

個別技術要件検討 「周波数変動時の発電出力 一定維持・低下限度」

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

- 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、100MW（沖縄35MW）以上の特別高圧の火力発電設備について、周波数低下時に発電出力の低下幅を限定することや一度出力低下しても回復するための出力低下防止機能を規定**することとした。
- **今後の再エネ電源導入拡大し、大型火力が減少した断面において、全電圧全容量のコージェネ設備、100MW（沖縄35MW）未満の特別高圧の火力発電設備、および高低圧の全容量の火力発電設備に同様の規定がない場合は、電源脱落事故等に伴う系統周波数低下時に、連系する発電機**の出力が低下すると、**カスケード的に周波数低下し、最悪の場合ブラックアウトに至るおそれ**がある。

■ 将来的に想定される課題と提言

（発電側）

- ガスタービン、ガスタービンコンバインドサイクル発電設備（GT、GTCC）、およびガスエンジンは、系統周波数低下時、コンプレッサー能力の低下に伴い発電機出力が低下する。

（系統側）

- 再エネ電源導入拡大による大型・集中電源の調整能力が減少した状況において、周波数低下に伴う電源大量脱落を回避するため、**中小規模火力にも出力低下防止機能が必要**である。

■ 要件化の必要性およびメリット

- 今後の再エネ電源導入拡大して大型火力が減少した断面においても、**系統周波数の維持運用に支障が出ないよう、全電圧全容量のコージェネ設備、100MW（沖縄35MW）未満の特別高圧の火力発電設備、および高低圧の全容量の火力発電設備についても出力低下限度の要件化が必要**である。なお、対応は新設設備が対象であり、100MW（沖縄35MW）以上の特別高圧の火力発電設備において先行適用事例はある。

1. 個別技術要件「周波数変動時の発電出力一定維持・低下限度」の検討

4

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）周波数変動時の発電出力一定維持・低下限度

（対象電源種：火力発電設備およびコジェネ設備

対象容量：火力：特別高圧：100MW未満(沖縄は35MW未満)※、高圧・低圧：全容量

※100MW以上（沖縄35MW以上）の火力発電設備については、2023年4月要件化予定

コジェネ設備：全電圧、全容量

周波数低下時に発電出力の低下幅を限定することや一度出力低下しても回復するための出力低下防止機能を規定する。

許容する低下幅は、49Hz（北海道:48.5Hz、60Hz系統：58.8Hz）までは0%、

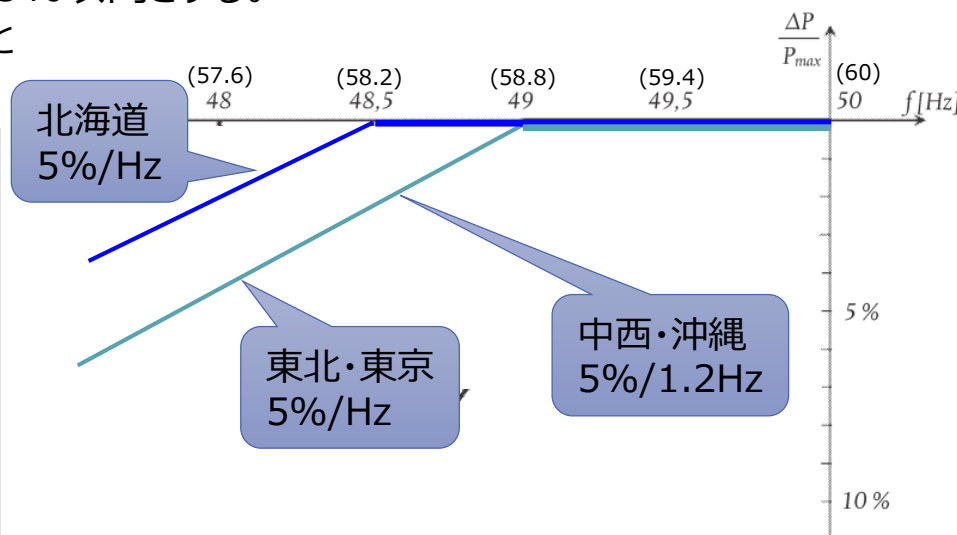
49Hz（北海道:48.5Hz、60Hz系統：58.8Hz）以下については、

1Hz（60Hz系統：1.2Hz）低下するごとに5%以内とする。

※100（沖縄35）MW以上の火力発電設備と

同様の内容を規定する。

＜参考＞東京電力PG系統連系技術要件 特別高圧
「2 運転可能周波数」で下記の内容が既に要件化されている。
発電設備の連続運転可能周波数及び運転可能周波数は、次のとおりとさせていただきます。
連続運転可能周波数：48.5Hz を超え 50.5Hz 以下
運転可能周波数：47.5Hz 以上 51.5Hz 以下
周波数低下時の運転継続時間は、48.5Hz では 10 分程度以上、48.0Hz では 1 分程度以上とすること。
周波数低下リレーの整定値は、原則として、検出レベルを 47.5Hz、検出時限を自動再閉路時間と協調が取れる範囲の最大値とすること。
（協調が取れる範囲の最大値：2 秒以上）



