

3.2.4 電気学会 WEST10 機-O/V 系統モデルを用いた解析例

[例 WV-1] 基本的な電圧制御機器を考慮した G8 電源線の電圧安定性解析例

(1) 目的

電気学会 WEST10 機-O/V 系統モデルを対象に、調相設備や変圧器タップ等の基本的な電圧制御機器を考慮した、G8 電源線のローカルな電圧安定性について検討する。

(2) 解析条件

(a) 外乱条件

ノード 218 の負荷急増時に G8 電源線の 1 回線遮断と G8 の部分脱落(ここでは WEST10 機-O/V 系統モデルの発電機内訳例に従い、G8 は 250MW[277.78MVA]・18 台が並列運転していると考え、250MW[277.78MVA]単位で脱落させた)が発生すると仮定した。また、系統内の他の負荷および発電機は、各々負荷特性(有効分:定電流特性、無効分:定インピーダンス特性)および AVR・ガバナフリーの影響による変動のみとし、基本的には不変とした。

なお、ノード 218 の負荷増の条件は、

- ・初期値 1925MW (今回の潮流断面の値) →最終値 2750MW (既存の昼間断面の値)
- ・増加率はデータ集の朝の増加率である 0.6%/分にはほぼ等しくなるようにシミュレーション時間を 70 分に設定
- ・無効電力は PQ 相関関係式 ($Q=0.38P-86 \times 4$, 但し、4 は変圧器並列台数)を用いて最終値 (701MVar) を決定し、初期値の 390MVar から定率(約 1.14%/分)で増加とした。

外乱のシーケンスは図 3.60 の通りであり、計算刻み時間は 10 秒とした。



図 3.60 外乱シーケンス

(b) 考慮した電圧制御機器

・調相設備 (SC)

ノード 318 の SC のみを制御(他ノードの SC は初期容量一定)するものとし、制御データは変圧器タップ制御を参考にして表 3.42 のものを使用した。

SC は通常変圧器 1 次側電圧を制御することが多いため、電圧検出母線(=制御対象母線)は変圧器 1 次側とし、動作遅れ時間は計算刻み時間 10 秒に比べ遮断器投入のための数サイクルと短いことから、これを無視した。

なお、計算には電中研 V 法を使用した。V 法では 1 ノード当たり 1 種類の単機容

量しか扱えないため、単機容量は 100MVA 一定（上限値は割当データ通り 1000MVA）とした。

表 3.42 調相設備 (SC) 制御データ

制御モード	積分制御形	SC 投入条件	0.9puV・秒
電圧検出母線	18 (変圧器 1 次)	単機容量	100MVA
制御目標電圧	1.0pu	容量上限	1000MVA
電圧検出不感帯	0.01pu	動作遅れ時間	0.0 秒

・変圧器タップ

ノード 18 の変圧器タップのみを制御（他の変圧器タップは初期値一定）するものとし、制御データは表 3.43 に示すようにデータ集の 2 種類のデータを用い、その効果を比較した。

通常変圧器タップは変圧器 2 次側電圧を制御することが多いため、電圧検出母線は変圧器 2 次側とした。

表 3.43 変圧器タップ制御データ

[制御 1]

制御モード	積分制御形	タップ変化幅	0.0045pu
電圧検出母線	218 (変圧器 2 次)	タップ上限	1.0495pu
制御目標電圧	1.017pu(潮流計算初期値)	タップ下限	0.9505pu
電圧検出不感帯	0.01pu	動作遅れ時間	6.0 秒
タップ動作条件	0.5puV・秒	—	—

[制御 2]

制御モード	積分制御形	タップ変化幅	0.0045pu
電圧検出母線	218 (変圧器 2 次)	タップ上限	1.0495pu
制御目標電圧	1.017pu(潮流計算初期値)	タップ下限	0.9505pu
電圧検出不感帯	0.01pu	動作遅れ時間	10.0 秒
タップ動作条件	1.2puV・秒	—	—

