

多灯式圧電インバータ

鈴木知視・三浦修司・杉原智之

要旨

圧電インバータは、電磁式と比べて効率が良く、小型・薄型に対応できるなどの特徴を有しており、液晶パネルの冷陰極管などに利用されているデバイスです。本稿では、4本の冷陰極管を点灯させるための、出力制御・異常検出の回路構成を完成させ、コンペチタを上回る効率を実現させたインバータを紹介します。

キーワード

●圧電 ●インバータ ●冷陰極管 ●フルブリッジ ●LCD ●液晶

1. はじめに

近年、ノートPCの用途は2極化が進んでいます。LCDのサイズが14インチ以下のモバイル型は携帯性が加速し、小型軽量化およびバッテリーの高寿命化に対する要求が強くなっています。一方、オールインワンと称される15インチ以上の大画面タイプは、DVDドライブやTVキャプチャーを標準で装備するなど、従来のいわゆるインターネット端末から映画やTVの視聴端末として定着しつつあり、出荷量は拡大傾向にあります。また、LCDの大型化、ワイド化の傾向に加え、さらに快適に視聴したいという欲求から高輝度化の要求が強まっています。具体例を挙げると大画面タイプのノート型では冷陰極管1灯式から2灯式へシフトし、現在は輝度500Nit以上のノートPCも珍しくありません。

NECトーキンでは、高輝度化に対応した2灯式圧電インバータの製品化を実現¹⁾し、すでに市場の要求に答えています。さらに高輝度を要する大画面モニタ・液晶TVをターゲットとして4灯式の圧電インバータを開発しました。

2. 圧電インバータ

2.1 圧電インバータの特徴

圧電トランスは、圧電セラミックスの有する圧電効果を利用したものです。圧電セラミックスは、セラミックスに機械的エネルギーを加えると、電気的エネルギーを発生し（圧電効果）、逆に電気的エネルギーを加えると、機械的エネルギーを発生する（逆圧電効果）機能を有する材料です。これら2つの性質のうち一方のみを利用して、たとえば圧電振動子、圧電アクチュエータ、圧電ジャイロなどが商品化されています。圧電トランスはこれら2つの性質の両方を

利用したものです。

圧電トランスは、圧電セラミックス材料に1次側および2次側の電極を配し、1次側より交流電圧（トランスの共振周波数の電圧）を印加して機械振動を励振させ、この機械振動により2次側に発生する電力を取り出すものです（図1）。

したがって従来の電磁トランスが電気→磁気→電気、とエネルギー変換を行うのに対して、圧電トランスは、電気→機械振動→電気、とエネルギー変換を行う、原理のまったく異なるトランスです。

圧電インバータの主な特長、駆動方式を以下にまとめます。

2.2 高効率

圧電トランスは電圧の変換に圧電体の機械的な共振を利用しており、このことがエネルギーの利用効率を高める上で重要なポイントとなっています。そのほか効率を高める要因として、圧電材料、形状寸法、電極の形成プロセス、プリント配線基板への固定方法、そして駆動回路方式など多くの技術要素が関係しており、それぞれ最適化が図られています。

