

# 富士限流形電力ヒューズの選択しゃ断

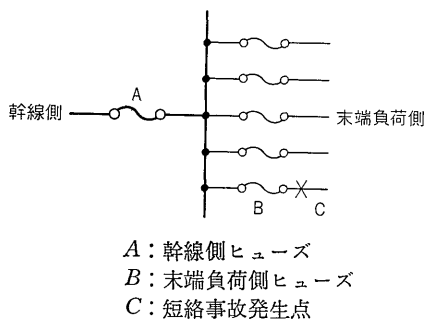
## Selecting Interruption of Current Limiting Fuses

大森豊明\* 喜多村忠雄\* 清水光之\*  
 Toyoaki Omori Tadao Kitamura Mitsuyuki Shimizu

### I. ま え が き

近年、限流形電力ヒューズの著しい普及によって、第1図に示すように、末端の負荷の前に、ヒューズBを、設置すると同時に、その幹線側にも、しゃ断器を省略しその代わりにヒューズAを設置する場合は、非常に多くなってきている。

本稿では、それらに対処して、限流形電力ヒューズの直列選択しゃ断について、計算や実験を行なうことにより、検討を行ない幹線側ヒューズと負荷側ヒューズの定格電流の関係を求めたので報告する。



第1図 選択しゃ断回路図

Fig. 1. Circuit of selecting interruption

### II. 選択しゃ断の必要性

第1図において負荷側C点で、短絡事故が発生した時短絡電流が幹線側ヒューズAと末端側ヒューズBに同時に流れる。

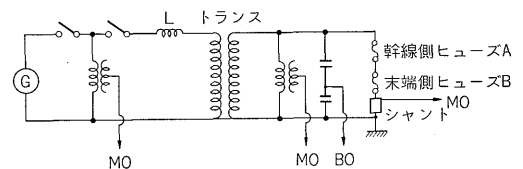
もし、この時、両ヒューズの間で直列選択しゃ断可能な関係がなかった場合、ヒューズA、Bは同時にしゃ断してしまい全系統が停電するという大事故になってしまう。しかしヒューズA、B間の直列選択しゃ断可能な範囲を前もって考慮して、ヒューズを配置しておけば、幹線側ヒューズAが溶断したり劣化する前に末端側ヒューズBがしゃ断を完了しているので停電は1ヶ所のみで済み、他系統は全然影響を受けない。そしてヒューズAは高価なしゃ断器に代って使用されても問題はなく、設備の敷地面積の大幅な減少を含め、より経済的な設備の建設が可能となる。

### III. 実験の内容

直列選択しゃ断の確認のために、3.6 kV で30, 50, 75, 100, 200 A のヒューズに関して200 A 定格を幹線側ヒューズAとして他を末端側ヒューズBとして異なる短絡電流で、しゃ断試験を行なった。そしてある期間において合計3回、同じヒューズについて同じ短絡電流で<sup>(1)</sup>しゃ断試験を行ない、そのつど幹線側ヒューズの抵抗値を測定し比較するとともに最後に各供試品ヒューズのおの1本を任意に選び、その可溶線を取り出して顕微鏡で拡大分析して可溶線に劣化が生じたかどうか調べた。

また50, 100, 150, 200 A のヒューズについては前回、超高圧電力研究所武山との協同研究で得た実測データをもとに東京電機大学の電算機で求めた熱特性 $\int i^2 dt$ の値が得られた。そしてその値が実際の現象に最も近いと思われるため、その数値と簡略計算および選択しゃ断試験後の抵抗値の変化、可溶線の劣化分析結果などについて比較検討した。

なお第2図に直列選択しゃ断の試験回路を示す。



第2図 選択しゃ断試験回路

Fig. 2. Test circuit of selecting interruption

### IV. 実験結果の検討

選択しゃ断を行なうためには第1図において定格電流の大きい幹線側ヒューズAに対して、それよりも定格電流の小さい末端側ヒューズをBとすると末端側で短絡事故が発生し両ヒューズに同時に短絡電流が流れた時、末端側ヒューズBが、しゃ断完了するまで幹線側ヒューズAが劣化したり溶断することのないよう両ヒューズの電流定格を選定しなければならない。

