

# 家庭電気品へのサイリスタの応用

## Household Electric Appliances with Thyristors

横山 謙二郎\*  
Kenjiro Yokoyama

林 精一\*\*  
Seiichi Hayashi

小山 敦夫\*\*\*  
Atsuo Koyama

稲野 藤三郎\*\*\*\*  
Tôzaburô Inano

### 要 旨

小容量のサイリスタを用いて制御を行なった家庭電気品について、その開発途上の問題点、および制御回路の構成と諸特性について述べた。

### 1. 緒 言

家庭電気品などの小形電気機器の制御を対象にした数A以下の小容量半導体素子として、プラスチックモールド形サイリスタ、2方向性サイリスタ FLS およびガラスボンドダイオード、複合ダイオードなどの素子が開発され、低価格で供給されるようになった。

日立製作所では昭和42年に、サイリスタで制御した家庭用電気洗濯(たく)機(PS-250 M)<sup>(1)</sup>を発表したが、その後、ミキサーをはじめ、電熱器具および照明器具の制御に、サイリスタを採り入れてきた。

ここでは、これらのサイリスタを用いた家庭電気品の制御の概要について述べる。

### 2. モートル応用品の制御

家庭電気品のモートル応用品としては洗濯機、扇風機などのように誘導電動機を使用するものと、ミキサー、ジュースなどのように整流子電動機を使用するものがあるが、これら2種類のモートルの制御について述べる。

#### 2.1 誘導電動機の制御

いたみやすい薄い布地を洗濯する場合には、洗濯機の水が弱いほうがよく、また、厚い布地の場合には、水流が速いほうが洗浄効果がよい。このような要望に対して洗濯機では、モートルの極数切換えにより、回転数を切換える方法が用いられている。

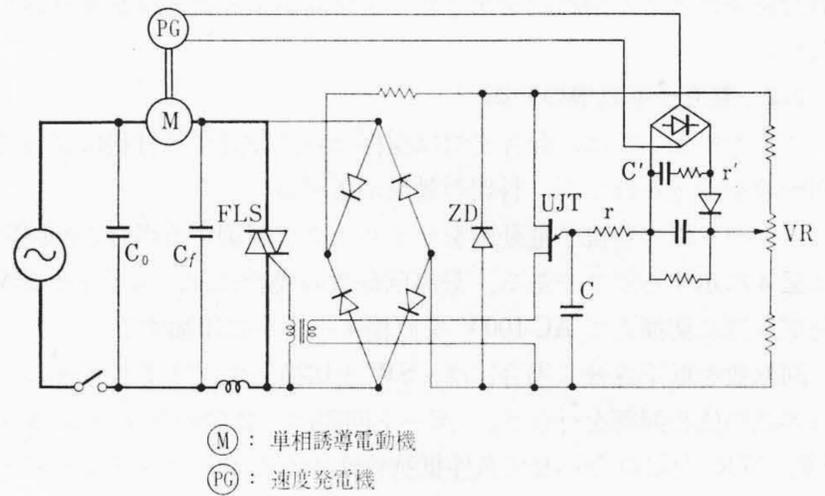
誘導電動機の変速制御は、サイリスタによる位相制御で行なうことができるが、この場合の制御回路を示したものが図1<sup>(1)(2)</sup>である。

洗濯機のように、常時変動する負荷をとるモートルの回転数を制御する場合には、回転数のフィードバック制御を行なわなければならない。

図1では、制御素子としてはFLSを、パルス素子としてはユニジャンクショントランジスタ(UJT)を使用した。また、ループゲインは、 $r$ を小さくすることによって大きくし、負荷変動10~100%に対する回転数の変動を3%以下にすることができる。 $r'$ 、 $c'$ は乱調防止のための補償回路である。

回転数は可変抵抗VRによって設定される。VRの両端の電圧は、定電圧ダイオードZDによって安定しているから、モートルの回転数は電源電圧の変動、および50 Hz、60 Hzの周波数の変化に対して安定である。

図1の回路を用いた電気洗濯機はPS-250 M形として、昭和42年に商品化された<sup>(1)</sup>。



(M) : 単相誘導電動機  
(PG) : 速度発電機

(洗濯機 PS-250 M 用)

