

JESC E0019(2019)
日本電気技術規格委員会

電気技術規程
系統連系編

系統連系規程

Grid-interconnection Code

J E A C 9 7 0 1 - 2 0 1 9

[2020年 追補版(その1)]

一般社団法人日本電気協会
系統連系専門部会

『系統連系規程 JEAC9701-2019 (JESC E0019(2019))』の 一部改定について [4 案件] (お知らせ)

一般社団法人日本電気協会
系統連系専門部会

第105回日本電気技術規格委員会（令和2年3月9日開催）において、「風力発電設備（小形）に係るFRT要件の規定の追加」等の4案件に関する改定をいたしました。

(改定の趣旨、目的及び内容)

＜風力発電設備（小形）に係るFRT要件の規定の追加＞

2011年度から太陽光発電設備をはじめとした分散型電源の種類毎に事故時運転継続（FRT:Fault Ride Through）要件が規定・整備されてきております。今般、新たに低圧のFRT要件に小形風力発電設備の技術要件を規定するとともに、低圧の要件整備に伴い、高圧についても低圧と整合を図るよう見直しを行いました。

＜自動電圧調整装置の機能例（フロー図の追加）の改定＞

低圧に連系する太陽光発電設備（パワーコンディショナ）は、逆潮流による電圧上昇を抑制するため、常に力率一定制御（力率値95%）で運転することを規定しています。しかし、家庭内の家電機器等の負荷の使用状況によっては、逆潮流が無い状態（順潮流の状態）もあり、この場合、系統側の電圧を上昇させることはないため、必ずしも力率値95%で運転しなくとも良いといえます。したがって、逆潮流が無い状態の時に力率値95%から100%に制御することができれば、再生可能エネルギーの更なる有効活用が期待できます。

今回、順潮流時には力率値100%で運転し、逆潮流時には力率値95%で運転する制御機能が、自動電圧調整機能（進相無効電力制御）や単独運転検出機能に影響を与えることなく実現できる具体的なフロー図例を追加するとともに、逆潮流が無い場合は、必ずしも力率値95%で運転する必要は無いことが理解できるよう規定に追加しました。

＜大規模風力発電設備連系を見据えた出力変動に関する要件の規定の追加＞

資源エネルギー庁主催の「再生可能エネルギー大量導入・次世代電力ネットワーク小委員会」において、再生可能エネルギーの主力電源化が議論され始めており、今後、風況が良く立地面積も広大な洋上などに大規模風力発電設備の導入が進むことが想定されております。

一方、風車発電機は、風速によっては設備保護のためのカットアウト制御（一般的なカットアウト風速：25m/s程度）が実施され、最大出力運転状態からでも数十秒で出力ゼロとなる可能性があります。これまでは数万kW程度の小規模な風力発

電設備が主流であり広域に分散して連系していたため、課題として顕在化してきませんでした。今後、数十万 kW～百万 kW 級の大規模風力発電設備が連系してきた場合には、系統にとって大きな擾乱になると考えられます。一斉にカットアウトが起きた場合や風況の変化により短時間に大きく出力が変動する場合には、電圧制御・需給制御面などに影響を与える可能性があるため、出力変動に関する要件について規定に追加しました。

< F R T 要件の検討経緯の付録化 >

2010 年から FRT 要件についてはさまざまな検討を実施してきました。2018 年度に期限付き FRT 要件の見直しを実施し、今般、低圧の風力発電設備に関する FRT 要件の規定化が完了し、FRT 要件整備としては、一つの区切りを迎えたため、これまで検討内容について検討経緯として整理し、付録化を行いました。

(改定内容) …付録 8 及び付録 9 は新規追加です。その他については下線・朱記書き部分が改定箇所 (文字・図修正, 追加, 削除) です。

※「第2章 連系に必要な設備対策 第2節 低圧線配電線との連系要件 5. 事故時運転継続」では2つの表の追加(「表2-2-6及び表2-2-7」)に伴い、以下のとおり表番号が変更となります。

表2-2-6→表2-2-8 , 表2-2-7→表2-2-9 , 表2-2-8→表2-2-10 ,

表2-2-9→表2-2-11 , 表2-2-10→表2-2-12 , 表2-2-11→表2-2-13

第2章 連系に必要な設備対策

第2節 低圧配電線との連系要件

2-1 保護協調

【74頁～】

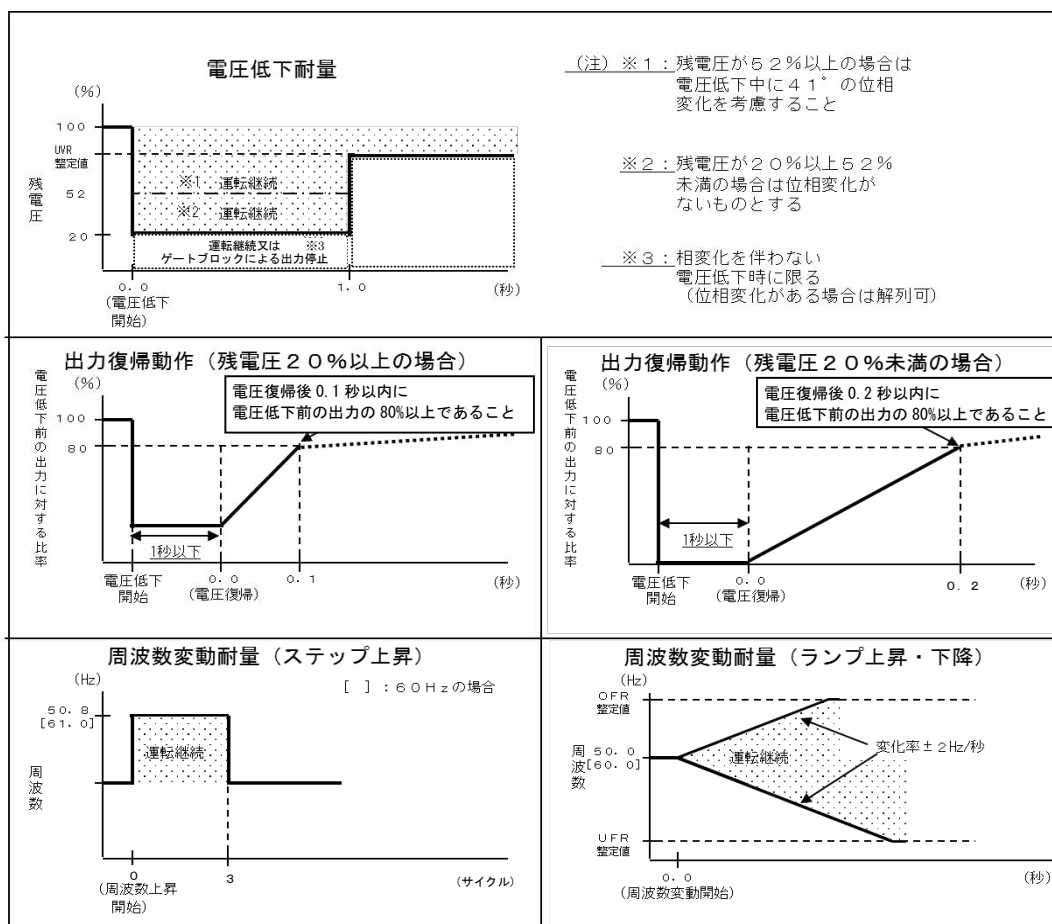
5. 事故時運転継続

(1) 基本的な考え方

(中略)

(2) FRT要件

(中略)



(上図における電圧低下継続時間, 出力復帰時間等は太陽光発電設備を例に記載。)

発電設備毎の値については表 2-2-5, 及び表 2-2-6 による)

図 2-2-18 太陽光発電設備, 蓄電池設備, 燃料電池発電設備, ガスエンジン発電設備, 複数直流入力発電設備及び風力発電設備の FRT 要件のイメージ

(中略)

b. 風力発電設備

(a) 単相発電設備

2021年4月以降に連系する逆変換装置を用いた風力発電設備は、以下に示す事項を満たすシステムとすること。FRT要件のイメージを図2-2-18に示す。なお、対応時期については、可能な限り早期になされることが望ましい。

(7) 電圧低下時

- ・残電圧が20%以上（位相変化はないものとする。図2-2-19参照。）の電圧低下に対しては運転を継続^{※1}し、電圧の復帰後に電圧低下前の出力の80%以上の出力まで復帰^{※2}すること。電圧低下時の運転継続時間・動作、電圧復帰時の出力復帰時間・動作については、表2-2-6による。
- ・残電圧が20%未満（位相変化はないものとする。図2-2-19参照。）の電圧低下に対しては運転継続又はゲートブロックによる出力停止にて対応する。この場合、電圧復帰後に電圧低下前の出力の80%以上の出力まで復帰^{※2}すること。電圧低下時の運転継続時間・動作、電圧復帰時の出力復帰時間・動作については、表2-2-6による。
- ・残電圧52%以上・位相変化41度以下（二相短絡事故時等、位相変化があるもの。図2-2-20参照。）の電圧低下に対しては運転を継続^{※1}し、電圧の復帰後に電圧低下前の出力の80%以上の出力まで復帰^{※2※3}すること。電圧低下時の運転継続時間・動作、電圧復帰時の出力復帰時間・動作については、表2-2-6による。

表2-2-6 電圧低下時の運転継続時間・動作、電圧復帰時の出力復帰時間・動作

		残電圧 20% 以上	残電圧 20% 未満	残電圧 52%以上 位相変化 41度以 下
風力発電設備	電圧低下継続時	1.0 秒以下	1.0 秒以下	1.0 秒以下
	電圧低下時の動作	運転継続	運転継続又はゲートブロックによる出力停止	運転継続
	出力復帰時間	1.0 秒以内	1.0 秒以内	1.0 秒以内
	出力復帰時の動作	過電流が発生せず、運転継続		

(注) ※1：並列運転を維持し、可能な範囲で発電出力を継続すること。

※2：復帰時において過電流が発生せず、運転継続すること。

※3：電圧復帰後に電圧低下前の出力の80%以上の出力までの復帰は、逆変換装置からの交流出力が80%以上であればよい。

(i) 周波数変動時

- ・ステップ状に+0.8Hz（50Hz系統に連系する場合）、+1.0Hz（60Hz系統に連系する場合）、3サイクル間継続する周波数変動に対しては運転を継続^{※1}する。
- ・ランプ状の±2Hz/sの周波数変動に対しては運転を継続^{※1}する。ただし、周波数の上限はOFR整定値^{※2}、周波数の下限はUFR整定値^{※2}とする。

(注) ※1：並列運転を維持し、可能な範囲で発電出力を継続すること。

※2：OFRの標準整定範囲の上限は51.5Hz（50Hz系統）、61.8Hz（60Hz系統）、UFRの標準整定範囲の下限は47.5Hz（50Hz系統）、57.0Hz（60Hz系統）である。

(b) 三相発電設備

2021年4月以降に連系する逆変換装置を用いた風力発電設備は、以下に示す事項を満たすシステムとすること。FRT要件のイメージを図2-3-15に示す。なお、対応時期については、可能な限り早期になされることが望ましい。

(ア) 電圧低下時

- ・残電圧が20%以上（位相変化はないものとする。図2-3-16参照。）の電圧低下に対しては運転を継続※1し、電圧の復帰後に電圧低下前の出力の80%以上の出力まで復帰※2すること。電圧低下時の運転継続時間・動作、電圧復帰時の出力復帰時間・動作については、表2-2-7による。
- ・残電圧が20%未満（位相変化はないものとする。図2-3-16参照。）の電圧低下に対しては運転継続又はゲートブロックによる出力停止にて対応する。この場合、電圧復帰後に電圧低下前の出力の80%以上の出力まで復帰※2すること。電圧低下時の運転継続時間・動作、電圧復帰時の出力復帰時間・動作については、表2-2-7による。
- ・残電圧52%以上・位相変化41度以下（二相短絡事故時等、位相変化があるもの。図2-3-17参照。）の電圧低下に対しては運転を継続※1し、電圧の復帰後に電圧低下前の出力の80%以上の出力まで復帰※2※3すること。電圧低下時の運転継続時間・動作、電圧復帰時の出力復帰時間・動作については、表2-2-7による。

表2-2-7 電圧低下時の運転継続時間・動作、電圧復帰時の出力復帰時間・動作

		残電圧 20% 以上	残電圧 20% 未満	残電圧 52%以上 位相変化 41度以 下
風力発電設備	電圧低下継続時間	0.3秒以下	0.3秒以下	0.3秒以下
	電圧低下時の動作	運転継続	運転継続又はゲートブロックによる出力停止	運転継続
	出力復帰時間	1.0秒以内	1.0秒以内	1.0秒以内
	出力復帰時の動作	過電流が発生せず、運転継続		

