

# E種絶縁中容量開放防滴形三相誘導電動機

## Open Drip-Proof Type Three-Phase Induction Motors with Class E Insulation

今井利秀\*  
Toshihide Imai

### 内 容 梗 概

日立製作所では昭和39年下期より60~200kWの低圧三相誘導電動機の小型標準化を行ない、40年下期よりモデルチェンジを開始する。この新標準は新しく規定されたE種絶縁を採用し、国際標準IEC寸法に準拠して製作されるもので、その小型軽量化は国際水準を行くものである。絶縁のほか機構部にも改善が加えられ、各所に新工夫がこらされている。本稿はその構造および特長について紹介する。

### 1. 緒 言

各種生産工業に利用されている三相誘導電動機は、そのじょうぶさと取扱、保守の簡便さから各方面に利用分野が拡大されているが、需要者側からはさらに小型軽量のものが要望されるようになってきた。幸いにして各種材料の進歩発展、設計技術の向上により小型化への可能性は十分となり、E種絶縁の規格化と同時に小容量機においては従来に比較して2~3わく番の小型化された電動機が製作されるようになった。現在では中容量へのE種絶縁採用も実用化の見通しがつき、日立製作所では40年下期から60~200kWにE種絶縁を採用する予定である。

E種絶縁を採用した新標準電動機にはIEC寸法を採用する。国際的に電動機寸法を統一しようという努力は1950年よりIEC (International Electrotechnical Commission) によって着手され、1959年、Pub. 72-1としてIEC寸法が規定されている。この国際寸法を採用することにより海外進出できるよう計画したものである。

日立製作所においては従来100kWまでの低圧電動機標準シリーズしか計画していなかったが、今回200kWまで標準シリーズを作成した。その理由は今後は6kV配電が標準となり、したがって6kVでは経済的に製作できない、150~200kW以下は必然的に低圧が採用されることになるため、従来3kV級にて製作されていた機種が現在では低圧で製作するよう要求される場合が非常に増加してきている。

以下新標準E種絶縁中容量開放防滴形電動機の構造、特長および寸法につき説明する。なお後の機会にE種絶縁中容量全閉外扇形電動機を紹介する予定である。

### 2. E種絶縁の採用による小型軽量化

すべての製品は完全化および小型軽量化しようとする努力がたえず続けられてこそ進歩発展していくもので、誘導電動機として例外ではない。ところで誘導電動機はすでに19世紀末に製品化されているので、ほぼ完全化の段階はのぼりつめた状態にあり、現在ではその小型軽量化が大きな課題となっている。この課題に対し各国、各社が真剣に取り組み強力に推進していることは小型軽量化のための規格改訂が従来約10年周期であったものが数年周期に短縮されてきていることから見てもわかるであろう。

電動機を小型軽量化する要因を分析して見ると (1)設計技術の向上 (2)冷却法の改良 (3)絶縁電線の進歩 (4)絶縁材料の進歩 (5)鉄心材料の進歩 (6)構造材料の軽減があげられ、これらはそれぞれ重なりあって達成されていくものである。日立製作所が採用するE種絶縁は要因(3)(4)に相当している。

近年の絶縁物開発はすばらしい速度で進んできた。したがって絶

\* 日立製作所日立工場

第1表 各種絶縁の許容最高温度と使用材料

絶縁の種類	許容最高温度 (°C)	使用材料
Y	90	木綿, 絹, 紙などの材料でワニス類を含まずまたは油中に浸さないもの
A	105	Y種に同じ, ただしワニス類に含浸し, または油中に浸したもの
E	120	セルローズトリアセテート, ポリエチレンテレフタレートおよびエポキシ樹脂
B	130	マイカ, 石綿, ガラス繊維などを接着材とともに用いて構成されたもの
F	155	B種の材料をシリコンアルキッド樹脂などの接着材とともに用いて構成されたもの
H	180	B種の材料をシリコン樹脂または同等の性質をもった材料よりなる接着材とともに用いたもの, ゴム状および固体状シリコン樹脂または同等の性質をもった材料を単独に用いた場合も含む
C	180 超過	マイカ, 石綿, 磁器など単独で構成されたもの, または接着材とともに用いたもの

(電動機用絶縁としてはA, E, B, F, Hの各種が用いられY, Cは用いられていない)

