

## 工場機械에의 인버터適用

공작기계를 구동하는 장치로서, 가변속구동System의 적용역사는 깊다. 특히 加工物의 고급화, 多種, 복잡화에 따라 비약적으로 Inverter의 채용이 늘어나고 있다. 더우기 유도전동기의 속도제어의 실현으로 直流機의 Brush보수로 부터의 해방, 수직제어 채용에 의한 자동운전등 省力化, 자동화의 달성에 치중하고 있는 바이다. 즉 ① 고정도의 속도제어 ② 極低速에서부터 超高速까지의 광범위운전 ③ 高加減速, 高頻度운전등 공작기계 특유의 고기능제어가 연구되어 실용화되고 있다. 따라서, 공작 기계용 Inverter는 각종 기계에 搭載되고 세계에서 多數운 전됨과 同時에 가변속System 기술의 개발을 추진하고 있다. 이하 공작기계 구동이 왜 이러한 성능을 가지고 있지 않으면 안되는가를 고찰하고 어떻게 해서 이것을 달성했는가를 기술한다.

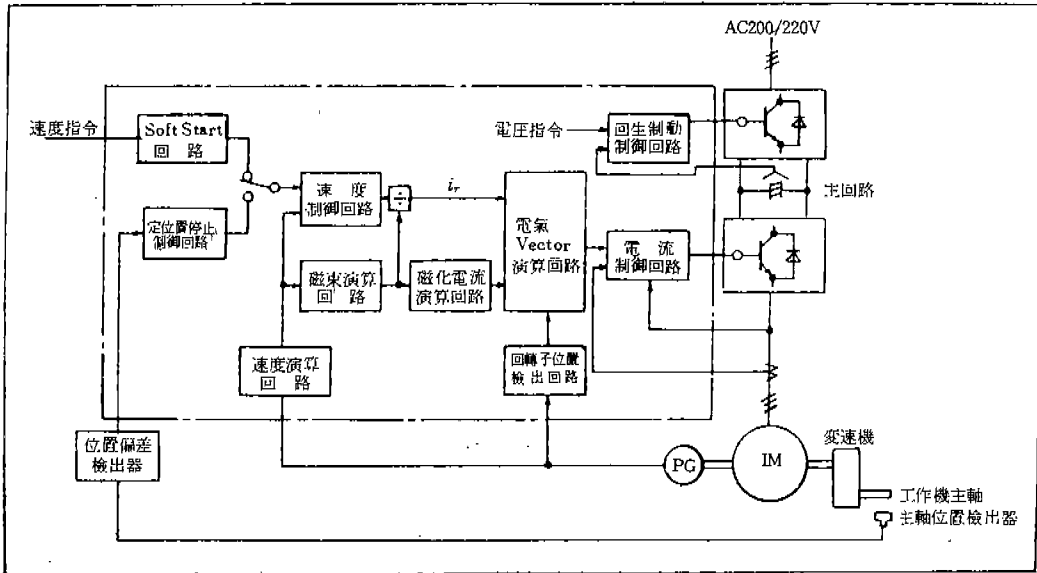
### I. 工作機械의 可變速驅動

공작기계의 中心機種인 金屬加工機械는 加工物의 크기, 재질, 마무리精度등이 要求되기 때문에 驅動 最適速度의 調整이 필요하다. 종래에는 이러한 변속장치로서 기계方式이 채용되어 왔다. 즉 Pully 교환과 多段Gear의 교환방식이다. 이방식은 교환할 때의 작업성에 어려움이 있었다. 다음에는 교류전동기의 극수변환과 Clutch 절환이 적용되었었지만 변속이 제한적으로 되고 最適速度를 얻는 일이 곤란했었다. 계속해서 연속가변속제어로서는 직류전동기가 채용되어 작업성은 대폭적으로 간략화되고 동시에 수직제어 채용에 따라 자동화가 현격히 진행되었다. 더우기 최근에 와서는 유도전동기의 Inver-

