

運轉改善으로 達成할 수 있는 에너지節約

⑪

2·4 誘導電動機設備의 에너지 節約運轉

2·4·1 誘導電動機設備의 에너지節約

誘導電動機設備의 에너지節約은 電動機와 負荷設備를 합친 全體의 損失을 最小로 하는 것이다. 設備의 에너지節約을 위하여는 우선 負荷設備에 적합한 性能의 電動機를 選定하는 것이 重要하다.

電動機의 選定條件으로서는 電源, 定格出力, 定格速度, 電動機의 종류, 保護形式, 負荷의 조건(負荷 GD^2 , 負荷의 토크 特性 등), 速度制御의 必要 여부, 運轉 패턴, 使用狀態 및 周圍條件 등이 있다. 이들의 條件에 적합한 가장 高效率, 高力率의 電動機로서 코스트가 最廉인 것이 最善한 電動機라 할 수 있다. 그러나 性能이 좋은 것과 코스트가 最廉인 것은 相反되는 것으로, 綜合적으로 最經濟的인 電動機를 選定하여야 할 것이다.

(1) 效率

誘導電動機의 效率는 $\eta = \text{電動機出力} / \text{電動機入力}$ 으로 표시된다. 電動機入力 = 電動機出力 + 損失이다. 損失에는 다음과 같은 種類의 損失이 있고 이들은 熱이 되어 捲線이나 다른 部分의 溫度上昇을 야기시킨다.

銅損 : 一次 捲線, 二次 捲線에 흐르는 電流로부터 생기는 I^2R 損이다.

鐵損 : 鐵心內를 交番磁束이 통과함으로써 생기는 것으로, 히스테리시스 損과 渦電流損으로 구성된다. 誘導電動機에 있어서는 固定子鐵心, 齒 및 齒頭表面損이 대부분이고 回轉子磁束은 거의 直流이기 때문에 回轉子損失은 無視하여도 된다. 二次勵磁方式으로 制御되는 電動機의 경우는 二次周波數가 슬립에 比例하여 커지기 때문에 약간의 二次鐵損이 발생한다.

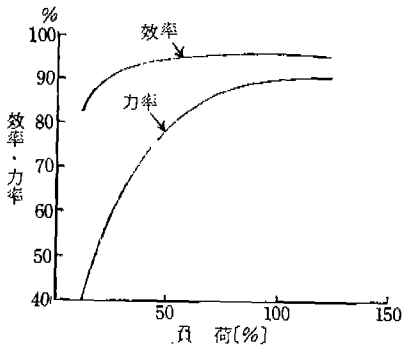
機械損 : 베어링 마찰손, 팬이나 덕트 등의 風損, 브러시의 마찰손을 總稱하여 機械損이라 부른다. 機械損은 回轉數의 遞增에 比例하여 增減한다. 低速機에서는 全損失에 占有하는 比率이 작으나 高速機, 全閉外扇形機에서는 큰 比率을 占有한다.

效率는 그림 2·30에 表示하는 바와 같이 定格 負荷 부근에서 最大가 된다. 될 수 있는 한 電動機의 定格과 負荷의 容量에 가깝게 하는 것이 효율적인 運轉을 가능케 한다.

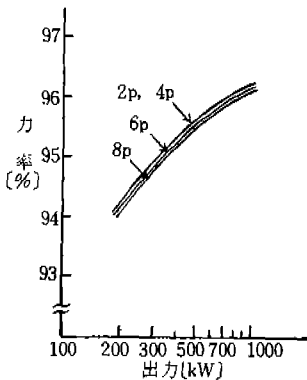
그림 2·31에 極數에 의한 效率의 相違를 든다. 極數가 적을수록 效率는 높아지고 있다. 極數는 負荷機械의 所要回轉數에 의하여 決定되지만 電動機의 효율면에서는 2極이나 4極의 電動機를 使用하는 것이 좋다.

(2) 力 率

誘導電動機의 力率은 電動機入力[kW]/電動機



〈그림 2·30〉 負荷에 의한 特性 變化의 一例
(730kW, 6p, 3,300V)



〈그림 2·31〉 極數에 의한 效率 變化의 例
3,300V 60Hz, 防滴保護形

皮相入力[kVA]으로 表示된다. 綜間電壓을 V , 電流를 I , 力率을 $\cos\phi$, 電動機入力를 P_i 로 하면 力率은

$$\cos\phi = \frac{P_i \times 10^3}{\sqrt{3} VI} \quad (2\cdot13)$$

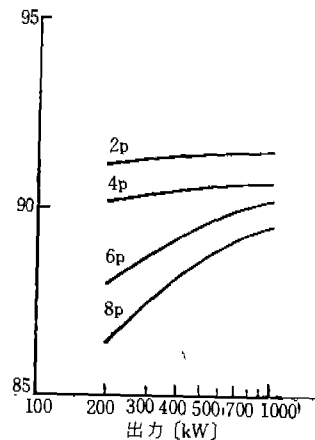
이 된다.

