



# 最近のドイツ技術

## 電気工学の進歩に対する回顧

その 1

### Reviews for Progress in Electrical Engineering-1

ETZ 1954 年第 18 号 (9 月 11 号) は VDE のハンブルグ大会に対する臨時号であった。その誌上に過去 2 年間の独逸の電気工学の進歩に対する回顧録が各専門家の手によって執筆されていたので、その主要部分を訳出して

各位の御参考に供することとした。変圧器に関する部分は本誌昨年 7 号にシーメンスのエルスナー博士のほぼ同一の報告が掲載されているので今回は省略した。

## I. 回 転 機

### Rotary Machine

#### I. 同 期 発 電 機

大型同期発電機は過去 2 年間にめざましい進歩をなした。戦時中不明であった外国、特に米国の技術進歩が判明し、それらを探り入れんとする傾向が著しい。水素冷却式ターボ発電機はドイツの各電力供給施設ですでに運転中である。水素冷却方式の採用によって単機容量は著るしく増大し、100 MW, 143 MVA, 3,000 R.P.M. までのものが目下組立中であり、150 MW, 187 MVA のものも完成間近かである。ここに興味深い点は個々の製造会社が水素冷却機の各部分に対し、例えば回転子径と鉄心実長との比、回転子構造 (一つものか数分割か)、回転子冷却法、ダンパー巻線構造、軸受方式 (軸受台式か軸受蓋式か)、冷却器の配置、軸密封装置等に対し全く異なった方式を採用していることである。輸送問題も特別の考慮が払われ、最も重い機械部分である鉄心、巻線を有する固定子外枠も輸送重量約 200 t までのものが輸送可能な一体構造とするようにされた。

ターボ発電機の特別な 1 例として短絡容量 2,000 MV A の短絡試験用発電機がある。

Margurre 氏がすでに発表し、最近運転に入った電気鉄道電源装置は注目すべき技術進歩の成果に数えるべきである。この装置は 45 MW 蒸気タービンに 50 ~ 40

MVA 交流発電機を直結し、 $16\frac{2}{3}$  ~ 16 MVA 交流発電機を歯車で結合したものである。なお 1,000 R.P.M. 側の軸端には流体自由接手が設けられている。 $16\frac{2}{3}$  ~ 交流発電機、その限界出力およびその動揺現象に関する二、三の研究も発表された。

カプラン水車駆動の大型凸極同期発電機は下流発電所に主として採用されている。発電機と線路安定度との関係は 1952 年パリで開催された CIGRE 会議の結論と異なった解釈が採られた。励磁関係の改善および水車発電機全長の短縮のために発電機軸に最新式の副発電機を配置し、これにより別置の高速励磁機装置を駆動する方式がある。副発電機の励磁方式は主発電機のある一定回転数で自己励磁するものであり、これにより励磁機装置を起動し、主発電機とともに速度上昇させるのである。

堅軸水車発電機の効率は磁気推力軸受によって摩擦損を減少させて改善される。磁気推力軸受は直流励磁の静止せる線輪を有し、推力軸受と組合せて設けられる。この線輪によって磁気吸引力が発生し、回転子を推力軸受から釣り上げ補助の上向推力軸受で軽く支えるようにするのである。

同期発電機の励磁を整流器により負荷に関連させて自動的に変化させる方式により発電機の応用範囲が拡大さ

れた。これにより突発的負荷変動に対する安定度が増大し、発電機のみならず電動機に対してもますます応用されるものと考えられる。

国際技術協力の 1 例としては、ドイツとオーストリアとの国境に建設された Braunau 発電所が良い見本である。注文主の要求によって 4 台の 32 MVA, 83.3 R.P. M. 発電機が同価値の部分に分けて両国より供給されることになった。この場合各発電機が完全に同一であることを考慮して普通の分割方法と異なり、供給部分は 4 個の同一固定子と 4 個の同一回転子とに分けられた。ドイツおよびオーストリアの各製造会社は関連部分の設計に対して同一歩調を採ったが、構造の詳細部分については各社の自由に委せられた。この発電所はすでに 4 台の発電機ともに運転に入っている。

