

# 系統故障時の周波数低下の原因と対策について

平成29年9月8日

電気事業連合会 流通技術委員会

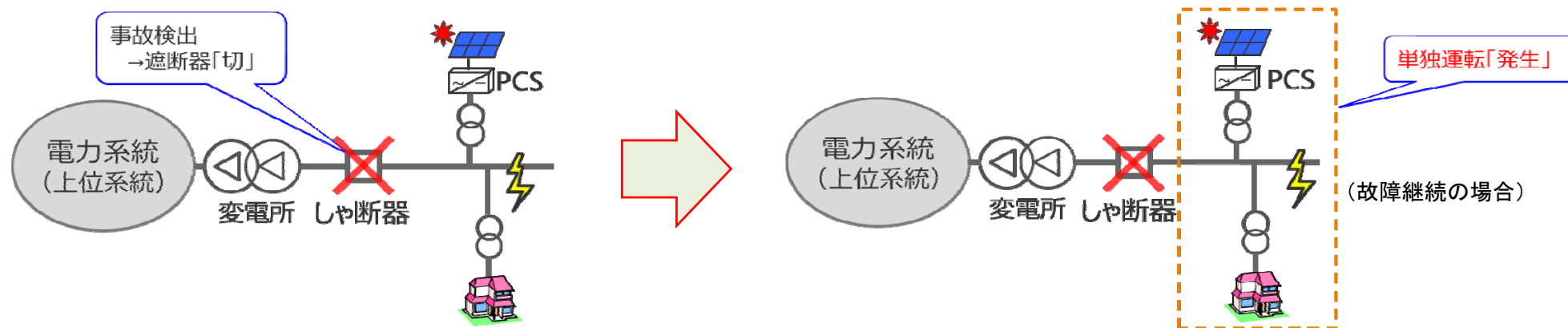
○平成28年度の275kV幸田碧南線、および275kV上越火力線のルート故障の際、60Hz系統の周波数が想定以上に低下する事象が発生した。調査の過程において、一般送配電事業者が運転監視する電源の解列等の他、太陽光発電や自家発の一部が解列したとの情報が広範囲の地域で確認された。

（第15回調整力及び需給バランス評価等に関する委員会（平成29年4月6日）にて報告）

○系統故障時の周波数安定性は、大規模停電を回避するセキュリティ面から重要である。このため、60Hz系統の一般送配電事業者は、自家発等の調査を実施するとともに、太陽光発電については、PCS（パワーコンディショナ：電力変換装置）メーカーの協力のもと、単独運転検出機能の動作条件等のアンケートを実施し、系統解析シミュレーション等による原因の調査を行い、電力広域的運営推進機関（以下、広域機関）と連携し、評価および対策等について検討してきたので、報告する。

※検討状況は、全一般送配電事業者に情報提供をしている。

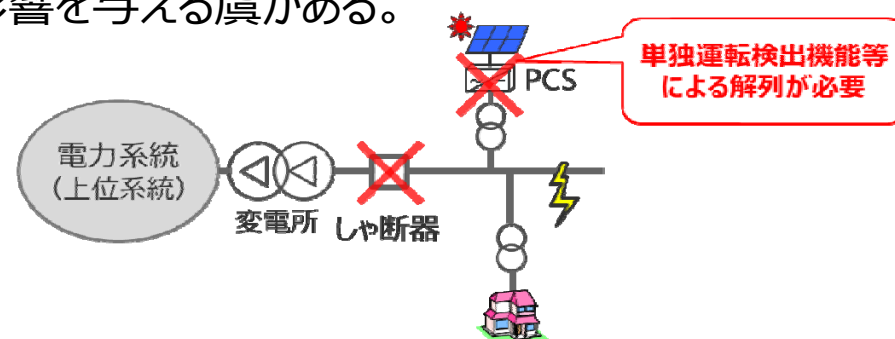
- 送配電系統において故障が発生した場合、当該系統の保護のため、送電用のしゃ断器が「切」となる。この場合、当該線路に連系する発電設備が、分離された部分系統内で運転する状態を『単独運転』と言う。