力率도 그림 2·30에 표시하는 바와 같이 定格 負荷附近에서 最大가 된다. 또 그림 2·32에 표시하는 바와 같이 極數가 적을수록 높아진다. 따라서 力率面에서도 電動機의 定格과 負荷容量을 합쳐 2極이나 4極의 電動機를 使用하는 것이 좋다. 多極機로서 力率이 나쁜 電動機를 運轉할 때는 電動機 電源側에 進相 콘덴서를 넣어 系統의 力率을 改善하는 것이 바람직하다.

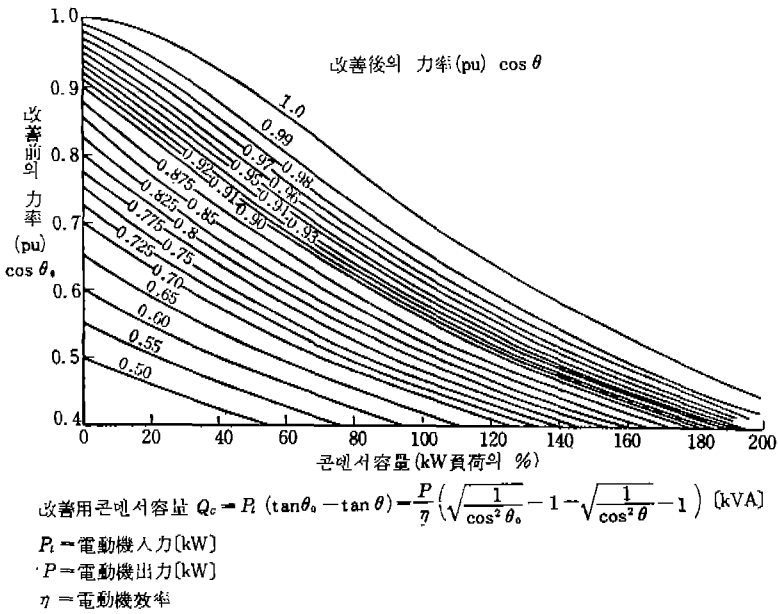
進相 콘덴서의 容量은 그림 2·33에서 求하여진다.

負荷(電動機入力) 500kW, 改善前力率 $\cos\theta_0 = 0.6$ 을 $\cos\theta = 0.9$ 로 하려면 그림 2·32에서 係數 85%가 求하여지고 必要 콘덴서 容量 = $500 \text{ [kW]} \times 0.85 = 425 \text{ [kVA]}$ 가 필요하다.

負荷(電動機入力)가 kVA 表示인 경우, $[\text{kW}] = [\text{kVA}] \times \cos\theta_0$ 로 하여 kW를 算出, 그림 2·32에서 必要容量을 求한다. 또, 改善後의 力率은 콘덴서 容量의 增加와 力率改善의 效果關



〈그림 2·32〉 極數에 의한 力率變化의 例
3,300V, 60Hz, 防滴保護形



〈그림 2·33〉 力率改善用 進相 콘덴서의 용량

係를 보고 決定한다. 일반적인 값은 90~95% 程度이다.

電動機 出力에 대하여 콘덴서 용량을 크게 하면 電源에서 電動機를 격리할 때 電動機 端子에 높은 電圧이 誘起되므로 注意하여야 한다.

一般的으로 電動機 出力의 3 分の 1 以下로 콘덴서 용량을 정하면 문제가 없다.

(3) 電源의 영향

定格條件 以外の 電圧, 周波數에서의 運轉은 效率, 力率의 低下를 초래하는 傾向이 있다. 電動機의 效率, 力率은 定格點 근처에서 피크가 되는 것이 一般的이기 때문에 定格條件下에서 電動機를 運轉하면 損失이 輕減된다.

또, 三相電源의 不平衡도 電動機 入力의 增加, 出力의 減少, 效率, 力率의 低下를 가져온다. 특히 單相負荷를 三相電源에서 취할 때 電動機 端子의 電圧이 過度하게 不平衡이 안되도록 배려하여야 한다.

電圧不平衡率은 다음과 같이 定義된다.

$$\text{電圧不平衡率} = \frac{\text{逆相電圧} \times 100}{\text{正相電圧}} (\%)$$

不平衡率이 10% 以下인 때는 다음 式을 利用하여 不平衡率을 求하여도 큰 差는 없다.

