平地研究室技術メモ No.20090514

非対称ハーフブリッジＤＣ／ＤＣコンバータ

（読んでほしい人：パワエレ初心者）

2009/5/14 国立舞鶴高専 平地研究室
専攻科１年 吉富大祐

１．理論

（１）回路の構成

図１に非対称ハーフブリッジＤＣ／ＤＣコンバータの回路構成を示す。この回路ではＱ１がＯＮの時、Ｑ２はＯＦＦというように互い違いに、ＯＮとＯＦＦが繰り返されるように設計を行う。ただし間にはデットタイムを設けて電源を短絡させないように配慮する必要がある。変圧器の２次側には巻線数が同じ２つの巻線ｎ２、ｎ３がある。

（２）非対称ハーフブリッジ回路の特徴

非対称ハーフブリッジ回路は、プッシュプル型回路の一種である。他のプッシュプル型回路（フルブリッジ回路、ハーフブリッジ回路など）に対して、回路素子を少なくすることができる。

フォワード型では、一次側から二次側の電力伝達はＦＥＴが導通している期間だけであるのに対して、（デットタイムを考慮しなければ）非対称ハーフブリッジ回路は、すべての時間で電力伝達が可能である。他にも、ＦＥＴＱ１がＯＮの時にトランスにかかる電圧によって増加する磁束密度は、Ｑ２がＯＮする事によって減少するので偏磁されることがない。これはトランスに直列されているコンデンサの電圧が、ＯＮとＯＦＦのそれぞれの期間におけるトランスにかかる電圧時間積が等しくなるように決まるからであり、磁束密度を元に戻す巻線は必要ない。これらに加えて磁束密度の変化の幅⊿Ｂは零を中心に正負にまたがるのでコアの利用効率が良く、１次巻線も１つで済ます事が出来るのでトランスのサイズを小さくする事が可能である。

また、ＦＥＴに印加される電圧がフルブリッジ型に比べて半分になるがＱ１に流れる電流は２倍となる。また半周期では電源から電力を供給されていない為、大出力には向いていない。

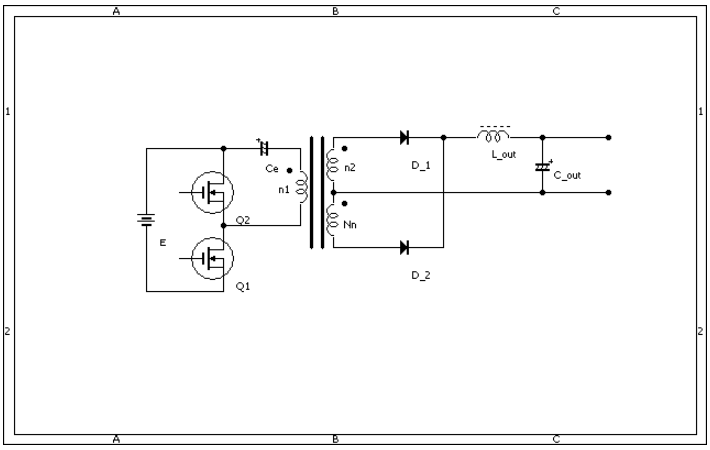


図１　非対称ハーフブリッジＤＣ／ＤＣコンバータ回路の回路構成

（３）出力電圧計算式

非対称ハーフブリッジＤＣ／ＤＣコンバータの出力電圧計算式は以下の式（１）の通りになる。ただし、αはＱ１の通流率、ｎ１、ｎ２はそれぞれ巻線の巻線数、Ｅは入力電圧、Ｖｄは出力電圧である。

$$V_d = 2E\alpha(1-\alpha)\frac{n_2}{n_1} \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

・導出方法

図２のようにＱ１、Ｑ２のゲート信号、通流率α、電源電圧Ｅ、一次側のトランスと直列に接続させたコンデンサに印加させる電圧、巻線ｎ１に印加される電圧Ｖｎ１、ダイオードカソード電圧Ｖ１、巻線比ａ（＝ｎ２／ｎ１）とするとそれぞれの波形は以下表１のようになる。

