

北海道電力株式会社

久保内発電所配電盤について

On the Switch Board of Kubonai Water Power Station

技術部配電盤課 小 沢 琢 磨

I. ま え が き

終戦後一時低下した電力需要はその後の産業復興により、再び急激に増加し新たな電源の開発を要望する声が激しくなってきた。この要望に応える為 33 カ所の水力地点の開発が許可され、その第一陣の一つとして、北海道久保内発電所が建設され、その電気機器一式を弊社が受注した。

以下に述べる配電盤は、第1図に示される如き

3相 9,500 kVA, 11,000 V, 50C 同期発電機

8,000 kW, 600 R, P, M, 堅軸単輪単流フランシス水車

3相 10,000 kVA, 66/11kV 主変圧器

66 kV 送電線一回線

所内回路, 3.3kV 配電線二回線

同用補助機器一式

の制御を目的とするもので、運転制御方式は一人制御方式とし、速応自動電圧調整器、水位調整器を備え自動的に電圧調整を行い河川の流量に応じた一定の負荷で運転するものである。

水路式発電所であり、制圧機を開放して常時放流しうる如くしてある。

制御電源としては、最も信頼できる蓄電池直流電源を使用しているが、主要電気機器は、一切之を機械的保持としてあるから、直流電源の消滅時にもその儘送電を継続し得る。更に又、この場合に於ても、全停止又は確実にできる様に主要機器の釈放線輪は交直両用とし、非常停止操作開閉器 #5 を操作すれば如何なる場合にも確実に停止し得る如くしてある。

保護継電器は弊社の標準保護方式を完備し、微少な故障を初期の内に、発見して被害を局限することができる。

主発電機の界磁を遮断するには所謂急速減磁装置を使用しており、発電機誘起電圧を数サイクルで消滅させることができるから、負荷遮断等の場合に於ける過電圧は何等恐るゝに足らず、発電機故障時にはその被害は局限される。