第2表 E種電動機と現行JEM-1110の出力比較

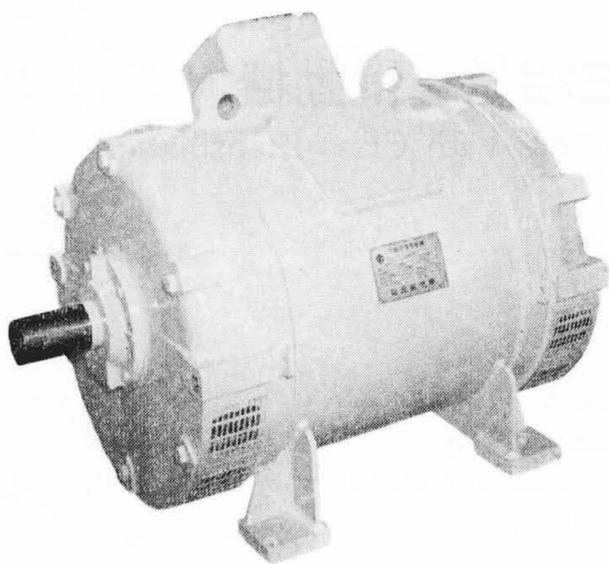
わ く 番	I E C	相当 J E M	4極機出力 (kW)		E種/A種出力比
			E種電動機	A種電動機 (JEM-1110)	
	225L	2236	60	37	1.62
	250M	2536	75	45	1.66
	250L	2540	90	55	1.64
	280H	2840	112	75	1.5
	280L	2845	132	95	1.39

(JEM-1110: 低圧三相カゴ形誘導電動機(一般用)寸法)

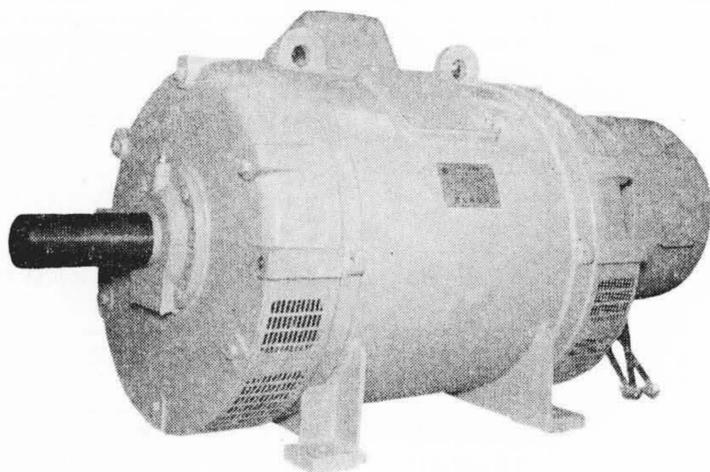
縁物を合理的に使用していくためには従来の絶縁階級(0, A, B, C)ではもはや不足となり1957年IECにおいて7種類の階級(Y, A, E, B, F, H, C)が制定された。わが国においてもこれに準拠して1960年JEC-147“電気機器絶縁の種類”およびJEC-146“回転機の温度上昇限度”が規定されている。これら新絶縁材料の採用により温度上昇限度を上げて小型軽量化をはかることが可能になる。

E種絶縁は第1表に示すようにA種絶縁に対し最高温度で15°C高く許容されるもので、代表的な絶縁物はポリエチレンテレフタレートフィルム(商品名ルミラー), 電線はポリエステル銅線(JIS C 3210)である。これらは国内では1955年ごろより市販されており、日立製作所においては200kW程度までの中容量電動機にこれを採用することにより小型軽量化するよう早くから試作研究を重ねてきたが、このほど採用可能との結論を得て生産を開始したものである。

E種絶縁の採用により、従来のA種絶縁に比べ電流密度が高く取れるのでコイルの電線サイズを細くしてスロット寸法を小さくすることができる。電線にはポリエステル銅線を使用するが、従来採用されていた二重綿巻線などの横巻線に比べ絶縁厚みが20%程度薄くなっているためさらにスロット寸法を小さくすることが可能であ