- 系統故障発生時に、発電機が系統連系したまま運転を継続した場合、本来無電圧であるべき範囲が充電され、事故点の被害拡大や復旧遅れなどにより長時間停電に至る可能性がある。また、単独運転は、人身および設備の安全に対する影響を与える虞がある。

(単独運転が継続する場合の問題)

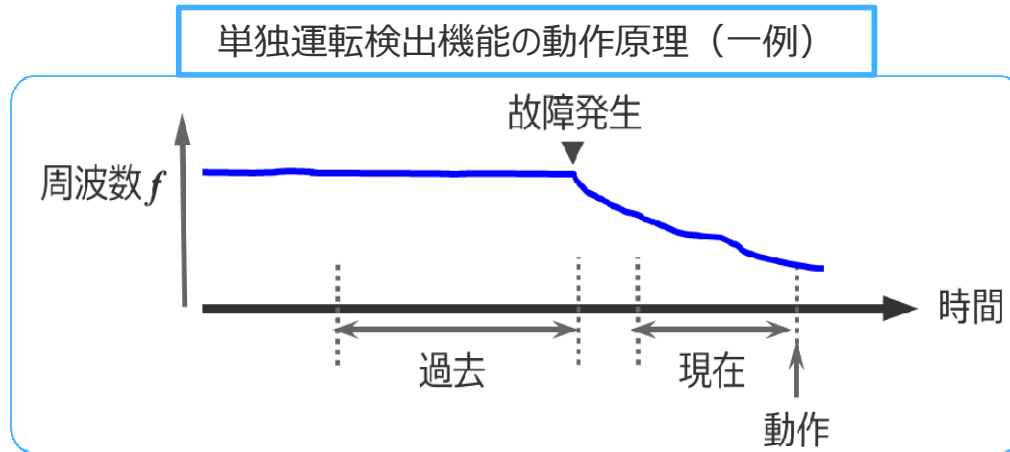
- ・公衆感電
- ・機器損傷の発生
- ・復旧作業、消防活動への影響



- このため、自家発や太陽光発電などの分散型電源は、単独運転を検出する機能や保護リレーなどを用いて、単独運転時に発電設備を自動的に解列することが、系統連系規程で定められている。

## ① 単独運転検出機能の動作

- 一部のPCSの単独運転検出機能（受動的方式、FRT非対応）が、系統故障時の周波数変化を敏感に検出し、太陽光発電が解列することが判明した。



- PCSの単独運転検出機能（受動的方式）の動作原理（一例）は「過去」と「現在」の平均周波数の差が整定値を超えた際に動作する。

- なお、平成23年8月の系統連系規程の改定で、周波数変化率 $2\text{Hz/s}$ 以内を運転継続範囲とするFRT（事故時運転継続）要件が追加されており、幸田碧南線および上越火力線のルート断故障時の周波数変化は、FRT要件の運転継続範囲であることを確認した。

## ② 周波数低下リレー（UFR）の整定値

- 周波数低下時に、安定的に単独運転に移行するための条件となっている場合など、お客さま個々の事情により、一部の自家発においてUFRの整定値が $59.0\text{Hz}$ 以上であった。

