

酸化亜鉛形避雷器の動作責務とエネルギー耐量に関する技術動向

酸化亜鉛形避雷器の動作責務とエネルギー耐量に関する技術動向
調査専門委員会編

(発行日 2023年3月3日)

目次	
1. はじめに	3
2. JEC, IEC 規格における動作責務と耐量	4
2.1 避雷器の受ける電氣的ストレス	4
2.2 動作責務と耐量の規格値	5
2.3 雷サージ動作責務と雷インパルス耐量	14
2.4 まとめ	16
3. 架空線路で必要な雷サージ動作責務	18
3.1 架空線路への雷撃ストレス	18
3.2 避雷器・避雷装置の使われ方と雷サージ動作責務	21
3.3 雷性状と動作責務	34
3.4 まとめ	39
4. 酸化亜鉛形避雷器の雷インパルス耐量	42
4.1 酸化亜鉛素子の耐量特性	42
4.2 耐量評価の考え方	58
4.3 雷サージ動作責務と避雷器の耐量特性	63
4.4 まとめ	68
5. あとがき	72

酸化亜鉛形避雷器の動作責務とエネルギー耐量に関する 技術動向調査専門委員会委員

委員長 柘植憲治(IEEJ プロフェッショナル)
幹事 鈴木洋典(東芝エネルギーシステムズ)
幹事 福井浩司(音羽電機工業)
顧問 小林三佐夫(サーシプロテクト KK)
委員 芥川卓巳(関西電力)
石井勝(東京大学)
石崎義弘(芝浦工業大学)
門裕之(電力中央研究所)
齋藤弘樹(三菱電機)
鮫島史樹(中部電力パワーグリッド)
白川晋吾(IEEJ プロフェッショナル)
戸田成是(明電舎)
中島昌俊(富士電機)
中平雅士(東日本旅客鉄道)
西村誠介(横浜国立大学)

委員 納原俊男(北陸電力送配電)
馬場清隆(東京電力パワーグリッド)
深野孝人(東芝エネルギーシステムズ)
渡邊邦彦(東北電力ネットワーク)
綿引聡史(日立製作所)
途中退任 梅田哲宏(北陸電力送配電)
関島志郎(東日本旅客鉄道)
田中誠(東北電力)
中居賢男(関西電力)
松村元嗣(中部電力パワーグリッド)
宮下智行(東京電力パワーグリッド)
山本誠(東北電力ネットワーク)
主 板谷淳二(北陸電力)
な 参加者 佐藤功太(東北電力ネットワーク)

1. はじめに

避雷器は雷撃や電力系統の開閉等に伴う過電圧から電力機器・機材を保護するために発電機・送配電系統に広く用いられてきた。日本で酸化亜鉛素子が発明されて電力用避雷器に適用されると、優れた非直線電流-電圧特性に基づく過電圧保護性能により、電力系統の絶縁協調の要として電力インフラに占める位置付けはますます重要になった。

一方、避雷器は過電圧に対して保護動作を行うとエネルギーストレスに曝される。このため、JEC 規格や IEC 規格には避雷器に要求される動作責務とエネルギー耐量が規定されている。そこで、本技術報告では先ず、変電・配電・送電系統に適用される酸化亜鉛形避雷器に要求される動作責務とエネルギー耐量について、国内外の規格類から提供される技術情報を整理した。これによれば、JEC 規格では避雷器のエネルギー定格は系統投入時の線路電荷の放電による動作責務を基に規定され、エネルギー耐量は変電所用避雷器の開閉サージ動作責務を基に規格化されている。