ter 구동이 직류전동기 brush 保守의 省力化와 직류기에서 실현할 수 없었던 고속화를 실현하는 등 공작기계 구동의 主流가 되었다. 당초의 Inverter 구동제어는 안정된 가변속도를 얻는 일로서 직류기의 특성보다 뒤떨어져 있었지만 Power Electronics의 발전 특히 전력변환소자로서 Power Transistor의 진보에 의한 고속 PWM제어와 제어소자로서 LSI, Micro Processor의 채용과 아울러 제어이론으로서 지금까지 곤란시 되어왔던 유도전동기의 Torque 제어를 Torque 電流와 磁速電流로 분리하여 각각을 제어하는 Vector제어 System으로 가능하여짐에 따라 완전히 직류전동기 이상의 가변속System이 됐다. 또한 Inverter의 특징인 출력주파수를 상용전원 이상으로 높게 올린 초고속운전과 농형유도전동기 회전자의 低慣性 Moment에 의한 고속응답성의 실현 등은 종래의 직류기이상으로 공작기계 구동장치로서 적합성이 있다. 그림 1에 공작기계 구동용 Vector제어의 제어Block 그림을 나타냈다.

### II. 工作機械의 負荷特徵

공작기계에는 加工物에 대응하여 많은 종류가 있고 각각 최적구동을 위해 各種의 Inverter System이 고안되고 있다. 즉 加工物과 질날의 어느 한쪽을 고정하고 다른쪽을 회전운동 또는 직선, 왕복운동을 시켜 절삭을 행하는 방식, 혹은 兩者가 운동을 해서 절삭을 행하는 등의 방식이 있고, 또 그룹으로 專用機械나 複合機械가 만들어 지고 있다. 여기에서는 대표적인 공작기계로서 旋盤과 Machining Center에 관해 기술한다. 표 1은 각각의 요구



〈그림-1〉 工作機械驅動用 Vector 制御의 制御 Block圖

〈표-1〉 代表的 工作機械 主驅動的 可變速要求性能

性能 工作	變速範圍	速度精度	加減速性能	Orientation	商用Inverter
旋 整	1 : 100	1%以下	重要 高加減速 通轉가능	加工物の 位置決定	高精度速度制御 Inverter Vector제어 電壓型Inverter
Machining Center	1 : 50 ~ 1 : 100 (超高速機)	1%以下	重要 高頻度可逆 通轉가능	自動工具交換 加工物の加工 寸數測定 (高精度必要)	高精度速度制御 Inverter Vector제어

성능을 나타낸다. 선반은 加工物을 회전시켜 칼날을 대서 절삭하는 공작기계이다. 加工速度는 材料에 의해 最適速度를 얻는 일과 크기에 관계없이 절삭속도를 일정하게 하기 위해서 광범위의 可變速度가 必要하다. 또 절삭할 때마다 가속 감속운전을 하기 때문에 작업성을 높이기 위해서 高加減速度 특성이 매우 重要하다. 통상 선반은 복합형과 單機能型으로 크게 구별된다. 最近의 복합형 고급 선반에서는 보조 가공기능을 갖추고 있고 절삭작업 이외에 加工物の 角度를 계산해 내는 제어가 요구된다.

그렇기 때문에 일반적으로 高精度 速度제어가 가능한 Vector제어 Inverter가 채용된다. 또 소용량의 單機能型에는 경제적 측면에서 高加減速 能力을 갖고 있는 普及型 Inverter가 많이 使用되고 있다. Machining Center는 칼날을 定位位置로 回轉시켜 加工物을 移動시키고 절삭을 行하는 方式으로 넓은 變速 범위가 必要하다. 또 최근의 설비로는 Aluminum 合金등의 難切削材加工을 위해 初高速 運轉의 要求도 많아 最高속도 15,000r.p.m~20,000r.p.m을 실현하고 있다. 高精度의 加工, 工具交換을 위한 Orientation 등에는 高精度 速度제어의 Vector 제어 Invertur가 당연히 필요 하지만 그위에 自動工具交換의 能力을 向上시키기 위해 急加減速 機能을 要求하기도 한다. 어떤든 工作機械로서의 要求性能은 ① 광범위한 出力범위 ② 短時間 大Toroue ③ 安定된 速度 高精度가 重要하다.

