

中国電力株式会社新成羽川発電所納
**79,000 kVA 発電機および 79,000 kVA/73,000 kW 発電電動機
 のカロリー法による現地効率試験**

Efficiency Test at Site by Calorimetric Method for a 79,000 kVA Generator and
 79,000 kVA/73,000 kW Generator-Motors Supplied to Shinnarihagawa Hydroelectric
 Power Station, Chugoku Electric Power Co.

小 合 平 正* 鈴 木 晴 之**
 Hiramasa Ogô Haruyuki Suzuki
 新 崎 康 一*** 福 地 稔 昌***
 Yasuichi Arasaki Toshimasa Fukuchi

要 旨

諸外国では、すでに水車発電機の工場での組立て試験を行わず、すべて現地試験を行なっているが、日本でも漸次この方向に移行しつつある現状である。従来、工場試験を省略し全面的に現地試験に踏み切れなかった最大の理由は効率試験の方法およびその精度が問題視されていたためである。この効率試験の方法の一つにカロリー法がある。本方法はいまだ定まったものがなく、IECでも開発途上であり、わが国でも電気学会が中心となり調査研究が進められている。われわれは工場および既納発電機についてカロリー法による効率試験を実施し、その結果をもとにしてカロリー法を行なう際の運転条件、測定器の種類形式、測定位置、測定器の必要精度、熱放散に対する補正などの未知の問題につき一応の基準を把握し、カロリー法の実用化を検討してきたが今回、本発電所に納めた4台の大容量機の現地試験にカロリー法を採用した。その結果工場でのほかの方法による測定値と同等の結果が得られ、カロリー法が実用にじゅうぶん供しうることを証明した。本発電所はカロリー法により現地効率試験を行なったものとしては記録的な大容量機である。本稿ではその概要を述べるものである。

1. 緒 言

従来、発電機の効率は工場試験で測定した損失の和による規約効率が広く使用されているが、近來発電機の単機容量が材料の進歩、設計製作技術の改善などにより数十万キロワットとなり、工場に組み立てる場所、試験電源設備など従来の設備ではまかなえぬ大きなものとなり、欧米諸国ではすでに水車発電機の工場での組立て試験をやらずに、現地試験を行なっている。効率試験を現地で行なうにあたっては、一般的に減速率より求める方法がASTMなどで定められており、IECでもこの方法がすでに定まった形として規格化の過程にあるが、このほかに全閉内部冷却器付の機械ではクーラに回収される熱量より損失を測定する方法 (Calorimetric method……カロリー法) が採用される気運にあり、IECでも現在審議中で近く成案を見ることになっている。

カロリー法の原理そのものはいへん簡単であり、測定結果は容易に利用できるように考えられがちであるが、実際には精度、手法上の問題点があり、規格として定めるにはこれらの点を解明する必要がある。電気学会機器技術委員会同期機専門委員会ではカロリー法による効率測定法の検討を取り上げており、同委員会の要請に基づき電力中央研究所が主となって現在までに数台について試験が行なわれている。日立製作所においてはすでに昭和39年より工場組立て試験に際しカロリー法による測定を数台につき行なっており、昭和42年には東北電力株式会社上野尻発電所納め21,000 kVA水車発電機についてカロリー法による現地効率試験を実施し良好な結果が得られ、これらの試験結果をもとにして試験を行なう際の運転条件、測定機器の種類形式、測定位置、測定器の必要精度、熱放散に対する補正などの問題につき一応の基準を把握した。これらの基準

をもとにして中国電力株式会社新成羽川発電所納めの79,000 kVA 1号発電機および79,000 kVA/73,000 kW, 2号, 3号, 4号発電電動機についてカロリー法による現地効率試験を実施し、工場でのほかの方法による効率試験と同等な結果が得られ、カロリー法が実用にじゅうぶん供しうることを証明した。また工場試験において事業用の大容量タービン発電機についてもカロリー法による効率試験を並行して比較検討を進めているが、いずれも良好な結果が得られており、カロリー法がタービン発電機についてもじゅうぶん適用できることが確認されている。

2. カロリー法について

カロリー法とは発電機内部に発生した鉄損、銅損、漂遊負荷損、界磁損、風損、軸受損などの発生損失が、すべて熱に還元されることから冷却媒体の流量および温度変化を正確に測定し諸損失を知ろうとするものである。カロリー法は閉鎖通風空冷または水素冷却形の機械で内蔵された冷却器を有するものに原則として採用されるが、直接冷却の機械にも適用可能である。負荷時に発生する熱は大部分冷却媒体(たとえば空気、水素)により冷却され、この熱量は熱交換器により冷却水に回収される。したがってこの熱交換器の給排水の温度差と水量を求めることにより、そのときに発生している損失を求めることができる。しかし正確には損失により発生した熱は、すべて熱交換器に回収されるのではなく次に示すような部分を通して機外に逃げ出すのである。

- (1) 熱伝達により大地に逃げる損失
- (2) 外気が機械表面に触れ、この面での対流と熱放散により外気へ流出する損失
- (3) 水車など原動機と直結した軸を介して流出入する損失

