

エネルギーマネージメント実証実験 (2)

— DC マイクログリッドの電圧による自律分散型制御 (2) —

本田誠人・水落誠・西田義人・泉井良夫・夏海大輔・田畑浩数 (金沢工業大学)

1. はじめに

低炭素・脱炭素化を目的に再生可能エネルギーや電気自動車の導入拡大が進展している。その中で、エネルギーレジリエンスへの関心が高まり、レジリエンス性の高い DC によるマイクログリッドが増加している。筆者らは、先行研究^[1]にて、DC マイクログリッドを基にした DC 電圧による自律分散型制御の方法の提案やそのシミュレーション検証を行った。本論文では、先行研究の内容について説明した後、予測データを活用した多時刻断面における自律分散型制御方式について説明する。

2. 自律分散型制御

(1) 先行研究における制御:

本論文での DC 電圧による自律分散型制御は、商用系統が停電しており、複数の需要家が DC 母線に接続されている状態で行う。提案手法では、蓄電量($B_i(t)$)を負荷($D_i(t)$)で割った値を自立運転可能時間として扱い、電圧偏差($\Delta V_i(t)$)に比例して蓄電池の充放電($\Delta P_i(t)$)を制御する式(1)を使用する。

$$\Delta P_i(t) = \left(\frac{B_i(t)}{D_i(t)} \right) \Delta V_i(t) \quad \dots\dots\dots(1)$$

(2) シミュレーション結果:

先行研究^[1]では、従来手法のドループ制御と提案手法の自律分散型制御による単独運転時間を比較した。その結果、従来手法が 18 時間 31 分で停電したのに対し提案手法は 23 時間 8 分まで停電しなかった。

3. 多時刻断面における自律分散型制御

(1) 多時刻断面による制御:

DC マイクログリッドでは、蓄電池の充放電制御を自律分散的に実施することによって、DC 給電線の電圧を適正に維持している。しかし、晴れや雨が長続きする天候条件の場合、蓄電池が満充電や過放電の状態が発生し、出力抑制や停電が発生する可能性がある。このため、本研究では、図 1 に示すように、PV 発電量の予測値や電力需要の予測値を用いて、将来の状況を予測した上で複数の時刻における DC 母線電圧の目標値を設定することで、前述の問題を解消する手法を提案する。DC 母線電圧目標値を中心とした制御のイメージを図 2 に示す。

(2) 予測最適制御:

まず、発電量ベクトルと需要量ベクトルを定義し、そこから DC 母線電圧の目標電圧ベクトルを求める。また、電圧実績ベクトルを 1 つ前の時刻の PV の発電量、電力需要量、蓄電池の充放電量から算出する。そして、充放電量を扱う充放電ベクトルを算出するために、ドループ傾きベクトルを算出する。この時、ドループ傾き($\beta(t)$)は、蓄電池残量($s(t)$)、電力需要($d(t)$)、PV 発電量($g(t)$)を用いた式(2)で求めることができる。

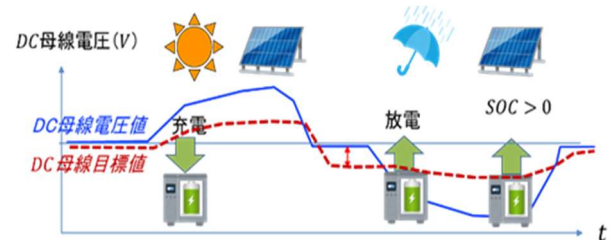


図 1: 予測値を用いた多時刻断面による制御

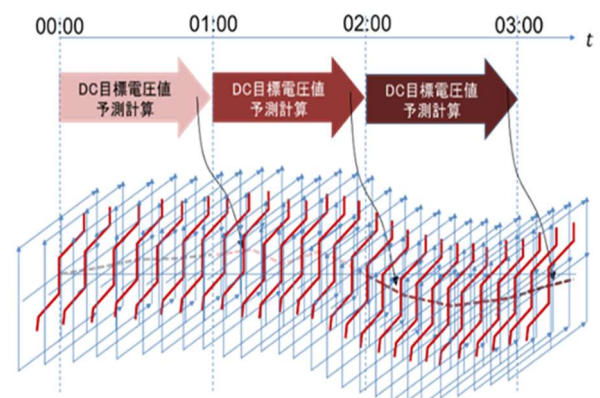


図 2: 多時刻断面における DC 電圧

$$\beta = k_i \frac{s(t)}{d(t)-g(t)} \quad \dots\dots\dots(2)$$

DC 母線電圧の目標値を決定するには、各需要家のドループ傾きを求める際の k_i の値を決定する必要がある。今回は、蓄電池や系統受電点などの設備の制約条件を満たしつつ、自律運転可能時間の最大化を目的関数とする最適化問題を解くことで k_i を算出する。

(3) 予測制御:

次に、その目標値を基に、蓄電池の充放電量を決定する。充放電量の決定方法としては、算出した DC 母線電圧の目標値を基に、現時点から 10~数 10 分先までを秒から分オーダーでリアルタイムシミュレーションを行い、ドループ傾きを決定し、蓄電池の充放電量を算出する。

4. まとめ

本論文では、先行研究による自律分散型制御の概要及びシミュレーション結果について説明した後、先行研究の課題について説明した。そして、その課題解決のために、多時刻断面による制御を提案した。本論文では、机上検討に留まったため、今後はシミュレータや実証ソフトウェアを構築し、検証および評価を行う予定である。

<参考文献>

- [1] 西田義人、他：「再生可能エネルギーベストミックスのコミュニティモデル実証実験-DC マイクログリッドの電圧による自律分散型制御について-」，第 83 回情報システム研究会，電気学会，IS-20-035，pp.1-6，2020