

可變速電動機의 制御技術

尹炳道
(中央大 工大 教授)

目 次

- 1. 緒 論
- 2. 直流電動機
 - 2.1 다이리스터 레오나드 制御
 - 2.2 초퍼制御
- 3. 交流電動機
 - 3.1 인버터制御
 - 3.2 다이리스터 모터制御
 - 3.3 벡터制御
- 4. 結 論
- 參考文獻

1 緒 論

可變速電動機로서의 直流電動機는 電動發電機에 의한 Ward Leonard 方式에서 水銀整流器의 位相制御에 의한 静止 Leonard 方式으로 直流電動機 驅動的 静止化가 되고 다이리스터에 의하여 直流電動機의 可變速制御方式은 거의 다이리스터의 位相制御에 의한 다이리스터 레오나드方式으로 옮겨졌다. 한편 인버터에 의한 交流電動機의 可變速制御系가 일반 産業用에 등장되고 最近에는 Power Electronics와 Micro Electronics의 發展에 힘입어 交流可變速制御方式은 直流電動機方式에 의한 領域에도 들어가게 되는 양상을 나타내고 있다.

특히, 高性能 可變速制御方式에서는 종래에는 直流電動機의 다이리스터 레오나드 方式이 主流를 이루었고 그 制御性의 우수함에 現在에도 높이 評價되고 있다.

그러나, 直流電動機가 갖는 機械的 整流機構는 保受·유지상 나쁜점등 결점을 갖고 있다. 여기에 대하여 制御性이 나쁜 점으로 그 응용에 限定을 받고 있던 交流可變速驅動制御는 Vec-

tor 制御技術의 發展에 의하여 直流可變速制御에 손색없는 높은 制御性을 갖게 되고 直流電動機가 갖는 整流機構등에 의한 결점이 없으므로 점차 그 사용범위가 넓어져가고 있다. 實用期를 맞게된 Vector制御技術에는 高速 다이리스터, GTO나 Power Transistor등 自己消弧素子를 사용한 고성능 電力變換技術, Microprocessor의 發展에 의한 制御系의 高度化등을 들 수 있다. 여기에서는 주로 可變速制御에 많이 活用되는 다이리스터 레오나드制御, 초퍼制御, Inverter制御 그리고 Vector制御등에 대하여 알아보기로 한다.

2 直流電動機

2.1 다이리스터 레오나드制御

다이리스터 레오나드方式은 壓延機용을 중심으로 아직도 可變速電動機의 主役을 차지하고 있다. 다이리스터 레오나드方式은 直流電動機의 可逆運轉의 有無등 負荷가 요구하는 特性에 따라 그림 1 과 같은 主回路構成方式이 있다.

그림 1(a)와 같은 順方向 一方向性 結線方式에서는 主回路電流가 一方向만을 흐르는 構成

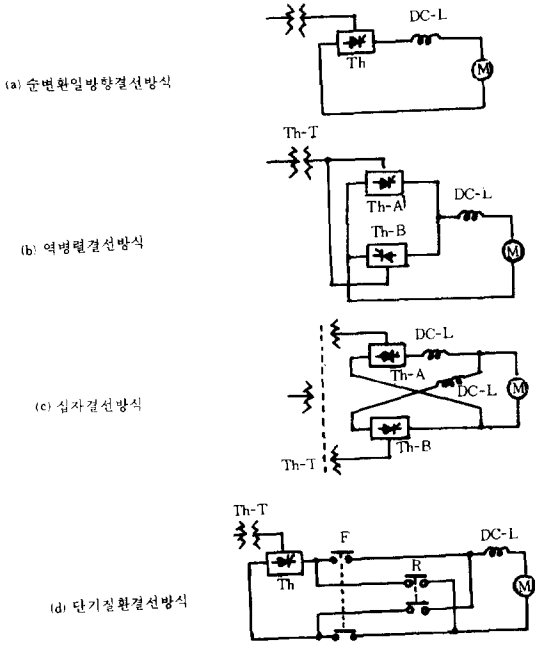


그림 1. 다이리스터 레오나드의 主回路 結線方式

으로 逆轉, 回生運轉을 하기 위해서는 主回路를 切換하거나 電動機界磁를 切換하여야 된다.

그림 1(b)는 다이리스터 브리지를 逆並列로 접속한 方式으로 4象限運轉이 可能하고 다이리스터의 低コスト化와 制御技術의 向上에 의하여 最近에 一般化된 方式이다. 이 方式에서는 F, R간에 循環電流를 흐르지 않게하는 方式과 F, R간에 直流感應電壓를 삽입하여 양 變換器의 게이트를 동시에 살려서 循環電流를 흐르게 하는 方式이 있다. 一般的으로 逆並列方式이라함은 前者를 가르키는 것으로 생각하여도 좋다. 이 方式은 F, R의 切換時에 電流가 零이되는 期間이 必要하고 데드타임이 制御의 應答性에 影響을 주는 수도 있으나 電流의 마이너루프制御의 進전으로 수ms정도까지 斷續될 수 있게

되어 특수용도 이외에는 큰 문제가 되지 않는다.

