

## 交流き電用避雷器劣化管理手法の適正化

電力技術研究部 き電研究室

副主任研究員 森本 大観

### 1. はじめに

新幹線き電回線用避雷器の劣化管理手法は、接地回路にカウンタを設置して動作回数を管理する方法、および漏れ電流値を管理する方法がある。しかし切替開閉器動作時のサージ電圧により、避雷器の劣化に影響しない小電流放電でカウンタが動作することがあること、また汎用のクランプ形電流計では正確な漏れ電流の測定が困難であることから、適正な劣化管理手法が求められている。そこで今回、避雷器の既設カウンタの動作を適正化するとともに、正確な避雷器漏れ電流波形の測定を可能とする装置を考案し試作した。試作装置を新幹線変電所に仮設し避雷器漏れ電流と試作装置に流れるサージ電流測定を行い、試作装置が正常に機能することを確認した。また漏れ電流波形から避雷器の劣化診断に有効な抵抗分電流の検出が可能であることを確認した。

### 2. 避雷器の等価回路

避雷器は等価的に酸化亜鉛素子抵抗  $R$  と漂遊容量 (対地静電容量)  $C$  の並列回路で表すことができる。等価回路を図 1 に示す。酸化亜鉛素子抵抗  $R$  は印加電圧で値が変化し、また素子劣化によりその抵抗値が変化する。避雷器接地回路において測定できる電流は、静電容量分電流 ( $C$  分電流)  $I_C$  と抵抗分電流 ( $R$  分電流)  $I_R$  が合算された全漏れ電流  $I_0$  である。

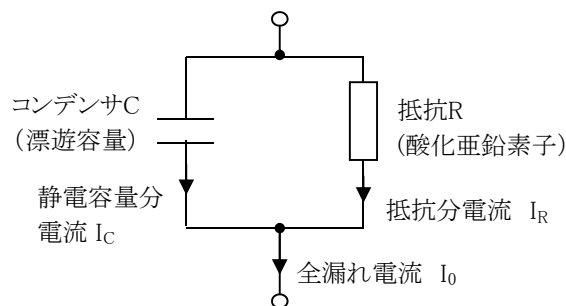


図 1 避雷器の等価回路

### 3. 新幹線き電回線用避雷器の電流

避雷器は高圧回路と接地間に接続され、過大な雷サージ電圧が侵入した際に放電することによって過電圧を抑制し機器の絶縁破壊を防護する機能を持つ。常時においては定常の回路電圧による全漏れ電流が流れている。また新幹線き電回線用避雷器においては切替開閉器動作時のサージ電圧による放電電流が流れることがある。

#### 3.1 全漏れ電流

図 2 は新幹線変電所で実測したき電回線用避雷器の全漏れ電流波形である。全漏れ電流は印加電圧波形に対してほぼ 90 度進み位相であることから、静電容量分電流  $I_C$  が支配的であることが分かる。また図 3 に示したように静電容量分電流  $I_C$  には多くの高調波が含まれることが多く、高調波の含有量によって全漏れ電流  $I_0$  の値が影響される。

