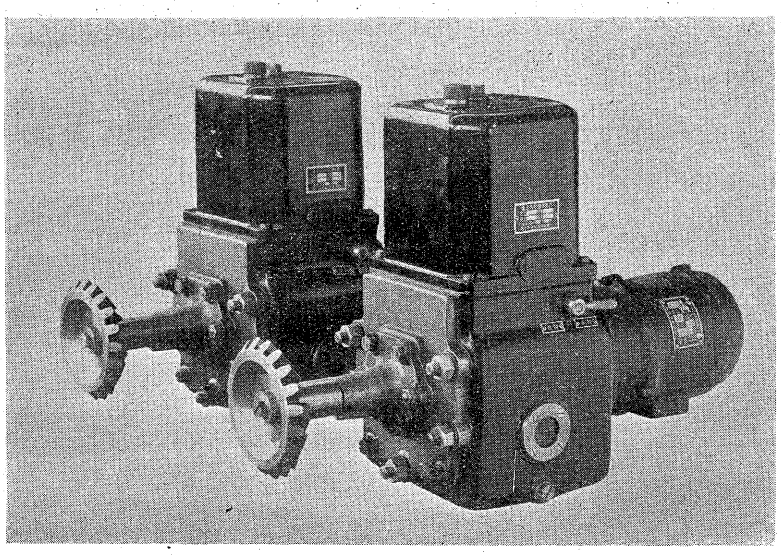
富士自動調整器に就いて*

富士電機　製作部　今井直次郎

内容梗概　電氣諸量の調整とか、蒸氣、瓦斯、液體等の流量及壓力の調整とか、その他諸種の量を自働的に調整するには、種々なる方式があるが、油壓に依り動作するサーボモーターを使用する方式は、幾多の利點を有のるので、多種多様の方面に應用せられる。今回弊社に於いて製作せるこの種の自働調整器に就き、その動作、構造及之を應用せる調整方式の概略を説明する。

1. 緒　　言

諸種の電氣設備及機械設備に於いて、諸種の量を自働的に調整せんとする要求は非常に多い。殊に最近に於ては人手の節約とか、動作の確實性とかの點から、出來得る限り多くの事柄を自働的に處理せんとするので、益々この傾向が强い。例へば發電機の電壓を一定に保つ事、電氣爐等に於いてその電流を一定に保つ事送風機の風量又は風壓を一定に保つ事、原動機の回轉數を一定に保つ事等、之等は比較的簡單なる例であるが、其の他之に類する事は枚擧に遑がない。之等の目的に對しては、敏感にして且つ强力であり、動作の確實なる調整裝置が要求され、種々なる方式の



第1圖　富士自働調整器

物が供給されてゐるが、大別して電氣的及機械的の二種とする事が出來る。電壓調整裝置、電流調整裝置、力率調整裝置等電氣關係の物に對してはやはり電氣的の調整裝置が發達して相當優秀なる成績を擧げてゐる。併し之等の物は主體が繼電器であり動作力が小さいので、直接には非常に鋭敏な金屬接點や、炭素板抵抗器を動作せしめ得るのみであり、調整に大きな力を要する時は、電動機等を使用して操作するので、勢ひ慣性能率を增し、調整作用に惡影響を與へる事となり、且つ補助接點等を必要とするので相當複雜となるを免がれぬ。

機械的なる方式としては、**油壓に依り動作するサーボモーター**を使用する方式が種々なる利點を有するので之を巧に應用する時は、構造簡單にして、併も確實迅速なる調整を行ふ事が出來る。

今回弊社に於いては、電壓、電流の調整其の他一般的の自働調整に使用し得る調整裝置として、この方式に依る物を製作したので、此處にその構造、動作及之を應用せる調整裝置に就き説明する事とする。

2. 富士自動調整器の特徴

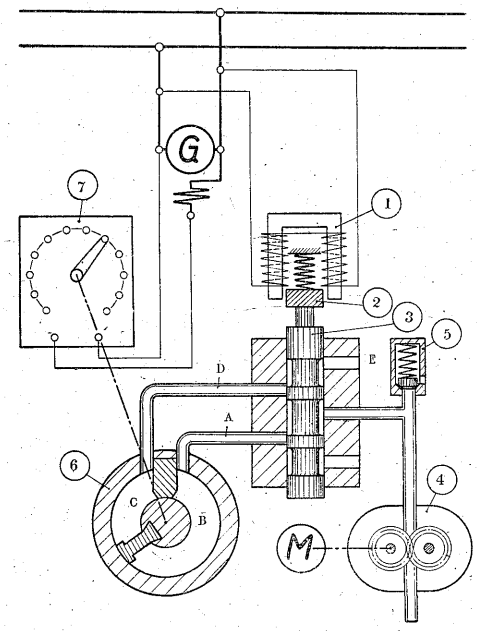
富士自動調整器は種々優秀なる性能を有してゐるが重要な點を列擧すれば次の如くである。

