

送電線温度テレメータの開発

Development of Thermo-telemeter for Overhead transmission lines

田 尻 利 重* 高 橋 亨 治*
Toshishige Tajiri Yukiharu Takahashi
田 中 昭** 岡 皓 一**
Akira Tanaka Kōichi Oka

要 旨

架空送電線の温度上昇の遠隔測定のため、トランジスタ回路を用い軽量・小形で取扱いが容易な送電線温度テレメータを開発した。試験線と実負荷線路による長期間の実用試験の結果、測定値は他の温度計の値とよく一致し、実用の見通しを得ることができた。

1. 緒 言

最近の系統容量の増大にともない架空送電線の電流容量を増加させるため耐熱電線の採用や短時間過負荷送電などの措置がとられており、また許容電流の再検討が行なわれるなど⁽¹⁾もっとも合理的経済的な送電システムの運用のため種々の調査研究が行なわれている。その一方法として架空送電線の状態を常に適確につかみながら運用するための架空線温度の遠隔測定法の開発が各方面で行なわれているが^{(2)~(5)}、日立電線株式会社では東京電力株式会社と協同して活線に取り付けることができ、軽量小形で取扱いが容易な送電線温度テレメータを開発し⁽⁶⁾、長期間にわたりその実用試験を行ない^{(7)~(9)}実用化の見通しを得たのでここにその結果をとりまとめ報告する。

2. 送電線温度テレメータの構成・性能と特長

2.1 温度情報の伝送方式

電線温度を測定する方法としてもっとも普通に行なわれているのは熱電対を電線表面に取り付ける方法であるが、これは実験には使用できても実際に運転されている送電線路に適用することはできない。これに対して今回開発した温度遠隔測定方式は、電線温度をサーミスタで検出してこれを周波数変調したうえで発振し近くにおかれた受信器で増幅検波して記録するいわゆるテレメータ方式を採用している。この温度テレメータのブロックダイアグラムを図1に示す。データの伝送は送電線またはケースをアンテナとする超短波帯の電磁波によって行なわれ、電線温度は電線表面に取り付けるサーミスタによって検出される。

2.2 送電線温度テレメータの構成と性能

(1) 構 成

送電線温度テレメータの発信器は電線に取り付けられるアルミ製のクランプ2個と、発信回路を収納しアンテナの役目をするアルミパイプ製のケースから成り、長さ約1m重量約2kgのものである。その外観を図2に示す。

受信器のアンテナと本体は発信器のほぼ直下におかれ、出力は所要のリード線によって監視所内に別に設置された150 μ Aの電流計に接続されている。その外観を図3に示す。

(2) 感 温 部

感温部の温度検出素子は2個のサーミスタ素子であり、これがCR発信回路のウィーンブリッジの抵抗素子となっている。感温部のサーミスタおよび電線取付部はガラス繊維強化プラスチック(FRP)によってクランプと熱的に絶縁され、電線温度がクランプの熱容量によって低下しないよう考慮されている。

* 東京電力株式会社

** 日立電線株式会社

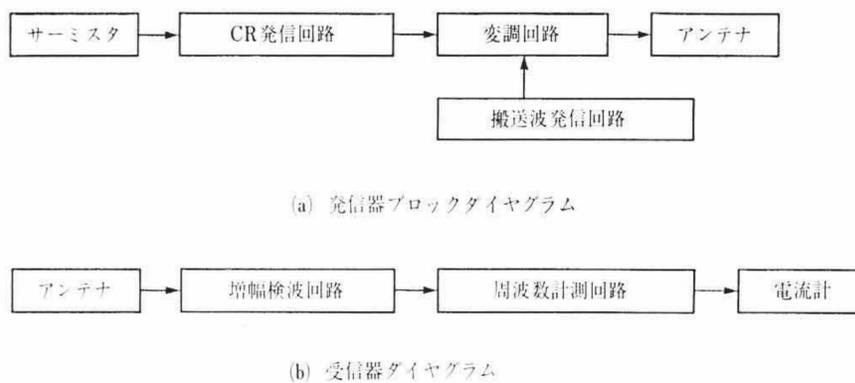


図1 送電線温度テレメータのブロックダイアグラム

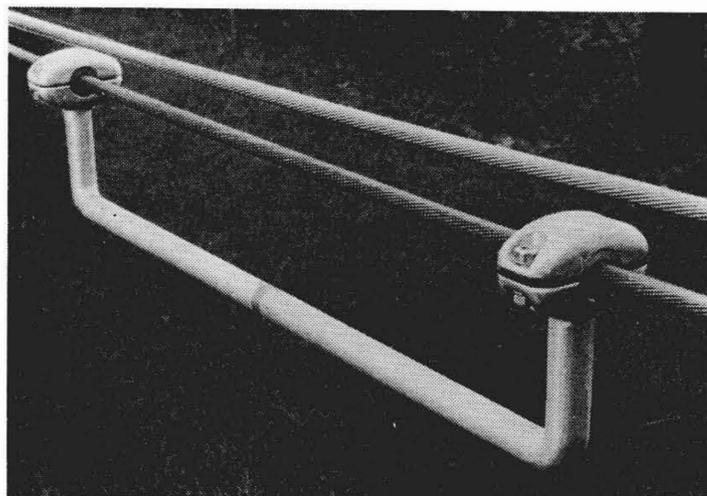


図2 発 信 器

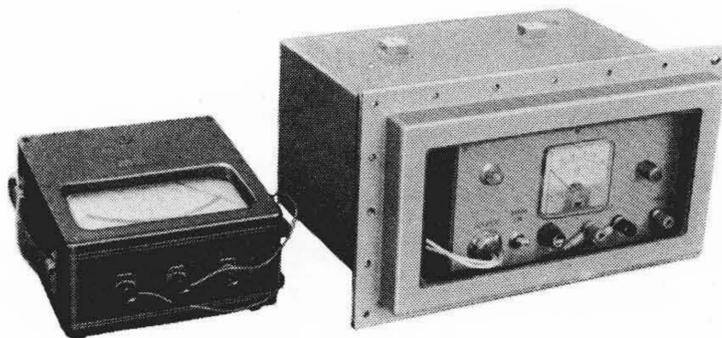


図3 受 信 器

感温部の温度特性を図4に示す。図からわかるように30 $^{\circ}$ Cから120 $^{\circ}$ Cの温度範囲でほとんど直線を示しており、ずれは2 $^{\circ}$ C以内である。したがって受信器出力の較正は60 $^{\circ}$ Cで行ない、30~120 $^{\circ}$ Cを等分目盛とし、120~150 $^{\circ}$ Cは特性曲線に応じた不等分目盛とした。

