

毛布内部温度検知方式電気毛布の開発

Development of Electric Blanket Controlled
by Detecting Interior Temperature

直井 昭 貞* 高橋 博 志*
Akisada Naoi Hiroshi Takahashi
久保 正 明** 高橋 捷 治*
Masaaki Kubo Shōji Takahashi

要 旨

従来の電気毛布の温度制御方式は室温検知式であるため、かけぶとんの厚さが変わったり、気温の変化などの外部条件の変動によって、毛布温度も影響を受け適温制御がじゅうぶんではなかった。そこで、毛布自身の温度を検知して温度制御を行なうことにより、外部条件の影響を少なくすることができ、就寝時の快適性を確保することができる。温度検知には新しく開発した有機感熱体を検知線と発熱体の間に介在させ、これらを一体にした安全性のすぐれた感熱発熱線を採用した。また電流制御にはサイリスタを用いて無接点回路とし、部分過熱に対する安全性および回路の信頼性の向上を図った。本論文は上記方式の電気毛布の開発過程、理論解析、主要性能について述べたものである。

1. 緒 言

最近、電気毛布の需要の伸びは非常に高く、その生産量は年々増加の一途をたどっている。特に使用形態が個人暖房という点から、今後の需要の伸びが大いに期待されている。

一方その性能面における改良、開発の方向は安全性、快適性、信頼性向上の必要から、サーモスタット式から感熱線へと進みつつあり、さらに適温性能の向上と制御回路のソリッドステート化への研究開発が続けられている。適温性能においては、従来の電気毛布はバイメタルやサーモスタットなどを利用した室温検知方式であるため、かけぶとんの厚さが変わったり、室温が変化した場合には毛布の温度も変動して適温が保てないという欠点があった。そのため、よりすぐれた毛布内部温度を直接検知する温度制御方式の開発が要望されている。

また、最近多くの半導体素子が開発され、ほかの家電品同様従来のリレーやバイメタルなどに比較して、安定性、精度、信頼性などの点ですぐれた固体素子の使用が考えられソリッドステート化への試みがなされている。

このような背景において、鋭意研究を重ね、サイリスタを用いた毛布内部温度検知方式の電気毛布を開発した。この方式は、有機感熱体と発熱線とをその全長にわたって一体構造とした感熱発熱線方式により毛布全面の温度を検知する内部温度検知方式で、従来の室温検知方式のものと比較して毛布の温度が外部条件の影響を受けにくく、適温性能にすぐれている。また部分的に毛布が折り込まれたり、誤って使用されたりしたときの異常過熱に対する安全性、および性能の安定性にすぐれ、回路の信頼性が高い。また、制御回路は単純化されており量産性にすぐれている。

本論文はこの電気毛布の基本的な動作解析および主要特性について記述する。

2. 電気毛布に要求される必須条件

電気毛布は主として睡眠時に使用するものであるから安全性が確保されて、睡眠が妨げられることがないように適温が自動的に維持される必要がある。

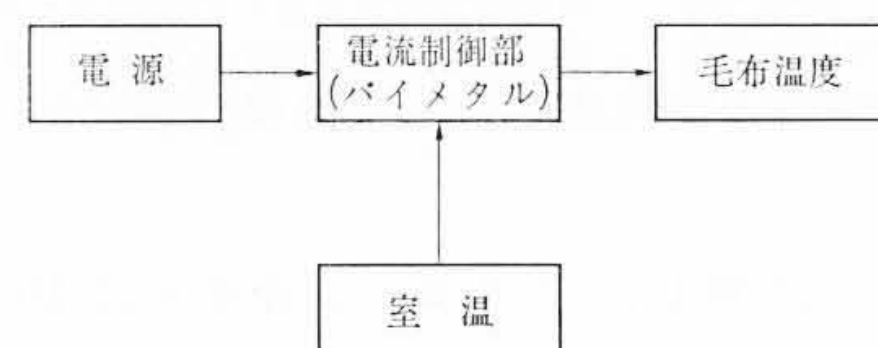


図1 室温検知方式の制御系統図

2.1 適温維持性能

睡眠を妨げることのない、適確な温度調節ができ、しかも外部条件の変動によって毛布温度が大きな影響を受けず、常に適温を維持できることが必要である。

2.2 高度の安全性

電気毛布は一般に睡眠状態すなわち無意識のもとに使用されるものであり、感電や異常過熱の防止など、毛布および制御装置の安全性に関しては万全を期したものでなくてはならない。

- (1) 感電に対する安全性
- (2) 異常過熱に対する安全性
- (3) 部品が故障した場合の安全性

特に(3)に関しては、故障しやすい部品を使わないことが望ましく、信頼性の高いものを選ぶ必要がある。また、回路を合理化し、部品点数を少なくし故障の要因を減らすことによって信頼性の向上を図る必要がある。

3. 従来の電気毛布

従来の電気毛布は適温調節装置に室温検知方式を採用しており、異常過熱の防止のためには保安機構を別に設けている。

3.1 適温調節装置

通常使用時の毛布温度の制御はバイメタルにより室温を検知し、室温に応じたバイメタルの湾曲を利用して接点を開閉し毛布の発熱線に流れる電流の通電率を変え、毛布温度を制御する方法を採用している。すなわち室温が低下すれば通電率は増加して毛布温度を室温低下分だけ補償しようとする。これは通電率と毛布温度との間に相互の関係がなく、図1に示すように、この制御系には電流制御部から毛布側への一方的な関係があるのみで毛布側からの帰還がない。したがって、外部条件の変動により毛布温度が変化しても、なんら補償能力がなく、必ずしも適温を維持できない場合が生ずる。

* 日立熱器具株式会社柏工場

** 日立熱器具株式会社研究室

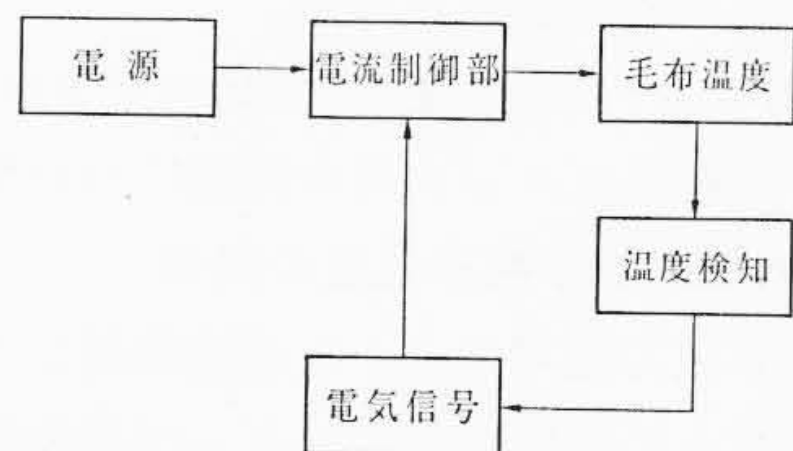


図2 内部温度検知方式の制御系統図

3.2 保安装置

異常過熱の防止のための保安装置はサーモスタット式と感熱線式とに分けられ、感熱線式はさらに、感熱発熱線式と検知線式に分けられる。

3.2.1 サーモスタット式

サーモスタット式は毛布内部に小形のサーモスタットを数個所に配置しておき、毛布の温度が規定以上に上昇しようとしたとき、サーモスタットが働いて電流を切り異常温度上昇を防ぐものであり、サーモスタット部分が過熱されたときは正確に動作する。しかし、サーモスタットがない部分、またはサーモスタットから離れた部分が過熱されたときは毛布温度がかなり高くなるまで、あるいは最悪の状態では毛布地が焦げるまでサーモスタットが働かず必ずしも安全な方式とはいえない。

3.2.2 感熱線方式

(1) 従来の感熱発熱線式

これは、一本の発熱線の中に、感熱層で絶縁された発熱体と信号線が組み込まれており、発熱線の全長または一部分が過熱すると、その部分の発熱体と信号線との間の感熱層の絶縁抵抗が低下し、発熱体と信号線との間に微小電流が流れる。この特性を利用してリレーを働かせ電源を切って毛布の過熱温度上昇を防ぐものである。この方式は毛布のどの部分が過熱してもリレーが動作するので過熱防止としては高度の安全性を有しているといえる。しかし、この方式に使用するリレーは微小電流の変化で動作する非常に高感度のものが必要とされ、製作が困難で高価なものとなり、かつ衝撃やごみの侵入に対して動作点が変わる欠点がある。

(2) 検知線式

この方式は発熱線とは全く別の線状の検知線を部分的に配置して異常過熱を検知するもので、基本的には従来のサーモスタット式と同じであり、検知線がない部分または離れた部分の過熱は検知できない欠点がある。

このように従来の方式には下記のような問題点がある。

- (1) 外部条件の変動に応じて、毛布温度が変化し快適性を失う場合がある。
- (2) サーモスタット式および検知線式は、部分過熱に対する安全性についてはじゅうぶんとはいえない。
- (3) 感熱発熱線式は過熱に対する安全性にはすぐれているが、リレーなど不安定な部品を必要とするので寿命および信頼度にも限界がある。

