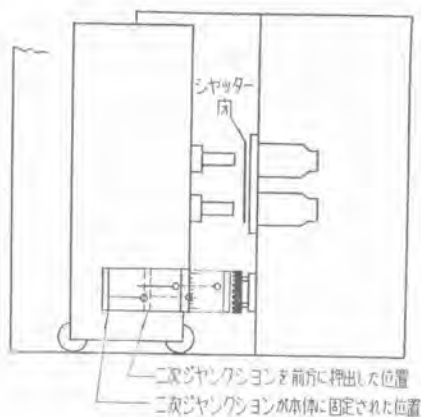
ブッシング其他絶縁物は長年月使用しても劣化しにくいように、特別の注意を払つて製作してある。1 図の外形写真には外してあるが、各相間にはバリヤーを設け相間短絡の危険がない。

遮断器をメタルクラッド配電盤より引出す場合には、8 図のようなクランク装置を用いる。すなわち、常時は遮断器はメタルクラッドに鎖錠装置に依つて固定され、故障電流の大きな電磁力に対しても本体が移動しないようになっているが、図のクランクを廻すところの鎖錠装置が外れて本体は一定の距離だけメタルクラッドより押出され、ブッシング先端のフィンガー・コンタクトが離れると、シャッターが下つて一次コンタクト接続用の窓が閉ち、遮断器は完全に断路される。また二次ジャンクション(制御回路用多接点)および接地コンタクトも遮断器の移動にしたがつて自動的に分離される。



8 図 遮断器移動装置説明図

Fig. 8. Moving arrangement of circuit breaker.



9 図 テストポジション・
Fig. 9. Test position.

二次ジャンクションは、9 図のように一次フィンガー・コンタクトが断路されている時でも止ピンを引いて前方に押せばメタルクラッド側と接続され、断路状態で操作試験を行うことができ、図に示すいわゆるテスト・ポジションとなり、制御回路接続用の特別なジャンパーは必要がない。

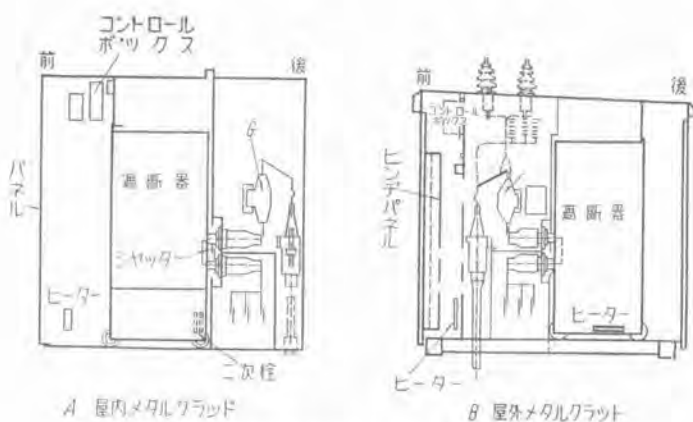
遮断器をメタルクラッド配電盤に入れる場合には、テスト・ポジションまで台車に依り誘導した後、クランク操作に依り断路用シャッターを開きながら一定の距離だけ移動させると、本体は母線に接続され、メタルクラッド内に固定される。

このクランク装置は遮断器操作機構とリンクされ、遮断器が開路されないと本体は引き出すことができず、また遮断器が開路されている時は本体を押入れることができないようになっている。

10 図は屋内用あるいは屋外用メタルクラッド配電盤に収めた時の配置図で、母線、変流器、引込ケーブル、パネルその他との関係位置を示す。

5. 試験成績

定格電圧 3,450 V、遮断容量 250 MVA の DH 型磁気遮断器を当社伊丹製作所 50,000 kVA 短絡発電機および研究所の 2,000 kVA 短絡発電機を用いて遮断試験した。その成績は 2 表に示す通りで、遮断電流 10A 迄はアークホーンに移ることなく磁気吹消もしないでコンタクト上で自然消弧して 4 サイクル以下で遮断を完了し、10~100A では補助ピストンによる空気吹付作用により電弧足を接点からホーンに移して 7 サイクル位で遮断する。すなわち磁気吹消を採用しているため電流が小さい間は電弧が長く、電流が大になれば電弧時間が短くなる自力消弧方式の本質的な性質を有し、11 図の遮断電流対電弧時間曲線を示す如く、5,100A で遮断時間は 4 サイクル、1,000A あるいは 16,000A、26,200A となれば 3.7 サイクル以下、42,000A では 3 サイクルとなる。試験番号 31, 32, 35 に示す如く、容量性小電流に対しても問題



10 図 メタルクラッド配置図
Fig. 10. Layout of metal clad.

なく遮断ができるので、進相用キャパシタの開閉用として用いることができ、3,450 V では 2,500 kVAR, 11,500V では 4,000 kVAR 迄のキャパシタバンクの開閉することができる。

これらの遮断試験後の点検では、消弧室電弧隔離板はほとんど傷まず、半永久的に此消弧室使用が可能であることを証明し、コンタクトの耐弧金属の消耗も従来の油入遮断器に見られるような損耗とは比較にならない程軽微なのは、この遮断器の遮断性能の優秀性を示すものである。12 図 a, b は 150 MVA 遮断器に対する小電流および大電流遮断試験のオシロであり、13 図は 250 MVA の遮断試験の代表的なオシロである。

使用者側の一様な質問は米国の如き乾燥地帯では磁気遮断器は満足な性能を発揮しても、我国の如き湿度 100% に近い状態がつくような気候の地で使用できるや否やである。この問に対する回答を得るため去る 4 月 29 日中国電力株式会社関係者立会の下に同社大社変電所に納入のユニットサブステーションの一部を当所に持込み

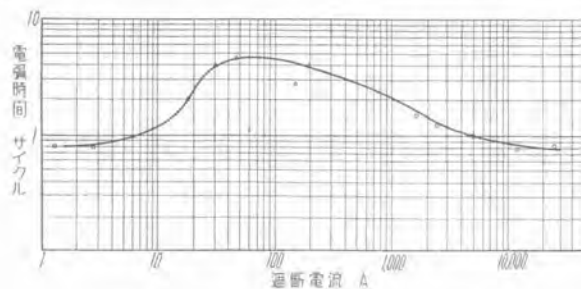
2 表 DH 型磁気遮断器遮断成績 (60 ~ にて)

A. 単相試験 給与電圧 3kV 開極時間 2.7 ~

試験番号	遮断電流 A			電弧時間 ~	全遮断時間 ~	摘要
	交流分	直流分	全電流			
16	3	0	3	0.5	3.2	
30	18	0	18	2	4.7	
27	45	0	45	4.5	7.2	
5	1000	0	1000	2.3	5.0	
2	2400	625	2440	1.2	3.9	
1	5100	177	5100	1.0	3.7	
7-20	6300	4030	7480	1.2	4.2	
7-9	9500	5920	11700	1.3	4.3	
7-21	15350	6500	16600	0.75	3.65	
7-22	24600	8750	26200	0.8	3.55	
31	18	0	18	0.27	2.97	進相電流再点弧無
32	4.3	0	4.3	0.37	3.07	同上
35	17	0	17	0.56	3.26	同上

2 表 B. 三相試験

試験 番号	給与 電圧 V	遮断電流(A)			電弧 時間 ~	全遮断 時間 ~	相	投入 電流 A	摘要
		交流分	直流分	全電流					
13-9	3720	13900	0	13900	0.8	3.9	U	38000	CO
	3720	14200	0	14200	0.7	3.8	V	30000	CO
	3720	14100	0	14100	0.8	3.9	W	31000	CO
13-2	3830	14850	6500	16200	0.75	3.65	U		0
	3830	14650	6830	16000	0.70	3.60	V		0
	3830	14500	1500	14570	0.70	3.60	W		0
13-4	3540	19500	0	19500	0.70	3.55	U	51000	CO
	3540	19200	0	19200	0.60	3.45	V	30000	CO
	3540	18800	0	18800	0.70	3.55	W	47600	CO
13-3	3530	19700	9800	20650	0.40	3.20	U		0
	3530	19700	5100	19770	0.50	3.30	V		0
	3530	19200	4700	19500	0.50	3.30	W		0
13-5	3450	22200	5500	22900	0.60	3.40	U		0
	3450	22000	0	22000	0.60	3.40	V		0
	3450	23300	6250	24100	0.55	3.35	W		0
13-6	3580	22200	0	22200	0.5	3.60	U	37000	CO
	3580	21900	0	21900	0.6	3.70	V	57000	CO
	3580	23600	0	23300	0.6	3.70	W	63000	CO
13-7	3500	41600	2000	41680	0.3	3.1	U		0
	3500	42000	0	42000	0.2	3.0	V		0
	3500	41300	0	41300	0.3	3.1	W		0

11 図 3-DH-25 型 3450 V 150 MVA
磁気遮断器、遮断特性曲線Fig. 11. Rupturing characteristic of type 3-DH-25,
3450 V 150 MVA magnetic de-ion circuit breaker.

50,000 kVA 短絡発電機で試験した。試験は 3-DH-10 型磁気遮断器を狭いメタルクラッド配電盤中に収め、相対湿度約 95% に 48 時間保つた後 3.45 kV、三相で 5,000A, 10,000A, 16,000A を遮断試験すると云う苛酷なもので、特に磁気遮断器としては消弧室構造から無理だと思われる 0-1 分 CO-3 分 CO の動作責務試験を敢行した。14 図は屋外用メタルクラッドに収めた本遮断器の試験設置写真である。結果は 3 表に示す如く全遮断時間 3.7 サイクル (60 サイクルベース) 以下で、試験後の点検においてもほとんど消弧室、コンタクト等の損傷は認められず、非常に満足すべきものであつた。消弧室材料に吸湿性材料を使用した磁気遮断器では遮断時電弧による吸湿水分の急激な蒸発気化により遮断不能になる恐れがあるが、本遮断器は消弧室材料が吸湿しない特殊耐熱陶器板を使用しているため、湿度で遮断性能に影響されることはなく、かつ 0-1 分 CO 3 分 CO の動作責務を満足したことは、0 だけならば相当遮断容量を

上げ得ることを示す。また狭いメタルクラッド配電盤内で遮断してもその箱の構造を工夫すれば、オープンで試験したと同様の成績を得られることを証明した。なおメタルクラッド配電盤内には電熱器があるので特殊な場合を除いては盤内は外気より幾分高い温度となり、相対湿度が 95% になることはほとんどないから上記の試験は非常に可酷なもので、我国の如き湿気の多い土地でも DH 型磁気遮断器は実用して差支えないと断言し得る。

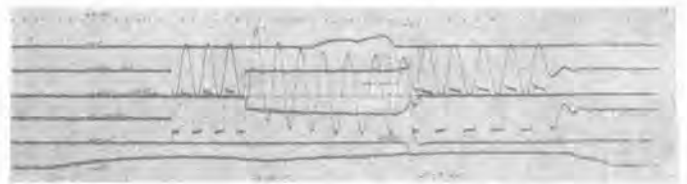
6. 特 長

以上説明した DH 型遮断器の特長を挙げれば下記の如くである。

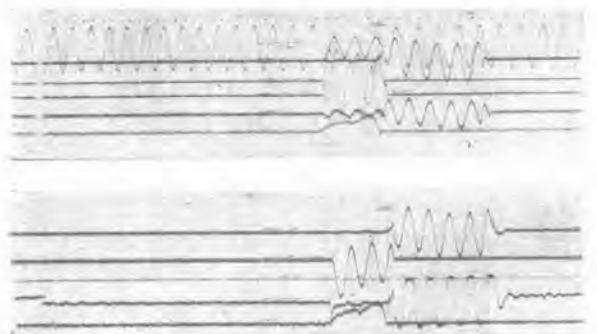
- (1) 油を使用しないので火災発生の危険なく、油のこぼれによるよごれが目立たない。
- (2) 消弧室は耐弧性絶縁物の特殊耐熱陶器製であるから、消弧物質の劣化による遮断能力の低下はなく、開閉頻度が多くても保守が容易で、消弧室は半永久的に使用できる。
- (3) 消弧室は軽くて簡単に取外しができ、接触部の点検手入が容易である。



(a) 動作責務 O 遮断電流 186 A



(b) 動作責務 CO 遮断電流 23500 A

12 図 3-DH-15 型磁気遮断器、遮断試験オシロ
Fig. 12. Oscillograms of Interruption tests on type
3-DH-15 magnetic de-ion circuit breaker.13 図 3-DH-25 型磁気遮断器、遮断試験オシロ
三相試験 3,500 V 遮断電流 42,000 A
Fig. 13. Oscillograms of Interruption test on type
3-DH-25 magnetic de-ion circuit breaker.



14 図 湿度 95% の屋外用メタルクラッドに収用して
遮断試験中の 3-DH-10 型磁気遮断器

- (4) 主接触部は銀コンタクトで、通過電力が大きく、
電弧コンタクトは耐弧性合金を使用しており、遮断

による損耗は従来の油入遮断器に比較して格段に少
い。

- (5) 金属隔壁が操作機構部と高圧部との間に設けら
れ、低圧回路は保護される。
(6) メタルクラッド配電盤に入れて水平引出しが軽
快にできるような構造になっている。

7. む す び

以上に説明した DH 型磁気遮断器は従来の油入遮断器
に代つて、屋内メタルクラッド配電盤あるいはユニット
サブステーション等に全面的に採用されるかどうかは、
その数多い特長と遮断性能の優秀さから疑う余地はない
が、今長の現場における使用実績如何に懸つている。当
社はこの点に留意して慎重に各種試験を実施して、使用
材料等吟味製作し満足な性能を発揮して使用者各位の期
待に答えるつもりである。なお目下 11,500 V, 500 MVA
のものを受注製作中で、これが完成の上は発電機回路用
あるいはキャパシトル開閉用其他に新分野が開拓できる
と信ずる。

3 表 湿度 95% 48 時間保持後の 3-DH-10 型磁気遮断器遮断試験

立会者 中国電力株式会社
昭和 28 年 4 月 29 日施行

試験番号	動作責務	遮断電流 A			給与電圧 V	回復電圧 %	遮断時間 ~			投入電流 A	相
		AC	DC	r.m.s			開極	電弧	全		
29-1-1	O	4610 4850 4850	3000 5250 2530	5500 7150 5460	3450	98	2.25	1.15 0.75 1.05	3.40 3.00 3.30		U V W
29-1-2	CO	4610 4760 4720	2160 1830 540	5100 5100 4760	3450	95	2.25	1.40 1.25 1.20	3.65 3.50 3.45	12800 12000 8150	U V W
29-1-3	CO	4660 4750 4810	2160 1600 360	5140 5040 5010	3450	96	2.25	1.45 1.20 1.30	3.70 3.45 3.55	13100 12600 8500	U V W
29-2-1	O	10100 10300 10000	5530 9140 3100	11500 13760 10450	3450	96	2.25	0.75 1.00 1.00	3.00 3.25 3.25		U V W
29-2-2	CO	9900 9300 9240	2200 900 1450	10130 9310 9340	3450	93	2.25	0.95 0.90 0.95	3.20 3.15 3.20	26800 20300 21300	U V W
29-2-3	CO	8950 9050 9000	2120 1370 0	9200 9160 9000	3450	93	2.25	1.30 0.90 1.15	3.55 3.15 3.40	26000 25200 15800	U V W
29-3-1	O	12550 13100 12600	8240 1370 9700	15000 13200 15900	3450	93	2.25	0.80 0.90 0.90	3.05 3.15 3.15		U V W
29-3-2	CO	11550 12100 12100	2240 0 1600	11750 12100 12200	3450	90	2.25	0.90 0.80 0.70	3.15 3.05 2.95	35300 23400 31400	U V W
29-3-3	CO	11350 11600 11500	1180 2050 0	11400 11800 11500	3450	90	2.25	0.85 0.80 0.75	3.10 3.05 3.00	27000 36100 28300	U V W

UR 型 負 荷 時 電 圧 調 整 器

伊 丹 製 作 所

田 村 良 平*

Type UR Step-Voltage Regulators

Ryohei TAMURA

Itami Works

Five units of Type UR step voltage regulators have been built and delivered to the client with satisfactory results. Being featured of many excellent performances, the regulator has made a debut to take the place of the induction voltage regulator. Descriptions are made herein about several points as a result of improvement in addition to ordinary statement of the rating, application, construction, characteristics and operation.

