

ドライエア断路器の母線ループ電流開閉性能評価

Evaluation of Bus Transfer Current Switching Performance with Synthetic Air Disconnecter

自然由来ガスを用いた断路器の性能検証および 低環境負荷機器の導入を目指して

欧米でSF₆ガス規制が進み、SF₆ガスに比べて環境負荷の低い代替ガスを用いたガス絶縁開閉装置（GIS）の需要が増している。酸素および窒素からなるドライエアは環境負荷ゼロであり、SF₆代替ガスとして注目される一方、電流開閉性能や絶縁回復特性に課題がある。そこで、当社の設備運用実態を踏まえたうえで、実機断路器を用いて母線ループ電流開閉性能の検証を行い、SF₆代替ガスGISの開発および導入に資する知見を得た。



執筆者

中部電力パワーグリッド
エンジニアリングセンター
用品開発グループ
尾関 大輝

1 はじめに

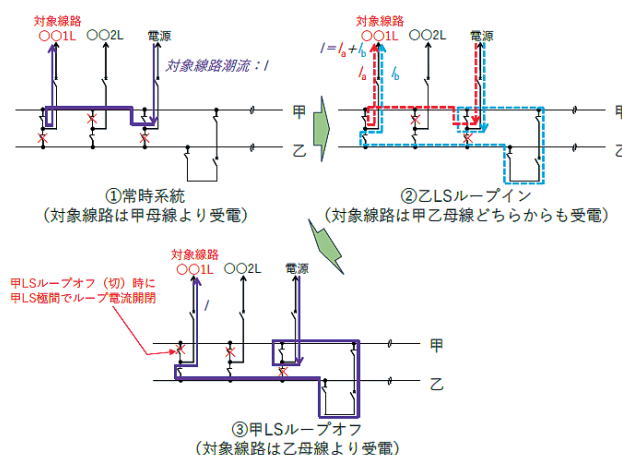
近年、地球温暖化係数（GWP）の高い六フッ化硫黄（SF₆）ガスに対する規制が欧米を中心に進んでおり、GWPおよび環境負荷が低いSF₆代替ガスを適用したガス絶縁開閉装置（GIS）の需要が高まっている。SF₆代替ガスの一つであるドライエアはGWPがゼロであり、環境負荷を大幅に低減できる自然由来ガスである。無害かつ入手性やハンドリング性に優れるため、持続可能な絶縁媒体として注目されている。

一方で、従来のSF₆ガスに比べてドライエアは電流開閉性能や絶縁回復性能が劣るため、GISを構成する断路器の母線ループ電流開閉等の電流開閉責務に対するドライエアの特性を把握することは、実システムへの適用を検討するうえで不可欠である。

そこで、当社管内の設備運用実態を踏まえたうえで、簡易な接点構造を有する断路器にドライエアを適用し、母線ループ電流開閉性能を評価した。本検討は、ドライエア断路器の適用の可能性を検証し、将来的なSF₆代替ガスGISの開発および導入に活用するための知見を得ることを目的として実施した。

2 母線ループ電流

甲乙二重母線変電所では、信頼性向上や運用柔軟性の確保を目的として、2つの母線（甲母線・乙母線）を設け、母線を切替可能な構成を採用している。この構成において、運転中に負荷を停止することなく、母線切替を行うことができる。母線切替の際に生じる電流を母線ループ電流という。第1図に母線ループ電流の発生機序（甲母線から乙母線への受電切替）を一例として示す。この切替過程で、断路器が開閉する電流および回復電圧への対応が要素技術の一つとなっている。従来のSF₆ガスを用いた断路器では、アーク消弧性能が高く、ループ電流開閉に対する要求性能を満足しやすい。一方、ドライエアはSF₆ガスに比べて電流開閉性能や絶縁回復性能が低いため、SF₆代替ガスGISの開発およびフィールド導入の課題となっている。



第1図 母線ループ電流の発生機序

3 フィールドの実態調査

調査対象は、当社管内のGIS電気所の中から母線ループ電流および回復電圧が過酷となるパラメータ（潮流・回線数・ループ長）を考慮し、回路電圧ごとに代表箇所を選定した。調査対象の回路電圧は77～275kVクラスとした。以下の項目について電気所毎に調査し、母線ループ電流および回復電圧を算定した。算定結果を第1表に示す。

- ピーク潮流（夏季・冬季ピークのうち過酷側を採用）
- ループ長（母線セクション開閉器の入・切も考慮）

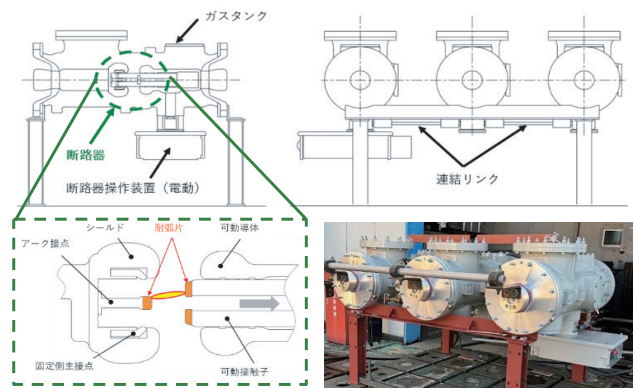
第1表 母線ループ電流および回復電圧算定結果

回路電圧 [kV]	フィールド実態				JEC-2310:2014	
	変電所	定格電流 [A]	ループ電流 [A]	回復電圧 [V]	ループ電流 [A]	回復電圧 [V]
275	a変電所	8,000	3,116	97.3	4,000	100
275	b変電所	8,000	3,077	47.3	4,000	100
154	c開閉所	4,000	2,511	19.3	3,200	100
77	d変電所	2,000	832	6.4	1,600	100