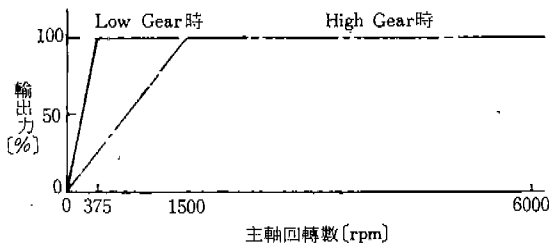
III. 工作機械 驅動에 要求되는 Inverter 特性

工作機械 구동장치로서 Inverter는 前項에서 기

술한 바와 같이 多數의 특징을 담고 있고 그 위에 최근에는 FA System을 大幅的으로 導入한 自動化 省力化에도 適用이 확대되고 있다. 다음에 그 대표적인 특성과 기능에 대해서 기술한다.

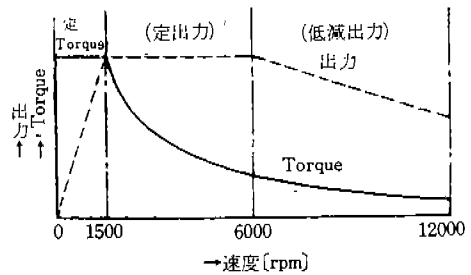
### 1. 速度-Torque 特性

일반 공작기계에는 저속-大Torque, 고속-低Torque가 要求된다. 바꿔 말하면 定出力 범위의 넓은 특성이 공작기계 구동에 적당하다고 말할 수 있다. 종래에는 이것을 실현하기 위해 Gear에 의한 다단변속, 더우기 기계적으로는 2단계의 변속과 電氣式的 무단계변속을 組合하는 방식이 主流가 되어 왔다. 이러한 방법에 의한 표준형의 공작기계는 1 : 9 ~ 1 : 16의 광범위한 定出力 特性을 갖고 있다



〈그림-2〉 Gear 2段切換 방식의 例

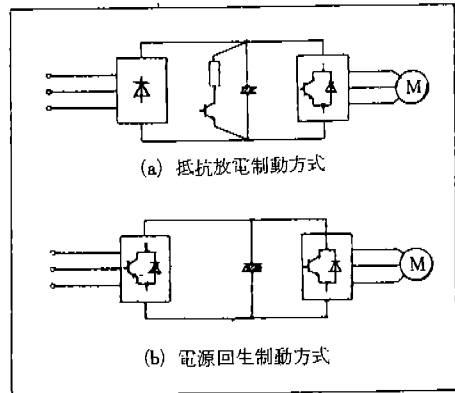
그림 2는 이 특성을 보여준다. 그러나 이들의 공작 기계를 이용해서 多數部품을 加工할때 Gear를 교환하는데 필요한 시간이 상대적으로 무시할 수 없게 되어 기계의 처리 능력을 향상시킬 때에 문제점이 되고 있다. 그래서 Inverter에 의한 定出力 特性의 변속범위를 종래의 2배 정도로 한 Gear 변속이 전 혀없는 기계가 발표되고 있다. 그림 3은 그 출력특 성의 한 예로서 고속의 범위에서는 굳이 定出力이 아 닌 方法을 채용하여 전동기나 Inverter가 너무 커 지지 않도록 배려되고 있다. 또 전동기 구조면에서 볼 때 종래와 같이 독립한 구조로서 Belt구동을 하 는 것과 主軸構造중에 장착된 Built-in 방식의 것이 있다.



