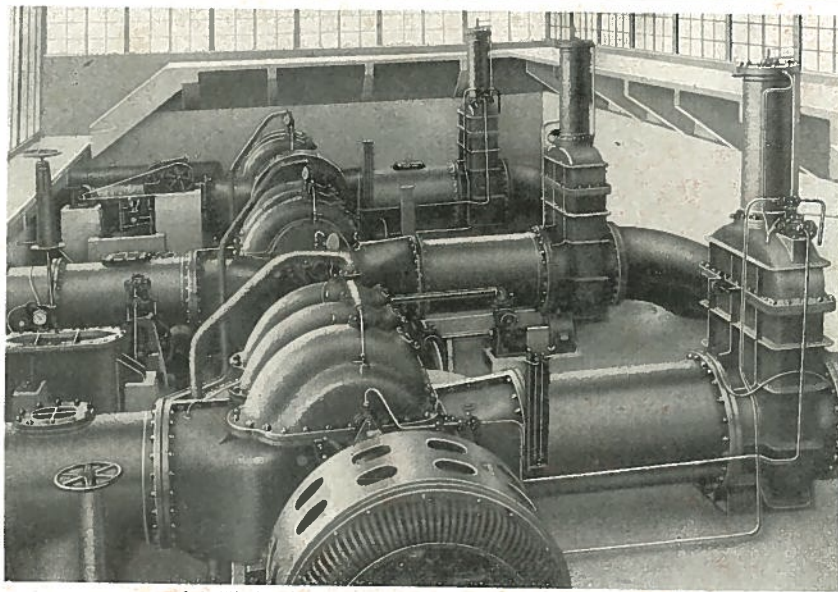


三菱電機



食料問題は水利の改善を要求する。此は或る水利組合の用ひる三菱製 220 馬力電動機直結唧筒である。

三菱電機

第三卷

昭和二年九月

第九號

生産と其電化

長崎製作所長

宮崎駒吉

天資富源必ずしも豊ならざる我國に於て産業特に工業の振興を圖るは焦眉の急務である。

近時各種の工業は萎微して振はず、煙突より吐き出す煙は薄きに、工場より吐き出す失職者の群は巷に溢る、状態である。然も尙機械類其他の工業製品の輸入せらる、もの年に數千萬圓に上り、眞に遺憾に堪へない次第である。電氣品のみに就ていふも昨大正十五年中に於ける輸入額は約三千七百萬圓の巨額に達し、英國に次ぐ世界第二の輸入國となつたのである。如此きは本邦に於て「上等舶來」の舊習俄に改め難きものあり、又中には特殊品にして事實上輸入品に俟たざる可からざる物も有れど、若し生産原價の低減を圖るに各かならざれば



滔々たる輸入の大半を防遏すること

決して難事に非ずと考へられるのである。

製造工業は生産、經營、資本運用等種々の要素から成立してをるがその理想とする所は品質を低下することなくして、製品原價を低減することに有る。原價低減すれば需要従つて増加し需要増加すれば原價は倍々低下する。其の顯著なる實例は有名なる「フォード」自動車會社であつて、1908年には其の製造臺數 10,660 臺、賣價は 980 弗のもの 16 年後の 1924 年には製造臺數は實に 200 倍の 1,993,419 臺に激増し賣價は 290 弗となり以前の約 1/3 となつたのである。

此の原價低減に對する重要な一手段として生産作業の機械力化、

更に其電化を高唱致し度いのである

機械力一馬力の仕事量は連續作業の場合、普通人の約 10 人に匹敵する。今日我國に於て人力一人に對して一ヶ年

間に支拂ふ賃銀並に諸手當其他の費用を合計すれば平均概算約 1,000 圓を要する。又一馬力の機械力を使用する場合電力代、機械消却費、金利、其他の諸經費を合計すれば普通工作機械に就き極めて概算にて 800 圓乃至 1,300 圓を要する。仍て他の條件を考慮せず單に此計算に現はれたる數字のみにて比較すれば、金の能率は人力に依る場合は機械力に依る場合の $\frac{800\text{圓} \sim 1300\text{圓}}{1000\text{圓} \times 10\text{人}} = 8\% \sim 13\%$ となる。即ち人力の場合は機械力の 8% に相當する。之では我國に於ける賃銀が假令如何に廉くとも我

に數倍する機械力を使用する歐米各國と對抗して彼等と太刀打が出来ないのは寧ろ當然ではあるまいか。日本人個々の技術の點に於ては決して歐米人に劣るものではない。否な歐米人以上に巧妙なる場合もあることは之を實證する幾多の事例がある。此の優秀なる人力を使用し然も尙ほ産業戰に於て

歐米各國の下風に立つの餘儀なき

は幾多の理由を數ふることが出来るにもせよ、主として生産に對する經營者乃至管理者の研究が未だ充分ならざるに起因するものと思ふ。此の優秀なる個々の人力を綜合統制し、盛んに電化されたる機械力を利用したならば、能率の増進期して待つ可く、歐米先進工業國と拮抗すること、敢て難事ではあるまい。

幸に我國は此の機械力の利用に就ては恵まれた國である
即ち一般の天資富源には乏しきも

水力の豊富なる點に於ては眞に天恵の國

であつて、到る處に大河細流懸崖飛瀑あつて水力發電事業、從つて電氣事業の發達眞に顯著なるものがある。發電力に就て言へば大正十四年末に於て落成せしもの2,768,141 K.W. (内水力 1,813,508 K.W.) に達し、尙ほ五年毎に約倍加する割合で増加しつゝあるのである。如此發電力の増大は必然的に電力料金の低下を作り、電力使用をして倍々經濟的ならしむるのである。須らく動力として尤も便宜であつて而も能率的なる電力を極度に使用して生産費の低減を圖る可きである。

然るに當然機械力を使用し得べき處に尙ほ人力を使用し或は安價な電力を容易に使用し得るに關らず、依然として蒸氣力を使用しつゝあるのを往々見受けることがある。之には元より餘儀ない理由が有るのであろうが國家經濟上から見ても眞に遺憾のこゝで速に電力使用のこゝに變改し度いものである。筆者は嘗つて蒸氣水壓機並に唧筒の電化を實施したこゝがあつたが、電化に要した諸費用は運轉經費の節約に依り、實施後僅かに二ケ年間で償却し終り、電化

の利益の如何に大なるかを痛感したのであつた。此様な例は或は特殊の場合で之を以て全般を律する譯には行かぬかも知れないが、動力の電化に顯著な利益が作ふこゝは疑ふ可からざる事實である。

設備の更新、新機械の採用には勿論少なからざる資金を必要とする。然し周密なる計算の結果事業經營上有利なりとの結論に達したならば速に其實行に努力す可きではあるまいか。

下記は大英帝國工業界未曾有の沈衰

に直面して深憂措く能はず、亞米利加工業盛の因由を探究せる英人 Bertram Austin 並に W. Francis Lloyd 兩氏の名著 “The Secret of High Wages” 中の一節 (page 32) である。

The keen desire to keep quite up-to-date in machinery is such an important factor with American manufacturers that what appears to European industrialists to be ruthless and wholesale scrapping of plant is nothing more than a means of progress.

