

拋物線的特性機器の可變速度運轉

富士電機製造株式會社

小川 福太郎

送風機廻轉ポンプ、壓縮機の如き拋物線的に廻轉力の増加する機器に對しては今日一般に三相交流を以つて運轉することが行はれてゐる。殊に鑛山や鑛鑛事業に於ける送風機や壓縮機に於いてはその使用時間も著しく大で、重大な使命を有してゐる。之等の運轉は先づ第一に最高度の安全率と經濟的なことを満足しなければならない。

送風機、壓縮機に於いてはその供給量は著しく變化するものであるがそれを加減するには結局次の二つの異なる方法が使用される。即ち一つは廻轉數を一定にして吸出口を加減すること。他は廻轉數を變化すること。此の二つである。次に先づ送風機に就いて上記の加減方法を別々に述べてみるが、この考へは勿論直ちに廻轉力が自乘的に變化する機械ならば如何なるものにも應用することが出来る。

(一) 送風機の廻轉を一定に保ち乍ら送風量を加減するのは最も不經濟なやり方である。今 L_{mech} を送風機の軸に加へられる入力とすると。

$$L_{mech} = \frac{Q \cdot h}{\mu \cdot \eta \cdot 102} \text{ 「キロワット」} \dots\dots\dots(1)$$

となるが、 Q は毎秒取り出される空氣の量を立方メートルで示したもので、 h は水柱の耗で示した發生有効壓力 μ は渦流其の他の損失を考慮しての有効壓力と實際の壓力との比で 0.65 から 0.8 位で、 η は送風機の機械的の能率である。壓力 h は翼輪の周圍速度 u の二乗に比例し、

$$h = \frac{\mu \cdot u^2}{8} \dots\dots\dots(2)$$

となる。但し 8 は空氣の比重で毎立方メートル 1.2 疋となる。この式から送風流軸に傳へられた入力が分る。もし廻轉數の一定の場合は式の (2) から壓力は一定で (1) 式に由り加へられた力は空氣の量に比例して減することになる。實際には出口を溢ると共に、損失の影響で入力は直線的より減り方が小で、全く閉ざしてしまつた時でも、送風機の全負荷の 30 乃至 40 パーセントに減するのみである。

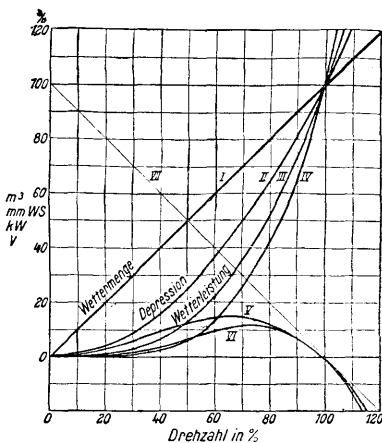
(二) 廻轉數を變じて空氣の量を加減するときは遙かに經濟的に行はれる。即ち入力は

$$L_{mech1} : L_{mech2} = n_1^3 : n_2^3 \dots\dots\dots(3)$$

の如くに廻轉數の三乗に比例して變り壓力は第 (2) 式によつてその二乗に比例する。この式こそ廻轉數を加減して電氣的に運轉する時の入力の關係を示す基本方程式を成すもので、空氣の量

を 30 パーセントだけ加減する時に、機器の損失を省略するものとする、溢る時は全負荷入力
 の 70 パーセントに入力が減るのみであるが、廻轉數の調整に由る時は 34.3 パーセントに減す
 る。近時の主坑用送風機は 1500「キロワット」又はそれ以上のものまで製作されてゐることを
 考へると先づ運轉方法の選擇に注意しなければならないことが明かである。廻轉速度の調整には
 色々の異なる方法が行はれてゐるが、最も屢々用ひられてゐるのは非同期電動機の二次抵抗を加
 減して、滑りを變ずる方法であるが、之は損失を増すと共に、部分負荷のときには力率を低下す
 るの缺點がある。中位の大きさのものには整流子電動機が問題視されてくるが、大規模のものには
 電氣的並びに機械的に結合せられた可調整機組がある。後者は實に完成せる今日では同期速度の
 上下に汎り其の構造上大容量のものに對して殆んど損失なく可變運轉を可能ならしめてゐる。之
 等の多くの種類の中から選擇するに當つては、經濟上使用上の諸點からして、充分に研究しなけ
 ればならない。