過電圧に悩まされる他の発電所にも、是非御採用を願ひ度いものである。

II. 配電盤について

主配電盤、補助配電盤、補助制御壁掛盤、界磁組枠より成る。

主配電盤はベンチボード型とした。小数の発電機制御盤ならば分離機盤とする必要はない。据付面積が少なくて済む丈有利である。側面屏を設けてある。

従来使用されている力率計を止め無効電力計とした。

系統の無効電力の売買が実現せんとしている時であるから、今後は無効電力計にすべきである。

案内羽根、負荷制限装置位置の遠方表示を配電盤に行つて制御に便ならしめている。

タコメーターを使用し、電氣的回転計を附した。タコメーター界磁には、バラスト抵抗を使用してあるから電圧の変動にも影響されず、正確に回転数を測定することができる。

その他、上水槽水位遠方指示計を設けてある。

以上及び他の交流計器は夫々その基準位置を赤色で示してある。

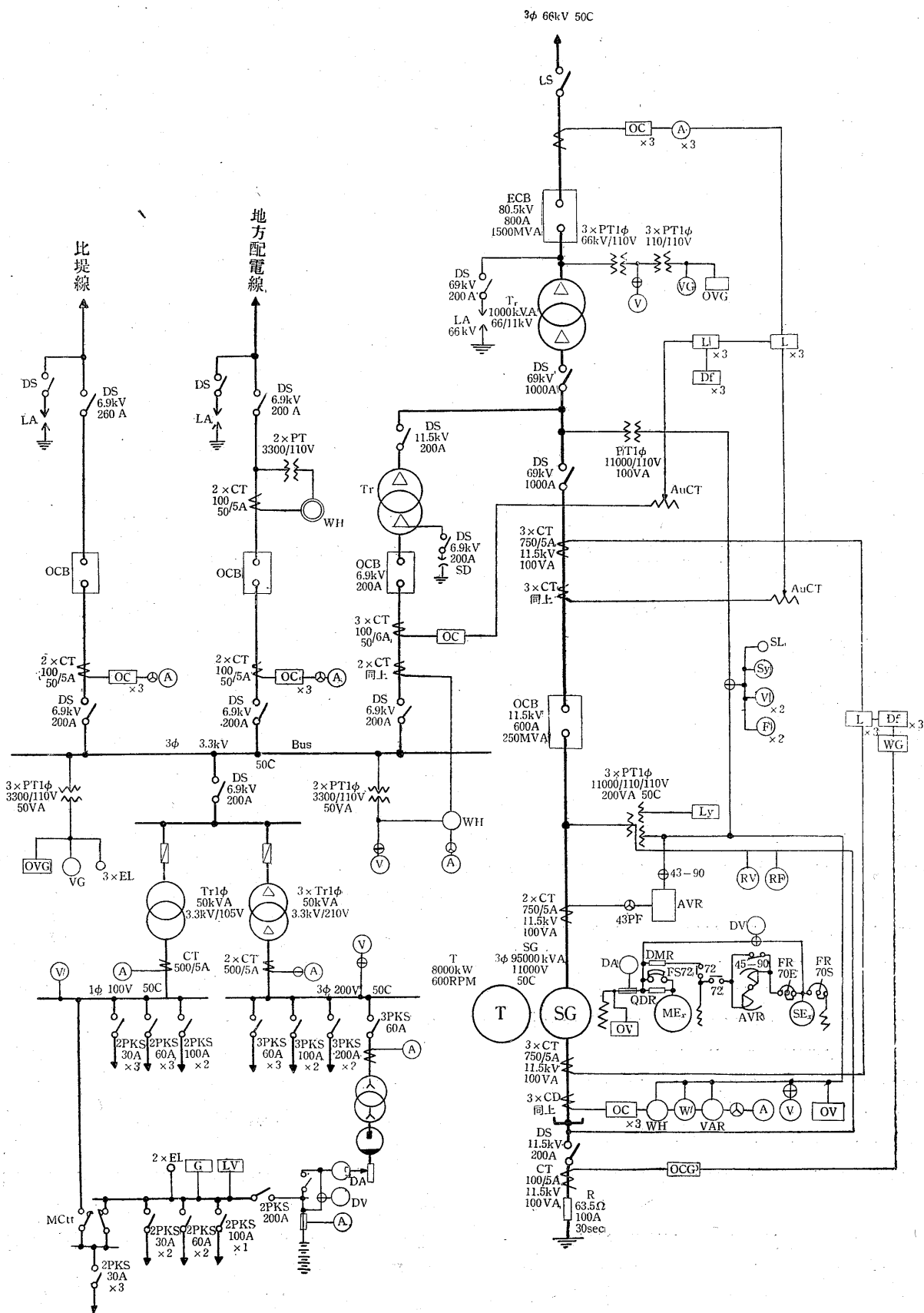
主配電盤の裏面は夫々の回路の保護継電器盤である。

ここに記録電圧計、記録周波計を設けた。

集合順序表示灯は各段階の進行状況を一目瞭然たらしめるものである。之は、運転の場合緑から赤に、停止の場合赤から緑に順次切換わつてゆく。信号灯の電源は、直流 100V を使用し、直列抵抗は共通に 1 個としてあるから 2 個の中必ずどちらかにつく様にしておけば球にかゝる電圧の変化もなく、電球の断線を発見するにも便利である。

発電所に於ては各種の電氣的機械的故障表示が数十種にも及び、之を個々の独立した表示器にすれば、盤面に広大な面積を占有する。従つて之を集合故障表示器に纏めて表示した方が有利となる。

主制御は専ら、主幹操作開閉器 #1 で行う。操作者は #1 のみを操作すればよく、他は何も顧慮する必要がないから誤操作の惧もなく、事故の時等まごつくことはな



第 1 図 単 線 接 続 図

Fig. 1. Single line diagram

い. 連動単独切開閉器 43 は省略した. 43 を切かえて更に又別の操作開閉器を操作することは實際上無意味であるからである. 又同じ理由で界磁遮断器の操作開閉器も省いた. この為盤面は非常に整理され, 体裁のよいものとなった。