図1 単相誘導電動機の変速制御回路(1)

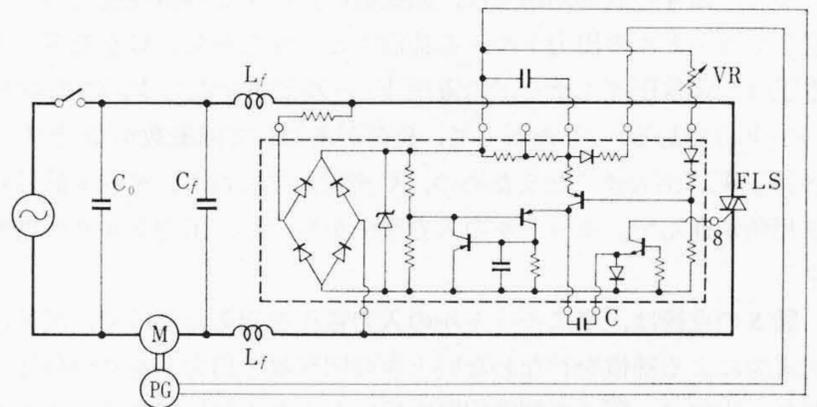


図2 単相誘導電動機の変速制御回路(2)

電気洗濯機 PS-250 M の可変速範囲は、定格回転数から、約 1/3 の回転数まで無段階であり、最低回転数は、極数切換方式の約 1/2 にすることができる。

その後、原価低減を目標に、ゲート回路の IC 化が試みられた。図2は、UJT の代わりにトランジスタを用いた制御回路であり、図の点線内の部分は1個の混成 IC である。図2の特性は図1と同様である。

図3は家庭用音楽噴水のポンプ、モートルの制御に用いた場合の回路図である。その動作は、音楽の音量を AGC 付き増幅器で増幅して、直流に変換し、ポンプ・モートルの回転数の設定値として与え、FLS のゲート回路 HIC (図2の点線内と同一回路) を制御する。このようにして、噴水の高さを音楽の音量に合わせて、高くまたは低くすることができる。これは、音楽噴水として商品化された。

扇風機を制御する場合には、モートルの負荷トルクが回転数の 2~3 乗に比例するため、単にモートルの入力電圧を位相制御するだけで、回転数を広い範囲に変えることができる。しかし、モートル

\* 日立製作所日立研究所  
\*\* 日立製作所多賀工場  
\*\*\* 日立製作所亀戸工場  
\*\*\*\* 日立熱器具株式会社 柏工場

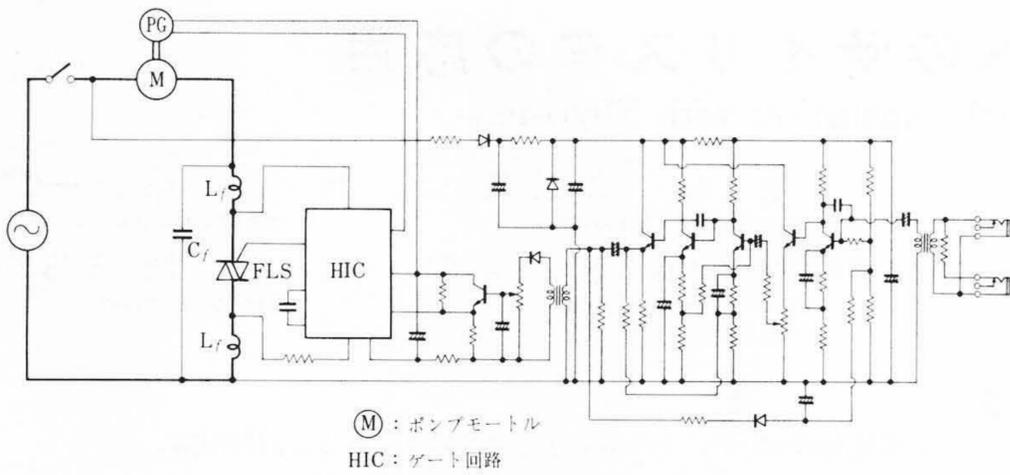
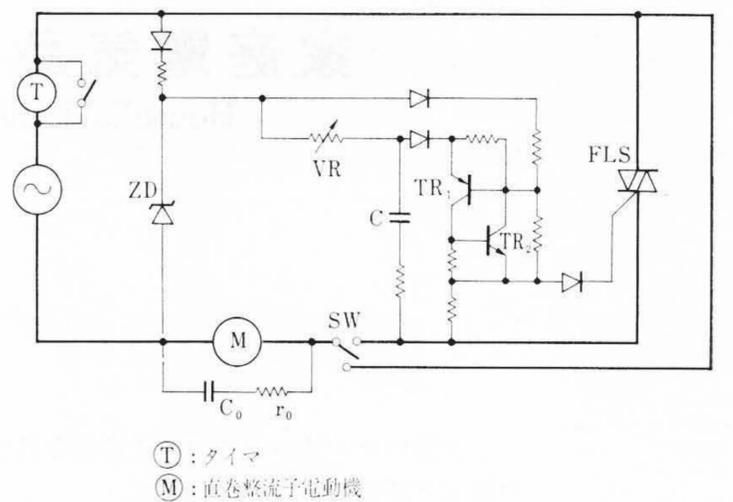


