

自家用発電設備の改良保全技術

Maintenance Program Technologies for Industrial Power Generation Facilities

岡田 一宏
OKADA Kazuhiro

青木 静馬
AOKI Shizuma

小澤 進
OZAWA Susumu

自家用発電設備は、一般産業、官公庁などのユーザーが設置する発電設備で、発電又は発電 + 蒸気を供給してエネルギーコストの低減を図り、ユーザーの本業をサポートする設備である。しかし、この発電設備が予期せぬ停止や運転障害を起こした場合、エネルギーコストの増加だけでなく、本業のプラントの停止や操業縮小を伴うケースがある。このような事態を未然に防ぐ意味でも、計画的なメンテナンス及び改良保全による設備改善は重要な役割を担っている。

このため、当社は、安定供給のための経年劣化把握、長期予防保全計画の立案、設備の信頼性 / 合理化施策を推進し、更に発電設備の運用の変化や多様化に合わせた省エネルギー・トータル発電システムの最適化提案を実施している。

Industrial power generation plants are established by users such as those in general industrial fields, municipal offices, and so on, where they supply electric power or electric power and process steam to support the user's regular operations while reducing energy costs. In the event of an unexpected stoppage or running impediment, however, not only do energy costs increase but regular plant operations may also be suspended or reduced. Maintenance programs play an important part in preventing such trouble.

Toshiba offers various maintenance program technologies for industrial power generation facilities corresponding to the user's needs, including life condition diagnosis, long-term preventive maintenance programs, rationalization programs, and energy saving/total generation optimization programs.

1 まえがき

自家用発電設備は、各業種や個々のユーザーにより燃料の種類、発電方式、運用形態などが多岐にわたっており、個々のプラントの置かれている状況は異なっている。

今日、当社が納入したプラントもかなり長期運用に伴う経年的な劣化の進行が目だってきており、予期せぬプラント停止や運転障害が起きているのも事実である。

また、外部環境の変化、各ユーザーの運用形態の変化、最近の省エネルギー対策などで自家用発電設備自体の使用環境の変化も見受けられる。

このような発電設備の置かれている状況の変化や、様々なユーザーの要望に応じた予防保全技術、省エネルギー技術、設備改善、信頼性の向上、運転保守サービスについて述べる。

2 予防保全技術

当社が納入し、現在稼働中の自家用発電設備の運転時間を図1に示す。15万時間以上の長時間運転を実施しているプラントが全体の約70%を占めている。これら長時間運転に伴い、経年劣化に起因する予期せぬプラント停止が発生

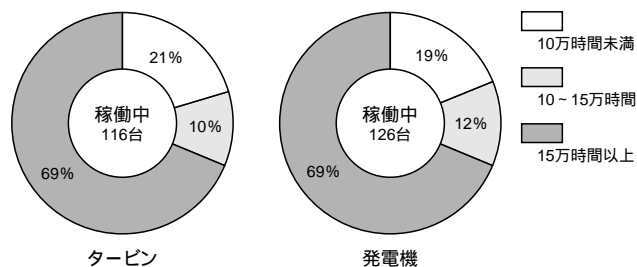


図1. 自家用発電設備の運転時間分布 運転時間が15万時間以上経過したタービン・発電機が全体の約70%を占めている。
Distribution of running hours of industrial power generation facilities

している。予定外のプラント停止は、発電設備の停止だけでなく、ユーザー側の生産設備のプラント停止、操業縮小などを伴い、大きな損失を引き起こすことにもなる。

このような予期せぬ停止を未然に防ぐ意味でも、日ごろからのメンテナンス、データの収集・蓄積が重要になっており、機器の余寿命診断・精密点検を各ユーザーに提案し実行していただいている。

2.1 タービンの余寿命診断

ロータ、ケーシング、主要弁部材は時間の経過とともに劣化が進むが、その要因の一つとしてクリープ / 脆化(ぜいか)がある。クリープの場合ポイドが発生し、これが成長し、き

裂の発生に至る。また、脆化は炭化物や不純物が凝集粗大化して結晶粒界に析出し、これが増加し結合していく。このような経年劣化により材料強度が低下し、き裂の発生、進展へとつながる。

タービン及び主要弁の余寿命診断は硬さ・解析併用法と呼ばれるもので、対象機の実際の硬さや脆化を計測し、これに温度・応力解析、及び運用状況を組み合わせることにより、総合的に判断し、その部品の余寿命を評価し、今後の保守管理に役だてるものである(図2)。

