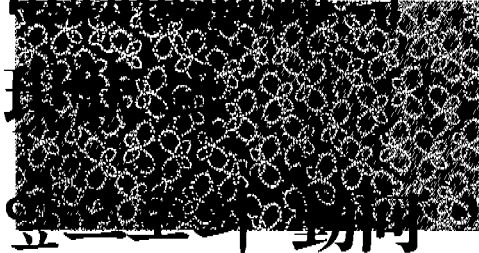


電動機制御의



The Status, Trend and
Prospect of Motor
Control Systems

金 基 秀

暁星重工業(株) 專務

1. 序 論

電動機는 總發電電力의 60%를 所要할 만큼 全産業分野에서 動力源으로의 中樞役割을 擔當하고 있다. 이러한 電動機의 運轉方式은 要求되는 速度-Torque 特性曲線, 電動機의 種類, 容量 및 電源의 種類에 依해 決定되며, 1973年 오일쇼크 以後 Energy Cost의 급등으로 省 Energy, 省資源, 省保守의 觀點에서 運轉 方式이 크게 考慮의 對象으로 抬頭되었다.

電力用 半導體 Switch 素子의 進歩 以前에는 特殊한 補助機器를 電動機 制御에 使用하여 制御의 質이나 效率의 犠牲을 甘受하였으나 Thyristor의 開發과 電子回路의 눈부신 發達에 힘 입어, 電力電子(Power Electronics)라는 새로운 學問이 誕生하여 從來에 理論上으로는 可能하였으나, 技術的·經濟的인 落後로 商業化 되지 못했던 回路와 制御方式이 採擇되어, Thyristor의 出現以來 約 20年間 急速한 技術進歩를 하였고 今後에도 繼續 發展이 期待되어, 産業界에 이루 말할 수 없을 程度의 커다란 寄與를 하게 될 것이다.

특히 Power Electronics는 省Energy와 密接한 關係를 맺고 있기 때문에 各種機器의 Power Electronics化는 省Energy化라고 말하고 있다. 이것은 Power Electronics가 Switching Device로서 高壓大容量, 低損失, 高性能의 特徵을 발휘하기 때문이다.

電動機의 制御領域에는 起動, 運轉, 制動制御들이 包含되지만 本稿에서는 特히 Power Electronics에 依한 速度制御 方式에 關한 現況과 動向에 對해서 簡單히 紹介하고자 한다.

2. 電動機의 可變速驅動 System

2.1 直流電動機의 可變速制御

可變速運轉되는 電動機中에서도 制御가 簡單하고 優秀한 運轉特性이 얻어지는 것이 直流電動機이다.

直流電動機는 電機子電流와 磁束(界磁電流)을 各各 獨立해서 制御할 수 있기 때문에 發生

Torque의 瞬時値 制御가 容易하고, 電流 制御 特性이 優秀한 變換器 (Thyristor Leonard 및 Chopper)와의 組合에 依해 精密한 速度制御나 定出力制御等이 實用化 되고 있다.

이 때문에 小容量에서 大容量機 까지 各種 産業分野에 直流電動機가 널리 採用되고 있다. 그러나 잘 알다시피 直流電動機는 機械的 接觸機構인 整流子和 Brush 때문에 이 部分의 電流密度에 起因한 容量 限界의 問題點이 있고 또 整流子和 Brush의 定期的인 保守가 必要하다.

直流電動機의 可變速 驅動裝置인 Thyristor Leonard는 Thyristor의 大容量 低損失·高信賴性化에 依해 System의 效率 및 信賴性이 向上되어 制御裝置의 小形輕量化도 實現되었으며 從來 D.C.750V까지의 主回路電壓도 D.C.1200V까지 高壓化 되었고, 容量限界도 擴大되어, 二重電機子 構成으로 8000kW 45/90RPM의 直流電動機가 鐵鋼壓延 驅動用 單一機로 製作되었다.

이 裝置에는 4000V-1500A Thyristor를 採用하여 從來의 裝置에 比해 Thyristor 數를 20

%로 줄여 取付面積도 물론 小形化 되어 電氣室 面積의 縮少, 主回路 Cable을 包含한 電力損失을 低減, 保守性 向上을 圖謀하였다.

