

## 塩化ビニル電線の短時間電流容量

久本方\* 橋本博治\*\*

## Short Time Overload Current Capacity of Polyvinyl Chloride-Insulated Wires

By Tadashi Hisamoto, D.S.E. and Hiroji Hashimoto  
Hitachi Wire Works, Hitachi, Ltd.

## Abstract

Although several research works have hitherto been published for the problem of temperature rise of wires and cables used under continuous load, there are rarely found any reports touching the temperature rise due to short time overload current. The writers' research herein given out on the temperature rise of 600 V Polyvinyl Chloride-insulated wires in overloaded service will surely be of much interest for all the readers who are concerned with this nature of problems.

In their study, the relation between the thermal resistance and the load current was obtained by a special method, and the results are summarized as follows.

(1) The thermal resistance of PVC-insulated wire is constant with the load current, but the conductivity at the surface of the wire increases proportionally to the load current.

(2) The calculated value of the temperature rise, using the above relationship and the temperature calculating formula, corresponds to the measured value.

(3) The safety operation temperature of PVC-insulated wire is determined by the results of the smoking test and the loading test. The allowable operating time for the load current for 600 V PVC-insulated wire is obtainable from these results of the tests and calculations.

## 〔I〕 緒 言

最近船舶用或は航空機電線に於ては、特殊な使用条件からくる事故を未然に防止するため、電線の短時間電流容量の検討が必要となつてきた<sup>(1)(2)\*\*\*</sup>。定格電流の3~6倍の電流であつても、通電時間が100secとか或はそれ以下の極めて短時間であるならば電線被覆材料は何等劣化する事がないかもしれない。このような場合の通電電流と許容通電時間の関係を知る事は、適当なサイズの電線の撰択の上にも、又電線の保護装置としてのヒューズ及び気中遮断器の特性を決定する上にも必要な事である。

電線のような円嚢中の半径方向の熱伝導については、今日迄数多くの研究がなされている。円嚢中の温度分布は、加熱開始後の時間と、中心からの距離の函数として表わされる事は、1822年 Fourier によつて明かにされている。その後絶縁電線の温度上昇を簡便に求める方法としては、本文中に詳述するように、発生熱量、電線の熱容量及び熱が伝導又は発散する場合の熱抵抗とから、簡単な放熱回路によつて、温度上昇計算式<sup>(3)</sup>を求めている。しかしながら温度上昇が、数十秒後に 100~200°C に達するような大電流通電の場合には、このような簡単な放熱回路では正確な温度上昇を求める事は出来ない。更に計算に使用される熱抵抗についても、それが非常に多くの要素によつて変化するため定説的な値がなく、今日迄の低温度に於ける測定結果を、このような場合の計算に使用する事にも無理がある。

\* 日立製作所日立電線工場 工博

\*\* 日立製作所日立電線工場

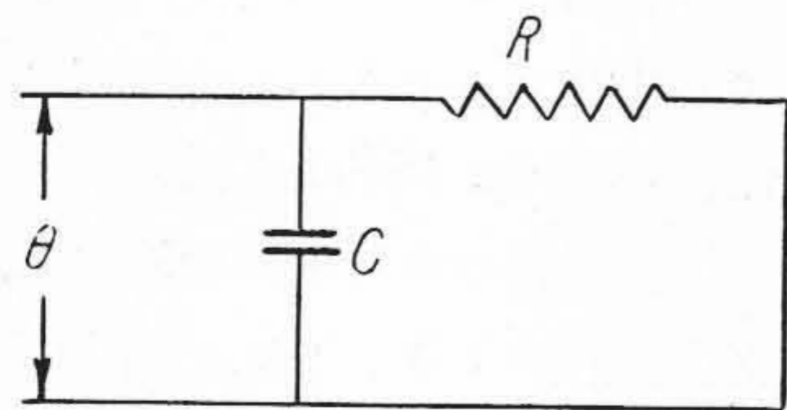
\*\*\* 電線工業会に於てもこの問題を取上げて検討を加えている。

本稿に於ては、上記のように急速に温度上昇する場合の電線の温度上昇及び熱抵抗に対して考察を進め、最後に各種サイズの塩化ビニル電線の短時間電流容量を、測定及び計算によつて決定しようとするものである。

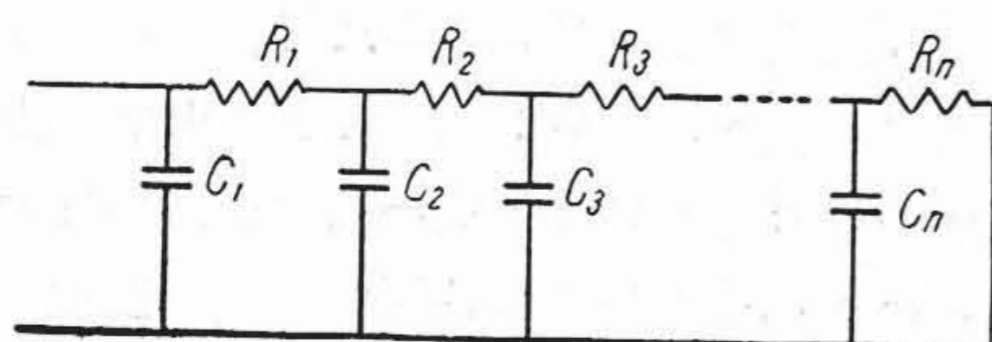
〔II〕 電線の温度上昇

今日まで、電線の温度上昇の計算に当つては、被覆材料の伝導熱抵抗及び表面の放散熱抵抗と導体及び被覆材料の熱容量とから計算している。即ち、半径方向の熱の流れに対する等価回路として、第 1 図に示すように、電線の熱容量  $C$  と、伝導熱抵抗及び表面の放散熱抵抗の和としての全熱抵抗  $R$  の並列回路をもつておきかえ、この放熱回路から加熱後の導体温度  $\theta$  を求めている<sup>(3)</sup>。しかしこゝで問題にしている短時間定格の場合には、導体及び被覆材料の最高温度は相当に高く、10~100 sec で 100~200°C になる事が考えられる。又短時間のしかも急激な温度上昇の場合には、導体から被覆材料への熱の伝導に要する時間は、導体の温度上昇に要する時間と等価的であつて、もはや第 1 図の等価回路から導かれた計算式では正確な値を求める事は出来ない。

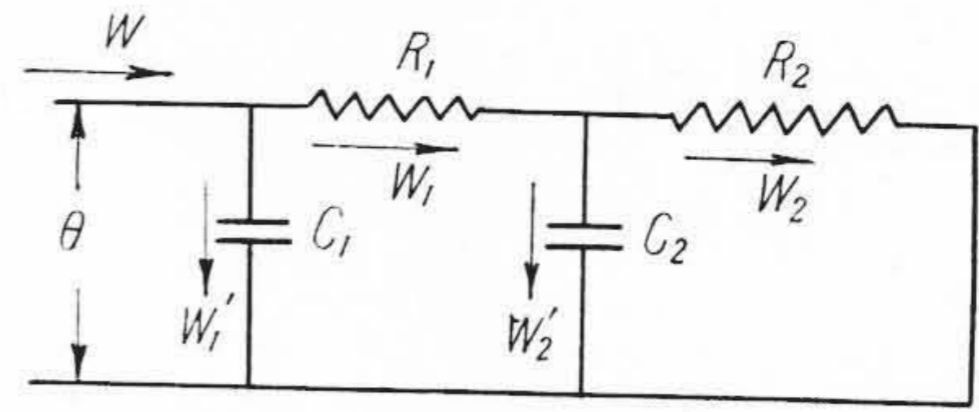
被覆材料中の熱伝導について考えると、導体抵抗によつて発生したジュール熱は、先ず導体自身を加熱するために消費される。この場合導体内部に於ては、その熱伝導率の大きい半径方向の温度差は無視する事が出来る。次に導体の温度上昇によつて、被覆材料の内面と外面には温度差が生じ、その結果発生熱量の一部は被覆材料を伝導していく。しかし伝導熱量の一部は、途中で被覆材料自身を加熱するために被覆材料中に蓄えられる。即ち発生熱量の放熱回路としては、第 2 図のような分布熱容量の放熱回路におきかえることが出来る。図に示す  $C_1$  は導体の熱容量、 $R_1$  は導体と被覆材料間の伝導熱抵抗、 $C_2 \sim C_n$  及び  $R_2 \sim R_{n-1}$  は被覆材料を微少部分に分



