

# 発電機回転子コイル極間接続銅帯の変形防止による寿命延長

変形防止装置の自社開発

Extending the Lifespan of Field Coil Connection Copper Bands for Synchronous Generator by Preventing Deformation  
Self-Developed Deformation Prevention Equipment

(火力部 開発G)

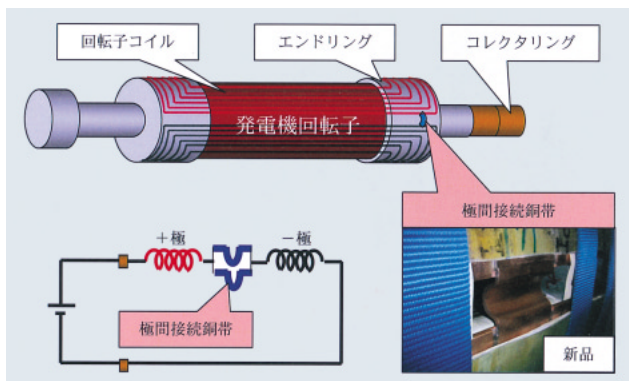
火力発電所の発電機回転子は、運転時間と起動回数パラメータに工場点検時期を定めている。起動回数については、回転子コイル極間接続銅帯(以降、銅帯と略す。)の寿命により制約を受けていたため、その寿命決定根拠と劣化プロセスの解明を進めるとともに自社技術により変形防止装置を考案し、銅帯寿命を2倍以上に延長した。

(Plant Engineering and Construction Group, Thermal Power Department)  
Inspection periods for generator rotors in thermal power plants are determined by parameters based on the operation time and number of startups. In turn, the number of startups is limited by the lifespan of the field coil connection copper bands (hereafter referred to simply as copper bands). Lifespan determination factors and deterioration processes have been studied, and deformation prevention equipment has been developed using our own technique. As a result, we have been able to more than double the lifespan of these copper bands.

## 1 極間接続銅帯とは

極間接続銅帯は第1図のとおり、発電機回転子コイルの+極と-極を電気的に接続するものである。回転子コイルに加わる遠心力およびコイル自体の熱伸びを吸収させるため、銅板を10枚重ねた構造としている。

この銅帯が切れると回転子に電流が流れなくなり発電不能となるため、銅帯に亀裂が生じる前に定期的に回転子を工場送りし、銅帯を取り替えていた。

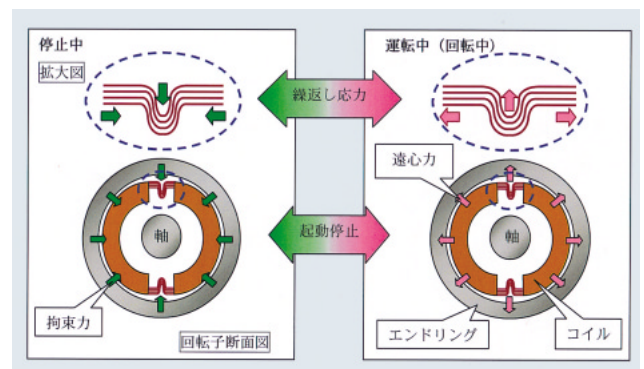


第1図 極間接続銅帯説明図

## 2 極間接続銅帯の損傷原因

第2図右図に示すように運転中は、回転子の各部には遠心力が加わる。遠心力によりコイルはラジアル方向に広がり、それを銅帯について見ると拡大図に示すように銅帯を両側から引っ張るような力が加わる。また、停止中は、左図のように遠心力がなくなり、先程とは逆方向の力が加わる。このようにユニットの起動停止に伴い、加わる力が繰り返し変化することによって、銅帯が疲労破壊する。

比較的小容量で起動停止が容易なコンバインドサイクルプラントは、ユニットを起動停止することで電力需要の変動に柔軟に対応し、電力の安定供給に貢献している。

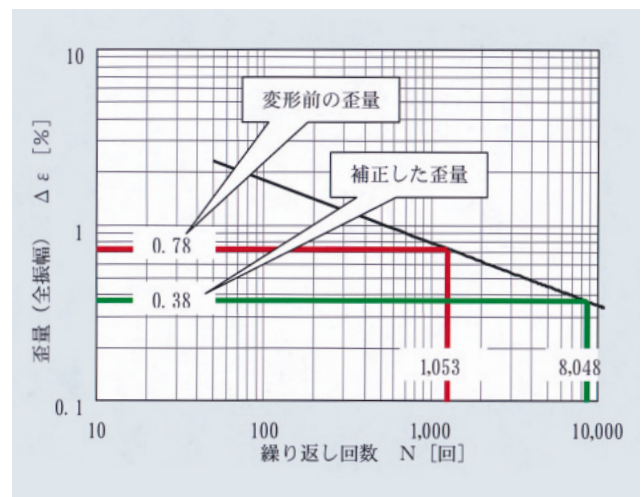


第2図 極間接続銅帯に加わる繰返し応力

銅帯の寿命が1,000回であるため、年間起動回数が250回では約4年で1,000回に達することとなり、多額の修理費用やユニット稼働率の低下に伴う振替損失の増加が問題となっていた。