先づ比較のために非同期電動機の抵抗調整法を取つてみる。今簡單のために無負荷損失を省略
 する。實際の入力の關係は送風機及び電氣部分の能率曲線を見れば大體に得られる。



第一圖 自乘的の廻轉力を要する
 運轉を非同期電動機及び電氣的
 又は機械的に連結せる組合せに
 よりて行へるときの電力曲線

- I = n
 - II = n² (壓力)
 - III = n³ 電氣的結合組合、第一電動機の入力
 - IV = n⁴ 同じく機械的組合の場合
 - V = n² - n³ 電氣的結合第二電動機の入力
 - VI = n³ - n⁴ 同じく機械的結合のとき
 - VII = 第一電動機滑動環の電壓
- Wetter menge 空氣量
 Depression 壓力降下
 Wetter leistung 消費電力
 Drehzahl 廻轉數

第一圖にては空氣の量、壓力及び入力「パーセント」にて示された廻轉數を横軸として示さ
 れてゐる。電動機は其の軸に機械的の負荷を受けてゐるがそれは第三式により

$$L_{mech} = Cn^3$$

で示されるもので、n は同期廻轉數を 100「パーセント」としたときの實際の廻轉數とする。電
 動機に要せられる入力は機械的出力 L_{mech} 及び滑り抵抗の中に費される「エネルギー」 $L_2 = L$
 (1-n) からなり、 $L_{mech} + L(1-n)$ で示される。

$$L = \frac{L_{mech}}{n} = \frac{Cn^3}{n} = Cn^2 \dots \dots \dots (4)$$

依つて滑り抵抗中の損失は、

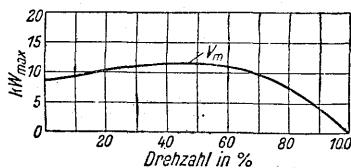
$$L_2 = L(1-n) = Cn^2(1-n) \dots \dots \dots (5)$$

この式からして第一圖に示されてるやうに滑り抵抗中にて費される「エネルギー」は廻轉數の減少すると共に増加して最大値に至り更に靜止状態に至るまで漸次減少して零になる。この最大値を知ることは滑り抵抗を定める上に重要なことで、第五式を微分して零とすると、同期速度の66「パーセント」のときに14.8「パーセント」なる最大損失が得られる。この最大損失は非同期電動機にて運轉するときの最も不經濟的の所になるのである。

今調整範圍の中を一様に使用するものとしたときの損失を基として比較するときは可變速度運轉のより一層適切な比較が得られる。即ち其の時の損失 V_m は第五式を積分して得られる。

$$V_m = \frac{1}{1-n} \int Cn^2(1-n)d(1-n) \\ = (1-n) - \frac{2}{3}C(1-n)^2 + 1/4C \times (1-n)^3 + k \dots \dots \dots (6)$$

但し $n=1$ 及び $n=0$ のときに $L_2=0$ となるから積分定數 k は 0 となる。



第二圖 調整範圍に於て一様に用ひしときの滑り抵抗中の平均損失

第二圖に損失 V_m が種々の調整範圍に對して變化する有様が示されてゐる。最も普通に行はれてゐる調整範圍25「パーセント」から40「パーセント」の間では連續的損失として全負荷の10「パーセント」位を算する。例へば最大負荷1000「キロワット」の主軸送風機で調整範圍内で各速度共一様に使用するときは一一年間に略 $100 \times$

$8600 = 860000$ 「キロワット」時の損失を生ずるに至り、1「キロワット」時2.5「ペン=ヒ」とすると21500金貨「マーク」となる。そして部分負荷のときには非同期電動機は250乃至300廻轉の如き低速度で低力率で運轉し又無効電流による損失が加はるので事實もつと悪い結果となる。

損失なしに速度を調整するのに、極數を變じても得られるが、この方法は極數を變ずること自體が特別の關係を有る數以外結線方法を複雑ならしめ、且つ調整範圍も不連續的で極めて狭いといふ不便がある。同じく又連續的ではあるが二つ以上の非同期電動機の直列及並列縱續結合法がある。第三圖に示すものは直列結合法の最も簡単な二個の電動機の場合を示すもので、第一電動機は固定子を以つて電源に連り廻轉子を以つて第二非同期電動機に接続されてる。そして後者は第一電動機と直接に又は調帶等を以つて間接に連結されてゐる。第二電動機は主に極數轉換をなし得るやうに作られてあるから損失なしに數多の廻轉數を得られる。廻轉子が短絡捲線を有するときはある廻轉數を他に加へるには固定子捲線のみを切り換へればよい。直列結合法に於ける其

