

# 새로운 電氣機械의 特性和 經濟性

吳 相 世

(前延世大學校電氣科教授)

## 1. 概 說

그동안 우리나라는 3次に 걸친 經濟開發이 成功的으로 實踐되었고, 지난 77年度에 驚異의 150億弗 輸出目標의 達成과 더불어 高度의 經濟成長을 이룩해 나갔다. 그동안 電力需要의 急增에 比例하여 輸入에 依存해 오던 電氣機器의 國內開發 및 그 需要幅을 擴散, 國產代替率을 向上시키는 發展을 示顯하여 括目할만한 成長을 이룩하였으나 아직 技術面에선 國際的 水準에 比해 落後되어 있는 大容量機械에 重點을 두어야 하겠다.

한편 電動機는 他產業과의 關聯效果가 있는 基幹產業으로서 그 需要도 매년 增加하는 成長產業이므로 앞으로 重點 育成시켜 輸入代替에서 輸出產業으로 擴大시켜 나가도록 하여 先導產業의 하나로서 새로운 技術이 絶실히 必要하다.

本 新企業化計劃은 이에 便乘하는 新技術 開發로 品質面이나 材料節減面에 優秀한 條件을 가지고 있어 現 우리나라의 重電氣分野는 아직 海外進出이 初期段階에 머물러 있어 그 市場도 매우 狹小한 이때 本 開發品의 特性은 國際的

規格보다 優秀하므로 國際市場 進出을 위한 製品의 品質保障을 할 수 있으므로 國內은 물론이요, 海外에까지 獨占할 수 있는 土產의 電氣機械를 가지고 輸入代替하고 나가서는 輸出하여 外貨獲得에 寄與할 수 있다.

## 2. 새로운 回轉電氣機械의 特性

円筒形 또는 円板形 電氣機械의 固定子과 回轉子와의 反作用을 防止함을 特徵으로 하는 電氣機械의 構成方法이다.

從來의 回轉電氣機에서 負荷電流가 增加하면 電機子 또는 回轉子 反作用의 增加로 機能이 低下되는 欠點이 있다.

이것은 回轉機械는 變壓器와 捲線方法이 달라서 円周方向으로 各 slot에 分布捲線되어 있고 固定子과 回轉子의 約 90°로 되어 있는 두 磁極의 兩 磁路로 空隙과 鐵心内部의 磁束에 增減으로 磁束의 不均衡으로 因한 磁氣 中心點의 移動과 leakage Reactance外에 Amature Reaction의 Reactance가 있어 位相變化가 發生하고 또한 空隙에 磁束의 波形의 變化가 發生한다 이 欠點을 是正하기 위하여 主線輪 以外에 링

코일을 두어 이線輪에서 反作用의 磁束變化와 反對되는 波形이 誘導되는 것이며, 이 誘導電流의 크기는 反作用이 커지면 커져서 空隙에 反作用의 磁束變化를 自動적으로 없애지게 한다.

그럼으로 空隙에 主磁束의 波形變化나 位相變化가 없어 有效磁束이 增加하고 效率, 力率, 出力 등이 增加하며 高周波가 減少되어 溫度上昇이 低下되고 壽命이 增加하게 된다.

即, 回轉子 内部에 反作用과 反對되는 磁束變化를 形成하고 Ring coil에서 發生하는 磁束의 漏洩을 적게 하기 위하여 回轉子 内部에 非磁性體를 둔다.

空隙에 負荷의 變化, 空隙에 差異, Slot의 形狀으로 空隙에 高周波의 磁束變化가 發生하면 이것이 回轉子 内部의 高周波의 磁束變化가 되어 Ring coil에서 變壓器, 起電力이 誘起되는 高周波 磁束이 反對되는 空隙의 高周波 磁束變化를 除去하게 된다.

直流機에서는 負荷의 大小에 關係없이 電機子反作用이 없어져 磁氣中心點이 移動하지 않아 主磁束에 變化가 없고 整流子片間의 誘導電壓이 一定하고 減磁作用이 없어져 有效磁束이 增加하고 出力이 增加하며 整流作用이 改善되어 特性 良好하고 Brush 또는 整流子の 壽命이 延長된다.

또한 交流機에서는 固定子の 主磁束이 回轉子の 負荷電流의 磁束으로 波形에 變化나 位相變化가 없고 高周波가 減少되며, 基本波의 有效磁束이 增加하므로 效率, 力率, 出力이 增加하게 된다.

