

# 個別技術要件検討 「電圧・無効電力制御(運転制御) (インバーター電源の電圧一定制御)」

2023年2月27日

電力広域的運営推進機関

### 1. 個別技術要件の検討

- ① 論点整理
- ② 発電側の対策（低圧、高圧、特別高圧）
- ③ 発電側関連団体の意見
- ④ 系統側の対策
- ⑤ 比較・検討結果
- ⑥ 遡及適用検討結果

### 2. 他の規程への影響

### 3. 関連規程・市場要件への影響

### 4. 詳細検討資料

- ① 定量評価、解析結果等
- ② 系統連系技術要件の改定案（新旧対照表）
- ③ その他
- ④ 確認事項

## ①論点整理

### ■ 現在の対応状況

- 主に基幹系統に接続される火力等の大型・集中電源が、系統全体のベースとなる電圧を維持しつつ、電圧調整能力を提供しており、系統側の電圧調整設備と合わせて、需給・系統状況の変化に対して、系統の適正電圧を維持している。一方、太陽光などに適用されている力率一定制御は、基本的に固定力率となっており、系統状況の変化に対する柔軟な電圧変動対応が求められる。
- フェーズ1の検討において、**2023年4月改定の系統連系技術要件に、特別高圧の基幹系統へ接続する発電設備や基幹系統より下位の電圧階級に接続する発電設備などに対し制御内容を考慮して、電圧・無効電力制御を規定**することとした。なお、**太陽光・風力などインバーター電源の電圧一定制御については、フェーズ2(2025年前後)検討項目で検討することと整理**された。

### ■ 将来的に想定される課題と提言

(発電側)

- **系統電圧の適正電圧維持能力が低下すると大擾乱時の系統電圧逸脱により発電機が脱落する可能性**があることや、**電圧安定性の低下に伴う送電容量低下により発電抑制が増加するなどの懸念**がある。

(系統側)

- 再エネ電源の導入拡大に伴って、既存の大型・集中電源による電圧維持・調整能力が減少していく可能性があり、**力率一定制御では系統電圧を適正に維持することが困難になると考えられる。**

### ■ 要件化の必要性およびメリット

- **常時、連系する系統の電圧を適切に維持**できるよう、一般送配電事業者からの求めに応じて、再エネ電源を含めた発電設備からの**無効電力を設備に支障が無い範囲で有効活用する必要**がある。
- 電圧安定性の低下に伴う送電容量の低下や、**系統電圧の適正範囲からの逸脱等を回避(発電機会損失の低減)**する。なお、対応は新設設備が対象であり、海外において先行適用事例があるため、過度な負担とまではならず、費用対効果は大きいと想定される。

# 1. 個別技術要件「電圧・無効電力制御(運転制御)」の検討

## ②発電側の対策

電圧・無効電力制御(運転制御)の全体概要について

※詳細はフェーズ1検討結果、「第7回資料6個別技術要件(電圧・無効電力制御(運転制御))」参照  
(特別高圧)

### ○基幹系統※1へ接続する発電設備 ※1：一般的に187（沖縄は132）kV以上

以下の機能のうち、一送が必要と判断した機能を具備し、設備に支障が無い範囲で無効電力を調整できること。

- ・一送が指定する電圧に応じた運転を可能とする機能
- ・一送が指定する無効電力または力率に応じた運転を可能とする機能
- ・制御目標値の遠方制御機能
- ・制御モードの遠方変更機能

### ○基幹系統より下位の電圧階級に接続する発電設備

・力率一定制御を行う発電設備は、一送の求めに応じて、運転可能な力率範囲において力率設定値を変更できること。

・なお、系統の電圧維持に必要と一送が判断した場合は、基幹系統と同様に機能具備※2する。

＜一送が指定する制御方法＞

※2：インバーター電源の電圧一定制御含む

※各一般送配電事業者毎に、系統電圧や適用電源種などにより、下記の制御方法の仕様を要求。

なお、使用する制御は、下記のなかの1つの制御モードとなる。

○Volt-Var制御…連系点の電圧値を検出し、電圧指定値との差分に応じてドループ特性（調定率）に沿って発電設備の無効電力出力を制御。ドループ特性は各一送から指定。

