

鉄道一般
車両
施設
電気
運転・輸送
防災
環境
人間科学
浮上式鉄道

雷から電力設備を守る

落雷は大きな電気エネルギーを持っているため、電気設備の誤動作や故障の原因になります。とくに変電所などの電力設備が被害を受けると、列車運行への影響はもちろん周辺の電気設備にも被害が及ぶこともあり、十分な対策が求められます。電力設備の落雷対策の基礎となるのが接地システムであり、雷の電流を速やかに大地に逃がすためのものです。高周波電線の採用と、裸線と被覆線の並列構成の二つの工夫により、従来よりも雷対策に優れた新しい接地システムを開発しました。現地試験により、落雷時に発生する過電圧を、従来に比べて50%程度に低減できる可能性があることを確認しました。



森田 岳
Gaku Morita
電力技術研究部
き電研究室
副主任研究員
[専門分野] 接地技術、
電磁環境

はじめに

雷は大きな電気エネルギーを持っています。そのため、変電所などの電力設備が落雷を受けると、この中にある機器などの誤動作、故障、破損などのおそれがあります。その結果、電車への電力供給ができなくなると、輸送障害につながります。

また、信号通信設備など周辺の重要

な電気設備にも被害が及ぶこともあり、この場合も輸送障害につながる可能性があります。

落雷の大きなエネルギーから設備を守るには、雷の大電流を大地に速やかに逃がすことが有効です。そのため、電力設備では地中に接地システム（図1参照）を設けています（図1）。

