

電壓型 Inverter

— 차례 —

- 1. 序 言
- 2. 電壓型 Inverter와 電流型 Inverter의 분류
- 3. 電壓型 Inverter의 基本回路
- 4. 轉流回路
- 5. 펄스幅制御 Inverter (PWM Inverter)
- 6. 電壓型 및 電流型 Inverter의 비교
- 7. 結 言

1. 序 言

最近 電力用 半導體素子를 이용하여 電力의 變換과 制御를 하는 Power electronics가 많은 발전을 하고 있는데 이것을 가장 많이 이용하는 분야는 電動機의 可變速 驅動이다. 이 중에서 交流電動機의 驅動을 위한 可變 周波數 制御裝置의 구성을 보면 電壓型 Inverter, 電流型 Inverter 및 Cycloconverter 등에 의한 것으로 大別된다. 交流電動機의 可變周波數 制御는 籠型誘導 電動機의 경우가 가장 많고 同期電動機는 약간 있는 정도이다. 여기서는 이러한 制御에 쓰이는 電壓型 Inverter의 대표적인 回路와 최근에 개발된 펄스幅 制御 Inverter의 동작 原理 및 특징 등에 대하여 소개하고자 한다.

2. 電壓型 Inverter와 電流型 Inverter의 分類

電動機 驅動에 쓰이는 自動式 Inverter는 負荷側에서 Inverter側을 볼때 電源임피던스(1~2 cycle 정도의 순시)의 大小에 따라 電流型 및 電壓型으로 구별되는데 동작상 아주 큰 차이가 있다.

電壓型 Inverter는 負荷에 관계없이 出力電壓이 Thyristor의 Turn-on 및 Turn-off에 따라 발생하는 矩形波가 되는 것으로 負荷 임피던스에 비하여 電源임피던스가 아주 작게 되어 있으며 그림 1(a)에 표시하는 바와 같이 直流電源端子間에 並列로 平滑 콘덴서가 접속되어 있고 負荷의 無効電力이 귀환 Diode를 통해서 이 平滑콘덴서와의 사이에 授受가 이루어지므로 負荷力率에 무관하게 安定된 運轉을 가능케 한다. 出力電壓은 平滑콘덴서의 定電壓特性에 따라 矩形波電壓을 발생하고 電流는 負荷回路의 리액턴스分 때문에 약간 正弦波에 가까운 波形으로 된다.

한편 電流型 Inverter는 그림 1(b)와 같이 負荷의 임피던스에 비하여 電源의 임피던스가 아주 크고 定電流源이 되게하여 이것을 Thyristor로 Turn-on 및 Turn-off해서 矩形波 電流出力을 얻는 방법이다. 따라서 귀환 Diode는 불필요하며 直流側에 平滑콘덴서 대신 平滑 리액터를 필요로 한다. 여기서 電壓은 電動機

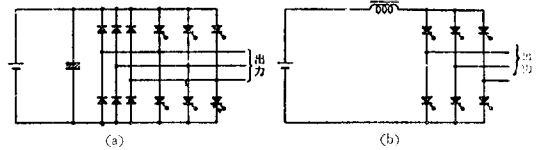


그림 1. 電壓型 Inverter와 電流型 Inverter

等 負荷에서 발생하는 逆起電力에 따라 정하여 지며 脈動分은 平滑리액터에 의해 흡수되어 正弦波로 된다. 또한 負荷의 進力率 無効電力은 Inverter出力 電流와 逆起電力과의 位相差에 따라 자동적으로 조정되나 遲力率 無効電力에 대하여는 電源에 이것을 授受해야 할 平滑콘덴서가 없으므로 큰 遲力率 無効電力을 가지는 負荷의 運轉은 본질적으로 무리이다.

3. 電壓型 Inverter의 基本回路

誘導電動機 可變速度制御에 쓰이는 電壓型 Inverter의 基本回路를 그림 2에 나타낸다. 3相交流電源에서

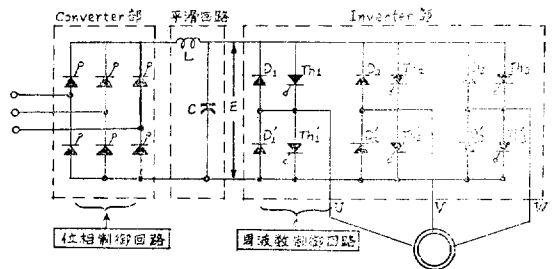


그림 2. 電壓型 Inverter의 基本回路

* 正會員: 明知大電氣工學科 教授(工博) 當學會 調查理事

可變直流電壓을 공급하는 Converter部, 出力 直流電壓을 平滑하게 하는 平滑回路, 可變周波數 交流로 變換하는 Inverter部로 구성되어 있다.