温度測定装置は高圧盤に設けてある. 発電機巻線 6 カ所, 風洞, 各軸承, 変圧器等各部の温度を切かえて読むことができる。

自動電圧調整器は輻動型 (ワルツタイプ) を使用している. 極めて高感度であり, 速応性に優れ所謂速応励磁が可能であり, 系統の安定度増進に寄與する所大である. 送電系統に接続される同期機の自動電圧調整器として最適のものである。

切開閉器によって自動力率調整器としても使用し得る。

蓄電池充電用に硝子製水銀整流器を使用し, 常時蓄電池を浮動充電を行い, 最も信頼度の高い制御電源を得ている。

各補助電動機制御盤は壁掛盤としてあるが別に起動停止開閉器函を設け之を水車室におき, 制御の確実性を増す様考慮した。

ペンジュラムの駆動は電氣的に行う. 副励磁機から, 交流電源をとり反動電動機で駆動する. 保護継電器は壁掛盤に纏め调速機の近傍に設置し得るが如くした。

III. 制御方式

所謂一人制御方式 (ワンマンコントロール) である. 即ち, 水車室, 発電機室には常時監視員をおく必要がな

い. すべて配電盤室から一人で制御できる。

操作電源は直流 100V の蓄電池を使用する. 蓄電池は常時整流器と浮動式に使用されるから相当確実な電源であるが, 更に DC 消滅時はその儘の運転状態を継続する如くしてある. 即ち各遮断器, 開閉器類及び各電磁弁はすべて機械的に保持され常時直流を必要としない方式としてある。

従って直流電源に事故があっても一々運転を停止する必要がなく, 不断送電を継続できるという利点がある。

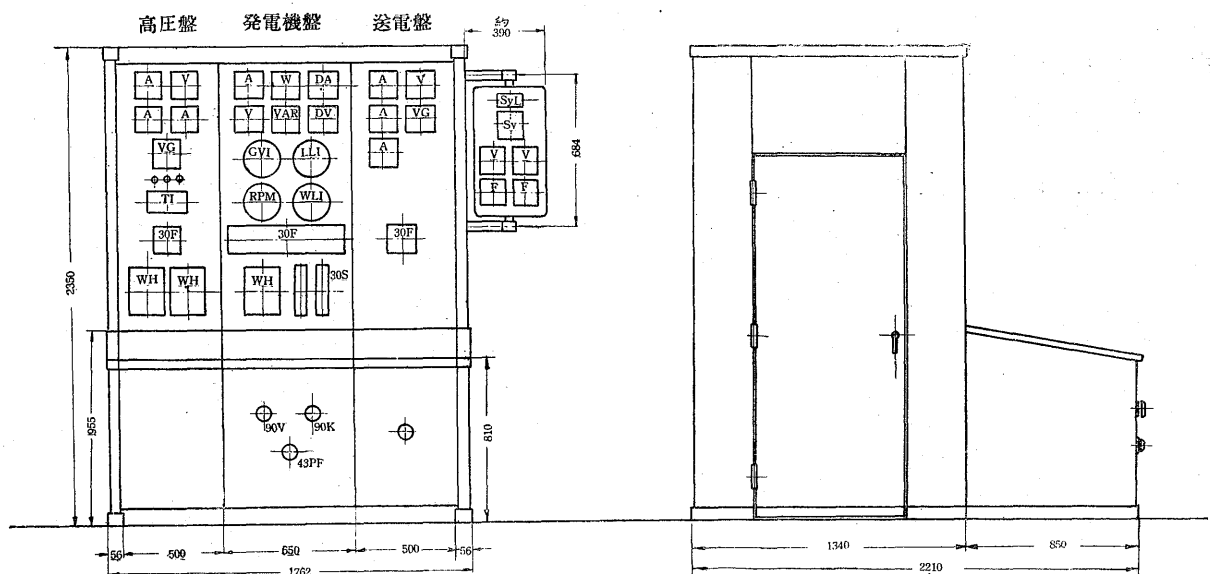
然しこの場合注意すべきことは, DC が消滅すると各補助継電器類は動作しなくなるから, 故障が起っても自動停止することができず, 手動で止めようとしても止めることができなくなり, 所謂野放し送電になるということである. 勿論至急に故障を修理すべきであり, 故障が回復すれば又元の状態に戻るのであるが若しこの間に事故が発生したとしても, この儘では止めることができないのである。