1. ま え が き

配電線や饋電線の電圧調整装置としては、従来誘導電圧調整器が主として使用されていたのであるが、最近では負荷時タップ切換器 (On-load Tap-changing Devices) を用いる電圧調整器が採用される機運になつてきた。配電系統において常時負荷電圧を調整し、需要者に定電圧の電力を供給することが電力の質を良くし高度の配電を行うための主要な一方策であることは論を俟たない。需要者の側からもとくに定電圧を要求される面もあり、この目的には誘導電圧調整器がもつぱら使用されていたのである。しかしながら電力の需要が増すにしたがつて、一面では電圧調整器の容量が次第に増大し、とくに最近のユニット、サブステーションの発達に変電所の自動電圧調整方式を標準として、機器一般に簡易で安全確実性を、強く要望される趨勢になつてきて、旧来の誘導電圧調整器はその難点弱点を指摘されている。負荷時タップ切換器を使用して負荷電圧調整を行うことは古くから採用されてはいたが、その装置が高価で保守維持が煩雑なためと、やはり信頼度や耐久性の上では欠ける点があるとされ、製作上の問題もあつて、誘導電圧調整器では製作困難な分野に、すなわち高電圧大容量の主幹線の中継点に使用されていた状況である。最近の変圧器は合理的完璧な絶縁強度を確立し、保安保存装置を完備してその絶対恒久性を称揚されているとき、調整装置のみが旧態

のままではありえない。誘導電圧調整器も基準絶縁強度が問題にされ、機械的強度の強化策が構ぜられて昔日の欠点は改善されてはいるが、なおその構造上変圧器に對比できない本質的な弱点を持つている。

負荷時タップ切換装置も近時急速に進歩発達して、容量電圧に応じてそれぞれの機種に分れるが、当社では頑丈な大型大容量のもの (UT 型) 中容量一般向のもの (URS 型) ととくに小型軽量、構造簡易なもの、(UR 型) とを標準として製作している。UR 型負荷時タップ切換器は、簡便軽量でしかも確実軽率信頼性を失わない点を特長とするものである。

2. UR 型負荷電圧調整器と誘導電圧調整器の比較

UR 型負荷電圧調整器は配電線の電圧調整用としてあるいは特殊工業用負荷の電圧変換用として、誘導電圧調整器に代わるべき、UR 型負荷時タップ切換器を使用した負荷電圧調整器で、誘導電圧調整器では得られない多くの長所をもつている。すなわち

ア 絶縁強度・耐雷性・機械的強度

誘導電圧調整器は巻線構造が回転機に似たもので高電圧大容量のものは製作困難である。

とくに雷電圧等の異常電圧進行波に対しては対策がむずかしい。巻線あるいはリードは短絡衝撃に弱体であつて相当事故率が大い。UR 型負荷電圧調整器は大体絶

線は普通の変圧器と同然と考えてよい。タップ切換器部分の絶縁強度は 10kV 級であるが、後述の巻線の組合せによつてそれぞれの回路電圧に対して十分な絶縁力をもたすことができる。また通電部分はすべて機械的に堅牢に設計されて機械力により破損することはない。

イ 重量・大いさ価格

3300 V 級では容量 200kVA 以上 6600 V, 11,000 V では 100kVA 位でも誘導電圧調整器に比べ、軽量、小形でできて経済的であり、屋外用のものの密封式（室素封入式）のもの等も製作が容易である。

ウ 効率・性能

損失は UR 型にタップ位置（調整電圧）により大巾に変化するが、誘導調整器では略一定であり最大損失で比較しても効率は UR 型の方が遙かに良いまた励磁電流・電圧変動率も少く、電圧調整による位相変移もない。

エ 二重定格

巻線の構造上、直並列の切換を設けることが容易で、たとえば 6900V-3450V 共用のものや、 $\pm 10\%$ 調整電圧のものを $\pm 5\%$ 調整電圧に切換えて線路容量を 2 倍に使用する調整器が製作できる。結線については次節に述べる。

3. UR 型負荷電圧調整器の定格・結線

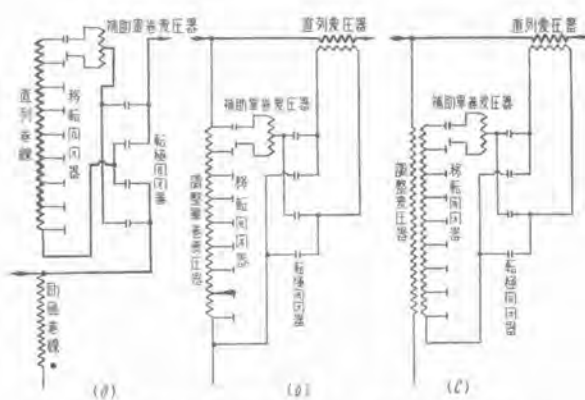
UR 型負荷時タップ切換器の定格は、絶縁階級 10kV で電流容量は各相 100A である。三相のものを標準とするが、単相にも製作することができる。電動操作式で誘導電機 1/4 HP 三相 200V/110V によつて駆動され、べつに手動のハンドルを付属し手動操作もできる。操作は電圧制御盤により行い誘導電圧調整器と同様の自動電圧制御器具をつけて自動式にもなし得、制御盤は本体に付けておくこともあり、配電盤室に設置する場合もある。配電盤室で制御するときはタップ位置表示を配電盤で読み得る。

タップ数は標準 17 点で上昇下降各 8 段に切換えられる。したがつて上下 10% の電圧調整の場合は 1.25% ステップとなり、この程度細かいステップであれば実用上何等差支えなく、電圧継電器の感度 (1.0~1.5%) と合して誘導電圧調整器と同程度に精微調整ができるものである。

UR 型負荷時タップ切換器を用いて電圧調整を行うには次に述べる回路方式がある。

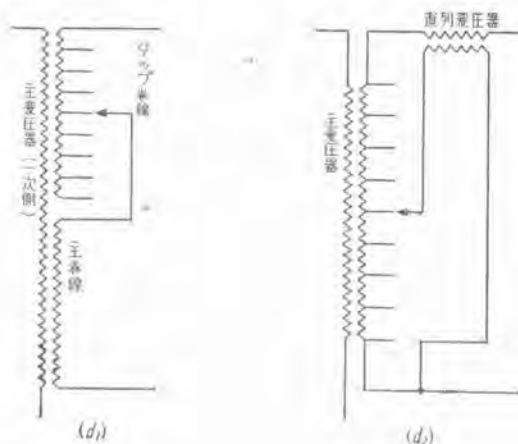
(a) 調整変圧器の二次直列巻線を直接線路に加減する、すなわちタップ変圧器の負荷時タップ切換を行う方式 (1-(a) 図)。(一鉄心二巻線式) 本方式は線間電圧 11.5kV 線路電流 100A 以下の場合に採用され、線路容量 2,000kVA (最大) までに使用することができる。

(b) 直列変圧器と調整変圧器を有し、調整変圧器は単巻式として負荷時タップ切換器を調整単巻変圧器巻線に付して直列変圧器の励磁を調整する方式 (1-(b) 図)。(二鉄心三巻線方式) この場合は線間電圧 11.5kV 以下で線路電流 100A 以上、調整容量 2,000kVA までに使用

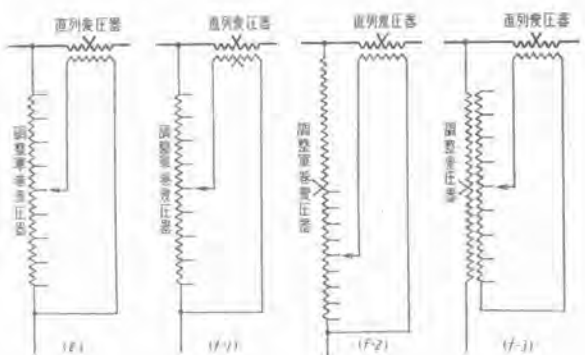


1 図 (a) UR 型負荷時タップ変換器結線図

Fig. 1. Connection diagram of type UR on-load tap-changer.



1 図 (b)



1 図 (c)

せられ、調整範囲を $\pm 10\%$ とすると線路容量は 20,000 kVA までのものが製作できる。ただしここにいう最大容量は電圧 11.5kV のときである。

(c) 直列変圧器と調整変圧器を備え、調整変圧器二次側 (11.5kV 以下にする) にタップ切換器を付ける場合 (1-(c) 図)。(二鉄心四巻線式) これは線間電圧が 11.5kV より高いとき、または (b) の場合タップ切換器の電流が定格 100A を超える場合に採用され、調整容量は三相で最大 3450kVA 電路容量は調整範囲を $\pm 10\%$ とすれば 34,500kVA までに使用できることになる。

以上三方式が容量電圧に応じて採択されるが 3kVA

あるいは 6kV の配電線高圧用のものはほとんど (b) の場合となる。すなわち線間電圧 3,450V とすると

(a) の場合 $\sqrt{3} \times 100A \times 3.45kV = 600kVA$

(b) の場合 電圧調整 $\pm 10\%$ とすれば
 $600kVA \div 10\% = 6,000kVA$

(ともに線路容量)

となり一般に (b) の場合が多い。

(d) UR 型負荷時タップ切換器付変圧器、上記 a. b. c. の如く負荷電圧調整器を別置して電圧調整を行う代りに主変圧器に UR 型負荷時タップ切換器を付属して負荷時電圧調整を行うこともできる。このときも UR 型負荷時タップ切換器の定格から 11.5kV 100A 三相 3,450kVA 以下は主変圧器巻線に直接タップ切換器を付けうるが以上の場合、上記 b. c. の如く直列変圧器を内蔵して主巻線のタップから直列変圧器の励磁を調整する。この場合の容量は調整範囲を $\pm 10\%$ とすれば三相最大 34,500kVA である。(1 図 (b)-d₁ および d₂ 図参照)。

(e) 二重調整電圧

直列変圧器を有する調整器では、1 図(c)-e に示すように直列変圧器二次巻線を直並列に切換えできるようにすれば、並列接続にして調整範囲をして線路容量を 2 倍に使用することができる。

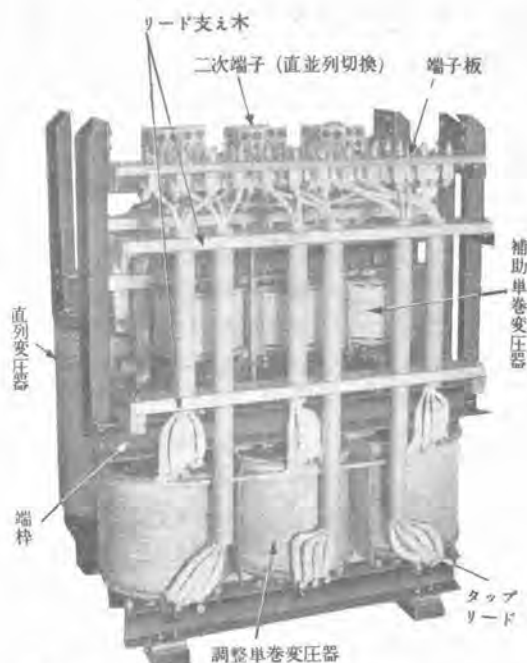
(f) 二重電圧定格

6,900V と 3,450V の線路に共用できる仕様のものを要求されるむきが多いが、この場合は 1 図 (c)-f-1 のように直列変圧器の一次二次に直並列切換を設け調整単巻変圧器は 6,900V、電流は並列時の容量をもたせておく式、また同 1 図 (c)-f-2 の如くタップを巻線の半分 (3,450V 分) に付けて線路接続を切換える方法、あるいは 1 図 (c)-f-3 の場合のように二巻線調整変圧器にして一次側を直並列に切換える方式が考えられる。(a) および (d) の直接タップ式の場合は励磁巻線 (主巻線) のみを直並切換えて調整電圧はタップ巻線によつて一種類のみ例えば 690V あるいは 345V のどちらか一本でいくのが望ましい。(1 図 (b)-d₁)

4. UR 型負荷電圧調整器の構造

ア 変圧器部分

変圧器は内鉄型構造を採用し、三相の場合は三脚鉄心、単相の場合は二脚鉄心を使用する。調整単巻変圧器線輪はタップ間巻回数が線輪全長にわたるよう円筒に巻回し、各タップにおいて軸方向不平衡を生じないように考慮されている。調整変圧器の場合は一次二次同心に配置され二次線輪は同様タップを層端に出す円筒線輪とする。どのタップでも軸方向機械力が発生しないようにするとともに線輪の機械的強度を大きくするよう設計される。直列変圧器二次線輪は概して電流大で巻回数小であるから、連続円盤線輪あるいは螺旋状線輪となり、多数並列素線の連続巻線転位を行つて漂遊損失を減少せしめている。二次巻線巻回を直並列切換えてたとえば調整電圧



2 図 450kVA UR 型負荷時電圧調整器変圧器中身
Fig. 2. Type UR step-voltage regulator 450 kVA transformer assembly.

$\pm 10\%$ のものを $\pm 5\%$ にして線路容量 2 倍迄に使用し得る仕様のは、二つの巻線を同時に並列に連続巻線し、並列部分相互の平衡と転位を完全にして、弱点を生じないように考案されている。リードはとくに強固に保持し、接続はすべて銀鍍付とスタッドにより、接触不良、溶断等の絶対にならないように製作される。補助単巻変圧器 (補助リアクトル) は空隙付鉄心でとくに締付に注意し、使用中騒音振動を起さないようにする。小形のものであるが機械的強度を考えて円形線輪としてある。これらの変圧器類を全体として合理的有効に設計配置して中身を一体に組立てる。2 図は 3 ϕ 450kVA 3,450V $\pm 10\%/5\%$ 50~ UR 型負荷電圧調整器で調整単巻変圧器側から写したものである。

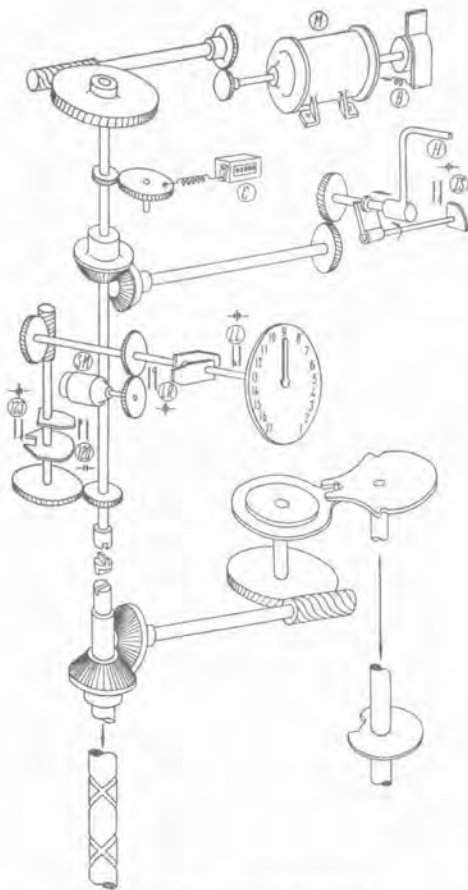
イ UR 型負荷時タップ切換器

タップ切換装置は操作機構部分とタップ切換器とに分けて考えられる。

a) 操作機構部

電動機・減速歯車・駆動軸・カム・ジェネパー・ギヤ等からなり、3 図はその構成を説明する見取図である。図で (M) は 3 ϕ 220/110V 1/4 HP 1,500 rpm のカゴ形誘導電動機でビニオンと反対側の軸端には電磁ブレーキ (B) を装備し電流を断つとブレーキがかかる。これは RS 型誘導電圧調整器に使用しているものと同一である。

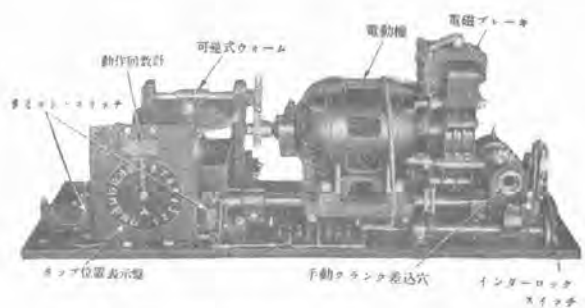
(H) は手動用クランクで差込穴は使用しないときは蓋をかぶせておくが、これを取除き手動クランクを差込むと電動機のブレーキが機械的に外され、操作回路を (L) スイッチにより開路して、安全容易に手動運転ができる。ここでハンドルを左に回すとタップは電圧は下降し右に回すと上昇するように進む。1 タップ進めるのにハンド



3 図 操作機構見取図

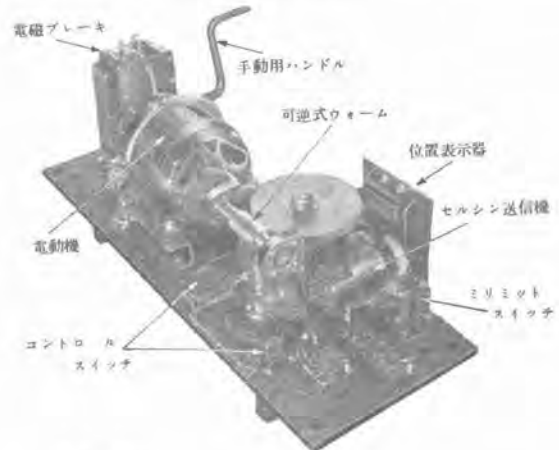
Fig. 3. Control mechanism

ルを3回転すればよい。電動機主軸についたピニオンによりまたは手動クランク軸から歯車で減速してタップ切換器の駆動を司るとともに、位置表示盤とセルシン送信機 (SM)、リミットスイッチ (LL)(LR) とコントロールスイッチ (120) (123) 用のカムおよび回数計 (C) が作動される。位置表示盤には1から17までの数字が書入れてあり、指針の指す数字がタップの位置を示す。指針が1または17のところまでくると電動操作のときはリミットスイッチが働き、手動運転のときはジェネパー・ギヤがインタロックしてそれ以上回らないようになっている。リミットスイッチは1あるいは17のタップ位置にきたら電動機の運転を停止するためのスイッチで、指針軸にカムを備えそれぞれのリミットスイッチを開いて電動機の回路を断ちリミットをきかす。コントロールスイッチはタップ変換動作の各規定タップ位置で開始を行うもので、120は閉のスイッチ、123は開のスイッチである。カムによつて動作し、120のスイッチは操作機構があるタップの上に停止しているときはつねに開いている。動作し始めると閉じ完全に1タップ変換されるまで閉じている。そして次のタップ位置にすればまた120は開く。123のスイッチは自動電圧制御の回路に入れるもので、操作機構があるタップの位置にあるときはつねに閉じていて、操作し始めると120が閉じてから123が開き1タップ変換が完了するまで開いたままで、変換



4 図 (a) UR 型負荷時タップ切換器操作機構

Fig. 4. Type UR on-load tap-changer control mechanism.



