

三相誘導電動機の最大力率について

古 屋 直 臣
大 石 忠 央

Maximum Power Factor of Three Phase Induction Motor

Naomi FURUYA and Tadao ŌISHI

Synopsis

Recently, the maximum power factor of three point circle diagram of three phase induction motor was suggested by Mr. Takeuchi.

The maximum power factor changes by the supplied voltage and it decreases according to the voltage rise.

We have experimental studied for the relations between the maximum power factor and supplied voltage, and the relations between the relative values of maximum power factor and supplied voltage, and the dimensions of magnetic path, about the 12 kinds of induction motor.

We define $\Delta\cos\phi_m$, θ and σ as to the relative values of maximum power factor and supplied voltage, i.e. $\Delta\cos\phi_m$ is the value of the difference between maximum power factor at 50V and rated voltage, θ is the angle between the tangent of the maximum power factor-voltage curve and vertical line at the point of 50V, σ is the saturation factor of its curve at the point of 50V.

By the result of experiments, it is cleared that the maximum power factor is negative exponential of voltage, it shows the value of $V^{-0.043\sim-0.061}$ for 1/4~2HP machines, and the value of $V^{-0.046\sim-0.095}$ for 7.5HP, or ; more or less its capacity motors, so that it shows the value of $V^{-0.043\sim-0.095}$ for all testing motors.

Next, it is cleared that the relative values such as $\Delta\cos\phi_m$, θ and σ are positive or negative propotional to the several values of the ratio of partial magnetic path of machine, and $\Delta\cos\phi_m$ is nearly constant for two ratios of the other parts of partial magnetic path, and for the another some ratios of the other parts, these are not distinct.

1 緒 言

最近、竹内氏が提案された三相誘導電動機の三点円線図法は^{1), 2)} 従来の円線図の無負荷点、拘束点の外に全負荷点の近傍にある最大力率値を加え、これら三点を用いて描く円線図である。この円線図の特徴である最大力率値について、竹内氏は、印加電圧によつては変わらないという仮定の基で、低電圧特にインピーダンス電圧附近で最大力率値を測定し、且つ、その値を定格電圧における最大力率値として、この円線図法に用いているが、筆者等は、昨年の工学部研究報告第10号で報告したごとく、低電圧で求めた最大力率値を定格電圧における最大力率値とみなし、これを三点円線図法に用いることは、円線図から求めた特性に誤

差を生ずる原因と考えられ、何らかの補正を試みなくてはならないことがわかつた。誘導電動機の磁路の鉄心の飽和度・漏洩磁束数および滑り等は印加電圧によつて変化するために、第1図のごとく印加電圧の上昇とともに最大力率値は、減少する傾向がみられる³⁾。本研究は最大力率値と印加電圧の相関性について研究を行なつたものである。実験には 学内で得られた定格、種類、製造会社等を異にする、三相誘導電動機12台について、最大力率値と印加電圧の 関係曲線を求め、また、この曲線を代表すると思われる曲線の性質要素を定めた。次に、以上の性質要素と、電動機の磁路を構成する諸要素との間の相関性について、統計的处理を行ない、その結果をまとめて報告する次第である。

第 1 表 供試三相誘導電動機

製作社名	形	出力	極 数	定格電圧	定格電流	定格速度	周 波 数
		(HP)	(P)	(V)	(A)	(r.p.m)	(c/s)
日 立	二 重	7.5	6	200	21	995	50
日 立	普 通	7.5	6	200	22.5	945	50
東 芝	深 溝	7.5	4	200	22	1415	50
松 平	普 通	7.5	4	200	21.5	1440	50
B・B・C	普 通	3	4	200	8.7	1430	50
三 菱	普 通	2	4	200	6.2	1420	50
三 菱	普 通	2	8	200	7.4	700	50
三 菱	普 通	1	4	200	3.4	1390	50
B・B・C	普 通	1	6	200	3.7	980	50
無 名	深 溝	1	4	200	—	—	—
明 電	含 普	1/2	4	200	1.8	1370	50
東 芝	普 通	1/4	4	200	1.1	1400	50

2 測定方法およびその結果

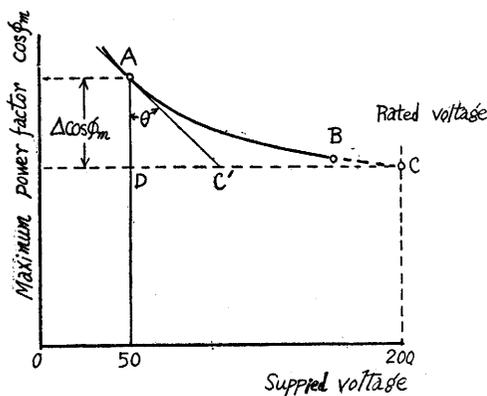
2.1 供試三相誘導電動機

本研究に当り、第 1 表に示した各種多様な供試機について、印加電圧に対する最大力率値および、磁路構成部の測定を行なった。

2.2 最大力率値と印加電圧の関係曲線

第 1 表に示した各供試機について、印加電圧を変え力率計によつて、各印加電圧に対する最大力率値を実測した。(最大力率測定法 1 の (a), (b)⁹⁾) なお、これに用いた実験装置は 3) と同装置で実験を行なった。

第 1 図は、横軸に印加電圧、縦軸に最大力率値を表



$\theta = \angle C'AD$

$\sigma = \frac{C'C}{DC}$ saturation factor

$\Delta\cos\phi_m = A-C$ declination of max. p.f.

