

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4434602号
(P4434602)

(45) 発行日 平成22年3月17日(2010.3.17)

(24) 登録日 平成22年1月8日(2010.1.8)

(51) Int.Cl.		F I	
GO1K 13/00	(2006.01)	GO1K 13/00	
GO1K 7/00	(2006.01)	GO1K 7/00	381G
HO2G 1/06	(2006.01)	HO2G 1/06	Q
HO2G 9/00	(2006.01)	HO2G 9/00	D

請求項の数 2 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2003-52956 (P2003-52956)	(73) 特許権者	000211307 中国電力株式会社 広島県広島市中区小町4番33号
(22) 出願日	平成15年2月28日(2003.2.28)	(73) 特許権者	000005290 古河電気工業株式会社 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号
(65) 公開番号	特開2004-264090 (P2004-264090A)	(74) 代理人	100112003 弁理士 星野 裕司
(43) 公開日	平成16年9月24日(2004.9.24)	(72) 発明者	佐藤 泰能 広島県広島市中区小町4番33号 中国電力株式会社内
審査請求日	平成18年1月5日(2006.1.5)	(72) 発明者	丸山 悟 東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古河電気工業株式会社内
特許法第30条第1項適用 平成14年9月4日の、電気学会 電力技術・電力系統技術合同研究会において文書をもって発表		最終頁に続く	

(54) 【発明の名称】 電力ケーブルの導体温度推定方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

データを保存する記憶部およびデータの演算処理を行う演算部を有する導体温度推定装置を用いて地中に埋設された管路内電力ケーブルの導体温度を推定する方法であって、

各線路の絶縁体熱抵抗 R_1 、防食層熱抵抗 R_2 、表面放散熱抵抗 R_3 、管路・土壤の熱抵抗 R_5 、交流導体抵抗 R_{ac} 、シース損失率 P_s 、埋設深さ L 、誘電体損失 W_d 、基底温度 T_0 などの線路および線路の布設条件に関するデータを前記記憶部に保存すると共に外部等価熱源 W_x を演算するための係数 A 、 B などの演算条件を前記記憶部に保存するステップと、

時間区間における電流 I_n を収集して前記記憶部に保存するステップと、

前記記憶部に保存されている各データを用いて、前記演算部により次の第1～第3の処理を実行して導体温度 T_c を演算する導体温度演算ステップと、

次の(10)式に基づいて、日負荷変動を考慮した平均負荷電流 I を計算する第1の処理、

【数 4】

$$I = I_{\max} \cdot \frac{\sum_{n=1}^m I_n^2 \cdot t_n}{I_{\max}^2 \sum_{n=1}^m t_n} \quad \dots \quad (10)$$

10

ここで、

I_{\max} : 1日の最大負荷電流

t_n : 時間区間 (1時間)

m : 24時間

20

次の(8)式により埋設深さLにおける外部等価熱源 W_x を計算する第2の処理、

$$W_x(L) = A \times L^B \quad \dots \quad (8)$$

前記平均負荷電流Iと前記外部等価熱源 W_x を用いて、次の(9)式により導体温度 T_c を演算する第3の処理、

$$T_c = \frac{I^2 \cdot R_{ac} \cdot R_1 + (R_1 / 2 + R_2 + R_3 + R_5) \cdot W_d + (R_2 + R_3 + R_5) \cdot (1 + P_s) \cdot I^2 \cdot R_{ac} + W_x(L) \cdot R_5 + T_o}{\dots} \quad \dots \quad (9)$$

を備えたことを特徴とする電力ケーブルの導体温度推定方法。

【請求項2】

前記導体温度演算ステップにおいて、前記導体温度 T_c が許容温度付近に達したときは、アラームを出力することを特徴とする請求項1に記載の電力ケーブルの導体温度推定方法。

30

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、地中の管路内に布設された電力ケーブルの導体温度を測定あるいは推定する技術に関するものである。

【従来の技術】

一般に、地中ケーブルの送電容量は、建設時の計算により決定しているが、運転開始後のケーブル導体表面温度の測定を行うことが難しいため、実際の送電容量はあまり確認されていないのが現状である。

40

【0002】

既存の温度測定方法としては、光ファイバをケーブル管路内に挿入し、温度を常時監視するシステムが開発されている。

【0003】

たとえば、特開2000-88666号公報に記載の「地中管路内電力ケーブルの導体温度計算方法及び装置」では、管路内に挿入した光ファイバ分布型温度センサにより測定した管路内の温度と、地中の土壤温度を基に電力ケーブルの導体温度を算出する方法と装置が提案されている。特開2002-271929号公報に記載の「導体温度推定方法」では、光ファイバにより電力ケーブル線路の管路内壁温度を計測し、また日負荷電流パターンの通電電流と導体抵抗値等を用いて導体温度を推定する方法が提案されている。

