

太陽光発電大量導入を想定した蓄電池の充放電計画の検討

首都大学東京 B4 山村温子 (児島研究室)

1.はじめに

近年、再生可能エネルギーの導入が進んでおり、日本では太陽光発電(PV)の普及が推し進められている^[1].

太陽光発電の課題と対策

発電量が日射量に依存するため出力変動が激しい。そこで蓄電池を併用し、充放電を利用して出力変動の不安定さを補う。

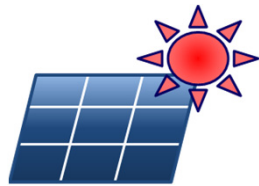


Fig.1 PV

経済負荷配分制御(EDC)^[2]

前日に電力需要を予測し、蓄電池や発電機の運用計画をコストが最適になるように立てておく制御方法。

蓄電池導入の課題

蓄電池の充放電計画はPV発電量の予測値に従って計画されるが、PV発電量の予測値に大きな誤差が生じる可能性がある。

回復可能領域

PV発電の予測誤差を蓄電池の充放電で吸収することを考える際^[3]、定められた回復時間以内に元の計画に戻ることでできる蓄電量の集合。

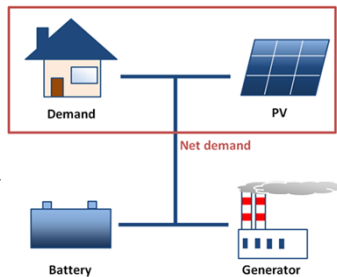


Fig.2 PV system

研究目的

予測誤差の検討指標として回復可能領域を用い、充放電効率および回復時間や蓄電容量との関係について考察する。

2.蓄電池の充放電計画

蓄電池系のモデル

$$x(n+1) = x(n) - \delta^{\text{out}}(n) + \delta^{\text{in}}(n)$$

$$w(n) = u(n) + \eta^{\text{out}} \cdot \delta^{\text{out}}(n) - \frac{1}{\eta^{\text{in}}} \cdot \delta^{\text{in}}(n)$$

$x(n)$:蓄電量[GWh], δ^{out} :放電量[GWh], δ^{in} :充電量[GWh], $w(n)$:ネット需要[GW], $u(n)$:発電量[GW], $\eta^{\text{out}}, \eta^{\text{in}}$:充放電効率

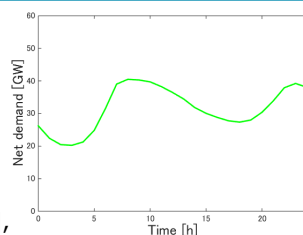


Fig.3 Net demand

燃料費関数^[4]

$$J_1 = \sum_{k=0}^{l-1} a_0 + a_1 \cdot u(k) + a_2 \cdot u^2(k)$$

a_0, a_1, a_2 :発電機によって異なる係数

制約のもと、 J_1 が最小となるような $u(n)$ を求め、前日計画を導出する。

評価関数

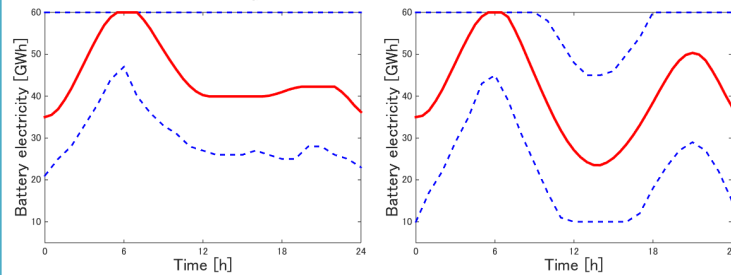
$$J_2 = (x - x^{\text{ref}})^T W (x - x^{\text{ref}}) + (u - u^{\text{ref}})^T Q (u - u^{\text{ref}})$$

$x^{\text{ref}}, u^{\text{ref}}$:前日計画値

J_2 を各ステップで最小化し、回復時間以内に前日計画値に戻ることのできる初期蓄電量の範囲を求め、48 [step](24 [h])分に拡張することで回復可能領域を求める。

3.シミュレーション

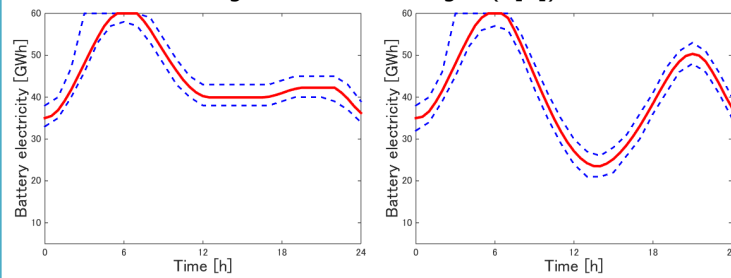
前日計画をもとに回復可能領域を導出する。



(a) 90%

(b) 100%

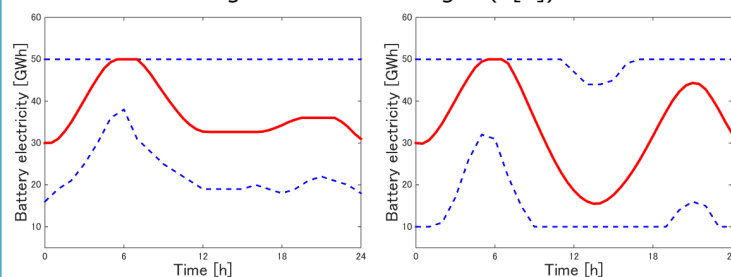
Fig.4 Recoverable region(6[h])



(a) 90%

(b) 100%

Fig.5 Recoverable region(3[h])



(a) 90%

(b) 100%

Fig.6 Recoverable region(10 ≤ x ≤ 50[GW])

- 充放電効率の向上にともない、回復可能領域の時間ごとの変動が激しくなる。
- 回復時間の減少により回復可能領域が縮小する。
- 蓄電容量の減少により回復可能領域が小さく、充放電効率ごとの差が縮まる。

4. おわりに

まとめ

回復可能領域を広くとるためには回復時間と蓄電容量を確保することが重要である。

今後の予定

電力市場のデマンドレスポンスの動特性を調査し、蓄電池の充放電計画に及ぼす影響について検討する。

参考文献

- [1]林泰弘 他, "スマートグリッド学", 日本電気協会, 2010.
- [2]酒井祐之, "スマートグリッドを支える電力システム技術", pp.26-27, オーム社, 2014.
- [3]福島敏, "電力系統における蓄電池利用・制御技術の最新動向", 電気学会論文誌B(電力・エネルギー部門誌), Vol.137 No.10, pp.644-647, 2017.
- [4]小池雅和, "調整用火力コスト最小化に向けた不確かな太陽光発電予測に基づく蓄電池の充放電計画", 電気学会論文誌B(電力・エネルギー部門誌), Vol.134 No.6, pp.545-557, 2014.