

〈図7-16〉 TL494のピン配置

ッチング回路に必要なすべての機能を備えています。このICはチョップ方式だけでなく、プッシュ・プル方式の電源にも使用できます。

■ 回路の動作

● スイッチング周波数は約60 kHz

TL494によってスイッチ素子であるNチャネル・パワーMOSFETを駆動します。スイッチング周波数は約60 kHzとしました。最近のスイッチング電源のスイッチング周波数は、数百kHzから高いものではMHz帯と高速ですが、使用するインダクタを小型化できるメリットがあるものの、逆に効率を悪化させることがあります。本機の用途では、小型化は意味が薄いので比較的低い周波数にとどめました。

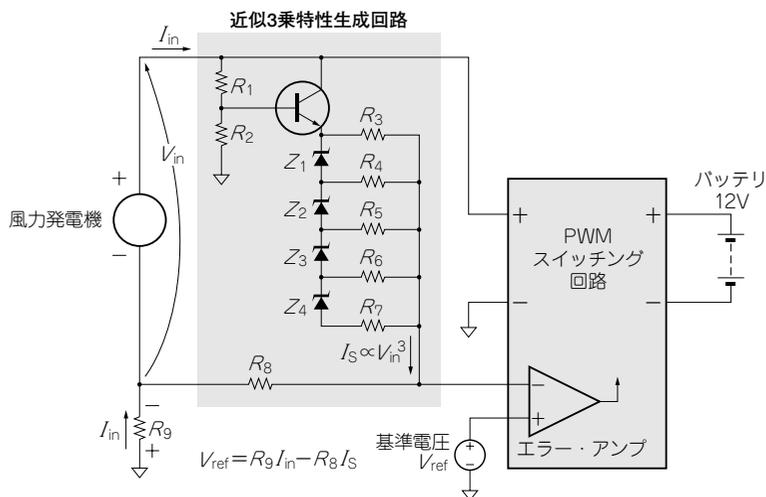
● スイッチング素子とスイッチング制御回路の動作

大電流をスイッチングするMOSパワーFET素子として2SK3176(東芝)を使用しました。このトランジスタは耐圧が150 V、パルス最大ドレイン電流が120 Aなので、入力電圧に対する余裕は十分です。スイッチング回路はバイポーラ型トランジスタでも構成できますが、MOSFETのほうが、入力電力が小さくすむため使いやすいといえます。また、この回路では、構成上PチャネルFETが適していますが、高速・大電流のFETはNチャネル型のほうが優れていて入手しやすいため、Nチャネル型を使用しました。そのため、ドライブ回路に小型トランスが必要になります。

このスイッチ回路では、本来なら4個のスイッチ回路は位相をずらせて動作させるのが理想ですが、今回は使用する制御ICの都合で、2回路を並列動作、つまり2相で駆動しています。また、これもICの都合で、出力コントロール端子(13番ピン)を“H”にしてプッシュ・プル・モードで動作させているので、スイッチング・デューティ比は50%以下になりますが、入力電圧と出力電圧(12 Vバッテリー)の差が大きいため問題ないでしょう。

● 風力発電機を常に最適条件で動作させるための回路

この回路では、風力発電機を常に最適条件で動作させるため、入力電圧の3乗に比例して入力電流が流れるようにしています。厳密に3乗特性を作るには大変ですから、ツェナ・ダイオード $Z_1 \sim Z_4$ から



〈図7-17〉 近似的に入力電圧の3乗に比例する電圧を生成してフィード・フォワード制御

なる回路を使って、近似的に入力電圧の3乗に比例する電圧を生成し、フィード・フォワード制御によって目的の特性を得ています。

図7-17は、この特性を生成するための基本回路で、発電機の出力量を R_9 で検出し、そこで発生した電圧と、発電機の出力量から3乗特性生成回路によって R_8 に発生した電圧の差を基準電圧 V_{ref} と比較することによって、入力電圧の3乗に比例する入力電流が流れるようにしました。この回路は非常に有効に動作し、ブレードに合わせた特性にすることにより、どんな風速においても常に最大出力が得られるようになりました。