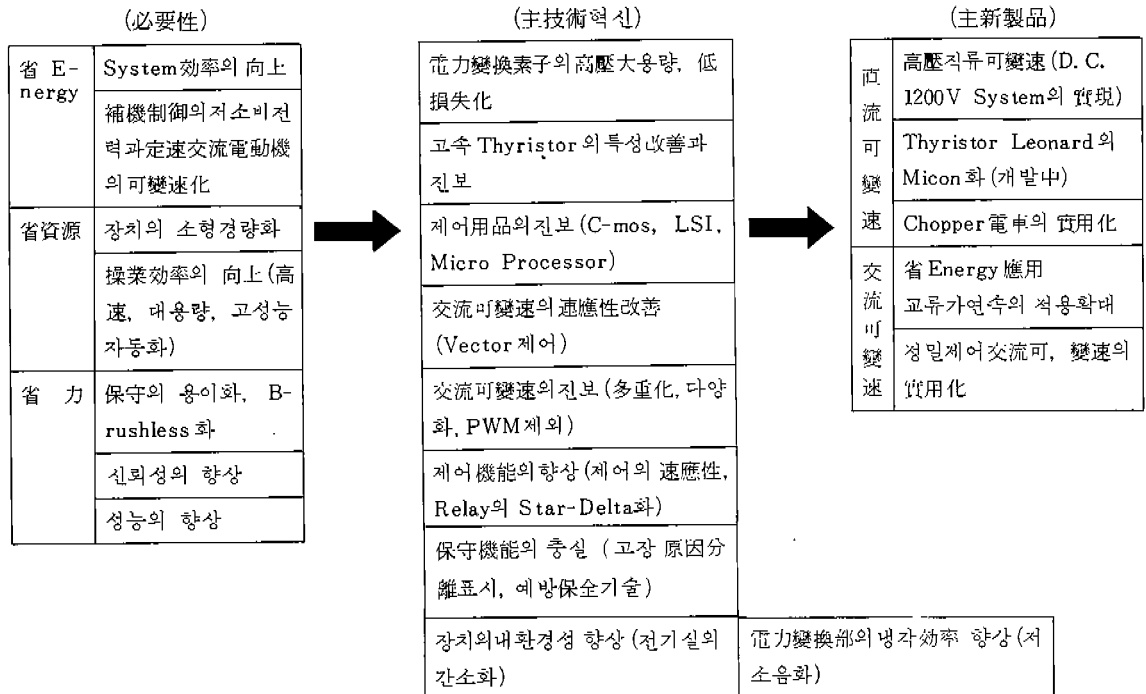
한편 制御技術은 오랜 歷史와 더불어 거의 完成段階에 到達하고 있고, 制御用品의 技術혁신과 더불어 總合的인 經濟性 追求를 爲한 特性改善이 눈부시게 이루어지고 있다.

電動機의 可變速 System의 主技術 動向은 表1에 表示한 바와같고, 最近에는 Micro Computer, 高性能 Micro Processor 등의 周邊 LSI의 광목할만한 發達로 새로운 制御 Device가 各分野에 널리 採用되어 우리나라의 浦項綜合製鐵工場에 採擇되었다.

Chopper Control은 直流電壓을 斷續하여 負荷에 印加함으로써 平均電壓을 任意로 變化시킬 수 있기 때문에 小容量 電動機의 可變速 驅動裝置나 電氣鐵道の 制動電力回生에 應用되고 있다.

電車의 Chopper 制御方式에는 電機子 Chopper, 界磁 Chopper, 抵抗 Chopper方式이 있으나 一般的으로 널리 採用되고 있는 것은 電機