○無効電力一定制御…発電設備の無効電力出力を指定の値となるよう制御

○力率一定制御…発電設備の力率を指定の値となるよう制御

○電圧一定制御…発電設備の接続点電圧を指定の値となるよう制御

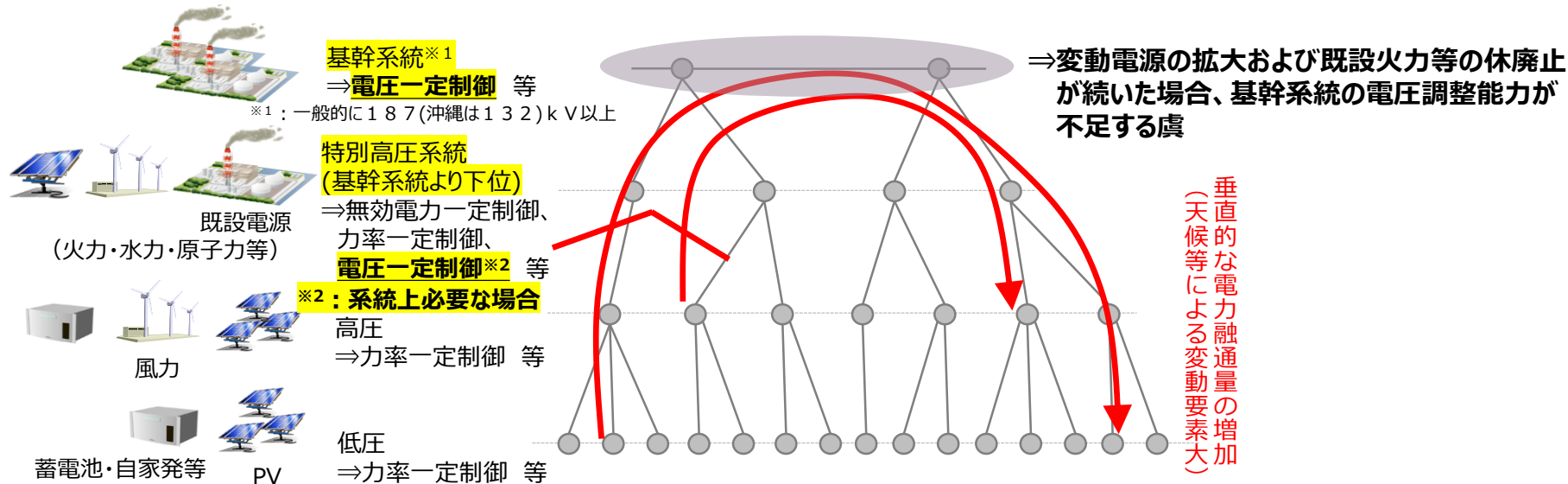
（送電電圧を制御させる場合にはPSVR相当の装置具備を依頼する場合あり）

※今回の個別技術要件は、各制御方法の1つである「電圧一定制御」。

# 1. 個別技術要件「電圧・無効電力制御(運転制御)」の検討

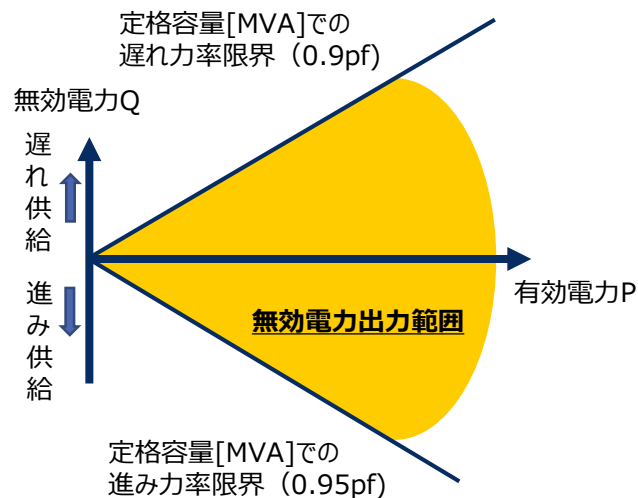
## ②発電側の対策

### 【再エネ電源導入拡大に伴う基幹系統への電圧影響例】



### 【可能出力曲線（インバーター電源の場合）】

発電設備が安定的に運転可能な範囲として、系統連系技術要件の特別高圧では、遅れ力率90%～進み力率95%の範囲で運転することを規定しており、この範囲内で無効電力を調整して頂くこととしている。



# 1. 個別技術要件「電圧・無効電力制御(運転制御)」の検討

## ②発電側の対策

- 発電事業者が取り得る対策として、以下の(1)を検討した。

### (1) 電圧・無効電力制御(運転制御) (インバーター電源の電圧一定制御)

(対象電源種：特別高圧の太陽光・風力・蓄電池※ 対象容量：特別高圧の全容量)

※基本的には基幹系統以上(一部の地方供給系統も)の系統連系

なお、インバーター電源以外は検討済み(2023年4月要件化予定)

#### ○電圧一定制御

- ・制御概要：発電設備の接続点電圧を指定の値となるよう制御

(送電電圧を制御させる場合にはPSVR相当の装置具備を依頼する場合あり)

- ・電圧指定値：一送からオンラインでの指定(または上げ／下げ指令)、パターン設定、電話連絡のいずれか

✓ 指定電圧については、一般送配電事業者にて実施する事前のシミュレーション結果に基づき設定

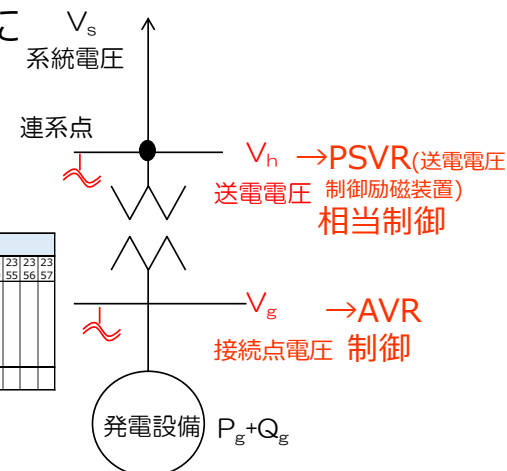
- ・発電側に必要な装置・機能：制御概要に記載の制御を可能とする装置、電圧指定値の指定方法に応じて指定値を制御へ反映する機能

✓ 自己の接続点における電圧を一定にするように無効電力を制御する装置を具備

✓ 500kV系統など、系統事故後の電圧低下の影響が大きくかつ広範囲に及ぶ系統においては、系統全体の電圧低下を緩和させるために、送電電圧を一定にするように無効電力を制御する装置を具備