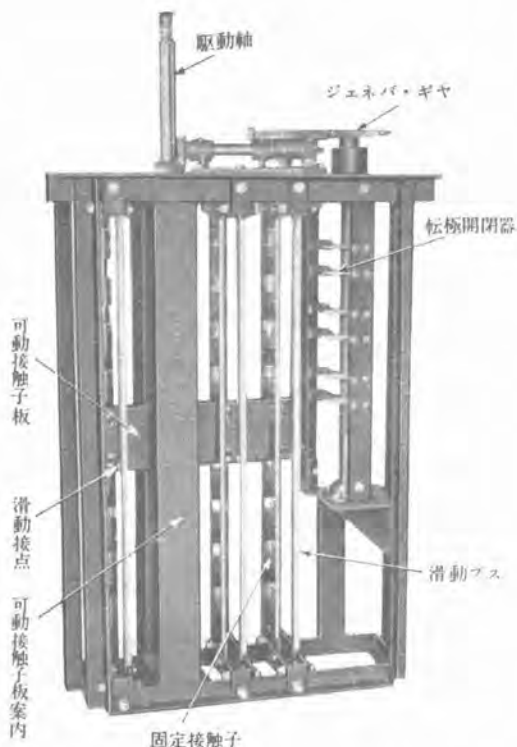
4 図 (b)

が終り120が開く前に123は閉じる。コントロールスイッチのカムは1タップ進む間に1回まわるようになっている。位置表示文字盤の上に回数計を取付け、1タップ動作するごとに回数計は1回計上し、タップ変換の動作回数を積算して読むことができる。

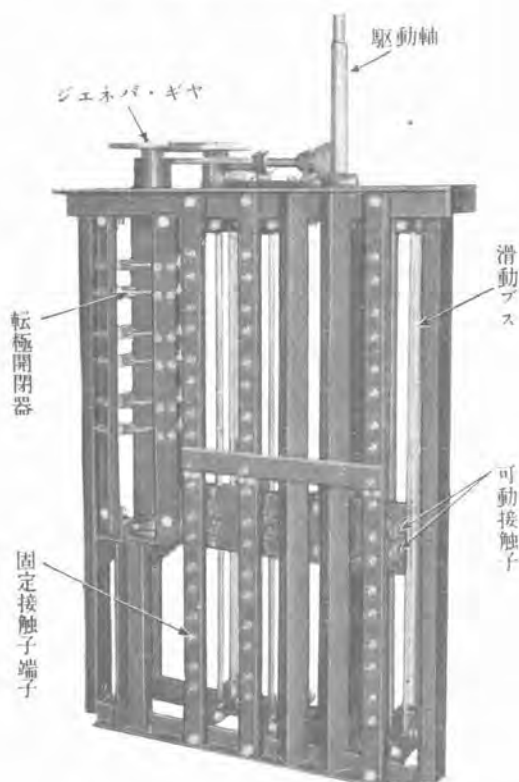
これらの機具は移転開閉器駆動ウォーム、転極開閉器駆動ジェネパー・ギヤを別として、1枚の鋼板の上に組立てられて調整器外箱のカバー上に取付けられ鋼板の覆いをかぶせる。この部分の外観は4図の写真のとおりである。

b) タップ切換開閉器部

タップ切換器機構は山形鋼を溶接した枠組の中に納められている。固定接触子は5図に示すようにマイカルタ製絶縁棒に各相縦に取付けられてあり、可動接触子は1枚のマイカルタ・パネルに各相縦方向に2個づつ三相分が共通に取付けられていて、固定接触子と各相それぞれ対応整合される。この板には案内軸受が取付けられ案内軸受の内面には突起があつてこれが駆動ウォーム軸の溝の中にはまり込んで、ウォームの回転とともに上下し、ウォーム軸2回転で1タップだけ進む。固定接触子は各相9個あり変圧器のタップに接続され、可動接触子と組合つて移転開閉器となる。パネルの可動接触子の反対側には滑動接点があり、可動接触子と共通のボルトでパネルに取付けられている。この滑動接点のはつねに銅棒に接触して動き、この各相2本の銅棒は補助単巻変圧器の両



5 図 (a) UR 型負荷時タップ切換器開閉器部
Fig. 5. Type UR on-load tap-changer tap-changing mechanism assembly.



5 図 (b)

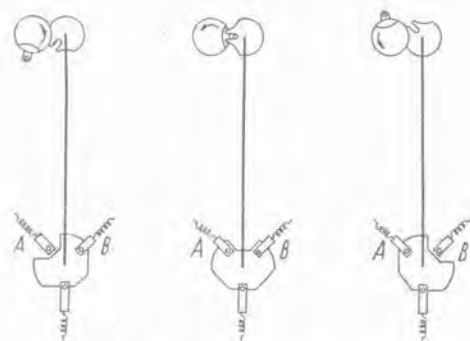
端子に接続されて、二つの可動接触子それぞれと補助リアクトル端子を結ぶ形になる。固定接触子は刃状で上下に一直列に並び、パネルが上下するとき 2 個の可動接触子は一定の間隔をもつて一列の固定接触子を挟持して動

く、このウォーム駆動軸は球軸受で上下が支えられてあり、軸の上端は減速機構の駆動軸に直接つながる。この部分は全部油中に浸されるのでカバー面の軸受はベロー式油切りを構じてある。

ウォーム軸には右ネジと左ネジの溝が切つてあり、この溝が最下部でつながっているので、案内軸受が最下端にくると (調整電圧 0, タップ位置 9 番), ウォーム軸の回転方向は変わらなくても案内軸受すなわちパネルは上昇を始める。位置表示盤の指針が 1 または 17 を指すときは、可動接触子は一番上の固定接触子と接触している。9 の位置では可動接触子は最下点にあり、1 から 17 番の動作は駆動軸の回転方向は同一で、可動接触子が上下動を一往復する。ウォーム軸の駆動装置は電圧を上げるときと電圧を下げるときとは反対に回らなっている。可動接触子パネルは駆動ウォームと案内軸受と、さらに端の相の滑動ブスを案内として動作を均勢安定させ、ガタのないようにとくに考慮が払われている。その他適宜補強と支持板をあてて機構の堅固整合を計つてある。

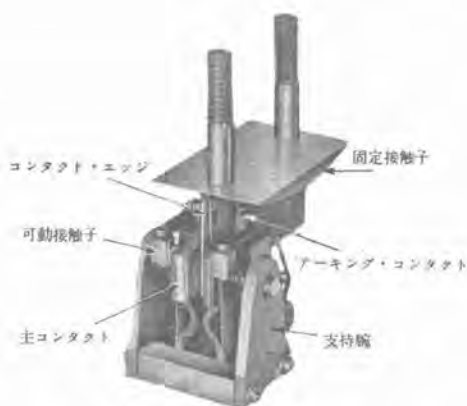
転極開閉器 (極性切換開閉器) は各相に一つづつあり、一種の 2 極双投スイッチで、6 図に示すようにタップ 9 番 (中央の図) の位置では両方のスイッチが入り、それ以外の位置ではかならずどちらかのスイッチが入つていて、調整電圧 0 の点でタップ巻線の極性を転換する作用をする。このスイッチ板は銅板に銀メッキをし、各相に 2 枚づつ各々マイカルタ管のスペーサで絶縁され一軸に取付けてマイカルタの角棒でジェネバにより駆動される。各々のスイッチ板に対し 3 個の固定接点放射状に配列取付けられスイッチ板を挟持する。3 個のうち 1 個はつねにスイッチ板に接し、他のどちらかの接点がそれぞれ短絡を経て開閉切換を行う。6 枚のスイッチ板の駆動のジェネバギヤは移転開閉器が 9 番の位置を通るときに約 80° 回転し、その他の間では動作しないよう主軸と関連設計してあり、1 番、17 番では機械的ストップになる。

接触子コンタクトはすべて刃形板を両面から挟んで摺動するフィンガ型で 100 A を通電するに充分な接触面



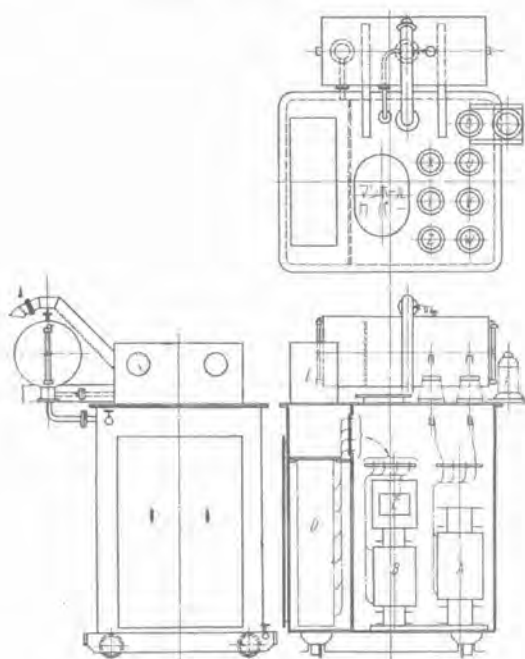
6 図 転極開閉器動作説明図

Fig. 6. Schematic diagram and sequence of operation of the reversing switch.



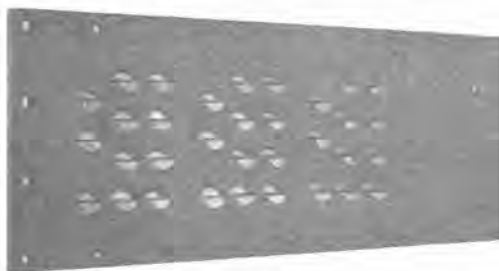
7 図 移転開閉器の可動接触子および固定接触子

Fig. 7. Moving and stationary contacts of transfer switch.



8 図 UR 型負荷電圧調整器構造図

Fig. 8. General assembly of type UR regulator.



9 図 スタッド板

Fig. 9. Studs and mecarda panel.

積と圧力を有する。タップ移転開閉器はとくにバネの疲労がないように、剪断力に耐えるように考案されている。7 図は移転開閉器の可動(下)および固定接触子(上)を写した写真で、可動接触子はタップ変換動作毎回に作動

するものであるから、とくに機械的耐久性を考慮して、棒子・ツル巻バネ・板バネと支持腕をもつて堅牢確実な接触子に組立て、電気的には電流を開閉する責務をもつものであるから、電弧エネルギーを極小にするために、アーキング・チップを分路してスプリングによる早切り(quick braking)を施している。接触面エッジおよびチップは可動固定コンタクトともに銅タングステンを用いて電弧による損耗を防ぎ、早切構造と耐弧材質によりコンタクトの寿命を著しく増大し、油の劣化分解を最小限に止めることができた。

ウ 総体構造

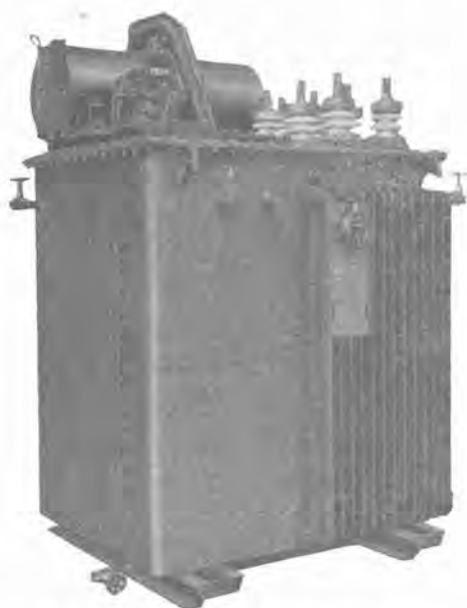
調整器は一体の鋼板製外箱内に縦に二室に区切つて、変圧器と UR 型負荷時タップ切換器をべつに納める。8 図はこの構造を示す図面で、変圧器とタップ切換器との接続は区切板に穴をあけて 9 図に示す一連のスタッドを貫通させたマイカルタ絶縁板を取付け、これを介して高圧ケンプリック線で接続する。絶縁板とスタッドは両室の間の油密を保ち変圧器室の油と開閉器室の油と混ることはない。タップ切換器と変圧器とはスタッドとの接続をはずすことにより簡単に単独に取出すことができる。変圧器室カバーには点検用穴を設け、タップ切換器室前面にはフランジ付の大きなカバーを付して開閉器室の油を抜けばタップ切換器のあらゆる部分の点検補修ができるようになってい。タップ切換器の駆動減速機構、制御極限安全スイッチ類は全部カバー上にあり覆いをかぶり、位置表示盤、回数計は見易い位置にあり、雨滴の浸入を防いである。

変圧器室・開閉器室ともにコンサベータを付属し、油の保存を計り、要すれば窒素封入装置を付して変圧器室の油の劣化を完全に防ぎ、また放圧装置を備え万一の事故の場合の安全弁として働かせる。

10 図は中国電力納入の 300kVA 3 ϕ 3,450V \pm 10% 60 \sim UR 型負荷電圧調整器である。

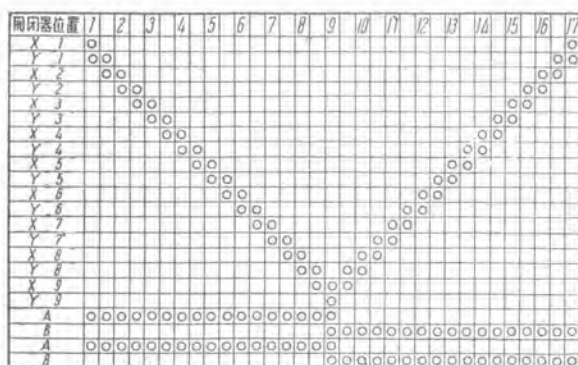
5. UR 型負荷電圧調整器の動作

一般に負荷時タップ切換器は変圧器タップ巻線から完全に開路することがあつてはいけなないのでかならず分路を作つて一時はタップ間を橋絡する過程を経なければならない。その際の電圧短絡による横流を制限するために種々の回路、方式が採上げられているが、UR 型負荷時タップ切換器は変圧器タップをリアクトルを用いて橋絡移行する方式のものである。11 図において移転開閉器 X および Y がそのままの間隔で移行して最初の定状態すなわちタップ 1 にともに接している状態から、まず X が 1 から離れ(これを移転という)次に Y は 1 に接したままで X が 2 に接する(これを橋絡という)状態を経て、つぎに Y が移転し、最後に X も Y もタップ 2 にともに接する(これを短絡という)定状態になり、これで 1 から 2 迄のタップ変換を完了する。これを同様順次繰返して次々とタップを変換していく訳である。動



10 図 300 kVA 3φ 3,450 V ± 10% 60 ~
UR 型負荷電圧調整器

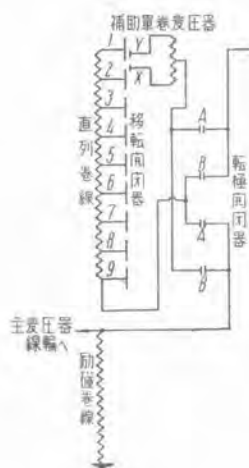
Fig. 10. Type UR step-voltage regulator three-phase
300 kVA 3,450 V ± 10% 60 cycles.



