

トライアック 万能調光器キット

BTA24-600CW
スナバレス

25A
AC100V

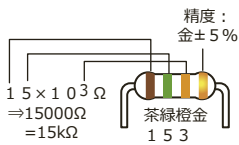
- ◆AC100V 機器の出力パワー（明るさや発熱量）を VR によって 0% ~ 約 100% 可変します。
 - ◆コントロールできるものは、電球・電熱器（ヒータ）・AC モータ・はんだごて・AC ファン（扇風機）等です。
 - ◆二重ヒステリシス防止回路により、スムーズなコントロールができます。
 - ◆専用プリント基板によって小型に製作できます。（AC100V を使用するため、基板は安全設計になっています）
 - ◆トライアックを変更するだけで、最大負荷制御電力を変えることができます。
 - ◆入力定格電圧：AC100V(50/60Hz)、制御出力定格電流：25A（ただし実入電流のない純抵抗負荷の場合）
- 本キットによる電力制御ができないもの（例）：蛍光灯、IH ヒータ、マイコン内蔵の電器製品、LED 電球（調光器対応の機種は除く）、電子レンジ

■ 部品表／部品の見方、読み方

部品名 (基板など)	部品	備考
TRIAC (トライアック)	BTA24-600CW	フランジ絶縁型 (スナバレス™ トライアック※1)
N413※2	DB3	N413 の互換品 (トリガダイオード)
D1 (S5277G※3)	1N4007	1000V 1A (汎用整流用ダイオード)
D2 (S5277G※3)	1N4007	1000V 1A (汎用整流用ダイオード)
D3 (S5277G※3)	1N4007	1000V 1A (汎用整流用ダイオード)
D4 (S5277G※3)	1N4007	1000V 1A (汎用整流用ダイオード)
VR (ボリューム)	250 kΩ B カーブ	回転角に対して抵抗値が直線的に変化
つまみ	ABS-28	VR 用つまみ (黒色、直径 15mm、高さ 16mm)
R1 (カーボン抵抗)	15 kΩ 1/2W※4	カラーコード：茶緑橙金
R2 (カーボン抵抗)	15 kΩ 1/2W※4	カラーコード：茶緑橙金
R3 (カーボン抵抗)	2.2 kΩ 1/2W※4	カラーコード：赤赤赤金
C1 (コンデンサ)	50V 0.1μF	フィルムコンデンサ
バリスタ -T	TSV07D271KR	トライアック保護用 (サージ吸収素子)
バリスタ -L	TSV07D271KR	負荷側用 (サージ吸収素子)
専用基板	AE-AC-CONTKM※5	ガラス (FR4) 1.6mm 厚、片面
ねじ/ナット		トライアック固定用※6

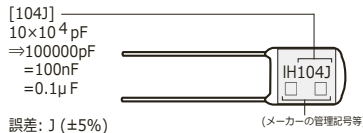
- ※1: スナバレス™ トライアック (ST 社の登録商標) は、スイッチ・オフ能力が強化されたトライアックです。誘導負荷の電力制御にも適しています。
- ※2: トリガダイオード (ダイアック) N413 (日本電気製) は生産終了により入手が困難のため、同等品の DB3 を使用します。
- ※3: 基板の印刷 S5277G (東芝製) は生産終了により入手が困難のため、上位品の 1N4007 を使用します。
- ※4: 1/2W カーボン抵抗は、1/4W と同じサイズの高性能品が付属します。
- ※5: 基板には部品型番の表記はありません。
- ※6: ねじ/ナットは、トライアックを金属ケースなどで放熱する場合にご使用ください。本キットにはケース、放熱器は付属しません。

- 抵抗のカラーコードの読み方
極性ははありません。



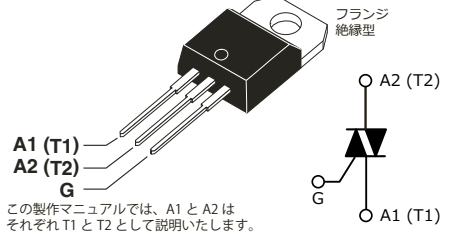
カラーコード (精度の色帯は除く):
黒茶赤橙黄緑青紫灰白
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

