

中国四国間連系線 設備停止時の 運用容量（順方向）の算出方法見直し

2020年12月11日
四国電力送配電株式会社

- 現在の中国四国間連系線設備停止時（1回線停止）の順方向（四国向き）の運用容量は、当該線路の残回線事故によるルート断が発生しても原則、負荷制限等の系統制御を伴わない潮流（以下、「無制御潮流」）20万kW程度としており、2回線時の運用容量120万kW（熱容量限度値）と比べると運用容量がかなり小さくなる。
- 中国四国間連系線は、毎年、ケーブルの張替工事や点検等により1か月を超える長期間の作業停止が行われており、今後も継続される見込みである。
- また、今年の中国四国間連系線が作業により1回線停止している期間において、当該連系線の潮流が四国向きとなる断面で市場分断が発生した。
- そうした現状を踏まえ、中国四国間連系線設備停止時の順方向の運用容量について、系統利用者の利便性向上を目的とし、関西四国間連系設備（阿南紀北直流幹線）のEPPS制御量（以下、「阿南紀北EPPS制御量」）を見込むなど、算出方法を見直すこととする。

（中国四国間連系線の作業停止実績・計画）

年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度
作業停止日数	30	57	53	30	95

出典：広域機関 系統情報サービスよりダウンロード（2020,21年度は年度計画）

（中国四国間連系線1回線停止時の順方向潮流によるスポット市場分断実績）

年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度上期
市場分断コマ数	0	0	0	18

出典：JEPX 2020年度スポット市場取引結果（中国と四国のエリアプライス差があるコマ数を計上）

2. 設備停止時の運用容量（順方向）の算出方法見直し

- 中国四国間連系線設備停止時（1回線停止）の順方向の運用容量は、当該連系線の残回線事故（N-1事故）でルート断となるため、四国エリアの負荷制限を伴わない潮流としている。

$$\begin{aligned} \text{運用容量} &= \text{無制御潮流} \\ &= \text{系統容量} \times \text{系統特性定数} (6.4\% \text{MW} / 1.3 \text{Hz}^{*1}) \end{aligned}$$

*1 阿南紀北潮流幹線のEPPSを見込むことにより、周波数低下限度(58.7Hz)での運用容量を維持している

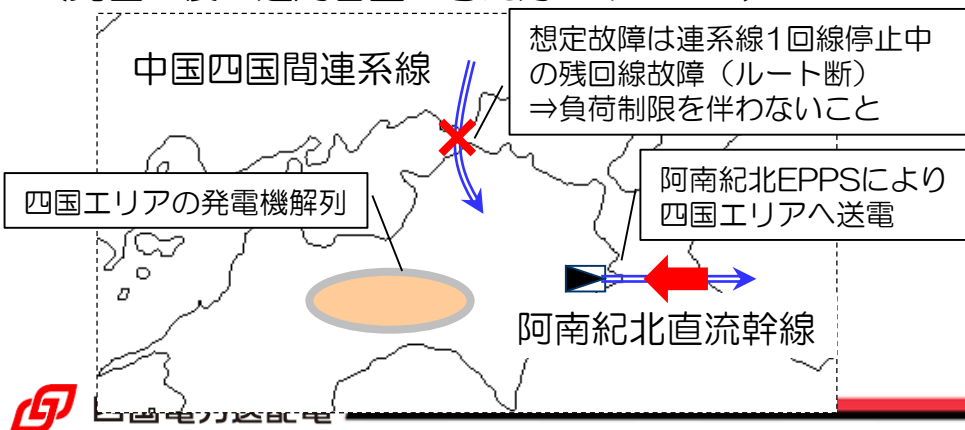
- 今回、中国四国間連系線設備停止時の運用容量を拡大するにあたり、N-1事故で負荷制限を伴わないという基本的な考え方は変更せず、以下のとおり算出方法を見直すこととする。

- 阿南紀北EPPS制御量を全量織り込む（発電機解列量と相殺⇒双極運転時は189万kW）
- 発電機解列量の織り込み（EPPS制御量と相殺⇒中西地域周波数低下事象により判明した量）
- 系統特性定数の見直し（ $6.4\% \text{MW} / 1.3 \text{Hz} \Rightarrow 4.0\% \text{MW} / 0.7 \text{Hz}^{*2}$ ）