図3 日立音楽噴水の制御回路



(日立電子ミキサー VA-150 T 用)

図4 整流子電動機 の速度制御回路

の電流の高調波分が増加するため、磁気音が増加し、そのため、低騒音を条件とする扇風機をサイリスタで制御することはあまり適しない。

### 2.2 整流子電動機の制御<sup>(3)</sup>

ミキサーとしては、混合または攪拌(かくはん)する材料によって回転数を変えるほうが、料理の効果があがる。

ミキサー用の整流子電動機をサイリスタで制御する場合の回路図は図4に示すとおりである。最高回転数の場合には、スイッチSWを電源側に切換えてAC100Vを直接モータに印加する。

回転数を低下させる場合には、SWを切換えて、サイリスタによる半波の位相制御を行なう。ゲート回路は、2個のトランジスタTR<sub>1</sub>、TR<sub>2</sub>を組み合わせ、負性抵抗特性をもたせ、コンデンサCの放電電流をTR<sub>1</sub>、TR<sub>2</sub>を通してゲートに供給する方式である。ゲート信号の調整、すなわち、回転数の変更は可変抵抗器VRで行なわれる。

また、図4の制御回路では、回転数に比例する残留逆起電力を帰還してモータの出力トルクを補償する。すなわち、Cを充電する電圧は、定電圧ダイオードの電圧V<sub>d</sub>と残留逆起電力V<sub>m</sub>の差電圧(V<sub>d</sub>-V<sub>m</sub>)である。したがって、負荷が増加して回転数が低下すると(V<sub>d</sub>-V<sub>m</sub>)が大きくなるため、C充電が早くなり、ゲート信号の位相角が進んで、モータの入力電圧が増大し、出力トルクが増加する。

図5の点線は、単にモータの入力電圧を変えただけで、残留逆起電力による補償を行なわないときの回転数と出力トルクの特性であり、実線は、図4の制御回路を用いたときの特性である。このように、残留逆起電力による出力トルクの補償を行なうことによって、各回転数に対する出力トルクを増加させることができる。

図6は、図4の制御回路を用いた日立電子ミキサーVA-150Tの外観である。ミキサーVA-150Tの変速範囲は、電源が50Hzのとき、水負荷の場合に、1,500~11,000rpmである。

