

配電線路電圧管理システムの導入

Introduce of Grid Control System for Power Distribution System

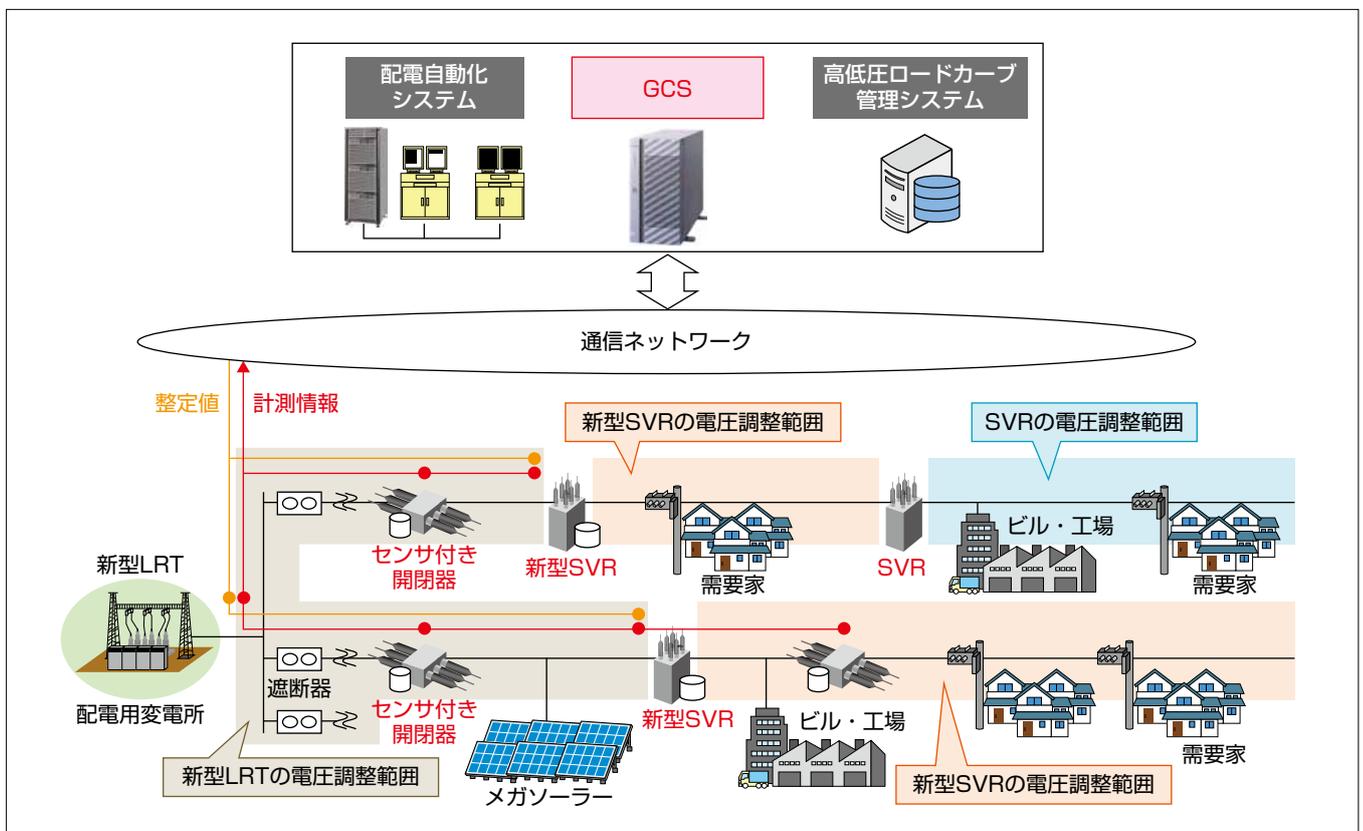
要旨

近年の配電系統は、太陽光発電(PV)などの再生可能エネルギー導入拡大によって、長短周期での電圧変動や逆潮流が拡大し、さらに、送電系統側に起因する電圧変動も複雑に影響し合う状況にあり、現行の電圧調整器では、刻々と変化する配電系統の供給電圧を適正範囲に維持することが困難になっている。

三菱電機では、配電系統を対象とした電圧管理システムとして、配電線路電圧管理システム(Grid Control System : GCS)を開発した。2021年度に中部電力パワーグリッド(株)へ納入しており、GCSとともに開発された高低圧ロードカーブ管理システムや機能高度化された配電自動化システム・次世代電圧調整器と連携し、協調動作することで、システムによる電圧集中制御が実現可能になった。

