

シナリオ別電源構成比の簡易系統周波数変動評価ツールの開発

阿部成希 (福井大学)・重信颯人 (福井大学)・伊藤雅一 (福井大学)

1. はじめに

非同期電源である再生可能エネルギー（再エネ）の導入により、慣性力や同期化力などの系統安定性に寄与する力の減少が懸念されている。一方で、現在の電源構成比において慣性力がどれほど必要であるのかは定量的に評価されていない。2050年に再エネ50%~60%を目指す中で、どれだけ慣性力が必要であるか評価しなければ、電力系統マスタープランの策定も困難である。そこで本研究では、ある任意のシナリオ（電源構成比）における系統の慣性力を算出し、それに基づきN-1またはN-2事故想定時の周波数変動を算出するツールをExcel上で開発した。本ツールでは周波数変化率（RoCoF：Rate of Change of Frequency）と変動の最大値（Nadir）を算出することができ、あるシナリオでの系統状態を簡易的に評価することができる。

2. 周波数変動の定式化

本研究では、まず定電力運転時を想定し、動揺方程式から周波数変動量である Δf ^{[1][2]}を導出する。また、RoCoFは Δf の時間微分 $\frac{d\Delta f}{dt}$ で表される。以下に、 Δf とRoCoFの関係式を示す。

$$\Delta f = \frac{f_n \Delta P}{K_L P_{dem}} \cdot \left(1 - e^{-\frac{K_L P_{dem}}{M} t}\right) \quad (1)$$

$$\frac{d\Delta f}{dt} = \frac{f_n \Delta P}{M} \cdot e^{-\frac{K_L P_{dem}}{M} t} \quad (2)$$

ここで、 ΔP [MW]、 P_{dem} [MW]はそれぞれ電源脱落量、総需要、 t [s]は時刻、 f_n [Hz]は系統周波数を表す。また、 K_L [%MW/%Hz]は負荷周波数特性定数、 M [s・MW]は慣性定数を表す。

(1)、(2)式での M は ΔP などに依らず、電源構成比のみで決まる。本研究では、発電機を定格出力運転とし、 M を(3)式より算出する。

$$M = \frac{M'}{n} \quad (3)$$

ここで、 M' は系統総慣性を表し、発電機毎に単位慣性定数と定格出力を乗じ、総計を取ることで算出される。 M' を発電機台数 n で除すことで、多機系統を単機系として縮約し、 M を導出する。

3. ツールの概要

図1に、ツール上にて電源構成を選択する概観を示す。本ツールでは電源構成比を定め、発電機の稼働、停止、脱落状態を選択することで周波数変動を算出する。また発電機や各パラメータの変更を可能とした。

図2に想定するシナリオの電源構成比を示す。ここでは、シナリオ1(2018年想定)、シナリオ2(2030年想定)、シナリオ3(2050年想定)の電源構成比^[3]を想定する。これらのシナリオにより、系統慣性が低下した場合の周波数変動、周波数変化率が算出できる。それぞれを図3、4に示す。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	火力	定格出力	単位慣性定数	脱落						
2	<input type="checkbox"/>	石油 300	8	<input type="checkbox"/>						
3	<input type="checkbox"/>	800	8	<input type="checkbox"/>						
4	<input type="checkbox"/>	石炭 800	8	<input type="checkbox"/>						
5	<input type="checkbox"/>	1000	8	<input type="checkbox"/>						
6	<input type="checkbox"/>	LNG 250	8	<input type="checkbox"/>						
7	<input type="checkbox"/>	800	8	<input type="checkbox"/>						
8	<input type="checkbox"/>	GTCC 300	11	<input type="checkbox"/>						

図1. ツールの概観

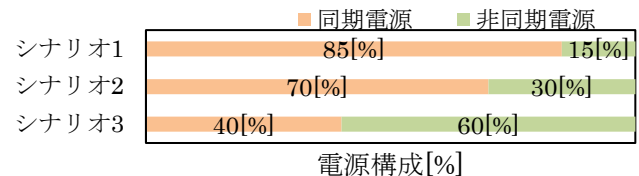


図2. 各シナリオにおける電源構成比

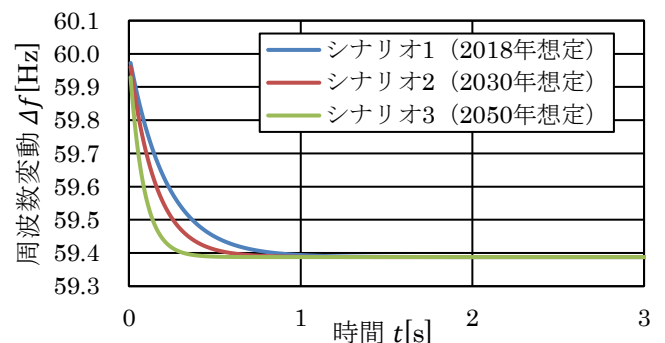


図3. 各シナリオにおける周波数変動

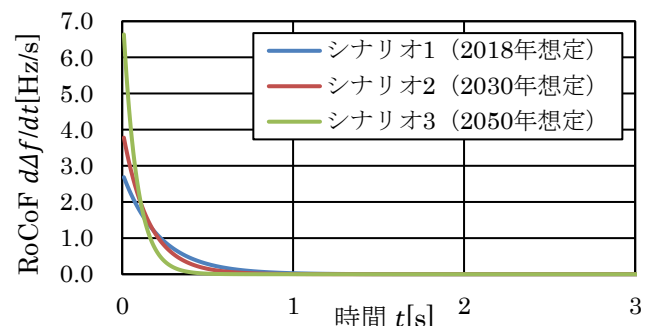


図4. 各シナリオにおける RoCoF

4. まとめ

本ツールを使うことで、任意の発電機構成において、ある電源が脱落したときの Δf とRoCoFを算出できる。また非同期電源に要求される周波数調整能力とその応答速度の評価の一助となることが期待される。

5. 参考文献

- [1] 新田目倅造：「電力系統技術計算の応用」, 電気書院,(1993)
- [2] 電力需給解析モデル標準化調査専門委員会：「電力需給・周波数シミュレーションの標準解析モデル」 電気学会技術報告 第1386号, 2016-12
- [3] 2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略, 経済産業省, 令和2年12月, <https://www.meti.go.jp/press/2020/12/20201225012/20201225012.htm>, (参照 2021-07-16)