第 1 図 簡単な放熱回路  
Fig. 1. Simple Thermal Circuit



第 2 図 放熱回路  
Fig. 2. Thermal Circuit



第 3 図 等価放熱回路  
Fig. 3. Equivalent Thermal Circuit

けて考えたときの熱容量及び伝導熱抵抗であり、 $R_n$  は表面の放散熱抵抗である。今、 $C_2 \sim C_n$  及び  $R_1 \sim R_{n-1}$  を一箇所に集中したものと考え、これらをそれぞれ  $C_2$  及び  $R_1$  として第 3 図の近似的放熱回路にすることが出来る。図に於て

- $W$ : 発生熱量 =  $I^2 R_0 (1 + \alpha \theta)$  (Watt)
- $I$ : 通電電流 (A)
- $R_0$ : 初期温度に於ける導体単位長さの抵抗 ( $\Omega$ )
- $\theta$ : 導体温度上昇 ( $^{\circ}\text{C}$ )
- $\alpha$ : 抵抗の温度係数
- $C_1$ : 導体単位長さの熱容量 ( $\frac{\text{Watt/sec}}{^{\circ}\text{C}}$ )
- $C_2$ : 被覆材料単位長さの熱容量 ( $\frac{\text{Watt/sec}}{^{\circ}\text{C}}$ )
- $R_1$ : 被覆材料単位長さの伝導熱抵抗 ( $\frac{^{\circ}\text{C}}{\text{Watt}}$ )
- $R_2$ : 表面の単位長さの放散熱抵抗 ( $\frac{^{\circ}\text{C}}{\text{Watt}}$ )

である。この放熱回路にキルヒホッフの熱流に関する法則を適用すると、(1), (2) 及び (3) の各式が得られる。

$$\theta = W_1 R_1 + W_2 R_2 \dots\dots\dots (1)$$

$$\theta = \frac{\int (W - W_1) dt}{C_1} \dots\dots\dots (2)$$

$$\theta = \frac{\int (W_1 - W_2) dt}{C_2} + W_1 R_1 \dots\dots\dots (3)$$

この 3 つの式は如何なる瞬間にも成立する

(2) 式から

$$\frac{d\theta}{dt} = \frac{W - W_1}{C_1}$$

$$\therefore W_1 = W - \frac{d\theta}{dt} C_1 \dots\dots\dots (2')$$

(3) 式から

$$\frac{d(\theta - W_1 R_1)}{dt} = \frac{W_1 - W_2}{C_2}$$

$$\therefore W_2 = W - C_1 \frac{d\theta}{dt} - C_2 \frac{d\theta}{dt} + C_2 R_1 \frac{dW}{dt} - \frac{d^2\theta}{dt^2} C_1 C_2 R_1 \dots\dots\dots (3')$$

又、 $W = W_0 (1 + \alpha \theta)$  であるから

$$\frac{dW}{dt} = \alpha W_0 \frac{d\theta}{dt} \dots\dots\dots (4)$$

(1), (2'), (3') 及び (4) の各式から

$$C_1 C_2 R_1 R_2 \frac{d^2 \theta}{dt^2} + [C_1(R_1 + R_2) + C_2 R_2 - C_2 R_1 R_2 \alpha W_0] \frac{d\theta}{dt} + [1 - W_0 \alpha (R_1 + R_2)] = W_0 (R_1 + R_2) \dots \dots \dots (5)$$

(5) 式は線型 2 次微分方程式である。今

$$\left. \begin{aligned} C_1 C_2 R_1 R_2 &= a \\ C_1 R_1 + C_1 R_2 + C_2 R_2 - C_2 R_1 R_2 \alpha W_0 &= b \\ 1 - W_0 \alpha (R_1 + R_2) &= c \\ W_0 (R_1 + R_2) &= d \end{aligned} \right\}$$

とおくと、(5) 式は (6) 式となる。

$$a \frac{d^2 \theta}{dt^2} + b \frac{d\theta}{dt} + c\theta = d \dots \dots \dots (6)$$

この方程式を解くと、次の解を得る。

$$\theta = Ae^{P_1 t} + Be^{P_2 t} + \frac{d}{c} \dots \dots \dots (7)$$

但し A, B: 初期条件によつて定まる定数。

$$P_1 = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$P_2 = \frac{-b - \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

第 1 の条件:  $t=0$  に於て  $\theta=0$  であるから

$$A + B + \frac{d}{c} = 0$$

$$\therefore B = -\left(A + \frac{d}{c}\right) \dots \dots \dots (8)$$

第 2 の条件:  $t=0$  に於て発生熱量は導体を加熱するためにもみ使用されるから

$$C_1 \left(\frac{d\theta}{dt}\right)_{t=0} = W_0 \dots \dots \dots (9)$$

$$\therefore AP_1 + BP_2 = -\frac{W_0}{C_1} \dots \dots \dots (10)$$

(7), (8) 及び (10) の各式から  $P_1 = -\alpha_1$ ,  $P_2 = -\alpha_2$  とおいて

$$A = -\frac{W_0}{\alpha_2 - \alpha_1} \left[ \frac{(R_1 + R_2)\alpha_2}{1 - \alpha W_0 (R_1 + R_2)} - \frac{1}{C_1} \right] \dots (11)$$

$$B = \frac{W_0}{\alpha_2 - \alpha_1} \left[ \frac{(R_1 + R_2)\alpha_1}{1 - \alpha W_0 (R_1 + R_2)} - \frac{1}{C_1} \right] \dots (12)$$

(11) 式及び (12) 式を (7) 式に代入して、(13) 式を得る。

$$\begin{aligned} \theta &= \frac{W_0 (R_1 + R_2)}{1 - W_0 \alpha (R_1 + R_2)} - \frac{W_0}{\alpha_2 - \alpha_1} \\ &\times \left[ \frac{(R_1 + R_2)\alpha_2}{1 - \alpha W_0 (R_1 + R_2)} - \frac{1}{C_1} \right] e^{-\alpha_1 t} + \frac{W_0}{\alpha_2 - \alpha_1} \\ &\times \left[ \frac{(R_1 + R_2)\alpha_1}{1 - \alpha W_0 (R_1 + R_2)} - \frac{1}{C_1} \right] e^{-\alpha_2 t} \dots \dots (13) \end{aligned}$$

但し

$$W_0 = I^2 R_0 \quad (\text{Watt})$$

$$I = \text{通電電流} \quad (\text{A})$$

$$R_0 = \text{初期温度に於ける導体抵抗} \quad (\Omega)$$

$\alpha$  = 抵抗の温度係数

$$\alpha_1 = \frac{b - \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$\alpha_2 = \frac{b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$a = C_1 C_2 R_1 R_2$$

$$b = C_1 (R_1 + R_2) + C_2 R_2 - R_1 R_2 C_2 \alpha W_0$$

$$c = 1 - W_0 \alpha (R_1 + R_2)$$

$$d = W_0 (R_1 + R_2)$$

即ち、導体温度上昇は、(13)式に示すように第 1 項の定常項と、第 2 項及び第 3 項のそれぞれ異なる時定数で減衰する過渡項から成つている。又、過渡項の時定数も熱容量、熱抵抗及び発生熱量によつて変化する事がわかる。

### 〔III〕 熱 抵 抗

#### (1) 熱 抵 抗

第 3 図の放熱回路に於ける  $R_1$  及び  $R_2$  は、被覆材料の伝導熱抵抗及び表面の放散熱抵抗といわれるものである。即ち、

$$\text{導 体 の 外 径} = r_0 \quad (\text{cm})$$

$$\text{導 体 の 温 度} = \theta \quad (^\circ\text{C})$$

$$\text{被 覆 の 外 径} = r_1 \quad (\text{cm})$$

$$\text{被 覆 の 表 面 温 度} = \theta_1 \quad (^\circ\text{C})$$

$$\text{外 気 温 度} = \theta_a \quad (^\circ\text{C})$$

$$\text{発 生 熱 量} = Q \quad \left(\frac{\text{Watt}}{\text{sec/cm}}\right)$$

とすれば定常状態に於ては、 $R_1$  及び  $R_2$  を単位当り、即ち伝導熱比抵抗 ( $h$ ) 及び放散熱比抵抗 ( $w_1$ ) であらわすと<sup>(4)</sup>

$$h = \frac{2\pi(\theta - \theta_1)}{Q \cdot \log r_1/r_0} \quad \left(\frac{^\circ\text{C/cm}}{\text{Watt}}\right) \dots \dots (14)$$

$$w_1 = \frac{2\pi r_1(\theta_1 - \theta_a)}{Q} \quad \left(\frac{^\circ\text{C/cm}^2}{\text{Watt}}\right) \dots \dots (15)$$

