

평활 후의 DC/DC 안정화 방식

이 글에서는 트랜스 방식의 AC/DC 변환과 스위칭 방식의 AC/DC 변환 방식에 있어서 정류/평활에 의해 생성된 DC 전압을 원하는 안정화 DC 전압으로 변환하는 방식에 대해 설명하겠다.

글/로움코리아

이 글에서는 트랜스 방식의 AC/DC 변환과 스위칭 방식의 AC/DC 변환 방식에 있어서 정류/평활에 의해 생성된 DC 전압을 원하는 안정화 DC 전압으로 변환하는 방식에 대해 설명하겠다.

스위칭 방식의 AC/DC 변환에 관해서는 이 공정을 DC를 스위칭하여 AC로 변환하고, 그것을 다시 정류/평활하여 DC로 변환이라고 표현해왔다. 그러나, 이 자체가 스위칭 DC/DC 변환이므로, 앞으로는 간략하게 스위칭 DC/DC 변환이라고 하자. 스위칭 DC/DC 변환과 대비되는 방식으로는 리니어 DC/DC 변환이 있다. DC/DC라고 하면 스위칭이라고 인식하시는 분이 있지만, 엄밀히 말하면 DC를 DC로 변환하는 의미이며, 그 중에 스위칭과 리니어라는 방식이 있다는 전제하에 설명하도록 하겠다.

그림 1. 트랜스 방식의 DC/DC 변환 부분

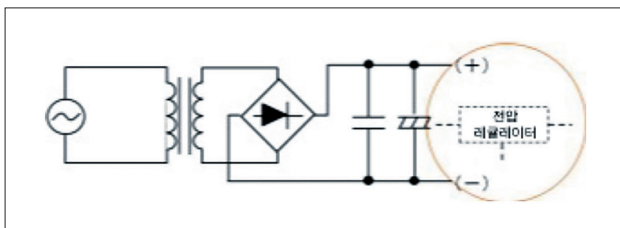


그림 2. 스위칭 방식의 DC/DC 변환 부분

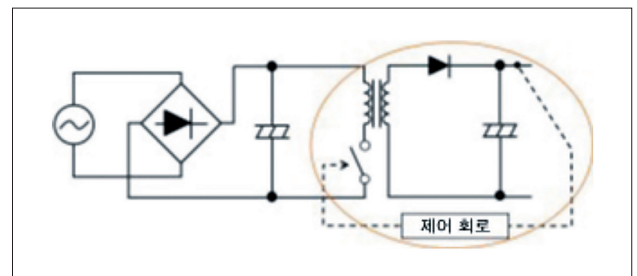
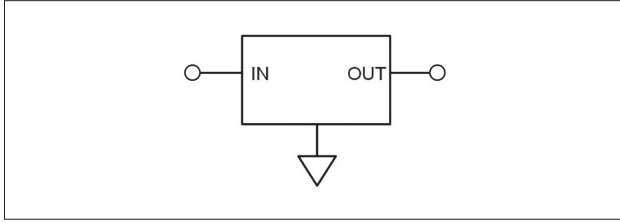


그림 1 및 2는 각 AC/DC 변환 방식의 회로이다. 원으로 표시한 부분이 DC 전압을 원하는 DC 전압으로 변환하는 블록이다. 실제 사용 시, 여기에서 안정되고 정밀도가 높은 DC 전압으로 변환하지 않으면, 대부분의 경우 전자회로의 전원으로는 사용할 수 없다.

리니어 레귤레이터 방식이란?