電圧不平衡率 (ϵ)

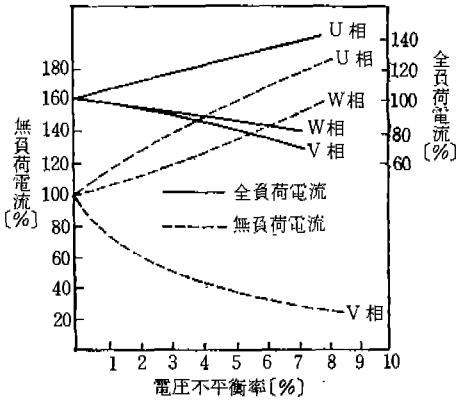
$$= \frac{\text{不平衡의 電壓 最大值}}{\text{不平衡의 電壓 平均值}} \times 100 (\%)$$

이 電圧不平衡은 3% 이내로 하는 것이 바람직하다. 電圧不平衡의 特性變化의 一例를 그림 2·34에 표시한다.

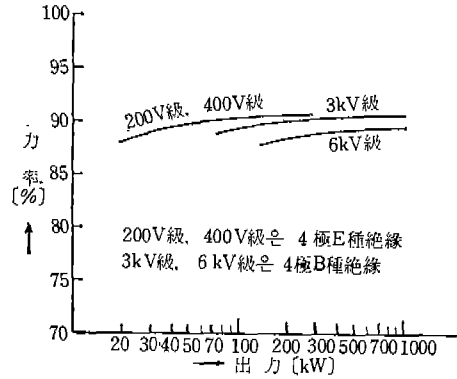
(4) 電圧의 選定

電動機의 電源으로서 200V 級, 400V 級, 3000V 級, 6000V 級, 11kV 級이 主要 使用되는데, 電動機의 定格電圧을 얼마로 選定하느냐는 電動機의 經濟的 運轉에 크게 影響을 준다. 電動機의 效率, 力率은 낮은 定格電圧일수록 높아지는 傾向이 있다.

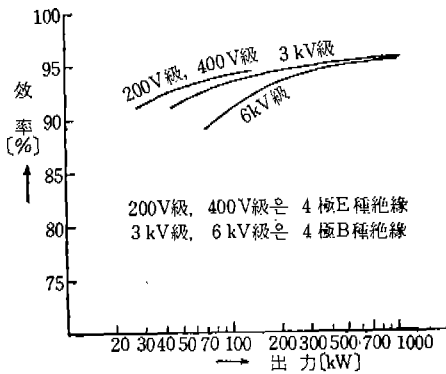
效率, 力率의 定格電圧의 變化에 의한 相違를 그림 3·35, 3·36에 표시한다. 한편 電動機의



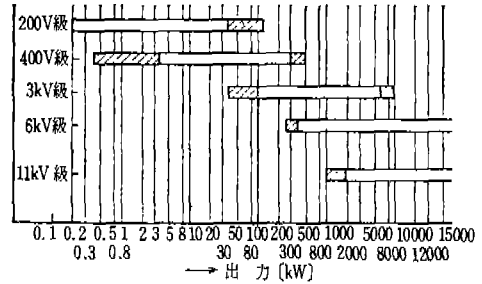
〈그림 2-34〉 電圧不平衡에 의한 相電流의 一例



〈그림 2-36〉 三相誘導電動機의 電圧別 出力과 力率의 關係



〈그림 2-35〉 三相誘導電動機의 電圧別 出力과 效率의 關係



〈그림 2-37〉 電動機의 電圧別 最適出力 範圍

出力을 一定하게 하면 一次電流는 電壓에 逆比例한다.

大容量 電動機에 낮은 定格電壓을 채용하면 電流가 커져 케이블의 損失이 增大된다. 따라서 系統全体的 損失이라는 點에서 最適電壓이 出力에 대해서 存在한다.

또, 電動機의 設計面에서 보면 高壓機의 경우 코일의 絶緣代는 低壓機보다 두껍고 小出力의 電動機에 높은 定格電壓을 채용하면 코일에 占有하는 絶緣物의 比率이 커져 銅體의 断面積을 確保하기 위하여 모터의 치수를 크게 할 필요가 생긴다. 또 素線의 선경도 捲數가 많아져 곤란

해진다.

반대로 大出力의 電動機에 낮은 電格電壓을 채용하면 코일 素線의 断面積이 커지고 捲回數가 감소, 나아가 捲回數가 1 以下가 되어 實際로 製作不能이 된다. 일반적으로 經濟的이고 또 製作上的 技術的인 問題가 적은 범위를 그림 2-37에 표시한다. 또 斜線은 어느 程度 經濟性을 무시하고 제작하면 技術的으로는 製造不能한 범위를 표시한 것이다.

配線系統에 있어서도 동일하게 大容量 電動機에 低電壓을 사용하면 電源이 크고 制御器類가 高價가 되며 配線損失도 증가한다. 또 小容量 電動機에 高電壓을 사용하면 高壓開閉器가 필요해지며 低電壓의 경우보다 制御機類가 高價가 된다. 電動機의 運轉計劃을 세울 때 以上과 같은

條件 및 既設電源과의 관계를 고려한 후 가장 經濟的인 電壓을 選定하도록 하여야 한다.