(表-1) 電動機 可變速驅動 System의 技術動向



(表-2) Power Electronics에 의한 대표적인 電動機 速度制御

區分	電力變換方式	制御方式	速度制御範圍[%]	回生可否	主回路方式	特 徵	
直 流 電 動 機	A C ↓ D C	Thyristor Leonard	0 ~ ±100	可		1. 正, 負負荷 Torque에 對하여 속도제어 可能 2. 정류자, Brush 의 보수필요	
	D C ↓ D C	Chopper	10~90	可		1. 定電壓直流電源 으로 속도제어 可能 2. 정류자, Brush 의 보수필요	
誘 導 電 動 機	A C ↓ A C	一次電壓 制御	70~100	不可		1. 比較的 회로구성 이 간단 2. 効率, 力率이 나 쁘다	
	A C ↓ D C ↓ A C	Thyristor Scherbius (2차전압 제어)	70~100	不可		1. 比較的 効率 및 力率이 양호 2. 起動장치 必要	
	A C ↓ D C ↓ D C	二次 Chopper	65~100	不可		1. 회로構成이 간단 2. 効率が 나쁘다	
	A C ↓ D C ↓ A C	電流形 Inverter 電壓形 Inverter	周 波	0~100 0~±100	不可 可		1. 正, 負負荷 Torque에 對하여 속도제어 可能 2. 회로構成이 복잡
同 期 電 動 機	A C ↓ A C	Cyclo- Converter 또 Converter Inverter	數 制 御	0 ~ ±100	可		1. 直流機와 同一한 제어 특성을 갖는다 2. 回轉位置檢出器가 必要

子 Chopper 方式으로 이 Chopper 電車の 電力消費量은 從來의 抵抗制御車의 60%로서 現在 서울市 地下鐵 # 3, 4 号線은 電機子 Chopper 方式을 採用하기로 決定되었다.

2.2 交流電動機의 可變速制御

交流電動機의 可變速 驅動 技術은 Power Electronics 의 進歩와 더불어 急速히 實用化되어 省 Energy, 省力을 目的으로 하여 應用分野가 擴大되고 있다.

交流電動機는 一次周波數, 一次 또는 二次電壓의 어느 것이든지 制御하여 可變速化 할 수 있다. 또한 電動機의 種類도 同期電動機, 籠形誘導電動機, 卷線形誘導電動機가 있으며, 이러한 電動機와 制御方式을 組合하여 여러가지의 可變速驅動 System이 實用化되고 있다.

이와같은 可變速驅動 System의 多種多樣化는, 直流機의 整流子 및 Brush 마모에서 초래되는 問題點의 解決策으로 Brushless化에 依한 耐環境性이 우수한 交流電動機를 採用하는 境遇, 總合的인 經濟性을 追求하여 各種方式의 特徵을 살려 適用해야 된다. Power Electronics 에 의한 代表的인 速度制御는 表 2 와 같다.

交流電動機의 速度는 Closed Loop 制御方式과 Open Loop 制御方式이 있으며 電動機의 一次周波數制御에는 兩方式이, 一次電壓 制御나 2次電壓制御에는 Closed Loop 制御方式이 使用된다.

一次周波數의 Open Loop 制御에는 電動機 磁束을 一定하게 하기 爲해 一次電壓 V 와 一次周波數 F 를 거의 一定比로 制御할 수 있기 때문에 VVVF (Variable Voltage Variable Frequency)라 부르며, 一台의 驅動裝置로 여러臺의 電動機의 並列運轉이 可能하여 各種 Table 電動機의 驅動이나 纖維의 紡糸機 驅動等に 使用되고 있다.

同期 電動機는 電機子 電流와 界磁電流를 獨立해서 制御할 수 있기 때문에 電機子 反作用을 適切하게 補償하면 Thyristor Motor System은 直流電動機의 整流子와 Brush 를 半導體化한 것이기 때문에 直流電動機와 同一한 發

生 Torque의 瞬時値制御가 容易하다.

이밖에도 變換器는 自然轉流(負荷轉流)를 利用하여 高壓化가 容易하고 高壓電動機의 直流驅動이 可能하다.

Thyristor Motor 는 表 2 에 表示한 바와같이 AC→AC變換(交流式)과 AC→DC→AC變換(直流式)方式이 있는데 直流式은 Thyristor 印加電壓이 낮아 高壓 大容量化에 適合하다.

또한 籠形誘導電動機는 Brush나 Slip Ring이 없는 가장 堅固한 것으로 耐環境性에 優秀한 電動機이지만 從來의 Closed Loop 制御方式에는 精密한 發生 Torque의 瞬時値 制御가 不可能하였다. 이는 電動機 一次電流의 크기만을 制御한 것이기 때문이었다.

籠形誘導電動機를 精密制御하기 爲한 새로운 制御方式으로 Vector 制御方式이 實用化 되었다. 이 Vector 制御方式은 電動機의 空隙磁束과 그 位相을 檢出하여 電動機 電流를 이 磁束에 相當하는 磁束 發生分路器와 分離하여 서로 獨立시켜 制御하는 方式이다.