・発電機過励磁制限 (OEL)

G8 のみに表 3.44 のデータ（割当データそのもの）を考慮した。

表 3.44 発電機過励磁制限 (OEL) データ

OED 検出電圧(pu)	OEL 動作積分整定(pu・秒)	OEL 制限電圧(pu)
1.05	3.0	0.98

(c) 検討内容

上記の外乱および電圧制御機器を考慮した上で、G8 の部分脱落量をパラメータにして発電機 G8 の残存部分の OEL が動作する境界を検討した。

(d) 使用したプログラム：電中研系統電圧シミュレーション解析プログラム（V法）^{[1],[2]}
（連続静的解析）

(e) 単巻変圧器の扱いについて

電気学会 WEST10 機-O/V 系統モデルでは右半分の負荷用（送電用）変圧器を単巻変圧器としているが、単巻変圧器の特徴である「タップ位置によるインピーダンス変化」を模擬することは学生や初学者用としては難しすぎることやその模擬方法も統一されていないという問題がある。このため、本計算例ではリアクタンスやタップデータは単巻変圧器のデータを使用しているが、モデルはV法の3巻変圧器モデルを使用した。

(3) 解析結果

検討の結果、変圧器タップ制御の違いにかかわらず、

- ・ G8 の部分電源脱落量が 2,650MW（残量 500MW）までは OEL は動作せず
- ・ G8 の部分電源脱落量が 2,900MW（残量 250MW）で OEL 動作となった。

また、変圧器タップ制御の影響を比較すると表 3.45 のようになり、今回の解析範囲では殆ど差はないが、G8 の残量が 250MW のケースでは、タップ動作の早い「制御 1」の方が、変圧器 1 次側（N18）電圧が低下し、電圧的には若干厳しい結果となっている。

（→この結果からデータの割当てに当たっては、「制御 1」を選定した。）

表 3.45 変圧器タップ制御の影響比較

	G8 残量:250MW		G8 残量:500MW	
	制御 1 (ケース 1)	制御 2 (ケース 2)	制御 1 (ケース 3)	制御 2 (ケース 4)
タップ動作回数	16	11	6	4
タップ最終値	0.9640	0.9685	0.9910	0.9910
N18 電圧最終値(pu)	0.94506	0.94590	0.97541	0.97541
N218 電圧最終値(pu)	1.00194	0.99809	1.00571	1.00571
N318 電圧最終値(pu)	1.12125	1.11694	1.12546	1.12546

