

多数共同加入電話の一方式 (その二)

— 通話の秘密保持に就いて —

大塚英次郎*

Improved Party Line Telephone System (Part 2)

— On the Private Communications Protected from Overhearing —

By Eijirō Otsuka

Totsuka Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

In spite of its economical advantage subscribers are averse to the utilization of the party line telephone system, because in this system the privacy is impossible over their telephone talk. Ordinarily, the relay system offers a useful means for the atonement for this shortcoming. But the telephone equipped with the relay turns out too expensive to be competent for general subscribers. What is worse, mechanical contact of the relay would go wrong frequently, which makes it necessary to attach some device for its prevention.

Recently, the subscriber telephone set using thermistor has made its appearance to make a very favourable comparison with the above type. This, featuring simple construction and lower initial cost, shows excellent characteristics in keeping the privacy in communications.

In this article, the characteristics of indirect and double bead type thermistors for privacy-protected communication, their circuits and practical method of installing of the thermistor are introduced.

〔I〕 緒 言

最近我国に於ては、電話設置の希望者が増大するにも拘わらず、経済的理由により局装置及び線路設備はそれに伴わない現状なので、その対策として多数共同加入電話が特に要望され、一般に広く普及しつつある。しかし多数共同加入電話は、電話施設費の大きな部分を占める線路費用を節約して安価に電話を開通させるという長所を持つ反面、又幾多の欠点を有するのである。その欠点の中で一般加入者に最も嫌われる点は、通話の必要条件である秘密性が確保出来ない事である。これは各加入者電話機が並列に接続されるから当然の事であり、この防止法として継電器を用いる方法があるが、これは故障が多く且つ高価につく上に電話機以外に附属装置が必要

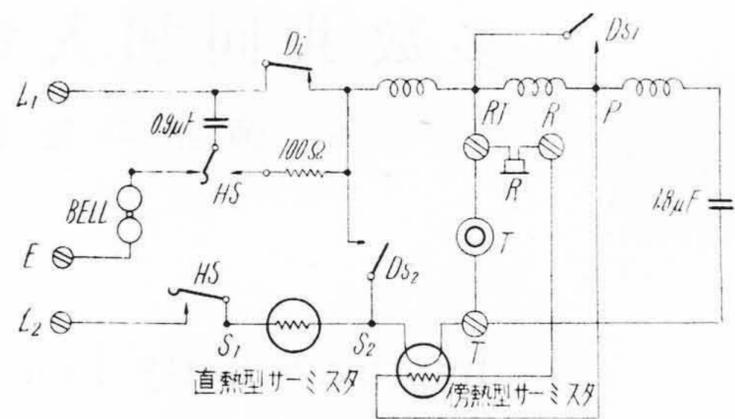
* 日立製作所戸塚工場

であり一般加入者向きではない。これに対して一般加入者用の共同加入電話機として、極めて簡単で且つ安価なサーミスタを用いた割込防止用電話機がある。これに就いては、先に本誌⁽¹⁾に「多数共同加入電話の一方式」と題して紹介されたが、本論ではその具体的な回路及び実験結果に就いて報告する。

〔II〕 サーミスタを用いた割込防止用電話機回路

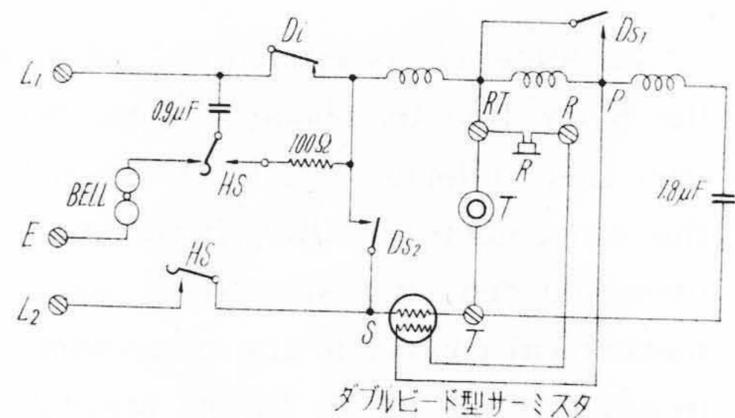
秘密保持の原理は極めて簡単なもので、サーミスタビードの電流—電圧特性の非直線性を利用したものである。サーミスタビードの電流—電圧特性は第7図及び第8図(第42頁参照)に示すように動作限界電圧 V_{max} を有し、 V_{max} 以下の電圧を印加してもサーミスタビードは依然として高抵抗を維持する。若し V_{max} 以上の