(1)および(3)の損失はわずかで一般に無視してもさしつかえない値で、(2)の損失に対しては機械表面からの熱放散に対する放散係数が各国から種々の値で提案されている。わが国ではいまだ決まった放散係数値はないが、現段階では風速の影響が明白なノルウ

* 中国電力株式会社工務部水力課長
 ** 電力中央研究所技術研究所
 水力機械部水力機械第2研究室長
 *** 日立製作所日立工場

エー案を採用している。

2.1 損失計算式

IEC 原案(注1)による各損失の計算式を以下に示す。

(1) 空気冷却器の冷却水への伝熱 P_1 (kW)

$$P_1 = K_1 \cdot Q_1 \cdot \Delta t_1$$

ここに、 Q_1 : 冷却水量 (l/s)

Δt_1 : 温度上昇 (deg)

K_1 : 水の換算係数 (kW-s/l-deg)

$$\left(\begin{array}{ll} \text{conversion coefficient of water:} & \text{Sweden} \\ \text{specific heat capacity of water:} & \text{Norway} \end{array} \right)$$

同期機専門委員会資料

$$K = 4.22 (0^\circ\text{C}) \quad 4.2 (5^\circ\text{C}) \quad 4.19 (10\sim 25^\circ\text{C})$$

(2) 鉄板風胴表面よりの熱放散 P_2 (kW)

$$P_2 = K_2 \cdot A_2 \cdot \Delta t_2 \cdot 10^{-3}$$

ここに、 A_2 : 鉄板風胴の表面積 (m²)

Δt_2 : 鉄板表面と外気の温度差 (deg)

K_2 : 表面の熱放散係数 (W/m²-deg)

K_2 の値を IEC 規格でいくらに定めるかについては各国から次のように提案されている。

$$\left. \begin{array}{l} K_2 = 10 \text{ (W/m}^2\text{-deg)} \dots\dots\dots \text{フランス案} \\ K_2 = 10 \text{ (W/m}^2\text{-deg)} \text{ (周囲の空気が静止している時)} \\ \quad = 20 \text{ (W/m}^2\text{-deg)} \text{ (周囲の空気の風速が 1 m/s の時)} \end{array} \right\}$$

.....スウェーデン案

$$K_2 = 11 + 4v \text{ (W/m}^2\text{-deg)}$$

ここに、 v : 表面に沿っての空気の平均風速 (m/s)

.....ノルウェー案

われわれはノルウェー案を採用した。

(3) コンクリート風胴壁を通しての熱放散 P_3 (kW)

$$P_3 = K_3 \cdot \frac{A_3}{L_3} \cdot \Delta t_3 \cdot 10^{-3}$$

ここに、 K_3 : コンクリート壁の熱伝導率 1.8 (W/m-deg)

L_3 : コンクリート壁の厚み (m)

A_3 : コンクリート壁の表面積 (m²)

Δt_3 : コンクリート壁内外の表面温度差 (deg)

(4) 発電機基礎への熱放散 P_4 (kW)

フランス、ノルウェーの提案では $P_4 \div 0$ である。われわれもこれは無視した。

(5) 軸受損 P_5 (kW)

$$P_5 = K_5 \cdot Q_5 \cdot \Delta t_5$$

各記号は(1)項と同じである。

(6) 空気冷却器中に吸収される軸受損失 P_6 (kW)

$$P_6 = K_6 \cdot A_6 \cdot \Delta t_6 \cdot 10^{-3}$$

ここに、 K_6 : 熱放散係数 $6 + 4v$ (W/m²-deg)

v : 軸受タンク表面に沿っての平均風速 (m/s)

A_6 : 空気冷却器の冷却回路に面する軸受タンクの表面積 (m²)

Δt_6 : 冷却空気と軸受タンク表面の平均温度差 (deg)

本項はノルウェー提案によるものである。

これまで述べてきたことは発電機の冷却を水で行なっている場合であるが、直接外部より空気を取り入れて冷却し、その空気を再び外部へ放出するいわゆる開放形の発電機では冷却水の代わりに空気量と給排気の温度差を測定すれば発生損失を求めることができる。

2.2 損失分離法

発電機の各損失を分離して求めるためには次の状態での試験が行なわれなければならない。

試験 I 無負荷無励磁・定格速度での試験

試験 II 無負荷定格電圧・定格速度での試験

試験 III 三相短絡定格電流・定格速度での試験

試験 IV 負荷状態での試験

試験 I, II, III からは各損失が分離して求められる。試験 IV からは損失は分離して求められないが実測効率が求められる。規約効率を求める場合には試験 IV は行なわなくてもよいが、実際に発電機に負荷をかけた状態で実測効率は求められるので、試験 IV をあわせて行ない規約効率との比較もできる。上記各試験から各損失を分離する方法を次に示す。

(1) 風 損

試験 I において空気冷却器の冷却水量とその温度上昇から求める。

(2) 軸受摩擦損

水車発電機の場合、負荷によって水スラストが変わるから軸受に加わる荷重も変わる。すなわち常に一定ではない。規約効率の算定に使用する軸受損失は無負荷時すなわち試験 I の軸受冷却器の冷却水量とその温度上昇から求められる。

