

発電機及び付帯電気品の アフターサービス技術

仁木直人*
山田祥一郎*

After-sales Service Technologies of Generators and Incidental Electrical Equipment

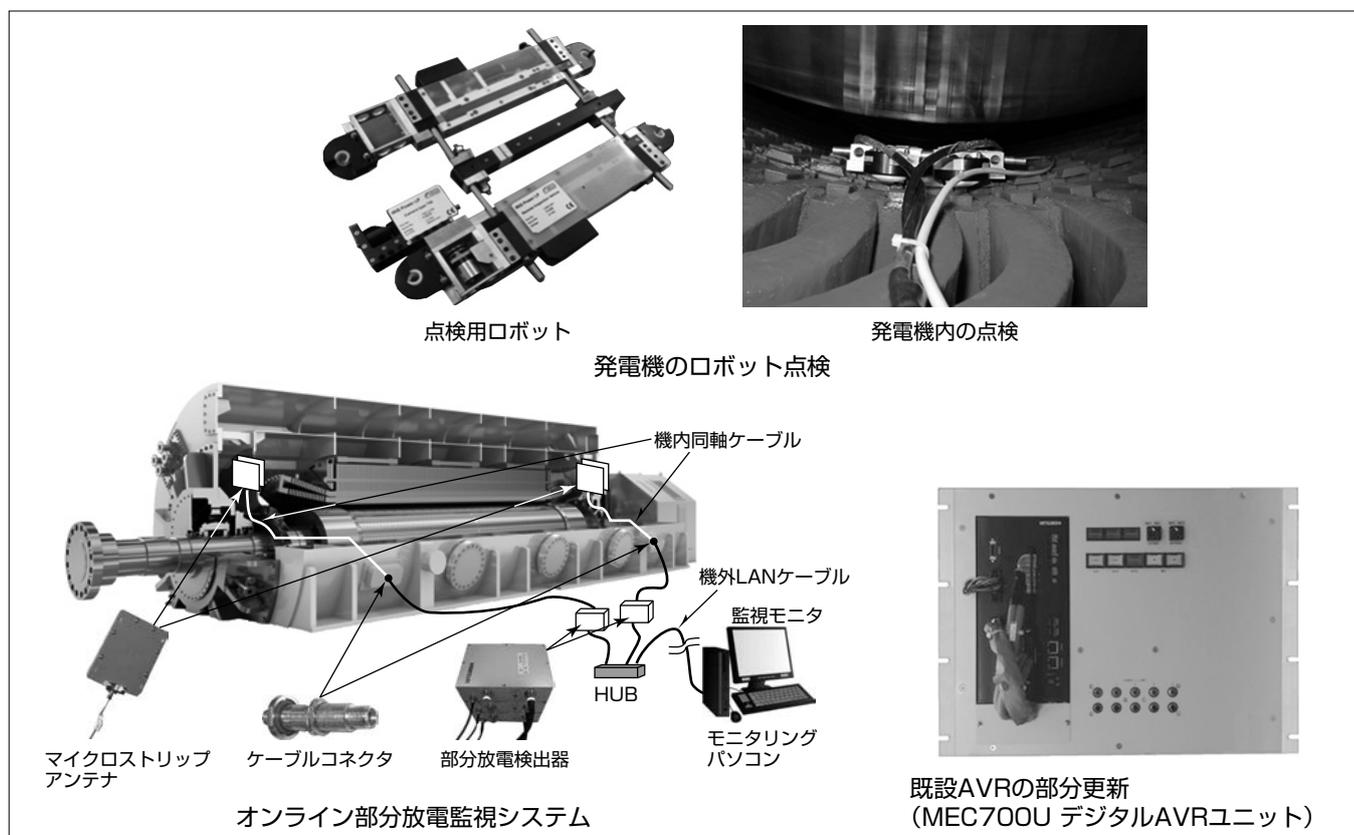
Naoto Niki, Shoichiro Yamada

要 旨

近年、三菱電機の発電向けビジネスでは、アフターサービス事業の強化に注力しており、顧客のニーズを把握して、発電機を主体とした電力機器の高度な予防保全サービスの提案を推進している。