- C1: 50V 0.1μF (フィルムコンデンサ)
極性ははありません。

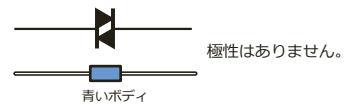


- BTA24-600CW: トライアックの端子と回路記号の見方

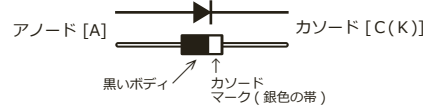
フランジ (放熱フィン) は、A1(T1) と A2(T2) から絶縁されているので、絶縁シート等が不要で熱伝導が良いです。



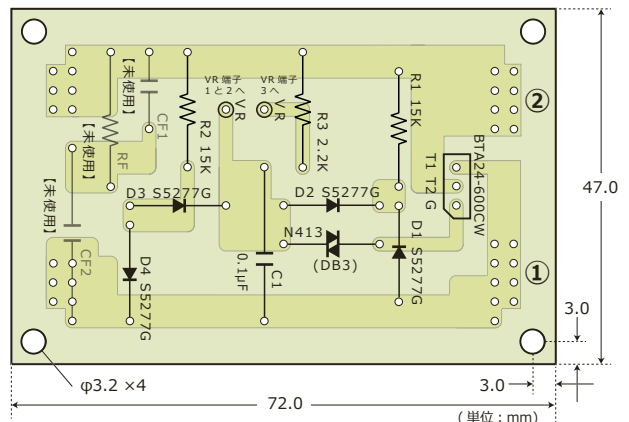
- DB3: トリガダイオード (ダイアック) の端子と回路記号の見方



- D1~D4: ダイオードの端子と回路記号の見方

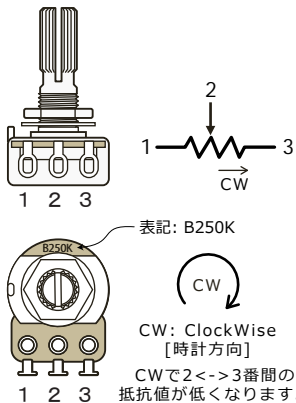


■ 専用基板 ガラス (FR-4)、1.6mm 厚、片面基板

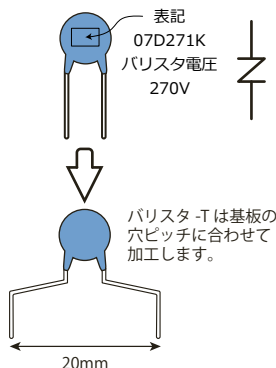


[お知らせ]
バリスタ (サージ吸収素子) を採用することにより基板上に印刷されている CF1、CF2、RF の 3 部品で構成される回路は使用いたしません。CF1、CF2、RF はキットの部品に含まれません。

- VR (ボリューム) の端子と回路記号の見方

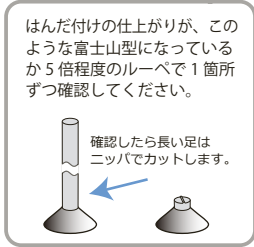


- バリスタ (サージ吸収素子) の回路記号の見方
極性ははありません。



■ 専用基板に部品を取り付けます (部品面)

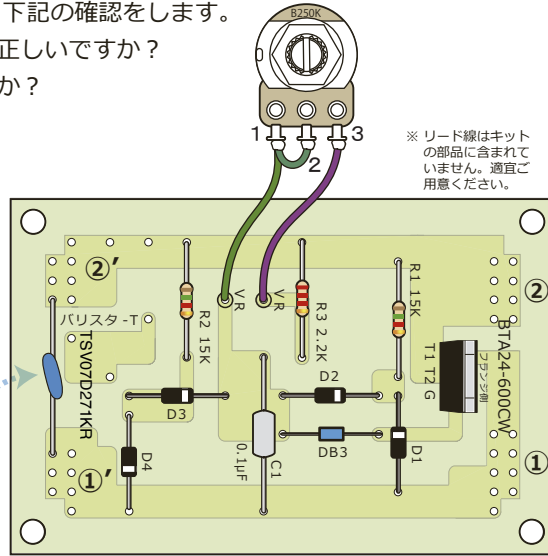
- ① 背の低い部品 DB3、R1、R2、R3、D1、D2、D3、D4 を取り付けてはんだ付けします。
- ② 次に C1 とバリスタ -T を取り付けてはんだ付けします。
- ③ TRIAC (トライアック: BTA24-600C) は一番最後に取り付けます。トライアックに小型の放熱器 (別売) を取り付ける場合には、放熱器に仮止めをして高さを合わせた上ではんだ付けしてください。またトライアックを基板に取り付けずに、大きな放熱器に取り付ける場合などには、配線例②をご覧ください。
- ④ ボリュームはあらかじめ下図のように配線 (1-2 を接続) して、基板に取り付けます。リード線^{*}の長さは 30cm 以内にしてください。
- ⑤ 部品をここまで取り付けたら、下記の確認をします。
 - ・部品の取り付け位置と方向は正しいですか？
 - ・はんだ付け箇所はきれいですか？