第1図 開放防滴形かご形回転子式電動機  
形式 EFOUP-KK

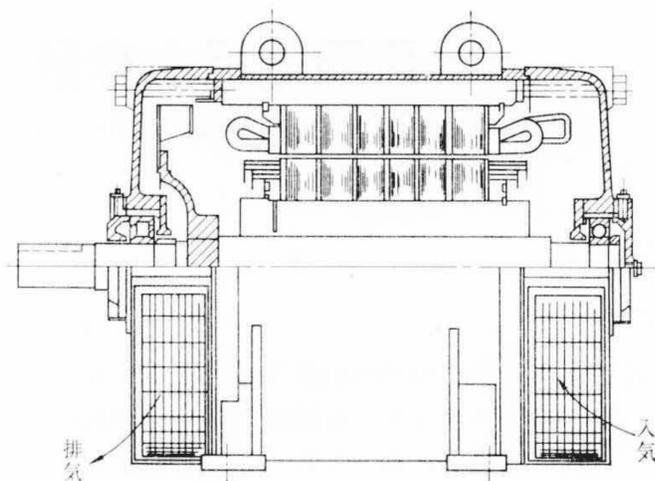


第2図 開放防滴形巻線形回転子式電動機  
形式 EFOUP-CY1

る。これら断面積および絶縁厚みの減少量は電線1本当たりで考えるとわずかな値であるが、電動機の鉄心にはこの電線を幾本も束ねて作られた多数のコイルが分布して巻かれているので、スロット寸法の縮小分はかなり大きく、この比率がそのまま鉄心径の減少に結びつくのでその影響はかなり大きい。絶縁材料にはルミラーを採用するのでこの点からもスロット寸法を小さくすることができる。ルミラーの単位厚み当たり絶縁破壊電圧は従来のA種絶縁材料に比較し非常に高いことが絶縁厚みを薄くできる理由である。これらを総合した状態では従来のA種絶縁に対し鉄心径で1段、したがって2わく番小形にすることが可能となる。4極機における従来のA種絶縁電動機(JEM-1110)と新標準E種絶縁電動機の出力比較を示すと第2表のとおりである。

温度上昇を上げて小形軽量化をはかる場合、E種絶縁より許容温度の高いB、F、H種絶縁の採用が当然考えられる。このうちB種絶縁はこれを採用してもE種絶縁と同程度の小形軽量化しかできないのでその採用は考えていない。B種絶縁では絶縁材料としてマイカを使用するが、マイカはルミラーに比べ単位厚み当たりの絶縁破壊電圧は1/14程度であるので絶縁厚みはE種絶縁より厚くなる。この増加分が電線サイズを細くできる量とほぼ等しいのでB種絶縁を採用しても小形化ができない。この場合いずれを採用すべきかといえば電流密度が低いので損失が少なく能率の良いE種絶縁ということになる。また経済計算においてもE種絶縁が有利であり、これらがB種絶縁を採用しない理由である。

次にF、H種絶縁の採用であるがこれは将来の問題である。F、H種絶縁の電動機はすでに特殊品という概念の時代は過ぎているが、誘導機としてはまだ一般化されていない。その理由は高温であることが従来の触手による保守の習慣から敬遠されがちであること、および材料が高価なことによる。この方向での小形化が最も進んでい



第3図 開放防滴形かご形回転子式電動機構造図

るのは車両用直流機であり、これは電動機の小形軽量化が車両全体の小形軽量化や特性向上に直結しているため、高価な材料を使用しても十分利するところがあること、および運転中人が近づかない場所に取り付けられており高温であるための障害がないことによる。価格の問題はもちろん生産量が増大すれば低減するのであるから、保守面における従来の概念を脱却してこれが歓迎されるようになれば材料価格も低減し、小形化による電動機価格の低減の実があがるようになると信じている。

### 3. 構造

E種絶縁開放防滴形電動機は、出力60~200kW、極数2~10、200または400V級のかご形および巻線形を対象として標準化したもので、外観を第1、2図に、構造を第3図に示す。

#### 3.1 通風方式

通風方式としては軸流式を採用し、負荷側に排気することにより、負荷の熱い空気または湿気、油気などを吸い込まない構造としている。冷却扇を効率良い構造とするとともに騒音が大とならない範囲で極力大きな寸法とし、通風量増大による冷却効果向上をはかっている。また電動機内部配列を考慮し、風量配分が最も合理的かつ有効になるよう計画してある。