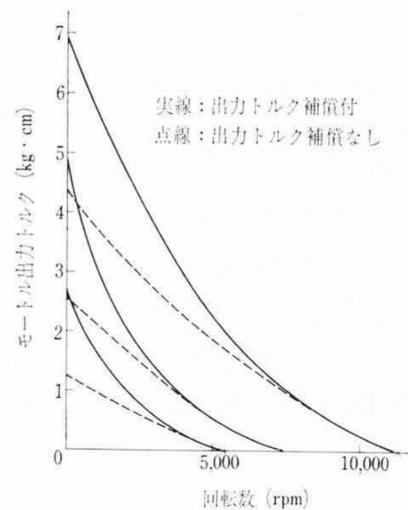


図5 整流子電動機 の制御特性

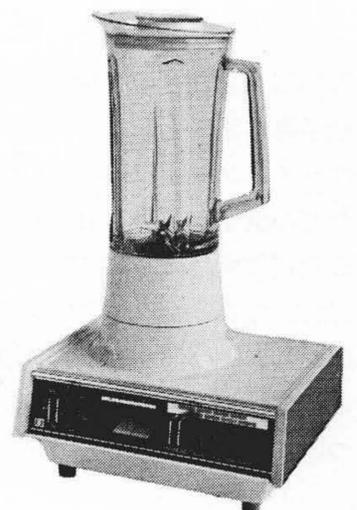


図6 日立電子ミキサー VA-150T

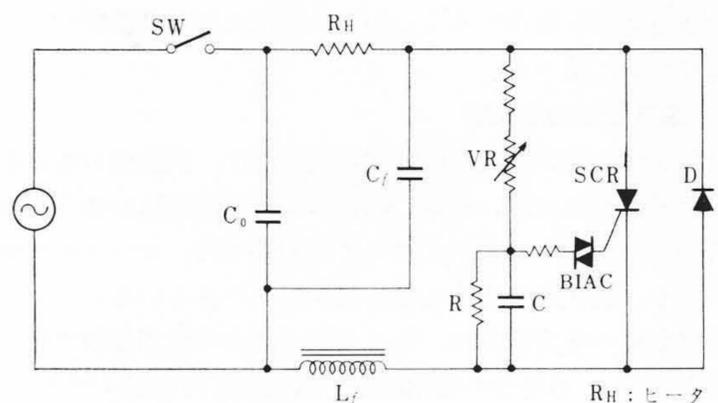
## 3. 電熱器具の制御

### 3.1 電気ストーブの制御

電気ストーブには、大別すると、対流形と反射形があるが、大半は、600~1,000Wの反射形である。これらは局部暖房用として使用されるから、採暖条件に応じて発熱量を調整する必要がある。このために、従来は、数本のヒータをスイッチで切換える方法が行なわれていたが、サイリスタによる位相制御で、発熱量を無段階に可変にすることができる。

電気ストーブでは、発熱量が50%以下になると、ヒータは赤熱されず、ふく射効率が下がるため、採暖効率は急に低下する。そのため、発熱量の制御範囲は50~100%でよい。

図7は電気ストーブの制御回路である。ヒータ電流の半波をダイ



(日立電子コントロール式 電気ストーブVH-891E用)

図7 電気ストーブの制御回路

オードDを通し、ほかの半波のみサイリスタで制御する。

ゲート回路には、シリコンパルス素子BIACを用いた。BIACは両方向にブレイクオーバーする特性をもつが、図7の回路では、サイリスタに逆並列にダイオードが接続されているため、サイリスタの順電圧期間にのみ、ゲートパルスが発生する。

発熱量は可変抵抗VRで調整される。また、RがないとVRを大きくして、サイリスタをOFF状態にしたとき、Cのゆっくりした充電により、数サイクルごとに不規則な点弧が起こるが、このような現象を防止するためにCと並列にRを接続している。

図8は、図7の回路を用いた日立電子コントロール式電気ストーブVH-891Eの外観である。

図9は、電気ストーブVH-891Eのダイヤル回転角に対する電力およびふく射強度を示したものである。従来のスイッチ切換方式では、低出力にしたとき、通電しないヒータがあるため、ふく射幅が