よって弊社としてはこの場合に非常停止開閉器 #5 を操作し, #5 に対して直流又は交流 (PT 又は CT) の電源を供給し, 主要機器の釈放線輪をすべて交直 両用とし #5 を操作すれば必ず全停止するという方式を考案して, 御採用を戴いた. 事故は減多に起らないものであるが又絶無とは云えないので, 最悪の事態にも対処できる様に考慮したのである。

運転方式は略々次の様になっている。

a. 圧油循環滑油系統

各種の機械的操作にはすべての圧油を使用しているから油圧の保持には万全を期さねばならない. 圧油ポンプ

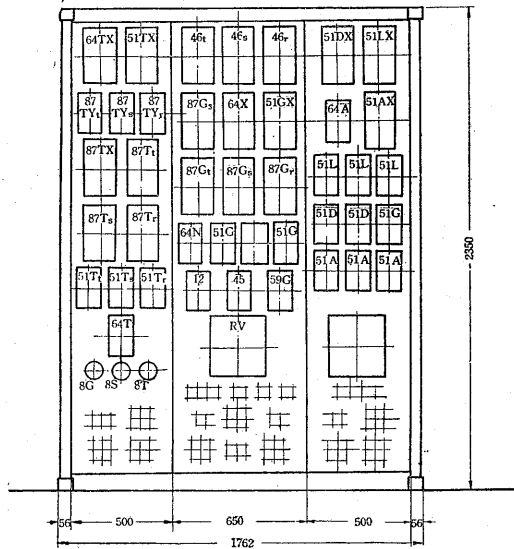


第 2 図 主配電盤外形図 (正面及び側面)

Fig. 2. Main switchboard (front and side view)

は電動機駆動と小水車駆動の2本建とし之を常備予備に切かえて運転する。小水車ソレノイドはDC電線で保持している時小水車が停止する様にしてあるから、電源に事故を生じた時必ず運転することができ、油圧は規定値に保持され、機械的駆動力は常に発生し得る。

潤滑油ポンプは圧油装置も同軸に設けられている。



第3図 主配電盤外形図(背面)

Fig. 3. Main switchboard (back view)

b. 冷却水系統

冷却水は水圧鉄管からとり各冷却器を経、末端で流水継電器を経て放水される。

c. 排水装置

排水ピットのフロートスイッチで自動制御される。手動制御も可能である。

d. 水車、発電機運転

主制御は、主幹制御開閉器 #1 (マスターコントロールスイッチ) で行われる。#1 には停止、起動準備、入口弁、起動、励磁、並列負荷の7位置があり、時計方向の回転で運転操作、逆方向で停止操作を行う。各段階は任意に前進後退が可能で、且つ一気に或位置迄進めれば自

動的にその段階迄動作が進行する様になっている。各段階に於ける動作は次の如くである。

運転方向

○起動準備、発電所の停止時には油圧、油流、水流等を低下或は停止させる。この場合之等の故障停止或は警報の回路ができない様になつているからこの段階に於て、回路を形成し起動条件を確認する。