の一團の同期廻轉數は

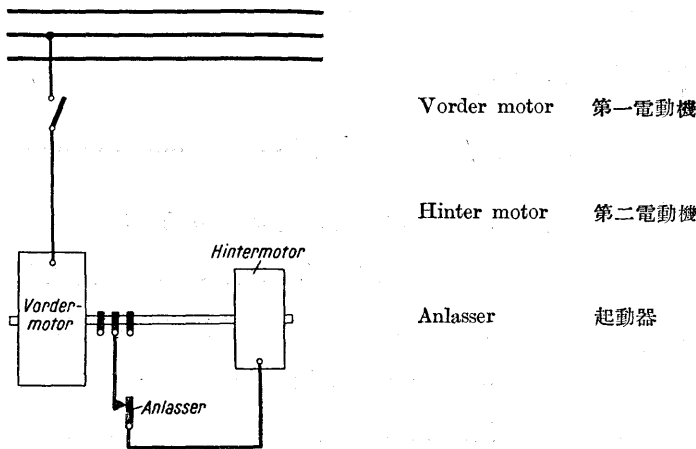
$$n = \frac{60 \cdot f}{p_1 + p_2} \dots\dots\dots (7)$$

によつて與へられる。但し $p_1 p_2$ は第一及び第二電動機の磁極の對數で、 f は電源の周波數である。

一般に n 個の電動子のあるときは、

$$n = \frac{60 \cdot f}{p_1 + p_2 + \dots\dots\dots + p_n}$$

例へば第二電動機が 2,4,8 極に切り換へられるときは第一電動機が 24 極を有するとすると、



第三圖 直列縦続非同期電動機の結線方法

250, 231, 214, 188 なる廻轉數が得られる。最高速度にて 1200 馬力の直列結合の一團にて其の能率は各速度に於いて 94,46 91,3 90.5 及び 89,9 「パーセント」になる。

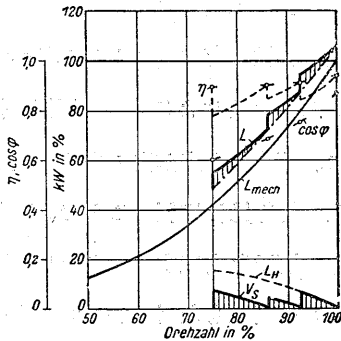
又二個の非同期電動機の並列結合法のときは、其の廻轉數は、

$$n = \frac{60 \times f}{(p_1 + p_2) / 2}$$

となり、奇數の磁極數を有るものも得られることになるが、兩電動機の固定子廻轉子の中の廻轉磁束の關係上同期電動機のやうに作用する。

之等の非同期電動機の結合法は運轉上は極めて安全であるが無損失速度調整の要求に完全に適しては居ない。即ち調整は連続的に又は少くとも細くなさるべきで、使用方法は簡單で、且つ力率は出来るだけ高くなければならない。非同期電動機の縦続結合は殊に部分負荷の折に力率が低くなり、70 「パーセント」以下のことが多い。即ち二の電動機に勵磁電流を要せられるからである。そしてこれでは色々の速度の階程を得ることが面倒で其の階程の間の速度は滑り抵抗を調整することによつて得られるのであるが、損失のために勢ひ能率が低下することは免れない。

第四圖には送風機を非同期電動機を以つて運轉してときの運轉状態が示されてゐる。この圖からしてある速度から次の速度に移るときには入力に大なる變化が生ずるのを見る。こゝでは抵抗による調整か又は吸出口の加減に移るのであるが、この時おこる損失は陰影で示されてゐる。其の



L_{mech} = 出力

L = 入力

L_H = 第二機の出力

V_s = 滑り抵抗中の損失

η = 能率

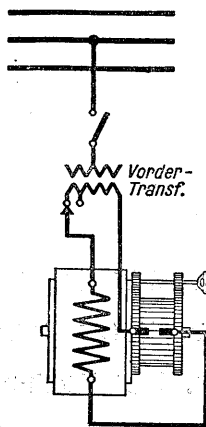
$\cos\phi$ = 力率

Kom. Motor 整流子電動機

第四圖 直列縦続非同期電動機にて送風機を運轉するときの関係

外能率や力率が各同期速度及び抵抗による調整で得られる色々の速度に對して示されてゐる。この調整の仕方の缺點を補ふために三相交流整流子電動機を直結運轉として應用するか、又は前述の縦続結合法に方ける第二の電動機を用ふか等の方法が現はれてきた。

