

制御ラインに誘導されるノイズ対策

沓掛 裕幸

Countermeasures for Noise Derived To Control Line

Hiroyuki KUTSUKAKE

In recent years, due to the market needs for streamlining and energy savings, there is a great demand for stepping motors and servo motors as well as inverters which control induction motors. As the demand increases, peripheral control devices are susceptible to electrical noise generated in inverters and drive circuits which control stepping motors and servo motors.

Also, due to downsizing of control devices, reduced wiring space causes control lines and the power lines from the inverter to be wired in a complicated manner. This leads electrical noise from the power lines to the control lines to be transmitted more easily. As a result, the number of malfunctions caused by electrical noise has increased in the market.

In order for our customers to feel safe using our products, we have started a project to solve problems related to the noise issues. In this article, we explain the details of our investigations and introduce our noise countermeasures.

1. はじめに

近年、市場（産業界）の合理化・省エネルギー化のニーズに応えるため、インダクションモーターを制御するインバータ、ステッピングモーターやサーボモーターの需要が拡大しています。これにより、周辺の制御機器はインバータ、ステッピングモーターやサーボモーターを制御する駆動回路（ドライバ）から発生するノイズの影響を受けやすくなっています。また、装置の小型化により、配線スペースが減少し、制御盤内の制御ラインとインバータの動力ラインが混在して配線されているため、動力ラインから制御ラインにノイズが伝播しやすくなっています。その結果、市場ではノイズによる誤動作が増加しています。

オリエンタルモーターでは、お客様にオリエンタルモーター製品を安心して使用していただくために、この問題に対してプロジェクトを発足し、ノイズによる誤動作がどのように起きているか実態を調査し、その原因を明確にしたうえで、対策をまとめました。

2. ノイズ発生源と伝播経路

2.1. 実態調査

ノイズによる誤動作がどのように起きているかお客様の装置の実態調査をしました。

ノイズによる誤動作が発生している多くのケースでは、ステッピングモーターやサーボモーターを制御するドライバのパルスラインにノイズが伝播して、位置ずれを起していました。

誤動作が発生している装置の制御盤内の配置・配線を調査すると、図1のように制御盤内でケーブルダクトを使用して配線したときに、点線で囲ったケーブルダクト内でインバータ、ドライバに接続するモーターケーブルや電源ケーブルといった動力ラインとパルスラインを含む制御ラインが束ねて配線されていました。そのため、点線で囲まれた部分の動力ラインと制御ライン間の静電結合が強くなるので、モーターケーブルや電源ケーブルからインバータ、ドライバで発生するスイッチングノイズがパルスラインに伝播し、誤動作していると推測しました。

