

風力発電の大量導入に伴う負荷周波数制御への影響評価

餘利野 直人, 造賀 芳文, 中山 晃* (広島大学)

廣光 則昭 (広島大学), 湯地 敏史 (大分高専)

1. はじめに

近年, 地球環境問題への対応などを背景に風力発電の設備容量は欧米を中心に著しい伸びを示している。我が国における風力発電設備も, その増大に伴って電源構成に占める風力発電の割合が増大してきた。

一方で, 電力系統の観点から見ると, 風力発電は出力変動が大きいことなどから, 電圧や周波数など電力品質に影響を及ぼすことが懸念される。特に周波数の維持については, 風力予測を考慮しない場合, 系統から考えると負荷外乱となる。風力発電の設備容量はこれからさらに増加することが考えられ, 将来, 系統に大量の風力発電が導入された場合, 系統の周波数制御をどのように行うかが重要になってくると考えられる。

本稿では系統運用において, 時間単位に必要な発電機調整容量, すなわち各予備力に注目し, 新たな解析方法を提案した。また風力発電の導入の予測を想定したときの系統の負荷周波数制御への影響評価に関する基礎研究を行った。

2. 解析法の提案

2. 1 予備力

予備力とは, 電力運用において, 安定した電力供給を確保するために, 実際の需要よりも多く保有している供給力であり, その必要量は需要の状況に応じて変化する。

予備力は, 日々の需要変動に応じて変化する実際の需要状況に合わせて, どのような形で保有するかによって, 瞬動予備力, 運転予備力に区分することができる。

瞬動予備力とは, 急激な周波数低下に対して即時に応動を開始し, 急速に出力を上昇し, 瞬動予備力以外の運転予備力が発動されるまでの時間, 継続して発電可能な供給力である^[1]。本稿では, 瞬動予備力を周波数解析におけるガバナフリー確保量として考えている。

また, 運転予備力は, 即時発電可能なものおよび短時間内に起動して負荷をとり, 継続して発電しうる供給力である^[1]。本稿では出力調整用発電機郡の出力上下限, そして変化率制約に基づく調整能力として考慮している。

2. 2 全体構成

現在, 電力系統における周波数制御は, 多重な方法による供給計画に基づいて運用され, またリアルタイムにおける出力調整が行われている。本稿では, 風力発電の大量導入が周波数制御に影響を及ぼす主な要因として①需要予測の精度②予備力③負荷周波数制御 (LFC) に特に注目した。

そこで風力の導入において, ①~③のそれぞれの影響をシステム論的に考慮するために図1の考え方により検討を行うことで風力電源の周波数制御に及ぼす影響について評価を行うものである^[2]。図1は, 運転予備力, 瞬動予備力の必要量算定を, 時間領域に分割して独立にかつシステムティックに実施するための考え方を示し, 全体構成および細部の具体的手法については, 本稿で提案し, 今回検討を試みるものである。

このモデルでは, 需要予測誤差が定量的に解析できるため, 時間帯ごとに必要となる瞬動予備力の確保量が明確に規定できる。

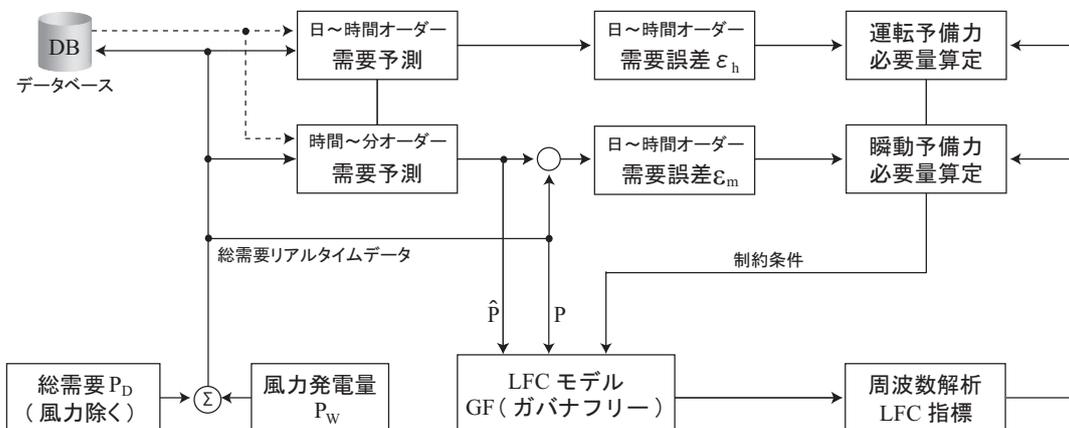


図1: 風力発電の影響に関する周波数と予備力の解析方法

2. 3 LFC シミュレーター

図1のシステムのLFCモデルのブロックは、電力システムの動特性を模擬した図2のようなシステムモデルを用いる。システム固有のLFCの性能を評価するためにシステムモデルは、種々のシステムに共通した本質的な要素のみを考慮している。