この送風機を運轉するのに當つて、三相交流直捲電動機は小又は中位の容量には極めて適當であつて、普通に必要の同期速度の 25「パーセント」から 40「パーセント」位の調整範圍では、



Vorder-Transf.
第一變壓器

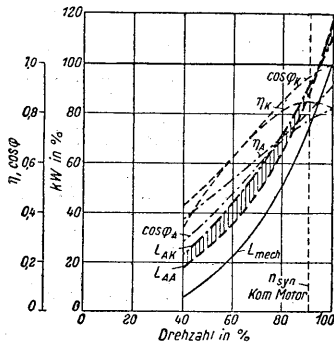
第五圖 直捲三相交流電動機

第五圖に示されるやうに結線された、刷子の一組を有する電動機が應用されてゐる。電動機の固定子は普通の三相捲線を具へ、五百「ボルト」以下の電壓の際には直接に、又それ以上の電壓のときは變壓器に由つて、電源に結合されてゐる。しかしして固定子捲線は直接に整流子片の刷子と結合され又は中間變壓器を介して廻轉子に結合されてゐる。廻轉子捲線は直流捲線に捲かれ、中間變壓器は電動機の出力の 30 乃至 40「パーセント」の大きさに作られてゐる。

そしてその廻轉數の調整及び起動は凡て只手動的に行ふか、或は「ボタン」によつて電氣的に行ふ刷子移動装置に依つて、刷子の位置をかへて行ふのであつて、何等特別の附屬装置は不要であるから、使用法は極めて簡單である。固定子と廻轉子とは直列に結合されてゐるので、供給電壓は兩者の中に於いて費される電壓の幾何學的の和に釣合つてをる。そして刷子が同期速度に對する位置にあるときは廻轉磁界と廻轉子捲線との間に何等の相對的の運動がないので、廻轉子には少しの電壓も生じないから、固定子の中にする電壓

第五圖に示されるやうに結線された、刷子の一組を有する電動機が應用されてゐる。電動機の固定子は普通の三相捲線を具へ、五百「ボルト」以下の電壓の際には直接に、又それ以上の電壓のときは變壓器に由つて、電源に結合されてゐる。しかしして固定子捲線は直接に整流子片の刷子と結合され又は中間變壓器を介して廻轉子に結合されてゐる。廻轉子捲線は直流捲線に捲かれ、中間變壓器は電動機の出力の 30 乃至 40「パーセント」の大きさに作られてゐる。そしてその廻轉數の調整及び起動は凡て只手動的に行ふか、或は「ボタン」によつて電氣的に行ふ刷子移動装置に依つて、刷子の位置をかへて行ふのであつて、何等特別の附屬装置は不要であるから、使用法は極めて簡單である。固定子と廻轉子とは直列に結合されてゐるので、供給電壓は兩者の中に於いて費される電壓の幾何學的の和に釣合つてをる。そして刷子が同期速度に對する位置にあるときは廻轉磁界と廻轉子捲線との間に何等の相對的の運動がないので、廻轉子には少しの電壓も生じないから、固定子の中にする電壓

は丁度線電壓を打消してゐることになる。もし刷子を同期速度の位置から何ちらかの方向に移動すると、その大き及び相の位置は刷子を動した角度によつて異なるが、兎に角ある程度の電圧が廻轉子に誘起される。電動機は刷子を移動した方向によつて同期速度以下又は以上の速度で廻轉する。そして急速に出力が増してくるといふことからして、調整範囲は同期速度の 10「パーセント」にとるのが普通で、かつこの電動機は直列電動機の特性を有することから考へて無負荷のときには、非常に高速度に達するので、それを防ぐために遠心力による安全装置器が備はつてゐる。中間變壓器を應用すると、高度の飽和現象のために、速度の限度が自らある危険のない範囲になつてゐる。その安心して使用し得るといふことは次の例を見れば判ること、即ち永年運轉してゐる大型直捲三相交流電動機の例によると餘り大して刷子を磨滅することなしに廻轉することが出来且つ最近には著しい進歩のため整流作用にも少しの困難もなくなつてしまつたのである。そして其の使用方法もこの上なく簡單であるが、只缺點とする所は整流子電動機は値段が比較的に高いといふことであつて、このために中位の容量で調整範囲の狭くてもいいものでは可調整機組の方が有利である。



