

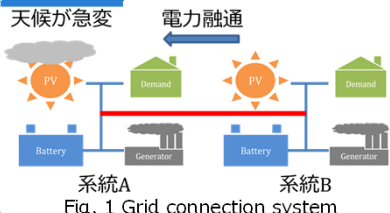
# 電線温度制約に基づく送電容量制約下における太陽光蓄電池の運用計画

首都大学東京大学院 知能機械システム学域 M2 川久保志朗 (児島研究室)

## 1.はじめに

温室効果ガス排出量削減, エネルギー安定供給を目的として太陽光発電 (PV発電) の大量導入が進められている[1].

### 系統連携



PV発電は不安定な出力特性をもち, そのような系統では連系線の積極的な利用を考慮した蓄電池運用計画によって従来より柔軟な運用を行う必要がある.

### 電線温度モデル

系統連携線を用いてより多くの電力融通を行うには電線温度の厳密な評価が重要となる.

通常電線温度の評価に用いられる計算式は運用計画に用いることができない.

### 目的

運用計画に適用可能な電線温度予測モデルを導出し, 蓄電池運用計画に対する有用性を評価する.

## 2.電線温度モデル

電線温度制約を用いた系統制御を構築するために厳密式から電線温度予測モデルを導出する

### 厳密式 (CIGRE model) [3]

$$\frac{d\theta}{dt} = \frac{K(\theta)\theta + R(\theta)i^2 + a}{C}$$

$K(\theta), R(\theta)$ が電線温度 $\theta$ に依存するため, 厳密式は収束計算が必要計画に直接用いることができない.

### 電線温度予測モデル

電流値 $i$ が支配的となる場合を仮定することで $K, R$ の $\theta$ を $i$ の関数として変形する [4].

### 電線温度変化式

$$\frac{d\theta}{dt} = \frac{K'(-\theta + \beta_1 i^2 + \beta_2 i^4 + a)}{C}$$

新たに電流の4次項が表れる.

### 予測式

$$\theta_{t+1} = A_d \theta_t + B_{1d} i_t^2 + B_{2d} i_t^4 + a_d$$

上予測式から系統制御に用いることのできるモデルを導出する

### (A)アフィン近似を用いた電線温度モデル

$$\theta_{n+1} = A_d \theta_n + B_d' i_n + a'$$

$$B_d' = B_{1d} m_1 + B_{2d} (m_1^3 + 2m_1 m_2),$$

$$a' = a + B_{1d} m_2 + B_{2d} (m_1 m_2 + m_2^2)$$

予測モデルに温度制約 $\theta_t \leq \theta_{\max}, \forall t$

を設ければ, 電線温度制約となる

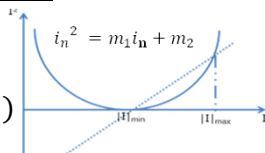


Fig. 2 Affine approximation

### (B)LMI条件を用いた電線温度モデル

Schur の補題より電線温度予測制約をLMI条件によって表す.

•  $t = 1$ の場合

$$\theta_1 = A\theta_0 + B_1 i_0^2 + B_2 i_0^4 + a_0 \Leftrightarrow \begin{bmatrix} \theta_{\max} - A\theta_0 - a_0 & Z_0 \\ Z_0 & I \end{bmatrix} \geq 0$$

$$\theta_{\max} \geq \theta_1$$

$$Z_0 \geq \alpha + \beta i_0^2 \Leftrightarrow \begin{bmatrix} Z_0 - \alpha & i_0 \\ i_0 & \beta \end{bmatrix} \geq 0 \quad \alpha = \frac{B_1}{2\sqrt{B_2}}$$

$$(\theta_1 = A\theta_0 + Z_0^2 - \alpha^2 + a_0) \quad \beta = \sqrt{B_2}$$

### Schur の補題

$$Q > 0 : P - SQ^{-1}S^T \geq 0 \Leftrightarrow \begin{bmatrix} P & S \\ S^T & Q \end{bmatrix} \geq 0$$

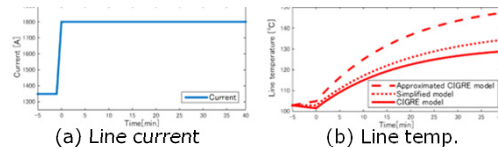


Fig. 3 Comparison between Line temp. prediction models

## 3.数値例

従来法の電流制約と電線温度予測モデルを用いた場合の計画外の実需要の変動に対する蓄電池の回復可能領域を評価する.

### シミュレーション条件

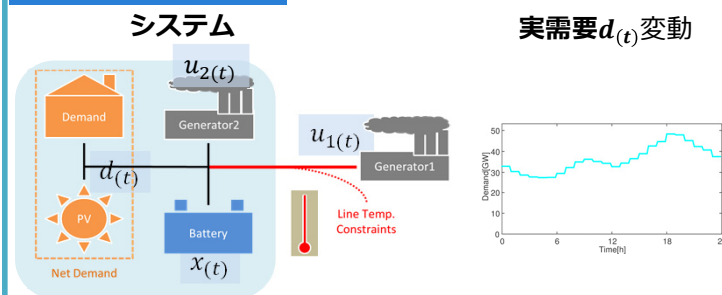


Fig. 4 Assumed system

Fig. 5 Demand and PV generation

何らかの事象によって計画から逸脱した場合に発電機の予備力によって回復可能な領域をCase 1, Case 2で比較する

Case 1: 電流制約を用いた場合

Case 2: 電線温度予測モデル

### 回復可能領域の比較

系統連系線の制約に電線温度制約を用いることによって蓄電池の回復可能領域の拡大が確認される.

これは電線温度予測モデルによって過渡状態の間電線電流制約を超えた送電ができるためと考えられる.

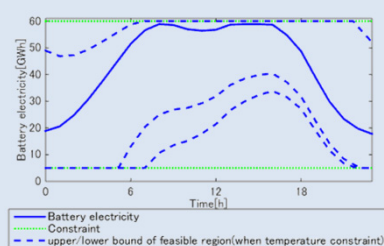


Fig. 6 Simulation results of EDC recovering

## 4. 成果と展望

### 成果

• 電線温度予測モデルを導出し, 運用計画における有用性を評価した

### 展望

• 今後は予測不確かさを考慮した EDC 計画の設計において本予測モデルの有用性を明らかにする予定である.

## 参考文献

- [1] 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構, 太陽光発電開発戦略 (2014)
- [2] 川久保志朗, 南波和樹, 端倉弘太郎, 杉原英治, 児島晃, 電線温度制約を考慮した太陽光蓄電池の運用計画, 第4回制御部門マルチシンポジウム, 3B3-4 (2017)
- [3] Schmidt, N., P. " Comparison between IEEE and CIGRE ampacity standards ", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol.14, pp.1555-1559, 1999.
- [4] B. Ngoko, H. Sugihara, T. Funaki, Validation of a Simplified Model for Estimating Overhead Conductor Temperatures under Dynamic Line Rating - Comparison with the CIGRE Model, 電気学会論文誌B部門 Vol.138, No.4 284/296(2018)