

## 光応用ブラシレス交流発電機異常監視装置

### Fiber Optic Automatic Rectifier-failure Inspection System for Rotary Rectifying Circuit of Brushless AC Generator

仲村敬二郎 \* Keijirō Nakamura · 辻 伸彦 \* Nobuhiko Tsuji · 井池政則 \*\* Masanori Iike · 安藤郁夫 \*\*\* Ikuro Andō

#### I. まえがき

電力を安定供給するために、発電プラント及び電力系統の高信頼度化・機器監視の強化の要求が日増しに高まっている。また熟練したオペレータの確保の困難も相まって機器の自動運転化など省力化を図りたいとする考えもある。

同期発電機では、直流界磁電流を供給するためにスリップリング及びブラシが使われていたが、ブラシは磨耗するため保守の手間がかかる。そのため、最近ではダイオードを交流励磁機の回転子に取り付けて回転整流回路を構成し、そこから直流界磁電流を供給する方式のブラシレス交流発電機が使われるようになってきている。しかし、この整流回路のダイオードが故障すると発電が止まるので、発電所の保守員がストロボスコープを用いて目視で点検しており、強い電磁ノイズのある環境のもとでも安定に作動する自動故障検出装置の出現が望まれていた。

今般、光応用センシング技術とマイクロプロセッサによるデータ処理技術とを組み合わせ、電磁ノイズに強くかつ非接触形のブラシレス交流発電機用回転整流回路異常監視装置を開発したので、その概要を紹介する。

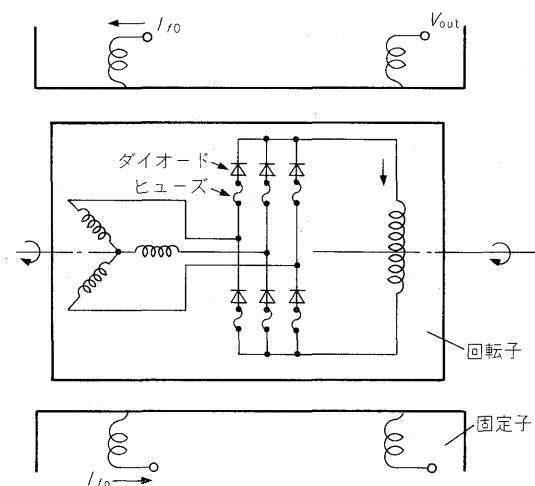
#### II. ブラシレス交流発電機

##### 1. 等価回路

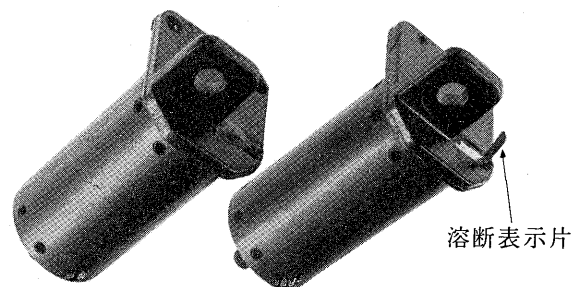
第1図にブラシレス交流発電機の等価回路を示す。回転子側に三相整流回路を構成し、ここで直流界磁電流を得ている。実機では、整流回路の各アームのダイオードは平常の通電電流に対して十分な余裕をもたせた数だけ並列接続されており、全体では数十個のダイオードが放射状に回転子に取り付けられている。電力の安定供給のためには、万一、1個でも故障したら速やかに交換しておく必要がある。また、各ダイオードには保護ヒューズが直列に接続されている。

##### 2. 保護ヒューズ

第2図は健全ヒューズ（左側）と溶断ヒューズ（右側）の外観写真である。ヒューズには溶断表示片が付いていて、ダイオードが故障してヒューズが溶断すると、この表示片が遠心力で起き上がる。従来は、発電所の保守員



第1図 ブラシレス交流発電機の等価回路  
Fig. 1. Equivalent circuit of brushless AC generator



第2図 ダイオード保護ヒューズの外観  
Fig. 2. Protection fuse

がストロボスコープを用いて発電機ケースののぞき窓から目視で点検していた。

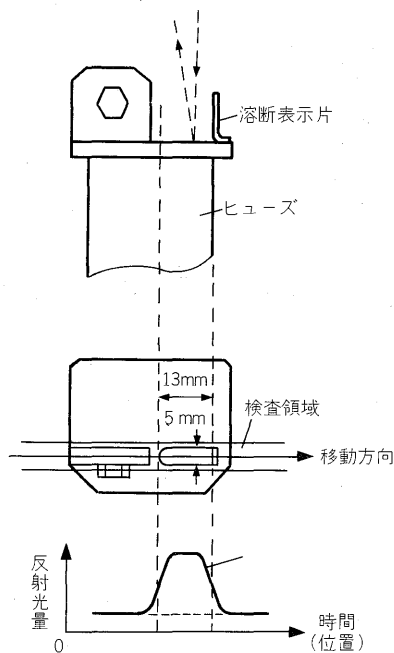
#### III. 回転整流回路異常監視装置

##### 1. 検出原理

強い電磁界のもとでも雑音を拾うおそれのない光センシング方式を採用した。健全ヒューズのケース表面を黒色塗装しておく、ヒューズ溶断の異常時には表示片が遠心力により起き上がり、ヒューズ地肌の金属めっき面が現れる。第3図に示すように、この面に光を照射し、その反射光量を監視すれば故障ヒューズを検出できる。

