



Motoronics 技術에 의 한 驅動시스템

The Driving System by
Motoronics Technology

黃煥文

釜山大 教授(工博)

自然에너지중의 電氣에너지를 우리 인간이 활용하기 시작하고 부터 電氣에너지의 機械에너지로의 에너지變換시스템은 계속 개발되어 왔다. 電氣에너지의 變換은 에너지의 傳送을 효과적으로 하기 위한 면도 있으나, 이를 動力으로 활용하기 위한 것이 주 목적이다.

變換方式중 가장 효율적인 것으로는 Electromechanical Energy Conversion일 것이다. 여기에는 電磁機構를 매개체로 하는 直流機, 同期機, 誘導機 및 交流整流子機등이 가장 利用度가 높으며, 이들은 오랜 연구결과, 에너지變換效率이 거의 90%에 이르러 工學的으로 最適化되어 있다. 그리하여 현재 모든 産業分野에서의 動力은 이러한 電磁機構로된 驅動시스템에 의존하고 있다. 그간 電動機構를 보다 효과적으로 활용하기 위하여 速度-토크特性을 부단히 연구하여 왔으나, 바람직한 特性을 갖게 된 것은 直流機뿐이었다.

그리하여 電力의 應用에 있어서는 이들 電動機構를 選擇의으로 이용하는 방법이 주요한 과제로 되어 왔다. 최근에 와서는 靑年분야의 발전으로, 특히 電力 Switching시스템의 개발로 電動機構도 새로운 방식의 驅動시스템에 대하여 재검토 하기에 이르렀다. 즉 Motoronics 技術의 도입으로 종래에는 얻을 수 없었던 특성과 이로 인한 活用분야의 확대는 눈부신바 있다.

1. 可變速運轉과 Switching 시스템

驅動시스템에서 가장 중요한 특성은 速度-토크特性으로 이를 可變制御할 수 있게 하는 것은 곧 動力을 보다 다양하게 그리고 정밀도를 높게 하며, 驅動方式을 直接驅動方式으로 하여 高效率의으로 한다. 현재 電動機의 個人當使用 台數가 1μW의 電子時計用 스테핑 모터에서 부터 家庭用電化機器用 모터에 이르기까지 대략 20내지 30개의 電動機를 항상 이용하고 있다고 하는데 이러한 추세에 電動機活用은 電動機構의 速度-토크特性의 改善에 연유한다고 보아도 과언이 아니다.

여기서 驅動시스템의 可變速運轉은 과연 特性上

어떠한 原理에 의하여 개선되어 왔는가를 검토해 볼 필요가 있다고 본다. 電磁驅動시스템에서의 電動機에서는 直流機와 交流整流子機만이 可變速-토크 특성을 갖고 있다. 이들은 모두 Switching機構를 가지고 있다는 점이다. 整流子-브래쉬로 된 Switching機構가 바로 그것이다. 이들은 동시에 周波數變換特性을 갖는다. 直流電源周波數에서 直流機의 回轉速度에 해당하는 電機子의 回轉周波數의 발생은 이러한 Switching機構가 周波數 變換機構의 역할을 하고 있음을 의미한다. 한편 通信技術에서도 周波數 變調를 하려면 반드시 檢波와 같은 Switching機構가 필요한 것은 같은 原理에서 연유한다고 볼 수 있다.

최근에 와서 半導體素子の 開發은 이러한 Switching機構의 變革에 큰 역할을 하였다. 이들은 먼저 情報電子工學에 활용되어 Pulse通信과 電子計算機 분야에 급속한 발전을 가져 왔고, 동시에 최근 20년간 電力電子工學에도 기여를 하여 電力의 Switching化를 용이하게 함으로써 Switching機構 즉, 周波數變換機構를 高効率化 하기에 이르렀다. 그리하여 整流子로 된 機械的構造의 Switching機構는 電子式으로 되고 無接點化되어, 應答性이나 効率面에서 많은 개선을 가져왔다. 이들의 개선이 모두 電子의 素子에 의하여 이루어진다는 점에서 이에 관한 기술을 최근에 와서는 Motoronics 技術이라고 칭하게 되었다.

2. Motoronics 技術의 動向

Motoronics 技術이라는 것은 Electronics 分野에서의 周波數變調技術을 驅動機構에 도입하는 기술로서, 電子通信技術이 半導體의 등장으로 펄스化되고 디지털化되어 Pulse 周波數變調에 의한 通信技術이 비약적으로 발전된 것처럼 電力用 半導體의 개발로 Motoronics 技術 또한 그 應用範圍를 급속히 확대해 나가고 있다.