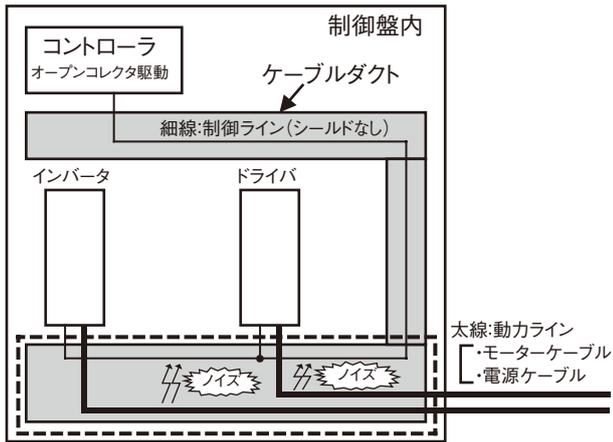


図1 制御盤内の配置・配線

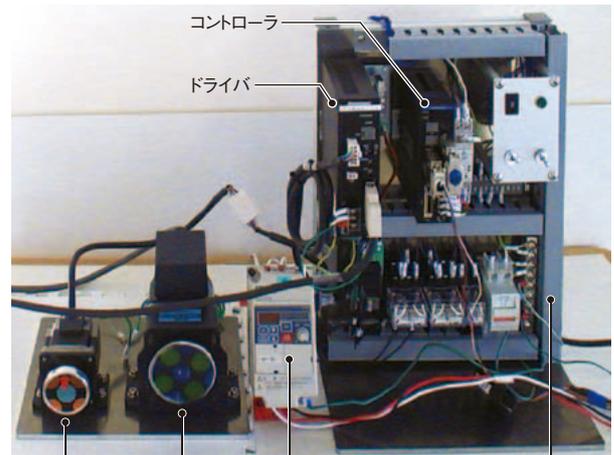


図2 検証を行なった試験装置

2.2. 実機検証

次に、図1のような配置・配線を再現した試験装置を作製し(図2)、検証を行いました。

実機にて、コントローラからドライバにパルス信号を入力していない状態でインバータを駆動したところ、ステッピングモーターが誤動作しました。

図3のように、モーターケーブルとパルスラインが浮遊容量によって結合されると、インバータやドライバがスイッチングした瞬間、浮遊容量に共通モードノイズ電流が流れます。

このとき、浮遊容量 C_a 、 C_b 、 C_c 、 C_d の違いにより、パルスライン A、B に電位差が発生します。これが誤動作の原因です。特に、パルスラインは、入力信号回路部のフォトカプラの応答性が高いため、幅の狭い信号も検出します。そのため、パルス入力部は特にノイズによる影響を受けやすくなっていました。

また、動力ラインとパルスラインの間隔が狭い場合や平行に配線する距離が長い場合は、ケーブル間の結合が強くなるため、より大きなノイズがパルスラインに発生しました。

実際に、オリエンタルモーター製品が誤動作しているお客様の装置にて確認しましたが、実機検証と同じ結果となりました。以上が実機による検証結果です。

3. ノイズ対策の検証

上記の実機検証より、ノイズによる誤動作を防ぐために動力ラインとパルスラインを引き離して配線できれば良いのですが、装置を小型化すると、このような配線をするのは難しくなります。そこで、動力ラインとパルスラインを束ねて配線した状況でも、ノイズによる誤動作を防ぐ有効な対策がないか検証をしました。実験は、図4