電圧を印加すれば、サーミスタビードの抵抗は急速に減少し、50mA 程度以上の電流では極めて低い抵抗値を示す。一方加入者電話機の端子電圧は、送受器を上げない時は局交換機の電圧 V_T に殆ど等しいが、一旦送受器を上げれば電話機の端子電圧は分圧されて V_S になる。従つて $V_T > V_{max} > V_S$ なるサーミスタを電話機に直列に挿入すれば、共同加入電話の場合割込防止が出来るのである。A形自動局では V_T を 45V、 V_S を 15V 程度として、サーミスタの特性を決定すればよい。以上のように原理的には割込防止用電話機は、その送話回路に高い固有抵抗値を有し、且つ前述の V_{max} を持つサーミスタを直列に挿入すれば十分である。しかし実験の結果、送話回路に直列に挿入するサーミスタ1箇だけでは実用にならない事が分つた。即ち完全な秘密通話を行うためには、少くとも $800k\Omega$ 以上の固有抵抗値を有するサーミスタが必要となるが、このような高抵抗のサーミスタでは、後述のように動作時間が数秒以上となり又長寿命は望まれない。従つて実用的な回路として割込防止の特性を送話回路のサーミスタビードに持たせ、更に通話の減衰は受話回路のサーミスタビードによつて増大せしめる回路が考えられる。第1図、第2図及び第3図に実際の回路図を示す。この回路では、送話回路のサーミスタビードの固有抵抗値は $80k\Omega \sim 180k\Omega$ 程度でよく、又受話回路のサーミスタビードの固有抵抗値は $10k\Omega$ 以上で十分となり、動作時間を 1sec 以下に抑える事が出来る。第1図は直熱型及び傍熱型サーミスタ2箇を使用した回路、第2図はダブルビード型サーミスタ1箇、第3図は3端子サーミスタ1箇を使用した回路である。第1図は直熱型サーミスタに割込防止の特性を持たせ傍熱型サーミスタにより更に受話減衰量を増大せしめている。また通話時は加熱線条を流れる送話回路の直流により傍熱型サーミスタのビードを加熱し抵抗を減少せしめる。しかし傍熱型はかなりの熱的慣性を持つているので多少の時間的遅延は免れない。第2図は第1図の加熱線条の代りに送話回路のビードにより直接受話回路のビードを加熱するもので、2箇のビードを電氣的に絶縁して1箇の粒状に密着せしめたものである。従つて受話回路のビードの温度は常に送話回路のビードの温度と同程度に加熱され、傍熱型のように時間的遅延は殆どない。第3図は1つのサーミスタビードから3本の導線を出したもので、ダブルビード型より更に動作時間が短く、且つ通話の時は3端子が短絡状態になつて普通の電話機回路となり通話には何等妨害を与えない。又第2図及び第3図の回路ではサーミスタが1箇で足りる長所を持つている。但し3端子型サーミスタは実際の取付の場合、送受器コードは3心であるから配線上困難である。



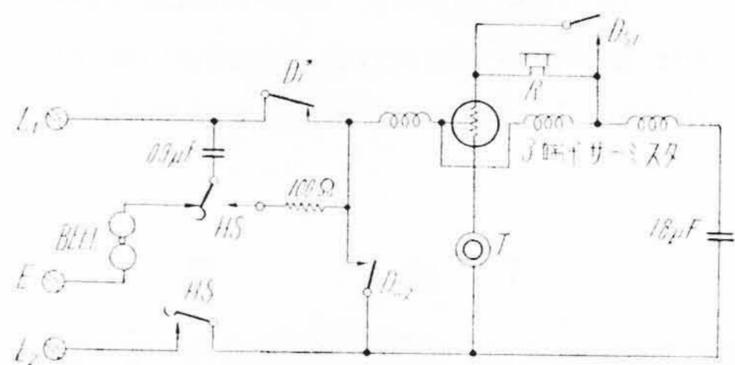
第1図 直熱及び傍熱型サーミスタ付電話機回路図

Fig. 1. Circuit of Subscriber Telephone Set with Directly and Indirectly-Heated Type Thermistor



