

滿洲國及朝鮮に於ける 230kV 送電線設備に就て*

富士電機 技術部

熊倉多助・松本竹志

I 緒 言

抑も今日凡る工業動力の源力として電力が殆ど獨占的地位に君臨する所以は、陸續と開發せられる水力發電と、據つて發生せられる大電力の輸送距離の擴展に負ふところにして、斯かる趨勢に伴ふ必然的送電々壓の上昇こそ電氣事業界の隆昌を象徵するものであらう。過去四十年間に於ける世界各國の送電々壓は異常なる躍進を遂げ、十九世紀末期に始つた特別高壓送電は 1920 年に 220 kV に達し繼て 287.5 kV 送電を記録したのは既に數年の過去である。之に比して我邦の實狀は稍立遅れたりとは言へ、明治の末期に於ける 11 kV 送電を發端とし續いて 66 kV 送電、大正初期に於ける 110 kV、末期に於ける 150 kV の實施等長足の進歩發達を遂げ僅々三拾年を數へた今日の現狀は、曩に北朝鮮に勃興せる一大化學工業に應へて建設せられたる朝鮮水力電氣株式會社（舊長津江水電）虛川江發電系統に於て、〇〇萬キロワットの電力を輸送す可き全亘長約 400 軒の送電線に本邦嚆矢の 220 kV 送電々壓が採用せられ、斯界注目 の間に近く送電開始に到らんとして居るが、今又日滿提携の下に創立せられた鴨綠江水力發電株式會社によつて世界的大水豐發電所が建設せられ、一は滿洲に、一は朝鮮に輸送せられんとする 000,000 kW の膨大電力送電に當り、此處に又 220 kV 超高壓が採用せられ建設は着々完成しつつあり、既に第一號機及第二號機は近々營業運轉に入る可く待機中である。更に近くは北鮮に於ける江界水力電氣株式會社によつて、之も 220 kV 送電設備の建設を開始される等々、堂々世界の水準に伍して、電氣事業國として目覺しき隆盛振を示して居る。吾社は是等 220 kV 送電機器の中遮斷器及配電盤設置の大部分を受託し、獨特の設計と技術によつて江湖の御期待に副ふ可、不斷の努力と研鑽を重ねて居るが、今度建設せられたる水豐發電所系統發變電設備の受託納入に當り、ここに 220 kV 機器を拾掲して概要を御紹介し以て諸賢の御期待を仰ぐ次第である。

II 220 kV 送電系統の概要

遙か白頭山の頂に源を發し、滿洲朝鮮を南北に境して黃海に注ぐ大鴨綠江の流域に幾多の世界的記録を生んで建設せられた鴨綠江水力發電水豐發電所は滿洲に供給せられる 50 C 000,000 kW と朝鮮に供給せられる 60 C 000,000 kW の發電容量を有し、發電々壓 16.5 kV は 220 kV に遞昇して二重母線に接續され滿洲

側は滿洲電業の所屬として 50 C 二重母線より並行二回線によつて草河口開閉所を通じ鞍山變電所に送電され、又別の並行二回線によつて安東變電所に至り、更に此處より大連變電所迄の一回線も 220 kV 送電線である。一方朝鮮側は朝鮮送電の所屬として 60 C 二重母線より多獅島變電所に至る一回線と、平壤第二變電所に至る一回線及び同變電所より鎮南浦變電所に送られる一回線より成り、何れも將來は並行二回線となる計畫である。時代の寵兒膨脹遮斷器が 220 kV 送電の主役であることは誰しも直感されるところであらうが、滿洲側系統に於ては搬送式線路保護裝置が採用せられて居り又滿洲電業鞍山變電所に於ては、照光式配電盤（36面分）を採用して水力 220 kV 系統と火力 150 kV 系統との聯繫及 44 kV 系負荷の配給、00,000 kVar の同期調整機 2 臺と此に平行運轉される 00,000 kVar 靜電蓄電器群による側電壓調整、150 kVA 負荷時電壓調整器による 200 kV 側電壓調整等、圓滑に制御され特に水力及火力兩系統の同期化に對しては高速度自動同期檢定器を用ひ不安定に於いても急速に同期化可能ならしめ、又兩系統の動搖に對しては同期外繼電器を適用し 44 kV 母線に於いて系統分離し火力の發電機同期外を保護する。

