

論 文

雷サージ障害の電線路を介する拡大を防止する 隔離変成器の適応課題と改善効果

矢ヶ崎昭彦^{*, 1}

(2000年12月21日受付, 2001年9月11日受理)

Isolation Transformers to Prevent the Propagation of Lightning Surges along Power Lines : the Problem Involved and the Effects of the Improvement

Akihiko YAGASAKI^{*, 1}

(Received December 21, 2000; Accepted September 11, 2001)

The scope of damage caused by lightning surges has rapidly increased, keeping pace with the explosive growth of information technology equipment, which executes various kinds of intellectual work for human beings. The losses are enormous, therefore, the prevention of lightning surges is emerging as a new and urgent issue. Lightning surges propagate over a very wide area when they travel along power lines. This propagation must be suppressed within the power line. The most reliable way to suppress this propagation is to isolate the power line at important points. Up to now, this was a task performed by electrostatic-shielded transformers, in which an electrostatic shield was provided for grounding between the primary and secondary coils of an insulating transformer, effectively suppressing surge components. However, recent years have seen a rapid increase in the number of cases where shielded transformers are inadequate. While electrostatic-shielded transformers can completely suppress the propagation of lightning surges caused by the initial, and most powerful, electrostatic coupling, it is incapable of suppressing the propagation of lower-level surges caused by the ensuing electromagnetic couplings. Information technology equipment is generally susceptible even to weak surges, since the semiconductor devices that comprise the equipment are characterized by immunity lower by several orders of magnitude compared to traditional electrical equipment. Therefore, an isolation transformer that has a structure for suppressing the propagation of surges caused by electromagnetic coupling as well as electrostatic coupling can be utilized as an effective tool for lightning surge protection when it is specially designed for lightning surge prevention. This paper expands upon the topic introduced above by discussing the results of a lightning impulse test.

1. はじめに

雷サージによる障害が急増し、統計では最近10年間で10倍の被害件数の増加をみて新たな防災上の課題を生んでいる。言うまでもなくその要因は、産業や社会活動上中枢的な役割を占め始めた情報技術装置類の主素子である半導体素子のイミュニティの、それ以前の能動素子に比べ数桁にも及ぶ低レベル化と同時に、それらが構成するシステム

やネットワークの配線が甚だ広範・多岐になり、サージを誘導・伝搬し易くなったことにもよる。従って配電線路(以下線路)や機器の電源線路中でサージの進行を阻止する手段を向上させることは効果の優れた対策となる¹⁾。

伝導とふく射とを問わず線路を介するサージの障害を防止するためには、回路全体を適宜分離し絶縁してその間を電気以外のエネルギーで結合することにより、必要な信号や電力のみを弁別して相互に伝達させる手法(以下アイソレート)が信頼性の高い方法である^{2,3)}。電力系の線路をアイソレートして雷サージ障害を防止するツールとしては、これまで高耐電圧絶縁変成器の1次と2次のコイル間に静電遮蔽板を設けてこれを接地する構造の変成器(本稿では以下遮蔽変成器)が使用され、長期にわたり効果を上げて

キーワード: 雷サージ, 防雷用変圧器, アイソレート, 伝導性コモンモードサージ, 不平衡回路

* 株式会社電研精機研究所
(203-0042 東京都東久留米市八幡町1-4-21)

DENKENSEIKI RE.IN.CORP.

1-4-21, Hachiman-cho, Higashi-kurume City,
203-0042, Japan

¹ yagasaki@denkenseiki.co.jp

来ている。それにもかかわらず最近時としてその効果の不足を問われる事例が急増している。

変成器の1次・2次間をサージが移行するときは、両者間の静電誘導により1次側と波高値がほぼ等しく速い立上りの移行が発生し、同時にそれより立上りは桁違いに遅く波高値の低い移行が電磁誘導により発生する。遮蔽変成器は最初に最も高レベルに達する静電的移行をほぼ完全に阻止できる。しかしこの電磁的移行に対してはそれを阻止する構造を備えていないため移行を阻止することはない。そして主素子の耐性が以前より数桁も低下した情報技術装置類はこの電磁的移行によってもしばしば破壊的なダメージを受ける。それ故に遮蔽構造に加えて電磁的移行を阻止する構造を付加した変成器を防雷用に作ることによって、雷害防止用のツールとしての有効性を改善できるはずである。

以下その手段を探り、雷サージのような瞬間にエネルギーの集中する高レベルのサージに対してどの程度の効果の向上を得られるか、また実装後に望み得る防御力にどれ程の目途が立てられるか、実験によって確かめる。