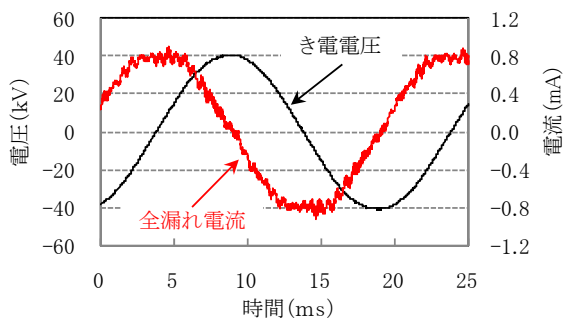


図2 新幹線き電用避雷器の全漏れ電流波形

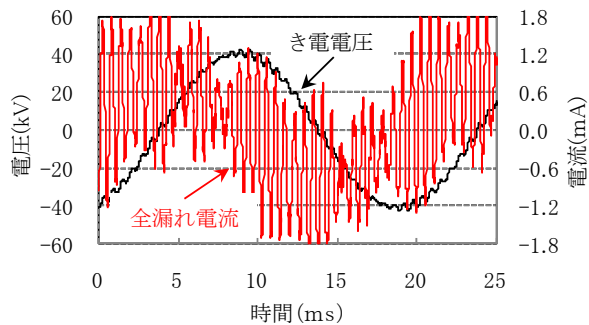
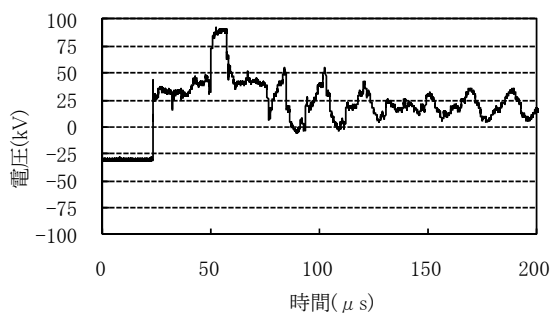


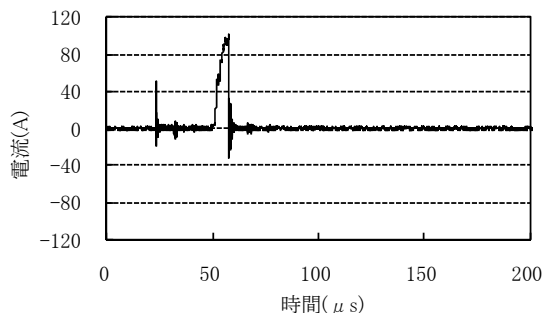
図3 新幹線変電所における避雷器の全漏れ電流波形（高調波が多い例）

### 3.2 切替開閉器サージ電圧による放電電流

交流電気鉄道は単相交流負荷であるため、き電用変電所において受電した一般三相電源を、位相の異なる二つの単相交流に変換して方面別にき電している。このため変電所およびき電区分所では、異なった電源が突き合わせとなる。新幹線では異電源突き合わせ箇所に約1kmのセクションを設け、切替開閉器により電車の進行に合わせて電源を切り替えて、電車が力行のまま通過できるようにしており、切替開閉器動作時にサージ電圧が発生する。図4に実測したサージ電圧波形の代表的な例を示す。この例では避雷器に95Aの放電電流が流れており、切替開閉器投入サージ電圧で避雷器が放電する現象が確認できた。なお、切替開閉器サージ電圧は、これまでの実測例によると40kV~100kV程度である。



(a) サージ電圧



(b) 避雷器電流

図4 切替開閉器投入時のサージ電圧波形（電車通過後・無負荷投入）

## 4. 従来の避雷器劣化診断技術

使用状態（活線状態）における従来の避雷器の劣化診断技術について述べる。

### 4.1 全漏れ電流方式

避雷器素子が劣化すると素子の絶縁抵抗 $R$ が低下し抵抗分電流 $I_R$ が増加する。その結果、抵抗分電流 $I_R$ と静電容量分電流 $I_C$ の合成値である全漏れ電流 $I_0$ が増加する。この全漏れ電流 $I_0$ の値で素子の絶縁状態の良否を判断する方法である。しかし図2に示したように全漏れ電流は印加電圧波形に対してほぼ90度進み位相であることから、静電容量分電流 $I_C$ が支配的であり、素子の劣化で生じる抵抗分電流 $I_R$ の増加量 $\Delta I_R$ に対し全漏れ電流 $I_0$ の増加量 $\Delta I_0$ は小さく検知は困難である（図5）。

#### 4.2 カウンタ動作回数による管理

新幹線における変電ポストの避雷器の接地回路には、雷サージ電圧により避雷器が放電した際に動作するカウンタが設備されている。しかし新幹線の変電所およびき電区分所では、電車通過毎に動作する切替開閉器による開閉サージ電圧による100A程度の小電流放電でカウンタが動作することがある。この場合は雷サージによる放電履歴は不明となるため、カウンタ動作回数を劣化管理に用いることの意味が薄れてしまう。

