

## 小型모터 制御의 動向

電力에너지를 機器動力으로 變換하여 自由自在로 制御함으로써 精密한 機器量(位置, 速度, 力) 으로 變換시키는 役割이 모우터이다.

最近 HA, OA, FA分野는 여러가지의 制御用모우터(以下 서어보모우터라고 함)의 用途가 擴大되면서 多樣化된 製品開發, 技術開發이 활발하게 이루어지고 있다. 小形서어보모우터의 定義는 明確하지 않으나 統計에 따르면 最近 數年 生産量은 每年 30%以上으로 增加했다. 小形서어보의 特徵으로서는

- (1) 마이크로프로세서, 專用LSI를 사용하여 디지털컨트롤러에 의한 高精度化, 高機能化
- (2) 制御用 모우터의 AC化에 의한 멘터넌스플리와 高速化
- (3) 드라이브用 센서의 高性能化

등이 있다. 여기서는 産業用을 對象으로한 서어보모우터의 制御에 焦點을 두어 最近의 動向에 대해 概說하기로 한다.

### 1. 製品動向

표 1은 現在 實用化 되고 있는 代表的인 서어보 모우터의 종류이며, 이것으로서 거의 라인업이 갖추어졌다. 制御方式의 發展은 이 表의 위에서 아래로 向하고 있다고 생각해도 좋다. 서어보모우터의 進展에 가장 많은 영향을 준 것은 半導體 디바이스이며 그 다음은 永久磁石과 그 利用技術이다.

數100W 以下の 直流서어보모우터는 알니크, 플러이트 或은 希土類磁石等 永久磁石의 채용에 따라 小形으로서 高性能의 實用機가 되었다.

코알레스電機子를 사용한 플린트모우터 겸모우터 미니어샤모우터 슈퍼실리즈等은 永久磁石의 界磁와 애포키시樹脂에 의한 接着技術에 의해 可能하게 된 모우터이다.

高應答성과 小形輕量을 하나의 性能値로 表示하는데는 單位重量 정도의 定格出力을 加速定數(모우터가 無負荷로 定格토크를 發生했을 때, 定格速度까지 加速하는데 필요한 時間)로 나눈 値(파워레이

트密度)를 사용하면 좋다.

汎用의 誘導機 ……… 0.8kW/s.kg

미니어샤모우터 슈퍼실리즈(低慣性코알레스 電機子)……… 6~100kW/s.kg 로 報告되고 있다.

交流機인 同期機(SM)나 誘導機를 사용하여 實際의 磁界의 크기와 벡터를 檢出하며 이것과 같은 方向의 勵磁電流와 여기에 直交하는 有效電流를 整流子和 브러시의 代身으로 電力變換器를 사용, 代身케 함으로써 主磁束과 토크를 制御하는 것이 交流서어보모우터이다. 誘導機를 사용하는 서어보모우터로서 도 檢出은 S/N化의 關係로 어렵기 때문에 그 代身에 回轉子의 位置나 速度를 사용한 等價의 制御가 이루어진다.

軸驅動等に 사용되어 現在는 直流機를 증가하기까지 이 르렀다.

