

長距離大電力送電を実現する自励式静止形無効電力補償装置の開発

世界最大級容量450MVA(150MVA×3)の自励式静止形無効電力補償装置の実現

Development of STATCOM for the realization of the long-distance and large-capacity power transmission
The world's largest capacity of 450MVA (150MVA×3) STATCOM

(工務技術センター 技術G)

(Technical Section, Electrical Engineering Technology Center)

上越火力発電所新設に伴い生じる電力システムの安定度や過電圧の対策として、東信変電所へ世界最大級の450MVAの自励式静止形無効電力補償装置(STATCOM)の設置を採用し、平成24年11月に運用を開始した。本稿では、装置の設置目的、多重合成による大容量化技術について紹介する。

As the countermeasure for system stability and overvoltage occurred from newly-built Joetsu Thermal Power Plant, the world's largest capacity of 450MVA Static Synchronous Compensator (STATCOM) was adopted at Toshin substation, and it started operation in November, 2012. In this paper, we introduce the purpose of installation of STATCOM and the technologies to increase unit capacity up to 150MVA by applying multiple composition of inverter outputs.

1 開発の背景

中部電力(株)として初の日本海側に設置する電源となる上越火力発電所(最大出力2380MW)は、第1図のように長野方面の約300kmもの275kV長距離送電線を経て中部500kV基幹系統に連系する。

当初、発電所から基幹系統まで500kV送電線による連系を計画していたが、発電所開発規模の変更にあわせて、既設275kV系統の送電線を延伸して連系するように変更した。これにより、大幅なコストダウンが可能になる一方、送電線の電流は増加し、送電線で消費する遅れ無効電力も増加することとなり、下記のような課題を抱える。

①安定度:発電機の脱調

送電線で消費する無効電力の増加により、上越火力とつながる送電線を2回線併用状態から1回線を停止したときに著しい系統電圧の低下、発電端と受電端の位相差拡大が発生し、発電機を安定に運転できる範囲を逸脱して発電機が脱調する。

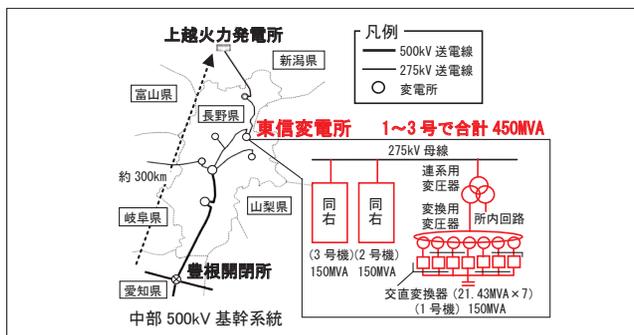
②過電圧:フェランチ現象

送電線の消費無効電力を補償するため、長野方面系統には大量の電力用コンデンサが投入される。この状態で長野方面系統と基幹系統を分離する系統故障が発生すると送電線電流が急減して、電力用コンデンサが過剰となるため、分離した長野方面系統に過電圧が発生する。

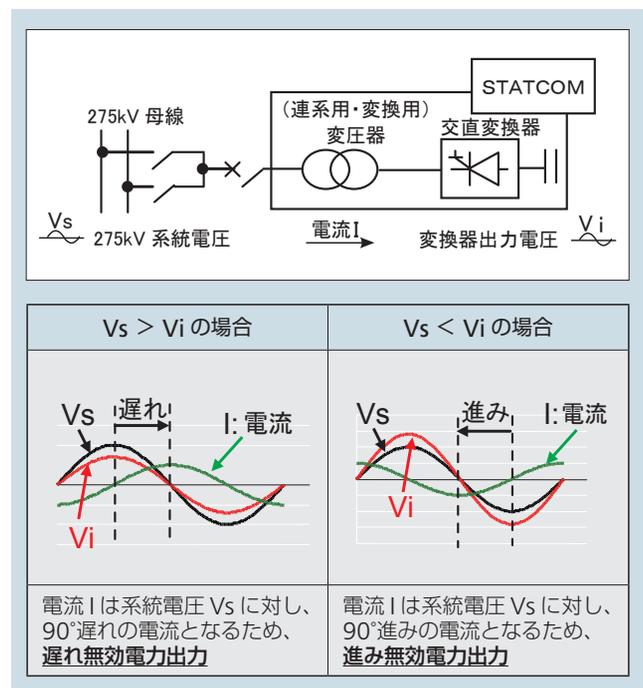
これらの課題を解決するため、無効電力出力を高速かつ自在に制御することができ、安定度、過電圧の両方に対応可能である自励式静止形無効電力補償装置(Static Synchronous Compensator:略称STATCOM)を採用し、世界最大級450MVA(150MVA×3台)のSTATCOMを三菱電機と共同開発し、東信変電所に設置した。

2 動作原理と課題への対応

STATCOMは、自励式の交直変換器を、変圧器を介して電力系統に接続するような設備構成である。第2図のように、交直変換器の出力電圧 V_i を系統電圧 V_s と同位相に保つように連動させ、 V_s の振幅に対して V_i の振幅を大小に変化させることによって、出力する無効電力を進相から遅相まで自在にかつ高速に制御することができる。