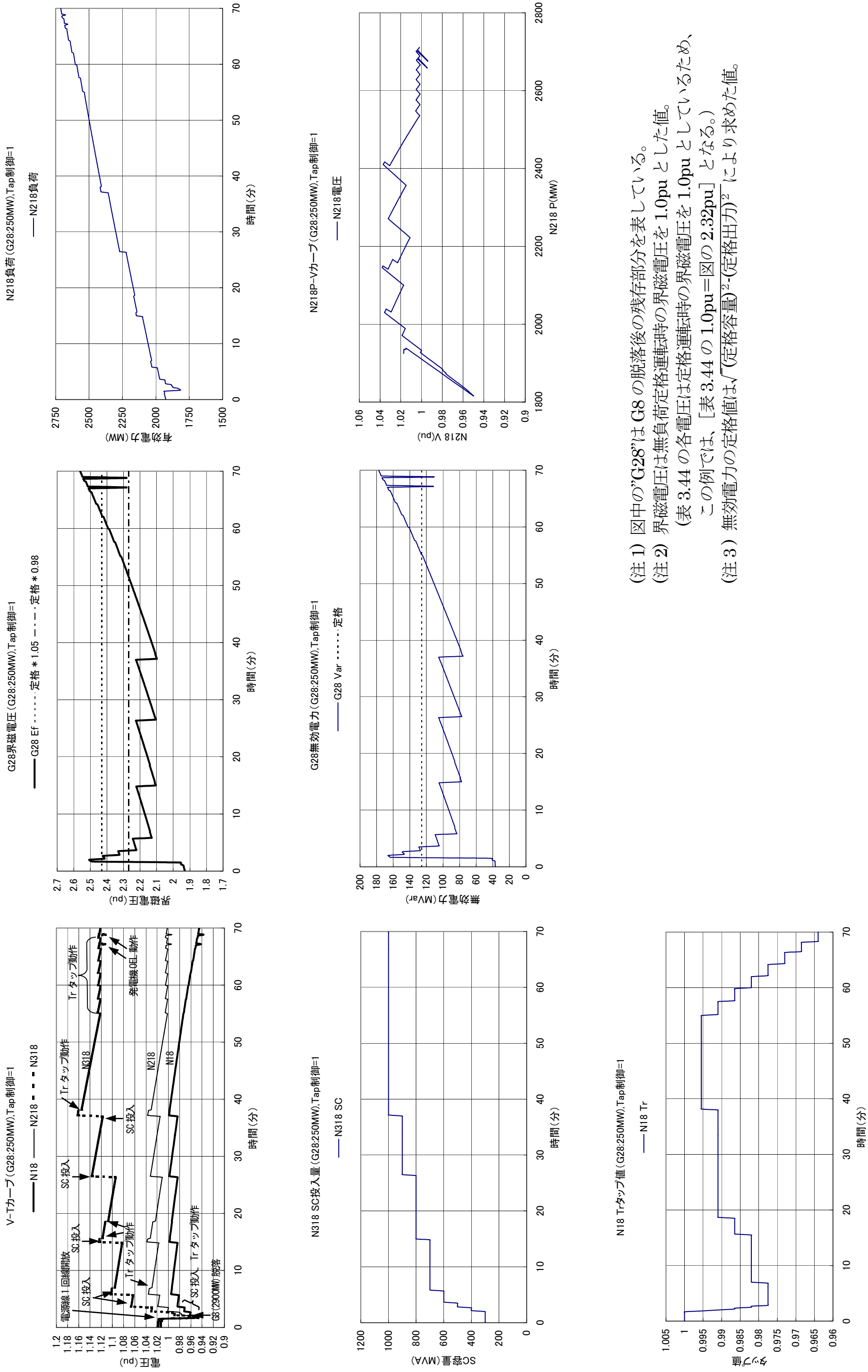
(注) 最終値：70分時点の値

ケース 1～3 の時系列波形を図 3.61～3.63 に、また、ケース 1 の最終断面（70分時点）の潮流図を図 3.64 に示す。

参考文献

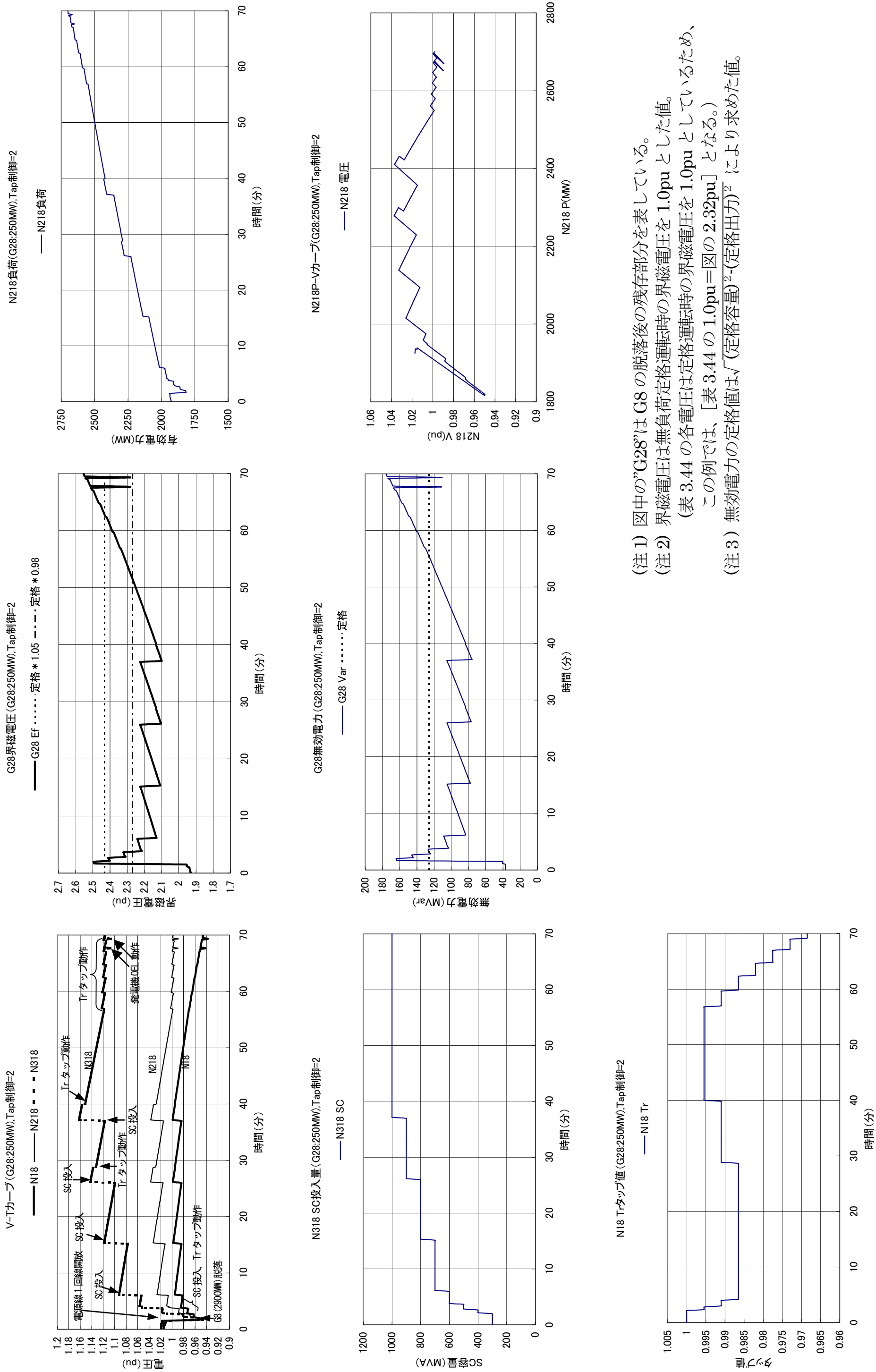
[1] 3.2.2 項 参考文献[1]に同じ

[2] 3.2.2 項 参考文献[2]に同じ



(注1) 図中の”G28”は G8 の脱落下の残存部分を表している。
(注2) 界磁電圧は無負荷定格運転時の界磁電圧を 1.0pu とした値。
(表 3.44 の各電圧は定格運転時の界磁電圧を 1.0pu としているため、この例では、[表 3.44 の 1.0pu = 図の 2.32pu] となる。)
(注3) 無効電力の定格値は、 $\sqrt{(\text{定格容量})^2 - (\text{定格出力})^2}$ により求めた値。

図 3.61 ケース 1 (G8 残存量 : 250MW[277.78MVA], 変圧器タップ制御=制御 1) の時系列波形



(注1) 図中の”G28”は G8 の脱落下の残存部分を表している。
(注2) 界磁電圧は無負荷定格運転時の界磁電圧を 1.0pu とした値。
(表 3.44 の各電圧は定格運転時の界磁電圧を 1.0pu としているため、この例では、[表 3.44 の 1.0pu = 図の 2.32pu] となる。)
(注3) 無効電力の定格値は $\sqrt{(\text{定格容量})^2 - (\text{定格出力})^2}$ により求めた値。