Fig. 1

わすと最大力率値は、印加電圧の上昇とともに垂下特性を表わす⁹⁾。こゝで曲線 A B は、実測可能な範囲、C 点は曲線 A B を延長して、定格電圧時における最大力率値とする。そこで印加電圧に対する最大力率値曲線を各供試機について求めると、第 1 図のごとく最大力率値と印加電圧との関係曲線は、非線形を示すことから、曲線の性質を代表する要素を次のごとく定める。

- (1) $\Delta\cos\phi_m$: 定格電圧時における最大力率値と、印加電圧 50V 時の最大力率値との偏差を $\Delta\cos\phi_m$ とする。(第 1 図の曲線 A C が直線的に変化するものと仮定した場合、DC と偏差 $\Delta\cos\phi_m$ がわかれば、直ちに定格電圧時の最大力率値 C 点は決定される意味において、この曲線の性質要素とする。)
- (2) θ : 印加電圧 50V に対する曲線上の A 点に接線を引き、それと A 点における垂線となす角を θ とする。
(曲線が飽和特性を示すことから飽和率を求めるために要する角。)
- (3) σ : 曲線が飽和特性を示すことから飽和率 (σ) = $\frac{C'C}{DC}$ とする。

2.3 磁路構成要素の測定

誘導電動機の最大力率値は、磁路の飽和度および漏洩磁束数に影響を受け、磁束密度は、磁気回路の断面積に影響を受けると考えられるので、これらを構成する各部の寸法を各供試機について、第 2 図に示すと

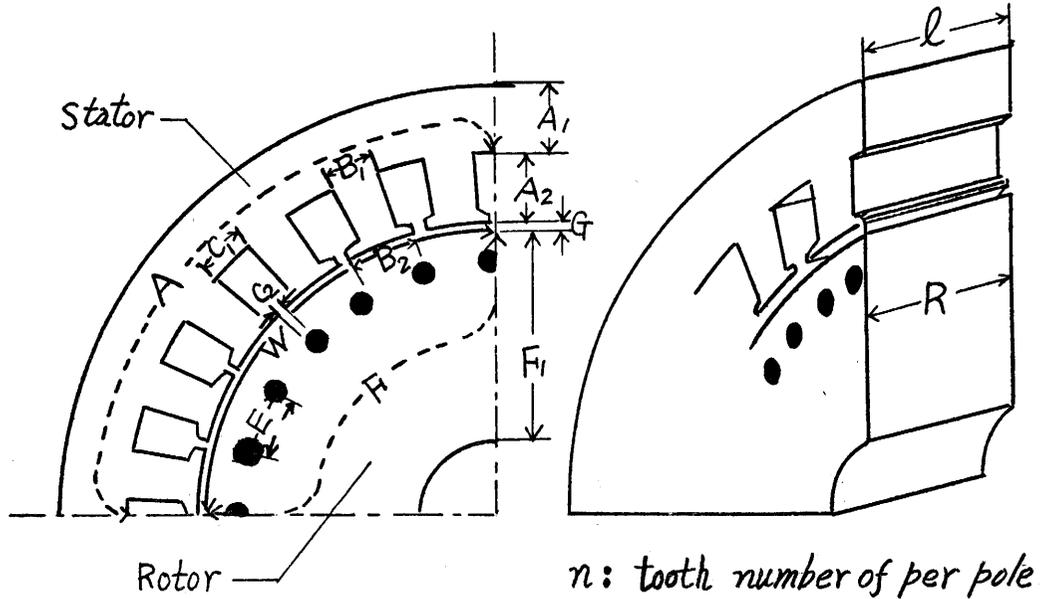


Fig. 2

く、誘導電動機の内部構造において各測定箇所を定め測定した。こゝで第2図に示した図中の記号は、次の第2表に示すごとく測定箇所を表わす。

第 2 表

第2図中の記号	測定箇所
A	固定子平均磁路長
A ₁	固定子の厚み
A ₂	固定子溝の深さ
G	固定子・回転子間の空隙
B ₁	固定子歯基部の巾
B ₂	固定子歯端の巾
C ₁	固定子溝基部の巾
C ₂	固定子溝端の巾
W	回転子表面円弧長
F	回転子平均磁路長
F ₁	回転子の厚み
E	回転子導体間隔
l	固定子の長さ
R	回転子の長さ
n	一極当りの歯数
L	一極当り平均磁路長 (A+A ₂ +G+F)

また、供試機が第1表のごとく1/4馬力から7.5馬力各社製、各種の形であるので一極当りにつき、しかも無単位にするため各部の比を次のごとく定めた。

$$\frac{\text{空隙長}(G)}{\text{一極当り平均磁路長}(L)}$$

$$\frac{\text{一極当り固定子歯の総断面積}^2 (B_1 \times l \times n)}{\text{固定子断面積} (A_1 \times l)}$$

$$\frac{\text{回転子バー間面積} (R \times E)}{\text{回転子鉄心断面積} (R \times F_1)}$$

$$\frac{\text{一極当り固定子平均磁路長} (A)}{\text{一極当り平均磁路長} (L)}$$

$$\frac{\text{一極当り固定子平均磁路長} + \text{回転子平均磁路長} (A+F)}{\text{一極当り平均磁路長} (L)}$$

以上の各部の比は、直接関係の深いものであると思われるが、その他の各部の比については割愛する。

2.4 結 果

2.2の測定およびこゝで定めたごとく、各印加電圧に対する最大力率値の関係曲線から最大力率値の偏差 ($\Delta \cos \phi_m$)、接線と垂線のなす角 (θ)、飽和率 (σ) と定格電圧に対する最大力率値 ($\cos \phi_m$) を各供試機について求め、また、2.3の測定から、一極当り平均磁路長に対する空隙長 (G/L)、一極当り平均磁路長に対する一極当り固定子平均磁路長 (A/L)、一極当り平均磁路長に対する一極当り固定子平均磁路長と回転子平均磁路長の和 ($(A+F)/L$)、および回転子鉄心断面積に対する一極当り固定子歯の総断面積 ($B_1 \times l \times n / A \times l$) 等の比に対する結果を第3表に示してある。

また第1図から明らかのごとく最大力率値は、電圧の負の指数関数として表わすことができることから、最大力率値と印加電圧を第3図、第4図のごとく両対数にとり負の指数 ($-n$) を求めた。こゝで、第3図