L_{mech} = 出力
 L_{AA} } = 入力
 L_{AK} }
 η_A } = 能率
 η_K }
 cosφ_A } = 力率
 cosφ_K }
 但シ

A = 非同期機
 K = 整流子機

第六圖 直捲三相交流電動機にて送風機を運轉するときと非同期電動機によるときの比較

第六圖に於いては、直捲電動機で運轉する送風機と、それに相當する非同期電動機との比較を示したものであつて、其の際直捲電動機は高速度の範囲では同期速度以上で廻轉してゐるといふことが假定されてゐるので、この要求は直結したときに得られないならば、調帶連結によつても容易く得られるのである。最高速度のときは非同期電動機は整流子電動機に能率の點では勝つてゐるが、然しそれから少し下つて來ると後者による電力の節約が表はれてくる。且つ整流子電動機の力率は非同期電動機のそれに比べて著しく良好で最大速度の所では、略々一に近いのである。この廻轉力の自乘的に變る機械を運轉するに當つて整流子電動機の力率並びに能率を猶一層よくするには、引出口を有つてゐる附屬變壓器を直捲電動機に備へて部分負荷のときは、電動機に低い電壓を加へさへすればよいのである。直捲電動機の廻轉力は加へられた電壓の自乗に比例

して變化するから、線電壓を低下すれば送風機の廻轉力特性曲線に非常に接近せしめることが出来るのである。そして必要な勵磁電流は減少し、損失も従つて減つてくる。

圖面から分るやうに、送風機様の廻轉力を要するものでは、動力の節約は大して著しいものではないのである。それでこの設備に對して、整流子電動機を用ひて經濟的である界限を調べてみる必要があるので、 k_K k_A を整流子電動機及び非同期電動機の各の最初の入費とすると次の式が成立つのである。

$$\left(\frac{c_A n^2}{\eta_A} - \frac{c_K n^2}{\eta_K} \right) t \cdot k = (k_K - k_A) p.$$

但し t は毎年の使用時間數を、 k は「キロワット」時毎の費用を、 p は償却及び利息の割合を示してゐるのである。今調整範圍内で其の間を一様に利用するものとする括弧は圖面で線の入つた部分、即ち入力差の直線的平均値 a を示してゐるに外ならない。整流子電動機の入費を非同期電動機のそれの 2.2 倍とし、 p を 0.15 乃至 0.2 とすると、上記の方程式は簡単に

$$a \cdot t \cdot k \cong 0.18 k_A \text{ 及至 } 0.25 k_A$$

で示される。この式からして整流子電動機の經濟なことは、能率、使用時間、「キロワット」時當りの値段の高い程又兩種の機械の値段のちがひの小さい程益々著しくなつてくる。整流子電動機を使用するときは少くとも年の電力費の節約し得られる割合は、それに相當する非同期電動の入費の十八乃至二十五「パーセント」位になる。この式からして直ちに、何時でも經濟に就いて充分に細かく吟味する必要のあることは分るが、これは整流子電動機で運轉するときは必しも常に満足されるとは限らないのである。

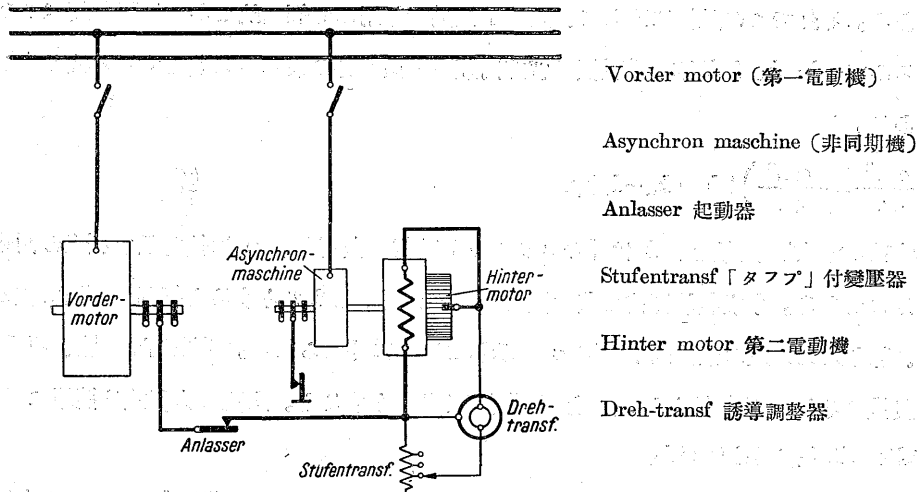
整流子電動機は構造上出力が制限されるが略々 500「キロワット」位迄—但し 50 サイクル又は其れに近い周波數を假定してであるが—は作られる。併しこの容量は大型の送風機運轉には充分でないことは明かである。且つ大型整流子電動機の値段は比較的の高いものであるから、近年は經濟的速度調整のために縦續結合法が應用されてゐる。これでは非同期電動機の滑り勢力は整流子電動機の助けによつて、取りかへすことが出来る。

