

バリスタを用いた新型限流装置の電力系統への適用

短絡電流抑制対策への切り札

The Application of the New Fault Current Limiter (FCL) Using Varistors to Electric Power Systems

Ace in the hole for short-circuit current limiting

(系統運用部 系統技術G)

将来、500kV基幹系統において短絡容量が増大し、遮断容量を超過することが予想される。そこで、短絡電流抑制対策として、バリスタを使用した常時系統への影響がなく、故障時のみ限流効果を発揮する受動的な限流方式をGEと共同で考案し、デジタルシミュレーションにより、限流効果の確認や発電機の軸ねじれへの影響を検証した。

さらに、アナログシミュレータ用FCLモデルを試作し、実験的に故障電流抑制効果を確認した。

(Power System Engineering Group, Power System Operations Department)

In the future, the short-circuit capacity of 500 kV trunk transmission systems is expected to increase and surpass the breaking capacity. As measures to limit the short-circuit current, we have devised in cooperation with GE the passive current-limiting system using varistors, which does not increase net reactance at normal conditions but functions as a current limiter when a fault occurs. We have confirmed its current-limiting performance by digital simulation and investigated the effect on the subsynchronous resonance of nearby turbine-generators.

In addition, the working model of FCL for analog simulation was trial-manufactured. By using the model, the fault current-limiting performance was confirmed experimentally.

1 研究の背景

電力系統の拡大に伴って短絡容量は増加の一途にあり、500kV基幹系統において将来短絡容量が遮断容量を超過することが懸念されている。短絡容量抑制対策としては、直流連系・限流器の設置などが考えられる。本研究では、常時、変圧器リアクタンスとコンデンサ容量が打ち消し合い、系統側へのリアクタンスの影響はないが、故障時のみ短絡電流による過電圧を利用し、バリスタによりコンデンサを短絡することで系統側に変圧器リアクタンスだけが残るかたちで限流効果を発揮させる新方式の限流器を考案した。この新型限流装置（以下FCL：Fault Current Limiter）が系統に及ぼす効果について検討したので報告する。なお、同時に系統解析シミュレータ（以下PSA）用FCLモデルを試作したので、実験結果も報告する。

2 限流器の構成

限流器の構成を決定するうえで、検討した比較案と構成図を第1表に示す。今回考案したFCLの構成は、案3を採用し、軸ねじれ共振対策用のダンピング回路を付加した受動的で、能動素子を含まない構成とした。

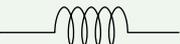
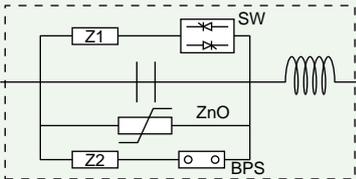
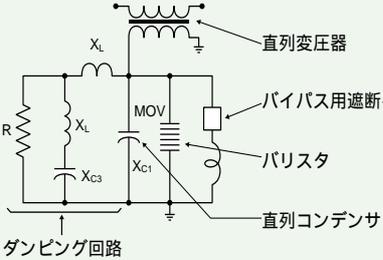
平常時には直列変圧器の漏れリアクタンスが直列コンデンサのキャパシタンスと相殺され、FCL全体としてのリアクタンスはゼロとなっている。

故障時には直列コンデンサの電圧をバリスタが制限するので、直列コンデンサが短絡された状態となり、直列変圧器のリアクタンスだけが残るため、限流効果が発生する。

また、FCLの素子が故障した時は、バイパス用遮断器により短絡し、FCLを保護するしくみとなっている。

接地変圧器を用いているため、直列コンデンサとバリスタを大地電圧に置くことができ、絶縁架台が不要

第1表 限流器の構成比較案

案	案1：リアクトル方式	案2：サイリスタ制御方式	案3：バリスタ使用受動方式
構成			
特徴	<ul style="list-style-type: none"> × 平常時のリアクタンスが増加し安定度が悪くなる × 絶縁設計を考慮すると実現可能なリアクタンスは小さい × シンプル（安価） 	<ul style="list-style-type: none"> × 直列補償方式のため、安定度は向上する × システムが複雑で開発要素が多い × ハード追加要（コストアップ） 	<ul style="list-style-type: none"> × 平常時のリアクタンスがゼロ × 接地変圧器を用いるため大きなリアクタンス値が実現できる × 絶縁架台が不要 × ハード追加要（コストアップ）