之は獨り歐洲工業家のみに對する警鐘ではないと思ふのである。

誘導電動機の仕様書に就て

交流機設計係 平 山 謙 三 郎

誘導電動機は其の構造に於て又使用上に於て工業用動力として最も適したものであり、其の需要も年々増加しつゝある。同時に機械的構造に於ても改良に改良を重ね、形も小さくなり、價格も安くなつて來た。又一方需要の増すにつれて所謂誘導電動機の標準化と云ふ事が進み、工作上からも治具狹範を用ひてリミットゲージ式を採用する様になつて來た。

又一方電氣特性に於ても統一を量る爲め仕様書の制定と云ふ事がやかましく稱へられる様になつて來たのである。

開放型電動機に就ては既に電氣協會に於て仕様書を制定して居る。併し近時此等以外の電動機の需要が激増して來たが此等に對する仕様書には統一がなく需要者側又は電力供給者側で各々別々に制定して之を内規として居る様である。即ち此等の仕様書は多様多種であつて、特性上に於て

も不備の點があり、又一方に偏しておるが爲に使用の際、或は又製作に際して經濟上非常に不都合なこゝが往々起る様に思はれる。殊に低速度の電動機、エレベーターモートル、クレーン、ホイスト用電動機の力率能率に關してよく問題が起ることを耳にする。

低速度電動機的设计及最高力率

電動機の力率、P.O.T. と云ふものは極數が増す程低下する。特に無負荷電流は極數が増すと共に激しい割合で増加するので力率低下の割合は甚だしい。

從つて、低速度電動機は、電力供給者側より見て全体の電氣回路の力率と云ふ事に對し重大な要素となる譯である。電動機を設計する場合には、所謂 $D^2 L$ を考へ次に、 D と L との比即鐵心の内徑と長さの比を最高力率を得る様に決定する。此比は極數によつて色々の値となるが若しも D 及

しを勝手に撰んで最高力率を得る様にすることが出来ることすれば極数の多い電動機でも高い力率を得られ、低速度電動機の低力率を云ふ問題は緩和される譯である。併しながら不幸にして此の事は製作者の立場から經濟上不可能の事である。即ち各製作者は一つのフレームに異なる極数のものを出来るだけ多く入れ様を努力する。

標準フレーム

製造會社は、幾種かの異なる直径の標準フレームを定めて之に適應する機械の設備及び、治具、狭範等の工具を定め、又各フレームに對する附屬品を貯藏するものであるが、此等の使用を云ふものは莫大な額に上るのである。従て出来る丈此のフレームの段を少くし、而も各種の電動機を含むことが出来る様にすることがある。故に一つのフレームに各種の極数のものを入れる爲め、標準フレームを用ふるに極数によつて勝手にDとLを入れる事が出来ない事となる。爲に低速度電動機のものに於ては力率の低下を云ふ事は止むを得ないのである。又エレベーター、クレーン用電動機の如く、使用上最も必要である起動廻轉力、停動廻轉力を充分に大きくしなければならぬもので、且つ逆轉の度数の多いものでは、廻轉子の直径を出来る丈小さくし、起動入力に小にすると同時に逆轉、停止の際の慣性を出来る丈小さく設計するから、益々力率を犠牲にする必要が起つて来る。

標準電動機の價值

標準電動機は凡ての機械的部分は全部精巧な機械設備治具狭範を使用し、部分品は所謂リミットゲージ式により製作され、製造會社の最も粹を集めて作つたものである。同時に又多量生産による原價の遞減をはかり、製品を安價に而も納期を短かくし、補用品の交換等も容易であるから使用上益する所莫大である。即ち多少の力率等を犠牲にしても充分の利益がある譯である。

輕負荷に於ける特性

輕負荷に於ける電動機の力率、能率を考へて見るに、能率の變化は非常に少ないものであるが、力率の變化即輕負荷に於ける力率の低下は非常に大きく低速度電動機即極数の多いもの程低下の割合は大である。以上の事實は使用する電動機の容量を定める際に最も重大な事柄であつて單に電動機そのものの力率が高くとも若しも大きすぎる電動機を使用すれば實際の結果は豫想外の悪い結果を招くものである。之は屢々起る事柄であつて殊にエレベーター、クレーン用電動機に著しい。近時電動機の設計は進み、通風の點に於ても餘程改良が加へられたから全負荷に於て溫度上昇を 40°C 内外にして、充分安全であり“Playing Safe”にする必要を認めないのである。

外國品と内地品との比較

我邦に於て製作される電動機は年々改良され、大さに於て、材料工作に於て、又價格に於て外國品に對し毫も遜色のない様になり、爲に容量の小さい普通品に於ては外國品は殆んど内地市場よりその姿を消し去つたが尙特種電動機に於てはその勢を振ひつゝあるのである。一般に外國品は内地品に對し力率が悪く、極數に對して力率の低下の割合が内地規格に於けるよりも多いが而も一般に形が小さく、殊に極數の多くなる程大さに於て差違が生じて来る。又停動廻轉力、溫度上昇、能率又は空隙等内地品に較べて總て優れてをるから使用上少しの不都合も起らないのである。又特種の低速度電動機に於てよくその使用の狀態に適した設計をしてをる。此の事は非常に重大な事柄で、單に力率の高率を得る爲に大さを増したり又他のものを犠牲にするに云ふ事は考へものである。使用上最も適したものであり經濟上からも、又其の特性上からも最も釣合のこれたものである事が必要であると思はれる。特種電動機の仕様が制定せられる事は誠に結構な事と思はれるが、よく使用者、製造者、電力供給者側より見て最も釣合のこれたものを制定しないに反つて不都合を來たし、電動機の改良發達に障害となる様な結果を惹起し勝ちなものである。

電動機の力率改善の聲喧しい現時に於て力率を低下せしめるに云ふ事は如何にも矛盾した事の様であるが使用上から、又經濟上から標準型電動機を出来るだけ採用される方が利益する事が多い。