4. 毛布内部温度検知方式の検討

4.1 開発の方針

前項で述べたように、従来の室温検知方式は特に適温維持性能、安全性、信頼性において改良しなければならない点がある。

まず、適温維持性能の改良には、毛布そのものの温度を直接検知して毛布温度を自動的に適温調節する毛布内部温度検知方式を開発することが必要である。毛布内部温度検知方式の利点は毛布の温度が室温、ふとんの厚さ、人体の温度などの外的条件の変動の影響を受

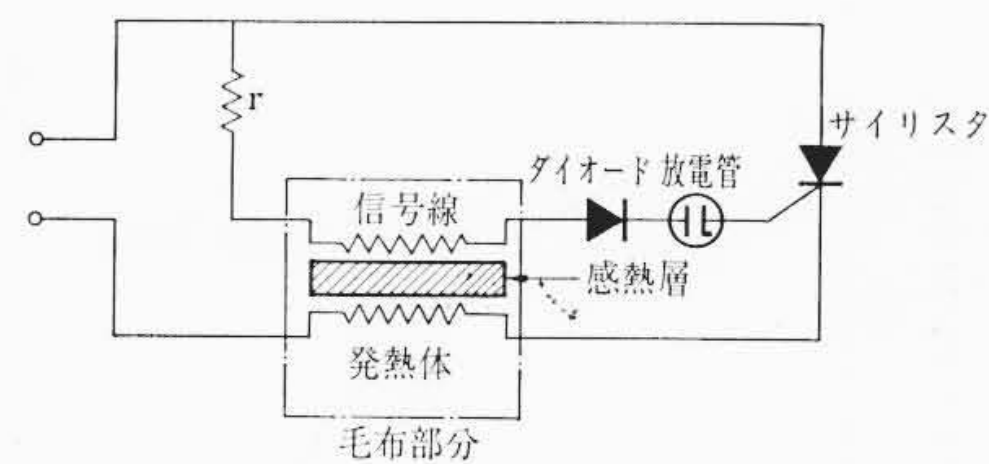


図3(a) 内部温度検知方式電気毛布温度制御基本回路

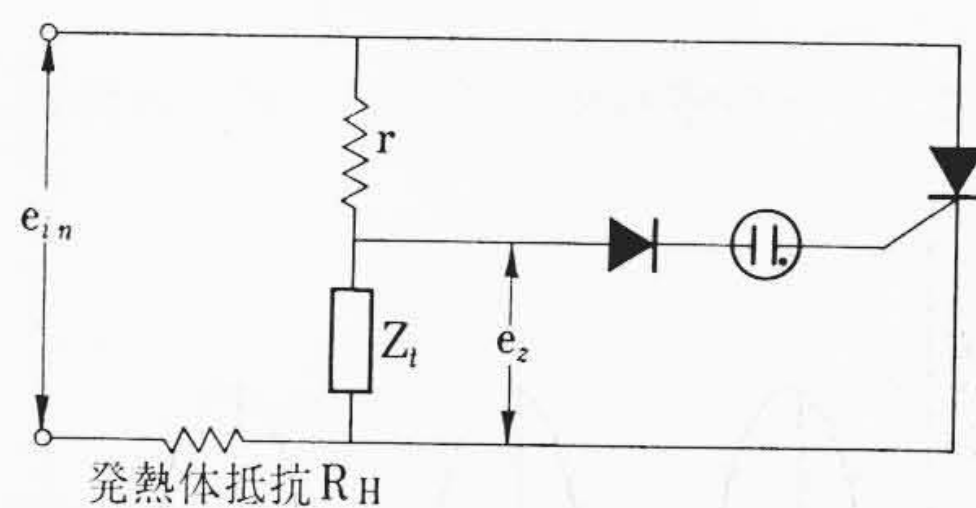


図3(b) 温度制御回路の等価回路

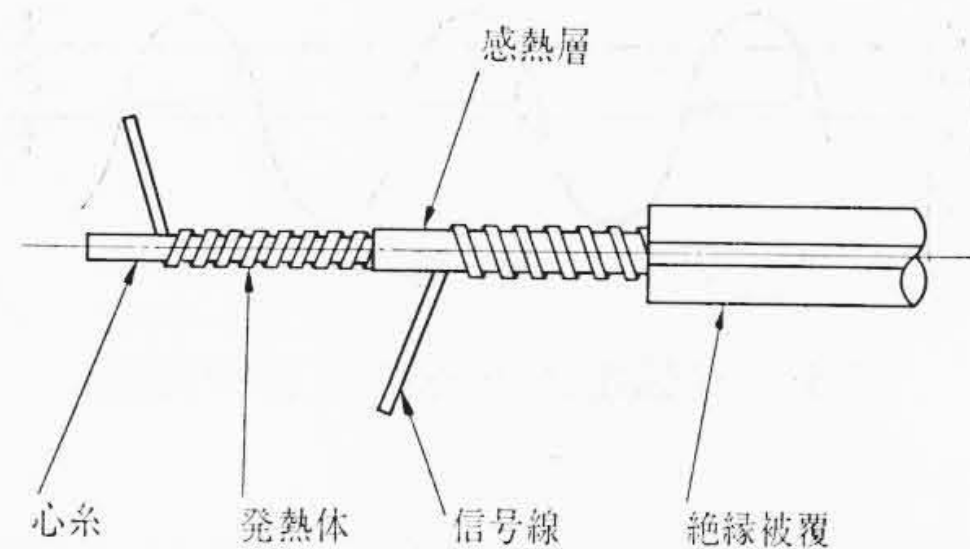


図4 感熱発熱線構造図

けにくいことである。そこでこの方法を実現するには、図2に示すように、毛布の温度を検知し、それを電気的信号に変換して制御側に帰還し入力電力を制御すればよい。この方法を具体化するうえで重要なことは、毛布温度の電気的信号への変換である。そのためには、毛布内部にビーズ状の感熱素子やサーモスタットなどを要所に設けたり、部分的に線状の検知線を設置する方法なども考えられるが、毛布の全面を万遍なく検知して、毛布全面の平均的な温度制御および全面の過熱に対する安全性を確保するには、感熱部と発熱体とを発熱線の全長について一体構造とした感熱発熱線が最も理想的である。

本論文においては、毛布全面の平均的な温度制御と毛布全面の安全性を保証するために、感熱部と発熱体とを一体化して感熱発熱線の構造とし、感熱体には、新しく開発した耐熱温度が高く高感度の有機感熱体を用いて、毛布温度を制御する方式について検討した。

次に、信頼性の向上のために回路を無接点化して機械的作動部分をなくすこととし、できるだけ回路の単純化を図りプリント配線を使用した。電力制御素子には、信頼性の高いプレーナ形高感度サイリスタを用い、そのほかの部品にも信頼性の高いものを選定することとした。

4.2 温度制御回路と動作原理

図3(a)は毛布内部温度検知方式の温度制御の基本回路図を、図3(b)はその電気的等価回路図を示したものである。図4は内部温度検知方式に用いる感熱発熱線の構造図である。

感熱発熱線の構造は、ポリエステル系に銅合金の発熱体を巻き、その外側を温度検知用の有機感熱体で感熱層を形成し、さらにその外側に導体の役目をする銅合金の信号線を巻き、最外側は耐熱塩化ビニルによって被覆して外部と絶縁している。この発熱体と信号線との間に介在させた有機感熱体は温度の変化に応じてそのインピーダンスが著るしく変化する。図5はその温度に対するインピーダンス