表１の斜線部の面積は等しい（トランスに印加される電圧時間積は等しくなるようにコンデンサ電圧が決まるため)。以上より、

$$(E - V_{c1})\alpha = V_{c1}(1-\alpha)$$

$$V_{c1} = E\alpha$$

これらより、出力電圧Ｖｄはダイオードカソード電圧Ｖ１の時間平均であるので以下の式で表す事ができる。

$$V_d = \left\{E(1-\alpha)\times\frac{n_2}{n_1}\times\alpha\right\} + \left\{E\times\frac{n_2}{n_1}\times(1-\alpha)\right\}$$

$$= 2E\alpha(1-\alpha)\frac{n_2}{n_1}$$

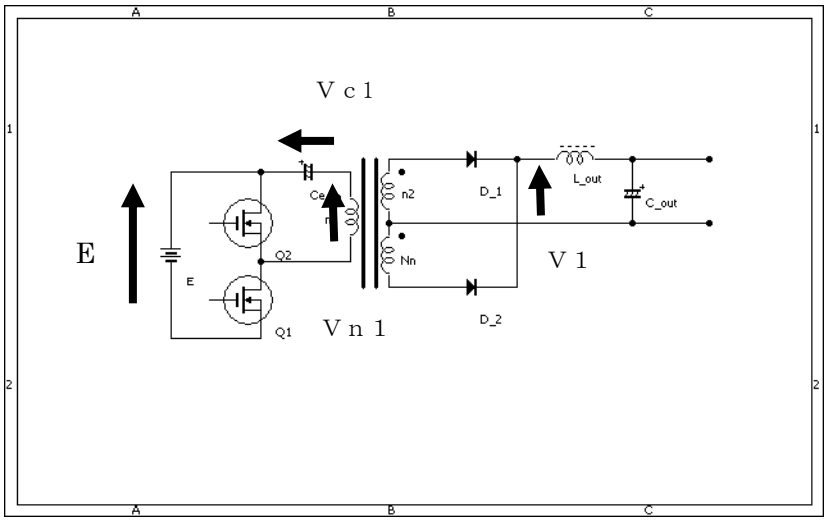
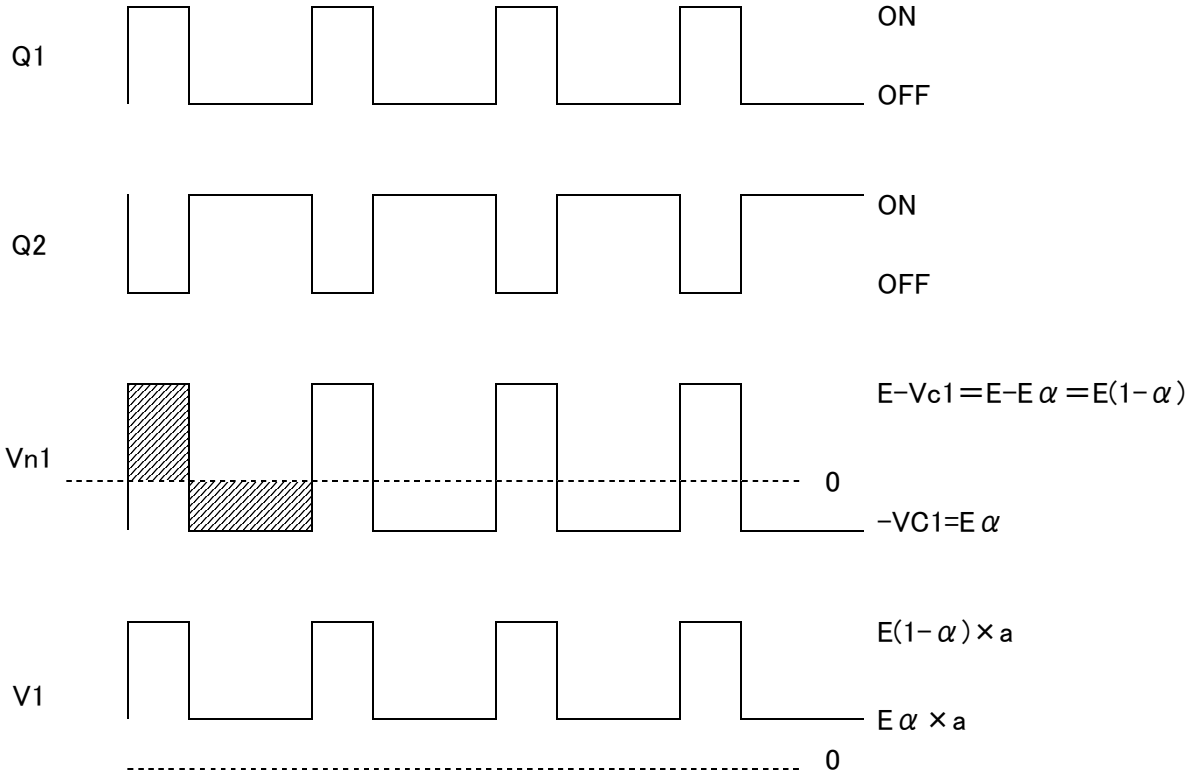