인와같이 磁界基準의 벡터制御方式은 直流모우터와 같은 原理를 적용한 것으로서 理想的인 形態라고 할 수 있다. 産業用의 交流可變速驅動과 工作機主

(表-1) 서어보모우터의 製品動向

	現在의 製品動向	用 途	構 造
DC서어보모우터	希土類磁石, 高級코아材를 포함한 磁氣回路의 改善에 의해 小形輕量化·偏平化	로보트	
	低慣性코어레스電機子의 採用에 의한 高應答性의 實現	電算機周邊機器 (記憶裝置)	
SM서어보모우터 (DC브러시리스모우터)	페라이트磁石, 希土類磁石等을 사용한 円筒構造 또는 디스크構造(아키설프라크形). 100W程度의 比較的 小容量	OA機器 프로피디스크 드라이브等	
	同期機形브러시리스 磁束分布를 正弦波에  접근시키는 磁極構造. 數kW 未滿	工作機送搬送	
IM서어보모우터	SM서어보모우터에 比하면 高速回轉, 高出力 勵磁 調整이 可能한 베리트가 있으며 또한 制御인덕턴스 가 적으며 瞬時過度운전을 낼 수 있는 特徵이 있다 (백틀 制御)	工作機主軸 드라이브	
스텝모우터	偏平, 多極勵磁의 그마베트를 모우터로 하여 아키 설계의 磁氣回路를 갖는 小形高性能의 스텝 모우터 가 開發되어 (Portescap). DC程度의 性能에 接近하고 있다. 小스텝角, 高토크, 高速應答, 小形輕量이 特徵	OA機器 磁氣디스크 프로피디스크 프린터 프로트 팩시밀리	
리니어모우터	리니어誘導모우터 (LIM), 리니어直流모우터 (LDM) 리니어펄스모우터 (LPM)를 비롯하여 約8個種類로 分類된다.	프레트搬送 磁氣메드 組立로보트 X-Y프로트 프린터	

永久磁石界磁의 同期機에서는 磁化電流의 制御는 不要하며 磁極이 回轉子에 固定되어 있기때문에 空 隙磁界 代身에 回轉子位置를 檢出하면 된다. 이 方法을 브러시리스 直流서어보 또는 SM서어보라고도 한다. 永久磁石을 사용한 SM서어보모우터는 數10 W程度의 것이 많이 사용되며 OA用途에 많이 사용 되고 있다. 數kW以上이 되면 IM서어보가 綜合的 인 코스트, 파포오멘스의 點에서 뛰어나다고 생각 된다. 브러시리스 直流서어보의 保守의 容易化에 덧붙여 電機子卷線을 固定子側으로 하여 磁界에 永久 磁石을 사용하여 回轉子의 慣性 모오멘트를 적게할 수 있으며 高性能磁石을 사용함으로써 파워 레이트 를 들 수 있는 것과, 卷線의 冷却이 容易하다는 등 의 特徵이 있다. 有限要素法에 의해 最適磁氣回路 의 設計에 의한 低틀크리플化가 行해지고 있다.

스텝모우터는 最近 直流機와 같은 性能의 것으로 開發되어 不動의 地位를 구축해가고 있다. 電力變 換器의 負擔을 생각하여 小容量의 範圍에서 實用化 되고 있다. 리니어電磁악테에터는 「電磁力을 사용 어떠한 變換機構를 사용하지 않고도 直接線運動을 얻을 수 있는 電氣式악테에터」의 總稱이다.

最近에 이르러 리니어 直流모우터를 사용한 直流 座標形의 組立으로 로봇나 리니어誘導모우터, 리 니어펠스모우터를 사용한 파래트搬送裝置等이 着着 地盤을 견고히 하여 리니어모우터의 高級機指向이 높아지고 있다. 또 X軸, Y軸同方向 同時에 움직 일 수 있는 可動子를 가진 서어보모우터의 필요성 도 높아지고 있으며 앞으로 普及되어 갈 것으로 생 각된다

效率, 速應性(파워레이트密度) 등의 面에 있어서 는 直流모우터→直流브러시레터모우터→IM 서어보 의 順으로 直流가 依然하게 리이드하고 있다는 것 은 否認할 수 없다. 이러한 뜻에서 交流機 自体의 拔本의 改良, 改善이 요망된다. 컵에 磁石을 통과 시키기 위해 消費되는 電力의 比率이 小形모우터처럼 크게 되기 때문이다.

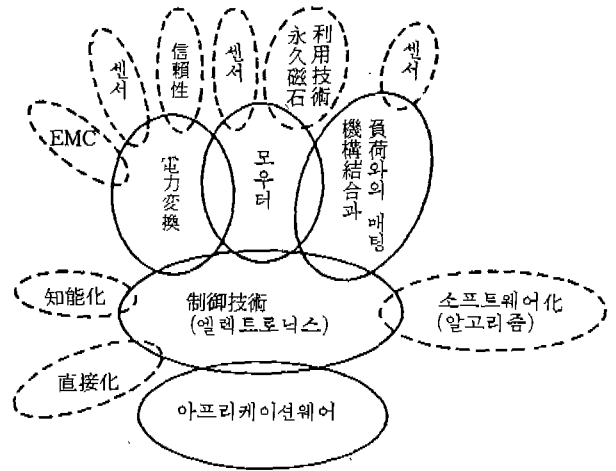
모우터의 出力軸과 驅動아암을 減速機 없이 直結 시키는 다이렉트드라이브는 로봇에 있어서 高速 化와 서어보의 高剛性이 圖謀되어 減速機에 의한 가터 磨擦·히스베리시스를 排除할 수 있다. 한편 負 荷와의 인피이던스매팅, 서어보력, 센서의 高性能 化等 해결할 課題를 많이 남기고 있다.