これには、二種類の結合法があつて、一つは第一電動機の滑り勢力をば、相當の周波數轉換を経て後に線路に返すやり方で、今一つは機械的の勢力にかへて、第一電動機の軸に加へるやり方である。

第一のやり方は電氣的に結合された二個の電動機の組合せとなり、第二のやり方は機械に連結された組合となる。この二組の結合法に就いてその組合せで出力がどのやうに異つて分たれてゐるかを調べるのは、正しく運轉して行かうといふ上に極めて重大な事柄なのである。

電氣的に結合された組合を主電動機の同期廻轉數以下の運轉に用うるときの結線のやり方は第七圖に示されてゐるやうに、主電動機の滑動環に三相交流整流子電動機が結合され、それは又第

二の非同期發電機と機械的に連結されてゐる。整流子電動機の固定子は通例の三相捲線を持つてゐて、これは整流子の上を走る刷子によつて廻轉子の直流捲線と直列に結合されてゐる。この刷子は可變整流子電動機に於ける如くに廻るやうには出来て居ないで常に固定されてゐるのであ



第七圖 同期下調整に對して分捲的特性を有する電氣的結合

る。固定子捲線に並列に滑り電流回路に引出口を有する勵磁變壓器があり、更に誘導調整器 DT が間に結合されてゐる。第二電動機の固定子に加へられる電壓の相及び大きさによつて其の磁界 Φ_r は定るのであつて、電壓 E_{err} は第二電動機の磁界及び第一電動機の廻轉子周波數に比例するもので、

$$E_{err} = c\Phi_h \cdot f = c\Phi_h(1-n)$$

即ち
$$\Phi_h = \frac{E_{err}}{(1-n)c} \dots\dots\dots(9)$$

で但し、 $(1-n)$ は第一電動機の滑りを示してゐる。

勵磁變壓器の變成 \ddot{u} 比を考へ、第一電動機の靜止状態に於ける電壓をば入れてみると、

$$E_{err} = E_2(1-n) \cdot \ddot{u}$$

この式を第九式に代入してみると、

$$\Phi_h = \frac{E_2(1-n)\ddot{u}}{c(1-n)} = \text{const} \cdot \ddot{u} \dots\dots\dots(10)$$

第二電動機の磁界は第一電動機の廻轉子周波數及びこの組合の負荷には全く無關係で、單に勵磁變壓器に加はる電壓によつて定つてくる。第二電動機は一定な第一電動機の廻轉子電壓に反對する電壓を生じ、即ちこの組合は宛も一つの分捲電動機の如くに作用する。第一電動機は速度調整は同期速度以下に於てのみ出来ることは容易に分る。即ち第一電動機が同期速度で廻轉してゐるときはその廻轉子電壓は零であつて、第二電動機は何等の電壓を生じないからである。第一電

動機の廻轉子の抵抗及び「インダクタンス」に打ち勝つ電圧といふのは滑り電流回路によつて勵磁されて生ずるのである。第一電動機の極磁数は使用中に生ずる最大廻轉數に相當するやうに定めなければならない。

勵磁電壓の大きさでなく其の相をば主として變化するがために、勵磁回路に一の小さい誘導調整器 DT があるが、これは第一電動機の位相調整に用ゆるもので、又第一電動機の廻轉子電壓に對して 90° 位相を異にしてゐる電壓を生ずることを得る。何方にも値段の高い誘導調整器の代りに普通の變壓器も用ふることが出来るが、その位相は勵磁變壓器 T に對して周期的にかへられる。