即 150%의 負荷의 效率, 力率이 從前의 電動機에 100% 負荷의 效率, 力率보다 크고 Skew가 없어도 磁氣騷音이 없고, 起動特性이 좋아지며, 高周波가 除去되어 溫度上昇이 적어져서 150% 負荷에도 使用할 수 있다.

### 3. 새로운 誘導電動機의 特性

誘導電動機의 Torque에 出力 方程式은 다음

과 같이 表示할 수 있다.

$$T = K \Phi_s \Phi_r \sin \beta$$

이 式에서  $\Phi_s$ 는 固定子가 發生하는 有效磁束,  $\Phi_r$ 은 回轉子에 誘導되는 有效磁束,  $\beta$ 는  $\Phi_s$ 와  $\Phi_r$  사이에 負荷의 變化로 形成되는 位相角이다.

이 電動機는 空隙에 磁束分布가 均等하고 高周波를 除去하는 構成方法으로써 主回轉磁束  $\Phi_s$ 의 磁束分布의 Distortion이 적고 正弦波에 有效磁束이 增加하여 Torque의 出力이 增加하고 主磁束  $\Phi_s$ 가 增加하므로 回轉子에 誘導되는 有效磁束  $\Phi_r$ 도 增加하게 되므로 Torque는 더욱 增加하며 또한 兩磁束 사이에 形成되는 角  $\beta$ 는 從前의 電動機에서는 負荷가 增加하면 할수록 커져서 더욱 Torque가 低下된다.

그러나 이 電動機는 負荷의 增加에 關係없이 恒常 90°를 維持할 수 있어  $\sin \beta \approx 1$ 이고 漏洩磁束의 減少로 Torque의 出力은 더욱 增加하여 150%의 負荷에도 現規格을 만족하게 할 수 있다.

電力의 出力式  $P = KTN$ 에서,

T는 Torque, N는 回轉數.

위 式에서 上述한 바와 같이 T가 增加하고 N이 增加하므로 P가 增加하게 된다. 電流가 低下되고 또한 高周波에 鐵損 및 銅損이 적어져 溫度上昇이 低下되고 또한 負荷가 增加하는 比例로 出力 P가 增加하고 反對로 電流의 增加率은 低下되어 力率도 負荷의 增加에 比例하여 增加하게 된다.

即 從前의 電動機는 負荷의 增加에 比例하여 Torque의 增加率이 적고 反對로 電流의 增加率은 크고 回轉數도 低下되어 電流의 增加率이 더욱 커서 效率이 急히 低下된다.

이 電動機는 負荷가 增加하는 比例로 Torque가 增加하고 Slip이 적어져 電流의 增加率이 적어 效率과 力率이 增加된다.

또한 이 電動機는 Skew를 두지 않아도 磁氣騷音이 적어지고 起動에 異常이 없고 空隙에 高周波가 除去되며 節緣破壞가 적어져 壽命이 延

[Single phase induction motor]

Standard 100 V 750 W

Dae Han Electric Co.,

Surroundings Environment : 29°C

	Ex. Items	Coventional					Inventional								
		900	1,025	1,205	1,370	Stop	730	880	1,030	1,138	1,450	1,730	1,955	2,220	2,380
Load test	Input power(9 W)	900	1,025	1,205	1,370	Stop	730	880	1,030	1,138	1,450	1,730	1,955	2,220	2,380
	Input Current(A)	14.3	15.6	17.8	19.9	Stop	12.7	14.0	15.5	16.5	19.8	23.4	26.2	28.2	
	Torque(kg - Cm)	35	40	47	52		35	40	47	52	64	74	80	85	87
	Efficiency(%)	68.0	68.6	67.6	64.8		87.5	81.9	81.8	81.7	77.8	74.3	70.1	64.3	60.2
	Power factor(%)	62.9	65.7	67.6	68.8		57.4	62.8	66.4	68.9	73.2	73.9	74.6	78.7	
	R. P. M	1,727	1,712	1,688	1,664		1,766	1,756	1,748	1,741	1,718	1,693	1,669	1,638	1,607
	Stop Torques(kg - Cm)	62					.96								
No load test	No load current(A)	9.7					9.8								
	No load Power(W)	200					170								
	R. P. M.	1,794					1,798								
Lock test	short circuit current(A)	15					15								
	Impedance Volt(V)	54					50								
	short circuit power(W)	462					400								

長된다.

최근 韓國精密機器센터(Fic)에서 單相誘導電動機 · 1HP의 試驗成績(제 10-80호)을 紹介하면 위의 表와 같다.