従来の大型リハビリによる延命化提案等に加えて、新たなアフターサービスメニュー(技術)として、発電機本体向けに、回転子を引き抜かずに異常の早期検知が可能なロボット点検、オンラインでの部分放電を監視することで運転中の異常兆候を初期段階で検知するオンライン部分放電監視システム、最新要素技術の既設発電機リハビリ工事へ

の適用等によるアフターサービス事業の拡大を進めている。また、発電機の端子電圧を制御するための自動電圧調整装置(AVR)を始めとする電気品では、既設AVRを容易に最新機種へ更新するためのレトロフィットユニット化、既設サイリスタ起動装置(SFC)向けにメンテナンスの簡易化、メンテナンスコスト低減を目的とした分配器レスシステム、顧客のライフサイクルコスト低減に寄与するLTSA(Long Term Service Agreement: 長期メンテナンス契約)、遠隔監視技術を使った提案等を進めている。



既設発電所向けサービスメニュー(技術)

発電機の点検用ロボットは、簡略点検下での点検項目を充実させ、本格点検時の事前準備の拡充を目的としている。オンライン部分放電監視システムは、オンラインでの部分放電を監視することで運転中の早期異常検知、絶縁寿命の評価を行う。また、「MEC700U デジタルAVRユニット(レトロフィットモデル)」は、既設の当社製AVRの主要制御部分を容易に最新機種へ更新する。

1. ま え が き

近年、当社の発電向けビジネスでは、アフターサービス事業の強化に注力している。一方で、海外向けアフターサービス事業では、大手発電機メーカー等の同業他社や現地のアフターサービス専門会社が当社納入の既設設備に対するアフターサービス事業、リハビリ工事等へ参画しており、非常に厳しい競争環境下におかれている。このため、既設設備納入者にしかできないその知見を活用した保全提案等、他社との差別化が重要となっている。発電機リハビリ工事による延命化等、従来の大型リハビリ工事の受注拡大に加え、顧客のニーズを把握して、定期点検での点検業務の高度化、信頼性や機能向上を目的とした追加設備の設置や部分的な更新、LTSA等、新たなアフターサービスメニュー(技術)を確立することが急務となっている。

本稿では、様々なアフターサービスメニューの中から、①発電機のロボット点検、②オンライン部分放電監視システム、③既設AVR部分更新(MEC700U デジタルAVRユニット)について述べる。

2. アフターサービスメニュー

2.1 発電機のロボット点検⁽¹⁾

2.1.1 ロボット点検の導入背景と効果

発電機の安定運転には日常の点検と定期的な保守が重要であり、特に主要構成部品の中で、固定子の鉄心と楔(くさび)、回転子表面を定期的に点検する必要がある。しかし、これらの点検には回転子の引き抜きが必要となる。従来はこの回転子の引き抜き点検(本格点検)で異常が確認された場合、許される工期の中で修理を行うため十分な補修ができないことや、工期の延長が問題となることがあった。

点検用ロボット(図1)は固定子と回転子の空隙(エアギャップ)に挿入し、ロボットに搭載した磁石で固定子鉄心に吸着させ軸方向に移動させることで発電機を分解することなく、カメラによる目視点検、固定子楔の打音点検、EL-CID(エルシド)点検を実施でき、本格点検前に実施する簡易点検の充実化を実現している(図2)。