図 3.62 ケース 2 (G8 残存量 : 250MW [277.78MVA], 変圧器タップ制御=制御 2) の時系列波形

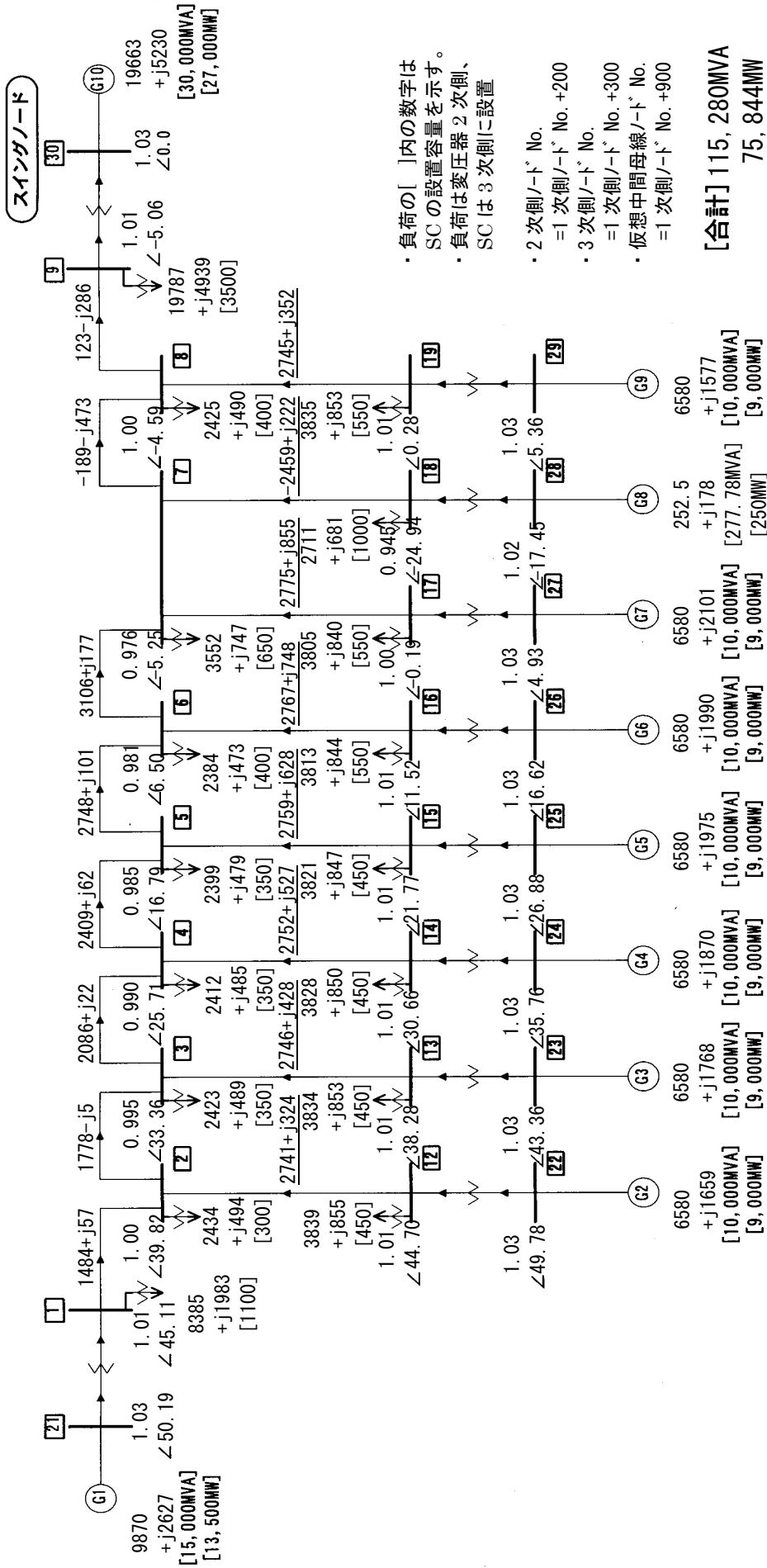


図 3.64 ケース 1 の最終 (70 分時点) 潮流断面