1. 油壓に依り動作するサーボモーターを使用するので**操作力を非常に大きくする事が出來る**から殆んどすべての物を直接動かして制禦する事が出來る。
2. サーボモーターを操作する壓油を分配する分配瓣は極めて小なる力で動かす事が出來るから調整に必要な制禦力が極めて小さくてすみ、**感度の高い調整をなす事が出來る。**
3. サーボモーターの動作力を增す爲に、調整作用に惡影響を及す慣性能率が增さないから、その爲調整作用は惡い影響を受ける事なく、**迅速な調整をなす事が出來る。**
4. 全く機械的構造を有し、構造が簡單であり且つ極めて堅牢なる故、故障なく、**動作が極めて確實である。**
5. 主要部分は全部一個のケーシング內に納めてあり、外部からの制禦を受ける部分及調整動作をなす部分及び其の他附屬物が、一體となつて居り小型に出來てゐるから、**取付、取扱が至便である。**又別に補助裝置等を要しない。
6. 全閉型であるので塵埃、濕氣等の影響は絶無であり、且つ全部自動給油式である爲、**保守に手數を要しない。**
7. 調整に必要な制禦力が極めて小さいのでその爲の損失が極めて少く、且つ壓油ポンプに必要な動力も少くてすむ爲、**運轉に要する費用が少くてすむ。**

3. 基本的調整方式

富士自働調整器を説明するに、先づその基本的の調整方式を實例を以つて説明する事とする。**第2圖**は一例として富士自働調整器を**高速度電壓調整器**として使用せる場合を示すものであつて、自勵式直流發電機の電壓を、負荷及速度の變動に對して一定に保たんとする場合である。この場合發電機の電壓に感應して動作し

* Imai Naozirô: On Fusi Regulator with Hydraulic Survomotor



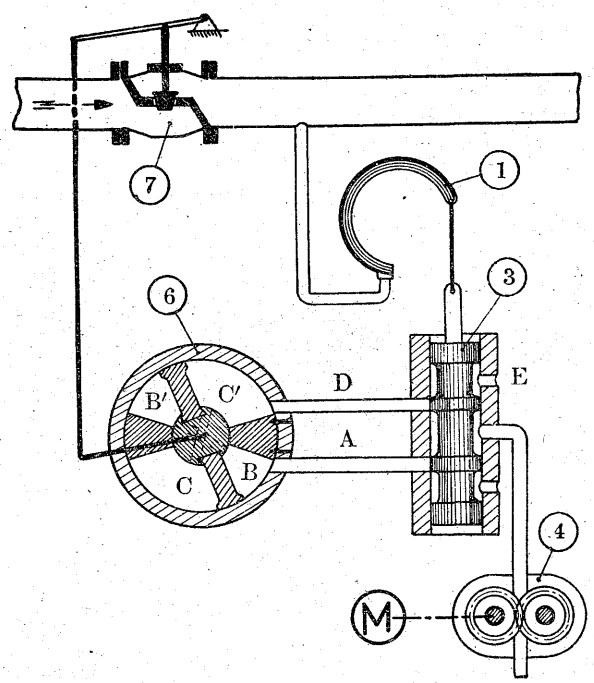
第2圖　電壓調整方式

調整作用を引起す部分は、馬蹄形電磁石①で、そのコイルは發電機の兩端子に接續されてゐる。電磁石は發電機の電壓に比例する吸引力を生じ、アーマチユア②を強く或は弱く引つぱる。アーマチユアはスプリングに支へられ吸引力とスプリングの力の釣合ふ所に位置する。規定電壓の時丁度中性點に來る如く調節する。アーマチユアは分配瓣③と連結して居り分配瓣が上下すれば、齒車ポンプ④よりの壓油を調整し、サーボモーターを操作する。⑤は安全瓣であり餘剩壓油はこゝから逃れ去る。サーボモーター⑥は氣密に密閉された圓筒形のケーシングから成りその中に調整軸に取付けられた羽根があり、油壓に依り、調整軸を回轉せしめる。調整軸は發電機の界磁調整器⑦と直結されるか又はチエーン等にて連結されてゐる。

本調整器にては次の如く調整が行はれる。負荷が增加するとか速度が降下するとかの何れかの理由で發電機電壓が降下すれば電磁石の吸入力が減少するのでアーマチユア及びそれに連結されてゐる分配瓣が下に動く。壓油管よりの壓油は A なる管を通つて B なる空所に入り、C なる空所にある油は D なる管及 E なる排出口を通じて外氣に放出される。B なる空所に生ずる超過壓力の爲羽根は動かされて調整軸は時計方向に廻るから、軸に連結された界磁調整器も共に廻される。界磁調整器を加減して發電機電壓が上昇すると、電磁石の吸引力が增し、アーマチユアは引上げられ、電壓が規定値に達するとアーマチユアー及分配瓣が丁度中性點に戻り、調整作用は終る。**第2圖**には示されてないが、ハンチング現象を防ぐ爲、適當な復歸裝置が取付けられて居り、之を適當に調節してハンチングを防止する。慣性抵抗の大きな發電機では界磁調整器は最後に落付く位置を通り越して幾らか行き過ぎる樣になつて居り、斯くして磁氣的慣性の影響は出來るだけ少くして眞に高速度調整を得られる如くなつてゐる。勵磁機電壓は新しく落付く點を通り越して行くが發電機電壓はこの際規定電壓を通り越して動搖を引越す樣な事なく、發電機電壓が規定電壓に近づく時、勵磁機電壓も最後に落付く點に來る如く調節出來る樣なつてゐる。

第3圖は富士自働調整器を**壓力調整器**として使用せる場合である。①は壓力に應じて伸縮する管形スプリングであり、調整せんとする管內の壓力の變動が起れば之に應じて伸縮し、分配瓣③を動かし、サーボモーター⑥を操作し、サーボモーターに連結された減壓瓣⑦を動して壓力を規定通り保たせる。