그림 1(c)는 十字結線方式으로 逆並列結線에서의 데드타임이 없어지고 變換器出力을 완전히 線形的으로 制御할 수 있으나 變壓器卷線이 2組가 필요하게 되는 등으로 逆並列方式으로 거의 바뀌고 있다.

그림 1(d)는 單基切換 方式으로 主回路를 F, R의 接觸기로 切換하여 4象限運轉이 可能하지만 切換時의 데드타임, 接觸기의 機械的 壽命 등으로 실용에는 그다지 사용되지 않고 있다.

그림 2는 마이크로 컴퓨터에 의한 다이리스터 레오나드方式의 構成例를 나타낸 것이다.

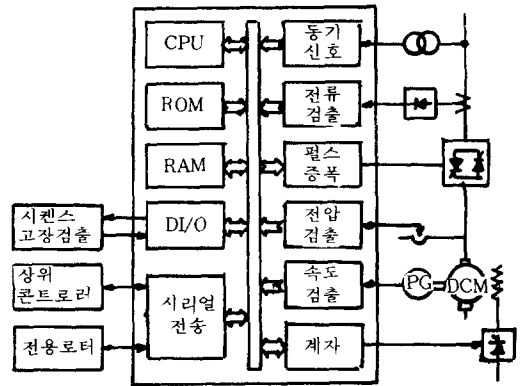


그림 2. 마이크로 컴퓨터에 의한 다이리스터 레오나드制御의 構成例

2.2 초퍼制御

直流通퍼方式은 DC-DC컨버터로서 直流通車의 主回路制御를 위시하여 直流通動機의 可變速制御方式으로 등장하게 되었고 自己 消弧素子의 進전에 따라 포오크리프트의 制御등 一般産業用 直流通動機의 速度制御용에도 널리 사용되어 가고 있다.

다이리스터를 사용한 초퍼回路方式에는 轉流回路에 따라 케소드펄스方式和 反발펄스方式등을 들 수 있다.

그림 3은 케소드펄스式 초퍼回路를 나타낸 것이고 (a)는 시동시 보조 다이리스터 ACRF부터 點弧할 필요가 있고 이때 初期充電에 대한 점을

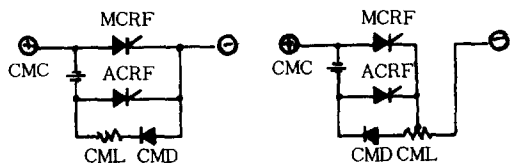


그림 3. 캐스트필스식 초퍼회로

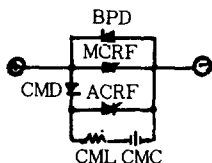


그림 4. 並列消弧形 反撥펄스식 초퍼회로

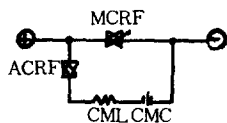


그림 5. 直列消弧形 反撥펄스식 초퍼회로

개량한 것이 (b)의 JONES회로이고 현재 그다지 실용화되지 않고 있다. 反撥펄스方式은 널리 실용화되고 있는 方式으로 그림 4는 並列消弧形 反撥펄스方式이고 그림 5는 直列消弧形 反撥펄스方式이다.

並列消弧形은 主 다이리스터 MCRF의 電流 責務가 가볍기 때문에 많이 사용되었으나 最近에는 逆導通다이리스터의 등장으로 直列消弧形이 주류를 이루고 있다.

그림 6은 直卷電動機의 電機子 電壓을 制御하는 電機子 초퍼制御系를 나타낸 것이다.

그림 7은 複卷電動機의 分卷界磁制御에 초퍼

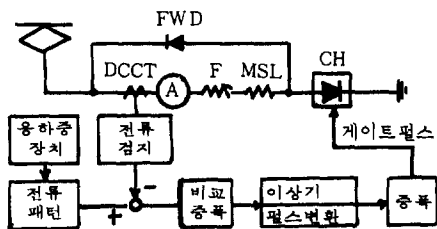


그림 6. 電機子 초퍼制御系

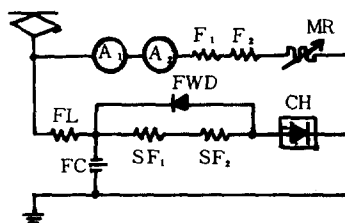


그림 7. 界磁초퍼制御系

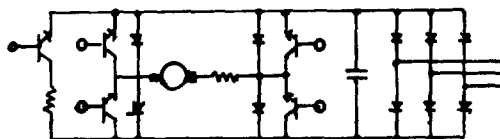


그림 8. 트랜지스터 초퍼에 의한 直流電動機의 可逆制御용 回路例

를 사용한 方式으로 抵抗器는 있으나 小容量 초퍼로 回生制御이 되어 實用例가 많은 方式이다.

