

走行充電器用コンバータの比較

走行充電器としてどの方式のコンバータが最適か、比較検証する。

走行充電器用コンバータは一般電源用のコンバータと比べ下記特徴がある。

- ① 入力電圧と出力電圧が近い、大電流の昇圧コンバータである。
- ② 負荷がバッテリーのため、リップル電圧は余り重要でない。（大きくても支障はない。）
- ③ 負荷変動は最大負荷から零負荷まで変化するが、時間的变化は非常緩やかである。

実際の電圧電流

入力電圧： 12~14.5V

出力電圧： 12~16V

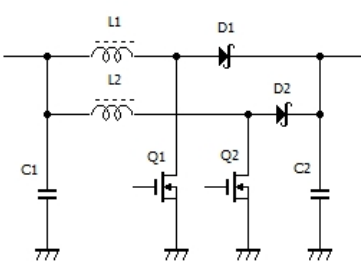
出力電流： 0 ~5/10/30A

具体的な比較は現在進めている2相昇圧チョッパーコンバータとフルブリッジコンバータとする。

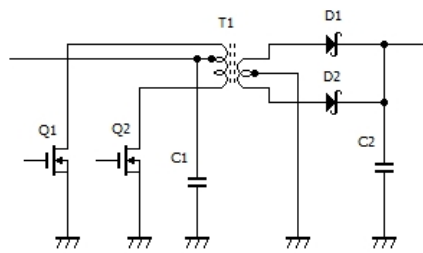
プッシュプルコンバータは大電力では主力で使われていますが、

数十ワットから数百ワットの中電力ではFETのコストが下がり、

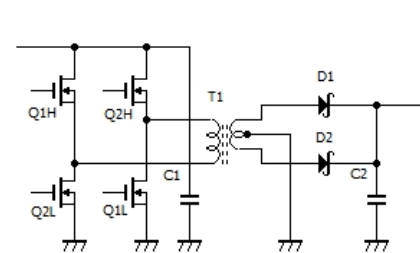
トランスの利用率（中間タップ無し）の高いフルブリッジ、又はハーフブリッジが採用されている。



2相昇圧コンバータ



プッシュプルコンバータ



フルブリッジコンバータ

チョッパコンバータはFETがOn時に入力から電流が流れ込み、昇圧コイルに磁気エネルギーとして蓄えられる。そして、

FETがOffになった時に昇圧コイルに蓄えられたそのエネルギーが電流としてダイオードを通して出力される。

フルブリッジコンバータではFETがOnになった時トランス1次コイルに流れてコアが励磁されるが2次コイルに誘導起電力が発生してダイオードを通して電流が出力される。その電流でトランスのコアの励磁は打ち消されてコアの磁束密度は抑えられる。

このためフルブリッジのトランスは昇圧コイルのコアに比べて小さくて済む。

チョッパ式コンバータは通過する全エネルギーを昇圧コイルに磁気エネルギーとして蓄えるため

大きな磁気回路が必要となる。この磁気回路、即ち

昇圧コイルがパワーアップするときの制限となる。この方式がコスト的メリットが出るのは50W程度以下とされている。

2相昇圧コンバータの一チャンネルパワーは $(V_{out} - V_{in}) \times I_{out} = (16V - 12.5V) \times 15A = 52.5W$

スイッチングコンバータ出力のコントロールはどの方式もFETのOn/Offのデューティを変化させ行う。

通常PWM制御であるが、出力が小さいときはPFM制御が変換効率が良い。制御には多くの集積回路が開発・販売されているため ICを採用するのが良い。

スイッチング周波数は高くなるほど、特にチョッパコンバータ方式ではコアサイズが小さくなる。

しかし、周波数が高くなるとFETのスイッチングロスが大きくなり、余り高くできない。

① コスト比較

コストは昇圧コイル2個と1次2次に中間タップを持つトランスの比較である。

チョッパ式コンバータの昇圧コイルの1チャンネル当たりのパワーは下記の通りです。

$$(V_{out} - V_{in}) \times I_{out} = (16V - 12.5V) \times 15A \approx 50W \quad (10A \text{ 走行充電器})$$

チョッパ式コンバータのコストメリットがあるコアのパワー限界である。2相昇圧コンバータはこのコアを2個使うためトランス方式が安くなる。

しかし、この比較は大量に生産する場合の比較である。この走行充電器で使用するトランスは市販されていないため設計が必要であり、

DIYで使用するためにはトロイダルコアに手巻きで試作しなければならない。

巻き数が多いトランスを手巻きで巻くのは非常に困難、不可能に近い作業です。又、

走行充電器は大電流で太いコイルを使用するため、

磁気回路として必要以上のサイズの大きいトロイダルコアが必要となる。

昇圧コイルは2個必要だが、10ターン以下で作業的には簡単である。そのためDIYレベルではチョッパ式
の昇圧コイルがコスト的・試作的には優位である。

② 変換効率 昇圧コイルは結合係数を確保するトランスに比べて巻き数・L値が少ないため巻き線の
電気抵抗を小さくできる。
走行充電器の様に低電圧大電流の回路は巻き線抵抗の電気抵抗が変換効率に大きく影響する。
チョッパ型コンバータは90~95%以上の効率を容易に確保でき、整流回路を同期整流にすると98%程度
の高効率も達成できる。

一方、フルブリッジでは2次回路の中間タップを入力電圧に接続して効率を上げても、2~5%程度
低下すると推測される。

③ リップル

スイッチングコンバータはFETのOn/Offのデューティにより出力電圧を可変している。

そのため出力はOn/Offが繰り返し替えされるが、

2相コンバータでは180°の位相差があり、充電器の入出力電圧からOff時間は最大でも1/4程度のため
どちらか1相はOn状態にある。

このため2相コンバータはリップル電流が少なくなり、シミュレーションでのリップル電流は単相と比較して
約60%に下がる。

スイッチング周波数はFETのスイッチングロスになるためチョッパ方式もブリッジ方式も共に同じ様に
周波数に比例して発熱する。

しかし、2相コンバータは出力リップル周波数が2倍になり、電圧リップルは1/2になる。2相昇圧コンバータは
電解コンデンサレス（セラミック化）にも有利である。

④ 出力電圧可変範囲

フルブリッジコンバータの2次コイルの中間タップをグランドとする回路では出力電圧は入力電圧より
低い電圧から高い電圧まで可変できるコンバータとなる。しかし、トランスが大きくなり、
変換効率は大幅に低下する。チョッパ式でも入力電圧より低い電圧から高い電圧まで可変することが出来る
LTC3780がある。

チョッパ式スイッチングコンバータは他の方式のコンバータと比較して、安価に簡単に高性能の走行充電器
作成が可能です。更に2相コンバータにし、同期整流回路を追加すると理想的充電器となる。