#### 【電圧目標値の設定例】

| 平日Aパターン |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 平日Bパターン |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 平日Cパターン |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 平日Dパターン |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 休日パターン |    |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|---------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------|----|----|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|-----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|-----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|-----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|-----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 00      | 00 | 08 | 08 | 09 | 10 | 16 | 20 | 21 | 21 | 21 | 22 | 23 | 23 | 23 | 23      | 00 | 00 | 08 | 08 | 09 | 10 | 16 | 20 | 21 | 21 | 21 | 22 | 23 | 23 | 23      | 23 | 00 | 00 | 07 | 08 | 09 | 10 | 16 | 20 | 21 | 21 | 21 | 22 | 23 | 23      | 23 | 23 | 00 | 00 | 08 | 08 | 09 | 10 | 16 | 20 | 21 | 21 | 21 | 22 | 23     | 23 | 23 | 23 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 00      | 10 | 00 | 10 | 50 | 00 | 00 | 00 | 20 | 30 | 50 | 20 | 50 | 55 | 56 | 57      | 00 | 10 | 00 | 10 | 50 | 00 | 00 | 00 | 20 | 30 | 50 | 20 | 50 | 55 | 56      | 57 | 00 | 10 | 00 | 10 | 50 | 00 | 00 | 00 | 20 | 30 | 50 | 20 | 50 | 55      | 56 | 57 | 00 | 10 | 00 | 10 | 50 | 00 | 00 | 00 | 20 | 30 | 50 | 20 | 50     | 55 | 56 | 57 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 530     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 540     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 536     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 537     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 536    |    |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 535 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 536 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 535 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 535 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|         |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |         |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |         |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |         |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |        |    |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |



# 1. 個別技術要件「電圧・無効電力制御(運転制御)」の検討

## ②発電側の対策

- 対象電源種および対象容量の選定理由を下記に記載する。

(選定理由)

- ・特別高圧(対象電源種：**特別高圧の太陽光・風力・蓄電池※** 対象容量：**特別高圧の全容量**)  
※基本的には基幹系統以上(一部の地方供給系統も)の系統連系  
なお、インバーター電源以外は検討済み(2023年4月要件化予定)

基幹系統※<sup>1</sup>については潮流変化が大きく、送電線が長距離となることなどから電圧変動が大きくなる一方で、その電圧変動の影響が下位系統へ広く及ぶことから、適正電圧の維持が系統全体の安定運用のために特に重要となってくるため、基幹系統に接続される発電設備については、電源種・容量によらず、系統状況に応じた無効電力調整能力を求める。

一部の地方供給系統においては、大容量出力に伴う重潮流により過渡安定度や電圧安定性等の課題が生じることから、事故時の早期電圧回復を目的として電圧一定制御による無効電力調整能力を求める。

※<sup>1</sup>：一般的に187(沖縄は132)kV以上

- ・高圧、低圧(フェーズ4(継続検討))

高低圧については、今後の電源構成の動向を踏まえフェーズ4(継続検討)とする。



# 1. 個別技術要件「電圧・無効電力制御(運転制御)」の検討

## ②発電側の対策

### <風力 適用設備>

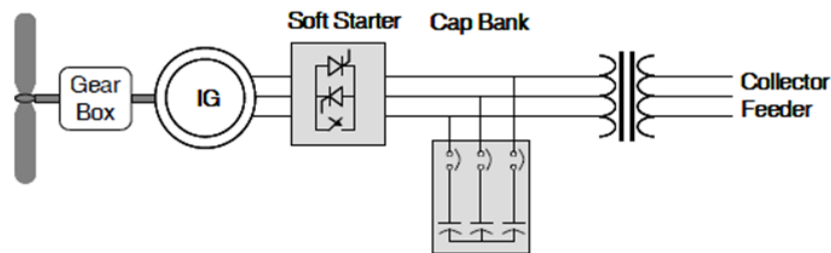
・タイプ1 : 「-」 ・タイプ2 : 「-」 ・タイプ3 : 「対象」 ・タイプ4 : 「対象」