必要に應じて調整裝置を停止せしめる場合等、自働裝置を切はなすには、ポンプから分配瓣、又は分配瓣よりサーボモーターに至る壓油回路を開路して自由回路を成さしめ、操作は手動にて行はれる。



第3圖　壓力調整方式

4. 構　　造

富士自働調整器は、全密閉型で主要部分はすべて鑄鐵製ケーシング內に納められ、內部は塵埃、濕氣等から完全に保護され、且つ摩擦部分は總べて自動給油式であり、取扱ひが極めて便利である。**第4圖**はその外形を示してゐる。

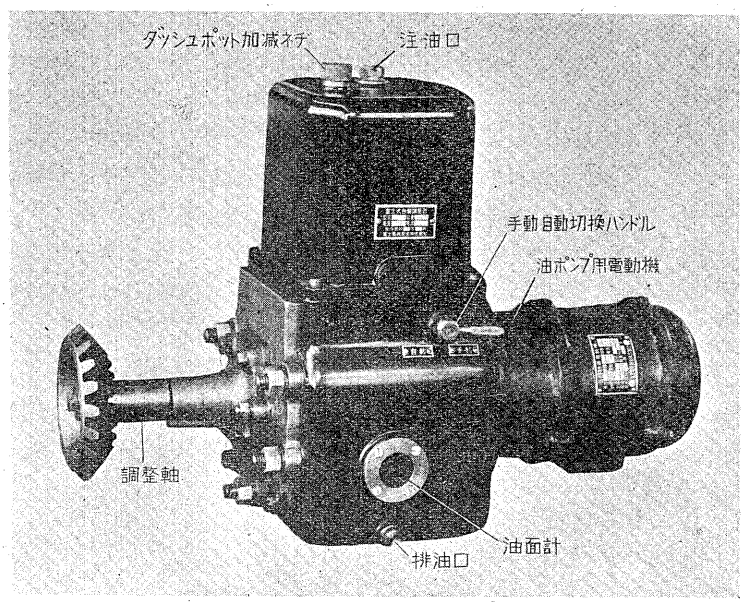
主要部分を擧げれば次の如くである。

油ポンプ
サーボモーター
壓油分配瓣
調整感應裝置
復歸裝置

等であるが以下之等に就き簡單に說明する。

油ポンプ

油ポンプには齒車ポンプを使用して居り、その下部はケーシン

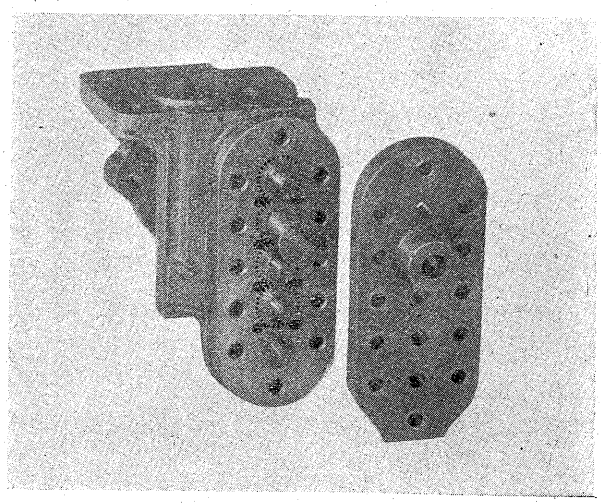


第4圖　富士自働調整器外形

グ内にて常に油に浸されて居る。油ポンプには大型の調整器にてはアンローダーが取付けられ、常時無負荷にて運轉し、唯調整作用が行はれる時のみ全油壓で負荷される。小型の物では過剩壓油は安全瓣より排出される構造となつてゐる。**第5圖**は油ポンプを示す。**第6圖**はケーシングカバーを取外した所であるが安全瓣が見えてゐる。

サーボモーター

サーボモーターは圓筒形ケーシングから成りその中に羽根の取付いた調整軸があり、油壓に依り廻轉する如くなつてゐる事は前にも述べた通りであるが**第7圖**にはその內部を示してゐる。ポンプに依つて生じた壓油は分配瓣に依つてサーボモーターに送り込



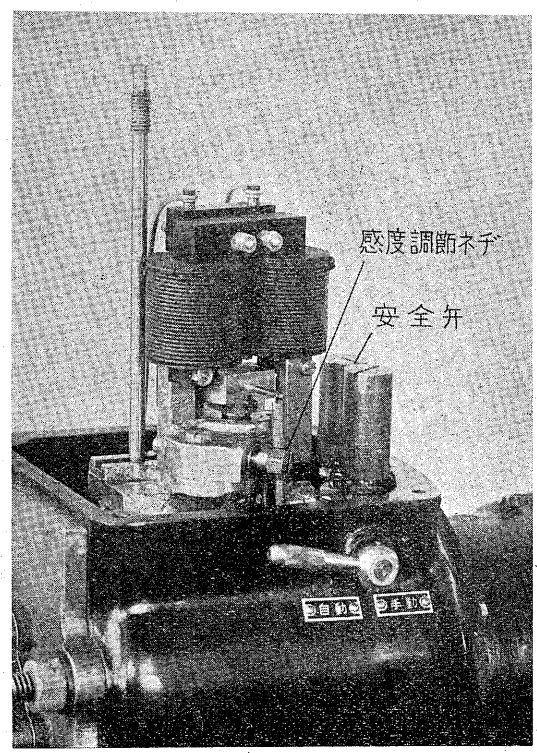
第5圖　油　ポ　ン　プ

まれる。サーボモーターは斯くして調整軸に依つて調整されるべきものを操作するのであるが、之等調整されるものは界磁調整器とか誘導電壓調整器とか減壓瓣とか、何れも夫々所要の廻轉力と廻轉角度とを必要とするから調整器のサーボモーターは之等の必要に合致しなければならない。