2. 雷サージと遮蔽変成器

2.1 コモンモードである雷サージに対する動態

空中から大地へ巨大なループで流れる雷サージの急しゅんなコモンモードサージは、線路に侵入すると進行波となって伝導し、配線の2線を同方向に進んで、これを防ぐために設けられている遮蔽変成器の1次側に到達する。このサージの伝導による2次側移行は1次・2次間の高耐電圧絶縁によってそれほど困難なく防止できる。また両コイル間に存在する分布静電容量を介しての移行(以下静電結合)も、両コイル間に透き間なく遮蔽を施せば、例えばそれが $7.6 \mu m$ の銅はくであっても計算上では $100dB$ 以上の電界強度減衰量が得られ⁴⁾、実験室内では検知し難くなるほど効果が高く、充分に移行を防止できる。しかし電磁誘導による2次側への移行(以下電磁結合)はそれを防止する構を持たないため、抑制されることなく移行する。

回路技術の中で一般的に、変成器はノーマルモードの障害波(ノイズ)は良く伝達するがコモンモードの障害波はコイル内を電流が流れず相互誘導しないから伝達することもない素子として扱われてきている。防雷用の遮蔽変成器もその考え方のままに、雷サージもコモンモードであるから電磁誘導による移行は起きないものとして扱われて來ている。しかし詳細に調べると高い周波数成分では電磁結合が発生する。情報化時代が急速に到来し、雷サージによる被害が急増して、改めてアイソレート機能上の今日的な有効性が問い合わせられる状況に至ったものと言えよう。

2.2 コモンモードサージの2次側移行防止が不充分になる構造と作用上の問題点

立上りの速いインパルス電圧を、短い平衡線路を通じて任意の遮蔽変成器の1次側両端子にコモンモードの定義通り等しく印加すると、発生しないはずの電圧が高い周波数を伴って2次側端子間に発生する。それにより原因は変成器内部にあるものと判断される。そのとき両端子に流入する電流を調べると複雑で激しい振動を伴っており、コイル内を流れる電流が多数の微細で不均等な局部共振回路の密集する中を流れるのであることが推測される。その波形は相互に対称にはならず、その電流値の大きさと位相の違いが大きい程2次端子に大きな電圧が発生する。このことから、等しく電圧を印加しても、各々進行波となってコイル内に流入した電流が遮蔽板に静電結合して大地に流れ去るとき、微細で多様な局部共振回路の中を互いに逆の順序で通過することにより振動の位相と瞬時値に違いが生じ、互いに打ち消し合えなくなった成分がノーマルモード化した電流となり、その磁束が2次コイルに電磁結合してノーマルモード電圧を発生すると判断される。

変成器のコイルは多層多巻回数の導体の線輪を、占有率ではそれを上回る量のフレキシブルな絶縁物を挟んで密接に集合させる構造である。そのため成形後のコイル内部の導体と誘電体である絶縁物の分布は極めて厳密な精度で均一には作れない。もし巻き方を工夫して両端子から見た合成対地分布定数をできるだけバランスさせてみても、コイル内部の不均一は避けられず成形後の修正も極めて難しい。従って線間・層間・対大地間の分布静電容量や漏れインダクタンスの分布も不均一になり、コイル内部には、様々に異なる値を持つ微細な局部共振回路が多数密集する状態になる。他の回路素子と異なり格別に強い相互誘導作用を集中して持つ変成器においては、上記分布の微細な不均一による相互誘導作用が格別に著しく現われ、無視することのできない電磁結合となって現われる。これに対抗する構造を持たなければ電磁的移行を防止することはできない。

3. 防雷用変成器の改善

3.1 改善の方向

前述のとおり変成器コイル内の分布定数の不均一は外部から補正して整合させることが不可能に近く、またその分布状態は変成器個々により全くランダムに異なる。個々の異なる条件を持ったままのものに同様の効果をあたえて不具合の改善を計る手段として、電力用周波である低周波数の成分を相互誘導によって良く変成・伝達すると同時に、サージである高周波成分はノーマルモードであっても相互

誘導せず 2 次側に伝達しない変成器、つまり磁束中の高周波成分のみを弁別して 2 次コイルに鎖交させない構造の変成器を防雷用に加工して用いることが考えられる。それに はその条件に適う障害波遮断変成器⁵⁾を防雷用に作ることが有効となる可能性がある。

3.2 改善の手段

障害波遮断変成器は、ノーマルモードの高周波ノイズを平均的に数十 dB 減衰することが可能である⁵⁾。その構造上不可欠の要点は、

- (1) 1 次と 2 次のコイルを引き離して配置し、空芯と空間を通る磁束がコイル相互に鎖交するのを防止する。
 - (2) 両コイルを各々透き間なく被覆して遮蔽する。
 - (3) 実効透磁率が低周波では高く、高周波になるに従い可能な限り急速に低下する材質・形状の磁心にする。
- の 3 点である。この要点を踏襲した上に雷サージ防止用として下記の各要点を加えて製作し完成させる必要がある。
- (4) 雷サージの高電圧に耐える絶縁を施す。
 - (5) 各接地極や防護機器のグランドの各電位の相違や動搖に備えて両コイルの中間にも遮蔽を設ける。
 - (6) 各遮蔽にそれぞれ独立して低接触インピーダンスの接地用端子を設ける。
 - (7) すべての導電部を残らず包覆して遮蔽する。