第 3 表

供試誘導電動機				V-cosφ _m 曲線の性質要素			磁路構成部の比					指数	最大力率値 (定格電圧)	
				偏差	飽和率		G/L	A/L	A+F L	R×E R×F ₁	B ₁ ×l×n A ₁ ×l			V ⁻ⁿ
番号	製造社名	出力HP	極数	形	Δcosφ _m	θ						σ		
1	日立	7.5	6	二重	5.0	37.6	2.90	×10 ⁻³ 1.67	0.48	0.98	0.138	3.35	-0.046	89.7
2	日立	7.5	6	普通	9.5	32.2	1.50	1.42	0.47	0.91	0.139	3.27	-0.085	82.8
3	東芝	7.5	4	深溝	10.1	41.0	0.74	1.27	0.54	0.92	0.285	2.76	-0.080	85.6
4	松平	7.5	4	普通	11.2	37.5	0.74	1.53	0.54	0.91	0.131	4.02	-0.095	83.8
5	B.B.C	3	4	普通	(15.6)	(12.6)	3.29	(1.84)	0.55	0.92	0.337	2.12	(-0.340)	(69.4)
6	三菱	2	4	普通	4.8	46.1	2.00	1.44	0.55	0.91	0.148	3.30	-0.053	89.9
7	三菱	2	8	普通	7.3	23.6	3.69	1.62	0.44	0.86	0.214	1.92	-0.061	75.8
8	三菱	1	4	普通	4.4	41.2	2.90	1.67	0.55	0.90	0.172	1.42	-0.043	87.3
9	B.B.C	1	6	普通	(16.6)	(19.8)	1.50	(2.13)	0.50	0.88	0.344	2.02	(-0.155)	(74.2)
10	無名	1	4	深溝	4.8	43.1	2.73	1.97	0.53	0.90	0.245	2.78	-0.046	85.3
11	明電	1/2	4	普通	5.3	41.5	2.19	1.47	0.53	0.92	0.248	3.06	-0.057	88.6
12	東芝	1/4	4	普通	7.6	32.3	2.12	1.43	0.53	0.92	0.273	3.33	-0.060	89.5

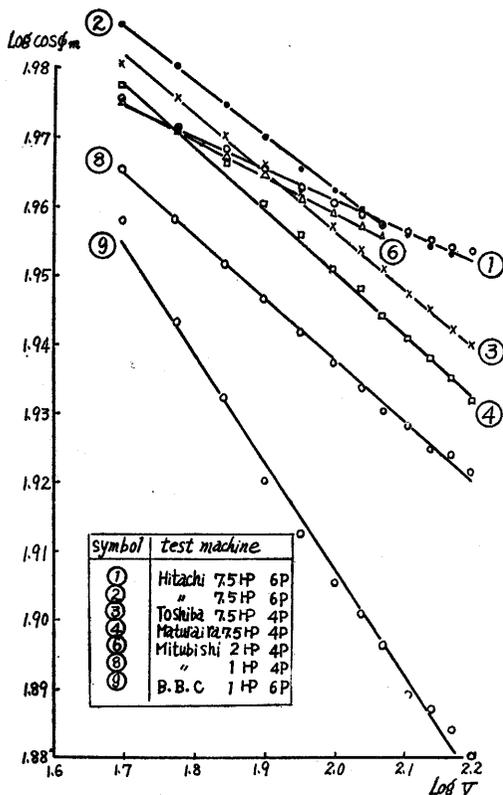


Fig. 3 Relation between log cosφ_m and log V

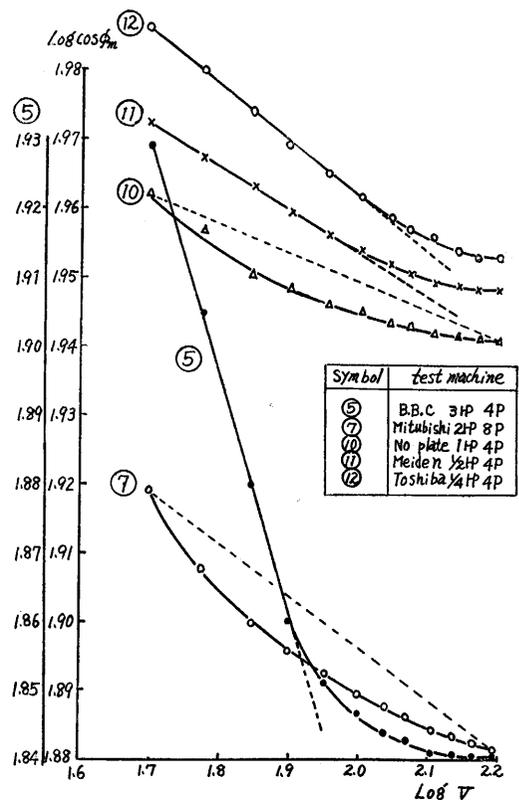


Fig. 4 Relation between log cosφ_m and log V

に示した供試機①、②、③、④、⑥、⑧、⑨は、図から明らかに直線で示されたが、第4図に示した供試機⑤、⑦、⑩、⑪、⑫は非直線であるため負の指数は、図中の点線で代表される勾配を以つて定めた。なお、

表中供試機B.B.C社製の3馬力(5)と1馬力(9)の偏差 Δcosφ_m と、θは特に他社供試機と比較し、特別な結果を得たので()で示してある。また、これらの供試機の最大力率値の電圧に対する負の指数函数

は、特に大である。また、第3表から明らかなごとく偏差 $\Delta \cos \phi_m$ は他の供試機よりかなり大で、 θ は逆に小、また定格電圧時の最大力率値も小なる値になっている。従つて、これらの B.B.C 社製 (5)、(9) の供試機は電動機設計諸要素が、国産製と根本的な相違から第3図および、第4図のごとく他の供試機と傾向を異にしているものと考えられる。

