

# 自動電圧調整器とアクチエータ

—歴史と展望—

## はじめに

当社は、変圧器を始めとした電力機器関連、モータ関連機器を2つの柱として事業に取り組んでいる。この中で、当社がこれまでの経験と培ってきた技術を活かしている製品、将来の発展が期待できる製品として位置付け、注力しているのが電力機器においては自動電圧調整器、モータ関連機器においてはアクチエータである。

自動電圧調整器は、配電系統において電力品質を守る中心的な役割を担っている。近年では、再生可能エネルギーの導入増加に伴い、電圧調整の必要性が高まり、一層注目を集めるようになってきた。

一方のアクチエータは、当社はこれまで介護医療用ベッドの電装品として開発に取り組んできた。現在、高齢化社会の到来による省力化ニーズの高まりにより、介護医療用以外においてもそのニーズが高まってきている。

今回この2製品について、これまでの当社の取り組みと、今後の展望について紹介する。

## ■ 配電線用自動電圧調整器

### 1. 自動電圧調整器とは

配電線の電圧は、負荷の増減によって絶えず変動している。自動電圧調整器(以下、SVR)は高圧配電線に設置され、この電圧変動を抑制する機器である。

SVRは、電圧調整用タップ付き変圧器、タップ切換器、制御部から構成され、あらかじめ整定された基準電圧との偏差を制御部が検知し、タップ切換器を動作させ、常に最適なタップ電圧に調整する機能を有している。

当社は、1962年に初めてSVRを生産して以来、現在までに約2万台を納入しており、長い歴史の中で、その時代に求められるニーズをいち早く具現化し、製品化してきた。

### 2. これまでの取り組み

当社は、より良質な電力を供給するという電力会社の基本的なニーズに応えるべく、SVRの高機能化や改良に絶えず取り組んできた。以下に、これまでの主な取り組みを記す。

#### 2.1 大容量化

初期のSVRは、小形化を重視してV結線を採用していたが、この結線では線路に生じている零相電圧を解消でき

ないという問題点を抱えていた。また、容量は3000kVAで、増大する配電線容量に合わせた大容量化のニーズも高まっていた。これらに対し、小形軽量化に取り組み、3000kVAと同様な条件(電柱、架台)で設置可能な、星形結線で5000kVAという大容量のSVRを製品化した(図1)。



図1 Y結線 5000kVA SVR

#### 2.2 メンテナンスフリー化

SVRのタップ切換器は、10年程前まで絶縁油中で接点を切り換える方式を採っていた(図2 機械式タップ切換器)。このため、切り換え時に発生するアークにより絶縁油が汚損され、タップ切換動作が10万回超となる10年程度で絶縁油を取り替える必要があった。この取り替えに当たっては代替SVRを用意し、電柱への揚げ替え工事が必要であり、その費用が電力会社の負担となっていた。

当社は、このメンテナンス費用の軽減を図るべく、「真空バルブ式タップ切換器」を開発した(図3)。

このタップ切換器は、真空バルブ内で接点を開閉するため絶縁油の汚損はなく、10年程度での絶縁油の交換が不要となった。これに合わせて、SVR本体タンクへの溶融亜鉛めっきの採用、フッ素ゴムガスケットの採用、吸湿呼吸器の大容量化を行い、タップ切換動作20万回(20年程度)までメンテナンスフリー化した長寿命型SVRを製品化した。