誘導電動機의 토오크는 固定子와 回轉子에 흐르는 電流에 의해 나타나는 磁束에 의해 발생하므로 토오크를 일정하게 유지하려면 磁束을 일정하게 유지해야 한다. 또 磁束은 電壓에 비례하고 周波數에 逆比例하므로 電動機에 인가하는 電壓은 周波數에 比例하여 증감시킬 필요가 있다. 그러므로 電壓과 周波數를 比例해서 변화시킬 수 있게 각각의 指令入力を 제어해야 한다. 順變換部의 出力 波形은 낮은 電壓에서 波形이 특이하나빠지므로 平滑回路의 L·C는 充分히 큰 용량의것을 사용해야 한다. 너무 작으면 불안정하며 亂調하는 수가 있다. 그러나 L·C가 너무 크면 速度 應答性이 나빠질수 있다.

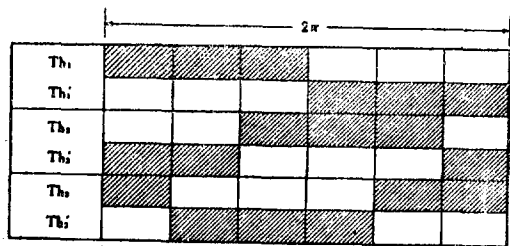


그림 3. 180°型 점호방식

Inverter部의 主回路는 6개의 Thyristor와 6개의 Diode로 되어 있으며 Th_1 과 Th_1' , Th_2 와 Th_2' , Th_3 와 Th_3' 등이 그림 3과 같이 on, off를 하면 矩形波 出力 電壓이 나온다. 즉 이것은 180°通流型이며 負荷力率에 관계없이 電壓波形이 一定하므로 電壓型이다.

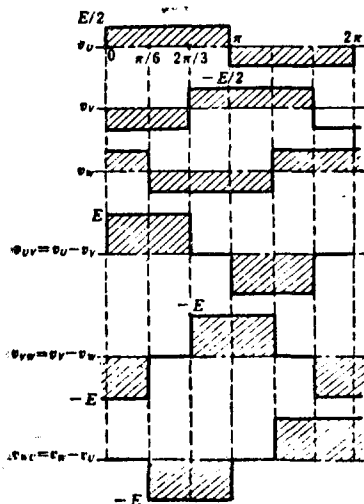


그림 4. 180°型 出力電壓波形

이때의 出力 電壓 波形은 그림 4와 같이 되며 3相의 線間 電壓에는 第3高周波는 포함되지 않는다.

Th_1 , Th_2 , Th_3 와 Th_1' , Th_2' , Th_3' 의 각 group의 Thyristor가 각각 120°씩 導通하게 하면 120°通流形이 된다.

180°通流型에서는 Th_1 에서 Th_1'

로 轉流되는데 대하여 120°型에서는 Th_1 에서 Th_2 로 轉流가 이루어 지므로 轉流콘덴서를 삽입하는 位置가 180°型과 달라지고 電流型 Inverter로 된다.

負荷가 誘導電動機와 같이 誘導性인 경우에는 蓄積 에너지가 귀환 Diode에 의해 電源에 잘 반환함으로써 부하 역률이나 Inverter의 動作주파수에 관계없이 확실한 轉流를 할 수 있고 轉流 Capacitor의 容量은 적은 것으로 된다.

예를들면 $Th_1' \rightarrow Th_1$ 으로 轉流할 때는 Th_1' 가 Turn-off했을때 Th_1' 를 흐르고 있던 負荷電流 I_L 은 D_1 을 통해서 +電源으로 돌아가 電力을 귀환시킨다. I_L 이 영으로 된 다음 Th_1 이 導通된다.

4. 轉流回路

a. 補助 임펄스 轉流方式

Inverter回路는 轉流回路가 중요하며 여러가지형의 回路가 고안되고 개량하여 왔다. 이 중에서 가장 대표적인 Mc Murray의 補助임펄스 轉流方式을 소개코자 한다(單相에서 간단히 3相을 만들 수 있다).