バリスタ -T は基板のこの位置に取り付けます。

★ トライアックの G-T1 間の絶対最大定格は約 10V です。絶対に高圧 (100V 等) を印加しないで下さい。最大定格を超える電圧が印加されると、トライアックは回復不可能なダメージを受けます。

★ 基板上的①' と②' は、それぞれ①と②の補助端子パターンです。通常は、トライアックの T1 と T2 に近い①と②を使用します。ケース内の配線の都合等で、①' と②' を使用することができますが、基板の銅箔パターンを経由するため大きな電力を制御する場合には、ご注意ください。



▲ 基板を部品面から見た図です

^{*} リード線はキットの部品に含まれていません。適宜ご用意ください。

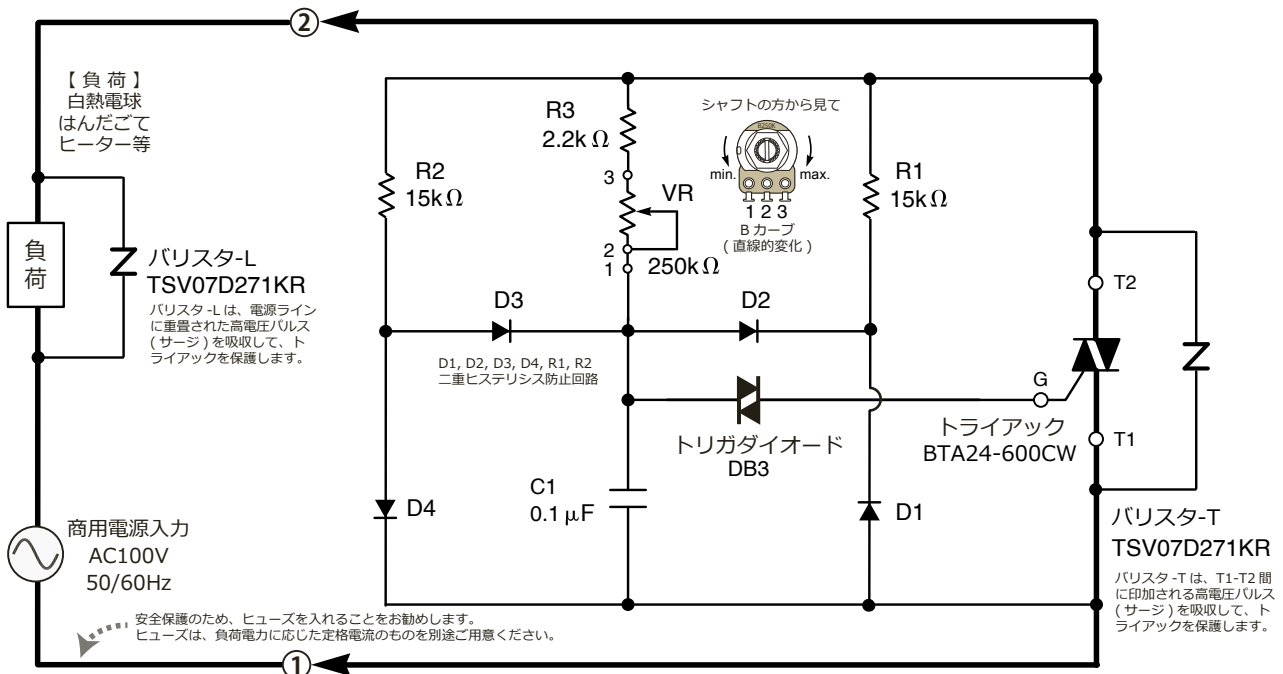
★ トライアックの発熱量と放熱について
放熱器は実効オン電流 ($I_{T(RMS)}$) と消費電力 ($P_{(W)}$) 特性から、余裕のある放熱ができるように決定します。詳細については巻末の資料と BTA24-600C のメーカー仕様書をご参照ください。簡易的には、余裕をもたせて電流 $\times 1.5V$ の電力で計算します。