NECトーキンで製品化しているインバータは、以下の2種類

電気エネルギー → 機械振動エネルギー → 電気エネルギー

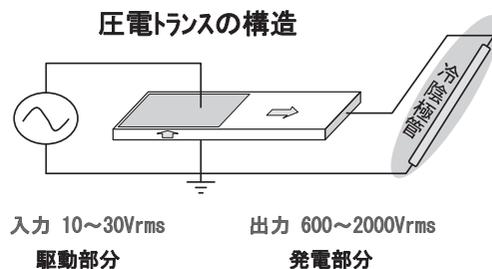


図1 圧電トランスの原理

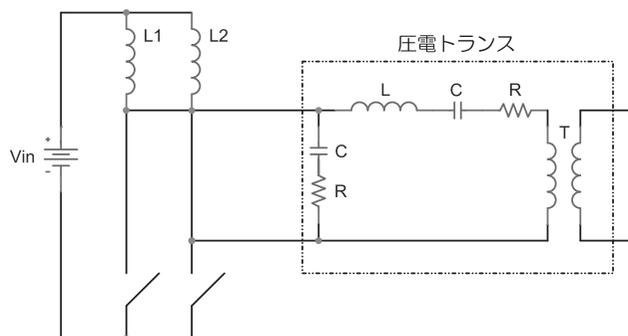


図2 プッシュプル方式

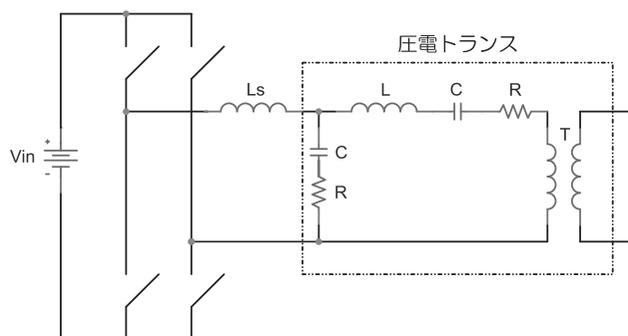


図3 フルブリッジ方式

に位置づけられます。1つは昨今の低価格化に対応すべく、駆動回路にプッシュプル方式（図2）を採用したインバータです。もう1つは高効率タイプインバータとして駆動回路にフルブリッジ方式を採用したものです（図3）。以下にそれぞれの駆動方式の特徴を記します。

(1) プッシュプル方式

プッシュプル方式では、スイッチング素子をふたつ使用し、それぞれ交互に駆動させることで圧電トランスへ交流の電力を供給します。シンプルなスイッチング回路構成により、パワー部品の削減、制御ICの低コスト化に有利な駆動方式となっています。

(2) フルブリッジ方式

図3に示すように、インダクタンス L_s と圧電トランスの1次側容量 C_d が直列に構成された回路の共振によって正弦波を発生させるフルブリッジ方式では、共振電圧波形に含まれる高調波を低減させることで高効率を実現しています。機械振動の元となる電気信号（圧電トランスの入力電圧波形）が正弦波に近づくほどエネルギーの変換効率が向上す

る原理を元にインバータの効率アップを実現しました。

2.3 小型・薄型

圧電方式、電磁方式に限らず現在のインバータが小型化できるか否かはトランスの出来次第ともいえます。一般的に圧電トランスは電磁トランスよりもパワー密度（単位体積あたりのエネルギー）が大きいので、インバータの比較でも小型・薄型化には有利であるといえます。

2.4 低ノイズ性

電磁方式が電磁エネルギーを利用するのに対して、電気をいったん振動に変え、それを再び電気エネルギーに戻すことで機能する圧電方式は、ノイズがほとんど出ないことを特長としています。電磁ノイズ抑制のために追加部品によってノイズを吸収する従来の方法から、ノイズ発生源を絶つ根本的な対策が行えます。

2.5 非発火性

その他の特長として安全性があげられます。PCはTV機能の付帯などでより家電に近い存在に変わってきているため、安全に対する認識も当然ながら家電と区別されなくなってきました。圧電インバータはトランスに不燃性材料であるセラミックスを使用しているため、電磁インバータで懸念される断線や巻線の劣化を原因とする断線破壊での万一の発煙、発火の心配がありません。

3. 4灯式インバータの開発

弊社では高輝度化に対応した2灯式圧電インバータの製品化を実現し、すでに市場の要求に答えています。さらに高輝度を要する大画面モニタ・液晶TVをターゲットとして4灯式の圧電インバータを開発しました。写真に4灯式圧電インバータの1例を示します。インバータ形状は市場の様々な要求に対応し、正方形、細長形状などの多様な形状アレンジが可能です。