1. 個別技術要件「周波数変動時の発電出力一定維持・低下限度」の検討

5

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、対象容量：火力発電設備 100MW未満(沖縄は35MW未満)
コジェネ設備 全容量)

※100MW以上（沖縄35MW以上）の火力発電設備については、2023年4月要件化予定

※分散電源比率が高まった状況においても影響を限定するため、すべての容量について対象とする。

- ・高圧、低圧(対象電源種：火力発電設備およびコジェネ設備 対象容量：全容量)

※分散電源比率が高まった状況においても影響を限定するため、すべての容量について対象とする。

1. 個別技術要件「周波数変動時の発電出力一定維持・低下限度」の検討

6

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）
火原協	総括	・火力設備については、中小容量設備であっても同期機としての特性により系統に対しプラスの効果があると考えられる一方、従来行ってこなかった周波数変動時の発電出力維持については、どの程度の効果が見込まれるのかを示していただくことが先決かと思えます。 対応には一からの検討が必要となるため、現段階で規模感をお示しすることは困難です。また、仮に技術開発の見通しがある程度たった場合でも、カーボンニュートラルや燃料費高騰の影響により中小容量の火力設備が著しく増加することは考えにくく、その場合1台当たりの費用額が割高となることが懸念され、また厳しすぎる規制によりさらに火力設備の減少に拍車をかけてしまうことにもなりかねません。 自然変動電源の拡大に伴い、グリッドコードの整備を迅速に進める必要があると思いますが、ここは発想を転換し、再エネが拡大する中で必要となる予備力・調整力を合理的に確保できるよう発電設備の構成比や配置、また設備の性能向上の可否とその費用負担のあり方などを総合的に検討調整することを優先する方が迅速な対応が可能になるものと考えます。
	対象	「－」
	技術	「－」
	費用	「－」

1. 個別技術要件「周波数変動時の発電出力一定維持・低下限度」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）
自家発電	総括	・技術面：ガスタービン空気圧縮機は特性から周波数(回転数)低下により出力は低下する。ガスエンジンも同様である。 ・費用面：中小容量機種については製作者側の相応の開発費用と期間が必要である。なお、製作者にお尋ねいただくことが適切と考えますが、開発費用としては一機種に対し数億円、開発期間は4年程度と考えます。 なお、中小容量ガスタービン・ガスエンジン発電設備の製作者、サプライヤー（海外製を含む）の状況を把握した上で判断する必要がありますが大口自家懇では状況把握は困難です。日本ガス協会様等を経由し調査されることが適切と考えます。なお、（一社）日本電気協会様が推進される系統連系規程（JESC）見直しの審議にて同様な課題が浮上し、ここでは国内メーカ様の開発期間を2年に設定したとの情報を得ております（ご確認お願いします）。ただし、中小容量ガスタービンは海外製品が多く、海外の情報については明確ではありません。このような意味合いから開発期間を2年と断定することは困難と考えます。
	対象	・同期発電機を使用する発電設備
	技術	・発電機本体はJEC-2130に準拠した運転可能周波数範囲が定められてるが、原動機側は準拠は求められない。 ・多くの自家発は系統と連系している場合はガバナフリー運転を行わないが、系統周波数低下時に出力を維持しようとするトリップする可能性がある。なお、電気学会技術報告(Ⅱ部)第183号「給電より見た電力機器運用限度」では、多くの機種から実態が調査された結果と認識しております。大口自家懇メンバー企業、他一般企業が調達する発電設備は、一般的にタービン側のブレード共振周波数まで指定して調達しておりません。中には非常に脆弱な機種が含まれる可能性があると考えます。この課題に対しては発電用蒸気タービンの規格に周波数低下限度の項目を新たに設けること等が有効と考えられます。
	費用	・製作者側の開発費用を考慮すべきである。なお、製作者にお尋ねいただくことが適切と考えますが、開発費用としては一機種に対し数億円程度と考えます。 ・製品価格が上昇する可能性がある。なお、数千キロワット級の発電設備の調達価格が、1セットあたり1億円程度上昇すると考えております。