(3) 電 源 部

電源部は送電線電流を電源とするトロイダルコイルから成り、

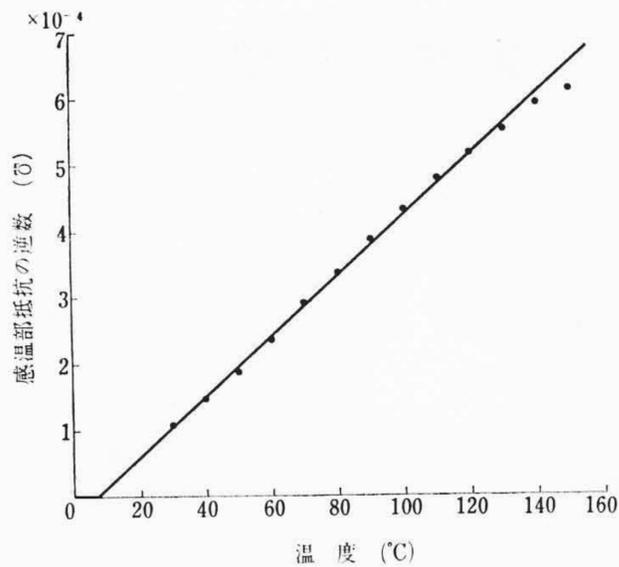


図4 感温部の温度特性

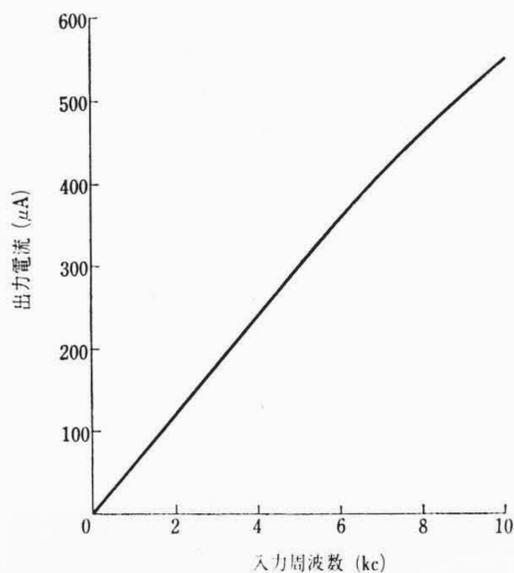


図5 受信器の周波数特性

1個のクランプ内に納められている。保護回路はSR式アレスタにより連続500mA(一次側約3,000A)、サージ電流交流半波25A(一次側約20,000A)までの異常電流に耐えることができる。

(4) 発信部

発信部はサーミスタを抵抗素子とするCR発信回路と超短波帯の搬送高周波発信回路とからなり、CR発信回路の固定素子は温度係数が $10^{-4}/^{\circ}\text{C}$ 以下の高性能のものを使用した。

(5) 受信器

受信器の構成は図1のブロックダイアグラムに示すとおりであるが、その周波数特性を図5に示す。発信器の最大周波数は3~5kc程度である。

受信器の電流計の読みと温度との換算は図6に示すような較正曲線にもとづいて行なう。

2.3 送電線温度テレメータの特長

送電線温度テレメータの特長を列挙するとつぎのようである。

(1) 感温部には高性能のサーミスタを使用している。このため温度測定範囲は $30\sim 150^{\circ}\text{C}$ で、特性はほぼ直線的である。

(2) 発信部はCR発信回路を使用している。発振周波数はコンデンサと抵抗素子によって決まり、トランジスタなどの能動素子や電源電圧の影響は二次的なものにすぎず周波数安定性がきわめて高い。

(3) 電源として送電線電流を利用している。発信器回路用電源はクランプに内蔵したトロイダルコイルによって送電線の電流から取っているため、電源は半永久的に動作する。なお電源回路はSR式アレスタを取り付けており送電線の異常電流に対して発信器を保護する。