サーボモーターは界磁調整置を動かす場合の如く移動角度の大きい場合と、誘導電壓調整器や滑り調整器等を操作する場合の如く大きい廻轉力で移動角度が小なる場合とある。サーボモーターは之等に適當なる如く設計される。**第8圖**はこのサーボモーターの二つの樣式を示す物で左圖は廻轉角約300度右圖は廻轉角約100度の物であるが、右圖の物の廻轉力は左圖の物の二倍になる事は明らかである。

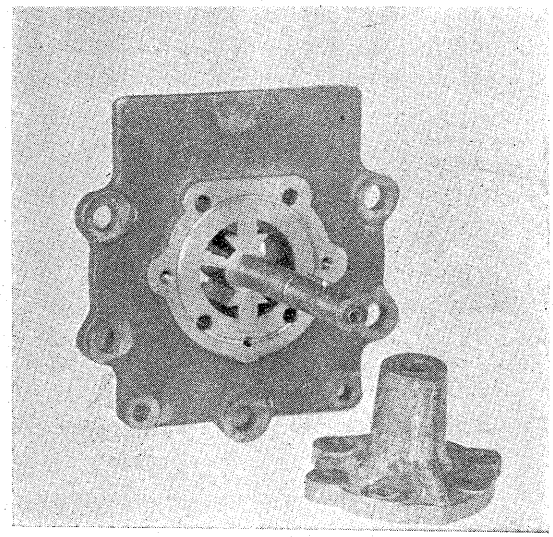
壓油分配瓣

油ポンプからサーボモーターへ行く壓油を調整する壓油分配瓣の實際の物の構造は**第9圖**に示してゐるが之は先に**第2圖**に示した物と多少異つてゐる。極く僅かの制禦力で動き、非常に精密なる感度を得る爲に、分配瓣を直接アーマチユアに取付けないで分配瓣は油壓で動かされる如くし、アーマチユアはこの油壓を調整する樣に動作する。卽ち二段に動作が行はれる。**第9圖**に於いて分配瓣を動かす爲の壓油は單獨のオイ

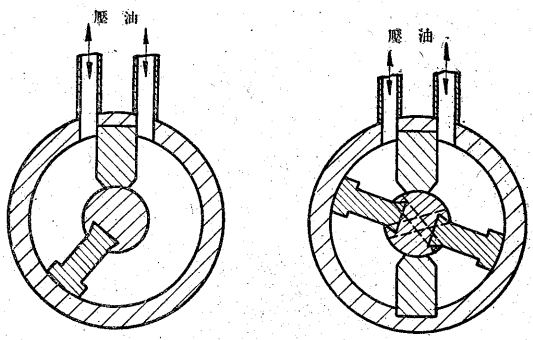


第6圖　富士自働調整器內部其ノ一

ルポンプ①から供給され、環狀の空所 A 及主分配瓣を貫いて居る孔B を通じて C なる孔から流出する。主分配瓣は一方 A なる空所の油壓を受け他方は上方に向つて働いてゐるスプリングの力を受けてゐる。從つてこの兩方の力が平衡してゐれば分配瓣は靜止してゐる。しかし何等かの理由で電壓が降下した時、アーマチユア②及スリーブ③が下り、主分配瓣の孔 C が塞められ，A の壓力が上り瓣は下へ動き、搾られた個所が初めの大きさになる迄動く。卽ちアアーマチユアーと主分配瓣とは一體となつてゐると同



第7圖　サーボモーター

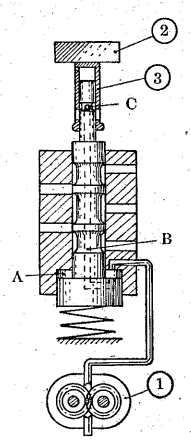


第8圖　サーボモーターの二型式

樣の動作をなす。スリーブと分配瓣の摩擦を少くする爲主分配瓣は廻轉運動を與へられてゐる。したがつてこの部分の摩擦は極めて小さくなりアーマチユアは極めて僅かの力で動かす事が出來る。**第10圖**には電磁石、アマチユア及主分配瓣を示す。

