FRT要件見直しの進め方について

2025年6月25日

電力広域的運営推進機関

1．FRT要件見直しの必要性

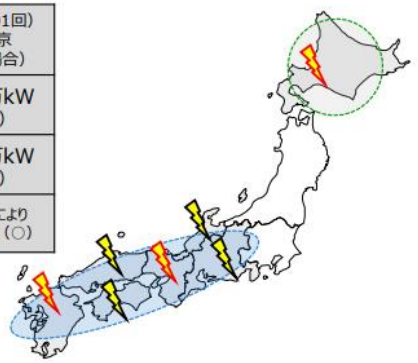
- 2050年カーボンニュートラルに向け、**再エネ導入拡大によりインバータ電源導入量が増加**していく中、**系統に並列する同期電源の相対的な減少により、慣性、短絡容量が減少していくことが懸念されている**。
- 調整力及び需給バランス 評価等に関する委員会（以降、調整力等委）では、2050年を想定した電源線ルート事故時において、急峻な電圧変動の影響により**現行のFRT要件ではインバータ電源の運転継続が困難となり**、インバータ電源の解列により大幅な周波数低下が発生し、負荷制限を行ってもなお**エリア間の連系分離に至る可能性**が示されている。

電源線ルート事故の影響評価について（北海道・中西6エリアの場合） 16

- 短絡容量が非常に小さいと想定されるMsys最小（RoCoFが最大）の系統状況において、北海道エリアと中西の各エリアで最大の同期電源脱落量となる電源線ルート事故の影響について確認を行った。
- 北海道エリアについては、需要を上回る電源停止となり大幅な周波数低下が想定される。また加えて電源停止に伴う急激な潮流変化による電圧安定性の維持に課題が生じることも想定され、現時点では具体的に評価することが困難であるが、相当な系統影響が生じると見込まれる。
- 中西6エリアについては、一部の電源線ルート事故で、事故時の急峻な電圧変動の影響で多数のインバータ電源が停止することで負荷制限を行ってもなお大幅な周波数低下が発生しエリア間の連系分離に至る可能性がある。

<シミュレーション結果※1>　括弧内はシミュレーションの系統状況における需要に対する比率

	北海道	中西6エリア（九州の場合）	参考（第101回）東北東京（東北の場合）
電源停止量 <同期電源+再エネ>	591万kW (107%)	1,219万kW (22%)	1,283万kW (21%)
負荷制限 <UFRなど>	相当な系統影響（×か）	757万kW (14%)	1,113万kW (18%)
系統維持の可否		周波数低下によるエリア間連系分離（ブラックアウトのおそれ：×）	負荷制限により周波数回復（○）



※1 ・マスタープランベースシナリオなどを前提条件とした試算結果であり、需給バランス等の前提が変われば、算定結果も異なることに留意が必要
・インバータ電源の停止有無はアンケート結果を元に評価したものであり、実際の制御ロジックを正確に模擬できているものではない
・2030年想定と2050年想定の評価ケースでは、需要規模や再エネ稼働量が異なる
・短絡容量が非常に小さいと想定されるMsys最小（RoCoFが最大）の系統状況で評価
・中国～九州間連系線の増強は至近の議論状況から直流設備で模擬
・中西6エリアは電源停止量の最も大きな九州エリアの数値を記載（関西エリアの事故でも連系分離に至る）

（出典）第104回調整力及び需給バランス 評価等に関する委員会（2024年12月27日）資料1

- 調整力等委の中でその対策として以下の2案を比較検討し、対策①については対策コストが相当程度大きくなる懸念があること、また、対策②はインバータ電源の運転停止による周波数低下を防ぎ、周波数低下による負荷制限を基本的に発生させなくする根本的な対応となりえることから、**対策②を基本的な対策の方向性とすること**が整理された。

  対策①：系統側対策（同期電源の追加運転等）により、系統事故時の電圧・周波数変動を抑制
  対策②：**機器側対策（インバータ電源のFRT要件見直し）により、電圧・周波数変動時の運転停止を防止**