## 2. 制御技術의 動向

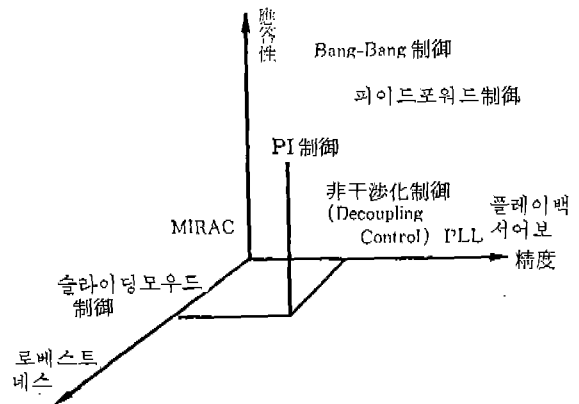
마이크로프로세서의 高性能化와 應用技術의 進歩 와 함께 서어보드라이브의 디지털화가 急速히 進행 되고 있다.

電力交換모우터·制御의 各技術과 高度한 制御에 의 需要增大等에 의해 全体시스템의 綜合化가 行해 지고 있다(그림1 制御技術의 概念參照).

制御技術과 니이즈가 갖추어져(표2 參照), 高度 의 制御法(소프트웨어)의 實用化가 進展되는 同時 에 制御알고리즘의 評價에 關해서도 定着되어 가고 있다(그림2 參照). 다음에 그 動向을 概說한다.



〈그림-1〉 制御技術의 概念



〈그림-2〉 特性 評價

〈表-2〉 要求品質과 技術對應

要求品質	主要한 技術 對應
1 高精度位置定하기(서브 마이크로에의 精度)	피이드포워드, PLL制御, 플레이파이크서어보, 다이렉트드라이브機械에 起因하는 패커릿슈, 非線形마찰, 機械的 히스테리시스 등의 메카니즘剛性を 올리는 手法
2 高速應答性	高速서어보앰프의 開發, 高과위레이트密度를 갖는 아크채에터I-P制御
3 로버스네스	MRAC에 의한 慣性變動補償, 加速度피이드백에 의한 서어보剛性的의 向上, 슬라이딩 모우터制御에 의한 位置定하기
4 廣速度制御化	센서의 分解能向上, 콘트롤러 및 모우터 應答에 關한 不感帶의 低減
5 톨크 / 電流의 直線性	모우터定數(파라미터)의 固定, 補償, 負荷돌크 推定옵저버
6 코킹돌크	制御部로서의 補正制御, 모우터, 正弦磁束分布
7 制動力	電力回生技術(인버터)
8 過負荷耐量	PTPT 制御
9 부드러운 制御	速度制御, 位置制御에서 力센서에 의한 力學的補償, Active Compliance御制
10 安定性	인버터의 周波數變調에 의한 亂調現象
11 低振動, 低騒音 EMC	高減衰度機械材料의 採用, 異波形驅動에 對應할 수 있는 모우터 (礎束整列概念)로우터 2次時定數의 增大 Cuk Converter와 같은 EMC特性이 뛰어난 回路
12 엔테넌스플리이 自己 診斷機能	옵저버 등의 利用, Fault Tolerant技術
13 經濟性, 低코스트化 (高效率化)포함	시이트코일에 의한 超小形모우트, 機電一體化(브러시리스 DC모우터), 트랜스듀우살레스(모우터와 센서의 複合化)
14 無 調整	모우터튜닝手法, 파라미터의 同定