2·4·2 運轉改善에 의한 에너지 使用合理化

運轉改善을 위해서는 우선 負荷의 特性, 運轉의 條件을 調査한다. 運轉의 條件을 알게되면 그에 對해서 適切한 改善計劃을 세운다.

負荷의 特性으로서는 速度 토크 特性(定 토크 特性, 低減 토크 特性, 定出力特性 등), 負荷의 反抗 토크, 始動 토크, 最大 토크, 負荷 GD^2 등을 들 수 있다.

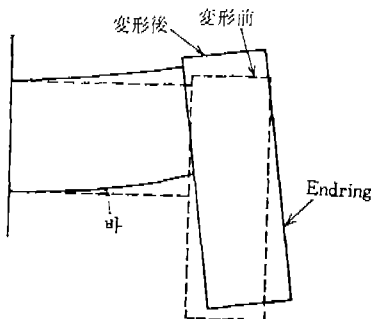
運轉條件으로서는 하루 負荷의 時間的變化, 年間을 通한 季節的變化, 起動頻度, 制動 有無, 過負荷 有無 등을 들 수 있다.

一般的으로 施行되고 있는 改善對策은 다음과 같다.

(1) 電動機의 起動, 停止에 의한 空運轉의 防止

펌프나 送風機 등에 있어서는 用途에 따라서 반드시 連續運轉이 필요치 않은 경우가 있다. 그러한 경우에는 電動機를 直接 運轉, 停止하는 것이 효과적이다. 電動機의 起動方法으로서는 直入起動, Y- Δ 起動, 리액터 起動, 起動補償器 起動, 二次抵抗 起動(捲線形의 경우), 低周波 起動 등이 있다.

籠形誘導電動機를 起動할 때 低周波起動 以外의 起動方法에서는 다음과 같은 問題를 檢討할 필요가 있다.



〈그림 2·38〉 起動時的 Endring 部의 變形

(a) 起動時的 發熱에 의한 回轉子導體(Bar, Endring)에 作用하는 熱應力(그림 38).

(b) 起動時的 遠心力 變化에 의한 回轉子の 반복應力

(c) 起動電流에 의하여 바, 엔드링(Bar Endring)에 作用하는 電磁力的 영향

(d) 起動電流에 의하여 發生하는 熱로 인한 固定子 코일엔드부의 熱應力

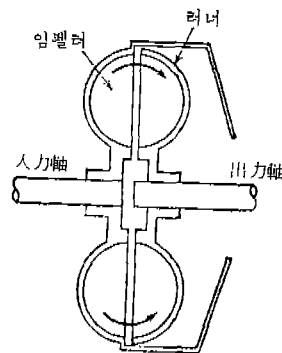
(e) 起動電流에 의하여 固定子 코일 엔드에 作用하는 電磁力的 영향 등

이들 問題는 通常 1日 1回 以下 程度의 起動回數를 전제로 하여 검토되고 있다. 따라서 現在 運轉되고 있는 電動機의 起動停止 頻度를 올리면 熱應力 등의 반복回數가 급격히 증가하여 電動機의 壽命을 단축시킨다.

高頻度起動을 하는 電動機를 새로 만들 때는 起動, 停止의 頻度 및 運轉 패턴 등의 運轉條件을 明確하게 메이커에 連絡하여 事前檢討를 충분히 함으로써 相當한 容量, 回數의 高頻度起動도 可能하다.

(2) 動力傳達裝置에 의한 負荷機械의 起動, 停止로 空運轉의 防止

電動機와 負荷機械 사이의 動力傳達裝置를 調節함으로써 負荷를 起動, 停止하는 方法이 있다. 그와 같은 動力傳達裝置의 하나로서 流体 커플링이 있다. 流体 커플링은 入力軸과 出力軸이



〈그림 2·39〉 流体 커플링

각기 獨立되어 있으며, 각각의 軸에 날개바퀴가 對向해서 장치되어 있다(그림 2·39).

임펠러 間에 기름을 넣으면 入力軸의 回轉에 의해 기름이 出力軸側에 흘러 出力軸도 回轉한다. 이 油量의 調節로 回轉數를 0에서 最高速度까지 調節할 수 있다. 流体 커플링에서의 損失은 슬립이 되기 때문에 出力軸의 最高速度는 入力軸의 回轉數보다 數 % 낮아진다.

流体 커플링을 使用한 경우 우선 電動機를 無負荷로 起動, 電動機가 最高速度에 達한 후 油量을 增加하여 負荷를 起動할 수 있다. 이때 電動機는 거의 定格 슬립이며 負荷의 GD^2 를 加速하기 위한 損失이 電動機에는 생기지 않는다. 따라서 重慣性負荷의 경우도 起動에 의한 制限이 없어지기 때문에 籠形誘導電動機에 있어서도 捲線形 誘導電動機의 경우와 동일하게 取扱할 수 있고 電動機의 덩치를 작게 할 수 있다.