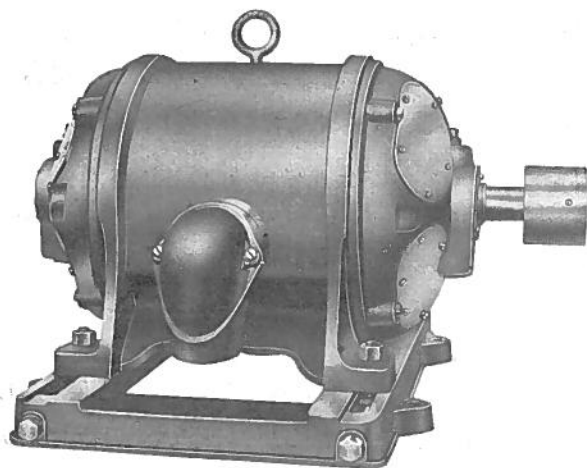
密 閉 型 モ ー ト ル

交 流 機 設 計 係 風 間 一 郎

電動機の設置場所には塵埃が非常に多いとか、或は水滴が飛び散るとか、電動機捲線を害する恐れのある場所が多々ある。斯る場所に使用するモートルは塵埃、有害瓦斯、水氣等の種類程度に従つて電動機を適當に保護する必要がある。電動機の閉鎖程度は使用場所の状態に依つて多種多様であるが大別する三次の様になる。

- 1 全 閉 型
- 2 閉鎖通風型
- 3 半 閉 型

全閉型モートルは電動機の開孔を全部閉鎖して電動機内部を外氣と全然遮断したものである。密閉型モートル中最



第一圖 全閉型モートル

も完全に閉鎖されたもので屋外用ポンプ、サイレン、艦船デツキ用捲揚機、鑛山用送風機、ポンプ、酸アルカリ性のフュームある化學工場用等に用ひられる。

閉鎖通風型モートルはブラケットの二個の通風孔を残して全部閉鎖したもので一方の通風孔から外氣を導き、他方の通風孔から排氣を外部へ送り出し電動機内部を冷却するものである。通風装置の方法によりて次の二種類に分類される。

- 1 閉鎖自己通風型
- 2 閉鎖他力通風型

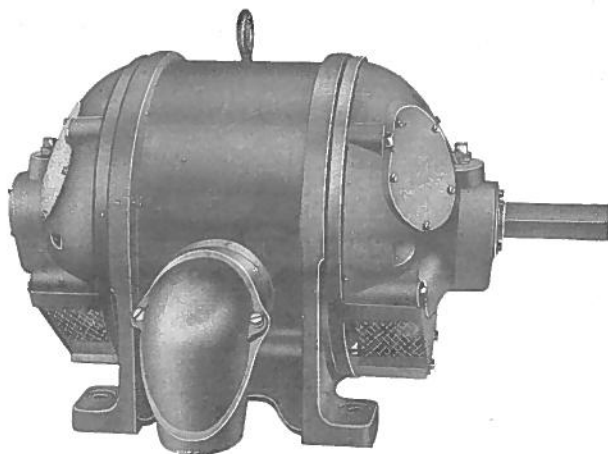
閉鎖自己通風型は電動機内部に取り付けられたファンに

依つて一方の通風孔より外氣を吸引して他方の通風孔より排氣を外部へ放散するものである。電動機廻轉子に附屬するファンのみに依つて通風を行ふもので、爆發性危険なき鑛山用、製鋼、製鐵工場等に用ひられる。

閉鎖他力通風型は電動機外部に送風機を設置し、通風孔と送風機をパイプで接続し風道をつくり、清淨な外氣を電動機に送り込むものである。排氣は他方通風孔に取り付けられた風道によつて外部へ放散されるものである。紡績工場、製紙工場、製氷工場等の室内塵埃水氣の甚だしい場所に使用するモートルとして使用される。

半閉型モートルはフレーム、ブラケットの通風孔を普通直徑二分の一吋(12.7耗)以下の有孔板、若しくは閉口面積二分の一平方吋以下のエキスパンドメタルを以て閉鎖したものである。通風方法は開放型モートルと全然同一であつて密閉型モートル中閉鎖程度の最も簡單なものである。外物が落下する虞れのある場所に用ひられる。

以上述べた閉鎖方法の外に防滴型、防爆型、或は防爆滑動環附構造のもの等がある。



第二圖 閉鎖自己通風型

防滴型は單に水滴を防ぐため電動機フレーム表面並にブラケットの通風孔に鐵板のカバーを覆ふたものである。通風状態に依る出力の變化は半閉型モートルと略同様である。

防爆型モートルは閉鎖自己通風型の通風孔に防爆装置を施し特に鑛山用としたものである。通風状態は不良となり全閉型モートルと餘り變らぬ。

防爆滑動環附構造のものは滑動環部分のみを單獨に完全に密閉して火花による引火を防いだもので鑛山用として使用せられる。



第三圖 半閉型モートル

密閉型モートルは其の閉鎖程度に従ひ同一大さの開放型モートルの出力に比して出力が著しく低下する。換言すれば出力、廻轉数が同一ならば密閉型モートルは開放型モートルに比して著しく大なる。開放型モートルにあつては電動機内部の損失による熱量は傳導作用によつて捲線、コア一部分を通過する通風に奪はれ、一部は輻射、對流作用によつてフレーム表面より失はれる。然るに全閉型モートルに於ては通風路が外氣と遮斷されて居るためモートル内部に發生した熱量はすべて電動機表面よりの輻射、對流作用によつて放散しなければならぬ。依て電動機損失による熱量を放散するに充分な表面積を得るために全閉型モートルは同一出力、廻轉数の開放型モートルに比して外形が甚だ大なる。

温度上昇を同一とすれば開放型モートルと全閉型モートルの表面積の差は出力馬力数が増加するに従つて甚しく相違して来る。同一出力に於ては廻轉数が増加するに従つて全閉型モートルと開放型モートルとの表面積の差が著しくなつて来る。四極モートルに就いて同一出力に對する全閉型モートルと開放型モートルの表面の比は大体次表に示す通りである。