保護対象の機器などと接地システム

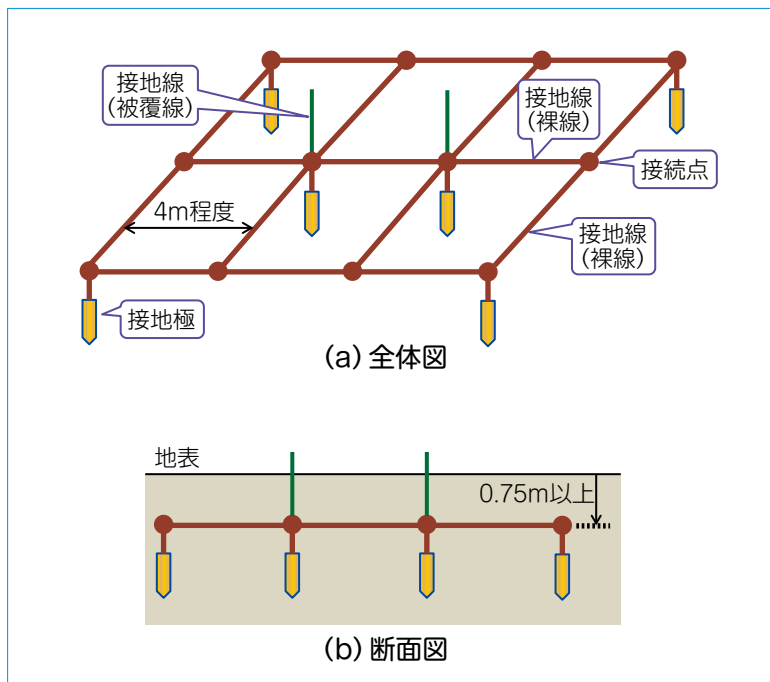


図1 典型的な接地システム（従来）

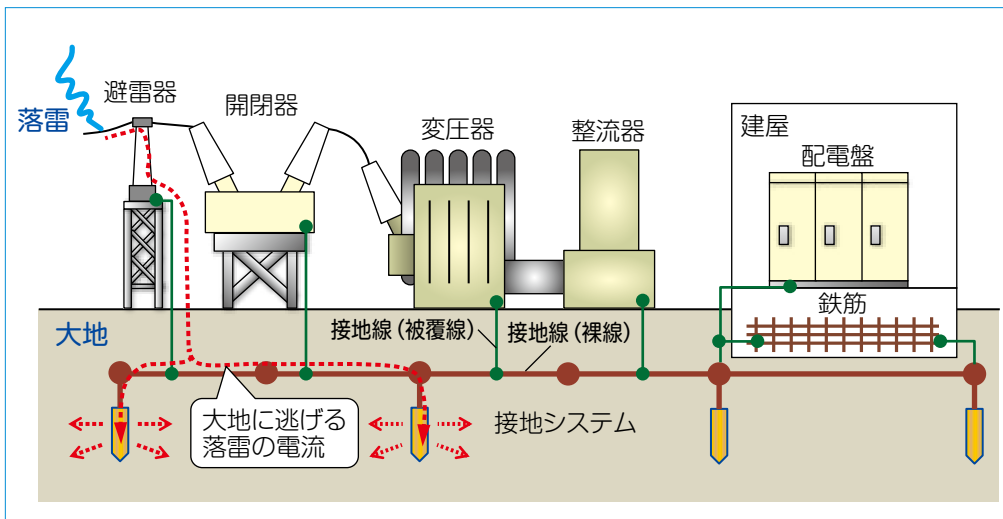


図2 接地システムと機器や構造物との接続例(従来)

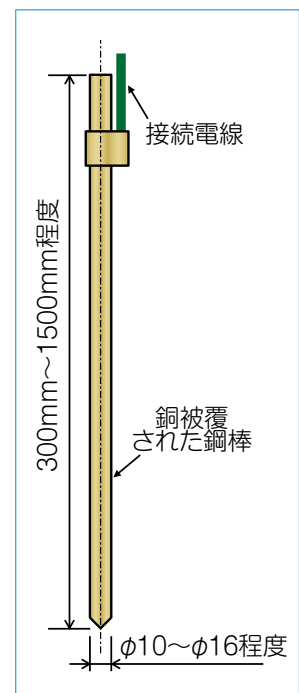


図3 接地棒
(典型的な接地極)の構造

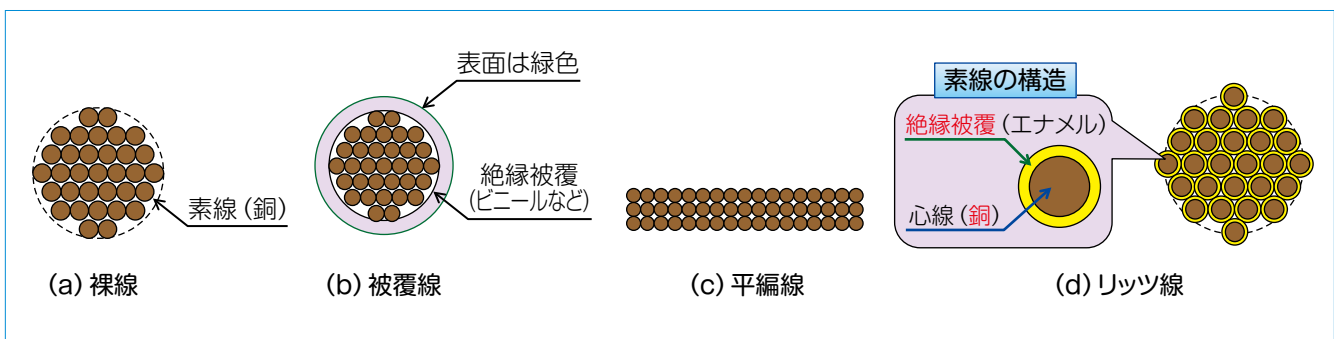


図4 接地線の断面((a), (b): 典型的な種類, (c), (d): 高周波電線)

とを電線でつなぐことで、雷の電流が大地に逃げる通り道を作ります(図2)。

なお、接地システムには、落雷対策のほか、地絡故障(漏電)の対策、ノイズ対策など他の役割もありますが、ここでは雷対策に絞って説明します。

近年では電力設備にも落雷に対して脆弱で、誤動作や故障などの被害を受

けやすいICT機器の導入が進んでおり、従来の接地システムでは保護が十分ではない状況にあります^{1), 2)}。

接地システムの構造

一般的な接地システムは、一辺が10mから200m程度の電気設備で、敷地のほぼ全体に渡って埋設されています。構造は一辺4m程度を単位とする格子が、いくつも連なった形をしています(図1, 図2)。この幾何学的構造から、メッシュ接地とも呼ばれます。

