

제9회:스위칭전원의 에너지 전달을 지탱하는 전자부품

자동차의 주역이 엔진이라면 스위칭전원의 주역은 트랜스이다.리니어방식에서는 무겁고 큰 트랜스가 사용되었던 것이 **스위칭전원**에 있어서는 가볍고 작은 것으로 되었다.또 무엇보다도 **에너지의 변환 효율**에 있어서도 한단계 좋아진 것이 스위칭전원의 특징이다.

트랜스의 설계가 전원의 성능을 좌우한다고 하여도 과언이 아니다.

****컨덴서(Condenser)만 아니라 코일도 에너지를 축적한다.**

인간이 섭취하는 식물은 글리코겐(Glykogen) 및 지방으로 축적되어 근육 및 뇌의 활동에 사용된다.

전자기에 있어 일시적으로 에너지를 축적하는 역할을 담당하는 것이 **컨덴서 와 코일(인덕터)**이다.

컨덴서를 **축전기(蓄電器)**라고 부르기도 하는데 전하를 축적하는 것이 기본기능의 하나이다.복수의 컨덴서와 IC로 구성된 간이한 **DC-DC Converter**도 있다.충전한 컨덴서를 IC의 스위칭으로 계속 연결하여 변환하는 DC-DC Converter로 **차지 펌프(Charge Pump)**식 으로 불리고 있다.휴대전화의 디스플레이(Display)의 **백라이트용 전원**등 에 사용되는데 차지 펌프식은 간단하지만 대전류출력에 적합하지 않고 효율도 좋지 않다.

이 때문에 휴대전화등에는 코일(파워 코일,파워 인덕터)를 탑재한 **소형 DC-DC Converter**도 많이 사용되고 있다.

그러면 코일은 어떻게 하여 에너지를 축적할 수 있는 것일까?

컨덴서 와 코일은 정반대의 성질을 가지고 있다.컨덴서의 하나의 기본기능은 직류는 통과시키지 않고 교류는 통과하는 것이다코일은 반대로 직류는 잘 흘리지만 교류에 대해서는 저항과 같은 역할을 한다.그 원리는 **전자유도(電磁誘導)**이다.교류와 같이 변동하는 전류에 대해서 코일은 그 변동을 방해하도록 자속을 발생시키는 **기전력(전압)**을 만들어 낸다.이것을 **자기유도(自己誘導)현상** 이라고 한다.그 때의 코일의 역할의 크기를 **인덕턴스(Inductance)**라고 한다.

교류에 대해 저항처럼 사용되는 코일은 "막다.저지하다(Choke)"라는 의미에서 **초크 코일(Choke Coil)**이라 부른다.

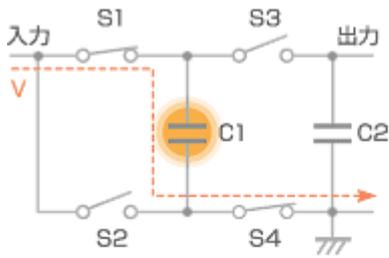
형광등의 안정기도 일종의 초크코일이다.

전원 스위치를 넣고 나서 **글로 스타터(Glow Starter)**의 접점이 OFF되는 순간 안정기의 코일은 축적한 에너지를 순식간에 방출하여 형광등을 점등시킨다.

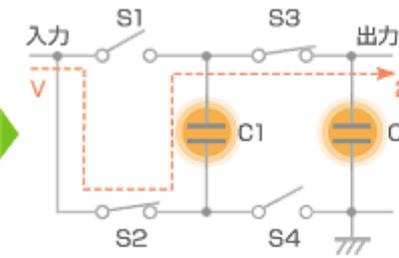
코일의 인덕턴스는 코일의 권선수 와 코일을 관통하는 자속에 비례한다.

초크 코일의 코아(Core)에는 **규소강판,센더스트(Sendust),아몰퍼스(Amorphous)합금** 등의 **연자성체(軟磁性體)**가 사용된다.이러한 자성재료는 스펀지가 주위의 물을 흡수 하는 것과 같이 자속을 잘 흡수하기 때문에 코일의 인덕턴스를 크게,소형화 할 수 있다.**포화자속밀도(飽和磁束密度)**는 어느 만큼 많은 자속을 흡입 할 수 있는가를 나타내는 것이고,**투자율**은 자속을 얼마나 쉽게 흡입 할 수 있는가를 나타내는 것이다.