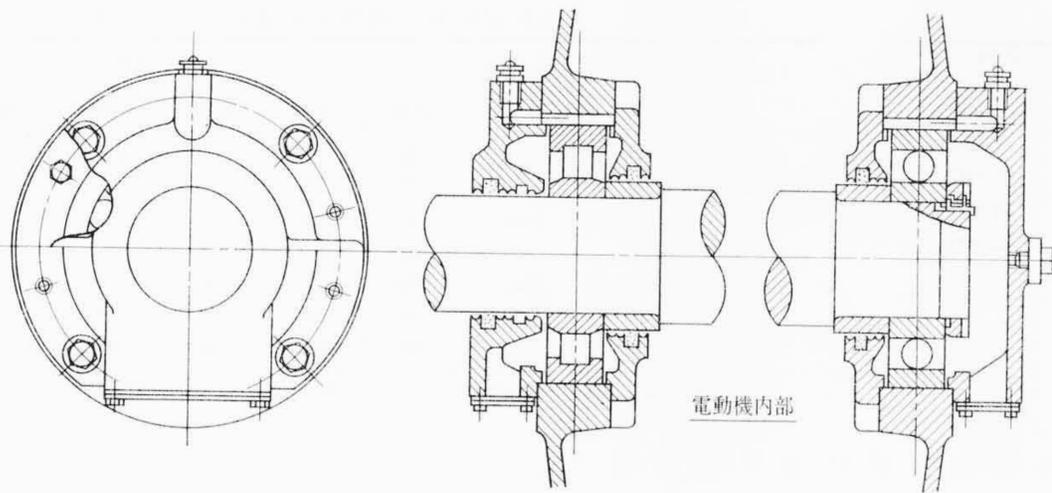
#### 3.2 各部構造

固定子わくは鋼板溶接構造で軽量かつがんじょうである。固定子鉄心には冷間圧延ハイライトコアを採用し占積率を向上している。固定子巻線には耐湿を考慮したE種絶縁を全面的に採用している。この場合、大出力かご形電動機には拾い込みコイルとせず成形コイルを開口スロットにそう入する方式とし機械強度の向上をはかっている。

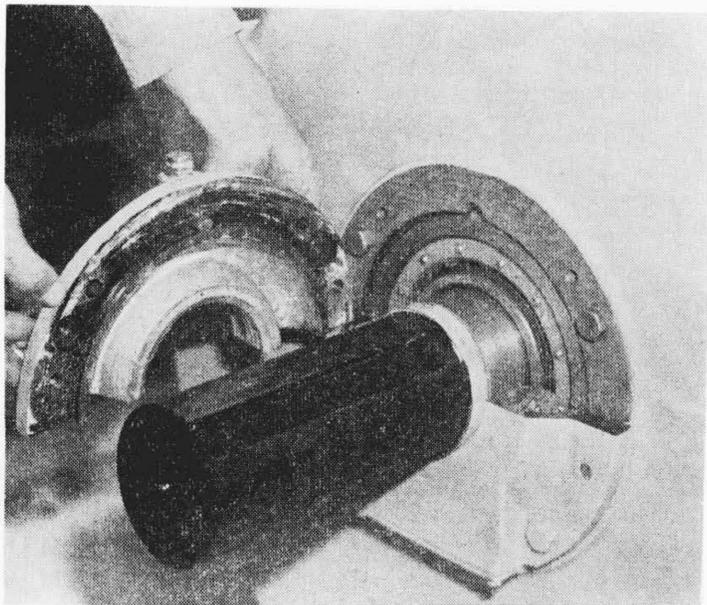
かご形回転子構造には2重かご形を採用し、起動電流を少なくするとともに許容起動ひん度を増加するため短絡環の電流密度を低く取り短絡環の熱変形によりバーに加えられる応力を少なくしている。巻線形回転子コイルはバーコイルとし、B種絶縁材料として認められているマイカを主体とした高級E種絶縁を採用する。マイカを主体としているのはコイル間接続に特殊ハンダを使用し約230℃にて強固に溶接するのでそのときの熱劣化を考慮したものであり、したがって高起動ひん度に十分耐える機械的強度をもっている。

軸受にはころがり軸受を採用し、直結側ローラベアリング、反直結側ボールベアリングの組合せを使って、運転中の温度上昇による軸の熱膨張を逃がしている。

軸受部のエンドブラケットには良質な鋳鉄を使用し、機械的強度の強い構造としている。ベアリングカバーには、軸を含む水平面で2分割される構造(実用新案出願中)を採用し、直結を分解せずにベアリングカバーを取りはずしてベアリングの点検、グリースの取換えが簡単にできるよう考慮してある。なおグリース注入口はベア



第4図 軸受部構造図



第5図 直結側軸受部  
(上部ベアリングカバーを取りはずしたところ)