伝導熱比抵抗 ( $h$ ) に関しては、今日迄色々の材料について測定されている。電線被覆材料 (主としてゴム) に関する測定結果によると、各測定毎に非常にバラツキが多く<sup>(5)</sup>、又材料の組成によつても可成りの差を示している。更に  $h$  は温度によつて一定ではなく、 $h$  の逆数、即ち熱伝導度は温度に比例して増加している。

放散熱比抵抗 ( $w_1$ ) は細かく分けて考えると、表面と周囲流体との伝導熱比抵抗、周囲流体の対流による抵抗及び表面の色相、仕上げの状態、温度等によつて変化する輻射抵抗に分けて考える事が出来る。伝導熱比抵抗及び対流比抵抗は、外気の状態とか表面の粗滑の程度によつて変化し、輻射抵抗も種々の要素によつて変化する。結局これらの総計として考えられた放散熱抵抗は、極めて複雑な変化をする。

今日迄提出された熱抵抗の値は第 4 種絶縁電線に関するものが多く、塩化ビニル電線に関してはあまり提出されていない。しかも、それらの値は電線の温度が 100°C 以下の場合であつて、100°C 以上の高温の場合とか、或は最終温度上昇が数百度にも及ぶような大電流を通電するときの過渡時に於ては、その熱抵抗がどのような値になるか全く不明である。

過渡時に於ける熱抵抗を求めるためには次のような考察を行う。即ち、第 3 図の放熱回路に於て、如何なる瞬間にも次の方程式が成立する。

$$W = W_0(1 + \alpha\theta) = I^2 R_0(1 + \alpha\theta) \dots\dots\dots (16)$$

$$(W_1)_{t=T} = (W)_{t=T} - C_1 \left( \frac{d\theta}{dt} \right)_{t=T} \dots\dots\dots (17)$$

$$(W_2)_{t=T} = (W)_{t=T} - C_1 \left( \frac{d\theta}{dt} \right)_{t=T} - C_2 \left( \frac{d\theta_1}{dt} \right)_{t=T} \dots\dots\dots (18)$$

故に、  $R_1 = \left( \frac{\theta - \theta_1}{W_1} \right)_{t=T} \dots\dots\dots (19)$

$$R_2 = \left( \frac{\theta_1 - \theta_a}{W_2} \right)_{t=T} \dots\dots\dots (20)$$

以上の式から  $R_1$  及び  $R_2$  を求めることが出来る。実際の測定に於ては被覆の内面と外面の温度差が非常に大きく、それ等の温度上昇度の間に差があるときには、被覆中に蓄えられる熱量  $C_2 \cdot \frac{d\theta_1}{dt}$  としては

$$\frac{1}{2} \left( C_2 \frac{d\theta_1}{dt} + C_2 \frac{d\theta}{dt} \right)_{t=T}$$

を使用し、又被覆層が相当厚い場合には熱量として

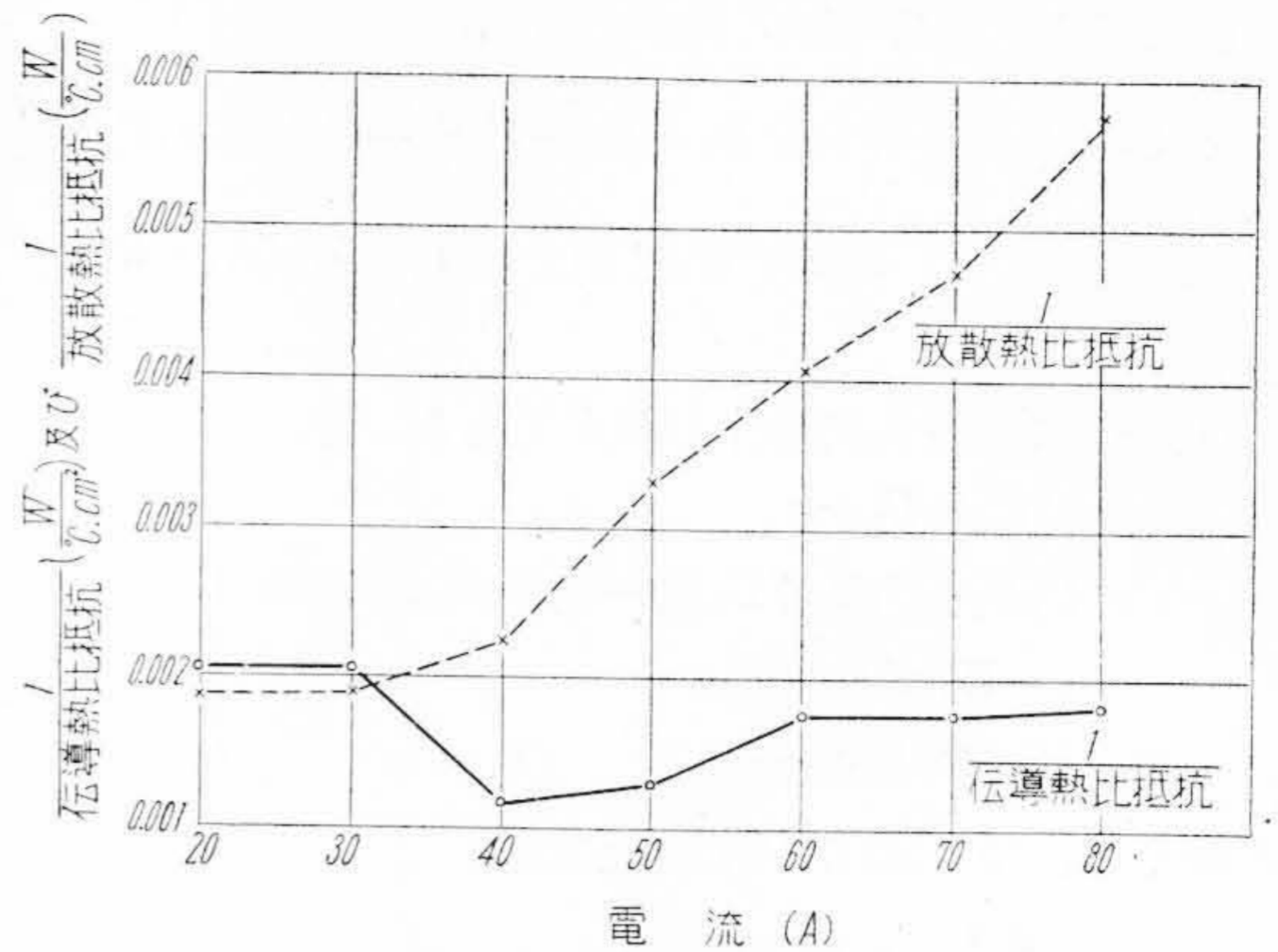
$$W_1 = W - C_1 \frac{d\theta}{dt} - \frac{1}{2} C_2 \frac{d\theta_1}{dt}$$