3 最大力率値と磁路構成要素との関係

印加電圧に対する最大力率値の関係曲線の性質要素と、磁路構成要素との間の相関性および、相関係数について以下その結果を述べる。図中の記号◎印は供試機7.5馬力、○印は1~2馬力、□印は1/2~1/4馬力、△印は外国製 B.B.C 社の3馬力と1馬力を表示したものであり、また実線は、実測点を統計的処理で得た相関性直線を示してある。

第5図は、一極当たり平均磁路長に対する空隙長 (G/L) と、偏差 ($\Delta \cos \phi_m$) との関係を示したもので、相関係数は、 -0.44 で負の比例関係にあることがわかる。

第6図は、一極当たり平均磁路長に対する空隙長 (G/L) と、飽和率 (σ) との関係を示したもので、相関係数は、 0.58 で正の比例関係にあることがわかる。

第7図は、固定子断面積に対する、一極当たり固定子歯の総断面積 ($B_1 \times l \times n / A_1 \times l$) と飽和率 (σ) との関係を示したもので、相関係数は、 -0.67 で負の比例

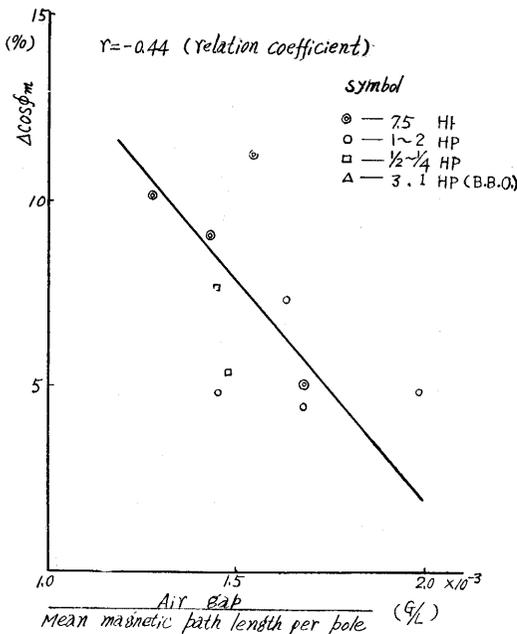


Fig. 5 Relation between $\Delta \cos \phi_m$ and (G/L)

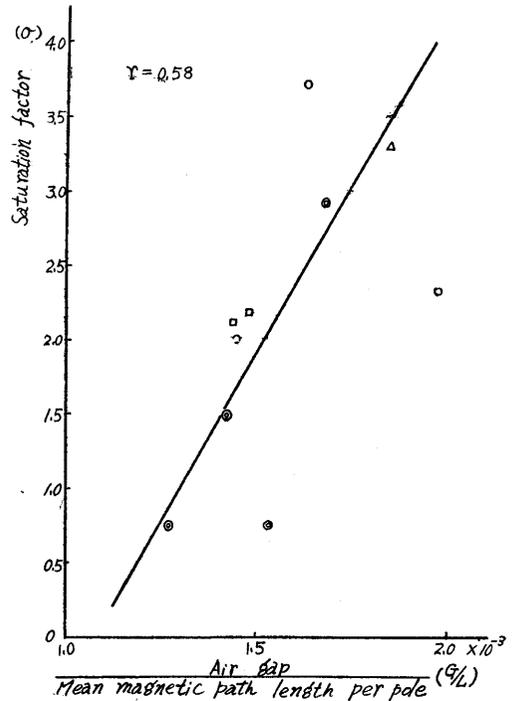


Fig. 6 Relation between σ and (G/L)

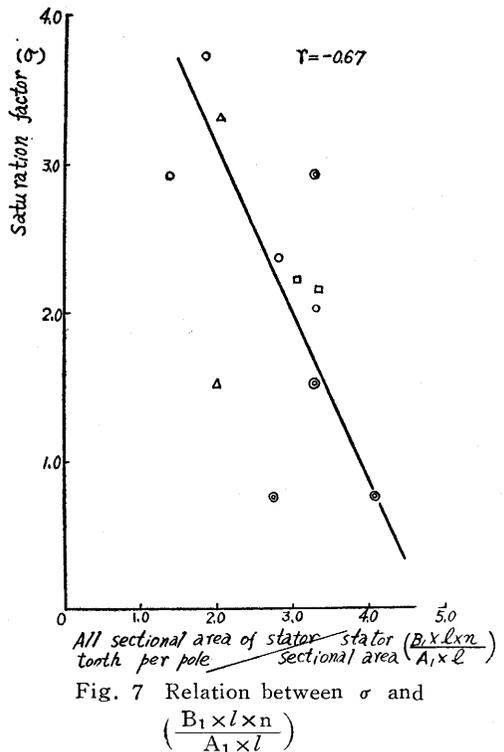


Fig. 7 Relation between σ and

$$\left(\frac{B_1 \times l \times n}{A_1 \times l} \right)$$

関係にあることがわかる。

第8図は、回転子鉄心断面積に対する、回転子パー

間面積 ($R \times E / R \times F_1$) と偏差 ($\Delta \cos \phi_m$) との関係を示したもので、相関係数は、0.61で正の比例関係を示している。