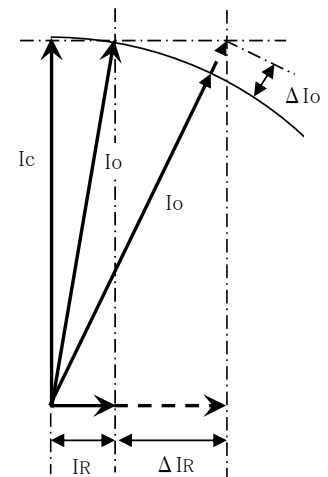


図5 素子劣化時の全漏れ電流  $I_o$  の変化

### 5. 避雷器電流検出装置

#### 5.1 避雷器電流検出装置の構成

図6は切替開閉器サージ電圧による既設カウンタの不要動作の防止、および正確な全漏れ電流波形の測定を目的として考案・試作した装置の回路である。図6の左側の回路が既設カウンタ不要動作防止回路であり、右側が全漏れ電流測定回路である。スイッチSを開放すれば漏れ電流測定端子に全漏れ電流波形が電圧に変換されて出力される。試作した装置を新幹線変電所のき電用避雷器とカウンタ間に仮設した様子を図7に示す。

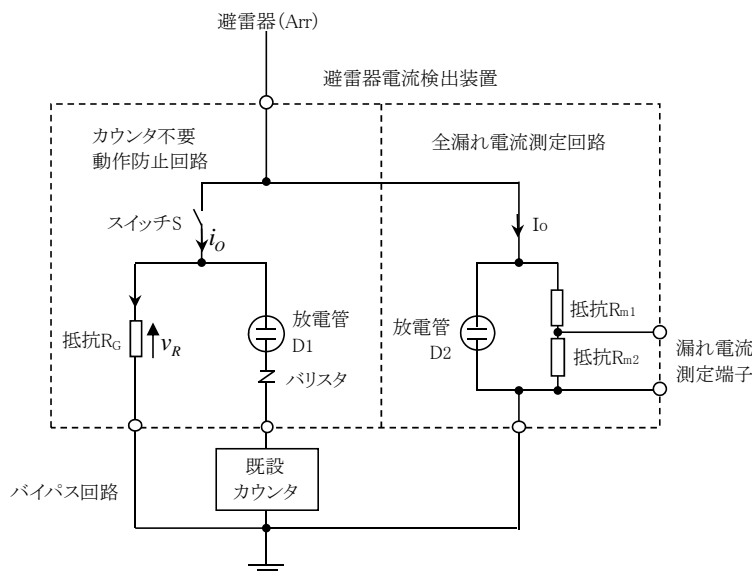


図6 避雷器電流検出装置の構成



図7 仮設風景

#### 5.2 カウンタ不要動作防止回路の効果

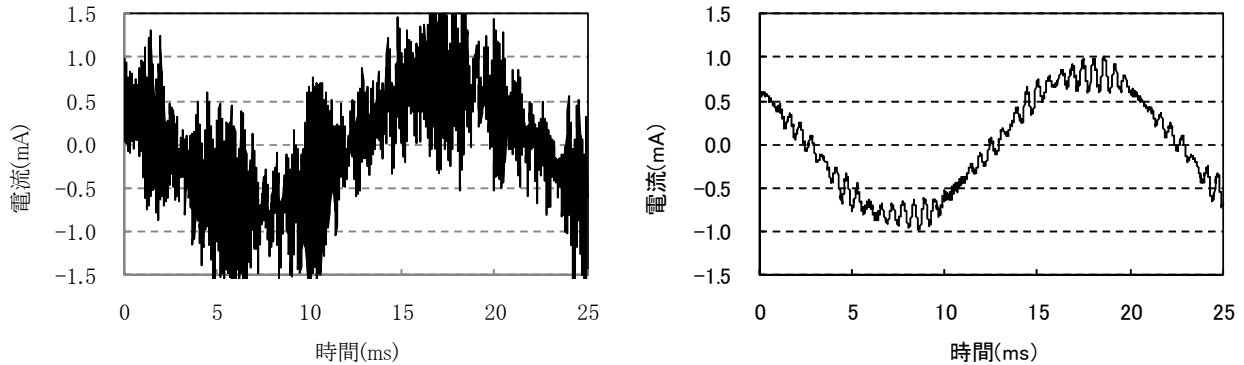
表1は避雷器電流検出装置を仮設した箇所の避雷器カウンタの動作履歴である。仮設以前は2回/月程度の動作頻度であったものが、仮設後の4ヶ月間は1回も動作しなかった。この結果より、避雷器電流検出装置によるカウンタ不要動作の防止効果は有効であると言える。