出 力(馬力)	表面積の比
2	1・5
5	2・0
10	2・5
20	3・1
30	3・5
40	3・8

出力四〇馬力に至る全閉型モートル表面積は開放型モートルの略は四倍に達する。連續格定の全閉型モートルは經濟上から云つて三五馬力乃至四〇馬力が極限である。

閉鎖通風型モートルは外部から適當な風量を電動機内部に送風して機内を冷却する時は同出力の開放型モートルと同じフレームサイズにすることが出来る。試験の結果による温度上昇一定として閉鎖他力通風型モートルの許容損失は風量の増加に直接比例して増加せず、モートルの大きさが定まる送風量に比例して出力は増加しない事となる。通風孔の大きさ一定の電動機内に風量を充分供給するためには風速を増加しなければならぬ。風速が増加する単位風量が放散する熱量が減少してモートル内の通風の温度上昇が減じ、捲線、コア一部分より表面に傳導する熱量も減少し、従つて風量の増加に比例して出力が増加しない結果となる。閉鎖通風型モートルで外部から送風しない場合は電動機内部ファンによつて電動機内部の熱量を幾分散する閉鎖自己通風型モートルの出力は同じフレームサイズの開放型モートルの出力の約60乃至70%に減する。



第四圖 防適型モートル

半閉型モートルの通風状態は開放型モートルと餘り大差がなく、同じ出力に對しては温度上昇攝氏7度乃至10度増加する。温度上昇を同一とすれば半閉型モートルの出力は同じフレームサイズの開放型モートルの出力の約85-90%に低減するものである。

圓線圖の書き方と注意二三

長崎製作所設計係

山 口 良 哉

はいらんど圓線圖

誘導電動機の諸性能が極めて簡單なる圓線圖を以て表はし得られることは普く知られて居る。他の如何なる電氣機械に於ても、此の圓線圖の誘導電動機に於けるが如き、顯著な働をなす方法が見出されて居ることは思はれない。

圓線圖を畫くに必要なデータは少数で足り、且つ容易に求められるものであるから、設計者は比較的簡單な計算を以て設計中の機械の性能を知ることが出来、工場に於ては二三の單純な試験を以て完成した機械の性能を知悉することが出来るのである。

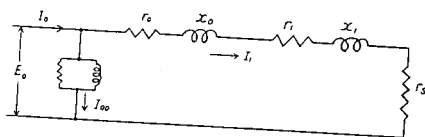
圓線圖の書き方にも色々あるが、

その最も簡單なものを

はいらんど圓線圖とする。はいらんど圓線圖には、いくらかの不精密を含むものであつて、其他のいろいろの方法は、要するに此の不精密を除去しようとして工夫されたものであると言へる。然しはいらんど圓線圖の含む不精密たるや、特殊の場合を除き、其の度合は極めてわづかであるからそれを除去しようとして考案された方法はその繁雑さの故に、實用的には到底はいらんど圓線圖に及ぶ可くもないのである。この理由で後述する様な特殊の場合を除きはいらんど圓線圖が最も普通に利用されて居る。

圓線圖の成立

いくらかの不精密を許した誘導電動機の等價變壓器は第一圖を以て表はすことが出来る。



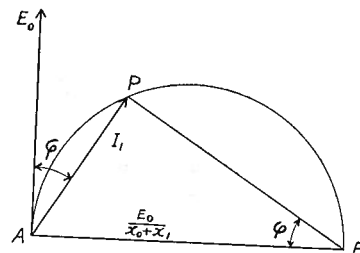
第一圖 等價變壓器

 r_0 一次抵抗 r_1 二次抵抗 X_0 一次漏洩リアクタンス X_1 二次漏洩リアクタンス r_2 負荷を代表する抵抗 I_0 一次電流 I_1 二次電流 I_{00} 勵磁電流 E_0 一次端起電力 Y_0 勵磁あきみつたんす

$$\dot{I}_1 = \frac{\dot{E}_0}{(r_0 + r_1 + r_2) + j(X_0 + X_1)}$$

$$\text{故に } I_1 = \frac{E_0}{\sqrt{(r_0 + r_1 + r_2)^2 + (X_0 + X_1)^2}} \dots\dots\dots(1)$$

$$\text{又 } \tan \varphi = \frac{X_0 + X_1}{r_0 + r_1 + r_2}$$

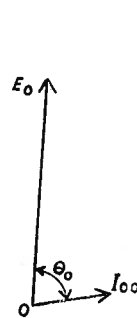
第二圖 電流 I_1 の軌跡

φ は I_1 が E_0 に遅るゝ相差角である。

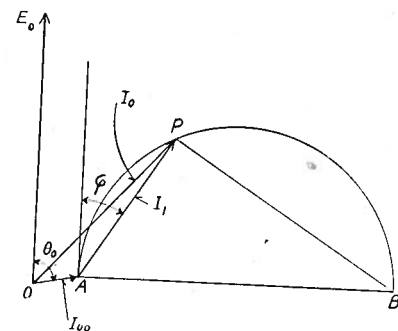
上式から $r_0 + r_1 + r_2 = (X_0 + X_1) \cot \varphi$ であるからこれを I_1 の式に代入して

$$I_1 = \frac{E_0}{X_0 + X_1} \sin \varphi \dots\dots\dots(2)$$

$\frac{E_0}{X_0 + X_1}$ は定数であるから (2) は φ の變化による I_1 の變化を表はした式であつて、第二圖によつて明である如く I_1 の先端の軌跡が $\frac{E_0}{X_0 + X_1}$ を直径とする圓周 A p B 上に在ることを示して居る。



第三圖 無負荷電流



第四圖 圓線圖の成立

励磁電流は

$$I_{00} = E_0 \sin \theta_0$$

であり E_0 、 Y_0 、共一定であるから I_{00} は其値一定であると同時に E_0 に對しての相差角 θ_0 も亦一定である。

第一圖により明である如く

$$I_0 = I_{00} + I_1$$

であるから、第二圖及第三圖を合成して第四圖の様なベクトル圖を畫けば、これが求むる圓線圖である。

圓線圖の利用及その利點

前述の圓線圖によつて誘導電動機の諸性能は圖上に於て明示することが出来る。今これらを列舉すれば、

一次電流	二次電流
一次入力	一次鐵損
一次銅損	二次入力
二次銅損	二次機械的出力
一次力率	一次能率
二次能率	滑り
廻轉數	最大出力
最大回轉力 (脱出回轉力又は停動回轉力)	
起動回轉力	起動電流

圓線圖に於ては以上の様に、諸性能が圖上に於て明示されるのであるから、計算によつて諸性能を算出する場合に比し次の様な利點を有する。

- 計算の場合は位取りを間違つたりする様なここが往々あるが、圓線圖ではその様な見當違ひが少いこと従つて正確且迅速に求むる結果が得られること。
- 計算の場合は最初に假定した出力を最後に算出された出力とが一般に相違するので檢算の必要があるが圓線圖では初めから出力が決定し得られる。
- 同一設計で異つた出力の場合の諸性能を求むることが簡単な作圖によつて出来る。
- 圓線圖では一見して損失の分配、規定負荷の位置等を明にすることが出来るから、設計の良否が直ちに判別され、如何に改良すべきかの判斷が容易である