水豐發電所に於ても鞍山變電所と同様に照光式配電盤を採用し主發電機〇臺、主變壓器〇臺の運轉に便ならしめ特に 50/60 C 母線切換へ所内電源等の切換等に對する複雑極まる運轉方式も充分なる保護裝置とインターロックにより制御監視を整然たらしめ誤動作を未然に防止せしむる様考慮されて居る點注目に値する。

III 220 kV 機器に就て

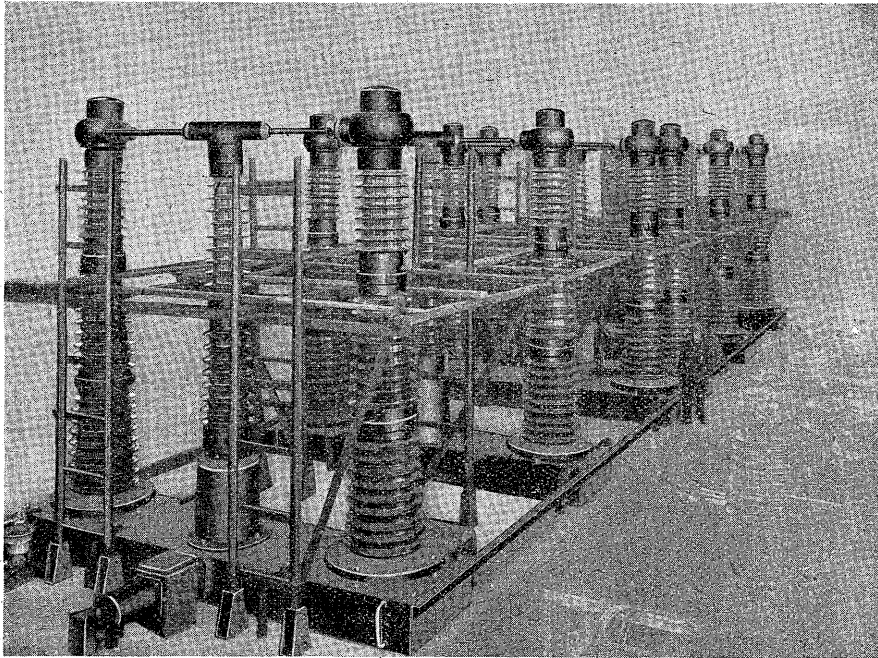
I) 膨脹遮斷器

超高壓遮斷器として膨脹遮斷器の採用を奇とせる過去は、油入遮斷器の採用を奇とする現在に變つて居る。北は北海道、朝鮮より九州、臺灣の南に到る迄日本全土に亘つて、超高壓送電線のあるところ富士膨脹遮斷器の姿容に接しざる處はない。宜なる哉その製作臺數は正に 300 臺を突破して居る。油入遮斷器の大なる缺點より全く脱殻した優秀なる性能を認識されるならば、猶も長期たらしとする非常時局下資材節約の國策に協力されるならば、何人もこの事實を肯定されるであらう。220 kV 膨脹遮斷器としては、虛川江發電系統に於ける 16 臺を魁とし、今回建設された水豐發電所及び同發電所を中心とする滿洲電業、朝鮮送電系統に於ける 31 臺、江界水力、その他に於ける 18 臺、合計 65 臺の多量注文を拜命したるは、全く關係諸賢の深甚なる理解と熱誠なる御聲

* Kumakura Tasuke & Matumoto Takesi: On the 230 kV. sending line equipments for Manchukuo and Korea.