電力用 半導體 Switching Device에 의한 電力의 變換과 制御를 대상으로 하는 기술은 Thyristor-Electronics 라는 초기단계에서 Thyristor를 중심으로

하는 발전단계를 지나, Bipolar Transistor를 중심으로 하는 電力變換技術과 Microprocessor 制御技術의 적극적 도입 및 실용화 단계를 거쳐 최근에는 GTO Thyristor를 중심으로 하는 새로운 단계에 이르렀으며, 앞으로는 Power MOSFET, Power SIT 및 SI Thyristor를 중심으로 하는 電力變換 技術이 등장할 것으로 보고 있다.

그러나 電力用 半導體가 바로 電動機驅動에 이용되는 것은 아니다. 電磁機構로 된 電動機에 이들을 적용하면 반드시 高調波發生과 脈動 토크를 유발한다. 이는 서로 機構의 整合이 되어 있지 못한데서 기인한다. 電力用 半導體 Switching Device에 의하여 직접 驅動시스템에 적용되는 것은 Stepper Motor와 永久磁石을 이용한 Brushless Motor 뿐이다. 한편 電磁機構로 된 驅動시스템에서의 電力用 半導體에로의 대체는 整流子에 국한되지 않는다. 이는 Switching機構가 可變速 특성을 갖게 하는 역할을 하는 것은 사실이나 동시에 周波數變換도 하게 하고, 이러한 周波數變換만이 직접적으로 可變速-토크 특성을 갖게 한다는 점이 중요하다. 整流子가 없는 誘導電動機에서도 어느 정도의 速度-토크 특성은 가변시킬 수 있다. 이는 回轉子의 Slip 周波數의 調整에 의하여 이루어지는 것으로 이러한 周波數 調整은 Switching機構인 整流子에 의하여 이루어지는 것이 아님이 명백하다. 이들은 Vector 制御라는 관점에서 해석되어야 한다. 그렇지만 이러한 Vector 制御도 電子式 Switching 機構에 의하여 速應式을 가지고 행하여짐으로써 Motoronics 技術의 범주에 들어간다고 볼 수 있다.

한편 正弦波電源에 의하여 구동이 최적화되어 있는 電動機에서는 正弦波電源의 周波數變換이 필요하다. 그리하여 電力用 半導體 Switching Device에 의한 正弦波周波數 變換技術은 Microprocessor의 도움으로 Hysteresis PWM 制御方式에 의하여 이루어지고 있다.

이상과 같이 電力用 半導體素子を 활용한 Motoronics 技術은 각 電磁驅動機構에 따라 經濟性, 保守性 및 安定性을 충분히 고려한 후, 가장 적정한 방식의 電子式 Switching 機構를 적용하는 것이 올바

른 Motoronics 技術의 활용이라고 볼 수 있을 것이다. 이에 대하여 좀 더 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.

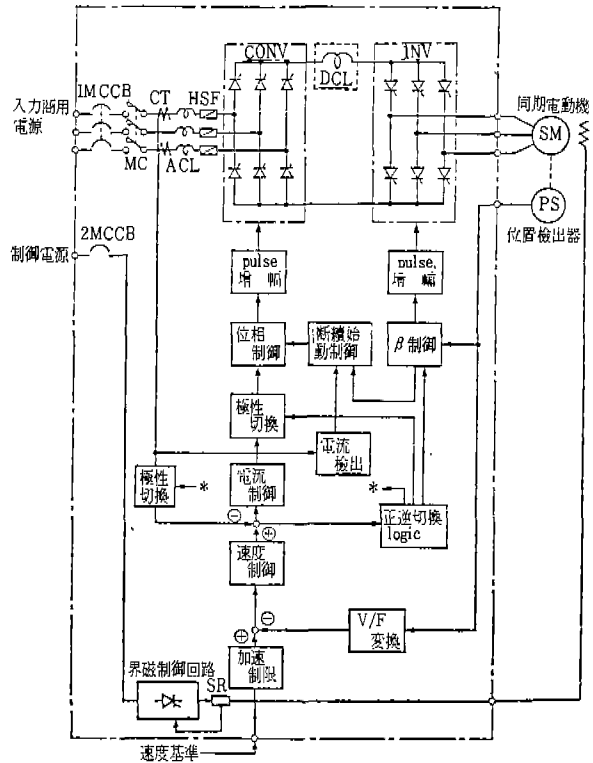
3. 無整流子同期電動機

同期電動機는 電源周波數에 따라 同期 速度로 운전되는 一定 速度驅動裝置이다. 그리하여 자체내에는 整流子를 갖고 있지 않다. 그리하여 負荷變動에 따라 速度變動이 없는 특성을 가지고 있다. 그러나 이를 可變速運轉하기 위하여는 電源周波數를 변화시키면 가능하다. 즉 電源周波數에 비례하는 速度特性을 얻을 수 있다. 이를 위하여 可變電壓·可變周波數變換裝置가 필요하다. 이러한 裝置로서 개발된 것이 Thyristor Inverter이다. 여기에는 電壓源形과 電流源形이 있는데, Switching機構로서 필요한 것은 어디까지나 電流이므로 電流源形이 제격이다. 그림 1은 일찌기 S. C. R素子에 의하여 개발된 電流形Inverter로서 同期電動機를 可變速運轉시키는 계통도이다.

