

電源用保安装置（耐雷トランス）の問題点

エース国際技術コンサルティング
代表 技術士

竹 谷 是 幸

平成 15 年 10 月

コスモシステム株式会社

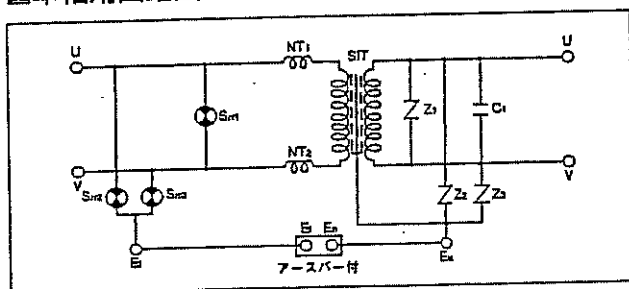
電源用保安装置（耐雷トランス）の問題点

エース国際技術コンサルティング 竹谷

従来、サージ吸収トランス形電源用保安装置を通信用電源設備の幹線に設置し、配電線から侵入する雷過電圧から保護するために用いられてきた。しかしこのようなサージ吸収トランス形電源用保安装置を用いても落雷による通信用電源設備の損傷が発生している。以下は従来のサージ吸収トランス形電源用保安装置が落雷による通信用電源設備を保護出来ない理由と正しい雷保護対策の提案である。

まず従来用いられてきた典型的なサージ吸収トランス形電源用保安装置の接続図とその仕様を以下に示す。

図1 単相回路図



回路図記号

U, V : 入力側端子

u, v : 出力側端子

Srr : ギャップレス避雷器

Z : サージアブソーバ

NT : サージ阻止コイル

SIT : サージ吸収トランス

C : コンデンサ

E1 : 遠方接地端子

E2 : 所内接地端子

図規格

項目	規格	
	100V用(単相)、200V用(単相・3相)	
耐電圧 1次巻線~接地~2次巻線間	AC10kV 1分間 インパルス30kV(1.2/50 μ s)	
絶縁抵抗	DC500V 100M Ω 以上	
ギャップレス 避雷器	直流動作電圧(DC V/mA)	2,000V以上
	電流耐量(4/10 μ s)	100kA
異常電圧 保護性能	測定条件 線間、接地間(o-p)	
	縦電圧印加時 (1.2/50 μ s 20kV, 10/200 μ s 20kV)	200V以下
	横電圧印加時 (1.2/50 μ s 20kV, 10/200 μ s 20kV)	450V以下

耐雷トランスの特長と問題点

従来、特長として挙げられてきた事項	その場合の問題点
●配電線から侵入する雷サージから通信用電源設備を保護する。	●雷サージは配電線からのみ侵入するわけではない。通信用電源設備を収納した建物が直撃雷を受けた場合は設備の接地側からも雷サージが侵入する。 図2 参照。
●1次側の保護素子に大電流耐量(4/10 μ 100 kA)のギャップレス避雷器を使用	●この避雷器に10/350 μ sの波形の雷電流が流れた場合には、その放電容量は2 kAにすぎない。通過電荷量から $Q(4/10 \mu s) = Q(10/350 \mu s) \cdot (1/50)$ したがってこの避雷器は爆発の可能性がある。
●トランスのインパルス耐圧は30 kV	●直撃雷の場合には30 kVを超えることはいくらでもある。
●サージ吸収トランスと耐圧協調のとれたギャップレス避雷器を使用	●通信用電源設備を収納した建物が直撃雷を受けた場合は、耐圧協調はとれない。 図2 参照