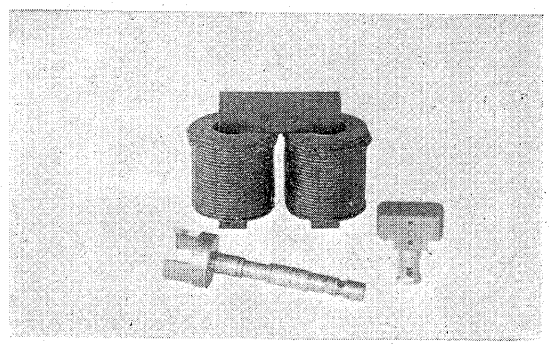
調整感應裝置

電氣的に制禦される調整器の感應裝置には使用目的に應じ電壓電流、電力等が利用される。最も多く使用される直流及交流の單



第9圖　壓油分配瓣

相三相の電壓及電流線輪では第2圖の結線圖から分る如く鐵心とアーマチユアの間に小さな空隙があり、磁力線の大部分は鐵心中を通る樣に作られてある。この構造に依つて本調整器は非常に小さな損失で、非常に大なる調整機能と、最も高い調整感度が得られる。猶特に注意すべきは極めて慣性抵抗が少い事で之は優秀なる高速度調整器としての主要なる條件である。調整操作はアーマチユアが中央位置から少しでも動けば直ちに始る。之等の事は調整力の大なる事と相俟つて何れの構造の調整器に比較しても調整動作の後れが最も少い。



第10圖　電磁石アーマチユア及分配瓣

この他種々なる感應裝置が取付けられるが、何れも極めて小なる制禦力を必要とするにすぎないので感度を著しく上げる事が出來る。

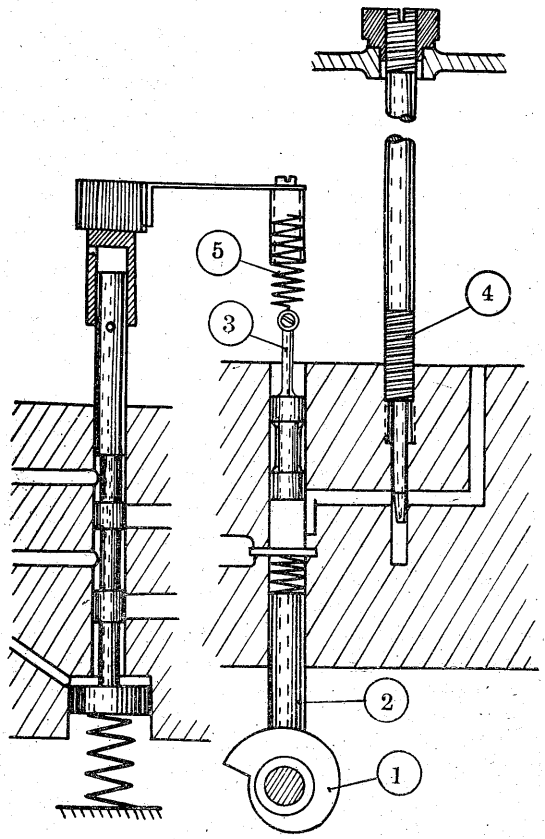
復歸機構

調整裝置の良否は次に述べる復歸裝置の良否に依り定るもので之は種々の調整裝置に對して色々の重要性を有する物である。

發電機界磁調整器を變化しても直ちに發電機電壓變化が全く同時に起る物ではなくその間、發電機の大きさ、構造に應じて多少の後れがある。負荷の急變した後で、電壓を出來る丈け早く、元の規定値に戻す爲にこの高速度調整器では界磁調整抵抗器を先づその新に落付く可き位置を通り越して動かし、ついで次第に元の位置に戻す。この復歸機構の作用は**第11圖**に示されてゐる。即ち調整軸には螺旋形①カムがあつて、之は調整作用が行はれた時にスプリングに押されてゐる桿②を上下に動かす。この桿は一つの孔の中で動作してゐるが、その孔の上には今一つ別の第二の桿③即ち特有の復歸桿があつて孔には油が滿たされてゐる。兩桿の間の空所はダツシユポツトを形成し、しぼりねぢ④に依つて必要に應じてしぼりの大きさを變へる事が出來る樣な孔があつて、それが油溜りに通ずる出口と連つてゐる。

第12圖にはケーシング內部を示してゐるが復歸桿及しぼりねぢが見えてゐる。

調整軸が動き、下部の桿の移動した際には上部の復歸桿は初め先づ一所に動くが、次第にスプリングの影響でその最初の位置に戻る。例へば電壓が低過ぎる時はアーマチユアは降下して新なる安定點を通り越して時計方向に調整軸を廻す。すると調整軸上の螺旋形カムに依つて下部の桿及上部の復歸桿が上に上げられスプリング⑤に依つて或る力がアーマチユアに加へられ、アーマチユ



第11圖　復　歸　機　構

アは中性點の方に引戻される。かくして調整作用は適當な過調整の後に停止して電壓の上昇して來る際には再び新しい安定點へと戻される。スプリングに依つてアーマチユアに加へられる復歸力の爲に調整器は安定なる特性が與へられるのであるが、この力は桿②③の間の油に依つて傳へられるので、この油がしぼりねぢ④の間を通つて外へ出るにしたがつて消滅する。このしぼりねぢを加減する事に依つて復歸力の加はり方を適當に加減し最も調整動作の良好な點を求めるのである。

從つて調整器は所謂 Astatic に動作するので、即ち調整軸は電壓の所定値に對して任意の位置を取り得るのである。

この外に復歸裝置として全く可撓性のない固定した物を取付ける事も出來る。すなわち所謂 Static の調整であり下の桿を直接にアーマチユアに連結させる譯であるが、この場合は各々の電流値に對して夫々調整軸は一定した位置をとる。

