

## 停電作業計画手法に基づく系統操作手順作成法に関する一考察

建部純\*, 朝原春海, 川原耕治, 造賀芳文, 餘利野直人  
 (広島大学) (中国電力) (広島工業大学) (広島大学)

### 1. はじめに

電力の安定供給を確保するためには、電力設備の増設・補修・点検などの業務を遂行しなければならず、機能を停止させる作業（以下、停電作業と呼ぶ）が必要となる。停電作業の主目的は、設備の信頼性を維持することにあるが、作業中は供給信頼度の低下を招く恐れがあるため、系統切替、発電時期や重負荷時期における制約、同調作業による作業停止期間の現象等の諸事情を考慮し、停電作業による顧客へのサービス低下を招かないように計画（以下、停電作業計画と呼ぶ）を作成する必要がある。停電作業計画とは、安定な電力供給を損なうことなく、電力設備の増設・補修・点検等を実施するための計画を決定することである。この一つとして停電作業が可能な系統（以下、作業系統と呼ぶ）を決定する必要がある。

停電作業計画に加えて、実際に停電作業を行うためには、どのように系統操作を行うかという計画も必要となる。この系統操作は、作業を行う前の系統（以下、常時系統と呼ぶ）と、作業系統が定まっているとき、常時系統から作業系統に系統状態を変化させていくことである。この系統操作の手順についても、事前に計画する必要がある。これを、系統操作手順作成と呼ぶ。

この系統操作手順作成は、手順の確認作業を行う計画担当者に大きな負担が強いられ、高い信頼度を維持した自動化への要望があった。

そこで、本論文では、これまで我々が提案を行ってきた停電作業計画システムを活用した効率的な系統操作手順作成法を提案し、実運用で用いられる常時系統と作業系統を用いて有効性の検証を行う。以下、まず停電作業計画手法の概略を述べた後、手順作成に関する提案手法について説明する。

### 2. 停電作業計画手法

停電作業計画は、様々な作業制約および系統運用制約を満たしつつ、電力需要、気象条件、発電機の起動停止、作業日程、同調作業(複数の作業を一つにまとめて実行すること)、作業時の系統構成等、電力系統全体を考慮する必要がある、それら全てをシステム化することが困難であった。このため我々は、停電作業計画問題を作業時の系統構成を決定する問題として解く方法を提案してきた。

この手法では、調査結果に基づき、作業系統が存在する解空間を常時系統周辺に制約し、その範囲内における全ての作業系統を生成し、その中で系統運用上の制約を満たすものを作業系統候補とする(図1)。

提案する系統操作手順作成法は、この停電作業計画で得られた作業系統候補集合を活用する。次節にてその詳細を説明する。

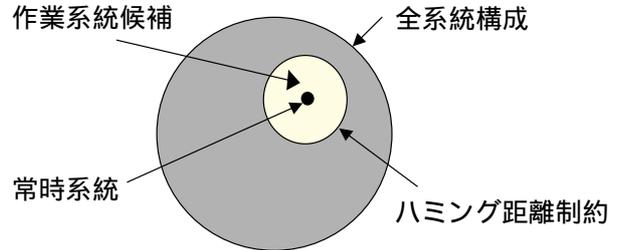


図1. 常時系統周辺の関係図

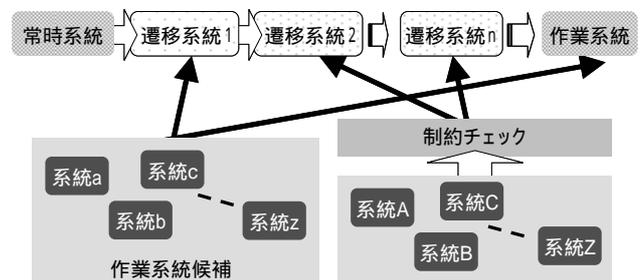


図2. 提案法の概要

### 3. 系統操作手順作成法

本論文では、停電作業計画手法に基づいた系統操作手順作成法について提案を行う。提案手法は、常時系統と作業系統が定まっているとき、その間の遷移系統を作業系統候補から抽出することで、新たな系統構成の生成や運用上の制約チェックを省略することができる。それでもなお、必要な系統構成が抽出できない場合には、新たに系統構成を生成し、制約チェックを課すことで作業系統候補と同等の信頼度を持つ遷移系統を得ることができる(図2)。

#### 3.1 系統操作手順作成問題

本論文では、初期系統である常時系統と目標系統である作業系統が定まっているとき、系統操作手順作成問題を、その間の供給信頼度を最大化する遷移系統の組合せを決定する組合せ最適化問題として捉える。

##### (a) 目的関数

供給信頼度の最大化を、N-2 供給支障電力の最小化とすることで目的関数とした。ここで、N-2 供給支障電力とは、同時二箇所の事故が起こったときの、供給支障電力の総和のことである。

$$\min \sum_{\substack{x_i \in T \\ T \subset S}} f(x_i) \quad \dots\dots\dots (1)$$