対応策のまとめ 31

- ①系統側対策（同期電源の追加運転等）と②機器側対策（FRT要件の見直し）について、いずれの対応についても、最低限満たすべき水準である系統維持に関しては実現できると示唆されるところである。
  - ①については、特定の設備事故に限っても大規模な同期電源の追加運転が必要になると想定される。さらに、その時々の系統状況によってさまざまな設備事故において対策を講じることが必要になり、対策コストが相当程度大きくなることも懸念される。
  - ②については、電圧・周波数変動が生じたとしてもインバータ電源の運転停止を防止するものであり、最低限の系統維持のみならず、周波数低下による負荷制限を基本的に発生させなくする根本的な対応である。
- したがって、**系統事故時の急峻な電圧・周波数変動に対する系統維持の対策はFRT要件を基本的な方向性とすることでどうか**（状況に応じて系統側対策を併用することもありえる）。
  - **周波数ステップ要素・周波数ランプ要素・電圧位相要素の見直し案については、引き続き検討を深め、改めて本委員会に報告を行う。**
- また、**見直し案のFRT要件への反映に向けては、グリッドコード検討会において、詳細な検討を進めることでどうか。**
- なお、これまでも本委員会において、より詳細な技術検討（瞬時値解析、非対称故障時の振る舞い、基幹系統事故の高圧系統以下への波及メカニズム）によっては、さらに厳しい状況を想定する必要があることをご意見いただいている。
- これらについては、現時点での系統解析技術では十分にとらえきれない領域でもあるため、今後の技術開発・知見の拡充を踏まえた中長期的な課題として位置づけ、状況に応じて必要な対応をとることにしたい。

※ シミュレーション条件が変わることで結果は変わりえることに留意が必要

（出典）第104回調整力及び需給バランス 評価等に関する委員会（2024年12月27日） 資料1

2．FRT要件見直しの方向性

- 調整力等委では**周波数ステップ要素、周波数変化率要素、電圧位相耐量**について、事故中および事故除去直後に生じる**瞬間的な擾乱に対して運転継続できるよう見直し**を行う方向性が示されている。
- 具体的なFRT要件の見直し案は今後の調整力等委の中で報告されることとなっており、それに基づきグリッドコード検討会で要件化に向けた検討を進めていくことで整理された。

＜②機器側対策＞
FRT要件の見直しによる対策について　27

- まず現行の事故時運転継続要件（FRT要件）においては、周波数変動に対する耐量が定められているが、今回の系統事故状況においては、これらを超えた周波数変動が発生している。
- また、メーカーへのアンケート調査による電圧位相変動時の耐量を超えた変動が、今回の系統事故状況において発生している。
- そのため、将来を想定した系統事故時に生じうる電圧・周波数変動に対応した要件を設けることで、系統事故時のインバータ電源の運転停止を防ぎ、系統維持を実現することが対策となる。
- この対策は、理想的には、系統事故時の電圧・周波数変動に伴うインバータ電源の停止や、その後の周波数低下による負荷制限等を回避することができるため対策効果の面で優れている。

	周波数ステップ要素	周波数ランプ要素	電圧位相ステップ要素
現状のFRT要件	0.8Hz（50Hzエリア）以下、1.0Hz（60Hzエリア）以下までは、3サイクル以内の変動であれば運転継続（周波数上昇側のみ）	周波数変化率±2Hz/s以内では運転継続（継続時間などの規定無し）	位相のみの規定は現状なし（残電圧0.52pu以上の場合は41度まで耐量を持たせることを規定）
見直し方向性	✓ **事故中・事故除去直後に生じる瞬間的な周波数変化に対して運転継続**	✓ **事故中・事故除去直後に生じる瞬間的な周波数変化率の急変に対して運転継続**	✓ **事故中・事故除去直後に生じる瞬間的な位相変化に対して運転継続**

