



“電源ノイズと電源トラブル対策の技術展望 “より抜粋

by ASL 長嶋技術士事務所 長嶋 洋一

「ノイズトラブル対策」の展望

テクノロジーの主役は、エレクトロニクスからコンピュータ、そして情報ネットワークへと進展しつつ、20世紀にはいっても変わらず、「電気/電子/情報の技術」が地球文明と人間社会の基幹であり続ける。そして、不可避的な問題として、「ノイズトラブル」とその対策も復永遠の課題であり続けるだろう。

サージ対策の基本部品である MOV は、「規定電圧以上の高電圧をバイパスする」という機能としては有効であるが、実際には規定エネルギー以上の入力では破壊されたり、さらに悪いことに、見た目では別に壊れていないのに劣化により性能が失われて、次にやって来たサージでは「効かずに」無防備になってしまう、という点が最近になって注目されている。もう一つ重要なのは、電源ラインに MOV タイプのサージ対策部品を接続しただけの場合、そのラインの過剰な高電圧は MOV によって中性線にバイパスされるが、その「サージの捨て場」の中性線から他のラインや機器にサージ成分が伝播して、結局は誤動作などの原因になっている、という問題点である。

PQ 改善機器・EP-2000 を解析する

筆者は文献(「新しい部品を使ったノイズ対策」「地球環境を救うノイズ対策」「Power System Works」)にあるように、PQ 対策として新しいアプローチを提案した。米国 EP(Environmental Potentials)社のユニークな PQ 改善装置、EP-2000 シリーズについて紹介した。その原理の部分で秘密とされた部分も多かったが、2002 年 11 月に米国特許(US6,486,570)として登録されたことで、その対策現地がようやく公開された。肝心のテクノロジーには未だ企業秘密の部分もあるが、魔法でも何でもなく、ノイズの本質に正面から取り組んだ対策技術は、日本企業が今後の市場参入を検討するうえでも重要なものであると考え、ここでは筆者の理解によってその中核部分を紹介する。なお、実際の EP 社製品ではこの基本特許そのものでなく、より実的に改良・変更された回路、さらに組立・実装上のノウハウが大きい点に注意してお読みいただきたい。

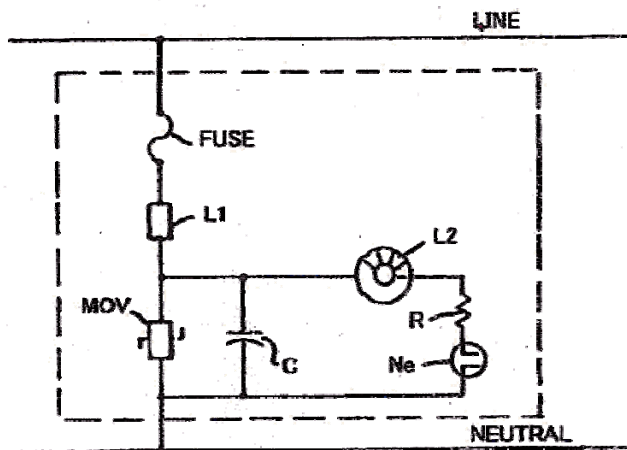


図7

図7は、EP 特許(US6,486,570)にある基本回路であり、驚くほどその構成はシンプルである。電源ライン(LINE)と中性線(NEUTRAL)との間には、ヒューズとインダクタ L1 と金属酸化バリスタ(MOV)とは直列接続されて入っている。そして MOV と並列にコンデンサ C があり、さらにここに並列接続となる回路には、インダクタ L2 と抵抗 R が直列接続され、正常動作表示用のネオン管(現在は LED 使用)がこの抵抗 R と直列ないし並列に入っている。2種のインダクタ L1 と L2 以外は普通の市販部品であり、回路は基本的にはなんとこれだけである。

この回路は「瞬間的なサージ成分を吸収する」というものであり、電源ラインに乗る高次高調波、あるいは高周波成分も個々に瞬間的な変動成分として同様に吸収する、という原理である。そこで、この回路に瞬間的なサージが乗った時の振る舞いを詳細に検討しよう。まず、ヒューズは回路全体を破壊する雷撃のような異常エネルギーが直撃したときのみ、切断する。このシステムは AC ラインと中性線の間に並列接続されるので (1) 万一の際にも AC ラインがショートしない、(2) ヒューズが切れるような異常時にはネオン管 (現在は LED) が切れることで明確に事故が判る、というのは安全面でも重要である。それ以外ではヒューズは何もせず入力を回路内に伝える。