チャージポンプ式のDC-DCコンバータ(昇圧型)の基本原理



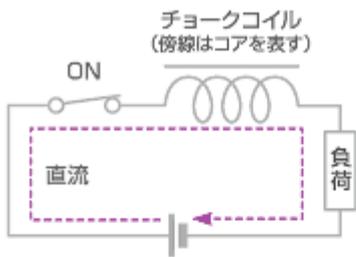
S1・S4 を ON にして、C1 を充電する
(実際のスイッチングは IC 動作による)。



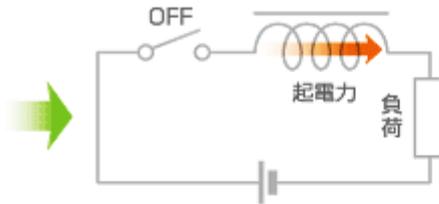
S1・S4 を OFF、S2・S3 を ON にすると、C1 の電荷が C2 に運ばれ、2 倍の電圧となって出力される。

充電したコンデンサを直列に接続するのと同じくみで昇圧する。

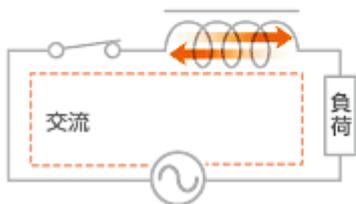
チョークコイルの基本性質



直流電流に対して、コイルは導線と同様にスムーズに流す。



スイッチ OFF にした瞬間、コイルの自己誘導作用により起電力(電圧)が発生する(電流を流し続けようとする)。



交流電流に対して、コイル抵抗のように振る舞う(周波数が高いほど通しにくい)。

**코아의 자기포화는 왜 피해야 하는가?

규소강판 같은 철계(鐵系)의 Core재료는 포화자속밀도가 크기 때문에 전자석 및 모터(Motor), 전주(電株)의 트랜스 철심 등으로 많이 사용된다. 스위칭방식의 전원에서는 수10KHz이상의 고주파의 전류가 흐른다.

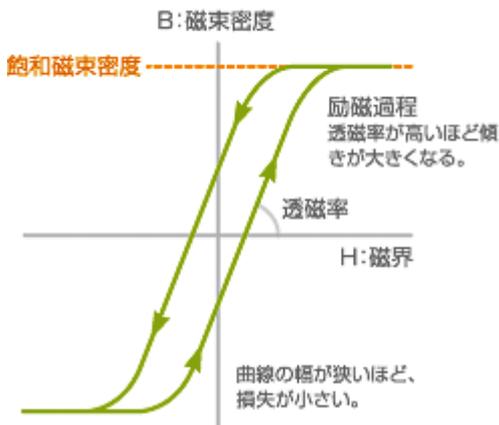
이 때문에 초크 코일 및 트랜스의 코아로 금속계재료는 사용 할 수 없다. 금속계의 코아는 전기저항을 낮기 때문에 발열에 의한 에너지손실이 많기 때문이다. 이것을 철손(鐵損)이라고 한다. 따라서 스위칭방식의 전원의 코아는 페라이트(Ferrite), 센더스트(Sendust), 아몰퍼스(Amorphous)합금 등이 사용된다.

코일에 있어서 중요한 것은 "자기포화(磁氣飽和)"라는 현상이다.자성체의 자화과정을 표시한 곡선으로 특수한 S자 루프를 그리는 히스테리시스 곡선(Hysteresis Loop/B-H 곡선)이라는 것이 있다.루프의 기울기가 투자율이고,투자율이 높은 코아 일수록 소전류에서 기울기가 가파러진다.

초크 코일로 트로이달(Troidal/환상)의 코아에 동선을 권선 한 것도 많이 사용된다.트로이달 코아는 폐회로이기 때문에 주위에 누설자속(Leakge Flux/리키지 플럭스)이 발생하지 않는다.그런데 동선에 흐르는 전류를 차츰 크게 하여 코아에 가해지는 자계가 커지면 코아 내부의 자속밀도가 상승하여 이윽고 한계점에 도달한다.이 값이 포화자속밀도이다.포화자속밀도를 넘겨 코일에 대전류가 흐르면 스위칭소자를 파괴 할 위험이 있는데, 코아에 갭(Gap)을 설계하면 이것을 피할수 있다.공기의 투자율은 코아재의 투자율보다 현격히 낮기 때문에 자기저항이 커서 자기포화를 방지하는 것이다.갭(Gap)을 설계하므로써 초크 코일을 소형화 할 수 있다.