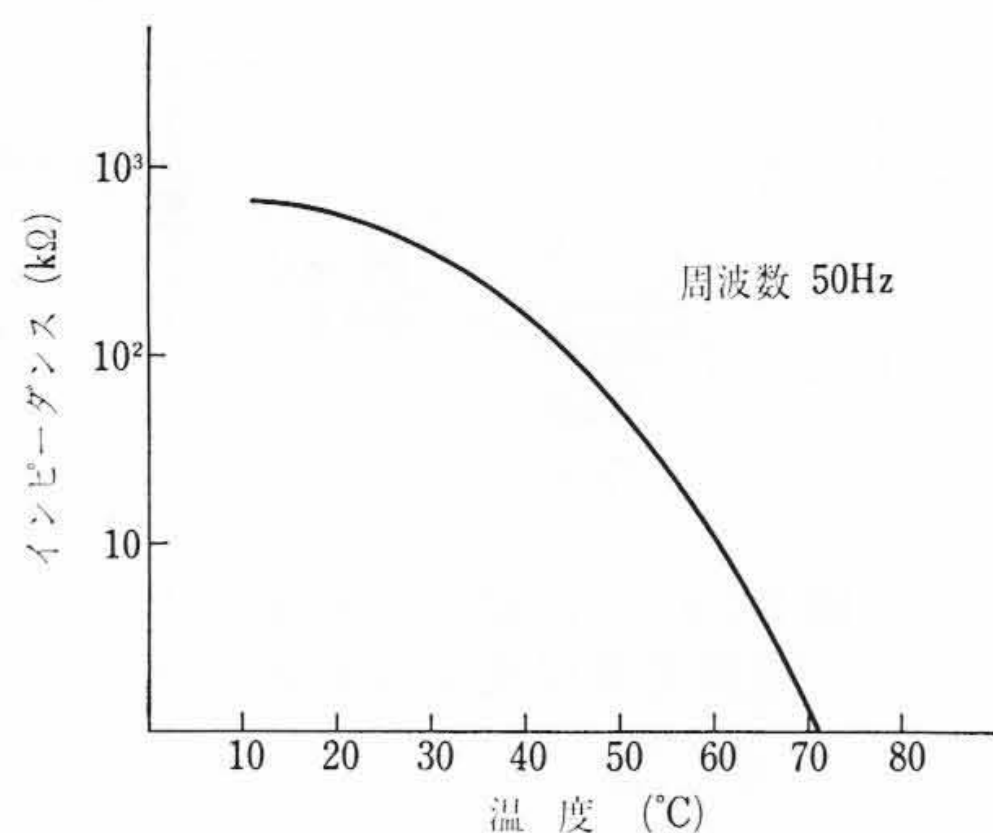


図5 有機感熱体のインピーダンス特性

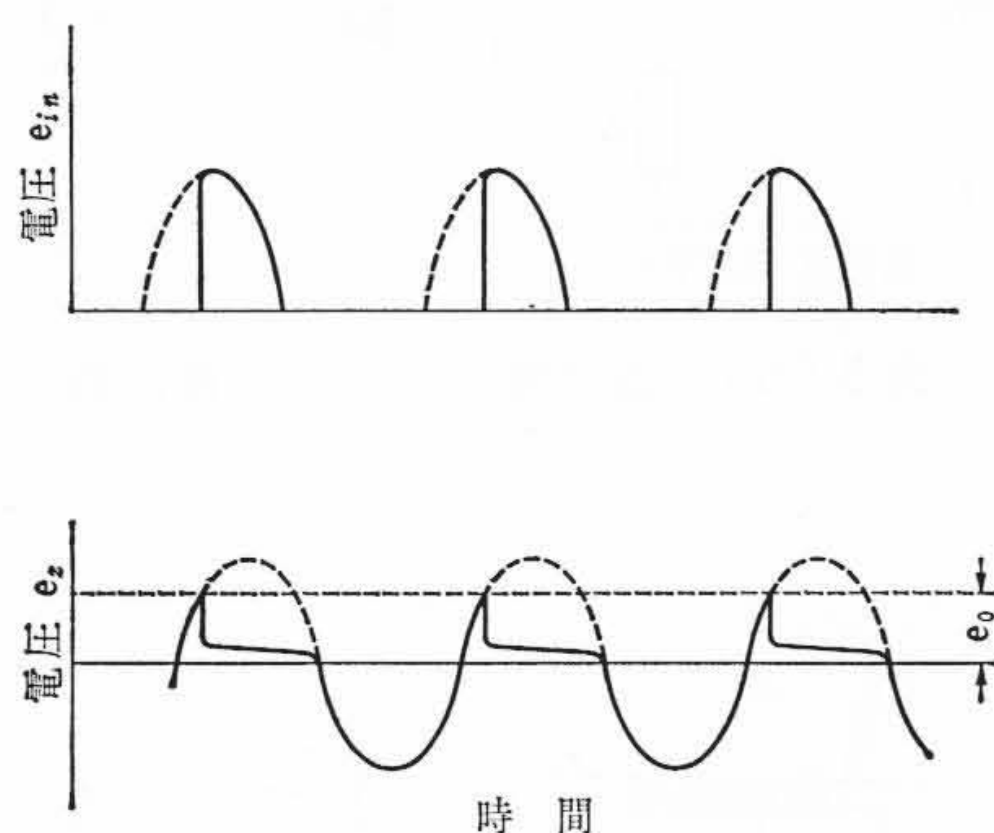


図6 点弧電圧と点弧位相の関係

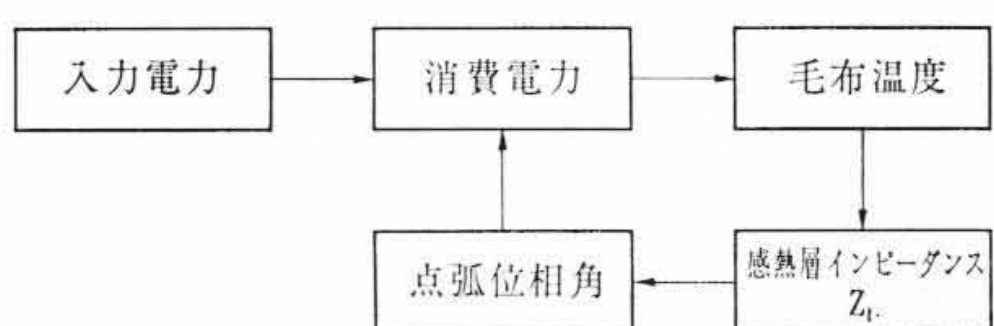


図7 制御系ループ

ス特性の一例を示したものである。感熱発熱線の電気毛布1台分に組み込まれる長さは数十メートルであるが、発熱体と信号線間のインピーダンスは長さに対して並列接続として存在する。したがって、これを等価的に書き表わした図3(b)について考える。

いま図3(b)に交流正弦波電源を接続すると、インピーダンス Z_t と抵抗 r による分圧 e_z が生ずる。この e_z は Z_t の容量性リアクタンス分によって電源電圧の位相に対して一定の位相の遅れを生ずる。 e_z の瞬時値は交流電源の電圧上昇とともに位相の遅れをもって上昇し放電管の放電電圧 e_0 に達すると放電管は放電を開始し電流は放電管およびダイオードを通してサイリスタのゲートに流れこむ。この瞬間サイリスタは点弧状態となり発熱体に電流が流れる。この回路および動作は一般的なサイリスタを用いた位相制御回路と同等のものでありきわめて単純化されている。インピーダンス Z_t が低くなるほど電源電圧に対する e_z の位相が遅れ、サイリスタの点弧位相は電源の各サイクルについて遅れるため発熱線に流れる電流は減少する。また逆に Z_t が高くなると、逆の現象となって発熱線への電流は増加する。図6はこの関係を図示したものである。この電流制御動作を毛布温度について説明すると、毛布がある温度に達したとき、それ以上に温度が上昇しようとする感熱層の温度も上昇してインピーダンス Z_t は低下する。そのためサイリスタの点弧位相が遅れ発熱線の消費電力も減少するので毛布温度は降下する。毛布温度が低下しようとするとき今度は Z_t も増大して毛布温度は上昇しようとする。このような繰返し動作が平衡となった状態で毛布は一定の温度を維持する。

4.3 動作解析

動作温度が一定値に維持される過程については、図7に示す制御

系ループによって理論的に解析される。

そこでまず消費電力、毛布温度、インピーダンス Z_t 、点弧位相角、からなる制御ループの各ブロック間の関係について解析する。

4.3.1 消費電力に対する毛布温度の関係

電気毛布にある電力量 P ワットを連続供給したとき、電力量と安定後の毛布温度との関係は次式によって近似的に表わされる。毛布温度は毛布全面についての平均温度である。

$$t = \alpha P + T \quad (1)$$

ここに、 t : 毛布温度 ($^{\circ}\text{C}$)

α : 消費電力に対する温度上昇係数 ($\text{W}/^{\circ}\text{C}$)

P : 消費電力 (W)

T : 室温 ($^{\circ}\text{C}$)

α は毛布からの放熱状態 (かけぶとんの種類や厚さなど) の変化によって異なった値を取り、 α によって(1)式のこう配が決まる。

4.3.2 毛布温度と感熱特性の関係

毛布温度と感熱層のインピーダンス Z_t との関係は、図5に示すようになる。ある一定の温度における Z_t は特定の値しかとらないので、両者には次の関係が成立する。

いま、計算の便宜上インピーダンス Z_t をアドミッタンス Y_t とおきかえて複素数表示で表わすと次のように示される。

$$Y_t = \frac{1}{Z_t} = G_t + jB_t \quad (2)$$

ここに、 Y_t : 感熱層の合成アドミッタンス (U)

G_t : 感熱層の等価コンダクタンス (U)

jB_t : 感熱層の等価サセプタンス (U)

すなわち、 Y_t は G_t と jB_t の並列回路として考えることができる。また、 G_t 、 B_t は毛布温度 t の関数であるから、

$$G_t = G(t) \quad (3)$$

$$B_t = B(t) \quad (4)$$

とする。

次に、発熱線の全長を1としたとき、そのうちのある長さだけほかの部分と温度が異なるとき、その部分の温度を t' とすると G_t 、 B_t および t' は次式で表わされる。

$$G_t = G(t) + l \{ G(t') - G(t) \} \quad (5)$$

$$B_t = B(t) + l \{ B(t') - B(t) \} \quad (6)$$

ここに、 l : 発熱線の異常温度部分の長さの全長との比

t' : 発熱線の異常温度部分の温度 ($^{\circ}\text{C}$)

t : 発熱線の平常温度部分の温度 ($^{\circ}\text{C}$)