GCSは、現地の電圧調整器に対して、配電自動化システム及び高低圧ロードカーブ管理システムから取得した連係データに基づき、翌日の整定値を決定するとともに、電圧急変の際には、リアルタイムに遠隔整定を実施し、配電系統の供給電圧を適正に維持する機能を備える。GCSの導入で、各SVR(Step Voltage Regulator : ステップ電圧調整器)での電圧制御範囲が広がるため、SVR設置台数の増加抑制効果も期待できる。

今後の再生可能エネルギーの更なる増加を見据え、分散電源を活用による配電電圧・潮流を適正に維持・管理することを目的としたシステムの開発に取り組むとともに、更なる系統運転の高度化に向けた技術開発を推進する。



GCS

GCSは、現地のLRT(Load Ratio Control Transformer : 負荷時タップ切替器付変圧器)やSVRなどの電圧調整器に対して、高低圧ロードカーブ管理システムから取得した連係データに基づき、翌日の整定値を算出し、遠隔で自動更新する。現地機器から連係された計測情報を配電自動化システム経由で受信し、電圧急変によって適正電圧範囲の逸脱を検出した場合は、リアルタイムに整定値を算出し、遠隔整定実施することで、配電系統の供給電圧を適正に維持する機能を備える。

1. ま え が き

配電系統では電圧降下対策として、変電所に配電用変圧器であるLRTや配電線上に電圧降下補償用のSVRを設置し、安定的な電気の品質維持に努めている。

しかしながら、近年の配電系統は、PVの大量連系によって、長短周期での電圧変動や逆潮流が拡大し、さらに、送電系統側に起因する電圧変動も複雑に影響し合う状況にあり、現行のLRTやSVRでは、刻々と変化する配電系統の供給電圧を適正範囲に維持することが困難になっている。

このような課題を解決するために、中部電力パワーグリッド(株)では、現地機器として、次世代電圧調整器、配電用変電所配電盤向けLR制御ユニットが開発され、設置が進んでいる。これらの現地機器を対象とした電圧管理システムとして、当社では、GCSの開発を行った⁽¹⁾。GCSによる電圧管理手法を適用することによって、タイムリーな整定値更新が実現でき、よりきめ細やかな電圧制御が可能になり、各SVRでの電圧制御範囲が広がるため、SVR設置台数の増加抑制効果も期待できる。

GCSは、現地機器に対して、配電自動化システム及び高低圧ロードカーブ管理システムから取得した連係データに基づき、翌日の整定値を決定するとともに、電圧急変の際には、リアルタイムに遠隔整定実施し、配電系統の供給電圧を適正に維持することを目的とするシステムである。本稿では、GCSのシステム概要について述べる。

2. システムによる電圧集中制御

これまで電圧調整を実施する場合、LRT・SVRの整定値を、過去1年分の整定値の電圧プロフィールから汎用の表計算ソフトウェアを使用して手計算で算出していた。また、算出したデータに基づき、年1～2回現地向出し、整定値の更新を手動で行っていた。

今回GCSの導入によって、整定値の計算は、過去7日分の電圧プロフィールなどからシステムによる自動算出が可能になり、整定値の設定は、現地へ出向せずとも、毎日遠隔で自動更新することが可能になった(図1)。