また、簡易点検の際、異常を事前に認知することで、早期の本格点検の要否が検討でき、本格点検前に必要な補修



図1. 点検用ロボット

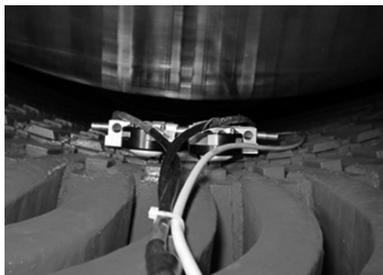


図2. 発電機内の点検

部材の準備をして、対象となる部分を重点的に点検するとともに、速やかに修理を行うことが可能となる。

2.1.2 ロボット点検の内容

(1) 目視点検

点検ロボットに搭載したカメラによって、固定子鉄心及び回転子表面の傷や過熱痕、固定子及び回転子のスロット内構成物のズレや摩耗粉の発生などの異常を検出できる(図3)。

(2) 打音点検

点検ロボットに搭載したハンマーと加速度センサによって固定子楔をタッピングし、固定子楔に生じる振動を検出することで、固定子楔の緩み量を定量化し緩みの分布を把握するとともに、点検結果を蓄積して傾向管理を行うことでスロット内構成物の健全性を評価する。固定子楔の緩みを固い、やや緩い、緩いの3段階にマップ化することで、傾向管理を行うことが可能となる(図4)。

(3) EL-CID点検

固定子に多心線を巻き直流電流を流して固定子鉄心を励磁する。固定子鉄心に層間短絡部がある場合、ロボットに取り付けたチャトック巻線によって短絡部の電流を検出することで、固定子鉄心の異常検知が可能となる。

2.2 オンライン部分放電監視システム⁽²⁾

2.2.1 システム構成

電極間に電圧を加えた際、その間の絶縁物中に発生する放電や電極と誘電体の間に発生する放電などは部分放電と呼ばれる。タービン発電機では高電圧が印加される固定子巻線で部分放電が発生し、部分放電が長時間にわたり発生することで、絶縁の劣化につながる可能性があることが知

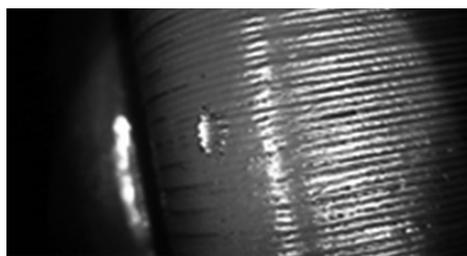


図3. カメラによる点検結果(固定子鉄心傷)

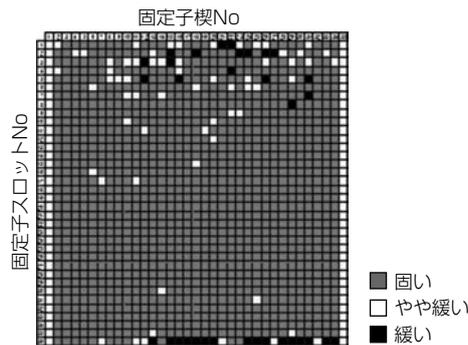


図4. 固定子楔の打音点検結果

られている。タービン発電機の固定子巻線では、主絶縁が熱、電気、環境及び機械的なストレスを受けることで劣化すると、劣化の進行に応じて部分放電が大きくなる傾向があるため、部分放電を定期的に計測することによって主絶縁の劣化状況を把握できる。

オンライン部分放電監視システムは、発電機が通常の負荷運転状態でこの部分放電を常時監視することで絶縁劣化を評価、傾向監視するシステムである。このシステムは図5に示すとおり、マイクロストリップアンテナ、ケーブルコネクタ、部分放電検出器、モニタリングパソコン、監視モニタ、各種ケーブルなどで構成している。