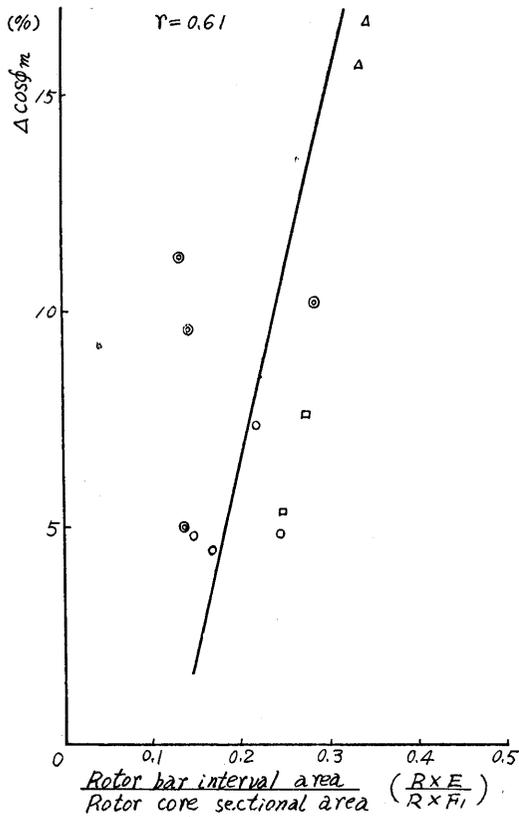


Fig. 8 Relation between $\Delta \cos \phi_m$ and $\left(\frac{R \times E}{R \times F_1}\right)$

第9図は、回転子鉄心断面積に対する、回転子バー間面積 ($R \times E / R \times F_1$) と接線と垂線のなす角 (θ) との関係を示し、相関係数は -0.58 で負の比例関係にあることがわかる。

次に第10図は、一極当り平均磁路長に対する、一極当り固定子平均磁路長 (A/L) と偏差 ($\Delta \cos \phi_m$) との関係を示したもので、相関係数は、0.72でほぼ一定の関係にあり、また4、6、8極のごとく各極数別にそれらの関係が分離されることがわかる。

第11図は、一極当り平均磁路長に対する一極当り固定子平均磁路長と、回転子平均磁路長の和 ($A + F/L$) と、偏差 ($\Delta \cos \phi_m$) との関係について示したもので、相関係数は、0.58でほぼ一定の関係にあることがわかる。

以上第5図から第11図までの結果を総合すると、最大力率値一印加電圧関係曲線の性質要素と、磁路構成部の比との関係は、第4表のごとくまとめられる。

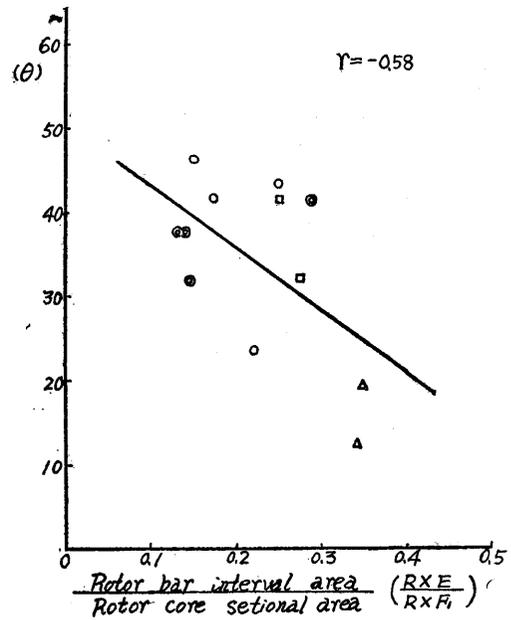


Fig. 9 Relation between θ and $\left(\frac{R \times E}{R \times F_1}\right)$

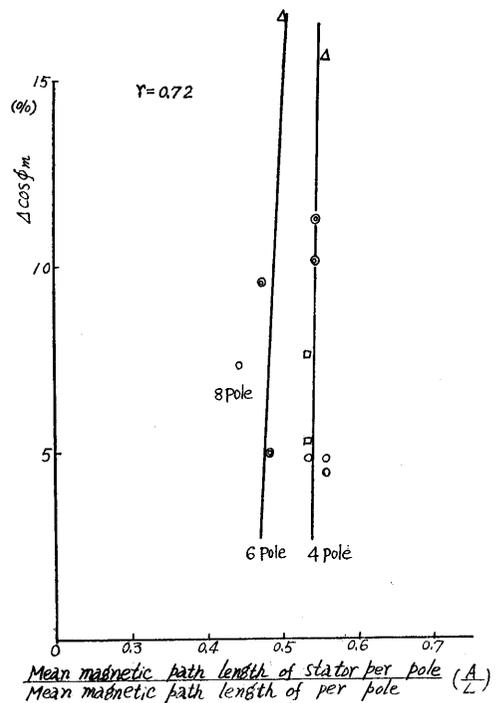


Fig. 10 Relation between $\Delta \cos \phi_m$ and (A/L)

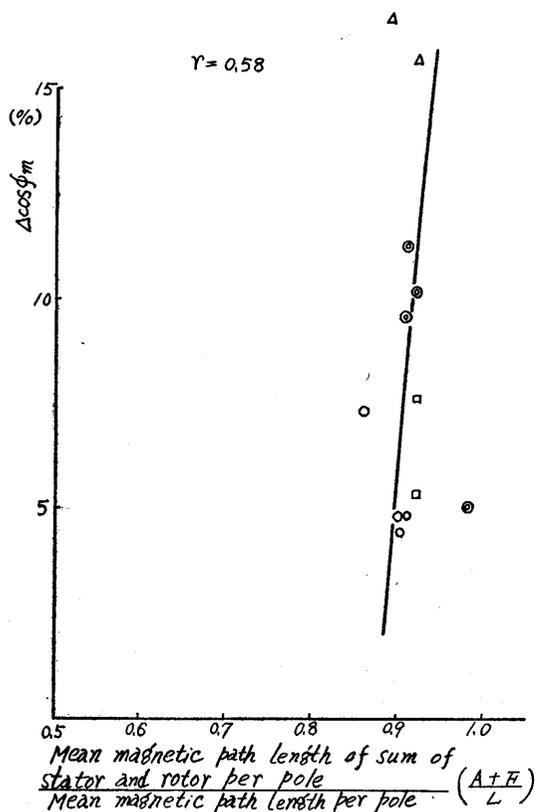


Fig. 11 Relation between $\Delta\cos\phi_m$ and $\left(\frac{A+F}{L}\right)$

第 4 表

最大力率値と磁路構成部の比の相関性および相関係数

相関性	磁路構成部の比	最大力率値—電圧曲線の性質要素		
		$\Delta\cos\phi_m$	θ	σ
比例関係	空隙長 一極当り平均磁路長	-0.44	(0.04)	0.58
		負比例	—	正比例
	一極当り固定子歯の総断面積 固定子断面積	(0.13)	(0.15)	-0.67
		—	—	負比例
不変	回転子バー間面積 回転子鉄心断面積	0.61	-0.58	—
		正比例	負比例	—
不変	一極当り固定子平均磁路長 一極当り平均磁路長	0.72	—	—
		ほぼ一定	—	—
不変	一極当り固定子平均磁路長+回転子平均磁路長 一極当り平均磁路長	0.58	—	—
		ほぼ一定	—	—