CIGRE 技術報告 TB 544 “MO Surge Arresters - Stress and Test procedure”では避雷器のエネルギー耐量の評価法を見直すための試験データや酸化亜鉛素子の破壊に関する知見が議論されている。これに基づき、最新の IEC 60099-4 Ed. 3.0（酸化亜鉛形ギャップレス避雷器）には放電動作時の通過電荷量と熱エネルギーによる避雷器ストレスの新しい評価法とエネルギー定格が導入された。この定格は避雷器のエネルギー耐量の新しい指標を提供するものであり、変電用避雷器だけでなく、様々な用途に対する避雷器の設計や使い方にもたらす影響についても検討しておく必要がある。これより、JEC 規格と IEC 規格に規定される動作責務と耐量評価の考え方を対比し、各種用途における課題事項について検討した。

IEC 規格の新しいエネルギー定格では、配電線や送電線における避雷器・避雷装置の雷撃に対する動作責務も視野に入れている。架空線路用避雷器・避雷装置は国内外で適用が拡大してきたが、実際の雷撃ストレスを考慮した動作責務および必要となるエネルギー耐量については十分な理解や知見が得られていないのが現状である。架空送配電設備では支持物や電力線が直接雷撃を受けるため、これによる雷サージストレスの評価が重要となる。そこで、最近の雷の観測・研究データから、避雷器・避雷装置に考慮すべき雷撃電流や通過電荷量などの大きさ、特性、および統計分布などの知見を調査し、架空線路の種類や構造、雷撃箇所と雷撃モード、避雷器・避雷装置の使われ方、および夏季雷と冬季雷といった雷性状に対する避雷器・避雷装置への雷サージストレスの様相や特性について調査した。これに基づいて JEC や IEC などの既存の避雷器規格に規定される雷サージ動作責務や試験法との対照を行い、必要となる雷サージ動作責務について考察した。

避雷器・避雷装置のエネルギー耐量の評価には、酸化亜鉛素子の劣化・破壊特性が考慮されることが望ましい。そこで、これらの特性、中でも雷サージストレスに関わる検証データや研究成果について、最新の技術情報や知見について調査した結果をまとめた。これによれば、酸化亜鉛素子は過剰な処理エネルギーにより熱暴走、電流集中による貫通破壊、局所過熱によるクラック、インパルス大電流の熱弾性応力によるクラック、素子側面の高電界ストレスによるフラッシュオーバー等により破壊に至る、あるいは制限電圧や動作開始電圧等の電気的特性が劣化する。避雷器の雷サージ耐量にはこのようないくつかの破壊・劣化の要因が関連するが、いずれの要因が支配的となるかは酸化亜鉛素子だけでなく、避雷器としての設計・製造要因にも依存する。また、避雷器・避雷装置に必要なエネルギー耐量に対する考え方は適用する架空線路の種類によっても異なる。例えば、送電線では供給信頼度の観点から、避雷装置には送電設備への雷撃による耐量超過を極力低減する設計や使われ方が求められる。一方、配電線では避雷器は誘導雷対策として導入されてきた経緯があり、配電設備への直撃雷による避雷器の焼損事例は少なくない。直撃雷に対する保護が検討されるようになったのは比較的最近であり、これに伴い配電線用避雷器・避雷装置の雷サージ耐量に関する多くの調査や研究が行われてきた。

本技術報告では、これらの調査結果を基に、既存の避雷器規格類におけるエネルギー耐量評価の課題事項についても検討を加えた。

なお、本技術報告では経済産業省「電気設備技術基準」（以下、電技）に定める条件での接地を施して使用する場合は避雷器とした。送電線の鉄塔アームに設置する場合や配電線の雷断線防止用として電柱の腕金に設置する場合のように、電技の接地条件を満たさずに使用する場合、つまり、がいしや柱上変圧器等の線路機材・機器単独の保護を目的として使用する場合は避雷装置とした。但し、避雷装置には一般に、放電器、放出保護筒、放電電流記録または測定用品、衝撃電圧測定装置、中性点接地抵抗器も含まれるが、本技術報告では避雷装置は酸化亜鉛素子を特性要素に用いて過電圧に対する保護動作を担う機材に限定する。