最近에는 터언오프 다이리스터 (GTO)나 파워 트랜지스터등 自己消弧素子에 의한 制御方式도 상당히 등장하고 있다.

그림 8은 트랜지스터 초퍼에 의한 直流電動機의 可逆制御용 回路例를 나타낸 것이다.

3 交流電動機

3.1 인버터제

交流可變速制御方式의 기본은 電動機電源의 周波數制御이고 自勵式 인버터에 의한 誘導 電動機의 驅動方式이 앞으로 可變速電動機의 主流가 될 것으로 생각된다. 自勵式 인버터는 基本動作上 電壓形 인버터와 電流形 인버터로 대별된다. 電壓形은 直流電壓 一定方式과 可變方式이 있고 最近에는 直流電壓은 一定하게 하고 인버터에서 周波數와 電壓의 양쪽을 制御하는 方式이 많이 사용되고 있다. 특히 最近의 高速自己消弧素子의 진전에 의하여 回路構成이 간단하고 出力電流의 高周波가 억제되는 PWM方式이 현저하게 대두되고 있다.

그림 9는 파워 트랜지스터에 의한 電壓形 인버터의 主回路를 나타낸 것이고 인버터에

서 V/F一定制御를 하게 한다.

그림10은 電壓形 인버터의 PWM制御의 原理를 나타낸 것이다.

그림11은 電壓形 인버터에 의한 V/F制御 PWM 인버터의 回路構成을 나타낸 것이다.

電流形은 基本的으로 直流電壓 可變方式이고 그림12는 電流形 인버터의 主回路를 나타낸 것이고 出力電流의 크기는 콘버터에서 制御하

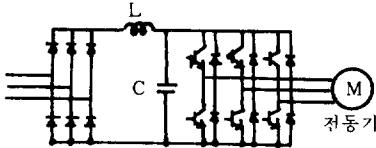


그림 9. 電壓形 인버터의 主回路

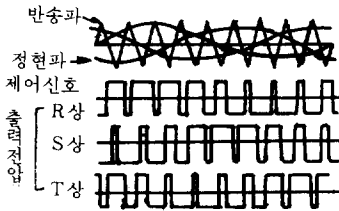


그림 10. 電壓形 인버터의 PWM制御원리

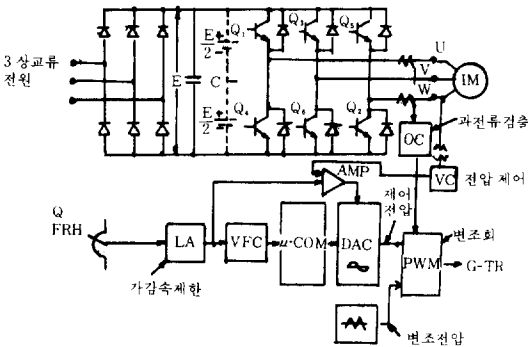


그림 11. V/F制御 PWM 인버터 回路構成

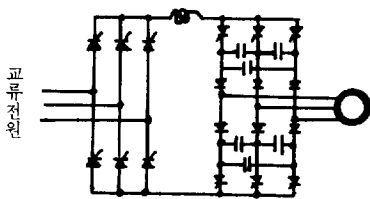


그림 12. 電流形 인버터의 主回路

고 出力電流의 位相은 인버터에서 制御한다.

3.2 다이리스터 모터制御

同期電動機의 磁極位置를 檢出하여 다이리스터에 直流電動機의 整流子의 역할을 하게 하여 速度制御를 행하는 方式으로 無整流子電動機라고도 하고 他勵式 轉流動作을 함으로 비교적 回路構成이 간단하고 大容量 交流可變速系에 적합하다.

그림13은 電流形 인버터에 의한 다이리스터 모터의 制御系統을 나타낸 것이다.

