

系統特性定数に関する検討の方向性について

2024年8月29日

将来の運用容量等の在り方に関する作業会 事務局

- 2024年4月から需給調整市場が全面運開したことに伴い、全ての調整力（一次～三次②）の必要量の考え方
が見直され、これらは従来のエリア調達から広域調達に移行することとなった（二次①は2027年度以降）。
- また、第45回需給調整市場検討小委員会（2024年2月7日）では、現在使用している系統特性定数※（1Hz
低下する電源脱落率）の前提が変化している（今後変化する）可能性があることから、系統特性定数の見直し
(周波数要因で決まる運用容量や系統分離時の運用に与える影響) 等について検討を進める必要があるとされた
ところ。
- この点、第2回本作業会（2024年8月29日）において、現行の系統特性定数の実態を一般送配電事業者から
紹介いただいた内容（資料3-1）を踏まえ、本作業会で取扱う系統特性定数に関する論点および今後の進め方を
整理したため、ご議論いただきたい。

※ ここで言う「系統特性定数」とは、系統容量に掛け合わせることで運用限度等を算出する用途に用いる「狭義の意味の系統特性定数」
を指しており、発電機・負荷周波数特性といった「個別の（広義の意味の）系統特性定数」を指していないことに留意。

(補論) 今後の検討課題について（3／3）

45

- 他方で、2024年度以降、電源脱落（瞬時）に対応する調整力として確保する一次（GF）必要量の考え方において、系統特性定数を維持するための必要量の考え方としていない（必要量は、あくまで過去の応動実績や単機最大ユニットの電源脱落量をもとに算出している）ことから、系統特性定数を維持するための必要量を下回る可能性自体は以前から顕在化していたとも考えられるところ。
- この点、系統分離（N-2）自体が稀頻度事故であること、一次（GF）は3σ相当量を確保する整理となっていること、ならびに需給調整市場の運開当初においてはオフライン枠の影響が限定的であると考えられることから、足元の影響は限定的と考えられるものの、周波数の変動状況や需給調整市場の応札実績等を踏まえ、系統分離時の運用に与える影響や系統特性定数自体の見直し等について検討を進める必要があると考えられるか。

必要量の算定方法（平常時・事故時含む）		35
<p>■ 一次から三次①については、GC以降に生じる変動（平常時における予測誤差・時間内変動や突発的に必要となる電源脱落等）に対応することとし、各商品区分毎の必要量の基本的な算定式としてはどうか。</p>		
<p>✓ 一次調整力：（ 残余需要元データ^{※1} - 元データ^{※1}10分周期成分 ）の3σ相当値^{※4} + 単機最大ユニット容量の系統容量按分値^{※2}</p>		
<p>✓ 二次調整力①：（ 元データ^{※1}10分周期成分 - 元データ^{※1}30分周期成分 ）の3σ相当値^{※4} + 単機最大ユニット容量の系統容量按分値^{※2}</p>		
<p>✓ 二次調整力②：（ 残余需要予測誤差30分平均値^{※3}のコマ間の差 ）の3σ相当値^{※4}</p>		
<p>✓ 三次調整力①：（ 残余需要予測誤差30分平均値^{※3}のコマ間で連続する量 ）の3σ相当値^{※4} + 単機最大ユニット容量の系統容量按分値^{※2}</p>		
<small>※1 残余需要1～10秒計測データ ※2 当該週の50Hz及び60Hzにおける同一周波数連系系統の単機最大ユニット容量を系統容量をもとに按分 ※3 残余需要30分平均値^{※3}（BG需要計画-GC時点の再エネ予測値） ※4 「3σ相当値」：いわゆる、統計的処理を行った最大値。過去実績相当の誤差に対応できるように、過去実績をもとに統計処理した値。具体的には、99.87バーセンタイル値（全体10000個のデータの場合、小さい方から数えて9987番目の値）を使用。</small>		
<p>■ 平常時の予測誤差・時間内変動に対応する一次、二次①、二次②及び三次①必要量は、月別・商品ブロック別に算定してはどうか。</p>		
<p>■ 事故時の電源脱落に対応する一次、二次①及び三次①の必要量は、当該週に稼働できる単機最大ユニット容量の系統容量按分値を、週を通して調達してはどうか。</p>		
<p>■ 一次から三次①の調達量については、週間調達時に当該月、当該週、当該商品ブロックの必要量を、週を通して調達することとしてはどうか。</p>		

出所) 第14回需給調整市場検討小委員会（2019年11月5日）資料2をもとに作成
http://www.occto.or.jp/iinkai/chouseiryoku/jukyuchousei/2019/2019_jukyuchousei_14_haifu.html

出所) 第45回需給調整市場検討小委員会（2024年2月7日）資料3より抜粋
https://www.occto.or.jp/iinkai/chouseiryoku/jukyuchousei/2023/files/jukyu_shijyo_45_03.pdf

1. 現行の系統特性定数について

2. 系統特性定数に関する論点

論点①：判定方法の妥当性

論点②：系統特性定数の必要性

論点③：系統特性定数の再算出

3. まとめ

1. 現行の系統特性定数について

2. 系統特性定数に関する論点

論点①：判定方法の妥当性

論点②：系統特性定数の必要性

論点③：系統特性定数の再算出

3. まとめ

- 一般送配電事業者による系統特性定数の紹介内容から、平常時（N-0）および緊急時（N-2等※）における系統特性定数の使用用途・概要については本頁～次頁の通り整理される。
- 平常時の用途としては、すべてのエリアで需給制御における地域要求量（AR）算出に系統特性定数が使用されており、発電機や負荷特性の違いから系統特性定数の値自体は各同期連系系統毎に異なる値であり、その算出の方法も実測結果を基に算出するエリアとGFの実態・海外の負荷特性事例により算出するエリアの違いがみられた。
- その他、中西エリア（関西）においては、需給ひつ迫時の供給力不足に伴う継続的な周波数の低下に備えた緊急（負荷）制御量の演算に、負荷特性のみを系統特性定数として使用している（一次調整力（GF）が全量使用された前提）実態もあった。