(負荷の最大消費電力と放熱板の目安)

5A:	7.5W	…	54×50×15mm
			(アルミ、8枚フィン) 放熱器
10A:	15W	…	60×60×2mm アルミ板
15A:	23W	…	70×70×2mm アルミ板
20A:	30W	…	90×90×2mm アルミ板
25A:	38W	…	120×120×2mm アルミ板

注: 100%に近い電力制御を長時間おこなう場合には、さらに大きな放熱板を使用してください。また、T1-T2 を短絡させるバイパス用のスイッチを入れることにより、トライアックによる電力損失 (発熱) を回避することができます。

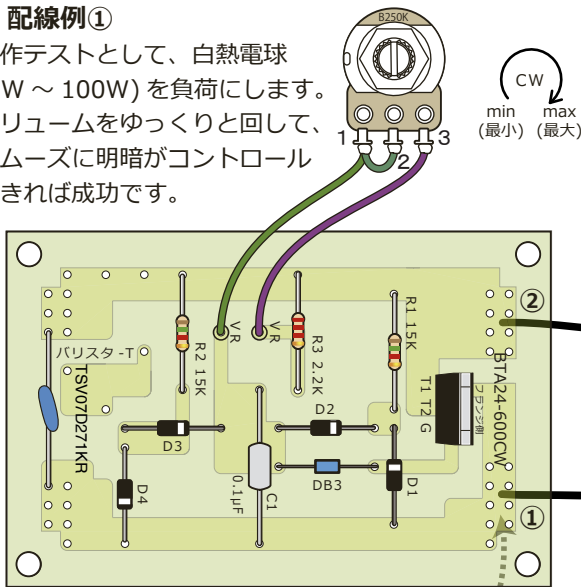
■ 回路図



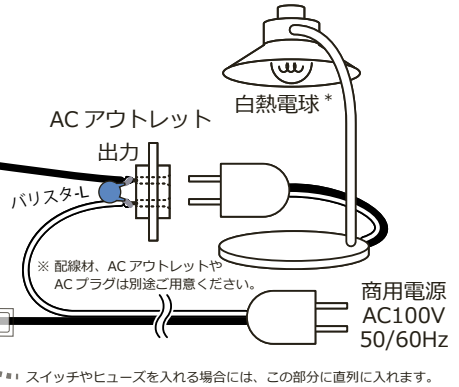
太い線 で表した配線は、負荷の電流に応じた配線材を使用してください。

■ 配線例①

動作テストとして、白熱電球 (5W ~ 100W) を負荷にします。ボリュームをゆっくりと回して、スムーズに明暗がコントロールできれば成功です。



★ トライアックを放熱器/放熱板なしで使用する場合には、200W までの負荷を制御 (電力制御 50%) することができますが、使用時間や環境温度によってトライアックが高温になります。



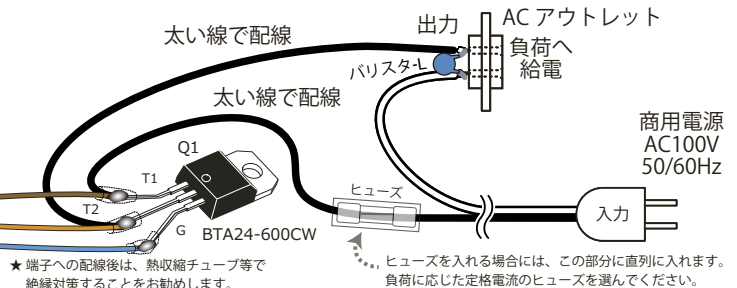
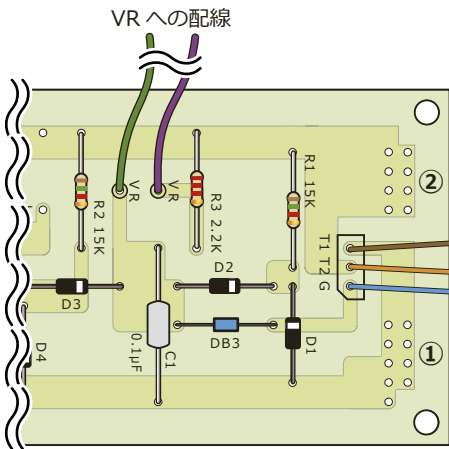
▲ 基板を部品面から見た図です