案内羽根全閉、制動開、ダンパー開、油圧規定値閉塞継電器復帰で起動準備を完了する。

○入口弁——入口弁電磁石 #21S が動作し機械的に保持され油圧により側路弁、入口弁の順に開く。

○起動——起動電磁石 #74S が動作し、緩起動装置が働いて水車は徐々に加速する。

○励磁——回転数が上昇して規定回転数に達すると界磁開閉器が投入され励磁を行う。

○並列——同期検定器により同期をとって手動同期を行う。自動同期装置を使用し得る如く考慮してある。

○負荷——負荷制限器又は水位調整器で負荷をとる。

停止方向

○並列——負荷制限器により負荷を徐々に減らし無負荷運転とする。

○励磁——案内羽根が無負荷開度迄閉じれば遮断器が開く。

○起動——界磁開閉器が開き急速減磁装置が働く。

○入口弁——案内羽根全閉ロックする。速度が次第に低下すれば自動的に制動がかかる。

○起動準備——入口弁全閉

○停止——故障表示回路開放停止。

以上の中、二、三の項目について附言する。

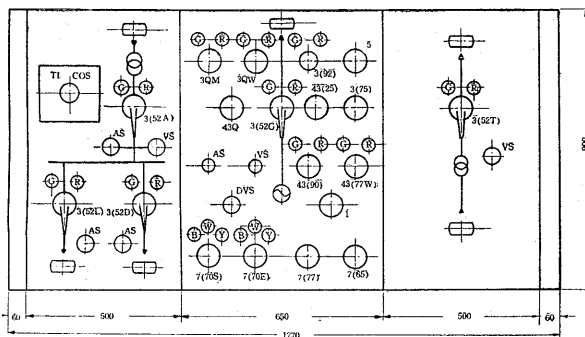
急速減磁装置

界磁開閉器が開くと主発電機、主励磁機の界磁回路に夫々減磁抵抗、振動抵抗が挿入され主発電機界磁、主励磁機が一つの振動回路となる。抵抗の値を調整して臨界的ならしめると、界磁電流は振動的に急速に減衰し発電機誘起電圧は数サイクル以内に完全に消滅し、この間回路の側の部分にも過電圧を発生することはない。負荷遮断等の場合、過電圧は完全に抑制され、故障時にはその被害は極限されるなど界磁電流の遮断には極めて有効な装置であり既に各方面に実用され賞讃を博している。

自動制動装置

制動は停止時には必ずかけた方がよいのであるが、従来稍もすると誤動作が多く、まちがってかかると大事故になるので、その危険性を憂えて従来余り使用されていない。

弊社の方式はタコメーターから電圧をうけて始動する



第4図 制御机盤

Fig. 4. Control desk panel

2個の速度継電器と時計機構を有する限時継電器を使用し、緩徐な速度低下を確実に捕捉して油圧によってかけるから誤動作の危険性は絶対に無いと云ってよい。

IV 保護装置

大体故障は初期の中に発見すれば被害は軽くてすむものである。保護装置に多少費用がかかっても、故障修理費用、修理期間中の電力損失、水力損失等に比較すれば問題にならないことが多い。

本発電所には殆ど総ゆる弊社の標準とする保護装置が設けられている。

発電機の電機子捲線の故障は普通微少な接地事故、層間短絡から始まり、二相三相短絡に発展し、果ては所謂“火の車”となって大事故となるのである。

従って接地、層間短絡保護装置は故障早期検出用として極めて重要である。

巻線接地保護装置は発電機中性点を約100A程度流れる(端子地絡の時)抵抗で接地し此所に流れる零相電流と零相の差電流との積で動作させるもので、動作トルクの大部分は中性点電流からとるから僅かな差電流でもよく選択性を發揮して鋭敏な動作をし、巻線の97%迄も保護することができる。

弊社の標準とする層間短絡継電器はCTを使用せずPT丈で行うことができる。従って、巻線を2回路として端子を出す必要がなく、いかなる既設の発電機にも適用することができる。

