

変圧器加圧時の瞬時電圧低下防止策の検討

投入位相制御装置の検証と励磁突入電流解析モデルの開発

Study of Countermeasures for Instantaneous Voltage Drops when Voltage is Applied to Transformers

Input Phase Control Device Verification and Development of a Magnetizing Inrush Current Analysis Model

(系統運用部 系統技術G 保護計画・品質T)

特別高圧系統の変圧器の加圧時には、広い範囲で瞬時的に電圧低下が発生することがある。その防止策として、瞬時電圧低下の起因となる励磁突入電流を抑制するため、変圧器の加圧時に投入位相を制御する装置について検証試験を実施した。また、励磁突入電流を解析するためのモデルを開発した。

(Power System Protection and Power Quality Management Team, Power System Engineering Group, Power System Operations Department)

When a voltage is applied to transformers in special high-voltage systems, instantaneous voltage drops may occur over a wide area. As a countermeasure for this, we conducted verification tests of devices that control the input phase when voltages are applied to transformers in order to suppress the magnetizing inrush current that is the cause of the instantaneous voltage drops. A model for analyzing the magnetizing inrush current is also developed.

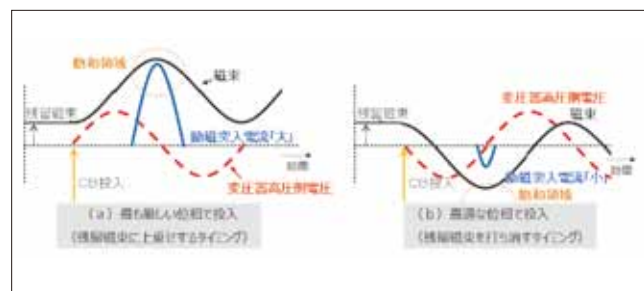
1 背景と目的

変圧器の加圧時における瞬時電圧低下の発生は電力品質上好ましくなく、お客さまへ影響を与えることから、瞬時電圧低下が懸念される変圧器を加圧する際は、お客さまへの影響を極力小さくするために、系統切替を実施し電氣的にお客さまをできるだけ遠ざけてから変圧器を加圧するなどの対策を実施している。しかし、このような対策は系統運用の面で負担が大きいことから、変圧器の加圧時に発生する励磁突入電流そのものを抑制し、電力品質を維持、向上させるとともに、系統運用を効率化することが望まれている。

本研究では、励磁突入電流を抑制するため変圧器加圧用遮断器の投入位相を制御する装置（以下、投入位相制御装置）が、当社の実系統に適用可能であることを検証すること、および励磁突入電流の大きさや電圧低下を容易に解析できるモデルを開発することを目的とした。

2 投入位相制御装置の概要

変圧器を加圧する際に変圧器の鉄心が磁気飽和すると、励磁インピーダンスが小さくなり、この結果、過渡的に大きな励磁電流が流れる。これを励磁突入電流と呼び、励磁突入電流の大きさは、変圧器の残留磁束に対する遮断器投入時の位相に大きく左右される。（第1図）

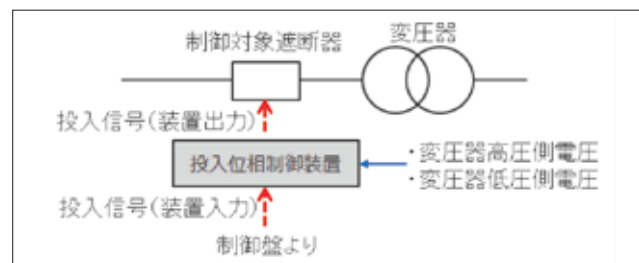


第1図 励磁突入電流

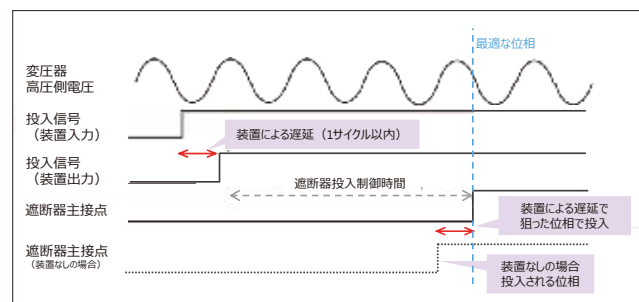
投入位相制御装置のシステム構成を第2図に示す。投入位相制御装置は、制御盤から制御対象遮断器に入力される投入信号回路に直列に挿入する。

投入位相制御装置は、変圧器高圧側および変圧器低圧側から電圧要素を取り込んでおり、変圧器停止時には、変圧器低圧側の電圧を用いて残留磁束を算出している。

変圧器を加圧する時は、変圧器高圧側の電圧位相を基準として、残留磁束を考慮した最適な位相で遮断器を投入するよう、制御対象の遮断器投入制御時間を加味して投入信号を遅延させている。（第3図）



