

太陽光発電の大量導入を想定した系統安定化制御

首都大学東京 ヒューマンメカトロニクスシステムコース B4 木村 隼人 (児島研究室)
 キーワード：スマートグリッド, 最適レギュレータ, 太陽光発電.

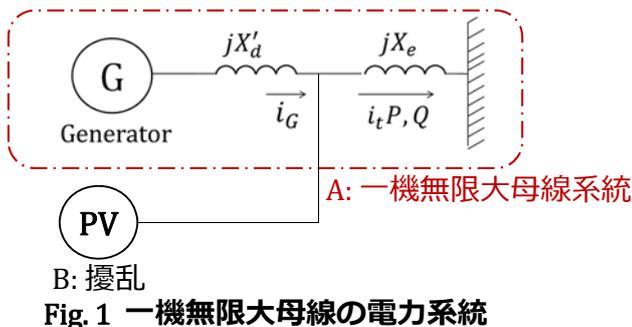
1. はじめに

地球温暖化・資源枯渇問題への対策として、クリーンで再生可能な太陽光発電の大量導入が進められている。しかし、太陽光発電を系統に導入するには、日射量変動に伴う系統安定化問題が挙げられるため、電力変動の予測による制御が有効な解決策として期待される。

本研究では太陽光発電を大量導入した際の電力網の安定化を図る制御手法を提案する。

2. 問題設定と定式化

Fig. 1 の一機無限大母線にPV 発電機を連系した系統を考える



- 発電機Gは800[MW] のサイリスタ励磁システムとする
- PV 発電機から、電流 i_{PV} が力率1で印加されるとする。

3. 制御則

太陽光発電量の予測情報を用いた予見制御系を構成するために、次の状態方程式を用いる。

$$\begin{aligned} x'(t) &:= Ax + Bw + B2u, x(0) = 0, \\ x(t) &:= [\Delta\omega(t) \Delta\delta(t) \Delta E_c(t) \Delta E_{fd}(t) \Delta T_e(t)]^T, \\ u(t) &= \Delta t \text{ref}(t), \\ w(t) &:= [\Delta i_{PVP}(t)], \\ y(t) &:= [\Delta\omega(t) \Delta T_e(t)]^T, \end{aligned}$$

また、発電機の内部状態をtable 1に示した。

変数	説明
$\Delta\omega$	発電機の回転数変化量
$\Delta\delta$	発電機内部位相差
ΔE_c	AVR の内部状態
Δe_{fd}	発電機の界磁電圧
ΔT_e	電気トルク

評価関数：
$$\int_0^{\infty} x^T Q x + u^T R u dt$$

$$R=1, Q=\text{diag}(Q_{\omega}, Q_{\delta}, 0, 0, Q_{T_e})$$

重みを上記のように設定し、最適な制御を行う。

4. シミュレーションと考察

シミュレーション条件は、観測可能状態 $\Delta\omega$ と ΔT_e の違いの比較を、予見情報が0, 0.1, 0.2が入り得る条件を仮定し行う。PV 発電の出力は、Fig. 2に示したように基準状態から10%減少して4秒後に復帰する場合を想定する。また評価項目として、電力動揺の減衰に影響する $\Delta\omega(t)$, $\Delta T_e(t)$ の応答に注目する。Fig. 3は系統に送られる電気エネルギーであり、Fig. 4は発電機の回転子角速度変化量を示している。

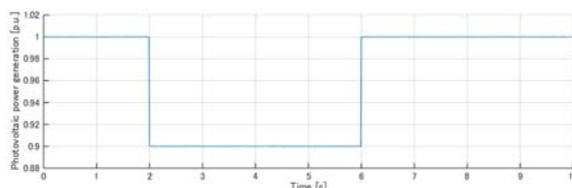


Fig. 2 Photovoltaic power generation

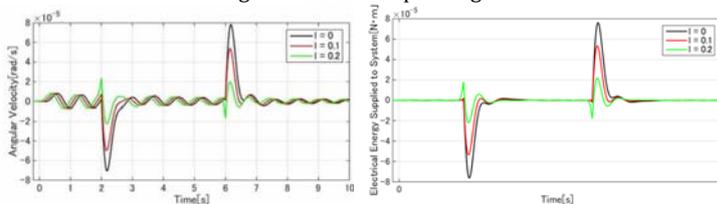


Fig. 3 Electrical Energy $\Delta\omega(t)$

Fig. 4 Phase Difference $\Delta T_e(t)$

結果

- ΔT_e 型は大きな重みを付加すると重みの大きさに乗じて応答が改善されることが確認できたが、 $\Delta\omega$ 型では擾乱の発生がみられた。
- どちらの場合も予見情報を付加することで過度特性の改善が見られた。

以上の結果から、 ΔT_e 型設計の方がエネルギー変動量を抑制することが期待できる。またPV 発電量の予測情報を系統に応用できる場合、太陽に雲がかかるようなPV 発電量の急な変動に対しても、良好な運転が期待できる。

5. 今後の展開

Fig.5に示すような多機系統モデルを用いてGPSを通じた発電機の広域連携を行う制御設計への発展が期待できる。

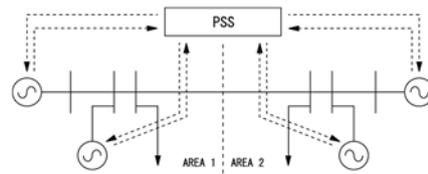


Fig.5, 予測制御を用いた広域型PSS

参考文献

- [1] 梅田；太陽光発電対象導入時の系統モデルとその予見安定化制御，首都大学東京修士論文，2013
- [2] 平山, 松村；エネルギー産業における制御，コロナ社，2005
- [3] 端倉；離散時間入力むだ時間系に対するオブザーバ併合型 H^{∞} 予測制御，SCI' 15, 2015