또 電動機를 全速運轉한 상태에서 負荷機械를 起動, 停止할 수 있기 때문에 負荷機械를 반복 起動·停止하여도 電動機의 수명은 줄어들지 않는다. 따라서 既設電動機를 使用한 高頻度起動도 可能하다. 流体 커플링을 既設의 시스템에 채택할 때의 缺點은 電動機와 負荷機械 사이에 流体 커플링을 설치하기 위해 軸方向의 길이가 길어져 基礎의 改造가 필요해지는 것이다.

또 流体 커플링을 使用하여 連續的인 速度制御를 할 수도 있다. 이 경우 入力軸과 出力軸의 回轉數의 差에 의한 슬립에 比例한 손실이 流体 커플링에 생기기 때문에 速度制御範圍의 넓이에 따라서는 기름의 冷却裝置가 필요해진다.

(3) 回轉數制御에 의한 負荷의 調節

送風機 등에서 操業條件의 變化로 風量을 줄이기 위하여 뎀퍼를 조여 運轉하고 있는 경우가 있다. 이때 뎀퍼에서 電力이 不必要하게 소비되기 때문에 對策이 필요하다. 對策으로서는 回轉數制御에 의하여 風量을 調節하는 方法과 送風機의 改造 또는 新製作에 의해 適正風量으로 하는 方法이 있다.

送風機나 펌프 등과 같은 流体負荷의 경우 軸動力은 回轉數의 3 乘에 比例하여 變化하기 때문에 回轉數를 바꾸어 風量을 變化하는 것은 가장 효과적인 에너지 合理化對策의 한가지 方法이다. 誘導電動機의 回轉數制御의 種類는 다음과 같고 슬립電力損失이 있는 方式과 없는 方式으로 나누어진다. 回轉數制御의 方法에 대하여는 앞에서 자세히 記述하였기 때문에 여기서는 省略하기로 한다.

(誘導電動機의 回轉數制御方式)

- 슬립 電力損失이 없는 方式
 - 一次周波數制御
 - 靜止 셀비우스 制御
 - 크레이머 制御
- 슬립 電力損失이 있는 方式
 - 二次抵抗制御
 - 一次電壓制御
 - 渦電流 커플링 方式
 - 流体 커플링 方式

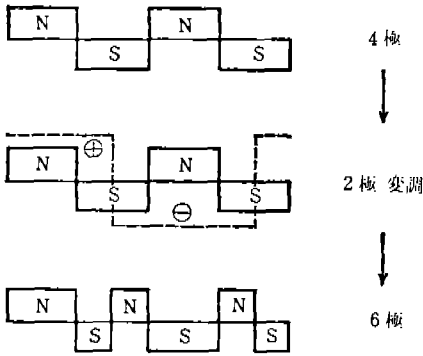
위 表는 連續的으로 速度制御를 하는 것이다. 段階的인 風量調節로 무방한 경우에는 極數變換 電動機를 使用하는 것도 效果的인 手段이다. 極數變換電動機에는 二重捲線方式과 單一捲線方式이 있다.

(a) 二重捲線方式

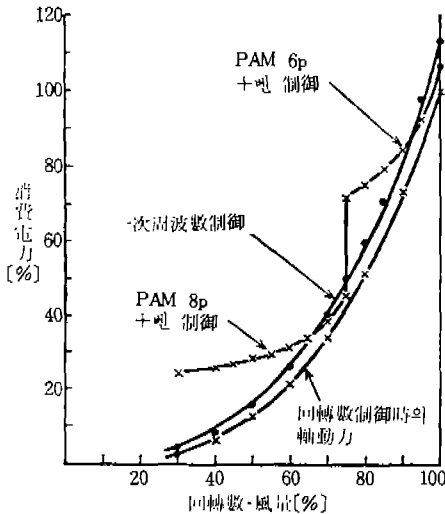
이것은 각기의 極을 形成하는 捲線을 따로 따로 갖추는 것으로, 捲線의 스페이스는 極數變換이 아닌 電動機에 比하여 2 倍가 된다. 따라서 電動機의 크기도 커진다.

(b) 單一捲線方式

이것은 單一捲線만을 갖추고 外部結線을 콘택터로 바꾸어 極數를 變換하는 方法으로서 從來는 主로 2:1의 極數比인 것에 使用되어 왔다. 近年 單一捲線方式으로 2:1 以外の 極數比에도 適用되는 PAM(Pole Amplitude Modulation) 方式 極數變換電動機로 4p/6p, 6p/8p와 같은 極數比의 경우도 實用化되고 있다.