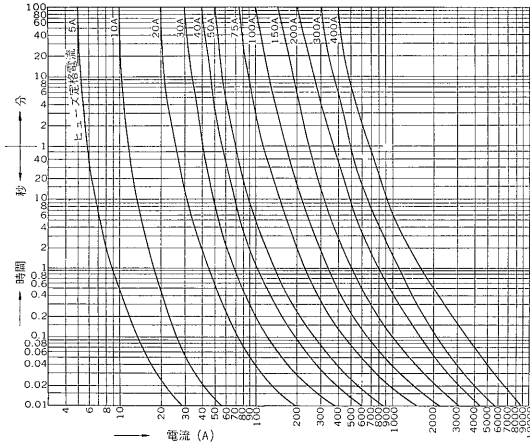
選定方法としては幹線側ヒューズAの許容熱特性と末端側ヒューズBの、しゃ断完了までの熱特性の関係を比

\* 川崎工場静止器部

較検討すれば良いので、まず熱特性の計算を行なった。

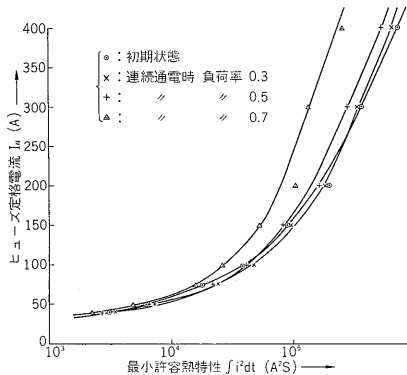
1. 初期状態の許容熱特性

幹線側ヒューズの許容電流-時間特性曲線第3図より求めた最小熱特性を  $\int i_A^2 dt$  とし各種の定格のヒューズについて計算し第4図に示した。



第3図 HHヒューズ許容電流時間曲線

Fig. 3. Characteristic curve between allowing current and time



第4図 最小許容  $\int i^2 dt - I_N$  曲線

Fig. 4. Characteristic curve between minimum allowing  $\int i^2 dt$  and rated current  $I_N$

また末端側ヒューズのしゃ断完了までの熱特性を  $\int i_B^2 \cdot dt$  とすると選択しゃ断可能な条件としては

$$\int i_A^2 dt > \int i_B^2 dt \dots\dots\dots(1)$$

を満足しなければならない。

2. 連続通電状態の時の許容熱特性

定格電流  $I_N(A)$  の幹線側ヒューズに対し、 $x \cdot I_N(A)$  の電流を連続通電した時の可溶線温度上昇を、まず求める。ここで  $x$  は、負荷率とする。

$I_N(A)$  定格のヒューズは、限界電流  $I_G(A)$  を  $t_1(sec)$  連続通電した時、溶断すると仮定すると、この時の可溶線温度は  $960^\circ C$  である (ただし可溶線は銀材料)。

$x \cdot I_N(A)$  の電流を、ある時間の間、連続通電すると可溶線の温度は、飽和状態となり、それ以上、上昇せず、飽和点では発生熱と放散熱が同じ値をとる。いま、限界電流  $I_G(A)$  の、ばらつきを  $\pm 10\%$  とすると最もきつい

場合を考えて  $0.9 \times I_G(A)$  とする。

温度は電流の2乗に比例するので下式が成立つ。

$$(0.9 \cdot I_G)^2 K = 960 \dots\dots\dots(2)$$

$$(x \cdot I_N)^2 K = \theta \dots\dots\dots(3)$$

ただし  $K$ : 係数

$\theta$ :  $x \cdot I_N(A)$  の電流を連続通電した時の可溶線の飽和温度 ( $^\circ C$ )

式(2), (3)より  $\theta$  を求めると次のようになる。

$$\theta = 960 \cdot (x \cdot I_N)^2 / (0.9 \cdot I_G)^2 \text{ (}^\circ C\text{)} \dots\dots\dots(4)$$