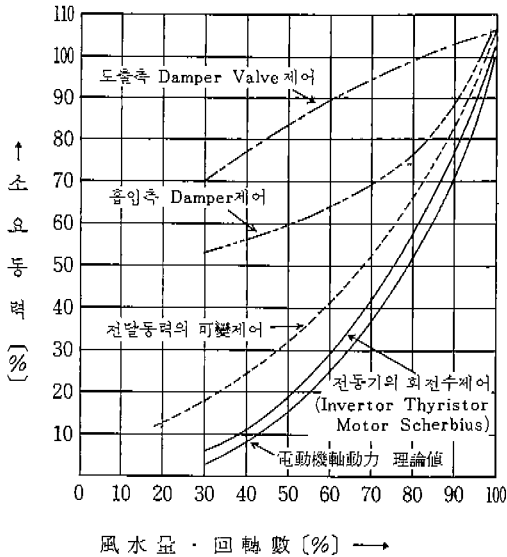
磁束檢出에는 Hall素子를 使用하여 直接檢出하는 方法과 電動機의 電壓 電流波形의 瞬時値를 檢出하여 이러한 것을 演算回路에 依해 磁束成分과 이것에 直交하는 Torque 成分으로 나누어 算出하는 方式으로서 籠形誘導電動機의 周波數 制御는 名實공히 直流電動機와 同等한 性能을 갖게 되었다.

3. 定速交流電動機의 可變速化에 의한 省 Energy

(1) 交流電動機의 省電力法

保守性和 經濟性이 優秀한 交流電動機는 大部分 定速度로 運轉되어 왔으나 前述한 바와같은 理由로 여러가지의 省電力 速度制御 運轉法이 實施되고 있다. 電動機의 負荷特性에는 다음과 같은 것이 있다.

- (a) 定 Torque 形 : 速度를 變化해도 Torque 는 一定
- (b) 定出力形 : 速度에 反比例해서 Torque 가



〈그림 - 1〉 Blower, Pump의 所要動力 特性例

變化

(c) 2乘 Torque形 : 速度의 2승에 比例하여 Torque 變化

Blower, Fan 및 Pump 등의 風水力 機器는 2승 Torque 特性으로 速度의 3승에 比例해서 所要動力이 變化하기 때문에 省電力 效果가 크다. 그림 1은 風水力機器의 省電力法을 表示한 것이다.

運轉時間의 減縮은 쓸데없는 運轉을 하지 않도록 ON-OFF 制御를 行하는 方法으로 가장 簡單한 方法이다. 그러나 大容量 電動機는 빈번히 始動 停止를 行할 수 없기 때문에 Inverter 등의 始動裝置로 始動電流를 低減할 必要가 있다.

風水量의 連續可變制御는 前記한 2승法을 一層 發展시킨 方法으로 省電力 效果가 크며, 連續인 風水量 制御를 行하기 爲해서는 電動機의 回轉數制御를 行하는 方法과 一定速度의 電動機의 負荷側에서 行하는 方法이 있다.

電動機의 回轉數 制御方式은 高効率의 交流 可變速 驅動 System이 實用化 되어 其他의 省電力法보다 가장 效果가 크고 System化가 容易하여 新設設備 뿐만이 아니라 既存 設備에도 活潑하게 適用하고 있다.

(2) 電動機의 回轉數 制御方式과 適用法

交流電動機의 可變速 驅動 System을 表 2에 表示한 바와 같은 方式이 있지만 風水力機器의 回轉數 制御에 使用되고 있는 것으로서는 運轉 效率이 높은 System인 電流形 또는 電壓形 Inverter, Scherbius, Thyristor, Motor가 있다. 그림 1에서 보는바와 같이 Inverter, Scherbius 및 Thyristor Motor System은 所要動力이 回轉數의 3승에 따라 變化하기 때문에 가장 省電力 效果가 크다.

電動機의 負荷側에서 傳達動力을 可變速 制御하는 方式은 Slip 量을 制御하는 것으로서, Slip에 比例하여 損失이 增加하기 때문에 省電力 效果가 적다.