〈그림 2·40〉 PAM 방식 極數變換의 原理



〈그림 2·41〉 2乘 토크 負荷인 경우의 消費電力-回轉數 特性

PAM 방식 極數變換電動機의 개략적 原理는 그림 2·40에 표시하는 바와 같다. 4極의 捲線에 2極의 變調를 하여 순 코일의 串의 極性을 反轉시키면 6極의 成分이 된다. 이 反轉位置를 適切히 選定하면 6極의 成分만큼을 낼 수 있다.

單 捲線方式의 경우 어느 極數로 運轉하고 있을 때든 모든 捲線이 사용되고 있어 捲線의 利用率이 높고 極數變換을 하지 않은 電動機에 比하여 機械規格이 약간 커지는 程度이다. PAM

方式 極數變換電動機와 댐퍼 制御를 併用하였을 때의 特性의 例를 그림 2·41에 든다.

2·5 同期電動機의 에너지 節減運轉

一般的으로 사용되는 交流電動機에 있어서 同期電動機는 誘導電動機에 比하여 大容量機, 中低速機의 범위에서 매우 效率이 높다. 이 때문에 에너지 節減의 觀點에서 同期電動機의 適用이 늘어나고 있다.

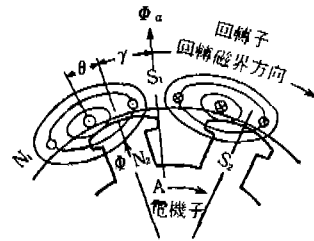
同期電動機의 理解를 돕기 위하여 同期電動機의 概畧, 에너지 節減運轉, 高效率化 및 誘導電動機와의 比較에 대하여 記述하기로 한다.

2·5·1 同期電動機의 原理와 構造

(1) 同期電動機의 原理

極數 p 의 三相同期機 電機子에 周波數 f (Hz)의 三相交流電壓을 印加하면 그에 따라 흐르는 電流에 의해 電機子에 대하여 $N_s = 120f/p$ (rpm)으로 표시되는 回轉數의 回轉磁界가 생긴다. 電機子를 固定하고 그 內側에 설치한 回轉磁界를 直流로 勵磁하여 N_s (rpm)인 回轉數로 回轉시키면 電機子の 回轉磁界와 回轉磁極 사이에서 同性極은 反發하고 異性極을 吸引하여 回轉子는 回轉磁界에 끌려 回轉, 外部에서의 機械力을 除去하여도 同期速度 N_s 로 回轉을 지속한다. 이것이 同期電動機의 原理이다.

(2) 토크의 發生



〈그림 2·42〉 同期電動機의 運轉中 回轉子와 回轉磁界와의 相對位置

그림 2·42에서 電機子에 三相交流을 通하면 電機子反作用에 의한 磁束 ϕ_a 가 생긴다. 여기서 界磁極이 同期速度로 回轉하고 있으면 電機子電流의 分布도 界磁束 ϕ 도 그림 2·42의 關係를 유지하면서 同期速度로 回轉한다. 따라서 電機子電流와 界磁束과의 사이에 플레밍의 왼손 法則에 의하여 電機子が 固定되어 있기 때문에 回轉子에 회살표 A 方向으로 一定 토크가 發生한다. 非同期速度에서는 이러한 關係가 成立 안되고 토크는 不均的으로 變이 되기 때문에 電動機가 안된다. 즉, 同期電動機 그대로는 自己起動이 不可能하다.

(3) 同期電動機의 構造

回轉界磁形 同期電動機는 界磁의 形狀에 따라 突極形 및 円筒形으로 分類된다. 円筒形은 2極 同期電動機나 誘導同期 電動機 등 特殊한 것으로, 一般的으로 널리 利用되는 것은 突極形의 同期電動機이다. 代表例로서 開放形 브러시리스 同期電動機의 構造断面圖를 그림 2·43에 든다.

同期電動機를 構成하는 主要部品는 다음과 같

다.

(a) 磁氣回路部品

電機子鐵心, 界磁鐵心, 스파이더 등으로 구성 된다.

(b) 電氣回路部品

電機子捲線, 界磁捲線, 制動捲線(籠形起動捲線), 交流勵磁機, 回轉整流器 등으로 구성된다. 또 起動時의 界磁捲線端子에 誘起되는 高電壓을 낮출 目的으로 放電抵抗器가 裝備된다. 交流勵磁機는 回轉電機子形의 三相交流發電機이다.

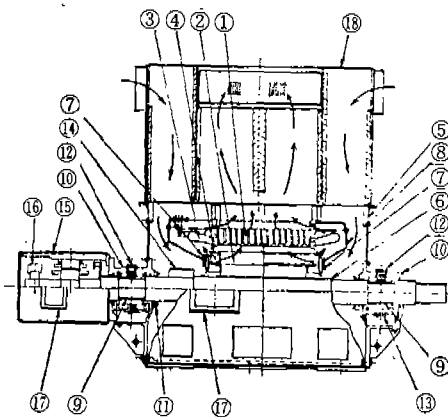
(c) 機械部品

固定子틀, 回轉子軸, 베어링 등으로 구성된다.