※ 北本連系設備の場合、单一設備故障（N-1）において周波数上昇・低下が生じる事象も緊急時として整理

断面	用途	周波数	系統特性定数（上段：系統特性定数／下段：算出根拠）		
			中西エリア	東北・東京エリア	北海道エリア
平常時 (N-0)	① 需給制御における 地域要求量（AR）算出	上昇側	1.0%MW/0.1Hz 低下側の値を準用	0.8%MW/0.1Hz 低下側の値を準用	0.6%MW/0.1Hz 低下側の値を準用
		低下側	1.0%MW/0.1Hz 実測結果	0.8%MW/0.1Hz 実測結果	0.6%MW/0.1Hz GF実態・海外事例
	② 需給ひつ迫時の 緊急制御 (CSS)	上昇側	需給ひつ迫に伴う周波数低下を想定した制御であるため、上昇側の系統特性定数は不要		
		低下側	関西：3.3%MW/1.0Hz 英国での負荷特性把握試験結果 (1948年)	使用事例なし	使用事例なし

- また、緊急時の用途として、連系線の運用容量算出等に用いられる系統特性定数は、エリア毎に違いがあることやそもそも系統特性定数を用いない運用がなされている同期連系系統（東北・東京）も確認された。

断面	用途	周波数	系統特性定数（上段：系統特性定数／下段：算出根拠）		
			中西エリア	東北・東京エリア	北海道エリア
緊急時 (N-2)	③ 連系線ルート断時の運用容量算出 ※北海道エリアはマージン算出	上昇側	中部：10.0%MW/0.5Hz 北陸：使用事例なし 関西：14.0%MW/0.6Hz 中国：" " 四国：使用事例なし 九州：7.5%MW/0.5Hz	使用事例なし	12.4%MW/0.5Hz 仕上がり周波数50.5Hzとなる北本限界潮流は、需要に過去のシミュレーションで算出した12.4%を乗じて算出しており、実質的には12.4%MW/0.5Hzの系統特性定数を使用していること同義
			実測結果・シミュレーション結果等		シミュレーション結果
	④ 安定化装置の制御量演算 (対象エリアのみ)	低下側	中部：3.5%MW/0.5Hz 北陸：4.4%MW/0.8Hz 関西：" " 中国：" " 四国：" " 九州：5.2%MW/1.0Hz	同上	6.0%MW/1.0Hz
			シミュレーション結果		GF実態・海外事例
			上昇側	使用事例なし	
			低下側	③に同じ	使用事例なし
緊急時 (N-2)	⑤ 地内電源線運用容量の算出 (対象エリアのみ)	上昇側	電源脱落に伴う周波数低下を想定した制御であるため、上昇側の系統特性定数は不要		
		低下側	九州：4.4%MW/0.8Hz その他：③に同じ	使用事例なし	

- その他、連系線や地内電源線の作業時ならびにN-1電制時には、N-1故障により電源脱落に至ることとなるため、その際に原則供給支障が生じないよう、予め運用容量（ならびにN-1電制量上限）を設定する必要がある。
- このため、中西エリアでは、作業時運用容量の算出において、負荷遮断（59.1HzUFR）が生じない周波数低下限度を設定しており、緊急時（前頁③）の系統特性定数とは異なる値が使用されている。
- また、東北・東京エリアでは熱容量拡大目的のN-1電制量上限算出のみ、平常時の系統特性定数を使用。

断面	用途	周波数	系統特性定数（上段：系統特性定数／下段：算出根拠）		
			中西エリア	東北・東京エリア	北海道エリア
作業時 (N-1)	⑥ 連系線作業時の運用容量算出 ※北海道エリアはマージン算出	上昇側	中部：5.0%MW/0.5Hz その他：③に同じ 実測結果・シミュレーション結果等	使用事例なし	③に同じ
		低下側	中部：③に同じ その他：4.0%MW/0.7Hz シミュレーション結果	同上	同上
	⑦ 地内電源線運用容量の算出 (対象エリアのみ)	上昇側	電源脱落に伴う周波数低下を想定した制御であるため、上昇側の系統特性定数は不要		
		低下側	⑥に同じ	使用事例なし	
電制時 (N-1)	⑧ N-1電制量上限の算出 (対象エリアのみ)	上昇側	N-1電制に伴う周波数低下を想定したものであるため、上昇側の系統特性定数は不要		
		低下側 目的：熱容量の拡大	1.0%MW/0.1Hz 実測結果	0.8%MW/0.1Hz 実測結果	0.6%MW/0.1Hz GF実態・海外事例
		低下側 目的：同期・電圧安定性の拡大	4.0%MW/0.7Hz	使用事例なし	
			シミュレーション結果		

1. 現行の系統特性定数について

2. 系統特性定数に関する論点

論点①：判定方法の妥当性

論点②：系統特性定数の必要性

論点③：系統特性定数の再算出

3. まとめ

- 平常時（需給制御）に使用される系統特性定数は、同期連系エリア毎に同じ値が使用されている。
- これらの値は、電源脱落事故実績などの実測結果あるいはシミュレーション結果を基に算出されるため、電源・需要の特徴により、同期連系エリア毎に異なる数値となっていると推察されるが、この違いは妥当なものかどうか。

系統特性定数の現状について（用途別一覧）

6

○ 系統特性定数は、おもに①周波数制御（電源・負荷脱落、連系線ルート断等の周波数変動事象の演算）と、②需給制御（中給システムにおける地域要求量（AR）の算出）に使用され、それぞれ異なる値を用いている。