次に  $\theta^\circ C$  の可溶線温度から許容温度  $700^\circ C$  まで上昇するのに要する熱特性  $\int i^2 dt$  を求める。

ヒューズの、許容電流-時間特性曲線、第3図において、電流  $I'(A)$  を時間  $t'(sec)$  通電した時、可溶線温度が  $700^\circ C$  になることから式(4)で示される  $\theta^\circ C$  から  $700^\circ C$  まで温度上昇するにはいくらの電流を  $t'(sec)$  通電しても良いかを求めると、その時の電流値  $i_A (A)$  は、

$$I'^2 \cdot K = 700 \dots\dots\dots(5)$$

$$i_A^2 \cdot K = 700 - \theta \dots\dots\dots(6)$$

なる式より

$$i_A^2 = I'^2 (700 - \theta) / 700 \dots\dots\dots(7)$$

となる。

ゆえに求める許容熱特性の式は

$$\int_0^{t'} i_A^2 dt = \left(1 - \frac{\theta}{700}\right) \cdot I'^2 \cdot t' \text{ (A}^2\text{S)} \dots\dots\dots(8)$$

また式(8)に式(4)を代入して

$$\int_0^{t'} i_A^2 dt = \left\{1 - 1.37 \cdot \left(\frac{x \cdot I_N}{0.9 \cdot I_G}\right)^2\right\} I'^2 \cdot t' \text{ (A}^2\text{S)} \dots\dots\dots(9)$$

この式より連続通電状態の許容特性が得られる。

第4図に、式(9)より求めた許容  $\int i^2 dt - I_N$  曲線を示す。

3. しゃ断完了時の熱特性の理論式

しゃ断完了時の  $\int i_B^2 dt$  は、溶断時とアーク時の  $\int i^2 \cdot dt$  の合計で表わされる。まずそれぞれの理論式を示すと溶断時の熱特性  $\int i_a^2 dt$  は下式となる。

$$\int_0^t i_a^2 dt = 2 \cdot I_1^2 \left[ \frac{t}{2} - \frac{1}{4\omega} \{ \sin 2(\omega t + \alpha - \varphi) - \sin 2(\alpha - \varphi) \} + \frac{2L}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}} \sin(\alpha - \varphi) \times \{ \sin(\omega t + \alpha) e^{-\frac{R}{L}t} - \sin \alpha \} + \frac{L}{2R} \sin^2(\alpha - \varphi) \left(1 - e^{-\frac{2R}{L}t}\right) \right] \dots\dots\dots(10)$$

ただし

$$I_1: \frac{1}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}}$$

$\alpha$ : 電圧投入位相

$\varphi$ : 力率角  $\tan^{-1} \omega L / R$

次にアーク時の熱特性  $\int i_b^2 dt$  は、短絡電流により、可溶体最小断面部分にアークが発生すると、次々に発弧して、アークの長さは次第に伸びる。この期間のアーク電圧が一定であるとする

$$\int_0^{t'} i_b^2 dt = 2 I_1^2 \left[ \frac{t'}{2} - \frac{1}{4\omega} \{ \sin 2(\omega t' + \beta - \varphi_1) - \sin 2(\beta - \varphi_1) \} + 2\sqrt{2} \frac{I_1 i_0}{\omega} \{ \cos(\omega t' + \beta - \varphi_1) - \cos(\beta - \varphi_1) \} + \frac{2\sqrt{2} L I_1 I_N}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}} \times \left\{ \sin \beta - \sin(\omega t' + \beta) \cdot e^{-\frac{R}{L} t'} \right\} + I_N^2 \cdot \frac{L}{2R} \cdot \left( 1 - e^{-\frac{2R}{L} t'} \right) + \frac{2L}{R} \{ i_0^2 + i_c i_0 + \sqrt{2} I_1 i_0 \sin(\beta - \varphi_1) \} \left( e^{-\frac{R}{L} t'} - 1 \right) + i_0^2 t' \right] \dots \dots \dots (11)$$