接地システムは、主に二つの構成要素があります。まず、大地と電気的接続を行う電極である接地極です。

一般的な接地極は、銅被覆された銅

棒である接地棒を土中に垂直に打ち込んで構成します(図3)。鋼材や鋼管、構造物の鉄筋が用いられる場合もあります。

もう一つが格子構造を構成し、また機器や構造物との接続を行う電線である接地線です。

一般的な接地線は、銅の素線をより合わせた銅より線です。接地線には絶縁の有無により二つの種類があります。地中の接地線には、絶縁性能が必要ないため、一般に裸線が用いられます(図4(a))。地上部分や建屋内の接地線には、落雷時の人の感電防止などのため、一般にビニールなどの絶縁被覆を持つ被覆線が用いられます(図4(b))。

接地システム

「アース」と呼ばれることもあります。しかし、アースという語の定義が曖昧で、「大地と電気的に接続する設備(接地システム)」、「大地と電気的に接続すること」など複数の意味があります。そのため、ここでは「接地システム」の語で統一します。

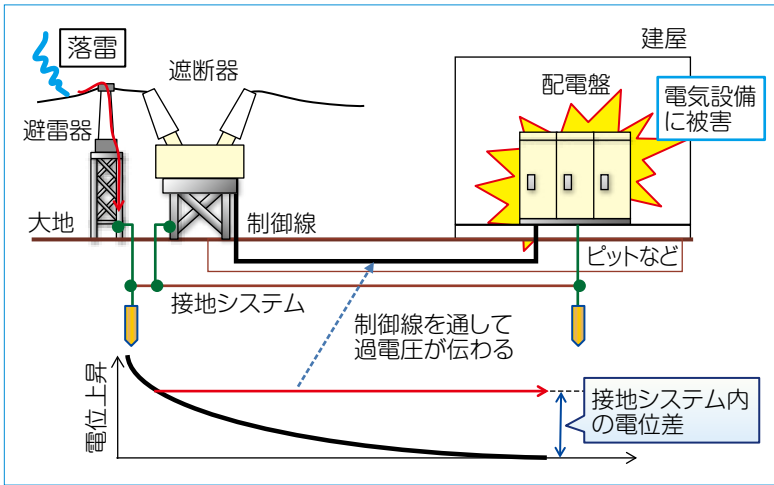


図5 接地システム内の電位差による設備被害の発生

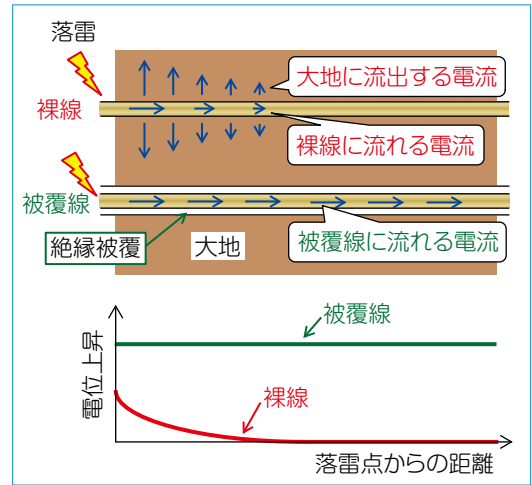


図6 裸線と被覆線の特性の違い

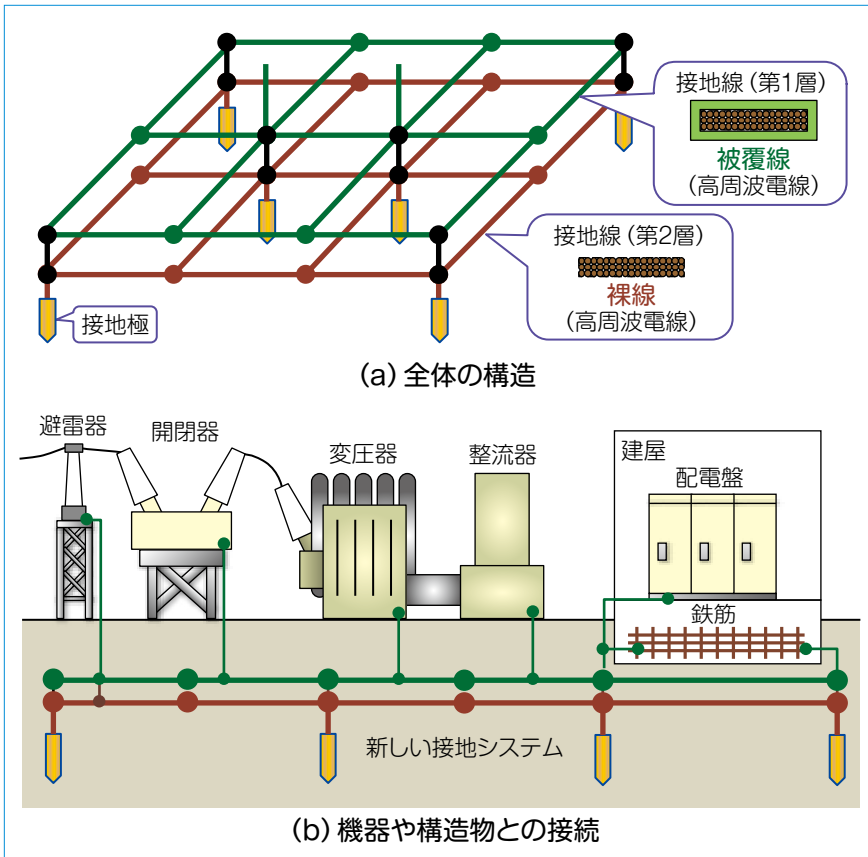


図7 開発した新しい接地システム

新しい接地システムの開発