この簡単な補助器で第一電動機の位相を凡ての負荷に對して $\cos\phi=1$ に略ぼ調整することが出来る。

電氣的に結合された所の組合せのときは滑りの勢力は線路に戻され、抵抗の中で消費しないですむ。勢力の分配される工合は非同期電動機の時と根本に於いては全く同一であつて、第一電動機によつて線路から取られる電力は Cn^2 であつて、線路に戻される電力は第二電動機の中での損失を無視すると $C(n^2-n^3)$ となる。この關係は第一圖を見ると分る。整流子機はこの容量に對して設計すればよいといふことが分る。猶考へなければならないことはそれに加へられる最大電壓及び最大電流は両者が同時に生じないといふことである。即ち最大電流は最大の廻轉數のときに生じ最大電壓 $E_2(1-n)$ は最低廻轉數のときに生ずる。故に第二電動機は實際には

$$(11) \quad L_h = L_{max}(1-n)$$

に對して設計すべきである。三十「パーセント」の調整のときには第一に第一電動機の最大出力の三十パーセントの大きさに次の電動機を作ればよい。第五式からして次の電動機の實際の出力は著しく小になる、即ちそれは比較的利用され方が悪いといふことが分るのである。第二電動機の大さを減らすにはこのやり方がある。即ち一つは第一電動機の滑り電壓を減ずると同期速度の上下に涉つて調整することである。

最も單一な經濟的な方法として靜止状態に於ける電壓を引き下げるのに用ひられるやり方は第一電動機に星形三角形の切り換装置を應用することである。星形から三角形結線に移るとき第一電動機の靜止電壓が $1/\sqrt{3}$ 倍だけ下る。第一電動機のある廻轉數即ちある負荷のときに切り換へるやうにする。その廻轉といふものはそのときに切り換へると廻轉子回路に於いて電流 J_{max} が最大速度で起るやうなものである。それで次の式が得られる。

$$\frac{J_{max}}{J} = \frac{J_{max}}{J_{max}n_1} 2 = \sqrt{3} \quad \text{又は} \quad n_1 = \frac{1}{\sqrt{3}} = 0.76 \dots\dots\dots(12)$$

即ち星形三角形結線切換へ装置は最大廻轉數の七六「パーセント」の速度のときやればよい。第二電動機は第一電動機の靜止電壓の二十四「パーセント」に相當するやうな電壓を生じなければならない。そして猶又切り換へて後にも調整の範圍が、第二電動機に許された電壓を超過するこ

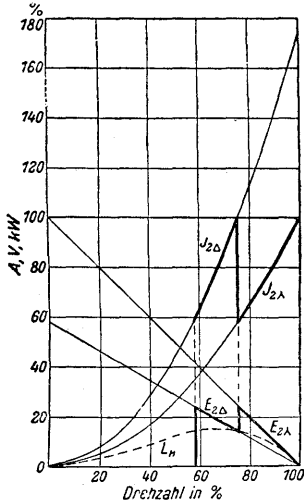
となしにどの位まで及ぶか調べてみる必要がある。 n_1 を切り換を行ふ時の速度とし、 n_2 を達し得る最低速度とすると次の式が得られる。

$$E_{21}(1-n) = E_{22}(1-n_2) = \frac{E_{21}}{\sqrt{3}}(1-n_2)$$

又は

$$(1-n_1)\sqrt{3} = 0.24\sqrt{3} = (1-n_2) = 0.415 \dots\dots\dots(13)$$

$(1-n_2)$ は最大滑りであつて即ち第一電動機の同期速度の五八、五パーセントの廻轉數のときは



$J_{2\Delta}$ = 「デルタ」結線のときの廻轉子電流

$J_{2\lambda}$ = 同じく「スター」結線つとき

$E_{2\Delta}$ = 「デルタ」結線のときの廻轉子電流

$E_{2\lambda}$ = 同じく「スター」結線のとき

第八圖 電氣的組合のものを第一電動機を「スターデルタ」切換によりて調整範圍を擴大せるとき

第二電動機は完全に利用される。第二電動機の出力の關係と電壓の變化は第八圖に示されてゐる。星形三角形結線切り換へ装置によつて最も簡単に第二電動機を四一、五から二四パーセントに減らせることが出來、その節約し得る所は頗る大きく、組合全體の能率も高められる。このやうな大きさのもので得られる調整範圍は多くの場合に送風機及び仰筒運轉に於て起る調整範圍に相當してゐる。



*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。