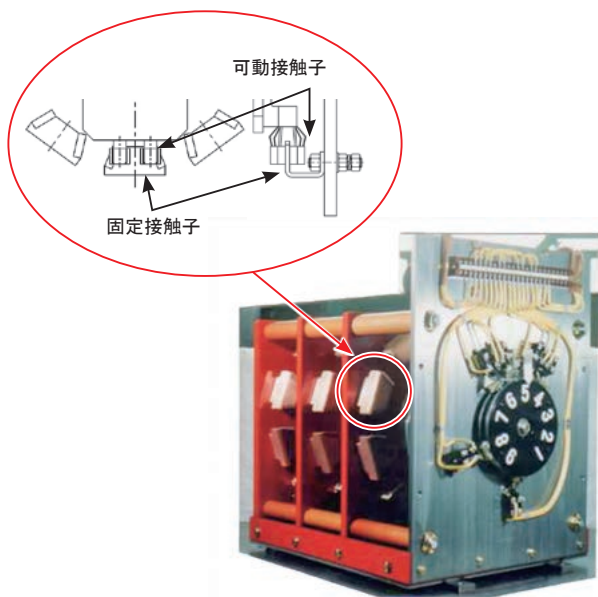


図2 機械式タップ切換器

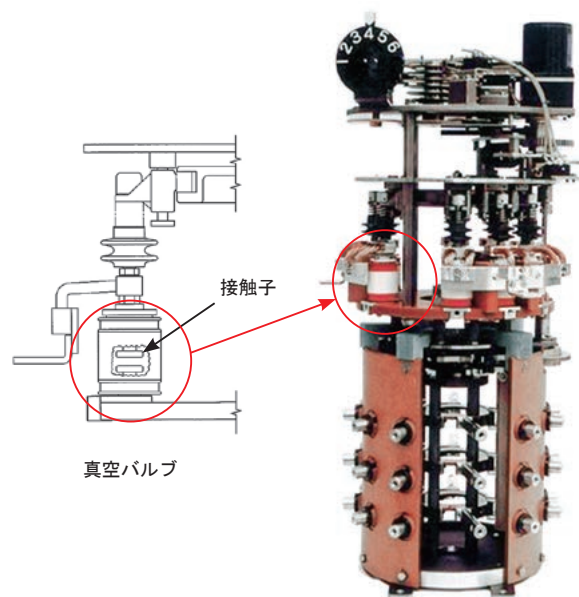


図3 真空バルブ式タップ切換器

## 2.3 遠隔制御への対応

20年程前から、配電線自動化システムの構築、整備が始まり、SVRについてもこのシステムとの連系による遠隔制御への対応が求められるようになった。

SVRへの要求は、遠隔で電圧調整を行えるよう、電圧および電流の計測、タップ位置の監視、タップの昇降圧切換機能などがあり、これらの機能をSVRに具備し、配電線自動化システムと連系するためのインターフェースを設けたSVRを製品化した。

## 2.4 分散電源などによる逆潮流への対応

再生可能エネルギー特別措置法の施行によって分散電源の連系が急激に増加することとなり、自律で逆潮流に対応できる機器の登場が望まれる状況となった。これに対応すべく、変電所の接続方向をSVRが自律で判定し、適正な電圧調整を行うことを可能とした逆潮流対応型SVRを開発した(図4)。

今までの配電系統では、潮流方向が変電所から負荷への一方向であった。したがって、従来のSVRは、電力潮流の方向を逆流継電器(67リレー)で判定し、潮流の下流側の電圧調整を行っていた。

これに対し、負荷側の分散電源により逆潮流が発生すると、SVRは潮流の下流側すなわち変電所側の電圧を調整してしまう問題が生じる。

本開発品は、上記の問題に対して、SVRの一次側から系統をみたインピーダンス値と二次側から系統をみたインピーダンス値を比較する判定方式により、変電所接続方向の自律判定を実現した。

変電所側は、発電容量が大きく電圧維持能力が高いことから、負荷側と比較しインピーダンス値が小さい。インピーダンス判定方式は、インピーダンス値の小さい方を変電所側と判定し、電圧調整方向を決定する。



図4 逆潮流対応型SVRの制御部

## 2.5 高速化

これまで、SVRの遠隔制御化や自律での変電所方向判定など、SVRの高機能化に取り組んできたが、太陽光発電の出力変動は大きく且つ急激であり、従来のタップ切換器を用いたSVRによる電圧調整の応答速度の問題が見えてきた。