리니어 레귤레이터란 3단자 레귤레이터라고도 불리며, 간단히 DC의 강압이 가능한 디바이스이다. 기본적으로는 입력, 출력, GND의 3단자로 구성되며, 출력전압은 업계 표준 전압이 프리셋되어 있다. 그 외에도 외장 저항

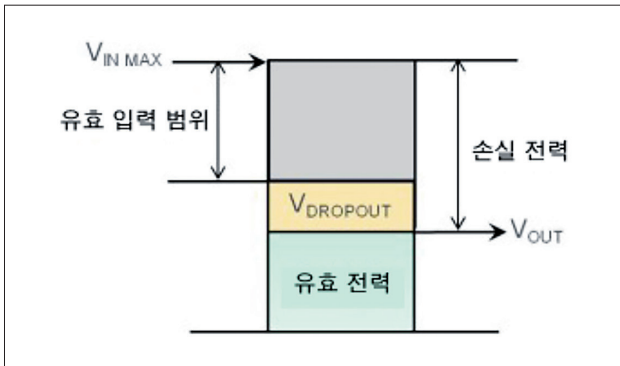
그림 3. 표준적인 리니어 레귤레이터



으로 출력을 가변할 수 있는 타입이나, ON/OFF 기능(셋다운)이 내장되어 있는 제품도 있으며, 기능에 따라 단자 수는 달라진다.

구조는 Op Amp를 사용한 귀환(피드백) 루프 제어이며, 에러 앰프가 출력에서 귀환된 전압을 모니터링하여, 입력 및 출력 부하의 변동에 따라 출력전압을 일정하게 유지하도록 조정한다. 스위칭 동작하지 않으므로, 스위칭으로 인한 노이즈 및 리플이 발생하지 않는다.

그림 4. 리니어 레귤레이터의 손실



사용법은 간단하지만, 사용 시 가장 고려해야 할 점은 손실 = 열이다. 그림 4와 같이 리니어 레귤레이터는 입력과 출력간 전압차와 입력에 흐르는 전류의 곱으로 손실 전력이 되고, 열로 변환된다. 방열판 없이 대응 가능한 수치는 최대 2W 정도이며, 손실이 크다는 것은 효율이 나쁘다는 것이다.

AC/DC 컨버터 사용을 고려할 경우, 리니어 레귤레이터 IC의 입력은 100VAC를 직접 정류한 약 140V의 전압을 허용할 수 없으므로 스위칭 방식 AC/DC 변환에서 스위칭 DC/DC 부분을 리니어 레귤레이터 IC로 대체하여 사용할 수 없다. 고내압 트랜지스터 등을 사용하여 디스크리트

구성으로 리니어 레귤레이터를 만들 수 있지만, 약 140V의 DC 전압에서 예를 들어 12V로 강압한 경우의 열 처리를 고려하면, 현실적인 선택지는 아니다. 또한, 그 회로 설계 및 방열기를 포함한 스페이스 등을 고려하면 더욱 적합하지 않다.

그림 5. 리니어 레귤레이터 방식 장점

- 허용 입력은 최대 80V 정도(사양에 따름)
- 간단한 설계/적은 부품 수
- 적은 노이즈(SW 노이즈 없음)
- 저렴한 가격
- 강압만 가능
- 입출력차가 크면 효율이 나쁨
- 열 대책으로 방열판이 필요한 경우가 있음
- 현실적으로 허용 손실은 2W 이하

이와 같은 이유에서 리니어 레귤레이터를 통한 DC/DC 변환(강압 안정화)은 트랜스 방식을 이용하는 것이 일반적이다. 트랜스를 통한 변압(강압)을 최적화하여, 리니어 레귤레이터의 입출력차가 그다지 커지지 않는 조건에서 이용한다면, 그다지 나쁘지 않은 효율과 허용 가능한 발열 상태에서 사용이 가능하다.

또한, 리니어 레귤레이터는 리플 제거 기능이 있으므로, 평활 후 DC에 남아있는 리플을 제거할 수 있다. 노이즈에 민감한 어플리케이션에서는 이러한 조합의 장점을 활용할 수 있다.

플라이백 방식이란?

그림 6. 플라이백 방식의 장점

- 심플, 최소 부품 수로 구성 가능
- 넓은 입력전압 범위
- 소용량 스위칭 전원에 적합
- 출력 콘덴서의 Ripple 전류가 크다.
- 높은 출력 정밀도가 요구되지 않는 경우에는 트랜스의 권선비로 대략적인 출력을 결정하여 비안정 출력 전원으로 도 이용 가능
- 자력형(RCC), 타력형(RWM)이 있다.