この諸条件を満たした変成器が、雷サージの条件を持つコモンモードのインパルスに対して果たしてどの程度の防護能力を持ち得るか、以下の実験で確かめる。

4. 雷サージ防止効果の比較実験

4.1 実験用サンプル

表 1 に示したように、各々に共通した下記仕様をもつて製作した四種類のサンプルを用いて比較実験を行う。

用途：商用電源からの 200V 系単相 2 線配電線に用いるもの。
定格：出力容量 1 kVA、基本波周波数 50/60Hz。1 次定

格電圧 200V。2 次定格電圧 200V。2 次定格電流
5A。巻数比 1:1

材料：鉄心は JIS-C 2552 50A400 0.5mm 積層板

遮蔽材料は 0.1mmCu 板と 20 μm Al はく。

上記 3.2 の(1)のコイル配置については、変成器の持つ電気装荷と磁気装荷のカップリングの基本的な形態上から、表 1 の②・③・④に分類される 3 種類の配置が生まれる。それにより減衰率のグレードが分かれ、全体として適応用途の広いものとなるはずである⁵⁾。表 1 中の①は比較のための遮蔽変成器のコイル配置の形であり、②は外鉄形③は内鉄形④は障害波遮断変成器専用の形である。

表 1 実験用サンプルの分類

Table 1 Classification of test samples.

Type and Structural feature	Coil configuration
Type①: coaxial and concentric Coils are arranged in coaxial and concentric configurations. An electrostatic shield is inserted between the two coils.	
Type② : coaxial and nonconcentric Coils are arranged coaxially, but are configured nonconcentrically. Each coil has its own shield plate, and a separation plate is inserted between them. (This is the so-called "shell type")	
Type③:noncoaxial and non-concentric Coils are arranged biaxially and eccentrically. Otherwise, the conditions are the same as those ② (this constitutes an "core type").	
Type④:noncoaxial and twist nonconcentric Coils are arranged non coaxially and twist but are configured eccentrically. Otherwise, the conditions are the same as those ②	

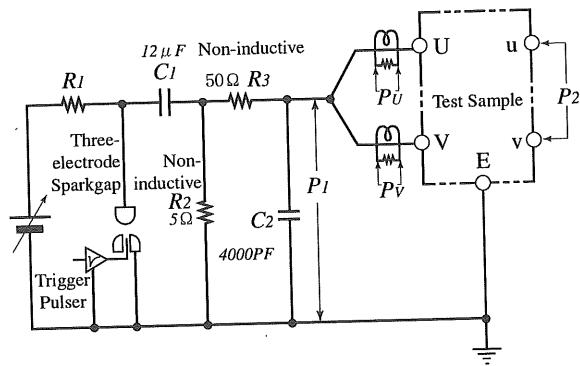
4.2 実験用サージ源と器具・装置

追試と比較の便利のため、サージ源には IEC-Pub.60-1 に準拠した JEC-0202 規定の国際標準インパルス電圧を用いる。速い現象程高い値で移行するから、近傍大地放電に疑似したと言われ最も速い波頭を持つ 1.2×50 雷インパルス電圧を使用する⁶⁾。インパルス電圧発生器の構造と操作は同規格の参考 3 に準拠し、比較実験のための配慮を加えて構成する。その要点は、できるだけ内部インピーダンスを小さくしてサンプルの交換による放電波形への影響をごくわずかにするため、昇圧段数を一段とし、図 1 の C_1 (充電コンデンサ) の容量をできるだけ大きく R_2 (放電抵抗) の抵抗値を小さく選ぶ。また絶縁破壊試験等と異なり波形のディテールを問題とする実験のため、波頂付近のリップル 5%以内の規定に対し $R_3 \cdot C_2$ を加えて微調整し 1% 以内にとどめた。火花放電間隙は高気圧窒素ガス中の 0.4mm であり、短いのでアークが安定する。また短いためアークのインダクタンスは回路全体の定数に比較し極めて小さく、その値に微細な変動があつてもそれは充分無視できる。従つて全体の回路定数は動作中でも常に一定を保ち出力するインパルス電圧波形は少なくとも CRT 画面上では毎回完全

に一致する。なお充電用直流高圧電源が正極性のため出力するインパルスは負極性である(移行の強さをサンプル間で比較するにあたっては極性による違いはない)。各波形は蓄積形のCRTオシログラフで表示し記録する。なお下記に実施に際して特に注意を必要とする事項を上げる。測定系は電磁遮蔽室内に配置し、サージ源とサンプルは遮蔽室外に置く。それによってふく射によりサンプルをバイパスして測定系に侵入するインパルスや外からの放射性ノイズを厳重に防止する。発生器・測定器ともに電源の配線はアイソレートする。接続部はすべてボルト止めとし強く圧接する。測定系の配線やプローブ等はすべて全く透き間なく20 μm厚のAlはくを用いて遮蔽する⁷⁾。グランドプレーンは器具・装置類を配置する必要面積より広く、2mm厚のAl板を用いる。

4.3 結線

図1のとおりに結線し、発生したインパルスが短い平衡線路を通じてサンプルの両1次端子に等しく印加されるようとする。必要な定数は同図中に記入する。



P₁: Simulated surge measurement point.
P₂: Measurement point of propagated surge voltage on the secondary side.
P_U・P_V: Measurement point of each line current on the primary side.
All shielding plates in the samples are connected to electrode E.