50

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、光ファイバを温度センサとして用いる方法は非常に高価になる。また、光損失で距離を算出するため距離分解能に限界があるという問題がある。

本発明はかかる従来の事情に対処してなされたものであり、運転中のケーブル導体表面温度を安価で簡易に測定、推定でき、距離分解能の優れた電力ケーブルの導体温度推定方法を提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するため、第1の発明に係わる電力ケーブルの導体温度推定方法は、地中に埋設された管路内電力ケーブルの導体温度を推定する方法であって、電力ケーブルに所定の離隔をもって取り付けられた温度センサを介して温度を測定するステップと、温度センサによる測定温度 T_p 、絶縁体熱抵抗 R_1 、防食層熱抵抗 R_2 、表面放散熱抵抗 R_3 、導体発熱量 W_c 、誘導体損失 W_d 、および、シース損失 W_s を用いて導体温度 T_c を演算するステップとを備えたことを特徴とする。

10

【0006】

第1の発明では、電力ケーブルと一定の間隔を保って温度センサを装着することにより、測定値のばらつきを軽減させる。

【0007】

第2の発明に係わる電力ケーブルの導体温度推定方法では、さらに、所定の離隔は、1 m m以上の離隔であることを特徴とする。

20

【0008】

第2の発明では、測定値のばらつきの軽減効果の高くなる1 m m以上の離隔を確保する。

【0009】

第3の発明に係わる電力ケーブルの導体温度推定方法は、地中に埋設された管路内電力ケーブルの導体温度を推定する方法であって、電力ケーブルに取り付けられたメモリ内蔵式温度センサを介して温度を測定するステップと、温度センサによる測定温度 T_p 、絶縁体熱抵抗 R_1 、防食層熱抵抗 R_2 、表面放散熱抵抗 R_3 、導体発熱量 W_c 、誘導体損失 W_d 、および、シース損失 W_s を用いて導体温度 T_c を演算するステップとを備えたことを特徴とする。

30

【0010】

第3の発明では、温度センサとしてメモリ内蔵式温度センサを使用する。これにより、電力ケーブルの発熱位置の温度を直接計測して記憶できるため、距離分解能を向上させることができる。なお、メモリ内蔵式温度センサに電力ケーブルと一定の離隔を保つための媒体を付加するようにすると測定値のばらつきを軽減することができる。

【0011】

特に、この温度センサとして、(ボタン型)サーミスタ温度センサを用いると、電力ケーブルと容易に離隔がとれ、また耐久性に優れているため悪環境下でも測定精度を維持することが可能である。

【0012】

第4の発明に係わる電力ケーブルの導体温度推定方法は、地中に埋設された管路内電力ケーブルの導体温度を推定する方法であって、管路内挿入用媒体の内側にメモリ内蔵式温度センサを略1メートル間隔で取り付けるステップと、この媒体を管路内へ挿入するステップと、メモリ内蔵式温度センサより測定温度を収集するステップと、測定温度 T_p を用いて導体温度 T_c を演算するステップと、を備えたことを特徴とする。

40

【0013】

第4の発明では、管路内挿入用媒体の内側にボタン型サーミスタ温度センサなどのメモリ内蔵式温度センサを略1メートル間隔で取り付けるので、光ファイバ温度センサと比較して同程度の温度精度を有し、また設置された場所の温度を計測するため光ファイバ温度センサよりも距離分解能が向上する。

50

【0014】

ここで、管路内挿入用媒体とは、管路挿入用のフレキシブル管あるいはチューブなどの媒体一般を意味する。

【0015】

第5の発明に係わる電力ケーブルの導体温度推定方法は、地中に埋設された管路内電力ケーブルの導体温度を推定する方法であって、外部等価熱源 W_x を用いて導体温度 T_c を演算することを特徴とする。

【0016】

第5の発明では、導体温度推定の等価回路に外部等価熱源を加えることにより、測定温度が得られない場合でも精度の高い推定が可能となる。

10

【0017】

特に、表面放散熱抵抗 R_3 と管路・土壌の熱抵抗 R_5 の間に外部等価熱源 W_x を挿入するようにするとよい。

【0018】

第6の発明に係わる電力ケーブルの導体温度推定方法は、地中に埋設された管路内電力ケーブルの導体温度を推定する方法であって、外部等価熱源 W_x 、絶縁体熱抵抗 R_1 、防食層熱抵抗 R_2 、表面放散熱抵抗 R_3 、管路・土壌の熱抵抗 R_5 、交流導体抵抗 R_{ac} 、平均負荷電流 I 、誘導体損失 W_d 、および、基底温度 T_0 を用いて導体温度 T_c を演算することを特徴とする。