1) 「雷サージは配電線からのみ侵入するわけではない。通信用電源設備を収納した建物が直撃雷を受けた場合は設備の接地側から雷サージが侵入する。」の説明

図2においては、当該建物に施工される各種の接地は等電位ボンディングされて、大地に対しては1点で接続されていることを前提としている。

今、建物の接地抵抗を 1Ω とし、この建物が 100 kA の直撃雷を受けたとすると、建物の電位は 100 kV に上昇する。従って耐雷トランスの中の混触防止板（建物の等電位ボンディング＝接地に接続されている。）及び耐雷トランスのケース（D種接地により建物の等電位ボンディング＝接地に接続されている。）も 100 kV に上昇する。一方この耐雷トランスの1次巻線は電源変圧器におけるB種接地により大地に接続され零電位となっている。耐雷トランスの1次巻線－接地間の耐インパルス電圧は 30 kV であるから、耐雷トランスのケース又は混触防止板から1次巻線へと絶縁破壊が発生する。このような絶縁破壊を防止するため、耐雷トランスの1次側、即ちP点には避雷器（＝サージ防護デバイス、SPD）が設置されている。このSPDが動作すれば、直撃雷電流の一部はP点のSPDを經由して電源へと流れて行く。

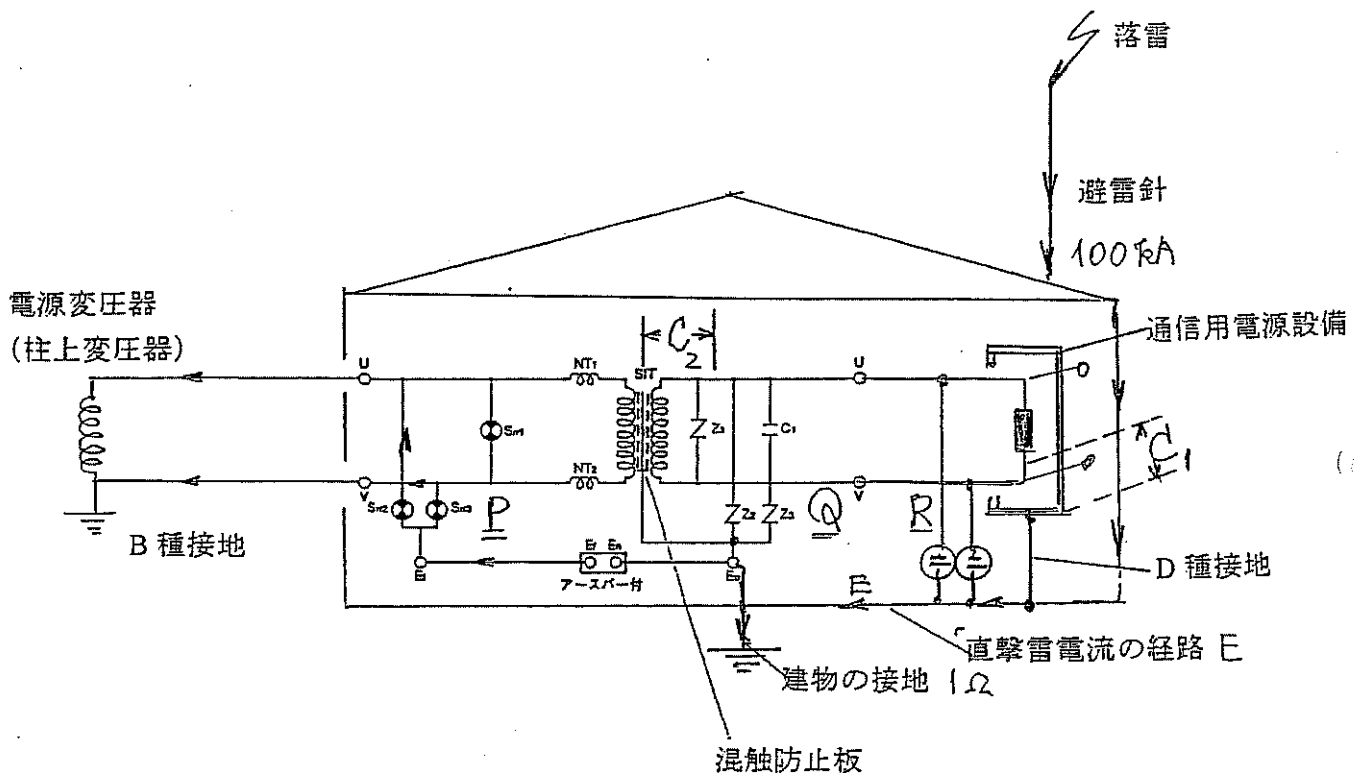


図2 通信用電源設備を耐雷トランスで保護した場合に建物が直撃雷を受けた場合の雷電流分布。

2) 「1次側の保護素子、即ちP点のSPDに大電流耐量(4/10 μ s 100 kA)のギャップレス避雷器を使用している。」ことの問題点