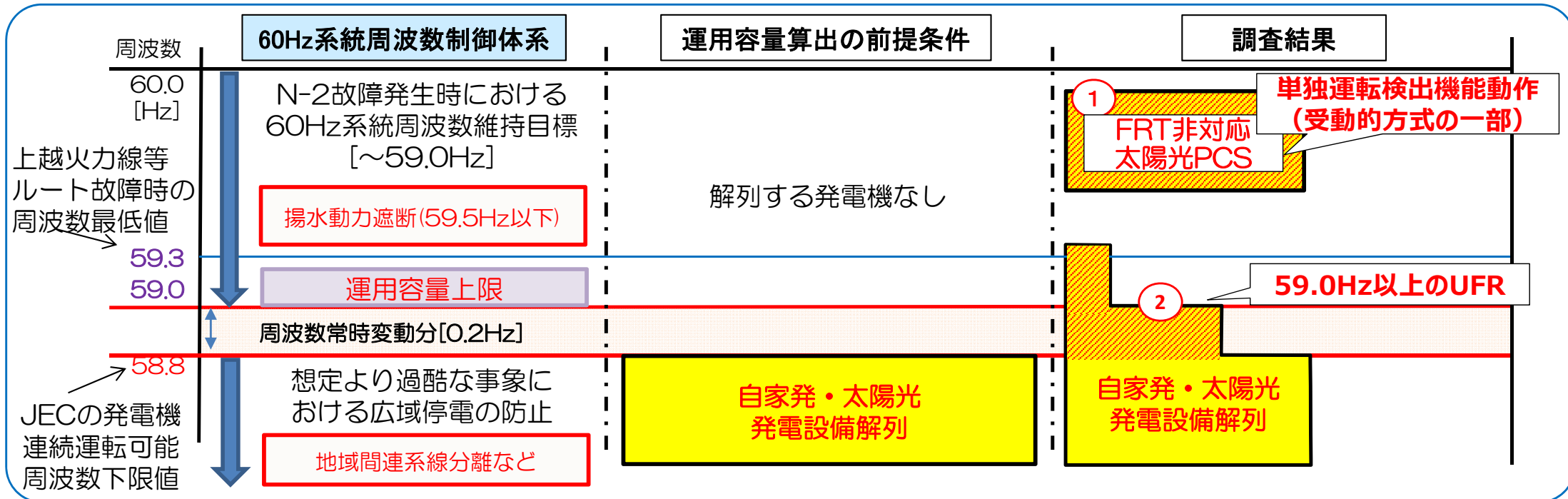
また、調査の過程において、一部のPVについては単独運転を検出するためのUFRが、整定刻みの制約がある場合に、単独運転の防止を考慮して $59.0\text{Hz}$ に整定されていることが判明した。

## ○上越火力線等ルート故障時の評価

調査結果を反映した上越火力線等ルート故障時の周波数低下は、実績※と概ね一致した。※59.3Hzまで低下

## ○中国九州間連系線ルート故障への影響

- ・60Hz系統は、地域間連系線等のN-2故障においても、周波数を59.0Hz以上に維持する制御体系となっており、中国九州間連系線の運用容量は、この周波数低下限度から設定されている。
- ・このため、軽負荷期の昼間帯で全域において日射（＝太陽光発電出力）が多く、かつ中国九州間連系線の中国向き潮流が運用容量近くであった場合、揚水動力の遮断量によっては、同線のルート故障時に周波数が59.0Hzまで低下し、UFRが59.0Hz整定の太陽光発電や自家発などを解列し、更なる周波数低下により60Hzの各エリアが系統分離する等、安定供給に支障を及ぼす虞がある。



- 60Hz系統の一般送配電事業者において、下記の対応を実施している。
  - ・自家発や太陽光発電の新設や設備更新時には、UFR整定を58.8Hz以下とする（対応済）
  - ・既設の特別高圧連系の自家発などのUFR整定見直しに向け、お客さまと協議中。
- 高低圧連系の太陽光発電のFRT要件非対応PCSやUFRについては、50Hz系統を含む一般送配電事業者10者と広域機関が一体となり、太陽光発電協会（JPEA）や日本電機工業会（JEMA）等へはたらきかけ、合理的な解決策について協議し、検討を進めていく。
- 一方、中国九州間連系線ルート故障対策として、上記の検討等には時間を要することから、同線の運用容量低下による社会的影響を考慮し、運用容量を維持する運用対策を当面実施していく。  
具体的には、60Hz地域の一般送配電事業者が協調し、必要時に、系統保安ポンプ※（揚水動力）の追加実施や潮流調整（相殺潮流）などを組み合わせた対策を実施していく。

※（系統保安ポンプ）大規模電源が故障により電力系統から解列した際には、即座に対応できる上げ代不足により系統周波数が低下し、運用に支障を及ぼす場合がある。この対策として、予め揚水発電機によるポンプアップ運転を実施し、大規模電源故障時に、UFRにより即座に揚水発電機を解列させることで、周波数を回復できるようにする運用。