また、長さ l の部分についても(1)式と同様の関係が成立するから、次の式となる。

$$t' = \alpha' P + T \quad (7)$$

ここに、 α' : 異常温度部分の消費電力に対する温度上昇係数 ($^{\circ}\text{C}/\text{W}$)

したがって、 t と t' の関係は次式のようになる。

$$t' = \frac{\alpha'}{\alpha} t + T \left(1 - \frac{\alpha'}{\alpha} \right) \quad (8)$$

すなわち、 t' は t の関数として表わされる。

4.3.3 感熱特性に対する点弧位相角の関係

感熱層のアドミッタンス Y_t とサイリスタの点弧位相角との関係式は次のようにして導かれる。

図3(b)において、入力に、

$$e_{in} = E_m \sin \omega \theta \quad (9)$$

なる正弦波電圧を加えると Y_t の両端に表われる電圧 e_z は次式で示される。

$$e_z = \frac{E_m}{\sqrt{(1+G_t r)^2 + (B_t r)^2}} \sin(\omega \theta - \phi) \quad (10)$$

表1 目標性能一覧

項	目	目標値	条件
平常状態	保証温度 (°C)	65	室温20°C, 温度調節最高かけぶとん厚 5cm
	(1) 室温変化に対する毛布温度の変動幅 (deg)	±2 以内	かけぶとん 5cm 厚のものを併用
	(2) かけぶとんの厚さの変化に対する毛布温度の変動幅 (deg)	±2 以内	室温 10°C
異常状態	六つ折り時の毛布温度 (°C)	100 以下	室温 20°C 中 $r=70\text{ k}\Omega$
	部分折り込み(A)の毛布温度 (°C)	80 以下	室温 20°C 中 $r=70\text{ k}\Omega$
	部分折り込み(B)の毛布温度 (°C)	80 以下	室温 20°C 中 $r=70\text{ k}\Omega$

ここに, $\phi: \tan^{-1}\left(\frac{B_i r}{r G_t + 1}\right)$ (ラジアン) (11)

E_m : 電源電圧の最大値 (V)

ω : 電源電圧の角周波数 (ラジアン毎秒)

θ : 時間 (秒)

放電管の放電電圧を e_0 とする,

$$e_z = e_0 \quad \text{..... (12)}$$

となった瞬間に放電管の放電が開始されサイリスタが点弧する。このときの e_z の位相が点弧位相である。したがって, 点弧位相角 a は次式で表わされる。

$$a = \frac{1}{2\pi} \left\{ \sin^{-1} \left(\frac{e_0}{E_m} \sqrt{(1 + G_t r)^2 + (B_i r)^2} \right) + \tan^{-1} \left(\frac{B_i r}{G_t r + 1} \right) \right\} \quad \text{..... (13)}$$

ここに, a : サイリスタの点弧位相角 (ラジアン)

e_0 : 放電管の放電電圧 (V)

4.3.4 点弧位相角と消費電力の関係

発熱体の抵抗 R_H に点弧位相角 a で制御された半波の電圧,

$$e_{in} = E_m \sin \omega \theta$$

が加えられたとき R_H の消費電力 P は次式で示される。

$$P = \frac{E_m^2}{2R_H} \left\{ \frac{1}{4\pi} \sin 4\pi a - a + \frac{1}{2} \right\} \quad \text{..... (14)}$$

ここに, R_H : 発熱体の抵抗値 (Ω)

$$a: 0 \leq a \leq \frac{1}{2} \text{ の実数値}$$

以上の計算式の内(1), (3), (4), (8), (13), (14)式の連立方程式を解くことによって, 温度制御回路の諸特性を算出することができる。

4.4 目標性能と周囲条件

電気毛布を使用する際の周囲条件と主要性能の目標値を次のように設定した。

4.4.1 周囲条件

(1) 併用するかけぶとん

わが国での電気毛布の使用状態を調査した結果によると, 使用者の90%以上が綿ぶとんの厚さ3cm~7cmの保温性に相当するかけぶとんが, 電気毛布の上にかけて併用されている。また, 敷きぶとんは綿ぶとんの厚さ5cm以上の保温性を有する敷物が用いられている。

したがって, この条件を一般的なものとして設定した。

(2) 室内温度

電気毛布を必要とする室内温度は, 通常20°C以下であり, 5~15°Cの間で使用される場合が最も多い。したがって, これを標準の室内温度の範囲とした。

4.4.2 目標値

主要性能の目標値を示したのが表1である。

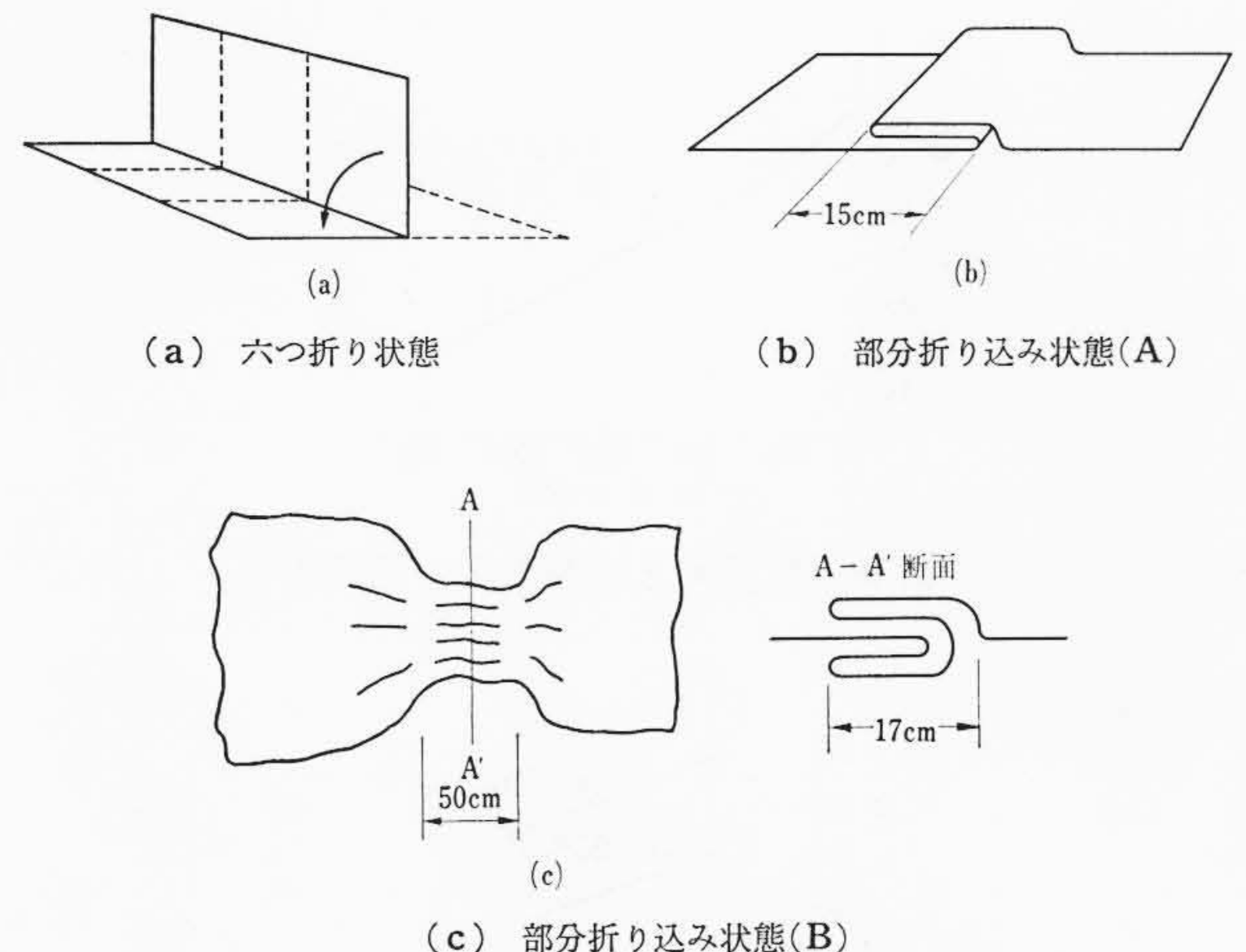


図8 折りの状態

(1) 平常状態

平常状態とは, 電気毛布が折り畳まれたり, 折り重なったりしないで, 一様に広げて使用される普通の状態をいう。

(a) 保証温度

電気毛布を室温20°C中において, 厚さ5cmの綿ぶとんで上・下をおおって, 温度調節を最高温度になるようにセットして通電したときの, 毛布の最高温度が保証温度である。電気用品の技術上の基準を定める通商産業省令(以下技術基準という)では, 70°C以下と規定している。