試験結果からはいらん圓線圖を畫く例

工場試験の結果から圓線圖を畫く方法を説明する爲めに次の様な電動機を用ひた。

50 馬力、3 相、3300 ヴォルト、60 サイクル、8 極、誘導電動機

圓線圖を畫くに必要なデータは次の通りである。

(1) 固定子線輪抵抗 r_0

(2) 規定電壓に於ける無負荷電流 I_{00}

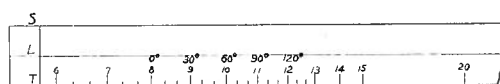
及力率 $\cos \theta_0$

(3) 規定電壓を加へた場合の短絡電流 I_L

及力率 $\cos \theta_L$

(1) 抵抗測定

固定子線輪に於ては端子間に於て測定する。其時の周圍温度を正確に計測する。この抵抗を 75°C の場合に換算するには次式を用ふる。



第五圖 本目盛と D スケールとで温度の換算が出来る

$$r_0 = r \left(1 - \frac{t}{234.5} \right) \left(1 + \frac{75}{234.5} \right)$$

r_0 75°C の時の抵抗

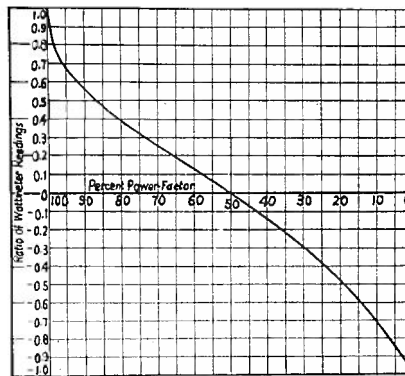
r 測定した抵抗

t 測定時の周圍温度

計算尺のタンゼントスケールの上に第五圖に示す様な目盛を施して置けば極めて簡単に、且比較的正確に換算することが出来る。

(2) I_{00} 及 $\cos \theta_0$

無負荷試験 (No Load Test) 又は (Running Saturation Test) による。規定電壓の時の読み丈で充分であるが普通 50% の高い電壓から約 10% 宛の間隔を置いた低い電壓の場合の電流、入力の読みを取りつゝ電流の読みが反つて上昇する所まで取る。此時電動機は同期速度を保つことが出来なくなつたのである。



第六圖 二つの電力計の読みから力率を求める曲線

これは曲線によつて規定電壓の場合の読みを検することの外に鐵心の飽和の度合、風損摩擦損及鐵損を決定するのに有効である。電壓、電流及入力の読みから、力率を計

算するのは、 $\frac{\text{入力}}{\sqrt{3} \times \text{電圧} \times \text{電流}}$ なる式によつても宜いが、二つの電力計の比から、第六圖の様な曲線によつて求める方が正確で迅速である。

(3) I_L 及 $\cos \theta_L$

短絡試験 (Load Saturation Test) から求める規定電圧を加へた場合の電流、入力を測定してこれを用ふ可きであるが、温度が甚だしく高くなるので普通実測することが出来ない。実際には

(a) 電流電圧に正比例する。

(b) 電力は電圧の自乗に正比例する。

さういふ二つの假定を置いて、電流がほぼ規定電流に近い値を取る様な低電圧に於る読みを基礎として規定電圧の場合の値を計算するのである。電気協會大正十三年制定の標準仕様書にも規定してあるところであつて、普通の

電動機では差支ないのであるが、小容量の電動機、エレベーター、クレーン用のハイトルク電動機及其他の特殊の場合には上の假定が成立しないのであつて、此等の場合に取り可き注意に就ては後述する。

同一電圧を與へて置いても、電流は回轉子の位置によつて異なるからポールピッチの間で、位置を變へて読みを取りその平均値を與へる様な位置を決定して後、必要な読みを取る可きである。力率の決め方は(2)の場合と同様である温度を正確に測定する事を忘れてはならぬ。

テストデータ

(1) 抵抗 $r=9.4$ $t=11.5^\circ\text{C}$ $r_1=11.8$ 75°C

(2) $I_{00}=2.92$ アンペア $\cos \theta_0=16.5\%$

(3) 電圧 790 ヴォルト

電流 8.8 アンペア $\cos \theta_L=26\%$

短絡電流は

$$I_L = 8.8 \times \frac{3300}{790} = 36.7 \text{ アンペア}$$

(4) 以上の外に一次銅損と二次銅損とを區分する爲めに $\cot \alpha$ を決めて置く

$$\text{短絡電流 } I_L = \frac{E_0}{\sqrt{(r + r_1)^2 + (X_0 + X_1)^2}}$$

$$\text{及 } \frac{r_0 + r_1}{X_0 + X_1} = \cot \theta_L$$

$$\text{から } X_0 + X_1 = \frac{E_0 \sqrt{1 - \cos^2 \theta_L}}{I_L}$$

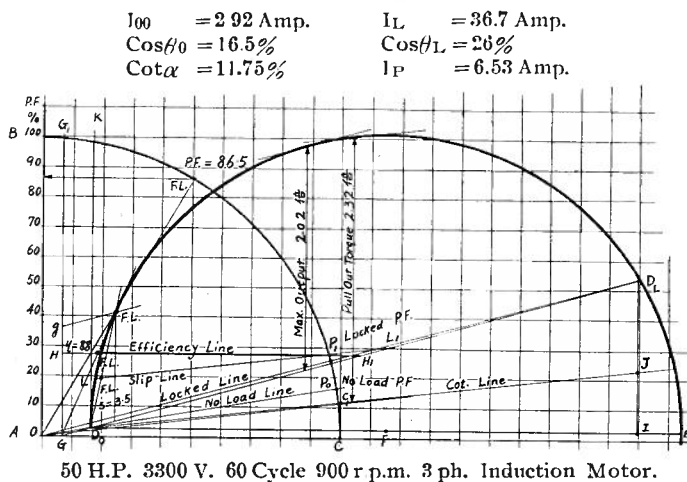
$$\cot \alpha = \frac{r_0}{X_0 + X_1}$$

今の場合 $\cot \alpha = 11.75\%$ となる。

第七圖を参照して、説明を進める。

先づA點より水平線 AC と垂直線 AB を引く。AB 上に 100 區分を取り A を中心として四分一圓を畫く。これが力

率の圓であつて、AB 上の目盛が%力率を表はす。AB 線上に 16.5 及 26 を與へる様な P_0 及 P_1 を力率圓 BC 上に定め、 AF_0 及 AP_1 線上に、それぞれ、同一の適當なスケールで $I_{00}=2.92$ 及 $I_L=36.7$ の點を定める圓線圖の大きさは此の I_L の大きさで定るものであるから紙面を充分利用し得る