を使用しなければならない。

(2) 熱抵抗の測定結果

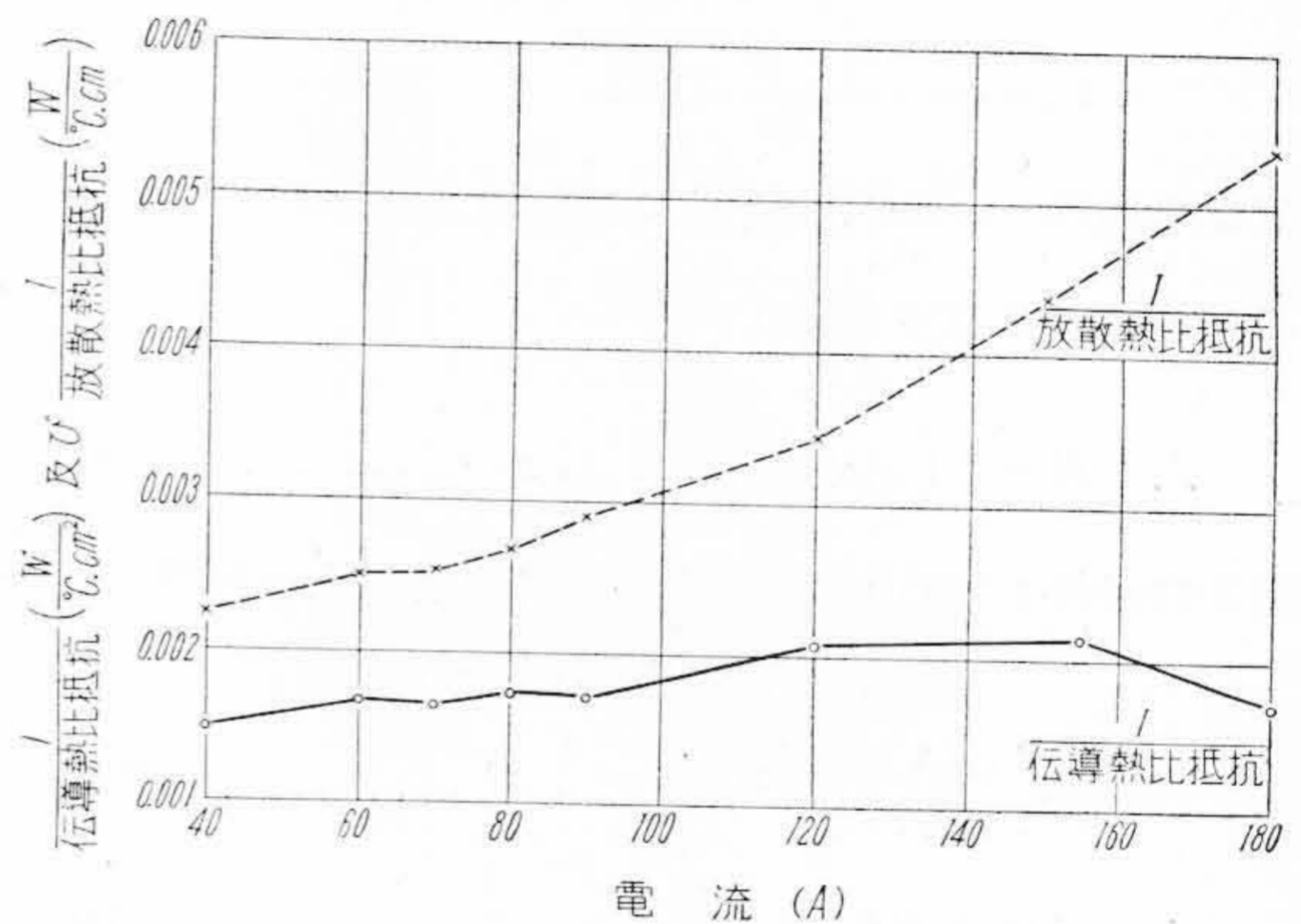
以上の考えの下に、絶縁電線について熱抵抗を測定した。即ち、電線を 3.5 m のスパンに両端を碍子で支持して架設し、その中央部 2 m の抵抗による電圧降下を交流電圧計で測定する。電流は一定に保ち、通電開始後の抵抗の増加と 20°C に於ける導体抵抗とから導体の温度を測定する ([IV] 項参照)。このような状態では 2 m の部分の長さの方向に於ける温度差は無視する事が出来る<sup>(5)</sup>。又抵抗法によつて算出した導体温度には時間的な遅れがないものと考えられる<sup>(1)</sup>。一方、表面の温度の測定には 0.2mm の銅—コンスタンタン熱電対を使用した。

以上のようにして各通電電流に対する熱抵抗  $R_1$  及び  $R_2$  を求める。しかし温度上昇の急激な場合は、導体及び表面の時間に対する温度の変化から、それぞれの温度上昇速度を求める。一方  $C_1$  及び  $C_2$  は導体及び被覆の重量及び比熱から計算し、(17)~(20) 各式から  $R_1$  及び  $R_2$  を計算する。第 4, 5 図は、各サイズの電線についての測定結果を比抵抗で示したものである。



第 4 図 電流 —  $\frac{1}{\text{熱比抵抗}}$   
(1.6 mm 塩化ビニル電線)

Fig. 4. Current —  $\frac{1}{\text{Specific Thermal Resistance}}$   
(1.6 mm Polyvinyl Chloride- Insulated Wire)



第 5 図 電流 —  $\frac{1}{\text{熱比抵抗}}$   
(2.6 mm 塩化ビニル電線)

Fig. 5. Current —  $\frac{1}{\text{Specific Thermal Resistance}}$   
(2.6 mm Polyvinyl Chloride- Insulated Wire)

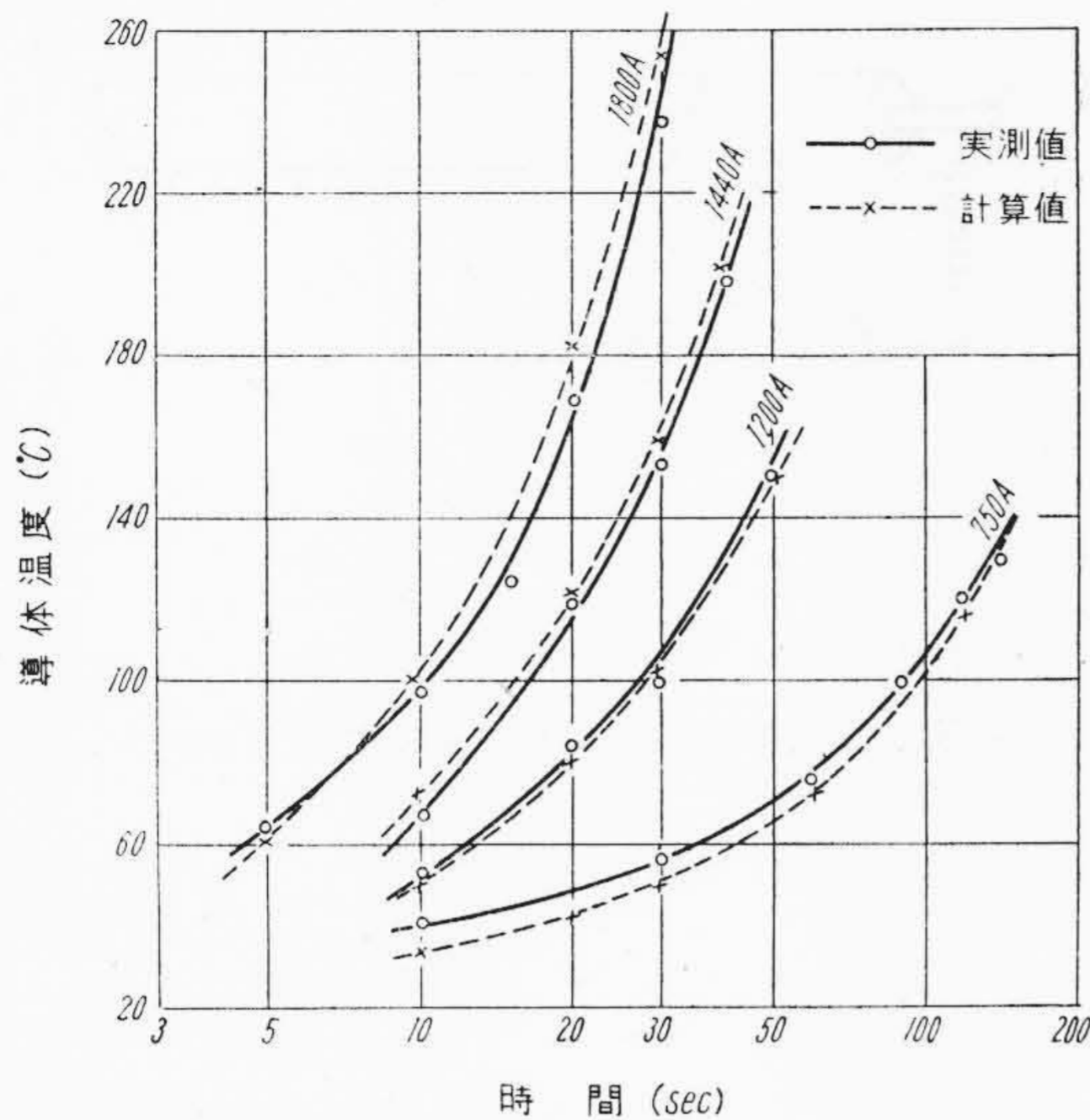
(3) 温度上昇計算例

第 4, 5 図の熱抵抗の測定結果から考察すると、

(A) 放散熱抵抗の逆数は電流の増加と共に、直線的に増加している。

(B) 伝導熱抵抗は電流について殆ど一定である。

上記の関係を用いて、各電流に対する熱抵抗を求め、導体及び被覆の熱容量を算定して (13) 式から電線の温度上昇を計算した。この結果を実測値と比較して示したのが第 6 図である。第 6 図は 50 mm<sup>2</sup> 塩化ビニル電線の一例であるが、750 A 通電した場合の数値例を示すと次のようになる。