全配電線を対象としたシステムによる電圧集中制御は国内初^(注1)の試み⁽²⁾となり、“系統電圧の見える化”と“整定値の自動算出”を実現した。

(注1) 2021年6月10日の中部電力パワーグリッド(株)プレスリリース

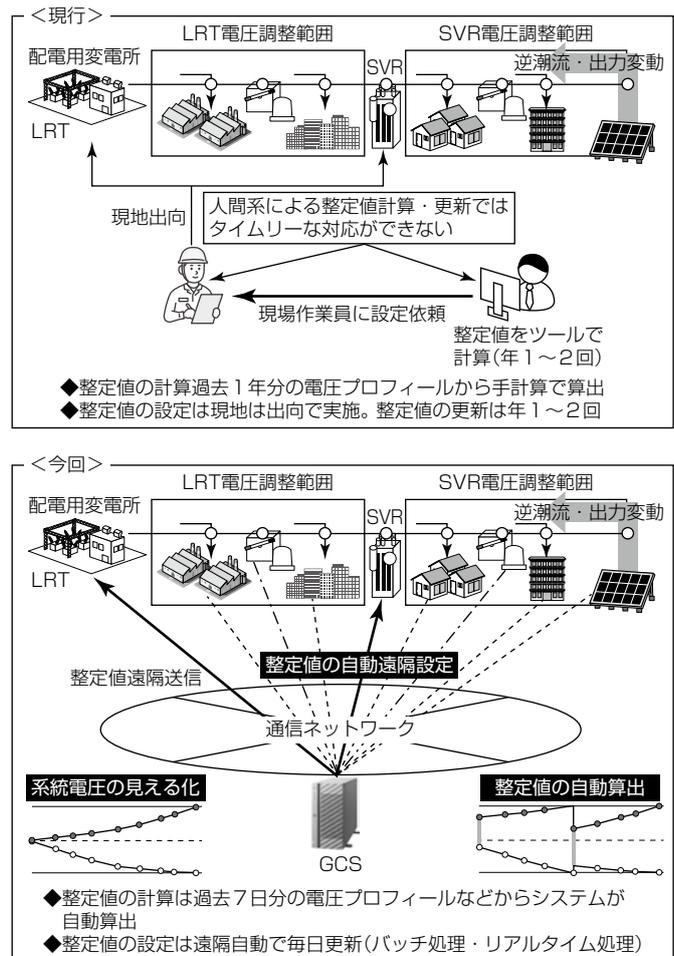


図1. システムによる電圧集中制御

3. GCS

3.1 特徴

GCSが実装している電圧制御機能の主な特徴として、次の2点がある。

- (1) バッチ処理：毎日定時に整定値を自動更新する機能
- (2) リアルタイム処理：配電系統電圧を常時監視し、適正電圧からの逸脱を検出した場合に整定値を自動更新する機能

基本的にはバッチ処理(図2)で、最適な整定値(基準電圧及び不感帯幅)を事前に作成し、毎日更新する。予期せぬ電圧変動が発生し、適正電圧範囲を逸脱した場合には、リアルタイム処理(図3)で更に更新する。