そこで、電圧調整を高速かつ多頻度に行える機器として、半導体式タップ切換器を用いたサイリスタ式高圧自動電圧調整器(以下、TVR)を開発した(図5)。

従来のタップ切換器を用いたSVRでは、機構的な制約からタップ切換時間の間隔が1分近く必要になるのに対し、TVRの場合はサイリスタへの電気信号による指令のみでタップを切り換えられることから、切換時間の間隔は100ms程度で対応できる。また、接点にサイリスタを用いていることから回数の制限もない。

こういったメリットから、複雑化する配電線路の電圧管理問題に対して、TVRが非常に有効な製品として期待されており、この数年で徐々に配備されるようになってきている。



図5 TVR

## 2.6 低圧配電線の電圧調整ニーズへの対応

これまで、配電線の電圧調整は、前項まで述べたような高圧配電線用の機器で賄われてきた。しかし、昨今のように家庭用太陽光発電設備が大量に連系される状況では、低圧配電線の電圧変動が拡大することが考えられる。この対策としては、柱上変圧器のタップ電圧の変更が有効である。しかし、タップ電圧は手動で変更する必要がある、停

電を伴うことから、柱上変圧器のタップ電圧を負荷状態で自動切換する機能が必要とされるようになってきた。

そこで、従来の柱上変圧器にタップ切換器と制御基板を組み合わせ、自動電圧調整機能を付加した柱上変圧器(MAI Pole)を開発した(図6左)。本品は、柱上変圧器の二次電圧を監視し、二次電圧の変動に応じて最適な一次タップ電圧を選択し、タップ切換器を自動で切り換える機能を有している。これにより、安定した二次電圧を出力することが可能となった。

また、当社では、この他に低圧配電線路に挿入して電圧調整を行う低圧自動電圧調整器(LSVR)も製品ラインナップしている(図6右)。



図6 MAI Pole LSVR

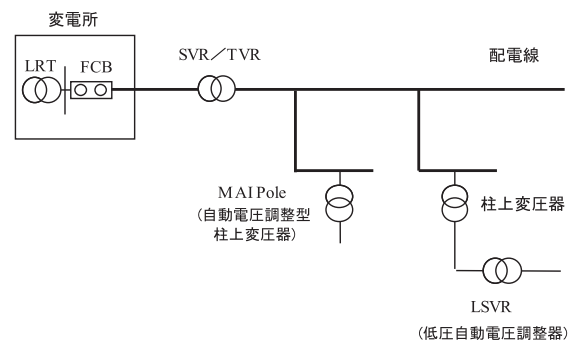


図7 配電系統への電圧調整器の配備イメージ



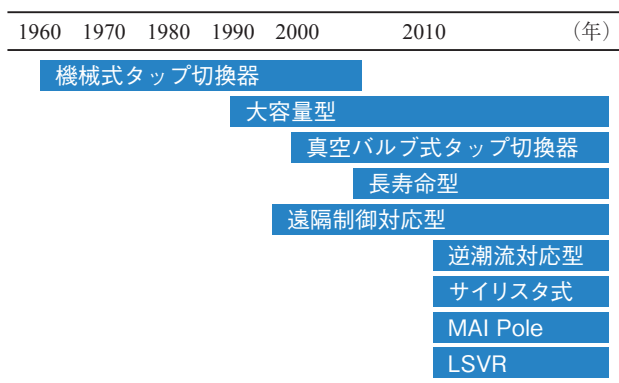


図8 自動電圧調整器の変遷

表1 諸元の新旧比較

機種		3000kVA		5000kVA	
		新 (Y結線)	旧 (V結線)	新 (Y結線)	旧 (Y結線)
外形 寸法 (mm)	幅	1075	1385	1145	1340
	奥行	1335	1165	1425	1570
	高さ	2010	1850	2080	2030
総質量 (kg)		1650	1630	2120	2950