第2図 ダブルビード型サーミスタ付電話機回路図

Fig. 2. Circuit of Subscriber Telephone Set with Double Bead Type Thermistor

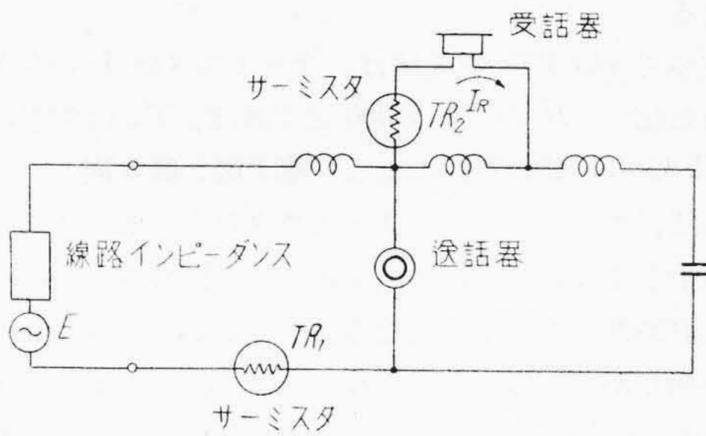


第3図 3端子型サーミスタ付電話機回路図

Fig. 3. Circuit of Subscriber Telephone Set with 3-Terminal Thermistor

〔III〕 受話減衰量

通話の損失即ち秘密性の定量的な規準として、受話減衰量をとつた。第4図はサーミスタを挿入した電話機の音声周波に於ける等価回路を示す。TR₁、TR₂ は送話及び受話回路に挿入されるサーミスタビードの抵抗値を表わす。第4図でサーミスタ付電話機の受話減衰量 b_R は次式で与えられる。

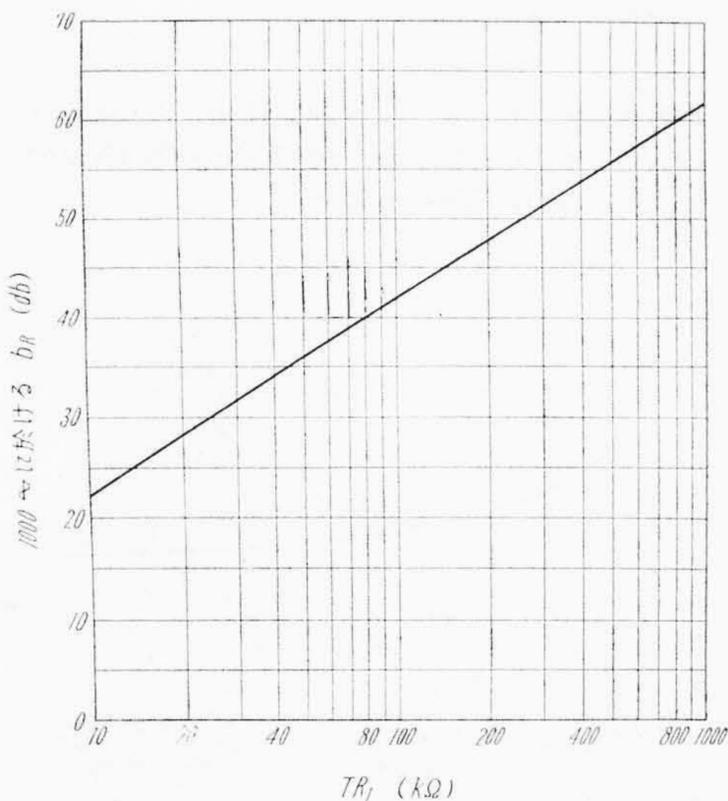


第4図 サーマスタ付電話機等価回路図
Fig. 4. Equivalent Circuit of Subscriber Telephone Set with Thermistor