駆動回路にはフルブリッジタイプを採用しており、高効率化を実現しました（図4）。

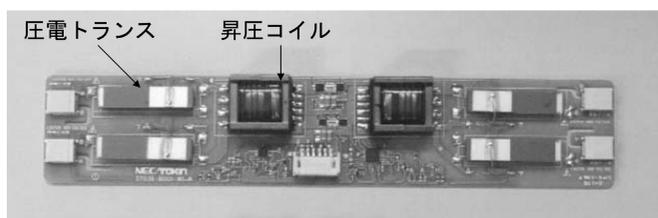


写真 4灯式圧電インバータ

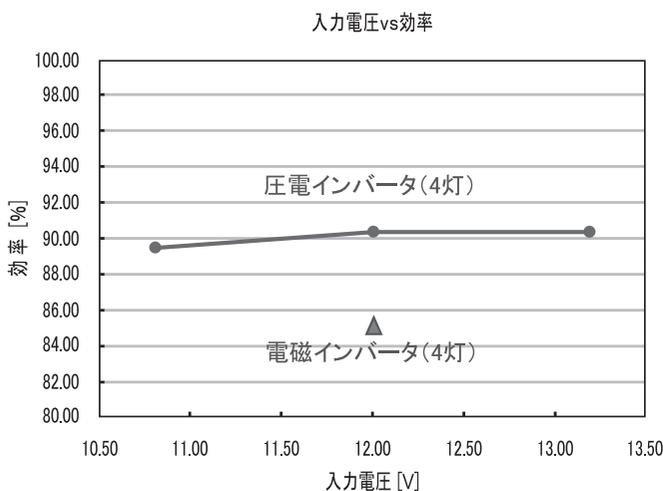


図4 弊社圧電インバータと他社電磁インバータの効率比較

さらに、プリ昇圧用として補助的な役割を成す昇圧コイルを設け、その後段に圧電トランスを配置しました。これにより、低コストの単板型圧電トランスを使用することができ、コストの低減を図っています。

4. 4灯式圧電インバータの保護回路

1灯式に比べて、多灯式は駆動回路・保護回路ともに複雑化し回路設計の難易度が上がりますが、弊社では各種保護回路を搭載したインバータを開発しました。

4.1 LCP回路(Low current protection)

冷陰極管が複数配置されているLCDユニットにおいて、1本もしくは複数本の冷陰極管が不点灯または管に流れる電流値があらかじめ設定した閾値よりも小さい場合に、不点灯管や管電流値の小さい管を検出する回路です。

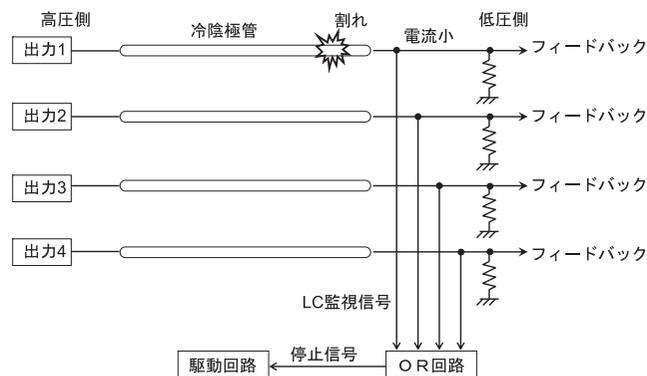


図5 LCP回路

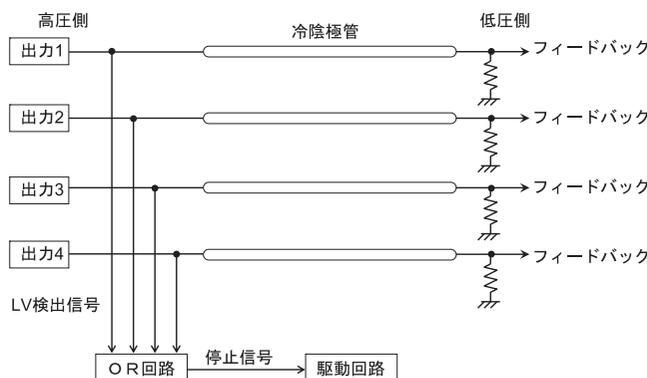


図6 LVP回路

図5に示すとおり、インバータ側の出力異常、もしくは冷陰極管の割れなどの異常による不点灯が不具合として発生した場合に、管電流フィードバックラインの電位が低下するため、LC監視信号ラインに、フィードバックラインに向かって電流が流れることを検出して、電流小と判定し駆動回路に対して停止信号を送る回路となっています。

4.2 LVP回路(Low Voltage Protection)

インバータ側の出力電圧が負荷インピーダンスの異常低下などによって低減した際にインバータを安全に停止させる回路です。図6において、4つのLV検出信号ラインのうち、1つでもあらかじめ設定した閾値よりも低い場合に、駆動回路に対し停止信号を送る回路構成となっています。