그러나 갭(Gap)에서 누설자속이 발생하기 때문에 대책이 필요하다.누설자속이 다른 부품과 자기적으로 결합하면 노이즈 등의 문제의 원인이 될 수 있기 때문이다.

磁性体コアのヒステリシス曲線(B-H曲線)

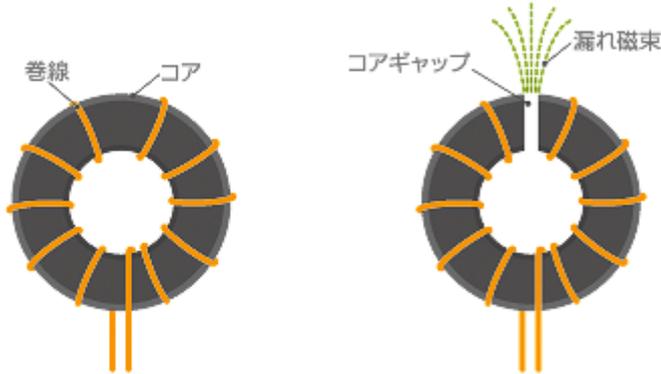


各種コア材料の特性

	ケイ素鋼	フェライト	アモルファス
透磁率	△	○	◎
飽和磁化	◎	△	△
鉄損	×	○	○
製造コスト	△	○	×

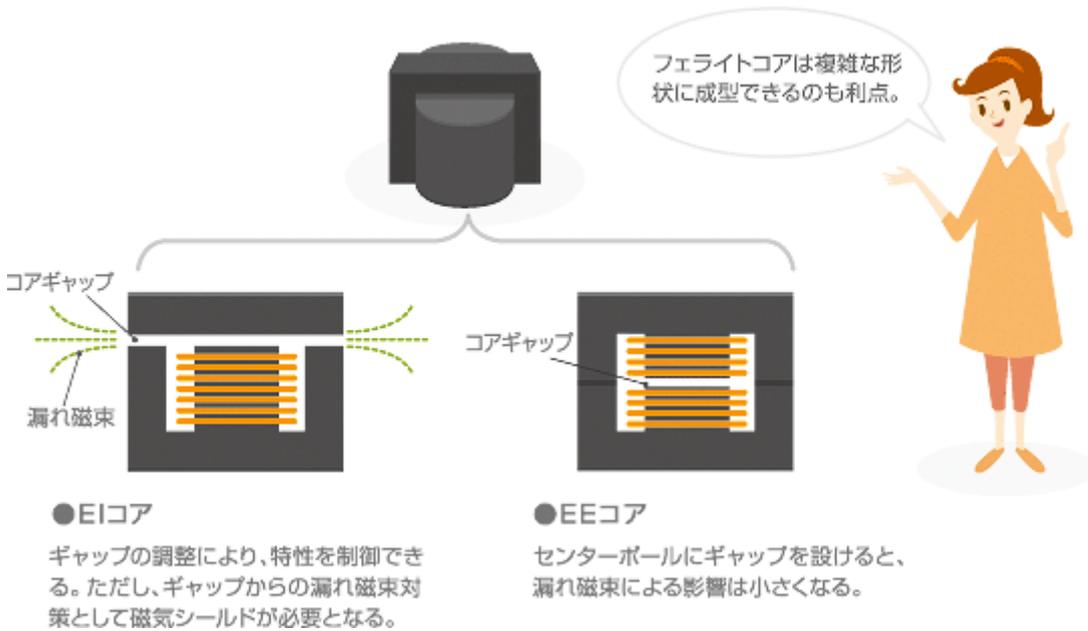
チョークコイルのコアギャップと漏れ磁束

< チョークコイルのコアギャップと漏れ磁束 >



アモルファス合金系のトロイダルコア(ギャップなし)は、漏れ磁束のないすぐれたチョークコイルをつくれる。

フェライトコアなどで磁気飽和を防ぐためにはコアにギャップを設ける。ただし漏れ磁束が発生する。



●EIコア

ギャップの調整により、特性を制御できる。ただし、ギャップからの漏れ磁束対策として磁気シールドが必要となる。

●EEコア

センターポールにギャップを設けると、漏れ磁束による影響は小さくなる。

****절연형 DC-DC Converter에는 ON/OFF 방식과 ON/ON방식이 있다.**

트랜스도 전자유도를 이용한 파워 디바이스이다.1차권선의 자속변화를 코어를 통하여 2차측에 전달하면 2차권선에 기전력이 발생한다. 이것을 상호유도현상(相互誘導現象)이라고 한다.