以上述べた各部の比は、最大力率値と相関性があることが認められたが、第5表に示した各部の比と最大力率値との間には、統計的処理により、相関係数は、0.5以下で相関性を持たないことが認められた。

第 5 表

磁路構成部の比	記号
溝の深さ 一極当り平均磁路長	$\frac{A_2}{L}$
一極当り固定子歯端の総表面積 固定子断面積	$\frac{B_2 \times l \times n}{A_1 \times l}$
一極当り固定子溝底の総表面積 固定子断面積	$\frac{C_1 \times l \times n}{A_1 \times l}$
一極当り固定子溝口の総表面積 固定子断面積	$\frac{C_2 \times l \times n}{A_1 \times l}$
一極当り固定子歯の総断面積 一極当り固定子溝底の総表面積	$\frac{B_1 \times l \times n}{C_1 \times l \times n}$
一極当り固定子歯端の総表面積 一極当り固定子溝底の総表面積	$\frac{B_2 \times l \times n}{C_1 \times l \times n}$
一極当り固定子歯の総断面積 一極当り固定子溝口の総表面積	$\frac{B_1 \times l \times n}{C_2 \times l \times n}$
一極当り固定子歯端の総表面積 一極当り固定子溝口の総表面積	$\frac{B_2 \times l \times n}{C_2 \times l \times n}$
一極当り固定子歯の総断面積 一極当り回転子表面積	$\frac{B_1 \times l \times n}{R \times W}$
一極当り固定子歯端の総表面積 一極当り回転子表面積	$\frac{B_2 \times l \times n}{R \times W}$
一極当り固定子溝底の総表面積 一極当り回転子表面積	$\frac{C_1 \times l \times n}{R \times W}$
一極当り固定子溝口の総表面積 一極当り回転子表面積	$\frac{C_2 \times l \times n}{R \times W}$

4 考 察

4.1 最大力率値と誘導電動機の磁路に関する内部構造との関係
誘導電動機の最大力率値は、近似的に

$$\cos\phi_m = \frac{1}{1 + \frac{2X_s}{X_0}} \dots\dots\dots(1)$$

X_0 : 励磁リアクタンス

X_s : 一次、二次漏洩リアクタンスの和で表わされるので、最大力率値はこれら諸量の関数となり、従つて磁路の鉄心の飽和度、漏洩磁束数によつて影響を受ける。また、磁路の鉄心の飽和度、漏洩磁束数および滑りは、印加電圧によつて変化し、前二者は印加電圧の上昇と、ともに増大し、後者は減少する。その結果、最大力率値は、前述の第1図のごとく印加

電圧の上昇とともに減少する傾向にある。

次に、第5、6図からわかるごとく、一極当り平均磁路長に対する、空隙長 (G/L) は、偏差 ($\Delta \cos \phi_m$) に対しては負比例、飽和率 (σ) に関しては正比例の関係にあることは、次のごとく説明できる。先づ (G/L) が大なれば第12図の $\Delta \cos \phi_{m1}$ は $\Delta \cos \phi_{m2}$ に近

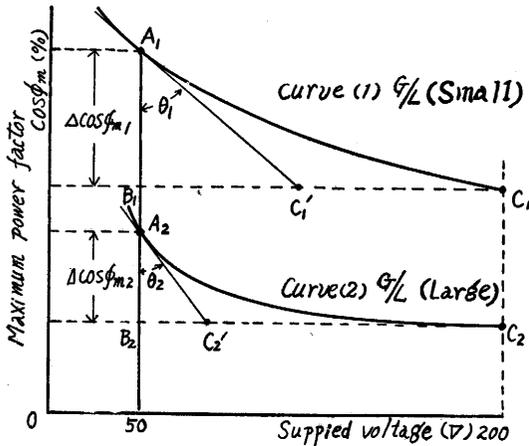


Fig. 12

づき、すなわち、負比例の関係によつて $\Delta \cos \phi_m$ は小さくなる。従つて、定格電圧時における最大力率値は (G/L) に反比例する。また飽和率 (σ) の関係は (G/L) と (σ) では正比例することから、第12図の

曲線 (1) は (G/L) が大なるに従つて、曲線 (1) は曲線 (2) に近づき飽和率 (σ) を大にする。換言すれば (G/L) が大なれば曲線 (1) が $\cos \phi_m$ 軸に平行に下方に平行移動し、それと同時に角 (θ) が小となり飽和率 (σ) を高くする。よつて曲線 (2) のごとく、垂下特性の著しい曲線となるものと考えられる。また (G/L) が大となれば磁路構成部から明らかのごとく、漏洩磁束が大となり、低電圧において特に第13、14図のごとく前述の (1) 式の X_s を大にすることから最大力率値 ($\cos \phi_m$) は小さくなり、その曲線が下方に低下する原因となる。以上述べた事柄を表にまとめると、第6表のごとくなる。

第 6 表

曲線 (1)	曲線 (2)
G/L	< G/L
$\Delta \cos \phi_{m1}$	> $\Delta \cos \phi_{m2}$ (G/L) に対し負比例
θ_1	> θ_2 (G/L) に対し負比例
σ_1	< σ_2 (G/L) に対し正比例
$\cos \phi_{m1}$	> $\cos \phi_{m2}$ (G/L) に対し負比例