電流Inverter로서 同期電動機를 운전시키는 방식을 Thyristor Motor 運轉方式이라고 하여 일찍부터 實用化되어 600Hp까지 운전되고 있다. 이 방식은 同期電動機의 界磁의 回轉位置를 검출하는 位置檢出器PS를 설치하여, PS에서의 檢出信號로 Inverter의 주 Thyristor의 Turn-on시기를 제어하도록 되어 있다. 이러한 기능은 直流電動機의 브래쉬와 整流子の 기능을 半導体化한 것으로 여기서 無整流子 電動機라고도 칭한다.

Thyristor Motor는 Inverter회로 이후는 직류전동기와 같으므로, 직류전력의 제어에 의하여 可變速運轉된다. 또한 Inverter회로는 항상 同期電動機에 進電流를 흘려서 전동기의 역기전력을 이용하여 주 Thyristor를 轉流시키는 負荷電流방식이 행하여 지도록 한다. 여기서 運轉力率이 75~90%로 낮아지고 동시에 出力토크를 저하시키는 결점이 있다.

이러한 無接點의 整流作用에 의한 可變運轉에는 여러가지 電子式素子의 補助 回路가 필요하다. 그림 1에서의 각 制御回路로 설명하면 다음과 같다.



〈그림-1〉 無整流子電動機의 可變速運轉의 制御系統圖

(1) 速度基準과 加速制限

전동기의 속도를 설정하되, Inverter 出力電壓과 出力周波數를 설정하는 부분으로 단일, 이 전동시스템이 프로세스의 流量制御와 壓力制御용으로 이용할 때는 그 指令値로 이용된다. 그리고 이러한 速度基準信號는 Step量으로 변화하므로 驅動 電動機의 發生토크와 驅動하는 機械系의 GD²과의 관계로 정하여지는 加減速率로 出力周波數가 變化하도록 基準信號의 變化를 Ramp函數로 변환하기 위한 회로이다.

(2) 極性切換, 正逆切換 Logic

加速制限등은 4象限運轉을 행하면 驅動電動機의 回轉方向에 따라 極性이 變化한다. 이를 絕對值信號를 바꾸어 Converter 및 Inverter에 주도록 하기

위한 회로이다. 또한 正逆切換 Logic은 Inverter의 點弧順序를 바꾸어 相回轉方向을 쉽게 하도록 한다.

(3) 位相制御 및 Pulse 增幅

電流源形Inverter로서 同期電動機를 可變速 運轉을 하는 경우에는 同期電動機의 端子電壓의 位相이 항상 변화하여 亂調 現象을 일으키기 쉽다. 이 때문에 負荷變動 등이 생겨도 Inverter의 出力電壓의 位相이 변화하지 않도록, 出力電壓의 位相을 검출하여 PLL제어에 의하여 電壓源에 가까운 特性으로 出力電壓位相을 제어할 필요가 있다.

(4) 電流檢出계 電流制御

Inverter出力電流와 入力電流가 항상 같고, Inverter出力電流는 可變周波로 인하여 電流檢出이 복잡해지므로 Converter의 입력측에서 전류검출을 행하고 이 검출신호와 출력전류의 기준신호를 전류제어기에서 비교하여 자동제어하게 한다.

(5) 位置檢出器와 V/F 變換器

界磁의 位置를 검출하여 Inverter 點弧를 同期化 시키며, 속도도 검출하여 V/F 變換器에 의하여 速度變動을 速度制御器에 의하여 自動制御 하도록 한다.

이의 保護回路로서 過電壓保護, 過負荷保護, 過電流保護 및 電源喪失保護등이 필요하다. 이상과 같이 無整流子電動機로서 可變速運轉을 하는 데는 많은 要素가 필요하다. 그러므로 整流子가 있는 直流電動機와 비교하여 經濟性 및 安定性등을 고려하여 채택하지 않으면 안된다.

4. DC Brushless Servomotor

기계적 Switching기구인 整流子를 Thyristor와 같은 半導體素子로 대체하는 데는 많은 電子素子가 필요하다. 無整流子電動機가 현재 실용화되고 있으나 아직도 勵磁回路는 여전히 브래쉬-스립링으로 된 기계적 접점구조로 되어 있다. 이러한 브래쉬 마저도 생략하고자 하는 연구가 계속 되었는데, 최근에