그림 5에서 주 Thyristor Th_1 및 Th_1' 는 交流出力

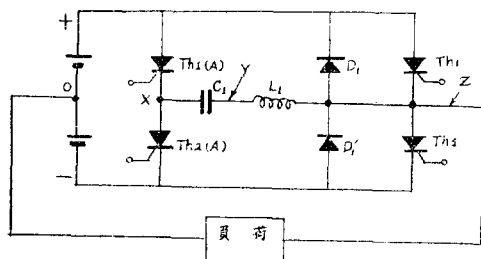


그림 5. 補助임펄스轉流 Inverter

의 半周期의 期間에 교대로 負荷에 電流를 흘린다. 負荷가 無効電力 負荷인 경우에는 귀환 Diode D_1 과 D_1' 가 半周期의 어느 期間 通電하고 負荷에서 直流電源으로 電力을 귀환한다. 주 Thyristor Th_1 을 轉流시키기 위해서는 補助 Thyristor $Th_{1(A)}$ 를 점호시키고 또 Th_1' 를 轉流시키기 위해서는 $Th_{2(A)}$ 를 점호시킨다.

자세한 動作原理를 설명하기 위해서 처음에 Th_1 이 直流電源의 +母線에서 負荷에 電流를 흘리며 또 콘덴서 C_1 은 端子 Y가 端子 X에 대하여 +로 되도록 充電되어 있는 것으로 가정한다.

i) 기간 A.

Th_1 을 轉流시키기 위해서는 補助 Thyristor $Th_{1(A)}$ 를 점호한다. 放電電流 펄스는 $Th_{1(A)}$, C 및 L 을 통해서 흐르며 점차 증가해서 負荷電流(이때 Z에서 O로 흐르는 것으로 가정한다)보다 크게된다. 이때 Th_1 의

電流은 감소해가며 결국 O 으로 된다. 轉流 임펄스電流 i_c 중에서 負荷電流보다 큰 부분은 귀환 Diode D_1 을 통해서 흐른다. 轉流電流 i_c 가 波高值에 달한후 감소하기 시작하면 콘덴서 C_1 은 反對極性으로 充電된다. D_1 의 通電中에 D_1 의 順電壓降下가 Th_1 에 逆電壓으로서 作用하므로 Th_1 은 Turn-off된다.

ii) 기간 B

Th_1' 은 콘덴서電流 i_c 가 O 으로 되었을때 점호시킨다 이 시간은 無負荷의 경우 $Th_{1(A)}$ 의 점호후 L_1C_1 共振의 半周期 즉 $\pi\sqrt{L_1C_1}$ 초이다. 이때 順電壓이 Th_1 에 가하여져 아주 적은 펄스전류 i_c 가 直流電源으로부터 $Th_1(A)$, C_1 , L_1 및 Th_1' 를 통해서 흐른다. 콘덴서가 半周期의 通電期間 끝에 反對極性(X 가 Y 에 대하여 $+$)에서 최초의 크기의 電壓에 充電되면 Th_1' 을 Turn-off시킬 준비가 완료된다. 그림 6은 無負荷時의 轉流期間에 각부의 波형을 나타낸다.

iii) 誘導負荷

誘導負荷인 경우는 轉流電流 i_c 가 負荷電流 I_L 보다 작아지면 D_2 가 通電한다.

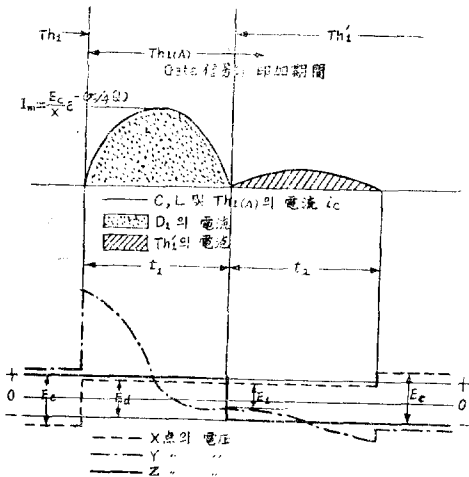


그림 6. 그림 5의 Inverter 회로에 있어서 轉流期間의 波형(無負荷時)