第2図 システム構成



第3図 投入位相制御の役割

3 投入位相制御装置の検証試験

投入位相制御装置が当社実系統の遮断器に適用可能であることを検証するため、検証用の投入位相制御装置（第4図）を実系統に接続し、試験を実施した。



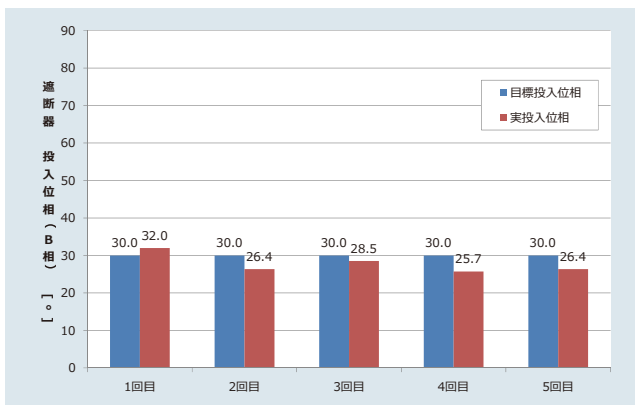
第4図 制御対象遮断器と投入位相制御装置(検証用)

また、励磁突入電流抑制の安定した制御には、制御対象の遮断器投入制御時間のバラつきが小さいことが重要であるが、その知見は殆ど無かった。このため、実システムの遮断器について遮断器投入制御時間のバラつきの実態を把握することも検証試験の目的の一つとしている。

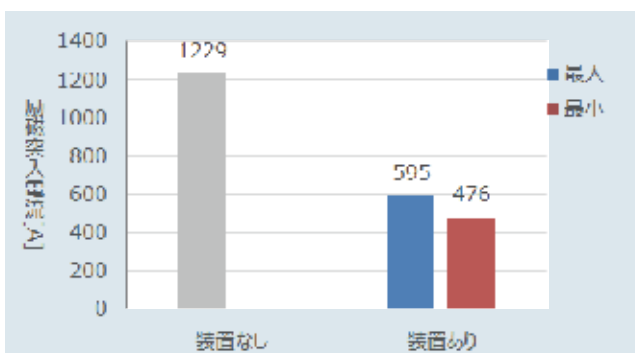
実システムでの検証試験を実施した結果、実システムで使われている遮断器の投入制御時間のバラつきは、投入位相制御装置の目標投入位相に対する遮断器の実投入位相の差が極めて小さく、問題ないレベルであった。(第5図)

さらに、投入位相制御装置がない場合に対して投入位相制御装置がある場合は、励磁突入電流の大きさが半分以下に抑制されていることが確認でき、投入位相制御装置の仕様どおりの結果が得られた。(第6図)

以上のことから、投入位相制御装置は当社実システムの遮断器に適用しても問題ない結果であった。



第5図 目標投入位相と実投入位相



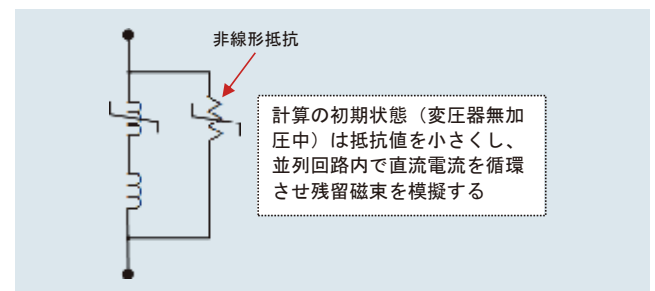
第6図 投入位相制御装置の抑制効果

4 解析モデルの構築

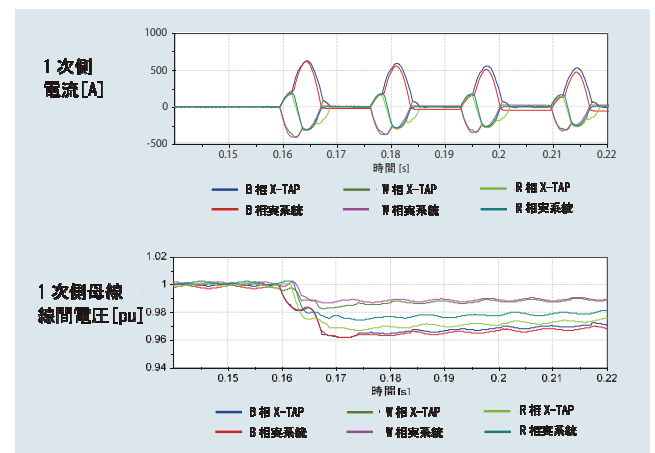
変圧器加圧時に瞬時電圧低下の問題が懸念される箇所投入位相制御装置の導入を検討する際、各検討部署において励磁突入電流の大きさや電圧低下率を検討する必要があることから、精度の高い共通のツールを使用するのが望ましい。このため、励磁突入電流を解析するモデルを電力系統瞬時値解析プログラムXTAP(電力中央研究所が開発・配布しているソフト)にて構築した。

XTAPは、従来、計算の初期状態において残留磁束を模擬することが困難であった。このため、今回、変圧器の励磁回路部に非線形抵抗を並列に接続することで、計算の初期状態において残留磁束の模擬が可能な解析モデルを開発した。(第7図)

解析モデルの計算値と実システム試験測定値との比較では、一致した結果が得られ、モデルの妥当性を確認した。(第8図)



第7図 解析モデルの励磁回路部(XTAP)



第8図 解析モデル計算値と実測定値との比較

5 今後の展開

本研究により、投入位相制御装置の有効性と解析モデルの妥当性を検証することができた。

今後は、投入位相制御装置の運用面・保守面の課題を抽出し、実システムへの適用に向けて取り組んでいく予定である。



執筆／片山智文