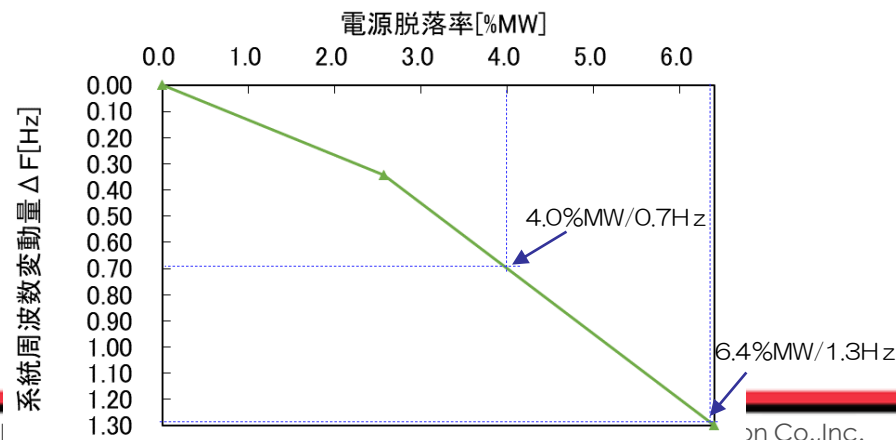
*2 60Hz系統における系統特性定数より、負荷制限に至らない値とする必要があるため、59.1Hz(UFR動作)に常時変動の0.2Hz裕度を取り、 $4.0\% \text{MW} / 0.7 \text{Hz}$ とする

- なお、「周波数低下維持限度値算出における整理事項（2018年度 第5回運用容量検討会）」において、EPPSは動作信頼性が高く、動作が十分に期待できるため、平常時・作業時共ににおいて運用容量にEPPS制御量を全量織り込むことは可能と整理しているが、当時は連系線の混雑状況等を考慮し、現状通りの運用容量としていた。

（見直し後の運用容量の考え方のイメージ）



（60Hz系統における系統特性定数）



$$\text{運用容量} = \text{無制御潮流} + \text{阿南紀北EPPS制御量} - \text{発電機解列量}$$

◆ 算定の基本的な考え方

- N-1故障でルート断となるため、ルート断発生しても原則、系統制御（負荷制限）を伴わない潮流（無制御潮流）とする。（周波数維持要因）
- また、阿南紀北直流幹線のEPPSおよび中西地域周波数低下事象により判明した発電機解列を考慮する。
 - 無制御潮流（四国エリア周波数低下限度）
算術式：系統容量×系統特性定数（4.0%MW/0.7Hz）※1
系統容量：設備停止時の最小需要相当（各月の平休日別・特殊日の昼間帯・夜間帯）
※1：負荷制限に至らない周波数とするため、UFR(59.1Hz)に常時変動の0.2Hz裕度を取り、4.0%MW/0.7Hzとする。
 - 阿南紀北EPPS制御量
中国四国間連系線故障時、系統安定化装置からの指令により阿南紀北直流幹線の潮流を自動調整することで、周波数維持などを図る機能
 - 発電機解列量
中西地域周波数低下事象により判明した発電機解列量を織り込む
- 周波数低下限度
59.3Hz
- 周波数低下限度の考え方
四国エリアにおいて負荷制限に至らない周波数低下限度値
中西地域周波数低下事象により判明した発電機解列量を踏まえて中西エリアで周波数維持のための暫定対策によって負荷制限に至らない周波数低下限度値（59.1Hz＋常時周波数変動0.2Hz）

- 現時点での概算ではあるが、設備停止時の運用容量（順方向）は、従来よりも拡大できる見込みである。
- なお、中国四国間連系線の設備停止時の運用容量に阿南紀北EPPS制御量を最大限見込めるよう、引き続き、中国四国間連系線と関西四国間連系設備が同時停止とならないよう停止調整を行うこととする。