【0019】

第7の発明に係わる電力ケーブルの導体温度推定方法では、さらに、外部等価熱源 W_x の発熱量は、電力ケーブルの埋設深さの関数であることを特徴とする。

20

【0020】

第8の発明に係わる電力ケーブルの導体温度推定方法では、さらに、外部等価熱源 W_x の発熱量は、 $A \times L^B$ (L :電力ケーブルの埋設深さ、 A , B :係数)の項を含む L の関数であることを特徴とする。

【0021】

第8の発明では、外部等価熱源 W_x を $A \times L^B$ の形式の電力ケーブルの埋設深さ L の関数とすることで精度の高い導体温度推定が可能となる。

【0022】

第9の発明に係わる電力ケーブルの導体温度推定装置は、地中に埋設された管路内電力ケーブルの導体温度を演算する装置であって、線路データを記憶する線路データファイルと、ケーブルの電流値を記憶する電流値ファイルと、推定アルゴリズムを保存した演算条件ファイルと、各ファイルのデータを用いて導体温度を演算する手段と、当該演算結果を記憶する演算結果ファイルと、導体温度に関する実測データを入力する手段と、この実測データと演算結果ファイルのデータを用いて、推定アルゴリズムを変更する手段とを備えたことを特徴とする。

30

【0023】

第9の発明では、推定アルゴリズムに対して、実測データをもとに変更を行う。特に、推定アルゴリズムにおいて、 $A \times L^B$ の形式で表される外部等価熱源 W_x の係数 A , B を実測データに基づいて変更するようにすれば、簡便でより精度の高い推定が可能になる。

40

【0024】

ここで、「導体温度に関する実測データ」とは、ケーブル表面温度の実測データの他、それを推定することのできる他の実測データも含む趣旨である。

【0025】

第10の発明に係わる電力ケーブルの導体温度推定装置では、さらに、季節情報を保存する手段と、季節情報に基づいて推定アルゴリズムを切り替える手段を有することを特徴とする。

【0026】

特に、推定アルゴリズムにおいて、 $A \times L^B$ の形式で表される外部等価熱源 W_x の係数 A

50

、Bを季節情報により変えるようにすると簡便で、より精度の高い推定が可能となる。ここで、「季節情報」とはいわゆる暦(カレンダー)情報を意味する。

【0027】

第11の発明に係わるプログラムは、地中に埋設された管路内電力ケーブルの導体温度を演算するプログラムであって、線路データ、ケーブルの電流値、および、推定アルゴリズムを保存する処理と、保存した各データを用いて導体温度を演算する処理と、当該演算結果を保存する処理と、導体温度に関する実測データを入力する処理と、この実測データと演算結果を用いて推定アルゴリズムを変更する処理とを備えたことを特徴とする。

【0028】

【発明の実施の形態】

つぎに、実施例により本発明をさらに具体的に説明する。

【0029】

【実施例】

(第1の実施例)

以下、第1の実施例による電力ケーブルの導体温度推定方法を説明する。

【0030】

まず、電力ケーブル(以下、ケーブルという)の導体表面温度を測定するセンサとして、光ファイバ温度センサに比べて安価なボタン型サーミスタ温度センサ(以下、ボタン型温度センサという)を用いた。

【0031】

次に、ボタン型温度センサをケーブルに引き入れる際、波付硬質ポリエチレン管(以下、蛇腹管という)を裂き、そこからボタン型温度センサを挿入し蛇腹管内側の側面に装着した。ボタン型温度センサは、蛇腹管内に1mごとに装着した。

【0032】

管路長手方向の温度分布特性を解明することを目的とし、110kV千田鶴見線において、ボタン型温度センサを使用し、ケーブル導体表面温度測定を実施した。

【0033】

なお、ケーブル布設管路へのセンサ挿入には限界があるため、測定区間全体の温度分布を把握できるように空き管路内にセンサ挿入を実施した。

【0034】

110kV光町線では、110kV光町線の洞道からNo.12マンホール(以下、MHという)方向にて、平成12年8月から平成12年10月まで実施した。表2に測定線路の概要を、表3に測定機器配置を、図1に管路配置図を示す。

【0035】

図1において、光ファイバ温度センサは、電力ケーブル(光町線1L、光町線2L)から約400mm離れた空き管路内に挿入した。また、電力ケーブルの管路内には、ボタン型温度センサと光ファイバ温度センサを挿入した。

【0036】

110kV千田鶴見線では、110kV千田鶴見線のNo.15MHからNo.16MH方向にて、平成13年8月から平成13年10月まで実施した。表4に測定線路の概要を、表5に測定機器配置を、図2に管路配置図を示す。