注) ※1：並列運転を維持し、可能な範囲で発電出力を継続すること。

※2：復帰時において過電流が発生せず、運転継続すること。

※3：電圧復帰後に電圧低下前の出力の80%以上の出力までの復帰は、逆変換装置からの交流出力が80%以上であればよい。

(イ) 周波数変動時

- ・ステップ状に+0.8Hz（50Hz系統に連系する場合）、+1.0Hz（60Hz系統に連系する場合）、3サイクル間継続する周波数変動に対しては運転を継続※1

する。

・ランプ状の±2Hz/s の周波数変動に対しては運転を継続^{※1}する。ただし、周波数の上限は OFR 整定値^{※2}、周波数の下限は UFR 整定値^{※2}とする。

(注) ^{※1}：並列運転を維持し、可能な範囲で発電出力を継続すること。

^{※2}：OFR の標準整定範囲の上限は 51.5Hz (50Hz 系統)、61.8Hz (60Hz 系統)、UFR の標準整定範囲の下限は 47.5Hz (50Hz 系統)、57.0Hz (60Hz 系統) である。

(以下、略)

2-2 電圧変動

【118 頁～】

1. 常時電圧変動

(1) 適正な電圧維持の考え方

(中略)

(2) 逆潮流による電圧上昇を抑制する対策

近年、低圧配電線へ連系する発電設備等の増加による、高圧配電線等での電圧上昇が懸念されている。この対策としては、発電設備等のパワーコンディショナに、常に一定の力率で進相運転を行う機能（力率一定制御）を具備しておくことが有効であり、将来普及拡大が見込まれる発電設備については、標準的な力率値を設定し、逆潮流による電圧上昇を抑制することで一層の普及拡大が可能となる。普及拡大が想定されている太陽光発電設備（複数直流入力の発電設備含む）については、現時点において標準的な力率値を 95%とする。ただし、連系点の潮流が順潮流状態の時は、第 2 章 第 1 節 共通の事項 1-2 力率 2. 低圧配電線との連系 (1) 逆潮流がない場合 に準じてよい。また、将来的な技術開発や導入量の動向により、標準的な力率値の見直しや太陽光発電設備以外の発電設備の標準的な力率値を設定することも必要となる。

なお、高圧配電線等の系統状況により個別に力率値を指定する場合もある。

(中略)

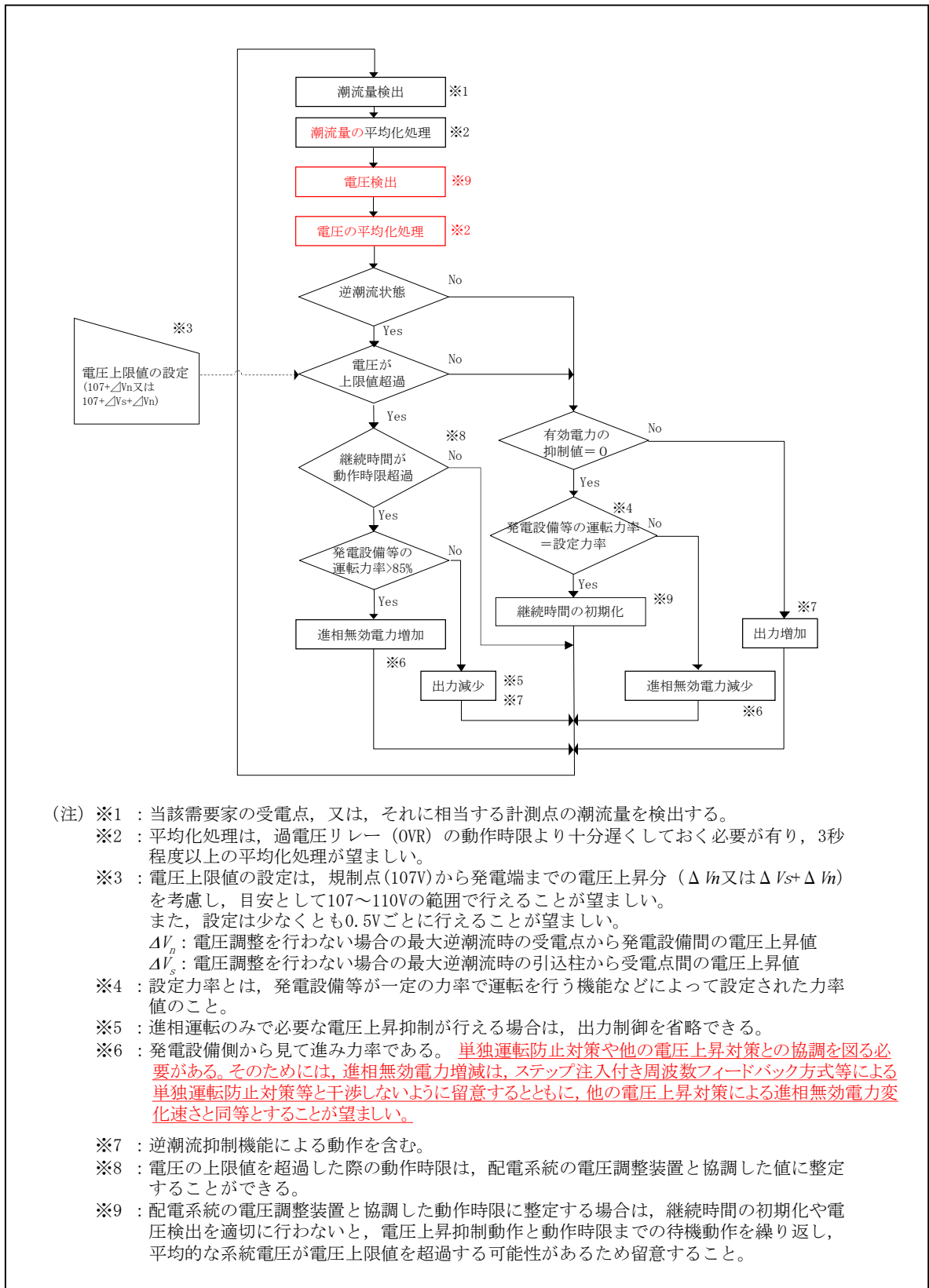


図2-2-43(a) 電圧と潮流を監視する場合の例

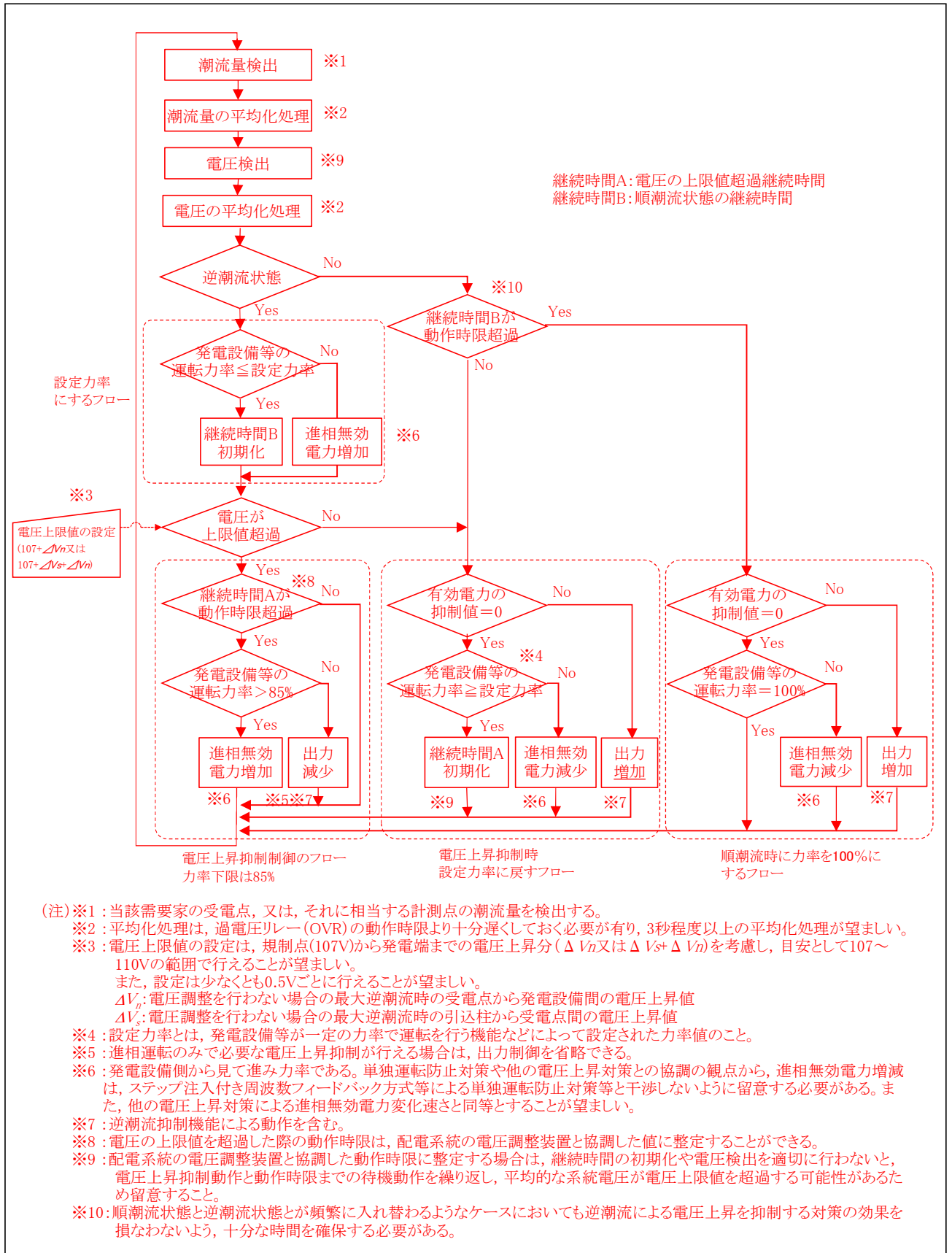


図 2-2-43(b) 電圧と潮流を監視する場合の例 (潮流方向により力率を切り替える場合)

(以下, 略)

第2節 高圧配電線との連系要件

3-1 保護協調

【136 頁～】

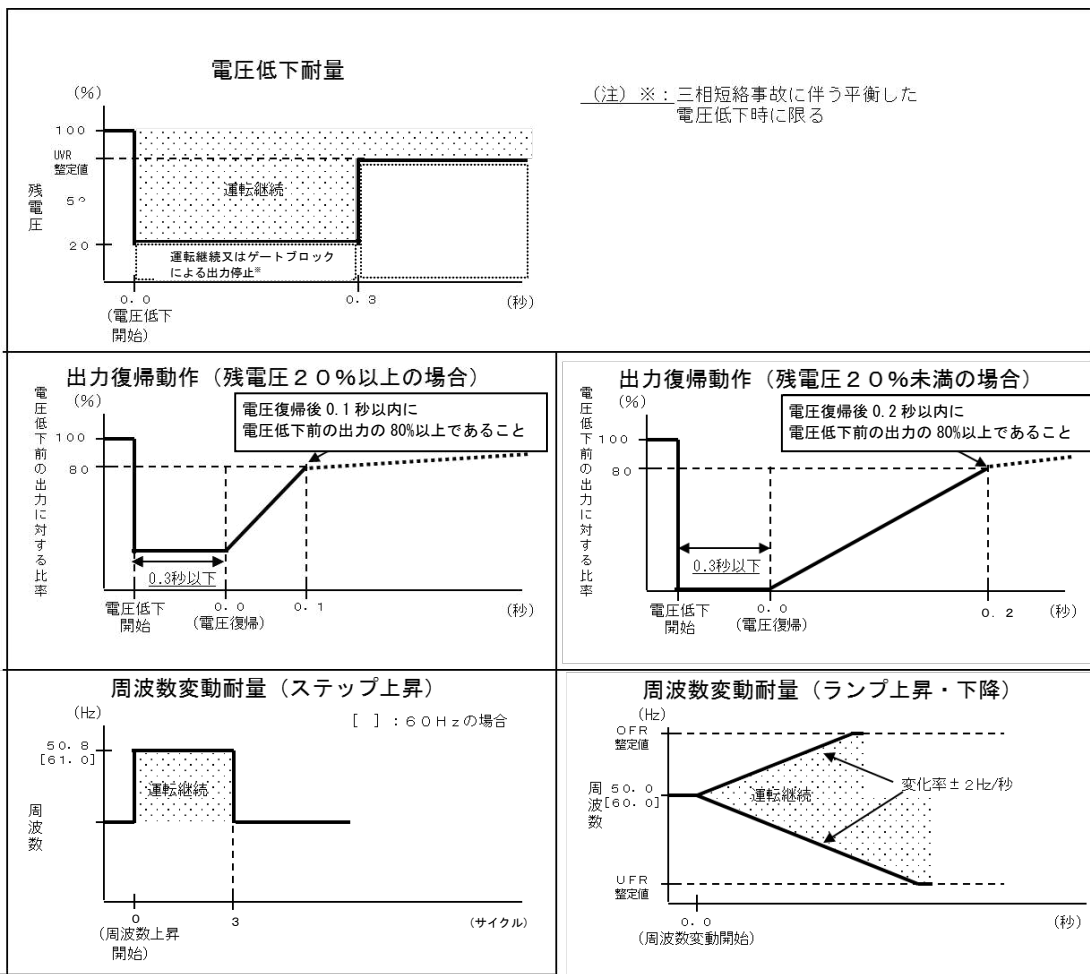
4. 事故時運転継続

(1) 基本的な考え方

(中略)