이때 轉流 Reactor L_1 에 蓄積된 에너지로 말미암아 콘덴서 C_1 이 無負荷時 보다 높은 電壓으로 充電되므로 큰 轉流 펄스를 발생하여 重負荷電流를 轉流시킬수 있다. 이 회로는 轉流 펄스가 負荷상태에 따라서 자동적으로 변화한다는 이점이 있고 이것이 종래의 Inverter 보다 아주 우수한 특징이다. 또 轉流 펄스는 無負荷時에 최소가되므로 無負荷損이 적고 負荷電壓은 負荷條件에 관계없이 矩形波로 된다.

b. 改良된 轉流回路

앞에서 설명한 轉流回路에서 콘덴서容量 C 를 적게하

기 위해서 여러가지 연구가 이루어지고 있는데 최근개발 실용화되고 있는 것은 그림 7과 같이 L_1 대신에 轉流變流器를 사용하고 있다. Th_1 을 Turn-off할때를 생각한다. Th_1 이 導通하고 있을 때 C_1 은 그림과 같이 充電되어 있다. $Th_{1(A)}$ 가 Turn-on되면 C_1 의 電荷는 轉流變流器 CT_1 을 통해서 負荷에 I_L 과 Th_1 , D_1 으로 I_c 를 흘린다. 이때 CT_1 은 불포화의 상태로 되며 I_c 는 다음 식으로 계산 된다. 즉 $I_c = (n_2/n_1)I_L$, $n_1 \gg n_2$. Th_1 에 역바이어스를 걸기 위한 電流 I_c 는 負荷電流의 수분의

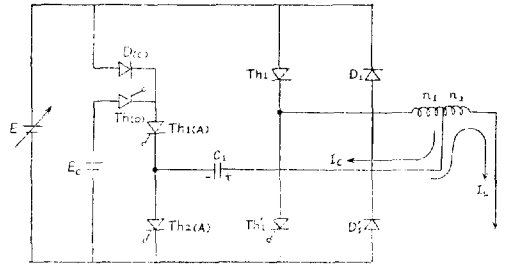


그림 7.

1이하로 억제되므로 轉流콘덴서는 적어도 된다. 또한 이 방법은 轉流에 필요한 電壓을 直流入力電源과 별개의 一定電壓電源 E_c 로 부터 얻는 別途電源 轉流方式이다. 別途電源 轉流의 이점은 直流入力電壓이 감소하는 경우에도 일정한 轉流電壓을 확보해서 안정하게 동작시킬 수 있는 것이다. 특히 交流電動機의 可變速 驅動을 위한 Inverter出力 주파수를 변화시키는 경우에는 앞에서 설명한 바와 같이 出力電壓과 주파수물거의 一定비로 변화시켜 交流電動機의 磁束密度를 일정하게 해야할 필요가 있다. 따라서 주파수가 낮은 범위에서는 直流電壓을 낮게하는 경우도 생기므로 충분한 轉流電壓 또는 Turn-off時間을 얻을수 없을 때, 良好한 轉流를 시키면 주파수가 높아진 상태에서 轉流損失이 증가하는 결점이 있을 때 이 방법을 사용하면 아주 유리하다. $D_{(0)}$ 와 $Th_{(0)}$ 는 別途電源을 이용하는데 필요하다.

5. 펄스幅制御 Inverter (PWM Inverter)

회路上으로 볼 때 보통 電壓型 Inverter인 펄스幅制御 Inverter를 소개한다.

이것은 일정한 直流電壓을 펄스幅變調에 의해서 可變周波數를 얻는 방법이다. 電動機의 低速度運轉時에 있어서의 低周波 토크의 脈動을 개선할 수 있으며 1 주파간을 복수 개의 펄스로 분할하고 토크의 高調波分을 가급적 적게 하기 위해서 펄스分配를 적절하게 한 것이다. 그림 8에서 보면 直流電壓을 일정하게

하고 低速時(領域IV)에는 半주파 중에 8개의 펄스를 발생시키고 中速時(領域III)에는 5개의 펄스를 발생시키고 있다.