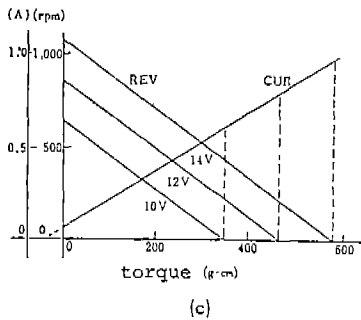
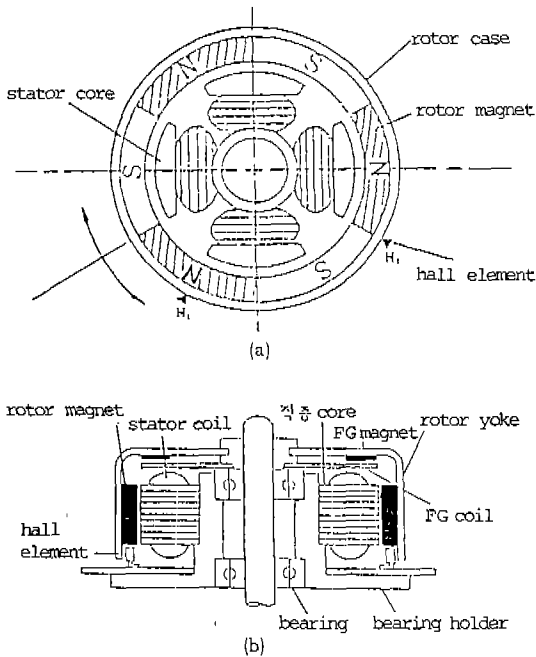
와서 永久磁石의 성능이 향상되어, Alnico磁石, 希土類Cobalt磁石 및 異方向性Ferrite磁石등과 같이 소형구동시스템에 필요로 하는 勵磁에너지를 충족시킬 수 있게 됨에 따라 Brushless Motor의 개발이 활발해 졌다.

그림 2 a는 DC Brushless Motor의 구성도이다. 이들은 그림 2 (c)에서 보는 바와 같이 서어보 특성을 가지고 있으며, 소전력으로 큰 토크를 내기 위하여 회전자가 外轉形으로 되어 있다. 그리고 無接點化를 위하여 회전자는 永久磁石을 이용한다.

한편 고정자권선의 整流作用은 電子式으로 한다. 즉, hall素子에 의하여 位置 및 極性を 검출하여 검출된 신호에 의하여 Switching 半導體로서 고정자권선의 전류를 조정하게 한다. 이때 전류의 방향을 급히 바꾸어 줌으로써 또는 고정자권선과 회전자마그네트의 상대위치에 따라 맥동토크가 발생한다. 이러한 맥동토크는 驅動시스템에서는 극력 피하여야 한다. 이를 위하여 회전자마그네트와 고정자권선을 몇개의 群으로 나누어 이를 2相, 3相 및 4相式으로 Switching 동작을 하여 그 평균 토크가 평활해지도록 한다. 이를 위하여 회전자 극수와 고정자 극수는 2극 - 3극의 배수로 배치한다.

그림 2의 경우는 4극 - 6극식의 한 예이다.

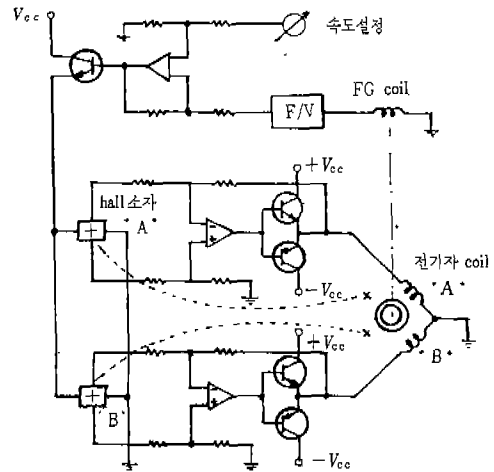
동작과정을 좀더 자세히 설명하면, 지금, 그림 3과 같이 결선된 電路回路에서 고정자권선전류는 트랜지스터-푸쉬풀회로에 공급되며 hall素子の 검출신호와 극성에 따라 그 방향 및 작용시점을 결정하게끔 한다. Hall素子は 고정자프레임에 설치되고 고정자권선의 전류를 흘리게 하는 시점과 동기화시키기 위하여 회전자마그네트에 의하여 작용케 한다. 즉 Hall素子は 位置와 極性を 검출하게 한다. 다시 말하면, 회전자마그네트가 Hall素子에 접근하면 그 位置와 極性を 검출하여 그 마그네트에 토크를 발생시킬 수 있게 하는 고정자전류를 흘리게 한다. 다시 회전이 계속되어 극성이 바뀐 다음 마그네트가 Hall素子에 접근하면 位置와 極性を 검출하여 해당 고정자권선에 반대방향의 전류를 흘리게 하여 같은 방향의 토크를 발생시킨다. 이것이 Brushless Motor의 位置制御Loop이다. 즉 整流作用制御시스



(그림-2) Brushless Servomotor의 구성과 특성

템이다.