図1 平衡線路測定結線図

Fig.1 Circuit connection diagram used to measure balanced lines.

4.4 測定と記録

発生インパルス電圧波形を図2に示す。これを印加したときサンプルの1次側に流入しコイル内の電流の不均等を推測する2線各々の電流波形、及びサンプル2次側に電磁誘導によりノーマルモードで移行した電圧波形を測定する。

表1の①, ②, ③, ④の各サンプルについて測定を進め、結果を記録して比較する。

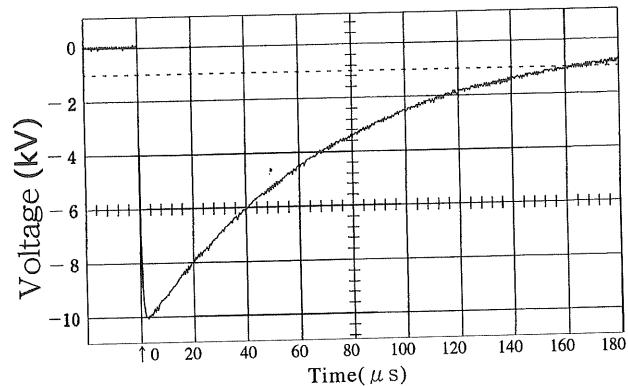


図2 サンプル印加インパルス電圧波形
Fig.2 Waveform of the impulse voltage applied to samples.

半導体の能動素子は、最も耐性の高いものであっても、耐えられる電圧の限界を超えるノイズが10ns以上の時間持続して加わると必ずダメージを受ける。それに対するに変成器は自己インダクタンスが大きいために、電磁誘導に依って2次側に移行するサージの時間幅がそれより2~3桁長くなる。この時間幅を縮めることは電力用変成器では極めて難しい。それ故に変成器をサージ防止の役に立てようすれば、2次側に移行するサージの電圧を極力低く押さえり以外に選択肢が残らない。従ってサージの減衰効果を各サンプル間で比較するに当たっては、専ら2次側に移行する電圧値で比較することになる。また平均的な値よりも、最も高いピークの波高値を選んで比べる必要がある。以下、表1に示した四種類のサンプルの各々について、2線の各電流と2次側移行電圧を測定し、その3点を1組として合計4組12カーブのデータ(オシログラム)を記録する。それから得られた1次印加電圧と2次移行電圧の最高の波高値の比を減衰率(A)として(3)式によって求める。それを表2にまとめて各サンプルの防止効果として比較する。