5. 富士自動調整裝置の應用

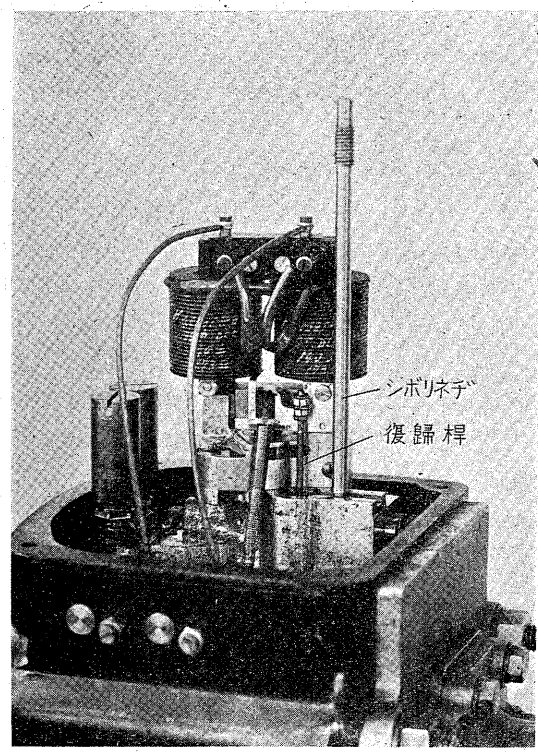
次に富士自働調整裝置の應用に就き説明する。先にも述べたる如く本器はその制禦には極めて小さな力即ち數瓦の力にて充分であり、その調整力は極めて大きく數噸以上にもする事が出來る。故に本器の調整感應裝置としては、種々な電氣計器の要素を種々な接續で用ひる事が出來るし又、壓力計とか其他の如き計器の要素をも用ひる事が出來る。他方本器の調整力は任意の調整裝置を動かすに充分である。即ち直接、界磁調整器や誘導電壓調整器や並列抵抗及負荷抵抗等を加減して電壓調整を行つたり、又水車の案内羽根を開閉したり、他に種々なる裝置を動して、水、蒸氣燃料等の流量を加減したりする事も出來る。

その實例を擧げて説明するが本器は極めて應用範圍が廣く且つ之を巧に利用する時は相當複雜なる調整裝置にも應用出來る故、之等に關しては更に稿を改め、委しく夫々の專門の立場から説明する事とし、今回は實例を擧げて簡單なる説明を加へる程度に止める。

發電機の電壓調整

發電機の電壓調整には小容量の設備に於ても、大容量の設備と同樣に使用される。

發電機の電壓調整に於てはその發電機の構造に從つて分路調整器か又は主回路調整器を動作せしめる。電磁石の電壓コイルは直列抵抗を通じて發電機、母線又は受電端に接續する。500 V 以上の交流の場合は變成器を介して接續する。直流發電機の場合は既に**第2圖**に示した通りであり分路調整器を直接操作して調整をなす。

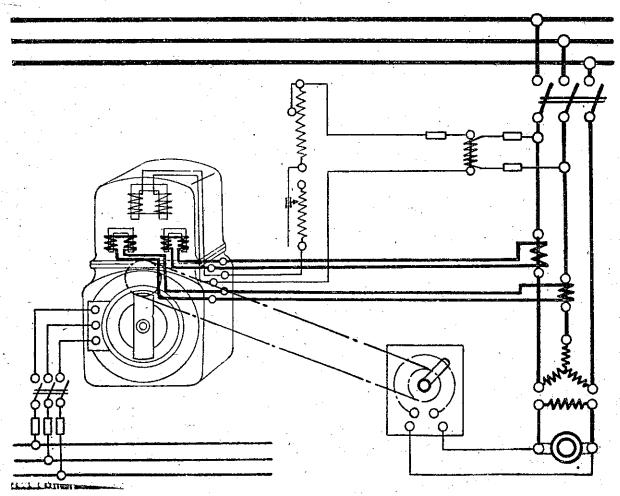


第12圖　富士自働調整器内部　其ノ二

第13圖は三相交流發電機の勵磁器の分路調整器を動作せしめる方式を示す。

電壓降下の補償に對しては電壓コイル又は變成器に、電流コイルを附加して發電機の負荷が增加するに從つて發電機の電壓を自働的に上昇せしめる事が出來る。即ち分卷發電機を用ひて複卷發電機と同樣の特性に使用する事が出來るので、この點は運轉上から見ても、結線上から見ても非常に便利である。**第14圖**にはこの電流コイルを附加した場合を示してゐる。

過負荷保護裝置の併用



第13圖　發電機電壓調整方式

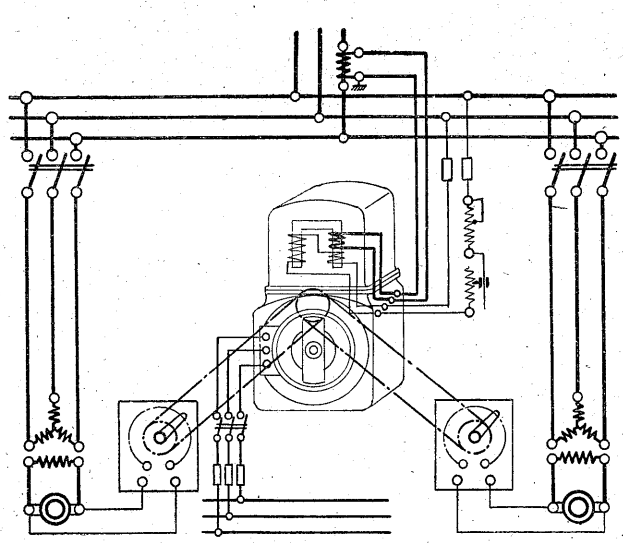
電壓調整器用として使用してゐる富士自働調整器に、電流コイルを有する壓油分配瓣を附加する事に依り、同じサーボモーター及同じ分路調整器を使用して、その儘過電流保護裝置として動作せしめる事が出來る。