1. 個別技術要件「周波数変動時の発電出力一定維持・低下限度」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(1/4)	総括	a. GT/GTCC ・特性上、周波数低下時には出力が低下するため、周波数が低下した状態での長時間の継続運用は不可です。 ・周波数維持または低下を一定程度に抑えるためには開発・認証期間が必要です。出力条件のみではなく、年間の発生頻度など諸条件を提示頂かないと検討できません。周波数低下時の対応が短時間であることの規定を設けていただきたいと思います。 ・50Hzエリアで発生した周波数低下事例から更に運転継続するとなれば製品耐久性が問題で、保護装置の設定の範囲を超えるとの見解があり、その場合、技術的に対応困難となります。 ・100MW未満（特に30MW以下）の中・小型機種は適用外にして頂くか、製品の能力の範囲内（保護装置の設定範囲内）での運用とさせて頂くようお願いします。 b. 蒸気タービン発電システム ・系統周波数変動に対してGF/LFCの連携による柔軟な出力調整が可能となる機能を具備することで、発電出力の維持は可能と考えられます。但し、出力を維持するためにはボイラからの蒸気が必要で、タービンだけでなくボイラと合わせた制御が必要です。 ・回転体として共振周波数と離調する必要があります。そのために新規の翼開発が必要となった場合には設備コスト上昇につながる可能性があります。 ・周波数低下が起こるような状態から早期に脱出するためには、出力変化速度向上、待機する発電設備の最低負荷低減などの対策も併せて必要と考えます。
	対象	a. GT/GTCC b. 蒸気タービン発電システム

1. 個別技術要件「周波数変動時の発電出力一定維持・低下限度」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(2/4)	技術 (1/2) 周波数低は一時的なものを想定しています。長時間の周波数低状態は想定していません。周波数低下時の運転継続時間帯においては、発電出力一定維持・低下限度の機能を要求するものではなく、あくまでもプラントの運転継続を要求するものと考えます。「周波数変動時の発電出力一定維持・低下限度」と「周波数低下時の運転継続時間の規定」は切り分けて考える必要があります。 a. GT/GTCC 100MW未満(特に30MW以下)の中・小型ガスタービンは、主に熱電併給を行うことを目的としたコージェネレーションでの使用を考慮して設計されております。コージェネレーションでは、熱電併給を行うため常に最大出力で運転することが多く、定格運転での効率を最大化するため、吸気温度に対する計画出力の裕度は最小限として設計しております。元来、吸気量が低下すると出力を下げざるを得ない設備なため、本要件に対し次の問題が生じてしまいます。 ・出力を維持しようとすると、製品の能力（保護設定値）を超えた運転となるため、エンジンの寿命を縮めたり、定格周波数での定格発電出力を下げて効率が悪い運転をせざるを得ない ・排熱ボイラ入口排ガス温度も製品の能力（保護設定値）を超えてしまう 従いまして、 1) 系統周波数低下は大規模電源脱落などによるものであり、稀頻度事象と認識しており、短時間（長くても数分／年）であると想定し、製品の耐久性の範囲内（保護装置の設定範囲内）で対応する予定です。<u>原動機の特性上、周波数低下時には出力が低下するため、維持または低下を一定程度に抑えるためには開発・認証期間が必要です。現状の製品を変更せずに、エンジン性能確認、制御ソフトウェア開発のみを行うのであれば2年程度で完了予定です。</u> 2) 一方で、周波数が低下した状態で運転継続するには、<u>発電出力を維持するために燃料を増加する必要があるため、エンジン内部部品温度が上昇し、先に述べたように製品の能力（保護設定値）を越えた運転となるとの見解があり、その場合、製品耐久性が問題で、技術的に対応困難</u>となります。

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）

技術
(2/2)

b. 蒸気タービン発電システム

系統周波数変動による出力への影響は、以下3点に起因して生ずる可能性があり、これらを考慮された上で発電出力の維持は可能です。また、出力を維持するためにはボイラからの蒸気が必要で、タービンだけでなくボイラと合わせた制御が必要です。なお、一般に5%の周波数低下でトリップするような制御で運転されています。

1) 制御機能による出力調整

ガバナフリー制御（以下GF）により、系統周波数低下を来した場合には、タービン発電機が自律的に速度調定率4～5%程度で出力上昇します（調定率5%なら、60Hz機では0.3Hz低下で10%出力上昇、50Hz機では0.25Hz低下で10%出力上昇）。これに加え、給電指令としての負荷周波数制御（以下LFC）により、タービンへの流入蒸気を制限して発電機の出力を調整することが事業用火力においては一般的であり、系統周波数が49Hz以下に低下した場合についても、GF/LFCによる出力制御が機能します。ここで、コジェネおよび100MW未満の火力設備においては、系統周波数変動に対してGF/LFCの連携による柔軟な出力調整が可能となる機能を具備することが求められます。