플라이백 방식은 100W 정도까지의 스위칭 전원에 자주 사용되는 방법이다. 플라이백 방식에는 자력형(RCC), 타력형 PWM 타입, RCC에 공진 기술을 이용한 의사 공진 타입의 3종류가 있다. RCC 타입은 시스템의 보조 전원 등, 주로 소전력 용도에서 사용되어 왔지만, PWM 타입에 비해 설계가 다소 복잡하고, 최근 PWM 타입 MOSFET 내장 IC가 보급됨에 따라 소전력 용도에서는 PWM 타입이 채용되는 경우가 많아졌다. 의사 공진 타입은 전용 IC로 제어하는데, PWM 타입보다 Low noise이며 손실이 작으므로, 일부 어플리케이션에서 사용되고 있다.

AC/DC 변환에서는 스위칭 방식의 AC/DC 변환에 사용되는 경우가 많지만, 트랜스 방식에도 사용할 수 있다. 단, 리니어 레귤레이터에 비해 부품 수가 증가하여 비용도 높아지므로, 절연이 필요한 경우에 한정되어 사용된다. 플라이백의 특징은 심플하고 적은 부품 수로 구성이 가능하다는 점이다.

그림 7. 플라이백 방식(연속 모드 시)

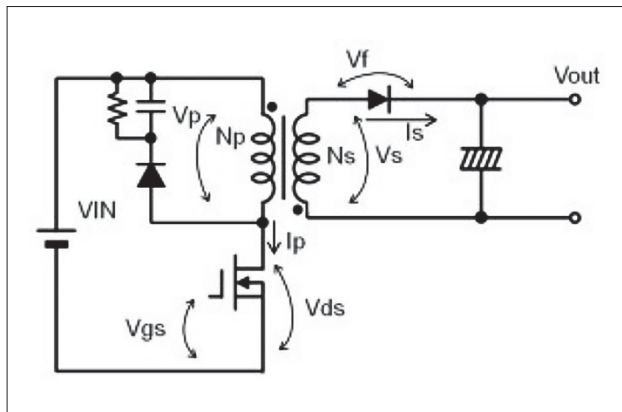


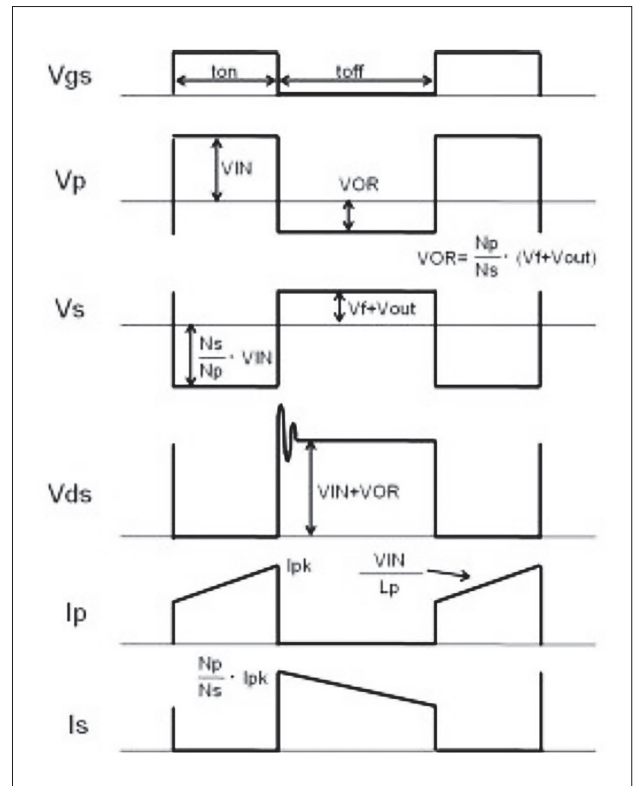
그림 8. 플라이백 특징

- MOSFET ON 시, 트랜스의 1차측 권선에 전류가 흘러, 에너지가 축적된다. 이 때, 다이오드는 OFF
- MOSFET OFF 시, 축적된 에너지가 트랜스의 2차측 권선에서 다이오드를 통해 출력된다.