第13圖には二個の過負荷保護裝置を二相に取付けた所を示してゐる。

發電機並列運轉の場合の電壓調整

發電機の並列運轉をなす場合の電壓の自働調整は、並列運轉をなしてゐる發電機全部に對して行ふ必要なく、一臺又は一群の發電機を自働調整すれば充分である。何となれば之等の發電機が荷重の變動に對する負荷の變動を受持つて、他の發電機は一定の負荷及電壓の儘で運轉する事が出來るからである。勿論この方法は負荷の變動が自働調整を受ける發電機の負荷率の範圍内にある場合は充分であるがそれ以上の變動に對しては、自働調整を受けない發電機を手働調整を行ふ必要がある。

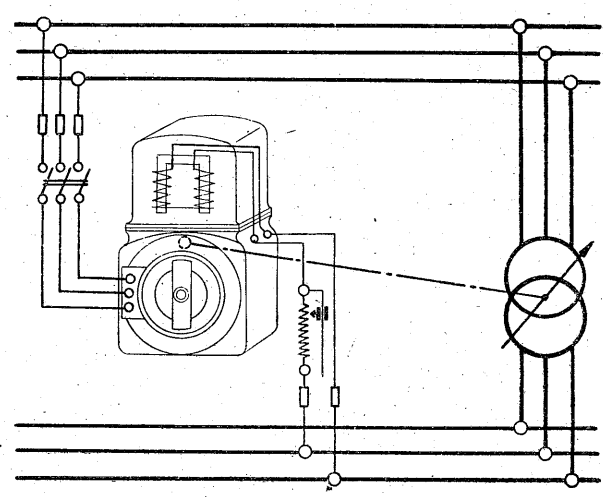
第14圖は二臺の發電機に對し一個の自働調整器を使用した場合である。これは二つの分路調整器を極く接近して置く事が出來る場合であるが、自働調整器を共通に用ふれば、一方の發電機を停止したり、手働調整をなす場合、分路調整器を切はなす爲に、取外しのきくカップリングにて連結する必要がある。別々の母線に投入される事がある樣な場合には、各々に單獨の自働調整器を用ふる必要があるが、多くの場合は各々單獨に自働調整器を備へた方がよい。卽ち並行運轉をなす場合、自働調整器の電壓コイルに電流コイルを附加する事に依り、直流發電機にては負荷を一樣に分擔させる事が出來るし、又交流發電機の場合には各發電機の力率を同じくして運轉する事が出來る如き便利な點がある。



第14圖　發電機並列運轉に於ける電壓調整方式

小容量水車發電機の電壓調整

交流又は直流の水車發電機の小容量なる物に於いては、その發電機電壓に應じて、直接案內羽根を調整して、水車廻轉數を加減し、發電機の電壓を一定に保たしめる事が出來る。斯くすれば、本調整器を用ふるのみにて、水車調速機及自働電壓調整器等を省略する事が出來るので全體として設備を非常に簡單にする事が出來る。



第15圖　誘導電壓調整器に依る電壓調整方式

誘導電壓調整器に依る電壓調整

大きな送電網にては、電壓の調整は中央のみで行ふのでは充分でなく、方々の點で電壓調整を行ふ必要がある。この爲には誘導電壓調整器が多く用ひられるがこれを迅速に操作するには相當大きな力を要する。普通用ひられる電壓繼電器と電動機とに依る方式は、その電動機の慣性能率が大なる爲、迅速なる調整作用が困難である。

この點、富士自働調整器はその調整力が大なるに反し、その慣性能率が極めて小さく出來るから、誘導電壓調整器の調整に全く適してゐる。**第15圖**にはこの方式を示してゐる。**第16圖**は富士自働調整裝置を誘導電壓調整器に取付けた所である。

直流電源に於いても分路抵抗器を調整して電壓を一定に保つ事が出來る。之等の方法は研究所とか實驗室、試驗所等に用ひるに便利である。

電流調整裝置

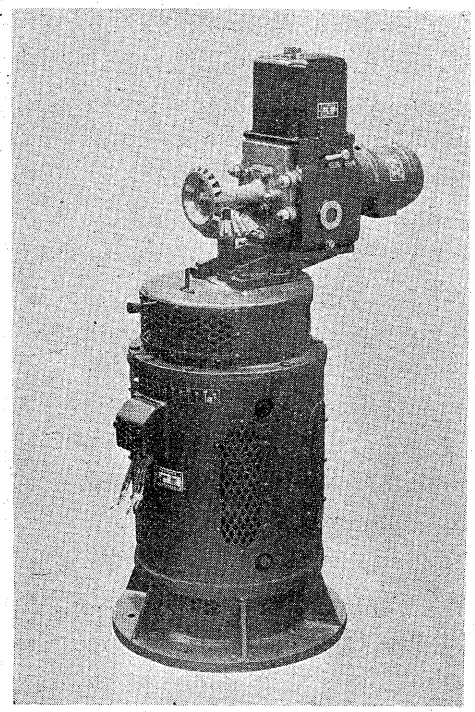
電壓を一定に保ちたいと言ふ場合も多いが、又電流を一定に保

ちたいと言ふ要求も甚だ多い。例へば電氣爐とか、電氣鑛金とかその他種々の場合電流を一定に保つ事は重要な事柄である。一例として電氣爐用水銀整流器の電流を格子制禦に依り調整する場合を**第17圖**に示す。