한편 그림 2 (c)에서 보는 바와 같이 負荷토크가 바뀌면 速度도 바뀐다. 그러나 一定速度運轉을 하려면 고정자권선에 인가되는 電壓을 조정해 주어야 한다. 즉 速度制御 Loop가 필요하다. 그림 3은 速度制御시스템을 구성하는 Frequency Generator (F.G)의 구성도이다. 그림 2 (a)의 구성도에서 보는 바와 같이, 고정자철심과 동축으로 철심위에 장치된 F.G용코일은 회전자철 위에 장치된 F.G용마그네트에 의하여 속도에 비례하는 주파수를 발생케



(그림-3) Brushless motor의 制御回路

한다. 이렇게 발생된 F.G전압은 V/F變換器에 의하여 속도전압으로 변환되고 이 속도 신호전압은 그림 3에서와 같이 고정자 권선전류를 제어하는 트랜지스터의 게이팅전압을 조정하여 고정자권선의 인가전압을 제어한다. 이러한 과정에서 一定速度制御를 위하여 速度制御Loop에 PLL제어 방식을 채택하는 수도 있다.

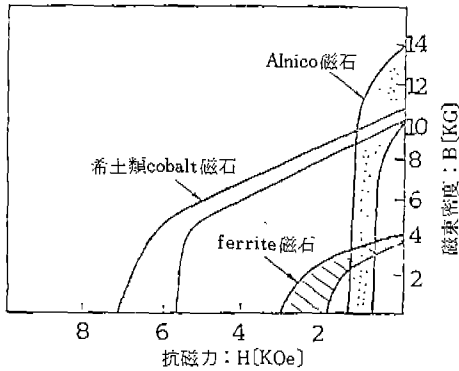
Brushless motor에서 가장 중요한 部品은 永久磁石이며, 구동방식 또한 여러가지가 있다. 이에 대하여 간략하게 설명하면 다음과 같다.

(1) 永久磁石

(a) Alnico磁石 : Al, Ni, Co를 주성분으로 하는 Fe系合金磁石으로 鑄造法으로 제조하므로 鑄造磁石이라고도 칭한다. 이 磁石의 특징은 큰 磁束密度를 얻을 수 있으나 抗磁力이 적은 것이 결점이다.

(b) Ferrite磁石 : FeO와 Ba 또는 Sr등을 주성분으로 한 磁石으로 주성분의 분말을 成形할 때 압연방향에 평행하게 磁界를 가한 후 소성시킨 異方形 Ferrite磁石이 주로 사용된다. 이 磁石의 특징은 Recoil투자율이 거의 공기와 같고, 抗磁力이 커서 減磁시키기 어려운 특징이 있다.

(c) 希土類Cobalt磁石 : Sm등의 希土類元素와 Co를 주성분으로 하는 磁石으로, 磁束密度, 抗磁力이



(그림-4) 永久磁石의 B-H 曲線

다같이 극히 우수한 磁石이다. Alnico磁石, Ferrite磁石에 비하여 동일한 BH積(에너지積)을 얻기 위하여는 보다 적은 중량과 체적을 가지므로, 小形, 輕量化를 위하여는 대단히 유효하다. 그러나 다른 것보다 비싼 것이 결점이다.

(d) Plastic磁石: 磁性粉을 有機바인더로 결합한 磁石으로 磁性粉으로서 Ferrite 粉末과 希土類Co 粉末이 있으며, 그 특성은 等分性Ferrite 고무磁石에서 異方性希土類Co磁石의 것 등 광범위하다. 이는 BH積은 비교적 약하나, 機械加工성이 좋아 치수정도가 좋고 비교적 값이 싸다.

(2) 位置檢出器

位置檢出器로는 磁氣의Senser를 이용한다. 여기에는 Hall素子와 磁氣抵抗素子가 있으나 보통 hall素子가 많이 이용된다. Hall素子는 InSb, GaAs등의 半導材料를 이용하여 Hall의 移動度를 이용하여 電壓으로 變換시키는 素子이다. 즉, 얇은 InSb 및 GaAs소자에 바이아스電流를 가하고 수직방향에 자속을 가하면 이들과 직교하는 방향에 電壓 V_H 가 생긴다. 즉

$$V_H = \frac{R_H}{D} BI$$

로, V_H 는 電流와 자속밀도의 積에 비례한다. 여기서 係數 R_H 는 積感度로서 InSb에서는 50~110, GaAs는 5~22이고, D는 소자의 두께이다. 積感度로 보면 InSb가 최적이다. 그러나 온도의존성이 높은 것이 결점이다.

位置檢出用으로 이용할 때는 회전자마그 트가 통과하는 곳에 설치하여 그 磁束密度를 검출하며, 한편 속도제어 Loop에서의 속도전압출력신호에 의하여 Hall소자 바이아스電流I를 조정하여 Hall 출력電壓을 제어한다.