○ — 開閉器が閉の状態にあるを示す

11 図 UR 型負荷電圧調整器
の結線および動作説明図

Fig. 11. Diagram of connections and sequence of operation of the type UR regulator.



作は 1 番 17 番の極限を除き可逆式で開閉接触子の構造は対称になっており、中間タップでは上下いずれでも移行できる。11 図の表にこの関係を表示してある。

転極開閉器は調整電圧 0 (タップ 9 番) すなわち極間無電圧のときに切換えられるから、電弧は発生しない。



12 図 タップ変換動作説明図

Fig. 13. Sequence of operation of the transfer switch

1 番から 9 番までは A 開閉器が閉じ B 開閉器は開いており、9 番から 17 番までは B 開閉器が閉じ A 開閉器が開いている。すなわち直列タップ巻線は A 開閉器閉で電圧が加わる方向に結ばれ、B 開閉器閉では極性が切換つて電圧を減ずる方向に接続されるから、1 番で最高電圧、17 番で最低電圧となり、タップ切換器はその間を上昇か下降へ電圧を負荷時切換えていくことになる。

短絡・移転・橋絡の三段階における電流の関係は、12 図に示すとおり、タップ間を橋絡する位置ではこれが短絡にならないように補助単巻変圧器(補助リアクトル)が橋絡に入つて、その励磁インピーダンスで横流を制限し、巻線には負荷電流の半分と単巻変圧器励磁電流が循環重畳する。定状態すなわち短絡位置では補助単巻変圧器は端子短絡で、負荷電流は中性点から巻線両半に二分して流れ、電圧でも電流でも励磁されないが、移転位置では巻線の半分に負荷電流が通じてリアクトルは励磁されるから、この際の補助単巻変圧器両端子電圧を適当な値にし、移転開閉器の電流開閉作用に悪影響をおよぼさぬように補助リアクトル設計に当り電圧磁束を慎重に選ぶ。また補助単巻変圧器の両巻線の結合は密にして、定状態における負荷電流のリアクタンスをできるだけ小さくするのが好ましい。

タップ変換速度は 1 タップ約 3 秒で、移転および橋絡位置は瞬時に過ぎない。補助単巻変圧器は定状態では鉄損がなく、両巻線に負荷電流の半分が流れるのであるが、この状態で連続定格であるだけでなく、移転・橋絡いずれの位置でも連続使用できるように製作されていて、万一のタップ切換器の故障誤操作のために、補助単巻変圧器を焼損することがないようにしている。

6. UR 型負荷電圧調整器の特性

誘導電圧調整器と比較して、UR 型負荷電圧調整器の優位性は前述したとおりであるが、一般的に特記すべき特性として、二三の問題を取上げて述べよう。

ア 接触子の寿命

負荷時タップ切換器の生命は接触子の寿命と油の取換えの頻度いかにかかっている。一般のスイッチ・ギヤと相異して運転中の動作回数は格段に大きいもので、1 年間には数万回におよぶことを覚悟しなければならない。このためには接触子の消耗を最小限に食止め、電弧

の発生を極小にしてコンタクトと油の寿命を延ばすことに最大の努力が払われる。UR 型負荷時タップ切換器はコンタクトに耐弧材を有効に使用し、発条式早切型接触子を採用して、この問題を適切に解決している。接触子が開閉する電流は補助単巻変圧器の励磁電流を含み、実際の使用状態に合致した試験は困難なものであるが、今回東京電力納 450kVA の製品 2 台を使用して、実負荷をとり電圧調整を互に逆にして、40,000 回の連続運転を行つた後、点検調査した結果は、油は少くし混濁するも耐圧はほとんど低下せず、可動接触子アーキング・チップがやや消耗している程度で他の箇所はなんらの損耗を認めなかつた。この損耗の度合から保証寿命の最小値を推定すると 600 kVA 3 kV 級で、可動接触子アーキング・チップが 150,000 回、その他のコンタクト部分は、数十万回以上、油の取換えは 150,000 回までを保証し得る自信がある。この試験はタップ 1 番から 17 番まで均等に操作した結果であるから、実際の運転では 15 万回で油を補給し、コンタクトは可動接触子のアーキング・チップと固定接触子の数個を取換えることになる。15 万回は最悪の条件で最小の保証値でもつて、実際は負荷の事情からこれ以上使用しても差支えない場合が多いものと考えられる。

イ 衝撃絶縁対策

UR 型負荷電圧調整器は直列巻線を内蔵する特異な結線方式を採用するために誘導電圧調整器に似た衝撃電圧特性を表わすが負荷電圧調整器を製作するにあたりこの特性を究明して設計を行つた。衝撃電圧特性は過渡現象直視装置により衝撃電圧進行波の変圧器巻線内部電位振動、

および調整単巻変圧器中性点電位上昇について研究した。結論として、(i) 調整単巻変圧器は円筒線輪であるため内部電位分布は良好であり、タップ間に集中ストレスを生ずることはない。(ii) 直列変圧器から電磁的および静電的に誘導をおよぼし、調整単巻変圧器の中性点の電位上昇をきたすが、これはタップ位置と、外部回路条件により変り、最高で架空線の場合 (500Ω) は 150%、他端がケーブルの場合 (0.05 μF) には 300%、開放の場合には 110% であつて、これに対する保護を必要とする。(iii) 直列変圧器はインピーダンスが小さいために巻回間ストレスは問題にならない。

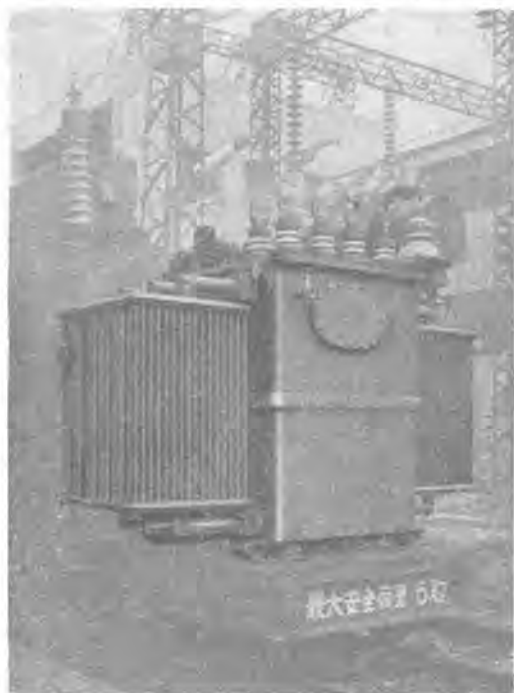
したがつて調整器は調整単巻変圧器中性点を取り出して、SV 型オートバルブ避雷器をカバー上に接続して、中性点電位上昇を保護することになっている。13 図は東京電力納 450kVA、3,450V±10%/5% UR 型負荷電圧調整器の外観で、避雷器を取付けた状態が見られる。さらにこの避雷器が放電したときの状況を過渡現象直視装置により模擬的に試験して、(iv) 避雷器が働いて中性点の電位を抑制した場合も、巻回間タップ間に異常ストレスは発生しないことを確めた。

避雷器を中性点に付属した UR 型負荷電圧調整器は、基準衝撃絶縁強度を有し、JEC-120 に定められた A 号の衝撃電圧試験に合格するものである。なお進行波電位分布よりいえることは、(V) 衝撃電圧試験は調整単巻変圧器中性点に避雷器をつけるものでは、開放の条件で試験を行えば調整単巻変圧器の部分の試験は充分である。(vi) 直列変圧器の 1 次側はタップ 1 番で行うときは、最大の電圧が両端にかかるから試験として充分である。2 次側の試験は対地電圧のみ印加されればよい。ということが確定される。

ウ 損失

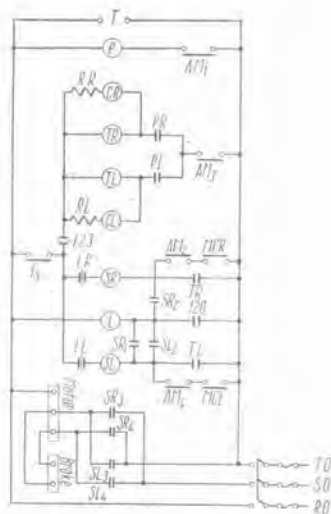
変圧器等と相異して、負荷だけでなくタップ位置により大幅に損失が変化する。直列変圧器調整単巻変圧器式の場合、全損失はタップ 1 番および 17 番すなわち最大調整のとき直列変圧器の銅損 (電流により一定) とその最大鉄損および調整単巻変圧器鉄損と補助単巻変圧器銅損の合計であり、調整零の時すなわちタップ番のとき直列変圧器銅損と調整単巻変圧器鉄損および補助単巻変圧器銅損の和となり、タップ 5 番および 13 番すなわち中間調整のとき直列変圧器銅損とその励磁電圧が 1/2 のときの鉄損および調整単巻変圧器の鉄損とその最大銅損ならびに補助単巻変圧器銅損の総和となる。全負荷損失はタップ 1 番および 17 番で最大で、一般に 9 番すなわち調整電圧が 0 に近づくほど減少し、とくに軽負荷効率は大になる。直列変圧器調整変圧器式の場合は、1 番、17 番で全損失の鉄損・銅損とも最大で、9 番で最小となる。また 1 図 (c) - d₁ の如く直列タップ変圧器式の場合は銅損のみが変化する。いずれもタップの使用状態で損失が変化することに注意すべきである。

エ 電圧変動率



13 図 450 kVA 3φ 3450 V±10%/5% 50~
UR 型負荷電圧調整器

Fig. 13. Type UR step-voltage regulator three phase
450 kVA 3,450 V±10%/5% 50 cycles.



14 図 制御回路結線図

Fig. 14. Schematic diagram of control.

電圧変動率はタップ位置により変化するが、誘導電圧調整器と同じく定格負荷で定格調整電圧を得られるよう巻数比を補償してあり、電圧変動率は問題でなく定格力率、定格負荷で定格調整容量が出るか否か問題である。

7. UR 型負荷電圧調整器の運転操作

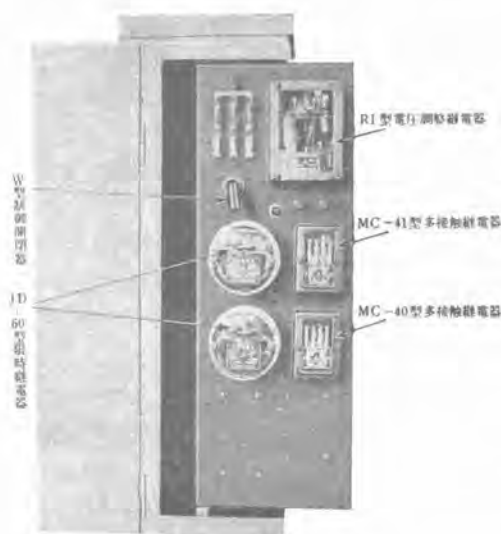
ア 自動電圧制御運転

UR 型負荷電圧調整器の自動運転は、自動電圧制御盤を設置して電圧継電器により行う。本文は制御盤の詳細にはふれないが、その大要を述べると、14 図で三相刃型開閉器を閉じ、W 型制御開閉器のハンドルを断の位置から引くと自動に切換えられ AM_1 AM_3 が閉じ AM_2 AM_4 MCL MCR が開く。これで RI 型電圧調整継電器の制御内におかれ、今受電電圧が上昇して電圧継電器が働いたとすれば PL が閉じ、 $JD60$ 型限時継電器が動作し、一定時限継続すると TL が閉じる。 TL が閉じると MC 40 型多接触継電器 (SL) が励磁されて、 SL_2 SL_3 SL_4 が閉じて電動機を電圧を下げる方向に回転させる。120, 123 は前述のコントロールスイッチで、タップ切換器が動作を始めると 120 は閉じ TL を短絡し、ついで 123 が開いて限時継電器を元に戻す。タップ切換動作が 1 ステップ完了すると 120 は開き (SL) は外れ電動機は停止する。その前に 123 が閉じてつぎの動作に応動する。電圧を上げる場合も同然である。 SR_1 はバック・コンタクトでタップ進行中に停電した場合に、停電回復したときタップを電圧を下げる方向に進めるためのものである。

15 図は自動電圧制御盤の一例を示す写真である。なお線路電圧降下補償器を設ける場合もある。

イ 電動操作

W 型制御開閉器のハンドルを押すと AM_1 AM_3 が開き、押したままハンドルを下降の方へ回すと AM_2 MCR は開いたままで AM_4 MCL が閉じ (SL) が励磁され SL_2 SL_3 SL_4 が閉じ電動機は電圧を下げる方向に回転する。ハンドルを押して AM_1 AM_3 を開いたままで上昇の方に回



15 図 自動電圧制御盤

Fig. 15. Automatic voltage control panel.

わすと AM_4 MCL は開いて AM_2 MCR が閉じ (SR) が励磁され SR_2 SR_4 が閉じ電動機は電圧を上げる方向に回転する。

ウ 手動操作

カバー上機構部覆いのハンドル差込口の蓋を外し、ハンドルを差込むと、インタロックスイッチ (I_k) が制御回路を開くと同時に電動機の電磁ブレーキの腕が押され発条に逆つてブレーキが外される。右に回わすと電圧上昇へ、左に回わすと電圧下降へ進み、3 回転で 1 タップの変換を行う。

8. む す び

負荷電圧調整器は米国においては古くから製作実用に供され、広く普及してますます賞用されつつある。コンタクトの寿命も 400,000 回を保証しているようで、二次変電所の電圧調整にはもつぱら Step-Voltage Regulator を設置している。わが国でもこの種のものは当社が第一番に着手し、終戦直後から試作品 3 ϕ 229kVA 3,450V $\pm 10\%$ 60 \sim 1 台を完成し、この種調整器の必要性を夙に考察して、鋭意改良を加え、今回 450kVA 2 台、300kVA 3 台の注文を受けて、優良な成績で納入することができた。引続き次々と製作中であり、今後も需要が多いものと思われる。しかし UR 型負荷電圧調整器は誘導電圧調整器の代りとして製作されるもので、ユニット・サブステーション等で、別置式を望まれない場合には、定格 400A 15kV の URS 型負荷時タップ切換器付変圧器で電圧調整を行う方式を採用する。状況に応じて、ご使用者の条件を勘案して、両者を適宜使い分けていく方針で、別置式では UR 型調整器をご使用願いたい。

今回の改良の要点は、発条式早切型接触子の採用、機構室の完全分離と、コンサベータ式であるが、これは担当者各位のご協力とご助言の賜であると同時に、ご使用者側ご忠言に負う所が大で特記して深く感謝する。

20 KV キ ュ ー ビ ク ル

伊丹製作所

吉岡昌昭*

20 kV Cubicle

・ Masaaki YOSHIOKA

Itami Works

Distribution apparatus contained in a cubicle is not at all new but has been used only on the circuit of somewhere about 3kV, none of records exceeding 10kV in Japan. The cubicle, however, has made a rapid progress abroad, specifically in America, together with the development of indoor type air circuit breakers. So has it in Japan, and various quarters have come to apply it to the substation. This paper describes about a 20 kV cubicle completed recently in Itami Works in details.

1. ま え が き

戦後各都市の復興振りは日を追うて目醒ましく、各所に豪壮なビルディングが建設されており、したがって電力の需要は急激に増加しつつある。東京都においてもこの急激な電力需要に応ずるために都心に相次いで変電所が建設された。

従来変電所の特高配電設備は建物に母線、遮断器その他の配電器具をそれぞれ単独に立体的に取付ける方式が採用されてきたが、この方式では器具の配置の関係上、バリア代りのコンパートメントを設け、母線配置のため天井を高くし、断路器、変流器の接続のため壁を抜くなど、建物を大きくするとともに特殊構造とすることが必要である。このため建築費は高くなり、しかも完全なインターロックを施すことがむづかしいので保守上安全を期しがたく、時に誤操作やその他思わぬ事故が起ることがある。

しかるに大都市では変電所建設の用地が限定され、建築費もまた予算の関係から制約を受ける。キュービクルは必要な配電器具を矩形の箱の中に入れたもので、器具の配置を合理的にすることによりその占有容積を小さくでき、据付が簡単でキュービクルを室内に置くだけでたち使用することができる。したがって建物を小さくできるとともに複雑な構造とする必要がないので用地や経費の問題に対し極めて有利なものとなる。キュービクル採用による利益はその他に導電部分が完全に覆われるので人畜に危害を与えることが全然なく、また容易にかつ完全に器具相互間のインターロックを施すことができるので保守上心身を勞することがなく、キュービクル方



東京電力日比谷変電所納入 20kV

キュービクル外観

View of 20 kV cubicles, Hibiya substation,
Tokyo Electric Power Company.