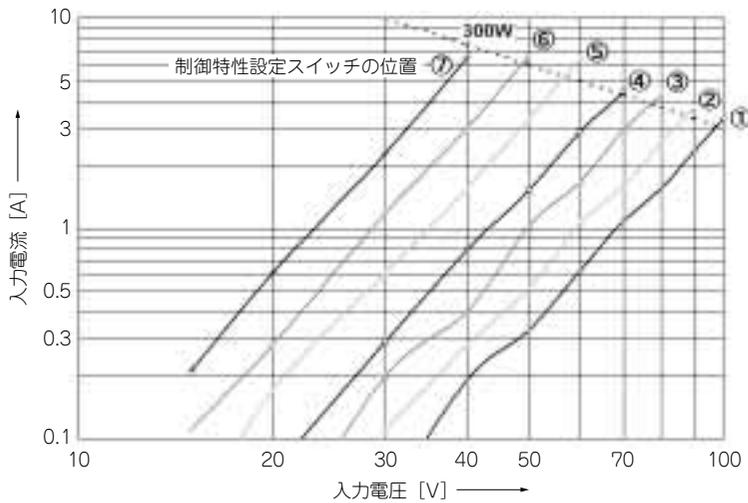
ブレードの形状や発電機の出力量によって最適な負荷条件(制御機の入力特性)を選ぶ必要がありますが、これを可能にするため、実際の回路では図7-13のようにスイッチによって最適特性を選べるようにしています。

図7-18は、この回路の入力電圧に対する入力電流を測定したもので、スイッチによって電流値を選択できます。入力電圧に対する電流値は、およそ3乗特性、つまり入力電圧が2倍になると流れる電流が約8倍になっていることがわかります。

● インダクタとトランス

この制御回路の出力は12Vのバッテリーに接続しますが、300W発電時にはバッテリー充電電流が約25A流れます。パワーMOSFET($Tr_6 \sim Tr_9$)、ショットキー・バリア・ダイオード($D_1 \sim D_4$)および出力インダクタ($L_1 \sim L_4$)には、これ以上のピーク電流が流れますから、この電流に耐えられる部品を選定する必要があります。また、インダクタは、ピーク電流でも飽和しないものが必要です。

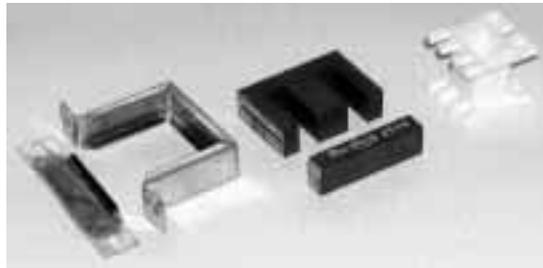
そこで私は、写真7-1のような外径約40mm、インダクタンス約50 μ Hのトロイダル・コイルを使用しました。トロイダル・コイルの入手が難しいときには、写真7-2のようなフェライト・コアに ϕ 2.0mmまたは ϕ 0.7~1.0mmのポリウレタン線を4~6本を束ねて十数回巻き、コアに0.5~1.0mmのギャップを設けたもので代用することもできます。ポリウレタン線(U EW: poly-Urethane Enameled copper Wire)は、ポリウレタン系樹脂塗料を焼き付けたエナメル線で、高周波誘電特性に優れ、被膜を剥離することなく直接はんだ付けできることから、各種トランスやセンサ・コイルなどに幅広く使わ