그다지 높은 출력 정밀도가 요구되지 않는 어플리케이션의 경우, 트랜스의 권선비를 통해 대략적인 출력전압을

설정하여 비안정 출력 전원으로 사용될 수 있다. 안정화 출력을 위해서는 스위칭 트랜지스터를 제어하는 회로가 추가된다.

그림 9. 플라이백 방식 각 부분의 파형

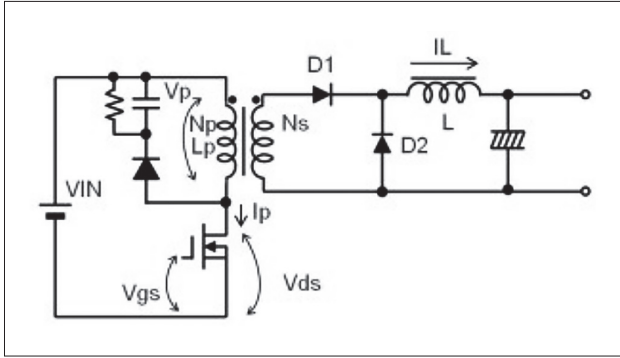


그 밖에 넓은 입력전압 범위에 대응한다는 장점이 있지만, 비교적 큰 피크 전류가 스위칭 소자 및 다이오드, 출력 콘덴서에 흐른다는 단점이 있다. 2차측(출력)으로부터의 귀환을 포토 커플러를 통해 절연함으로써, 절연전원을 구축할 수 있다.

플라이백의 기본 동작에 대해서는 그림 7을 참조하자. MOSFET ON 시, 트랜스의 1차측 권선에 전류가 흘러 에너지가 축적된다. 이 때, 다이오드는 OFF된다. MOSFET OFF 시, 축적된 에너지가 트랜스의 2차측 권선에서 다이오드를 통해 출력되어, 정류/평활에 의해 DC 전압이 생성된다. 이러한 동작에서 기인하여, ON/OFF 방식이라고 불리우기도 한다. 각 부분의 파형은 그림 9를 참조한다.

포워드 방식이란?

그림 10. 포워드 방식



포워드 방식도 구성이 비교적 간단하여 제어가 용이하므로, 일반적으로 사용되는 방식 중 하나이다. 특징으로서는, 플라이백 방식보다 대전력을 출력할 수 있지만, 인덕터와 플라이휠 다이오드(D2)가 필요하다. 또한, 플라이백과 동일하게 출력으로부터의 귀환을 포토 커플러를 통해 절연함으로써 절연 전원으로 사용할 수 있다.

그림 11. 포워드 방식 특징

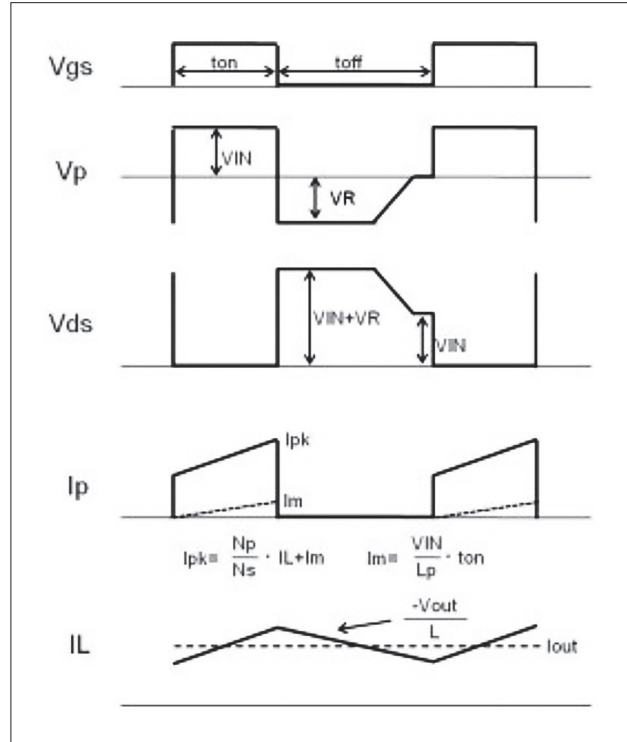
- MOSFET ON 시, 다이오드 D1이 ON되어 인덕터를 통해 부하에 전류가 공급. 이 때, D2는 OFF
- MOSFET OFF 시, 인덕터에 축적된 에너지가 다이오드 D2를 통해 부하에 공급. 이 때, D1는 OFF