ただし

- $t_1$  : 溶断時間
- $t'$  :  $t - t_1$
- $\beta$  : 発弧位相  $\alpha + \omega t_1$
- $i_c$  :  $t = t_1$  の時の限流値
- $v_{ac}$  : アーク電圧
- $i_0$  :  $v_{ac} \cdot i / R$
- $I_N$  :  $\{ i_0 + i_c - \sqrt{2} I_1 \sin(\beta - \varphi_1) \}$

$\int i^2 dt$  が与えられたヒューズについて、一定値に達するとアーク電圧の状態は次の状態に移行する。その移行する時間を  $t_2$  とする。

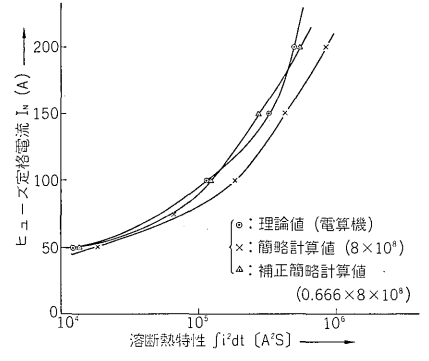
段付けされた可溶線の各段が次々に発弧し、可溶線全長にわたって、アークが成立し  $i=0$  となる瞬時を、もって、しゃ断が完了とする。

この過程における、熱特性  $\int i_c^2 dt$  は

$$\int_{t_2}^{t_3} i_c^2 dt = \int_0^{t a_2} i^2 dt'' = 2 I_2^2 \left[ \frac{t a_2^2}{2} - \frac{1}{4\omega} \{ \sin(2(\delta - \varphi_2)) - \sin(\gamma - \varphi_2) \} + \frac{2\sqrt{2} L I_2 I_q}{\sqrt{(R + \gamma_0)^2 + (\omega L)^2}} \{ \sin(\gamma) - \sin(\delta) e^{-\frac{R}{L} t a_2} \} + \frac{2\sqrt{2}}{\omega} I_2 i_q \{ \cos(\delta - \varphi_2) - \cos(\gamma - \varphi_2) \} + \frac{L}{2(R + \gamma_0)} I_0^2 \cdot \left\{ 1 - e^{-\frac{2(R + \gamma_0)}{L} t a_2} \right\} + \frac{2L}{R + \gamma_0} i_q I_p \cdot \left\{ e^{-\frac{R + \gamma_0}{L} t a_2} - 1 \right\} + i_q^2 t a_2 \right] \dots \dots \dots (12)$$

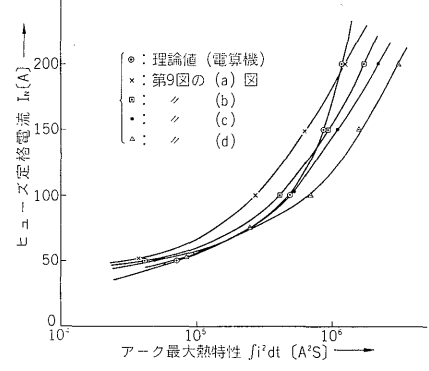
ただし

- $t''$  :  $t - t_2$
- $\gamma$  :  $\beta + \omega t_{a1}$
- $t_{a1}$  :  $t_2 - t_1$
- $t_{a2}$  :  $t_3 - t_2$



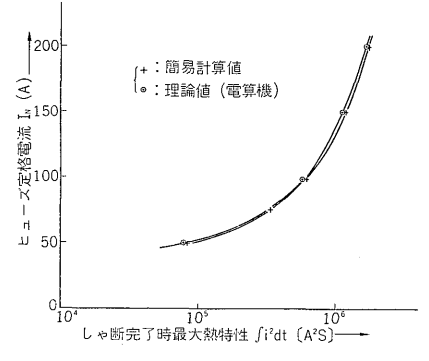
第 5 図 溶断  $\int i^2 dt - I_N$  曲線

Fig. 5. Characteristic curve between melting  $\int i^2 dt$  and rated current  $I_N$



第 6 図 最大アーク時  $\int i^2 dt - I_N$  曲線

Fig. 6. Characteristic curve between maximum arcing  $\int i^2 dt$  and rated current  $I_N$



