

電 氣 機 器 の 自 動 制 御

澤 井 善 三 郎

従来と異なる見方で電気機器の特性や応用と自動制御との関係を平易に論じ、自動制御方式選擇上の注意に言及してある

1. まえがき

電気機器には制御がつきものである。電気機器メーカーには古くから制御器および配電盤の設計製作を行う部門があり、具体的に制御部品を吟味し、その組合せ、配列等を決定し、取付および配線を行っていた。

ところが電気機器は電力供給や通信に用いられるほか、動力用又は熱源用として各種生産工業、交通機関等に広く利用されており、それらの規模が大きくなり同時にその高速化能率化が叫ばれるに従い、電気機器の制御にもいちじるしく精密さを要求されるようになってきた。

そこで制御は手動から自動へと進展してきたわけであるが、電気機器の制御は他の制御に比較すると非常に変化が多く、電気機器の自動制御に関して従来発表されたものの分類も不完全な上に、なお今後も新しいくふうがいくらかでも出てくるであろう。又電気機器そのものが制御の対象と考えられる場合もあるが、多くの場合被制御系又は制御系の中に属する制御の一部品となるもので、この際には実際に制御するのは電気機器であつても、これを通じて全體としてプロセス等の制御が行われることになるわけである。

従来電氣的自動制御として発表されているものは、発電機電圧、電動機速度等電気機器と直接関係した出力量についての種々の制御方式の紹介ならびに化学工業、金属工業等應用分野から見た自動制御例の報告がほとんど大部分であつたが、ここでは少し觀點をかえて、従来多くの報告が横から見たものとするれば、縦の方向から眺めてみたいと思う。

2. 電気機器自動制御の意味

電気はエネルギーの一形態であるが、われわれが電気エネルギーをそのままを使うということは非常にまれで、多くはエネルギー傳達の手段として、又ある形のエネルギーを他の形に變換する場合その媒介物として使用されるもので、この意味で電気は元來一種の道具である。

電気機器は電氣的エネルギーと他の形のエネルギーとの間の相互變換を行つたり、同じく電氣的エネルギーでもその形を變化する場合に用いたりするものであるが、その場合特性が適當なもので又それぞれ目的にかなうように正しく制御された場合、はじめて具體化された道具

としての意味を持つわけである。しかし電気機器が直接電力系統に用いられる場合とその他の應用方面に用いられる場合とでは制御の考え方においてかなり相違した點がある。

電力供給用電気機器の自動制御 上に述べたように電気が一種の道具であるといつても、これはハンマーのように常に單能的に用いられるものではなく、廣い應用分野を持つている。そこで通常單に一つの目的のために専用に電力をつくつて供給することはまれで、發電、送電および配電は多くの目的に對して共通のものとし、電壓および周波数を一定なものとして準備し、これを必要な箇所に供給するようにしている。従つて電力供給事業においては、自動制御としては周波数と電壓とを一定にするため發電所における電動機の自動調速、發電機の自動電壓調整が行われている。又發電機の自動同期化から更に發電所の運轉をすべて遠隔操作で自動的に行う無人自動發電所にまで發達してきた。變電所の制御装置を自動化した自動變電所もある。これらは取扱うエネルギーが大きいので、自動制御としても大きな問題であるが、このように電氣的エネルギーを希望の状態に保つための制御は、電気機器の自動制御という言葉が最もよく當てはまる場合である。

電力應用における電気機器の自動制御 電力を他の形のエネルギーに變換して工業等に應用する場合は、電気機器は上の場合とことなり、全く道具として單獨な目的に用いられることが多い。電動機による流量制御や電気爐電流の調整等はすべてこの例で、直接の制御は電気機器に對して行われるが、本來の目的は位置、角度、速度、流量、壓力、溫度等その時々でことなる電氣的以外の量の制御にあるのである。しかしこのような場合でも電気機器の自動制御とよばれることが多い。

同じく電気機器の制御といつても以上の二つの立場ははつきり區別して考えた方がよい。電力應用としての自動制御は近來非常に要求がふえてきたが、これに對しては電動機一つ用いるにしても、電動機の特性とその制御方法を知っているだけではきわめて不十分である。電動機速度をいかに制御すべきかは被制御系であるプロセス等の性質に關係して決定されることであるから、制御の實體を知らずに電動機の選擇や制御を不用意に引きうけてはならない。しかし又一方制御装置の設計には電気機

器の特性を心得ていることも必要で、これは制御装置としてどんな方式を採用するかという問題に直接関係していることである。このように考えれば自動制御が総合技術として各専門分野の技術者の協力を必要とすることも容易に理解しうるわけである。

3. 電気機器の特性と特性の改善

直流分巻電動機は負荷が變化してもあまり速度が變化しない定速度電動機で、この性質は分巻特性とよばれている。交流同期電動機は交流の周波数を f 、磁極数を P とし、毎分の回轉数を N とすれば、 $N=120f/P$ という同期速度で回轉し、誘導電動機はこれに對し負荷によつて定まるある程度の滑りを生ずるので、同期速度よりやや低速となるが、ほぼ定速度電動機と考えることができる。このような電動機は何らの調整を行わなくとも、負荷に關せずほぼ定速度が保たれるわけで、これは熱機關等では考えられない性質である。