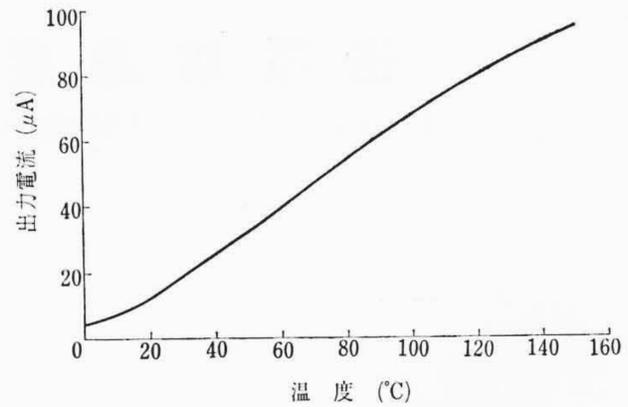


図6 受信器の電流温度較正曲線

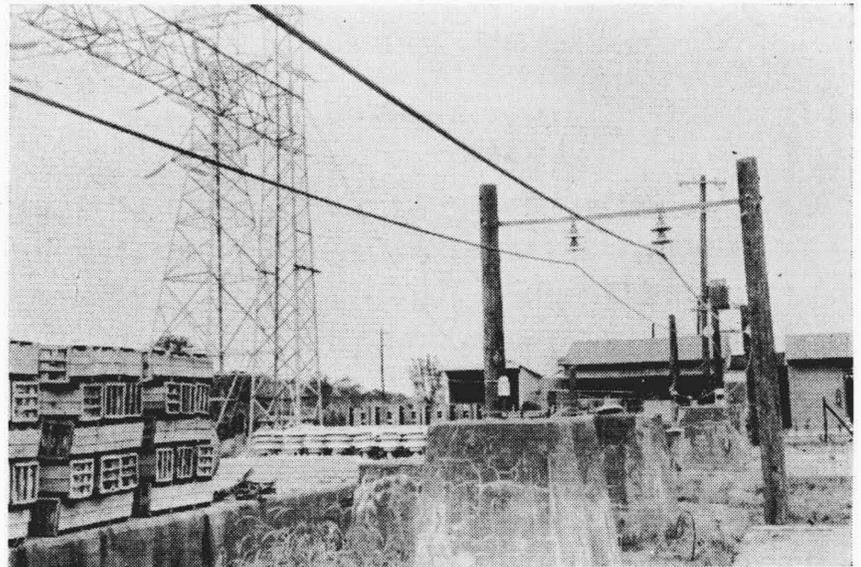


図7 試験線

(4) サーミスタ感温部はFRPによってクランプと電線とを熱的に絶縁しており温度の指示は正確である。

(5) 発信器は電線には容易に取り付けできるので線路を停電しないまま活線工具で取り付けることが可能である。

3. 送電線温度テレメータの実用試験

3.1 試験目的

送電線温度テレメータの実用試験として試験線および実負荷線路(活線)にこれを取り付け、他の温度計とともに電線温度を測定してこれらを比較するとともに計算値と測定値両者と気象特に風速の関係を調べる試験を1年間にわたって実施した。

3.2 試験方法

(1) 場所

東京電力株式会社北東京電力所草加保線区構内の試験線、および同社154kV送電線京北線・猪苗代旧幹線・北鳩線を使用した。

(2) 期間

昭和39年11月20日より昭和40年10月15日までの約1個年間。ただし実負荷線路は途中から実施した。

(3) 試験線

電線として 240 mm^2 ACSR(鋼心アルミより線)、同左で表面を黒く塗ったもの(黒線)、 410 mm^2 ACSR、同左黒線の4種類各20mを地上約3mの高さに架線し、50kVAトランス3台を使用して最高1,000A常時850Aを通電した。なお同時に無通電電線として 240 mm^2 ACSR 2mを木柱からつり下げた。試験線の全景を図7に示す。

(4) 活線

活線としてつぎの3線路を測定した。

(i) 京北線(250 mm^2 ACSR) 昭和39年12月21日より昭和40年5月31日まで測定。

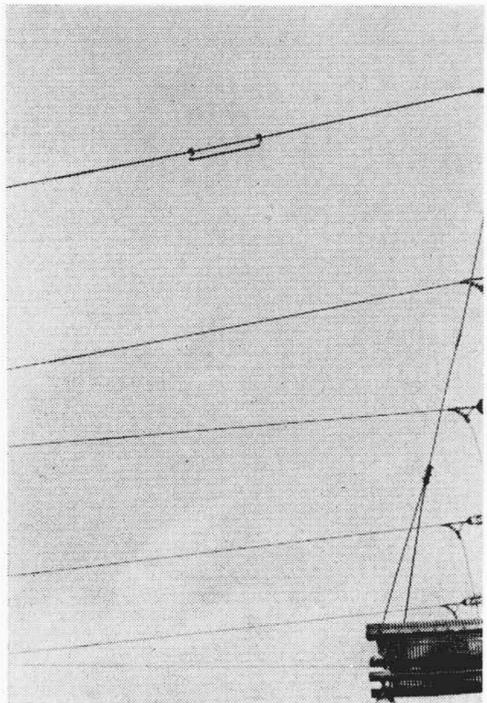


図8 京北線への送電線温度テレメータの取付状況

(1) DATA FROM 4/1 TO 4/30

M	D	T	V	P	CS	A	IA	IB	XA	SB	XB	HB	RB	SC	SD	RD	TA	TB	TC	TD
4	1	9	1	2.5	.033	11.	270.	960.	21.	64.	63.	60.	66.	17.	44.	42.	17.2	66.4	13.7	38.9
4	1	13	1	3.5	.012	17.	260.	960.	20.	42.	43.	42.	46.	20.	32.	35.	20.7	63.2	17.8	39.6
4	1	16	1	8.0	.012	10.	290.	920.	11.	10.	18.	19.	20.	17.	15.	16.	12.9	37.3	10.6	23.8
4	2	9	1	4.0	.080	9.	290.	880.	13.	10.	34.	32.	35.	17.	24.	26.	17.6	48.9	14.3	31.7
4	2	13	1	4.5	.052	11.	270.	880.	16.	31.	34.	33.	34.	18.	23.	25.	17.0	46.9	14.3	30.5
4	2	16	1	5.0	.019	9.	250.	880.	13.	19.	26.	22.	24.	11.	15.	19.	12.3	40.7	10.1	25.2
4	3	9	1	5.0	.077	9.	280.	880.	11.	19.	27.	21.	23.	15.	17.	20.	16.4	44.6	13.7	29.3
4	3	13	1	7.0	.086	15.	270.	880.	11.	19.	30.	21.	22.	13.	16.	20.	21.7	46.2	19.4	33.1
4	3	16	1	9.0	.045	9.	270.	880.	19.	18.	21.	19.	21.	10.	14.	16.	13.0	34.0	11.1	22.7
4	4	9	2	5.5	.042	9.	170.	840.	11.	24.	26.	25.	28.	18.	26.	11.	12.4	37.9	11.4	24.7
4	4	13	1	4.0	.064	13.	170.	840.	23.	38.	30.	30.	40.	16.	40.	30.	18.4	48.7	17.3	33.1
4	4	16	1	5.0	.038	9.	170.	880.	14.	19.	21.	19.	22.	19.	16.	16.	12.3	42.0	11.3	26.5
4	5	9	1	6.0	.077	10.	260.	880.	17.	22.	28.	22.	25.	14.	19.	20.	16.5	42.6	14.3	28.7
4	5	15	1	5.0	.097	12.	270.	880.	23.	25.	28.	29.	31.	16.	21.	26.	20.4	49.2	17.8	33.4
4	5	16	1	5.0	.048	12.	250.	880.	21.	25.	26.	27.	27.	15.	20.	21.	17.1	45.9	14.9	30.4
4	6	9	1	4.5	.077	11.	250.	880.	16.	29.	33.	28.	33.	16.	23.	26.	18.2	48.6	15.9	32.4
4	6	13	1	2.0	.096	15.	250.	880.	25.	62.	58.	67.	67.	29.	40.	42.	26.9	72.5	23.6	67.8
4	6	16	1	3.0	.032	15.	240.	880.	23.	55.	46.	48.	55.	17.	35.	35.	20.0	57.4	17.4	36.9
4	7	9	1	2.5	.080	11.	370.	880.	19.	36.	37.	38.	42.	15.	26.	32.	24.2	61.1	17.5	39.1
4	7	13	1	5.0	.088	19.	280.	920.	27.	62.	55.	60.	63.	24.	42.	45.	27.8	59.4	24.2	41.8
4	7	16	1	3.5	.035	15.	260.	880.	19.	29.	31.	30.	30.	16.	23.	25.	20.3	54.6	17.5	35.7
4	8	9	1	2.0	.042	10.	270.	880.	16.	62.	58.	60.	68.	13.	40.	40.	17.6	61.7	13.8	37.0