第 7 図 最大しゃ断  $\int i^2 dt - I_N$  曲線

Fig. 7. Characteristic curve between maximum interrupting  $\int i^2 dt$  and rated current  $I_N$

$$\varphi_2 : \tan^{-1} \frac{\omega L}{R + \gamma_0}$$

$$i_q : \frac{v_0}{R + \gamma_0}$$

$i_e$  :  $t = t_2$  における限流値

$$I_p : i_q + i_e - \sqrt{2} I_2 \sin(\gamma - \varphi_2)$$

である。

ゆえに求めるしゃ断完了までの熱特性の理論式は式 (10), (11), (12) の和となり下式で示される。

$$\int i^2 dt = \int i_a^2 dt + \int i_b^2 dt + \int i_c^2 dt \dots\dots\dots(13)$$

この式は非常に複雑であり、電算機で特定の定格のヒューズについての値を算出し、その値をそれぞれ第5図から第7図までのグラフに示した。この理論式は超高压電力研究所武山との共同研究で得た実測データにも非常に近い値であることが判明しているのでこの理論値を、基準にして考えた。

ただし、特定のヒューズとは、定格電流 50, 100, 150, 200 (A) の4種類である。

4. 簡略計算式

3.の各式を見てもわかるように、筆算で解くのは非常に困難で、実用上きわめて不便である。

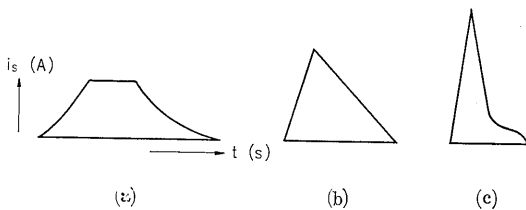
そこで3.で、述べた複雑な理論式を用いなくて、簡単に計算でき、しかも実際の現象に近似した簡略計算式を求めた。

従来、ヒューズのしゃ断時の  $\int i^2 dt$  の計算方法としては、最大限流値の時に最大しゃ断時間を仮定して、いわゆる三角波として計算をしていた<sup>(3)(4)</sup>。

これは熱特性  $\int i^2 dt$  としては最もきつい条件で、短絡電流を大きくしていくと  $\int i^2 dt$  は増大し、幹線側ヒューズと末端側ヒューズの比は小さくなる。

しかし、実際の現象としては限流値最大の時は、しゃ断時間が最小で、かつアーク電流は著しく限流されるので、上述の三角波の計算を用いることは不必要に、適用範囲が狭くなるので用いられない。

いま、短絡電流が流れた時のヒューズのアーク電流波形は、実験結果を見てもわかるように、第8図のように短絡電流の大きさの違いにより、特徴のある波形を示している。



第8図 限流波形  
Fig. 8. Current limiting wave shape

短絡電流の小さい時第8図(a)のような、台形波形となり、中電流領域では、同図(b)のようにほぼ三角波となり、短絡電流が大きいと同図(c)のような、特殊な波形を示している。

このような波形となる理由は(c)図のように、短絡電流が大きいと、瞬間的に全可溶線長が銀蒸気となり内圧が急上昇するため、溶断時間が短かく限流値は、直線的に減少し、零となる。しかし(a)図のように短絡電流が、小さいと、全可溶線が溶断するのに時間がかかり、内圧が

急上昇しないので大きな、短絡電流が持続され台形波形となるのである。

以上の三つの限流波形より、明らかなように、熱特性  $\int i^2 dt$  は短絡電流が大きければ、それに従って大きくなるということはありません。

実際の熱特性  $\int i^2 dt$  はアークエネルギーと同様な傾向を示し、ある短絡電流の値で最大となり電流が、それ以上増加すると下がってくるという、いわゆる「へ」形の性質のあるのが最近の種々の実験などで明白になってきた。

本稿では、上述のような理由で三角波としての計算は、行なわず下記に述べる簡易計算方法を用いることにした。

1) 溶断時の熱特性

半波溶断電流を流した時の  $\int i^2 dt$  は同一定格のヒューズについて、短絡電流に関係なく一定で、下式

$$\begin{aligned} \int I^2 dt &= \int_0^{10 \times 10^{-3}} \left( \frac{I_{T/2}}{F} \right)^2 dt \\ &= k \\ &= \text{const} \dots\dots\dots(14) \end{aligned}$$