タイプ1・2は、インバーターを不使用かつ新設はないため対象外。

タイプ3・4は、インバーター電源として対応が必要である。

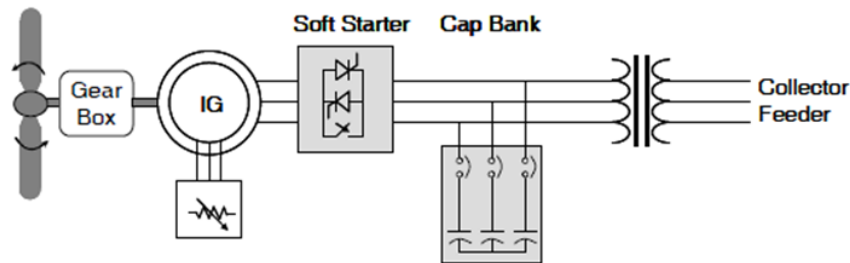
タイプ1

増速機 + かご形誘導発電機



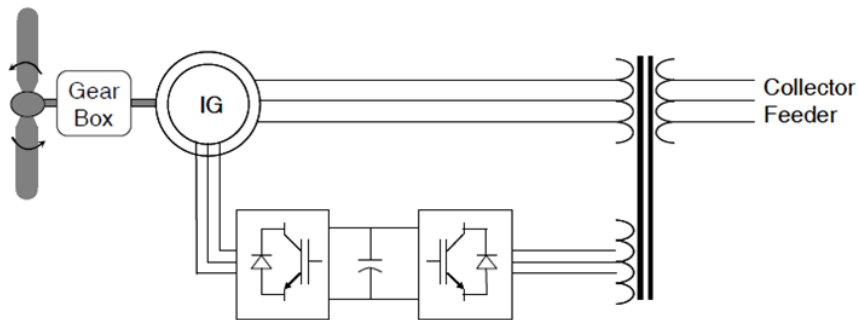
タイプ2

増速機 + 巻線形誘導発電機



タイプ3

増速機 + 二次励磁巻線形誘導発電機 + AC/DC/AC変換器

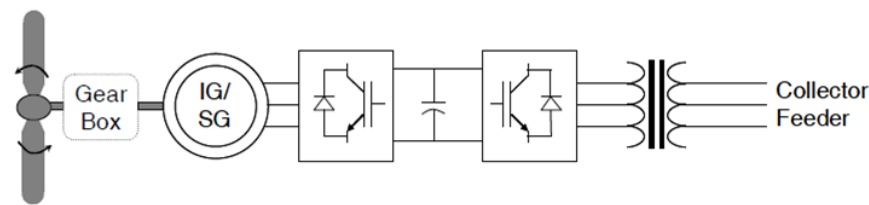


タイプ4

・(増速機+)誘導発電機 + AC/DC/AC変換器

・(増速機+)同期発電機 + AC/DC/AC変換器

注：(増速機+)はメーカー・機種により有無が異なることを示す。





# 1. 個別技術要件「電圧・無効電力制御(運転制御)」の検討

## ②発電側の対策

### ＜蓄電池 適用設備＞

- ・一送からオンラインでの指定(または上げ／下げ指令)、パターン設定、電話連絡のいずれかで対応する。
- ・無効電力の供給能力や発電設備に支障が無い範囲で、系統電圧の適正維持および将来（制度方針や事業者方針を考慮）の市場において本機能を有効活用することなどを考慮し、**系統へ単独連系する設備を主な対象とする。**

なお、今回の運転制御に関する技術要件内容は、市場要件に関連する要件ではないので矛盾なし。

| 所有(区分)           | 蓄電設備の用途                | 連系方法   | 逆潮流 | 設置目的                                     | 要件化対象 |
|------------------|------------------------|--------|-----|------------------------------------------|-------|
| 発電事業者<br>(発電設備等) | ・系統用<br>・発電用(発電事業に供する) | 単独     | 有   | ・市場値差活用売電<br>・容量市場参入<br>・需給調整市場参入        | 対象    |
|                  | ・再エネ出力変動緩和対策用          | 発電設備併設 | 有   | ・出力変動緩和対策<br>(一部地域で要件化済)                 | 対象外   |
|                  | ・上記以外の用途               | 発電設備併設 | 有   | ・出力制御時の充電、その後の放電<br>・太陽光での事後設置、FIT/FIP対象 | 対象外   |
| 需要家<br>(需要設備)    | ・家庭用、事業・産業用<br>・車載用    | 需要設備併設 | 無   | ・停電対策、電気料金低減、DR(充電)                      | 対象外   |
|                  | ・家庭用、事業・産業用<br>・車載用    | 需要設備併設 | 有   | ・需給調整市場参入<br>・相対取引<br>・DR(放電)、ネガポジ       | 対象外   |

# 1. 個別技術要件「電圧・無効電力制御(運転制御)」の検討

## ③発電側関連団体の意見

| 団体   |    | 意見（上段：総括、下段（総括より下）：分類別意見）                                                                                                                                                       |
|------|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| JWPA | 総括 | -                                                                                                                                                                               |
|      | 対象 | -                                                                                                                                                                               |
|      | 技術 | -                                                                                                                                                                               |
|      | 費用 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ファームコントロールユニットが別途必要。また、設定・調整などの費用が必要。</li> <li>・欧州で適用されている機能をそのまま使えない場合は追加対応が必要となり、開発時間・費用を要する。</li> </ul> <p>なお、規模感の提示について、現状では困難。</p> |

| 団体   |    | 意見（上段：総括、下段（総括より下）：分類別意見）                                                                                                                                                                  |
|------|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| JPEA | 総括 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・費用面：ソフトウェアの変更のみであれば大きな費用の増加はないと考える。ただし、詳細仕様が決まっていないものの、当該制御を実施するにあたり、制御装置の設置や、受変電設備側の対応、一般送配電事業者様との通信対応等が必要となり、5000万円程度かかる可能性もある。</li> </ul>       |
|      | 対象 | -                                                                                                                                                                                          |
|      | 技術 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・仕様にもよるが、2,000kW以上の大容量であれば、ソフトウェアの変更で実現可能ではないかと考える。</li> </ul>                                                                                      |
|      | 費用 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ソフトウェアの変更で実現可能な場合は、開発費を除き大きな費用の増加はないと考える。ただし、詳細仕様が決まっていないものの、当該制御を実施するにあたり、制御装置の設置や、受変電設備側の対応、一般送配電事業者様との通信対応等が必要となり、5000万円程度かかる可能性もある。</li> </ul> |