援によるところにして、益々責任の重大を感じると共に、我邦電氣事業界の目覚しき發展を祝福するものである。

膨脹遮斷器の構造原理特徴に就ては既に充分御承知の通りであるが、220kV 用本器に於ては二重切斷方式を採用し、回轉碍子を中央にして前後に遮斷室を相對せしめ直列に接續せられて居る點 154kV迄の單一切斷方式と異なるところである。本器の詳細に就ては本誌昭和十三年十月號を御參照願ひ度い。第1圖は本器の工場に於ける組立中の外觀である。操作は何れも壓縮空氣による



第 1 圖 工場試験中の 230 kV 膨脹遮斷器

ものであり、附屬品として朝鮮送電側は全部一般の膨脹遮斷器と同様支持碍管入り油入捲線型變流器を供給して居るが、水豐發電所及び滿洲電業側は特別の御要求により變流器を内蔵せず後に述べる碍子型變流器が遮斷器と別に納入されて居る。

仕様は次の通りである

型 式 : RF 620III/200/600 & 800 D
 定 格 : 定格電壓 230 kV
 定格電流 600 及び 800 A
 遮斷容量 230 kV に於て 3,500 MVA
 型 式 : 屋外用三極單投、二重切斷式
 寸法重量 : 全高約 5,000 耗、幅約 10,000 耗、奥行約 5,000 耗、氣中相間距離 4,000 耗
 總重量 22.4 噸、遮斷液 330 珎
 操 作 器 : 壓縮空氣操作、定格空氣壓力 4.5 氣壓、所要操作空氣量 42 立、電磁制御辨容量、D.C. 100V 4.6 A 又は D.C. 200 V 4.3 A 釋放線輪容量 D.C. 100V 4.6 A 又は D.C. 200 V 3.7 A
 動作時間 : 開極時間 0.08 秒

電弧遮斷時間 0.02 秒

投入時間 0.75 秒 (4.5 氣壓に於て)

納入臺數 : 600 A 15 臺、800 A 16 臺

II) 計器用變成器

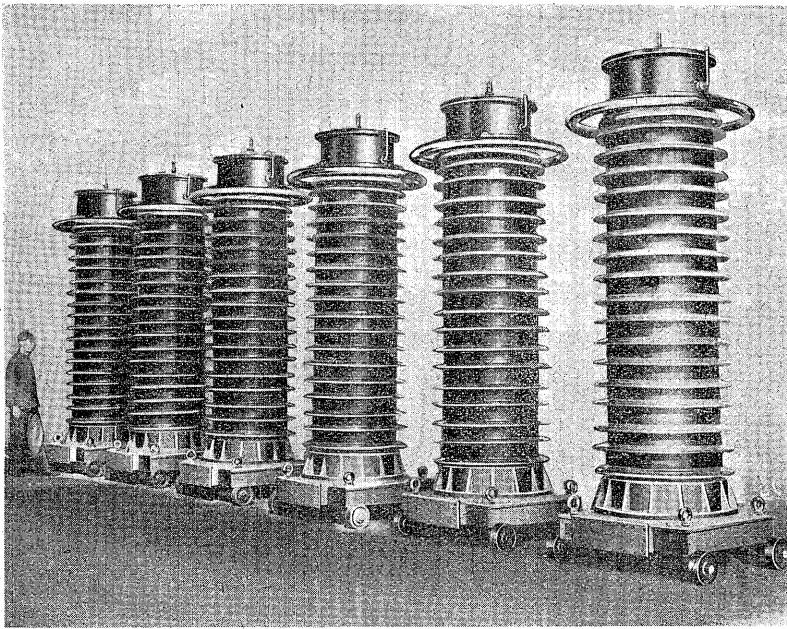
計器用變成器は何れも碍子型を採用して居る。從來の鐵製油槽と、油槽から導線を引出す爲の絕緣套管を廢して、兩者を一つの絕緣碍管に變へたものが碍子型變成器であつて、膨脹遮斷器と同一歩調の少金屬資材、少油量型の國策順應品である。試に碍子型

と鐵製油槽とを計器用變壓器に就て比較するに、前者の 220kV 用と後者の 110 kV 用と比較してすら、猶前者は後者の容積に於て 90%、油量に於て 35%、全重量に於て 80% と言ふ格段の數字の相違を示して居る。而して獨り資材上の優點のみならず電氣的性能に於ても著しき特徴を有し特性は JEC 規定に充分なる餘裕を以て合格し得る良好なる成績である。220kV 型變壓器は草河口開閉所に於ける保護繼電器用として最初の製品である。碍子型變流器は、膨脹遮斷器の附屬品として遮斷室支持碍管を利用し、内部に鎖交線輪型變流器を收納した所謂支持碍管入り計器用變流器と、之と構造原理を全く同じうし、變流器を遮斷器本體より離して獨立せしめた所謂碍子型變流器の二種類がある。朝鮮送電側は全部前