## II. 誘 導 電 動 機

誘導電動機の進歩は特殊電動機の発展に示された。この傾向は特に小型電動機に著るしく、機械工業の各分野に特殊ものが採用された。歯車付減速電動機、無騒音電動機、荷役用急停止電動機、揺動型電動機、水中型ポンプ電動機、電動工作機用特殊電動機等がその 1 例である。

約 1,200 kW までの中容量電動機は主として全閉型が用いられた。内外部に冷却風を送るパイプ冷却器付電動機や固定子、回転子ともに水で冷却する水冷式電動機が広く採用されている。

汽缶給水ポンプ駆動用として数千 kW までの速度制御式高速度電動機の要求が数多くあった。

緊急問題としては火力発電所の補機駆動用電動機の短時間開路がある。線路から切り離された直後には短絡 2 次回転子に磁束が残っているから、再閉路の場合に同期機の逆位相閉路の場合と同じ現象になる。したがって急速な再閉路は有害であり、閉路の瞬間に正しい位相をつかまえる装置を準備する必要がある。

特殊電動機としてある意味において耐圧防爆型電動機も含めるべきである。この方面に対する多くの進歩は標準検定局によって試験され承認された。

誘導電動機の磁気騒音に対しては原因および防止策が従来より一層明らかにされた。

## III. 電 気 鉄 道

ライン褐炭鉱露天掘り作業所の新設 50 軌道に対し同期電動機によるレオナード変換装置を装備せる重機関車が目下多数製作中である。同期電動機に直接単相電車線より供电する方式および運転に対する種々な特殊方式によって特別な構造のものが発達した。2,000 kW 変換機の採用により電車電動機設計が極めて有利になり、また発電制動も可能となった。

$16\frac{2}{3}$  単相整流子電車電動機に対し多くの設計の切詰めと整流作用の改善がなされた。

技術の現段階に相応する新しい設計を考慮して電気機械一般および電鉄用電気機械に対する VDE 規格 0530 および 0535 が公表された。

(技術部交流機課 足立良夫 訳)

## II. 整 流 器

(A. Partzsch 氏の記事)

### Rectifier

#### I. 水 銀 整 流 器

風冷ポンプ無し多極鉄製整流器の発達は前号以来一つの確かな終結に到達した。独逸において製作されたポンプ無し整流器は、大容量に対しては次の諸点、すなわちレンズ状に槽体を構成し、その上に冷却筒とそれを取り巻いて陽極腕を溶接すること、周囲温度の低い場合の異常電圧防止のための貴瓦斯の封入および陽極への水銀蒸気の凝結を防ぐための外部からの陽極の加熱という諸点で一致している。外部の相違が陰極水銀への電流導入部

に存する。すなわち大直径の絶縁物を通して下部から導くか、または小さな絶縁物を通して凝縮室から導くかである。独逸において今日電圧 850 V で電流 1,500 A までおよび、電鉄用としては電圧 1,650 V まで製作されているポンプ無し整流器は、路面電車およびバス運転においては新設設備の場合は完全に硝子整流器および水冷鉄製整流器を駆逐し、都市鉄道、地下鉄、および鉱砕運搬においてますます使用が増加している。変圧器 1 台に複数個のポンプ無し整流器を並列接続することによって、昔は 12 極の水冷却整流器を用いていた 2,000 ないし 3,000 kW

の1組の整流器が得られ、この場合真空保持と水による冷却とが無くなったので変電所がより簡単になる。大きな圧延機運転においても格子制御ポンプ無し整流器の使用が増加している。それは圧延ローラー調整装置、テーブルローラーおよびマニピュレーターに対する圧延機補助運転用および電動機の界磁用の整流器である。

これまで水冷多極または単極槽で真空ポンプ付のものが使用されていた大容量電解設備の電源用としても、ポンプ無し多極整流器が特に英国において使用された。40槽を用いた600V 30kAの設備が報告されており、750V 28kAおよび420V 53kAの設備が出荷されている。