이 試驗成績을 보면 無負荷 特性에서 改造品은 기존제품보다 無負荷電流는 큰데 損失은 작고 回轉數는 增加하는 原因은 Reactance가 적어지고 空隙에 磁束分布가 均等하며, 高周波에 對한 損失이 적어지고 拘束試驗에서도 Impedance 電壓이 적고 損失도 적은 것은 Reaction의 Reactance가 적고 高周波에 對한 損失이 적은 原因이다.

또한 效率이 增加하는 原因도 Air gap에 磁束分布가 均等하며, 有效磁束이 增加하고 回轉子의 位相變化가 적어져 Torque가 增加하고 空隙에 高周波가 消去되어 高周波에 對한 鐵損 및 銅損이 적어지고 溫度上昇이 적어지며, 負荷가 增加하는 比例로 出力의 增加率이 크고 電流의 增加率은 低下되며 力率도 負荷의 增加에 比例하여 增加하게 된다.

이 電動機를 또한 國立標準試驗所에서 溫度

上昇 試驗한 結果는 다음과 같다.

[ 기존 제품은 100%, 負荷電流 17 Amp에서 捲線溫度가 86.6°C 이고, 改造品은 150%, 電流 20 Amp에서 試驗한 結果 捲線溫度가 77.8°C 이다.]

4. 새로운 直流電動機의 特性

이 開發品の 直流機에 있어서 Air gap의 磁束分布가 負荷의 變化에 關係없이 均等하여 整流子片間의 誘導電壓이 일정하고 電機子反作用이 없어져 磁氣中心點이 移動하지 않으므로 補極이 없어도 整流作用이 잘되고 有效磁束이 增加하여 出力이 增加하게 된다.

回轉機에서는 機械的, 電氣的, 磁氣的의 不均等으로 電壓의 波形에 脈動이 發生하고 負荷의 變動이 基하면 整流子面의 Spark로 因하여 高周波가 發生하고 Slot數 또는 整流子片數로 因한 高壓의 波動이 造成되어 絶緣物의 破壞와 整流作用이 더욱 惡化된다.

이러한 惡化되는 高周波가 Air gap에 發生하면 短絡線輪에서 이 高周波의 磁束과 反對되는

磁束이 發生하며, Air gap에 高周波가 除去되면 整流作用은 잘되고 高周波에 對한 鐵損과 銅損이 적어지고 有效磁束이 增加하므로 效率이 9~15% 增加하게 된다.

從前의 電動機는 負荷가 增加하면 할수록  $T = K \Phi s \Phi_r \sin \beta$ 의 Torque 式에서  $\beta$ 가 增加하며 Torque가 低下된다. 그러나 이 開發品의 電動機는 負荷에 관계없이  $\beta$ 를 恒상 90°를 維持할 수 있고, 有效磁束이 增加하여 出力이 50~70% 增加한다.

高周波로 因한 整流子 및 絶緣物 破壞現象이 적어지고 溫度上昇이 低下되므로 電動機의 壽命이 倍로 延長된다.

[시험성적서]

(시험 제 10-122호)

시험항목	시험기준	시험결과
M-G Set의 무부하 전류		8.1 ADC
M-G Set의 무부하 전력		2.511W
전동기의 계자전류		0.5 ADC
전동기 입력전압		230 V
M-G Set의 입력 전력	발전기 정격출력시 (20kw)	24.3 KW
M-G Set의 입력 전류	발전기 정격출력시 (20 KW)	105.6 ADC
발전기의 출력전압	발전기의 정격부하에서	0-440 VAC
발전기의 계자전류	발전기의 성격 출력에서	2.3 ADC
	발전기 무부하에서	0.6 ADC
전동기의 속도변동율	무부하	1800 R/M
	부하시	1780 R/M
M-G Set의 전효율	발전기 정격출력시	82.3 %
파형(발전기)		정현파
절연 저항 시험	충전부대지간	150M-Ω
	충전부상호간	450MΩ
절연 내력 시험	전동기: AC 1500 V/1분간	이상없음
	발전기: AC 1500 V/1분간	이상없음

최근 韓國精密機器센터에서 M-G Set의 試驗成績을 紹介하면 왼쪽 表와 같다.

5. 特性의 改善

各種 回轉電氣機械의 特性에 從前보다 5~15%, 力率이 6~9%, Torque가 60%~70% 增加하는 世界 어느 規格보다 特性이 優秀한 製品으로 Energy가 12% 節減된다. 또한 150%의 過負荷에도 現規格을 滿足할 수 있게 使用할 수 있는 各種 特性이 優秀하게 改善된다.