図9 温度測定結果一覧表の一部 (40年4月1日~7日)

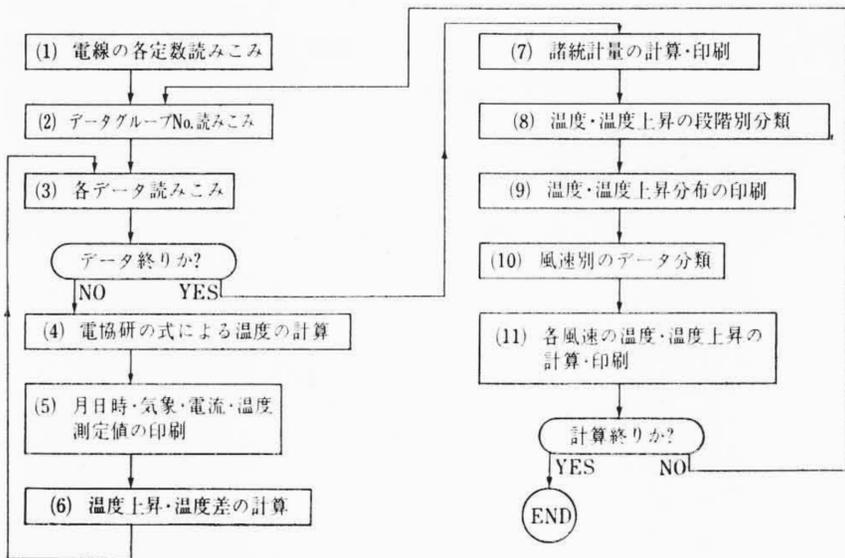


図11 各温度測定値・計算値とりまとめのフローチャート

- (ii) 猪苗代旧幹線 (170mm² ACSR) 昭和40年7月20日より10月15日まで測定。
- (iii) 北鳩線 (200mm² 硬銅より線) 昭和40年7月20日より10月15日まで測定。

以上いずれも変電所引出口のところで温度テレメータを取り付けて測定した。京北線での取付状況を図8に示す。

(5) 測定項目

電線温度はそれぞれ次記の温度計で測定した。

- 240mm² ACSR (テレメータ・サーモカップル・水銀温度計)
- 240mm² ACSR 黒線 (サーモカップル)
- 410mm² ACSR (サーモカップル)
- 410mm² ACSR 黒線 (サーモカップル)
- 240mm² ACSR 無通電 (サーモカップル)

活線 (テレメータ)

なおこのほかに気温・風速・日射量・雨量・天候・試験線電流および活線電流を測定した。測定は9時・13時・16時の1日3回とし所定の記録用紙に記入した。

3.3 測定結果

前節までにのべた方法によって行なった測定データはとりまとめのうへ各電線の温度計算値とともに一覧表の形式で示した。その一部を図9に、また温度測定値と計算値を比較したグラフの一部を図10に示す。なお電線温度の計算式は電気協同研究会の推奨式⁽¹⁰⁾によった。