【0037】

図2において、千代田鶴見線の管路内およびそこから約400mm離れた空き管路内にボタン型温度センサを挿入した。

【0038】

次に、ボタン型サーミスタ温度センサと光ファイバ温度センサとの測定結果の比較を図3に、管路長手方向の増設深さと温度分布の関係を図4に示す。

【0039】

まず、図3より、往來の光ファイバ温度センサによる測定と、ボタン型サーミスタ温度センサ測定との誤差は約1以内であり、実用性は十分であることが分かった。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 0 】

また、図 4 により、管路長手方向の温度分布は、管路勾配がついており最浅部でホットスポット（光町線：洞道より約 17 m 位置、千田鶴見線：No. 15 MH より約 5 m 位置）が発生した。この最浅部でのホットスポット発生の原因は、下水道、日射等の外的な要因ではなく、発熱体のある既設管路では、負荷ケーブルの発熱によって管路内の空気が暖められ、暖められた空気の熱だまりになっているか、土壌の熱容量で温度が下がりにくくなっているという要因のいずれかであると考えられる。

【 0 0 4 1 】

次に、定常解析、非定常解析にて、ケーブル導体温度を推定した。結果を図 5 に示す。推定値は、良好な結果を示しており、非定常解析、定常解析ともに大きな誤差は見られない。

10

【 0 0 4 2 】

本実施例によれば、ボタン型温度センサを用いたので、距離分解能が高く、約 1 m 間隔で配置することにより、光ファイバ温度センサを使用した場合と同程度の精度を有し、距離分解能は設置位置の温度を測定するため管勾配箇所などの温度分布が正確に得られる。これにより、コンピュータを用いて下記（1）式で表されるような定常解析を実行することにより安価で実用的な電力ケーブルの導体温度の推定が可能となる。

【 0 0 4 3 】

また、蛇腹管内にボタン型温度センサを挿入することとしたので、ケーブル表面にセンサを直接装着する方法に比べて、ケーブル表面の表面放散による熱勾配のためセンサの密着度による測定結果の変動を防止し、ケーブルとの離隔を安定的に保つことで測定値のバラツキを軽減することが可能となる。

20

【 0 0 4 4 】

特に従来の光ファイバ温度センサを用いる方式では、通常 1 m ~ 2 m 程度の距離分解能（個々の製品仕様により異なる）であるが、本実施例によれば、管路布設図等から予め温度が高いと考えられる管路頂部等にセンサが来るように挿入できるため、光ファイバ温度センサを用いる方式に比べ距離分解能は高くなる。

【 0 0 4 5 】

（第 2 の実施例）

次に第 2 の実施例を説明する。本実施例では、主に温度センサによる測定ができない場合に、その測定データによらず電力ケーブルの導体温度を推定する方法を説明する。

30

【 0 0 4 6 】

まず、推定対象のケーブルが布設された管路内の導体温度を推定する等価回路は一般的に図 6 のようになっている。ここで、図 6（a）は、測定温度がある場合の等価回路であり、図 6（b）は測定温度が無い場合の等価回路である。

【 0 0 4 7 】

図 6（a）の等価回路より計算される導体温度 T_c は、次の（1）式で表される。

$$T_c = W_c \cdot R_A + W_d \cdot R_B + W_s \cdot R_C + T_p \quad \dots (1)$$

ここで、

R_1 : 絶縁体熱抵抗、 R_2 : 防食層熱抵抗、 R_3 : 表面放散熱抵抗

40

$$R_A = R_1 + R_2 + R_3 \quad (K \cdot m / W)$$

$$R_B = R_1 / 2 + R_2 + R_3 \quad (K \cdot m / W)$$

$$R_C = R_2 + R_3 \quad (K \cdot m / W)$$

W_c : 導体発熱量 (W / m)

W_d : 誘電体損失 (W / m)

W_s : シース損失 (W / m)

$$W_s = P_s \cdot W_c$$

ただし、 P_s : シース損失率

T_p : 測定温度 ()

である。

50

【0048】

次に図6(b)の等価回路から計算される方程式は、(2)式となる。

$$T_c = W_c \cdot (R_A + R_x) + W_d \cdot (R_B + R_x) + W_s \cdot (R_c + R_x) + T_o \quad \dots (2)$$

ここで、

R_x : 土壤・管路の熱抵抗 (K・m/W)

T_o : 基底温度 ()

よって、(1)式、(2)式より、土壤・管路の熱抵抗 R_x は、次式となる。

【0049】

【数1】

10

$$R_x = \frac{T_p - T_o}{W_c + W_d + W_s} \quad \dots (3)$$

となる。

20

【0050】

しかしながら、これで求めた R_x は、夜間と昼間で温度にそれほど変化が現れないのに対し、負荷の変動があるため振幅する結果となる。本来 R_x は時間変化が無く一定の値をとるもので、勾配部のホットスポット位置の温度推定に適用するのは妥当ではないと考えられる。