第6図 電流—時間—温度曲線  
 (50 mm<sup>2</sup> 塩化ビニル電線)  
 定格電流 190 A  
 Fig. 6. Current—Time—Temperature Curve  
 (50 mm<sup>2</sup> Polyvinyl Chloride-Insulated Wire)  
 Rated Current—190 A

試料 2 m の導体抵抗 = 0.000743 ( $\Omega$ ) at 20°C  
 試料 2 m の導体熱容量  $C_1 = 344 \left( \frac{\text{Watt/sec}}{^\circ\text{C}} \right)$   
 試料 2 m の被覆熱容量  $C_2 = 226 \left( \frac{\text{Watt/sec}}{^\circ\text{C}} \right)$   
 初めの発生熱量  $W_0 = 416$  (Watt)  
 試料 2 m の伝導熱抵抗  $R_1 = 0.08 \left( \frac{^\circ\text{C}}{\text{Watt}} \right)$   
 試料 2 m の放散熱抵抗  $R_2 = 0.324 \left( \frac{^\circ\text{C}}{\text{Watt}} \right)$

$$a = 344 \times 226 \times 0.08 \times 0.324 = 2010$$

$$b = 344 \times 0.404 + 226 \times 0.324 - 226 \times 0.08$$

$$\quad \times 0.324 \times 416 \times 0.00393 = 202.5$$

$$c = 1 - 416 \times 0.404 \times 0.00393 = 0.342$$

$$d = 416 \times 0.404 = 167$$

$$\alpha_1 = \frac{202.5 - \sqrt{202.5^2 - 4 \times 2010 \times 0.342}}{4020} = 0.00174$$

$$\alpha_2 = \frac{202.5 + \sqrt{202.5^2 - 4 \times 2010 \times 0.342}}{4020} = 0.0965$$

$$A = \frac{416}{0.0948} \left[ \frac{0.0965 \times 0.404}{0.342} - 0.00291 \right] = -486$$

$$B = \frac{416}{0.0948} \left[ \frac{0.00174 \times 0.404}{0.342} - 0.00291 \right] = -4$$

$$\frac{d}{c} = 491$$

$$\theta = 491 - 486 \times e^{-0.00174t} - 4 \times e^{-0.0965t} \dots \dots (21)$$

(21) 式が 750 A 通電のときの導体温度上昇を与える式

である。(13) 式及びこの計算例からもわかるように、電流値が (13) 式に於ける  $C \leq 0$  を満足する場合には理論的な温度上昇は無限大になる。又、実際には第3項の影響は非常に短時間の、例えば上記の例では 2 sec 程度の間であつてしかも小さい。又、 $c=0$  の場合には、 $\alpha_1=0$ 、 $\alpha_2=1$  となつて、時間の長い処では  $\theta$  は直線的に増加する。

〔IV〕 許容温度範囲の決定

過電流通電によつて電線の温度が上昇した場合、以後の使用に耐えられなくなる温度は、勿論加熱時間によつても変化するが、何度位であるかは被覆の劣化の状態から決定されなければならない。この場合に問題になるのは、

- (A) 急速に加熱される電線の温度を正確に測定することであり、このためには一般に簡単な方法として用いられていた熱電対法は、筆者の行つた抵抗法による測定と比較した結果、熱電対法は相当時間的な遅れがあることが判明しており、又 B.W. Jones 及び J.A. Scott の指摘している事である。
- (B) 第2の問題としては加熱による被覆材料の損傷程度を正確に判断する事である。

第1の問題に対しては抵抗法でその温度上昇を測定することによつて解決されたが、第2の問題に対しては、絶縁物の劣化の状態から判定するのが適當である。その基準としては

- (a) 電気的特性—絶縁抵抗及び破壊電圧
- (b) 機械的特性—抗張力及び伸び
- (c) 熱的特性—軟化による変形
- (d) 化学的性質—分解 (煙の発生)

等が考えられる。

(1) 発煙試験

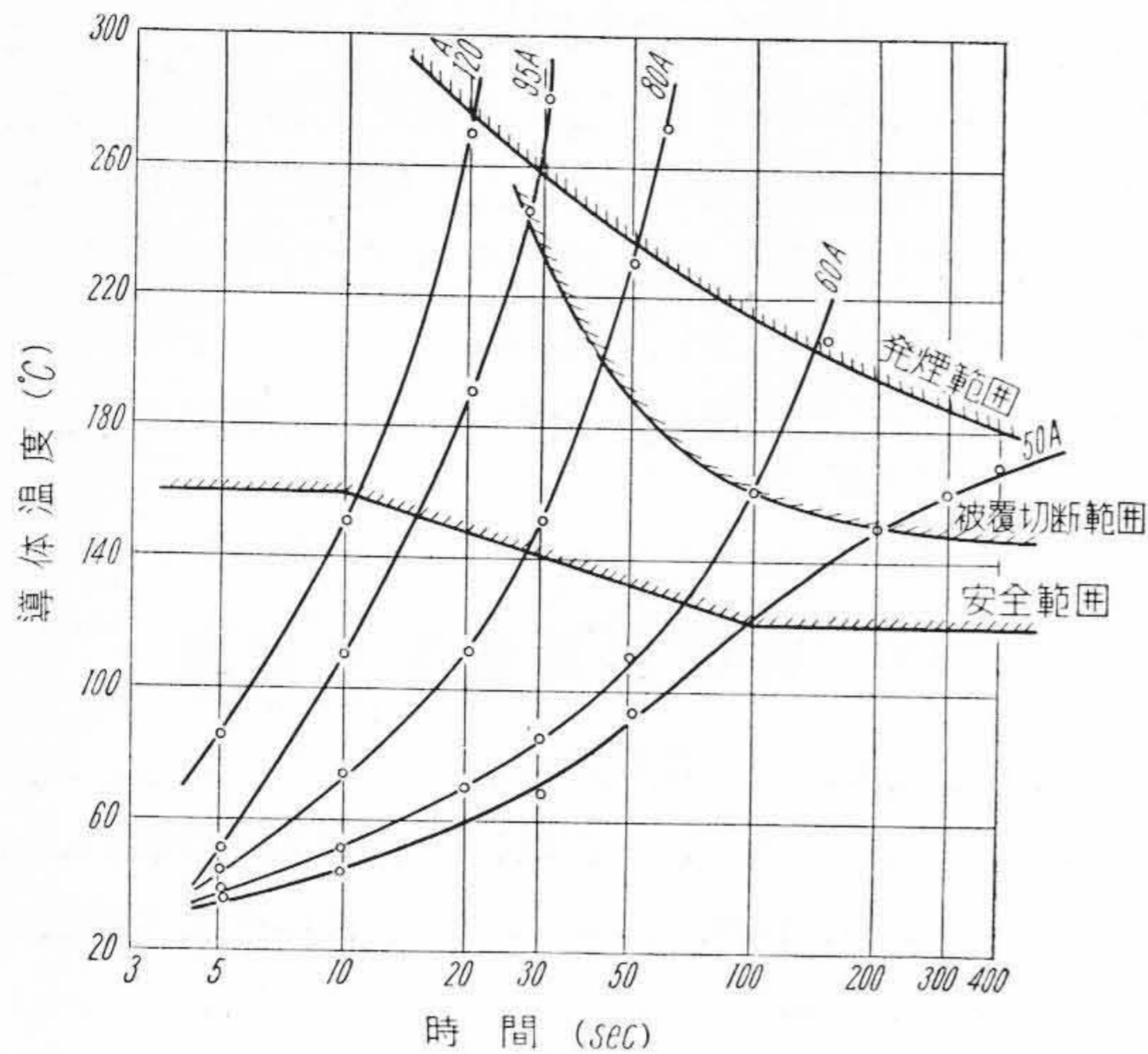
電線を水平に架設し、一定電流通電した場合の導体温度上昇を測定し、同時に発煙開始時間を測定する。導体温度の測定には、3.5 m の試料の中央部 2 m の電圧降下を測定し、電圧及び電流から抵抗法によつて算定する。導体温度を  $\theta^\circ\text{C}$  とすれば次の (22) 式で計算出来る。

$$\theta = \frac{R_t - R_{20}}{R_{20} \cdot \alpha} + 20 \dots \dots \dots (22)$$