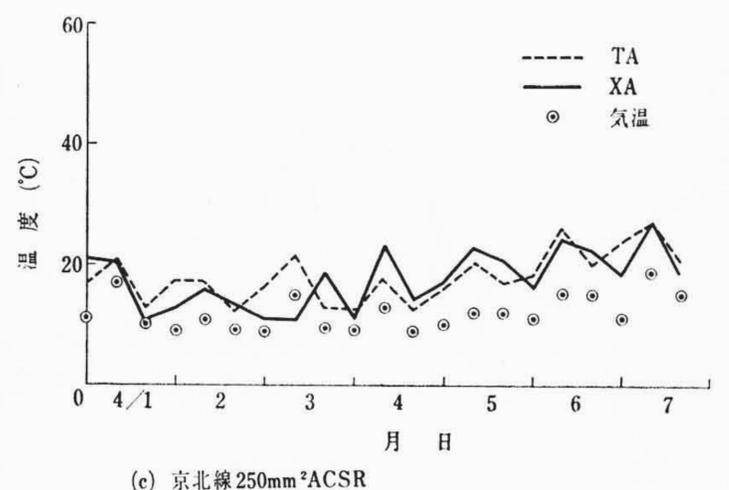
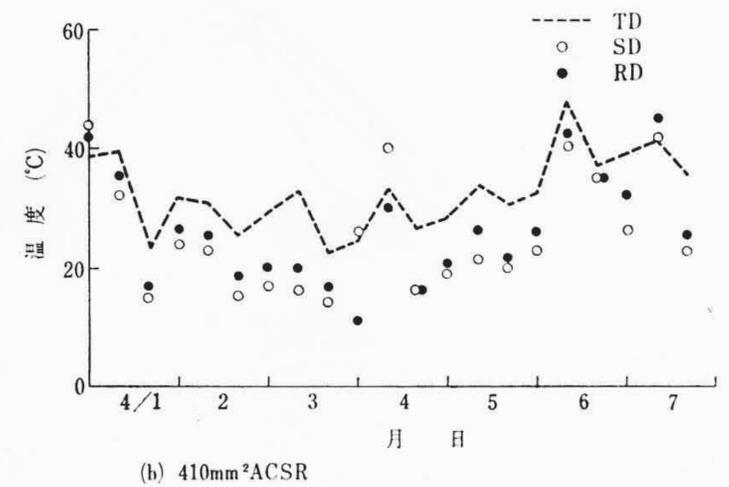
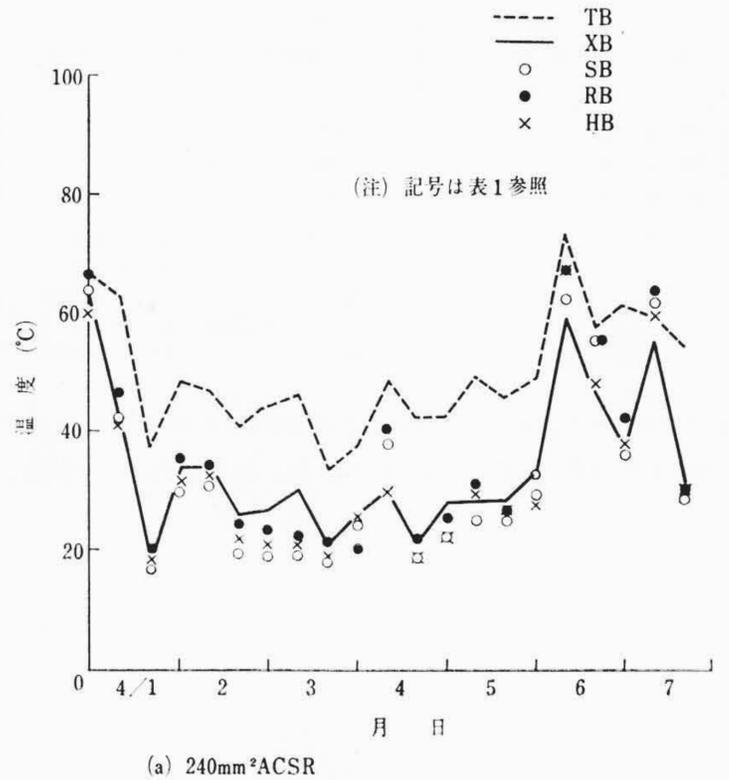


図10 温度測定値と計算値の一部 (40年4月1日~7日)

表1 各温度測定値・計算値と気象測定値

温度上昇		単位	データ数	最大	最小	平均	標準偏差
京北線	XA	℃	394	20	0	7.3	4.1
	TA	℃	550	38.1	0.5	8.8	4.4
猪旧線	XA'	℃	259	12	0	2.0	3.4
	TA'	℃	260	19.2	0.3	3.5	2.6
240mm ² ACSR	XB	℃	936	83	1	31.7	14.3
	SB	℃	936	105	4	34.0	15.7
	HB	℃	665	77	3	32.7	14.5
	RB	℃	941	89	5	36.3	13.6
	TB	℃	956	133.1	8.5	50.3	24.4
無通電	SC	℃	945	26	0	3.1	3.8
	TC	℃	956	20.5	0.1	3.4	2.4
410mm ² ACSR	SD	℃	955	55	0	20.5	10.7
	RD	℃	936	52	0	21.8	9.0
	TD	℃	956	74.3	5.3	25.7	11.9
風日射気	速度	m/s	956	18	0	2.9	2.1
	射量	W/cm ²	956	0.097	0.001	0.033	0.024
	温度	℃	956	36	0	16.5	9.6
電流	京北線	A	558	440	0	311	74
	猪旧線	A	260	290	0	96	49
	試験線	A	956	1,000	520	854	87

注： 記号はつぎのとおり。 X テレメータ A 京北線
 S サーモカップル A' 猪旧線
 H 水銀温度計 B 240mm²
 R サーモカップル(黒線) C 無通電
 T 計算値 D 410mm²

これらのデータは最大1,000個に及ぶのでそのとりまとめにあたっては電子計算機 HITAC 3010 を使用し計算と作表を実施した。

表2 各温度間の差と相関性

温度	単位	温度差		回帰係数		相関係数	
		平均	標準偏差	a	b		
活線	\bar{x} \bar{y}						
	XA-TA	℃	-1.9	4.7	1.82	0.951	0.809
線	XA'-TA'	℃	-1.6	4.8	1.31	1.106	0.819
	XB-TB	℃	-18.6	18.8	32.02	0.576	0.509
240mm ² ACSR	SB-TB	℃	-15.8	20.7	32.36	0.528	0.505
	SB-XB	℃	2.5	8.6	3.07	0.851	0.947
	HB-XB	℃	0.8	8.1	3.34	0.891	0.885
	HB-SB	℃	-0.8	8.6	-0.06	1.015	0.891
	RB-SB	℃	2.5	6.0	-3.94	1.032	0.952
無通電	SC-TC	℃	0.2	3.2	0.72	0.860	0.910
410mm ² ACSR	SD-TD	℃	-4.8	10.8	12.00	0.667	0.656
	RD-SD	℃	0.9	4.8	-1.39	1.013	0.939

注： 1. データ数がすべて同じなので、温度上昇の平均値の差と温度差の平均値は必ずしも一致しない。
 2. a, bは回帰直線の係数で次式を満足する。
 $\bar{y} = a + b\bar{x}$

図11はそのフローチャートである。

各温度の計算値と測定値の統計量と相関関係を表1,2に示す。ここでは活線として京北線と猪苗代旧幹線をのせてある。これら温度のデータの分布を図12, 13に、風速と温度上昇の関係を240mm²ACSRについて求めた結果を図14に示す。