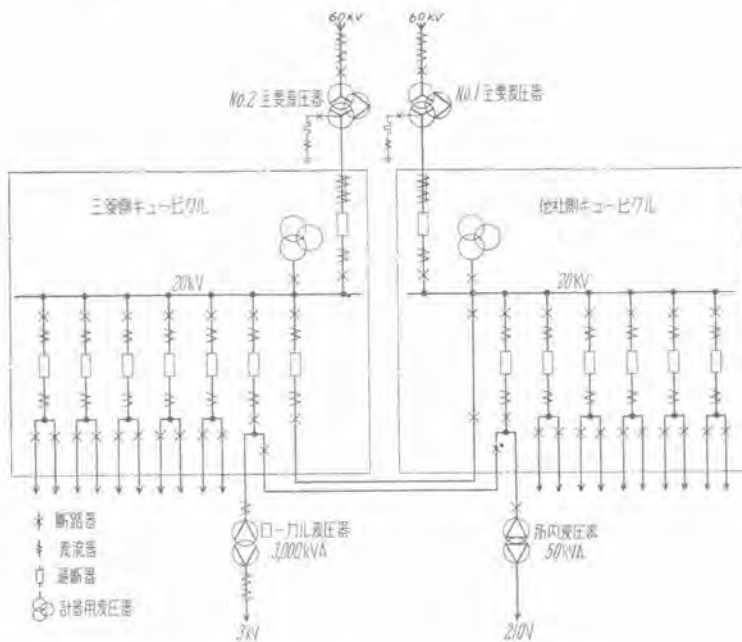
式は都市変電所の配電設備として最良のものといえることができる。

東京電力株式会社では都心の変電所建設に当つて以上の見地から従来のコンパートメント式を廃してキュービクル方式を採用された。これに対し当社ではすでに昭和26年末南鞘町変電所に遮断容量 500 MVA の油入遮断

器を入れた 20kV のキュービクルを納入したが、本年度さらに日比谷変電所にわが国最初の 20kV、遮断容量 1,000MVA 定格の空気吹付遮断器を使用したキュービクルを納入した。以下日比谷変電所向キュービクルについてその概略を紹介する。

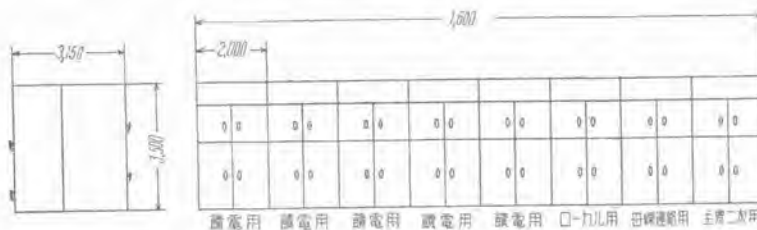
2. キュービクルの概要

日比谷変電所は 1 図に示すように、淀橋変電所から 60kV 2 回線を受電し、それぞれ 30,000kVA 主要変圧器で 20kV に下げ、都心の各変電所に給電するとともに、30,000kVA 変圧器 1 台で 3kV のローカル配電を行うもので、20kV キュービクルは主要変圧器を単位として 2 群に分れ、主要変圧器二次側母線と、それにつながる配電器具を内蔵したもので、当社ではこのうちローカル用キュービクルを含む 1 群の製作を担当した。



1 図 日比谷変電所 20kV キュービクル単線結線図

Fig. 1. Schematic diagram of 20 kV cubicle, Hibiya substation.



2 図 キュービクル配列図

Fig. 2. Layout of cubicles.

キュービクルは屋内用であつて 2 図に示すとおり 1 組 8 台が 1 列に配置され、饋電用 5 台、ローカル変圧器用、母線連絡用および主要変圧器二次用各 1 台で構成されている。

キュービクルの母線容量は 1,200A で、遮断器その他の仕様はつぎのとおりである。

20kV キュービクル・吉岡

遮断器 型 名 20-C-100 型
型 式 3 極単投、圧縮空気吹付型
定格電圧 23,000V
定格電流 600A (饋電、ローカル用)
1,200A (母連、主変二次用)

操作方式 10 kg/cm² 圧縮空気操作

断路器 型 名 LC 型
型 式 3 極単投、銀接触型

定格電圧 23,000V

定格電流 600A (饋電、ローカル用)

1,200A (母連、主変二次用)

操作方法 DC 100V 電動操作 (母線側)
手動操作 (負荷側)

変流器 型 名 SB 型

型 式 套管型

定 格 400/5A 40VA 3.0 級
200/5A 40VA 3.0 級
(饋電、ローカル用、母線側)

400/5A 15VA 1.0 級

(同上、負荷側)

1,200A/5A40VA 3.0 級

(母連用、母線側)

同上、三次付

(主変用、負荷側)

1,200A/5A40VA 1.0 級

(母連用負荷側、主変用

母線側)

計器用変圧器

型 名 TH-2×S 型

型 式 单相、油入、密閉型

一次電圧 22,000/√3 V

二次電圧 110/√3 V

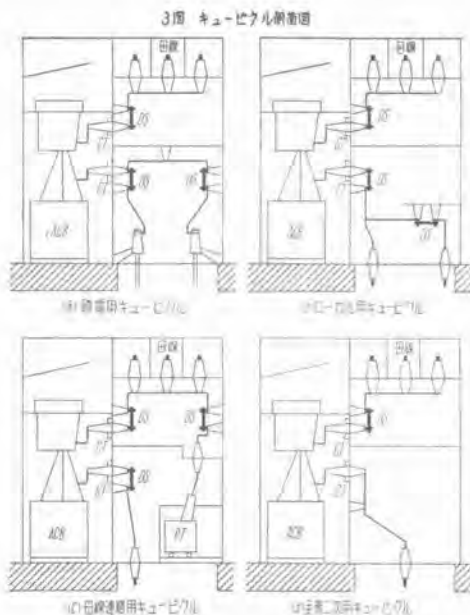
三次電圧 110/√3 V

二次負担 200VA

キュービクル内部の器具は 3 図のように配置され、饋電用キュービクルの負荷側断路器は 2 回線を取付け、それぞれ選択操作機構を設けて単位操作を行いうるようになっており、ローカル用キュービクルは負荷側に所内変圧器間の連絡用断路器を備えている。母線連絡用キュービクルは計器用変圧器を収め、母線側、負荷側両断路器を 1 組の電動操作機構で同時操作をするようになっており、主変二次キュービクルには負荷側断路器を省いてある。

3. キュービクル本体

キュービクル本体は 4 図に示すとおり、遮断器側、母線側両面に観音開きの扉を設け、遮断器側上部に遮断時の吹付空気を排出する窓があるほかは密閉構造となつて



3 図 キュービクル側面図

Fig. 3. Side view of cubicle.

おり、とくに母線室、母線側断路器室は塵埃の侵入による事故を除くため、カバーおよび扉にはゴムバックシが施してある。母線室、母線側および負荷側断路器室、遮断器室の室間ならびに相間には銅板バリヤを設け、一部の故障が他室または他相に波及しないようにするとともに、相間短絡を生じないようにし、バリヤは取外し可能としてあるから内部点検は容易に行うことができる。

導電部分を絶縁物で覆うと対地絶縁距離を短くでき、したがってキュービクル寸法をある程度小さくすることができるが、往々にして絶縁劣化をきたし事故の原因となるので、このキュービクルではこうした絶縁物を使用せず、キュービクル寸法は空間の対地絶縁距離を 200mm 以上にとつて、120 kV の衝撃電圧に対して充分耐える大ききとしてある。

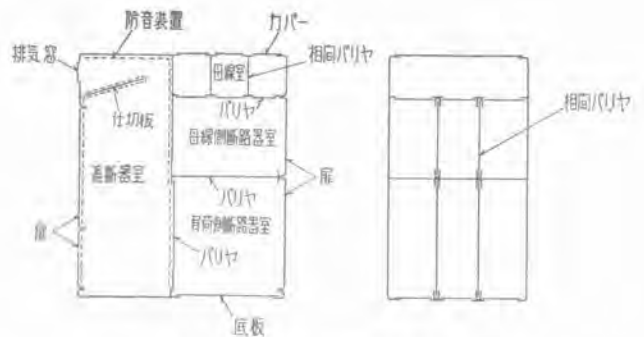
遮断器は操作時に圧縮空気の排気音を発生し、これが変電所の外部に騒音として洩れた場合は近隣に迷惑を与えるので、遮断器側キュービクルの内面に防音装置を施し、排気音を吸収してキュービクル外部に洩れる音響を半減させることとした。防音装置としては消弧室よりも上部はガラス繊維を用い、下部はデックスを使用してある。

キュービクルの外表面はメラミン樹脂塗料の焼付を施してあるので、永年の使用に対して汚損することがなく、最近の配電盤と同様外観は極めて優美である。

4. 遮断器

空気吹付型遮断器は油を用いないので火災の恐れなく、また小さな容積で大きな遮断容量が得られるので、キュービクル用としては最も好適のものである。

5 図は遮断器の外観を示すもので、420 リットルの容量をもつ補助気槽の上に接触部と操作機構を備え、投入、



4 図 キュービクル本体構造図

Fig. 4. Construction of cubicle body.

遮断とも DC 100V の電磁弁を開いて圧縮空気により操作機構を動作させ、遮断の際は圧縮空気を接触部に吹付け、電弧を上部の消弧室内に分割、押込んで消弧する。消弧室の上部にはさらにマフラを設け、排出ガスを冷却して完全にイオンを除去するとともに排気音を低減させる。

遮断器の操作圧力は常時 10 気圧で、圧力が 8 気圧に下がれば遮断器の操作をロックアウトする。10 気圧からロックアウトまでの間に動作責務 CO-15 秒-CO の操作を 1 回行うことができ、ロックアウトの解除は 9 気圧となつている。

気槽の圧力は外部から監視することができ、接触部の点検は消弧室の下方からのぞきこんで容易に行うことができる。

5. 断 路 器

LC 型断路器は 6 図に示すとおり接触部に銀メッキを施し、クリップ側はブレードを歯形に押出して線接触するようにしたもので、100,000 回の操作試験に耐え、しかも操作は極めて軽く、キュービクル用にふさわしい特長をもっており、温度上昇はキュービクル外気に対し 45°C 以下となるように設計されたものである。

支持碍子および碍管は東京電力側で研究の結果、120 kV の衝撃電圧に耐える特殊形状のものが採用された。

断路器と操作機構との間は絶縁劣化を生じないように磁器接手を用い、7 図に示すように、操作機構はキュービクル中間に 3 極操作を行う主軸があり、この主軸を扉付近に設けた歯車装置によつて動かす仕組みで、歯車装置は外部から扉に設けた操作窓を開きハンドルを挿入して操作することとなつている。電動操作の場合はこの歯車装置を DC 100V の分巻電動機で駆動し、停止は電気制動により行うもので、操作時間は約 4 秒である。

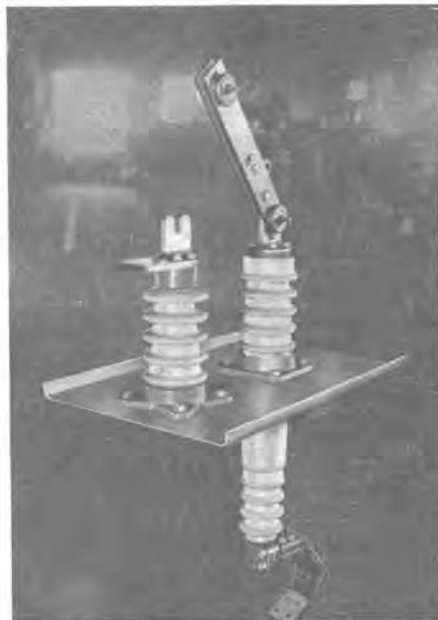
饋電用断路器は地下ケーブルの接続の検査ならびに試験に際し単極操作を行う必要があり、このため主軸を水平方向に移動して任意の相の断路器を動作させる選択操作機構が設けられ、この操作は前記開閉操作と同じく操作窓を開いて外部から行うようになつている。

断路器の開閉ならびに選択位置は扉の表示窓に機械的



5 図 20-C-100 型空気吹付遮断器

Fig. 5. Type 20-C-100 air blów circuit breaker.



6 図 LC 型断路器

(a) 1200 A F-B 接続

Fig. 6. Type LC disconnecting switch.

(a) 1200 A F-B connection

に表示される。

6. インタロック

遮断器・断路器の誤操作をなくし、保安上の安全を確保するため、キュービクルにはつぎのような機械的ならびに電氣的インタロックが施してある。

ア 扉

- (1) 右扉を開かねば左扉を開くことができない。
- (2) 右扉には電磁インタロックがあり、母線側断路器を開かねばこれを開くことができない。ただし非常の際は鍵でインタロックを解除し開扉でき

20kV キュービクル・吉岡



6 図 (b) クリップ側接触部

Fig. 6. (b) Clip side contact.

る。

イ 遮断器

- (1) 母線側断路器を電動操作中は遮断器を投入できない。
- (2) 断路器を手動操作中は遮断器を投入できない。

ウ 電動操作式断路器

- (1) 遮断器が開でなければ断路器を操作できない。
- (2) 断路器を手動操作するときは電動操作はできない。
- (3) 扉を開けば断路器を操作できない。ただし試験の際はインタロックを解除でき、扉を閉じれば自動的にインタロックは復帰する。

エ 手動操作式断路器

- (1) 遮断器が開でないと断路器を操作できない。
- (2) 選択操作中は断路器を開閉できない。
- (3) 断路器を開閉操作中は選択操作はできない。
- (4) 断路器が開でないと選択操作はできない。

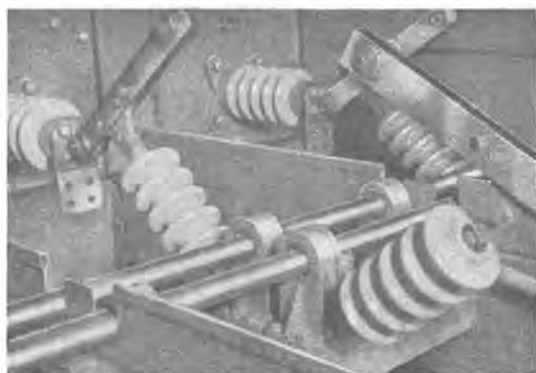
なおローカル連絡用断路器に関してはつぎのインタロックが施してある。

ア. 連絡用断路器を操作中はローカルおよび母線連絡用遮断器の操作はできない。

イ. ローカルおよび所変用遮断器がいずれも開のときまたはローカル、母連および所変用遮断器、断路器がすべて閉のとき以外は連絡用断路器は操作できない。

7. 変 流 器

変流器は套管型を用い、8 図のように断路器の碍管にはめこんである。套管型では一次電流が小さいとき精度のよいものを得ることがむつかしいので、 $\frac{400}{200}/5A$ のものは 9 図に示すとおり、3.0 級では一次電流と VA によりバックターンを変え、1.0 級のものは補償巻線を施

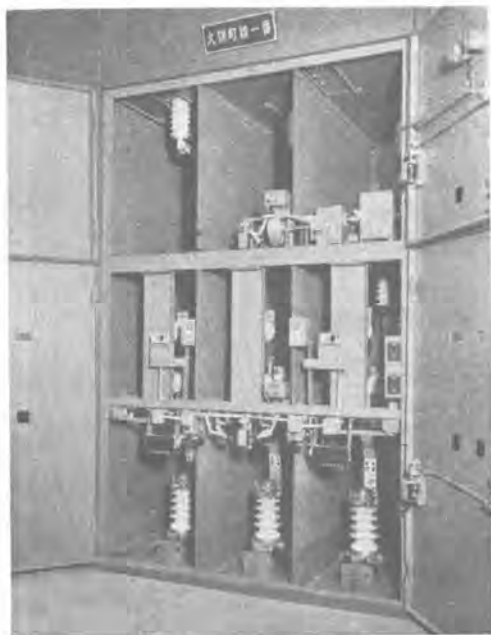


7 図 断路器操作機構

(a) 中間操作機構

Fig. 7. Operating mechanism of disconnecting switch.

(a) Intermediate operating mechanism.