(2) FRT要件

(中略)



(上図における電圧低下継続時間, 出力復帰時間等は太陽光発電設備を例に記載。

発電設備毎の値については表2-2-7, 及び表2-3-5による)

図2-3-15 太陽光発電設備, 蓄電池設備, 燃料電池発電設備, ガスエンジン発電設備, 複数直流入力発電設備及び風力発電設備 (50kW 未満) の FRT 要件のイメージ

(中略)

b. 風力発電設備

(a) 単相発電設備

第2節 低圧配電線との連系要件 2-1 保護協調 5. 事故時運転継続 (2) FRT

要件 b. 風力発電設備 (a)単相発電設備に準じる。

(b) 三相発電設備

三相の風力発電設備は、以下に示す事項を満たすシステムとすること。ただし単機出力 **50kW** 未満の発電設備は**第2節 低圧配電線との連系要件 2-1 保護協調 5. 事故時運転継続 (2) FRT** 要件 b. 風力発電設備 (b)三相発電設備に準じることができる。

なお、FRT 要件のイメージを**図 2-3-18** に示す。

(以下 略)

第5節 特別高圧電線路との連系要件

5-1 保護協調

【310 頁～】

1. 保護協調の目的

(中略)

電気設備の技術基準の解釈

【特別高圧連系時の施設要件】

(省令第18条第1項, 第42条)

第230条 特別高圧の電力系統に分散型電源を連系する場合（スポットネットワーク受電方式で連系する場合を除く。）は、次の各号によること。

二 系統安定化又は潮流制御等の理由により運転制御が必要な場合は、必要な運転制御装置を分散型電源に施設すること。

電力品質確保に係る系統連系技術要件ガイドライン

第2章 連系に必要な技術要件

第5節 特別高圧電線路との連携

6. 発電機運転制御装置の付加

原則として100kV以上の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。

10. 発電機運転制御装置の付加

(1) 運転制御装置の設置

100kV以上の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他の電線路に比べて厳しい系統管理が求められる。したがって、100kV以上の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。ただし、100kV未満であっても連系する系統の条件によっては発電設備等の運転制御装置が必要となる場合がある。

(2) 運転制御装置に求められる機能の例

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。

a. 系統の安定度維持機能向上のための機能

- ・ PSS : Power System Stabilizer
- ・ 超速応励磁自動電圧調整機能

b. 潮流制御や周波数調整のための機能

- ・ ガバナフリー運転機能
- ・ 負荷周波数制御機能 (LFC : Load Frequency Control)

c. 系統の安定運用に資する風力発電設備の機能

- ・ 最大出力抑制制御機能

- ・ 出力変化率制限機能
- ・ 周波数調定率制御機能
- ・ ストーム制御機能

(中略)

5-2 電圧変動・出力変動

【382 頁～】

電力品質確保に係る系統連系技術要件ガイドライン

第2章 連系に必要な技術要件

第5節 特別高圧電線路との連系

4. 電圧変動・出力変動

(1) 常時電圧変動対策

(略)

(2) 瞬時電圧変動対策

発電設備等の並解列時において、瞬時的に発生する電圧変動に対しても、常時電圧の±2%を目安に適正な範囲内に発電設備等設置者においてこの瞬時電圧変動を抑制するものとする。

(中略)

③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、出力変動や頻繁な並解列による電圧変動(フリッカ等)により他者に影響を及ぼすおそれがあるときは、発電設備等設置者において電圧変動の抑制や並解列の頻度を低減する対策を行うものとする。

(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。

1. 常時電圧変動

(略)

2. 瞬時電圧変動

(略)

3 電圧フリッカ

第3節 高圧配電線との連系要件 3-3 電圧変動 3.電圧フリッカに準じる。

4 出力変動

風力発電設備が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。具体的な対策としては、次のようなものがある。

- (1) 発電に必要な自然エネルギーが得られる状況において、連系点での5分間の最大変動幅が発電所設備容量の10%以下となるよう対策を行うものとする。
なお、ウィンドファームコントローラ(風車単体の制御ではなく、発電所全体の出力を制御する装置)を有しない小規模な風力発電所において、これによりがたい場合には、一般送配電事業者と発電設備等設置者の個別協議により決定する。
- (2) 高風速時にカットアウトが予想される場合は、即座に停止しないよう、ストーム制御機能を具備する等の対策を行うこと。また、カットインが予想される場合は、徐々に出力を上昇するよう対策を行うものとする。
- (3) 系統周波数が上昇し適正値を逸脱するおそれがある場合は、発電設備の出力を調定率に応じて抑制するよう対策を行うものとする。
なお、調定率および不感帯の設定値は一般送配電事業者が指定する値とする。
しかし、これらの対策をしてもなお系統周波数に影響を及ぼすおそれがある場合には、個別に追加的な対策を行うこと。

(以下 略)

付録 8

事故時運転継続（FRT）要件の検討経緯

令和 2 年 3 月

1. 目的

2008 年に政府から、低炭素社会の構築に向けて 2030 年までの太陽光発電の具体的な導入見通しが示されるなど、今後、再生可能エネルギーを利用した太陽光発電等の分散型電源の普及が進み、電力系統に大量かつ広域に連系されることが予測された。

一方、分散型電源は、電力系統に擾乱が発生すると解列する恐れがあり、このように大量かつ広域に連系された場合、一斉解列により電力品質に大きな影響を与えることが想定された。

そのため、電力品質を確保するために求められる事故時運転継続（FRT：Fault Ride Through）要件（以下、FRT 要件という。）の整備に向けた検討が 2010 年度から実施され、2011 年度から分散型電源の種類毎に規定・整備されてきた。

今般、低圧の風力発電設備に関する FRT 要件の規定をもって、関係する分散型電源の FRT 要件の整備が完了したことなどから、FRT 要件整備検討作業会におけるこれまでの検討の経緯等についてまとめた。

2. FRT 要件整備の変遷

- ・ 1995.10 以前：系統連系規程の前身である「分散型電源系統連系技術指針」に「不要解列の防止」が規定されていた。
- ・ 1995.10 ：「電力品質に係る系統連系技術要件ガイドライン」に、「不要解列の防止」が規定。
- ・ 2011.8 ：「系統連系規程」に、どの程度の電力系統の擾乱に対して解列せずに運転継続すべきか具体的な要件として、分散型電源の種類毎に順次、FRT 要件を規定。
表 1 に分散型電源の種類毎における FRT 要件の整備時期概要を示す。
- ・ 2016.7 ：「電力品質に係る系統連系技術要件ガイドライン」に、「事故時運転継続」が規定。

表 1 分散型電源の種類別、FRT 要件の整備時期概要

分散型電源の種類		単相	三相
太陽光		2011 年度	2012 年度
蓄電池		2013 年度	2014 年度
燃料電池			
ガスエンジン	2kW 未満	—	
	2kW 以上	2016 年度	
複数直流入力		2016 年度	—
風力	高圧, スポットネットワーク, 特別高圧	2012 年度	
	低圧	2019 年度	

3. FRT要件の適用時期の概要

表2に分散型電源の種類毎におけるFRT要件の適用時期概要を示す。

表2 分散型電源の種類別、FRT要件の適用時期概要

分散型電源の種類			適用時期								
			2011	2012	2014	~	2017	2018	2019	2021	~
太陽光 (※1)	単相		2011.8~ 2012.8	2012.8~2017.3				2017.4~			
	三相			2014.4~2017.3				2017.4~			
蓄電池	単相							2018.4~			
	三相							2019.10~			
燃料電池	単相							2018.4~			
	三相							2019.10~			
ガスエンジン	単相	・単機出力 2kW 未満						2018.4~			
		・単機出力 2kW 以上 10kW 未満						2021.4~			
	三相	・単機出力 35kW 以下						2021.4~			
複数直流入力	単相	・太陽光+蓄電池						2018.4~			
		・燃料電池+蓄電池 ・ガスエンジン (2kW 未満) +蓄電池						2018.4~			
風力	高圧, スポットネットワーク, 特別高圧	単相						2021.4~			
		三相		2014.4~							
	低圧	単相						2021.4~			
		三相						2021.4~			

※1:太陽光発電設備 (単相, 三相) については, 2017年4月を区切りとして, 要件整備当時の技術で対応可能なレベル (2017年3月末までに連系) と技術開発が必要なレベル (2017年4月以降に連系) の2段階で要件が規定された。また, 単相については, 2012年度に改定 (位相変化に関わる要件の追加) が行われた。

4. 分散型電源の種類別、検討経緯等

(1) 太陽光発電設備

① 低圧太陽光発電設備に係るFRT要件の規定の追加

＜2011年追補版（その1）（平成23年8月17日JESC）＞

a. 要件化のねらい

NEDO 事業「新エネルギー技術研究開発単独運転検出装置の複数台連系試験技術開発研究」で、低圧の太陽光発電に求める技術要件(数値基準)が整理されたため、同事業で得られた結果を規定化することをねらいに改定した。

b. 規定の概要・規定化の根拠

NEDO 事業「新エネルギー技術研究開発単独運転検出装置の複数台連系試験技術開発研究」に係わる「太陽光発電システムの複数台連系試験技術研究委員会」の技術的検討結果を参考に、低圧で連系する単相発電設備に対して電圧低下耐量，出力復帰動作及び周波数変動耐量が規定された。

なお、適用時期については、任意認証制度の対応期間やメーカーの開発期間（「単独運転検出機能（新型能動的方式）」と「FRT要件」の両立を可能とする技術開発）などを考慮し、日本電機工業会（JEMA）との調整の上、2017年4月を区切りとして、当時の技術で対応可能なレベル（2017年3月末までに連系）と技術開発が必要なレベル（2017年4月以降に連系）の2段階で要件が規定された。2017年3月末までに連系する場合であっても、2017年4月以降に連系する設備の要件を満たすシステムとすることが望ましいとされた。

c. 規定された要件の具体的内容

2011年追補版（その1）で示されたFRT要件の概要は表1の通り。

表1 2011年追補版（その1）で示されたFRT要件の概要

FRT要件	太陽光発電設備	
適用開始時期	・2017年3月末までに連系する設備	・2017年4月以降に連系する設備
電圧低下耐量	・残電圧が30%以上で継続時間が1.0秒の電圧低下に対しては運転を継続。	・残電圧が20%（※1）以上で継続時間が1.0秒（※2）の電圧低下に対しては運転を継続。
出力復帰動作	・残電圧が30%以上の場合、電圧復帰後0.5秒以内に電圧低下前の80%以上の出力まで復帰。 ・残電圧が30%未満の場合、電圧復帰後1.0秒以内に電圧低下前の80%以上の出力まで復帰。	・残電圧が20%以上の場合、電圧復帰後0.1秒以内に電圧低下前の80%以上の出力まで復帰。 ・残電圧が20%未満の場合、電圧復帰後1.0秒（※3）以内に電圧低下前の80%以上の出力まで復帰。
周波数変動耐量	・ステップ状に+0.8Hz（50Hz系統に連系する場合）、+1.0Hz（60Hz系統に連系する場合）、3サイクル間継続する周波数変動に対しては運転を継続。 ・ランプ状の±2Hz/sの周波数変動に対しては運転を継続。	