2·5·2 同期電動機의 特性

(1) 無負荷飽和特性和 短絡特性

同期電動機를 發電機로 하여 無負荷, 定格速



番號	構 造
1	固定子鐵心
2	回轉子鐵心
3	固定子코일(電機子코일)
4	回轉子코일(界磁코일)
5	프레임
6	軸
7	팬
8	바람받이
9	베어링
10	브래킷
11	베어링端 커버
12	밸브
13	오일링
14	放電抵抗
15	交流勵磁機
16	回轉整流器
17	端子函
18	사일렌서

〈그림 2·43〉 開放形 브러시리스 同期電動機의 構造断面圖

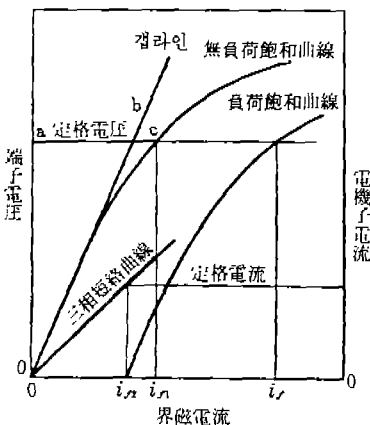
度로 運轉하고 있을 때의 界磁電流와 端子電壓과의 關係를 표시하는 曲線을 無負荷飽和曲線이라 한다.

原點을 通하여 無負荷飽和曲線에 接하는 直線을 罅 라인이라고 하며, 各端子電壓에 있어서 磁氣回路의 罅 部分에 磁束을 通하는 데 必要로 하는 界磁電流值를 표시한다. 또한 無負荷飽和曲線과 罅 라인 差의 界磁電流는 鐵部에 磁束을 通하는 데 필요한 界磁電流值를 표시한다.

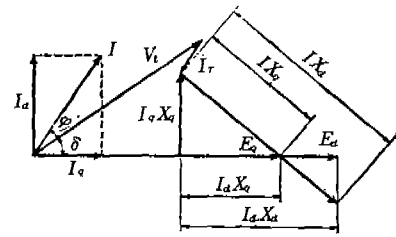
한편, 同期機를 發電機로 하여 三相全端子를 短絡하여 定格速度로 運轉하였을 때의 電機子電流와 界磁電流의 關係를 표시하는 曲線을 三相短絡曲線이라 하고 이는 直線이 된다.

그림 2·44에 이들의 特性曲線을 표시한다. 그림 2·44에서 定格速度, 無負荷로 定格端子電壓을 發生하는 데 필요한 界磁電流 i_{r1} 과 三相短絡時에 定格電機子電流를 흘리는 데 필요한 界磁電流 i_{r2} 와의 比 i_{r2}/i_{r1} 을 短絡比라고 한다. 短絡比가 큰 機械를 鐵機械, 短絡比가 작은 機械를 銅機械라 한다. 鐵機械의 경우에는 덩치가 크고 效率이 나쁘나 한편 큰 脫出 토크를 얻을 수 있는 등의 특징을 갖는다.

(2) 同期電動機의 벡터 圖



(그림 2·44) 同期電動機의 特性曲線



- E_a : 内部誘起電壓 (内部同期 리액턴스 電壓)
- E_q : 内部橫軸 리액턴스 電壓
- V_t : 端子電壓
- I : 電機子電流
- I_a : 電機子電流의 直軸分
- I_q : 電機子電流의 橫軸分
- I_r : 電機子抵抗降下
- φ : 力率角
- δ : 内部相差角

(그림 2·45) 同期電動機의 벡터 圖

그림 2·45에 突極形同期電動機의 進力率運轉時의 벡터圖를 표시한다. 内部相差角 δ 는 同期電動機의 出力에 關한 것으로, 벡터圖에서 다음과 같이 求할 수 있다.

$$\tan \delta = \frac{I \cdot X_q \cos \varphi}{V_t + I \cdot X_d \sin \varphi} \quad (2.14)$$

端子電壓 V_t , 電機子電流가 I , 力率이 $\cos \varphi$ 의 負荷狀態를 維持하는 데 필요한 内部誘起電壓 E_a 는 그림 2·45에 의해 다음 式으로 표시된다.