(3) 鉄 損

試験 II における空気冷却器の冷却水量とその温度上昇から求めた損失から試験 I で求めた風損と試験 II における界磁抵抗損を差し引いて求める。

(4) 電機子抵抗損

試験 III における電機子抵抗損はそのときの電機子巻線の抵抗値と電機子電流から計算で求めるが、規約効率算定に使用する定格電機子抵抗損は試験 III における電機子電流と電機子巻線の基準温度における抵抗値 (B種絶縁の基準温度は 75°C) から計算で求める。

(5) 界磁抵抗損

試験 II から IV までを通して界磁電流と界磁電圧の積からそのときの界磁抵抗損を求める。外部励磁回路(たとえば界磁調整器)内の損失はメーカーの仕様に従って必要の場合求める。

(6) 漂遊負荷損

試験 III において空気冷却器の冷却水量とその温度より求めた損失から試験 I で求めた風損と試験 III における電機子抵抗損および界磁抵抗損を差し引いて求める。

試験 I, II, III から求めた各損失の総和と試験 IV で求めた全損失との間にはしばしば相違があるが、これは三相短絡時の漂遊負荷損と負荷状態での漂遊負荷損との間に多少差があるためである。

3. 測定計器の精度と測定技術

測定に使用した計器およびその精度を示すと表 1 のようになる。

3.1 冷却水流量の測定

空気冷却器および軸受冷却器の冷却水流量の測定法としてはベンチュリー管、オリフィス、ノズル、容積式、超音波式、タービン式などの流量計を使った種々の方式があるが、いずれの方式でもよい。一般に流量測定の誤差は多いものといわれており、この誤差が測定結果の精度に及ぼす影響がきわめて大きいので、±1% 以上の精度を有するものでなければならない。われわれは ±0.5% の精度のポッターメータ(タービン式)を使用した。流量計の取付は図 1 に示すとおりである。

3.2 冷却水温度差測定

冷却水の温度上昇測定には抵抗線形温度計あるいはサーモカップ

(注 1) International Electrotechnical Commission
Technical Committee 2
Sub-Committee 2D
2 July 1965

ルが用いられる。測定法には給水温度および排水温度をそれぞれ独立に測定してその差をとるか、あるいは直接に温度差計を使って測定するかの方法があるが、最も好ましい方法は直接温度を測定すると同時に温度差を測定するもので、しかも記録式であることである。いずれの場合でも測定精度が±1%以内の装置を使用しなければならない。われわれは0.05°Cの精度の温度差記録計(図2)を使用した。冷却水温度上昇測定に対しては、管路の途中での熱の吸収放散による誤差がはげらないように、できるだけ発電機に近い部分で水がよく混ぜられ温度が均一になるところ、たとえば配管の曲りの部

表1 使用計器一覧表

No.	測定項目	計器名称	測定精度、範囲
1	空気冷却器冷却水量	ポッターメータ トータライザ	0~5,000 l/min 誤差 0.5%以内
2	軸受冷却器冷却水量	ポッターメータ トータライザ	0~1,500 l/min 誤差 0.5%以内
3	冷却水温度差	微温度差計	0~10 deg 記録計式 最小目盛 0.05 deg
4	機内外空気温度	サーミスタ温度記録計	0~60°C, 最小目盛 0.5°C
		サーミスタ温度計	0~200°C, 最小目盛 1.0°C
5	軸受タンク表面温度	棒温度計	0~100°C, 最小目盛 0.1°C
6	鉄板風胴表面温度		
7	コンクリート風胴表面温度		
8	機内・外風速	アネモメータ	0~10 m/s
		アネモスタ	0~30 m/s 最小目盛 0.1 m/s
9	出力	交流電力計	0.5級
10	回転数(周波数)	周波数計(指針形)	最小目盛 0.1 Hz
11	電圧電流	交流電圧計 交流電流計 直流電圧計 直流電流計	0.5級
12	軸受温度	記録温度計	
13	発電機電機子巻線温度	記録温度計	
14	水圧スラスト	FM形ストレンメータ	最小目盛 10×10^{-6} ストレン

分のような場所で測定する必要がある。また温度を正確に時間遅れがなく測定できるように温度測定素子入用の保護管を直接水中に取り付ける必要がある。温度測定素子の配管への取付け方の一例は図4に示すとおりである。温度測定は熱平衡に達した後に行なわなければならない。熱平衡に達した点の判別に対してはノルウェー案では「0.1°Cの読み誤差を有する温度記録計で監視して冷却給水の温度変化が3時間で0.1°C以下で冷却系統を通る冷却水温度上昇変化が1時間で±0.1 deg以下になったとき熱平衡に達したとみなす」と規定されており、われわれはこの規定どおりの測定を行なった。

3.3 そのほかの温度測定および周囲風速の測定

発電機内に発生する損失は冷却水にすべて吸収されるのではなく一部分はふく射熱伝達や対流熱伝達によって風胴外の空気に逃げる。この熱量を求めるために機内温度、風胴外被鉄板温度、周囲空気温度および周囲風速を測定する。周囲空気温度は位置によって多少差があるので、できるだけ多くの個所で測定する。温度に差があるときは表面をいくつかの部分に分割して各部分ごとに損失を求めて合計する。なおこの損失量は冷却水によって持ち去られる損失に比べはるかに小さくまた正確に測定するのは困難であるので、測定計器の精度は±0.3°Cのものでじゅうぶんである。また誤差を少なくするため風胴外被鉄板温度と周囲空気温度との差が1°C以上にならないように冷却水量を調整するとともに機械のまわりの空気をできるだけ動かさないようにすることが重要である。今回の試験で各部の温度を測定した位置は図5に示すとおりである。