（※1）系統の安定性の観点から本来は残電圧0%が望ましいが、製品開発の実現性（残電圧20%以下とすると位相検出が技術的に困難）等を考慮して20%を採用。

（※2）超高圧系統の事故除去時間を考慮すると0.3秒程度で十分だが、1.0秒でも製品開発に影響がないため1.0秒を採用。

（※3）系統安定性の観点から出力復帰特性は短時間で復帰することが望ましいが、製品開発期間との兼ね合いから推奨的な値を示すこととした。今後、技術開発により0.2秒の目処がつけば見直す予定である。

d. 規定された要件

< 低圧配電線に連系する設備のFRT要件 >

第2節 低圧配電線との連系

2-1 保護協調 1. 保護協調の目的 (2) FRT 要件

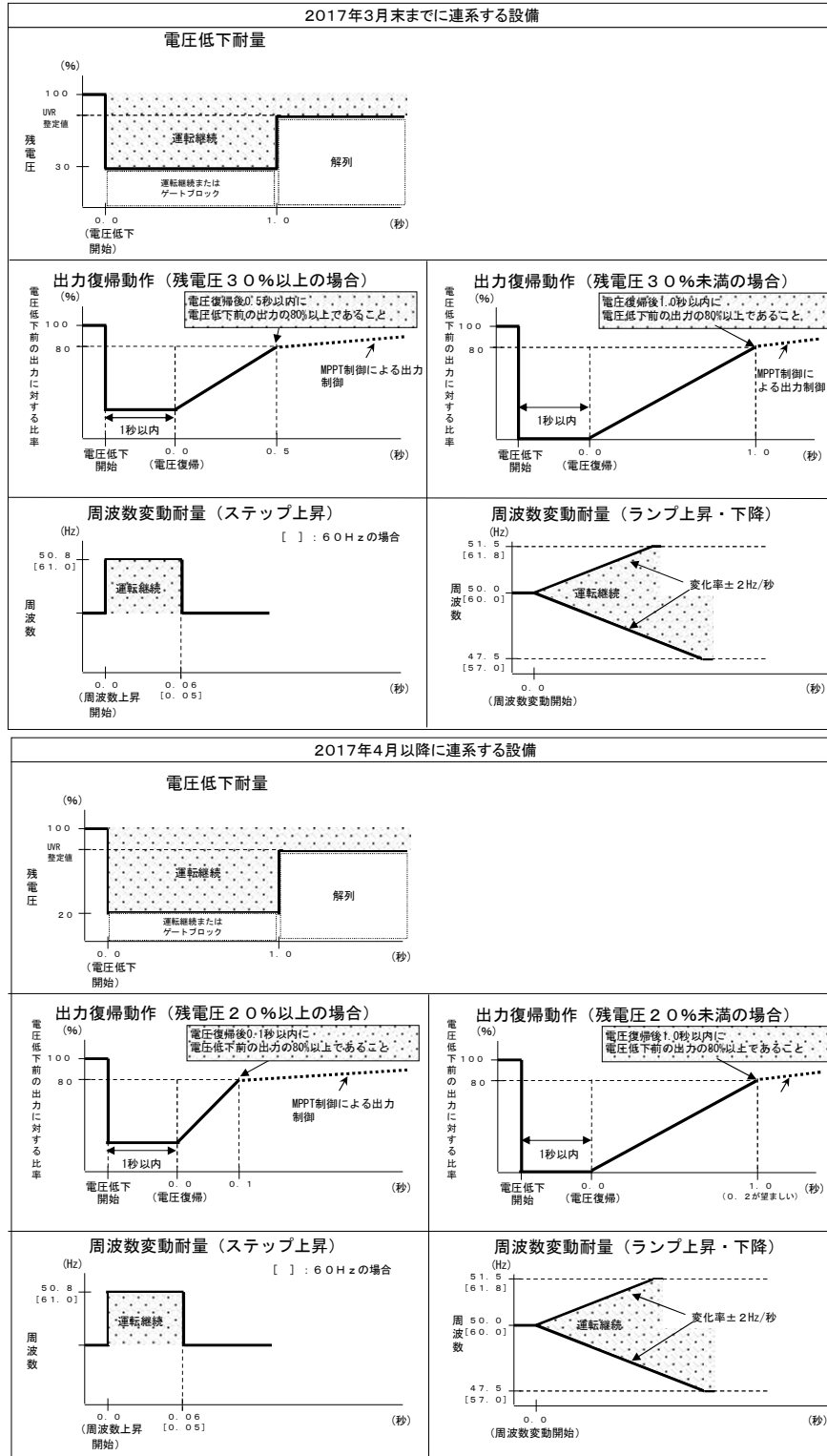


図 太陽光発電設備のFRT要件のイメージ

② 太陽光発電設備（低圧、高圧、スポットネットワーク、特別高圧）に係る FRT 要件の規程の追加

＜2012 年版（平成 24 年 8 月 10 日 JESC）＞

a. 要件化のねらい

2011 年追補版(その 1)では低圧に連系する発電設備の FRT 要件のみを規定化したが、三相発電設備(大型機)や高圧以上で連系する設備にも対応するべく、同設備に係る FRT 要件を追加で規定化することをねらいに改定した。

b. 規定の概要・規定化の根拠

低圧に連系する発電設備の FRT 要件の改定および、高圧、スポットネットワーク、特別高圧に連系する発電設備に対して FRT 要件が規定化された。

なお、単相発電設備については低圧、三相発電設備については高圧との関連性がそれぞれ高いため、低圧の三相発電設備は高圧の三相発電設備、高圧の単相発電設備は低圧の単相発電設備に準じる形で規定し、スポットネットワーク、特別高圧についても同様の記載としている（表 2）。

また、適用時期については 2011 年追補版と同様に、2017 年 4 月を区切りとして、当時の技術で対応可能なレベル（2017 年 3 月末までに連系）と技術開発が必要なレベル（2017 年 4 月以降に連系）の 2 段階で要件を規定した。なお、2017 年 3 月末までに連系する場合であっても、2017 年 4 月以降に連系する設備の要件を満たすシステムとすることが望ましいとされた。

表2 連系区分における単相、三相発電設備のFRT要件整備の概要

連系区分	単相発電設備	三相発電設備
低圧配電線	規定化	高圧配電線との連系要件に準ずる
高圧配電線	低圧配電線との連系要件に準ずる	規定化
スポットネットワーク配電線	低圧配電線との連系要件に準ずる	高圧配電線との連系要件に準ずる
特別高圧電線路	低圧配電線との連系要件に準ずる	高圧配電線との連系要件に準ずる

c. 規定された要件の具体的内容

本改定で示されたFRT要件の概要は表3の通り。

表3 2012年版で示されたFRT要件の概要

FRT 要件	単相発電設備	三相発電設備
適用開始時期	・2017 年 3 月末までに連系する設備	
電圧低下耐量	<ul style="list-style-type: none"> 残電圧が 56%以上、電圧低下中の位相変化が 33° 未満の場合は運転を継続。 残電圧が 30%以上 56%未満の場合であって、位相変化がない場合は運転を継続。 残電圧が 30%未満であって、位相変化がない場合は運転継続またはゲートブロック。（ただし、継続時間が 1.0 秒を超えた場合は解列可） 	<ul style="list-style-type: none"> 残電圧が 56%以上、電圧低下中の位相変化が 33° 未満の場合は運転を継続。 残電圧が 30%以上 56%未満の場合であって、位相変化がない場合は運転を継続。 残電圧が 30%未満であって、位相変化がない場合は運転継続またはゲートブロック。（ただし、継続時間が 0.3 秒を超えた場合は解列可）
出力復帰動作	<ul style="list-style-type: none"> 残電圧が 30%以上の場合、電圧復帰後 0.5 秒以内に電圧低下前の 80%以上の出力まで復帰。 残電圧が 30%未満の場合、電圧復帰後 1.0 秒以内に電圧低下前の 80%以上の出力まで復帰。 	
周波数変動耐量	<ul style="list-style-type: none"> ステップ状に+0.8Hz（50Hz 系統に連系する場合）、+1.0Hz（60Hz 系統に連系する場合）、3 サイクル間継続する周波数変動に対しては運転を継続。 ランプ状の±2Hz/s 周波数変動に対しては運転を継続。 	

単相発電設備と三相発電設備のFRT要件の相違点としては、電圧低下耐量のみであり、出力復帰動作および周波数変動耐量については、単相発電設備で採用した値と同じ規定となっている。

d. 規定された要件

< 低圧配電線に連系する設備のFRT要件 >

第2節 低圧配電線との連系要件

2-1 保護協調 5. 事故時運転継続 (2) FRT 要件 a. 太陽光発電設備

(a) 単相発電設備

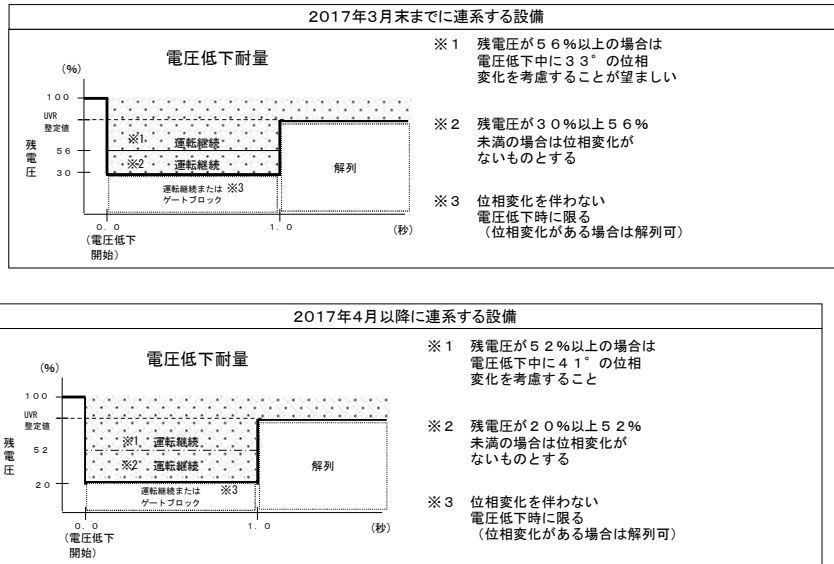


図 電圧低下耐量

< 高圧配電線に連系する設備の FRT 要件 >

第3節 高圧配電線との連系要件

3-1 保護協調 5. 事故時運転継続 (2) FRT 要件 a. 太陽光発電設備

(b) 三相発電設備

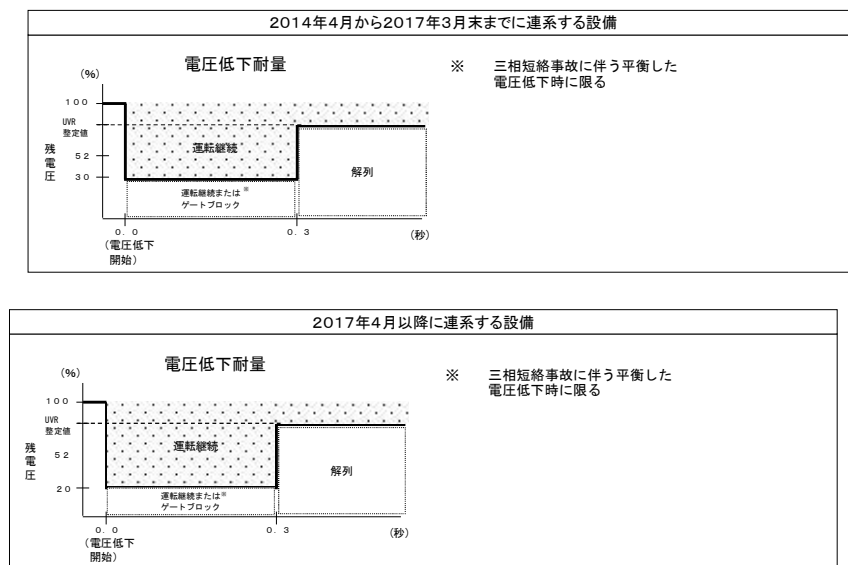
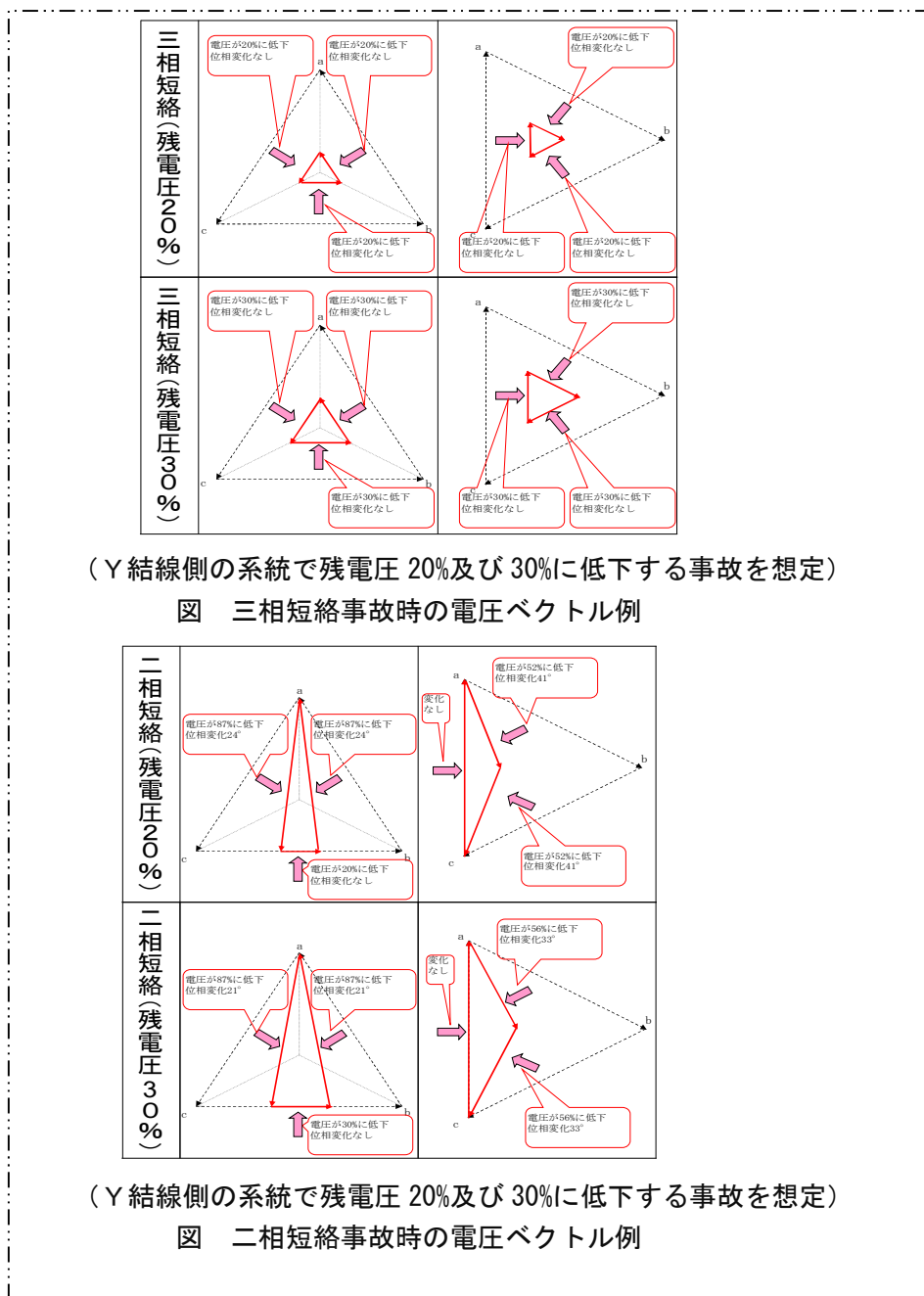