なお、新設においては、要件として定義され設計段階から考慮されれば、技術的に対応可能と考えます。

2) 機械的な特性からの制約

系統周波数が49Hz以下に低下した場合に、回転体として共振周波数と離調する必要性から、同期しての発電運用が困難となる場合が考えられます。（第6回グリッドコード委員会での火原協コメントのとおり）

なお、新設においては、要件として定義され設計段階から考慮されれば、東電PG 特別高圧の例のように、ある程度の制約の中での対応は可能と考えます。ただし、新規の翼開発が必要となった場合には設備コスト上昇につながる可能性があります。

3) タービン補機の運用への影響

モータ駆動ボイラ給水ポンプ（以降M-BFP）において、発電所所外系統からの給電により駆動されている場合は、周波数低下がM-BFPの吐出量低下、すなわちタービン入り口蒸気流量の低下につながりタービン発電機の出力が低下する可能性は考えられます。（第6回グリッドコード委員会での大口自家発電施設者懇話会コメントのとおり）

なお、新設においては、要件として定義され設計段階から考慮されれば、技術的に対応可能と考えます。

周波数低下が起こるような状態から早期に脱出するためには、出力変化速度向上、待機する発電設備の最低負荷低減などの対策も併せて必要と考えます。

JEMA(3/4)

1. 個別技術要件「周波数変動時の発電出力一定維持・低下限度」の検討

11

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(4/4)	費用	a. GT/GTCC 本要件の達成可否は発電設備毎の検討が必要になります。 <u>(A社)新規機能の開発とは、新規制御ロジック検討とシミュレーション検証を想定しているものであり、数千万円規模と想定。</u> <u>(B社) 100MW未満（特に30MW以下）の中・小型GT／GTCCは技術的に対応が不可能であり、製品能力の範囲内（保護装置の設定範囲内）での運用とさせて頂ければ、費用は発生しません。</u> b. 蒸気タービン発電システム 既設設備の設計仕様や規模が、特にコジェネまたは小規模設備においては千差万別であるため、金額の規模感を提示することは困難です。例えば、共振周波数を変更した新規の翼列開発が必要な場合などでは、設備コストの上昇につながる可能性があります。 1) 制御機能による出力調整 制御システムの改善が必要な場合は、相当する投資が必要となる。 2) 機械的な特性からの制約(新規の翼開発) タービンの開発要素を含む再設計・改造を要するため、非現実的。

1. 個別技術要件「周波数変動時の発電出力一定維持・低下限度」の検討

12

③発電側関連団体の意見

日本ガス協会・コージェネ財団

団体	意見（上段：総括、下段（総括より下）：分類別意見）	
	総括	・原動機特性上、周波数低下時には出力が低下するため、各機器の特性を踏まえて議論いただきたい。 ・周波数低下時に急激な周波数変動が発生した場合には、過負荷等により故障停止する可能性があるため、その点も考慮した検討をお願いしたい。
	対象	・全電圧の100MW未満のコージェネ設備
	技術	・現行のほとんどのコージェネ設備は、原則として周波数は変動しないものとして設計されており、周波数が低下した場合には、定格出力を維持しようとするため過負荷になる可能性があります。それを回避するための機能の開発や検討に要する期間として2年の猶予をいただいたと理解しております。周波数が低下すると回転数が低下するため、ガスエンジンやガスタービンなどの原動機の出力が低下するため、発電出力を維持することは原理的に難しく、新機種を開発したとしてもこの「出力を維持する」という課題をクリアすることは難しいと考えております。以前のメーカー各社へのヒアリングにおいても、発電出力の低下が許容されることを前提として、何%程度の出力低下であれば許容できるか、開発・検討期間としてどの程度必要かを確認したものであり、技術要件の原案をクリアすることを前提としたものではありません。現在、メーカー各社にて周波数低下時の出力調整機能の開発・検討を行っておりますが、「今回ガス業界から提案している『周波数5%低下時に20%の出力低下を許容する案』であっても対応が困難」というメーカーもあります。「中小型のコージェネ設備を適用外とする」や「設備の故障限度を超えない範囲で定格出力を維持する」等の要件とする案も出されている。再度、慎重な検討をお願いいたします。
	費用	・周波数低下時に出力を調整する機能を追加するための開発費（一部のメーカー4社からの回答） ガスエンジン：1億数千万円（4社合計）、ガスタービン、スチームタービン：数千万円（2社合計）
	その他	・現地で系統周波数を下げた試験を実施することはできないため、代表機による工場での模擬試験で代用する予定。試験方法を現地と近い条件とするためには、試験手法のガイドラインが必要となる。これにつき指針の検討をお願いしたい。 ・出力低下を制限することによりエンジンのオーバーホール周期が短くなり、ユーザーにとって負担となります。なお、オーバーホール周期の短縮は、周波数低下の程度・頻度・時間によって変化します。