7 図 (b) 手動操作機構および電動操作機構

Fig. 7. (b) Hand operation mechanism and motor operation mechanism

して 15 VA が得られるようにしてある。

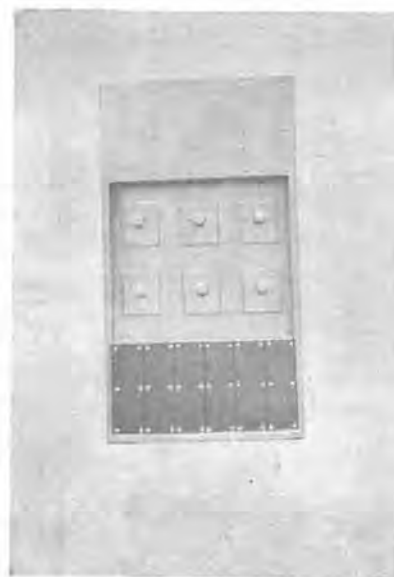
8. 計器用変圧器

計器用変圧器は密閉構造で、10 図に示すとおり母線連絡用キュービクル内に収め、車台を取付けキュービクル内部を点検の際取出すことができる。巻線の絶縁は特に 30 号とし安全をはかつてある。

計器用変圧器一次側には可溶器を用いず、断路器でカットアウトを行う。

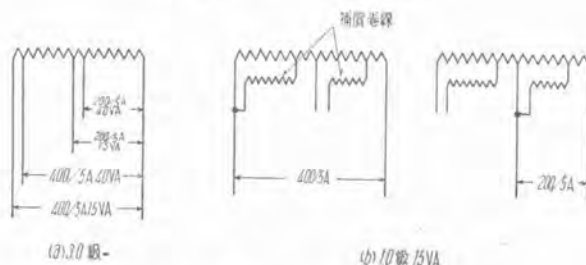
9. 母線および接続導体

母線 および 接続導体は 電流容量の 充分な硬銅帯を用い接続部分は銀メッキを施し、断路器と同様温度上昇の限度を 45°C にとつてある。支持碍子およびバリヤの貫通碍管は断路器と同じものを用い、遮断器えの接続導体はとくに可撓平燃線を用いて遮断時の振動が断路器に伝



8 図 変流器取付

Fig. 8. Current transformer.



9 図 $\frac{400}{200}/5\text{A}$ 変流器二次接続

Fig. 9. Secondary connection of current transformer 400-200/5A

わらないようにしてある。11 図は母線室を示し、据付の際単位長の母線を接続して一連のものに組立てある。

10. 低圧配線

低圧側配線は 600V 塩化ビニール線を用い、絶縁クリートを配して対地絶縁を確保し、カバーを施してあるので外傷を受けることがない。

11. 圧縮空気発生装置

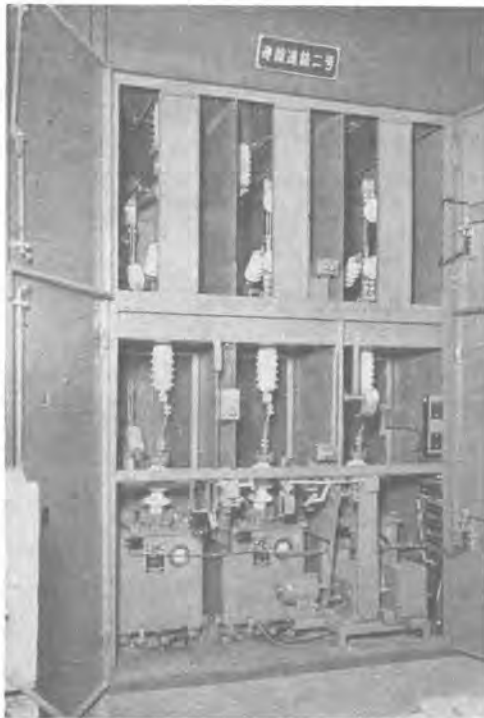
遮断器の補助気槽に圧縮空気を補給するため、圧縮空気発生装置と配管設備が必要である。

ア 圧縮空気発生装置

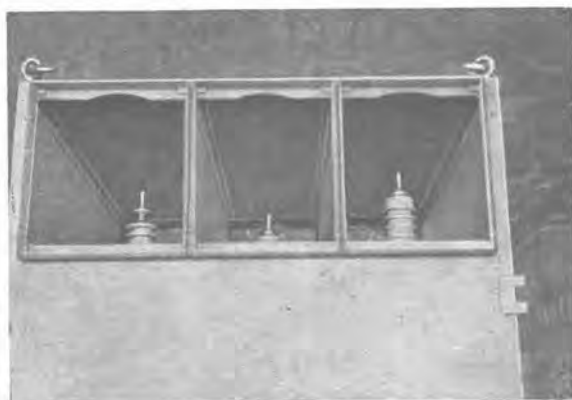
圧縮空気発生装置は別室に据付けられ、12 図のとおりに AC 5 馬力の圧縮機と 3 個に分れた容量 820 リットルの気槽とからなり、気槽の先端に付属している安全弁の吹出圧力は 23.5 気圧に調整されている。常用圧力は 21 気圧で、20 気圧に下れば圧力スイッチが閉じ、べつに設けられた制御盤により圧縮機を運転して圧力を恢復する。

発生装置は三菱側 2 台、東芝側 3 台が並列に接続され、非常の際は東芝側の DC 圧縮機が自動的に運転される。

イ 配管設備



10 図 計器用変圧器取付
Fig. 10. Potential transformer mounting.



11 図 母 線 室
Fig. 11. Bus compartment.

発生装置から遮断器補助気槽に至る配管は 13 図のとおり配置され、配管に故障を生じたときでもその部分を除けば運転に差支えないようループ式になっている。配管の途中には 21 気圧から 10 気圧に落す減圧弁と圧力スイッチが設けられ、10 気圧側が 8.5 気圧に低下したとき配電盤に警報を発する仕組である。

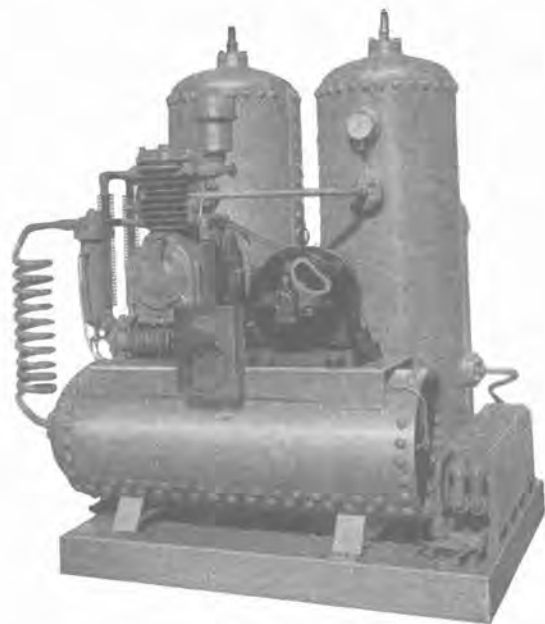
配管材料は銅管を用い、接続部分はフランジ式とし、バルブはすべてベロー付バルブを採用して配管の空気洩れが絶対に生じないようにした。

12. 試 験

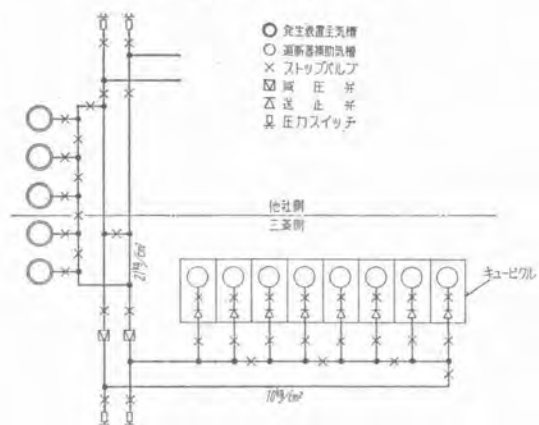
組立後キュービクルに対し下記の試験が行われた。

- インタロック試験
- 遮断器および断路器操作試験
- 温度上昇試験 上昇限度外気に対し 45°C
- 耐圧試験 60kV 1 分間

20kV キュービクル・吉岡



12 図 空気圧縮機
Fig. 12. Compressor.



13 図 配 管 図
Fig. 13. Piping arrangement.

- 衝撃電圧試験 120 kV
- 断路器過電流試験 20,000 A 2 秒間
- 遮断器騒音試験
- 配管水圧試験 40 気圧, 30 分
- 配管漏洩試験 10 気圧, 24 時間で低下限度 15%

13. む す び

キュービクルの試験成績としては満足な結果が得られたが、使用上の成績については今後の運転実績にまつほかはない。しかしながらすでに先年南鞘町変電所に納入したキュービクルでは好結果を得ており、また空気遮断器については開発後日は浅いが、工場の遮断試験設備にバックアップ用として充分その機能を発揮しており、今後特高の器具は屋内ばかりでなく屋外用としても、このキュービクルのような形態をとって各方面に進出してゆくことと思われる。

C 型 空 気 遮 断 器

伊 丹 製 作 所

新 井 正 元* 五十嵐芳雄** 志 賀 貞 雄**

Type C Air Circuit Breakers

By Masamoto ARAI. Yoshio IGARASHI. Sadao SHIGA.

Itami Works

In the function of the oil circuit breaker the dielectric strength of the oil was considered to play important role of extinguishing the arc. But it has been discovered of late that the gas produced by the dissolution of the oil cools off and deionize the arc, which has led to the advanced use of air circuit breakers. With their distinctive features such as freedom from fire hazard, light weight and small size, they have become quite popular. To cope with this trend Mitsubishi has been experimenting on them for past decade and has succeeded in building such a unit as having the interrupting capacity 1,000 MVA 23 kV.

1. ま え が き

従来交流遮断器は主として油入遮断器が用いられていたが、遮断現象の研究が進むにつれて消弧にあずかつて力があるのは油の絶縁耐力のみではなく、油の分解によつて発生するガスによる電弧の冷却消イオン作用であることが判り、空気遮断器あるいは水遮断器が考えられるようになった。遮断器の操作機構を幾多の利点を有する圧縮空気操作として、その圧縮空気を用いて消弧を行わせる空気遮断器が発達したのは当然の帰趨である。元来空気遮断器は欧州で発達したが、油によつて火災の発生するおそれのないのと、その優秀な遮断性能のために、米国においても関心が高まり、欧州のものより更に大遮断容量で 1,500 MVA 以上のものが屋内用として要求せられ盛んに使用されている。我国においても最近電力の増加と配電線のインターコンネクションの複雑化のため、回路の遮断容量は極めて大なるものが要求されるにいたつた。空気遮断器は軽量小型で充分大きな遮断能力を発揮できるので、上記の目的によく合致することができる。また一方引火の危険のある絶縁油を全然使用しないので、保安上の見地からも屋内設備として考えられる。当社はこの趨勢に鑑み戦前から C 型空気遮断器を試作試験し、研究改良を重ね昭和 27 年 5 月 23 kV 1,000 MVA のものの製品化に成功し、続々受注生産中である。1 図はその外観を示しており以下に構造性能其他を詳細に説明する。

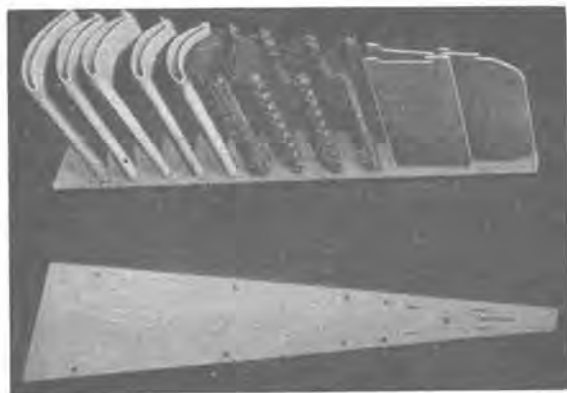


1 図 20-C-100 型空気遮断器
23 kV 1,000 MVA 600 A

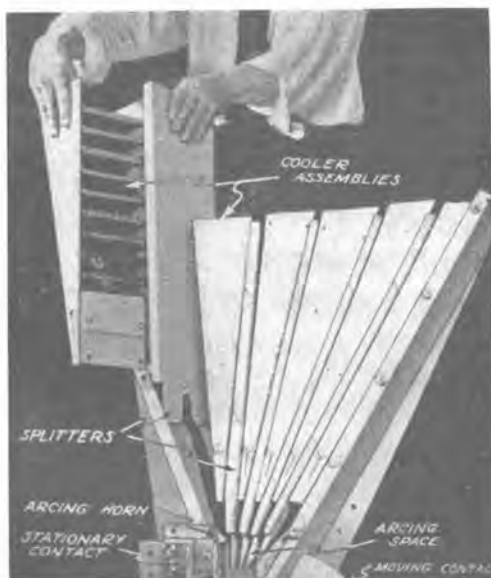
Fig. 1. Type 20-C-100 air circuit breaker
23 kV 1,000 MVA 600 A.

2. 消弧方式

空気遮断器の吹付方式には小孔型の軸方向あるいはラジアル方向吹付と横吹付型がある。いわゆる小孔型は新鮮な空気吹付孔と電弧で熱せられたガスの吹出孔とが共通であるため、ある一定以上の電流を遮断する場合には背圧が高くなり、空気の吹付速度が減少し遮断能力が急に減少する。したがって遮断電流の増加と共に空気の量も急に増さねばならない。横吹付型は圧縮空気の流れを電弧に直角に当るもので、電圧が比較的低い遮断電流が大きい場合は非常に効果的であり遮断容量が大きくできる。一般に高電圧には小孔型が多く用いられるが、電圧の低い屋内用には横吹付の方が秀れている。これは横吹付によれば小孔型と違ってコンタクトをフィンガー型の大電流容量のものにもし易く、(5,000 A まで可能) 遮断距離も大きくできて、複雑な付属断路部を必要としないでかつ大遮断器の設計が楽であるからである。誘導性小



2 図 消弧室詳細
Fig. 2. Details of arc extinguishing chamber.



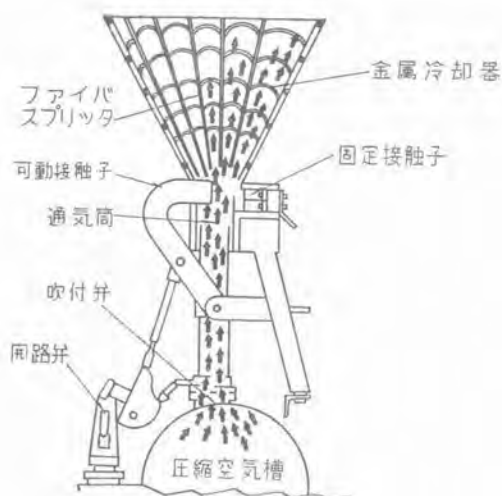
3 図 冷却室をはずした消弧室
Fig. 3. Arc extinguishing chamber with cooling chamber removed.



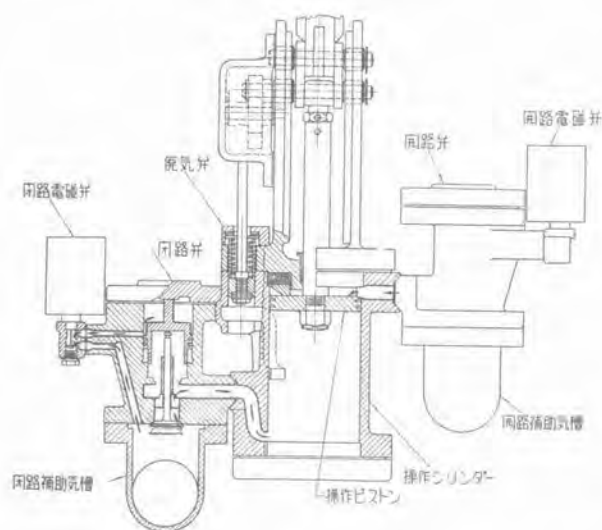
4 図 消弧室コンタクトおよび噴気孔部
Fig. 4. Contacts and air nozzle

電流遮断時にチョッピングによつて起る過電圧の点も、小孔型にして抵抗遮断を行わせる場合遮断電流が小さければなかなか抵抗に移りにくく、有効に過電圧なしで遮断し得ないことを考えると、後述の如く 34.5 kV 以下の回路ではこの点をあまり心配する必要がない。C 型空気遮断器では横吹付型でも消弧室構造機能が過電圧を発生しないようになっている。更に最も好都合なのは遮断器開の状態でコンタクトの点検が容易なことである。

C 型空気遮断器は横吹付型を採用し、電圧は 34.5 kV まで遮断容量は 2,500 MVA までできる。2 図および 3 図は消弧室およびその取付位置詳細を示し 4 図はコンタクトと噴気孔の関連を示すものである。可動コンタクトが開いて固定コンタクトとの間にできた電弧は 4, 5 枚のスプリッタの下端間に圧縮空気で吹込まれ、その圧縮空気の流れで消弧される。電弧がスプリッタに分割ループ状に引延ばされて吹込まれると、スプリッタに並行して流れる高速度の空気は電弧の片側に非常な過流を起して、消イオン作用を行い、他の側の電弧は押しつけられたフアイバー製のスプリッタの分解発生ガスで消弧される。しかし消弧室に残ったイオンおよび熱せられたスプリッタ表面は電流零値の後にかかなりの漏洩電流を流し回復電圧に減衰効果を与える。吹上げられた電弧焰と高温ガスはそれぞれスプリッタの間の空間を通つて上昇し、この間は銅および金網製の冷却器によつて冷却せられ、外部に放出された時は既に完全にイオンを失っている。コンタクトは消弧室を取外さなくてもちよつと点検するには下からのぞけばよく、下からのぞくだけでも点検でき消弧室を簡単に取外せば完全に検査できる。



5 図 構造動作説明図
Fig. 5. Construction and action.