(b) 適温維持能力

室温が15°Cから5°Cに変動したとき, およびかけぶとんの厚さが3~7cmに変わった場合に, 毛布温度がどう変化するかを調べることによって適温を維持する能力を判断することができる。実用試験の結果によると上記の周囲条件において, 毛布温度の変化が±2°C以内であれば, 快適さは保たれる。

(2) 異常状態

電気毛布は睡眠中に使用されるため, 寝返りなどによって部分的に折り込まれるような状態が起こり得る。また取扱上禁止されてはいるが誤って折り畳まれて通電される状態も想定する必要がある。このように毛布をいっばいに広げないで通電される状態を異常使用状態という。折り込まれ, 折り畳まれている部分は, ほかの平らな部分よりも単位面積内の発熱量が大となって, 温度が高くなるので, このような場合でも安全な温度であるように目標値を設定する必要がある。

(a) 六つ折り状態

六つ折り状態とは, 図8(a)に示すように毛布が6枚重ねになるように折り畳み, 厚さ5cm綿ぶとんで上・下をおおって通電する状態をいう(この状態で使用することは禁止されている)。技術基準はこの状態での発熱線の最高温度を150°C以下に規定して焼損などが発生しないように安全基準を定めている。われわれはこの状態での最高温度を100°C以下にして安全性をじゅうぶんに確保することにした。

(b) 部分折り込み状態(A)

この状態は, 図8(b)に示すように毛布の中央部で長さ45cmの部分で3枚重ねにした状態をいう。電気毛布の使用実態を調査した結果によると, 使用中にこれほど広い面積が折り込まれることはきわめて少ないが, 使用中に起こり得る状態として設定した。この状態での毛布の最高温度は80°C以下になるように目標値を定め安全性を図る。

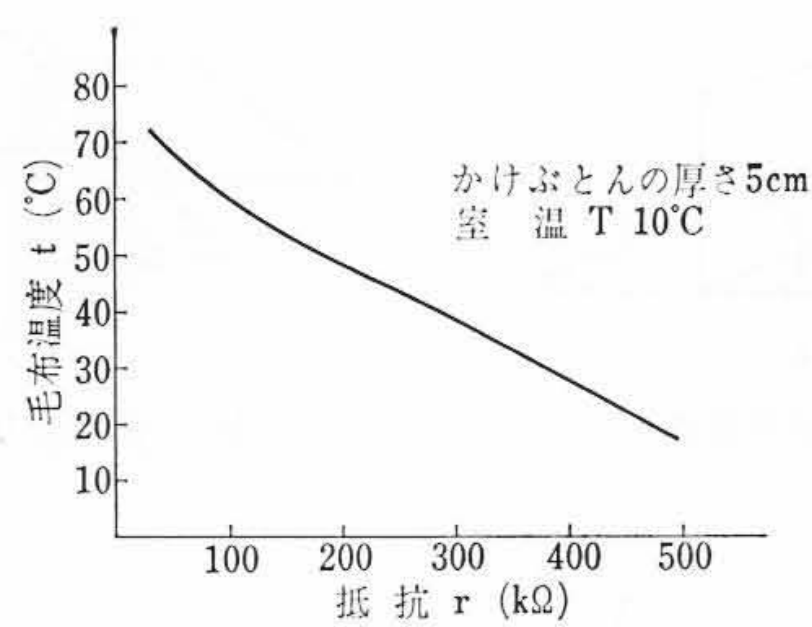


図 9 抵抗 r と毛布温度の関係

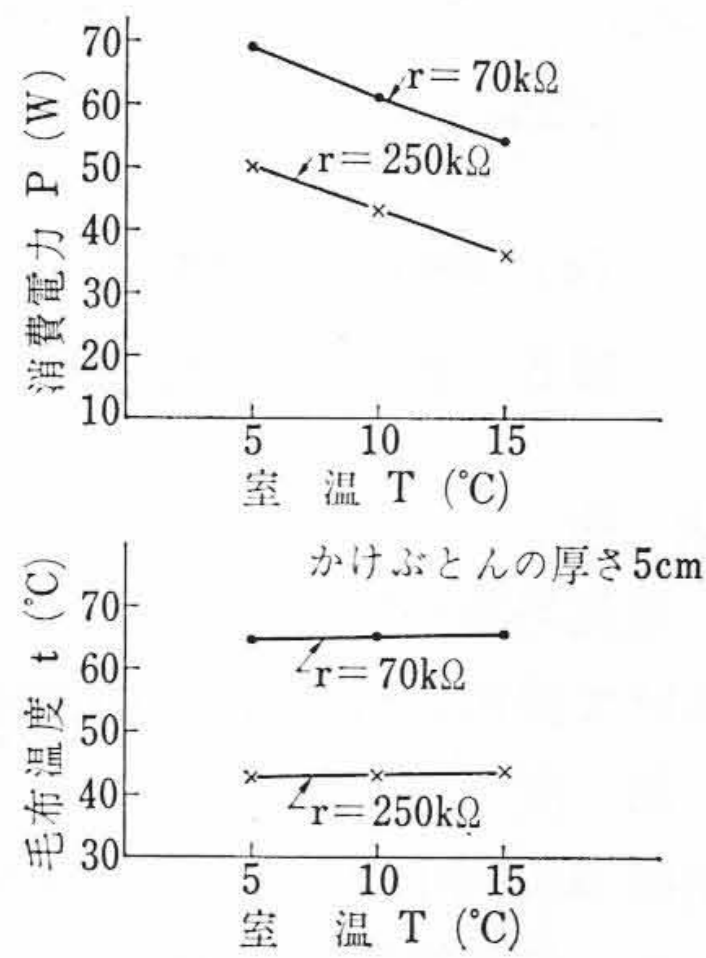


図 10 室温の変化に対する毛布温度の関係

(c) 部分折り込み状態(B)

使用中に部分的に折り込まれる状態のうちで、毛布温度が最も高くなるように作り出すことができる限界の状態を図 8 (c) のように設定した。この場合も 80℃ 以下の温度になるようにして安全性を確保する。

4.5 計算結果

前項の周囲条件を与えて目標値を満足するように理論計算した結果を次に示す。最適結果を得るための種々の仮定や計算の過程は省略する。

(1) 抵抗 r と毛布温度の関係

図 9 は抵抗 r の変化に対する毛布温度の関係を示したものである。 r を 70kΩ にすれば、保証温度の目標値を満足する。 r を 70~470kΩ の間で可変すれば毛布温度を 20~65℃ までの間で調節できる。

(2) 室温と毛布温度との関係

室温 T の変化に対する毛布温度 t の関係は図 10 に示すように、 $r=70k\Omega$ のとき、室温の 10 deg の変化に対して毛布温度の変化は 1.5 deg 以下である。

(3) かけぶとんの厚さと毛布温度の関係

かけぶとんの厚さを変えた場合の毛布温度との関係を示したのが図 11 である。かけぶとんの厚さを 3~7 cm の範囲で変化させても毛布温度の変化は 1.7 deg 以下であり目標値を満足する。通常睡眠中にふとんの厚さを変える場合は少ないが、使用者によってふとんの厚さも異なるので、均一な保証温度が得られるためには、ふとんの厚さによって毛布温度が変わらないことが望ましい。

(4) 折り重ね部分に含まれる発熱線の長さと毛布温度

毛布の折り重ね部分に含まれる発熱線の長さが短く、面積内の発熱量が多いほどその部分の温度は上昇する傾向となるが、六つ折り状態では、発熱線の全長が折り重ね部分に含まれ、異常状態 (A) および (B) では約 10 m が含まれる。図 12 は異常状態の中に含まれる発熱線長に対する毛布温度の関係を計算したものであ