(b)制約条件

(1)相差角制約 系統操作時の操作設備端の電圧位相差は規定値内であればならない。

$$\delta_j^{open} \leq \delta^{max} \quad \dots\dots\dots (2)$$

(2)一操作一線路制約 一度に二つ以上の設備を操作することはできない。

$$\|x_i - x_{i+1}\| = 1 \quad \dots\dots\dots (3)$$

(3)端点制約 常時系統を始点とし,作業系統を終点とした系統操作でなければならない。

$$x_I = x_0, x_F = x_N \quad \dots\dots\dots (4)$$

(4)線路容量制約 電力潮流は線路容量上限値以内でなければならない。

$$|P_j| \leq P_j^{max} \quad \dots\dots\dots (5)$$

このように,制約条件を満たした上で,N-2 供給支障電力を最小化することにより,系統操作手順を導く。

3.2提案システムの処理順序

系統操作手順作成は,常時系統および作業系統を初期条件として,その間の供給信頼度を最大化するような遷移系統を生成し,時系列に並べるヒューリスティックな手法を用いることによって行う。図3に,系統操作手順作成のフローチャートを示す。

4.シミュレーション

提案法の有効性を検証するため,シミュレーションを行った。

4.1シミュレーション条件

- (1)常時系統:実系統をモデルとした系統(図4:109母線,138送電線)
- (2)停電作業する全3ケース(図4に示す3箇所)
- (3)相差角規定値を10°とする。

4.2適用結果と考察

全3ケースについて系統操作手順と供給信頼度(N-2供給支障電力)を求めた。そのうち,1ケースは差分内操作のみの手順となり,残りの2ケースは差分外操作を必要とする手順となった。表1は,差分内操作のみで手順が求まった作業線路L13についての系統操作手順を示し表2は,差分外操作を必要とする作業線路L37についての系統操作手順を示す。これらの表は,左から操作番号,操作線路,操作内容を示しており,例えば表1については,1回目の操作として線路L111を開放状態から接続状態に変化させることを表わしている。

L13のケースについては,相差角違反はなく,差分内操作のみで手順が求まった。これに対し,L37のケースについては,相差角違反によりL110を操作できず,差分内操作のみでは手順を導くことができなかった。そこで,差分外線路であるL21を一度接続状態に変化させた後,L110ならびにL30の操作を行い,L21を元の開放状

態に戻すという手順となった。

シミュレーションによって,差分内操作のみで手順が作成できない場合には,差分外操作も行うことで,全3ケースに対してそれぞれN-2供給支障電力を最小とする手順が求まった。停電作業計画で考慮する解空間において解を求めることができ,提案法が有効であるといえる。

5.おわりに

本論文では,停電作業計画を活用した効率的な系統操作手順作成法について提案し,その解法について述べた。また,実系統を用いたシミュレーションを行い,提案手法の有効性を示した。

今後の課題としては,より多くのケースに対しての検証や,遷移系統に考慮される制約の検討などが挙げられる。

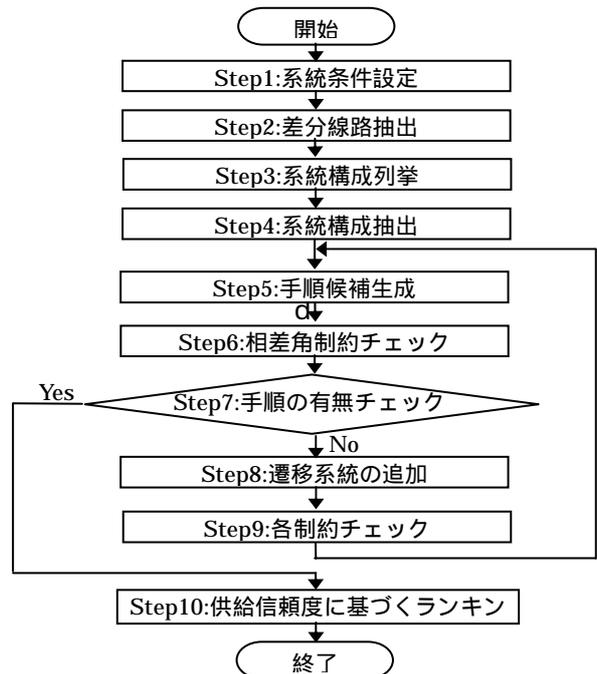


図3.システムのフローチャート

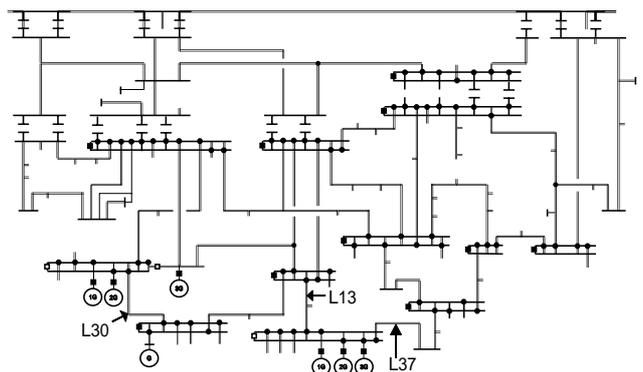


図4 シミュレーション系統

参考文献

- (1)朝原春海:「高供給信頼度系統構成を基礎とした停電作業計画支援システムに関する研究」,平成18年度広島大学工学研究科博士論文,(2006-9)
- (2)建部純:「停電作業計画手法に基づく系統操作手順作成法に関する研究」,電力技術合同研究会(2006-8)