3.4 水推力測定

カロリー法による現地効率試験から求められる軸受損には発電機の回転子重量による損失のほかに水車ランナ重量および水推力による損失が含まれるので、発電機回転子重量のみによる軸受損失を求めるには水スラストおよび水車ランナ重量を分離せねばならない。水車ランナ重量は設計値を使用すればよいので計算によって補正で

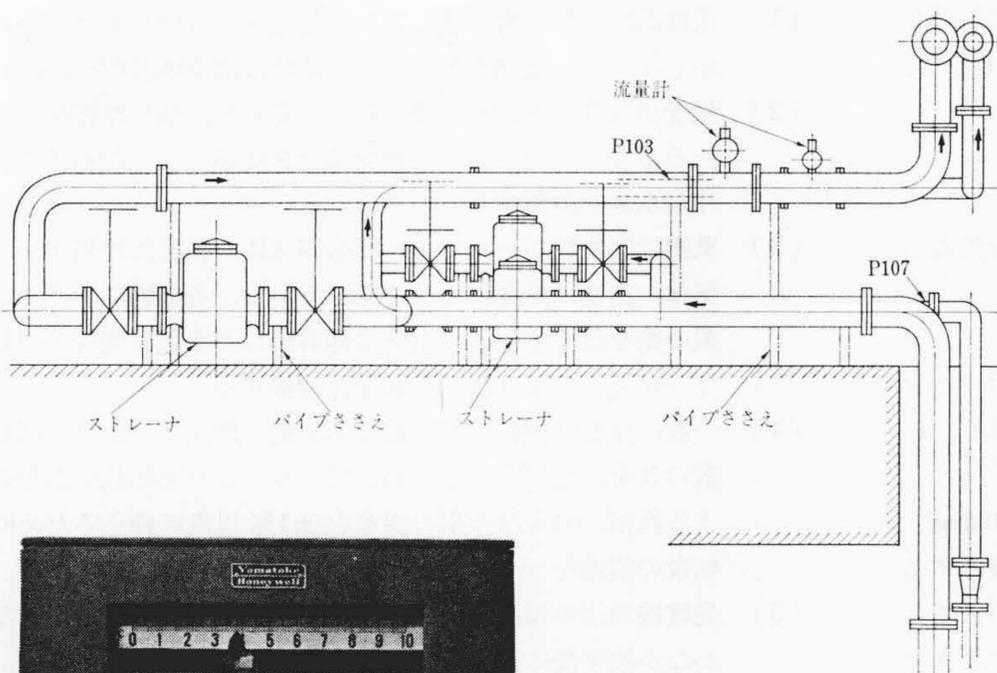


図1 冷却水流量測定用配管図

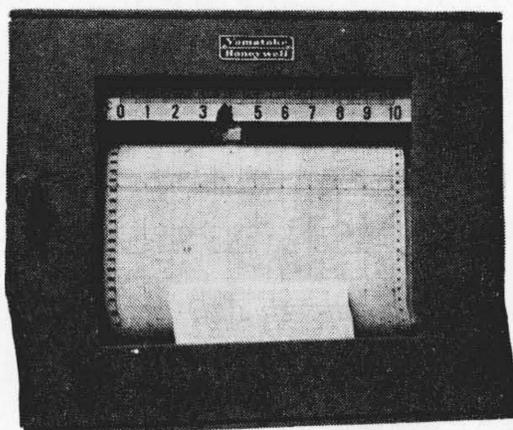


図2 温度差記録計

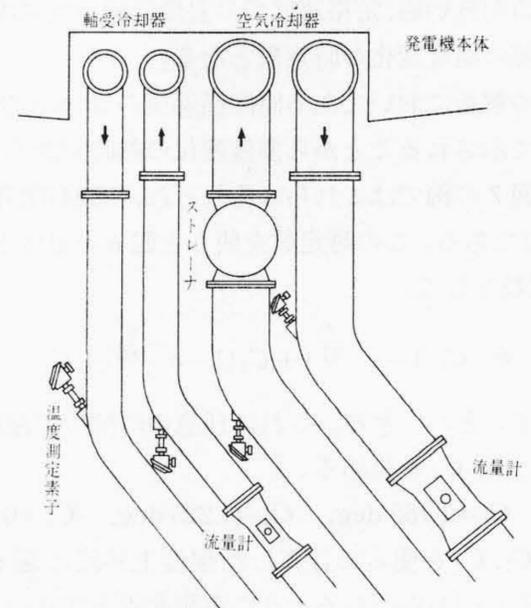


図3 流量計と温度測定素子の配管への取付け例

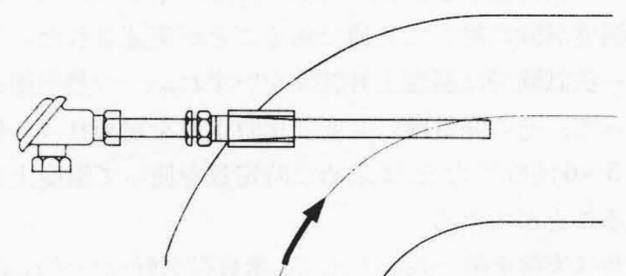


図4 温度測定素子の配管への取付け法

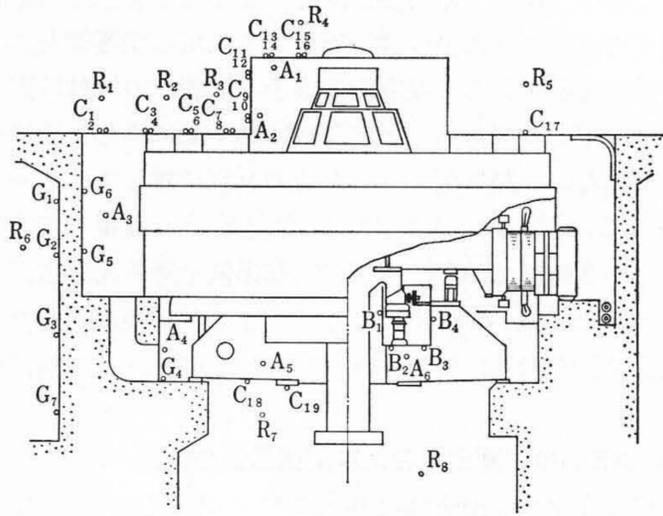


図5 温度測定位置

きるが、水推力は水車の運転状態によって変化するので実測しなければ軸受損の補正はできない。われわれはFM形ひずみ計により水推力を測定した。

3.5 温度上昇最終値の判定

従来 0.1 deg 程度の温度増加はあまり問題にできなかった。しかしカロリー法においては 0.01 deg のオーダーを問題とするので、完全に熱平衡に達するまでには相当の時間を必要とする。昭和42年の上野尻発電所におけるカロリー法試験結果から、熱平衡に達するには少なくとも 10 時間を必要とすることがわかった(図6)。

最終温度上昇値の判定法は発電機の三相突発短絡試験において、突発短絡電流の減衰時定数を求めるのと同じ方法である。図6において給排水の最終温度差は 3 deg である。この値と温度差曲線との差 Δt の時間変化を半対数目盛用紙にとり(図7)、この Δt の直線部分を延長して縦軸との交点 Δt_1 を求める。