周波数	エリア	①周波数制御 (連系線運用容量検討・系統安定化システム等)		②需給制御 (地域要求量 (A R))
		低下側	上昇側	
50Hz (東)	北海道	6.0%MW/1.0Hz	— (潮流限度をシミュレーションで算出しており、不使用)	0.6%MW/0.1Hz
	東北	固有の系統特性定数を用いずに運用		0.8%MW/0.1Hz
	東京			
60Hz (中西)	中部	3.5%MW/0.5Hz	10.0%MW/0.5Hz	
	北陸	4.4%MW/0.8Hz	— (実潮流を元に電制制御)	
	関西		14.0%MW/0.6Hz	1.0%MW/0.1Hz
	中国		— (無制御潮流をシミュレーションで算出しており、不使用)	
	四国			
	九州	5.2%MW/1.0Hz	7.5%MW/0.5Hz	

- 電源脱落の実測結果を基に平常時（需給制御）に使用される系統特性定数を算出している中西エリアでは、 $1.0\% \text{MW}/0.1\text{Hz}$ が現行において設定されている。
- 他方、緊急時の運用容量の算出等に用いられる中西エリアの系統特性定数（右下図）は、発電機特性（GF）および負荷特性を考慮したシミュレーションにより算出されたものであり、この結果からは 0.1Hz 周波数が低下する際の電源脱落量は $0.75\% \text{MW}$ である。
- このように、平常時の系統特性定数の算出方法が、緊急時と異なることの妥当な理由について深堀りが必要か。

系統特性定数（需給制御用）の根拠と評価

20

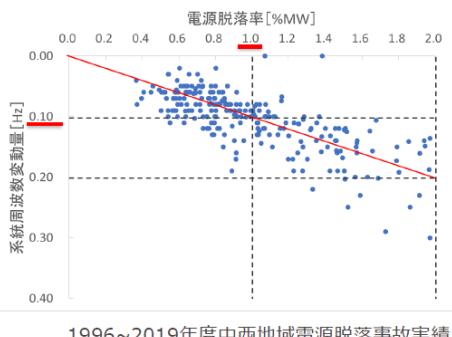
- 各社※1の中給システムでは、電源脱落やガバナカット試験などの実測結果を基に、**同期エリア毎に同じ値を系統特性定数として設定**※2している。

※1：北海道エリアは周波数制御用（低下側）と同様の考え方により $0.6\% \text{MW}/0.1\text{Hz}$ を採用している。

※2：負荷脱落のみの実測結果が少ないため、上昇側は低下側と同じ値を使用している。

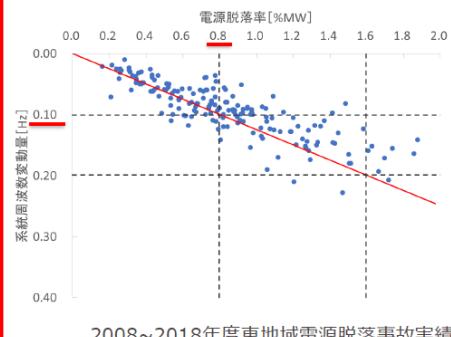
- 概ね周波数品質は維持できているが、引き続き実績を蓄積し、必要に応じて見直していくことが合理的と考えられる。

<中西エリア： $1.0\% \text{MW}/0.1\text{Hz}$ >



1996～2019年度中西地域電源脱落事故実績

<東北東京エリア： $0.8\% \text{MW}/0.1\text{Hz}$ >



2008～2018年度東地域電源脱落事故実績

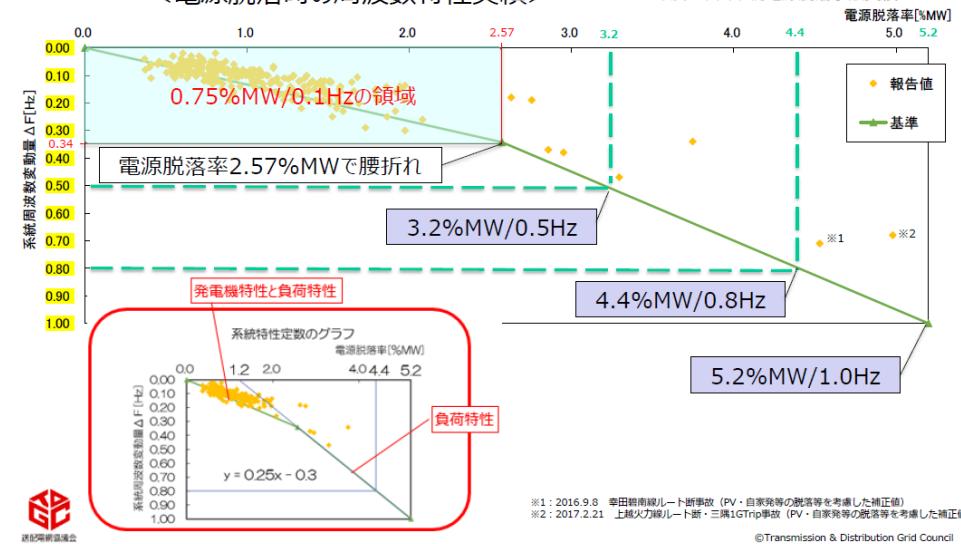


中西系統の系統特性定数の評価（周波数低下実績比較）

10

- 1996年度以降、電源脱落時の周波数特性実績との比較による分析を継続しており、現在に至るまでおおよそ**基準通りであることを確認**している。

<電源脱落時の周波数特性実績> 1996～2024年度 中西系統電源脱落事故実績



※1：2016.9.8 宝田鉄南線ルート断事故（PV・自家発等の脱落等を考慮した補正値）

※2：2017.2.21 上越火力線ルート断・三井GTRip事故（PV・自家発等の脱落等を考慮した補正値）

©Transmission & Distribution Grid Council

- 加えて、平常時（需給制御）に使用される系統特性定数（上昇側）は、負荷脱落等の実測結果が少ないとから、すべての同期連系エリアにおいて、周波数低下側の系統特性定数を準用している状況。
- このような実態を踏まえ、**平常時（需給制御）に使用される系統特性定数（上昇側）が周波数低下側の値であることの妥当性について整理する必要があるか。**