新：真空バルブ式タップ切換器搭載品  
旧：機械式タップ切換器搭載品

### 3. 今後の展望

これまで当社は、高圧配電線用にSVRとTVR、低圧配電線用にMAI PoleとLSVRと言った製品をラインナップし、配電線全体における電圧調整ニーズに対応してきた。

今後は、これらに加え、STATCOM(無効電力調整装置)、配電線自動化システムによる集中制御に対応する高度遠隔制御対応型のSVR、TVR、近年問題化しつつある三相不平衡電圧の是正に対応する電圧調整器などを順次製品化する予定である。

また、海外においてもSVRのニーズが高まっており、カンボジア、ベトナム、フィリピンなどの電力会社や日系企業向けに製品展開している。

これら製品のラインナップにより、より高品質な電力供給を支えて行く。

## ■アクチエータ

### 1. アクチエータとは

アクチエータとは、油圧や電動モータのエネルギーを動力源として、回転運動や直線運動などの機械的なエネルギーに変換する装置である。

当社で製造しているアクチエータは、モータの回転運動をギヤやねじを介して直線運動に変換し推力を発生する装置で、リニアアクチエータと称する。主な用途としては介護用ベッドの床高や背もたれ角度調整の駆動用に使用されている。

### 2. これまでの取り組み

当社は、長年、モータ及びモータ応用製品の開発・製造に取り組んできた。そのような中、1993年パラマウントベッド殿向けに電動ベッド用の駆動装置の納入を開始した。

当初はDCブラシレスモータを駆動源とするギヤードモータからスタートしたが、その後リニアアクチエータに発展し、改良を重ね今日に至っている。

以下にアクチエータに関する当社のこれまでの取り組み状況を記す。

#### 2.1 ギヤードモータの開発

1993年、在宅介護用ベッドの駆動装置を開発した。駆動部はDCブラシレスモータを使用したギヤードモータとし、コントローラ、操作スイッチも併せて開発した。駆動部は従来のACモータシステムと比べ大幅に小型・軽量化を実現した。さらにモータ内蔵のホールセンサ信号をカウントする上下限設定方式を採用したことにより、従来の機械的リミットスイッチ方式に比べ、信頼性も高めることができた。なお、当時の駆動機構はギヤードモータと直線運動に変換するねじ機構部(客先担当)は別構成であった。

図1に本ギヤードモータの外観図、表1に基本仕様を示す。



図1 ギヤードモータ外観図

表1 ギヤードモータの基本仕様

項目	床高調整用	背・膝角度調整用
モータ出力 (W)	65	40
トルク (Nm)	6.2	3.8
回転数 (m-1)	100	100

## 2.2 ギヤードモータからリニアアクチュエータへ

1995年、病院用ベッドの駆動装置の開発に当たり、信頼性向上と低価格化を目指し、ギヤードモータとねじ機構部を一体化したりニアアクチュエータを開発した。この一体化によりベッドフレーム機構が簡素化でき、ベッド設計の自由度が向上した。

構造面では、推力比例式のブレーキ機構、位置検出用ポテンションメータを採用するとともに、静音化のためのモータ振動絶縁構造を採用した。

機能面では、ソフトスタート・ストップ、通常速・高速の2速対応とともに、手動ハンドル操作も可能とした。

現在に繋がるリニアアクチュエータの基本技術は本製品にて確立した。

図2に本リニアアクチュエータの構造図を、図3に同外観を、表2に基本仕様を示す。

本アクチュエータは、モータ軸とねじシャフト軸が平行であることから、当社ではI型アクチュエータと称する。

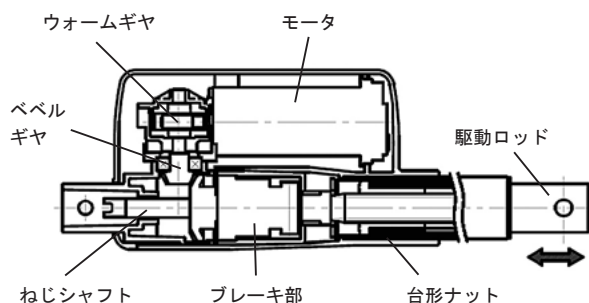


図2 I型アクチュエータの構造図



図3 I型アクチュエータ外観図

表2 I型アクチュエータの基本仕様

項目	床高調整用	背・膝角度調整用
モータ出力 (W)	60	60
推力 (N)	5,000	3,000
速度 (mm/s)	5.5	5.5 / 7.8
ストローク (mm)	155	210、120