第七圖 圓線圖の作圖例

様に I_L のスケールを定むるがよい。今は 1.8 アンペア = 1 cm. と取り、 $\frac{2.92}{1.8} = 1.62$ cm. 及 $\frac{36.7}{1.8} = 20.4$ cm. を以てそれぞれ D_0 及 D_L を決定する。 $D_0 E$ 線上に中心を置き D_0 及 D_L を通る様な圓を畫く、F をその中心とする。 $D_L D_0$ を延長して AC 線と交はる點 G から垂直線 GG_1 を引く。 HH_1 は GG_1 線及 $E D_L$ 線上にその端を有し、其間に 100 區分を含む水平線であつて此の上で能率を決定する事が出来る。

$D_0 E$ 線と D_L からの垂直線との交點を I とせよ C からの垂直線上に力率と同じスケールで $\cot \alpha = 11.75\%$ を取つて C_1 とし AC_1 の延長と $D_L I$ との交點 J から JD_0 を結ぶ $D_0 K$ は D_0 からの垂直線とする。 LL_1 は $D_0 J$ に並行であつて、その端を $D_0 K$ 線及 $D_0 D_L$ 線上に有し、その間に 100 區分を含む如き線である。これはスリップを表はす次に 100% 力率、100% 能率を假定して規定出力に對する電流を定める。

$$I_P = \frac{146 \times 50}{\sqrt{3} \times 3300} = 6.53 \text{ アンペア}$$

$$\frac{6.53}{1.8} = 3.63 \text{ cm.}$$

此の長さ Gg を GG_1 線線上に取り g から $D_L D_0$ に並行な線を引いて FL の点を決定する。

FL に於る諸性能は第七圖に於て圖示して置いた。

FL 以外の各負荷に於る諸性能も同様な方法で容易に求め得られる。

注意すべき諸點

I はいらんぎ圓線圖の缺點

はいらんぎ圓線圖法は第一圖に示す様な等價變壓器に依つたものであるが、圖により明である如くこれは一定な端子電壓を以て一定な界磁束を作つてゐるといふ假定に立つて居るのである。此の假定は一次勵磁電流及一次インピーダンスが相當小さい時には大なる誤差無く成立するのである。即ち普通の電動機に就ては大なる不精密は無いのであるが、次の様な特殊の場合には不精密を免れない。

- a 無負荷電流の割合が大きいもの、即ち小容量電動機及極数の多い電動機。
- b インピーダンスが大きいもの、即ちエレベーターモートルの様なハイトルク電動機。

かゝる場合は適當の更正をすることが必要であつて、Specht 圓線圖の如き比較的簡單な方法が考へられて居るが、詳細は他日に譲る事とする。

唯此の様な場合に、「はいらんぎ圓線圖から求められた力率は一般に實際の値よりも悪く出る」といふ事を附言して置く。

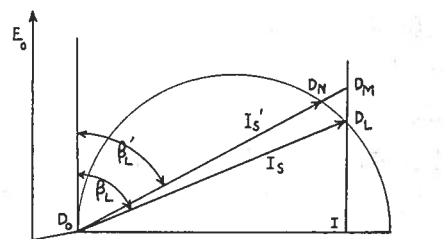
II 温度に對する抵抗の更正

短絡試験の場合規定電流よりも大きな電流を通すから固定子線輪も回轉子線輪も温度が相當高くなる。試験中は温度を成るべく一定に保つ爲めに、電流が次第に減ずる様に試験を行ふがいゝ。試験時の固定子及回轉子の温度が丁度 $75^{\circ}C$ であれば第七圖は正しく $75^{\circ}C$ に於る状態を表はすものであるが、 $75^{\circ}C$ に保つ事は不可能であるから、試験時の線輪の温度を測定して置いて $75^{\circ}C$ に更正する必要がある。唯注意すべきは、寒暖計に表はれる温度は、線輪の實際の平均温度より低いといふ事である。これはこの状態に於ては、温度差が甚しいといふ事に起因するものであつて、筆者の経験によれば $10^{\circ}C$ 乃至 $20^{\circ}C$ の差があるを見ている。

今此等の温度差を考慮に入れて實際の温度が固定子及回轉子を平均して $55^{\circ}C$ であるとし、これを $75^{\circ}C$ にした場合の圓線圖の諸點は次の様にして求められる。

第八圖に於て $I D_L$ の長さは $55^{\circ}C$ に於る抵抗の値を表はして居るから、これを $75^{\circ}C$ に換算して ID_M を定める

$D_M D_0$ を結び圓線との交點を D_N とすれば D_N が $75^{\circ}C$ に於る短絡電流の點となる。



第八圖 抵抗を $75^{\circ}C$ に換算した圓線圖

E_0 と I'_L との相差角を β_L とすれば

$$\beta_L = \cot^{-1} \frac{(r_0 + r_1) \text{ at } 55^{\circ}C}{X_0 + X_1}$$

今 $75^{\circ}C$ になれば抵抗のみが變るのであるから、

$$\beta'_L = \cot^{-1} \frac{(r_0 + r_1) \text{ at } 75^{\circ}C}{X_0 + X_1} \text{ となる。}$$

圓線の大きさは温度によつて不變であるから、 D_N 點が D_L 點を $75^{\circ}C$ の場合に更正した點であると言ふことが出来る。

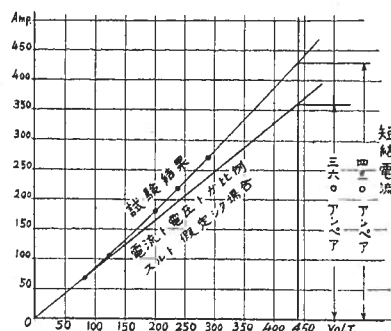
III 短絡電流に就て

普通には規定電流の場合の電壓と規定電壓との比を以て算出して居る。これは電流と電壓とが正比例するといふ假定によるのであるが、此の假定は前に述べた様に必ずしも正しくないで、理想としては規定電壓を加へて其時の電流を測定す可きである。然し5倍乃至6倍の電流を通す事は温度及機械力の點から避けねばならぬことであるから、許し得可き範圍まで計ることとし、曲線によつて決定するがよい。此の傾向は小容量のもの、及びハイトルクに設計されたものに就て殊に甚しいのであつて、普通の機械