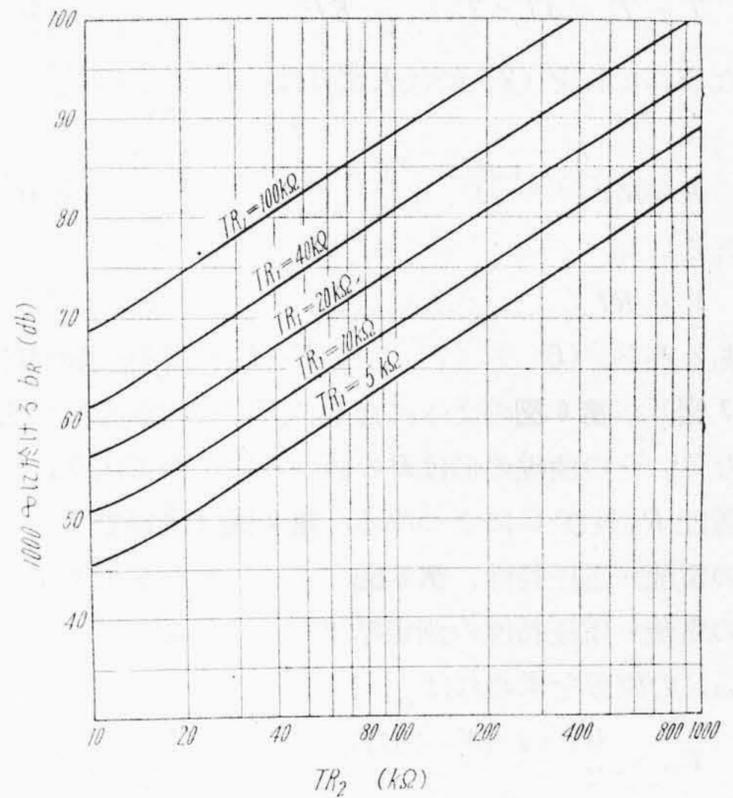
$$b_R = 10 \log_{10} \frac{E^2}{4 \cdot Z_L \cdot Z_R \cdot I_R^2} \text{ db} \dots\dots (1)$$

- 但し Z_L : 線路インピーダンス
- Z_R : 受話器インピーダンス
- I_R : 受話器に流れる音声電流
- E : 音声電源

第5図は $b_R - TR_1, TR_2=0$, 第6図は $b_R - TR_1, TR_2$ の特性を示す。即ち第5図は直熱型サーミスタ1箇を使用した回路に、第6図は第1図、第2図及び第3図に示した回路に相当する受話減衰量を与える。但し $TR_1 = TR_2 = 0$ の時、即ちサーミスタを挿入しない時の電話機の受話減衰量は 1.5db である。秘密通話としては $b_R = 60 \text{ db}$ 以上にとれば実験の結果実用上差支えないから、第5図に於て $b_R = 60 \text{ db}$ とすれば $TR_1 = \text{約 } 800 \text{ k}\Omega$ となり、直熱型サーミスタ1箇を用いる回路では完全な秘密通話を保持するために少くとも $800 \text{ k}\Omega$ 以上の固有抵抗



第5図 $b_R - TR_1$ 特性
Fig. 5. $b_R - TR_1$ Characteristics



第6図 $b_R - TR_1, TR_2$ 特性
Fig. 6. $b_R - TR_1, TR_2$ Characteristics

値を有するサーミスタが必要となる。これに対して第6図に於ては $b_R = 60 \text{ db}$ 以上とすれば $TR_1 (\text{k}\Omega) \times TR_2 (\text{k}\Omega) > \text{約 } 320$ にとればよく、ビードの固有抵抗値は遙かに小さくてすみ、必要な受話減衰量が容易に実現出来る。従つて送話回路のビードの固有抵抗は V_{max} の許す限り小さく出来るので動作時間も極めて短くなし得る利点を持つている。

〔IV〕 サーマスタの特性

サーミスタは半導体であるから、抵抗 R は一般に次式で与えられる。

$$R = R_0 e^{B \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right)} \dots\dots (2)$$

但し B : 常数

T は絶対温度で、 $T = T_0$ の時 $R = R_0$ とする。

今温度係数 α を求めれば

$$\alpha = \frac{1}{R} \cdot \frac{dR}{dT} = - \frac{B}{T^2} \dots\dots (3)$$

となる。 B の値は通常 4,000 程度であるから、常温では 1°C につき 4~5% の負の温度係数を持つ事になり、白金に比較すれば絶対値に於て約 10 倍の値を示す。又サーミスタに I なる電流を流せばサーミスタの温度は次式のように上昇する。