<運用容量（順方向）>

- 運用容量

$$\begin{aligned} &= \text{無制御潮流} && + \text{阿南紀北EPPS制御量} - \text{発電機解列量} \\ &= \text{四国の系統容量} \times \text{系統特性定数} && + \text{阿南紀北EPPS制御量} - \text{四国の発電機解列量} \\ &= (200 \sim 390 \text{万kW}) \times 4.0\% \text{MW}/0.7\text{Hz} + 189 \text{万kW} && - 0 \sim 25 \text{万kW程度} \\ &= \text{熱容量限度値 (120万kW) 以上} \end{aligned}$$

※1：各断面の最小需要を、過去実績から想定

※2：阿南紀北直流幹線が双極運転の場合189万kW

- 系統利用者の利便性向上を目的として、中国四国間連系線設備停止時の順方向（四国向き）の運用容量の拡大について検討した結果、運用容量算出の基本的な考え方は変更せず、阿南紀北直流幹線のEPPS制御量を全量織り込むことで現状より拡大できる見込みである。
- 2021年度からの適用に向け、運用容量算定を進めていく。

（スケジュール）

2020年度		3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
公表			▲	検討条件 ▲		適宜公表		▲			▲		算出結果 ▲	
検討会				▲		適宜開催		▲			▲		▲	
検討条件の検討		意見募集 ▲			要望を受けたときは必要に応じ適宜検討									
個別検討	熱容量等				設備容量確認						潮流計算実施箇所			
	同期安定性													
	電圧安定性													
	周波数維持													
運用容量算出														

出典：第1回運用容量検討会(2020年5月15日) 資料1より抜粋

1回線停止時の運用容量＜中国四国間連系線（四国向）＞

70

運用容量 = 無制御潮流
= 20～30万kW程度

◆算定の基本的な考え方

N-1故障でルート断となるため、ルート断発生しても原則、系統制御（負荷制限）を伴わない潮流（無制御潮流）とする。（周波数維持要因）

また、中西地域周波数低下事象により判明した発電機解列および中西エリアで周波数維持のための暫定対策として実施した「59.1Hzの負荷側UFR」を考慮して阿南紀北直流幹線のEPPSを見込む

○無制御潮流（四国エリア周波数低下限度）

算術式：系統容量×系統特性定数（6.4%MW/1.3Hz）¹⁾

系統容量：停止時の最小需要相当（各月の平休日別・特殊日の昼間帯・夜間帯）

1) 阿南紀北直流幹線のEPPSを見込むことにより、暫定対策実施以前の周波数低下限度（58.7Hz）での運用容量を維持している

・周波数低下限度

59.3Hz

・周波数低下限度値の考え方

四国エリアにおいて負荷制限に至らない周波数低下限度値

中西地域周波数低下事象により判明した発電機解列量を踏まえて中西エリアで周波数維持のための暫定対策によって負荷制限に至らない周波数低下限度値（59.1Hz＋常時周波数変動0.2Hz）



電力広域的運営推進機関
Organization for Cross-regional Coordination of
Transmission Operators, JAPAN

出典：第5回運用容量検討会(2019年4月26日) 資料1-4より抜粋

直流設備の動作信頼性（１）

7

- EPPSの織り込みを整理するにあたり、直流設備の動作信頼性(※)を考慮する必要がある。

(※) 直流設備の動作信頼性とは…

- (１) 直流制御が動作条件を満たすことの確実性
- (２) 直流設備が交流系統の故障で運転停止に至らず動作することの信頼性

➡ (１) および (２) について検証を実施。

- 「(１) 直流制御が動作条件を満たすことの確実性」については、EPPS機能を持つ東京中部間および関西四国間の直流連系設備を確認。
- 下記の理由により、**EPPSの動作条件を満たすことの確実性が十分であると評価。**

① 【FC】東京中部間連系設備

東京中部間連系設備のEPPSは、系統の周波数低下を検出することにより動作するシステムであり、動作条件は右記のとおりである。EPPSの動作条件である、健全側の東地域の周波数が49.90Hz以上滞在率は、99.7%以上(3σ以内)あることから、EPPS1段60万kWの動作は十分期待できる。