図２

表１　タイミングチャート



２．回路動作

Ｑ１がＯＮすることによって１次側巻線ｎ１には電源Ｅの（通流率αとして）（１－α）倍の電圧が印加され、ｎ２を介してＤ１に電流が流れる。次にデットタイムを経て、Ｑ２がＯＮされる。次にＱ２がＯＮの時にはコンデンサＣｅが電源となり、１次側巻線ｎ１には電源Ｅのα倍の電圧が、Ｑ１がＯＮの時とは逆方向に印加され、ｎ３を介してＤ２に電流が流れる。非対称ハーフブリッジＤＣ／ＤＣコンバータはそれぞれの状態から以下の４つの動作状態に分けることができる。

（１）状態１　Ｑ１：ＯＮ、Ｑ２：ＯＦＦ

Ｑ１がＯＮする事により１次側には図３のように電流が流れる。これにより２次側ｎ２、ｎ３には誘導起電力が発生する。ｎ２がＤ１を通り負荷に対する電源となるが、ｎ３はＤ２により電流は流れない。

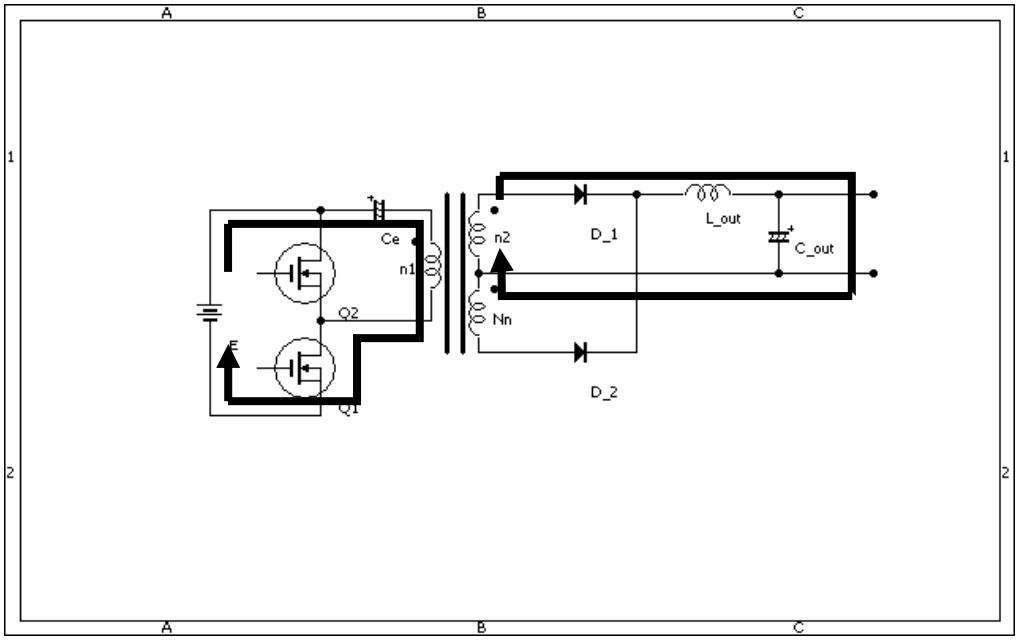