## 2.3 軽量・低価格化

1998年、在宅介護用ベッドのモデルチェンジに併せ、軽量・低価格化の要求に対応するため、DCブラシ付きモータを使用したアクチュエータを開発した。従来のブラシレスモータと比べ、コントローラのインバータを廃止できるため、トータルコスト低減に繋がった。

また、背・膝角度調整用の推力3,000[N]クラスのアクチュエータは、ウォームギヤのセルフロックによるブレーキレス方式を採用し、更に筐体も樹脂化し、軽量・低価格化を実現した。

## 2.4 L型アクチュエータへのモデルチェンジ

2008年、軽量・コンパクト・静音・安価の更なる追求のため、アクチュエータのフルモデルチェンジを行った。

従来のI型アクチュエータでは、構成上金属製ベベルギヤ(傘歯車)が必要であり、静音化、コスト面では不利であった。そこで、ベベルギヤが不要となるモータ軸とネジシャフト軸が直交する構成のアクチュエータの開発を進めた。当社ではこれをL型アクチュエータと称する。

L型アクチュエータは、前述のとおりコスト低減・静音化は可能だが、従来サイズのモータではコンパクト性が損なわれる。そこで、新たにネオジマグネットを使用した積厚の薄い専用モータを開発した。これにより、お客様要求の軽量・コンパクト・静音・安価の達成とともに他社製の大きな差別化も実現した。

更に製造面では、グループ会社である蘇州愛知科技有限公司でモータ部の生産を行うとともに、海外部品の採用拡大、主要部品であるねじシャフト及びロッドの内製化により、一層のコスト低減、品質・納期対応の向上を図った。

L型アクチュエータは、2010年には施設用介護ベッドに、2013年には在宅用介護ベッドにも採用された。

図4にL型アクチュエータの構造図を、図5に同外観を示す。

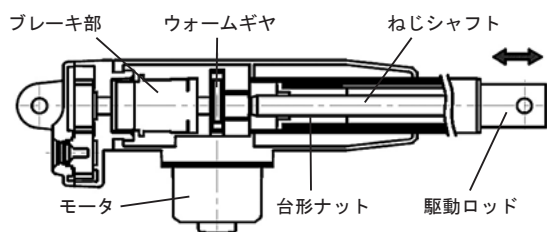


図4 L型アクチュエータの構造図



図5 L型アクチュエータ外観図

### 3. 今後の展望

我国の高齢化は今後益々進み、65歳以上の人口が2015年には3,700万人以上となる。一方、少子高齢化により介護者の減少が顕著であり、今後益々介護者の負担軽減を目的とした各種介護機器のニーズが高まることは必至である。中でも介護ベッドに対する利便性や安全性の要求は今後更に高まるものと思われる。介護ベッドの駆動装置であるアクチュエータにおいても、お客様要求である軽量・コンパクト・静音・安価に加え、新しい機能を搭載した製品を提供し、高齢化社会に貢献していきたいと考える。

また、アクチュエータは介護ベッドの駆動装置以外にも多くの応用分野がある。高速化、高推力化、耐久性の向上を図り、油圧システムからの置き換えや、より小型・高精度で高い制御性を求められる分野へも展開する考えである。

以上、当社のコア技術であるモータをベースとし、各種センサと制御を組み合わせ、より進化したアクチュエータを開発し、お客様のニーズに応じていく所存である。