〈그림-3〉 超廣範圍可變速驅動(Gerless)驅動 例

### 2. 高頻度 加減速性能

工作機械의 특성을 나타내는 기준은 전술한 Torque 특성과 동시에 어떻게 고속으로 加工物의 준비 工具의 交換이 可能한가가 重要하다. 일반적으로 加 速能力은 전동기의 Torque 特性과 充分한 Inverter 용량이 있으면 實現 되지만 減速度에 關係서는 機 械系에 저장 되어진 運動Energy를 어떤 方法으로 빨리 처리 하는가에 關係되고 있다. 汎用 Inverter 에도 主回路의 損失등으로 15~20% 程度의 제동 Torque가 얻어질 수 있지만 공작기계에서는 加 速 Torque와 同等의 제동 Torque가 要求된다. 이 때 문에 공작기계의 主軸驅動에 使用되는 Inverter는 일 반적으로 回生制動 能力을 갖추고 있다. 회생제동 방식으로는 그림 4에서와 같이 Inverter의 직류 中



〈그림-4〉 回生制動方式

間回路에 回生된 Energy의 處理方法에 따라 2種類 의 방식이 있다. 같은 그림 (a)는 저항에 의해 방전

하는 방식으로 비교적 소용량의 것에 적용되고 그림 (b)의 방식은 전원측의 Inverter로부터 Energy를 상용전원에 Feed Back 시키는 방식으로 中·大용량의 Inverter에 많이 適用되고 있다.

### 3. 速度制御

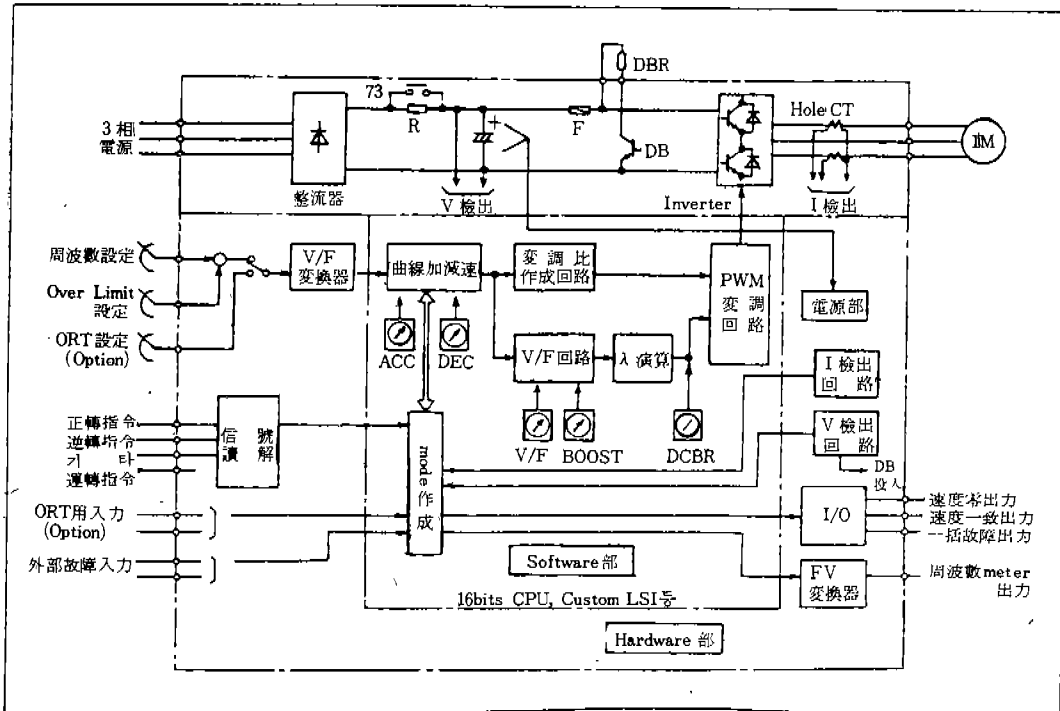
數値제어를 行하는 高級공작기계는 그림 1에 표시된 Vector 제어 Inverter가 적당하다는 것은 앞에서 기술한 바와 같다. Vector 제어의 원리를 개론하면 Torque 電流와 磁化電流를 따로따로 연산해서 Vector 合成을 하여 회전자의 磁束位置에 맞추어서 最適한 전류 순시치를 제어해서 正確한 속도제어를 實現하는 것이다. 더우기 복잡한 高速密度의 Vector 연산을 高速으로 처리하기 때문에 LSI, Micro Processor에 의한 Digital 제어가 主流를 이루고 있다. 한편 주로 經濟性에서 速度 Feed back 제어를 갖추지 않는 普及型 Inverter로 충분히 對應되는 공작기계도 있고 專用 Inverter의 適用도 많다. 이러