者が採用されて居り、後者は水豐草河口、鞍山に於て結線上變流器單獨のものが要求せられ 220kV 用として始めて製作されたものである。第2圖は變壓器、第3圖は變流器の中味と外觀を示し、第5圖は兩者の内部構造と絕緣の概要を表したものである。碍子型變壓器は一端子直接々地として段階絕緣を施し、高壓捲線と絕緣油槽は共に同一電位傾度を有し、從つて油槽内の絕緣空間を合理的に減縮して居る。又高壓捲線は二分されて、二箇の線輪は何れも一方の捲端が線電壓 220kV の半分の値に大地より絕緣せられた鐵心に接續されて居る故線輪と鐵心の絕緣距離を著しく、短縮出來從つて鐵心の外周距離小となり、鋼材も非常に節減される。如上の構造により、細長い碍管内に無理なく小型に收められるのである。

仕様を次に示す。

型 式 : αETSO 400/200
 型 式 : 屋外用、碍子型、段階絕緣型
 定 格 : 相數單相、周波數 50 サイクル
 變壓比及び結線 一次 220,000/√3 星形
 二次 110/√3 星形
 三次 110/√3 開放三角形



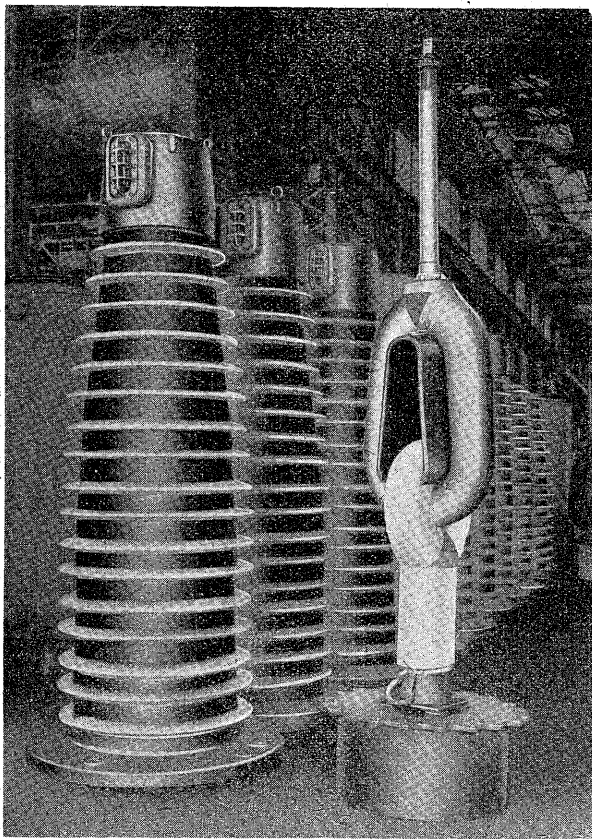
第 2 圖 230 kV 屋外用計器用變壓器

寸法重量： 全高約 3,500 耗、幅約 1,200 耗、奥行約 1,200 耗

全重量約 2.9 噸、油量約 730 立

納入臺數： 6 臺

碍子型變流器の線輪は鎖交線輪型と稱する独自の構造で、一次



第 3 圖 230 kV 屋外用變流器と其の中味

線輪は絶縁紙によつて線路電壓に對し充分餘裕のある絶縁を施して茄子形に形成し、鐵心と鎖交せしめ、鐵心上に圓形に捲線された二次線輪も一次と同様絶縁加工を施して兩線を鎖交せしめてある。斯くして絶縁空間を有効に使用して碍管型に適應せる構造とし、高度の絶縁耐力を保持せしめ且短絡故障時の機械力に對し充分なる強度を備へしめて居る。水豐發電所に於ては變流器設置場所と配電盤との距離最大數百米にも達するので二次導線節約の目的で定格二次電流を 1A とした。碍子型變流器の仕様は下記の通りである。