【0051】

このため、管勾配あるいは地表面からの距離に相当する温度変化を考慮するために、図7に示すようにA点で管勾配や周りの土壤温度による外部等価熱源 W_x が加わっているものと仮定した。すなわち、管勾配や周りの土壤の熱容量等による等価的な熱源が存在し、それによる温度上昇があったとしてモデル化を行った。

30

【0052】

図7の等価回路をもとに導体温度 T_c は、以下の式で表される。

$$T_c = W_c \cdot (R_A + R_5) + W_d \cdot (R_B + R_5) + W_s \cdot (R_c + R_5) + W_x \cdot R_5 + T_o \quad \dots (4)$$

ここで、

W_c : 導体発熱量 (W/m)

W_d : 誘電体損失 (W/m)

W_s : シース損失 (W/m)

$W_s = P_s \cdot W_c$

40

ただし、 P_s : シース損失率

W_x : 外部等価発熱 (W/m)

R_5 : 管路・土壤の熱抵抗。ただし、 $g = 1$ (K・m/W)

T_o : 基底温度 ()

R_A 、 R_B 、 R_c は、前述の記号と同じ意味である。

【0053】

ここで、土壤の熱抵抗は、基本的に設計で使われるレベルのものであるとして、管路・土壤の熱抵抗 R_5 は、JCS 168号Eを利用し、次式となる。

【0054】

【数2】

50

$$R_5 = \frac{M_c \cdot g \cdot \eta_2}{2 \cdot \pi} \cdot \left\{ \ln \left(\frac{4 \cdot L_0}{d_7} \right) + \sum_{m=1}^{N_c-1} \ln \sqrt{\frac{4 \cdot L_0 \cdot L_m}{X_m^2} + 1} \right\} \dots (5)$$

ここで、

d_7 : 管路直径 (mm)

g : 土壌・管路を平均した固有熱抵抗

$= 1 \text{ (K} \cdot \text{m/W)} = 100 \text{ (K} \cdot \text{cm/W)}$

L_m : m 番目ケーブルの地表面よりケーブル中心までの深さ (mm)

L_0 : 熱抵抗を求める基準ケーブルの地表面よりケーブル中心までの深さ (mm)

M_c : 管路布設における 1 孔中のケーブル条数

N_c : ケーブルの入っている孔数

X_m : 基準ケーブルと m 番目のケーブルとの中心距離 (mm)

η_2 : 土壌熱抵抗の低減率

よって、外部等価発熱 W_x は、(2) 式と (4) 式より、

【0055】

$$W_x = (W_c + W_d + W_s) \times (R_x - R_5) / R_5 \dots (6)$$

で求められる。ただし、導体発熱は平均発熱を考慮することとした。

【0056】

計算結果のグラフを図 8 に示す。この図は、外部等価発熱量と深さとの関係を表したグラフで、固有熱抵抗 $g = 100$ の場合のグラフである。この熱量は、埋設深さ L (mm) とよい相関があり、べき乗回帰すると、

$$W_x(L) = 6e^9 \times L^{-2.96} \text{ (W/m)} \dots (7)$$

という関係を有する。

【0057】

なお、(7) 式は、次のように一般化した式として管理可能である。

$$W_x(L) = A \times L^B \text{ (A, B は係数)} \dots (8)$$

【0058】

この、外部熱等発生熱量 W_x 、地表からこの熱伝搬によるものや、長手の熱流なども含んだ発生熱を、実験的に便宜的に数式化したものと捉えられる。

【0059】

よって、導体温度 T_c の推定式は以下のとおりとなる。

$$T_c = I^2 \cdot R_{ac} \cdot R_1 + (R_1 / 2 + R_2 + R_3 + R_5) \cdot W_d + (R_2 + R_3 + R_5) \cdot (1 + P_s) \cdot I^2 \cdot R_{ac} + W_x(L) \cdot R_5 + T_0 \dots (9)$$

【0060】

【数 3】

10

20

30

40

$$I = I_{\max} \cdot \frac{\sum_{n=1}^m I_n^2 \cdot t_n}{I_{\max}^2 \sum_{n=1}^m t_n} \quad \dots (10)$$

10

ここで、

R_{ac} : 交流導体抵抗 (/ m)

I : 日負荷変動を考慮した平均負荷電流 (A)

I_{\max} : 1日の最大負荷電流 (A)

t_n : 時間区間 (1時間)

I_n : 時間区間における電流 (A)