# 1. 個別技術要件「電圧・無効電力制御(運転制御)」の検討

## ③発電側関連団体の意見

| 団体                        |    | 意見（上段：総括、下段（総括より下）：分類別意見）                                                                                     |
|---------------------------|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| JEMA(個社意見)<br>(蓄電設備者関係以外) | 総括 | <ul style="list-style-type: none"><li>・技術面：純技術的には実現のハードルが低いと考えます。</li><li>・費用面：機器の費用アップ要因は少ないと考えます。</li></ul> |
|                           | 対象 | ・個社で事前検討、開発ができるようにシミュレーション条件（発電機（PCS）モデル、負荷モデル、インピーダンス条件など）を開示する体制も整えていただきたいと思います。                            |
|                           | 技術 | -                                                                                                             |
|                           | 費用 | ・無効電力量が現状のPCS並みであれば新たな費用負担は大きくないと思われます。                                                                       |

# 1. 個別技術要件「電圧・無効電力制御(運転制御)」の検討

12

## ③発電側関連団体の意見

団体

意見（上段：総括、下段（総括より下）：分類別意見）

JEMA(蓄電設備関係者)

総括

＜定置用蓄電設備(再エネ併設)、定置用蓄電設備＞

- ・技術面：求められる動作条件の明確化、強制か否か、系統条件との関係などの整理が必要。
- ・費用面：変換器の容量を大きくする場合などは、影響が出る。
- ・提案：蓄電池は有効電力制御が主な役割であり、電圧制御・無効電力制御については、補足的な機能なので、もし、無効電力や電圧調整機能が求められるのであれば、それらに対する市場としての位置づけ(対価)や優先順位などと同時に議論が必要と思われる。

対象

・定置用蓄電設備(再エネ併設)、定置用蓄電設備

・蓄電池システム用パワーコンディショナ

・蓄電池は、起動や出力など無効電力制御を柔軟に運用可能ですが、インバータをONしているときの自己放電が非常に大きくなります。

技術

＜定置用蓄電設備(再エネ併設)、定置用蓄電設備＞

・電圧の測定の義務を蓄電池側に負わせるとすれば、コスト増となるので、ロジックを中央側で実装していただき、蓄電池側は指令値を受けただけと言うことが望ましい(電圧調整専用の設備ではないので)。ただし、指令値通り出せるかは系統条件にもよるので保証を求めるのは現実的ではないと思われる(ベストエフォートが基本)。下記とも関連。

・要請は市場性との関係整理が必要であるが、努力目標(ベストエフォート)として扱うのが適切ではないか。また、蓄電池という新技術の最大活用に向けて、グリッドコード以外の制度や事業環境整備とも並行させつつ相互に整合のとれた検討を要望する。

費用

＜定置用蓄電設備(再エネ併設)、定置用蓄電設備＞

・変換器の容量を大きくする場合などは、導入費用に影響が出ることが懸念される。

なお、どういう条件で蓄電設備の変換器を想定したかによりますが、力率0.9程度まで所期の有効電力を担保して無効電力を出すために、変換器容量を大きくすることが生じた場合、機器費が1～2割程度、増える可能性はあります。

⇒無効電力Qも出力する場合、変換器の容量は $VA = \sqrt{P^2 + Q^2}$ で計算した値が必要となり、変換器および昇圧用トランスの容量を大きくする必要があります。容量が2倍となっても、機器のコストは単純2倍でないため、各社の調査が必要と考えます。

＜蓄電池システム用パワーコンディショナ＞

・仕様範囲であれば、現仕様で対応可能。

・範囲外であれば、制御ソフトウェアの改善が必須であり、要求仕様によっては、機器仕様(定格出力等)の見直し、主要構成部品の見直しが必要。なお、本件に関して、データの持ち合わせがありません

## ④系統側の対策

- 一般送配電事業者が取り得る対策

- ・対策

- (1) 調相設備（並列コンデンサ、分路リアクトル）の設置  
需要や電圧変動に応じて、調相設備の投入・開放により段階的に無効電力を補償し、電圧変動を抑制
- (2) 静止型無効電力補償装置（SVC）の設置  
需要や電圧変動に応じて、サイリスタを用いた高速制御により連続的に無効電力を補償し、電圧変動を抑制

## ⑤比較・検討結果

### <検討モデル>

【検討モデル選定理由】発電側対策(電圧・無効電力制御)と系統側対策の費用、電圧変動対応能力を比較

【検討方法】定量評価（解析なし）

#### ✓ 比較する対策内容

発電側対策：電圧・無効電力制御（ここでは昇圧用変圧器の高圧側電圧を一定に制御）

系統側対策：調相設備(80MVar)の設置、SVC(100MVar)の設置

#### ✓ 検討内容

- ・発電設備の電圧・無効電力制御を端子電圧100%運転に変更した場合に、電圧・無効電力制御時と同様の基幹系統の電圧を維持するために必要となる調相設備(またはSVC)の台数を高需要期と低需要期の2断面で検討
- ・上記で求めた調相設備(またはSVC)の必要台数の設置費用と電圧・無効電力制御に関わる費用を比較

#### ✓ 検討条件

##### ・電圧階級

基幹系統（275kV以上）の電圧維持に必要な台数を検討

##### ・系統容量

高需要期：56000MW、低需要期：21500MW

##### ・電圧・無効電力制御を端子電圧100%運転に変更した発電機台数

高需要期：49機、低需要期：21機

## ⑤比較・検討結果

### <検討モデル>

#### ✓ 検討結果

##### ・高需要期

調相設備必要台数 SC (80MVar) 18台, SVC(100MVar)必要台数 14台

##### ・低需要期

調相設備必要台数 ShR (80MVar) 20台, SVC(100MVar)必要台数 16台

#### 【発電側対策と系統側対策の費用比較】

調相設備必要台数 38台 (SC18台Shr20台) ⇒ 約100億円程度 (約数億円/1台)