型 式： CTSO 8 (40VA) 又は CTSO 9 (100VA)

型 式： 屋外用、碍子型、鎖交線輪型、
定 格： 230 kV

600/1A、40/20VA 50/60C 3 臺
(水豐)

800-400/5A 40/20VA 50C 12 臺
(水豐滿電側)

(接地繼電器用三次捲線付き)

800-400/5A 100/50VA 50C 6 臺 (鞍山)

(接地繼電器用三次捲線付き)

500-250/5A 100/50VA 50C 6 臺 (ノ)

800-400/5A 40/20VA 50C 12 臺 (草河口)

(接地繼電器用三次捲線付き)

寸法重量： 全高約 3,400 耗、幅約 1,200 耗、奥行約 1,100 耗

全重量約 2.5 噸、油量約 620 立

膨脹遮斷器支持碍管入り變流器は下記の臺數が納入されて居る。

400-200/5A 100 VA 60 C 6 臺 (多獅島)

400-200/5A 100 VA 60 C 6 臺 (鎮南浦)

800-400/5A 100 VA 60 C 6 臺 (平壤)

(接地繼電器用三次捲線付き)

400-200/5A 100 VA 60 C 6 臺 (ノ)

800-300/1A 100 VA 60 C 6 臺 (水豐)

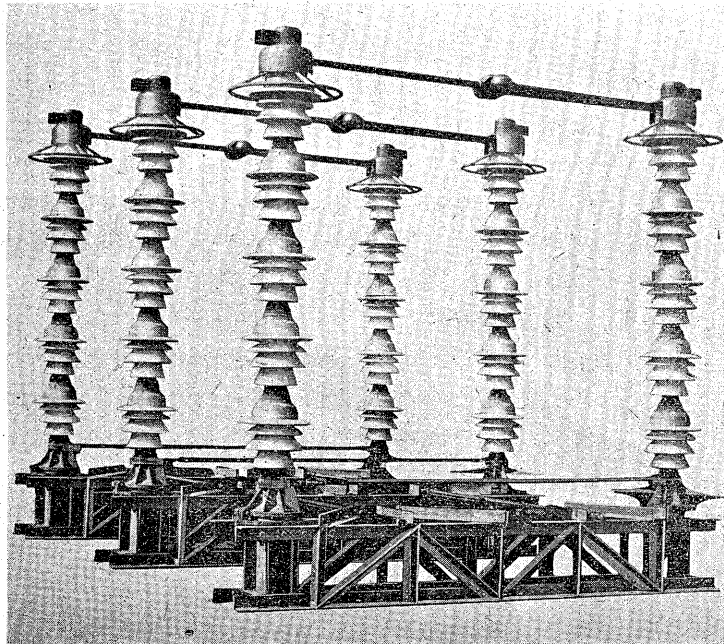
(接地繼電器用三次捲線付き)

Ⅲ) 斷路器

電壓が 220kV とになれば、構造重量が著しく大となり、之に伴つて機械的強度操作の輕重等が一層問題にされて来る。コロナ放電も重要な問題の一つであり、吾社の R225 型 ボールコンタクト斷路器が是等の諸問題に解決を與へて居る。

名が體を顯す如く、接觸部分が二個の球狀接觸子と、この間に挿入される接觸子より成り、コロナ放電に依る接觸子の劣化を防ぎ、夫々銅管に依り支持碍子に取付けられてコロナ放電の誘因と

なる鋭角を避けて居る。構造重量の増大は、二連の支持碍子を有することによつて、大いに節減して居る。即ち一般の三連支持碍子型に比し一相の支持碍子間の距離を接近せしむることが出来、又碍子の数少き故断路器の重量を軽減することが出来る。以上の構造は断路器支持碍子の回轉軸にボールベアリングを附したものと相援けて非常に輕易に開閉操作を行ふことが出来る。此の外機械的強度特に風壓地震等に對しては最惡の條件の2倍の設計とせ