ただし、この式において

$I_{T/2}$ : 半波溶断電流 (A eff)

$F$ : 可溶線の断面積の合計 (cm<sup>2</sup>)

$k$ : 溶断係数 [銀の時  $8 \times 10^8$  (A/cm<sup>2</sup>)<sup>2</sup>]

式(14)より熱特性  $\int i^2 dt$  を求めると

$$\int_0^{10 \times 10^{-3}} (\sqrt{2} I_{T/2})^2 dt = 2 k F^2 (\text{A}^2\text{S}) \dots\dots\dots(15)$$

また理論式(10)との補正係数を  $K$  とすると式(15)は

$$\int_0^{10 \times 10^{-3}} (\sqrt{2} I_{T/2})^2 dt = 2 K k F^2 (\text{A}^2\text{S}) \dots\dots\dots(16)$$

となる。

ただし  $K=0.666$

第5図に、式(15)、(16)によりおのおの、求めた曲線を示す。

第5図からもわかるように、電算機で求めた理論値と簡略計算値とは、非常に近く、溶断時の  $\int i^2 dt$  は式(16)を用いれば実際の現象によく合うことがわかる。

2) アーク時の熱特性

限流値の値は、 $1.0 \sqrt{2} \cdot I_{SW} \sim 2.0 \sqrt{2} I_{SW}$  の間にあるが、限流作用を生じた時の最大アークエネルギーを、生ずる短絡電流の限流値の値  $i_s$  は

$$i_s = 1.05 \cdot I_{SW} \dots\dots\dots(17)$$

であることが実験や IEC の規格などにより、判明している。

いま  $1.05 \cdot I_{SW}$  になる時の波高値の係数  $x$  を、求めると

$$1.05 \cdot I_{SW} = x \cdot \sqrt{2} \cdot I_{SW} \dots\dots\dots(18)$$

$$\therefore x = 0.742 \dots\dots\dots(19)$$

となり、最大アークエネルギーを生ずる短絡電流  $I_{SW}$  の値は

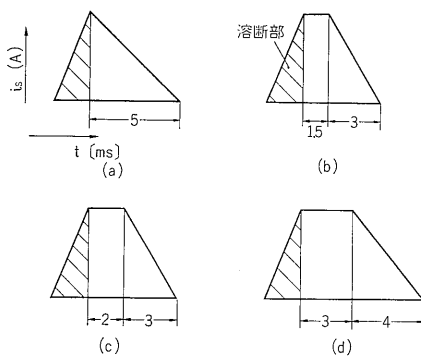
$$\frac{\text{限流作用無}}{\text{限流作用有}} = \frac{1.0 \sqrt{2} \cdot I_{SW}}{525 \cdot \sqrt[3]{I_{SW} F'^2}} = \frac{1.0}{0.742} \dots\dots(20)$$

$$\therefore I_{SW} = 500^{3/2} \cdot F'(A) \dots\dots(21)$$

ただし  $F'$  : 可溶線断面積合計 (mm<sup>2</sup>)

最大アークエネルギーと  $\int i^2 dt$  は、同様の傾向を示すので、短絡電流値が式 (21) の値の時、最大  $\int i^2 dt$  を生ずる。

ある定格のヒューズにおいて、最大  $\int i^2 dt$  を生ずる時の、短絡電流  $I_{SW}$  を流した時の限流値  $i_s$  の波形を、第 9 図(a)~(d)まで、三角形と長方形を組合せた 4 種類の形状に仮定して、おのおのについて下記のような簡易計算を行なう。



第 9 図 限 流 波 形

Fig. 9. Current limiting wave shape

図 (a) の限流波形の時のアーク時熱特性  $\int i_a^2 dt$  の計算式は

$$\int_0^{5 \times 10^{-3}} i_a^2 dt = \int_0^{5 \times 10^{-3}} \frac{i_s^2}{3} dt \dots\dots(22)$$