出力コネクタの高圧-低圧間のショート時や、高圧-GND間ショート時、限流試験 (UL60950) の測定時などもこの保

護回路により安全に停止します。

4.3 OVP回路(Over Voltage Protection)

OVP回路はインバータから過大な出力電圧が発生した場合に安全にインバータを停止させる回路です(図7)。インバータの4つの出力電圧のうち一番大きな出力電圧を判定し、この値があらかじめ設定した閾値を超えた場合には、その閾値の出力電圧を維持するように圧電トランス駆動周波数を制御し、一定時間後に駆動回路に停止信号を送ることで安全な停止を実現します。

この回路は出力過大時の保護のほか、出力コネクタ開放時の出力電圧値を決定する重要な役割も担っています。冷陰極管の特徴として、そのインピーダンスが周囲環境、管電流によってその大きさが変化します。特に低温、暗黒環境下においては冷陰極管のインピーダンスが大きくなり、点灯を開始させるのに必要な電圧(キックオフ電圧)が高くなります。したがって、OVP回路の閾値は、冷陰極管のキックオフ電圧を考慮して決定します。

また、液晶バックライトの輝度を調節する時分割調光は、インバータ駆動を200Hz程度の周波数で点灯と不点灯を繰り返す方式で、点灯のオンデューティを変えることで輝度を調節します。しかしバックライトの点灯開始時には比較的大きなキックオフ電圧を一定時間印加する必要がありますので、出力開放時は調光のオンデューティが100%の状態電圧が出力される機能を有しています。

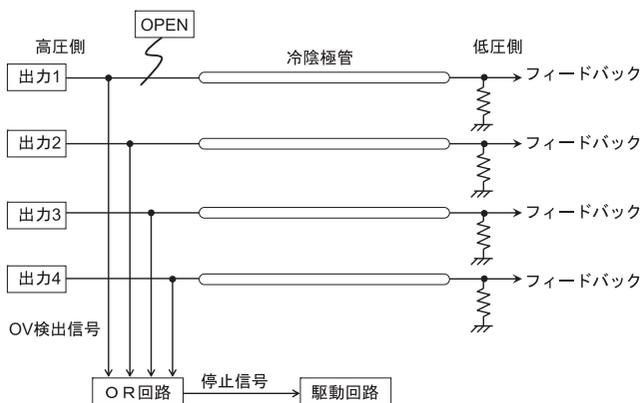


図7 OVP回路

4.4 タイマー回路

以上3つの保護回路にはそれぞれタイマー回路があり、異常と検出してから駆動回路を停止するまでの時間を個別に設定しています。この理由は、それぞれ想定される異常モードに対して適切な停止時間が異なるからです。たとえばインバータの高圧出力がグラウンドに接続された場合、圧電トランスへ過剰な電流が流れないように数百 μ sほどで瞬間的に停止します。一方、インピーダンスの高い場合の冷陰極管を点灯させるには比較的高い電圧を一定時間印加する必要がありますので、OVP回路のタイマー動作は一般的に1秒以上確保するように設計しています。

5. おわりに

以上述べたように、PC用LCD画面の大型化、高輝度化の需要が高まりつつあり、その市場に対応するにともない、モニタ・液晶テレビ用として4灯式のインバータを開発しました。

ノートPCや液晶モニタ、大画面の液晶テレビに搭載されるインバータには、今後も小型・軽量化とともにハイパワー化、高効率化が求められますが、圧電インバータは磁気インバータに比べて、高効率、小型・軽量、また安全性の面でも多くの利点があります。それらの利点を生かしながら低価格化を推進していきます。

参考文献

- 1) 門澤秀樹、高橋真吾：NEC TOKIN TECHNICAL REVIEW Vol.32, 2005,pp31-35
- 2) 勝野超史、伊勢理：NEC TOKIN TECHNICAL REVIEW Vol.32, 2005,pp36-39

執筆者プロフィール

鈴木 知視
NECトーキン
メカトロニックデバイス事業部
圧電モジュール部

三浦 修司
NECトーキン
メカトロニックデバイス事業部
圧電モジュール部

杉原 智之
NECトーキン
メカトロニックデバイス事業部
圧電モジュール部