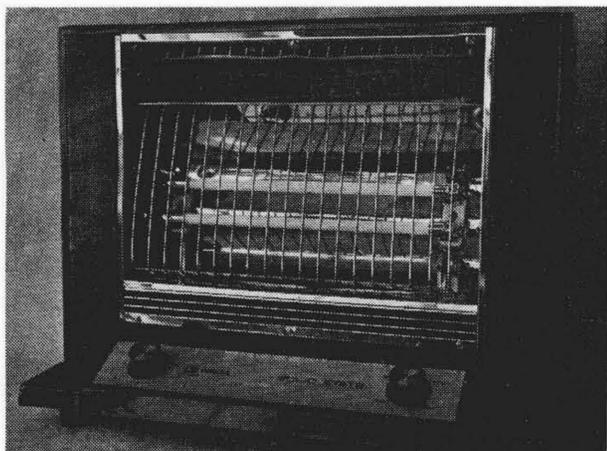


図8 日立電子コントロール式電気ストーブ VH-891 E

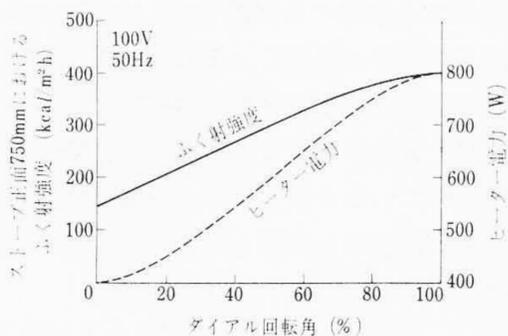


図9 電気ストーブ VH-891 E のふく射強度および電力制御特性

変化するが、VH-891 E では、ふく射幅は変化せず、ふく射強度のみが変わる。したがって、低出力にしたときは、ソフトな採暖感が得られるという特長がある。

### 3.2 電気毛布の制御

従来の電気毛布では、温度を一定に保つために、感温リレーにより、ヒータ電流を断続させて制御していた。

昭和44年度より商品化したソリッドステート式日立安眠毛布 YB-140 W はサイリスタによる位相制御を用いて温度の自動調整を行なっている。

図10は、電気毛布 YB-140 W の回路図、また、図11は感熱発熱線の構造図である。

図10では、サイリスタの短絡事故に対する保護回路を考慮したため、半波のみの位相制御とした。また、図12に示すような発熱体と信号線との間の有機発熱体の感温特性を用いて、ゲート信号を制御する方法を行なっている。すなわち、電源電圧を印加すると、抵抗  $r$  と有機感温体の等価インピーダンス  $Z_t$  により分圧された電圧  $e_z$  が、放電管 N.L. に加わる。 $e_z$  が N.L. の放電開始電圧に達すると  $Z_t$  の等価静電容量の電荷が N.L. およびサイリスタのゲートを通して放電し、サイリスタは点弧する。ここで、温度が上昇しようとするとき、 $Z_t$  は小さくなり、 $e_z$  が N.L. の放電開始電圧に達する位相が遅れるため、サイリスタの点弧位相が遅れ、発熱体に流れる電流が減少して、温度の上昇を抑制する。逆に、温度が低下しようとするとき、 $Z_t$  が大きくなって、点弧位相が進み、電流が低下して温度の低下を抑制する。このようにして、毛布の温度は一定に保たれる。

安全性に対する考慮としては、もし局部的な加熱が起こった場合でも  $Z_t$  が小さくなるのでサイリスタの点弧位相が遅れ、電流を減少させる。

また、サイリスタの短絡事故に対しては、低抵抗  $R$  およびダイオード  $D$  を通して、サイリスタの逆方向に大きい半波電流を流し、速断ヒューズ  $F$  を溶断して、毛布を加熱から保護する。

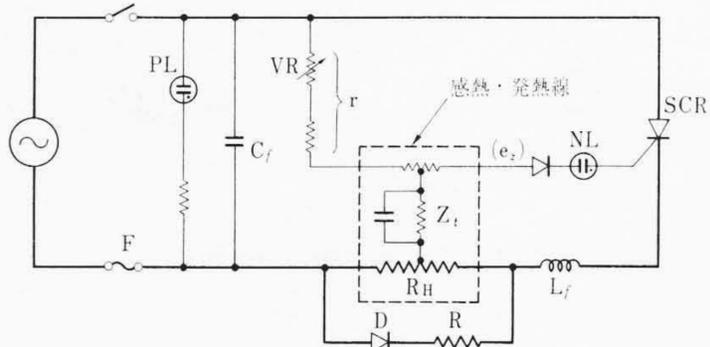


図10 電気毛布の制御回路  
 $R_H$ : 発熱線  $Z_t$ : 感熱体等価インピーダンス  
 (日立ソリッドステート安眠毛布 YB-140 W 用)