〈図7-18〉 フィード・フォワード制御回路の入力特性



〈写真7-1〉 $L_1 \sim L_4$ に使ったトロイダル・コイル



〈写真7-2〉 EI型のフェライト・コアとボビンなどのセット

れています。

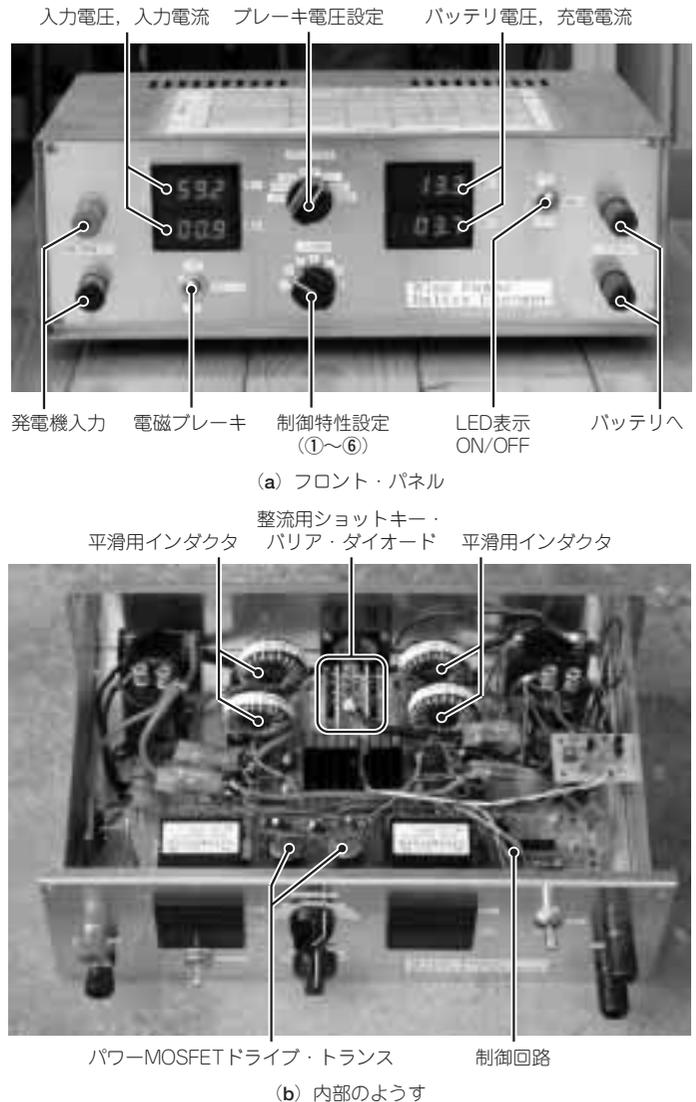
パワーMOSFETのドライブ・トランスは、TDK製のフェライト・コアに $\phi 0.3$ mmのポリウレタン線(U EW)を3本束ねて30回巻きます。つまり1:1:1の高周波トランスとして使っています。この部分はさほど大きな電力を扱わないので、25 mm程度のEI型コアで十分ですが、たまたま手元にあった $\phi 20$ mmの壺型^{つぼ}コアを使用しました。EI型のPC40 EI19-ZまたはPC40 EI22-Z(いずれもTDK製)も使えんと思います。

● 放熱について

この充電制御回路の電力効率は約85%ですが、余裕をみて80%とすると、300 W入力時に24 Wの電力を消費します。したがって、最大出力時にはトランジスタやショットキー・バリア・ダイオードが発熱するので、放熱板に取り付ける必要があります。私は、放熱板に取り付けるだけでなく、安全のために電動ファンを設け、放熱板の温度が50℃以上になったら強制冷却できるようにしました。実際には、300 Wの発電が継続することは稀ですから、強制空冷しなくても良いでしょう。

● 強制停止スイッチ

このスイッチをONにすると発電機の出力はショートされ、電磁ブレーキが掛かります。通常はOFFですが、据え付け時や強風時にこのスイッチをONにすることによりブレード・ロータはゆっくり



〈写真7-3〉300 W 級充電制御装置

り回り、ほぼ停止状態となります。

● その他

風車が回っていないときに本回路が消費する電流は約 10 mA です。この程度の電流であればバッテリーにとっては自己放電に近い値なので問題ないでしょう。

また、実機には写真7-3のようにデジタル・メータを取り付け、発電電圧、電流およびバッテリー電圧、充電電流を監視し、発電状況が見られるようにしました。もちろん、LED表示のデジタル・メータは電力を消費するので、常時はOFFとし、監視したいときだけONするようにしてあります。