$$A = 20 \times \log_{10} \frac{E_2}{E_1} \quad [\text{dB}] \quad (3)$$

但し、A: 減衰率

E₁: 1次側インパルス電圧波高値

E₂: 2次側移行電圧波形の波高値中の最高値

また代表的なオシログラムの2組6カーブを選び、比較し易いように遮蔽変成器の1組と障害波遮断変成器の1組を左右に並置して図3として示す。

5. 装着時を想定した効果とその比較

5.1 接続線路の対地回路定数の不平衡とコモンモードサージの移行

システムやネットワークの線路では、同一系統内に不特定で多数のデバイスが並列に接続されて様々な稼動を行つ

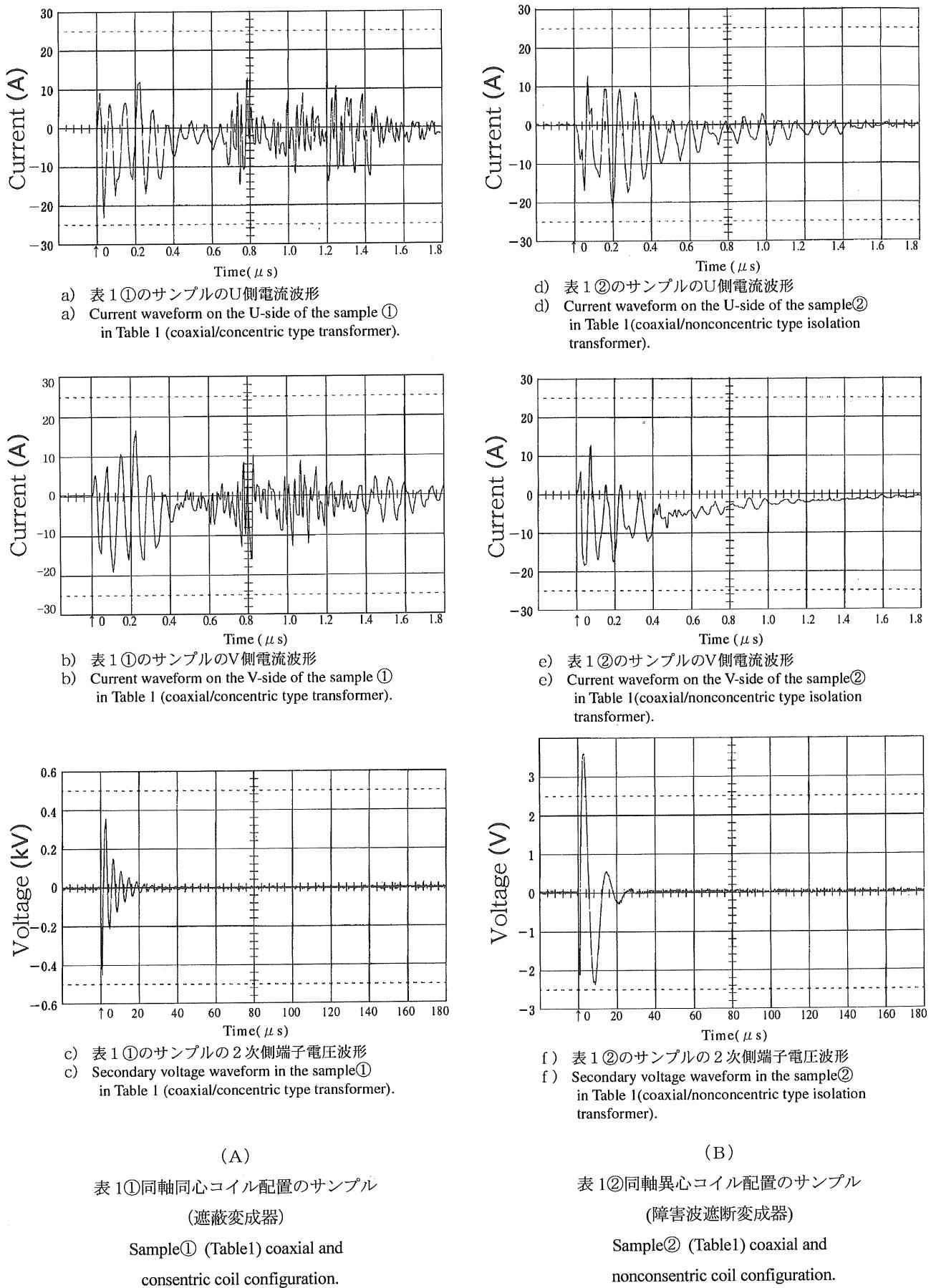


図 3 平衡線路における電圧・電流波形

Fig.3 Voltage and current waveform with the balanced lines.

ている。従って各線の対地インピーダンスは例外なく場所や時間帯により不規則に変化し常に非対称である。筆者らの測定例ではペアとなる2線の各々が持つ対地インピーダンスの比が、非常に大きい場合もありそれ程ではない場合もあり様々であって、平均的には10:1程度とみなしてよいと思われる。従って防雷用変成器が接続される線路は常にペアの2線の対地インピーダンスが不平衡であり、それもかなり著しいことを考慮しなければならず、両線に侵入した雷サージの進行波も1次端子に到達したときはすでに互いにかなり異なった値で到達すると予想して置かないとならない。図4の説明図を用いれば、2線のコモンモードサージの進行波は変成器の1次端子U・Vに達したとき、2線の対地インピーダンスの著しい不平衡によりすでに位相も大きさも相互にかなり異なって到達する。そして同図の I_U ・ I_V に示すように1次コイル内を互いに反対方向に通過し、コイルと静電遮蔽板間の C_s 及び片線と大地間の C_u あるいは C_v の分布静電容量を介して大地に流れ去る。この線路条件に起因する進行波電流の不平衡が加わることにより、1次コイル内で互いに打ち消し合える成分は変成器の不平衡のみの場合より更に少くなり、残りの決して少なくない成分がコイル内をノーマルモードで流れる。そして相互誘導によって2次コイルに移行し、接続されている2次側の機器にラッシュして更に大きな障害を与える。従つて障害波遮断変成器が装着使用されたとき、雷サージに対する程度の防止効果を期待できるかについては、さらに実験を重ねる必要がある。

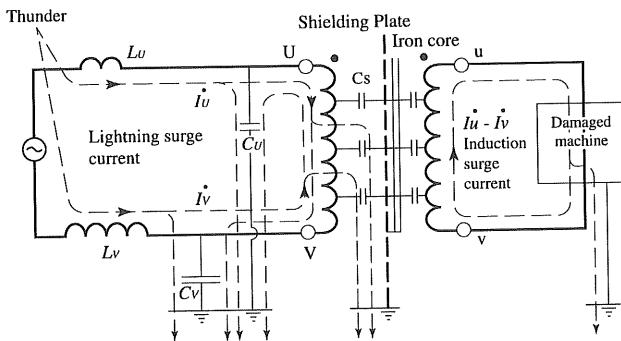


図4 線路インピーダンス不平衡による雷サージの電磁結合による2次側移行

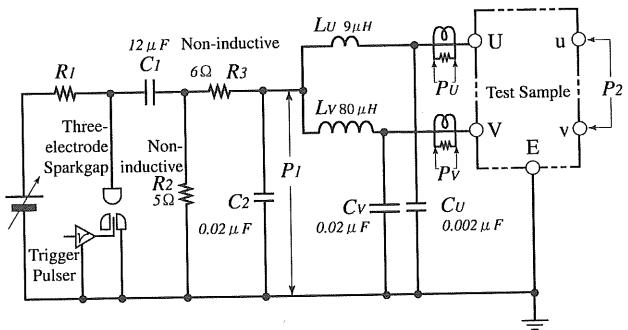
Fig.4 Lightning surge electromagnetic induction from primary to secondary due to line impedance unbalance.