6 図 圧縮空気操作機構
Fig. 6. Compressed air operating mechanism.



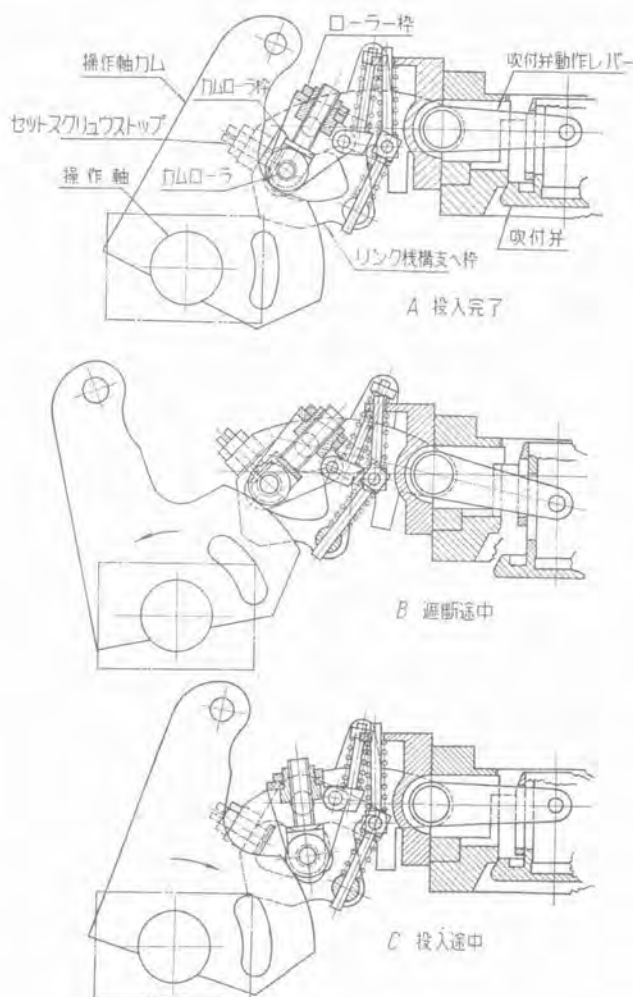
7 図 吹付弁動作機構
Fig. 7. Blowing valve operating mechanism.

3. 構造動作

5 図は C 型空気遮断器の構造動作説明図で、気槽を下部に置きこれを重い枠組に取付けてその真上に消弧室を備え、圧縮空気は吹付弁から直線的に上方に吹き付け、固定コンタクトと可動コンタクトはフィンガーコンタクトを形成し、可動コンタクトは絶縁棒によつて操作されて大きな角度を開離する。気槽と消弧室とのつなぎをこのように直結配置とすることにより床面積を最小限にとることができ、かつ空気の流れを曲げずに直線的に吹付けることにより摩擦による損失を少くし、空気吹付効果を充分発揮することがとできる。したがって蓄積された気槽のエネルギーを完全に利用することができる。

操作は遮断投入共に圧縮空気で行われ、6 図は圧縮空気操作の説明図である。すなわち遮断時に開路電磁弁が付勢されると開路弁が開き、主ピストンシリンダーの上部に高圧空気が導入されてピストンが下降し、これによつてレバーを介して操作軸を回転せしめる。これにより軸に取り付けられた絶縁棒を引張つて可動コンタクトを開路すると同時に操作軸につけられたカムによつて吹付弁を開いて電弧に圧縮空気を吹付ける。投入の時はこの逆で閉路電磁弁が付勢されると閉路弁が開き主ピストンシリンダー下部に圧縮空気が入つて閉路する。CO 動作の場合にはピストン中央の排気弁で空気の引外自由となりシリンダー下部の空気は直ちに抜かれて上部空気のみによつて遮断が行われる。この遮断器はスプリングを用いず圧縮空気を使用するので動作は極めて高速度で、投入および遮断時の衝撃を緩和するために閉路および開路弁の下には主気槽と小さな穴でつながる補助気槽を備え、主ピストンえは限定された空気を送つて最終速度を限定し、かつ操作軸には油入緩衝器がつけてある。

7 図は吹付弁動作機構部分の写真で、8 図は投入完了時、投入中、遮断中の吹付弁動作説明図である。すなわち遮断時操作軸の周りにクランクが反時計方向に回転すると、カムの上にカムローラが乗りレバーを介して吹付弁は開き、遮断動作完了後はカムローラはカムの溝に落ちて吹付弁は締まる。逆に投入時はカムローラはカムに乗るが、カムローラ回転軸を支点としてスプリングを圧縮しながら反時計方向に逃げてレバーは動かず吹付弁も開かない。遮断時の圧縮空気吹出開始位置を調整するためには、スクリューストップ付のスタッドがあり、カムローラの停止位置を変更してカムに乗上げる時期を調節して目的を達する。また空気の吹出量の加減はカムローラ枠を上下するネジで行う。カム横の案内突起は投入途中で遮断の時に吹出弁を開くために設けたもので、カムローラ枠の外枠の先がこの突起部を越せば直ぐ遮断を行つてもカムローラに關係なしにこれに当つて吹付弁が開くようになってゐる。上記の如く可動接触部の運動と吹付弁の運動とが連繫されているため、電弧発生と同時に吹付効果を発揮することができ、空気消費量が少なくて充分



8 吹付弁動作説明図

Fig. 8. Illustration of blowing valve operation.

な遮断効果が得られる。

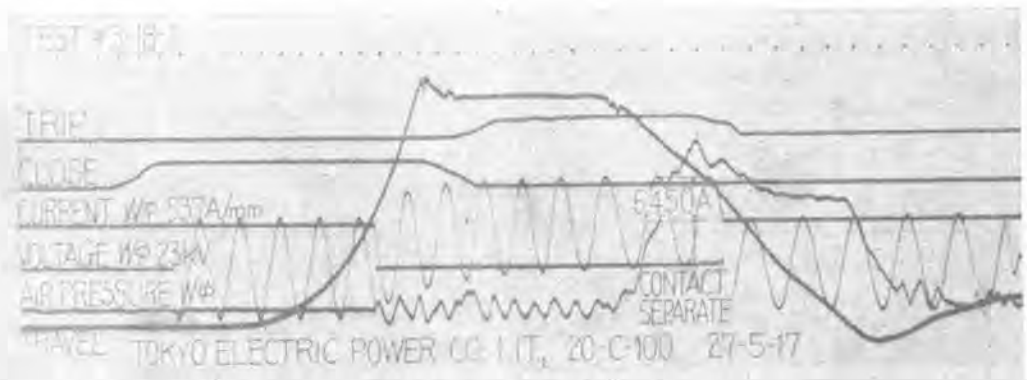
通気筒並びに支持絶縁物は総て積層フェノールレジンを用い、加工後充分な表面処理を施してあり、とくに 23 kV には 34.5 kV 級のように一段上の絶縁が施してある。キュービクル内に収めると通電中は自己の温度上昇でまた停電中は電熱器を入れて水分の凝結を防いで絶縁の劣化を防ぐ。しかし伊丹製作所短絡試験設備に設置せられた本遮断器は半屋外のテストベイ中に放置して 10 ヶ月以上にもなるが何等絶縁が劣化していないから懸念する必要がない。また圧縮空気を吹出すと碍子柱裏面では水分を一面に凝結し易く閃絡を起し易くなるので、高電圧の

碍子型空気遮断器はこれを防ぐために二重壁として常に乾燥空気を送るようにしていることは周知の事実で、案外碍子の方がフェノールレジンよりも水滴が凝結し易く、同じ印加電圧での閃絡クリーピング距離を長く設計せねばならないので、比較的低電圧ではフェノールレジンの方がよい。

この遮断器は約 10 kg/cm^2 の圧縮空気を使用し、これを下部の気槽に蓄えて操作と吹付の両方に用いる。また遮断器数台 (5~8 台) に対して一台の圧縮空気発生装置を附属せしめ、これからそれぞれの遮断器に圧縮空気が供給される。圧縮空気発生装置は通常 18 kg/cm^2 の圧力に保つように圧力継電器により自動運転せしめ、これを減圧弁によつて 10 kg/cm^2 に減圧して使用するので、水分はほとんど除かれる。一回の CO 動作により遮断器気槽に補給をしなければ圧力は約 $1.7 \sim 1.9 \text{ kg/cm}^2$ 降下するが、気槽圧力が 7.5 kg/cm^2 になつてもなお確実に遮断できる。したがって停電により圧縮空気発生装置が止つても相当長時間運転可能で、とくに配管および各種弁の漏洩が少いように使用部品を吟味し、要所々々には止逆弁を入れて万一配管がこわれても応急的に使用できるようにしてある。

4. 試験結果

1 表は伊丹製作所 50,000 kVA 短絡発電機を用いて行つた遮断試験の成績で、23 kV で約 7,000 A をまた 13.2 kV で約 26,000 A を何れも電弧時間 0.2 乃至 0.8 サイクルで遮断している。すなわちこの遮断器はその電弧時間の内 0.2 サイクルが遮断準備時間で遮断電流の大小にかかわらずそれ以後の最初の電流零値で遮断する。9 図は遮断試験オシロの一例で電弧電圧も少く、過度再起電圧の最高値も線電圧の 1.6 倍以下で減衰されており、電弧時間の短いことは注目になる。これらの試験では短絡試験設備の関係で回路の固有振動周波数が比較的低いが、米国ウエスチングハウス社ではこれと構造同じ 15 kV 2,500 MVA 遮断器で 105,000 A を 13.2 kV、 8.8 kg/cm^2 で再起電圧上昇率 $2,080 \text{ V}/\mu\text{s}$ 、固有振動周波数約 30,000 サイクルで 0.5 サイクル前後で遮断に成



9 遮断試験オシロ

Fig. 9. Oscillograms of interruption.

功している。また 34.5 kV 2,500 MVA の遮断器が 22kV で 60,000 A, 34.5 kV で 32,000 A を 1 サイクル以内で何れも遮断に成功していることは、この C 型空気遮断器はあまり固有振動周波数の影響少く、大遮断容量に適していることを裏書きしている。

充電電流も 1 表に示す如く研究所 2,000 kVA 短絡発電機および容量バンクで 20 kV にて 27 A を 9 kg/cm² で 0.39 サイクルの電弧時間で無再点弧で遮断しており、他力方式の優秀性を示しており、キャパシタバンクの開閉に使用して好適である。

この種空気遮断器では変圧器励磁電流の如き誘導性小電流を遮断する場合に、消弧能力旺盛なために遮断電流チョッピングにより回路に蓄積された磁氣的エネルギーが開路コンタクトにあらわれて可酷な過電圧を発生することが重要な問題となる。断路される回路のインダクタンスを L , L のキャパシタンスを C とすれば、発生電圧の最高値は $V = k \omega \sqrt{\frac{L}{C}}$ であらわされる。通常この

遮断器が使用される 34.5 kV 以下の変圧器では比較的 $\frac{L}{C}$ が小さく、したがって発生電圧の大きさも小さく、かつたとえ発生しても消弧室構造によりコンタクト開離距離を閃絡しては電流がチョップされてまた再閃絡を繰返しても、あるコンタクト開離距離までに達すれば、遮断される励磁電流の歪波形の比較的低い所になつて、大した過電圧も生ぜず遮断される。これは短絡試験設備で実験の上確められているので標準製品には抵抗を付加して抵抗遮断せしめることを考えていないが、特別に電弧炉の開閉用の如くとくに異常電圧発生のある場所に用いる時には非直線性の抵抗を可動コンタクトが噴気孔位置を越えて開くまで電弧と常に小間隙を経て並列に入るようにする。

上記当社の試験は 2,000 回連続操作試験の後に行われたもので、遮断投入時の機械的衝撃によく耐え、かつ吹付弁その他の操作弁のあたりも、ほとんど問題ない程損傷が少いことが遮断試験後の分解点検で解つた。なお電

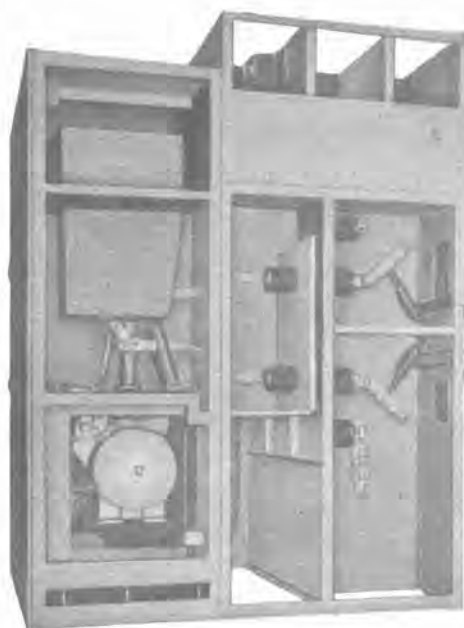
1 表 C 型圧縮空気吹付遮断器遮断試験成績

試験番号	動作責務	遮断電流			給電電圧 kV	回復電圧 (%)	再起電圧周波数 kC	再起電圧 XE	遮断時間			遮断相
		交流分	直流分	全					開極	電弧	全	
3 16	O	6,450	0	6,450	23	96			5.2	0.8	6.0	W
3 17	C O	6,800	0	6,800	23	95	11	1.55	5.5	0.8	6.3	W
3 18	C O	6,450	0	6,450	23	95	11	1.6	5.5	0.5	6.0	W
3 19	C O	6,450	0	6,450	13.2	95	11	1.5	6.4	0.6	7.0	W
3 20	O	18,500	9,800	20,900	13.2	94	6.2	1.3	6.1	0.4	6.5	W
3 21	C O	19,600	1,600	19,700	13.2	87	6.2	1.2	6.4	0.25	6.65	W
3 22	C O	19,600	0	19,600	13.2	88	6.2	1.4	6.5	0.3	6.8	W
3 23	C O	19,600	0	19,600	13.2	88	6.2	1.25	5.8	0.2	6.0	W
3 24 1	O	16,700	9,800	19,350	13.2	90	14	1.3	6.5	0.4	6.9	W
3 24 2	O	15,400	0	15,400	13.2				6.5	0.4	6.9	V
3 24 2	O	15,900	8,700	18,400	13.2				6.5	0.25	6.75	U
3 25 1	C O	18,400	0	18,400	13.2	80	14	1	5.4	0.6	6.0	W
3 25 2	C O	17,400	1,500	17,500	13.2				5.4	0.4	5.8	V
3 25 2	C O	17,400	0	17,400	13.2				5.4	0.5	5.9	U
3 26 1	C O	18,400	0	18,400	13.2	80	14	1.2	5.5	0.6	6.1	W
3 26 2	C O	17,400	3,000	17,800	13.2				5.5	0.6	6.1	V
3 26 2	C O	18,600	1,900	18,700	13.2				5.5	0.4	5.9	U
3 27 1	C O	18,400	0	18,400	13.2	80	14	1.35	5.5	0.25	5.75	W
3 27 2	C O	17,400	0	17,400	13.2				5.5	0.5	6.0	V
3 27 2	C O	17,300	0	17,300	13.2				5.5	0.5	6.0	U
3 12	O	20,000	17,000	26,300	13.2	80	14		4.6	0.7	5.3	U
3 12	O	20,000	8,000	25,600	13.2				4.7	0.8	5.5	V
3 12	O	20,000	16,000	21,500	13.2				5.0	0.8	5.8	W

3 — 16 ~ 3 — 23 単相試験
3 — 24 ~ 3 — 27 および 3 — 12 3 相試験
3 — 12 のみ昭和 27 年 3 月 8 日試験施行 他は 27 年 5 月 17 日施行

20 kV 充電電流遮断	オシロ番号	相	遮断電流最大値 A	遮断時最大電圧 V	電弧時間 ~ (60)	再点弧回数	気圧 kg/cm ²
単相	13	赤	25.5	9,460	0.33	0	9
	14		27	13,000	0.35	0	9
	15		26	14,700	0.39	0	9

昭和 26 年 3 月施行



10 図 ステーションキュービクル

Fig. 10. Station cubicle.