1) 項で説明したP点のSPDを經由して電源へと流れて行く直撃雷分流量はIEC規格による簡便法からすれば概略50% (残りの50%は建物の接地を通じて大地へと放流される。) なので、100 kA (10/350 μ s) の直撃雷を受けた場合は50 kAである。もし低圧配電系統が単相2線の場合は1ヶのSPD当たり25 kAが、又単相3線の場合には16.7 kAが流れる。ただし波形はいずれも10/350 μ sである。

ところで耐雷トランスの1次側P点に設置されている大電流耐量(4/10 μ s 100 kA)のギャップレスSPDはこのような10/350 μ s波形の電流通過にはどこまで耐えることができるだろうか。

図3には4/10 μ sと8/20 μ s並びに10/350 μ sの波形が、その波高値を100 kAに合わせて示してある。横軸が時間で縦軸が電流なので、これらの曲線と横軸で囲まれる面積は通過電荷量に相当する。この通過電荷量にSPDの制限電圧を掛ければ、サージ電流がSPDを通過する際にSPDに注入されるエネルギーが求められる。このエネルギーは熱に変換されるので、SPDの熱的耐量、すなわちSPDの放電容量決定の際に用いられる重要なファクターである。

図3の同一波高値の場合の通過電荷量の比較によれば・・・

10/350 μ s波形の通過電荷量 \approx 50 \times 4/10 μ s波形の通過電荷量となるので、4/10 μ s波形の放電容量100 kAのSPDは10/350 μ sの波形を流した場合は、僅か2 kAの放電容量となる。従ってこのSPDは建物が直撃雷を受けた場合には爆発の可能性がある。

直撃雷と誘導雷の電荷量比較

	電流波形	ピーク電流(kA)	合計電荷量(C)	比率(直/誘8-20)	比率(直/誘4-10)
直撃雷	10/350 μ s	100	48.63852014	24.92171277	48.33443187
誘導雷	8/20 μ s	100	1.951652384		
誘導雷	4/10 μ s	100	1.006291338		