である。以下同様に図 (b)~(d) までの各アーク時の熱特性

$$\text{を } \int_0^{4.5 \times 10^{-3}} i_b^2 dt, \int_0^{5 \times 10^{-3}} i_c^2 dt, \int_0^{7 \times 10^{-3}} i_d^2 dt \text{ とすると,}$$

$$\int_0^{4.5 \times 10^{-3}} i_b^2 dt = \int_0^{1.5 \times 10^{-3}} i_s^2 dt + \int_{1.5 \times 10^{-3}}^{4.5 \times 10^{-3}} i_s^2 dt \dots\dots(23)$$

$$\int_0^{5 \times 10^{-3}} i_c^2 dt = \int_0^{2 \times 10^{-3}} i_s^2 dt + \int_{2 \times 10^{-3}}^{5 \times 10^{-3}} i_s^2 dt \dots\dots(24)$$

$$\int_0^{7 \times 10^{-3}} i_d^2 dt = \int_0^{3 \times 10^{-3}} i_s^2 dt + \int_{3 \times 10^{-3}}^{7 \times 10^{-3}} i_s^2 dt \dots\dots(25)$$

となる。

以上のおおのの式について、各定格のヒューズごとに計算を行ない、第 6 図に示した。その曲線と電算機で求めたアーク時の理論式 (11)+(12) の値を、比較すると式 (22) は、ヒューズ 定格 200 (A) 近辺では非常に理論式に近いが、定格電流が小さくなるに従って誤差が大きくなる。式 (23) では、主格電流 150A 近辺で理論式に近く、それより電流値が小さくなると誤差が大きくなる。

以下同様に式 (24), (25) についても、同様なことがいえる。

そこで理論値に最も近い、近似曲線を簡略式より、分割して出すとすると

ヒューズ定格 200 (A) 前後 式(22), 図(a)

ヒューズ定格 150 (A) 前後 式(23), 図(b)

ヒューズ定格 100 (A) 前後 式(24), 図(c)

ヒューズ定格 75 (A) 前後 式(25), 図(d)

のようになる。

以上のように定格電流の大きさによって曲線を、分割して求めることにより、簡易計算式で、実際の値に非常に近い結果が得られることが、第 7 図よりわかる。

ただし、第 7 図は上述のように分割して求めた曲線と、理論曲線の比較をしたもので、しゃ断完了までの最大熱特性を示す。

なお第 9 図(a)~(d)の限流値波形は、今までの多くの実験データを参考にして、形状や、アーク時間を推定したものである。

一例として 200A 定格と、75A 定格のヒューズについて、波形を比較した時、先に述べたように、200A 定格のヒューズの限流波形は第 9 図 (a) であり、75A 定格では第 9 図(d)のような波形となるが、このことは次に述べる理由から、正しく、第 9 図の波形の推定も正しいことがわかる。

200 (A) と 75 (A) のヒューズは同じ内径の磁器筒を使用しており、また可溶線断面積は 200 (A) ヒューズの方が当然大きく、そこで 2 個のヒューズを、比較した場合、溶断後の銀蒸気の体積、つまり、圧力上昇は 200 (A) ヒューズの方が大きいので、限流波形は図(a)のように溶断後、ストンと連続的に落ちているが 75 (A) ヒューズでは圧力が 200 (A) ヒューズに、比べ小さいため、大電流が持続して図(d)のように、台形状となる。