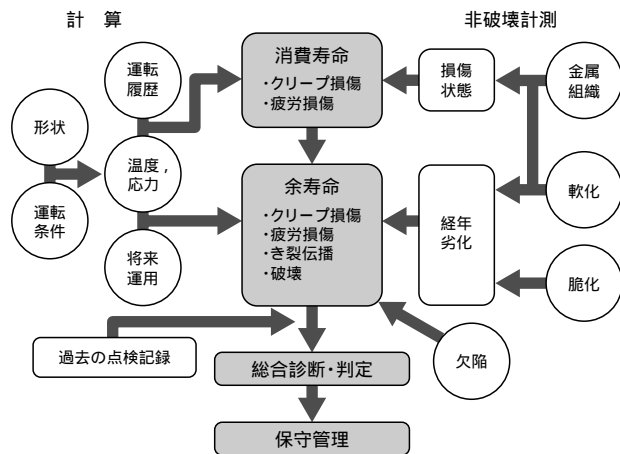


図2. 余寿命診断の方法 実機の硬さ及び脆化を計測し、これに温度・応力解析、運転状況を組み合わせて余寿命を定量的に評価する。
Life assessment diagnosis method

余寿命診断には、き裂発生とき裂伝播(でんぱ)評価があり、き裂発生とは何年経過したらき裂が発生するか、き裂伝播とは発生したき裂が成長・拡大し、限界寸法に達するまでの時間を定量的に予測評価するものである。

このような余寿命診断又は精密点検の結果により、余寿命がない、又は少ないと診断されたものについては、その部品(車室、ロータ、主要弁)の更新を推奨し、実際に更新される事例が多くなってきている。

更新にあたっては、車室の場合は、長寿命化や点検の容易性を目的としてタービン入口ヒートチャンバ部のコーナR部を改善、ロータの場合には、高効率羽根・ノズルの採用やタービン低圧部に流れる湿り蒸気のドレンアタックによる浸食低減を目的とした羽根などを採用、また、主要弁の場合には、スティックの原因となる酸化スケールの付着防止を目的としたステライトブッシュ化対策などを採り入れ、性能向上を含めた設備改善及び信頼性向上のための各種施策を折り込んでいる。

2.2 発電機の余寿命診断

発電機については、主に固定子コイル及び回転子コイルの絶縁劣化が懸念される。固定子コイルについては、定期

的な精密点検、並びに電氣的絶縁診断により劣化の程度が推定でき、この結果に基づき各ユーザーに固定子コイル絶縁更新を提案している。絶縁耐力値(最低破壊電圧値)を推定する関係図を図3に示す。

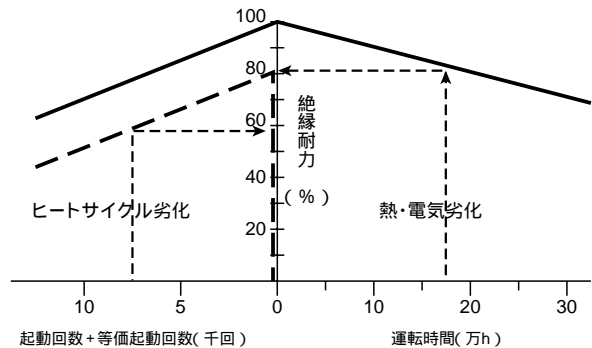


図3. 運転時間と絶縁耐力値の関係 過去の絶縁破壊試験結果からのデータを基に、最低破壊電圧値を推定(計算)する。
Relationship between running hours and insulation level

一方、回転子コイルは、電氣的絶縁劣化よりはむしろ機械的強度の低下が懸念される。回転子コイルは、固定子コイルと同様な電氣的絶縁診断ができないのが現状である。なぜなら、電氣的絶縁診断の印加電圧としては2,000V程度必要であるが、回転子コイルは定格励磁電圧が低く、このような電圧を印加するとスロット絶縁を破壊する可能性があるためである。したがって、回転子コイルでは、過去のスロットアーマの絶縁破壊試験結果を基に、残存破壊電圧値(絶縁耐力値)と運転時間との関係を推定し、運転時間もしくは経過年数により、予防保全的に回転子の絶縁更新の推奨提案を行っている。

また、発電機の回転子コイルの絶縁更新の際には、併せて、励磁装置をPMG(永久磁石発電機)直結ブラシレス励磁装置とすることにより、ブラシの保守点検を省くとともに電源の安定確保を行う、などの信頼性向上を図る提案も実施している。

3 省エネルギー技術

自家用発電設備を取り巻く外部環境の変化や運用多様化の要求に合わせた省エネルギーは、各ユーザーやプラントの置かれている状況により形態は違うにせよ、常にニーズの高い課題である。

ここでは、当社の発電設備省エネルギー対策メニューの一部について述べる。

3.1 余剰蒸気の有効利用

自家用発電設備のタービンの形式としては、発電だけとする復水タービン、蒸気と電気を供給する背圧・抽気背圧・抽

気復水タービンがあり、当社納入の自家用発電設備では、蒸気をプロセスに供給するプラント(背圧・抽気背圧・抽気復水タービン)が全体の約90%を占めている。

最近では、これらのプラントにおいて、ユーザー側の運用形態の変化やプロセス側の蒸気条件の変化により、プロセス蒸気量が減少し、発電電力の増加が要求されるケースがある。このような場合、低圧タービン追設、タービンの低圧部の容量アップ、給水加熱器の設置、などが考えられる。