但し

- $R_t$ : 導体抵抗 (電圧計及び電流計より求めた値)
- $R_{20}$ : 20°C に於ける導体抵抗
- $\alpha$ : 銅の抵抗温度係数

1.6 mm 塩化ビニル電線についての試験結果を第7図 (次頁参照) に示す。発煙開始時間を図の発煙範囲で示した。



第 7 図 電流—時間—温度曲線  
(1.6 mm 塩化ビニル電線  
定格電流 27 A)

Fig. 7. Current—Time—Temperature Curve  
(1.6 mm Polyvinyl Chloride-Insulated Wire)  
Rated Current—27 A

(2) 荷重試験

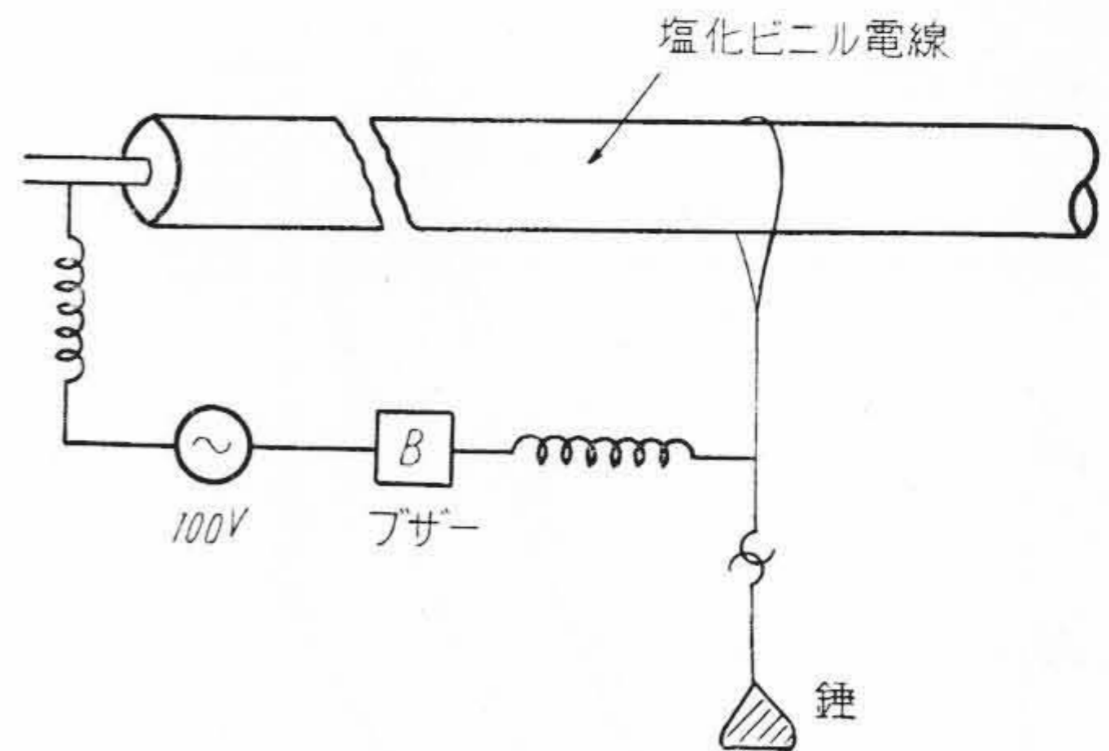
加熱による塩化ビニルの軟化状態をしらべる方法としては、水平に架設された電線の中央に第 8 図に示すように、0.5 mm の軟銅線に荷重を吊し、被覆の切断する時間を測定する。切断時間を検知するには、吊線と電線導体間に電圧を加え、この部分で短絡すれば警報装置（ブザー）が作動するようにしておく。1.6 mm 塩化ビニル電線の荷重試験の結果を第 7 図の被覆切断範囲で示す。このときの荷重は 300 g である。

(3) 破壊電圧測定

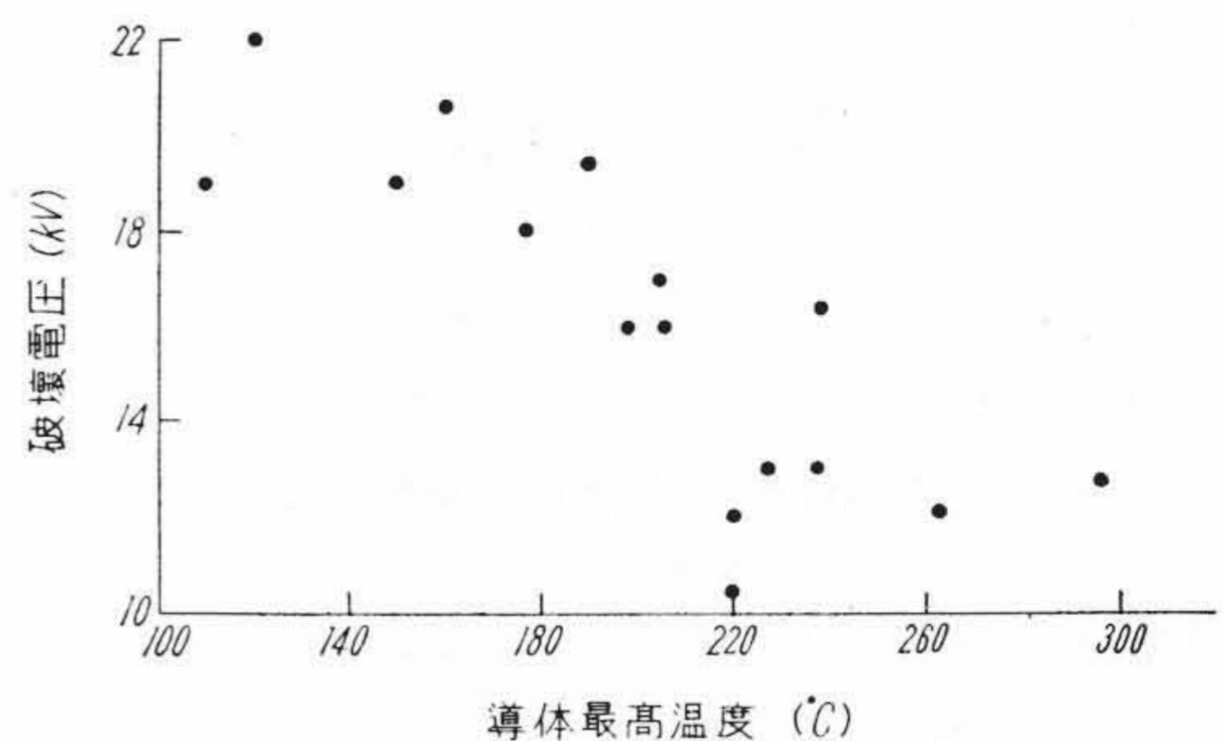
発煙試験を行つた試料及び発煙以前の試料を新に作り、水中に 72 hr 浸漬後の破壊電圧を測定する。1.6 mm 塩化ビニル電線についてのこの試験の結果は第 9 図に示す。

(4) 許容温度範囲

第 7 図の発煙開始及び被覆切断の導体温度は、長時間の場合は 140~150°C であるが、短時間通电の場合即ち通电電流の大きい場合には相当高くなつている。又第 9 図に於ては導体温度が 190°C 以上に達した場合には、破壊電圧が低下することが示されている。勿論これらの結果は塩化ビニルの配合、その他電線のサイズによつても異なる。許容温度の決定には、以上の発煙開始及び被覆切断範囲が目安となるが、実際の決定には安全係数をとつて、これよりも低い温度範囲を以つて安全範囲としなければならない。本稿には載せていないが、30 mm<sup>2</sup> 及び 2.6 mm の塩化ビニル電線に関する同様な試験に於ても上記の結果が得られている。これらの結果から 100sec