LFCモデルへの信号入力は、風力発電量と総需要を次式の形で合成した信号を用いる。

$$P = P_D + P_W \quad (1)$$

ここでは、上記の実績値と予測値を各々独立して取り扱い、下記の形で入力する。

$$P(t) = P_D(t) + P_W(t) \quad (2)$$

$$\hat{P}(t|t-\tau) = \hat{P}_D(t|t-\tau) + \hat{P}_W(t|t-\tau)$$

$\hat{P}(t|t-\tau)$ は、時刻 $t-\tau$ における時刻 t の予測値

図2では、予測値 \hat{P} は LFC 信号と合成し、発電所全体に指令され、指令値に基づいて発電システム全体が個々の特性で応動した後、実績値信号 P との差分がシステム特性を介して周波数変動となる。一般に電力システムは詳細部分に関しては個々に異なるが、LFC で問題となる周波数領域のシステム全体としての特性は共通的に図2のように表現できる。

このモデルにおいて、予備力から決まる制約条件は、下記のように取り扱う。

【制約条件1】

(分～数十分オーダーの運転予備力制約)

- ・ 発電出力上下限制約
- ・ 発電出力変化率制約

前者は、システム全体の運転予備力を模擬したもので、同モデルでは入力信号のリミッタとして取り扱う。一方後者は、発電システム全体の出力変化能力を模擬し、入力信号の前処理を行うものである。

【制約条件2】 (瞬動予備力制約)

- ・ ガバナフリー確保量

ガバナフリー容量は、調定率に関連し次式のように表現できる。

$$\frac{P_{gov}}{\Delta P_{gov}} \leq \Delta P_{gov} \leq \overline{P_{gov}} \quad (3)$$

$$\Delta P_{gov} = K_{gov} \cdot \Delta f$$

このように、今回のモデルでは、運転予備力や瞬動予備力に着目した解析が可能となっている。

3. まとめ

本稿ではシステム運用において、時間単位に必要な発電機調整容量、すなわち各予備力に注目し、風力発電の大量導入に対応した新たな解析方法を提案した。提案したモデルを用いて検討する項目として以下のようなことが挙げられる。

- ・ EDC 予測値の精度の限界に基づく、必要予備力の算出法に関する検討
- ・ 予備力に基づく LFC モデルの各制約設定の実施
- ・ LFC モデルにおける周波数解析
- ・ 予備力と周波数のトレードオフ関係の明確化
- ・ 風力発電の総合的影響評価

参考文献

[1] 「電力システムにおける常時及び緊急時の負荷周波数制御」, 電学技報, No. 869 (2002)
 [2] 七原俊也: 「海外における風力発電の導入状況と電力システム」, 電気学会論文誌 B Vol.120-B (2000)
 [3] 餘利野, 造賀, 中山: 「風力発電の影響に関する周波数と予備力の解析について」, 平成19年電気学会全国大会講演論文集[6], p.p.218 (2007)
 [4] 「電力システムの負荷・周波数制御」, 電学技報, II 部, No. 40 (1976)
 [5] 「電力システムの標準モデル」, 電学技報, No. 754 (1999)

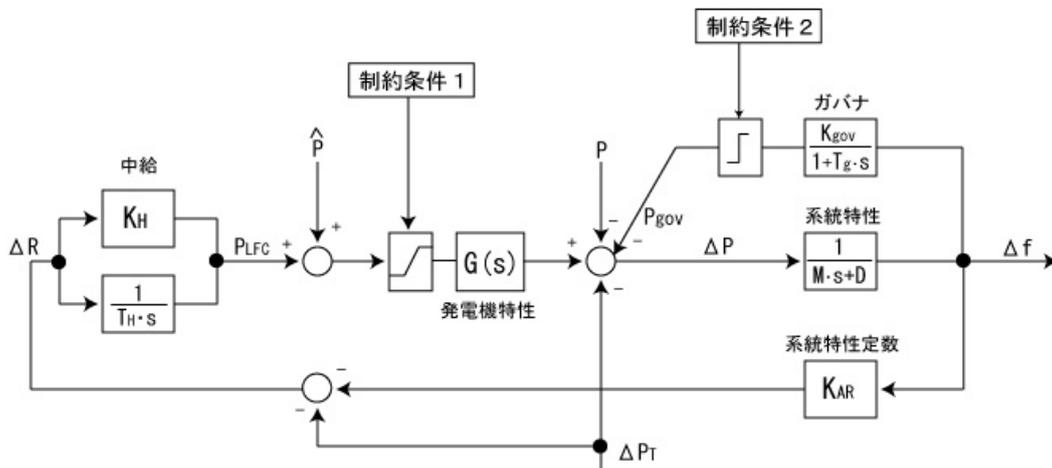


図2 LFCモデルのブロック線図