整流器の主電流に比例する電流を調整器コイルに流し、之に依り移相器を操作し、格子制禦に依り整流器の電流を一定に保つのである。

整流器の電流に比例する電流を得る爲にこの場合には一種の直流變流器が使用されてゐる。

この方式に關しては本誌第十七卷第五號を御參照願ひ度い。



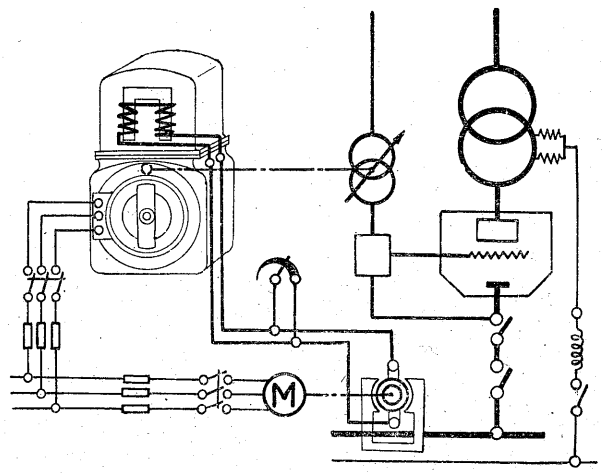
第16圖　誘導電壓調整器

誘導電動機滑り調整方式

壓延機用電動機の如く壓延時には急激なる大負荷が掛り、材料通過後は無負荷となる如き場合、電動機軸に大なる蓄勢輪を取付け電動機廻轉子には二次抵抗を挿入し、負荷に應じて自働的に其の値を增減する所謂自働滑調整器を裝置し、負荷增加の場合には挿入抵抗値を增大して電動機速度を低減し、負荷の一部を蓄勢輪に分擔せしめ、又負荷の輕き場合は抵抗を減じて速度を上昇、蓄勢輪に勢力を蓄へしめ電源より仰ぐ電力を可及的に一定に保たしめんとする。

斯の如き目的に對しても本調整器は巧に應用する事が出來る。卽ち**第18圖**の如く、主電動機電流を變流器を介して、調整器の電磁石コイルに導き、之に應じて電動機回轉子に接續せられたる水抵抗器を動作せしめるのであるが、水抵抗器の大なるものに對してもサーボモーターの容量を適當に撰ぶ事に依り、迅速なる調整をなす事が出來る。

速度或は廻轉數の調整

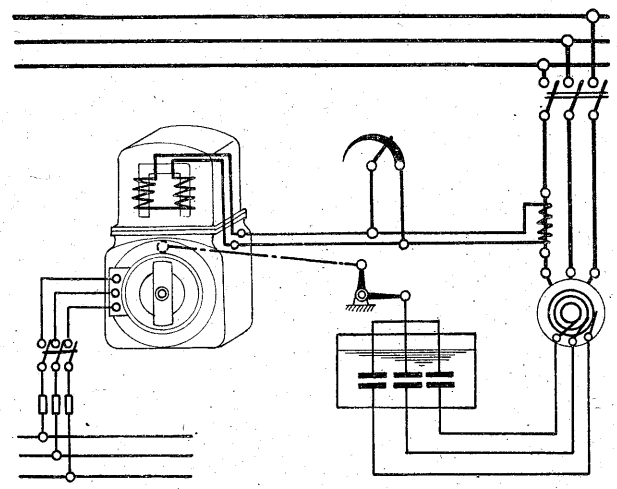


第17圖　水銀整流器電流調整方式

速度或は廻轉數を調整せんとする場合には、被調整物に廻轉計發電機を連結し、この電壓を調整器電壓コイルに接續し、之に應じて速度又は廻轉數調整用の機構を操作せしめる。この方式は原動機その廻轉機の廻轉數を調整し得るばかりでなく、製紙機械の送りを一定ならしめる等の目的にも使用する事が出來る。

この他に調整感應裝置の撰擇に依り、**負荷調整裝置、力率調整裝置**等に用ひる事が出來る。

又第3圖に示した如く**水壓調整裝置**として使用したり**水、蒸氣、燃料等の流量調整裝置**等として使用する事も出來るし、甚だ應用範圍が廣い。



第18圖　電動機滑り調整方式

6. 結　　言

以上に於いては大體富士自働調整器の說明を終るが、之は實に多種多樣の方面に應用範圍を有する物であるが、弊社に於いてはこの應用に關しては更に研究を進めて居り、種々なる方面にて相當優秀なる成績を擧げてゐるので、之に關しては稿を改めて、更に委しく御說明申上げる事が出來ると思ふ。各位に於かせられても、幾多の利點を有するこの調整方式に着目せられ、その使用を御研究あらん事を切望する次第である。

＊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。