(1) 하이드→하이드+소프트(세미소프트웨어화)→소프트웨어화(풀소프트웨어화)

힘을 내는 形態로서 磁氣力, 電流力, 磁氣力+電流力 등이 있으며 이것들의 힘을 電磁로 制御하여, 手足으로서의 機能을 하고 있다. 이것들의 制御도 마이크로컴퓨터의 出現에 의해 高性能化에 進行되고 있다. 從來는 아날로그制御主體였으나 그 後 디지털制御에 그 比重이 높아지고 있다. 그런데 서어보系의 制御는 電力變換器에 電流指令을 주는 인너루우프와 서어보系에 制御指令(位置, 速度等)을 주는 아우트루우프로 大別된다. 後者は 制御時間에 대한 制約이 적기 때문에 마이컴化는 比較的 일찍부터 研究가 行해져 서어보루우프內的 演算處理, 例로 원집마이컴에 의한 PID制御등도 100μs 以內는 演算可能한 線에 와 있다.

PWM 制御에 있어서는 後述한바와 같이 소프트웨어化되어 制御알고리즘이 完成되어 있다. 또 速度推定옵저버, 디지털필터 등에 의해 速度루우프

의 構成이 소프트웨어化에 適合한 方向으로 시프트되고 있다. 이와같이 마이컴化에 適合한 소프트웨어處理에 의해 問題의 해결을 試圖하는 경우가 增加하고 있다.

소프트웨어를 利用한 마이크로컴퓨터의 役割이 制御理論의 進歩와 함께 더욱 加速되어 소프트웨어라는 하나의 共通된 點에 의해 連結되어 왔다. 여기에서 서어보드라이브言語의 役割이 重要하게 되었다.

센서의 分野에 있어서도 소프트웨어化에 의한 高性能化가 進行되고 있다. 여러가지의 信號處理技術에 그 모습을 볼수 있다(표3 參照).

機械系에 起因하는 여러가지의 問題, 例로 백릿슈, 非線形 摩擦, 히스테리시스 등의 補償制御에도 마이컴이 使用되어 소프트웨어에 의해 等價的으로 메카니즘의 剛性を 올리는 制御方式의 採用이 進行되어 高剛性서어보의 實現을 목표로 하고 있다.

이외에 마이크로프로세서는 負荷돌크의 推定과

〈表-3〉 主要信號處理技術例

信號處理技術	適用事例
間接檢出(옴저버)	모우터系の 數式모델과 外亂의 數式모델을 作成하여 實際의 入力信號에서 外亂量을 算出
檢出타이밍	샘프링檢出時的 檢出타이밍의 決定
相關檢出(推定)	Identification Rotor Time Constant through Correlation
디지털變換	PLL을 使用한 디지털檢出
高精度化(補償技術)	PG의 아날로그補間

制御모우드의 最適한 選定에도 應用되어, 知能化로 향해 크게 흘러 負荷나 慣性모우멘트 등의 變化의 影響을 받지 않는 安定한 制御實現이 可能하게 되었다.

### (2) 電力變換器의 高性能化

機器의 高速應答의 要求와 함께 서어보 모우터의 電氣的時定數까지가 問題가 되도록 되어 그 때문에 内部抵抗이 無限大에 相當하는 理想電流源에 의한 驅動시스템이 進展되었다. 이것은 大容量 高速트랜지스터等 파워디바이스의 進歩와 그 스위칭 技術의 進歩에 힘 입는바가 크다. 誘導機의 벡틀制御도 電流指令에 대한 忠실한 電流의 追從을 할 수 있게 되어 達成했다고 해도 過言이 아니다. 電流指令에 대한 追從誤差는 토크·電流指令의 直線性에 影響을 줄뿐만 아니라, 토크리플이 적은 安定한 制御의 實現에는 不可缺하다.

### (3) 센서피이드백의 方向

從來는 制御파라미터의 數가 적었던 일도 있고 하여, 制御系의 파라미터는 速度 등의 汎用的인 것만으로 충분했으나 制約할 파라미터가 增大하여(例로 머신인定數의 同定等) 精密하며 高機能의 制御를 하게 된다면, 制御項目的 增大와 함께 複數의 센서와 膨大한 프로그램량이 필요하게 되므로 制御의 直接化 概念이 必要하게 되었다.