5.2 実験

実験用サンプル・サージ源・器具・装置とも前項4の実験と同一である。結線は図5に示すとおり線路中に L_U ・

$L_V \cdot C_U \cdot C_V$ を接続し、不平衡線路に模擬して行う。各々の定数は同図中に示し、線路のU側とV側の対地インピーダンスの比は略1:10になる。

測定と記録は前項4と同様に行い結果は表2に記入し比較する。また代表的な2組6カーブを選び図6として示す。



P1:Simulated surge measurement point.

P2:Measurement point of propagated surge voltage on the secondary side.

PU・PV:Measurement point of each line current on the primary side.

All shielding plates in the samples are connected to electrode E.

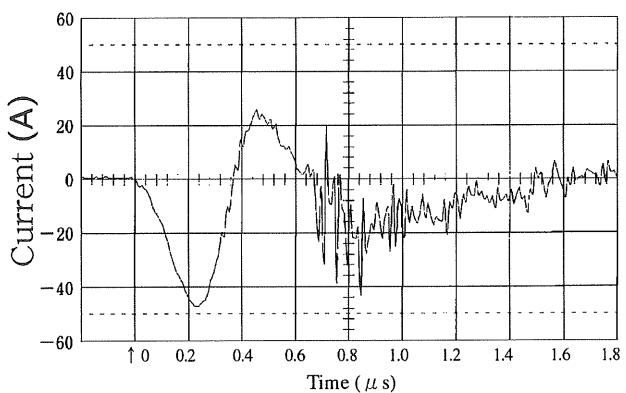
図5 不平衡線路測定結線図

Fig.5 Circuit connection diagram used to measure unbalanced lines.

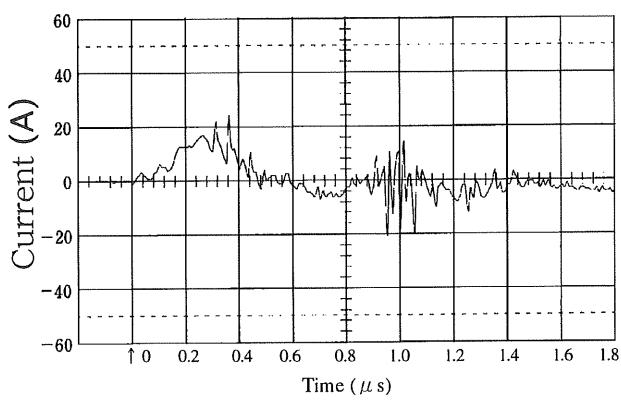
表2 各サンプルのインパルス減衰効果の比較

Table 2 Comparison of impulse suppression effects in each test samples.

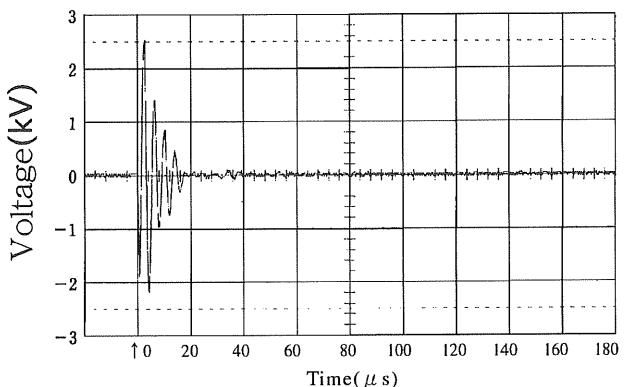
Type in Samples	Line condition	Impulse caused by electromagnetic induction on the secondary side (V)	Attenuation (dB)
Type① Corresponding to Sample① in Table 1 (Coaxial/concentric)	Balanced	430	-27
	Unbalanced	2,500	-12
Type② Corresponding to Sample② in Table 1 (Coaxial/nonconcentric)	Balanced	3.6	-69
	Unbalanced	160	-36
Type③ Corresponding to Sample③ in Table 1 (Noncoaxial/nonconcentric)	Balanced	3.2	-70
	Unbalanced	42	-48
Type④ Corresponding to Sample④ in Table 1 (Noncoaxial and twist nonconcentric)	Balanced	0.72	-83
	Unbalanced	15.7	-56



a) 表1①のサンプルのU側電流波形
a) Current waveform on the U-side of the Sample① in Table 1 (coaxial/concentric type transformer).



b) 表1①のサンプルのV側電流波形
b) Current waveform on the V-side of the Sample① in Table 1 (coaxial/concentric type transformer).