瞬間的な電圧変動は、「柔らかいアモルファス磁性体のトロイダルコア」というインダクタ L1 を通過する。この磁性体が、EP 技術における最大の秘密の一つである。非常に高い透過率と磁化効率、極限までゼロに近いコア損失を持つ、一種の理想的インダクタである。これにより、1 マイクロ秒オーダのサージ成分の瞬間的な変動 (立ち上がり) は時間的に滑らかに引き延ばされつつも、エネルギー的には邪魔されずに回路内に入り、透過的に無限大である抵抗の金属酸化バリスタ (MOV) を迂回して、コンデンサ C を充電する。そして電源電圧の 2 倍程度を超える規定入力に上昇すると、MOV は突然に抵抗成分がゼロ付近に変化して、入力された過剰電圧を中性線側に供給する、いわば電流源となる。しかし並列接続されたコンデンサ C がこの電流を瞬間的に導通させて反対方向に蓄電を開始するために、中性線にはこの MOV スwitchング時の衝撃は伝わらない。MOV とコンデンサを並列接続するという発想そのものは新規ではないが、この動作は重要である。

そしてサージ電圧が低下して MOV が再び OFF となった瞬間、ここまで電源ラインにも中性線にも放出されなかった、そのサージ成分のエネルギーはコンデンサ C に貯えられていて、このままでは外部に放電されて異常障害の原因となってしまふ。ところが EP 特許では、このコンデンサ C に並列接続されたフィルタ回路がこれを引き受ける。コンデンサ C の電荷は、「柔らかい磁性体のナノクリスタル製」というインダクタ L2 を通過する。この磁性体が、EP 技術の秘密のもう一つの鍵である。非常に高い透過率と飽和磁束密度を持ち非常に低損失、というこれも一種の理想的インダクタである。EP 社はこの 2 種の特殊なインダクタの性能/特性をチューニングして、製品一つずつを実装配置まで微調整して製造し、移動しないように内部にエポキシ樹脂を充てんし、万一の場合でも飛散しないように特性の削りだしケースに収めて (ネジ無し) 10 トンプレス機で圧封している。単に部品同士をつないでも EP の特性は全く出ないという。磁性体の空間的配置も重要なのであろう。

さて、コンデンサ C の電荷はインダクタ L2 を通過して、抵抗 R との直列フィルタ回路により、LCR を往復しているうちに熱として消費されていく。つまり、EP はサージ成分・電源の高周波成分を AC ラインにも中性線にも戻さず、内部で吸収して熱にしてしまふ、ということである。回路と部品のチューニングにより、50Hz とか 60Hz という電源本来の成分については並列接続においてもまったく影響/消費せず、ただサージ成分だけを吸収し、さらに高周波成分に対してローパスフィルタとして減衰 (吸収) させる、というものである。まさに [PQ 改良装置] の一つの理想である。この理想の実現方法は EP 技術だけでは限らない筈であり、このような装置、あるいは部品は、工場、事務所、オフィスだけでなく、「家庭」という大市場でも切実に求められているのである。日本企業の奮起を期待したい。

EP-2000 の実験的検証と 21 世紀の PQ 対策

筆者はこれまでも実験室レベルで EP 製品の動作を確認していたが、本稿ではノイズシミュレーターなどでよく知られる「ノイズ研究所」の計測サイトで現実的なノイズを実験したので、ここに結果を紹介する。また、実際にフィールドで活用されている EP 製品の事例を紹介して、提唱する [21 世紀型の新しい PQ 対策] を検討する視点を整理する。

図 8 は、ノイズ研究所製の AC ライン・ノイズ・シミュレータで EP-2000 に AC ラインノイズ (サージ) を与えた実験で得られたデータの一例である。図 8 の左側は電源 100V に「パルス幅 200nsec, 電圧 2000V」のインパルスに乗せてダミーロード (負荷抵抗) の両端の電圧を計測したものである。パルス幅は正確に 200nsec であるが、パルスの電圧は平坦部で 2000V といっても、立ち上がりの瞬間には電線のインダクタ成分によって 6500V 付近まで瞬間的なサージが乗るとともに、マイナス側にも 1500V 以上に瞬間的にバウンドしている。図 8 の右側は、ここに EP-2000 を並列接続して同様の条件で実験し、得られたデータの時間と電圧を左側と同じスケールにしたものである。サージ電圧の抑え込み、そしてパルス幅 (サージのエネルギー成分) がほとんど吸収されていること、後にフィルタ回路で振動 (共振) しながらエネルギーを熱として吸収するためにわずかな電圧変動が時間的に持続している様子がよくわかる。