\* (株)富士電機総合研究所 製品化研究所 \*\* 電力プラント事業本部 回転機設計部

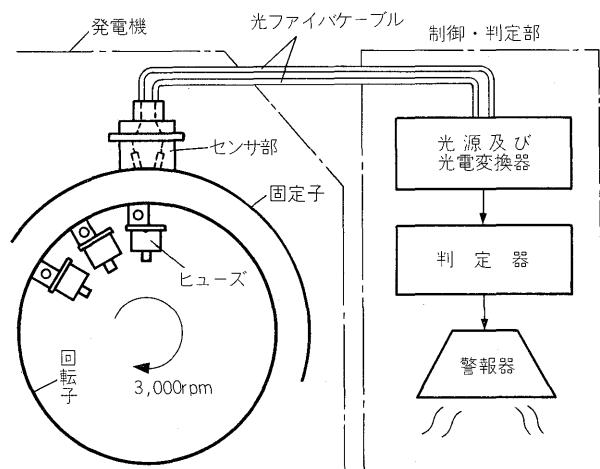
\*\*\* 電力プラント事業本部 火力プラント統括部 プラント部



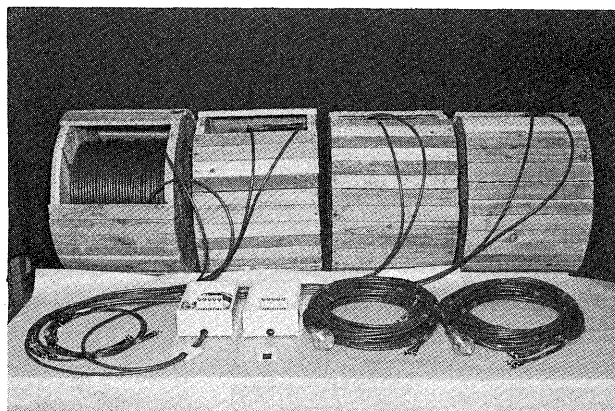
第3図 故障検出の原理  
Fig. 3. Principle of detection

2. 装置の構成

第4図に本装置の全体構成を示す。センサ部は反射式光センサで、信号伝送路の光ファイバケーブル(第5図)



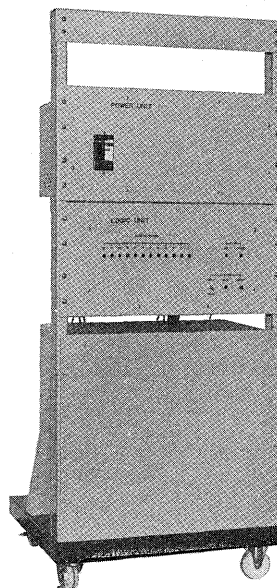
第4図 ヒューズ故障検出装置の外観  
Fig. 4. System configuration of fuse break detector



第5図 光信号伝送路の外観  
Fig. 5. Optical fiber cable system

第1表 性能諸元  
Table 1. Specifications

項目	性能	
検査面	反射面寸法	5 mm×13 mm
	色	正常時：つや消黒，異常時：銀色めっき
移動速度	110 m/s	
光源	光源	LED (電子冷却，自動調光回路付)
	受光器	PIN ホトダイオード
光学部	最適検出距離	70 mm
	照射スポット径	4.0 mm
	受光スポット径	8.0 mm
	検査視野	4 mm×5 mm
伝送路	光伝送距離	片道115 m
	総合光パワー損失	-41.2 dB (第9図参照)
判定部	判定方式	パルス幅判定，連続性判定
	出力信号	警報(ヒューズ故障)，アラーム(光量異常)