$$E_a = V_t \cos \delta + I \cdot X_d \sin(\varphi + \delta) \quad (2.15)$$

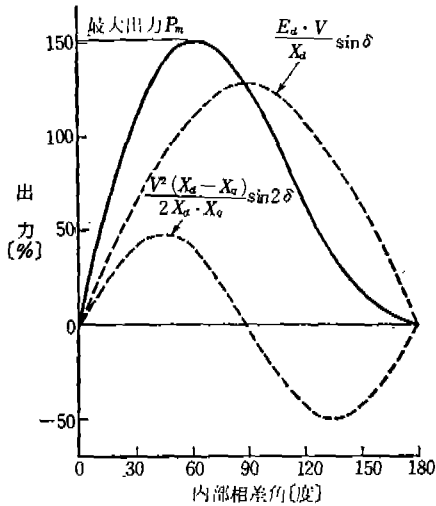
電壓 E_a 에서 鐵部의 飽和를 고려하지 않는 경우의 界磁電流值가 求하여지고 이 값에 鐵部의 飽和에 의한 界磁電流의 增加分을 더하면 이 運轉에 필요한 界磁電流值를 求할 수 있다.

(3) 同期電動機의 出力

同期電動機의 入力에서 同期電動機의 損失을 빼면 出力이 되는데 이 損失이 無視된다고 하면 同期電動機의 出力은 다음 式으로 표시된다.

$$P = \frac{E_a V_t}{X_d} \sin \delta + \frac{V_t^2 (X_d - X_q)}{2 X_d \cdot X_q} \quad (2.16)$$

또 内部相差角 δ 와 出力 P 의 關係를 그림으



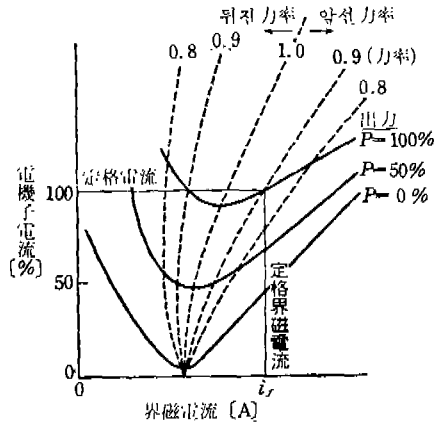
〈그림 2·46〉同期電動機의 出力
— 内部相差角

로 표시하면 그림 2·46과 같이 된다.

2·16 式의 第 1 項은 円筒形回轉子機의 出力, 第 2 項은 突極性에 의한 出力으로, 이 兩者의 合計가 突極形同期電動機의 出力이 된다. 그림 2·46의 出力—内部相差角曲線에서 P_m 은 定格周波數, 定格電壓, 一定勵磁下에서의 同期電動機가 運轉할 수 있는 最大出力이며, 이 값을 토크로 表現하여 脫出 토크라고 한다. 脫出 토크의 값은 同期機 規格 JEC 114에 의하여 突極機의 경우 150% 以上, 円筒機의 경우는 135% 以上으로 定하여져 있다.

또 同期電動機의 경우에는 引入 토크가 脫出 토크와 함께 特性을 決定하는 重要한 要素가 된다. 引入 토크는 起動하여 거의 同期速度에 達하고 定格周波數의 定格電壓이 加해지고 있는 同期電動機에 勵磁를 加하였을 때 電動機 自体 및 連結負荷의 慣性에 이겨 同期에 들어갈 수 있는 最大負荷 토크를 표시하는 것이다

同期電動機가 同期化하기 위하여는 우선 直流勵磁의 크기와 이를 주었을 때의 슬립과 플라이휠 效果의 三者間에 다음과 같은 式으로 표시되는 近似關係가 만족되어야 한다.



〈그림 2·47〉同期電動機의 V 曲線

$$s < \frac{242}{N_s} \sqrt{\frac{P_m}{CD^2 \cdot f}} \quad (\text{單位法}) \quad (2.17)$$

여기서 s : 直流勵磁를 주었을 때의 슬립

N_s : 回轉數 [rpm]

P_m : 그 勵磁에 있어서의 脫出 토크에 相當하는 出力 [kW]

GD^2 : 플라이휠 效果 [$\text{kg} \cdot \text{m}^2$]

f : 電源周波數 [Hz]

(4) 同期電動機의 V 曲線

同期電動機를 一定電壓, 一定周波數下에서 運轉, 無負荷 또는 一定出力下에서 界磁電流를 增減하여 界磁電流와 電機子電流와의 關係를 求하면 V形狀의 曲線을 얻을 수 있다.

이를 同期電動機의 V曲線이라 하며 그 例를 그림 2·47에 표시한다.

通常 同期電動機는 1.0 또는 앞선 力率에서 使用되는데, V曲線을 利用함으로써 同一出力에서 界磁電流를 變化시켰을 때의 力率의 變化量을 알 수 있다. 따라서 同期電動機가 걸려 있는 系統의 力率改善計劃이 可能해진다. 또 一定한 界磁電流下에서 同期電動機의 出力이 變化하였을 때의 力率의 變化量도 V曲線에서 알 수가 있다.

〈다음 號 계속〉