次に Δt と、 Δt の直線部分の延長線との差 $\Delta t'$ をさらに半対数目盛用紙にとり、この直線と縦軸との交点 Δt_2 を求める。この Δt_1 と Δt_2 のそれぞれの $1/e$ に減少する点が無負荷無励磁、定格速度での温度試験の空気冷却器排水温度差-時間曲線の温度変化の時定数となる。

図7の解析においてある時間経過後の Δt および $\Delta t'$ を求める曲線が直線で示されることから温度変化の熱時定数が二つあることがわかる。図7の例ではこれらはそれぞれ、0.684 時間(41分)、3.1 時間(186分)である。この時定数を使うと図6の温度上昇曲線は C_1, C_2, C_3 を定数として

$$\theta = C_1(1 - e^{-\frac{t}{41}}) + C_2(1 - e^{-\frac{t}{186}}) + C_3$$

で表わすことができる。これに任意の時間での温度上昇値を代入して、 C_1, C_2, C_3 を決める。

$$C_1 = 1.785 \text{ deg}, C_2 = 1.225 \text{ deg}, C_3 = 0$$

この C_1, C_2 を使って計算した温度上昇値は図6の○で示すとおりである。図からわかるように実測曲線と非常によく一致する。したがって

$$\theta_{t=\infty} = C_1 + C_2 = 1.785 + 1.225 = 3.01 \text{ deg} \quad (\text{実測 } 3.00 \text{ deg})$$

この無負荷無励磁試験から求めた熱時定数は、同一発電機のすべての温度試験に対して共通であることが実証された。したがってカロリー法試験では温度上昇試験をいずれか一つ熱平衡に達するまで行なって、その発電機の温度変化時定数を求めれば、残りの温度試験は 5~6 時間行なえば求めた時定数を使って温度上昇の最終値を求めることができる。