동작은, MOSFET ON 시, 다이오드 D1이 ON되어, 인덕터를 통해 부하에 전류를 공급한다. MOSFET OFF 시에는, 인덕터에 축적된 에너지를 다이오드 D2를 통해 부하에 전류를 공급한다. **그림 12**는 각 부분의 파형이다.

포워드 방식은 트랜스를 한쪽 방향만 여자(Excitation)하므로, 트랜지스터가 OFF 상태일 동안에 트랜지스터에 축적된 에너지를 방출(리셋)해야 한다. 따라서, 리셋(스너버) 회로가 필요하다(**그림 10**의 트랜스 1차측에 있는 RCD). 리셋 회로는 일반적으로 저항/콘덴서/다이오드로 구성하는데, 기본적으로 에너지는 손실되어, 트랜스의 이용 효율은 그다지 높지 않다.

또한, 리셋 동작에 따라 스위칭 트랜지스터에는 DC 입

그림 12. 포워드 방식 각 부분의 파형



력전압의 1.5~2배에 해당하는 전압이 가해진다(**그림 11**의 V_p 와 V_{ds} 파형의 V_R). 이 전압은 스너버 저항과 콘덴서에 따라 달라진다. 최근에는 이렇게 리셋해야 하는 에너지를 회생시켜, 손실과 V_{ds} 를 경감할 수 있는 액티브 클램프를 조합한 방법이 사용되고 있다.

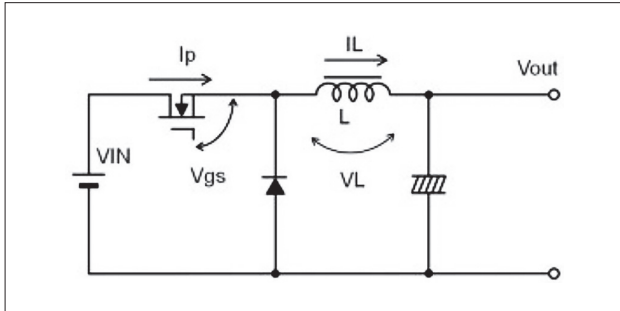
또한, 강압의 경우에는 1차측의 전류가 적으므로, 코일에 축적되는 에너지도 그다지 크지 않지만, 승압으로 사용하면 1차측의 전류가 커진다. 코일에 축적된 에너지도 전류의 공급이 되므로, 리셋 회로에서 손실되는 에너지가 커진다. 따라서, 이 회로는 강압에는 사용되지 않지만, 승압에는 거의 사용되지 않는다.

AC/DC 변환으로는 주로 스위칭 방식이 사용된다. 트랜스 방식에도 사용할 수 있지만, 플라이백 방식과 같이 절연이 필요한 경우에 한정된다.

Buck(강압, 비절연) 방식이란?

Buck은 벅이라고 발음하며, 강압이라는 의미이다.

그림 13. Buck 방식(연속 모드 시)



Buck 컨버터는 다이오드를 통해 정류하는 강압 컨버터로서, 비절연 강압 스위칭 DC/DC 컨버터에 사용되는 대표적인 방식이다. DC/DC 변환의 세계에서는 다이오드 정류 방식 및 비동기 방식이라고 불리우는 경우가 많다. 앞에서 설명한 포워드 방식과 비교하면, 트랜스를 사용하지 않으므로 1차측과 2차측이 절연되어 있지 않다. 절연이 불필요한 경우에는 트랜스를 사용하지 않는 Buck 방식이 간단하다. Buck 방식은 트랜스를 통한 전압 조정이 없으므로, MOSFET 제어만으로 출력전압이 결정된다. 따라서, 출력으로부터의 귀환은 반드시 필요하다.