まとめと今後の進め方　33

- 「再エネ主力電源化」に向けた系統安定性に関わる課題の一つとして、2050年を想定した状況下のもとで、系統事故時などに生じる急峻な電圧・周波数変動の影響と対応策について検討を行った。
- **北海道エリアや中西6エリアでの系統事故の影響を踏まえると、2050年想定の状況では、安定供給の維持に向けては対策の構築が必要である**※。
- 対策としては、系統側対策（同期電源の追加運転等による系統事故時の電圧・周波数変動の抑制）や機器側対策（FRT要件の見直しによる系統事故時のインバータ電源の運転継続）が考えられるところ、FRT要件の見直しが対策の効果で優位性があるため、**FRT要件の見直しを本課題への対策とすることでどうか**（状況に応じて系統側対策を併用することもありえる）。
- ついては、**具体的な見直し案については引き続き検討のうえで改めて本委員会に報告を行う**ことにする。
- また**見直し案のFRT案への反映については、グリッドコード検討会において、詳細な検討を進めることでどうか。**

※ シミュレーション条件が変わることで結果は変わりえることに留意が必要

（出典）第104回調整力及び需給バランス 評価等に関する委員会(2024年12月27日) 資料1

3．FRT要件見直しに伴う配電関係の課題（1/2）

- 系統故障等による単独系統形成時の単独運転を防止するために、高低圧連系のインバータ電源の多くが**単独運転検出機能（受動的方式・能動的方式それぞれ1方式以上）を設置している**。
  - 受動的方式は、「電圧位相跳躍検出方式」、「周波数変化率検出方式」が多く採用されており、単独運転移行時の電圧位相や周波数の急変を検出している。
  - 低圧連系の発電設備は、高低圧混触事故を能動的方式で高速に検出する必要があるため、現在、ほぼ全てのインバータ電源でステップ注入付周波数フィードバック方式（新型能動的方式）を採用している。
- FRT要件の見直しは、事故中および事故除去直後に生じる**瞬間的な周波数変化や位相変化に対して運転継続可能**とする方向性となっており、**単独運転検出機能との整合性についての確認が必要となる**。

受動的方式の整定値例

方式名	検出基準	検出時限	保持期限
電圧位相跳躍検出	位相変化：±3~±10度	0.5秒以内	5~10秒
周波数変化率検出	周波数変化：±0.1~±0.3%	0.5秒以内	5~10秒
3次高調波電圧歪急増検出	3次高調波変化：+1~+3%	0.5秒以内	5~10秒

能動的方式の整定値例

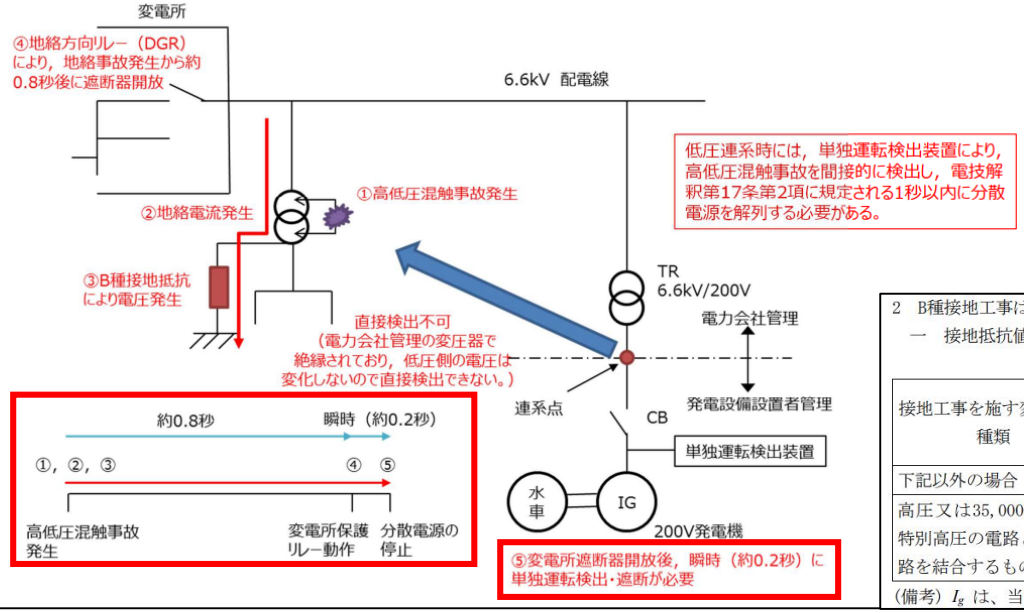
方式名	周波数フィードバックゲイン	無効電力注入量上下限値	検出要素	解列時限
ステップ注入付周波数フィードバック方式	周波数変化が0.01Hz以上，又は-0.01Hz以下の場合：0.25p.u./0.3Hz~0.25p.u./0.9Hz	±0.25 p.u.	周波数変動	瞬時