第1図 上越火力発電所と長野方面系統



第2図 STATCOMの動作原理

このSTATCOMの無効電力制御を用いて、系統の無効電力を補償し、前項の①安定度と②過電圧の課題を解決する。①安定度に対しては、送電線1回線停止に伴う遅れ無効電力の増加に対し、STATCOMから進み無効電力を出力することで、発電機の脱調を回避することができる。②過電圧に対しては、電力用コンデンサにより過剰となった進み無効電力に対し、STATCOMから遅れ無効電力を高速に出力することで、過電圧を抑制することができる。

これらの対策に必要とされるSTATCOMの容量は総計440MVA以上、夏季の重負荷断面でSTATCOMの単一故障が発生しても上越火力の発電抑制とならないように270MVA以上の容量を確保する必要がある。これらを踏まえて、150MVA×3台構成による総計450MVAとなる世界最大級の容量を採用した。

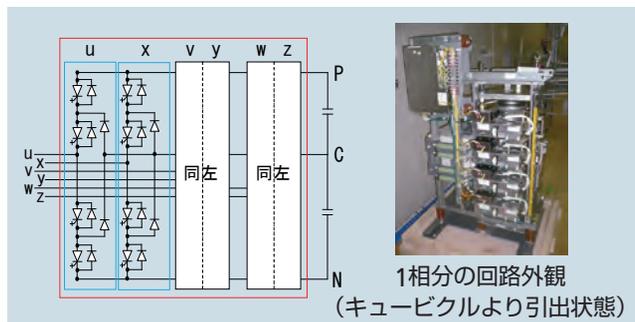
3 開発品の仕様と大容量化技術

今回開発したSTATCOMは、直流コンデンサにより維持する直流電圧から交流電圧を生成する交直変換器7台の出力を変換用変圧器によって多重合成し、連系用変圧器によって昇圧する構成で275kV連系の150MVA機を実現した。構成機器の仕様を第1表に示す。

第1表 150MVAあたりの構成機器仕様

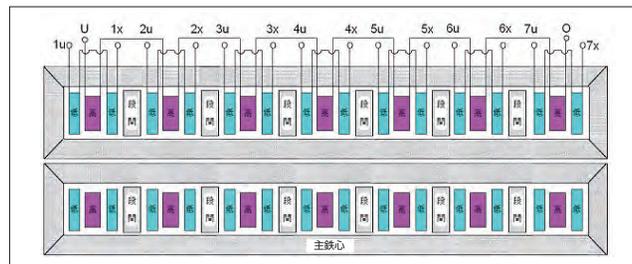
機器	仕様	
連系用変圧器	定格電圧	一次275/二次 77/三次33kV
	定格容量	一次150/二次150/三次30MVA
	結線	一次 Y/二次 Y/三次 Δ
変換用変圧器	定格電圧	一次 77/二次 $3.326 \times \sqrt{3}$ kV
	定格容量	一次150/二次(150/7×7段)MVA
	結線	一次 Y/二次 (7巻線)
交直変換器	定格電圧	交流3.326kV 直流±3,000V
	定格容量	150MVA (21.43MVA×7段)

交直変換器には第3図に示す3レベルインバータを用いた。2相一組で変換用変圧器に接続され、対になる2相の間では出力電圧のパルスのタイミングをずらすことで、その出力は線間では5レベルの電圧波形となる。

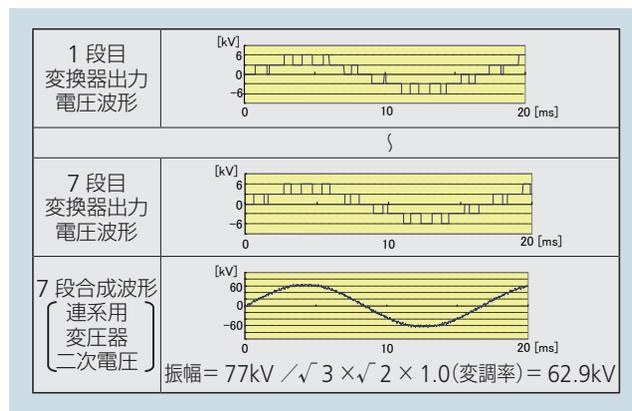


第3図 交直変換器1段分の回路

変換用変圧器は、第4図に示すように、段間鉄心を挟んで単位変圧器を7台並べた構造になっている。結線は、各单位変圧器の一次側を直列接続し、二次側を各々2相一組の交直変換器の交流出力に接続する。これにより、変換用変圧器の一次側では、7段分の交直変換器の出力電圧を直列多重した電圧波形を得ることができる。多重合成後の電圧は、第5図に示すように、歪みの少ない正弦波に近い出力電圧波形を得ることができ、フィルタなしで高調波の低減を図ることができる。フィルタが不要なため、コンパクトな設備形成となり東信変電所の空きスペースに設置することが可能となり、大幅な土地造成をせずに設置することができた。



第4図 変換用変圧器の構造と結線



第5図 変換器出力電圧と多重合成後の電圧波形

4 運用開始

各種試験・検証を経て、世界最大級450MVAのSTATCOMとして平成24年11月に運用開始し、以降、上越火力で発電した電力を安定に送電するために運転を続けている(第6図)。



第6図 東信変電所STATCOMの設置状況



執筆者/松田泰哉