## 3 これまでの寿命1,000回の根拠

銅帯の劣化は機械的疲労であるため、その寿命は歪量と繰返し回数のグラフ、つまりS-N曲線(第3図)から求めることができる。



第3図 S-N曲線

メーカー試験記録によると、遠心力のない状態で銅帯の両側から運転中と同じ伸び縮みさせるような力を加えた場合の寿命は第3図に示すように8,000回以上ある。しかし、大きな遠心力が加わることで、銅帯は第4図のようにいろいろな形に変形する。



第4図 極間接続銅帯の変形例

変形により部分的に応力が集中し、その部分を起点に亀裂が発生する。この亀裂が生じる時期を寿命としている。応力集中度は有限要素法により解析し、補正した歪量から1,000回という寿命を求めている。

## 4 寿命延長方法

寿命延長の方法は、以下の3つが考えられる。

- 繰り返し応力の大きさを低減する。
- 繰り返し応力の回数を低減する
- 極間接続銅帯の変形を防止する。

は回転子中心寄りに銅帯を設置することで実現するが、回転子の構造を変更する必要が生じるため、長期の修理期間および多額の費用を必要とするため採用できない。

の回数の低減は、ユニットの起動停止を減らすことであり、電力需要への柔軟な対応が必要となる経年機への対策としては現実的でなく、採用できない。

従って、既設機の銅帯寿命を延長するには、の極間接続銅帯の変形を防止することがコスト面および運用面から最善の方法であると判断し、対応を検討した。

## 5 変形防止装置の考案

### (1) 極間接続銅帯の変形プロセスの解明

寿命1,000回の根拠については、メーカーで実施した実機大モデル試験で解明されているが、変形のプロセスについては未だに解明されていなかった。また、第4図のように銅帯の変形形状が一樣でない理由も解明されていなかった。そこで四日市火力発電所4号系列の銅帯の工場修理に合わせて、工場調査を実施した。

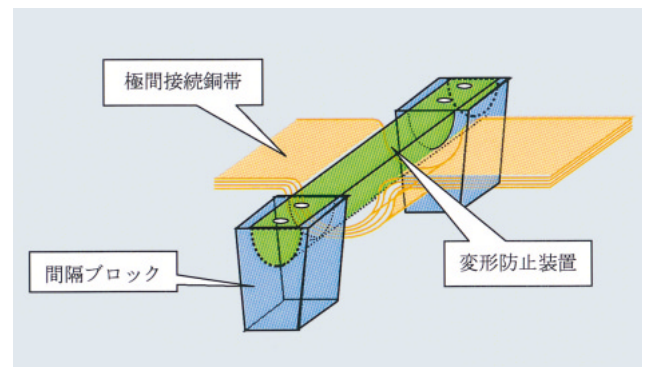
調査結果、銅帯の変形プロセスは、発電機回転子の組立過程において小さな変形が生じ、その小さな変形がきっかけとなり、その後の回転試験で大きな変形へと成長することが分かった。なお、この小さな変形は、品質管

理の強化など、既存技術の改善や品質管理の強化では防止できないことも判明した。

### (2) 変形防止装置の考案

変形防止装置の考案にあたり、メーカーには製作する上でのアドバイスを受けたが、すべて自社で設計した。

構造としては、かまぼこ形の変形防止により銅帯の変形を防止する。このかまぼこ形は、銅帯に加わる応力を少なくするため、滑らかな円弧状とした。さらに材質、製作方法、部品の接合方法については、機械的、熱的、電氣的劣化への特性を十分に確保した。



第5図 変形防止装置

### (3) 効果

平成16年に特許出願(現在は審査請求中)し、平成17年からは実際に四日市火力発電所4号系列の2台の発電機に変形防止装置を取り付けて運転し、所要の効果をえた。そこで銅帯の取り替え周期をユニット起動回数2,000回と従来の2倍(4年周期 8年周期)まで延長した。

銅帯修理に必要な費用の低減(発電機分解組立等の付帯修理を含む)約50%減

銅帯修理のためのユニット停止の削減

自社による銅帯検査時期の決定や検査技術の確立

## 6 今後の予定

変形防止装置を採用した四日市火力発電所4号系列の2台の発電機は順調に運転を継続しており、残りの3台についても順次採用予定である。

また、今回の成果をもとに他の同種構造の発電機についても検討のうえ、ユニット運用状況に応じて変形防止装置の採用を進めていく予定である。



執筆者 / 泉谷光広