3.4 結果の検討

(1) 240mm²ACSRの測定値をみるとサーモカップルで測った黒線の温度がもっとも高く、つづいてサーモカップル、水銀温

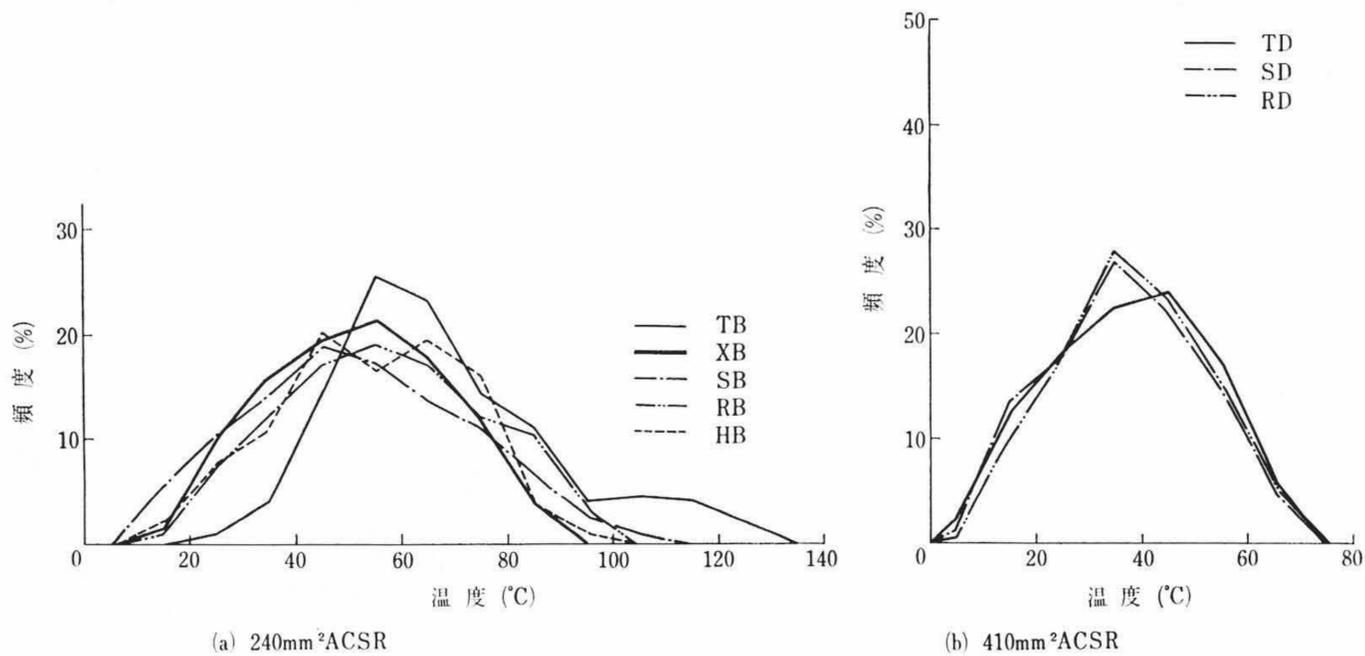


図12 温度分布

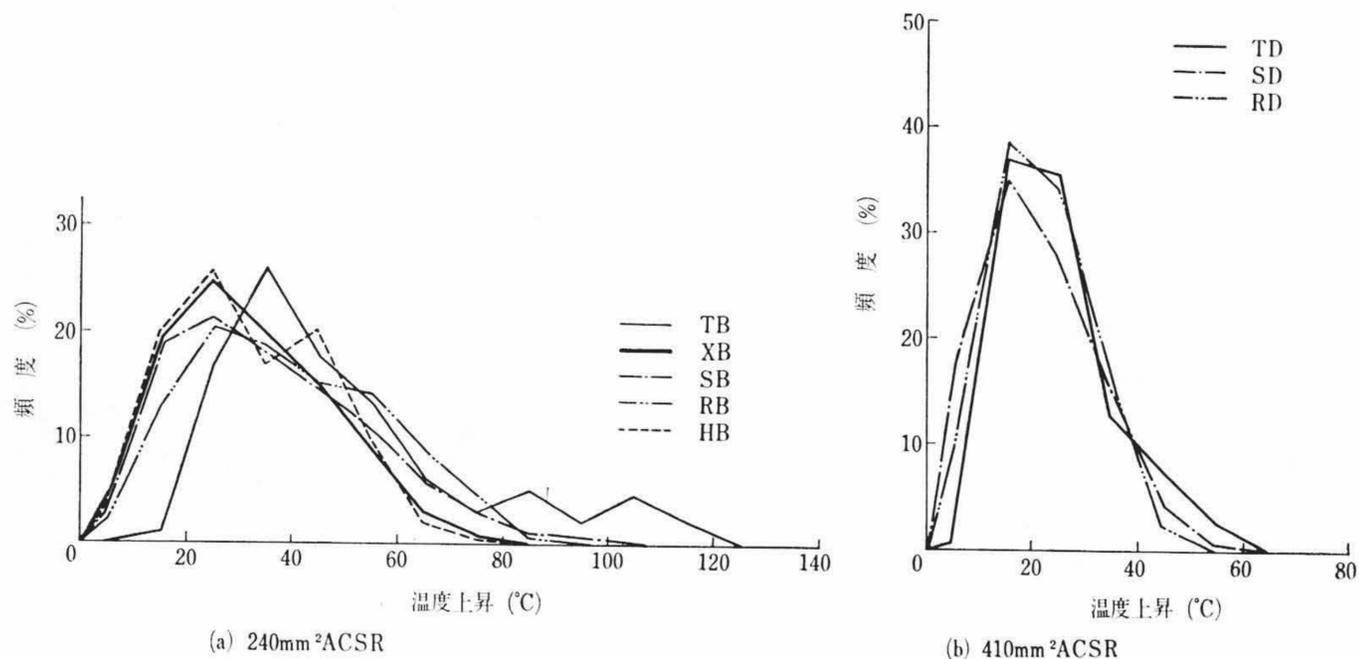


図13 温度上昇分布

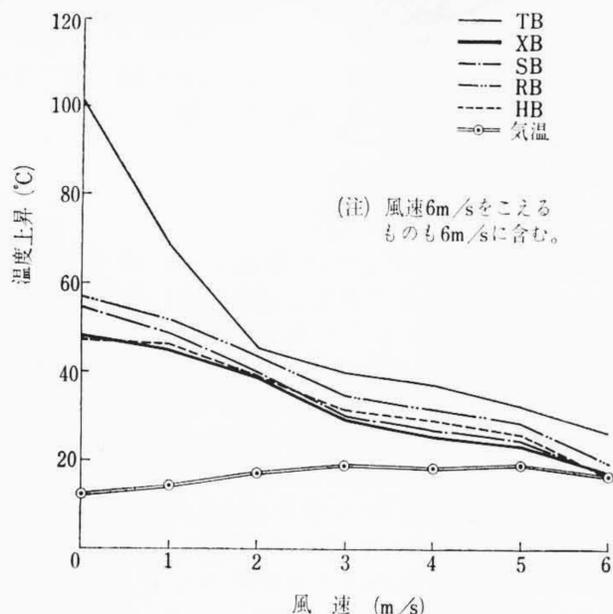


図14 風速と温度上昇 (240 mm² ACSR)