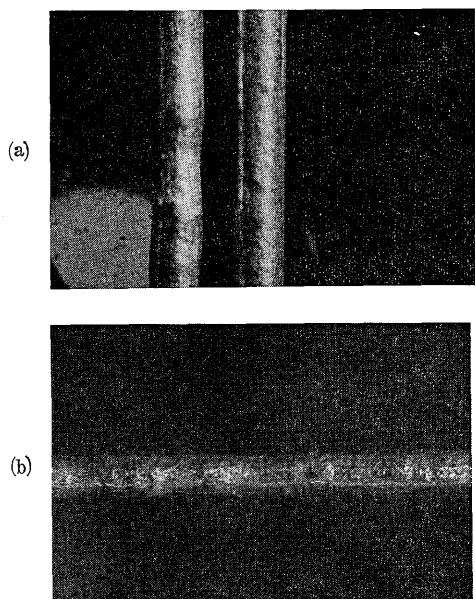
この考え方は図 (b), (c) の波形についても、同様である。

また第 1 表に、しゃ断完了時の最大熱特性の値を示す。

第 1 表 HH ヒューズのしゃ断時の最大  $\int i^2 dt$

Table 1. Maximum  $\int i^2 dt$  of HH fuse interruption

ヒューズ定格電流 (A)	しゃ断時の最大 $\int i^2 dt$ (A <sup>2</sup> S)
200	$1.72 \times 10^8$
150	$1.18 \times 10^8$
100	$6.05 \times 10^7$
75	$2.86 \times 10^7$
50	$8.30 \times 10^6$
40	$7.30 \times 10^6$
30	$3.16 \times 10^6$
20	$9.16 \times 10^5$
10	$1.12 \times 10^5$
5	$1.14 \times 10^5$



短絡電流 40 kA 末端側ヒューズ 75 A

第10図 可溶線の劣化状況

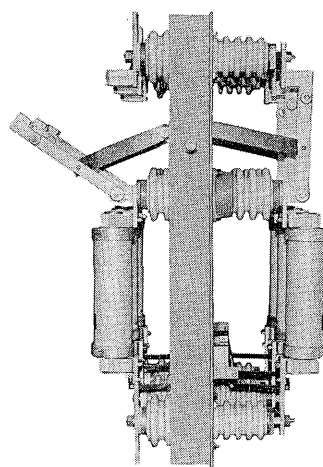
Fig. 10. Damaged condition of fuse element

第2表 富士密閉限流形電力ヒューズ (HHヒューズ) 選択しゃ断適用表

Table 2. Application of HH fuse selecting interruption

幹線側ヒューズ 定格電流 (A)	末端側ヒューズ定格電流 (A)			
	初期状態	連続通電状態		
		負荷率30%	負荷率50%	負荷率80%
400	100	100	75	50
300	75	75	50	50
200	50	50	50	50
150	50	50	40	30
100	30	30	30	20
75	20	20	20	20
50	10	10	10	10
40	10	10	10	10

以上の結果を基に選択しゃ断可能な範囲を求めたがその際、試験前と隔間3回の選択しゃ断試験後の抵抗値の変化は±2%以内であり、この値では測定誤差内に入ってしまうため、劣化の判定には用いられないので、可溶線の表面の劣化を顕微鏡で拡大して溶けている部分があるかどうかを調べて検討した。



第11図  
再閉路用ヒューズ  
Fig. 11.  
HH fuse to be reclosed

第10図に劣化した状態の可溶線の分析写真を示した。そして、第2表に選択しゃ断適用表を示す。

ただし、第2表は、2箇所またはそれ以上の個所で、連続または同時に、短絡事故が発生する場合は、きわめてまれなので考慮していない。

なお、連続または同時、事故発生<sup>(3)</sup>に対処するためには、第11図のような、再閉路用ヒューズを用いれば、完全にカバーできる。

## V. む す び

以上、限流形電力ヒューズの選択しゃ断について述べたが、連続通電中の短絡事故時の劣化などについての確認試験は、別の機会に検討を加えたい。

### 参考文献

- (1) 龍治：ヒューズとヒューズの直列協調  
昭和40年，電気学会東支大 144
- (2) 大森，篠原：ヒューズの許容電流特性について  
昭和40年，電気学会東支大 147
- (3) 大森，横山：富士限流形電力ヒューズの特徴とその応用  
富士時報 40, No. 2, 昭和41年
- (4) 竹谷，黒田：直列接続ヒューズ間の動作協調について  
昭和42年，電気学会東支大 170
- (5) 加藤，渋谷：限流形電力ヒューズの最大アークエネルギー  
昭和41年，電気学会東支大 161



\*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する  
商標または登録商標である場合があります。