今回は実測を第一義に考えて、無負荷試験はいずれも 10 時間、実負荷試験のみ 5~6 時間行なうことにした。

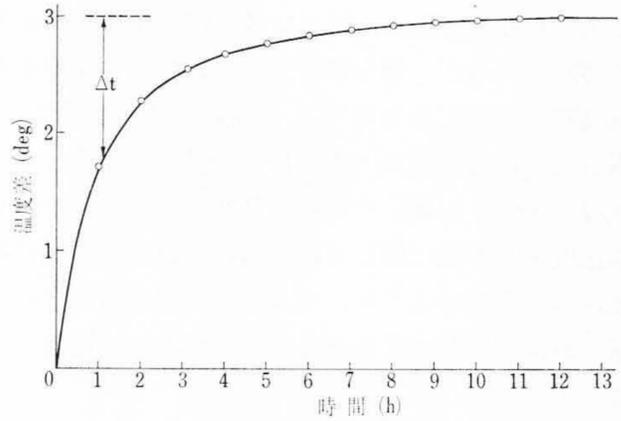


図6 無負荷無励磁、定格速度試験 空気冷却器給排水温度差変化曲線

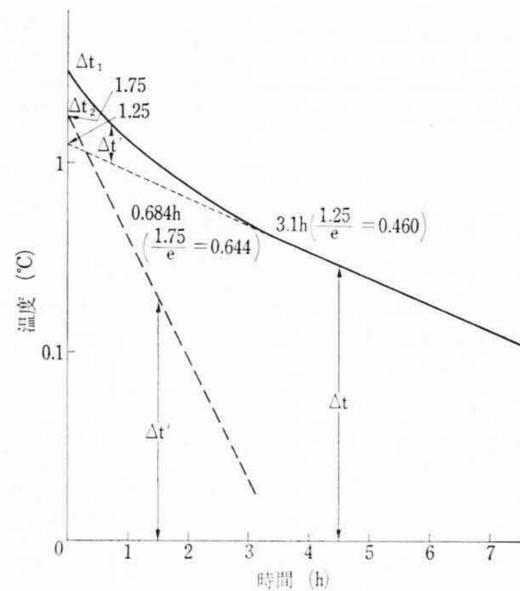


図7 発電機の熱時定数の決定法

4. 測定上の注意事項

カロリー法は発電機の出力のわずか 2~3% の損失を測定するものであるから、測定にあたってはじゅうぶんな注意を払わなければならない。そこでわれわれがこれまでの経験から得たこれらの注意事項を以下に列挙する。

- (1) 温度測定は熱平衡に達してから行なわなければならないがじゅうぶんな熱平衡に達するにはほぼ 10 時間を要する。
- (2) 軸受油温度が変われば油の粘度が変わり、軸受摩擦損が変わるので各試験に際して軸受油の温度が一定となるように冷却水量を調整する。
- (3) 風損は回転数が一定であれば冷却気体の密度に比例する。気体の密度は温度によって変わるから、各試験における風損の差をなくすために空気冷却器出口の空気温度を各試験で一定となるように冷却水量を調整する。
- (4) 一般に軸受摩擦損は回転数の 1.5 乗に比例し、風損は回転数の 3 乗に比例すると言われている。この回転数の誤差による風損、軸受摩擦損の誤差を ±1% 以内に押えるため回転数の誤差を ±0.5% 以内に押えねばならない。
- (5) 発電機周囲の環境および給水温が変わると発電機各部がなかなか熱平衡に達しないから注意を要する。
- (6) ダム式の水力発電所では、ダム水位変化により冷却水の流量が変わり、なかなか熱平衡に達しないから注意を要する。

5. 実測結果

5.1 実施した試験項目

表2のとおり試験を行なった。試験時間は無負荷時は 10 時間運

表2 各号機の実施試験項目

No.	試験項目	79,000 kVA/73,000 kW 144 rpm			
		79,000 kVA 200 rpm 1号機	2号機	3号機	4号機
1	無負荷無励磁試験	○	○	○	×
2	無負荷定格電圧試験	○	○	○	×
3	三相短絡定格電流試験	○	○	○	×
4	2/4 実負荷試験	○	○	×	×
5	3/4 実負荷試験	×	○	×	×
6	4/4 実負荷試験	○	○	○	○

注：○印 実施項目
×印 非実施項目

表4 効率の比較

力率 負荷 (%)	試験機	1号機	2号機	3号機
		79,000 kVA 200 rpm	79,000 kVA/ 73,000 kW 144 rpm	79,000 kVA/ 73,000 kW 144 rpm
100	現地試験 (カロリー法)	98.06	97.82	97.82
	工場試験 (減速法)	98.01	97.76	—
80	現地試験 (カロリー法)	97.86	97.66	97.65
	工場試験 (減速法)	97.82	97.65	—
60	現地試験 (カロリー法)	97.45	97.27	97.25
	工場試験 (減速法)	97.43	97.27	—
40	現地試験 (カロリー法)	96.54	96.37	96.34
	工場試験 (減速法)	96.55	96.36	—

表3 測定結果

試験項目		無負荷無励磁			無負荷定格電圧			三相短絡定格電流			4/4 実負荷			
		1号機			1号機			1号機			1号機			
		2号機			2号機			2号機			2号機			
		3号機			3号機			3号機			3号機			
		4号機			4号機			4号機			4号機			
空気冷却器	温度差 (deg)	3.70	3.92	3.55	4.99	4.28	4.50	5.30	4.87	4.82	4.30	5.90	5.35	5.46
	流量 (l/s)	28.9	22.5	25.6	40.0	43.2	43.0	40.4	43.9	44.0	76.8	60.0	67.0	65.3
	補正前測定損失 (kW)	448	370	381	835	770	800	895	894	888	1,383	1,480	1,500	1,490
軸受冷却器	温度差 (deg)	3.39	3.02	3.45	4.07	2.76	3.15	4.11	2.89	3.49	2.38	3.00	3.00	3.06
	流量 (l/s)	15.8	22.7	22.1	13.1	24.8	24.2	13.1	24.6	21.9	24.9	23.3	25.5	24.5
	補正前測定損失 (kW)	224	286	319	224	286	320	226	296	320	248	293	320	314
全風胴表面からの熱放散 (kW)		11.1	8.6	-4.5	13.3	12.1	2.1	15.2	15.8	3.8	18.2	20.7	7.8	9.4
軸受タンク表面からの熱放散 (kW)		2.6	1.8	3.5	2.6	0.9	2.8	2.4	0.6	2.2	2.0	-0.3	1.3	1.9
界磁抵抗損 (kW)		0	0	0	67.2	80.6	77.7	65.2	75.3	75.0	196.2	360	352	330
励磁機損 (kW)		0	0	0	6.6	9.9	10.0	6.5	10.5	9.9	17.3	36.6	37.5	37.9