度計、テレメータの順である。そして平均値が高いものほど標準偏差も大きい。測定値間の相関関係は相当密であるが回帰直線のこう配からみるとサーモカップルは水銀温度計やテレメータにくらべ温度変化がはげしい。これはサーモカップルの熱容量が小さく電線温度の局所的な変化に対して敏感に追随するのに対し、水銀温度計やテレメータはある程度熱容量があるのでサーモカップルほど温度の変動が大きくないためである。なお信頼度限界95%の範囲内で平均値が同じとみなせるのはテレメータと水銀温度計およびサーモカップルと水銀温度計の2組である。

(2) 測定値と計算値を比較するといずれも計算値のほうが高く特に240 mm² ACSRで差が大きい。これは電線温度が高くなるほど風の影響が大きくなるため、無通電線や410 mm² ACSRあるいは活線ではあまり差がない。

(3) 活線および試験線に取り付けたテレメータは順調に動作した。ただ活線では通電電流が比較的小さかったため最高温度は46°Cであり、気温が低い場合には指示温度がテレメータの感温部の直線領域以下になることが多かった。しかし計算値と測定値はかなりよく一致している。

(4) 240 mm² ACSRの温度および温度上昇の分布をみると、計算値がもっとも分布範囲が広く高温にひろがっている。それ以外の各測定値の分布曲線はほぼ同様な形状を示しており、ただ高温部の分布が測定器によって多少差がある程度である。これに対して410 mm² ACSRは計算値と測定値の分布に大きい差はない。

(5) 温度上昇はいずれも低風速のときほど高いが計算値についてその傾向がもっともいちじるしい。これは風速の測定に三様式風速計を使用したため、低風速の場合には実際よりも低い値を読みとる傾向があるためである⁽¹¹⁾。なお風が強いと気温は高い傾向がある。

4. 結 言

架空送電線の温度を遠隔測定するためトランジスタ回路を用いた送電線温度テレメータを開発し、1年間にわたって試験線と実負荷線路にこれを取り付けて実用試験を行なった。試験線ではテレメータのほかにサーモカップル・水銀温度計などでも同時に測定を行ない計算値とあわせて相互の比較をした。これまでも電線温度の長期測定が行なわれた例はあるが⁽³⁾⁽¹²⁾⁽¹³⁾、このような比較をした報告はあまり聞かない。

この試験の結果低風速では計算値は測定値よりかなり高く、またサーモカップルによる測定値はバラツキが大きく電線表面の局所的な風による温度変化に敏感に追随することがわかった。これに対して水銀温度計やテレメータはある程度の熱容量をもっておりサーモカップルほど温度の変動がはげしくない。一般に送電線の負荷の変動は数十分以上のオーダーであり、その最高使用温度も90°Cないし150°Cである。また電線自体もかなりの熱容量をもっている。電線の性能に影響するのは送電線の常時の使用範囲では温度の瞬時値よりもその温度でどのくらいの時間だけ継続したかという積算値であるから、屋外の実負荷線路の温度測定の目的にはわれわれが開発したテレメータのような構造のものが実用性や保守の点から適当であると考えられる。

なお試験に使用したテレメータは順調に動作した。ただ実負荷電流が小さかったため電線温度の最高値は46°Cにとどまったので感温部の直線領域をはずれるものがかかなりあったが計算値と測定値はよく一致した。現在この直線領域をもう少し下げること、搬送周波数を高くすること、外装を改良してあらゆるサイズの電線に取り付けられる構造にすることなどを検討している。

最後に本研究開発にあたって種々ご指導・ご協力をいただいた東京電力株式会社の関係者各位、茨城大学の池田先生、日立製作所乗松課長に深く感謝する。

参 考 文 献

- (1) 電力中研送電系統機能研究会：架空送電専門委員会報告 (1964)
- (2) 大月、水沼：昭和39年連合大会 884
- (3) 山崎、大月ほか：昭和40年連合大会 1125
- (4) 三入、小林：昭和40年東京支部大会 220
- (5) 西山：昭和40年東京支部大会 221
- (6) 田尻、池田、乗松ほか：昭和40年連合大会 1123
- (7) 田尻、高橋ほか：昭和40年連合大会 1124
- (8) 田尻、高橋ほか：昭和40年東京支部大会 222
- (9) 田尻、高橋ほか：昭和41年連合大会 812
- (10) アルミ裸電線電流容量専門委員会：電気協同研究 4, (6), 1 (1948)
- (11) 三入、上田：昭和40年連合大会 1136
- (12) O.R.Schurig, C.W.Frick: GE Review, 33, (3), 141 (1930)
- (13) J.C.Gorub, E.F.Walf: PAS, 82, (12), 852 (1963)



特許第454162号 (特公昭 40-4136)

奥本武臣・岡田千里
前橋良嗣

微細黒鉛鑄鉄の製造法

本発明は、Al-Mg合金を鑄鉄溶湯に添加することによって引け巣の少ない、耐摩耗性のすぐれた微細黒鉛鑄鉄を得る微細黒鉛鑄鉄の新製造法に関するものである。

従来から共晶黒鉛鑄鉄は、凝固に際して引け巣が少なく、また低荷重の摩耗に対してすぐれた性質を有することが知られていた。そして鑄鉄中の黒鉛形態は、従来酸素量の増減により、白銑-共晶状-バラ状-粗片状黒鉛-バラ状黒鉛-共晶状黒鉛-微細粒状黒鉛-過冷却白銑と変化することもよく知られていた。また硫黄量においてもある範囲内でこれと類似の作用を行なうことも周知である。