또한 100% 速度로 運轉하는 경우에는 各方式 共히 理論値보다 所要動力을 增加시켜 놓고 商用電源으로 直接 驅動하는 方法이 最適이지만, 回轉數 制御方式에는 商用電源으로 驅動電源 切換이 可能하다.

4. 結 論

電動機의 速度制御를 하는 二大 方向에는 高精密度의 性能을 追求하는 것과 省 Energy를 目的으로 하는 것이 있다. 前者를 滿足시키는 것은 現今까지 直流機의 Thyristor 制御가 優勢하였으나 制御技術의 赫赫한 發展과 Thyristor 素子의 高壓 大容量化에 따라 制御裝置의 價格 低廉化에 힘입어 Maintenance Free인 誘導機의 周波數制御와 無整流子 電動機 쪽이 有利해지는 추세이며 鐵鋼壓延主機의 交流機(誘導電動機 및 同期電動機)化가 繼續 研究中이고 머지않은 將來에 實現 可能性이 거의 確實해지고 있다.

그 例로서 가장 信賴性과 安全性, 性能이 保障되어야 하는 電鐵用 牽引電動機와 高層建物用 Elevator의 驅動에 誘導機와 周波數制御가 現在 제작되어 試驗中에 있다.

電力電子를 應用한 最新의 開發分野는 無整流子 電動機 誘導機의 Vector 制御뿐만 아니라

라 誘導機의 制御回路를 無整流子 電動機와 같이 簡單히 하는 研究, G-TR, GTO 等 새로운 Switching 素子와 Micro Computer를 誘導機의 最高 效率運轉等 多樣한 制御方式이 研究中으로 今後 이를 Base로 해서 電動機制御의 開發이 一層 活潑하게 될 展望이다.

우리나라는 비록 現今까지도 電力用 半導體素子를 生産하지 못하여 外國에 依存하고 있고 Power Electronics 技術開發이 低調하지만 學界나 KAIST에서는 오래前부터 研究해온 바 어느 程度의 水準에 到達해 있다.

한편 經驗과 技術能力의 不足으로 小數의 企業에서 初步的인 製品만을 生産하고 있으나

信賴性和 性能上 大部分의 制御裝置들은 外國에서 輸入되고 있는 實態이다.

따라서 Power Electronics를 專攻하는 高級人力을 배출하여 先進國의 技術을 착실하게 消化하여 우리의 技術能力으로 製鐵工場이나 地下鐵과 같은 巨大한 Project를 System Engineering으로부터 參與하여 完成해야 될 것이다.

暁星重工業 技術研究所에서도 重電機 Maker의 必須事業인 Power Electronics 分野의 技術開發에 集中投資를 하고 있으며, 머지않은 將來에 國內의 需要를 充足시킬 것으로 展望되고 있다.

● 알 릫 ●

比律賓에 進出할 電氣機器 製造業체

本協會, Phils社 要請에 7個社 紹介

海外 15個國의 各電氣關係 業·團體와 國際交流를 하고 있는 本協會는 이번에 比律賓 Phils社로 부터 比律賓에서 事業活動을 願하는 韓國의 電氣機器 製造業체를 紹介해 달라는 要請을 받고, 이를 各會員社에 通報한 結果 東洋精密工業(株)等 7個業체에 對한 現況 主生産品, 生産能力 등을 Phils社에 回信, 紹介했다.

● 希望業체 ●

東洋精密(株), 二和電氣工業(株), 寶星物産(株)
新榮電機(株), 榮和産業(株), 三和こん덴서(株)
三興重電機(株)

March 4, 1982

Korea Electric Association
11-4, Supyo-dong, Chung-ku
Seoul 100 Korea

ATTENTION: Mr. Kim Yeong-Joon
President

Gentlemen:

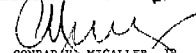
We are a major electrical equipment supplier of public utility firms in the Philippines.

Realizing the capability and vast potential, notwithstanding the geographical proximity as well as the close cultural and political ties of our two countries, we would appreciate it if you can furnish us names and address of manufacturers and suppliers of electrical equipment who are desirous of doing business in the Philippines.

We thank you for the kind attention and would appreciate an early reply to this inquiry.

Very truly yours,

WOLT INTERNATIONAL (PHILS.), INC.


CONRAD V. McCALLFER, JR.
President

Phils社로 부터 本協會 金榮俊會長 앞으로 온 서한