

# 異系統ループ切替検討手法の確立

## 異系統ループ横流想定ツールの開発とその評価

### Establishment of an Evaluation Method for Loop Switching between Different Systems Development and Assessment of a Loop Current Estimation Tool

(名古屋支店 営業部 配電技術G、  
静岡支店 営業部 配電運営課、岐阜支店 営業部 配電運営課、  
エネルギー応用研究所 お客さまネットワークG 配電T)

上位系統が異なる配電線間のループ切替において、開閉器投入時に変電所間の送電電圧差やその位相差等により電流(ループ横流)が発生する場合がある。配電線・変電所の条件によってはループ横流が過大となり、配電線が停止するおそれがある。そこで、このリスクを評価し、適切に対処するために、簡便にループ横流を想定する「異系統ループ横流想定ツール」を開発し、実測結果との比較によってその確からしさを確認した。

(Distribution Technology Group, Sales Department, Nagoya Regional Office; Distribution Administration Division, Sales Department, Shizuoka Regional Office; Distribution Administration Division, Sales Department, Gifu Regional Office; Distribution Engineering Team, Customer Supply Network Group, Energy Applications Research and Development Center)

When loop switching is performed between distribution systems having different upper systems, there is a risk that a power failure will be caused by the excessive current (loop current) generated when the switch is closed, depending on the difference between the transmission voltages at substations or a phase difference. In order to avoid this risk, Chubu Electric Power Co., Ltd. has developed a loop current estimation tool that allows for easy estimation of loop currents, and has confirmed its reliability through comparative evaluation of the actual measurement results.

## 1 背景

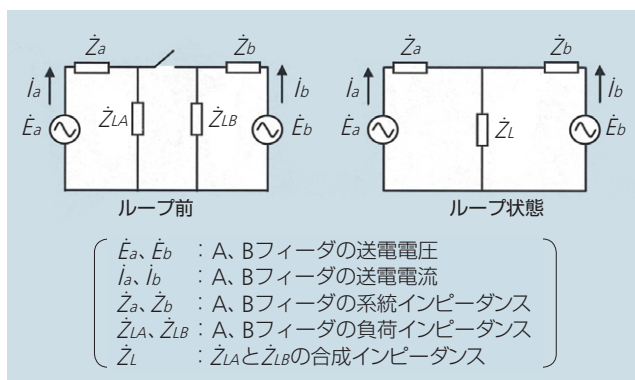
わが国の配電系統では、配電線間のループ点の開閉器を常時開路して、故障停電時または作業停電時にこれを投入して逆送する常時開路ループ方式が主に用いられている。ループ状態の配電線では送出電圧およびその位相差等に起因したループ横流が発生する。配電線の条件によっては、フィーダ電流が著しく増加して変電所の過電流保護リレーが動作する可能性がある。したがって、配電線切替を実施する前に当該配電線の多岐にわたる諸条件(パラメータ)からループ時の配電線電流を想定し、必要な切替対策を講じる必要がある。そこで、事業場で容易に入手可能なパラメータだけを用いて簡易に想定できる手法の開発が望まれていた。

## 2 パラメータの影響評価

想定に適用する各パラメータの影響について分析した。

### (1) ループ状態の配電線に流れる電流の理論検討

第1図に単相ベースの配電線の等価回路の例を示す。なお、負荷は配電線の末端に接続した。



第1図 等価回路

回路方程式よりループ状態における $I_a$ を求めると(1)式となる。

$$I_a = \frac{E_a \cdot Z_b}{Z_a \cdot Z_b + Z_a \cdot Z_L + Z_b \cdot Z_L} + \frac{(E_a - E_b) Z_L}{Z_a \cdot Z_b + Z_a \cdot Z_L + Z_b \cdot Z_L} \dots (1)$$

実配電線の各パラメータを詳細測定し、それらパラメータを(1)式に代入した計算結果と実配電線における測定結果は一致した。

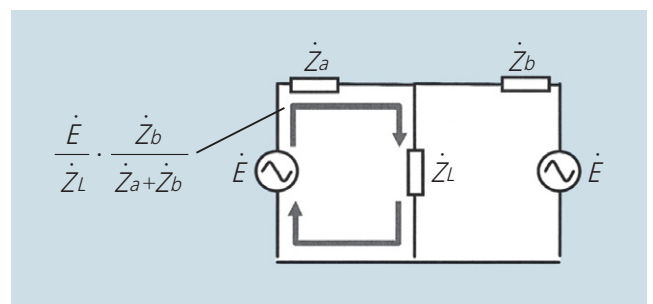
### (2) パラメータの影響評価

(1)式では各パラメータが相互に作用しているため、ループ横流に対する影響を評価することは困難である。そこで、 $I_a$ を負荷に流れる電流成分と両フィーダ間を循環する電流成分に分離して(1)式を近似・変形し、それぞれの電流成分における各パラメータの影響を評価した。