그림 14. Buck 방식의 장점

- MOSFET ON 시, 인덕터를 통해 부하에 전류가 흐르고, 인덕터에도 에너지가 축적된다. 이 때, 다이오드는 OFF
- MOSFET OFF 시, 인덕터에 축적된 에너지가 다이오드 D2를 통해 부하에 공급된다. 이 때, MOSFET는 OFF

Buck 방식의 특징은, 회로 구성이 간단하다는 점이다. 또한, 소전력의 전원을 구성하는 경우에는 플라이백보다 비용 면에서 유리한다. 따라서, 가전제품의 마이컴용 전원 등에서 사용되고 있다. 단, 트랜스를 통하지 않으므로, 스위칭 소자에 흐르는 전류는 동일한 출력전력의 플라이백 방식보다 커지므로, 출력전력이 큰 용도에는 적합하지 않으며, 소전력 용도에 적합하다고 할 수 있다.

동작은 포워드 방식과 거의 동일하다. 포워드 방식의 트랜스를 삭제하고, D1이 MOSFET로 대체된 회로이다. MOSFET ON 시, 인덕터를 통해 부하에 전류가 흐르고, 인덕터에도 에너지가 축적된다. 이 때, 다이오드는 OFF된다.

그림 15. Buck 방식 각 부분의 파형

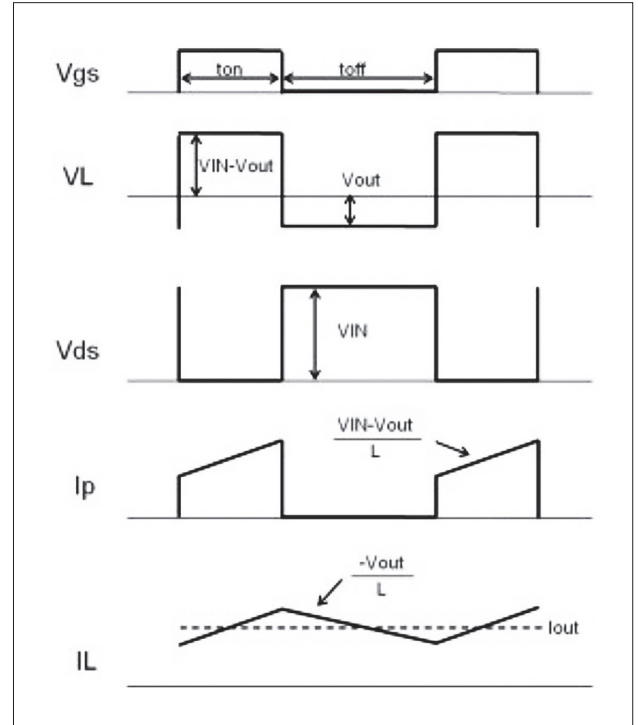


그림 16. Buck 방식의 특징

- 강압에 사용
- 비절연, 소전력 용도
- 포워드 방식과 동일한 동작(MOSFET가 포워드 방식의 D1과 동일한 동작)
- MOSFET의 제어만으로 출력전압이 결정되므로, 출력의 귀환은 필수

MOSFET OFF 시, 인덕터에 축적된 에너지가 다이오드 D2를 통해 부하에 공급된다. MOSFET가 포워드 컨버터의 D1과 동일하게 ON/OFF한다.

AC/DC 변환에서 스위칭 방식으로 사용되는 경우에는 비절연 전원으로 한정된다. 스위칭 방식 중에서 가장 용이한 스위칭 DC/DC 컨버터라고 할 수 있다. 리니어 레귤레이터에 비해 부품수가 많아 비용도 높아지지만, 스위칭 방식을 취함으로써 효율을 향상시킬 수 있다. 그러나, AC 입력으로부터의 효율을 고려하면, 스위칭 방식의 AC/DC 변환 구성에 비해 좋지 않다. **SN**