20

m : 24時間

上式において $W_x(L)$ および R_s については、線路データ (管路配列、ケーブル条数、埋設深さ、管路径等) から適宜求める。

【 0 0 6 1 】

千田鶴見線 No. 15MH 16MH の線路データ、負荷電流を導体温度推定計算式に代入し、温度推定をした結果を図9に示す。

【 0 0 6 2 】

この図の結果より、夏季においては線路勾配によるホットスポットをよく推定できている。

【 0 0 6 3 】

30

(8) 式 ~ (1 0) 式に示すアルゴリズムによれば、負荷が下がり、気温も下がる9月においては、多少過剰評価となるものの、夏季に予測されるホットスポットでの導体温度を、よく推定できているものといえる。

【 0 0 6 4 】

次に、本実施例の方法を実現する装置について説明する。

図10は、第2の実施例に係わる導体温度推定装置の機能構成図である。この図において、導体温度推定装置1は、情報収集装置2との間で通信回線3を通してデータ通信を行う通信部12、データの演算処理を行う演算部11、演算部11にデータの入力を行う入力部13、演算部11から出力されたデータを表示すると共に、ケーブルが許容温度近辺に達した場合に出力を発する表示部14、および、データを保存する記憶部15から構成されている。

40

【 0 0 6 5 】

また、演算部11は、通信部12とデータの受渡しを行う送受信処理手段21、入力部13および表示部14とのインタフェース処理を行う入出力処理手段22、所定の演算条件下でケーブルの導体の温度を演算する導体温度演算手段23、および、演算条件の係数を補正する係数補正手段24を備えている。また、記憶部15は、線路および線路の布設条件に関するデータを保存する線路データファイル31、ケーブルの電流値を保存する電流値ファイル32、演算条件である演算式や係数を保存する演算条件ファイル33、および、導体温度演算手段23の演算結果を保存する演算結果ファイル34を備えている。

【 0 0 6 6 】

50

線路データファイル 3 1 には、各線路の絶縁体熱抵抗 R_1 、防食層熱抵抗 R_2 、表面放散熱抵抗 R_3 、管路・土壌の熱抵抗 R_5 、交流導体抵抗 R_{ac} 、シース損失率 P_5 、埋設深さ L 、誘電体損失 W_d 、および、基底温度 T_0 が保存されている。なお、管路・土壌の熱抵抗 R_5 は、(5) 式により、事前に計算して保存しておくものとする。

【0067】

電流値ファイル 3 2 には、図 1 1 に示すように測定月日、測定時刻および線路に流れる電流（時間区間における電流 I_n ）が線路ごとに保存されている。

【0068】

演算条件ファイル 3 3 には、(8) 式～(10) 式、および、係数 A 、 B の値が保存されている。

【0069】

演算結果ファイル 3 4 には、図 1 2 に示すように図 1 1 に対応した測定月日、測定時刻、および、演算結果である導体温度が保存されている。

【0070】

上記のファイル 3 1 および 3 3 のデータは、入力部 1 3 から入力される。また、電力システムのデータを収集する情報収集装置 2 から電力ケーブルを流れる電流値が通信回線 3 を介して送られ、通信部 1 2、送受信処理手段 2 1 を経由して電流値ファイル 3 2 に格納される。なお、この電流値は入力部 1 3 から入力するようにしてもよい。

【0071】

次に導体温度演算手段 2 3 の動作を説明する。導体温度演算手段 2 3 は、起動されると、まず、演算条件ファイル 3 3 に保存されている(10) 式を抽出し、測定期間における最大負荷電流 I_{max} を求めると共に日負荷変動を考慮した平均負荷電流 I を計算する。また、(8) 式および線路データファイル 3 1 から埋設深さ L を抽出して、外部等価発熱 W_x を計算する。そして、演算条件ファイル 3 3 に保存されている(9) 式を抽出して、これと平均負荷電流 I 、外部等価発熱 W_x 、および、線路データファイル 3 1 に保存されている各データとを用いて導体温度 T_c を計算し、この計算結果を演算結果ファイル 3 4 に格納する。演算結果ファイル 3 4 の内容は入出力処理手段 2 2 を通して、表示部 1 4 に表示される。

【0072】

また、導体温度演算手段 2 3 は、導体温度 T_c が許容温度付近に達したときは、表示部 1 4 にアラームを出力する。このとき、通信部 1 2 を通して、図示しない制御所等へ警報情報を送信するようにしてもよい。

【0073】

次に、係数補正手段 2 4 の動作を説明する。まず、第 1 の実施例の方法等を使用して求めたケーブル導体温度の測定値およびその測定時刻等のデータ（実測データ）が入力部 1 3 から入力される。係数補正手段 2 4 は、この測定値を(9) 式の T_c に入れて、 W_x を求める。そのプロット値は、図 8 の x 印のようになる。これをべき乗回帰することにより、(8) 式の係数 A 、 B を補正し、演算条件ファイル 3 3 に保存する。

