

電力系統の安定性に関わる解析技術の歴史

電力系統解析技術の歴史調査専門委員会編

目 次

1. まえがき	3	5. 需給・周波数制御	37
2. 電力系統シミュレータ	4	5.1 わが国の給電運用自動化の歴史	37
2.1 シミュレータの役割	4	5.2 周波数制御に関する解析技術	38
2.2 模擬送電線／交流計算盤	4	5.3 経済負荷配分に関する解析技術	40
2.3 アナログシミュレータ	5	5.4 プラントモデルの変遷	41
2.4 デジタルシミュレータ	6	6. 負荷モデルと下位系統縮約	43
2.5 各種のシミュレータ	10	6.1 負荷モデル	43
2.6 計算機シミュレーション	10	6.2 下位系統縮約	46
2.7 訓練用シミュレータ	12	6.3 系統安定度解析への適用	48
3. 潮流計算・電圧安定性	15	7. 系統保護・安定化制御	51
3.1 潮流計算	15	7.1 系統保護・安定化制御技術発展の契機	51
3.2 潮流計算方法の変遷	16	7.2 系統安定化システム開発の変遷	51
3.3 潮流計算を基にした解析計算	18	7.3 解析技術の適用により開発された装置	53
3.4 電圧安定性解析手法	19	8. 信頼度評価	59
3.5 状態監視と電圧無効電力制御	20	8.1 信頼度の概念と評価	59
4. 同期安定性	24	8.2 信頼度基準	60
4.1 電力系統と同期安定性	24	8.3 需給信頼度の評価	60
4.2 同期機の制御とモデリング	25	8.4 流通ネットワークを考慮した信頼度評価	62
4.3 数値積分手法	27	9. 新たな課題と将来展望	65
4.4 等面積法・エネルギー関数法	28	9.1 分散電源が連系した配電系統の解析・シミュレーション技術	65
4.5 固有値解析法	29	9.2 フェーザ計測と広域監視に関する解析技術	68
4.6 故障計算・短絡容量計算	31	9.3 将来展望	70
4.7 大規模電力系統における系統縮約	33	10. あとがき	72
4.8 パワーエレクトロニクス応用	34	付録1 高調波解析技術	73
		付録2 年表	74
		付録3 略語集	75

電力系統解析技術の歴史調査専門委員会委員

委員長 谷口治人(東京大学)
幹事 坂本織江(上智大学)
幹事 藤原修平(三菱電機)
委員 荒井純一(工学院大学)
飯塚俊夫(電源開発)
伊庭健二(明星大学)
梅田信雄(関西電力)
瓜生芳久(成蹊大学)
片岡良彦(東京電力パワーグリッド)
駒見慎太郎(北陸電力)
斎藤浩海(東北大学)
田岡久雄(福井大学)
田中和幸(富山大学)

委員 田能村顕一(東芝エネルギーシステムズ)
田村滋(明治大学)
永田真幸(電力中央研究所)
中西要祐(早稲田大学)
仁田旦三(上智大学)
丹羽祥仁(中部電力)
福井千尋(日立製作所)
途中退任 貝塚泰一(関西電力)
委員 下村公彦(中部電力)
舘竜司(中部電力)
主な 安田忠彰(東京電力パワーグリッド)
協力者 雪平謙二(電力中央研究所)

1. まえがき

電力系統は、3E+S（Energy Security, Environmental Conservation, Economy + Safety）を基にその設計、構築、運用、保守を行ってきている。この過程において、電力系統解析技術は必須である。今まで多岐にわたる解析技術が進展してきた。各解析技術の近年の成果はそれぞれにまとめられている。ここでは、特に、歴史的視点に立って解析技術をまとめることを目標に電気学会の基礎・材料・共通部門（A 部門）の電気技術史技術委員会の下に「電力系統解析技術の歴史調査専門委員会（2014.11.01~2017.10.31）を立ち上げた。この報告書はその成果をまとめたものである。

電力系統解析技術は、電力系統の設計、構築、運用、保守の項目の内、系統計画、系統運用に関するものが非常に多い。これを中心に歴史的にまとめることを主眼とした。このことに関して、古くは、関根泰次著「電力系統解析理論」（昭和 46 年、電気書院）⁽¹⁾ に下表のようにまとめられている。ここで示された項目は、直接解析にあたる項目もあるが、いわゆる大项目的であることも注意すべきである。当時は電力系統拡充期であり、現在とはその状況が異なっている点もあり、修正・追加すべき項目があると考えが、このことに関しては別の調査研究が必要であろう。しかし、基本的には現在も同じであろう。

表 1.1 解析技術のまとめ

Table 1.1. Summary of analysis technique

計画	運用
<ul style="list-style-type: none"> ● 負荷需要の分析と予測 ● 電力系統の供給信頼度 ● 発電計画 ● 発電設備の拡充 ● 電力系統の構成と送配電設備の拡充 ● 電力系統の連系 ● 電力系統の短絡容量 ● 系統構成要素の限界容量 	<ul style="list-style-type: none"> ● 水火力系統の短期・長期経済運用 ● 火力発電の起動停止 ● 電力系統の連系運用（広域運用） ● 電力系統の周波数・電圧・電力潮流制御 ● 電力系統の事故時系統保護対策

さて、これらの技術の変遷には、あるきっかけがある。それは、以下のようにまとめられると考えた。

- ✓ いわゆる IT におけるハードウェアの発展
- ✓ 同上に伴うソフトウェアの発展
- ✓ 数学的理論、物理的理論の発展
- ✓ 電力系統に関わる変化や事故
- ✓ 電力機器の発展（例えば、パワーエレクトロニクス技術など）
- ✓ 以上の様な項目が新しい技術進歩を生んだこと
等が考えられる。

解析技術は広範囲である。この調査専門委員会は、具体的な項目として、系統解析シミュレータ（訓練シミュレータを含む）、潮流計算にかかわる項目、同期の安定性、需給・周波数に関わる項目、負荷に関わる項目、系統保護と安定

化制御に関わる項目、信頼度に関わる項目、さらに再生可能エネルギー利用や、電力自由化に関わる項目等、新たな課題と今後の展望を含め、調査を行うこととした。解析技術全てを網羅したものではないが、重要項目を取り上げたと考えている。

参考文献

- (1) 関根泰次：「電力系統解析理論」，電気書院（1971）