でも相當の影響が認められる。

一例として50馬力、440ヴォルト、25サイクル6極の場合の曲線を示した。

力率はほぼ一定と取つて差支ない。



第九圖 短絡電流の求め方

工業用電動機の絶縁

長崎製作所設計係

關

義

長

電氣を知らぬ人に与つては電動機は一般に不思議の一つである。一見した所何等の活動力もない銅線を鐵塊の孔に挿し込んだものが非常な力を持つて廻り出すからである。電氣をよく知つてゐる人には之は別に不思議ではない。固定子に捲かれた銅線に通る電流が磁力線を生じ回轉子に通る電流がこの磁力線と作用して一定の法則に従つて回轉力を生ずるからである。

かくの如き電動機を取扱ひ慣れた人にも尙一つの不思議が残つてゐる。即所謂絶縁である。絶縁はかゝる機械の眞の活動力には殆ど何等の關係のないものであるが、電動機の構成要素としては是非必要のものである。その官能は電流が豫め定められた通路たる電線から外に逃げない様に防ぐだけである。丁度身体中の血管が血が他所に流れぬ様に防いでゐるに同じである。甚だ簡単に見えるがその絶縁物は多大の機械力を受けるにも不拘機械構造上最不適當と思はれるものばかりである所が實に不思議である。この事實は計畫者の無智や誤認が原因ではなく、絶縁物の性質そのものに原因がある。

現今絶縁物として使用されてゐるものはバーニシ、混和物（コンパウンド）、蠟、油及紙、布等の人造纖維質材料である。尤も紙、布等は絶縁物と云ふよりは機械的隔離物である。此の外石棉、雲母及陶磁器の原料等の礦物質のものもあるが何れを見ても、實に機械構成上不適當のものばかりである。尙工合の悪い事にはその性質上

銅と鐵との間に挿まれて

壓縮されたり擦られたり又は導体の被覆物として使はれる故屢露出されて外界からの危害を受け勝ちである。之に加ふるに加熱冷却を度々繰り返へされるので癖が入つたり破れたりするのである。

事實は斯くの如くであるけれども絶縁物に對する研究は最初の電氣機械が製作もれた時以來倦まず撓まず續けられてゐるのである。然し研究すべき事が頗る多岐に亘り、又困難を作つて居るので吾々は絶縁物の眞の性質、性能に就てはまだ何も知らないのである。吾々はなぜ或る物体は絶縁物であつて他の物体は然らざるかの理由をさへ知らない

吾々は單に經驗に基いた或る事實を知つてゐるに過ぎない状態である。

甲乙の二物体を研究室で試験した時には甲の方が凡ての點に於て乙よりも優つて居りながら、之を同じ用途に實際使用して見るに乙の方が勝て居るに云ふ事もある。甲は年月と共に漸次劣化するにも不拘乙は初めと同じ様なものもある。その理由は何故だか分らないが之に角事實である。要するに年月を経なくては分らないのが現下の實状である。

かくは云ふものゝ反對の見方をすれば研究に於て、實際に於て、絶縁方式は一刻も停止しては居ない。日に進み月に歩み、とも角吾々が電動機の絶縁に成功して良好な結果を收めつゝあるのは誠に不斷の努力の結果であるに云ふべきである。吾々は古い時から絶縁方式に一步一步改良を加へて年月と共にその結果の實るのを待つて追々今日の完全と云はる可き状態に立至つたのである。

さて實際の工業用電動機の線輪を絶縁するに當つて吾々はその性質から考へて前にも一寸云つた様に絶縁力のみ考える事は出来ない。電動機の廻轉力は此の線輪によつて生じるのであるから線輪がその廻轉力を電動機軸に傳へるには先づこの絶縁物の層を壓して成層鐵板にその廻轉力を傳へるのである。固定子も回轉子も亦同様の機械力を受ける。此の外機械自身の運轉による震動や用途によつては、頻繁な起動停止による衝激又は熱による膨張收縮等によつて絶縁物は之れだけ危害を蒙る機會があるか分らない。之の故に單に電氣的ストレスを考へるだけなれば普通の

紙一枚でも乾燥した状態では優に

1,000 ヴォルトの電壓に耐えるから一般低壓用線輪には之でも絶縁物になり得られる位であるが、吾々は其組立中及使用中の危害に對して十分耐え得る材料を用ふる必要がある。然し斯く材料を精撰しただけでは尙足りない。是等の材料を合理的に組合せ適當な場所に使用し、且つ誤りなき工作法によつて初めて完全と謂ふ可き絶縁が出来上るのである。

次に一口に絶縁と云つてもそれは次の三つの異つた役目

を持つてゐる。即

1. 各捲回間の短絡を防ぐもの
2. 各相間の短絡を防ぐもの
3. 各線輪の接地を防ぐもの

である。

1. 各捲回間の短絡を防ぐために吾々は凡ての銅線を絶縁する。丸線にはエナメル被覆を施し更に單綿捲を施してゐる。このエナメルは吾社獨特の成分のもので、一般に用ひられるものとはその性質を異にして甚しく柔軟性を有し耐圧力が高く、銅線によく附着して剥落せず、高温度に於ても他の纖維質材料の如くには劣化せず、耐酸、耐油性を有し、又綿捲よりも肉薄に出来て場所の効率が宜い云ふ多くの利點を持つてゐる。之に綿捲したものは二重の保護の意味で、後に述べる如くバーニシ処理すれば、優良な絶縁物となつて捲回間の電位差に對して十二分の保護が出来る。

角線又は平角線は現在の工作方法に於てはこのエナメルを用ひる事が出来ないで二重綿捲を用ひてゐるが、捲回間の電位差が一定の値以上に達するものには三重綿捲を用ひて十分の保護をしてゐる。現在の計畫では各捲回の配列を適當に撰む事によつてその電位差を一定の値以下に保つ事が出来るから先づ三重綿捲以上の絶縁を加へる必要はない。銅線が銅帶と云はれる位大きくなるに初めて綿捲を施しても曲げる作業中に綿捲は破れて用を失ふから、かゝるものには裸銅帶を用ひて線輪の形に作成した後、綿テープで被覆を加へる。この綿捲又はテープにバーニシ又は用途によつては混和物を含浸せしめる時は上述の目的を達した完全な絶縁物となる。

然し是等の絶縁は後記の如く攝氏百度以上の高温で長い間使用することが出来ないから特別な事情で

高温で使用する電動機の線輪の絶縁には

裸銅線の上にマイカテープを用ふる。マイカ（雲母）は高温に耐へるが、耐圧力の高い事、吸濕性ならざる事等に於て吾々が知つてゐる絶縁物中の最たるものである事は周知の事實である。