また、第7図の固定子断面積に対する、一極当り固定子歯の総断面積 ($B_1 \times l \times n / A_1 \times l$) は、上述の (G/L) の場合と全く対応の関係にあることは、透磁率の大なる鉄心部が増す結果から起因されると考えられる。

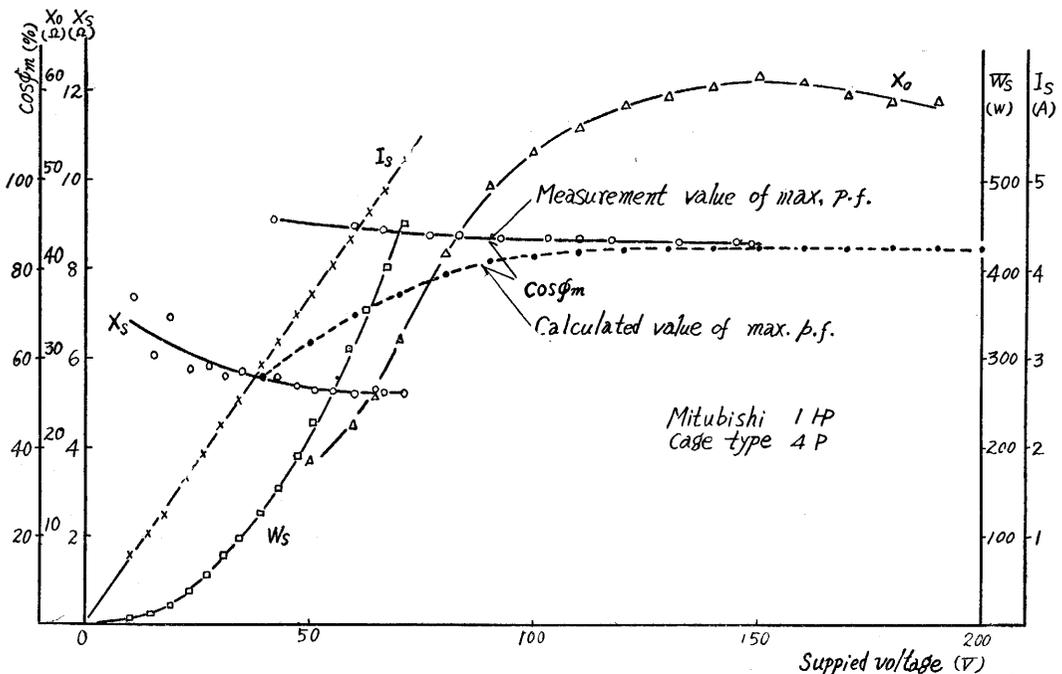


Fig. 13 Measurement value and calculated value of max. p.f. (Characteristic curves of I.M.)

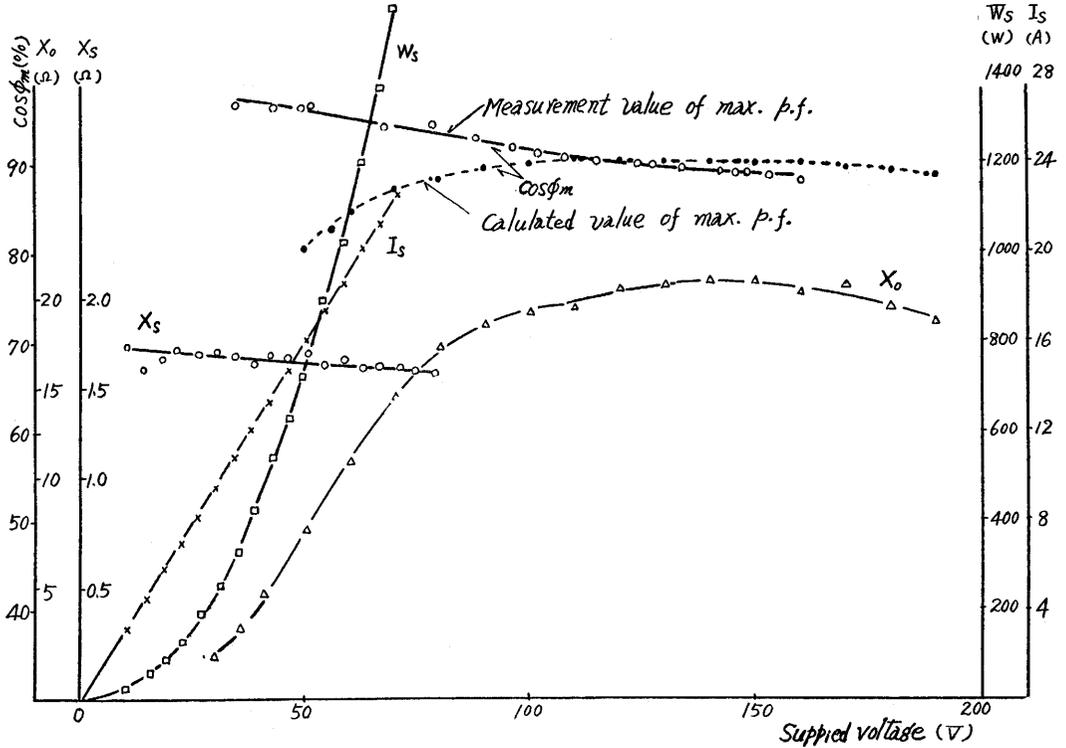


Fig. 14 Measurement value and calculated value of max. p.f. (Characteristic curves of I.M.)