排気装置付の水冷多極鉄製整流器は近年6極型がアルミニウム電解設備用に納入され、しかもその整流器単器容量は850V 2,500Aまでのものである。さらにこれは水冷12極整流器と同様に、最大の連続圧延装置運転で使用されている。

単極鉄製整流器は独逸およびスイスにおいては連続励磁式の槽（エキシトロン）として製作され、一方米国においてはイグニトロン、すなわち点弧子によって点弧され、かつ制御される単極槽が大容量整流器として使用されている。イグニトロンはその制御のためにエキシトロンの格子制御よりかなり大きな電力を必要とし、かつそれだけでは駆動電動機制御用および電解用として整流器を使用する時に、格子制御に課せられる条件を満すに充分でない。イグニトロンは独逸においては電気溶接装置の開閉装置としてのみ用いられている。独逸において一部は真空ポンプ付、一部はポンプ無しとして製作されている単極水冷整流器は、整流器用変圧器が6相結線方式であることに対応して、通常6槽の組としてまとめられ、その連続電流容量は3ないし5kAである。その主たる用途は従来は電解方面であり、最近は圧延機駆動にも納入されている。単極整流器の特長はそれがアーク電圧損失の僅少であることと、陰極電位がたがいに異なるような整流器結線方式をおこなうことができることである。単極整流器はポンプ付またはポンプ無しの風冷式としても製作されている。この型は特に50サイクル電源の整流器機関車用に適している。米国においては整流器機関車および整流器駆動車がイグニトロンを装備し運転結果良好である。独逸においては格子制御単極槽を装備したこの種の機関車が製作中である。逆変換器運転による回生制動、および短波により遠隔制御される遠隔操縦装置を備えている。

独逸およびスイスにおいてはこのように水銀整流器の

二つの異なった構造様式、すなわち多極ならびに単極整流器が並存し、種々の用途に対しさらに発達せしめられているが、一方米国においてはポンプ付またはポンプ無しの水冷単極イグニトロンのみが製作され、これに対し英国においては多極風冷ポンプ無し鉄製整流器、および硝子整流器のみが後者は大容量設備に対しては並列接続して製作されている。

高電圧直流送電に対しては単極または単相運転される槽は、この種設備の場合グレッツ結線方式が用いられるのでその意義を有する。1954年4月にゴットランド島とスウェーデン本土との間の高圧直流送電の半分は計画通りにかつ完璧に運転に入った。この設備は第1段階において直流電圧100kVで20MWの電力を約120kmの長さの単心ケーブルにより、海を帰路とすることによって送電するはずである。100kVの直流電圧は各変電所に直列接続された2組の整流器設備を必要とする。しかし各変電所は最初は1組の整流器設備を有するのみであるから送電電圧したがって送電電力は半分に制限される。かくてこの設備は現在50kVで10MWまでの電力を送っており、また本土への逆送もおこなった。

#### 整流器制御による電動機駆動

上記の用途のうち整流器制御による電動機駆動は特別の意味を有するようになった。近年の電気工学のめざましい進歩によって、大容量整流器から熱陰極管にいたるまでの格子制御整流器に広い用途が開けた。それは可逆運転圧延機、連続回転圧延機、連続圧延装置、巻取機付可逆帯鋼圧延機、巻上機、リフトの駆動、工作機械の駆動、製紙機械の駆動その他最小の電動機駆動にいたるまでを包含する。この発達は近代的な磁気的および電子的制御方法と整流器の格子制御との結合をその特長としている。

整流器の電圧制御の高速度性を完全に利用するため、現在値の希望整定値からの偏倚を制御するため、または制動運転のための順変換器運転から逆変換器運転への移行の際に、格子変圧器または移相回路リアクトルの予備励磁による純電気的方法で格子の制御インパルスに移相せしめる。調整精度を高めるために被制御量、例えば電動機回転数を多くの場合直接格子制御へ作用せしめるのではなく、適当な増幅率を持った増幅器をその間に挿入する。これは磁気増幅器として、あるいは最高の制御速度に対しては電子管増幅器として構成することができる。調整および制御技術のこれらの要素あるいはこれらの組合せはすべての駆動制御に対して要求に適合した形となる。したがって以下圧延