表1 A変電所の避雷器カウンタ動作履歴

期間	動作回数(回)	試作装置有無
09/12~10/4	4ヶ月	10
10/4~10/10	6ヶ月	8
10/10~11/2	4ヶ月	0
		無し
		有り

### 5.3 全漏れ電流波形測定機能

本装置では無誘導性抵抗に全漏れ電流を流し、その端子間電圧を測定することで正確な全漏れ電流波形を得る構成としている。図 8 に汎用のクランプ形電流計で測定した全漏れ電流波形と、本装置により測定した全漏れ電流波形の比較を示す。これを見て明らかなように、無誘導性抵抗による測定波形ではノイズ等の影響を受けにくく正確な波形を得られることが分かる。



(a) クランプ形電流計測定波形

(b) 避雷器電流検出装置波形例

図 8 避雷器電流検出装置とクランプ形電流計の測定波形比較（同期測定）

### 6. 抵抗分電流検出

避雷器素子電流である抵抗分電流波形は、全漏れ電流波形と避雷器電圧波形から(1)式を用いて求めることが

$$i_R = i_O - C \frac{dv}{dt} \quad \text{----- (1)}$$

できる。図 9 は避雷器電流検出装置の漏れ電流測定端子で測定した全漏れ電流波形データと、変電所配電盤テスト端子で測定した電圧波形を(1)式の原理で処理して求めた抵抗分電流の波形である。漏れ電流波形に高調波が多く含まれている例であるが、抽出した R 分電流波形の波高値は 0.06mA であり避雷器が正常であることが分かる。

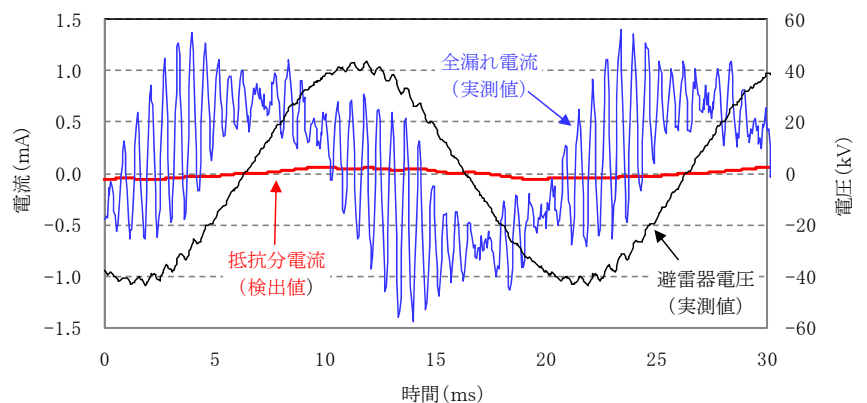


図 9 検出した抵抗分電流波形

(現地実測、新幹線変電所避雷器)

### 7. 劣化判断しきい値の考え方

今回考案した避雷器電流検出装置および抵抗分電流検出手法により、避雷器の劣化診断に有効な抵抗分電流を正確に求めることが可能と考える。これまでの測定結果では、経年 20 年の避雷器と新品避雷器に明確な差は認められなかった。したがって抵抗分電流に増加傾向が見られれば劣化が生じたと言えると思われるが、現段階では劣化と判断するしきい値を定めるにはデータが不足している状況である。今後、本装置の導入により劣化の可能性がある避雷器を抽出し制限電圧等の特性を調べ、抵抗分電流との相関関係を求めていくことで、適正なしきい値を求めることができると思われる。