3．FRT要件見直しに伴う配電関係の課題（2/2）

- 受動的方式では電圧位相や周波数の急変を検出して単独運転検出するのに対し、上位系統の事故中および事故除去直後に生じる瞬間的な擾乱があっても運転継続する方向でFRT要件を見直す場合、**高低圧系統における故障での単独運転時の検出ができなくなるおそれ**がある。
- 低圧系は、高低圧混触事故時において、電気設備の技術基準の解釈-第17条第2項に規定される時限（1秒以下もしくは2秒以下）以内に解列する必要があり、低圧インバータ電源単体としては変電所の遮断器が遮断後瞬時に単独運転検出・停止が必要となる。上位系統の事故中および事故除去後の瞬間的な擾乱において運転継続とする場合、能動的方式においても瞬時の単独運転検出・停止ができず、**電気設備の技術基準の解釈を満たせなくなるおそれ**がある。

（参考）低圧連系時の高低圧混触事故の検出

- 変圧器の内部故障（高圧巻線と低圧巻線間の絶縁破壊など）にて高低圧混触事故が発生した際には、高圧の電気が低圧電路に侵入して低圧電路に接続される機器を損傷させるなどの危険が生じるため、1 秒以内に遮断することが求められる。



2　B種接地工事は、次の各号によること。

一　接地抵抗値は、17-1表に規定する値以下であること。

17-1表

接地工事を施す変圧器の種類	当該変圧器の高圧側又は特別高圧側の電路と低圧側の電路との混触により、低圧電路の対地電圧が150Vを超えた場合に、自動的に高圧又は特別高圧の電路を遮断する装置を設ける場合の遮断時間	接地抵抗値（Ω）
下記以外の場合		$150/I_g$
高圧又は35,000V以下の特別高圧の電路と低圧電路を結合するもの	1秒を超え2秒以下	$300/I_g$
	1秒以下	$600/I_g$

（備考）I_g は、当該変圧器の高圧側又は特別高圧側の電路の1線地絡電流（単位：A）

（出典）第9回電気保安制度WG（2022年1月17日）　資料４

（出典）電気設備の技術基準の解釈（第17条第2項から抜粋）

４．今後の進め方

- FRT要件の見直しにあたり、**高低圧系では単独運転防止対策との整合や高低圧混触事故時の瞬時解列との整合などの課題があり**、対応に相当の時間を要することが見えてきた。
- 一方、**特高系では**、PCSでの単独運転検出機能が必要とされていないことから、上記の**課題はない**と考えられる。
- このため、高低圧系と比較して影響の少ない**特高系から、FRT要件見直しの要件化に向けた検討を先行して進めていくこととしてはどうか。**
- ただし、特高系においても、瞬間的な擾乱に対して運転継続するとした場合には、電圧位相の急変による過電流などの懸念がある。調整力等委から出されるFRT要件の見直し案をもとに、機器保護の観点も確認しながら、次回グリッドコード検討会での具体的な要件化内容の提示に向けて検討を進めていく。
- 高低圧系の課題については、対応策を関係者と引き続き検討を進め、改めて対応案や方針について整理のうえ、ご議論させていただきたい。その中で、電気設備の技術基準の解釈との整合性にも課題があるため、調整力等委とも連携し、必要によりFRT要件を見直さない場合の系統への影響なども考慮に入れながら検討を進めていきたい。