である。このため故障中に大きなリアクタンスを挿入することができ、限流効果が大きいといえる。

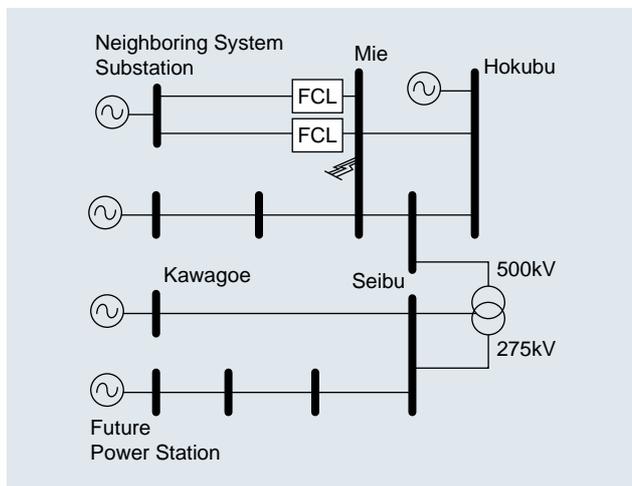
3 デジタルシミュレーションによる検討結果

(1) 短絡電流抑制効果

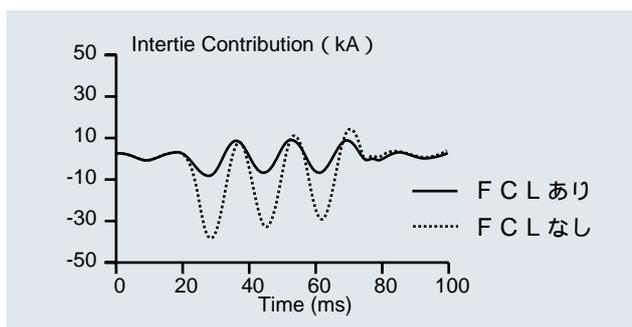
直列コンデンサの設計面からの検討により、実現可能なリアクタンス値で限流効果の大きいと思われる50としてEMTPシミュレーションを行った。第1図に検討対象系統図、第2図にシミュレーション結果を示す。第2図からわかるように、FCL設置線路の故障電流が減少しており限流効果が現れていることが確認できる。また、FCLを設置していない場合の故障電流には直流分が重畳しているのに対し、設置した線路にはバリスタ抵抗分の影響により直流分がほとんど重畳していないことがわかる。

(2) 軸ねじれ共振の検討

FCLは直列コンデンサを用いているため、FCL設置箇所近傍の発電機に対し、軸ねじれ共振現象を引き起こす可能性がある。FCL設置線路の故障についてEMTPによりシミュレーションを行った結果、ダンピング回路を設けているため軸ねじれ共振を防ぐことが可能であることが示された。



第1図 検討対象系統図



第2図 FCL設置線路における故障電流 (EMTP結果)

4 PSA用モデルの試作と実験結果

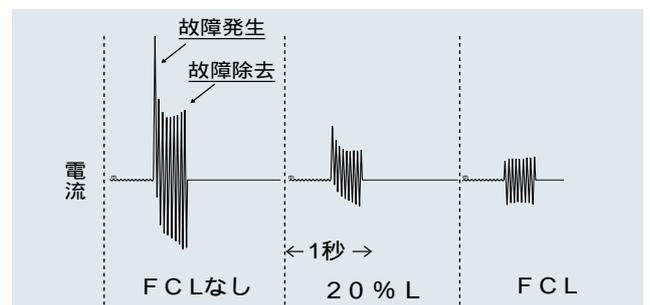
より実現象に近い検証を行うため、PSA用モデルを試作し、実験的に限流効果を確認した。試作したモデルの外観を第3図に示す。試験系統は、デジタルシミュレーションとほぼ同様の系統モデルを使用した。試験ケースは、限流対象線路に何も置かない場合、対象線路に20%の固定リアクタンスを設置した場合、対象線路に20%相当のFCLを設置した場合の3ケースを比較検討した。

第4図にPSAによる実験結果を示す。

実験結果からも明らかのように、順で故障時の短絡電流が抑制されていることがわかる。また、同時にバリスタ効果による直流分抑制にも効果があることがはっきりとわがえる。



第3図 FCLモデルの外観



第4図 FCL設置線路における故障電流 (実験結果)

5 今後の展開

デジタル・アナログ両シミュレーションにより、今回提案した限流方式が短絡電流の抑制に効果があることを示した。今後、当社系統にて短絡容量が増大し、遮断容量を超過するような年次において、概念設計も含め、再度詳細検討を実施する予定である。