系統特性定数（需給制御用）の根拠と評価

20

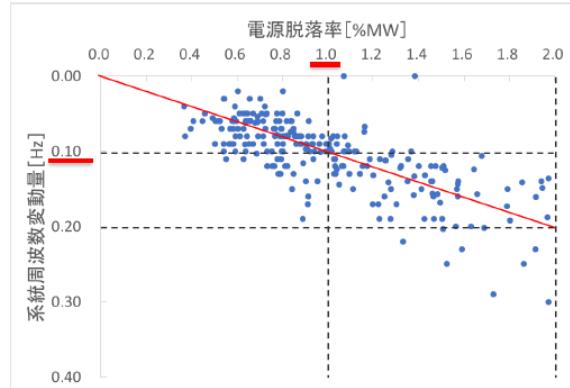
- 各社※1の中継システムでは、電源脱落やガバナカット試験などの実測結果を基に、**同期エリア毎に同じ値を系統特性定数として設定**※2している。

※ 1：北海道エリアは周波数制御用（低下側）と同様の考え方により『0.6%MW/0.1Hz』を採用している。

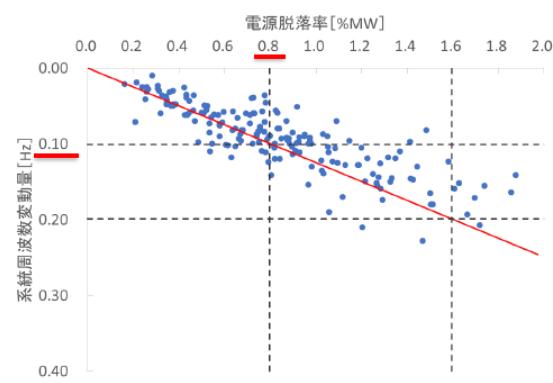
※ 2：負荷脱落のみの実測結果が少ないため、上昇側は低下側と同じ値を使用している。

- 概ね周波数品質は維持できているが、引き続き実績を蓄積し、必要に応じて見直していくことが合理的と考えられる。

<中西エリア：1.0%MW/0.1Hz>



<東北東京エリア：0.8%MW/0.1Hz>



送配電網連合会

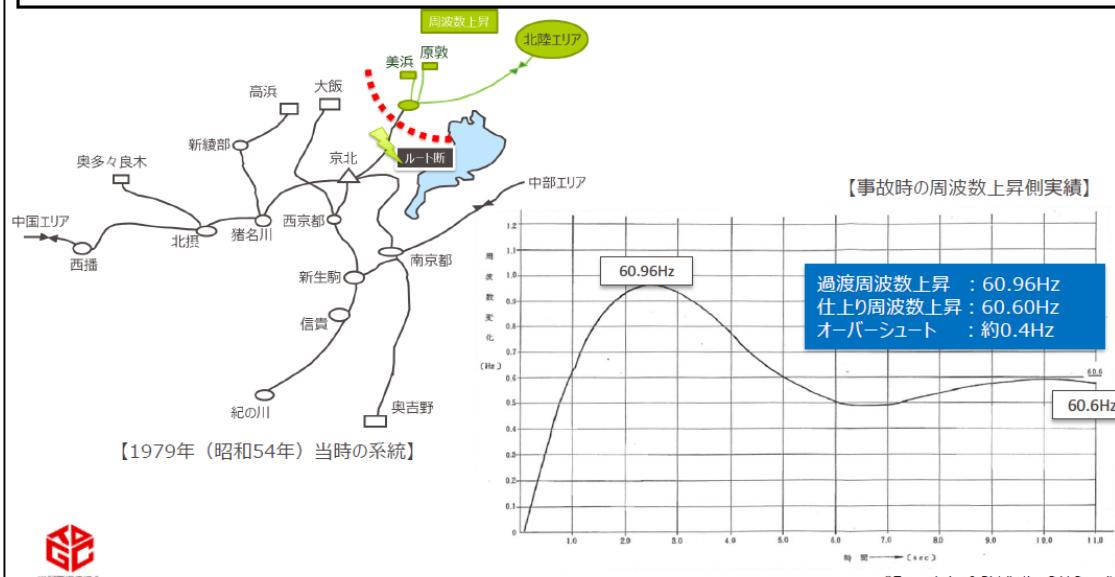
緊急時における周波数上昇限度値の違い（1／2）

- 系統分離に伴う周波数上昇は、数秒から十数秒程度の過渡周波数上昇の後、仕上がり周波数に収束していく。
- 中西エリアにおいては、運用容量算出時の周波数上昇限度値として、仕上がり周波数がエリア内の火力プラントの安定運転可能周波数以内となるよう設定されているエリアが大半である一方で、過渡周波数上昇を考慮して設定されているエリアもある。
- このため、過渡周波数と仕上がり周波数の扱いの違いを踏まえつつ、その妥当性について整理が必要か。

(参考) 周波数上昇側のオーバーシュートについて

12

- 1979年（昭和54年）に発生した関西地内の送電線ルート断故障（若狭幹線山）により、『北陸エリアの系統』と『関西エリアの一部系統（美浜系）』を合わせて単独系統となり、仕上がり周波数は60.6Hzまで上昇した。
- また、この際のオーバーシュートが約0.4Hzであった。



出所) 第2回将来の運用容量等の在り方に関する作業会（2024年8月29日）資料3-1より抜粋
https://www.occto.or.jp/iinkai/chouseiryoku/jukyuchousei/2024/files/unyouyourousagyoukai_2_03_01.pdf

緊急時における周波数上昇限度値の違い（2／2）

- また、周波数上昇限度については、北海道・中西エリアにおいて、基準周波数から周波数上昇限度値までの負荷脱落量（連系線潮流）を算出している。
- この際、常時周波数変動（＝フリンジ）が最大となる断面（中西エリアの場合：60.2Hz）で、系統分離に至るN-2故障が生じた場合には、周波数上昇限度を超える可能性が考えられる。
- この点については、第2回本作業会（2024年8月29日）資料4のフリンジへの対応の整理の中で検討を深めていくこととしたい。