중~대용량의 DC-DC Converter의 대부분은 트랜스를 이용하여 1차측과 2차측이 절연되어 있기 때문에 절연형이라고 부른다.절연형 DC-DC Converter에는 입력에서 출력까지의 에너지 전달방법의 차이에 의해 ON/OFF 방식과 ON/ON방식으로 크게 구분된다.

ON/OFF 방식은 스위칭소자의 OFF기간에 출력측에 에너지가 전달되는 것이고 ON/ON방식은 스위칭소자의 ON 상태에서 2차측에 에너지가 전달되는 것이다.이러한 설명만으로는 이해하기 어렵지만 트랜스 및 초크코일의 기능 차이를 보면 이해가 가능하다.

출력이 50W이하인 절연형 DC-DC Converter의 대부분은 **RCC방식** 혹은 **자려식 플라이백 컨버터 (Flyback Converter)**라 하는 ON/OFF방식의 DC-DC Converter이다. 스위치가 ON하면 1차권선에 흐르는 전류에 의해 트랜스 코아에는 **려자(勵磁)에너지**가 축적된다. 이때 2차측에는 아직 에너지가 전달되지 않지만 스위치가 OFF되면 코일의 **자기유도현상**에 의해 권선에 **기전력**이 발생하여 에너지가 출력측으로 전달된다.

RCC방식은 트랜스의 1차측의 **보조권선(Base권선)**의 전류를 스위칭 소자에 보내어 발진시키는 방식이다.

발진회로를 별도로 내장한 **타려식(他勵式)**과 비교하여 사용되는 부품점수가 적다. 트랜스의 코아가 자기포화를 하면 스위칭소자를 파손할 위험이 있다. 이 때문에 코아에 갭을 설계한 트랜스가 사용된다.

ON/ON방식은

Forward Converter

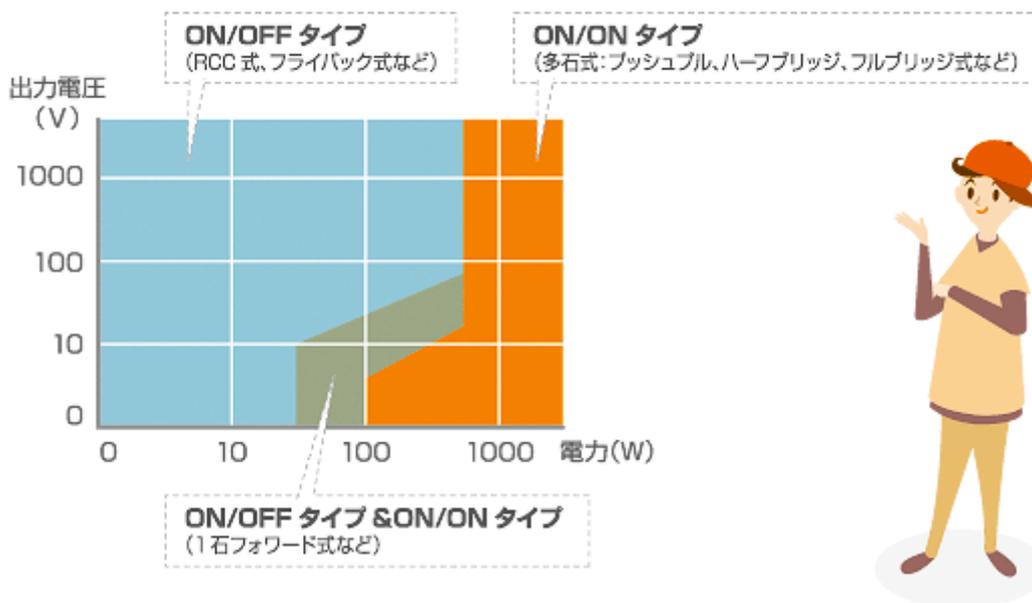
Push-Pull Converter

Half Bridge Converter

Full Bridge Converter 등이 있다.