雷に強い接地システムでは、落雷時の電位上昇(☞参照)が小さく、接地システム内の電位差が小さいことが求められます。しかし、ICT機器などに対しては、従来の接地システムはあとで述べる理由により双方とも十分とはいえません。

電位上昇が大きいと、ICT機器や周辺の信号通信設備などに被害を与える可能性があります。また、電位差が大きいと、避雷器などの耐雷設備の効果が弱まり、制御線などの電線を通して機器などに過電圧が伝わり被害を受けることがあります(図5)。

そこで、これらの改善を目的に新しい接地システム開発に取り組みました。

理論と実験で検討した結果、接地極は現状でも十分な性能がありますが、接地線が原因で落雷時に性能が低下しているとわかりました。そこで、接地線に改良を行いました。

☞ 電位上昇

接地システムに雷の電流が流れると、これから十分離れた大地との間に電位差が生じます。これを電位上昇といいます。

☞ 表皮効果

電線に流れる電流の周波数が高くなると、電線表面に電流が集中する現象です。有効に使える電線の断面積が減少しますので、電流が流れにくくなります。

電位上昇の低減

落雷は、電流の変化が $1\mu\text{s}$ (百万分の一秒)程度の間にかかる、非常に早い現象です。

このように早い現象では、従来の接地線は表皮効果(☞参照)という現象

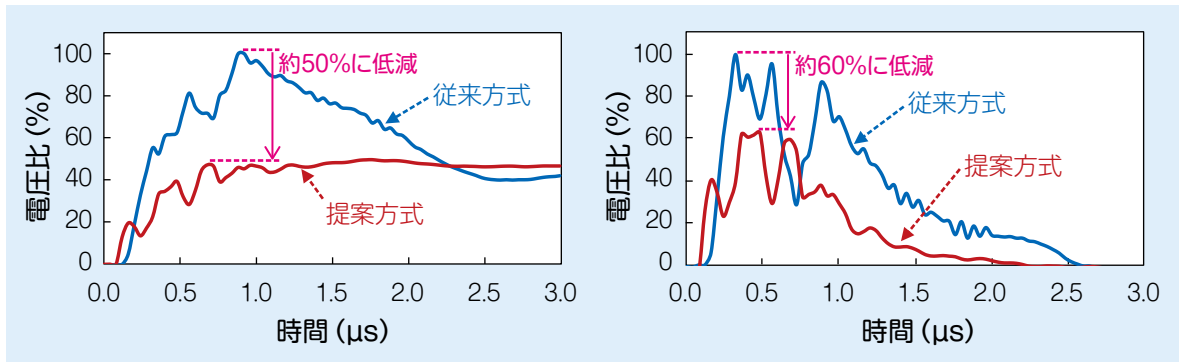


図8 新しい接地システムの効果(従来方式の最大値を100%とする)