【0074】

本実施例によれば、ケーブルの勾配部のホットスポット位置推定の簡便な手法（定常解析の範囲）による温度推定アルゴリズムにより、実用的な推定が可能になり、また、温度センサによるデータの採取が可能となったときにそのデータを取り込んで係数を修正することで推定の精度を向上させることができる。なお、上記の説明では、季節を通して同じ係数（ A 、 B ）を使用することとしたが、夏季、冬季など季節によって係数を変えるようにしてもよい。

【0075】

なお、本実施例では、実測データを入力部 1 3 から入力することとしたが、ボタン型温度センサを電源、メモリ機能、温度データ読み取り手段および無線による発信手段を有した独立分散型センサとし、各センサに ID 番号を持たせて、管路内に挿入すれば、情報収集装置を介して入力することもできる。また、(8) 式の係数 A 、 B の選定にあたっては、

10

20

30

40

50

ニューラルネットワーク等を用いてパターン認識することも可能である。

【0076】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明の電力ケーブルの導体温度推定方法においては、運転中のケーブル導体表面温度を安価かつ簡便な方法で推定することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施例における光町線の温度センサの実装位置を示す管路配置図

【図2】第1の実施例における千田鶴見線の温度センサの実装位置を示す管路配置図

【図3】第1の実施例におけるボタン型温度センサと光ファイバ温度センサの実測値比較図

10

【図4】第1の実施例における管理長手方向の埋設深さと温度分布を示す図

【図5】第1の実施例におけるケーブル導体温度推定結果の説明図

【図6】第2の実施例における管路内の導体温度を推定する等価回路図であって、図6(a)は測定温度がある場合の等価回路図、図6(b)は、測定温度が無い場合の等価回路図

【図7】第2の実施例における外部等価熱源を考慮した等価回路図

【図8】第2の実施例における外部等価発熱量と深さとの関係の説明図

【図9】第2の実施例における管路内導体温度推定結果の説明図

【図10】第2の実施例における導体温度推定装置の機能構成図

【図11】図10の電流値ファイルのデータ構成例の説明図

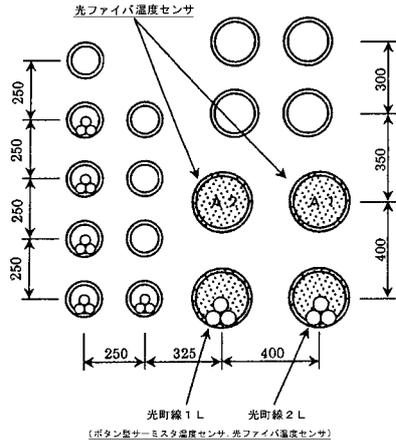
20

【図12】図10の演算結果ファイルのデータ構成例の説明図

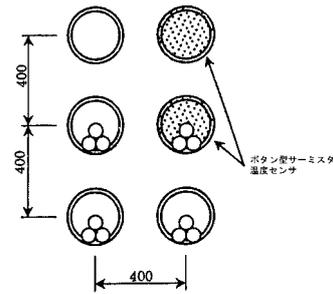
【符号の説明】

1...導体温度推定装置、2...情報収集装置、3...通信回線、11...演算部、12...通信部、13...入力部、14...表示部、15...記憶部、21...送受信処理手段、22...入出力処理手段、23...導体温度演算手段、24...係数補正手段、31...線路データファイル、32...電流値ファイル、33...演算条件ファイル、34...演算結果ファイル

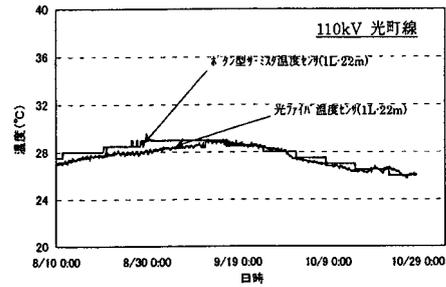
【図 1】



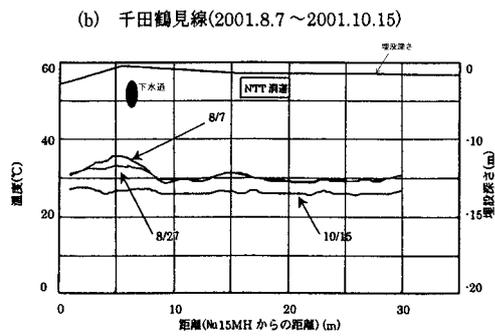
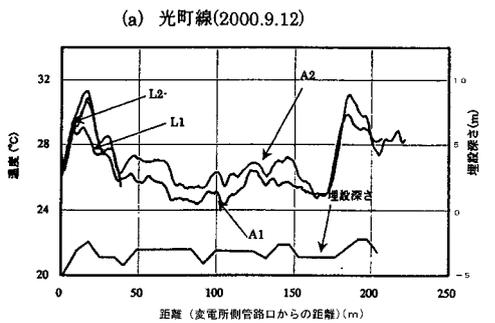
【図 2】