모우터 및 制御系內에 있는 無數의 物理量 가운데 制御하고 싶은 物理量에 가장 가까운 것을 操作量으로서 制御를 行한다는 方法이다. 그래서 키이가 되는 制御量을 定하고 이 直接신심을 하여 가장 適

當한 시스템을 構築하는 것이 今後 必要한 課題로 생각한다.

이러한 의미에서 센서의 選定은 대단히 重要하게 될 것이다.

### (4) 센서의 知能化

센서도 前述의 制御技術의 動向과 같으며, 마이컴에 의한 시스템 全体 가운데 機能的으로 매칭하는 信號處理技術의 進歩에 따라 하아드에서 소프트웨어로 크게 前進해 나가고 있다. 물론 그러기 위한 하아드웨어 自體의 高性能化, 小形化가 並列로 進行되고 있다.

서어보드라이브의 궁극적인 目標인 位置의 應答周波數는 速度의 應答周波數의 數分の 1이 된다. 制御性能을 向上시키기 위해서는 驅動系의 剛性을 들 수 있는 同時에 速度센서의 分解能 및 精度를 向上시킬 필요가 있다.

최근의 마이컴 및 소프트웨어技術의 현저한 발달에 따라 位置制御와 速度制御의 양쪽을 마이컴 主体로 구성한 全디지털回路로 行하는 것이 實用化되어 있다. 回路센서도 디지털化에 對應하여 從來의 速度發電機를 省略하고 인코우터식 또는 레졸버만으로 速度檢出을 하는 方式이 主流가 되며 또 이것 때문에 磁氣인코우더方式의 開發과 브러시레소레졸버를 사용하여 PLL을 應用한 信號處理 技術 등이 개발되고 있다.

또 타크제너레이터를 사용함이 없이 速度情報를 옴저버를 사용하여 얻을 수도 있다. 연속적인 位置編差情報에서 연속적인 速度信號를 옴저버를 사용하여 얻는 試圖도 보고되고 있다. 디지털 位置決定에 있어서는 1 펄스 以內的 리미트사이클이 생긴다. 이 點의 解決策으로서 最終位置 決定에는 아날로그方式을 利用하는 수도 있다.

加速度歸還法이 普及된 것도 特徵이라고 할 수 있다. 一般적으로 서어보를 스프링, 덤버 및 質蠟으로서 이루어진다고 생각하면 位置의 歸還量을 늘리면 等價스프링 定數가 增加하며 速度의 歸還量을 增加하면 等價粘性 減衰係數가 增大한다. 加速度가 歸還함에 따라 等價慣性 모멘트가 增大한다.

回轉中에서도 等價慣性 모멘트를 自由롭게 調整할 수 있어 制御의 安定性 向上의 方案으로서 有效한 方法이다.

IM을 인버터驅動하는 경우 誘導機의 2次電流 또는 發生토크를 檢出하여 이를 歸還信號로서 사용함으로써 速度制御系가 可能하게 된다. 交流機의 2次電流 또는 토크를 檢出하는 것은 交流機의, 制御特性의 向上, 適用範圍의 擴大에 대단히 有效한 手段이 된다. 이를 위한 研究開發이 意慾적으로 進行되고 있다. 事例에 대해서는 後章에서 말하겠다. 또 誘導機 2次時定數의 檢出에 의해 補正制御하는 試圖도 進行되고 있다.

### 3. 研究開發의 事例紹介

前述한 制御技術의 動向에 對應한 研究開發 事例에 對해서 紹介한다.