により電流が流れにくくなるため、落雷時の電位上昇が大きくなります。

そこで、表皮効果の影響が小さい、高周波電線を接地線に採用しました。高周波電線には色々な種類がありますが、実験検証では平編線を使いました(図4(c))。平編線はその扁平な断面形状により、表皮効果を抑えます。

ただし、平編線を接地線として用いるには引張強度や経年劣化の点で課題があります。そこで、実用化ではリッツ線の採用を提案しています(図4(d))。リッツ線は、各素線を薄い絶縁被覆で覆うことで表皮効果を抑えます。

接地システム内の電位差の低減

裸線は、速やかに大地に電流を逃がす性質があり、落雷時の接地システム内の電位上昇を小さくできます(図6)。

一方、被覆線は、遠くまで電気を伝える性質に優れ、接地システム内の電位差を小さくできますが、落雷時の電位上昇は大きくなります(図6)。

このように、電位差を小さくするには被覆線が有利です。一方で、電位上昇を小さくするため、裸線も不可欠となります。そのため、被覆線と裸線を並列構成とすることで、電位上昇と電位差双方の低減を達成しました。

提案する接地システムを図7に示します。従来の接地システムと同様な構造としており、設計・施工の方法を大きく変更する必要はありません。

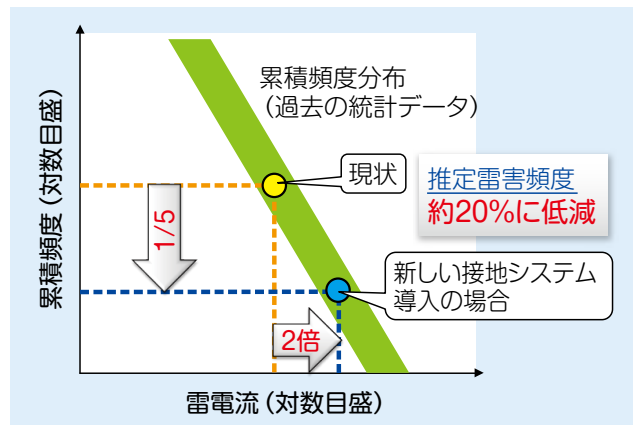


図9 雷害件数の推定件数

新しい接地システムの導入効果

鉄道用地内に試験用接地システムを作り、従来方式と提案方式でその効果を比較検証しました。電源は、模擬の落雷を用いました。

その結果、落雷時の接地システムの電位上昇のピーク値は、従来に比べて約50%に低減可能とわかりました(図8(a))。

また、接地システム内の電位差のピーク値は、約60%に低減可能とわかりました(図8(b))。

発生する電位上昇や電位差が従来の約半分ですから、従来の約2倍の落雷まで耐えられると想定されます。これに過去の統計データ³⁾を当てはめると、被害頻度は約20%に下がると期待できます(図9)。

おわりに

落雷に対して優れた、新しい接地シ

ステムを開発しました。接地線に高周波電線を使い、被覆線と裸線の二層構造としました。

落雷時の電位上昇が現状に比べて約50%、接地システム内の電位差が約60%に低減されることで、雷害件数は20%程度に低減可能と期待されます。**RRR**

文献

- 1) 林屋均, 小口紀男, 山本浩志, 松浦和史: 電鉄用直流変電所における接地改善による耐雷性向上, 電気学会論文誌B, Vol.134, No.2, pp.121-126, 2014
- 2) 馬庭和之, 信田慶二, 小原敏明, 田原岳, 若槻豊, 伊東和彦, 田中弘毅, 山野井隆, 川原敬治: 電鉄用変電所における接地網の耐雷に関する一考察, 電気学会自動車/交通・電気鉄道合同研究会, VT-14-030/TER-14-036, 2014
- 3) 電気設備学会: 電気・電子機器の雷保護, オーム社, 2011