$$\Delta T = \frac{1}{C} R I^2 \dots\dots (4)$$

但し C は電力消散係数であり、サーミスタの構造及び封入ガスの種類、圧力により決まる定数である。

従つて室温を T_0 とすればサーミスタの温度 T は

$$T = T_0 + \Delta T = T_0 + \frac{1}{C} RI^2 \dots\dots\dots(5)$$

となり、これを(2)に代入すれば

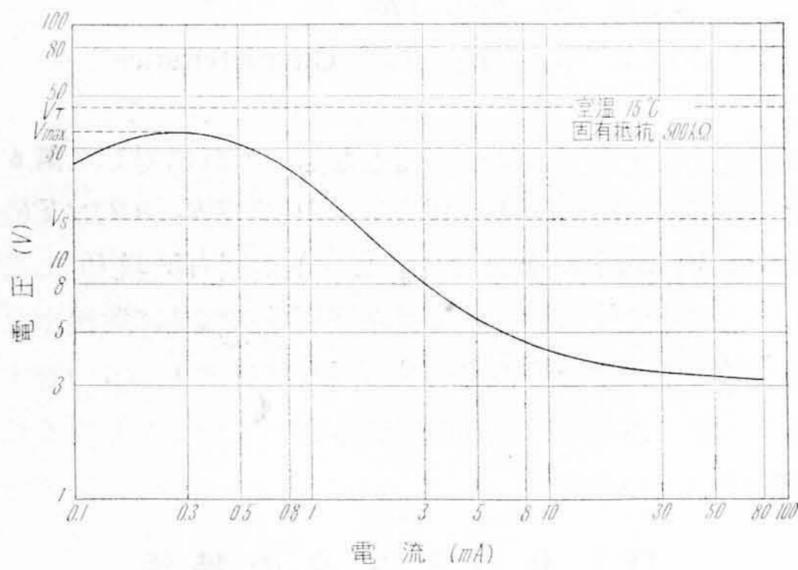
$$R = R_0 e^{B \left(\frac{1}{T_0 + \frac{RI^2}{C}} - \frac{1}{T_0} \right)} \dots\dots\dots(6)$$

となる。又

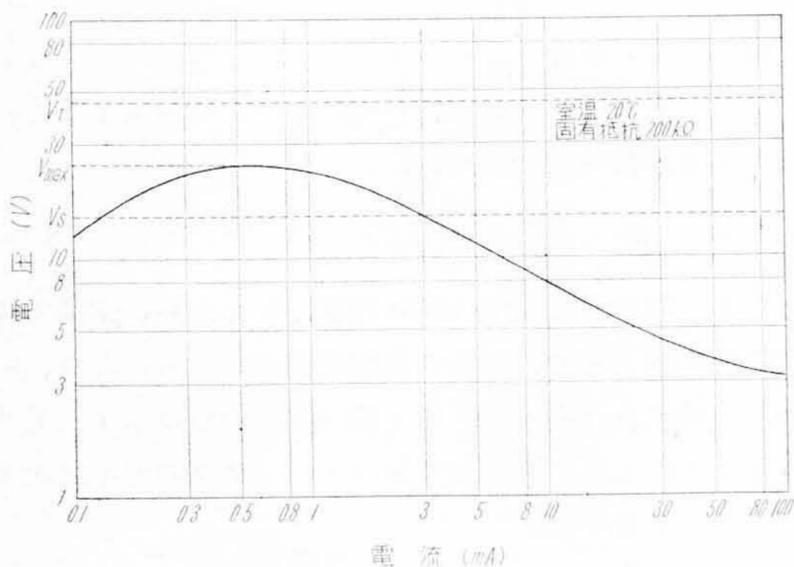
$$V = RI \dots\dots\dots(7)$$

であるから、(6)と(7)よりV-Iの関係を求めれば、**第7図**及び**第8図**のようになり、Vの極大点を持つ曲線となる。その曲線の形はBの値のみによつて決り、その位置はR₀及びCによつて決る。**第7図**は直熱型サーミスタの電流-電圧特性、**第8図**はダブルビード型サーミスタの電流-電圧特性の測定結果を示す。以上の式よりV_{max}の位置を求めれば

$$T_m = \frac{B}{2} - \frac{\sqrt{B^2 - 4BT_0}}{2} \dots\dots\dots(8)$$



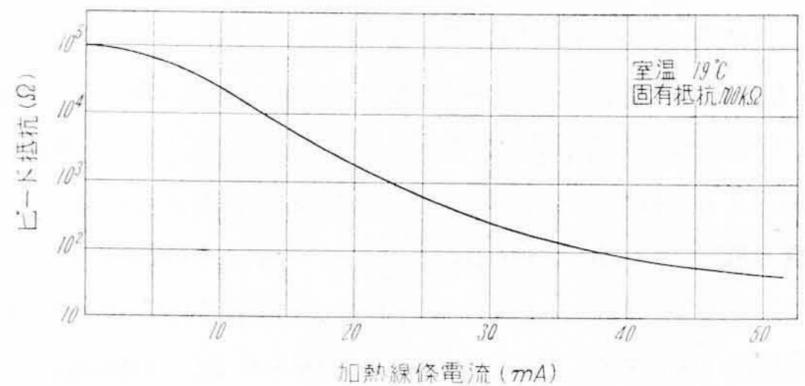
第7図 直熱型サーミスタの電流-電圧特性
Fig. 7. Current-Voltage Characteristics of Directly-Heated Type Thermistor