④系統側の対策

- 一般送配電事業者が取り得る対策

- ・対策

系統側蓄電池の設置（周波数低下時の発電出力減少分の補償）

⑤比較・検討結果

<検討モデル>

【検討モデル選定理由】

- ・50Hz系統において周波数が低下した場合の発電出力低下分を補償
- ・49Hz以下において周波数低下防止機能が動作しない状況を想定
- ・2030エネルギーミックスの火力関連((LNG・石炭・石油))比率41 %を出力低下する電源の比率と仮定
- ・上記のうち、10%が100MW未満火力 (2023年4月要件化対象90 %)と仮定
- ・同期連系系統の需要は7,000万kW
- ・発電設備の出力低下幅は5%と仮定

【検討方法】

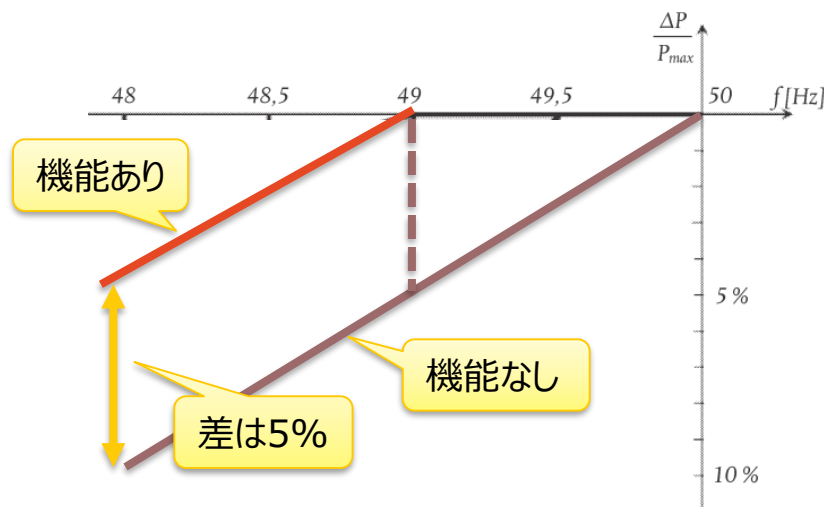
定量評価 (解析なし)

【検討結果】

- ・必要蓄電池容量

$$7,000\text{万kW} \times 41\% \times 10\% \times 5\% = 15\text{万kW}$$
- ・コスト

$$15\text{万kW} \times 15\text{万円/kW} = 225\text{億円}$$



1. 個別技術要件「周波数変動時の発電出力一定維持・低下限度」の検討

15

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	機種によっては、開発費用が一機種あたり数億円程度必要。	225億円 (15万kW×15万円/kW)
出力制御低減効果	評価対象外	評価対象外
変動対応能力	評価対象外	評価対象外
公平性	全容量が対象となり公平である。	費用面で過度な負担となる可能性がある。
実現性	機種によっては、対応方法の変更や詳細検討を実施しないと対応できない設備がある。 (第13回検討会でJEMA殿より報告予定)	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

■ 検討結果

- 費用 **機種によっては、開発費用が一機種あたり数億円程度必要。**
なお、費用メリットは「発電側対策」の方が大きいと想定される。
- 出力制御低減 評価対象外
- 変動対応 評価対象外
- 公平性 **全容量が対象となり公平である。**
- 実現性 **機種によっては、対応方法の変更や詳細検討を実施しないと対応できない設備がある。**
- その他 **適用時期は2025年4月を目指して詳細調整が必要である。** (第13回検討会でJEMA殿より報告予定)
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>

発電設備の大部分を占める特別高圧100MW以上（沖縄は35MW以上）の火力発電設備は同等の要件が既に課されているため、目下において系統運用に支障を来すおそれなし。

2. 他の規程への影響

技術要件「周波数変動時の発電出力一定維持・低下限度」

■ 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 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。 4. 電圧変動・出力変動 (3) 出力変動対策 再生可能エネルギー発電設備等を連系する場合であって、出力変動により他者に影響を及ぼすおそれがあるときは、一般送配電事業者からの求めに応じ、発電設備等設置者において出力変化率制限機能の具備等の対策を行うものとする。	追記・変更なし

2. 他の規程への影響

技術要件「周波数変動時の発電出力一定維持・低下限度」

18

■ 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

2. 他の規程への影響

技術要件「周波数変動時の発電出力一定維持・低下限度」

19

■ 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

■ 系統連系規程

現行記載	影響
10. 発電機運転制御装置の付加 (1) 運転制御装置の設置 特別高圧電線路については、電力の安定供給確保の観点から厳しい検討管理が求められる。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。	追記・変更なし