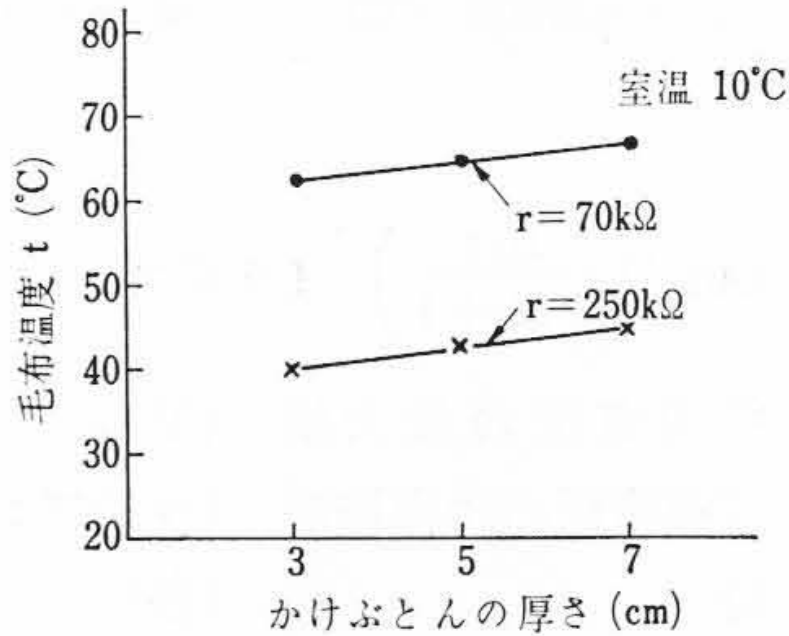
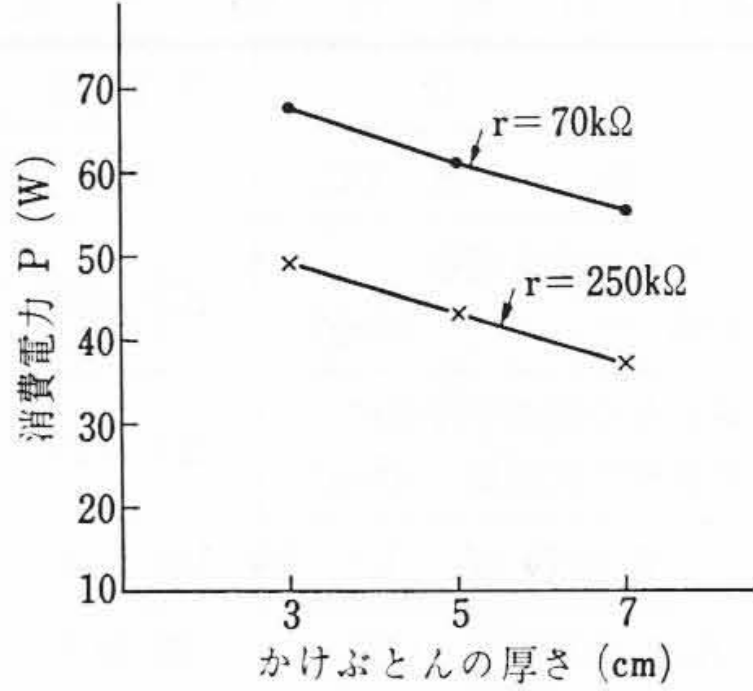


図 11 かけぶとんの厚さと毛布温度の関係

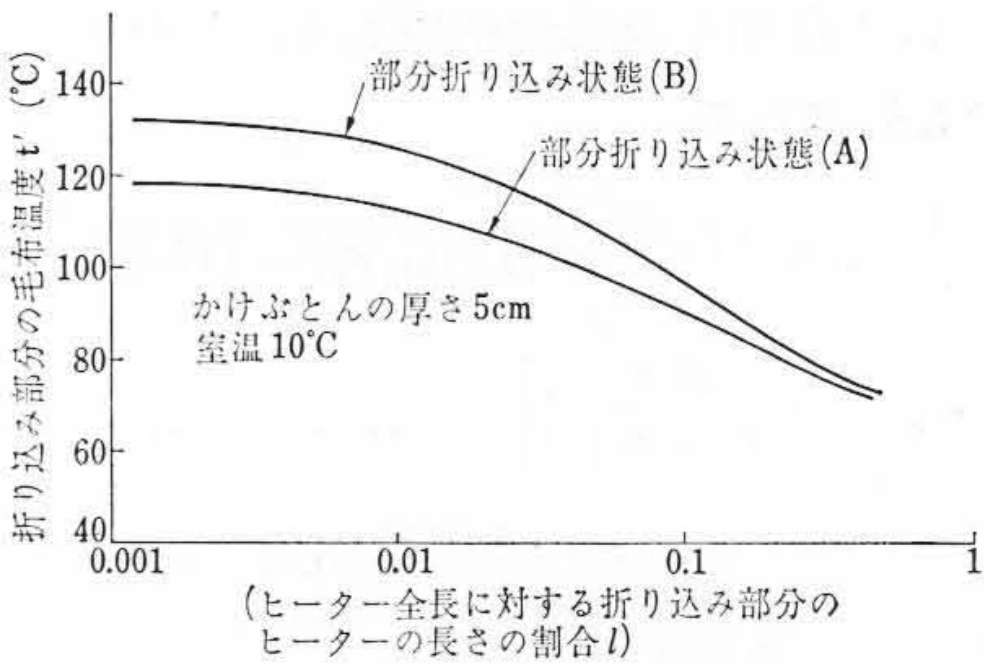


図 12 異状部分の発熱線の長さと毛布温度の関係

表 2 仕 様 一 覧				
項 目		仕 様		
定 格	電 消 費 電 圧	100 V	50, 60 Hz	
		120 W	室温 20℃ 中	
保 証 温 度 調 節 範 囲	保 温 度	65℃	室温 20℃ 中	
		20℃~65℃	室温 20℃ 中	
毛 布 部	寸 材	たて 190 cm×よこ 135 cm		
	毛 布 地 の 洗 濯	レーヨン 100% 毛布地のみ可能(発熱部の取りはずし可)		
発 熱 線	方 長	感 熱 発 熱 線		
	防 水 性	30 m 防 水 形		
温 検 知 度 部	構 長 材	発 熱 体 と 一 体 化 し た 構 造		
		30 m 耐 熱 形 有 機 感 熱 体		
コ ン ト ロ ー ラ 部	電 流 制 御 素 子	プ レ ナ ー 形 高 感 度 サ イ リ ス タ		
	ス イ ッ チ 雑 音 防 止 器	電 源 ス イ ッ チ 付		
	電 流 ヒ ュ ー ズ	L C 形 フ ィ ル タ		
	コ ー ド	高 速 断 形 電 流 ヒ ュ ー ズ		
製 品 重 量		3.2 kg		