エリア		系統特性定数	周波数上昇限度	限度値に関する補足
北海道 (50Hz)	－	12.4%MW/0.5Hz※	50.5	火力プラントの安定運転可能周波数上限（50.5Hz）
東北・東京 (50Hz)	－	固有の系統特性定数を用いずに運用		
中西 (60Hz)	中部	10.0%MW/0.5Hz	60.5Hz	火力プラントの安定運転可能周波数上限（60.5Hz）
	北陸	不使用	60.0Hz	仕上がり周波数を60.0Hzとし、連系線潮流相当を電制御するため系統特性定数は使用されていない
	関西	14.0%MW/0.6Hz	60.6Hz	エリア間の連系分離防止（61.0Hz）から過渡周波数上昇実績（0.4Hz）を控除した値
	中国	14.0%MW/0.6Hz	60.6Hz	
	四国	不使用 (無制御潮流を シミュレーションで算出)	60.3Hz	火力プラントの安定運転可能周波数上限（60.3Hz）
	九州	7.5%MW/0.5Hz	60.5Hz	火力プラントの安定運転可能周波数上限（60.5Hz）

※ 仕上がり周波数50.5Hzとなる北本限界潮流は、需要に過去のシミュレーションで算出した12.4%を乗じて算出しており、実質的には12.4%MW/0.5Hzの系統特性定数を使用していること同義

- 一方、周波数低下限度について、中西エリアの大半で、常時周波数変動（0.2Hz）を考慮した場合であっても、発電機等が大量に解列される59.0Hzを下回らないよう系統特性定数を設定している。
- 他方で、九州エリアにおける連系線運用容量の算出では、常時周波数変動（≒フリンジ分）を考慮していないことから、常時周波数変動が最大となる断面（例:59.8Hz）で系統分離に至るN-2故障が生じた場合には、周波数低下限度（59.0Hz）を下回る可能性が考えられる。
- この点についても、第2回本作業会（2024年8月29日）資料4のフリンジへの対応の整理の中で検討を深めていくこととしたい。

エリア		系統特性定数	周波数低下限度	限度値に関する補足	
北海道	－	6.0%MW/1.0Hz	49.0Hz	負荷遮断に至らない周波数（48.5Hz）から、 <u>常時周波数変動等（0.5Hz）を控除した値</u>	
東北・東京	－	固有の系統特性定数を用いずに運用			
中西	中部	3.5%MW/0.5Hz	59.5Hz	単独系統時に系統維持可能周波数（59.5Hz）	
	北陸	4.4%MW/0.8Hz	59.2Hz	<u>発電機等が大量に解列される周波数（59.0Hz）から、常時周波数変動（0.2Hz）を控除した値</u>	
	関西	4.4%MW/0.8Hz	59.2Hz		
	中国	4.4%MW/0.8Hz	59.2Hz		
	四国	4.4%MW/0.8Hz	59.2Hz		
	九州	(地内送電線) 4.4%MW/0.8Hz	59.2Hz		
		(地域間連系線) 5.2%MW/1.0Hz	59.0Hz	発電機等が大量に解列される周波数（59.0Hz）	

1. 現行の系統特性定数について

2. 系統特性定数に関する論点

論点①：判定方法の妥当性

論点②：系統特性定数の必要性

論点③：系統特性定数の再算出

3. まとめ

- 各社の需給制御（LFC制御）においては、平常時の需要変動による周波数偏差をゼロにするために必要な地域要求量（AR）の算出に系統特性定数が用いられている。
- このあたり、**2026年度以降（あるいは次期中給システム運開後）には、広域LFC制御方式に移行することから、将来的な周波数制御方式の変化を見据えて、数値の見直し要否等について整理することが必要か。**

系統特性定数（需給制御用）について

19

- 需給制御においては、需給変動が生じ、周波数偏差が生じた場合に均衡状態へ戻すために必要な地域要求量を算出し、その値が「零」になるよう発電出力の制御を実施している。
- **地域要求量（AR）** は、各社が採用している周波数制御方式によって異なる※が、いずれも**系統特性定数**を用いて算出している。

17 【参考】地域要求量（AR：Area Requirement）について

※北海道、東京：FFC制御
東北及び中西地域：TBC制御


- 60Hz地域では、エリア内で需給変動が生じた場合、変動が生じたエリア内の発電機出力を調整し、基準周波数を維持している。

FFC制御の
AR算出式

- 需要変動(ΔP)と、エリア需要(P_A)と周波数偏差(Δf)の積は、次式のとおり比例関係にある。

$$\Delta P = -K \cdot P_A \cdot \Delta f \quad (K: \text{系統定数})$$

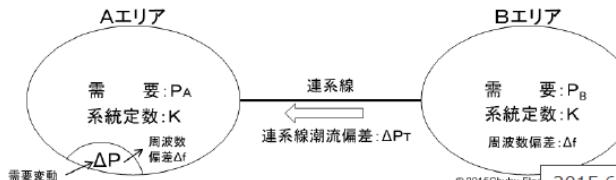
- 下図において、Aエリアで需要変動(ΔP)が生じ、周波数偏差(Δf)が生じた場合、需給の均衡状態へ戻すために必要な調整量を、地域要求量（AR）と呼んでいる。

TBC制御の
AR算出式

- 連系系統において、Aエリア内の需要変動(ΔP)により、周波数偏差(Δf)および連系線潮流偏差(ΔP_T)が生じた場合の、Aエリアにて必要な調整量（AR）は、周波数偏差および連系線潮流偏差を「零」に戻すために必要な量の合計となる。

$$AR = -K \cdot P_A \cdot \Delta f + \Delta P_T \quad (= \Delta P)$$

- 中央給電指令所は、常時ARを監視し、その値が「零」になるよう発電出力の調整を行っている。



© 2015 Chubu Elec 2015.6.11 第2回調整力等に関する委員会 資料3-1

出所) 第2回将来の運用容量等の在り方に関する作業会（2024年8月29日）資料3-1より抜粋
https://www.occto.or.jp/iinkai/chouseiryoku/jukyuchousei/2024/files/unyouyourousagyoukai_2_03_01.pdf