SVC必要台数 16台 ⇒ 約200億円程度 (約十数億円/1台)

電圧・無効電力制御 49機 ⇒約50億円程度 (約1億円/1機※)

※インバーター電源では、約0.5億円/1機程度との回答があり、インバーター電源以外(フェーズ1 検討時費用)では約1億円/1機であったため、最大約1億円/1機と算定。

| 評価項目         | 発電側対策             | 調相設備                                          | SVC                                           |
|--------------|-------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| 費用           | 約50億円程度           | 約100億円程度<br>ただし、変電所の土地拡幅工事が<br>必要な場合はさらに費用が必要 | 約200億円程度<br>ただし、変電所の土地拡幅工事が<br>必要な場合はさらに費用が必要 |
| 電圧変動<br>対応能力 | 連続的な電圧変動対応<br>が可能 | 段階的な電圧変動対応                                    | 連続的な電圧変動対応が可能                                 |



# 1. 個別技術要件「電圧・無効電力制御(運転制御)」の検討

16

## ⑤比較・検討結果

| 評価項目*1   | 発電側対策：機能または装置を具備 | 系統側対策：蓄電池設置                     |
|----------|------------------|---------------------------------|
| 費用       | 約50億円程度          | SVC:約200億円*2程度<br>調相:約100億円*2程度 |
| 出力制御低減効果 | 評価対象外            | 評価対象外                           |
| 変動対応能力   | 連続的な電圧変動対応が可能    | SVCは連続的な電圧変動対応が可能               |
| 公平性      | 全電源種に求めるため公平     | <b>SVCは費用面で過度な負担の可能性あり。</b>     |
| 実現性      | 先行適用事例があるため実現可能  | 新規研究・開発・実証試験不要で対応               |

「評価項目\*1」：第3回 資料3 「個別技術要件の具体的検討の方向性」の評価項目を参照

※2 ただし、変電所の土地拡幅工事が必要な場合はさらに費用が必要

### ■ 検討結果

- 費用 **費用メリットは「発電側対策」の方が大きい**
- 出力制御低減 **評価対象外**
- 変動対応 **発電側対策とSVCは連続的な電圧変動対応が可能**(調相設備は段階的である)
- 公平性 **全電源種に求めるため公平**
- 実現性 **先行適用事例があるため実現可能**
- その他 **適用時期は2025年4月を目指す**  
**遡及適用せず(系統運用に支障を来すおそれなし)**

### ■ 横断的評価での検討事項

- 採用する対策が相互に影響する他の技術要件：特になし
- その他：特になし

## ⑥遡及適用検討結果

- 遡及適用検討結果について示す。

### 遡及適用なし

系統運用に支障を来すおそれ「なし」

### <判断理由>

現時点では系統運用に支障をきたすおそれが予見されないため、基幹系統等に接続するインバーター電源の電圧一定制御機能具備については遡及適用は不要。

## 2. 他の規程への影響

### 技術要件「電圧・無効電力制御(運転制御)」

#### ■ 電力品質確保に係る系統連系技術要件ガイドライン

| 現行記載                                                                                       | 影響            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 6. 発電機運転制御装置の付加<br>特別高圧電線路と連系する際、系統安定化、潮流制御、周波数調整等の理由により運転制御が必要な場合には、発電設備等に必要な運転制御装置を設置する。 | 現行記載を変更する必要なし |

2. 他の規程への影響  
技術要件「電圧・無効電力制御(運転制御)」

■ 送配電等業務指針

| 現行記載                     | 影響      |
|--------------------------|---------|
| 第 1 3 5 条（系統連系技術要件）に記載なし | 追記・変更なし |

■ 系統アクセスルール

| 現行記載        | 影響             |
|-------------|----------------|
| 系統連系技術要件と同様 | 系統連系技術要件と同様の追記 |

## 2. 他の規程への影響

### 技術要件「電圧・無効電力制御(運転制御)」

#### ■ 系統連系規程

| 2023.4改定予定                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 影響             |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| <p>10. 発電機運転制御装置の付加</p> <p>(1) 運転制御装置の設置</p> <p>特別高圧電線路においては、電力の安定供給確保の観点から厳しい系統管理が求められる。したがって、特別高圧電線路に連系する発電設備等であって、系統安定化、潮流制御、周波数調整等の対策が必要な場合には、発電設備等に必要な運転制御装置を設置する。</p> <p>(2) 運転制御装置に求められる機能の例</p> <p>発電設備等に必要な運転制御装置に求められる機能には、以下に示すものなどがある。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. 系統の安定度維持機能向上のための機能</li> <li>b. 潮流制御や周波数調整のための機能</li> <li>c. 系統の安定運用に資する風力発電設備の機能</li> <li>d. 電圧調整のための機能</li> </ul> | <p>追記・変更なし</p> |

### 3. 関連規程・市場要件への影響 技術要件「電圧・無効電力制御(運転制御)」

#### 技術要件改定案

14. 発電機運転制御装置の付加（特別高圧）  
(4)電圧調整のための機能
- (a) 275kV以上の系統に連系する発電設備は、当社が指定する電圧、無効電力または力率に応じて運転可能な機能を具備し、有効電力に応じて出力可能範囲で無効電力を調整できるようにしていただきます。
- (b) 受電電圧が154kV以下の発電者の発電機でも、必要により、上記(a)と同じ機能を具備していただくことがあります。
- (c) 受電電圧が500kV以上の発電者の発電機には、送電電圧制御励磁装置（PSVR）もしくはこれに準ずる装置を設置していただきます。受電電圧が275kV以下の発電者の発電機でも、系統電圧を適正に維持するために必要な場合は、PSVRもしくはこれに準ずる装置を設置していただくことがあります。
- （なお、PSVRとは、昇圧用変圧器の高圧側電圧を一定値に制御する装置で、Power System Voltage Regulator のことです。）