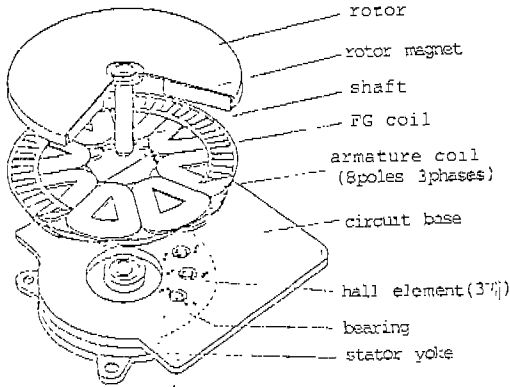
이 밖에 光電素子에 의한 Optical Encoder 및 Resolver 등이 있다.

(3) IC의 活用

機器의 小形·輕量·薄形化는 電磁機構에서 뿐만 아니라, 驅動시스템의 制御裝置에 의하여도 이루어진다. 특히 PLL(Phase Locked Loop)구동의 이용은 高精度驅動을 위하여 필요한 제어방식이다. 이러한 고정자구동용IC 및 제어용IC는 專用IC로 각 회사마다 개발되어 있다. 이러한 專用IC의 개발은 價格節減 및 設計時間의 단축을 가져오며, 部品數의 감소는 信賴性을 높여 준다.

Brushless Servomotor는 앞서 설명한 2相式 驅動시스템의 여러가지 形態의 것이 있다. 3相式으로 Axial Flux形의 것이 많이 이용되는데 여기에는 고정자코일은 주로 Sheet Coil이 이용된다. 또한 永久磁石도 放射方向으로 배치되어 있다. 그림 5는 그 구조도이다. 이는 VTR의 Captam用, 電算機의 周辺機器用의 Servomotor로서 이용되고 있다. 회전자마그네트는 6극 또는 8극으로 부채꼴 모양으로 着磁가 되어 있고, Sheet코일은 각 相마다 偶數개의 코일을 직렬로 연결하여 Y결선으로 되어있다. Sheet Coil의 주변위에는 F·G용코일이 있어 속도 제어시스템을 구성하고, 위치제어용으로 3개의 Hall素子가 Sheet Coil 아래에 설치되어 있다.

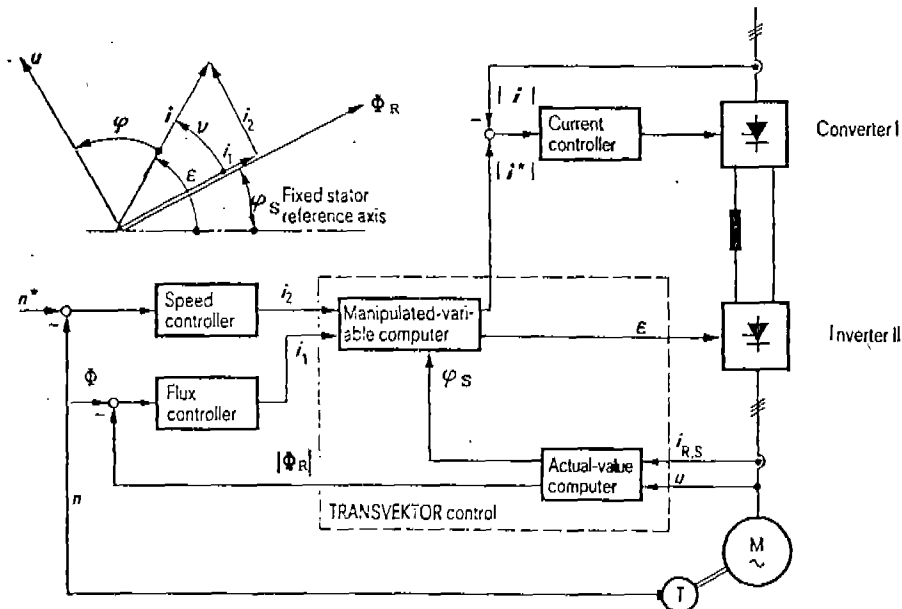
이러한 電子式整流裝置에 의한 驅動시스템은 Switching 機構의 整流要素가 汎用直流機에 비하여 적으므로 백동토크의 발생을 가져온다. 이러한 백동토크는 주로 電磁機構에서 발생하는데, 永久磁石에 의한 누설자속, 즉 Reluctance토크, 철심포화에 의한 백동토크, 永久磁石着磁角에 의한 이상토크 등으로 이를 억제하기 위한 조치로는 補極의 설치, 逆脈動 토크발생을 위한 철심포면의 요철부설치, 철심자속 밀도의 圓化등이 있다.