る。この図 12 からわかるように各異常状態の毛布温度は目標値を満足している。また発熱線長が数 cm で局部加熱しても 150℃ 以下になることが計算される。

以上の主要性能に関する計算結果より次に述べる仕様を決定した。

5. 仕 様

表 2 は毛布内部温度検知方式電気毛布 YB-140SW 形の仕様を示

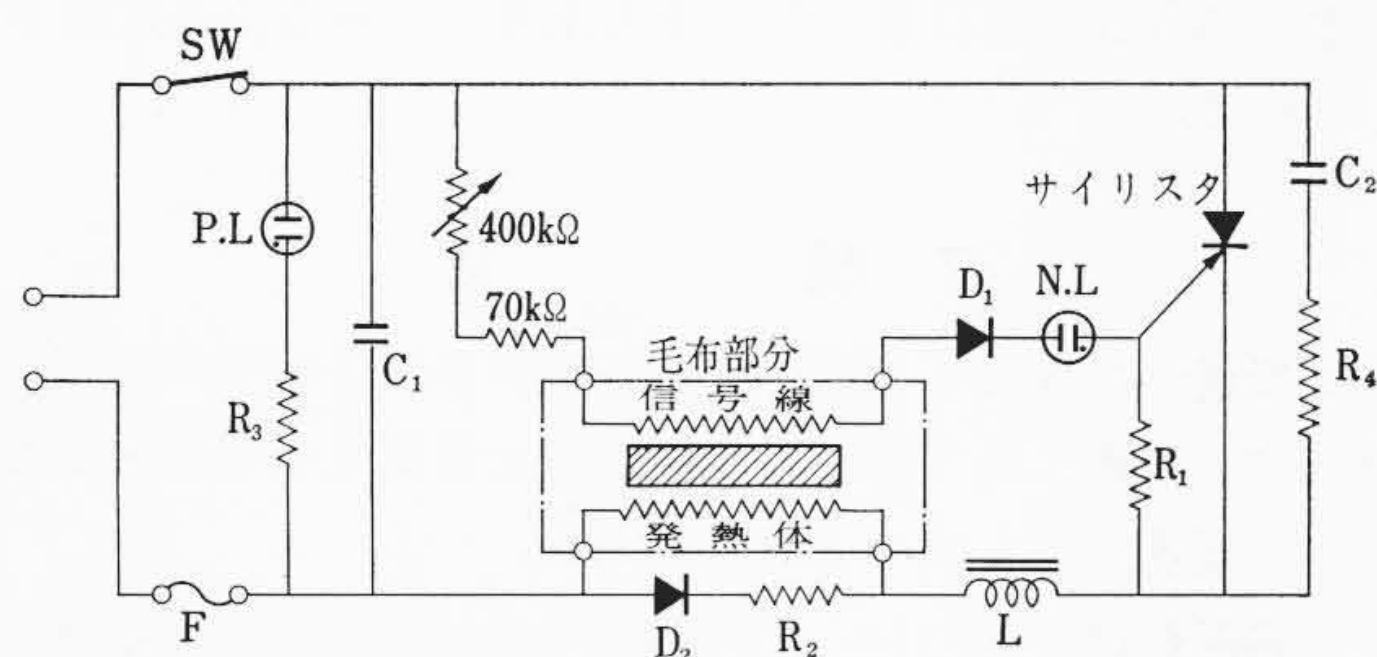


図13 完成された電気回路図

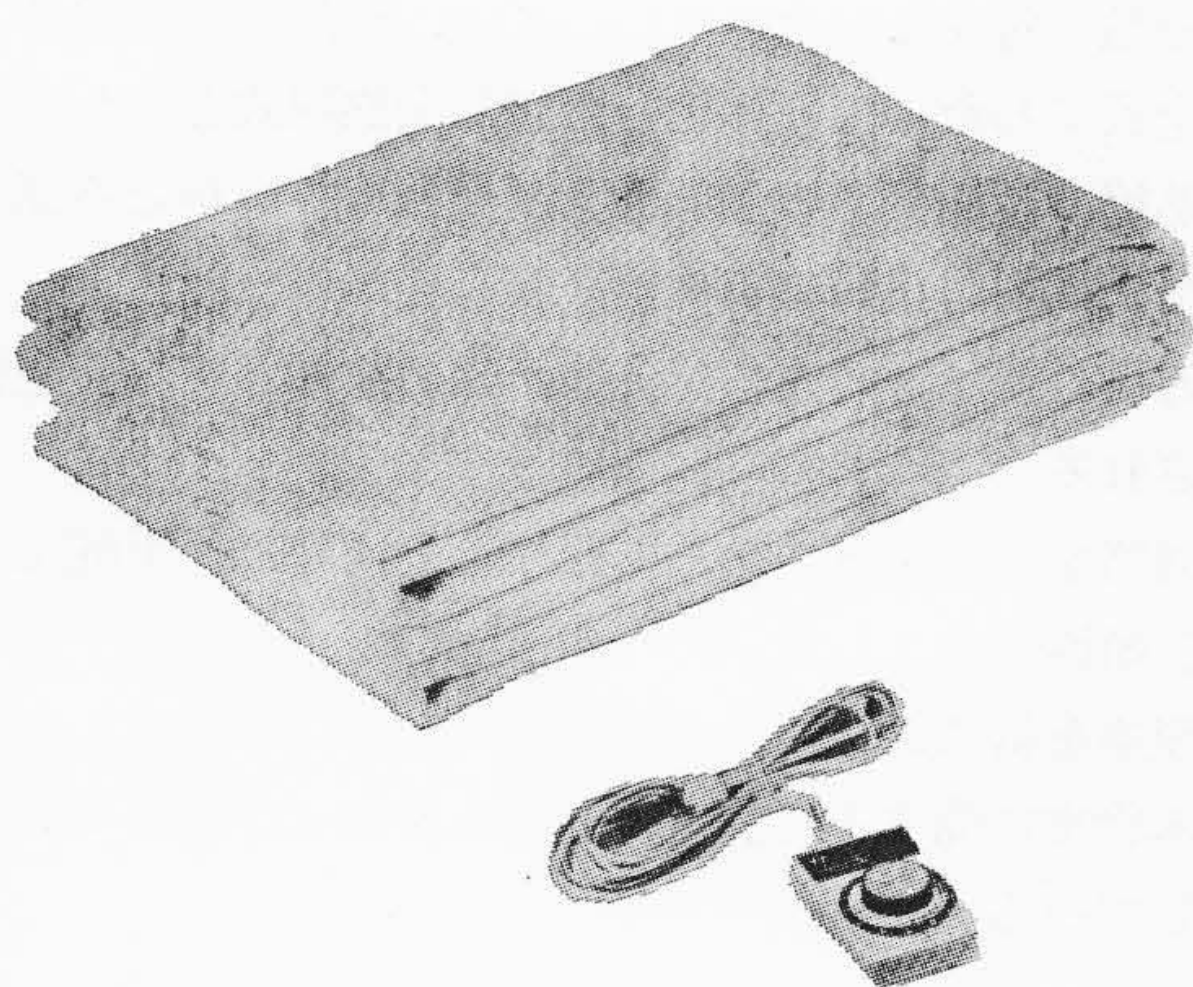


図14 YB-140SW形

したものである。図13は完成された電気回路図である。

(1) 温度制御回路

適温の調節は、図3(a)の r を二つに分割して70kΩの固定抵抗と400kΩのポリウムを直列接続にし、ポリウムを可変することによって希望の温度に調節する。サイリスタには、信頼性の高いハイブリッドプレーナ形高感度サイリスタを用いた。放電管としては、信頼性の高い、経済的な棒電極形のネオン放電管を選んだ。

(2) 感熱発熱線

電気毛布においては過熱に対する安全性を最優先して考慮しなければならない。したがって、感熱部は発熱体と一体構造にして、毛布全面の平均温度を検知するとともに、発熱線全長のあらゆる部分の過熱を確実に検知して安全を確保できるものとした。感熱発熱線は感熱体と発熱体が一体となっているので原理的にも、従来のいかなる方式よりも安全性がすぐれている。

感熱体としては120℃中で連続使用が可能な耐熱性の高い有機感熱材を開発した。また感熱発熱線は柔軟性にすぐれており、100℃で3,000時間連続加熱後においても柔軟性を失わず80℃以下の温度中では50,000時間以上の寿命が保証される。

(3) サージ保護回路

電源スイッチ投入時に発生するサージ電圧からサイリスタを保護する目的で、サイリスタと並列にCRアブソーバ回路を設けた。CRの値はサイリスタの種類によって異なるが、ここでは

$$\frac{dV}{dt} \leq 10 \text{ V}/\mu\text{s} \quad \dots\dots\dots (15)$$

ここに、 V : サイリスタのアノードにかかる電圧 (V)

t : 時間 (s)

の条件を満足する必要がある。

(4) フェールセーフ

電気毛布は睡眠中の無意識状態で使用される場合が多いので、万一サイリスタが短絡故障した場合でも安全性は確保されねばならない。図13の回路では、万一サイリスタが短絡故障を起こし

表3 主要性能試験結果

No.	項 目	測 定 値	摘 要
1	保 証 温 度 (℃)	65	$r=70 \text{ k}\Omega$
2	室温の変化に対する毛布温度の変動幅 (deg)	1.5	$r=70 \text{ k}\Omega$
3	かけぶとんの厚さの変化に対する毛布温度の変動幅 (deg)	1.8	$r=70 \text{ k}\Omega$
4	六つ折り時の毛布温度 (℃)	74	$r=70 \text{ k}\Omega$
5	部分折り込み(A)の毛布温度 (℃)	76	$r=70 \text{ k}\Omega$
6	部分折り込み(B)の毛布温度 (℃)	78	$r=250 \text{ k}\Omega$ では58℃
7	局 部 過 熱	サイリスタは導通せず安全	発熱線長約1cmを加熱
8	耐 湿	感電のおそれは全くない	食塩水(水1lに食塩2g)中で10時間通電

て、温度制御で不能になった場合の安全策を講じている。サイリスタが短絡した場合には、サイリスタと逆方向に接続されたダイオード D_2 、抵抗 R を通して、サイリスタの逆方向に大電流が流れ、超速断形電流ヒューズ F が数十ミリ秒間に溶断して、発熱線電流を断つので、安全である。また感熱層がなんらかの原因で短絡状態になった場合、および発熱線、信号線の断線の場合にはサイリスタは導通せず安全は確保される。

(5) 雑音防止対策

サイリスタ回路から発生するラジオなどへの雑音を防止するためにLCを用いた雑音低減用高域阻止フィルタ回路を設けている。

6. 性 能 試 験

6.1 平常温度試験 —快適性能—

(1) 保 証 温 度

保証温度の測定結果は表3に示すように目標値を満足している。保証温度のばらつきを調べるために、回路部品のばらつきを保証温度の最高、最低値にそれぞれなるように組み合わせて測定したが、目標値に対して $\pm 2^\circ\text{C}$ 以内に納まっており、これは従来の室温検知方式に比較して1/2以下のばらつき幅である。このように均一な保証温度が得られることは量産化に適していると同時に当りはずれのない製品を提供することができる。

(2) 適温維持性能

(a) 室温が変化した場合の毛布温度

室温が15~5℃の場合に毛布温度を測定した結果、表3に示すように、室温10度の変化に対して毛布温度は1.5度変化しているにすぎない。これは従来の室温検知方式のものに比較して約1/2の変動幅であり、室温の影響を受けにくくし、快適性を一段と向上したことになる。

(b) ふとんの厚さを変えた場合の毛布温度

電気毛布にかけるふとんの厚さが3~7cmの範囲で、室温10℃中で測定した毛布温度の変化は2度以内であり目標値を満足している。これは従来の室温検知式の同条件での毛布温度変化幅の1/3以下である。

6.2 異状温度試験 —安全性能—

(1) 六つ折り状態

表3の試験結果に示すように計算結果とほぼ一致しており、目標値をじゅうぶんに満足した安全性能が得られている。

(2) 部分折り込み状態(A)および(B)

測定結果は表3に示すとおりであるが、これは電気毛布に通電開始してから約4時間目の毛布温度がほぼ最高温度に達して安定した後に測定した値である。状態(A)(B)ともに目標値を満足し

安全性はじゅうぶんに確保されている。また通常睡眠時には $r=200\sim 250\text{ k}\Omega$ が使用範囲であり、この場合の状態(A),(B)の最高温度は 60°C 以下になるのでさらに安全であるといえる。