#### 関連規程・市場要件への影響

系統連系技術要件とガイドラインの使い分け、および市場要件への影響はなし

## 4. 詳細検討資料

### ① 定量評価、解析等

22

#### ■ 以下検討結果について示す。

解析不要で、計算レベルのもの⇒結果を添付

## ②系統連系技術要件の改定案（新旧対照表）

| 2023.4改定予定                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 今回改定案                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>14. 発電機運転制御装置の付加（特別高圧）<br/>(4)電圧調整のための機能</p> <p>(a) 275kV以上の系統に連系する発電設備は、当社が指定する電圧、無効電力または力率に応じて運転可能な機能を具備し、有効電力に応じて出力可能範囲で無効電力を調整できるようにしていただきます。</p> <p>(b) 受電電圧が154kV以下の発電者の発電機でも、必要により、上記(a)と同じ機能を具備していただくことがあります。</p> <p>(c) 受電電圧が500kV以上の発電者の発電機には、送電電圧制御励磁装置（PSVR）もしくはこれに準ずる装置を設置していただきます。受電電圧が275kV以下の発電者の発電機でも、系統電圧を適正に維持するために必要な場合は、PSVRもしくはこれに準ずる装置を設置していただくことがあります。</p> <p>（なお、PSVRとは、昇圧用変圧器の高圧側電圧を一定値に制御する装置で、Power System Voltage Regulator のことです。）</p> | <p>追記・変更なし</p> <p>14. 発電機運転制御装置の付加（特別高圧）<br/>(4)電圧調整のための機能</p> <p>(a) 275kV以上の系統に連系する発電設備は、当社が指定する電圧、無効電力または力率に応じて運転可能な機能を具備し、有効電力に応じて出力可能範囲で無効電力を調整できるようにしていただきます。</p> <p>(b) 受電電圧が154kV以下の発電者の発電機でも、必要により、上記(a)と同じ機能を具備していただくことがあります。</p> <p>(c) 受電電圧が500kV以上の発電者の発電機には、送電電圧制御励磁装置（PSVR）もしくはこれに準ずる装置を設置していただきます。受電電圧が275kV以下の発電者の発電機でも、系統電圧を適正に維持するために必要な場合は、PSVRもしくはこれに準ずる装置を設置していただくことがあります。</p> <p>（なお、PSVRとは、昇圧用変圧器の高圧側電圧を一定値に制御する装置で、Power System Voltage Regulator のことです。）</p> |



## ②系統連系技術要件の改定案（新旧対照表）

## 【参考】関連要件

| 2023.4改定予定                                                                                                                                                                                                                                                          | 今回改定案                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>3 力率（特別高圧）</p> <p>発電者の受電地点における力率は、連系する系統の電圧を適切に維持できるように定めるものとし、必要な場合は当社からの求めに応じて、力率を変更できるものとしていただきます。</p> <p>発電設備の安定に運転できる範囲は、原則として発電設備等側からみて遅れ力率 90%～進み力率 95%としていただきます。</p> <p>逆潮流が無い場合は、原則として受電地点における力率を系統側からみて遅れ85%以上とするとともに、系統側からみて進み力率にならないようにしていただきます。</p> | <p>追記・変更なし</p> <p>3 力率（特別高圧）</p> <p>発電者の受電地点における力率は、連系する系統の電圧を適切に維持できるように定めるものとし、必要な場合は当社からの求めに応じて、力率を変更できるものとしていただきます。</p> <p>発電設備の安定に運転できる範囲は、原則として発電設備等側からみて遅れ力率 90%～進み力率 95%としていただきます。</p> <p>逆潮流が無い場合は、原則として受電地点における力率を系統側からみて遅れ85%以上とするとともに、系統側からみて進み力率にならないようにしていただきます。</p> |

## ③その他（他会議体の検討資料）

## ＜参考＞ 海外諸国における発電設備の電圧・無効電力制御のグリッドコード

- RFGにおいては、制御モードは電圧制御モード／無効電力制御モード／力率制御モードの3パターンを求め、制御モード・制御目標値はTSOが指定。また、モード切替・目標値の遠隔制御の要否もTSOが指定となっている。