〈그림- 5〉 3相驅動Axial flux形 Brushless motor의 구성도

5. 誘導電動機의 Vector制御에 의한 可變速運轉

誘導電動機는 Switching機構가 없는 전동기로서 속도제어는 되지 않는다. 그러나 電子式 Switching機構를 첨가하면 속도-토크 제어가 가능하다. 즉 無整子電動機와 같이 Thyristor Inverter를 이용하여 전원을 주파수제어하면 同期速度가 변화하여 속도-토크特性이 변화한다. 가장 효과적인 주파수 변조방식은 商用周波數電源을 정류하여 直流電源으로 만들고 이를 다시 PWM形 Inverter에서 正弦波 PWM波形으로 周波數變換을 시키는 방식이다. 이는 펄스波의 폭을 조정하여 等價的으로 正弦波波形이 되도록 하는 방식이다. 그림6은 그 한 가지예로서 Converter I에서는 3相 Thyristor 회로에서의 게이팅제어에 의하여 전동기에 공급하는 전류(여기서는 직류치)를 조정하고 이것이 리액터를 거쳐 Inverter II에 공급되면 Inverter II의 半導體 Switching作用에 의하여 特定周波數의 正弦波PWM電力을 유도전동기의 3相卷線에 공급한다. 이때 Inverter II에서는 周波數變換 및 位相變換을 한다. 誘導電動機는 籠型回轉子를 가진 것이 채택되는데 공급된 電流는 回轉磁界磁束과 2次回轉子電流를 형성한다. 그런



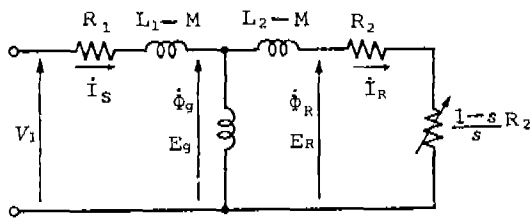
〈그림- 6〉 Vector制御에 의한 誘導電動機의 可變速運轉

데 유도전동기는 직류기에서 처음 界磁電流와 토오크성분인 電機子電流가 따로 分離制御할 수가 없게 되어 있어 속도-토크 특성을 정밀하게 제어할 수가 없다. 이는 磁束成分 電流와 토크成分電流가 모두 Vector合成된 상태로 고정자전류에 의하여 공급되기 때문이다.

독일의 F. Blaschke는 1971년에 TRANSVEKTOR 制御라는 새로운 개념을 도입하여 Vector合成된 이들 電流成分을 각각 독립적으로 제어할 수 있는 理論을 제시하여 현재 실용화되고 있다. 이는 半導體素子回路에서의 여러가지 Motoronics技術을 활용하여, Vector回轉器, Vector解析器, Vector演算器 및 2相/3相變換등을 조합하여, 직류Leonard시스템과 같은 정도의 우수한 제어시스템을 구성하였다. 이러한 시스템에서 전동기의 動特性制御도 가능하다.

우선 誘導電動機의 특성을 그림7과 같은 等價回路에서 살펴보기로 한다.

동기회로에서 E_R 는 空隙磁束과 回轉子回路의 漏洩磁束이 합한 磁束, 즉 回轉子卷線과 綵교하는 全



〈그림-7〉 回轉子磁束과 誘起電壓

磁束에 의한 유기전압으로 回轉子電流와 同相이다. 그리고 이때의 磁束은 이것이 90°位相差를 갖는다. 이는 직류기에서의 界磁磁束과 같은 것이다. 지금 이러한 磁束을 回轉子磁束 Φ_R 라 하여 이를 基準으로 두고 이것과 90°位相差를 가진 回轉子電流 I_R 를 Vector變換器에서 分對制御하도록 하는 것이 Vector制御이다. 회전자전류 I_R 는 직류기에서의 電機子電流에 해당하는 것으로 토오크成分電流이다.

Vector合成된 誘導電動機의 고정자전류 I_s 는 回轉子磁束 Φ_R 를 基準으로 하는 直軸成分 i_1 과 橫軸成分

i_2 로 dg變換에 의하여 분리할 수 있다. 즉 i_1 은 Φ_R 에만 영향을 미치고 i_2 는 I_R 에만 영향을 미치는 성분으로 나눌 수 있다. 이들은 모두 Vector解析器에서 이루어 질 수 있다. 결과적으로 토크 T_m , 회전자자속 Φ_R 및 회전자의 Slip주파수에 해당하는 각속도 W_{s1} (=고정자전원주파수각속도 W_s - 전동기의 회전자속도 W_R)는 다음과 같은 관계를 갖는다.

$$\Phi_R = \frac{M}{1 + \frac{L_2}{R_2} S} \cdot i_1$$

$$T_m = \frac{M}{L_2} \cdot \Phi_R \cdot i_2$$

$$W_{s1} = \frac{M}{\frac{L_2}{R_2} \cdot \Phi_R} \cdot i_2$$

여기서 각 정수는 그림7의 동기회로와 그림6의 벡터도에 해당하는 값이다. 또한 S는 라플라스변환으로 표시하는 微分項으로 이것이 動特性에 관계하는 項이다.