第 8 図 荷重試験方法  
Fig. 8. Method of the Loading Test



第 9 図 導体最高温度—破壊電圧  
(1.6 mm 塩化ビニル電線)

Fig. 9. Maximum Temperature of the Conductor—  
Break Down Voltage  
(1.6 mm Polyvinyl Chloride—Insulated Wire)

以上の長時間に於ては 120°C を以つて安全範囲とし、10 sec 以下の短時間に於ては発煙開始の時間的な遅れも考慮に入れて 150°C とした。即ち第 7 図に示した安全範囲である。

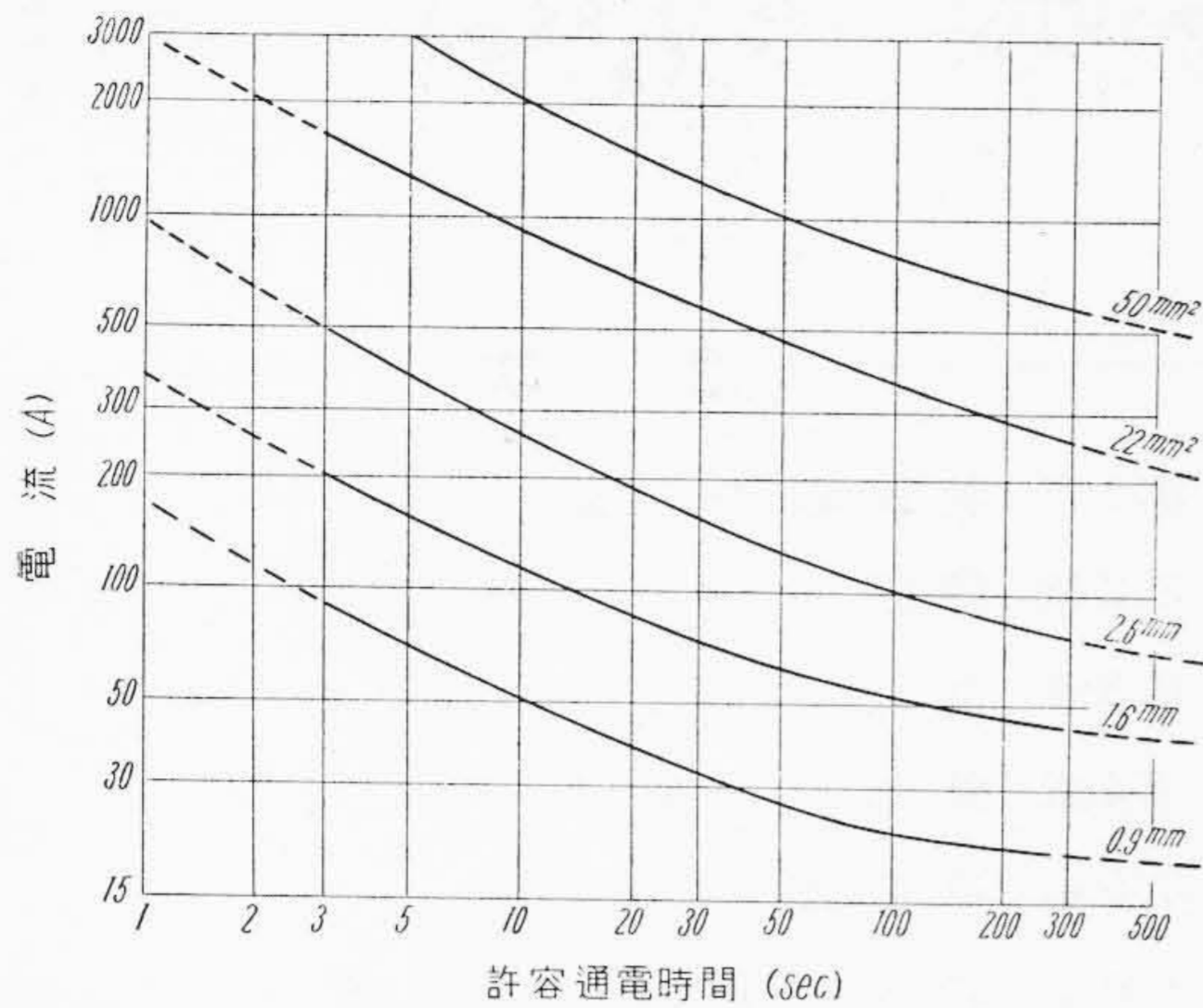
[V] 短時間電流容量

600V 塩化ビニル電線の各サイズの測定結果より、安全温度に達するまでの電流と時間の関係を求めた。なお 100 mm<sup>2</sup> 以上の大きなサイズの電線については、以前に述べた方法によつて、導体温度上昇を計算し、許容温度範囲から許容通电時間を求める事が出来る。以上の結果は電線のサイズをパラメーターとして、電流と時間の関係で表わした第 10 図に示してある。

[VI] 結 言

以上、塩化ビニル電線の温度上昇計算式、熱抵抗及び短時間電流容量について述べたが、これらの考察によつて

1. 塩化ビニルの伝導熱抵抗は、各通电電流に対してほぼ一定である。



第10図 電流—許容通電時間曲線  
(600V 塩化ビニル電線)  
Fig. 10. Current—Allowable Operating Time Curve  
(600 V Polyvinyl Chloride-Insulated Wire)

2. 表面の放散熱抵抗の逆数は電流に比例して増加する。

3. これらの熱抵抗の関係及び第3図の放熱回路から導かれた計算式から算出した導体の温度上昇は、急激な変化の場合にもよく一致する。

4. 最後に、発煙試験その他の試験結果から、塩化ビニル電線の許容温度を決定し、これらの結果から各サイズの電線の短時間電流容量を決定した。

終りに、試験装置に関し種々御配慮を賜った日立製作所日立研究所牧主任研究員、日立工場検査部河合主任、本研究に終始御指導御鞭撻下された日立電線工場の内藤部長、間瀬課長、武地課長並びに実験に協力された関係各位に深く謝意を表する次第である。

参考文献

(1) B.W. Jones, J.A. Scott: TAIEE, 65, Part II, 644 (1946)  
 (2) Wade H. Askew, A.T. McClinton: TAIEE, 68, Part II, 988 (1949)  
 (3) 田中: 住友電彙報 第28号1 (昭18)  
 (4) J.J. Fourier: Théorie analytique de la chaleur  
 (5) 木曾: 電試研報告 496号 (昭24)