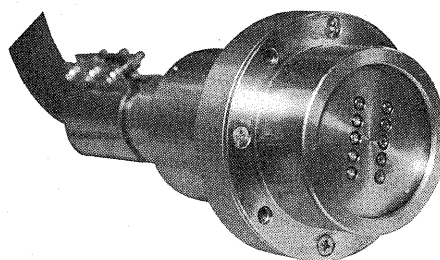


第6図 判定部の外観  
Fig. 6. Control box

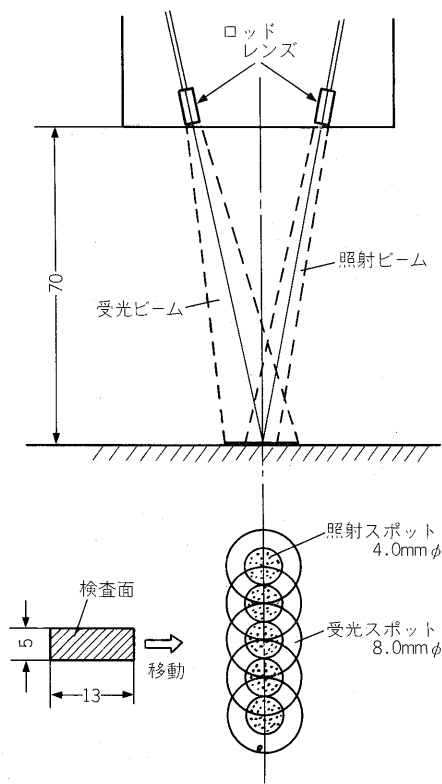
は十分な長さ(片道100 m)をもっているのので、制御・判定部を運転室に置くことができる。制御・判定部は発・受光器群とマイクロプロセッサを内蔵している(第6図)。性能諸元を第1表に示す。

3. 光センサ

第7図にセンサ部の外観を示す。タービン発電機の全長は20 m以上にも及ぶので、熱膨張その他の要因でヒューズ



第7図 センサ部の外観  
Fig. 7. Sensor

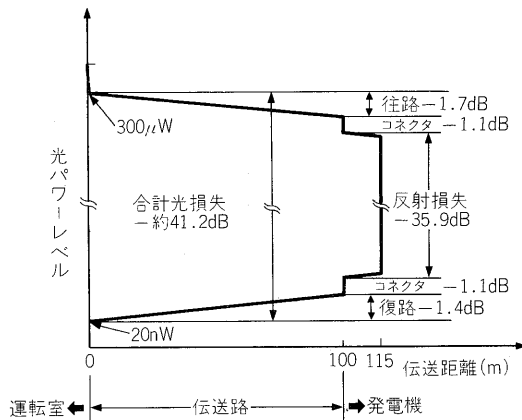


第 8 図 検査領域  
Fig. 8. Detection area

ーズの取付位置はシャフト方向に変動する。したがって、第 8 図に示すように 5 対の反射形センサをアレイ状に並べて広い検査視野を得ている。各センサの照射端・受光端の各々にロッドレンズを備え、検査面での照射スポット径は 4 mm、受光対象スポット径は 8 mm である。また、最適検出距離は約 70 mm である。

4. 光信号系

光センサは前述のように 5 対の投・受光端で構成されている。したがって、光源・伝送路(往復)・センサ・中継コネクタ(往復各 1 個)・受光器から成る光信号路は 5 系統ある。第 9 図に代表的な光パワーのレベルダイアグラムを示す。光源は発光ダイオード(LED)で、コア径 100 μm の往路用光ファイバへの入射光パワーは約 300 μW であり、反射光は復路のコア径 200 μm の光ファイバを経て PIN ホトダイオードで受光される。総合光損失は約 -41.2 dB のため、光電流は 10 nA 程度である。なお、往路・復路とも 6 心のケーブルで、1 心は予備としている。光源の LED は周囲温度 50°C での長期運転に耐えるように電子冷却器で冷却し、かつモニタ用ホトダイオードで光量を検出し、フィードバック回路で出射光量を一定制御している。ただし、出射光量の低下を補償するために



第 9 図 光パワーのレベルダイアグラム  
Fig. 9. Diagram of light power level

増大する駆動電流が限界値に到達した場合は、LED の劣化と見なしてアラーム信号を発報する。

5. 故障判定方式

前述のようにセンサ部と信号伝送路に光技術を採用して電磁ノイズを拾わないようにしたが、更に電源侵入ノイズなどで誤判定しないように制御・判定部のマイクロプロセッサでソフトウェア的に対策している。

センサ部で検出された光信号を二値化回路で一定振幅のパルス幅信号に変換し、回転子が数回転する間この二値化パルスの幅と発生時刻を計時回路で計測を続け、測定データをすべて半導体メモリ (RAM) に記憶させる。得られた数回転分の測定データを基準値と比較する。基準値はヒューズの溶断表示片が起立したときに現れる光反射面の寸法(約 5 mm × 13 mm)と回転子の周速度(3,000 rpm 時 約 110 m/s)とで決まる値である。まず、パルス幅が所定範囲からはずれているデータはノイズによる偽データと判断し捨てる(パルス幅判定)。次に、残った判定データについて発生時刻が所定周期で所定数連続したものがあるか調べる(連続性判定)。合致するデータが見つければ“故障ヒューズ有り”と判断し警報出力を出し、合致するデータが無ければ測定データをすべてキャンセルして、改めて測定からやり直す。以上の測定と判定を約 0.2 秒周期で繰り返す。

IV. あとがき

光応用技術とマイクロプロセッサ応用技術とを組み合わせ、強電磁界と電源侵入サージの多い発電プラントでの使用に耐えるブラシレス交流発電機用回転整流回路異常監視装置の概要を紹介した。本装置は昭和 57 年中にタイ国 Mae Moh 発電所に納入され稼動に入る予定である。



\*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。