又直流直巻電動機は負荷トルクが變化するとこれに應じて速度が大きく變化し、その積である機械的出力の變化は比較的少く定出力特性を示すもので、これは自動的にギヤチェンジを行うことに相當している。

このように電気機器は元來そのものに備わつた自己制御性を有し、適當に機器を選択すれば運轉中負荷等が變つても特に制御を必要としないことが多い。

しかし負荷や周圍條件の變化がいちじるしいと、このように自然に備わつた特性だけでは要求を満足することができず、特性の改善が考えられることになつた。これを直流發電機について述べてみよう。

直流分巻發電機は負荷が大きくなると端子電壓がやや降下する性質がある。これに直巻勵磁巻線を附加した複巻發電機にすると、負荷電流の増加により勵磁が強められるから、規定負荷と無負荷とにおいて端子電壓の等しいいわゆる平復巻となり、更に直巻界磁を強くすると規定負荷の時に無負荷のときよりも端子電壓の高い過復巻となり、遠方の負荷端子における電壓の低下を防ぐことができる。又差動復巻や電機子反作用を利用すると、負荷電流の増加により端子電壓が大きく低下する垂下特性を持たせた定電流發電機がえられ、これはアーク熔接機や列車電燈用發電機として有名である。

このように電気機器はくふうをこらすことによつてさまざまな特性を得ることができるという特徴があり、これらは精密さ等においてはやや不十分なこともあるが、機器の特性をそのまま利用した故障の少ない一種の自動制御方法といふことができる。

4. 自動制御方式選擇の心得

上に述べたような電気機器の特性を利用した方式は、制御しようとする量を直接監視しておらず、いわゆる自

動制御の基礎的構成部分を備えていない。すなわち檢出、管制、操作の各部を持たず、實際の値が希望値からはずれていても自動的訂正動作を行うことができない。又靜的特性はよくても擾亂のあつた場合の動的特性の悪いこともあるから注意を要する。

このように自動制御としてはきわめて不備であるから、これらはむしろ自動制御の中に入れていない方が本當かもしれないが、ある場合の自動制御について十分研究した結果、最後に到達した希望制御性能と全く一致した特性を有する機器がもしあつたとすれば、補助の制御部品はすべて不要となり、變動や故障の少ない最も經濟的な裝置が得られることになる。これは自動制御の最終目標ともいふべき理想的な形であるが、このような裝置を得るためには偶然の場合は別として、制御に對するあらゆる條件を綜合する能力と努力とを必要とし、しかも必ずしもそのような裝置が得られるとはかぎらないのである。

そこで現在の技術段階では、制御すべき量の希望値からの偏差を檢出し、管制部操作部を通じてその偏差を零とするように訂正動作を行わせる正攻法が廣く用いられるようになり、自動制御といへばすべてこの形式をとるものとさえ考えられている。

又このような裝置の動作は歸還増幅器の理論で取扱はうもので、制御の安定不安定の決定、更にこれを安定にする方法を考える等相當部分が理論的に考察しうるので、學問的にも非常に興味があるわけである。

しかしこの方式では檢出、操作、復原、増幅等各構成部分を有するので、制御部品の種類が多く、理論的にはよくても實際問題としては部品の性能、信頼性、壽命等が大ききな問題となる。部品は周圍溫度、電源電壓等の外部條件によつて思いがけない動作を行うこともあり、動的特性の悪いこともあるので、事實思わぬ失敗をした例もある。原理的な研究の重要なことはもちろんであるが、自動制御のような総合技術では關連するあらゆる分野の水準が一樣に上昇しないと結局ものにならない。

實際に電気機器の自動制御にどんな方式をえらぶかといふことはなかなかむずかしい問題で、技術水準や經濟も關係するので、その時ごとに決定すべきではあるが、要するに信頼性とほしい部品を用いず、できるだけ簡單でしかも確實に所要の性能を發揮しうるものということになる。不用意に又興味本位で複雑な裝置を採用することは決して得策ではない。

5. 定値性を有する電気機器

前に述べたように電気機器の中にはそのもの固有の特性として何かの値をほぼ一定に保つものがかなりある。これらはそのまま利用されることもあるが、制御裝置の一部として用いられることも多いので、氣のついたものを列挙しておこう。

- a. 一定の電圧を生ずるもの
 - i. 蓄電池および乾電池
 - ii. 直流複巻発電機
 - iii. 直流通電圧発電機
 - iv. 定電圧放電管
 - v. 定電圧装置 (鐵共振法, 飽和變壓器法等)
- b. 一定の電流を流すもの
 - i. 直流通電流発電機
 - ii. 漏洩變壓器
 - iii. 安定抵抗
 - iv. 真空管の飽和電流
- c. 定速度を得るもの
 - i. 分巻電動機
 - ii. 同期電動機
 - iii. 誘導電動機
- d. 一定の周波数を発生するもの
 - i. 定速発電機
 - ii. 水晶發振器
 - iii. 磁歪發振器
 - iv. 音叉發振器
 - v. LC の同調