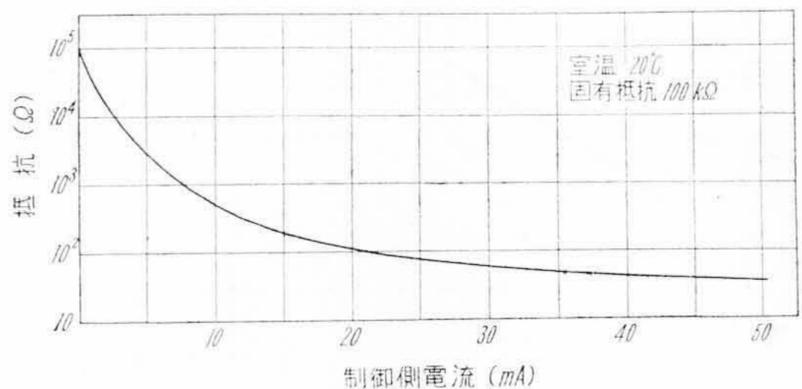
第8図 ダブルビード型サーミスタの電流-電圧特性
Fig. 8. Current-Voltage Characteristics of Double Bead Type Thermistor

となる。

従つて $B < 4T_0$ なる時は、サーミスタはVの極大値を持たない。Bの値を4,000とすれば、T_mは常温に於て45°C~55°Cの範囲にある。**第7図**と**第8図**とを比較すれば、ダブルビード型サーミスタの方が緩やかに抵抗が減少している。これはダブルビード型の電力消散係数Cが直熱型のそれより大なるためである。一見すれば曲線が緩やかであるからダブルビード型の方が動作時間が長いように見えるが、動作時間は後述するように、最初の固有抵抗に殆ど支配されるもので一概にダブルビード型の方が動作時間が長いとはいえない。勿論同一固有抵抗値であれば、ダブルビード型サーミスタの動作時間の方が直熱型サーミスタのそれよりも僅か長い。次に**第9図**に傍熱型サーミスタの加熱線電流-抵抗特性を、**第10図**にダブルビード型サーミスタの制御電流-被制御側ビードの抵抗特性を示す。**第9図**及び**第10図**を比較すれば傍熱型サーミスタの特性曲線の方が明かに緩やかで動作時間も長い。以上の4つの特性曲線より判るように、何れのビードに於ても電話機の導通状態、即ち50mA以上の直流が供給されれば抵抗は固有抵抗値の1/10,000~



第9図 傍熱型サーミスタの線電流-ビード抵抗特性
Fig. 9. Filament Current—Bead Resistance Characteristics of Indirectly-Heated Type Thermistor

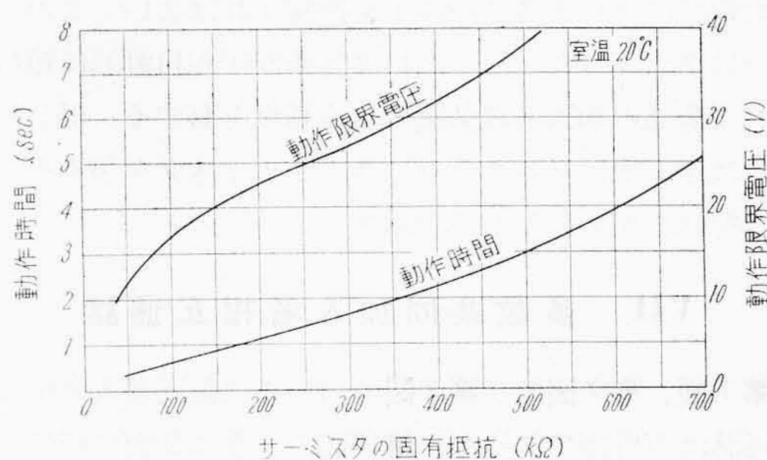


第10図 ダブルビード型サーミスタの制御電流-被制御側ビード抵抗特性
Fig. 10. Control Current—Controlled Bead Resistance Characteristics of Double Bead Type Thermistor