太い配線材の場合には基板の裏からはんだ付けします。

※ 電球負荷時、場合によっては電球から「ジィ、ジィ…」という音が聞こえます。これは、AC 電圧の急しゅんな立ち上がり (トライアックによるスイッチング) によって電球のフィラメントが鳴るためで、調光器の作動及び電球の寿命には影響しません。

■ 配線例② (放熱のために基板外にトライアックを出す場合)

基板からトライアックの各端子までの配線は、細い電線 (AWG#22~24 程度) でおこないます。トライアックの [T1 ⇒ AC 入力] と [T2 ⇒ 負荷 (出力)] の配線は、負荷の電流に応じた配線材を使用してください。



調光器で電力制御する負荷について

★ 電球の明るさをコントロールする時

白熱電球のフィラメントは、非通電状態の低温時 (25℃程度) には抵抗値が低く、安定点灯状態の高温 (2500℃程度) になると抵抗値は高くなります。電球の定格は、点灯状態の高温時の消費電力を基準にして定められています。

たとえば、AC100V・100W 形 (消費電力 90W) のミニクリプトン電球[※]の点灯時の抵抗値は約 111Ω と計算できますが、非通電状態では実測で 8Ω 程度です。この電球の場合、定格の 14 倍以上のラッシュ・カレント (突入電流) が流れることが予想されます。導通角 90° と 270° のとき最大の突入電流が流れます。トライアックの定格電流ぎりぎりの電球をコントロールする場合には、トライアックが突入電流に耐えられず、壊れてしまうおそれがあります。

[BTA24-600CW] の定格サージ電流 (I_{TSM}: 交流 1 サイクル) は 250A (50Hz)/260A (60Hz) です。

突入電流によるトライアックの破壊を防止するため、次の点に注意してください。

- ① 電球に定格の 15% 程度の電流を常に流してフィラメントを暖めておく。(電球は定格の 20% 以下の電流では光りません)
- ② 必ず VR の最低ポジションからゆっくりとコントロールしていく。
- ③ 調光器回路をバイパスするスイッチをつけ、直接 AC100V で電球を光らせる。つぎにバイパス・スイッチを調光器回路に切り替えて、明るさをコントロールする。バイパス・スイッチは、回路図 (基板) の①-②間 (トライアックの T1-T2 間) を短絡させるスイッチとして接続します。
- ④ 定格ぎりぎりの電球は負荷として制御しない。(トライアックを十分な放熱器に取付けた場合、定格の 50% ~ 70% の電力を安全に制御することができます)

★ モータの回転をコントロールする時

① ドリル・掃除機・扇風機などに使用されている交流直巻 (交流整流子 / ブラシ) モータは、良好にコントロールできます。

② 同期モータや誘導モータの回転数は、駆動周波数に比例します。このため理論上は調光器でコントロールできませんが、回転トルク (力) をコントロールすることによって、結果的に回転数を変えることができます。特別な機器を除いて、実用上は問題なく使用できます。

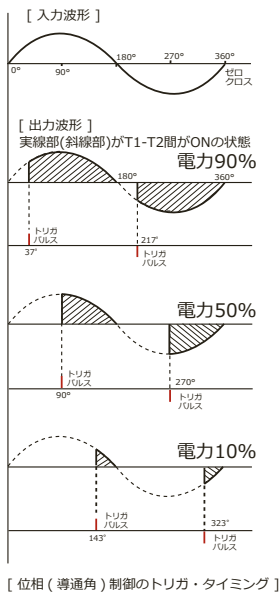
③ モータはコイルで構成されていて、負荷にはインダクタンス成分があります。急激に電流を遮断すると非常に高い電圧 (フライバック / 逆起電圧) が発生します。特に正弦波の頂点 (90°、270°) 付近で瞬停等が起こると、トライアックがフライバック電圧に耐えられず壊れてしまうおそれがあります。