図8 ACラインノイズの軽減

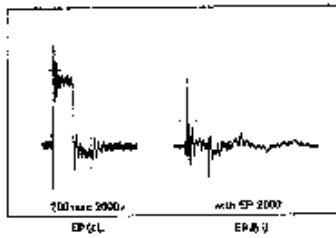


図9 雷サージノイズの軽減

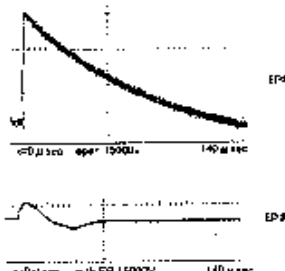


図10 電圧での電源ラインの瞬時(X線)線量、計測設備など各社のAC

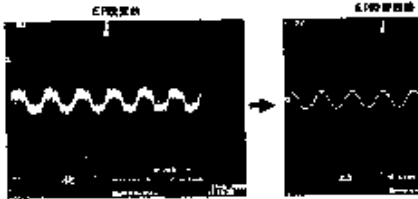


図11 PQ対策の経済性の実例

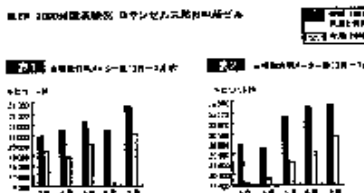


図9は、ノイズ研究所製の雷サージ・シミュレータによる実験データの一例である。図9の上段は電源100Vに15000Vのインパルスを乗せた開放端の電圧を計測したものである。図9の下段は、雷サージ対応でMOVと並列にガスチューブアレスタを内蔵したEP-2000を用いた実験で、得られたデータの時間と電圧を上段と同じスケールにしたものである。サージ電圧が2500V程度に抑えられ、さらに電圧上昇のカーブが滑らかに抑え込まれていること、サージは片方向の電圧にもかかわらず、エネルギーを吸収・開放するための共振動作により逆方向にも電圧変動している様子がよくわかる。

実験だけでなく、EP ジャパンによれば、すでに日本国内でもEP の設置実績は着々と進んでいるという。具体的な名称などは伏せざるを得ないが、(1) 飛行場の滑走路バリアーの雷サージ対策用、(2) 多数の電子機器と電力機器の隣接/混在する病院などでの実績(図10)、(3) ファーストフードの配電盤にEP を設置すると、前年より電力消費量が大幅に低減された、(4) ゲームセンターやチケット売り場などの多数の電子機器が並ぶ事務所では、故障/停止がなくなるだけでなく稼働率が上昇した、等々の報告があり、特定の事業所から、企業グループ単位、あるいは業界単位でその経済効果に注目され始めているという。

再び米国でのEP 事例をみてみると、図11は、EP 社がロサンゼルス郡裁判所ビルの協力で実験したPQ 改善の実例である。重要なのは、電源ラインに乗る高周波ノイズやサージノイズによる誤動作やシステムトラブル、というこれまでのノイズ対策とは視点が変わって、ここではEP を付けても付けなくても、別にとりたててシステム障害などのトラブルは起きていない、ということである。しかし図11のデータから明らかのように、電灯ラインでも動力ラインでも、並列に接続するだけで積極的には何もしないEP によってサージや高周波が吸収されてPQ が改善された、というそれだけで、事業所としての消費電力が大幅に改善されているのである。つまり、PQ の悪化したままの全ての事業所、オフィス・家庭では、この差分の電力というのは、電子機器やモーターや照明機器において無駄な発熱として地球温暖化に貢献しつつ無駄に電力会社から請求されて支払っていることになる。それだけでなく、個々の電子機器・動力装置・照明機器それ自体の寿命もノイズにより短縮されて、故障頻度が高くなり、交換コストと停止リスクも余分に発生しているのである。積極的なPQ 対策の意義は、限られた資源を将来にわたって有効活用したい人類にとって、この経済性にこそある、と思われる。

紙面も限られているので最後に整理/展望を述べよう。

電力供給の本流はACであり、これは変わらない。省エネのためにインバータ電源のスイッチング周波数はますます上昇し、電源ラインに乗る高周波ノイズは増大する。電力機器のON/OFFや自然現象(静電気・雷)に伴うサージは減らない。電子機器のノイズマージンはますます低下して敏感に誤動作する方向に進展する。電源ラインノイズは無駄な電力消費と機器の劣化・寿命低下を引き起こす。

以上の状況はトレンドとして逆らえないとすれば、対策として「ACラインのノイズを水際で吸収して浄化し、きれいなACにする」というPQ改善機器は、今後の全ての電気/電子/情報環境に必須となってくるであろう。 (2003年3月号電子技術に掲載された記事から抜粋)