6. 經濟性

從前 機械의 크기에 資料를 가지고 150%~200%의 負荷에도 現規格을 만족할 수 있는 性能이 優秀하고 原資材가 20% 減少되어 價格의 廉價로 從前의 電氣機械보다 經濟性이 優秀한 製品이다.

7. 市場性

各種 電動機 및 各種發電機의 大小型을 莫論하고 適用할 수 있고 需要가 많아 市場性이 豊富하고 品質面이나 材料面에 優秀한 條件을 가지고 있어 國內은 勿論이요 海外에까지 獨占할 수 있는 國際的으로 市場을 開拓할 수 있는 製品이다.

8. 輸出을 할 수 있는 土産의 電氣機械

從前의 機械보다 新技術開發로 優秀한 特性과 價格의 廉價로 우리나라만의 獨特한 土産의 機械로 國內은 勿論이요 海外에도 供給할 수 있는 優秀한 條件(海外 特許)을 가지고 있어 外貨獲得에 寄與할 수 있다.

9. 電力節減

(1) 전국적으로 가전제품 보유 대수

(자료: 경제기획원 「한국통계월보」: 전기용품 제조

협회 집계)

- ① 냉장고 :  $1,976,183 \times 135W = 266,760 (Kw)$
- ② 선풍기 :  $6,100,380 \times 50W = 305,000 (Kw)$
- ③ 에어컨 :  $96,649 \times 1200W = 115,200 (Kw)$
- ④ 세탁기 :  $543,951 \times 100W = 54,300 (Kw)$
- ⑤ 전기믹서 :  $567,888 \times 300 = 170,400 (Kw)$

효율, 力率, 10% 증가로 다음과 같이 절감된다.

年間 ①+②+③

$$68,696 \times 8 \times 150 \text{ 일} = 82,428,000 \text{ Kw}$$

④+⑤

$$22470 \times 1 \times 365 = 8,201,550 \text{ Kw}$$

$$\text{①+②+③+④+⑤} = 90,629,550 (Kw)$$

**(2) 각종 공작기계 보유대수 (자료: 상공부)**

(용량5Kw 기준)

선반 : 20,413 (대)

드릴 및 보조링반 : 2,871 (대)

밀링반 : 3,093 (대)

프레스반 : 9,870 (대)

10% 효율, 力率 증가로 절감 → 18,123Kw

$$\text{年間 } 18,123 \times 8 \times 365 = 52,852,000 (Kw)$$

**(3) 발전량 500萬Kw에 70%가 동력에 사용, 350萬Kw에 10% 효율 개선으로 350,000kw 절감**

$$350,000 \text{ Kw} \times 8 \times 365 = 1,022,000,000 (Kw)$$

(자료: 한국전력)

**(4) 전기철도용 및 일반 직류전동기 10% 효율 개선 (자료: 철도청, 전기공업협동조합)**

디젤기관차 :  $1900(\text{대}) \times 640 \text{ Kw} = 1,216,000 \text{ Kw}$

지하철 전동차 :  $800(\text{대}) \times 120 = 96,000 \text{ Kw}$

전기기관차 :  $540 \times 700 = 378,000 \text{ Kw}$

○年間  $169,000 \times 8 \times 365 = 493,480,000 \text{ Kw}$  절감

직류전동기 : 9553HP (7164Kw)

○年間  $7164 \times 8 \times 365 = 2,090,720 \text{ Kw}$  절감

**(5) 각종 자가용 발전기 효율 개선 (5-8%)**

(자료: 전기공업협동조합)

47622HP (35716Kw) 효율(5%) 개선

$$\text{○年間 } 1785 \times 8 \times 365 = 5212200 \text{ Kw (절감)}$$

전력의 총 절감량

$$(1)+(2)+(3)+(4)+(5) = 1,172,784,450 \text{ kWh}$$

## 10. 石油節減

전동기와 발전기의 효율 개선으로 석유의 절감량을 소개하면,

1KwH 발전하는 데 석유 0.01573 (Bℓ)

(자료: 한국전력집계)