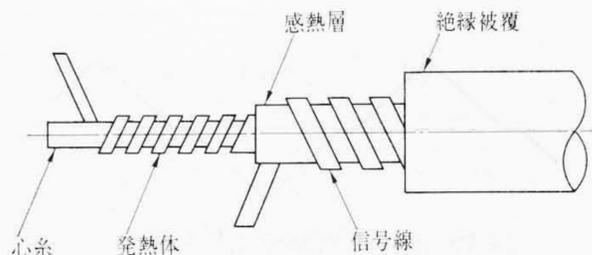


図11 電気毛布の感熱・発熱線の構造図

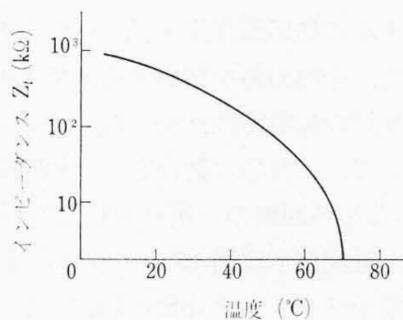


図12 有機感熱体の感熱特性

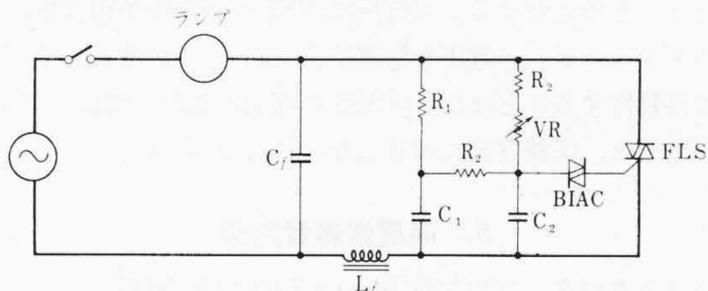


図13 電球用調光回路

## 4. 照明器具の制御

### 4.1 調光回路

容量が1 kW 以下の小容量調光器は家庭用に、それ以上の大形調光装置は主として、舞台やスタジオの照明に用いられる。調光器の負荷には、電球とけい光灯があるが、けい光灯の調光には、特殊な安定器を必要とするため、まだ家庭用としては普及していない。

図13は、電球用調光器の回路図であり、FLS と BIAC からなる位相制御である。可変抵抗 VR により、電球の明るさを non-visible の状態から、全光状態まで連続的に変えることができる。

電球のフィラメントは、抵抗の温度係数が大きく、点灯前のフィラメントの抵抗は、点灯中のそれに比べて20~30分の1と、著しく低い。そのため、電源投入時に突入電流が流れ、その大きさは定格電流の約8倍に達し、過渡期間は数サイクル継続する。このため、サージ電流耐量の大きい FLS を選定する必要がある。