図 電圧低下耐量

(継続時間について)

三相発電設備は比較的大容量のものが主流であるが、大容量機が長時間の電圧低下に耐えるにはコスト・スペースの課題が大きいいため、単相発電設備より電圧低下の継続時間（0.3秒）は短く要件化している。

<電圧ベクトル（単相発電設備および三相発電設備共通）>



本改定において、三相発電設備の太陽光発電に関する要件を新たに整備し、三相短絡時および二相短絡時における電圧ベクトルを図示。なお、短絡事故を模擬した電圧低下耐量の試験に際し、変圧器の結線により「残電圧」と「位相変化」の様相が異なるため、その数値基準を具体的に示し、残電圧のレベルに応じて位相変化の条件が補足追記された。

(2) 蓄電池設備

③ 単相蓄電池設備に係る FRT 要件の規定の追加

＜2013 年追補版（その 1）（平成 25 年 3 月 18 日 JESC）＞

a. 要件化のねらい

2011 年に太陽光発電設備の FRT 要件が規定化されたが、それ以外の分散型電源についても急速に普及することが予想されていた。また、東日本大震災以降は、災害時の蓄電池によるバックアップ電源のニーズの高まりにより、家庭用蓄電システムの製品化が増加していた。このため、2013 年追補版（その 1）では、系統連系を目的とした単相の蓄電池設備の FRT 要件の規定化することをねらいに改定した。

b. 規定の概要・規定化の根拠

低圧、高圧、スポットネットワークおよび特別高圧に連系する単相の蓄電池設備を対象とし、2017 年 4 月以降に連系する低圧単相の太陽光発電設備に係る FRT 要件と同等の規定とした。ただし、蓄電池設備は、逆潮流無しの連系により逆電力リレー (RPR) を設置するケースが多く、この場合、出力復帰を高速で行うと、出力電流のオーバーシュートにより RPR の不要検出を招く可能性がある。このため、出力復帰時間については、出力電力特性と RPR の協調を図られるよう 0.4 秒以内でよいとされた。

なお、適用時期については、メーカーの開発期間などを考慮して 2018 年 4 月以降とされた。また、その対応時期も可能な限り早期になされることが望ましいとされた。

c. 規定された要件の具体的内容

2013 年追補版（その 1）で示された FRT 要件の概要は表 1 の通り。

表 1 2013 年追補版（その 1）で示された FRT 要件の概要

FRT 要件	単相発電設備
適用開始時期	・ 2018 年 4 月以降に連系する設備
電圧低下耐量	・ 残電圧が 20% 以上、位相変化なしで継続時間が 1.0 秒の電圧低下に対しては運転を継続。 ・ 残電圧が 20% 未満、位相変化なしで継続時間が 1.0 秒の電圧低下に対しては運転継続又はゲートブロック。 ・ 残電圧が 52% 以上、位相変化 41 度以下で継続時間が 1.0 秒の電圧低下に対しては運転を継続。(※1)
出力復帰動作	・ 残電圧が 20% 以上の場合、電圧復帰後 0.1 秒以内に電圧低下前の 80% 以上の出力まで復帰。(※2) ・ 残電圧が 20% 未満の場合、電圧復帰後 1.0 秒以内に電圧低下前の 80% 以上の出力まで復帰。
周波数変動耐量	・ ステップ 状に +0.8Hz(50Hz 系統に連系する場合)、+1.0Hz(60Hz 系統に連系する場合)、3 サイクルの周波数変動に対しては運転を継続。 ・ ランプ 状の ±2Hz/s の周波数変動に対しては運転を継続。

(※1) 電圧低下発生時に位相変化を伴わない場合を除き、電圧低下の発生した瞬間 2 サイクル以内のゲートブロック (2 サイクル以内に復帰するゲートブロック) は許容される。(2018 年 3 月末までの緩和処置で、現在は削除)

(※2) RPR が設置される場合は出力電力特性と RPR の協調を図るため、0.4 秒以内としてもよい。

d. 規定された要件

第 2 節 低圧配電線との連系要件 2-1 保護協調 5. 事故時運転継続 (2) FRT 要件

a. 太陽光発電設備、蓄電池設備、燃料電池発電設備、ガスエンジン発電設備及び複数直流入力発電設備 (a) 単相発電設備 を参照。

④ 三相蓄電池設備に係る FRT 要件の規定の追加

＜2014 年追補版（その 2）（平成 26 年 9 月 17 日 JESC）＞

a. 要件化のねらい

2014 年追補版（その 2）では、単相の蓄電池設備に続いて、三相の蓄電池設備の FRT 要件の規定化することをねらいに改定した。

b. 規定の概要・規定化の根拠

低圧、高圧、スポットネットワークおよび特別高圧に連系する三相の蓄電池設備を対象とし、2017 年 4 月以降に連系する高圧三相の太陽光発電設備に係る FRT 要件と同等の規定とした。ただし、三相の蓄電池設備も逆流無しの連系により逆電力リレー(RPR)を設置するケースが多いため、出力復帰特性については、単相の蓄電池設備と同様に、出力電力特性と RPR の協調が図られるよう 0.4 秒以内でよいとされた。

適用時期については、メーカーの開発期間などを考慮して 2019 年 10 月以降とされた。また、その対応時期も可能な限り早期になされることが望ましいとされた。

なお、蓄電池設備には、コンピュータサーバ電源等の用途で、系統瞬停補償の UPS 機能と系統連系機能を兼ね備えた設備があるが、瞬時電圧低下時に自立運転を行う蓄電池であって、系統より解列する発電量と負荷量が均衡しているなど、系統への影響が小さいことが確認されている場合は、FRT 要件の瞬時電圧低下に関わる規定を適用しなくてもよいとの基本的な考え方も示された。

c. 規定された要件の具体的内容

2014年追補版（その2）で示されたFRT要件の概要は表2の通り。

表2 2014年追補版（その2）で示されたFRT要件の概要

FRT要件	三相発電設備
適用開始時期	・2019年10月以降に連系する設備
電圧低下耐量 (※3)	・残電圧が20%以上、位相変化なしで継続時間が0.3秒の電圧低下に対しては運転を継続。 ・残電圧が20%未満、位相変化なしで継続時間が0.3秒の電圧低下に対しては運転継続又はゲートブロック。 ・残電圧が52%以上、位相変化41度以下で継続時間が0.3秒の電圧低下に対しては運転を継続。(※1)
出力復帰動作	・残電圧が20%以上の場合、電圧復帰後0.1秒以内に電圧低下前の80%以上の出力まで復帰。(※2) ・残電圧が20%未満の場合、電圧復帰後1.0秒以内に電圧低下前の80%以上の出力まで復帰。
周波数変動耐量	・ステップ 状に+0.8Hz(50Hz系統に連系する場合)、+1.0Hz(60Hz系統に連系する場合)、3サイクルの周波数変動に対しては運転を継続。 ・ランプ状の±2Hz/sの周波数変動に対しては運転を継続。

(※1) 電圧低下発生時に位相変化を伴わない場合を除き、電圧低下の発生した瞬間 2 サイクル以内のゲートブロック (2 サイクル以内に復帰するゲートブロック) は許容される。

(2019 年 9 月末までの緩和処置であったが、現在は技術対応され削除)

(※2) RPR が設置される場合は出力電力特性と RPR の協調を図るため、0.4 秒以内としてもよい。

(※3)単相蓄電池の FRT 要件の相違点としては、電圧低下耐量での継続時間のみとなる。

d. 規定された要件

第3節高圧配電線との連系要件 3-1 保護協調 4. 事故時運転継続 (2)FRT要件

a.太陽光発電設備,蓄電池設備,燃料電池発電設備及びガスエンジン発電設備 (b)三相発電設備 を参照。

(3) 燃料電池発電設備

⑤ 燃料電池発電設備（低圧）に係る F R T 要件の規定の追加

＜2013 年追補版（その 1）（平成 25 年 3 月 18 日 JESC）＞

a. 要件化のねらい

先行して規定された低圧の太陽光発電設備を基に、低圧単相の燃料電池発電設備に求める技術要件(数値基準)を整理した結果を規定化することをねらいに改定した。

b. 規定の概要・規定化の根拠

低圧・単相で連系する燃料電池発電設備を対象として、前述の耐量に関する技術要件(数値基準)が規定された。周波数変動耐量は、低圧単相の太陽光発電設備の規定内容と同等な規定としたが電圧低下耐量及び出力復帰特性については、燃料電池発電設備固有の事情を勘案し規定された。

なお、適用時期については、暫定要件は設けず、2013 年時点での現行要件を満たすために要する検討期間及び開発期間等を考慮し、2018 年 4 月から連系するものに適用するものとされた。

(a) 電圧低下耐量

燃料電池発電設備では、瞬時電圧低下時間 0.3 秒に対しては、2013 年度当時に JET 認証で運転継続が確認されている。しかしながら、瞬時電圧低下時間が 0.3 秒でも余剰燃料ガスが発生し、改質器の温度上昇が発生しており、瞬時電圧低下時間が 0.3 秒を超える場合に運転継続を行おうとすれば、これまで以上に余剰燃料ガスに対する対策を講じる必要がでてくる。そのため、スペースやコストの課題を勘案し、電圧低下時間を 0.3 秒とし、電圧位相についても規定された。

電圧位相については、単相設備を対象としているものの、系統で二相短絡事故が発生した場合、変圧器結線の Y - Δ の組合せにより電圧ベクトルは 2 パターン存在するたが、いずれの系統に連系した場合も運転継続できるよう、両方の電圧に対応する必要があることが規定された。

(b) 出力復帰動作

燃料電池発電設備では、急激に電流を増やすと電池本体が影響を受ける可能性がある。そのため、通常は発電量の急激な変更は避け、緩やかに状態を変化させる運転が基本となっている。しかしながら、瞬時電圧低下の頻度(*1)を考えると、電池本体の健全性に問題が無いと考えられるため、電圧復帰から 1 秒以内に 80%まで出力を復帰するよう規定された。

(*1) 電気協同研究 第 67 巻 第 2 号「電力系統瞬時電圧低下対策技術」では、最大 21 回/年、残存電圧 80%以下の瞬低は平均 2.8 回)

(c) 周波数変動耐量

低圧単相の太陽光発電設備における最終要件（2017 年 4 月以降に連系する設備の要件）と同様に規定された。

c. 規定された要件の具体的内容

本改定で示されたFRT要件の概要は表1の通り。

表1 2013年追補版（その1）で示されたFRT要件の概要

FRT 要件	単相発電設備	三相発電設備
適用開始時期	・2018年4月以降に連系する設備	
電圧低下耐量	・残電圧が20%以上、位相変化なしで継続時間が0.3秒以下の電圧低下に対しては運転を継続。 ・残電圧が20%未満、位相変化なしで継続時間が0.3秒以下の電圧低下に対しては運転継続またはゲートブロック。 ・残電圧が52%以上、位相変化が41度以下で継続時間が0.3秒以下の電圧低下に対しては運転を継続。	・燃料電池発電設備においても、今後の技術進展に合わせて、連系された系統以外の事故等による電圧低下及び周波数変動時に解列しないシステムとするよう、検討ならびに開発が進められていくことが望ましい。
出力復帰動作	・上記いずれの場合も、電圧復帰後1.0秒以内に電圧低下前の80%以上の出力まで復帰。	
周波数変動耐量	・ステップ状に+0.8Hz（50Hz系統に連系する場合）、+1.0Hz（60Hz系統に連系する場合）、3サイクル間継続する周波数変動に対しては運転を継続。 ・ランプ状の±2Hz/s周波数変動に対しては運転を継続。	

d. 規定された要件

第2節 低圧配電線との連系要件 2-1 保護協調 5. 事故時運転継続(2)FRT要件

a. 太陽光発電設備、蓄電池設備、燃料電池発電設備、ガスエンジン発電設備及び複数直流入力発電設備(a)単相発電設備を参照。

⑥ 燃料電池発電設備（高圧・スポットネットワーク・特別高圧）に係る FRT 要件の規程の追加

＜2014年追補版（その2）（平成26年9月17日 JESC）＞

a. 要件化のねらい

2013年追補版（その1）では低圧に連系する単相発電設備のFRT要件を規定化したが、三相燃料電池発電設備(大型機)や高圧以上で連系する同設備にも対応するべく、同設備に係るFRT要件を追加で規定化することをねらいに改定することとした。

b. 規定の概要・規定化の根拠

三相燃料電池発電設備のFRT要件は、電圧低下耐量については三相太陽光発電設備と同等の規定とし、出力復帰特性については単相設備と同様に、燃料電池発電設備固有の事情を勘案して規定された。