このように、バッチ処理とリアルタイム処理の2段階構えとすることで、GCSは適正電圧を維持できる。

3.2 機能

機能の大分類は系統解析、系統計算、設備データ管理、及び他システム関係であり、次のとおりである。

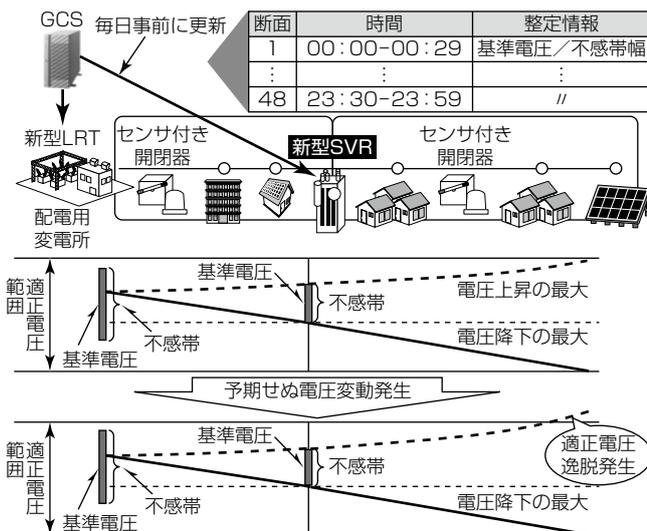


図2. バッチ処理の動作イメージ

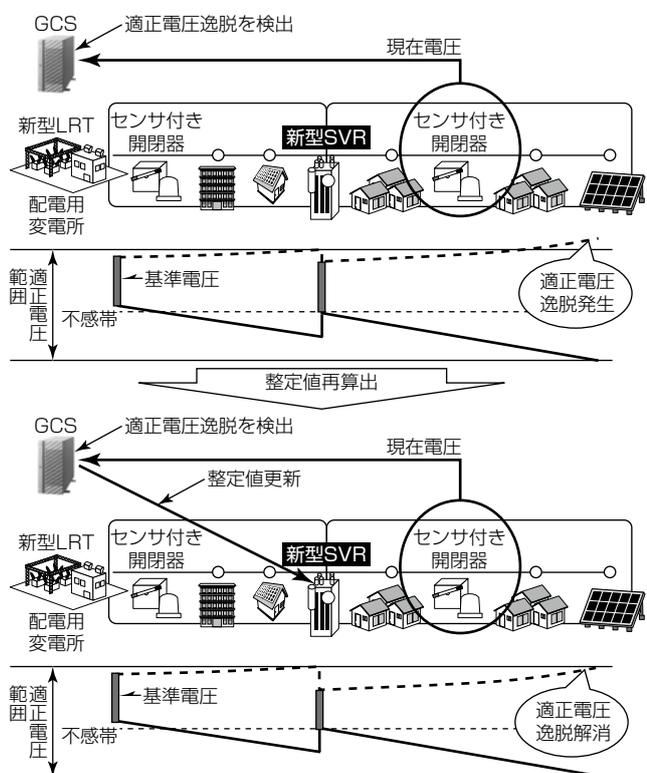


図3. リアルタイム処理の動作イメージ

(1) システム解析

システム解析は、1分周期で、システム固定・SV(SuperVision)解析・TM(TeleMeter)解析の処理を実行する。システム固定では、配電自動化システムから連携されたSV(自動開閉器の入切情報などの2値情報)及びTM(現地機器によって計測された電流・電圧などの数値情報)の現在断面を切り取り、システム解析用データとして固定する。SV解析では、固定したSVをGCSで持つ設備データに割り付けるとともに、現在のシステム状態の把握を実施する。TM解析では、固定したTMをGCSで持つ設備データに割り付けるとともに、

TM値の有効性の判定を実施する。

(2) システム計算

システム計算は、 ΔV 算出処理・リアルタイム処理・バッチ処理・ローカル整定値算出処理で構成されている。

ΔV 算出処理は、電流分布データをGCSで持つ設備データに割り付け、開閉器区間単位の ΔV (電圧上昇量又は電圧降下量)を算出するとともに、電圧調整範囲内の最大電圧上昇値、最大電圧降下値を算出・蓄積する機能である。

バッチ処理は、高低圧ロードカーブ管理システムから連携された過去の実績データを基に、将来の電圧分布を推定し、適正電圧範囲を逸脱しないように、LRT・SVRの整定値を決定する。 ΔV 作成対象となった配電線に現在所属する演算対象設備の整定値を算出する。

リアルタイム処理は、1分周期で現在のシステムでの電圧監視箇所から末端までの電圧最大上昇量・最大降下量を推定した電圧逸脱の監視を実施し、一定時間継続して電圧逸脱を検出した場合は、逸脱量だけLRT・SVRの整定範囲を狭めるように、整定値の補正を実施する。システム解析実施後に動作し、計測電圧の逸脱監視を実施するとともに、逸脱を連続して検出した場合、新たな整定値を算出し、LRT・SVRに設定されている整定値の補正を実施する。

ローカル整定値算出処理は、高低圧ロードカーブ管理システムから連携された年間の最大負荷・発電データを基に、将来の電圧分布を算出し、適正電圧範囲を逸脱しないように、LRT・SVRのローカル整定値を決定する。 ΔV 作成対象となった配電線に標準システムで所属する演算対象設備の整定値を算出する。ローカル整定値は、何らかの理由によって、GCSから現地機器に対して、遠隔での整定値の自動更新を実施できなくなった場合に使用することを目的にしている。

(3) 他システム連携

他システム連携は、システム解析・システム計算に必要なデータを収集するため、配電自動化システムや高低圧ロードカーブ管理システムなどとのデータ連携を実施する。

配電自動化システムから連携した配電系統の設備データを基に、システム解析・システム計算機能に必要なデータベースを作成し、管理する。配電自動化システムでの設備データ更新のタイミングと同調して、GCSでも設備データ更新を実施している。