[BTA24-600CW] の非線り返しサージピークオフステート電圧 (V_{DSM} および V_{RSM}) は 700V (@tp=10ms, T_j=25℃) です。

本キットでは、トライアックを高電圧から保護するためにバリスタをトライアック側と負荷側に使用しています。保護部品としてのバリスタは、調光器の回路動作そのものとは直接関係しない部品です。

※パナソニック製 DLS100V90WWK
—ご参考—
タングステンの抵抗率と温度係数
・抵抗率 (ρ₀): 4.9×10⁻⁸Ω・m
・温度係数: 4.9×10⁻³/℃

トライアック調光器キットの回路説明



★ パワー素子(トライアック)には、使用上の様々な制約があり、負荷に合わせて適切な保護対策を取る必要があります。定格を超える過電圧、過電流等によって、思わぬところで破壊されることがあります。取扱には、十分な注意が必要です。



ご注意 本キットはAC100Vを扱いますので、事故や感電に、十分ご注意ください。

① 左のグラフのようなコントロールをします。商用電源は交流(正弦波、サイン波)で、ここでは1サイクルを例にして説明します。波形の始めが0°、終わりが360°です。コントロールしていないときの波形の面積を100%とします。90%・50%・10%出力コントロール時の波形と、トリガ・パルスの位置関係に注目して下さい。トリガパルスが0°(又は180°)から少しずつ遅れて出ている。この遅れている時間(位相)がコントロール量を決定しています。例えば、50%コントロールの場合、サイン波の頂点でトリガが出ています。これは導通角90°のポイントで制御するという表現をします。(トライアックによるこのような電力制御を、導通角制御、又は位相制御といいます。)

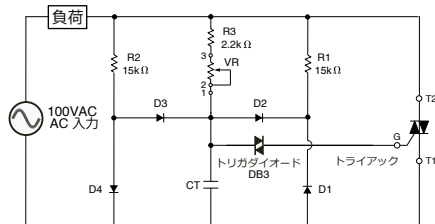
② トリガパルスがトライアックのG(ゲート)に印加されると、T1-T2はOFF状態からON状態になり負荷に電流を供給します。ゼロクロス・ポイント(0°、180°、360°...)になると、ONからOFFになり次のトリガパルスを待ちます。トライアックのゲートにトリガがかからなければ、そのままOFFを保ち続けます。負荷に電流は供給されません。

③ トリガ・パルスは、トリガダイオード(ダイアック)によって発生させています。トリガダイオードは、一定の電圧(ブレイクオーバー電圧(V_{BO}))を超えると電流(I_{BO})を流す素子です。これによってトライアックのゲートをトリガします。DB3(N413-L相当品)のV_{BO}は、標準で32Vです。巻末のDB3の電流/電圧特性の項をご参照ください。

④ VRとCTによって、V_{BO}に達するまでの時間(位相)を変えます。CRとトリガダイオードによる位相遅延回路で、CTの電位がV_{BO}に達すると蓄えられた電荷はトリガダイオードを通じて放電されます。これによってトライアックのゲートがトリガされ、T1-T2がオン(導通)となります。

VRとCTの関係は、おおよその目安で以下の組み合わせとなります
【VR : CT】
50 kΩ : 0.47μF
100 kΩ : 0.22μF
250 kΩ : 0.1μF [最適値] (キットの組み合わせ)

【回路モデル(保護用のサージ吸収素子は省略しています)】



⑤ 本キットではD1・D2・D3・D4・R1・R2によって正負の半サイクルごとにCTの電荷を放出させ、CTに対して常に一定のスタート条件となるようにして、ヒステリシス現象(履歴現象)の発生を防止しています(二重ヒステリシス防止)。これによってVRの最小(min)側付近で暗から明へ操作した時と、明から暗へ操作した時とでの点灯/消灯のポジションのスレ(ヒステリシス)を少なくして、なめらかな調光を可能としています。

株式会社秋月電子通商 2018_06_01 v2.0

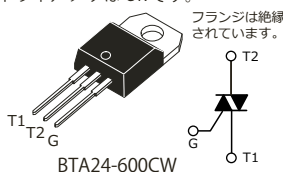
トライアックを壊したな?と思ったら...