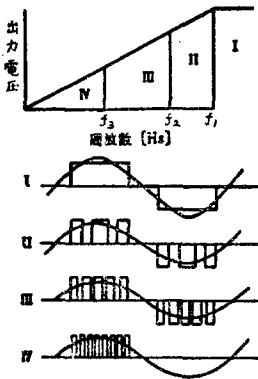


그림 8. PWM Inverter의 電壓波形

速度가 높아짐에 따라 펄스수를 줄이는 것은 Inverter의 轉流能力에 대한 變調周波數가 높아지지 않도록 고서함과 速度가 빨라지면 토오크의 脈動이 감소하므로多數펄스의 필요성이 적어지기 때문이다. 아주 高速(領域I)으로 되면 變調하지 않고 基本펄스 그대로 동작시킨다. 領域IV, III, II에 있어서는 速度에 比例해서 出力電壓이 높아지도록 電壓의 펄스幅을 제어하고 있다.

a. 펄스 분할 방법

Inverter의 Thyristor의 點弧制御回路에 있어서 그림 9와 같이 基準 Sine波와 三角波 信號를 만들어 그것을 조합해서 펄스信號를 動作시킨다. 基準 Sine波는 주파수에 比例해서 振幅이 變化하나 三角波의 振幅 A_0 를 一定하게 하여 基準 Sine波가 三角波形보다 큰 點에서 Thyristor가 Turn-on, Turn-off되게 制御하는 것이다. 그러므로 三角波의 周波數를 制御하면 펄스의

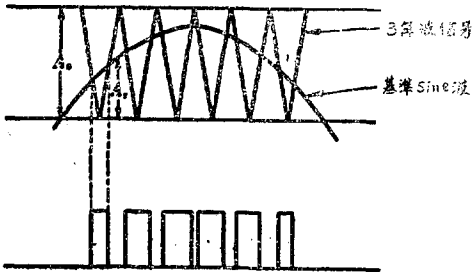


그림 9. 펄스 분할 방법

수가 變化된다. 이들 論理制御回路는 기능적으로 아주 복잡하나 IC의 발달로 쉽게 실용화 되고 있다.

b. 펄스幅 制御 Inverter의 특징

1. 誘導電動機의 低速度運轉時 토오크의 脈動을 개선하므로써 1:20 또는 1:50 등 광범위한 可變速 運轉이 필요한 경우 圓滑한 低速運轉이 가능하다.

2. 直流電壓이 일정하며 펄스幅 制御에 의해 電壓制御가 이루어지므로 直流側 Filter의 지연이 없으며 電壓 應答性이 아주 우수하여 急加速, 急減速이 가능하다.

3. 여러대의 電動機를 제어하는 경우 順變換部를 공통으로 할 수 있어서 경제적이다. 또한 直流電源이 공통으로 되므로 각 電動機間에 電力의 授受가 가능하므로 에너지를 電源에 반할 필요가 없다.

4. 一定直流電壓 즉 定電壓源으로 되므로 電池를 예비 電源으로 사용가능하여 無停電化를 기할 수 있다.

6. 電壓型 및 電流型 Inverter의 비교

電壓型 및 電流型 Inverter를 여러 項目에 대하여 비교하면 다음과 같다.

항목	방식	電壓型 Inverter	電流型 Inverter
電力回生能力		1. 그대로는 能力없으며 發電領域에서 사용할 때는 Dummy resistor에서 소비된다. 2. Converter를 1조 더 설치하면 回生可能	回生可能
電流制御能力		平滑콘덴서의 放電電流의 제어가 곤란	電流 minor制御가 可能
直流制動		回生→直流制動으로 연속적인 이행이 不可能	Inverter측의 Gate신호조작으로 回生→直流制動으로의 이행이 圓滑
轉流失敗		Fuse 용단 또는 NFE trip.	1. 電流 minor制御로 制限 2. 自動的으로 再起動 可能
電流波形		Ind. motor: 第5調波 40% 第7調波 20%	Ind motor: 第5調波 20% 第7調波 14%
其他		1. 轉流 Reactor가 필요 2. Turn-off time이 짧은 Thyristor가 필요 3. 出力短絡時는 반드시 轉流失敗 4. 平滑콘덴서가 필요하다	1. 轉流 Reactor 불필요 2. Turn-off time이 비교적 긴 Thyristor를 사용할 수 있다. 3. 出力短絡時도 운전을 계속할 수 있다. 4. 平滑콘덴서 없음

7. 結 語

이상과 같이 電壓型 Inverter의 原理와 특징에 대하여 (p.16에 계속)