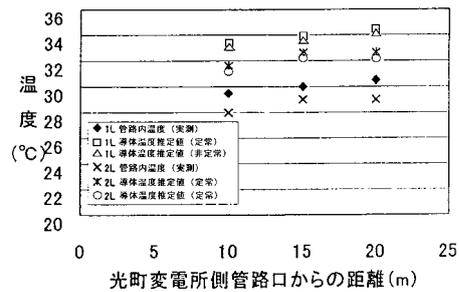
【図 3】



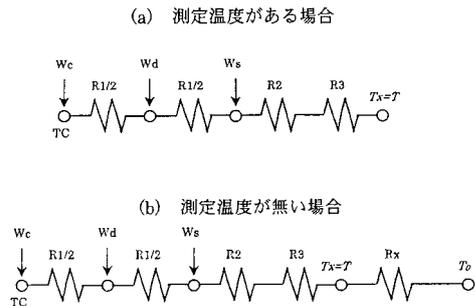
【図 4】



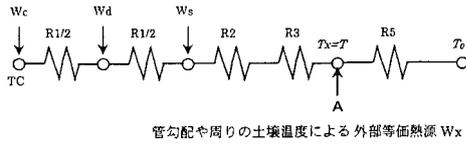
【図 5】



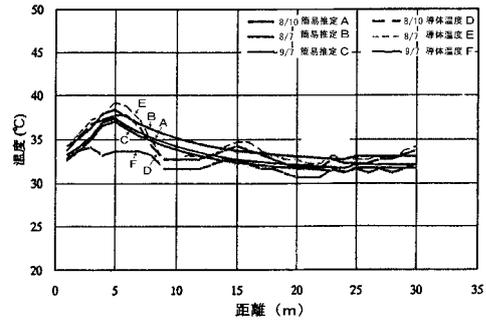
【図 6】



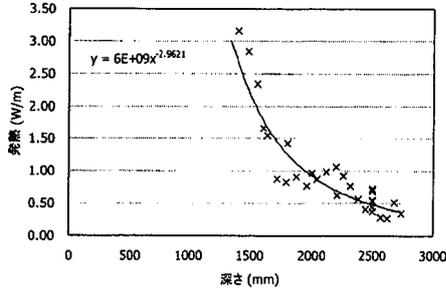
【図7】



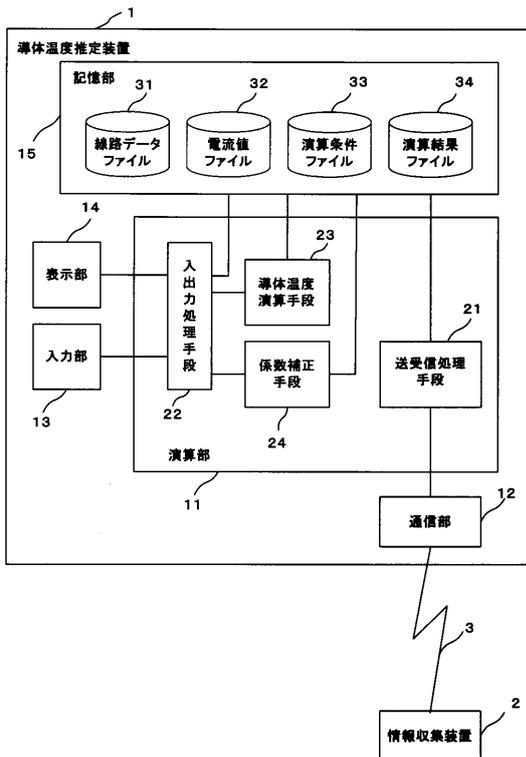
【図9】



【図8】



【図10】



【図11】

光町線1L

測定月日	測定時刻	電流値(A)
△月×日	0:00	〇〇〇
△月×日	0:01	〇〇△
⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮

【図12】

光町線1L

測定月日	測定時刻	導体温度(°C)
△月×日	0:00	39.5
△月×日	0:01	39.4
⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮

フロントページの続き

審査官 榮永 雅夫

(56)参考文献 特許第2574187(JP, B2)

家村正三外4名, ケーブル管路内の過渡温度評価, 平成14年電気学会全国大会講演論文集, 日本
, 2002年 3月, 205頁

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01K

H02G 1/06

H02G 9/00