(1) 가전제품 절감량

$$\text{年間 } 90,629,550 (Kw) \times 0.01573 = 1,425,602 (Bℓ)$$

(2) 가전제품 절감량

$$\text{年間 } 52,852,000 (Kw) \times 0.01573 = 831,361 (Bℓ)$$

(3) 발전량 500Kw 70% 동력 사용하면

350,000 (Kw)

$$\text{年間 } 1,022,000,000 (Kw) \times 0.01573 = 16,076,060 (Bℓ)$$

(4) 전기철도용 및 일반직류전동기

$$\text{年間 } 495,570,000 (Kw) \times 0.01573 = 7,795,316 (Bℓ)$$

(5) 각종 자가용 발전기 효율 개선

$$\text{年間 } 5,212,200 \times 0.01573 = 81,987 (Bℓ)$$

〈총 석유 절감량〉

$$(1)+(2)+(3)+(4)+(5)$$

$$1,425,602 + 831,361 + 16,076,060 + 7,795,316 + 81,987 = 26,210,326 (Bℓ)$$

금액으로 환산하면,  $1Bℓ = 14.50 \$ = 7250(\text{원})$

금액으로 환산하면, 年間 절감 액수

$$26,210,326 \times 7250 = 190,024,860,000 \text{ 원}$$

76년도 원유 도입 실적은,

1억 3,240만7,000 (Bℓ)

(자료: 한국경제, 상공부)

총 석유 절감량은 19.79% 해당한다.

## 11. 其他原資材節減

〈원자재 절감 산출〉 (자료: 경제기획원)

1975년 회전자재 소비량

↳ 鈣소강판 : 15,000 ton

↳ 전기 동: 2,000 ton

1977년도 회전기계 소비량

↳ 규소강판: 36,110ton

↳ 전기 동: 4,800ton

1978년 4월기준 회전기계 소비량

↳ 규소강판: 17,250ton

↳ 전기 동: 2,300ton

① 규소강판 절감량: 77년도 회전기계 소비량 36,110ton이면 20% 절감으로 7,222 ton 이 절감된다.

② 전기동 절감량: 77년도 회전기계 소비량 4,800ton이므로 20% 절감으로 960ton 이 절감된다.

## 12. 結 論

特性이 優秀하고 消費者에 보다 나은 品質保障의 製品을 供給할 수 있으며 原資材 節減되는 方法으로 原價 上昇要因을 제거하여 企業을 育成할 수 있고 國際적으로 Energy 政策에 寄與할 수 있으며 大容量의 重電機를 國産化할 수 있는 技術的 要素를 가지고 있고 外國에 特許를 取得하여 獨特한 技術을 가진 土産의 機械로 外貨를 代替할 수 있다.

또한 新製品과 修理品을 이 特許의 技術을 適用한 製品으로 擴大하여 나가면 Energy의 消費量이 더욱 增加하고 原資材 節減型에 우리나라 45萬Kw 發電所에 建設費 및 保守費가 節減된다.



## 本格化되는 UHV 機器 開發

— 日本에서 技術開發体制 強化 —

UHV—超高壓 送電은 電力傳送에 있어서의 「來日의 技術」 이 되고 있다.

100萬볼트級의 超高電壓에 의해 電力을 보내는 이 方式은 電力需要의 增大와 原子力 發電등 大容量 發電시스템의 本格的인 展開와 함께 不可缺한 手法으로서 클로уз드업되어 왔다.

이같은 必要에 對應하여 요즘 UHV의 하아트, 소프트 兩面에 걸친 研究는 急速히 活潑化되고 있으나, 특히 重電機器, 電線 등 電子計算機面(hard ware)에서의 研究開發은 하아트 메이커들의

가장 重要한 課題의 하나가 되고 있으며 바야흐로 UHV 붐이라고 해도 過言이 아닐 程度다.

### ● 1985年代에 實用化

UHV에 의한 送電은 최근 겨우 普及期에 들어선 50萬 볼트級 送電을 웃도는 것으로서 1985年 代의 中半에는 實用期를 맞이하게 될 것으로 展望되고 있다.

UHV送電의 長點은 損失이 적은 送電을 할 수 있다는 點이다. 이 長點을 살리기 위해서는 그 以前에 解決해야만 하는 問題가 수많은 것도 事實이다. 그러나

UHV送電 관련機器의 市場 展望은 매우 밝은 것으로 되어 있으나만큼 이들 메이커들은 意慾的인 研究를 進行시키고 있다.

UHV에 대한 메이커를 보면 重電機器 메이커와 電線(送電케이블)의 두가지로 나눌 수 있다.

前者는 變壓器를 中心으로 하는 것이며 後者는 電線메이커가 主體로 되어 있다.

### ● 重電機에서는 專門研究所의 新設도

먼저 重電機메이커의 움직임부터 알아보면, 日本의 重電메이커라