転によりじゅうぶんな熱平衡が得られたが実負荷時は系統そのほかの都合により数時間しか継続できない。したがって熱平衡はじゅうぶんとはいえないが無負荷試験より算出した効率のチェックという点から有意義である。

5.2 実測結果

各号機の測定結果を比較する意味から表1の中で2台以上について共通して行なった試験項目のみをとりあげる。すなわち2/4, 3/4負荷における実負荷試験結果はここでは割愛することにした。その結果は表3に示すとおりである。

5.3 各損失の算出および補正

1号発電機を例にその算出および補正法を示すことにする。

(1) 風損 (W_w)

無負荷無励磁試験より

空気冷却器に吸収された損失: 448 kW
全風胴表面からの放熱: 11.1 kW
軸受タンクカバー表面からの放熱: 2.6 kW
風損 (W_w) = 448 + 11.1 - 2.6 = 456.5 kW

(2) 軸受摩擦損 (W_B)

無負荷無励磁試験より

軸受冷却器に吸収された損失: 224 kW
軸受タンクカバーからの放熱: 2.6 kW
発電機回転部の重量: 260 t
水車回転部の重量: 45 t
水圧スラスト: 77.2 t

油の粘度

軸受メタルしゅう動部の油膜(タービン油 #140)の温度を正確に測定することはむずかしい。一般にはスラストメタルの温度より若干高いが、ここでは便宜上同じと見る。また軸受摩擦損はス

ラストメタル温度を60°Cの時に換算する。本試験時のスラストメタル温度は54°Cであった。一般に軸受損失 W_B は油の粘度を η 、荷重を W とすると $W_B \propto \sqrt{\eta W}$ といわれており、この式により軸受損失をスラストメタル温度が60°Cで発電機回転部のみの重量による損失に換算する。

油の粘度 54°Cで29
60°Cで23

$$W_B = (224 + 2.6) \times \sqrt{\frac{23}{29} \times \frac{260}{(260 + 45 + 77.2)}} = 166.3 \text{ kW}$$

(3) 鉄損 (W_i)

無負荷定格電圧試験より

空気冷却器に吸収された損失: 835 kW
界磁巻線抵抗損: 67.2 kW
励磁機損: 6.6 kW
全風胴表面からの放熱: 13.3 kW
風損: 456.5 kW
軸受タンクカバー表面からの熱吸収: 2.6 kW
鉄損 (W_i) = 835 - (456.5 + 67.2 + 6.6) + (13.3 - 2.6)

$$= 315.4 \text{ kW}$$

(4) 漂遊負荷損 (W_{st})

三相短絡定格電流試験より

空気冷却器に吸収された損失: 895 kW
電機子巻線抵抗損(巻線温度66°Cにおける): 251 kW
界磁巻線抵抗損: 65.2 kW
励磁機損: 6.5 kW
全風胴表面からの放熱: 15.2 kW
風損: 456.5 kW
軸受タンクカバーからの熱吸収: 2.4 kW

$$\begin{aligned}
 \text{漂遊負荷損 } (W_{st}) &= 895 - (456.5 + 65.2 + 6.5 + 251) \\
 &\quad + (15.2 - 2.4) = 128.6 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

5.4 効率の比較

上と同様な計算を2号機、3号機についても行ない、これらの結果より求めたカロリー法による効率と工場での減速法による損失測定結果から求めた効率との比較を示したのが表4である。カロリー法による漂遊負荷損は定格電機子電流についてのみしか測定していないので、部分負荷に対しては漂遊負荷損は電流の2乗に比例するとして計算してある。3号機は工場組立て試験を省略してあるので減速法による効率は求められていない。これらの結果よりカロリー法が従来のほかの方法に比較して劣っておらず、じゅうぶん実用に供しうることが確認された。

6. 結 言

われわれは過去数年にわたり工場試験および既納水車発電機についてカロリー法による効率試験を実施したが、今回これらの技術を基にして中国電力株式会社新成羽川発電所納めの4台の水車発電機