2. 各相間の短絡を防ぐ絶縁は大部分は同時に各線輪の接地を防ぐものとなるから前掲の 2 と 3 を纏めて書く事にする。1 の被覆銅線で作つた線輪は之を一纏めにしてバーニシ又は混和物で処理した後その溝部は用途及電動機の大きさによつてエンバイヤークロス及強靱な厚紙をバー

ニシ処理したもので絶縁するか又は雲母片と強靱な厚紙をバーニシ処理したもので絶縁する。一定の大きさ以上の電動機には凡て後者を用ひる。何れの場合も現今の狀態に於ては溝部以外の端部はリノテープを用ふる事が最も適當した方法である。甚だ小型のものにはテープでなく線輪の形に合せてエンバイヤークロスを切つたものを用ひる。

溝部と端部とは無論その絶縁の目的、從つて方式を異にしてゐる。溝部では電氣的ストレス多く且絶縁物の厚に對して計畫者はより鋭敏に考えさせられるから出来るだけ雲母の如き高級物を用ひてその厚さを薄める必要がある。次にこの溝絶縁物を溝の兩端にどれだけ長く出すか云ふ事が問題である。短かくすればクリープして接地する憂があり、長くすれば線輪の大きさ、從つて機械全体の大きさが大なる。この長は溝絶縁の厚と共に長い間の經驗によつて定められた貴重な數字である。この溝絶縁と端部絶縁との繼目は製造者の最も苦心する所で、殊に大型のものでは此處から發生する故障の数は甚だ多い。それ故吾社では特別に、この繼目用の混和物を用ひて兩者の繼目を密封して居る。

之等の溝及端部絶縁物を線輪に密着させて機械的震動に堪えさせる爲に絶縁物の上を強靱な綿テープで括り締めて完全な一体とする。之がため銅線が擦れ合つたり絶縁物がゆるんだりすることはない。更にこの線輪が濕氣、塵、有害瓦斯等に冒されない爲に特殊のバーニシを以て處理してテープの目を埋めて平滑な表面を有する皮膜を作り、外氣が線輪の内部に入り得ない様にする。然し一般に綿捲及綿テープをバーニシ處理しても眞に完全な無孔な皮膜は出来ないで外氣は極めて徐々に線輪の内部に浸入するものである外面は缺陷を表はさないでゐるながら、内部が冒されてゐる線輪がよくある

日本の如く濕氣の多い所では特に此點

を注意して乾燥した土地に出来た舶來品より一層完全の皮膜を作る事に吾々は努力してゐる。

元々このバーニシには一種類で完全な性質を持つてゐるものはまだ發見されて居ない。耐久性に富んだものには耐濕性はあるが耐油性のないのが現今の有様である。反對に耐油性のものは前記に比較すれば耐久性が少い。一般に各バーニシは一つづつ、の特性を持つてゐるから使用するバーニシは用途によつて皆異なるものである。弊社製工業用電動機は特殊の密封ベヤリングを備へて居るから線輪に油のか

かる憂は全くないが、萬一の場合を想つて外部の皮膜は耐油バーニシで作るがその内部には耐久、耐濕性に富んだ有力なバーニシを用ひてこの兩種皮膜の協力に依つて完全な膜を作る事を心掛けて居る。尙特に耐濕性を増すべき要求あるものには耐濕バーニシでより多くの處理をなし、又耐油性を増すべきものにはそれに適した處理をする。化學工場等を使用するものには特別の耐酸耐アルカリバーニシを用ひて内部の絶縁を保護して居る。バーニシは現今の絶縁物の中の大きな部分を占め甚だ重要なものであるが惜しい事には年月を経るに共に酸化して徐々に硬化する氣味がある。それ故新しい内はよいがその硬化の早いものは長年月の使用には適しない。それ故工場試験でもその壽命試験が最も大切なものであり眞の結果は長い經驗にまたなくては分らない。この點が吾々が最も注意してバーニシの精撰をなす所以である。

上述の絶縁作業を終えて成層鐵板中に組立てた線輪は機械的震動及電流の突入による機械力等に耐えるために溝部は勿論その兩端部も十分強固に留めて置く必要がある。この爲には溝部はよき設計と工作とによつて溝の大きさと線輪の大きさが一致してその間に隙を残さない様にする必要がある。端部は構造上溝部の様に強固に作ることは不可能であるから補強物を以て之を支持する必要がある。而して線輪が或る大さ以上になれば各線輪を一つ一つ此の補強支持物に固く結びつけて動かない様にする。

廻轉子の線輪は此の外に廻轉に依る遠心力に耐えるために適當なバンドを以て押へつけられて居る。線輪の溝部及端部共に之等の機械力に堪える様強靱に作る必要がある。故に前述の様にバーニシが早く硬化する時はその皮膜は靱性を失つて震動その他の原因で必ず罅が生じ、その罅はやがては濕氣、塵等の浸入を防ぎ得ないで遂にその線輪の絶縁を害することになる。

以上は絶縁物に対する現下の状態

で、この大勢は洋の東西を問はず同じである——及び吾社が實施して居る絶縁方式の大略である。今後の發達は現今の不斷の努力によつて達せらるべく、何れは眞に完全な絶縁物が生れ出づる日がある事を吾々は望み且信じてゐる。斯くして電氣機械の最も弱い部分も何れは眞に完全なものとなるであらう。

現今の電動機の絶縁は前述の如く吾々の理想にはまだ遠いものである。吾々は現今に於ける凡ての智識を利用して

も尙多くの絶縁物が年月と共に劣化するのを防ぐ事が出来ない。この劣化は攝氏百度以上の溫度に達するに甚だ急激に加速せられて絶縁物の壽命即電動機の壽命を著しく短縮せしめる事になる。然し同溫度以下に於ては適當な處理によつて絶縁物の壽命は甚しく短縮される事なしにその本命を全うすることが出来る。此が爲めに一般工業用電動機の溫度上昇を電氣協會規格に於ても四十五度と規定されており、機械内部の最高溫度が攝氏百度に近づかない様にしてある。

攝氏百度を超えても電動機は一般に運轉が出来る。然し餘り長時間この溫度を超えることは宜しくない。之は主に過負荷が原因であつて一時的に規定以上の大なる出力を出し得ても割合早くその電動機の壽命を使ひ盡して長時日の間には却つて不經濟となるから慎むべき事である。若しも電動機の負荷がその規定出力以上になるならば之を大なる電動機と取り代へるべきである。然し反對に手で觸つた位で熱い熱いと思つて心配するのは無意味である。上述の如く絶縁物が攝氏百度に達しなへしなければ、十分にその任務を果す事が出来るのであるからよく此の點を確めて安心して使用す可きである。この點さへ注意すれば最も經濟的に電動機を使用する事が出来る。