3. 関連規程・市場要件への影響

技術要件「周波数変動時の発電出力一定維持・低下限度」

20

技術要件改定案

関連規程・市場要件への影響

14. 発電機運転制御装置の付加（特別高圧）

(2) 周波数調整のための機能

⑤.出力低下防止機能

100MW以上(沖縄は35MW以上)の火力発電設備およびコジェネ設備は、周波数49.0Hz（北海道:48.5Hz, 60Hz系統：58.8Hz）までは発電機出力を低下しない、周波数49.0Hz（北海道:48.5Hz, 60Hz系統：58.8Hz）以下については、1Hz（60Hz系統：1.2Hz）低下するごとに5%以内の出力低下に抑える、もしくは、一度出力低下しても回復する機能または装置を具備すること。

なお、周波数変動に鋭敏な負荷設備や、構内設備（発電用所内電源を除く）への電源供給維持のため、自立運転に移行する必要がある自家用発電設備については、対策内容を協議させていただきます。

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

XX. 発電機運転制御装置の付加（高圧、低圧）

(1) 周波数調整のための機能

①出力低下防止機能

火力発電設備およびコジェネ設備は、周波数49.0Hz（北海道:48.5Hz, 60Hz系統：58.8Hz）までは発電機出力を低下しない、周波数49.0Hz（北海道:48.5Hz, 60Hz系統：58.8Hz）以下については、1Hz（60Hz系統：1.2Hz）低下するごとに5%以内の出力低下に抑える、もしくは、一度出力低下しても回復する機能または装置を具備すること。

なお、周波数変動に鋭敏な負荷設備や、構内設備（発電用所内電源を除く）への電源供給維持のため、自立運転に移行する必要がある自家用発電設備については、対策内容を協議させていただきます。

4. 詳細検討資料

① 定量評価、解析等

21

■ 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

4. 詳細検討資料

22

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
14. 発電機運転制御装置の付加（特別高圧） (2) 周波数調整のための機能 ⑤.出力低下防止機能 100MW以上(沖縄は35MW以上)の火力発電設備は、周波数49.0Hz（北海道:48.5Hz, 60Hz系統：58.8Hz）までは発電機出力を低下しない、周波数49.0Hz（北海道:48.5Hz, 60Hz系統：58.8Hz）以下については、1Hz（60Hz系統：1.2Hz）低下するごとに5%以内の出力低下に抑える、もしくは、一度出力低下しても回復する機能または装置を具備すること。	14. 発電機運転制御装置の付加（特別高圧） (2) 周波数調整のための機能 ⑤.出力低下防止機能 100MW以上(沖縄は35MW以上)の火力発電設備およびコジェネ設備は、周波数49.0Hz（北海道:48.5Hz, 60Hz系統：58.8Hz）までは発電機出力を低下しない、周波数49.0Hz（北海道:48.5Hz, 60Hz系統：58.8Hz）以下については、1Hz（60Hz系統：1.2Hz）低下するごとに5%以内の出力低下に抑える、もしくは、一度出力低下しても回復する機能または装置を具備すること。 なお、周波数変動に鋭敏な負荷設備や、構内設備（発電用所内電源を除く）への電源供給維持のため、自立運転に移行する必要がある自家用発電設備については、対策内容を協議させていただきます。 XX. 発電機運転制御装置の付加（高圧、低圧） (1) 周波数調整のための機能 ①出力低下防止機能 火力発電設備およびコジェネ設備は、周波数49.0Hz（北海道:48.5Hz, 60Hz系統：58.8Hz）までは発電機出力を低下しない、周波数49.0Hz（北海道:48.5Hz, 60Hz系統：58.8Hz）以下については、1Hz（60Hz系統：1.2Hz）低下するごとに5%以内の出力低下に抑える、もしくは、一度出力低下しても回復する機能または装置を具備すること。 なお、周波数変動に鋭敏な負荷設備や、構内設備（発電用所内電源を除く）への電源供給維持のため、自立運転に移行する必要がある自家用発電設備については、対策内容を協議させていただきます。