- 作業時における系統特性定数は、連系線（地内電源線）1回線作業時の運用容量の算出に用いられている他、N-1電制装置（系統安定化装置含む）によるN-1故障時の電制上限量の算出にも使用されている。
- 運用容量の算出においては、今後の整備計画等により、将来的に系統分離に至る系統（連系線や地内電源線等）がどの程度存在するかによっては、作業時における系統特性定数の必要性も変わると考えられるか。
- また、緊急時（N-2）の系統特性定数を用いない運用も踏まえ、引き続き用いることの必要性についても整理が必要か。

(参考) 実施案の内容（基本要件との比較）

第76回 広域系統整備委員会
(2024/3/8) 資料4 一部修正

2

<概算工事費>

596億円

(基本要件)
⇒ 450億円程度

<工事の完了の予定期限>

約6年

(2030年6月)

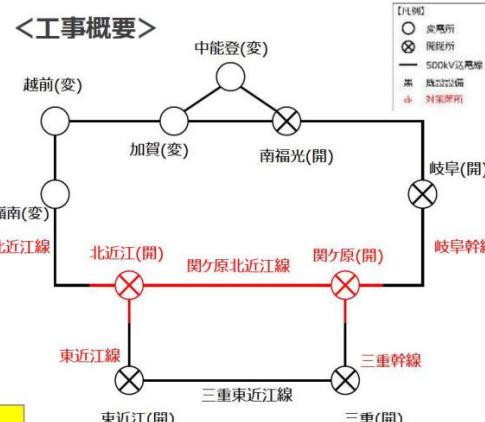
(基本要件)
⇒ 6年程度

<対策後の運用容量>

600万kW程度

(基本要件)
⇒ 600万kW程度

(運用容量：中地域交流ループ運用後の300万kW程度から600万kW程度へ増強)



(参考) 中国九州間連系設備の工事概要

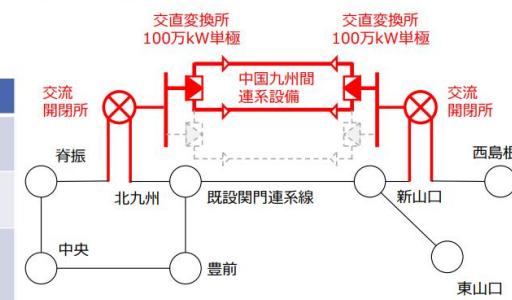
第77回 広域系統整備委員会
(2024/3/25) 資料1-3 一部修正

5

概算工事費 3,700～4,100億円程度

概略所要工期 6～9年程度

【工事概要】



概要

交直
変換所

・本州：交直変換設備100万kW（単極）
・九州：交直変換設備100万kW（単極）

交流
開閉所

・本州：500kV 6回線引出
・九州：500kV 6回線引出

直
流
送
電
線

・本州交直変換所～九州交直変換所
海底：40～55km 2条
地中：2条（諸部）
架空：本州交直変換所～揚陸点1回線、
九州交直変換所～揚陸点1回線

交
流
送
電
線

・九州：既設送電線～交流開閉所500kV 4回線、
交流開閉所～交直変換所500kV 2回線
・本州：既設送電線～交流開閉所500kV 4回線、
交流開閉所～交直変換所500kV 2回線

その他の
他

・系統安定化装置改修 他

凡例： - 整備対象

※ 1 交直変換所や直流送電線等の設計に将来、200万kWへ増強するための拡張性を考慮
※ 2 交流系統は2回線送電線を1本線にて表記

出所) 第77回広域系統整備委員会（2024年3月25日）資料2より抜粋

https://www.occto.or.jp/iinkai/kouikikeitouseibi/2023/files/seibi_77_02_01.pdf

出所) 第79回広域系統整備委員会（2024年5月8日）資料2より抜粋

https://www.occto.or.jp/iinkai/kouikikeitouseibi/2024/files/seibi_79_02_01.pdf

- 緊急時における系統特性定数は、連系線（地内電源線）の運用容量算出、安定化装置の演算等に使用される一方で、そもそも系統特性定数を用いない運用がなされているエリアも存在している。
- また、周波数上昇側の算出においては、N-2故障時であることを踏まえ、連系線潮流と同量の発電機出力を電源制限することで系統特性定数を用いていないエリアも存在。
- 以上を踏まえ、N-2故障時には、系統制御（電源制限や負荷制限）が考えられる中、系統特性定数を用いた運用が引き続き必要となるかどうかの整理が必要か。

中西系統の系統特性定数（周波数制御用）について

13

- エリア間連系線は、N-2故障時に故障後の各系統の周波数が上昇・低下限度値以内となる連系線潮流を定め、運用容量の制約条件の一つとしている。

✓ 周波数制約となるエリア間連系線

- ・三重東近江線（中部一関西）
- ・越前嶺南線（北陸一関西）
- ・本四連系線（中国一四国）
- ・関門連系線（中国一九州）

※50Hz系統は、N-2故障で連系分離とならないため、周波数維持面の制約はない。

- 低下側は、前述の5.2%MW/1.0Hzの特性より導いた定数を採用している。

- 上昇側は、前述の14%MW/0.6Hzのほか、エリア間連系線のルート断故障等により単独系統となりうるエリヤにおいて、個々の系統に応じた考え方を採用している。

エリア	低下側	上昇側
中部	3.5%MW/0.5Hz (⇒P.14参照)	10.0%MW/0.5Hz (⇒P.15参照)
北陸	4.4%MW/0.8Hz	仕上がり周波数を60Hzとし、連系線潮流相当を電制御するため上昇側の系統特性定数を定めていない
関西	4.4%MW/0.8Hz	14.0%MW/0.6Hz
中国	4.4%MW/0.8Hz	14.0%MW/0.6Hz
四国	4.4%MW/0.8Hz	仕上がり周波数が60.3Hzとなる無制御潮流をシミュレーションで算出 (⇒P.16参照)
九州	5.2%MW/1.0Hz	7.5%MW/0.5Hz (⇒P.17参照)