弧時間が短いのでコンタクト耐弧金属の消耗は非常に少く、遮断時の音響を気にされる場合には、消弧室上部にマフラーをまた主ピストン廃気部分に消音装置をつけ、キュービクルに収容すれば、騒音も 90 ホーン位にすることができる。

5. 特 長

- (1) 補助タンクの上に遮断器本体が直接取り付けられてあり、遮断器の占める床面積が非常に小さくて済む。普通の油入遮断器の $\frac{1}{2} \sim \frac{2}{3}$ 。
- (2) 電流容量を大きく取ることができ (5,000 A まで、可能) 電圧の低い大遮断容量の遮断器に適している。(2,500 MVA まで製作可能)
- (3) 油を使用しないので火災の怖れがなく、油の劣化の心配もない。したがって頻繁に開閉を行う場所に最適である。
- (4) 他力消弧であるため小電流から大電流にいたるまで広い範囲に亘って極めて短い電弧時間で、コンタクトの傷みも少い。

- (5) 可動コンタクトが断路器を兼ねて設計でき、コンタクトが外部から容易に点検できる。
- (6) コンタクト開離に対して任意の時期に圧縮空気の吹付が開始を調整でき、その量も加減できるので空気の消費量が少い。
- (7) 操作気圧が 10 kg/cm^2 で最低動作気圧が 7.5 kg/cm^2 まで遮断可能で、比較的この種遮断器としては低い。(小穴型では普通 $15 \sim 20 \text{ kg/cm}^2$)
- (8) 最近の傾向として 10 図に示す如く母線室、遮断器、変流器と共に鉄板製キュービクルに収容して所要面積を倏約し、かつ感電の危険性を少くしたステーションキュービクルに構造が適しており、屋外用メタルクラッド変電所にも応用される。

6. む す び

電磁操作の油入遮断器から低圧圧縮空気操作の碍子型遮断器へと操作方式の変更には当初は使用者側で採用に懸念躊躇されたが、更に高圧の圧縮空気を使用する空気遮断器の採用には仲々踏切がつかないだろうかと心配される。しかし欧米における遮断器の趨勢も遮断性能の優秀さから、空気遮断器の優位を認めるに至っており、かつ実際に製作した物も上記の説明にて判るように、従来の油入遮断器とは比較にならない程すばらしい。したがって当社の短絡発電機のバックアップ用として使用しており、被試験遮断器が遮断不能となつてこの C 型空気遮断器で遮断しても何等コンタクト其他を手入することなく試験が続行できるようになった。このようなことは従来の油入遮断器では期待できないことである。ただ高圧圧縮空気の使用には、圧縮機よりはその配管、安全弁、ストップバルブ、逆止弁、あるいは減圧弁等を耐久性のある完全動作のものにしなければ、安心して使用できないので、当社はこの方面の研究を充分行つて、各種使用部品を吟味して使用している。本遮断器は屋外屋内用のステーションキュービクルとして組込めば従来の変電所設計とはおもむきの違つた斬新なものができて興味深い。前述の如く横吹付方式を採用して多くの利点を有するが、過渡再起電圧の点も別にこの種電圧のものでは懸念はない。

電力遮断器のキャパシタトリップ

伊 丹 製 作 所

新井正元^{*} 平田康夫^{**} 志村 勲^{***} 阿澄一興^{***}

Capacitor Tripping of Power Circuit Breakers

Masamoto ARAI Yasuo HIRATA Isao SHIMURA Kazuoki ASUMI

Itami Works

Oil circuit breakers are usually tripped with a plunger actuated by batteries or from D-C source. But in unit, remote control and no-man substations where the installation of batteries are not practicable for economical or other reasons, A-C source has to be resorted to. Of many A-C tripping devices, Capacity tripping is regarded the most excellent in various respects. This is to make use of discharge current through a tripping coil at the instant of relay operation from a capacitor charged from A-C source by means of a half wave rectifying metal tube.

1. ま え が き

電力遮断器の開路時の引外しは、普通一般には電池または直流電源で直流電磁石のプランジャを動作させてトリガーを外すのであるが、ユニットサブステーションあるいは遠隔の変電所または無人変電所等で、とくに費用の節減等で電池を置かないときとか、電池の保守を省きたいときとかには、どうしても交流電源による引外しが必要となってくる。本稿においては電力遮断器のいろいろな交流引外し方法を挙げ、これらと比較してキャパシタトリップが優秀な特性を有することを説明し、実施例につき試験成績を記載した。

2. 交流引外し方式

交流電源の引外し方法として従来実施されているものを列挙すれば下記のとおりである。

- (1) 直接流れる電流または直接計器用変流器と組合して瞬時引外し装置を用いる。ただしこの場合には引外し時限の調節が困難である。
- (2) 誘導型継電器と組合して引外しの時限を定める場合
 - (a) 瞬時引外し線輪（無電圧開放線輪）を並用する方法
 - (b) 閉路リレーと
 - i 直接引外し装置

ii トリップング リアクタ

iii トリップング 変流器

iv 電流転移リレー（COT）を併用する方法。

しかしこれらの方法で電力遮断器の引外しを交流電磁石で行わせると、遮断器の大きさにもよるが、35～200 VA を必要とする。したがって変流器にはこの負担以外に計器、積算電力計および継電器等の負担が加わる。

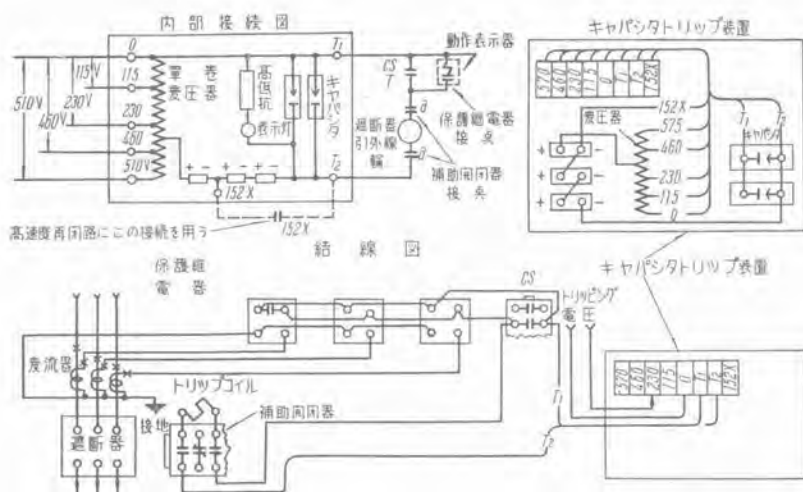
変流器は套管型では一次電流が低いときには適当な精度で負担の大きなものは設計不可能で、かつ巻線型でも負担が大になれば経済的あるいは設置場所寸法の制限もでてくる。

したがって定格電圧が低く遮断容量が小さい遮断器では、引外し（電磁石）に要する電力が小さいのでCTトリップあるいは直接引外し方法等が実施可能であるが、（当社では F-100, F-124）定格電圧が高く遮断容量が大きいものでは、CT の負担を軽減しようとすれば機械的に引外しに要する力を少くすることが必要で、その結果投入ラッチおよび保持力が振動ならびに衝撃で不確実となつて困難である。

CTトリップを応用した小型遮断器の例では、変流器二次電流 5 A, 7 A, 9 A で引外し所要時間はそれぞれ 0.216, 0.0913, 0.0723 秒のように動作電流で引外し時間が異なる。

また無電圧開放線輪を利用する方法も保持力を強くすることができずかつ引外し力も弱くなるので、これは小さな遮断器のみにしか応用できない。

* 技術部補器課長 ** 技術部 *** 工作部



1 図 内部接続図と結線図

Fig. 1. Connection diagram and wiring diagram.

3. キャパシタトリップ方式

キャパシタトリップとは 1 図に示すとおり、変圧器で降圧された交流電源 110~550 V で半波整流の金属整流器を通じてキャパシタに充電し、継電器動作時に引外し線輪に放電させて遮断するものである。(この降圧変圧器はまたセレン整流器投入と共用もできる)。定常状態においてはこの変圧器の負担は 1 VA 以下である。また継電器の動作時交流電源の電圧が下つても、引外しに充分な電力量を蓄勢しておくように考慮してある。すなわち故障時あるいは過負荷時に交流電源が無くなつても、ある時間までは引外し能力があり、また交流電源電圧が低下していても、引外しに充分な電力量を充電することができる。キャパシタに並列に入れてある高抵抗とネオンランプは、キャパシタが故障なく充分充電されているかどうかを示す指示灯の役目と、交流電源がなくなつたときにゆつくりと放電せしめるためにある。すなわち交流電源が無くなつても、引外し可能な間はネオンランプが点灯しているようになっている。

キャパシタは約 0.3 秒で再充電されるので、再閉路にも利用できる。ただし 1 図のように、遮断器が開路時に充電できるような結線を用いなくてはならない。また数多くの遮断器で引外しが同時に行われなければならない場合には、キャパシタは共用できる。

4. キャパシタトリップの実施成績

2 図は当社製 23 kV, 500 MVA, 600 A, 20-G-50 型油入遮断器につけたキャパシタトリップ装置の写真である。3 図はこの遮断器で操作電圧を 125%, 100%, 60% にした場合のキャパシタトリップの動作のオシロで、開極時間は上記の操作電圧で 3 サイクル, 3.2 サイクル, 4.2 サイクルである。すなわちキャパシタトリップでは CT トリップのように動作電流で直接引外さないのて開極時間の違いは無く、キャパシタの充電電圧による

開極時間の差は、上記のとおりほとんど問題にならない。操作電圧を無くしても操作電圧が 100% の場合は 1 分 12 秒後まで引外しが可能である。また 60% の操作電圧では、電源が無くなつてから 10 秒後まで引外し可能である。4 図はこの場合のキャパシタの放電特性と引外し可能な限界を示す曲線でキャパシタは 100 μ F, 常規充電電圧は 510 V とした。また 5 図はキャパシタの容量と操作電圧による引外し限界を示す曲線で、操作電源が 60% の電圧に下つても、動作可能なためにはこの場合は約 80 μ F 以上のキャパシタが必要となることがわかる。



2 図 キャパシタトリップ付油入遮断器操作機構
20-G-50 型 23 kV 500 MVA 600 A
(a) キャパシタトリップ装置格納した所

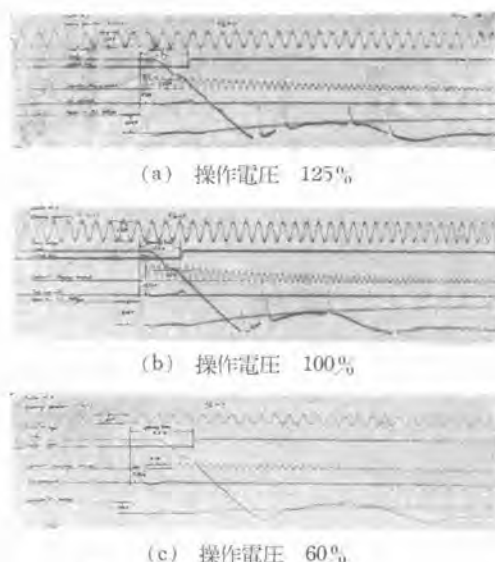
Fig. 2. Operating mechanism of oil circuit breaker with a capacitor trip type 20-G-50 23 kV 500 MVA 600 A
(a) Capacitor trip apparatus housed in a cabinet.



(b) キャパシタトリップ装置を引出した所
(b) Capacitor trip apparatus taken out.

5. キャパシタトリップの利点

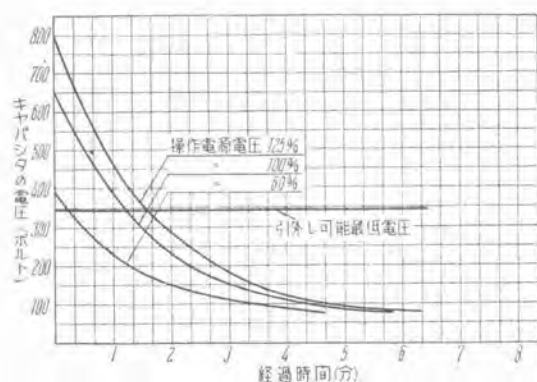
CT トリップあるいは直接流れる電流で引外す方法は、交流電磁石を用いるので本質的に引外し力が弱く、高圧大遮断容量の遮断器では、引外し力は強力なものを



3 図 キャパシタトリップ動作オシロ

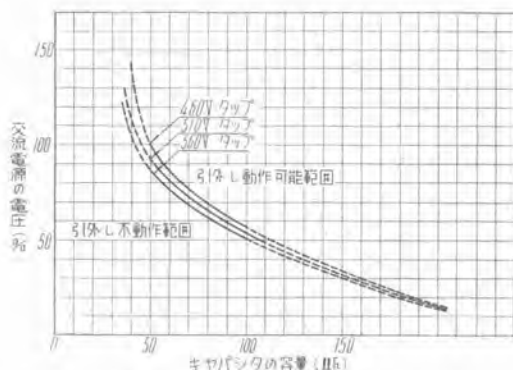
Fig. 3. Operation oscillogram of capacitor trip.

- (a) operating voltage 125%
- (b) operating voltage 100%
- (c) operating voltage 60%



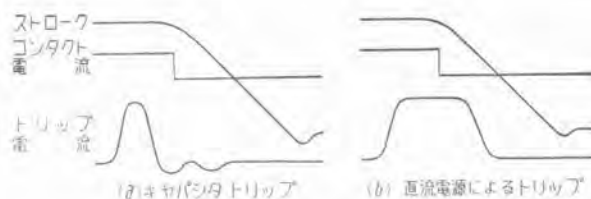
4 図 キャパシタ放電特性と引外し可能限界

Fig. 4. Discharge characteristic curves and tripping possible limit.



5 図 引外し動作可能限界曲線

Fig. 5. Tripping action possible limit curves.



6 図 キャパシタトリップと直流電源によるトリップの電流のオシログラム

Fig. 6. Oscillogram of trip current by capacitor trip and trip with D-C.

- (a) capacitor trip
- (b) trip with D-C

小さな遮断器にしか応用できない。これに反しキャパシタトリップは直流電磁石を用いているので、引外し力が強く設計できる。また引外しに要する電力は、引外し線輪に流れる最初の電流の、立上り部分のみ必要であつて、キャパシタトリップは6図に示すとおり、最初の立上りのみ電流が流れるに反し、一般の直流電源で引外す場合は、補助開閉器で開路するまで流れる。この点キャパシタトリップは、利用電力を非常に合理的に節約して、キャパシタの充電電荷の放電を利用したもので、引外し能力は従来の直流電源で操作する場合と全く同様で、キャパシタ容量を適当に選べば、普通速度の遮断器にはすべて応用ができる。

つぎに主な利点をあげると

- (1) 変流器は継電器、計器等の負担のみを考えれば良い。したがつて低い一次電流でも引外し可能である。
- (2) 変流器二次電流の小さいときには、CT トリップでは引外し時間が延びるが、キャパシタトリップは電流の大きさには関係なく、また時限の設定も継電器で容易にできる。
- (3) 方向継電器・差動継電器・接地継電器等電流の大きさのみに関係しないものにも利用できる。
- (4) 交流電源が電圧降下かあるいは無くなつても一定時間利用できる。
- (5) キャパシタを増加すれば、高電圧大遮断容量の遮断器にも応用できる。

6. むすび

上述のとおりキャパシタトリップは、他の交流引外し方式に比較して幾多の利点があるが、いままであまり用いられなかつたのは、主としてキャパシタおよび充電整流器の耐久性の懸念によるもので、最近ではこれらの物も信頼し得る製品ができるので、無人変電所・ユニットサブステーション等にこれからは応用される機会が多くなるであろう。とくに電池を省略できることはその経済的な面と保守の点で有利で、大きな遮断器でも従来の直流電磁石と同じ強さで引外しでき、かつ継電器システムを変更することなく応用できるのは非常に魅力がある。

要し、たとえ引外しを容易なものにできても、保持が振動あるいは衝撃で悪くなつて不都合になる。無電圧開放線輪を利用する方法も保持力、引外し力とともに弱くて、