한 種類의 Inverter가 具備하지 않으면 안되는 特性은 ① 高速回轉 또는 넓은 범의 運轉停止가 可能 ③ NC 運轉에 필요한 Interface 기능을 갖추고 있을 것 등이 있다. 그림 5에 제어 Block Diagram을 나타냈다

### 4. Orientation 動作의 高速化

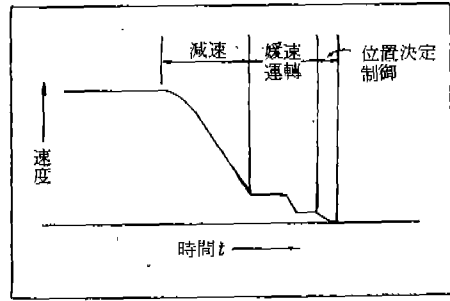
加工時間 以外の 時間은 될 수 있는 대로 짧게 하는 것이 기계에 對한 User의 要求이다. 특히 작은 규모의 部品을 多數 加工할 경우에 이러한 要求가 強하다.

여기에 關한 主軸驅動的 要求는 Orientation 動作 (最高速度→減速→緩速運轉에 의한 停止제어 Zone 검출→위치결정 정지제어→완료신호발신)의 소요시간을 가능한한 단축하는 것이다. 이 중에서 감속개시부터 제어 Zone 검출까지의 시간이 비교적 길게 되어 있기 때문에 이 부분에 重點的인 대책을 行하는 것이 효과가 있다. 緩速運轉의 時間을 단축하기 위



(그림-5) 小形工作機械用 AC Spindle Drive System의 制御 Block 圖

해서 그림 6 과 같이 緩速速度를 2 단계로 하고 停止點으로부터 떨어져 있는 곳은 고속운전으로 또 停止點의 가까이에서는 低速運轉으로 하고 安定된 位置결정 動作에의 移行을 하는 方法등이 行해진다. 또 일반의 Vector 제어 Inverter에서는 短時間(1 分間) 定格出力을 30分定格出力의 120%로 하고 있으나 이것을 170% Level까지 크게하여 減速시간을 짧게 하는등 새로운 시도를 하고있다.



〈그림-6〉 緩速運轉停止의 Pattern

☆ ☆ ☆

工作機械의 Inverter驅動은 Inverter가 가지고 있는 기능을 가장 효과있게 活用한 System이다. 超高速, 高應答등 다른 方式으로는 일반적으로 곤란하다고 생각되는 기능을 멋있게 實現하고 있다. 이번 기획에는 언급하지 않았지만 예를들면 超高速驅動 (100,000r.p.m~3,0000r.p.m)을 위한 特殊 Inverter등 갖가지의 기술이 있고 각각 工作機械의 要求를 만족시키고 있다. 이후에는 이것들의 기능을 複

合化한 System과 齒車와 長軸의 機械部分을 삭감하고 한층 더 高速, 또는 低振動, 高速位置 결정등直接驅動하는 方式에의 전개가 고려되고 있다. 또 自動化, 省力化가 진척됨에 따라 數値제어가 高度化되어 FA System등의 大規模, 高級System으로 발전이 期待되고 있다.

(전기기술정보센터위원회제공) \*

● 지부소식 ●

〈충남지부〉

○제 2 차운영위원회개최

- 일시 : 6. 16
- 장소 : 충남지부사무소
- 토의사항 : (1) 법정교육실시에 따른 준비사항  
(2) 전기관계기관의 건의사항

○대전전기기술자협의회 개최

- 일시 : 6. 20
- 장장소 : 충남지부사무소
- 토의사항 : 환선온도측정기와 사용방법

○자가용수용가담대회

- 일시 : 6. 23
- 장소 : 한전대전전력관리처
- 토의내용 : (1) 하절기 부하조절개선문제  
(2) 전압강하문제해결방안  
(3) 순간정전실무자간협조문제  
(4) 수용가 송전선로정지방안  
(5) GIS 154KV변전소전학