P. 9,10参照

系統特性定数を用いずに運用している例【東京・東北エリア】

27

- 東北・東京エリヤでは、周波数維持を目的とした安定化制御についてはUFRにより対応。

- このUFRは、周波数の低下速度によって動作する変化率要素方式と、周波数レベルと滞留時間の組み合わせ（以下レベル要素）の二つの方式を採用しており、実需給時点での動作判定要素に系統特性定数は使用していない。

◆変化率要素とレベル要素の特性を考慮し、以下の組合せで周波数の回復を図る

- ①周波数低下が速いケースでは、変化率要素により急速な周波数低下に歯止めをかける

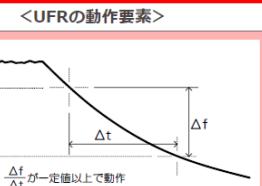
○変化率要素は早期の動作が可能（タイマによる待ち時間なし）
×ただし、適正な遮断量を確定することはできない。

- ②レベル要素で、時間間隔を置いて順次負荷を遮断していくことで、適正な負荷遮断で、確実な周波数回復を図る

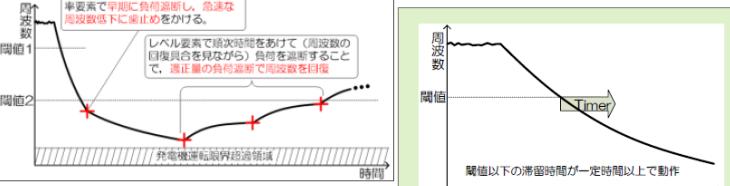
○周波数の回復具合によって順次負荷遮断することで、適切な遮断量での周波数回復が可能
×ただし、タイマ待ち時間があるため動作は遅れる

●周波数低下速度が速い場合は、変化率要素で早期に負荷遮断し、危険な周波数低下に歯止めをかける。

●レベル要素で順次時間差をあけて（周波数の回復具合を見ながら）負荷を遮断することで、適正量の負荷遮断で周波数を回復



変化率要素



レベル要素

第4回平成30年北海道胆振東部地震に伴う大規模停電に関する検証委員会 資料1より引用

系統特性定数の必要性

- 系統特性定数に関する前提（調整力調達の在り方）が変化していることに加え、系統の構成や周波数制御方式も変化していく中、そもそも系統特性定数が、今後も必要かどうかの整理が重要と考えられる。
- 整理にあたっては、平常時、作業時、緊急時の事象毎に、例えば下記のような論点が存在するか。
 - 平常時（N-0）：現状のLFC制御方式に活用、2026年度以降の広域LFCにおける必要性
 - 作業時（N-1）：今後の整備計画等を踏まえ、系統分離に至る系統がどの程度存在するか
 - 緊急時（N-2）：N-2事故時は電制・負制が考えられるなか、系統特性定数による管理は必要か
- 今後、系統特性定数の見直しについて検討を進めるうえで、対象を限定するためにも、まずもっては必要性について整理を進める必要があると考えられるか。

1. 現行の系統特性定数について

2. 系統特性定数に関する論点

論点①：判定方法の妥当性

論点②：系統特性定数の必要性

論点③：系統特性定数の再算出

3. まとめ

- 平常時（需給制御）に使用する系統特性定数は、電源脱落等の実測結果やGFの実態・海外の負荷特性事例を元にした算出（低下側）、あるいは低下側の値を準用（上昇側）しているため、2024年度以降の調整力の在り方の変化等に伴い、これら実測結果や算出の前提条件も変化している可能性がある。
- こういった状況変化は、昨今の周波数品質の悪化として顕在化していると考えられるため、調整力及び需給バランス評価等に関する委員会とも連携して検討を進めていく必要があるか。

	エリア		算出根拠
平常時 (上昇)	全エリア	－	負荷脱落実績が少ないため、周波数低下側の算出結果を準用
平常時 (低下)	中西エリア	－	電源脱落等の <u>実測結果を基</u> に、同期連系エリア毎に算出
	東北・東京エリア	－	
	北海道エリア	－	英國での <u>負荷特性</u> 把握試験結果（1948年）と <u>GF容量実態</u> より算出

- 他方、緊急時（周波数上昇側）においては、大規模な負荷脱落や系統分離が極めて稀であることから、多くのケースにおいてシミュレーションにより算出された系統特性定数が用いられている。
- そのため、調整力調達の在り方の変化により、このシミュレーション前提条件も変化する場合には、再算出が必要になると考えられるか。
- この点、まずもっては、**緊急時（上昇側）の系統特性定数をシミュレーションで算出しているエリア（関西・中国・北海道）における現在の考え方や前提から深堀り調査を進めていくこととしたい。**

	エリア		算出根拠
緊急時 (上昇)	中西エリア	中部	揚水しゃ断に係る検討などを参考に系統特性定数を算出
		北陸	系統特性定数を定めていない (仕上がり周波数を60Hzとし、連系線潮流相当を電制制御するため)
		関西	<u>シミュレーション</u> により算出
		中国	同上
		四国	系統特性定数を定めていない (潮流限度をシミュレーションで算出しているため)
	九州	九州エリア単独時（1993年頃）の <u>実測データ</u> をもとに算出	
	東北・東京エリア	－	系統特性定数を用いない運用
	北海道エリア	－	<u>シミュレーション</u> により算出 (仕上がり周波数が50.5Hzとなる北本限界潮流を過去シミュレーションにより算出)