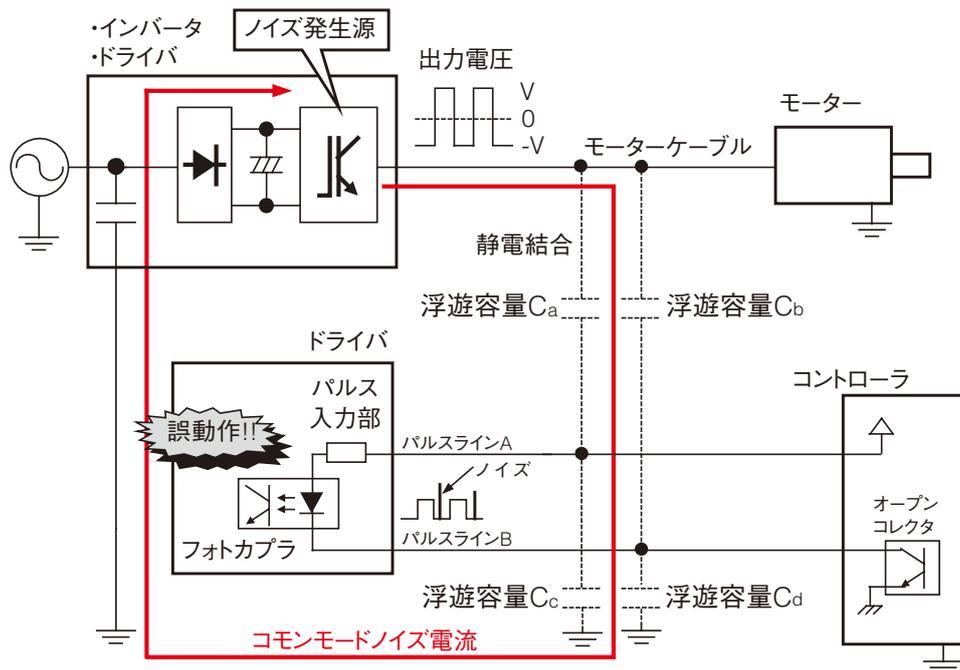


図3 ノイズの伝播経路と誤動作

のような方法で、パルスの駆動方式やケーブルの種類によるノイズ耐量の比較実験を行いました。

パルスの駆動方式については、オープンコレクタ駆動とラインドライバ駆動で比較しました。オープンコレクタ駆動は、図 5 (a) のようにグランドを基準にして信号を送る方式なので、パルスラインにドライバの入力信号の閾値を超えるノイズが誘導されると信号として検出します。これに対してラインドライバ駆動は、図 5 (b) のように 2 本の信号線の電圧差により信号を送る方式なので、パルスラインにノイズが誘導されても信号として検出しません。ラインドライバ駆動は、オープンコレクタ駆動よりノイズに対して誤動作は発生しにくくなります。

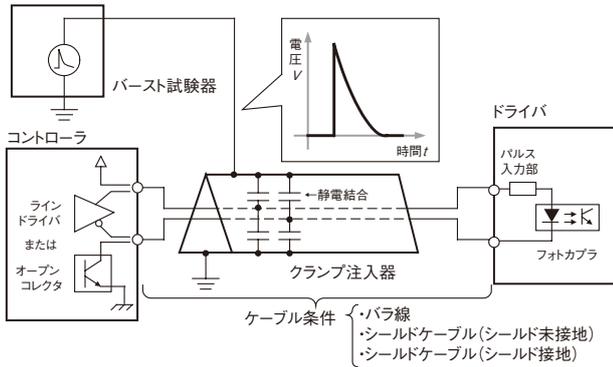


図 4 ノイズ耐量を比較する試験方法

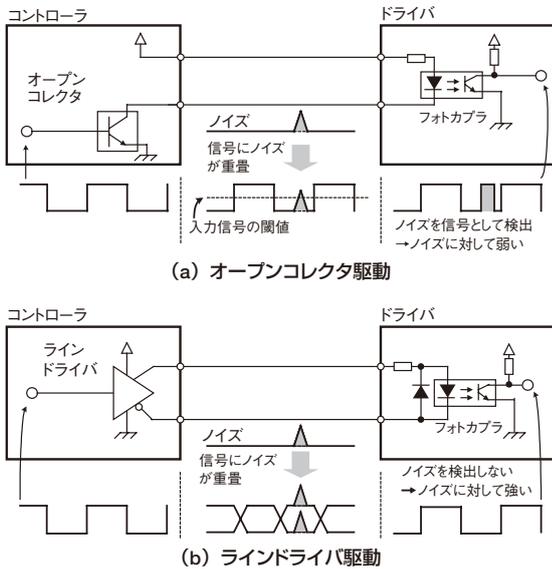


図 5 パルス駆動方式の違いによる重畳ノイズの影響

実験では、インバータのスイッチングノイズと同等なノイズをパルスラインに誘導したところ、オープンコレクタ駆動は誤動作しましたが、ラインドライバ駆動では誤動作はしませんでした。

次に、ケーブルの種類の違いによる比較を行いました。ケーブルの種類は、バラ線（単心電線）とシールドツイストペア線です。駆動方式は、オープンコレクタ駆動でそれぞれを比較しました。

この実験でも、インバータのスイッチングノイズと同等なノイズをパルスラインに誘導したところ、バラ線は誤動作しましたが、ケーブルをシールドツイストペア線に変更し、シールドを接地すると誤動作しませんでした。シールドを接地しない状態で試験すると、バラ線と同様、誤動作をしました。

検証結果より、パルスの駆動方式はラインドライバ駆動とすることで誤動作しにくくなることがわかりました。また、オープンコレクタ駆動でもシールドケーブルを使用し、シールドを接地すれば誤動作は発生しにくくなることもわかりました。

4. ノイズ対策の方法

これまでの検証結果を含め、オリエンタルモーターでは、ノイズ対策を大きく分けて以下の 3 つに考えています。これらの対策方法について紹介します。

4.1. ノイズの抑制

- ・リレーや電磁スイッチを使用するときは、ノイズフィルタやサージ電圧吸収用 CR 回路でサージ電圧を吸収する。
- ・インバータの電源ラインにノイズフィルタを使用する。