第 4 圖 230 kV 屋外用三極断路器

ること、支持碍子上部に招弧環を附して衝擊電壓による閃絡に對し支持碍子を保護せしめる等その他幾多の特徴を具備し、充分なる信頼度安全度を期して居る。猶御要求により送受電線端に線路接地開閉器を附屬した断路器 R 235 型を納入したところもある。之は線路の手入れ或は修理に際し線路を接地して充電々流を大地に放電し危険を防ぐ目的のもので、操作上安全を期する爲の聯動裝置が断路器との間に施してある。操作は手動操作のものと、壓縮空氣操作のものとあり、主回路用断路器は大體後者を採用せられて居る。壓縮空氣操作は断路器の操作としては理想的のもので、操作力が常に一定にて衝擊少く、機械的に弱點を有する支持碍子に安定をもたらして居る。操作器は直接断路器に取付け出来る故、一般に高處に据付けられる断路器に對し聯結操作のリンクを省くことが出来大いに利點が得られてゐる。納入仕様を一括すれば次の通りである。

定 格： 230 kV 400 乃至 1,000 A
 型 式： 屋外用、三極又は單極單投、水平開閉
 式遠方手動操作又は壓縮空氣操作、
 (型は D)

型及び納入臺數：

R 225 I~III 20/400~1,000 31 臺
 R 225 I~III 20/400~1,000 D 64 臺

R 235 III 20/800~1,000 2 臺
 R 235 III 20/800~1,000 D 10 臺

IV 結合蓄電器

電力輸送能力の増大を目的として、特にそれが水豐發電所を中心とする 220kV 送電系統の如き大電力長距離送電に於て過渡安定度の極限増大が必須の研究問題として登場し、數多の理論的方策の中に、最も經濟的且技術的有効手段として採り上げられたのが故障回路の高速度撰擇遮斷であり、此の目的のもとに搬送式線路保護裝置が登用され、我邦最初の實施として囁目す可きところである。一方之に附隨して遮斷器に對し、その遮斷時間の高速化と、故障發生時初期の最大動揺状態に於ける遮斷に伴ふ遮斷容量の増大が必然的に要求せられ、富士膨脹遮斷器に依つて遺憾なく性能が發揮されて居る。富士搬送保護裝置は慎重なる設計の下に、而して選擇繼電器一式を富士電機、搬送受信裝置を富士通信機、結合蓄電器を古河電氣工業と、三部門に分割し、夫々獨得の専門的技術が密接なる連繫の下に綜合されたもので、此處に搬送電流の送電線への結合使命を擔つた結合蓄電器が機器の役を買つて居る。

構造特徴の概要を列挙すれば

(イ) 蓄電器要素は多年に亘る豊富なる經驗と優秀なる実績を有する油入ケーブル及び電力用靜電蓄電器と製造原理を一にするもので、アルミニウム薄箔を電極とし、油浸紙を誘電體として、特別處理の礦物性絶緣油を充填密閉した油入碍管型蓄電器である。電極間の絶緣紙

の厚さは、電極を多數直列に接續することによつて成可薄小にし、極力 Edge Effect による耐電力の低下を避けしめて居り、誘電體損失の僅少真空乾燥處理の完全は一層優秀なる性能を添加せしめて居る。

(ロ) 220kV 碍管は二個に分割して經濟的に有利ならしめ又輸送上の便宜を與へて居り、機械的強度に對しては充分なる安全率となつて居る。

(ハ) 外氣温度の變化に伴ふ油量の増減調整裝置として、碍管上部に窒素瓦斯を封入せる可撓性金屬薄板によつて製作したる壓力セルを收納し自動的に常に器内の絶緣油を大氣以上の壓力として外氣との接觸を避けて永久的に劣化を防いでゐる。

(ニ) 下部支持臺中に低壓端子、開閉器、同開閉器棒、接地端子、保護間隙及び引出端子を収め點檢窓も附して搬送機器への接續に對し完全に保護して居る。

(ホ) 衝擊電壓による閃絡を絶対に避けしむ可、他の送電機器に比し 1500kV の高耐壓として居る。

仕様は次の如し

型 式： 屋外用碍管型油入蓄電器
 定 格： 定格電壓 230kV 定格容量 0.002 μ F
 絶 緣： 耐壓試験 50 C A.C. 530kV 1 分間

(以下 212 頁へ續く)



＊本誌に記載されている会社名および製品名は，それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。