(3) 局 部 加 熱

なんらかの原因によって、外部から発熱線のごく短い部分(約 1 cm)が高い温度(150°C 以上)で加熱された場合を仮定して、この場合の安全性を実験したが、サイリスタは導通せず毛布は過熱されることがなく安全性は確保された。

6.3 フェールセーフ

(1) 発熱体と信号線間の短絡

発熱線を針でさしたり、ほかの原因で発熱体と信号線が短絡した場合を想定した実験を行なったがサイリスタは導通せず全く安全であった。

(2) サイリスタのアノード・カソード間短絡

サイリスタはアノードとカソード間が短絡すると温度制御回路は不能となって、過電流が流れるが、短絡の瞬間から 50 ミリ秒 以下の時間で電流ヒューズが溶断して回路は完全に OFF となり、発熱線は過熱することなく、まったく安全であることが確認された。

6.4 耐 湿 試 験

発熱線を装着した毛布部を、水 1 l につき食塩 2 g の割合で溶解した常温の食塩水に 10 時間 以上浸漬したまま通電した場合に、電源

と食塩水間の漏れ電流は数 μA 以下であり、じゅうぶんな防水性能を有している。

7. 結 言

これまで述べてきたように、従来の室温検知方式電気毛布の問題点を解消するため、毛布内部温度検知方式電気毛布を開発したが、その結果を要約すると次のとおりである。

- (1) 適温維持性能において、室温やかけぶとんなどの外部条件が変動しても、適温が常に維持され快適性が従来方式よりも一段と向上した。
- (2) 過熱に対する安全性については、感熱部と発熱体とをその全長にわたって一体化した感熱発熱線式としたので、発熱線の微小長さの過熱および発熱線のいかなる部分の過熱でも過熱防止が確実に働き安全性が保たれる。
- (3) 万一、サイリスタや感熱層が短絡故障しても安全性は確保される。
- (4) 回路をソリッドステート化すると同時に、単純化したので信頼性が向上した。
- (5) 理論解析において、主要性能の計算式を確立した。
- (6) 本論文に関する特許は、国内 24 件および海外 6 個国に出願している。



特 許 の 紹 介



特許第526040号(特公昭43-5116号)

黒瀬 忠・加賀谷 隆一
岡田 浩

時 間 間 隔 測 定 装 置

この発明は電力の発送電設備あるいは産業用各種プラント設備に使用される保護継電器の動作順序とその時間差を測定し、シーケンスの進み方を知り、事故を解析し、再発を防止するための資料を得る装置である。

図面はこの発明の装置のブロック図で、 $C_1\sim C_n$ は第 n チャンネルの各被測定リレーのコンタクトであり、 S は上記コンタクトのオンオフ動作を電気信号にするための直流電源であり、 $PT_1\sim PT_n$ はコンタクト $G\sim C_n$ を介して与えられる電気・信号をパルス化するとともに電源 S と各チャンネル間を絶縁するためのパルストランスである。 $D_1\sim D_n$ はパルストランスにより作られたパルスを増幅するとともに、他のパルス回路を駆動するためのドライバ回路でコンタクトのチャタリングを保護する保護回路 $DL_1\sim DL_n$ を有する。 $F_1\sim F_n$ は双安定回路、 $L_1\sim L_n$ は上記双安定回路と同様な構成から成るロック回路、 $G_1\sim G_n$ は第 n チャンネル分のゲート回路、 T は基準パルス発振回路で計数回路 $K_1\sim K_n$ を駆動するトリガパルスを発振する。

この発明は以上のように構成され、その動作は、まずコンタクトがいずれも開のときには双安定回路 $F_1\sim F_n$ 、ロック回路 $L_1\sim L_n$ は一定の状態を保ち、ゲート回路 $G_1\sim G_n$ はすべて閉となっている。ここで C_1 がオンになると F_1 、 L_1 が反転し、ゲート G_2 以下はすべて開になるが G_1 のみは閉を続行する。一方基準パルス発振回路 T よりのトリガパルスは各ゲートに送られるが $G_1\sim G_n$ はあらかじめ閉にセットされているので、計数回路 $K_1\sim K_n$ は駆動されないが、 C_1 がオンになると G_1 を除き全部開になるので $K_2\sim K_n$ は C_1 がオンになった時点から計数しはじめる。次に C_2 がオンになると G_2 のみ閉を維持し K_2 にはトリガパルスが送られず、これまで計数していた K_2 のトリガパルス数を表示する。この表示された値が C_1 がオンになった時点との時間間隔である。さらに第3のチャンネルの C_3 が動作すれば G_3 は閉となり K_3 は C_1 がオンになった時点と C_3 がオンになった時点との時間間隔を計数することになる。

以上のようにいずれのチャンネルがいかなる順序で動作しようと

も各チャンネルは第1番目に動作したチャンネルの時点基準とし自己のチャンネルが動作するまでの時間間隔を測定計数することになる。したがって各計数回路の表示によって各チャンネルの動作した順序およびその時間間隔を正確に知ることができる。

この発明は保護継電器の動作順序およびその時間差を測定できることはもちろん、高速運動する物体の速度測定あるいは各種スポーツの着順およびそのタイム測定装置としてもじゅうぶん使用できるものである。(西宮)

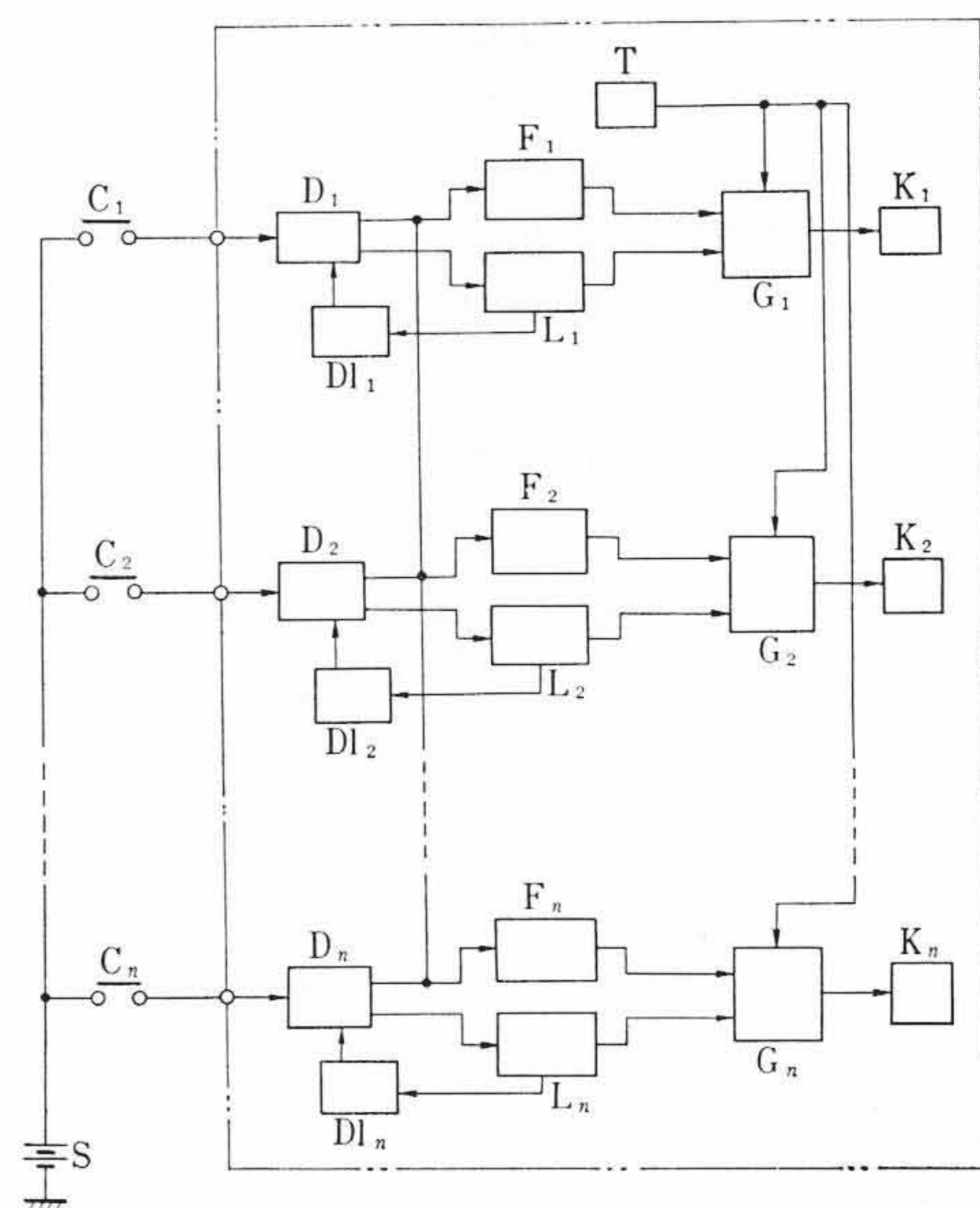


図 1