次に、第8、9図のごとく、回転子鉄心断面積に対する回転子バー間面積 ($R \times E / R \times F_1$) の比が小さくなることは、二次導体数を増すことを意味し、従つてこれと交叉する漏洩磁束および有効磁束が増し、すなわち二次漏洩リアクタンス x_2' と相互リアクタンス X_0 が増すことになる。従つて ($R \times E / R \times F_1$) が小さくなることによつて、(G/L) の場合と同様なことが考えられるから、二次漏洩リアクタンス x_2' と相互リアクタンス X_0 が同時に増加するが、 $X_s = x_1 + x_2'$ の増加の割合が X_0 の増加する割合より大であると云える。

4.2 最大力率値の計算値と実測値との比較

最大力率値の計算値、すなわち近似式(1)による値と実測値を比較すると、第13、14図のごとく、低電圧において特に計算値が低い値を示し、印加電圧が約100Vから定格電圧200Vまでの範囲では、この両者

はほぼ一致することがわかる。低電圧における程、この両者の差は大きくなる傾向を示しているが、この原因は、無負荷試験において第15図の等価回路が、第16図のごとく、定格電圧附近では、滑りが小であるので二次回路を開放状態として扱っているが、実際には低電

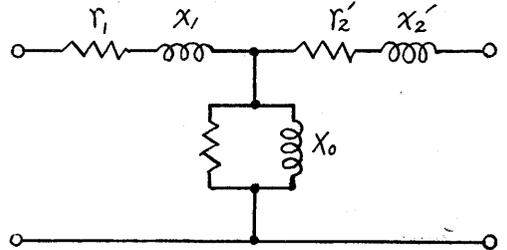


Fig. 16 Equivalent circuit at no load test.

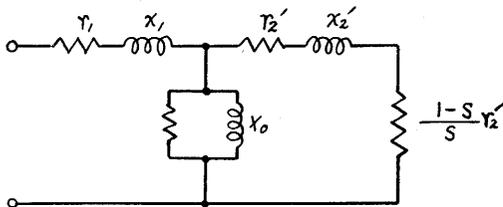


Fig. 15 Equivalent circuit of induction motor

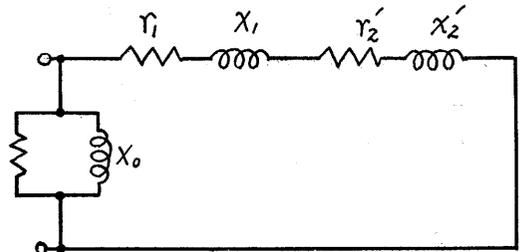


Fig. 17 Equivalent circuit of locked test. $X_0 \gg X_s$

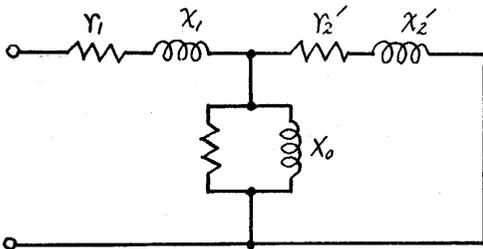


Fig. 18 Equivalent circuit of locked test.
 $X_0 < X_s$

圧になる程相対的に負荷が増したことになり、その結果滑りが増し、負荷状態となり二次回路が第16図のごとく開放されず無視し得なくなる。このことは、第15図のごとく低電圧では X_0 が $X_0' = X_0 \cdot X_2' / X_0 + X_2'$ となり、見かけ上小さくなつたことになり、従つて最大力率値 $\cos\phi_m$ を小さくする要素となるのである。

次に、拘束試験においては、一次、二次回路の漏洩リアクタンス (x_1, x_2') に比し励磁回路のリアクタンス (X_0) が大として、これを無視しているのであるが、実際には第17図の等価回路は、 x_2' と X_0 が並列に入つる形の等価回路、すなわち、第18図のごとく考えられる。従つて (1) 式で表わされる X_s は、

$$X_s' = x_1 + \frac{x_2' \cdot X_0}{x_2' + X_0} \dots\dots\dots(2)$$

(2) 式のごとくして求められる X_s' となる。それ故 $X_s > X_s'$ で最大力率値 $\cos\phi_m$ は大きく見かけることになるが、 $X_0 \gg x_2'$ であるから、この影響は無負荷試験の場合より大きくない。従つて (1) 式による計算値が実測値と比較して低電圧で特に低い値を示すのは、主として低電圧無負荷試験において、滑りが増大するために起因すると考えられる。

5 結 言

筆者等が実測した範囲においては、最大力率値は磁路構成部に対して、次の各部の比が相関性を有してい

る。

- (1) 一極当り平均磁路長に対する空隙長。
- (2) 固定子断面積に対する一極当り固定子歯の総断面積。
- (3) 回転子鉄心断面積に対する回転子バー間面積。
- (4) 一極当り平均磁路長に対する一極当り固定子平均磁路長と回転子平均磁路長の和。
- (5) 一極当り平均磁路長に対する一極当り固定子平均磁路長。

以上 (1)~(3) は、いずれも比例関係にあり、(4)、(5) は、ほぼ一定の関係にあり、特に (5) においては極数別に分離される。

次に最大力率値は、印加電圧の負の指数関数で表わすことができる。

1/4馬力~2馬力の比較的小容量機では、

$$\cos\phi_m \rightarrow V^{-0.043 \sim -0.061}$$

7.5馬力程度の機械では、

$$\cos\phi_m \rightarrow V^{-0.046 \sim -0.095}$$

従つて、全供試機について最大力率値は

$$\cos\phi_m \rightarrow V^{-0.043 \sim -0.095}$$

の範囲内にある。但し供試機 B.B.C社製 (5)、(9) を除く。

最後に本研究については、学生進藤君の協力によつて実験が行なわれ、特に測定についての労を多とすものである。

参 考 文 献

- 1) 竹内：電気四学会連合大会論文集450 (昭.33.5)
- 2) 竹内：オーム (昭.33.8)
- 3) 古屋・大石：山梨大学工学部研究報告10号 95 (昭.34.10)
- 4) 古屋・大石：電気四学会連合大会論文集 608 (昭.35.7)