即ちPTの一次側中性点を発電機の中性点に結び二次開放三角に現われる不平衡誘起電圧で動作するもので極めて高感度である。

差動継電器はCT丈で済むから、殆ど一般的に使用される所のものである。弊社の標準とするものは、所謂広範囲誤動作阻止型差動継電器と呼ばれるもので、誤動作阻止域が広く且つ差電流整定とは無関係であるから、差電流整定を如何に鋭敏にしても誤動作の惧がなく、所要負担も僅少であつて、優れた特性を有するものである。

過電流継電器をバックアップとして使用してある。

確実な段階時限を得る為に時計機構を有する時限継電器と、過電流検出用の継電器との組合からなるものを標準としている。

発電機は全3相回路の最終端であるから段階時限選択方式で行けば、この過電流継電器は最長時限として最後の後備保護を行うものである。更に亦上述の意味と関連し、発電機回路の後備保護即ち差動継電器の後備保護をも行う意味で中性点側の最末端のCTに接続すべきであり、時限、段階を2段にとってある。即ち先ず之が動作

すれば発電機遮断器を開放する。之で故障が終息すれば過電流継電器は復帰し発電機は無負荷運転を続ける。若し故障が継続するならば、差動継電器のバックアップとして非常停止を行うのである。

過電流接地継電器も同じ意味であるから、過電流継電器と併せて時限を2段にとってある。

以上主として電氣的な保護装置について述べたが以下に述べる機械的なものを含め、故障の緩急に応じて夫々非常停止、急停止、無負荷運転後停止、無負荷無励磁運転、警報その他の各処置をとる様になっている。

非常停止

遮断器、界磁開閉器を開き急速減磁装置を動作させ案内羽根全閉ロック、入口弁全閉、エアードンパー全閉する。

差動継電器 (87 G₁)

巻線接地継電器 (87 G₃)

層間短絡継電器 (46)

急停止

案内羽根全閉ロック、入口弁全閉後、遮断器、界磁開閉器を開く。

油圧降下第3段 (63 Q₃)

軸承ヒューズメタル熔断 (38 F)

電氣的過速度継電器 (12)

励磁機過電圧継電器 (45)

推力軸承冷却水断水 (69 W₁)

アクチュエーター駆動装置故障 (81)

無負荷運転後停止

発電機過電流継電器 (51 G)

発電機中性点過電流接地継電器 (64 N)

無負荷無励磁運転

発電機過電圧継電器 (59 G)

警報

油圧降下第2段 (63 Q₂)

軸承潤滑油断油 (69 Q)

上水槽水位低下 (33 H)

上油槽油面低下 (33 Q)

圧油冷却水断水 (69 W₂)

潤滑油冷却水断水 (69 W₃)

軸承丸型温度計接点 (38 D)

タコメーター回路断線 (15 X)

直流制御回路接地 (64 D)

直流制御回路低電圧 (80)

自動電圧調整器過電流 (51 (90))

変圧器丸型温度計接点 (26 T)

変圧器、ブッフホルツ継電器、警報接点 (63 T₂)

送電線、発電機、配電用遮断器開放

変圧器差動継電器 (87T)

変圧器ブッフホルツ継電器 (遮断接点) (63T1)

送電線遮断器開放

送電線過電圧接地継電器 (64T)

送電線過電流継電器 (51T)

各配電用遮断器開放

各回路過電流継電器 (51A, 51D, 51H)

V. むすび

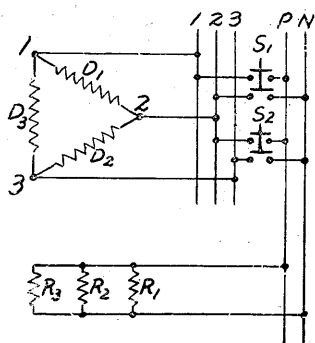
以上近日中に運転に入らんとしている久保内発電所に納入された配電盤について、その概略を御紹介したが尙浅学非才の為、不備の点多々あることと思われ、又今後の技術の進歩につれては、幾多改良すべき点多かるうと思われる。大方の御叱正を仰ぐ次第である。