Vector制御方式에는 그림6에서 보는 바와 같이 實測值演算器(Actual-Value Computer)와 變數調整演算器(Manipulated-Variable Computer)로 되어 있어, 전자에서는 고정자측에서의 값을 실측하고, 회전자자속의 위치각 φ_s 를 산정하며, 후자는 이를 제어하고자하는 制御量を 회전자측에 대한 값으로 변환시키는 역할을 한다. 즉, 磁束 및 토크에 의하여 설정된 i_1 과 i_2 는 각각 자속제어기와 속도제어기에 의하여 조정된후 변수조정연산기에 보내어지고, 여기에서 극좌표변환기로서 制御해야할 고정자전류의 크기 $|i_s|*$ 와 角 ν 를 연산한다.

한편 角 ν 는 실측치연산기에 연산된 角 φ_s 와 합하여 Inverter II에서 제어해야 할 角 $\epsilon = \nu + \varphi_s$ 를 구성한다. 여기서 角 ν 는 회전자자속 기준축에 대한 제어해야할 고정자전류의 위상각인데 대하여 角 ϵ 는 고정자의 기준축에 대한 값이다. 이들 값은 모두 Scalar양인 直流量으로, 고정자전류제어치 $|i_s|*$ 는 Converter I의 制御値로 작용하고 角 ϵ 는 Inverter II에서의 制御値로 작용한다 이들 값은 모두 基準設定値이므로 이를 3相變換器에 의하여 배분처리한 후 PWM Inverter를 동작시킨다.

이렇게 하면 i_1 -制御는 磁束制御, i_2 -制御는 토크 및 速度制御를 分離制御할 수 있게 된다.

여기서 分離制御를 위한 가장 중요한 變數는 角 φ_s 로서 회전자자속축과 실제의 고정자기준축과의 相差角이다. 이들 값은 부하의 변동에 따라 수시로 변화한다.

誘導電動機의 Vector制御에 의한 可變速 運轉方式은 角 φ_s 의 檢출방법에 따라 다음 2가지 방식으로 나누어진다. 즉 回轉子磁束軸의 위치를 d-q軸에 각각 설치한 Hall소자 등에 의하여 직접 檢출하여 Vector回轉器 등의 좌표변환기에 의하여 연산하는 磁束檢出形Vector制御와 앞에서 설명한 Φ_r 의 算定式을 逆算하여 Slip각속도 W_{s1} 를 구하고 전동기의 회전각속도 W_r 를 속도측정기에 의하여 구한후, 그 합을 制御해야할 회전각속도 $W_s (= W_{s1} + W_r + \Delta W)$ 를 추정하는 일종의 豫測制御方式인 Slip周波數形 Vector制御가 있다. 후자는 定數算定에 의한 間接方法으로 回轉子抵抗 등 변화하면 算定值가 달라져야 하는 결점이 있다. 그러나 전동기 내부에 檢출소자를 설치하지 아니하므로 汎用性은 높다.

이상과 같이 電子部品素子에 의한 여러가지 變換기를 이용하여 誘導電動機에서도 直流機와 같이 速度-토크特性을 精密制御할 수 있게 되었다.

이러한 Vector制御에 의한 驅動方法은 同期機나 小形電動機등에도 적용할 수 있으며 이에 대한 연구가 계속되고 있다. 현재 工場自動化에 덧붙여 大型製紙工場등에 실제로 이용되고 있다.

6. 맺는 말

여기에 언급한 것 외에도 電子回路와 결합한 驅動시스템은 수없이 많다. 그러나 Motoronics 技術에 의하여 종래 이룰 수 없었던 것과 획기적인 결과를 가져온 것중 최신기술에 속하는 몇가지 대하여 그 개요를 설명하였다.

아직도 가격면이나 신뢰성등에 개선하여야 할 사항은 남아 있다. 그러나 電子Switching素子の 계속적인 개발로 가격이나 성능면에서 향상될 것이 예상되므로 충분히 보완될 것으로 본다. *

● 지부소식 ● — 忠北支部 —

동절기 安全事故 豫防對策교육 실시

충북지부는 구랍22일 하오 2시 시내 청주 라이온스회관에서 도내 전기보안담당자 및 회원 63명이 참가한 가운데 동절기 안전사고 예방대책에 관한 교육을 실시했다.

안전사고 및 화재사고가 가장 많이 발생하는 동절기를 맞아 두내의 각기업체의 안전사고 예방 및 에너지절약을 보다 효율적으로 사용하고 전기인간

의 친목을 도모하기 위한 이날의 교육에서는 ▲충북도 공업과 박한소씨의 「전기에너지 절약시책」, ▲당 협회 충북지부장 오장수씨의 「자가용 전기공작물의 檢査수속절차」 ▲전기안전공사 기술부장 신인수씨의 「전기안전사고 예방대책과 전기화재사고 예방대책」 ▲금성계전(주) 공무과장 윤천혁씨의 「전기화재 사고분석」등에 대한 강연이 있었다. *