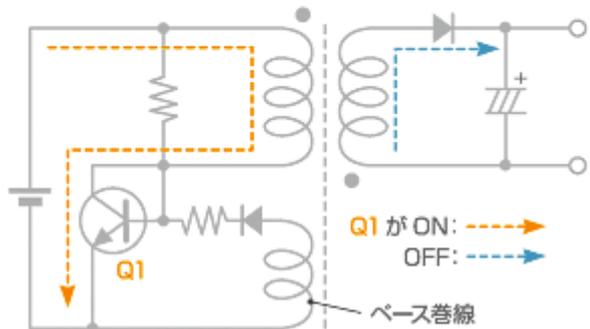
ON/ON방식의 컨버터는 스위치의 ON 기간에 트랜스를 통하여 입력측에서 출력측으로 에너지가 전달되는 방식이다. 려자에너지가 적기 때문에 트랜스에 갭을 설계하지 않는다. 이 방식에서 중요한 역할을 하는 것은 2차측의 초크 코일이다. 스위치 OFF시에는 트랜스 권선의 전류가 끊어지지만 이 때 초크 코일에 축적되어 있던 에너지가 방출되어 진다. 코아의 형상 선정 및 최적의 트랜스 설계는 전원기기의 **소형.경량.고효율화**에 크게 기여한다.

DC-DCコンバータの各種方式と出力



RCC方式(自動式フライバック方式)のDC-DCコンバータの基本回路

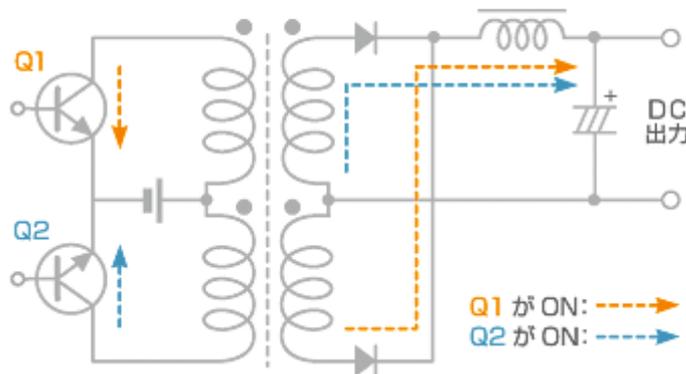
フライバック方式(ON/OFF タイプ)は、トランスコアが電磁エネルギーを蓄える(磁気飽和を防ぐためコアギャップを入れる)。チョークコイルは不要。



ベース巻線のベース電流により Q1 が ON してコレクタ電流が流れる。ベース電流が不足すると OFF となり、2 次側に電流が流れる。この動作を繰り返す自動式。部品点数が少なくてすみ、簡易な小出力電源に用いられる。

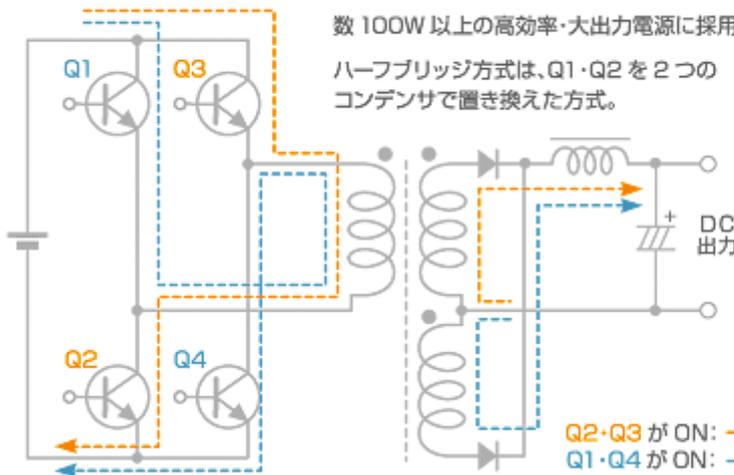
(通常のフライバック方式、1 石フォワード式の DC-DC コンバータのしくみについては、本シリーズ第 3 回をご参照ください。)

プッシュプル方式



Q1・Q2 を交互に切り替える。出力 300W 程度までの電源によく使われる。

フルブリッジ方式



数 100W 以上の高効率・大出力電源に採用される。ハーフブリッジ方式は、Q1・Q2 を 2 つのコンデンサで置き換えた方式。