| 国と地域   | 管轄組織          | 規定内容 ※送電系統に接続される発電設備はほぼ全てが対象となっている。                                                                                                                                                                                   |
|--------|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 英国     | National Grid | 下記3つの機能を備える必要があり、有効化する機能はTSOが指定する<br>i. 供給する無効電力を一定に保つ機能(無効電力を独立して制御する機能)<br>ii. 力率制御機能(力率を一定に保つ機能)<br>iii. 電圧制御機能(接続点における電圧を一定に保つ機能)                                                                                 |
| アイルランド | EirGrid       | 各発電機の励磁システムは、継続的に動作するAVRの制御下で運転する必要があり、AVRは一定の電圧を維持するよう設定しなければならない<br>※適切な電圧値はTSOが系統の状況を考慮し定める                                                                                                                        |
| デンマーク  | Energinet     | 下記3つの機能を備える必要があり、その内1つのみをTSOとの合意に従い有効化することができる<br>i. 供給する無効電力を一定に保つ機能<br>ii. 力率制御機能<br>iii. 電圧制御機能                                                                                                                    |
| フィンランド | Fingrid       | AVRを備え、無効電力を制御し電圧を一定に保つ必要があり、他に無効電力を一定に保つモード、力率を一定に保つモードを有していてもよい<br>AVRの設定値は、 $\text{slope} \pm 0 \sim 7\%$ ※の間で0.5%刻みで設定できなければならない<br>※slope: 電圧の変化量(p.u)/無効電力の変化量(p.u)                                             |
| カナダ    | Hydro-Québec  | (風力)無効電力供給/吸収する電圧調整システムを備え、Droopを0～10%の範囲で調整できなければならない。静的同期補償装置(STATCOM)等他の装置によって電圧制御を行ってもよい。<br>(風力以外)同期発電機は、無効電力供給/吸収する電圧調整システムを設置し、設定可能な力率の範囲で、無効電力を供給または吸収可能であること。その他の発電機は、静的同期補償装置(STATCOM)等他の装置によって電圧制御を行ってもよい。 |
| 北米     | NERC          | 系統に接続された発電機は、自動電圧制御モード(AVRを稼働させ自動的に電圧を制御している状態)もしくは、TSOから指示された他の運転モードにより、無効電力を制御しなければならない                                                                                                                             |

## 2. 欧州調査

(4) EN50549-1(-2):2019 "Requirements for the connection of generators above 16 A per phase - Part 1 (2): Connection to the LV(MV) distribution system"

71

## EN50549-1, 2 (英国版) 記載内容 8/17

## ■ 4.7 Power response to voltage changes

| EN50549-1 (LV: $U_n \leq 1\text{kV}$ )                                                                                                                                                                        | EN50549-2 (MV: $1\text{kV} < U_n \leq 36\text{kV}$ )                                                                           | RfG該当条項       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| <p><b>4.7.2 Voltage support by reactive power</b></p> <p>・ 継続運転可能な周波数範囲 (4.4.2) 及び電圧範囲 (4.4.4) において、発電設備の無効電力は下図に示す要求を満たすこと。</p> <p>進み力率0.90~遅れ力率0.90</p> <p>・ 有効電力 <math>P_0</math> における無効電力出力範囲は下図のとおり。</p> | <p>・ 継続運転可能な周波数範囲 (4.4.2) 及び電圧範囲 (4.4.4) において、発電設備の無効電力は下図に示す要求を満たすこと。</p> <p>・ 有効電力 <math>P_0</math> における無効電力出力範囲は下図のとおり。</p> | 17.2, 20.2(a) |

## 4. 詳細検討資料

### ④確認事項

27

|                        | 事務局案                                                                                                                                                | 主な発電側対応意見                                                                                                                                       | 確認事項                                                                                                                                                    |
|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 論点1<br>対象（電源種・電圧階級・容量） | <ul style="list-style-type: none"><li>・特別高圧の太陽光・風力・蓄電池 ※インバーター電源以外は検討済み(2023年4月要件化予定)</li><li>・特別高圧の全容量 ※基本的には275kV以上(必要により154kV以下も)の系統連系</li></ul> |                                                                                                                                                 | <ul style="list-style-type: none"><li>・<u>特別高圧の太陽光・風力・蓄電池※とする。</u></li><li>・<u>※基本的には基幹系統以上(一部の地方供給系統も)の系統連系</u></li><li>・<u>特別高圧の全容量とする。</u></li></ul> |
| 論点2<br>技術的実現性          | <ul style="list-style-type: none"><li>・常時、連系する系統の電圧を適切に維持できるよう、一般送配電事業者からの求めに応じて、再エネ電源を含めた発電設備からの無効電力を設備に支障が無い範囲で有効活用する必要がある。</li></ul>             | <ul style="list-style-type: none"><li>・仕様にもよるが、2,000kW以上の大容量であれば、ソフトウェアの変更で実現可能ではないかと考える。(JPEA)</li><li>・純技術的には実現のハードルが低いと考えます。(JEMA)</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>・<u>各一般送配電事業者毎に、系統電圧や適用電源種などの制御方法の仕様要求や対応する力率範囲を明確にすることで、対応は可能。</u></li></ul>                                     |

|           | 事務局案                                                               | 主な発電側対応意見                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 確認事項                                 |
|-----------|--------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| 論点3<br>費用 | <p>・新設設備が対象であり、海外において先行適用事例があるため、過度な負担とまではならず、費用対効果は大きいと想定される。</p> | <p>・ファームコントロールユニットが別途必要。また、設定・調整などの費用が必要。(JWPA)</p> <p>・欧州で適用されている機能をそのまま使えない場合は追加対応が必要となり、開発時間・費用を要する。(JWPA)</p> <p>・ソフトウェアの変更のみであれば大きな費用の増加はないと考える。ただし、詳細仕様が決まっていないものの、当該制御を実施するにあたり、制御装置の設置や、受変電設備側の対応、一般送配電事業者様との通信対応等が必要となり、5000万円程度かかる可能性もある。(JPEA)</p> <p>・機器の費用アップ要因は少ないと考えます。(JEMA)</p> <p>・変換器の容量を大きくする必要がある場合などは、影響が出る。(JEMA)</p> | <p>・<u>機種によっては数千万円かかる可能性がある。</u></p> |