低圧タービンを追設する場合は、プロセス蒸気量が減少し、それに伴い発電出力が減少している場合で、減少したプロセス蒸気量に相当する低圧復水タービンを設置し発電させることにより、既設のタービンの出力増加と追設された低圧タービンによる出力増加分の両方の出力アップが見込まれるものである(図4)。

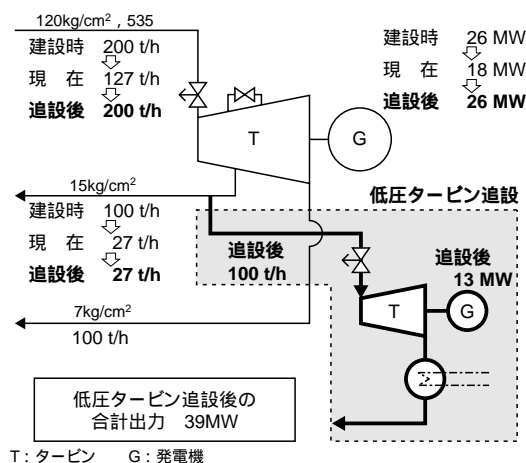


図4. 低圧タービンの追設 余剰プロセス蒸気を利用し、追設した低圧タービン増加分と既納設備回復分で出力増加を見込む。
Addition of low-pressure type turbine

3.2 低負荷運転での効率改善

プロセス蒸気・電気の負荷需要が計画当初より低くなったプラントでは、ノズルに閉止板を設置し、低負荷運転時の効率改善を図る方法がある。

これは、設計計画点からずれた運転を強いられるプラントでは、タービン効率は低下しているので、タービンのノズルに閉止板を取り付け、低下した蒸気量に見合う最適なノズル面積になるように、ノズルをふさぎ、タービンの各段落圧力を当初設計点に合わせ、効率改善を図るものである(図5)。

3.3 受電電力制御

購入電力コストを含めたトータル発電コストの低減策として、受電電力(デマンド)制御及び受電無効電力(力率)制御がある。以下に、その概要について述べる。

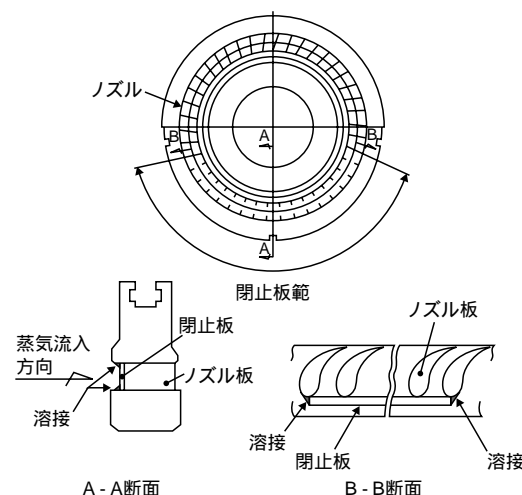


図5. ノズル改造内容 ノズルに閉止板を取り付け、タービンの効率改善を図る。
Plugging of turbine nozzle

3.3.1 受電電力制御 この制御は、ガバナを増減することで自家用発電設備の出力(電力)を調整し、受電電力が設定電力となるように調整するものである。この制御を導入することで、契約電力オーバ及び電力逆送を防止し、また、購入電力契約形態により設定電力を変更することで、トータル発電コストの低減を図る。

3.3.2 受電無効電力制御 この制御は、発電機励磁装置(AVR)の電圧設定器を増減することで発電機無効電力を調整し、受電無効電力がゼロとなるようにするものである。この制御を導入することで、受電率を1とし、購入電力コストの低減と、解列時の変動を抑えることができる。

3.4 自家用発電設備運用最適化システム

自家用発電設備運用最適化システムは、与えられた設備構成とその運転制限範囲内で、電力と蒸気需要を満足しつつ最適なエネルギー消費(コスト最小)を実現するシステムである。このシステムは、最適な運転形態を計算して、オペレータへガイダンス出力又は制御装置へ制御指令値を出力するもので、現在、実機システムによる検証試験を計画中である(図6)。

このシステムは、プラント運転データにアクセスできるパソコン(PC)上で動作し、運転データを基に作成した設備機器モデルと運転制限条件、需要値とから非線形最適化計算により、その時の最適な運転点を算出する。また、最適運転スケジュールをダイナミックプログラミングにより計算することも可能で、この計算結果を基に自家用発電設備を運転することにより、省エネルギー又は省コスト運転が可能となる。当社のシステムは、特にモデル作成部分を簡易化することにより、プラントモデルの保守性を向上するとともに計算スピードの向上を図っている。