### 4.2 けい光灯の瞬時点灯回路

けい光灯の起動には、グロースタータが、その簡便さ、低価格の

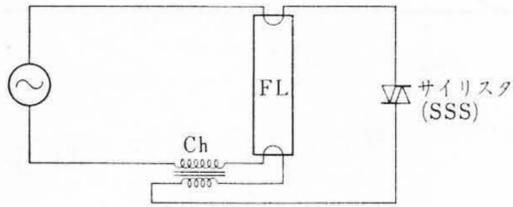


図14 けい光灯瞬時点灯回路

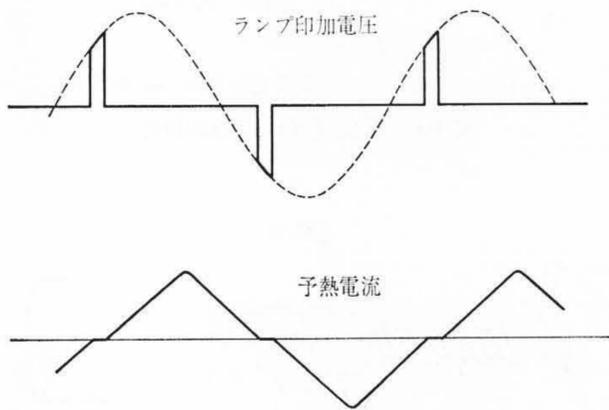


図15 けい光灯瞬時点灯装置の予熱電流と管電圧波形

ゆえに広く用いられている。しかし、グロースタータの動作は、グロー放電とバイメタルの熱応動作を利用したものであるから、バイメタルが動作して、予熱回路を構成するまでの所要時間が長く、このために、けい光灯の起動時間が長くなっている。

サイリスタを用いて、これらの動作をより短時間に完了させることができるが、そのための回路の一例を示したのが図14である。また、予熱時の電圧、電流波形は図15のようになる。図14の回路には、2方向性の2端子サイリスタ(SSS)を用いている。

図15の動作波形に示すように、電源印加後は、毎サイクル予熱と電圧印加を行ない、十数サイクル後に、フィラメントが適当に熱せられたところで点灯する。点灯後は、SSSに管電圧が印加されるが、SSSのブレイクオーバー電圧を管電圧以上にしておけば、点灯中にSSSは再動作することはない。SSSの選定にあたっては、ブレイクオーバー電圧と、保持電流に留意しなければならない。

5. 高周波雑音対策

サイリスタのターンオン時間は1~3 μsであるから、点弧時、サイリスタの端子で電圧の急変が起こり、サイリスタ回路からは、約

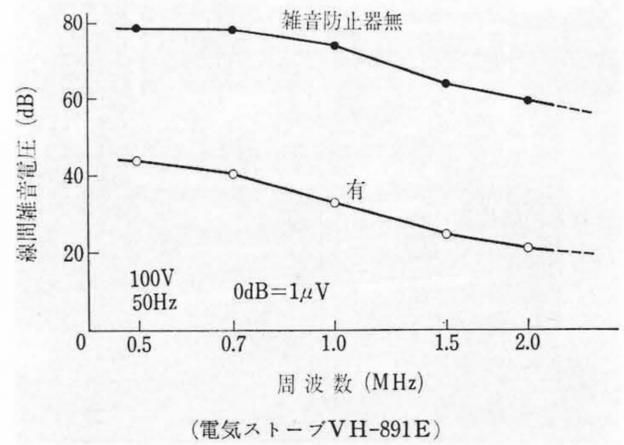


図16 線間雑音電圧の防止効果

100 kHz~数 MHz の高周波雑音を発生する。

AC100Vで使用する前述の各回路では、雑音防止用のフィルタを付けなければ、入力端子の線間に、1 MHzの周波数成分で70~80 dB(電波審議会答申による測定方法)の雑音があられる。この雑音は、短波、FM、またはテレビ受信機には影響を与えないが、近くの電源に接続されている中波のラジオ受信機に妨害を与える。

サイリスタ回路の雑音防止回路としては、前掲の各回路に示すような、 $L_f$ 、 $C_f$ からなる低域フィルタを用いる。

図16は電気ストーブVH-891Eで測定した入力端子の線間雑音電圧を示したものである。これより、図7の $L_f$ 、 $C_f$ によるフィルタの減衰効果は約35 dBであり、電気ストーブVH-891Eの雑音による障害は、ほとんどなくなる。そのほかの制御回路でも同様のフィルタを用いている。

また、制御回路からふく射する雑音は少なく、1 mの距離で20 dB以下であり、障害はほとんどない。

6. 結 言

日立製作所におけるサイリスタを用いた家庭電気品の概要について述べた。現在のところ、サイリスタは、まだ、ほんの一部の製品に適用されただけであるが、サイリスタを使用することにより、それぞれの特性の顕著な改良が期待できることから、今後はさらに、その適用分野が拡大していくものと考えられる。

参 考 文 献

- (1) 久保倉, 森: 日立評論 50, 815 (昭43-9)
- (2) 佐々木, 和島, 横山, 杉山: 日立評論 48, 1235 (昭41-10)
- (3) 椿, 市村: 日立評論 51, 532 (昭44-6)