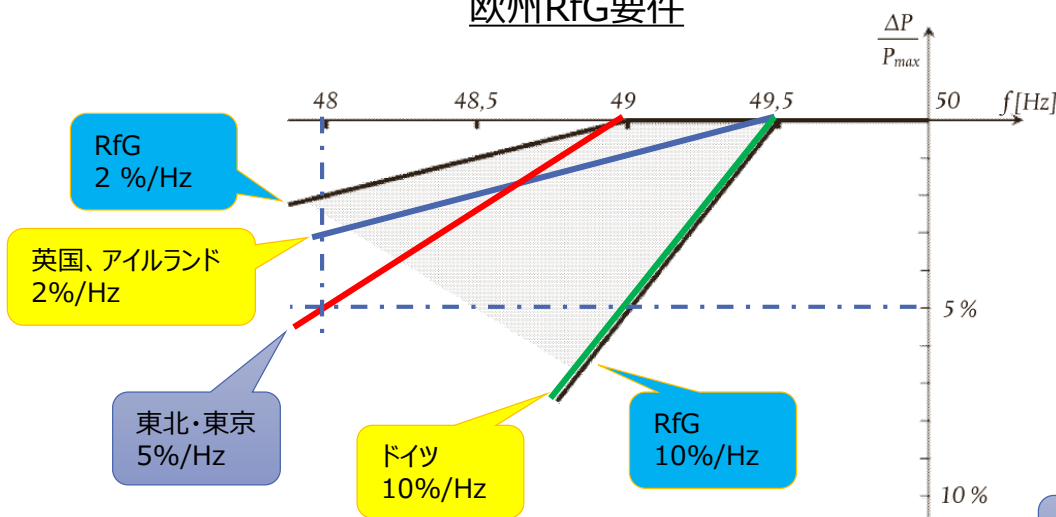
4. 詳細検討資料

23

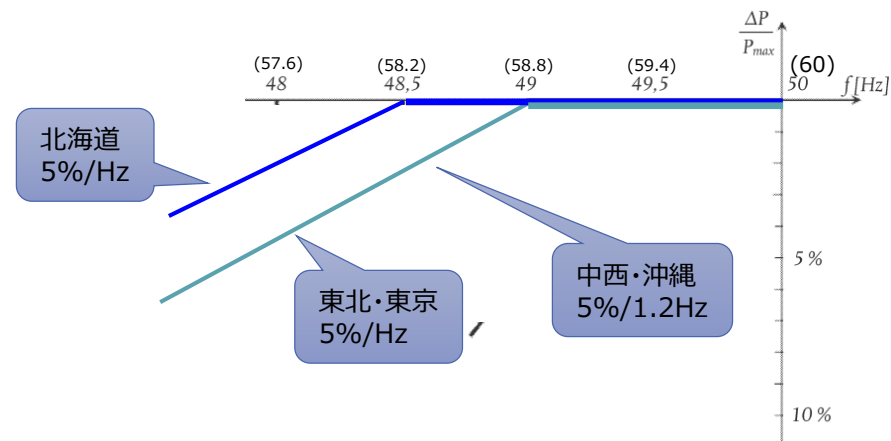
③その他（他会議体の検討資料）

- 出力低下防止機能がなかった場合
 - 系統周波数1Hz低下により約4～5%出力が低下
- 出力低下防止機能使用時の出力低下量
 - 49Hz以下において約4～5%/Hz（下図の赤線）

欧州RfG要件



今回規定の特性



4. 詳細検討資料

③その他（他会議体の検討資料）

欧州RfGの対象発電設備分類

発電設備の分類	A	B	C	D
電圧階級	110kV未満			110kV以上
欧州大陸	0.8kW～1MW	1～50MW	50～75MW	75MW～
英国				
北欧	0.8kW～1.5MW	1.5～10MW	10～30MW	30MW～
アイルランド	0.8kW～0.1MW	0.1～5MW	5～10MW	10MW～
バルト三国	0.8kW～0.5MW	0.5～10MW	10～15MW	15MW～

欧州RfGの各国適用状況（上記設備分類A～Dを対象）

国	Constant output at its target active power value regardless of changes in frequency 13.3
英国	一定出力を維持すること
アイルランド	(要求なし)
ドイツ	(要求なし)
スペイン	(要求なし)
イタリア	一定出力を維持すること
デンマーク (DK2)	一定出力を維持すること

国	Maximum active power reduction at underfrequency 13.4
英国	2 %P/Hz starting at 49.5 Hz
アイルランド	2 %P/Hz starting at 49.5 Hz
ドイツ	10 %P/Hz starting at 49.5 Hz
スペイン	10 %P/Hz starting at 49.5 Hz
イタリア	2 %P/Hz starting at 49.5 Hz (ガスタービン) starting at 49 Hz (その他)
デンマーク	6 %P/Hz starting at 49 Hz