★ デスタによるトライアックのチェック方法(コントロール不能の場合に試してください。トライアックは回路から切り離して、部品単独でデジタルテスタでチェックします)

- G-T1間が数Ω〜数100Ωが抵抗レンジで確認(極性をかえてチェック)します。
- T1-T2間が数100kΩ〜無限大Ωかどうか確認します。

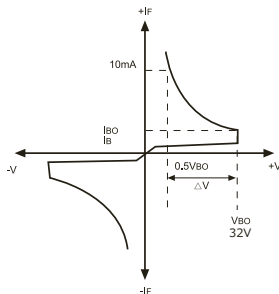
⇒ ①と②どちらか一方がNGでもトライアックが壊れています。

⇒ ①と②両方とも確認できたなら、トライアックはOKです。



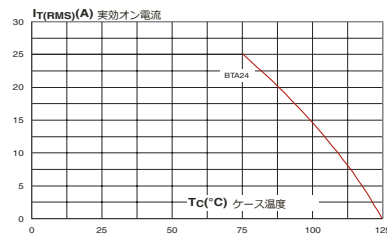
BTA24-600CW

DB3の電流/電圧特性



★ DB3(トリガダイオード)の電流/電圧特性は、交流に対して正負の双方向性を持っています。ブレイクオーバー電圧(V_{BO})以上の印加電圧に対して負性抵抗を持つ2端子の素子です。双方向性トリガダイオード、DIAC(ダイアック)という名称の所以です。

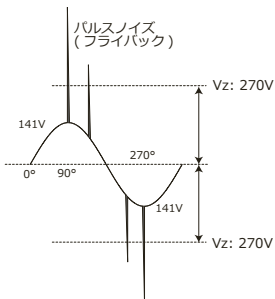
BTA24-600CWの実効オン電流/ケース温度特性



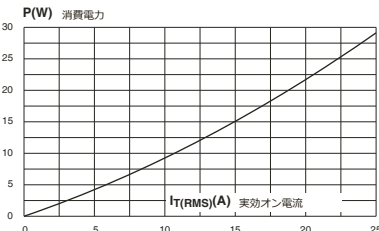
★ BTA24-600CWの性能をフルに引き出すためには、ケースの温度を75°C以下に保つ必要があります。上のグラフは、交流フルサイクルでオンになっている場合の、実効オン電流とケース温度の関係を示しています。たとえばケース温度が100°Cでは、15Aまでの制御となってしまいます。適切な放熱をせずに無理をして使い続けると、熱による寿命の低下を招くおそれがあります。

バリスタ[サージ吸収素子]の役割

★ 外来のノイズや、誘導性負荷等から発生するフライバック電圧が制限電圧(V_Z)を超えると、バリスタ(サージ吸収素子)TSV07D271KRがそのエネルギーを吸収します。これによって電力用トライアックの定格を超える電圧がT1-T2に印加されることを防ぎます。

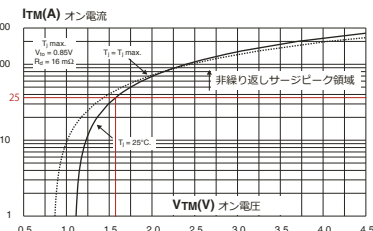


BTA24-600CWの消費電力/実効オン電流特性



★ トライアックは、電流を制御する際に電力を消費し発熱します。上のグラフは、交流フルサイクルでオンになっている場合の、実効オン電流と消費電力の関係を示しています。この消費電力は、T1<->T2に電流が流れることによって発生する損失電力です。たとえば15Aでは15Wの電力が消費され、100°C(T_c)以下に放熱する必要があります。ケース温度と電流の関係については右上の図を参照ください。

BTA24-600CWのオン電流/オン電圧特性



★ トライアックのT1<->T2がオンになった時の電圧(V_{TM})は、流れる電流によって変化します。このオン電圧は、トライアックの消費電力と密接な関係にあります。T_j(半導体接合部温度)が25°Cの条件で、上記グラフの実線の特性を持ちます。たとえば10A時には1.23V、25A時には1.55Vと一定ではなく、電流が多く流れるほど発熱の度合いが増加します。放熱にあたっては、十分な余裕をもちてください。