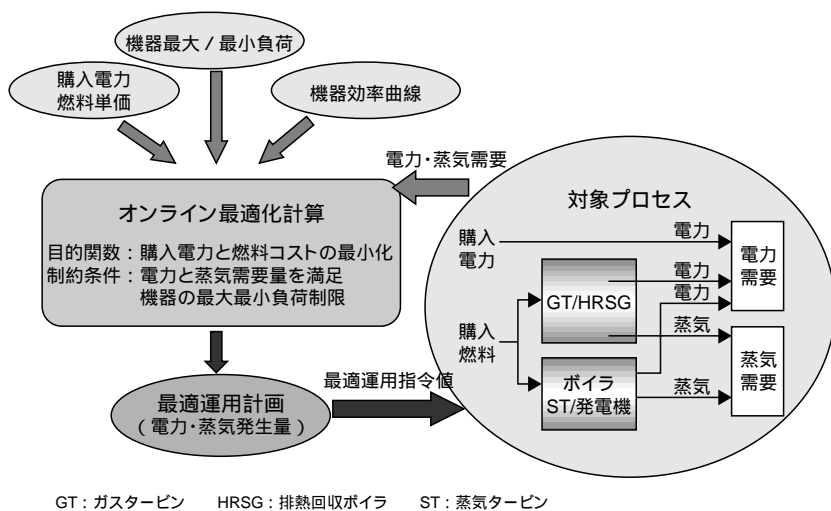


図6. 自家用発電設備運用最適化システム 電力と蒸気需要を満足しつつ最適エネルギー消費を実現する。
Online energy/cost optimization control system

GT: ガスタービン HRSG: 排熱回収ボイラ ST: 蒸気タービン

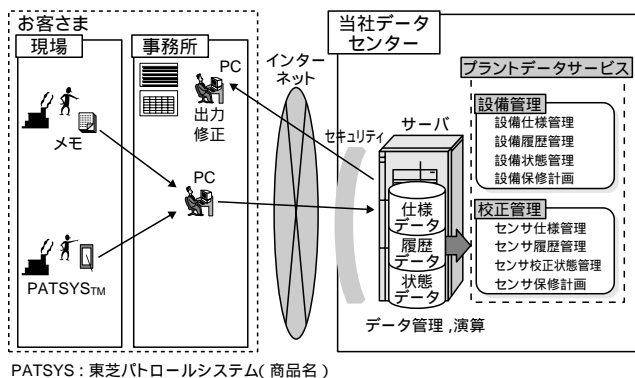
4 運転保守サービス

近年、いろいろな分野においてサービス事業が推進されているが、当社でも自家用発電設備において、発電コストや保守コストの低減、また、運転・保守の合理化など、お客さまの抱える課題などを解決する各種サービスの提供の検討を進めている。

以下に、2001年7月から運用開始を予定しているプラント設備管理データサービスの事例について述べる。

このサービスは一般産業を対象とした設備管理ASP (Application Service Provider) サービスであり、システム構成としては、プラントデータサービス構成例(図7)に示すように、お客さまの事務所のPCと当社データセンターのサーバとが、インターネットを介して接続される構成である。

このサービスの機能概要としては、お客さまの事務所のPCに取り込まれたプラントデータを、インターネット経由で当社データセンターのサーバに収集し、お客さまのリクエストにより、設備管理や校正管理のサービスを提供する。



PATSYS: 東芝パトロールシステム(商品名)

図7. プラントデータサービス構成 インターネットを介して、サーバにデータを収集し、設備管理ASPサービスを提供する。

System configuration of plant data service

5 あとがき

このサービスにより、お客さまはインターネット端末PCとデータ収集端末だけを用意することで、少ない投資で高度なサービスの提供を受けることが可能となる。

このサービスは、一般産業を対象とした設備管理ASPサービスであるが、将来的に発電設備向けのメニューの充実を図り、自家用発電設備を対象としたサービスとしていく計画である。



岡田 一宏 OKADA Kazuhiro
電力システム社 火力事業部 火力プラント技術部参事。
自家用火力発電設備タービンシステムのエンジニアリング業務に従事。
Thermal Power Systems & Services Div.



青木 静馬 AOKI Shizuma
電力システム社 火力事業部 火力プラント技術部主務。
自家用火力発電設備電気システムのエンジニアリング業務に従事。
Thermal Power Systems & Services Div.



小澤 進 OZAWA Susumu
電力システム社 火力事業部 火力プラント技術部主務。
自家用火力発電設備制御システムのエンジニアリング業務に従事。
Thermal Power Systems & Services Div.