4.2. ノイズの伝播の防止

- ・モーターケーブルや電源ケーブルなどの動力ラインと制御ラインは 100mm 以上離して配線し、束ねたり、平行に配線しないようにする。動力ラインと制御ラインが交差するときは、直角に交差させる。
- ・配線はなるべく太くする。
- ・すべてのケーブルは最短で配線し、長すぎて余ったケーブルを巻いたり、束ねたりしない。
- ・制御ラインは、シールドケーブルを使用する。

オリエンタルモーターのオプションのシールドケーブルは、図 6 のように 2 重シールド構造になっており、ノイズ伝播防止に優れています。また、ケーブル両端からシールドと接続した丸形圧着端子付のリード線が引き出されているため、シールドを簡単に接地することができます（図 7 参照）。

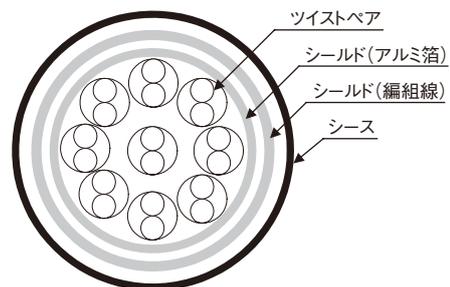


図 6 シールドケーブルの内部構造



図7 ドライバケーブル

- ・ シールドは必ず接地をします。シールドを多点接地にすると接地部のインピーダンスが下がるため、ノイズを遮断する効果が上がります。多点接地をしたときに製品が誤動作する場合は、図8のように接地点での電位差 V_n が発生して、シールドにノイズ電流が流れてシールドから制御ラインにノイズが伝播しています。接地した箇所の電位が同じになるよう、接地には注意が必要です。

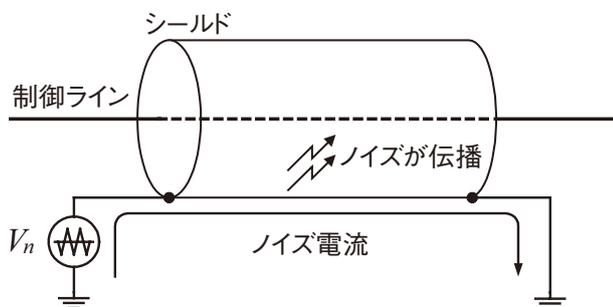


図8 接地点での電位が生じる場合

4.3. ノイズの伝播による影響の抑制

- ・ パルスの駆動方式がオープンコレクタ駆動の場合、ノイズの影響を受けにくいラインドライバ駆動に変更する。

ラインドライバ駆動に対応しているオリエンタルモーターの製品は以下のとおりです。

- ・ **RK II** シリーズ ・ **AR** シリーズ
- ・ **ARL** シリーズ ・ **NX** シリーズ

- ・ ノイズが伝播している制御ラインにフェライトコアを巻きつける。

フェライトコアによって制御ラインに伝播したノイズを減衰します。フェライトコアの効果がみられる周波数帯は、一般的には1MHz～1GHzです。フェライトコアを使用する際には周波数減衰特性の確認してください。また、フェライトコアのノイズ減衰の効果を高めるために、制御ラインを巻きつける回数を増やす方法もあります。巻きつける回数は、メーカーの周波数減衰特性の確認が必要です（図9参照）。

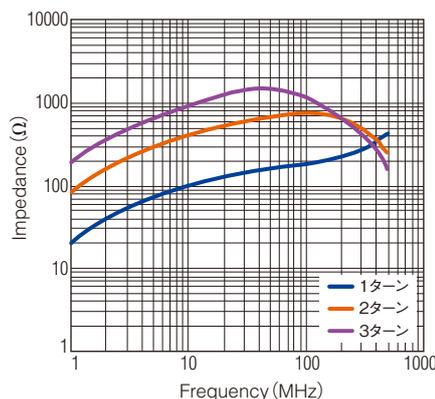


図9 フェライトコアの周波数減衰特性例（参考）

- ・ ネットワーク対応製品や位置決め機能内蔵製品を使用する。

ネットワーク通信の伝送方式は、差動方式であるため、ノイズの影響を受けにくくなります。また、位置決め機能内蔵製品は、パルス入力回路のように高応答の入力回路がないため、スイッチングノイズの影響を受けにくい製品です。