なお、太陽光発電設備と同様に、単相発電設備については低圧、三相発電設備については高圧との関連性がそれぞれ高いため、低圧の三相発電設備は高圧の三相発電設備、高圧の単相発電設備は低圧の単相発電設備に準じる形で規定し、スポットネットワーク、特別高圧についても同様の記載としている（表2）。

また、適用時期については、開発期間5年程度を見込み、2019年10月とされた。なお開発期間には、FRT要件と両立できるように単独運転検出機能(受動的方式)を改良する期間と、FRT試験設備の検討と整備期間も含む。

表2 連系区分における単相、三相発電設備のFRT要件整備の概要

連系区分	単相発電設備	三相発電設備
低圧配電線	規定化	高圧配電線との連系要件に準ずる
高圧配電線	低圧配電線との連系要件に準ずる	規定化
スポットネットワーク配電線	低圧配電線との連系要件に準ずる	高圧配電線との連系要件に準ずる
特別高圧電線路	低圧配電線との連系要件に準ずる	高圧配電線との連系要件に準ずる

c. 規定された要件の具体的内容

本改定で示されたFRT要件の概要は表3の通り。

表3 2014年追補版(その2)で示されたFRT要件の概要

FRT要件	三相発電設備
適用開始時期	・2019年10月以降に連系する設備
電圧低下耐量	・残電圧が20%以上、位相変化なしで継続時間が0.3秒の電圧低下に対しては運転を継続。 ・残電圧が20%未満、位相変化なしで継続時間が0.3秒の電圧低下に対しては運転継続又はゲートブロック。 ・残電圧が52%以上、位相変化41度以下で継続時間が0.3秒の電圧低下に対しては運転を継続。
出力復帰動作	・上記いずれの場合も、電圧復帰後1.0秒以内に電圧低下前の80%以上の出力まで復帰。
周波数変動耐量	・ステップ状に+0.8Hz(50Hz系統に連系する場合)、+1.0Hz(60Hz系統に連系する場合)、3サイクルの周波数変動に対しては運転を継続。 ・ランプ状の±2Hz/sの周波数変動に対しては運転を継続。

三相燃料電池発電設備の電圧低下耐量、出力復帰特性ならびに周波数変動耐量は、低圧単相燃料電池発電設備と同じ技術要件(数値基準)となっている。

d. 規定された要件

第3節高圧配電線との連系要件 3-1 保護協調 4. 事故時運転継続 (2)FRT要件 a. 太陽光発電設備、蓄電池設備、燃料電池発電設備及びガスエンジン発電設備 (b)三相発電設備 を参照。

(4) ガスエンジン発電設備

①ガスエンジン発電設備(2kW未満)に係るFRT要件の規定の追加

<2013年追補版(その1)(平成25年3月18日JESC)>

a. 要件化のねらい

2012年度までに、太陽光発電設備及び風力発電設備に関するFRT要件について規定化したが、ガスエンジン発電設備にも対応するべく、同設備に係るFRT要件を追加で規定化することをねらいに改定した。なお、ガスエンジン発電設備については、単機出力が大きくなるほどFRT要件への対応が困難になることが予想されたため、低圧単相単機出力2kW未満に適用される要件が先行して検討された。

b. 規定の概要・規定化の根拠

検討は先行して決定された低圧単相の太陽光発電設備に対するFRT要件への対応可否を検証する形で進められた。周波数変動耐量は、低圧単相の太陽光発電設備の規定内容と同等な規定とされたが、電圧低下耐量及び出力復帰特性については、ガスエンジン発電設備固有の事情を勘案し規定された。具体的な検討内容は以下のとおりであった。

電圧低下耐量については、ガスエンジン発電設備では、電圧低下時にエンジンには急激な負荷変動に伴う回転数変動が発生し、0.3秒以上継続すると回転異常等が発生して、出力復帰動作時にシステム停止につながる可能性がある。このため、エンジン制御等の対策やコストの課題を勘案した上で、基準となる三相の太陽光発電設備の規定に合わせ、電圧低下時間は0.3秒とされた。

出力復帰動作については、電圧復帰時の出力勾配を高くすると、エンジンガバナ特性の関係からエンジン回転不調となり、システム停止に至るため、電圧復帰時にエンジン出力を行っても問題のない1.0秒とされた。

適用時期については、従来型設備の認証の有効期限や開発期間を考慮し、2018年4月から連系するものに適用するものとされた。

c. 規定された要件の具体的内容

本改定で示されたFRT要件の概要は表1の通り。

表1 2013年追補版（その1）で示されたFRT要件の概要

FRT 要件	単相発電設備（※1）	三相発電設備
適用開始時期	・2018年4月以降に連系する設備	
（ 電圧低下耐量 1 ）	・残電圧が20%以上、位相変化なしで継続時間が0.3秒（※2）以下の電圧低下に対しては運転を継続。 ・残電圧が20%未満、位相変化なしで継続時間が0.3秒（※2）以下の電圧低下に対しては運転継続またはゲートブロック。 ・残電圧が52%以上、位相変化が41度以下で継続時間が0.3秒（※2）以下の電圧低下に対しては運転を継続。	・ガスエンジン発電設備においても、今後の技術進展に合わせて、連系された系統以外の事故等による電圧低下及び周波数変動時に解列しないシステムとするよう、検討ならびに開発が進められていくことが望ましい。
出力復帰動作	・上記いずれの場合も、電圧復帰後1.0秒（※3）以内に電圧低下前の80%以上の出力まで復帰。	
相 の 周波数変動耐量 ガ ス	・ステップ状に+0.8Hz（50Hz系統に連系する場合）、+1.0Hz（60Hz系統に連系する場合）、3サイクル間継続する周波数変動に対しては運転を継続。 ・ランプ状の±2Hz/s周波数変動に対しては運転を継続。	

（※1）単相のガスエンジン発電設備は、単機出力2kW未満の逆変換装置を用いたものに適用とした。

（※2）電圧低下時の負荷変動によるエンジンの回転異常を考慮し、運転継続可能な時間とした。

（※3）出力復帰時にガバナ特性によりエンジン回転不調とならない復帰速度から設定した。

（※4）低圧単相の太陽光発電設備の規定内容と同等な規定とした。

d. 規定された要件

第2節 低圧配電線との連系要件 2-1 保護協調 5.事故時運転継続 (2)FRT要件 a.太陽光発電設備、蓄電池発電設備、燃料電池発電設備、ガスエンジン発電設備及び複数直流入力発電設備 (a)単相発電設備を参照。

②ガスエンジン発電設備（2kW以上）に係るFRT要件の規定の追加

<2016年版（平成28年3月10日JESC）>

a. 要件化のねらい

2013年追補版（その1）では単相の単機出力2kW未満のガスエンジン発電設備のFRT要件のみを規定化したが、単機出力2kW以上のガスエンジン発電設備に係るFRT要件を追加で規定化することをねらいに改定した。

b. 規定の概要・規定化の根拠

単相の単機出力2kW以上および三相のガスエンジン発電設備としては、小型ガスエンジンコージェネレーションシステムと発電機能を備えたガスエンジン冷暖房機（空調を主目的としたもの）が検討対象とされた。

検討は先行して決定された2kW未満のガスエンジンに対するFRT要件への対応可否を検証する形で進めた。小型ガスエンジンコージェネレーションシステムは一部設計変更等を行うことで単機出力2kW未満のガスエンジンのFRT要件に対応可能であることが確認できたため、これと同様のFRT要件とされた。ガスエンジン冷暖房機（空調を主目的としたもの）は、後述の通り、FRT要件の求める仕様に対して大きな乖離をクリアできないため、「逆変換装置を用いたその他の発電設備」として整理された。

小型ガスエンジンコージェネレーションシステムへの適用範囲は、当時の商品ラインアップの機種容量を考慮し、単相では10kW未満、三相では35kW以下とされた。今後、より大容量の商品が開発される場合には、同様の要件に適合することを前提に開発されるものとされたが、要件への適合が技術的に困難であることが実験データなどで確認された場合は、再度、要件の見直しについて検討を行うものとされた。

ガスエンジン冷暖房機（空調を主目的としたもの）は、空調負荷が掛かった状態で発電出力を上昇させる必要があるため、出力上昇速度は150W/秒が限界であり、FRT要件で求められる「1秒以内に電圧低下前の80%以上の出力に復帰」するための出力変化速度と大きく乖離し、対応できないことが確認された。また他にも、電源電圧が低下すると点火装置出力電圧が低下し、空調負荷がある状態ではエンジンが停止するといった問題や、室内機・リモコンを含めたシステム全体の運転継続を保持しなければエンジンが停止するため、ハード及びソフトウェアの大幅な改造が必要になる問題などが抽出された。これらの理由を勘案し、他電源に適用されるFRT要件を目標に技術開発が進められ連系された系統以外の事故等による電圧低下及び周波数変動時に解列しないシステムとすることが望ましいとされる「逆変換装置を用いたその他の発電設備」として整理された。

なお、適用時期は、製品の設計・試験・認証の期間を考慮し、2021年4月以降とされた。

c. 規定された要件の具体的内容

本改定で示されたFRT要件の概要は表2の通り。

表2 2016年版で示されたFRT要件の概要

FRT要件（※1）	単相発電設備（※2）	三相発電設備（※3）
適用開始時期	・2021年4月以降に連系する設備	
電圧低下耐量	<ul style="list-style-type: none"> ・残電圧が20%以上、位相変化なしで継続時間が0.3秒の電圧低下に対しては運転を継続。 ・残電圧が20%未満、位相変化なしで継続時間が0.3秒の電圧低下に対しては運転継続又はゲートブロック。 ・残電圧が52%以上、位相変化41度以下で継続時間が0.3秒の電圧低下に対しては運転を継続。 	
出力復帰動作	・上記いずれの場合も、電圧復帰後1.0秒以内に電圧低下前の80%以上の出力まで復帰。	
周波数変動耐量	<ul style="list-style-type: none"> ・ステップ状に+0.8Hz(50Hz系統に連系する場合)、+1.0Hz(60Hz系統に連系する場合)、3サイクルの周波数変動に対しては運転を継続。 ・ランプ状の±2Hz/sの周波数変動に対しては運転を継続。 	

（※1） 低圧単相の単機出力2kW未満のガスエンジンの規定内容と同等な規定とした。

（※2） 単相のガスエンジン発電設備は、単機出力2kW以上10kW未満の逆変換装置を用いたもの[発電機能を備えたガスエンジン冷暖房機(空調を主目的としたもの)を除く]に適用とした。

（※3） 三相のガスエンジン発電設備は、単機出力35kW以下の逆変換装置を用いたものに適用とした。

d. 規定された要件

< 低圧配電線に連系する設備のFRT要件 >

第2節 低圧配電線との連系要件 2-1 保護協調 5.事故時運転継続 (2)FRT要件

a.太陽光発電設備、蓄電池発電設備、燃料電池発電設備、ガスエンジン発電設備及び複数直流入力発電設備を参照。

< 高圧配電線に連系する設備のFRT要件 >

第3節 高圧配電線との連系要件 3-1 保護協調 4.事故時運転継続 (2)FRT要件

a.太陽光発電設備、蓄電池発電設備、燃料電池発電設備及びガスエンジン発電設備を参照。

(5) 単相複数直流入力発電設備

⑦ 単相複数直流入力発電設備に係る FRT 要件の規定の追加

＜2014 年追補版（その 2）（平成 26 年 9 月 17 日 JESC）＞

a. 要件化のねらい

2012 年度 NEPC 補助事業「蓄電池併設型分散電源システムの認証に関わる調査事業」において、蓄電池と他の発電設備を入力とし、一つのインバータで構成するパワーコンディショナ（以下、「複数直流入力発電設備」という）の検討が行われ、この場合、異なる FRT 要件が求められる発電設備等を組み合わせることになるため、FRT 要件を明確にする必要があり、2014 年追補版（その 2）では、複数直流入力発電設備に係る FRT 要件を追加で規定化することをねらいに改定した。

b. 規定の概要・規定化の根拠

当時、商品化が検討されている単相の複数直流入力発電設備を対象とし、複数直流入力発電設備の定義として、用語の解説にて定義を追加すると共に、FRT 要件の対象となる発電設備の組合せを、蓄電池＋太陽光、蓄電池＋燃料電池、および蓄電池＋ガスエンジン（単機出力 2kW 未満）の 3 通りとし、低圧、高圧、スポットネットワークおよび特別高圧に連系する単相の複数直流入力発電設備が対象とされた。