(1)式を近似・変形し、(2)式とした。

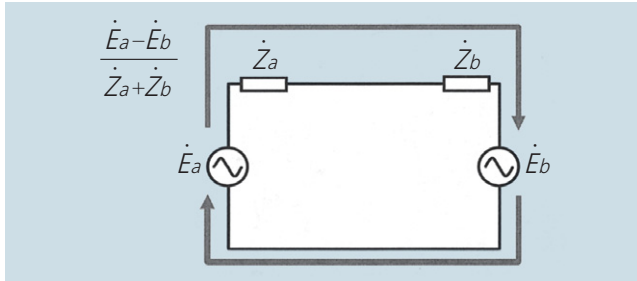
$$I_a \cong \frac{E}{Z_L} \cdot \frac{Z_b}{Z_a + Z_b} + \frac{E_a - E_b}{Z_a + Z_b} \dots (2)$$

(2)式の右辺第1項は、フィーダの全負荷をA、Bフィーダそれぞれの系統インピーダンスで按分した負荷電流成分とみなすことができる。この電流成分は、それぞれの系統インピーダンス比の影響が大きい。



第2図 負荷電流成分

(2)式の右辺第2項は、両フィーダ間を循環する系統循環電流成分とみなすことができる。この電流成分は、負荷インピーダンスによる影響をほとんど受けず、両フィーダ間の電圧差と系統インピーダンス和の影響が大きい。



第3図 系統循環電流成分

それぞれの電流成分毎に各パラメータの影響を第1表のとおり評価することができた。

第1表 パラメータの影響

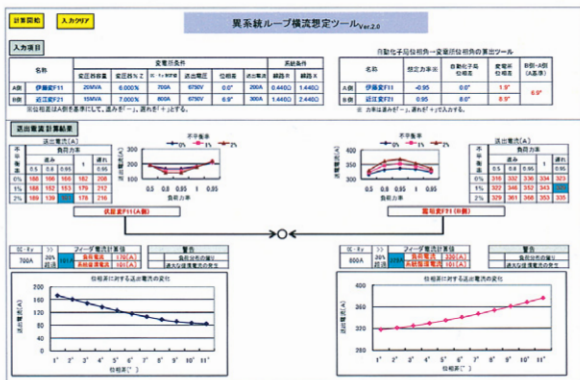
条件	パラメータ	影響	
		負荷電流成分	系統循環電流成分
送電条件	送電電圧	影響が小さい	影響が大きい
	電圧位相差		
	電圧不平衡		
系統条件	系統インピーダンス	両配電線の系統インピーダンス比の影響が大きい	両配電線のインピーダンス和の影響が大きい
負荷条件	負荷量	影響が大きい	影響が小さい
	負荷力率		
	負荷分布		

この評価結果から適用するパラメータを選択し、想定に用いる想定ツールを作成した。

### 3 異系統ループ横流想定ツール

事業場で容易に収集可能なデータ※1だけを用いて、ループ時のフィーダ電流の想定ができる「異系統ループ横流想定ツール」(以下、「ツール」と略記。)を開発した。なお、電圧不平衡率および負荷力率によるフィーダ電流の変化はグラフにて確認できる機能を具備し、負荷分布は配電線の中間に集中したモデルを適用した。

※1: 送電電圧、電圧位相差、送電電流、系統インピーダンス



第4図 異系統ループ横流想定ツール

このツールを用いてフィールド検証試験を実施し、その分析結果から過大なループ横流が発生する条件におけるツールの適用条件について検討した。

## 4 フィールド検証試験

実配電線での配電線切替操作を行い、実測結果とツールを用いた想定結果を比較した。

例として、第2表に詳細測定した配電線における実測結果と想定結果の比較結果を示す。

第2表 実測結果と想定結果の比較結果

測定営業所(支店)	配電線	位相差 [°]	送電電流[A](ループ前)	送電電流[A](ループ状態)	
				実測結果	計算結果
掛川(静岡)	A	6	203	256	248
	B		120	77	110
岐阜(岐阜)	C	12	66	201	197
	D		21	119	130
旭名東(名古屋)	E	3	205	260	250
	F		205	148	169

配電線Bを除き、想定結果は実測結果に対して近似な値になっていることから、ツールが適切にループ横流を想定できたと考えられる。想定結果と実測結果が乖離する原因について負荷電流成分と系統循環電流成分に分けて考察した。

#### (1) 負荷電流成分に起因

配電線全体の負荷の大部分が変電所付近またはループ点の開閉器付近に集中している場合、想定結果と大きく異なる負荷電流成分が発生する。

#### (2) 系統循環電流成分に起因

変電所の至近における配電線切替等の両配電線の系統インピーダンス和が小さい条件では、僅かな送電電圧差または電圧位相差の変化によって系統循環電流成分は大きな影響を受ける。

さらに、80箇所の配電線にて簡易的な測定を実施して実測結果と想定結果を比較した結果、上記の考察と同様の結論を得た。これらの検証試験の結果から、想定とは異なる過大なループ横流が発生する条件でのツールの適用条件を明確にし、実用化の目的を得ることができた。

## 5 今後の展開

関係者と作成したツールの全社適用に向けた検討を実施していく。

なお、本研究の実施に関して、北営業所 配電運営課、旭名東営業所 配電運営課、掛川営業所 配電運営課、岐阜営業所 配電運営課の関係者の方々に多大なるご支援をいただきました。関係各位に深く感謝いたします。



執筆者 / 伏屋貴文