② 【HVDC】関西四国間連系設備

関西四国間連系設備のEPPSは、本四連系線ルート断を検出し動作するシステムであること、制御システムが2系であることから、動作条件を満たすことの確実性は十分である。

(2016.01.28) 第3回 運用容量検討会

<EPPS（緊急時遮断装置）動作条件>

a.50Hz⇒60Hzへ融通
周波数低下側：59.6Hz以下
健全側：49.9Hz以上
b.60Hz⇒50Hzへ融通
周波数低下側：49.6Hz以下
健全側：59.9Hz以上

<東京エリアの50±0.1Hz以内
である時電圧滞在率>

年度	滞在率(%)
平成20年度	99.84
平成25年度	99.83
平成24年度	99.91

出典：第5回運用容量検討会(2018年12月14日) 資料1-1より抜粋

直流設備の動作信頼性（２）

8

- 「（２）直流設備が交流系統の故障で運転停止に至らず動作することの信頼性」について、東京中部間、関西四国間の直流連系設備を検証。
- 下記の理由により、交流系統の故障によりEPPS動作失敗する可能性は低く、**EPPSの動作信頼性は高い**と評価。

① 【FC】東京中部間連系設備

至近の実績より、500kV交流系統の故障に伴う変動や擾乱に起因するEPPS動作失敗事例は無く、信頼度向上対策を実施していることも考慮すると、EPPSの動作信頼性は高いと評価できる。

② 【HVDC】関西四国間連系設備

500kV交流系統の故障に伴う変動や擾乱に起因する運転継続失敗例は無く(※)、運転停止に至る可能性は低いため、EPPSの動作信頼性が高いと評価できる。

※ 500kV交流系統の欠相故障に伴う交流過電圧保護トリップにより直流停止したケースはあるが、交流連系線故障では過電圧事象が発生せず交流過電圧保護の対象外であるため、同様の直流停止には至らない。

【直流設備の動作信頼性（１）、（２）の検証結果を踏まえた見直し】

- 以上のとおり、直流設備のEPPSは動作信頼性が高く、動作が十分期待できるため、周波数低下維持限度値の算出において、平常時・作業時共に、**EPPSの動作量を全量織り込む**こととする。

出典：第5回運用容量検討会(2018年12月14日) 資料1-1より抜粋

周波数低下対策レベルの検討

23

- 周波数低下維持限度値の算出方法の見直しにより、各連系線の運用容量に与える影響および周波数低下対策レベルの検討を実施した。
- **周波数低下対策レベルについては、連系線の混雑状況や計算・運用の煩雑さ並びにリスク等を考慮し、各連系線毎にどこまでの対策レベルを適用するか整理する。**
- 作業時の中国四国間（四国向き）連系線について、下記のとおり周波数低下維持限度値そのものは拡大可能であるが、連系線の混雑状況や計算・運用の煩雑さ並びにリスク等を考慮し、現在と同様の運用容量と断面数(48断面)とする。
- また、その他の連系線については運用容量に与える影響は小さい。
- 従って、**平常時、作業時ともに、各連系線の周波数低下対策レベルは現状通りとする。**

➤ 作業時の中国四国間（四国向き）連系線の周波数低下維持限度値について

■ 現状

運用容量 ■ 無制御潮流（**200～300MW**）

無制御潮流 = 系統容量 × 6.4%MW/1.3Hz - 発電機解列量 + EPPS相殺分

- ・ 系統容量：作業時の最小需要相当
- ・ 発電機解列量：最大発電機解列量相当

■ 関西四国間連系設備(HVDC)のEPPSを織り込んだ場合

運用容量 ■ 系統容量1,940MW × 6.4%MW/1.3Hz - 383MW

(四国エリア最低需要相当)

(四国エリア発電機最大解列量試算)

+ HVDC(EPPS)1400MW以上

(関西四国間連系設備の想定潮流は関西向き)

= 1141MW以上 > 200～300MW

出典：第5回運用容量検討会(2018年12月14日) 資料1-1より抜粋