の効率試験をカロリー法により行なった。本発電機はカロリー法による効率試験を行なったものとしては記録的な大容量機であり、その試験結果よりカロリー法が従来のほかの方法に比較して劣らないものであることが立証された。またカロリー法が比較的簡単に行なえる利点、工場と現地で全くの二重測定を行なう必要のないこと、さらに工場における完全組立、回転試験を省略することによる経費、時間などの節減が、帰るところ現地運転時間の早期化に寄与することを考えると、今後ますます大形化していく水車発電機にもカロリー法を適用して効率測定ができるものとする。ただしその前提として、工場においては発電機部品の寸法測定、重要部品の部分組立など徹底した品質管理を必要とするとは言うまでもない。またタービン発電機についても関係納入先のご協力を得てカロリー法の実績を積み上げていく所存である。今回の現地試験に際して測定方法の基礎資料を築いてくださった東北電力株式会社上野尻発電所関係各位に対し、またカロリー法の妥当性を実証してくださった電力中央研究所のかたがたに深甚なる謝意を表する次第である。



特 許 の 紹 介

特許第533365号 (特公昭42-9977号)

松尾六郎

テ レ メ ー タ 装 置

この発明はたとえば被測定量に対するテレメータ信号、被制御機器に対する操作信号などの伝送回線を利用して通話を行なう際に、音声信号によって機器が誤操作されたり、被測定量が誤伝送されたりするのを完全に防止しうる簡単、確実かつ安価な装置を提供するものである。同一回線を二つ以上の信号の伝送に使用すること自体は、いわゆる多重化によって目的を達成できるが、そのためには広い周波数帯域と高価な装置が必要である。

この発明は、人間の音声が一周期波数のままで長時間継続することのない特性に着目してなされたものである。すなわち、テレメータ信号、操作信号などは比較的長限の限時回路を介在させて信号

の送受を行なうものである。このようにすると音声信号がテレメータ信号などと同一周波数成分を持つことがあっても誤伝送されることはない。

図はこの発明を狭帯域の無線式テレメータに適用した場合のブロック図である。図から明らかなように、選択装置15、受量装置6は時限回路14、14'を介して信号を入力されるから通話による音声信号で誤操作、誤伝送が行なわれることはないものである。そして、この発明では単に時限回路を付加することで足りるから装置は簡単にして安価である。(福島)

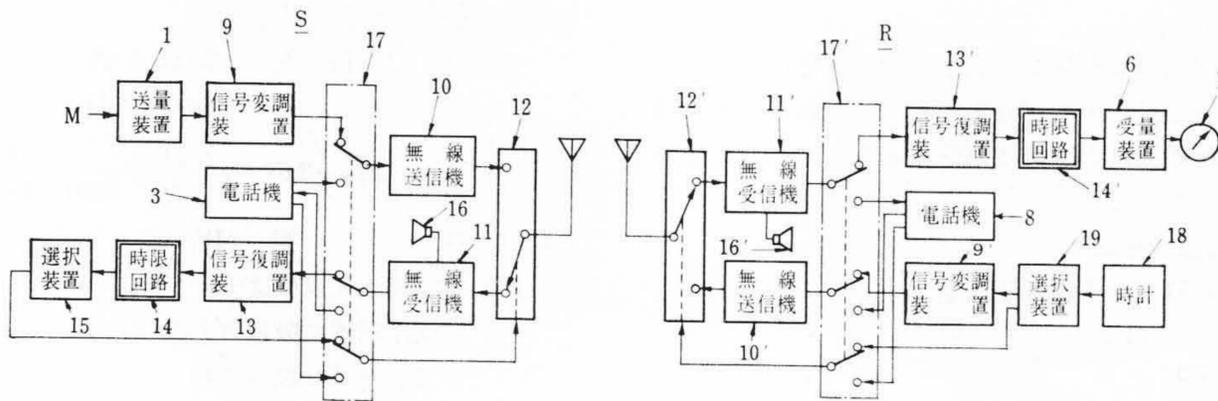
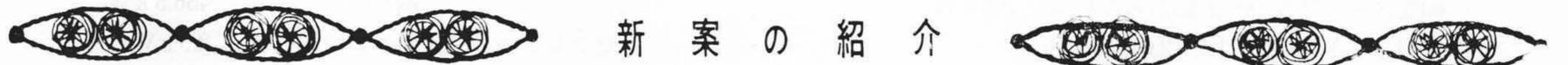


図 1



新 案 の 紹 介

登録実用新案第867462号

森田和夫・曾我政弘
西田治義

電 光 掲 示 装 置

本登録実用新案は電光掲示装置に関するもので、演算および記憶を行なう電子計算機を電光掲示板の装置に内蔵せしめ、電子計算機と掲示板の入力装置を電氣的あるいは機械的にも直結せしめたものである。

たとえば運動競技場では過去の同種競技記録との照合や、あるいは何人かの審判員の採点結果の平均をとったり、競技によってはハンディキャップに類する係数を評点に乗ずるなどして、その結果を電光掲示するが、計算量が多く、かつ複雑になってくると、電光掲

示のタイミングが競技の進行と一致せず、掲示本来のニュース性を失いがちである。しかるに、本登録実用新案を用いれば、計算に必要な情報をあらかじめ記憶装置にたくわえておき、その情報を必要に応じそのままあるいは計算を行なって掲示できるので、このような不都合を解消することができる。なお本登録実用新案は運動競技場の電光掲示装置に限らず、一般のあらゆる電光掲示装置への利用が考えられる。(川田)