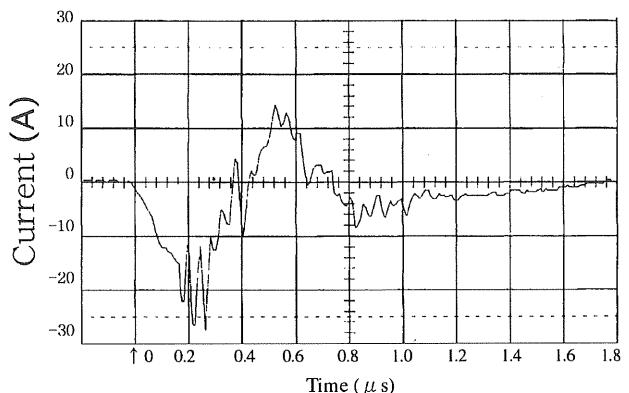


c) 表1①のサンプルの2次側端子電圧波形
c) Secondary voltage waveform in the sample① in Table 1 (coaxial/concentric type transformer).

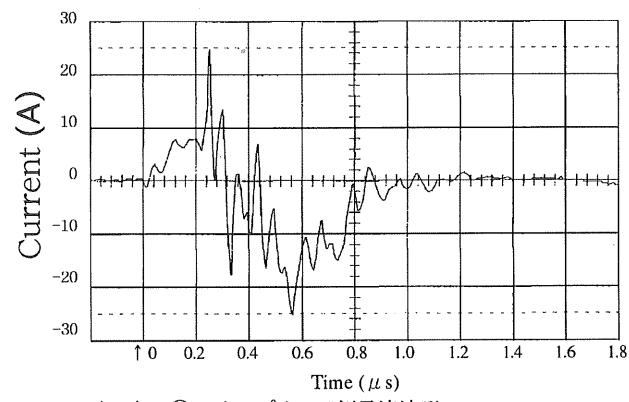
(A)

表1①同軸同心コイル配置のサンプル
(遮蔽変成器)

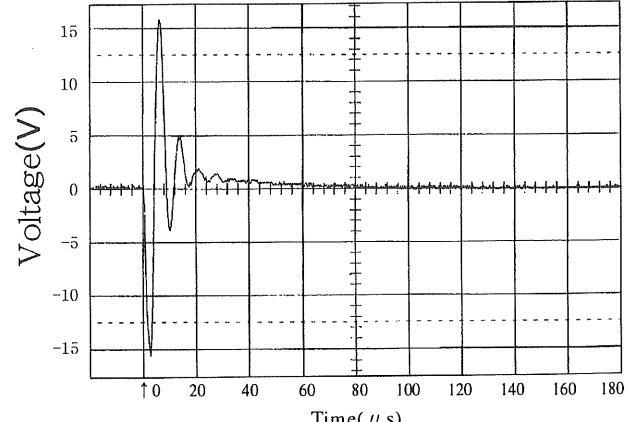
Sample① (Table1) coaxial and
concentric coil configuration.



d) 表1④のサンプルのU側電流波形
d) Current waveform on the U-side of the sample④ in Table 1 (noncoaxial and twist/nonconcentric type isolation transformer).



f) 表1④のサンプルのV側電流波形
f) Current waveform on the V-side of the sample④ in Table 1 (noncoaxial and twist/nonconcentric type isolation transformer).



f) 表1④のサンプルの2次側端子電圧波形
f) Secondary voltage waveform in the sample④ in Table 1 (noncoaxial and twist/nonconcentric type isolation transformer).

(B)

表1④異軸異心ツイストコイル配置のサンプル
(障害波遮断変成器)

Sample④ (Table1) noncoaxial and twist/nonconcentric
coil configuration.

図6 不平衡線路における電圧・電流波形

Fig.6 Voltage and current waveform with the unbalanced lines.

表3 同軸同心コイル配置の変成器と同軸異心コイル配置の変成器の諸値の比較

Table 3 Comparison of parameters and characteristics of coaxial/concentric type transformer with coaxial/nonconcentric type transformer.

Test Samples	Weight of iron core (kg)	Magnetic circuit length (cm)	Cross section of pole (cm ²)	Magnetic flux density (Wb/m ²)	Current density (A/mm ²)	No load losses (W)	Load losses (W)	Output voltage regulation P.f.100%load (%)	Output voltage regulation P.f.80%load (%)	Full load efficiency (%)
① in Table 1	9.2	34.6	36.7	1.115	2.49	23.6	35	3.5	4.33	94.4
② in Table 1	9.2	34.6	36.7	1.115	2.49	24.0	38.5	4.7	8.63	93.4

6. 防止効果の比較と考察

6.1 変成器自体の比較結果

平衡線路を介して各サンプルの1次側両端子に等しくコモンモードのインパルス電圧10kV(図2)を印加した。そのとき流れた2線の電流波形をU側とV側で比較すると、両者の位相とレベルにかなりの相違がある。遮蔽変成器である表1①のサンプルでは、表2①のとおり2次側にピーク430Vの電圧が移行する。これと比較すると障害波遮断変成器である表1②のサンプルでは2次側移行電圧は、3.6Vで2桁以上低い。また表1③のサンプルでは3.2Vでさらに低い。表1④のサンプルでは0.72Vで3桁近く低い。いずれも①に比べると2桁以上低い。