リングカバーにもうけてあり、排出口も大きくしてあるので、グリースの注入が容易である。第4図に軸受部構造を、第5図に上部ベアリングカバーを取りはずした状態を示す。

端子部は外わく中央部に傾斜して配置し、床面から十分な距離を取ってあるので配線作業が容易である。

以上は315フレームまでの構造であるが、これを超過した場合は

第3表 IEC標準出力シリーズ

第一標準出力シリーズ		第二標準出力シリーズ (特殊用途用)
kW	h. p.	kW
0.06	1/12	
0.09	1/8	
0.12	1/6	
0.18	1/4	
0.25	1/3	
0.37	1/2	
0.55	3/4	
0.75	1	
1.1	1.5	
1.5	2	
2.2	3	1.8
3.7	5	3
5.5	7.5	4.3
7.5	10	6.3
11	15	10
15	20	13
18.5	25	17
22	30	20
30	40	25
37	50	33
45	60	40
55	75	50
75	100	63
90	125	80
110	150	100
132	175	125
150	200	
160	220	
185	250	
200	270	
220	300	
250	350	

簡易分解形Uシリーズ構造で製作する。Uシリーズに関しては日立評論(昭和38年9月号)参照されたい。

4. わく番適用表および寸法

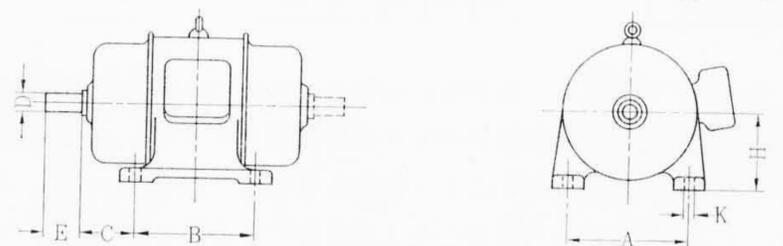
今回日立製作所で発表したE種電動機の標準出力および取付寸法は、国際電気標準規格 IEC Recommendation の Pub. 72-1 "Recommendations for the Dimensions and Output Ratings of Electric Motors" に全面的に準拠している。1959年制定されたこの推奨規格は、当時の各国国内事情により(1)標準出力シリーズ(第3表)(2)わく番に対する標準取付寸法シリーズ(第4表)(3)

ベルト掛用軸端シリーズ(第5表)がそれぞれ単独に規定されているのみで、それらの関連および直結用軸端シリーズは未決定である。したがって日立製作所においてはE種電動機に対するわく番適用表を第6表のように定めており、直結用軸端シリーズに関しては現行JEM規格に準拠することとしている。

IEC出力シリーズはほとんどがJIS Z 8601 "標準数" から取られているが、たとえば55, 110などは従来の慣習より標準数でないものもある。日立製作所では強力に標準化を推進しており、そのため前述の標準数を大幅に各種数値、各部寸法に取り入れているので、これら出力シリーズのうち標準数でない55, 110などは56, 112というIEC出力に最も近い標準数に訂正採用する。

出力に対応するベルト掛用軸端寸法の決定例としてドイツ規格 DIN 42673がある。これは将来IEC規格として採用される可能性が最も強いもので、IECに準拠した日本規格 JEM-1180 "低圧三相かご形誘導電動機(一般用E種)寸法" もこの規格を参考として決定

第4表 IECわく番寸法 (単位mm)



わく番	H	A	B	C	K (最大値)
56	56	90	71	36	6
63	63	100	80	40	7
71	71	112	90	45	7
80	80	125	100	50	9
90 S	90	140	100	56	9
90 L	90	140	125	56	9
100 S	100	160	112	63	12
100 L	100	160	140	63	12
112 S	112	190	114	70	12
112 M	112	190	140	70	12
112 L	112	190	159	70	12
132 S	132	216	140	89	12
132 M	132	216	178	89	12
132 L	132	216	203	89	12
160 S	160	254	178	108	14
160 M	160	254	210	108	14
160 L	160	254	254	108	14
180 S	180	279	203	121	14
180 M	180	279	241	121	14
180 L	180	279	279	121	14
200 S	200	318	228	133	18
200 M	200	318	267	133	18
200 L	200	318	305	133	18
225 S	225	356	286	149	18
225 M	225	356	311	149	18
225 L	225	356	356	149	18
250 S	250	406	311	168	22
250 M	250	406	349	168	22
250 L	250	406	406	168	22
280 S	280	457	368	190	22
280 M	280	457	419	190	22
280 L	280	457	457	190	22
315 S	315	508	406	216	27
315 M	315	508	457	216	27
315 L	315	508	508	216	27