1/2,000 倍となり 60Ω 以下に下る。これを受話減衰量に換算すれば約 0.5db 以下となり通話能率には殆ど影響を与えない。

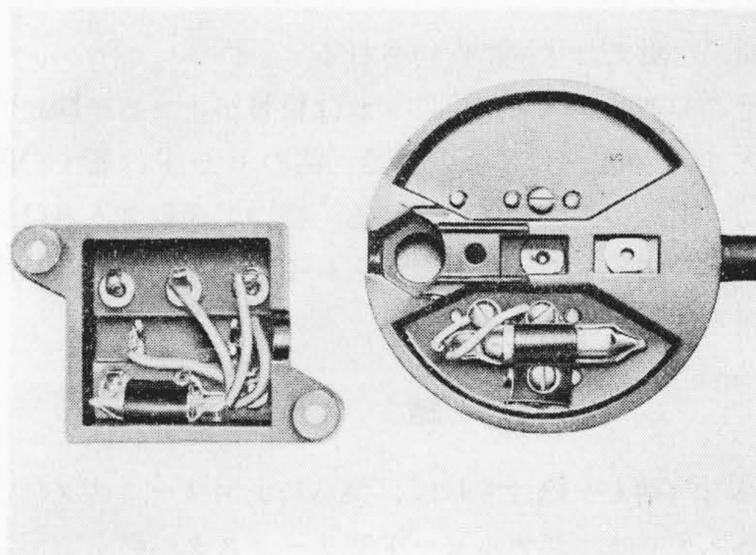
〔V〕 動作時間と V_{max} との関係

送話回路に挿入されるサーミスタビードの固有抵抗は高い程良く、出来れば直熱型サーミスタ1箇で割込防止及び完全な秘話特性を持たせたいのであるが、 V_{max} 及び動作時間により制限を受ける。こゝにいう動作時間とは電話機のフックスイッチを閉じてより局交換機のラインリレーが動作する迄の時間をいう。測定は 150Ω の擬似線路抵抗を挿入して行い、フックスイッチを閉じてよりラインリレーが動作する迄即ち送話回路の直流が 22.4 mA に達する迄の時間をサイクルカウンターで読んだ。これは実際の場合、加入者が送受器を上げてより発信音が聞えてくる迄の時間に殆ど等しい。第11図にダブルビード型サーミスタの固有抵抗と動作時間及び V_{max} の関係を示す。実験の結果によれば動作時間は殆ど V_{max} に達する迄に費され、 V_{max} を越えれば瞬間的に定常状態に達する。即ち送話回路に挿入されるサーミスタの抵抗は数 $100k\Omega$ 程度の値であるから、最初送話回路を閉じた時ビードの温度上昇に費される電力は極めて少く、従つて温度上昇に比較的時間を要するが、或る程度温度が上昇すれば負の温度係数を持つ故、急速に抵抗は減少するのである。勿論動作時間は印加電圧により異なるもので、H型自動局では 60V であるから第11図の値よりかなり小となる。従つて又送話回路のビードの固有抵抗をA型自動局より高く取り得る。動作時間は 1 sec 以下にとれば実用上差支えない。従つて第11図に於て動作時間を 1 sec 以下に制限すれば、送話回路に挿入されるサーミスタビードの固有抵抗値は約 $180k\Omega$ 以下となる。又 V_{max} の制限より $V_T=45V$, $V_S=15V$ とすれば、約 $80k\Omega < TR_1 < 約580k\Omega$ となり、結局送話回路のビードの固有抵抗は $80k\Omega$ 乃至 $180k\Omega$ の範囲になければならない。即ち第1図、第2図及び第3図の回路に於て送話回路のビードの固有抵抗値は第11図により決定され、次に受話回路のビードの必要な固有抵抗値は第6図の受話減衰量の表により決定される。但し第8図より分るように、 V_S 以下の電圧にても僅かの電流が流れる事によりサーミスタビードの抵抗は下るので、受話回路のビードの固有抵抗は余裕を持つて大きく選んだ方がよい。一方送話回路のサーミスタビードの熱的時定数及び固有抵抗が大であれば、たとえ一加入者が発信中他の加入者が誤つて送受器を上げてダイヤルインパルスには妨害を与えない特長を有する。しかし以上のように送話回路のビードの固有抵抗は制限を受け動作時間と熱的時定数とは相反する性質を



第11図 ダブルビード型サーミスタの固有抵抗と動作時間及び動作限界電圧との関係

Fig. 11. Relation between Cold Resistance and Hump Voltage of Double Bead Type Thermistor