- また、緊急時（低下側）における中西エリアの系統特性定数は、シミュレーションによって算出されたものであり、調整力調達の変化を考慮すると、その前提条件とするGF応動特性・容量も変化している可能性があり、加えて、インバータ需要の拡大等により負荷特性も算出当時から大きく変化している可能性も考えられる。
- 以上を踏まえ、これらが系統特性定数へ与える影響を整理した上で、一次必要量（≒GF確保量）等に応じた系統特性定数を再算出することが必要か（あるいは可能か）どうかの検討を進めていくこととしたい。

	エリア		算出根拠		
緊急時 (低下)	中西エリア	—	<u>発電機特性および負荷特性を考慮した改良Y法シミュレーションより算出（1997年）</u>		
			前提条件		設定根拠
			GF応動特性	ガバナ応動試験結果（5%変化 /25秒）を基にプラント定数を設定	関西・四国・九州におけるガバナ応動試験を実施
	東北・東京エリア	—	GF容量	3%MW	実績調査
			負荷特性	3.33%MW/Hz	英国での負荷特性把握試験結果を準用（1948年）*
	北海道エリア	—	英國での負荷特性把握試験結果（1948年）とGF容量実態より算出		

(参考) 負荷特性の根拠について

36

- 現在、日本（本土系統）で一般的に使用される β_p （有効電力の周波数特性係数）の根拠は1948年にイギリスで実施された負荷特性把握試験結果を基に50Hz系統では4.0%MW/Hz、60Hz系統では3.3%MW/Hzが使用されている。

負荷の周波数特性

1948年9月、英國のCornwall地区（50Hz）で独立系統を作り周波数を48Hzまで低下させ、系統電圧の安定した状態で各発電機出力の同時測定を行って得られたデータの結果、48~50Hzの間では負荷特性は1%の周波数変化に対し負荷の変化が約2%となっている。

また、英國ではこれ以前の1945年にも約1,000MWの工業地区において24回の測定を行い、このうち16回までは周波数1%の変化に対して負荷は1.75~2%の変化であった。

我が国ではこのような大幅な周波数低下の実験を行うことは不可能であり、負荷制限を必要とするような、周波数低下を伴う場合の負荷特性として1%Hz/2%負荷を採用している。

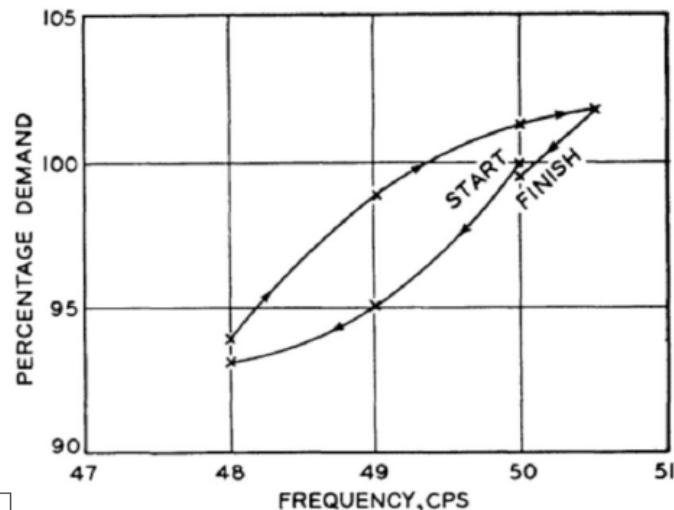
中西 6 社大の技術検討資料より

[%MW/%Hz]⇒[%MW/Hz]の変換について

【60Hz系の変換】: 60[Hz]を100[%]基準とした際の1[%]の変動に対する変動割合を示す

$$\frac{2.0[\%MW]}{1[\%Hz]} = \frac{2.0[\%MW]}{\frac{1}{100} \times 60[Hz]} = 3.33[\%MW/Hz]$$

1948年9月の負荷特性把握試験結果
(Δf と Δp の関係)



電中研資料より

1. 現行の系統特性定数について

2. 系統特性定数に関する論点

論点①：判定方法の妥当性

論点②：系統特性定数の必要性

論点③：系統特性定数の再算出

3. まとめ

- 第2回本作業会（2024年8月29日）における一般送配電事業者からのプレゼン内容を踏まえ、系統特性定数に関する論点・進め方については、大きく次の通りと考えられるか。

➤ **判定方法の妥当性** ⇒No.5-4-1に反映

- 系統特性定数を用いて周波数上昇・低下限度を算出（判定）する場合、その系統特性定数の平常時（N-0）と緊急時（N-2）の算出方法の違いや、過渡的な周波数上昇の扱い等の妥当性を深堀検討する必要があるか。

→ 次回以降、判定方法の妥当性について、検討結果を報告

➤ **系統特性定数の必要性** ⇒No.5-4-2に反映

- 系統特性定数に関する前提（調整力調達の在り方や負荷特性など）が変化している一方で、系統の構成や周波数制御方式も変化していく中、そもそも系統特性定数が、今後も必要かどうかについて、平常時（N-0）、作業時（N-1）、緊急時（N-2等）の事象毎に検討する必要があるか。

→ 次回以降、系統特性定数の必要性について、検討結果を報告

➤ **状況変化による系統特性定数の再算出** ⇒No.5-4-3に反映

- 仮に系統特性定数が将来的にも必要となった場合、調整力調達の在り方の変化による一次調整力がエリア需要の3%を下回る可能性や、負荷側において拡大するインバータ需要による負荷特性が変化している可能性が予想されることを踏まえ、系統特性定数の再算出について検討する必要があるか。

→ 次回以降、周波数上昇側の算出根拠等の考え方を整理するとともに、負荷特性も含めた状況変化を踏まえた再算出の方法（検証の進め方）について検討し、再算出を行う場合には、机上だけでなく実績との突合せ等含めた結果を報告する

以 上