マイクロストリップアンテナは小型軽量で発電機回転子を引き抜くことなく短時間で容易に取付けが可能であり、固定子巻線全体で発生した部分放電を高感度に検出できる。

2.2.2 部分放電データの取得

オンライン部分放電監視システムで取得できるデータは“位相特性”と“強度のトレンド”の2つに大別でき、これらのデータから部分放電データの評価を行う。

(1) 部分放電の位相特性

マイクロストリップアンテナで受信した部分放電信号は図6に示すとおり強度と位相の情報を持っており、一定時間の全ての信号をプロットすることで、位相特性が得られる。

(2) 部分放電強度のトレンド

部分放電のデータを繰り返し取得しこれを時系列に並べると図7の部分放電強度のトレンドグラフとなる。長期間にわたって部分放電強度のトレンドを監視することで、部分放電が一定レベルにあるのか、上昇傾向にあるのかといった傾向管理に基づいた情報が得られる。

2.2.3 異常兆候検知時の対応

異常兆候が検知された場合は発電機を停止し、固定子巻線の端部の目視点検、楔の目視及び打音点検、電気試験による絶縁診断を行い、異常の有無を確認するとともに、必要に応じて補修を施すことで事故を未然に防ぐ。

2.3 MEC700U デジタルAVRユニットによる既設AVRの部分更新

AVR(自動電圧調整装置)は、タービン発電機の励磁装置内に設置されており、定常運転時に同期機の電圧を一定に保持する機能を持っている。負荷が変化するとき電圧を維持し動態安定度を向上させること及び電圧の急変時、速やかに電圧を回復する機能によって負荷遮断時の電圧上昇を抑制し、過渡安定度を向上させる等の目的を持っている。

図8に示すとおり、当社は1944年からこの装置の製作を行っており、デジタルAVRを1990年に投入するとともに、後続モデルの製作を行っている。最新機種MEC700