第12図 サーミスタを取付けた外線端子板(右)及び内線端子板(左)

Fig. 12. Outer Terminal Block (right) and Inner Terminal Strip (left) of Subscriber Telephone with Thermistor

持つので、第1図、第2図及び第3図の回路では、話中表示又はインパルス表示を別途に考えなければならない。その表示法として、ネオンランプ或は熱的変色体を利用する簡単な方法がある。

〔VI〕 サーミスタの取付法

取付場所としては電話機内部、外線端子板或は加入者保安器が考えられるが、傍熱型、ダブルビード型及び3端子サーミスタは回路上電話機内部しか取付かない。第12図の右は直熱型サーミスタを外線端子板の内部に、左はダブルビード型サーミスタを電話機筐体内の内線端子板に取付けたものを示す。取付法としては電氣的に接触してむかい合った弾条端子を設けサーミスタをその間に挿入してむかい合った弾条端子を開放する。その開放さ

れた端子にサーミスタの端子を接続すればよい。この方法ではサーミスタを取り去れば弾条端子が自動的に短絡されて普通の加入者電話機となる利点を有する。但し写真では単に絶縁ワニスクロースでサーミスタを包みその一端をねぢ止めしたものを示す。

〔VII〕 多数共同加入者相互通話

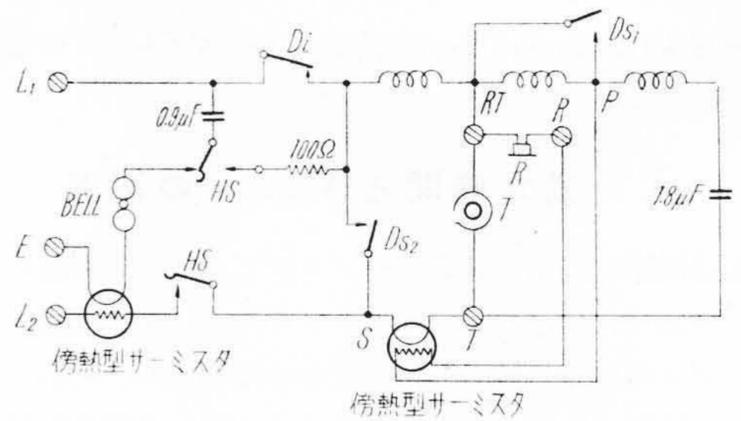
第1図、第2図及び第3図の回路では共同加入者相互の通話は不可能であるが、第13図のように2箇の傍熱型サーミスタを用いれば可能となる。送話回路のビードに割込防止の特性を持たせ、受話回路のビードにより通話損失を増大せしめる事は上記の回路に同じであるが、傍熱型の熱的慣性の大きい性質を逆に利用したものである。

即ち相互通話の場合、呼出信号中は発信、被呼加入者共に送話回路のビードが信号電流により予熱されて V_{max} を越えた状態に保持される。

そこで被呼加入者が応答すれば信号が止まるが傍熱型の大きな熱的慣性により送話回路のビードは暫くの間 V_{max} 附近の温度を保っている。従つて発信加入者は送話回路のビードの V_{max} に遮られることなく抵抗は減少し相互通話出来る。

〔VIII〕 結 言

以上の結果を総合すれば、割込防止用サーミスタ付電話機としては、ダブルビード型サーミスタが最も実用的であり、日立製作所戸塚工場に於ても数台試作し好評を



第13図 共同加入者相互通話用サーミスタ付電話機回路図

Fig. 13. Circuit of Subscriber Telephone Set with Thermister for Mutual Talk of Party Line Subscriber

博している。尚サーミスタは本質的に室温の影響を敏感に受けるので、 $-5^{\circ}\text{C} \sim 30^{\circ}\text{C}$ のように広い温度範囲で上述の特性を持たせるには尚温度補償の点で検討を要し、また実用化に際しての寿命試験が今後残された問題である。最後に本実験研究に当り、終始御指導御鞭撻を賜つた日立製作所戸塚工場田島課長、江森氏並びに種々の資料を提供して戴いた日立製作所中央研究所伴野主任研究員及び二木、河島、野尻の三氏に厚く感謝の意を表す。

参 考 文 献

- (1) 江森：日立評論 34, 395 (1952)
- (2) 川口・野尻：日立評論 33, 943 (1951)
- (3) 二木：日立評論 33, 1061 (1951)