いずれの電気所も母線ループ電流および回復電圧はJEC-2310:2014規定値を下回る結果となった。a変電所においては、母線セクションを経由したループ切替であり、ループ経路が長くなったため、他箇所と比べて回復電圧が大きくなったと想定される。

4 試験条件

供試断路器は、主接点と先端に耐弧片を有するアーク接点とで構成される並切消弧方式（第2図）とし、ドライエア0.6 MPa-gを封入した。フィールドの実態調査の結果およびJEC-2310:2014に規定の定格電流2,000 A条件（開閉電流1,600 A、回復電圧100 Vおよび過渡回復電圧上昇率100 V/ μ s）を基準に、第2表に示すように回復電圧値と開閉電流値を変化させた。各条件にてループ電流開閉を行い、回復電圧または開閉電流とアーク時間の電圧・電流の依存性を確認した。JEC-2310:2014ではGISと気中絶縁機器とが混在する変電所の回復電圧は300Vを規定しているため、性能把握を目的に回復電圧は最大300Vまで検証した。



第2図 供試断路器の姿図および消弧方式

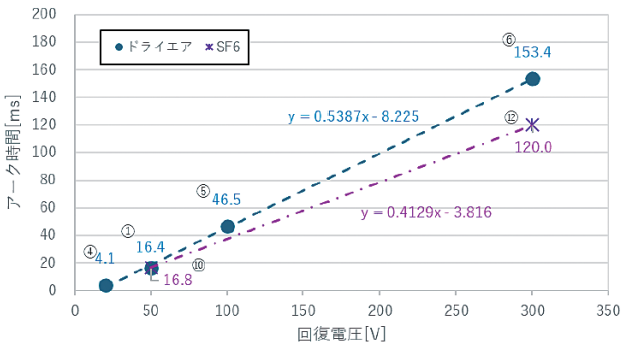
第2表 試験条件

条件No.	ガス種	ガス圧 [MPa-g]	開閉電流 [A]	回復電圧 [V]	回数
1	ドライエア	0.6	1,600	50	10
2	ドライエア	0.4	1,600	50	10
3	ドライエア	0.2	1,600	50	10
4	ドライエア	0.6	1,600	20	10
5(基準)	ドライエア	0.6	1,600	100	10
6	ドライエア	0.6	1,600	300	10
7	ドライエア	0.6	960	50	10
8	ドライエア	0.6	2,400	50	10
9	ドライエア	0.6	3,200	50	10
10	SF ₆	0.6	1,600	50	10
11	SF ₆	0.6	3,200	50	10
12	SF ₆	0.6	1,600	300	10

5 試験結果

(1) 回復電圧依存性

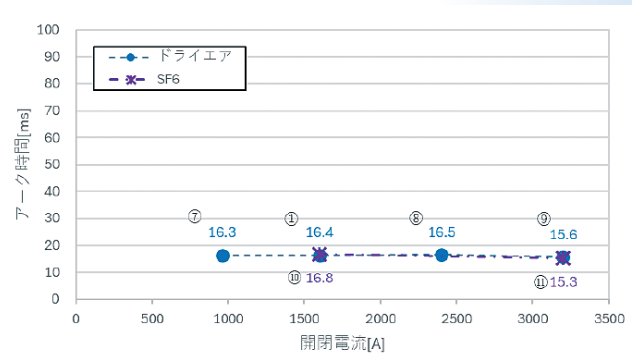
第3図にループ電流1,600 A条件における回復電圧依存性を示す。SF₆ガスおよびドライエアともに回復電圧が高くなるにつれてアーク時間も伸びており、正の相関傾向を示した。回復電圧300Vにおいて、ドライエアは平均アーク時間が150msを超え、SF₆ガスに比べて長くなった。



第3図 回復電圧とアーク時間の関係

(2) 開閉電流依存性

第4図に回復電圧50 V条件における開閉電流依存性を示す。いずれの開閉電流条件においてもSF₆ガスおよびドライエアともにアーク時間に変化がなく、開閉電流1サイクル以下の安定した遮断性能が確認された。回復電圧50Vでは、SF₆ガスとドライエアの遮断性能に有意差はみられなかった。



第4図 開閉電流とアーク時間の関係

6 まとめ

簡易的な接点構造のドライエア断路器を用いて母線ループ電流開閉性能を比較評価した結果、回復電圧とアーク時間は正の相関傾向を示し、回復電圧50 V条件では開閉電流条件に依らず安定した遮断性能であることを確認した。

フィールドの実態調査結果では、母線セクション経由のループ切替を除き、回復電圧の実態は50V以下であり、ドライエア断路器の適用見込みがあることを確認した。また、154kVおよび77kV系統の回復電圧は20V以下であったため、要求仕様を低減することで、機器コスト低減やSF₆代替ガス機器の開発促進が期待される。

7 参考文献

- 野田他：「補助接触子を付属しない気中断路器におけるループ電流開閉性能評価」 2025年度 電気学会 放電・プラズマ・パルスパワー/静止器/開閉保護合同研究会
- 小池他：「ドライエア断路器のループ電流開閉性能評価」 令和7年 電気学会全国大会