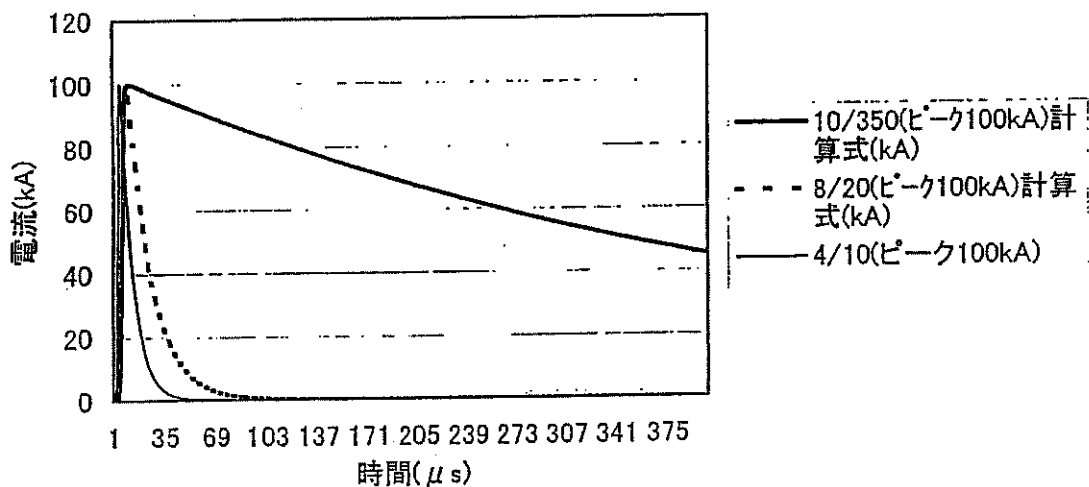


図3 直撃雷と誘導雷の電荷量の比較

3) 耐雷トランスのインパルス耐圧は 30 kV であるが、耐雷トランスにより保護されている電気設備を持つ建物が直撃雷を受けた場合に、建物の電位が 30 kV を超過する事はいくらでもある。

図4は国際規格 IEC 61024-1 Ed.2 Protection of structures against fire, explosion and life hazards, Annex A Parameters of lightning current, Figure A.3 に示されている雷電流波高値の累積確率分布である。このグラフによれば雷電流波高値 30 kA 以上の雷は全落雷の 60% を占めていることが分かる。

もし建物の接地抵抗を 1Ω とすれば全落雷の 60% により建物の電位は 30 kV 以上となり、耐雷トランスの絶縁を脅かす。又は耐雷トランスの1次側の SPD を動作させ、この SPD を破壊することになる。

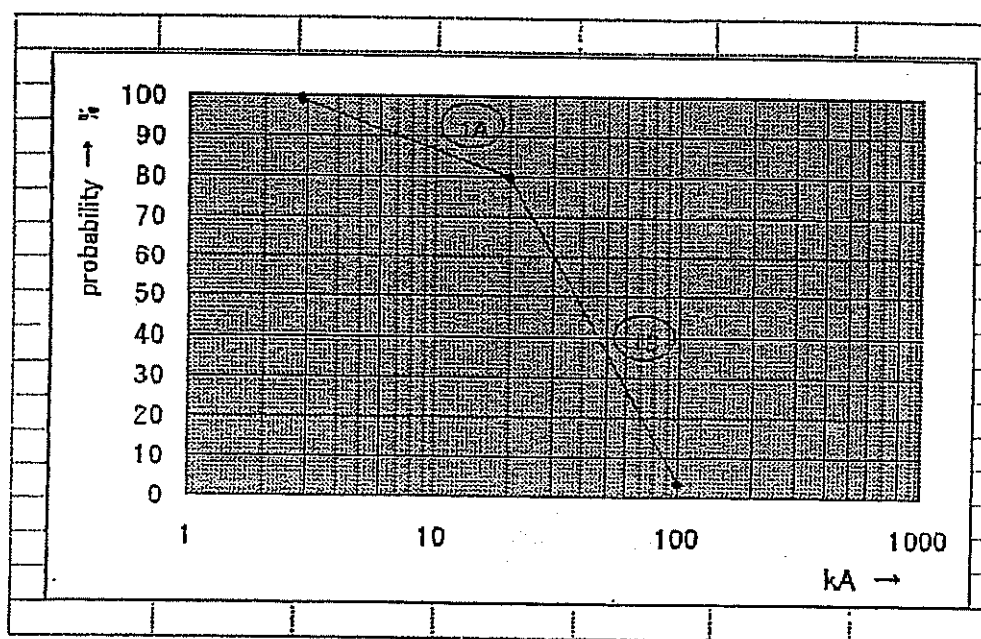


図4 雷電流波高値 kA とその発生確率

(IEC 61024-1 Ed.2 Fig.A.3 の曲線 1A 及び 1B)

4) 「耐雷トランスのメリットは建物が直撃雷を受けても、その影響を電源に及ぼさないことである。」と言われているが、それは正しいか？

3) 項に述べたように建物の電位が 30 kV 超過する事はいくらでもある。その場合は耐雷トランスが絶縁破壊するか、又は耐雷トランスの1次側の SPD が動作すれば (例え SPD が破損しないとしても、) 雷電流は電源線へと流入し、電源及び同一電源に接続されている需要家に影響を及ぼす。