これらの機器の動作にはもちろん制限があり、使用条件によつては値を一定に保ちえないものである。使用範囲をひろげたり、精度をよくしたりしたいとなると、訂正動作を伴う制御を必要とすることになるが、その場合には上にあげた機器を用いるとかえつて都合のわるいこともある。たとえば電源周波数が變動して同期電動機が一定の速度を保ちえないとき、制御を行うとすれば他の電動機を使用しなければならない。又周波數變調の送信機の周波數安定には水晶を用いず、自動周波數制御方式が種々考えられている等はこの例である。

6. 管制部としての電気機器

自動制御においては制御部品として電気機器を用いることが多い。検出、増幅、操作等の各部に用いる機器は種類も多く、それぞれ専門的に取扱われているので、ここには管制部としてよく用いられる電気機器だけを単に列挙しておく。

- a. 電磁石リレー
- b. 抵抗器 レオスタット、シルバースタット、セクタ型調整器、轉動型調整器、炭素堆
- c. 電子管 真空管、冷陰極放電管、サイラトロン、イグナイトロン
- d. 移相装置
- e. 磁氣增幅機器
- f. トルク電動機
- g. 指針と接點
- h. 落下桿調節器
- i. 光電リレー
- j. サーミスタ
- k. 電磁クラッチ
- l. 磁氣流體クラッチ
- m. セルシン装置

7. あとがき

電気機器の自動制御という題目にはやや不適當な一文となつてしまつたが、この機会に制御に關連した電気機器の諸問題を従來の方法と少し異つた方向からながめてみた次第である。電気機器自動制御の實例としては、本誌にも磁氣增幅機器を用いた場合につき福田教授の報告があり、又最近發行された電気工學ハンドブックの自動制御編にもものつていたのでこれを参照していただきたい。

自動制御には一般に非常に多くの問題をふくみ、技術者としても廣い知識と正しい總合力とを必要とするばかりでなく、その實施に際しては圓滿な常識を有することさえ要求されるのである。自動制御の發達には制御理論家も必要であるし、こつこつと優秀な制御部品を育てる人もいなければならないが、一つ一つの自動制御の實施について全身を打込んであらゆる意味での總合を身を以て敢行する人が次々と現れることを期待してやまない。電気機器に關連して本文がこれらの人々に多少でも参考になるならば幸である。

「生産技術研究所報告」の發行と利用

7月11日の新聞には、米英共同の講和條約の改訂草案なるものが全文紹介されているが、それによると賠償問題は日本の負擔能力を超えるものとして免ぜられ、それに代るものとして技術の提供を要求されている。この考え方は日本の實情をよくくみとつた處置として受取ることができる。

そこで技術の問題は、かねがね日本再建のために残された重大な原動力ともいえるものであつて、すくなくとも東亞の諸國に對しては指導的立場に立つべき使命を負うているとも考えられる。日本のつぐないうる道が日本の得意とする技術、特に工業技術であることは、うがつた考え方であると思つと同時に、その使命の重大性が一段増したと思うものである。

生研は、技術を以て社會に奉仕する使命を持つので、この問題については、きわめて關心を深くする次第である。工業を興すには、技術の開拓に惜しまぬ努力が必要であるが適確な計畫を立てて、ゆるぎのない重點的研究を行うことが大切である。當所の研究發表としてできればもつと擴充したいのは従來本欄でご紹介してきた「生産技術研究所報告」である。昨25年度は月1回弱の速度で發行できた。26年度の出版費の豫算も、理想には遠い次第であるが、昨年度を下ることはない豫定である識者の皆さまのご利用をお奨めする。

次 號 豫 告

1951年10月増大號

石鹼膜を利用した振り應力の測定	小橋安太郎
開拓途上の表面電位解析	池田健
亜酸化銅整流器	小川岩雄
	丸山茂
	谷安正
	佐藤俊夫
	久保田廣
	橋藤雄
全反射を應用した半透明鏡	石原智男
噴流をうける平板の熱傳達	鈴木弘
流體變速機の特性	田宮真
塑性變形する材料の摩擦係數	木宮真
船體の摩擦抵抗	野崎弘
海水の電解酸化處理と諸製品	加藤正夫
	西川精一
アルカリ金屬をふくむ鉛合金軸受	江上一郎
混合熔融鹽の電氣傳導度	菊池眞
電氣化學の測定に用いる直流增幅器	坂口喜
	野實
	淺原照三
	黒岩茂隆
	伊原隆
	星 和
	三木五三郎
アルミニウムおよびその合金の塗裝	池邊 陽
日活國際會館の基礎地盤調査	
住宅の設計	