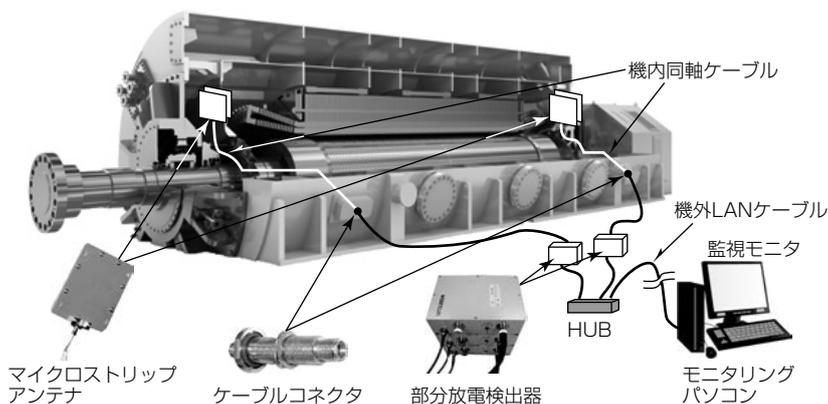


図5. オンライン部分放電監視システムのシステム構成

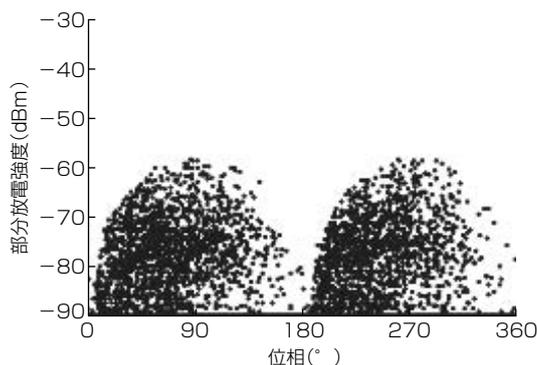


図6. 部分放電の位相特性

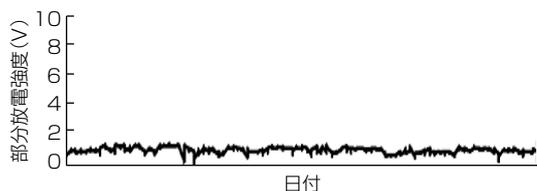


図7. 部分放電強度のトレンド

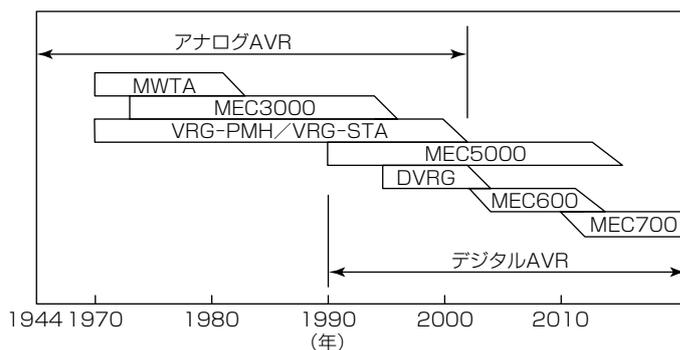


図8. 当社製AVRの変遷

デジタルAVRモジュール(図9)は、最新のデジタル技術を採用しており、従来機と比較して高機能かつコンパクトである。

AVRを始めとする電気品の期待寿命は、装置ごとで構成目目が異なり若干の差異があるが、15~20年程度であり、従来は一式での更新を提案・推奨している。一式更新では、既設外線ケーブルの解線、既設設備の撤去、新製設

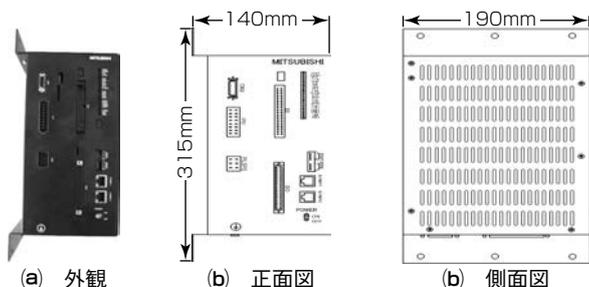


図9. MEC700 デジタルAVRモジュール

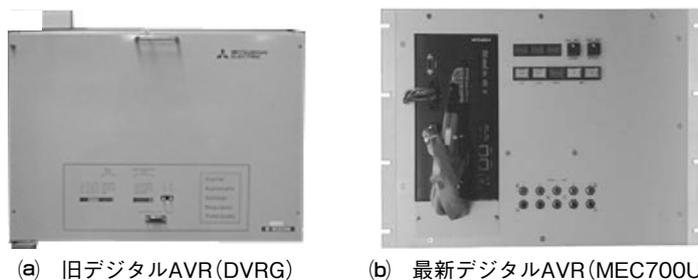
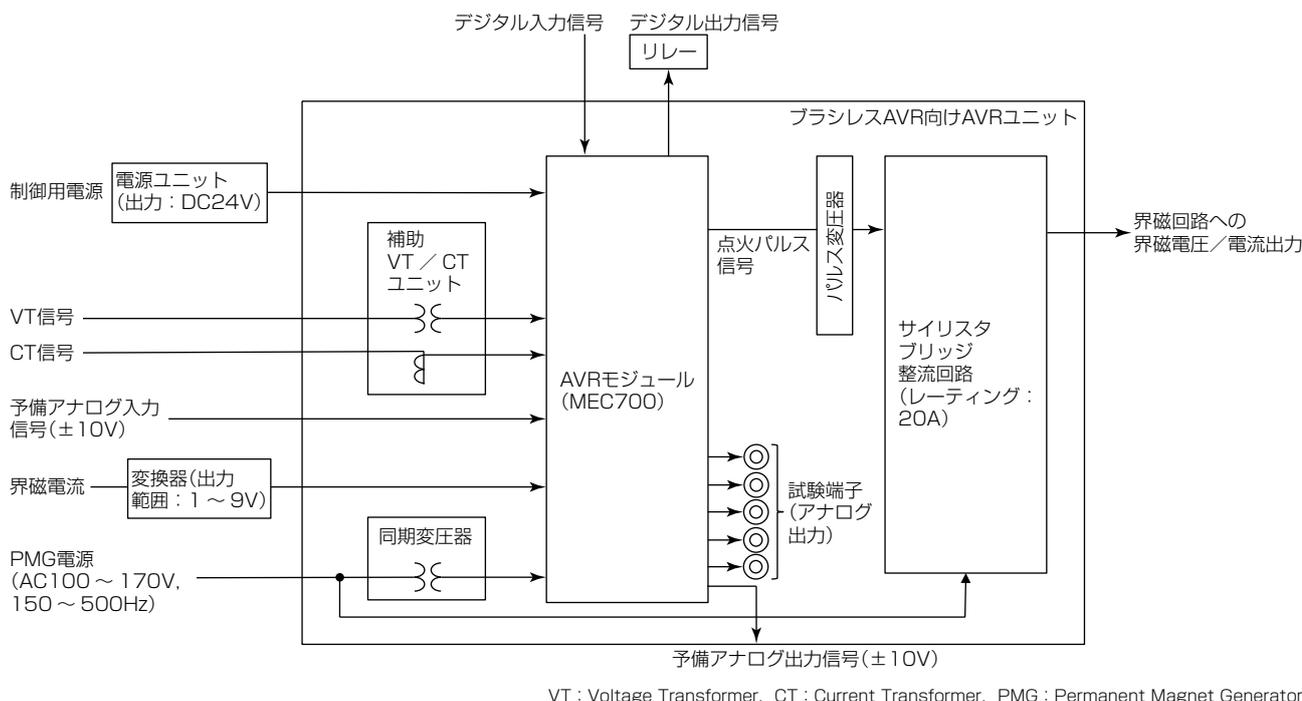