機の整流器を電源とする可逆駆動方式の発達についてのみ言及する。

この場合いわゆる単一整流器回路方式が、イルグナ変換機と経済的に競争することができた。しかしこの回路方式においては、整流器の弁特性から各制動期間の初めに整流器、あるいは電動機側からみれば電動機回転子が切換開閉器によって極を切換えることが必要である。逆変換器運転へ整流器を制御することによって電流が消滅し、電流が消滅したところで極切換開閉器が無電流状態で切換えられる。極切換開閉器を避ける第 2 の解決方法は、電動機界磁を切換えることである。回転機界磁の高速度切換の既知の手段を用いることによって、この場合も急速な制動および逆転が得られる。独逸においては近年回転子切換方式の幾つかの設備が運転に入り、その信頼性を確認した。操縦杆の操作後主整流器の制御が回転子自動切換、最大電流制限、加速制限および減速制限とともに進行し、一方回転機界磁は別の小さなポンプ無し整流器によって自動的に回転数に適合せしめられる。

運転に入った設備のうち特に非常最大トルク 350 mt までの可逆駆動装置、および対駆動の非常最大トルク各 175 mt を持つ 2 個の可逆電動機を持つ可逆駆動装置があり、後者の場合は各電動機の回転数は運転条件にしたがってたがいに合わせてある。最大容量の場合に初めて整流器の格子制御に対して非対称制御、いわゆる相別制御がこの大容量駆動装置の無効電流尖頭値を低減し、かつまた力率平均値を改善するために使用された。無効電力所要量を低減するためのこの方法および他の方法の特に嚙込みの時の批判的比較は文献に記載されている。

## II. 機械的整流機

接触変流機は専ら大容量電解設備の電源として使用され、その高効率性によって整流器のこの重要な使用分野においてますます使用が増加している。接触変流機は電流容量 20 kA までのものが出荷されている。電圧 400 V で 80 kA の電流に対する設備が、各 10 kA の接触変流機 8 台を並列接続して独逸において運転中である。開放 6 相全波整流方式によって、電解設備において使用される最大電圧に相当する直流電圧 1 kV までが 1 台の接触装置によって得られる。

これらの接触変流機は可動接触子を制御する方式であるが、この外にローラー式整流器の新構造が報告されて

いる。これではローラーが接触をおこなうのであり、大電流においてはこの構造の場合にも開閉リアクトルが接触回路に挿入されなければならない。

さらに水銀の噴流を回転する型の整流器（ターボ整流器）が開発されている。これは保護ガスを満たした槽内で、電動機で駆動される遠心器によって水銀の噴流が相手の接触子に吹付けられるものである。この整流器は効率よく 1,500 VA を逆変換器として出し、乗物のガス燈の電源として直流から交流への変換に使用される。低電圧用整流器としてもまたターボ整流器は適しており、この特性から航空機エンジンの始動用起動装置として使用される。

## III. 乾式整流器

乾式整流器はセレン整流器が逆耐電圧および電流量の点であらゆるメーカーによって改善された。数 mA から数千 A（電解設備）までの広い電流領域を有すること、弱電および強電工学の多方面の用途に用いられることによって、乾式整流器ならびにこれを装備した装置の生産は他の整流器の生産を大いに凌駕している。セレン整流器の新しい用途のうちで電気収塵器に対する高圧直流は重視すべきであり、これにより従来使用されていた機械的針型整流器および高真空管を用いた整流器が置換えられる。この種整流器は電圧 80 kV まで、および電流 0.5 A のものが製作されている。静電塗装に対しても 100 kV 以上の電圧と数 mA の電流を持つこの種整流器が用いられる。

ゲルマニウム整流器は強電流用としての開発が特に米国において進められているが、接触変流機のごとき高効率性が期待できる。ゲルマニウム整流器は 125 V, 200 A および 65 V, 400 A の単位容量がリストに記載されている。2 kA までの大電流設備が試験運転中である。結果に対する公表は未だおこなわれていない。

（技術部整流器課 甲斐弘道訳）



\*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。