5) 耐雷トランスの1次側に設置してある SPD の放電容量が $10/350 \mu s$ 波形に換算した場合に極めて小さい理由

4) 項に述べた主旨からすると、耐雷トランスの1次側の SPD は、耐雷トランスの絶縁の耐える範囲では、出来るだけ動作しないほうが良い。そのためには高圧アレスターを使わざるを得ない。日本の高圧配電系統は非接地系統として運転されているので、アレスター動作時の地絡電流は小さい。従って高圧アレスターの放電容量も小さくてよ

い。直接接地系統の地絡電流の大きなところで使用可能な放電容量の大きな高圧アレスタは日本の市場には存在しない。

耐雷トランスを雷サージから確実に保護するためには、直撃雷用の低圧 SPD、例えば放電容量 25 kA (10/250 μ s) の低圧 SPD を用いる必要がある。しかしこのような SPD を設置した場合には耐雷トランスの存在価値は無くなる。

6) もし建物の電位上昇が 30kV 以下で耐雷トランス 1 次側の SPD も動作しない場合、又は耐雷トランスの耐圧が 100 kV ~ 200 kV まで耐えることが出来た場合、果たして耐雷トランスにより通信電源設備が保護できるであろうか？

図 2 を参照して戴きたい。もし建物の電位が落雷により異常に上昇し、たとえば 20 kV までに達した場合、即ち通信電源設備のケースは 20 kV に達している。この 20 kV は通信用電源設備の内部回路とそのケース間のキャパシタンス C1 と耐雷トランス 2 次コイルと混触防止板間のキャパシタンス C2 の値の逆比に分圧される。一般に $C1 \leq C2$ であるから大部分の電位差は C1 に加わり通信用電源設備が絶縁破壊する。これを防止するためには通信用電源設備の入力端子の直前、即ち R 点に SPD (10/350) を設置しなければならない。なおその場合には直撃雷電流が R 点に設置した SPD (10/350) を経由して流入するので、耐雷トランス 2 次側 Q 点の SPD も直撃雷対応でなければならない。

耐雷トランスの 1 次側に SPD (10/350) を設置し、また通信用電源装置の入力端子直前にも SPD (10/350) を設置するならば、耐雷トランスは不要となる。

なお耐雷トランスの 1 次側の SPD (10/350) と R 点の SPD 間でエネルギー協調をとれば、R 点の SPD は誘導雷対応 (波形 8/20) でよい。なお当然のことながら Q 点の SPD は不要である。

7) 6) 項の対策は高圧受電の場合はどうなるであろうか？

高圧受電の場合、建物の電位が落雷により高圧変圧器のインパルス耐圧を超過した場合には、高圧変圧器の 1 次側に設置した高圧避雷器が動作する。この場合 5) 項に述べたように高圧系統は非接地系統となっているので、高圧避雷器の放電容量が小さくても問題はない。なお受電用変圧器の 2 次側コイルの B 種接地は建物の接地と共用されていて、建物と同じ電位となっている。しかし通常、高圧受電用トランスは建物の地下階か又は屋上階に設置されていて、この B 種接地点と通信用電源装置の位置はかなり離れており、図 2 の直撃雷電流の経路 E は数 m 以上である。この経路の自己インダクタンス L は 1 μ H/m あり、仮に 1 kA/ μ s の電流上昇率であったとしても 1μ H/m \times 1 kA/ μ s = 1 kV/m の電圧降下が発生する。ちなみに第 2 雷撃の電流上昇率は保護レベル I の場合 200 kA/ μ s で、保護レベル II で、150 kA/ μ s であり、又保護レベル III と IV で 100 kA/ μ s である。従って建物が雷撃を受けたばあいには変圧器 B 種接地点と通信用電源設備の D 種接地点との間には相当の高電位差の発生が予想される。

とすれば高圧受電の場合も同様に耐雷トランスの効果には限界があり、正しくは SPD により保護されるべきである。