しかし、上記のようにして共晶黒鉛の生成する酸素量、硫黄量としては、普通成分の鑄鉄ではごく限られた範囲であり、安定して共晶黒鉛を生成することが困難であった。

本発明は上記の点にかんがみ、20~60% Mg-Al合金を、共晶度0.7~1.1の鑄鉄溶湯に添加してなることを特長とするものである。

図1は、FC-20相当のキュボラ溶湯に20~80% Mg-Al合金をMg量として0.05~0.5%まで添加し、40×40×40砂型に鑄造した試験片の共晶黒鉛生成率を示したものである。この図1から明らかなように、20~60% Mg-Al合金において、その生成率60%以上とすぐれた結果を示し、とりわけ30% Mg-Al合金をMg量として0.1%添加したものにおいてきわめて優秀な結果を示している。図2は、上記成分の溶湯を鋼屑Fe-Siまたは同様Fe-Siの電極屑で成分を調整し、Si2%として共晶度Scを変化させ、30% Mg-Al合金をMg量として0.1%添加して前記試験片に鑄造した場合の共晶黒鉛生成率を示したものである。この図より明らかなように、本処理によって共晶度Scに関係なくすぐれた成績を示している。

本発明になる方法によれば、上記のように安定なる共晶状微細黒鉛鑄鉄組織を得ることができる。(郷古)

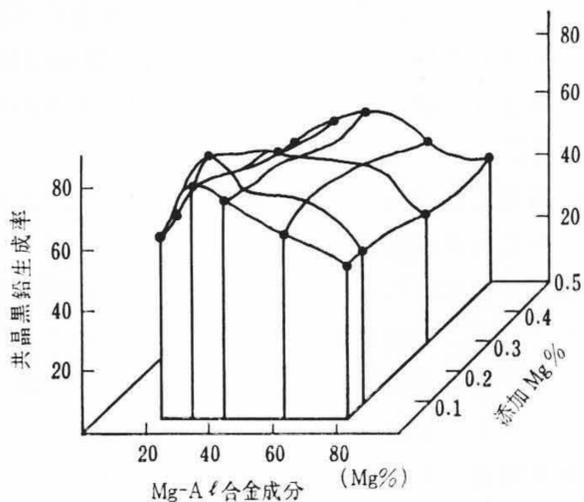


図1

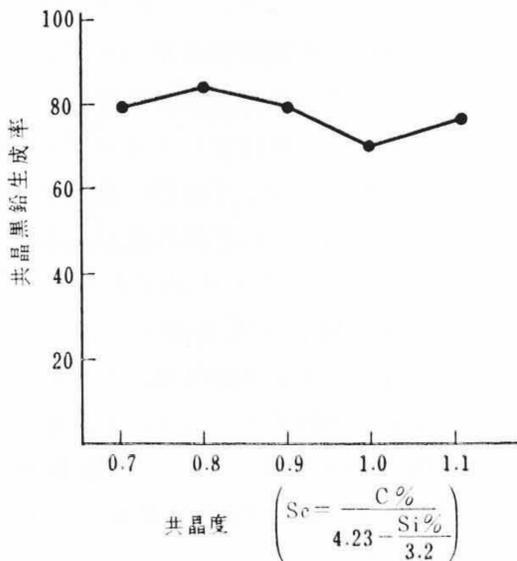


図2

特許第450251号 (特公昭 39-24925)

高林乍人・三木義照

動作値と復帰値を異にする電磁継電器

この発明は2個のコイルを有し、ヒステリシス特性を持つ電磁継電器の、両コイルにそれぞれトランジスタのコレクタ回路を接続し、ベース、エミッタ回路に抵抗を介して入力電氣量を導入することにより、動作値と復帰値を大幅に異にする電磁継電器を得るものである。

入力 E_i がある大きさに達するとトランジスタ T_{r1} および T_{r2} のコレクタに接続されている a コイルおよび b コイルに流れる電流がついに継電器を駆動するに至るが、継電器には相当大きなヒステリシス特性を持たせてあり、電流増加方向のときには a コイルあるいは b コイルの両者の電流が流れて始めて継電動作を行ない、逆に電流減少方向のときには a コイルあるいは b コイルのいずれか一方の電流が流れているときは復帰動作を行なわず、 a, b 両コイルの電流が遮断状態程度まで減少して始めて復帰動作を行なうよう構成される。さらにいま入力 E_i が所定値の $A\%$ のとき T_{r1} がオン状態となって a コイルに電流が流れ、そのときは T_{r2} はまだオフ状態にあり、つぎに入力 E_i が所定値の 100% に達して T_{r2} がオン状態となり b コイルに電流が流れるように構成されている。以上の構成において入力 E_i が増加方向にあるときは、所定値の 100% に達したとき初めて a, b 両コイル電流が流れて継電動作が行なわれ、入力 E_i が減少するときは所定値の $A\%$ (ただし $A < 100$) 以下になって初めて復

帰動作が行なわれることになる。しかもこの $A\%$ の数値は、継電器の内部構造を改変することなく変化させることができ、さらに入力側に従来公知のポテンショメータ式分圧器を付加することにより大幅に A の数値を可変にすることができる。

この発明は以上のように、動作値と復帰値を大幅に異にするとともに、その調整を容易に行ない得る効果を有するものである。

(西宮)

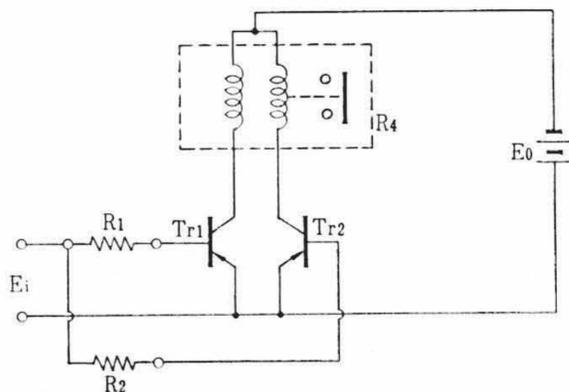


図1