(終)

継電器の制御方式 (登録第 189492 号)

継電器を制御する場合制御電源の電圧には相当の変動がある。交流回路では通常 $\pm 10\%$ とされているが実際には定格電圧に対して $80\sim 120\%$ の値をとる事がある。又、蓄電池による直流電源の場合も放電の終期では 80% 位となり、充電完了直後では 150% にも上る。従って此の様な電源によって動作させる継電器或いは之に類する装置は電源の最低電圧例えば 70% で確実に動作する様設計する。然し一方之等の附勢回路は動作すると磁気回路のリアクタンスが減少するから、確実に復帰する電圧は動作電圧より低い例えば 60% と云う事になる。即ち確実に動作する為には 70% 以上の電圧を要し確実に復帰する為には 70% 以下となる必要がある。

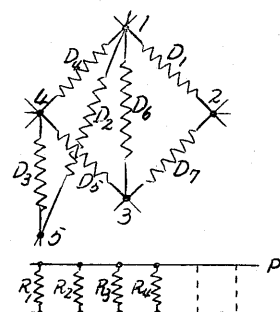
此の事を第1図の実際の回路で説明する。第1図で動作



第 1 図

線輪 D_1, D_2, D_3 は前記の様に 70% で作動し 60% で復帰する様計画されているものとする。此の時操作押釦 S_1 を押すと $1, 2$ に夫々 P, N が加はり D_1 は作動する。然し一方同時に D_2, D_3 にも $1/2$ の電圧がかかるから若し此の時電源電圧が 140% に上ると D_2, D_3 に夫々 70% かかる事となり之等も同時に動作し結局誤動作となる。此の様な誤動作を簡単に防止するのが此の発明であって此の動作線輪 D_1, D_2, D_3 に対し逆方向に作用する抑制線輪 R_1, R_2, R_3 が同一電源 P, N に接続され、而して D と R とが一定電圧比、例えば 1 対 1 となった時のみ D が動作する様整定されるのである。従って例えば第1図の場合には S_1 を押した時は D_1 と R_1 とが 1 対 1 の電圧比となるのみであり D_1 のみ確実に動作する。而し此の事は電源電圧の変動に無関係である。

更に複雑な第2図の回路でも同様である。今接続点 1 と 2 との間に P, N が加えられたとすると D_1 は勿論



第 2 図

動作線輪のインピーダンスを等しいものとする

$$D_1=1, D_2=\frac{1}{13}, D_3=\frac{1}{13}, D_4=\frac{2}{13}, D_5=\frac{3}{13}$$

$$D_6=\frac{5}{13}, D_7=\frac{8}{13}$$

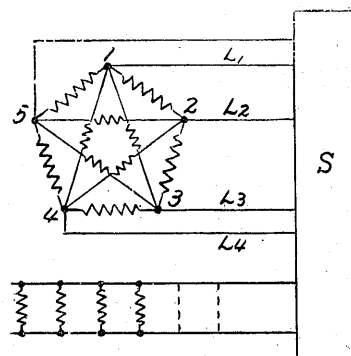
の電圧がかかり D_7 が一番誤動作し易いが抑制線輪との比が 1 対 1 に整定されている以上 $8/13$ 対 1 では絶対に動作しない。此の場合抑制線輪の接

続は総て並列とするも、また直並列とするも同様である。

第3図の動作線輪は多角形接続であり連絡線数 L の数を n とすると、

$$(3^n - 5n)$$

の制御数が得られるものである。従って例えば図示の $n=5$ のものでも 228 種の制御数が得られる。従って各動作線輪の単独或いは其の組合せは多くの極めて類似な電圧



第 3 図

値を持つ事となり従来の接続方式では極めて多数の誤動作線輪を作り到底実用にならない。〔以下179(27)へ続く〕



*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。