

2-3. 主要な研究成果(14) 電力設備の運用・保守技術の革新



電力流通

雷電磁パルスの影響を考慮して
雷サージ解析用送電鉄塔モデルを改良

● 送電線や変電所の耐雷設計、雷事故分析および効果的な対策立案に貢献

背景

送電線や変電所の耐雷設計は、雷撃時に発生する雷サージの解析結果に基づき行われます。雷サージ解析手法として、精緻な解析が可能であるFDTD法*1がありますが、モデリングの複雑さや計算負荷の大きさから設計条件やパラメータを変更しながら多数のケースを検討する用途には適さないため、実務上では回路解析法*2が一般的に用いられています。一方で、従来の回路解析法では十分に考慮されていなかった雷電磁パルス(LEMP*3)が、送電線雷撃時のサージ挙動に大きな影響を及ぼすことが明らかになりつつあります。当所では、耐雷設計や雷事故の分析に役立つ高精度な評価手法を確立するため、LEMPを考慮した雷サージ解析に適用できる送電鉄塔の回路解析モデルの改良に取り組んでいます。

- *1 FDTD法：数値電磁界解析手法の一種であり、電磁界の空間的・時間的振る舞いを直接計算することが可能な解析手法
- *2 回路解析法：電気設備や導体を等価回路に置き換え、回路定数を用いて電流・電圧応答を解析する手法。解析モデルの構築が比較的容易で、複数条件に対する反復的な検討が可能である特徴を有する
- *3 LEMP：Lightning Electromagnetic Pulse. 雷放電路を流れる雷電流により発生する電磁パルス。送電線に誘導電圧(誘導雷)を生じさせるとともに、雷撃を受けた送電鉄塔のアークホーン間電圧を上昇させる。また、アークホーンとは、送電線のがいし(絶縁体)の両端に取り付けられた金属電極で、落雷などで発生するフラッシュオーバー(=電気が空中を飛び越えて火花のように放電する現象)を、がいしではなく電極間で受け止めることで、がいしの破損を防ぐための保護装置

成果の概要

◇LEMPの影響を考慮して雷サージ解析用送電鉄塔モデルを改良

雷撃時の電磁現象を高精度に再現できるよう、送電鉄塔の回路解析モデルを改良しました(図1)。改良モデルでは鉄塔高および塔体幅からサージインピーダンス Z_{MT} を計算するとともに、雷撃を受ける塔頂に静電容量 C_T を付加することで送電鉄塔のサージ特性を表現しました。これらのパラメータは、送電鉄塔の諸元をもとに簡易に算出可能であり、改良モデルは幅広い電圧階級の送電鉄塔に適用できます。

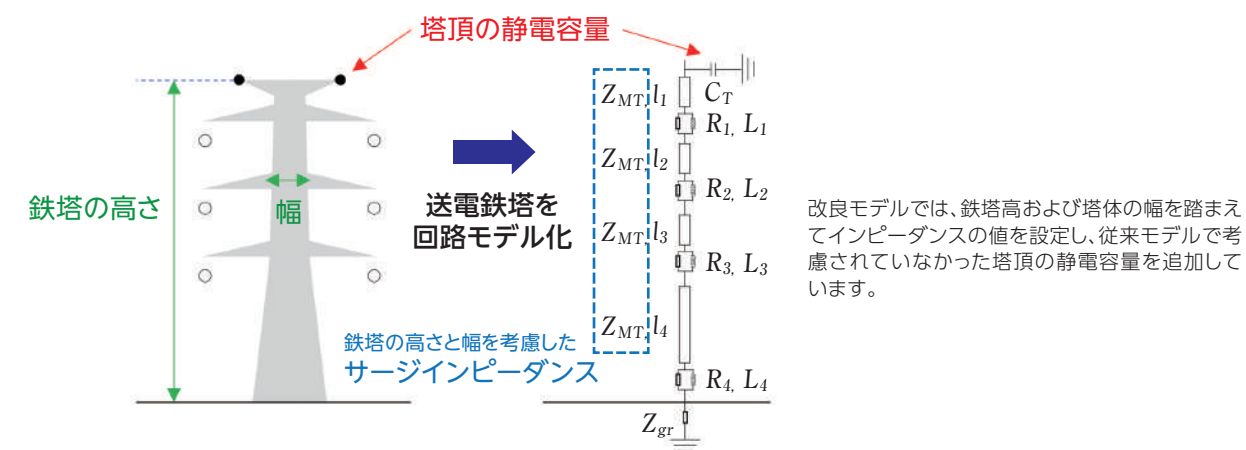


図1 改良した送電鉄塔モデル

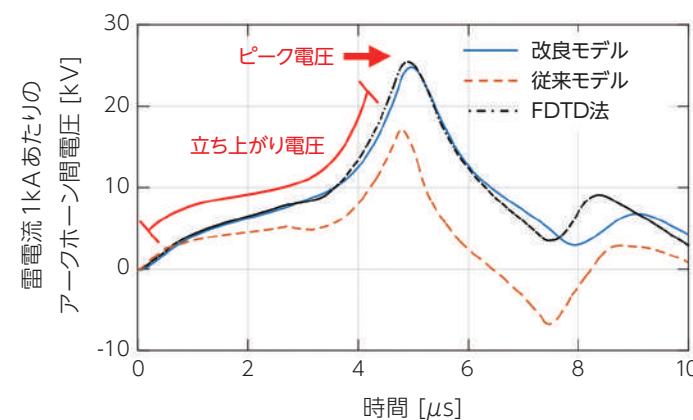
◇FDTD法による解析との比較を通じて開発モデルの妥当性を検証

開発モデルを適用し、66kVから500kVまでの送電鉄塔を対象として、雷撃時のサージ解析を実施しました。雷撃による絶縁破壊の発生に大きく影響する重要な指標であるアークホーン間電圧の立ち上がり波形やピーク値などを精度よく評価できることが確認できました(図2)。



図2 500kV送電鉄塔への雷撃時におけるアークホーン間電圧の時間変化

改良モデルは従来モデルと比較して、アークホーン間電圧の立ち上がり(図左側)とピーク電圧(図中央)が精緻な解析手法であるFDTD法による解析結果と良好に一致しています。



成果の活用先・事例

改良モデルにより、個々の鉄塔形状や幅広い電圧階級に対応した高精度な雷サージ解析を実施できます。また本成果は、電気事業者・メーカー・学術機関における送電線や変電所の耐雷設計、雷事故の分析や効果的な対策の立案に貢献します。

(参考) 山中ほか、電力中央研究所 研究報告 GD25009 (2026)