3.3 他システムとのデータ連携

システムによる電圧集中制御は、複数のシステム間でのデータ連携によって実現している(図4)。

整定値を算出するためには、配電線路の電流分布を見える化する必要がある。まず区間単位の大まかな電流分布を把握するために、センサ付き開閉器の電流情報を配電自動

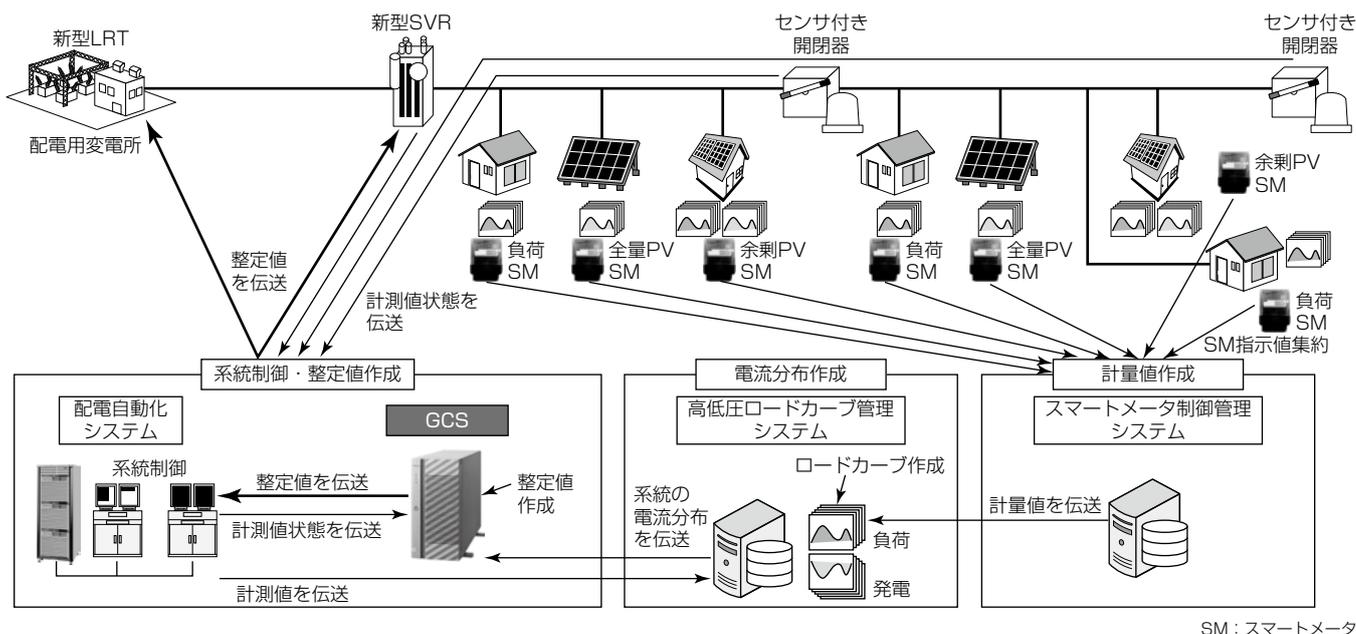


図4. システム間でのデータ関係イメージ

化システムによって収集する。また、PVなどの発電量を把握するために、スマートメータの計量値をスマートメータ制御管理システムから収集する。これらの情報を合算し、高低圧ロードカーブ管理システムによって、高圧需要家、変圧器単位に電力量を算出し、配電用変電所の計測値や配電系統のセンサ付き開閉器の計測値を活用して、配電系統全体の電流分布を算出する。電流分布は30分単位(1日当たり48断面)のデータであり、算出した電流分布を高低圧ロードカーブ管理システムからGCSに対して送信する。GCSは、関係された電流分布を基に適切な整定値をバッチ処理によって算出する。算出した整定値をGCSから配電自動化システムを経由して電圧調整器に1日に2回送信する。

GCSは、配電自動化システムと常時データ連係を実施している。配電自動化システムから関係された現地機器の計測情報に基づき、適正電圧逸脱監視や整定値算出などを実施しており、関係された配電系統の設備情報に基づき、データベースの作成を実施している。

3.4 システム運用開始後の評価

2021年度に、GCS導入による効果の確認を目的として、GCS内に蓄積した実績データを活用して、実データ解析による評価を実施した。評価対象は、2021年6月から本格運用を開始した新型SVR13台に対する実績データとした。運用開始前後でのタップ動作回数の比較を行った結果、評価対象の全ての新型SVRでタップ動作回数が減少していることを確認した。また、バッチ処理・リアルタイム処理で更新した整定値、計測電圧、電圧逸脱の有無、リアル

タイム処理の動作実績などのデータを解析した結果、GCSによる電圧制御によって、適正電圧が維持できており、期待した効果が表れていることを確認した。

4. むすび

今後もPVなどの再生可能エネルギーの更なる増加が見込まれていることに加え、電気自動車などの大量導入による影響も懸念されており、配電系統の供給電圧を適正範囲に維持することがより困難になっていくと考えられる。今回実現したGCSによるきめ細かな電圧管理に加え、配電系統に接続された分散電源(蓄電池、電気自動車など)の活用によって、配電電圧・潮流を適正に維持・管理することを目的としたシステムも必要になると考えており、その開発にも取り組んでいる。また当社では、分散電源を大規模に制御可能なセンター集中型システムと小規模に制御可能なエッジ分散型端末を協調動作させることによる、システム全体としての最適化にも取り組んでいる⁽³⁾。今後も分散電源導入拡大を見据え、系統運転の更なる高度化に向けた技術開発を推進する。

参考文献

- (1) 中部電力パワーグリッド(株)：次世代配電系統の構築に向けた取り組み、テクノフェア2016 (2016)
https://www.chuden.co.jp/resource/seicho_kaihatu/kaihatu/techno/techno_naiyou2016/techno_naiyou2016_12.pdf
- (2) 中部電力パワーグリッド(株)：配電系統高度化(次世代グリッド化)の取り組み (2021)
https://powergrid.chuden.co.jp/news/press/1206577_3281.html
- (3) 石本智之、ほか：次世代配電系統での配電高度化技術、三菱電機技報, 95, No.11, 682~685 (2021)