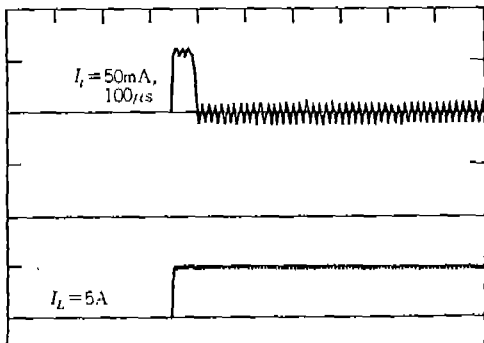
#### (1) PTPT 콘셉트

1979年 9월에 런던에서 개최된 2nd International Conference on Electrical Variable-Speed Drives에 出席하여 Plessey Aerospace의 Melling씨와 만나 그의 Proportional Drive에 對한 생각을 듣고 感銘을 받았다. 한마디로 말해서 한개의 CT(變流器)를 사용하여 콜렉터電流를 베이스로 正歸還시키는 트랜지스터의 베이스驅動法이다.

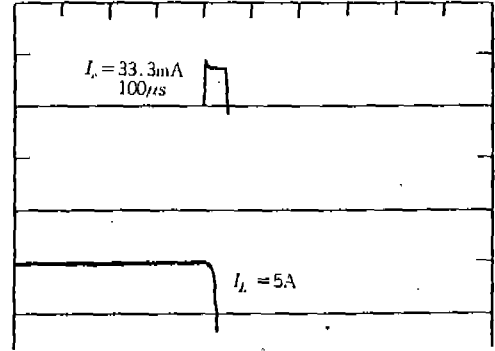
이 概念을 다시 擴張展開한 것이 PTPT(Pulse Triggered Power Transistor)이며 今年 4月 漢부르크에서 개최된 Intermag에서 發表되었다.

이 方式에는

- ① 電力損失이 적은 싱글트랜지스터를 使用하여 펄스타안 온·펄스타안 오프 할 수 있다(그림 3 參照). 即 高계인의 GTO오퍼레이션을 할 수 있다.
- ② SOA(Safe Operating Arca)를 넘어서도 素



(a) 펄스타안온



(b) 펄스타안오프

〈그림-3〉 PTPT의 動作

子를 파괴시키지 않고 過電流耐量이 크다.

等の 特徵이 있으며 素子の 信頼性 向上, 베이스드라이브簡素化等에 寄與할 수 있는 것으로 期待되고 있다.

이외에도 半導體다이오드分野에서는 BI-MOS 등의 이름으로 알려진 것과 같은 MOSFET와 바이폴라 트랜지스터의 複合化가 進展되어, 小形 모우터 드라이브에 適合한 高速스위칭다이오드가 開發되었으며 또 낮은 온抵抗을 가진 N 채널 MOSFET (45° V, 50A)도 開發되고 있다.

#### (2) 아몰파스마이크로磁心に 의한 籠形 誘導機 2次電流의 檢出

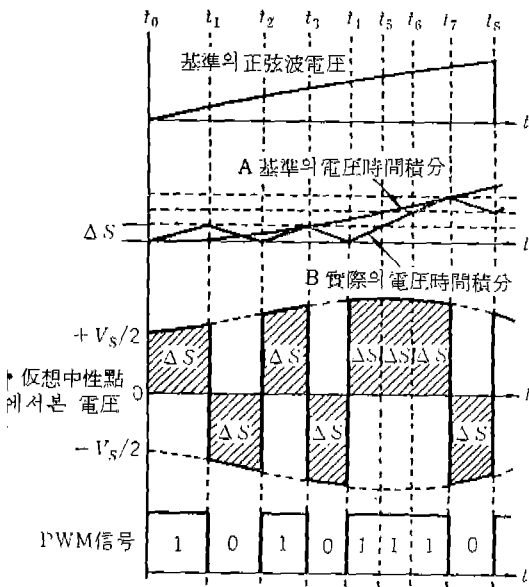
前述한바와 같이 制御하고 싶은 物理量에 가장 가까운 것을 파라미터로서 選擇하여 制御를 한다는 생각이 制御의 直接化이다. 從來·制御 파라미터로서 極히 汎用的인 回轉數, 回轉位置等에 限定되어 왔으나 精密하며 高機能의 制御를 行한다고 한다면 가장 適合한 센서情報의 檢出이 必要하게 된다.

2次로우터의 Skew效果에 의한 軸方向 磁束成分의 檢出인 스테이터슬롯部에 부착한 아몰파스 마이크로磁心に 의한 磁氣마르티바이블레이터를 磁氣 센서로서 짜 넣은 것이다.