図10. 新旧デジタルAVRユニット



VT : Voltage Transformer, CT : Current Transformer, PMG : Permanent Magnet Generator

図11. MEC700U デジタルAVRユニットのシステム構成

備の搬入・据付け、既設外線ケーブルの再接続、装置の試験等が必要となり、特に海外顧客にとっては、現地工事期間の長期化、更新時の高コスト等が課題となっている。

MEC700U デジタルAVRユニットは、ブラシレス励磁式発電機向け既設設備の主要部品だけを部分的に更新する目的として既設アナログAVR“VRG-PMH-IVユニット”，及びデジタルAVR“DVRGユニット”のレトロフィットモデルとしてユニット化したものである(図10)。既設アナログAVRユニット及びデジタルAVRユニットは、AVRモジュールに加え、ユニット内に全波整流するためのサイリスタ素子ユニット等を収納した構成である。MEC700U デジタルAVRユニットは、部分更新を実現するため、外観(外形寸法、外部インタフェース取り合い)、機能(AVRモジュール、サイリスタモジュール等)に関して、既設のAVRユニットと同じ構成を持っている(図11)。MEC700U デジタルAVRユニットで更新することで、パネル(筐体(きょうたい))、ケーブルインタフェース等の既設設備は流用でき、現地工事の工期短縮、更新工事のコスト低減、最新機種への更新を実現している。

3. む す び

発電機及び付帯電気品の新たなアフターサービスメニュー(技術)としてロボット点検、オンライン部分放電監視システム、既設AVRの部分更新(MEC700U デジタルAVRユニット)について述べた。これらのサービスメニュー以外でも信頼性、機能向上、効率改善を目的とした追加設備の設置や部分的な更新、LTSA(長期メンテナンス契約)等のサービスメニューの確立を継続的に推進しており、これらサービスメニューの適用を通じて、既設発電所の信頼性向上、稼働率向上、メンテナンス性向上等に寄与していく。

参 考 文 献

- (1) 増永 顕, ほか: タービン発電機の予防保全技術, 火力原子力発電, **66**, No.10, 630~634 (2015)
- (2) 佐古 浩, ほか: マイクロストリップアンテナによるタービン発電機のオンライン部分放電計測, 三菱電機技報, **87**, No.11, 636~639 (2013)