6.2 線路の不平衡が加わったときの比較結果

不平衡線路を介して各サンプルの1次側端子にコモンモードのインパルス電圧10kVを印加した。各サンプルのU側とV側の電流波形は位相とレベルに6.1より更に大きな相違がある。位相はいずれのサンプルにおいても波形全体の各波頂部に接する包絡線が同時に正と負になる程相違している。そして表1①のサンプルでは表2①のとおり2次側に最大波高値2500Vの高いサージが移行する。これと比較すると表1②のサンプルでは2次側移行電圧が160Vで表2①よりも1桁以上低い。また表1③のサンプルでは42Vで2桁近く低い。更に表1④のサンプルでは15.7Vで2桁以上低い。

6.3 防止効果の要約と考察

上記のとおり表1①のサンプルの遮蔽変成器では、変成器自体において、コモンモード1次印加インパルス電圧10kVに対し、2次側にサンプルの定格線路電圧(RMS 200V)の約2倍のノーマルモードのサージが移行する。一般に電気・電子機器は開閉器の投入時に備えて定格線路電圧の2倍の過渡電圧に耐えるように作られるが、この移行電圧が線路電圧の同極性の波頂部に重畠すると波高値713V前後となり、2次側に接続される機器・装置類に障害を与えることを否定

し切れない値に達する。さらに実装するに当たり線路の不平衡が加わると、不平衡10:1の条件下では機器・装置類に破壊を及ぼす高電圧のサージを誘導してしまうことがわかる。従ってその効果は常に信頼できるとは言い難い。防雷用障害波遮断変成器である表1の②・③・④のサンプルでは、①と比較して約2桁から2桁以上の改善が見られる。それにより、表2の②・③・④の値まで減衰できれば、不平衡10:1の線路を通じて10kVの雷サージの襲来を受けても、2次側機器への障害の恐れはほとんどなくなると判断される。

7. 電源の基本波の伝達特性への影響について

実用品の設計に当たっては、用途に応じて基本波の伝達特性とサージの遮断特性との協調を取るため、多様な個体が生まれ得る。いずれにしても基本波の伝達機能がわずかながら損なわれ、特性が幾分か低下するか、または材料が幾分か増量することは避けられない。大形のものの長期のランニングコストを考慮するとき最も問題になると思われる効率については、材料の質・量とコアの寸法を同等としたとき、通常多く採られている方法⁸⁾の計算値で比べるならば答えは低下しないが、実測すればわずかに低下する傾向がある(計算に乗せられない漂遊負荷損の増加による)。参考として今回の実験のサンプルで材料の質・量とコアの寸法が同等に作られている表1①と表1②の諸値を表示すると、表3のとおりである。注意する必要があるのは電圧変動率で、遅れ力率負荷のとき大きくなる。これは作り方で大幅に改善できるがそれについては稿を改めたい。

8. まとめ

高度情報化社会を迎えた現在急増し始めた雷サージによる広範囲に及ぶ災害を、電線路中において効果的に防止するための防雷用変成器に、障害波遮断変成器の構造を備えた防雷用変成器を用いることによって2~3桁の減衰率の向上を得られることを、1.2×50標準雷インパルス電圧を用いて実験的

に明らかにした。また実装したとき、1次側接続線路の対地インピーダンスの不平衡 10:1 と、侵入雷サージ 1.2×50 , 10 kV の条件下では、機器装置を防護できる目途としてよいと思考される減衰率が得られることを示した。なお同時にこのことは、ノーマルモードノイズ（サージ）減衰率が 2~3 衝向上することを、かねて明らかにした障害波遮断変成器⁵⁾が、残りの一つのコモンモードノイズにおいても、またその高レベルで衝撃的な侵入条件下においても、同様の防止効果を示すひとつの実験結果ともなった。

参考文献

- 1) 矢ヶ崎昭彦：環境電磁ノイズハンドブック，仁田周一他編，p.227，朝倉書店（1999）
- 2) 矢ヶ崎昭彦：静電気学会誌，18(1994) 274
- 3) 矢ヶ崎昭彦：静電気学会誌，15(1991) 383
- 4) D. R.J.White: *Electromagnetic Shielding materials and performance*, APPENDIX A.1, Don White Co. Inc. Ginesvill Virginia U.S.A(1980)
- 5) 矢ヶ崎昭彦：電気学会論文誌 117-A, No.12 (1997) 1213
- 6) 電気規格調査会標準規格，JEC-0202，インパルス電圧電流試験(1994)
- 7) 矢ヶ崎昭彦：静電気学会誌，13(1989) 11
- 8) 竹内寿太郎，磯部直吉：新版電気機器設計学，p.43, p.47, オーム社 (1980)