4. 詳細検討資料

④確認事項

25

	事務局案	主な発電側対応意見	確認事項
論点1 対象 (電源 種・電圧 階級・容 量)	・特別高圧：100(沖縄35)MW未満の火力発電設備および全容量のコジェネ設備 ※100(沖縄35)MW以上の火力発電設備については、2023年4月要件化予定 ・高圧・低圧：全容量の火力発電設備およびコジェネ設備		<u>事務局としては、下記の事務局案どおり必要と考えるが、委員やオブザーバーのご意見などを踏まえながら、詳細調整をさせていただくこととしたい。</u> <u>・特別高圧：100(沖縄35)MW未満の火力発電設備および全容量のコジェネ設備としてはどうか。※100(沖縄35)MW以上の発電設備については、2023年4月要件化予定</u> <u>・高圧・低圧：全容量の火力発電設備およびコジェネ設備としてはどうか。</u>

4. 詳細検討資料

④確認事項

26

	事務局案	主な発電側対応意見	確認事項
論点2 技術的 実現性	・周波数低下時に発電出力の低下幅を限定することや一度出力低下しても回復するための出力低下防止機能を規定する。 ・周波数変動に鋭敏な負荷設備や、構内設備（発電用所内電源を除く）への電源供給維持のため、自立運転に移行する必要がある自家用発電設備については、一般送配電事業者と発電側事業者とで対策内容を協議することとする。	・ガスタービンは空気圧縮機の特長から周波数(回転数)低下により出力は低下する。ガスエンジンも同様である。(自家発電) ・中小容量機種については製作者側の対応の期間が必要である。(自家発電) ＜GT/GTCC＞ 提示頂いた条件から更に運転継続するとなれば製品耐久性が問題で、保護装置の設定の範囲を超えるとの見解があり、その場合、技術的に対応困難となります。100MW未満（特に30MW以下）の中・小型機種は適用外にして頂くか、製品の能力の範囲内（保護装置の設定範囲内）での運用とさせて頂くようお願いします。 ＜蒸気タービン発電システム＞ 系統周波数変動による出力への影響は、3点(制御機能による出力調整、機械的な特性からの制約、タービン補機の運用への影響)に起因して生ずる可能性があり、これらを考慮された上で発電出力の維持は可能です。また、出力を維持するためにはボイラからの蒸気が必要で、タービンだけでなくボイラと合わせた制御が必要です。なお、一般に5%の周波数低下でトリップするような制御で運転されています。(JEMA) ・現行のほとんどのコージェネ設備は、原則として周波数は変動しないものとして設計されており、周波数が低下した場合には、定格出力を維持しようとするため過負荷になる可能性があり、回避するための機能の開発や検討に要する期間として2年。周波数が低下すると回転数が低下するため、ガスエンジンやガスタービンなどの原動機の出力が低下するため、発電出力を維持することは原理的に難しく、新機種を開発したとしてもこの「出力を維持する」という課題をクリアすることは難しい。今回ガス業界から提案している『周波数5%低下時に20%の出力低下を許容する案』であっても対応が困難というメーカーもあり、「中小型のコージェネ設備を適用外とする」や「設備の故障限度を超えない範囲で定格出力を維持する」等、再度、慎重な検討をお願いいたします。(ガス・コージェネ)	・実現性は、機種によっては、対応方法の変更や詳細検討を実施しないと対応できない設備がある。(第13回検討会でJEMA殿より報告予定) ・適用時期は2025年4月を目指して詳細調整が必要である。 ・周波数変動に鋭敏な負荷設備や、構内設備（発電用所内電源を除く）への電源供給維持のため、自立運転に移行する必要がある自家用発電設備については、一般送配電事業者と発電側事業者とで対策内容を協議することとする。

④確認事項

	事務局案	主な発電側対応意見	確認事項
論点3 費用	・対応は新設設備が対象であり、100MW（沖縄35MW）以上の特別高圧の火力発電設備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。	・中小容量機種については製作者側の相応の開発費用が必要である。なお、開発費用としては一機種に対し数億円程度と考えます。（自家発電） ・＜GT/GTCC＞本要件の達成可否は発電設備毎の検討が必要になります。 （A社）新規機能の開発とは、新規制御ロジック検討とシミュレーション検証を想定しているものであり、数千万円規模と想定。 （B社）100MW未満（特に30MW以下）の中・小型GT/GTCCは技術的に対応が不可能であり、製品能力の範囲内（保護装置の設定範囲内）での運用とさせて頂ければ、費用は発生しません。 ＜蒸気タービン発電システム＞既設設備の設計仕様や規模が、特にコジェネまたは小規模設備においては千差万別であるため、金額の規模感を提示することは困難です。例えば、共振周波数を変更した新規の翼列開発が必要な場合などでは、設備コストの上昇につながる可能性があります。（JEMA） ・周波数低下時に出力を調整する機能を追加するための開発費（一部のメーカー4社からの回答） ガスエンジン：1億数千万円（4社合計）、ガスタービン、スチームタービン：数千万円（2社合計）（ガス・コジェネ）	・機種によっては、開発費用が一機種あたり数億円程度必要。