그리고 이 2次電流와 主磁束과의 關係를 하면 토크信號를 쉽게 얻을 수 있다. 이와같이 内部는 여러가지 制御를 위한 情報를 갖고 있으며, 信號處理 技術로 加工하면 트랜스듀우살레스의 制御가 可能하게 된다. 모우터에 對話하면 모우터는 無限의 말로써 말해준다는 것이 센서의 哲學이다.

### (3) 電壓制御形 소프트웨어化 PWM 制御

從來 널리 사용되고 있는 PWM 發生法으로서 三角波와 正弦波를 맞추는 方法이 있으나 이 方法은 반드시 소프트웨어에 適合하지는 않다. 그림 5에 表示하는 것과 같이 正弦波電壓의 積分이  $(1 - \cos \theta)$  曲線이 되는 것을 利用하여 인버터 출력電壓(인버터 입력電壓)을 積分하여 그 積分値가 어느值  $\Delta S$  가 될때 마다  $(1 - \cos \theta)$  曲線과 電壓積分値를 比較하여 前者에 대한 後者の 크기의 大小에 따라 0/I의 PWM 信號를 發生시키도록 하는 것이다. 이 方法에서는 電壓은 V/F 變壓器를 통하여 펄스數로서 CPU의 内部카운터로 積分 된다. 外部部品은 V/F 콤버터만으로도 좋다. 이 알고리즘을 擴張하여 모우터 磁束을 直接制御하는 PWM 制御도 원칩 마이크로컴(i-8031)으로 實現될 수 있다는 것이 報告되고 있다. 이와같이 마이크로컴 自身의 機能向上과 새로운 制御 알고리즘의 터킹에 의해 電力變換器의 直接 소프트웨어化 制御가 實現되어 가고 있다.



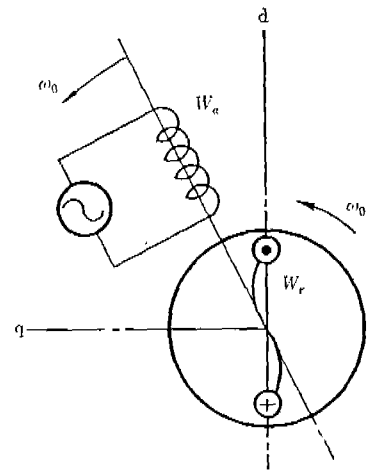
〈그림 - 5〉 電壓積分形 PWM의 原理

### (4) 交流勵磁方式 브러시리스同期電動機의 制御

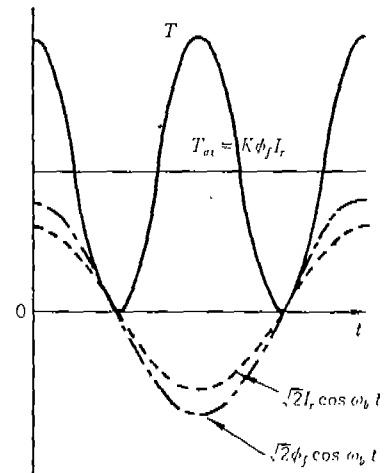
交流勵磁方式 브러시리스同期電動機는  $\omega$ 로 回轉하는 單相券線에 바이어스角 周波數  $W_b$ 의 交流電流를 흘림으로써 얻어지는 것과 같은 바이어스周

波數로 脈動하면서 同期速度로 回轉하는 起磁力으로 勵磁된다. 그림 6에 表示하는 것과 같이  $\omega$ 로 回轉하는 單相券線  $W_a$ 에  $W_b$ 의 角周波數의 交流電流를 흘림으로써 만들어지는 脈動値를 갖고  $\omega$ 로 回轉하는 回轉磁界를 만든다. 한편 脈動起磁力의 Q軸成分은 短絡된 回轉子卷線에 電流  $\sqrt{2}I_r \cos W_b t$ 를 誘導하기 위해  $Tau = K\phi_r I_r$ 의 平均돌크가 發生한다.