実用新案 第392310号

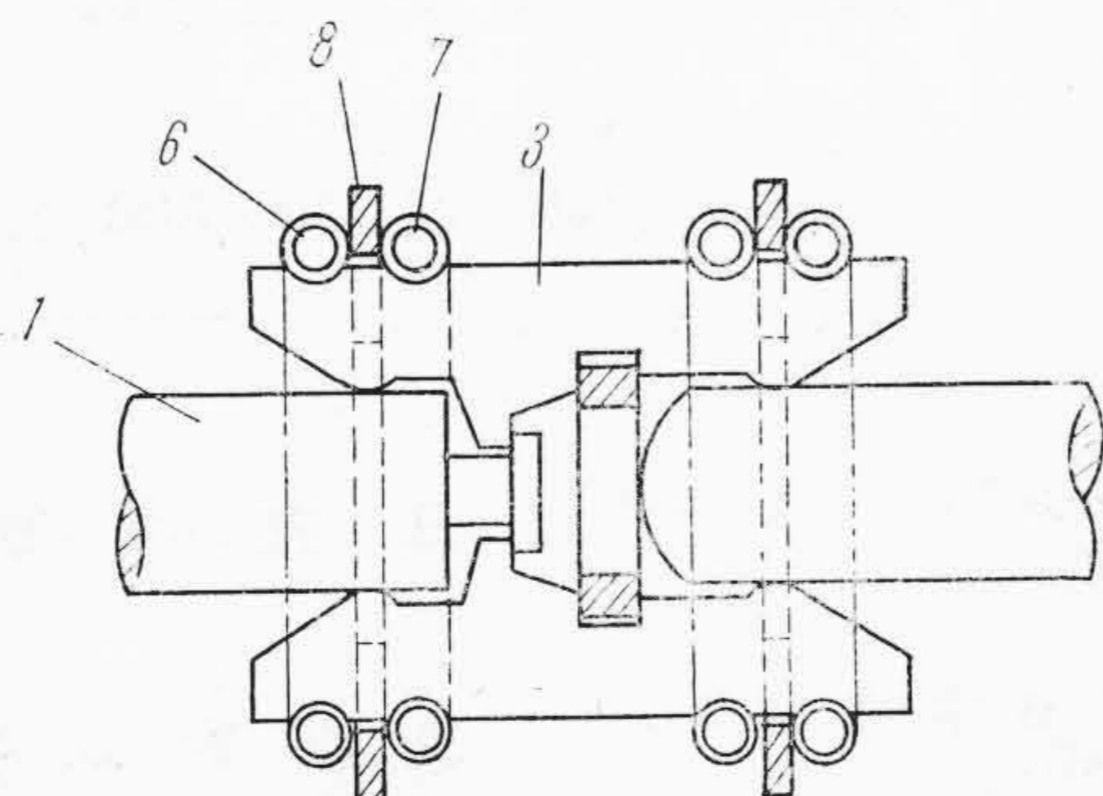
安藤卓郎・中川幸太郎

電気接触部

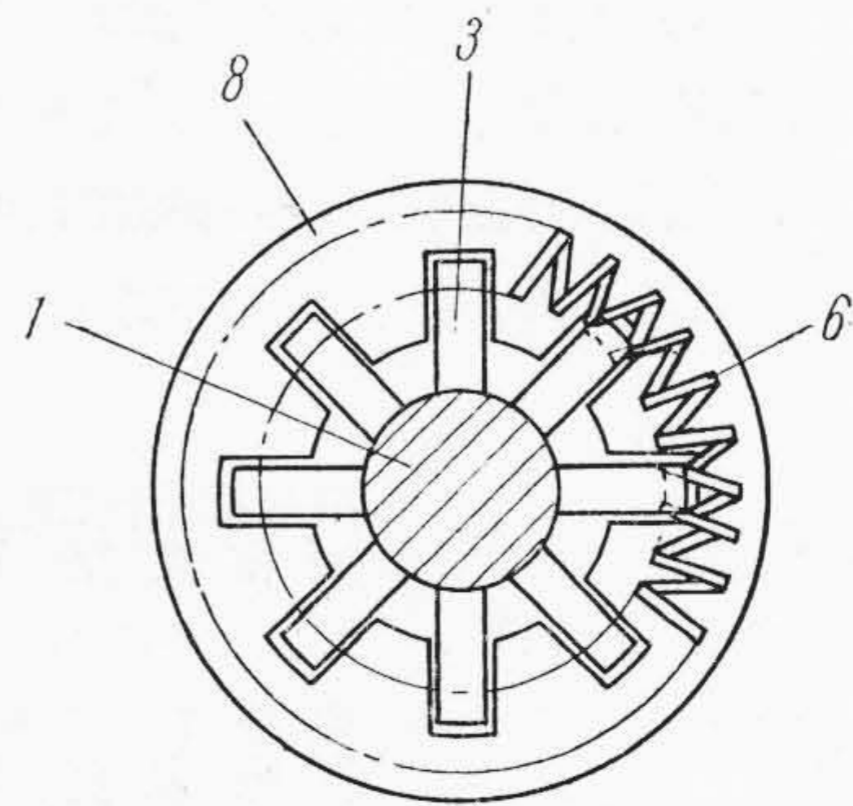
剛体よりなる多数の接触片3を接触杆1を囲んで放射状に配列し、外部より輪ばねにより収束したチューリップ型電気接触部は、一般に装甲型配電盤の断路器接触部等に使用されている。

本案はこの種電気接触部の改良構造に関するもので図面に示すように、各接触片3の外部より隣接接触片との間隔を規整する櫛歯環8を設け、この櫛歯環をその両側

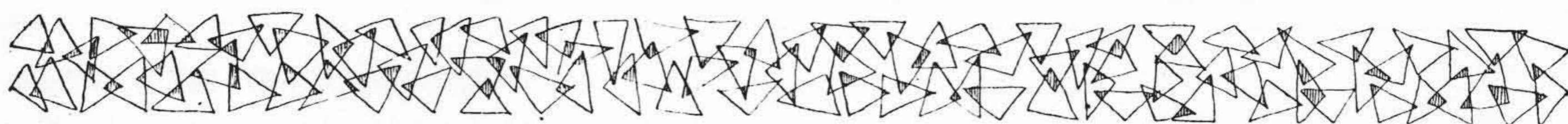
に装着した2箇の輪ばね6及び7により保抑してなるものである。この構造によれば櫛歯環の歯により放射状に配列した各接触片3相互間の間隔を適正に保守し接触片の横倒を防止することができ、又櫛歯環はこれを2箇の輪ばね間に挾持したからその保持を確実に行うことができる。従つてチューリップ型電気接触部として性能を向上し、信頼度を増大し得たものである。(滑川)



接触部縦断面図



接触部正面図



# 特殊鋼

日立製作所冶金研究所長

工学博士

小柴定雄 著

新刊 (昭和27年11月20日発行)

B5判 317頁 定価 850円

東北大学名誉教授 村上武次郎博士 序文より

著者小柴博士は篤学の士である。初め東北大学金属材料研究所に於て数年間、後日、日立製作所冶金研究所に転じて約20年専ら特殊鋼の研究に従事し、理論及び実際に亘り広汎なる研究をなし、新製品の発明並びに処理加工の改善に多大の業績を挙げられた。又それらの結果は多数の研究報告として学会その他に発表せられ、今や同博士は特殊鋼に関しては理論と実際に精通せる新進気鋭の学者として斯界に重きをなしている。

本書はこの著書がその研究結果と実地の経験に基づき広く内外の文献を整理統合し理論と実際の両方面に亘り、必要な事項を網羅し、明快に記述せられたもので、特殊鋼を知らんとする諸士に対し絶好の指導書、参考書であると信ずる。(以下略)

日立製作所中央研究所長 菊田多利男博士 序文より

小柴定雄博士は熱心なる研究努力家であり、稀に見る篤学の士でもある。さきに同氏の十数年の研究の結果を取纏め「高速度鋼」なる書を著述せられ世の賞讃を博した。本書は前著「高速度鋼」とは姉妹篇とも申すべきもので、それに関連せる文献を適度に蒐集せられている。従つて特殊鋼の製造者、需要家に対し参考となるのみならず、航空機、自動車其の他機械器具の設計者には最も参考となるものと思う。(以下略)

## 目次

第1章 特殊鋼の定義	
第2章 製鋼原料と精錬	
第3章 高温加工	
第4章 熱処理一般	
第5章 冷間加工と焼鈍	
第6章 特殊元素の一般作用	
第7章 合金元素別による特殊鋼の基本的性質	
①珪素鋼	②マンガン鋼
③ニッケル鋼	④クロム鋼
⑤タングステン鋼	⑥モリブデン鋼
⑦バナジウム鋼	⑧コバルト鋼
⑨アルミニウム鋼	⑩銅鋼
⑪チタニウム鋼	⑫硼素鋼
⑬窒素を含む鋼	⑭ジルコニウム鋼
第8章 実用特殊鋼の種類、熱処理及び性質	
①肌焼鋼(滲炭鋼)	②窒化鋼
③強靱鋼	④工具鋼
⑤ダイス鋼	⑥高速度鋼
⑦刃物鋼	⑧不銹鋼
⑨耐熱鋼と耐熱材料	⑩軸受鋼
⑪荒条鋼とゼンマイ鋼	⑫鍛造型用鋼
⑬耐磨耗鋼	⑭快削鋼
⑮磁石鋼と磁石合金	⑯電気鉄心板材料
第9章 特殊合金材料	
①工具用鑄造合金	②時効硬化合金
③焼結硬質合金	④不変鋼
⑤高導磁率合金	
第10章 鋼塊及び鋼材の欠陥	
第11章 鋼材の試験検査法	
附表 1~9	
(硬度数比較表及び SAE, AISI 成分規格表等)	

発行所

東京都千代田区丸の内1の4(新丸ビル)  
振替東京 71824

日立評論社

発売所

東京都中央区日本橋通2の6  
振替東京 109981

丸善株式会社