

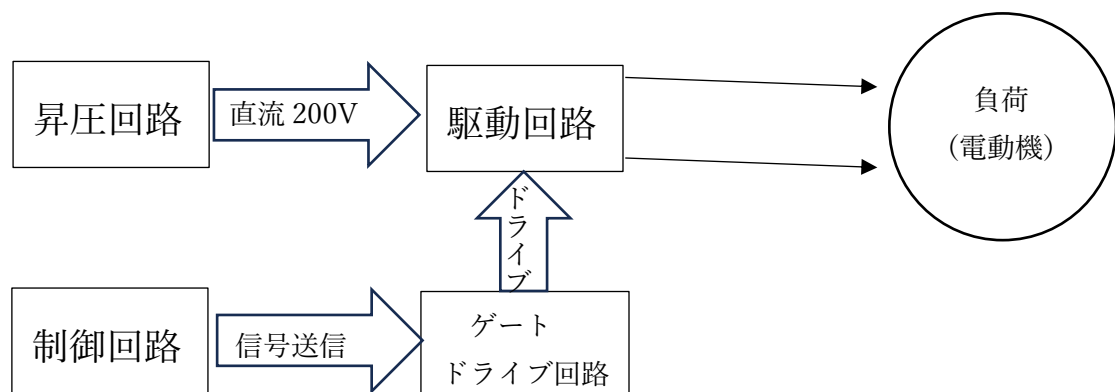
VVVF 三相インバーターの製作・高効率化

VVVF 三相インバーター(以降、VVVF インバーターと呼ぶこととする)は
単相または直流電源を三相誘導電動機の駆動に必要な
 $2/3\pi$ ずつずらした位相、周波数、電圧を出力する装置である。

VVVF インバーターは多用されている(鉄道などの電動機を使用する機械で使用する)
ため、変換効率を少しでも高めることで電力節約につなげることが出来る。

VVVF インバーターはそれなりに複雑な回路となるため、最初に比較的単純な
単相インバーターを設計・製作する。

<主な回路構成>



(図1) 回路構成

・昇圧回路

今回はバッテリー駆動(12V)で設計するため、電圧を上げる必要がある。
昇圧回路には幾つかの種類があるが、今回は高効率化を目指すので、昇圧コンバータを
使用する。この回路の場合、MOSFET^{*1}の耐圧が十分な製品を選定する必要がある。

・駆動回路

電力を直接負荷へ出力する回路。IGBT^{*2}のスイッチングによって疑似正弦波を得る。
場合によっては非常に熱を発するため、放熱設計が必要となる。

・制御回路

IGBT を駆動する信号を発信する回路。PIC※³ マイコン※⁴を使用した。
PIC マイコンには 5V までしかかけられないので、三端子レギュレータを使用して降圧。
内部のコードは少々複雑となるので、後のページに記述する。

・ゲートドライブ回路

IGBT を駆動できるほどの電流、電圧を供給する回路。IGBT の同時オン※⁵を防止する回路も実装する。

<回路設計>

回路設計、と言っても既存の素子がたくさん多く存在するため、データシートを読み、より特性が回路に適したものを選定する。

・昇圧回路

ースイッチング素子の選定

本来は損失を減らすという観点から、IGBT を用いた方が良いのだが、電圧不足で PIC マイコンでドライブ不可能なので、オン抵抗が少ない MOSFET を選定する。
東芝セミコンダクター社の TK31N60X や TK31N60W がオン抵抗 73mΩ と極めて低く、コスト面でも現実的なため、これらを使用する。

(式 1)で示したようにスイッチング周波数 f_s に比例して損失 P_{SW} が増加するため、

$$P_{SW} = \frac{1}{6} I_{DMAX} V_{DSMAX} \times (T_R + T_F) \times f_s$$

(式 1)

可能な限りスイッチング周波数を低くする必要がある。

スイッチング周波数は 1KHz とした。

ーインダクタ(コイル)の選定

(式 2)より、スイッチング周波数 f_s を低くした場合、インダクタが大きくなるが、ここでは低損失にすることのみを目的としているため、特に考えないこととする。

$$L = V_{IN} \times \frac{V_{OUT} - V_{IN}}{\Delta i_L \times f_s \times V_{OUT}}$$

(式 2)

Δi_L は出力電流の 20%~40%と推定できる。

$$(式 2)に代入し、L = 12 \times \frac{(140-12)}{1 \times 1.0 \times 10^3 \times 140}$$

$$L_{[mH]} \approx 1.02 \times 10^2$$

空芯コイルを使用する場合、コイルの直径や巻き数も求める必要がある。

$$L = \frac{\mu N^2 \pi r^2}{l}$$

(式 3)

μ は真空中と同じ $4\pi \times 10^{-7} [H/m]$ である

$$(式 3)に代入し、10^{-3} = \frac{4\pi \times 10^{-7} N^2 \pi r^2}{l}$$

$$\text{コイル長 20cm、径 10cm ほどが現実的なので、} 10^{-3} \approx \frac{12 \times 10^{-7} N^2 3 \times 10^{-2}}{0.2} \quad N \approx 316$$

0.8mm のポリウレタン線を二度往復させることで、コイル径を 1/2 にすることができる。
後に市販のものとの比較も行う。

ーコンデンサの選定

入力部コンデンサに関しては電源がバッテリーであることから、電圧変動が考えにくいいため、特に低 ESR 品を選ぶ必要はない。

対して、出力側にはスイッチングノイズがあるため、低 ESR の電解コンデンサを使用する。

理想では、低 ESR である高分子アルミ電解コンデンサを使用したかったものの、高耐圧品が無かったため、仕方なく通常のアルミ電解コンデンサを使用する。

耐圧には数倍の余裕をもっておきたいため、400PX100MEFC18X35.5 (400V100 μ F) を使用する。

- ※ 1 : ゲート端子に電圧を入力することでスイッチングが行える半導体素子
- ※ 2 : 前述の MOSFET の欠点であった耐圧やオン抵抗が改善された素子。
スイッチング速度は MOSFET と比べて遅い。
- ※ 3 : マイクロチップ社製造の低価格のマイコン。
- ※ 4 : CPU、メモリ、クロック回路などを IC に実装した、小型のコンピュータ。
- ※ 5 : 高圧側の IGBT と低圧側の IGBT が同時に導通し、ショートする現象。



こちらのサイトに回路図や写真、進捗状況を掲載しておきます。

参考文献

テキサスインスツルメンツ社 昇圧コンバーターの電力段に関する基本的な計算