그리고 卷線  $W_a$ 에 의해 만들어지는 脈動起磁力과 同様の 起磁力分布는 靜止한 多相交流를 흘림으로써 實現할 수 있다.



(a) 브러시 없는 交流勵磁方式同期電動機



(b) 돌크-時間曲線

〈그림 - 6〉 브러시 없는 交流勵磁方式同期電動機의 原理

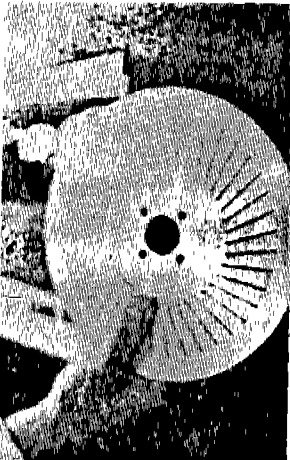
이것이 交流勵磁方式 브러시리스同期電動機의 原理이다.

實際에는 單相短絡卷線을 갖는 突極形 或은 円筒形 回轉子과 三相固定子卷線으로 되는 交流電動機와 CPU로 콘트롤 되는  $\omega_0 + W_0$  및  $\omega_0 - W_0$ 의 두 가지의 각기 다른 角周波數의 多相交流를 同時에 發生하는 트랜지스터 PWM인버터에 의해 構成된다. 그 回轉速度는 平均周波數와 極數에 의해 定해진다.

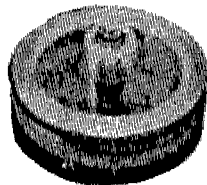
이 電動機는 簡單하며 堅固한 브러시리스 構造이며 또한 電機子反作用이 存在하지 않기 때문에 體積을 縮기하고 小形化할 수 있어 포지션콘트롤이나 比較的 低速의 AC서어보용 小形모우터로서의 應用이 생각될 수 있다.

#### (5) Disk Induction Motor

그림 7은 西獨 Braunschweig大學의 Schumcher씨의 製作에 의한 Disk Induction Motor (1.5kW)이다.



〈그림-7〉 Disk Induction Motor



〈그림-8〉 超音波 表面波 모우터

直流서어보모우터가 플린트모우터와 같이 偏平化와 슬립構造에 의한 低慣性形으로 分化, 發展해온 것과 같이 直流서어보모우터의 開發의 歷史와 똑같은 걸음을 AC서어보모우터가 實行하고 있는 點이 興味롭다. 力率, 效率이 나쁜 것이 欠點이나, 소리트鐵心이 든 알루미늄모우터의 開發에 의해 改造되어 로우코스트의 AC 서어보모우터로서 位置가 굳어지

는 것이 아닌가 하고 期待되고 있다.

#### 4. 今後的 動向

이제까지 記述한바와 같이 小形모우터서어보모우터 이브는 아크채에터로서의 모우터, 서어보앰프(電力變換器), 센서, 機構要素의 高性能化와 함께 特性補償을 위한 알고리즘에 의한 소프트웨어의 開發이 進行되고 있다.

이와같이 制御의 進歩는 빠르나, 모우터 本體의 改革은 늦어지고 있다. 現在 研究가 進行되고 있는 將來의 영라이온으로서 파라메트릭發振모우터, 光磁氣모우터 或은 非電磁方式으로서 壓電셀러믹을 사용한 超音波表面모우터(그림 8) 등이 제안되고 있으나, 이러한 것들의 共通되는 點은 效率이 나쁘다는 등이 欠點이다.

現在로서는 磁氣力 即 電磁力이 拔群의 實用性을 갖는다는 點에 있다. 100年의 磁氣 歷史 가운데 앞으로 비약할 새로운 着想에 根據를 둔 發想, 例로 磁氣돌크의 몇가지를 巧妙하게 複合化 한 것이나, 多自由度構造 또한 플레키시빌티의 制御가 可能한 모우터를 생각해 내지않으면 앞으로의 劃期的 發展은 期待하기 어렵다.

이 原點은 이미 Laithwaite씨의 球面모우터(Spherical Motor)가운데서 찾아 볼 수 있다.

現實의으로는 센서모우터가 複合된 知能모우터가 當面한 課題일 것이다.