FRT 要件としては基本的に、蓄電池と組み合わせる発電設備の低圧単相の FRT 要件基準と同等の規定とされた。ただし、複数直流入力発電設備（太陽光＋蓄電池）についての出力復帰特性については、単相の蓄電池設備と同様に、逆電力リレー(RPR)が設置される場合が多いため、出力復帰時間については、出力電力特性と RPR との時間協調を考慮した規定に加え、負荷追従制御（構内の負荷電力に応じて出力制御）状態にて復帰動作する場合は、出力復帰中の過渡的な逆潮流による蓄電池動作の停止を防止する必要があり、これらの事情を考慮した規定とされた。

適用時期については、メーカーの開発期間などを考慮し、2018 年 4 月以降とされ、また、可能な限り早期になされることが望ましいとされた。

なお、三相の複数直流入力発電設備については、当時は商品化予定が無く、商品化計画が具現化した場合に別途検討することとされた。

c. 規定された要件の具体的内容

本改定で示された複数直流入力発電設備に係る用語の解説は表1、またFRT要件の概要は表2および表3の通り。

表1 2014年追補版（その2）で示された複数直流入力発電設備に係る用語の解説（抜粋）

用語	・複数直流入力発電設備に係る用語解説（抜粋）
複数直流入力装置 （※1）	・逆変換装置の直流入力側に、太陽光発電等に蓄電池を併設するパワーコンディショナ又は逆変換装置のこと。
直流発電設備 （※2）	・また、直流発電設備のうち、複数直流入力発電装置で構成したものを「複数直流入力発電設備」という。

（※1）新規追加された用語解説で、複数直流入力装置の構成例図（記載省略）も含まれる。

（※2）本改訂によって、従来解説文に追記された解説内容となる。

表2 2014年追補版（その2）で示されたFRT要件の概要

FRT要件	単相発電設備（太陽光+蓄電池）
適用開始期限	・2018年4月以降に連系する設備
電圧低下耐量	・残電圧が20%以上、位相変化なしで継続時間が1.0秒の電圧低下に対しては運転を継続。 ・残電圧が20%未満、位相変化なしで継続時間が1.0秒の電圧低下に対しては運転継続又はゲートブロック。 ・残電圧が52%以上、位相変化41度以下で継続時間が1.0秒の電圧低下に対しては運転を継続。（※1）
出力復帰動作	・残電圧が20%以上の場合、電圧復帰後0.1秒以内に電圧低下前の80%以上の出力まで復帰。（※2、※3） ・残電圧が20%未満の場合、電圧復帰後1.0秒以内に電圧低下前の80%以上の出力まで復帰。
周波数変動耐量	・ステップ状に+0.8Hz(50Hz系統に連系する場合)、+1.0Hz(60Hz系統に連系する場合)、3サイクルの周波数変動に対しては運転を継続。 ・ランプ状の±2Hz/sの周波数変動に対しては運転を継続。

- (※1) 電圧低下発生時の位相角が 0° で位相変化を伴わない場合を除き、電圧低下の発生した瞬間 2 サイクル以内のゲートブロック（2 サイクル以内に復帰するゲートブロック）は許容される。（2018年3月末までの緩和処置で、現在は削除）
- (※2) RPR が設置される場合は出力電力特性と RPR の協調を図るため、0.4 秒以内としてもよい。
- (※3) 負荷追従制御（構内の負荷電力に応じて出力制御）状態にて復帰動作する場合は、出力復帰中の過渡的な逆潮流による蓄電池動作の停止を防止するため、0.4 秒以内としてもよい。

表3 2014年追補版（その2）で示されたFRT要件の概要

FRT要件	単相発電設備（燃料電池+蓄電池 およびガスエンジン(※1)+蓄電池）
適用開始期限	・2018年4月以降に連系する設備
電圧低下耐量	・残電圧が20%以上、位相変化なしで継続時間が0.3秒の電圧低下に対しては運転を継続。 ・残電圧が20%未満、位相変化なしで継続時間が0.3秒の電圧低下に対しては運転継続又はゲートブロック。 ・残電圧が52%以上、位相変化41度以下で継続時間が1.0秒の電圧低下に対しては運転を継続。（※2）
出力復帰動作	・残電圧が20%以上の場合、電圧復帰後1.0秒以内に電圧低下前の80%以上の出力まで復帰。 ・残電圧が20%未満の場合、電圧復帰後1.0秒以内に電圧低下前の80%以上の出力まで復帰。
周波数変動耐量	・ステップ状に+0.8Hz(50Hz系統に連系する場合)、+1.0Hz(60Hz系統に連系する場合)、3サイクルの周波数変動に対しては運転を継続。 ・ランプ状の±2Hz/sの周波数変動に対しては運転を継続。

- (※1) 単機出力 2kW 未満の逆変換装置を用いたものに限る。
- (※2) 電圧低下発生時の位相角が 0° で位相変化を伴わない場合を除き、電圧低下の発生した瞬間 2 サイクル以内のゲートブロック（2 サイクル以内に復帰するゲートブロック）は許容される。（2018年3月末までの緩和処置で、現在は削除）

d. 規定された要件

第2節低圧配電線との連系要件 2-1 保護協調 5. 事故時運転継続 (2)FRT要件 a.太陽光発電設備,蓄電池発電設備,ガスエンジン発電設備及び複数直流入力発電設備 (a)単相発電設備 を参照。

(6) 風力発電設備

⑧ 風力発電設備（高圧・スポットネットワーク・特別高圧）に係るFRT要件の規定の追加

<2012年版（2012年8月10日JESC）、2019年版（2019年3月5日JESC）>

a. 要件化のねらい

風力発電の導入が進んでいる欧州および中国では、過去に系統事故による風力発電機の一斉解列があり、これを防止するため、系統事故に伴う電圧変動や周波数変動に対応した風力発電機の運転継続機能が規定されている。国内においても太陽光・風力などの分散型電源が普及してきたことを踏まえ、2010年に分散型電源の系統擾乱時におけるFRT要件に係る整備の要望が出され、風力発電設備に係るFRT要件を規定

化することをねらいに改定した。

b. 規定の概要・規定化の根拠

太陽光発電設備における FRT 要件を参考として、欧州で適用されている FRT 要件をベースに、実際の風力発電設備の対応状況なども踏まえ、高圧以上で連系する三相発電設備に対して電圧低下耐量、出力復帰動作及び周波数変動耐量が規定された。

なお、単相発電設備の FRT 要件については、低圧の単相及び三相発電設備の FRT 要件（「参考」参照）と同様に、運転継続技術が開発途上にあるため、技術開発等が進んだ段階で具体的な基準を整備することとし、低圧の単相発電設備に準ずる形で規定された（表1）。

表1 連系区分における単相、三相発電設備の FRT 要件整備の概要

連系区分	単相発電設備	三相発電設備
高圧配電線	低圧配電線との連系要件に準ずる	規定化（※1）
スポットネットワーク配電線	低圧配電線との連系要件に準ずる	高圧配電線との連系要件に準ずる
特別高圧電線路	低圧配電線との連系要件に準ずる	高圧配電線との連系要件に準ずる

（※1）2012年の改定では、高圧配電線と連系する三相発電設備で単機出力 20kW 未満の設備は、低圧配電線との連系要件に準ずると規定していたが、出力 50kW 未満の設備は低圧連系のため、2020年追補版の改定において、単機出力を 50kW 未満とし、低圧の三相発電設備に準じることができることとした。

c. 規定された要件の具体的内容

本改定で示された FRT 要件の概要は表2の通り。

表2 2012年版で示された FRT 要件の概要

FRT要件	三相発電設備
電圧低下耐量	・残電圧0%・継続時間0.15秒と残電圧90%・継続時間1.5秒を結ぶ直線以上の残電圧がある電圧低下に対しては運転を継続。（※1）
出力復帰動作	・電圧復帰後1.0 秒以内に電圧低下前の出力の80% 以上の出力まで復帰。
周波数変動耐量	・ステップ状に+0.8Hz（50Hz 系統に連系する場合）、+1.0Hz（60Hz系統 に連系する場合）、3サイクル間継続する周波数変動に対しては運転を継続。 ・ランプ状の±2Hz/s の周波数変動に対しては運転を継続。

（※1）電圧低下が発生した瞬間のゲートブロックについては、メーカー対応状況を踏まえ2サイクル以内に復帰するゲートブロックは許容される。

（その後、2019年の改定において、2021年3月までにゲートブロックによる出力停止がなく、運転を継続するシステムの開発が望まれる旨を注書きに追記）

参考：2012年版で示された低圧の FRT 要件の概要

単相発電設備	低圧配電線と連系する風力発電設備の運転継続技術は現在発展途上にあるため、今後、技術開発や実証試験などの結果を反映した具体的な基準を整備する。なお、具体的な基準が整備されるまでの間に連系する単相の風力発電設備においても、連系された系統以外の事故などによる電圧低下及び周波数変動時に解列しないシステムとすることが望ましい。
三相発電設備	低圧配電線と連系する風力発電設備の運転継続技術は現在発展途上にあるため、今後、技術開発や実証試験などの結果を反映した具体的な基準を整備する。なお、具体的な基準が整備されるまでの間に連系する三相の風力発電設備においても、連系された系統以外の事故などによる電圧低下及び周波数変動時に解列しないシステムとすることが望ましい。

d. 規定された要件

第3節高圧配電線との連系 3-1 保護協調 4. 事故時運転継続 (2) FRT 要件 b. 風力発電設備 (b)三相発電設備 を参照。

② 風力発電設備（低圧）に係る F R T 要件の規定の追加

＜2020 年追補版（2020 年 3 月 9 日 JESC）＞

a. 要件化のねらい

2014 年度から、NEDO 事業「風力発電等技術研究開発／風力発電高度実用化研究開発／風車部品高度実用化開発／小形風力発電部品標準化・小形風力発電部品実証研究」が開始され、（一社）日本小形風力発電協会が中心となりパワーコンディショナ等の部品の標準化や垂直軸風車の簡易荷重評価手法の開発などを実施してきた。その結果、2019 年度末時点で、小形風力発電設備数は増加傾向にあることから、小形風力発電設備に係る FRT 要件を規定化することをねらいに改定した。

b. 規定の概要・規定化の根拠

多くの小形風力発電機は太陽光発電用のパワーコンディショナを採用している。これらのパワーコンディショナを小形風車用に使用した際の系統側に対する問題を検証する為、前述の NEDO 事業において、電力系統への課題解決策に向け取り組んできた。

検証の結果、小形風力発電設備の FRT 要件に求められる技術要件が整理され、基本的に太陽光発電設備の FRT 要件と同等な規定内容とされたが、出力復帰時間については、瞬低時における過回転を防止する装置の動作を考慮し、1.0 秒とされた。

なお、小形風力発電設備は一般的に低圧に連系されるため、小形風力発電設備の FRT 要件は、低圧として整理し規定化された。

適用時期は、メーカーの開発期間などを考慮して 2021 年 4 月以降とされた。

c. 規定された要件の具体的内容

本改定で示された FRT 要件の概要は表 1 の通り。

表 1 2020 年追補版で示された FRT 要件の概要

FRT 要件	単相発電設備	三相発電設備
適用開始時期	・2021 年 4 月以降に連系する設備	
電圧低下耐量	<ul style="list-style-type: none"> 残電圧が 20%以上、位相変化なしで継続時間が 1.0 秒の電圧低下に対しては運転を継続。 残電圧が 20%未満、位相変化なしで継続時間が 1.0 秒の電圧低下に対しては運転継続またはゲートブックによる出力停止。 残電圧が 52%以上、位相変化が 41 度以下で継続時間が 1.0 秒以下の電圧低下に対しては運転を継続。 	<ul style="list-style-type: none"> 残電圧が 20%以上、位相変化なしで継続時間が 0.3 秒の電圧低下に対しては運転を継続。 残電圧が 20%未満、位相変化なしで継続時間が 0.3 秒の電圧低下に対しては運転継続またはゲートブックによる出力停止。 残電圧が 52%以上、位相変化が 41 度以下で継続時間が 0.3 秒以下の電圧低下に対しては運転を継続。
出力復帰動作（※1）	・上記いずれの場合も、電圧復帰後 1.0 秒以内に電圧低下前の 80%以上の出力まで復帰。	
周波数変動耐量	<ul style="list-style-type: none"> ステップ状に+0.8Hz（50Hz 系統に連系する場合）、+1.0Hz（60Hz 系統に連系する場合）、3 サイクル間継続する周波数変動に対しては運転を継続。 ランプ状の±2Hz/s の周波数変動に対しては運転を継続。 	