5. ノイズ誤動作の対策事例

5.1. 対策事例 1

【内容】 ドライバに接続されているパルスラインとドライバのモーターケーブルが束ねて配線されていたため、パルスラインに10V程度ドライバのスイッチングノイズが発生していた。ドライバの電源を切ると、パルスラインに誘導されていたノイズがなくなった。

【対策】 パルスラインとモーターケーブルを分けて配線することができなかったため、耐ノイズ用パルス出力変換器（図10）を使用して、パルス信号をオープンコレクタ駆動からラインドライバ駆動に変換した。その結果、位置ずれがなくなった。

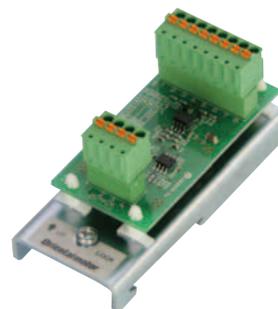


図10 耐ノイズ用パルス出力変換器「VCS06」

5.2. 対策事例 2

【内容】 ドライバに接続されているパルスラインと電源ケーブルが約 2m 束ねて配線されていた。この電源ケーブルに接続されているリレーが動作したときに、パルスラインに 10V 程度のノイズが発生し、誤動作していた。このリレーは、インダクションモーター（誘導性負荷）の起動・停止を行っており、リレーを OFF したときに発生するサージ電圧によってノイズが誘導されていた。

【対策】 リレーの接点にサージ電圧吸収用 CR 回路（図 11）を入れたところ、サージ電圧が抑制され、パルスラインのノイズはなくなり、誤動作がなくなった。

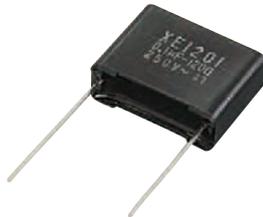


図 11 サージ電圧吸収用 CR 回路 [EPCR1201-2]

6. まとめ

市場でノイズによる誤動作が増加していることを受け、ノイズによる誤動作がどのように起きているか実態を調査しました。調査の結果、制御盤内の制御ラインと動力ラインの配線が混在していて、動力ラインからのノイズが制御ラインに伝播しやすくなっていました。また、制御ラインのケーブルがシールドされていなかったり、パルス駆動方式がオープンコレクタ駆動であったりと、ノイズによる影響を受けやすいこともわかりました。

紹介しましたノイズ対策をすることで、ノイズトラブルを防ぐことができます。表 1 にノイズ対策方法とオリエンタルモーターのオプションノイズ対策部品をまとめました。

表 1 ノイズ対策方法

ノイズ対策方法		オプションノイズ対策部品
ノイズの抑制	リレーや電磁スイッチを使用する場合、サージ電圧が発生しないようにする	・ノイズフィルタ ・サージ電圧吸収用 CR 回路 ・CR 回路モジュール
	インバータの電源ラインから放射・伝導するノイズを抑制する	・ノイズフィルタ
ノイズの伝播防止	動力ラインと制御ラインとの結合を小さくする ・動力ラインと制御ラインは 100mm 以上離して配線する ・束ねて配線しない ・平行に配線しない ・交差する場合は直角にする ・最短で配線する ・余ったケーブルは巻いたり、束ねない	—
	制御ラインにはシールドケーブルを使用する シールドは、接地して（なるべく多点接地をする）ノイズが伝播しないようにする	・ドライバケーブル
	配線はなるべく太くして、誘導されるノイズ電圧を小さくする	—
ノイズによる影響を抑制	パルス信号の駆動方式をラインドライバ駆動にする	・耐ノイズ用パルス出力変換器 ・パルスラインフィルタ
	ネットワーク対応製品や位置決め機能内蔵製品を使用する	—
	フェライトコアに制御ラインを巻きつけて、ノイズ成分を減衰する	—

筆者



沓掛 裕幸

PD 事業部