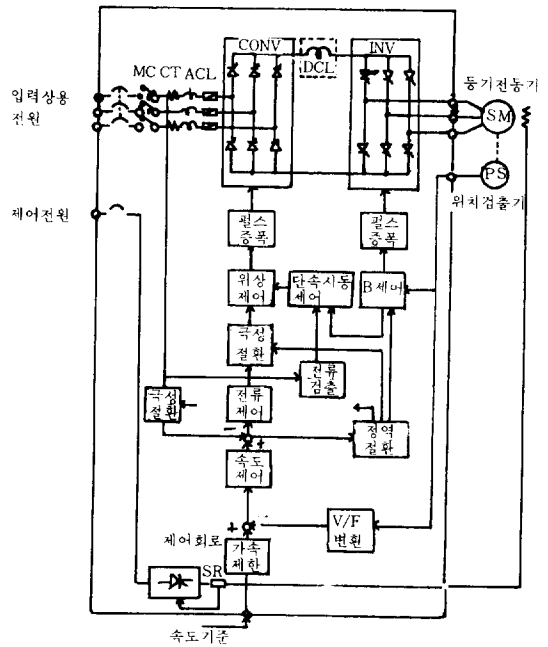


그림 13. 다이리스터 모터制御系統圖

이 制御에서 同期電動機의 界磁의 回轉位置를 檢出하는 位置檢出器 PS를 두어 位置檢出器 PS에서의 檢出信號로 인버터 回路 INV의 主 다이리스터의 터언은 타이밍이 制御된다. 이 機能은 直流電動機의 브러시와 整流子의 機能을 半導體化한 것으로 無整流子電動機라고도 부르게 된다.

3.3 벡터制御

誘導電動機의 周波數制御는 넓은 速度범위에

걸쳐서 토오크를 制御할 수 있는 方式이고 空隙磁束을 거의 一定하게 유지하기 위하여 V/F 一定制御가 사용된다.

그러나, 이 制御方式은 토오크의 平均值를 制御함으로 動特性이 좋지 못하다.

여기에 대하여 벡터制御는 토오크나 磁束의 瞬時치를 制御하는 高性能制御이다. 벡터制御는 電流벡터를 磁界方向의 成分과 이와 直交하는 成分으로 나누어 磁化電流 成分과 이와 直交하는 토오크電流成分을 각각 독립적으로 制御하는 方式이다. 制御의 基準이 되는 磁界의 檢出에는 電壓모델법과 電流모델법이 있다.

벡터制御에서 正確한 磁束位置檢出은 制御特性을 左右한다.

그림14는 벡터制御 電流形 인버터의 構成圖이다. 電流形 인버터에서 그 出力電流의 크기는 콘버터에서 制御하고 出力電流의 位相은 인버터에서 制御한다. 磁束벡터의 方向을 正確하게 檢出하기 위하여 回轉子位置와 電流設定値에서 電流모델법으로 마이크로컴퓨터化 처리하기 이다

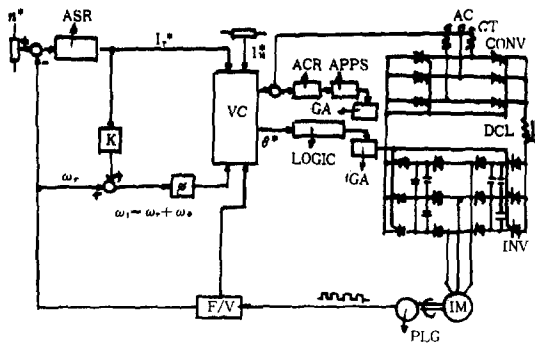


그림14. 벡터制御 電流形 인버터의 構成圖

4 結 論

다이리스터 레오나드方式에 의한 直流電動機의 可變速制御技術은 거의 완성단계에 이르고 있고 可變速電動機로서는 앞으로도 主役을 계속 담당할 것으로 생각된다. 그러나 自動式 인버터에 의한 可變速交流電動機는 主回路용에 自己 消弧形素子의 高速化, 大容量化와 함께 小形化, 低코스트化 될 可能性이 있어 앞으로도 技術開發의 余地가 많다. 더욱 可變速制御의 制御性向上이란 관점에서 볼 때 誘導電動機나 同期電動機에 벡터制御와 變換技術이 發展되고 마이크로 프로세서등 制御系가 高性能化됨에 따라 可變速 電動機로서 交流 電動機도 더욱 많이 活用되고 開發될 것이 期待된다.

參 考 文 獻

- 1) 朴旻鎬外, 特輯“電力電子”, KIEE Vol. 34, No. 3, March, 1985.
- 2) 長谷川達郎外, 特集 “Power Electronics”, JIEE Vol. 98, No. 5, May, 1978.
- 3) 地福順人外, 小特集 “最近의 可變速電動機의 技術動向”, JIEE Vol. 103, No. 9, Sept., 1983.
- 4) 中野孝良外, 特集 “마이크로 컴퓨터 應用技術”, JIEE Vol. 103, No. 5, May, 1983.
- 5) 松浦敏明外, Symposium S9, JIEE, Apr., 1986.
- 5) R. E. Morgan, AIEE Trans. comm. and Electronics 80, May, 1961.
- 7) T. Katta, et al, IEEE Trans. Indust. Applic. IA-13, 1, 1977.
- 3) M. Mombu, et al, “A New Current Source GT O Inverter with Sinusoidal Output Voltage and Current”, IEEE Trans. IA-21, 5, 1985.