（※1）瞬低時における過回転を防止する装置の動作を考慮し、1.0 秒とした。

d. 規定された要件

第2節 低圧配電線との連系要件 2-1 保護協調 5.事故時運転継続 (2) F R T 要件

b.風力発電設備 を参照。

(7) 交流発電設備

a. 要件化を不要とした経緯

交流発電設備の FRT 要件化については、2015 年度の FRT 要件整備検討作業会において審議した結果、周波数変動や瞬時電圧低下に対して、既に JEC 各種の規格に準拠した性能を有しており、系統擾乱に対する耐量を持つことから、FRT 要件化の必要はないと整理された。

b. 規定しない根拠

(a) 電圧低下要件

JEC には、FRT 要件のような規定はないが、瞬時電圧低下時の同期発電機の電機子端子電圧は自身のリアクタンスにより維持され、電圧が回復すれば自然と出力も復帰する。(誘導発電機も同様)

交流発電機が停止するケースとして分散電源至近端の短絡事故で、タービンのシェアピンが破損するケースが考えられるが、このケースの事故の瞬時電圧低下の影響は局所的であるため大量脱落につながることは考えにくい。また JEC「短絡電流強度」には「その電機子端子にて突発短絡を生じても、その短絡電流に耐える構造でなければならない。」と規定されている。このことから、電圧低下要件については既に JEC 各種の規格に準拠した性能を有しているため規定化は行わないこととした。

なお、系統事故時の発電機等価回路を図 1 に示す。

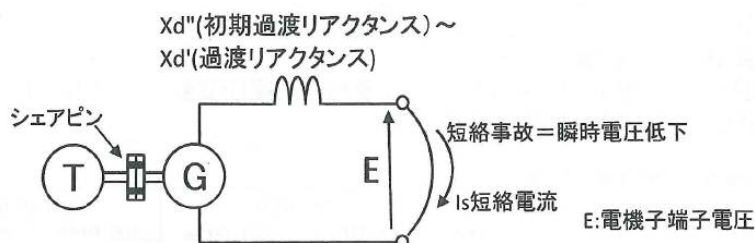


図 1 系統事故時の発電機等価回路

(b) 周波数変動要件

ガスタービン発電機やエンジン発電機の周波数は JEC2130 同期機(同期発電機)に依っており既に FRT 要件を満たしている。また、誘導発電機は、JEC2137 に基づいており、同期機と同じ耐量となっている。

なお、JEC に基づいた運転上支障がない電圧および周波数変動領域を表 1 に示す。

表 1 JEC に基づいた運転上支障がない電圧および周波数変動領域同期発電機・誘導発電機

	pu 値	66.0kV	77.0kV
領域 A	0.95 ~ 1.05	62.7kV ~ 69.3kV	73.2kV ~ 80.9kV
領域 B	0.92 ~ 1.08	60.7kV ~ 71.3kV	70.8kV ~ 83.2kV
	pu 値	50.0Hz	60.0Hz
領域 A	0.98 ~ 1.02	49.0Hz ~ 51.0Hz	58.8Hz ~ 61.2Hz
領域 B	0.95 ~ 1.03	47.5Hz ~ 51.5Hz	57.0Hz ~ 61.8Hz

定格出力 10MVA 以上のガスタービン発電機

	pu 値	66.0kV	77.0kV
領域 A	0.95 ~ 1.05	62.7kV ~ 69.3kV	73.2kV ~ 80.9kV
領域 B	同上	同上	同上
	pu 値	50.0Hz	60.0Hz
領域 A	0.98 ~ 1.02	49.0Hz ~ 51.0Hz	58.8Hz ~ 61.2Hz
領域 B	0.95 ~ 1.03	47.5Hz ~ 51.5Hz	57.0Hz ~ 61.8Hz

領域 A : 連続的に運転して実用上支障があつてはならない。

領域 B : 運転して実用上支障があつてはならない。(長時間の運転は避ける必要がある)

付録 9

風力発電設備における出力変動対策の要件化経緯

2020年3月

経済産業省 資源エネルギー庁が主導する「再生可能エネルギー大量導入・次世代ネットワーク小委員会」の中間整理（2018年5月）において、再エネ大量導入のための調整力確保は待ったなしの課題と整理されており、そのアクションプランの一つに「風力のグリッドコード整備については、スピード感をもって成案化を進め、まずは全国大で適用可能な要件の早期ルール化・適用開始を目指す。」ことが示された。

これを受け、日本風力発電協会と一般送配電事業者がそれぞれ必要な役割を担い、風力発電設備の出力変動対策等について検討を行うこととなった。

以下に風力発電設備における出力変動対策の目的や概要、制御機能等について記す。

1. 目的

風力発電の導入で先行する欧州では、出力抑制や出力変化率制限等の機能が標準装備されており、これらの制御機能が各国の状況や風車の規模等に応じて、風車が具備すべき機能としてルール化されているケースもある。

日本においても、効率的に風力発電を導入拡大するため、日本風力発電協会と一般送配電事業者が連携して風車が具備すべき制御機能を特定し、ルール化した上で、そうした機能の具備を風力発電事業者に求めていく。

2. 概要

一般送配電事業者の調達・運用する調整電源の確保量を超えて風力発電の出力変動が発生した場合や、系統事故等による周波数変動時にそれを助長するような出力変動が発生した場合には、周波数品質への影響が懸念される。このような影響を低減するため、各風力発電所に自律的な制御機能として出力抑制や出力変化率制限等の機能を適用することが望まれる。

また、風力発電事業者にとっても、これらの機能適用は蓄電池の必要量やそれに要するコストを低減することができるため、効率的な風力発電の導入拡大につながると考えられる。

上記の観点を踏まえ、風力発電事業者に求める出力変動対策と風車に具備すべき機能について検討した。

3. 出力変動対策に係る要件の検討

風力発電の出力変動実績の分析結果や風力発電事業者による対策の実現性・負担影響・効果を踏まえ、「出力変化速度に対する要件」、「出力変化量としてカットイン・カットアウトに対する要件」、「系統事故時等の対応としての要件」が検討され、出力変動対策の要件が策定された。各要件の考え方・技術的根拠については、系統ワーキンググループで審議された資料*を参照されたい。

なお、今回新たに求める要件については将来に亘って不変という事ではなく、変動性再生可能エネルギーの導入量や出力変動、調整力のスペック等の実績を継続的に分

析し、必要に応じて見直していくこととされている。

※第 23 回 総合資源エネルギー調査会 省エネルギー・新エネルギー分科会 新エネルギー小委員会
 系統ワーキンググループ 資料 8 系統連系技術要件の整備について (<https://www.meti.go.jp/>)

4. 風力発電設備に求める制御機能

(1) 最大出力抑制制御機能

風力発電の出力を、風速に応じた発電可能出力値より低減して運転を行う機能。

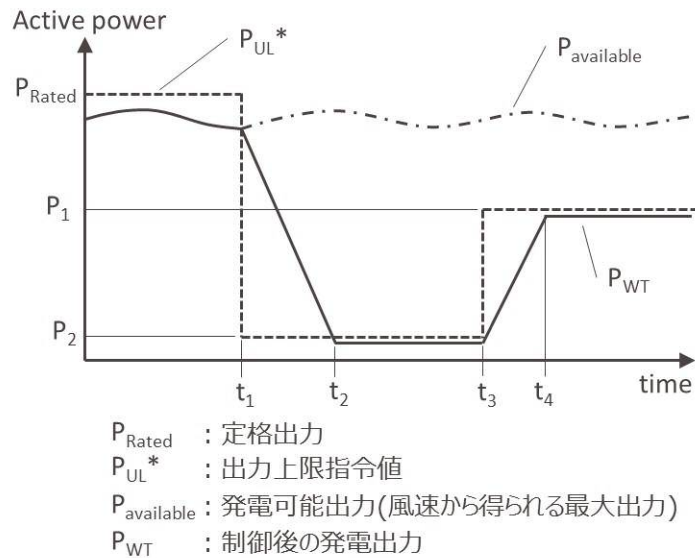


図 1. 最大出力抑制制御機能の特性図

(2) 出力変化率制限機能

「通常起動時と停止時」、「カットイン時」等において、発電可能出力値以下の領域で出力の増加率および低減率を制限して運転を行う機能。

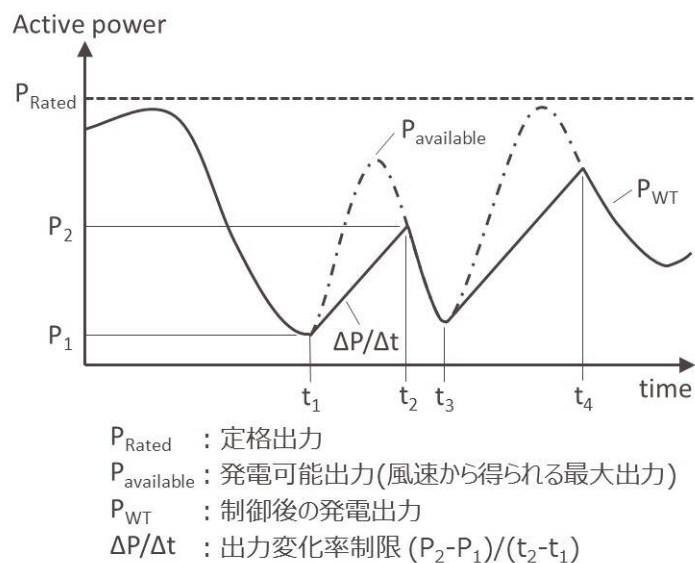


図 2. 出力変化率制限機能の特性図

(3) 周波数調定率制御機能

発電可能出力値以下の領域で、定められた調定率に従って出力を増減させて運転を行う機能。出力変化率制限機能等、他の制御機能に優先して動作し、可能な限り高速に制御する。

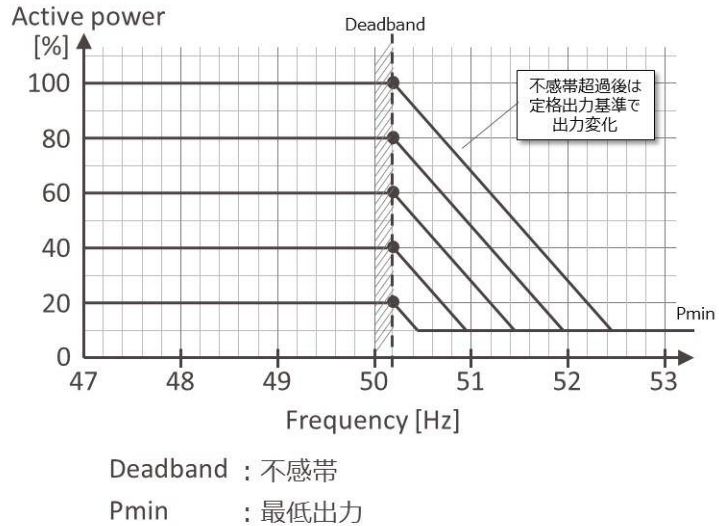


図 3. 周波数調定率制御機能の特性図
(50Hz 系, 周波数調定率 5%, 不感帯 0.2Hz の例)

(4) ストーム制御機能

強風速域(カットアウト領域)となっても即座に風車を停止せず、風速増加に応じて出力を低減して運転を継続する機能等。風力発電事業者にとっては、可能な限り発電を継続して発電機会(電力量)を増やせるメリットがある一方で、電力システムにとっても結果的にカットアウト時の急峻な出力変化を緩和することができる。

例えば、10 分間平均風速が 25m/秒以上となった場合に、即座に運転停止させるのではなく、風速増加に応じて出力を低減し、35m/秒程度まで運転を継続させる。

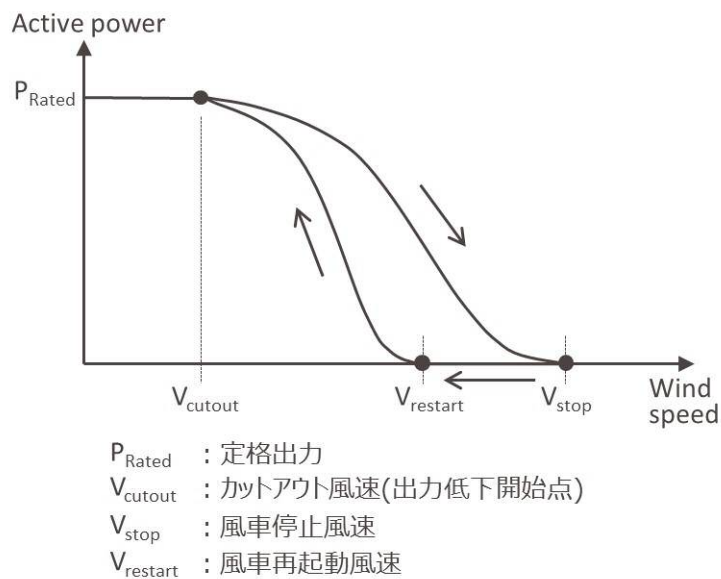


図 4. ストーム制御機能の特性例