図３　状態１

（２）状態２　Ｑ１：ＯＦＦ、Ｑ２：ＯＦＦ

Ｑ１、Ｑ２がともにＯＦＦであるために、１次側では電流が流れない。２次側では、図４のようにリアクトルＬout によって電流が流れる。

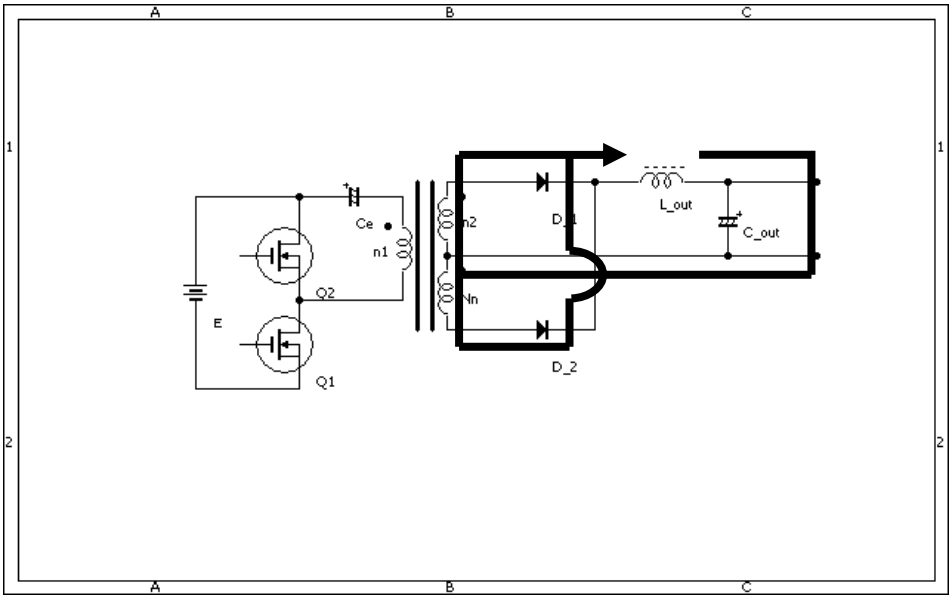


図４　状態２

（３）状態３　Ｑ２：ＯＮ、Ｑ１：ＯＦＦ

Ｑ２がＯＮする事で図５のように１次側ではコンデンサＣｅが電源となり、巻線ｎ２、ｎ３には状態１とは逆方向に誘導起電力が発生する。この時、ｎ３がＤ２を通り負荷に対する電源となるが、ｎ２はＤ１により電流は流れない

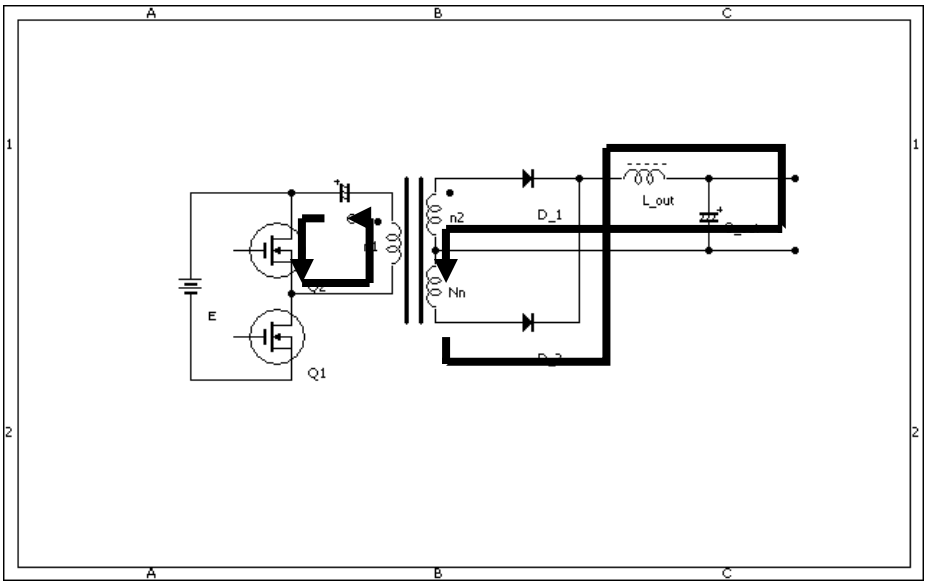


図５　状態３

（４）状態４　Ｑ１：ＯＦＦ、Ｑ２：ＯＦＦ

状態４では状態２と同様の動作である。