

インバータの上手な使い方 (電気ノイズ予防対策について)

2021年9月



一般社団法人日本電機工業会

インバータの上手な使い方(電気ノイズ予防対策について)

1. はじめに

汎用インバータは、パワーデバイスや制御技術の進展による継続的な製品開発により、産業界の合理化・省エネルギー化のニーズに応える産業用モータの可変速装置として需要が拡大し、その後、産業機械の高付加価値のニーズに相まってめざましい発展を遂げてまいりました。

このように便利なインバータも、設置台数の増大や人の居住環境及び作業場所の近くで使用されるケースの増大に伴って、周辺の電子機器に与える電気ノイズ(以下、ノイズという。)の障害が問題となることがあります。電気ノイズは、インバータを含めた装置として検討することによって予防できます。

このパンフレットではインバータのノイズ問題について、発生原理から具体的な対策方法などについて易しく解説しています。ご一読の上、ノイズ問題の予防対策をされることをお勧めいたします。

2. ノイズとは

インバータが発生するノイズについて、その発生原理、ノイズの影響を受けやすい機器への影響の概要を以下に説明します。

2.1 インバータのノイズ

図1は、インバータの概略構成図です。インバータは、順変換部で交流を直流に変換し、逆変換部の6個のスイッチング素子によるPWM制御で三相の可変電圧、可変周波数の交流に変換してモータを可変速制御します。

この6個のスイッチング素子の高速のオン・オフによりスイッチングノイズが発生します。高速のオン・オフは、スイッチングごとにインバータ、入出力電線やモータと大地間に存在する浮遊容量(C)を経由してノイズ電流(i)が流れます。このノイズ電流の大きさは、

$$i=C \cdot dv/dt$$

となり、浮遊容量(C)とdv/dt(スイッチング速度)に関係します。また、このノイズ電流はスイッチング素子のオン・オフごとに流れるのでキャリア周波数にも関係します。

なお、制御回路のための電源用DC/DCコンバータもスイッチングを行っているため、ノイズ発生源になります。

これらのノイズは、AMラジオ、工場無線、電話などの機器に影響を与えることがあります。

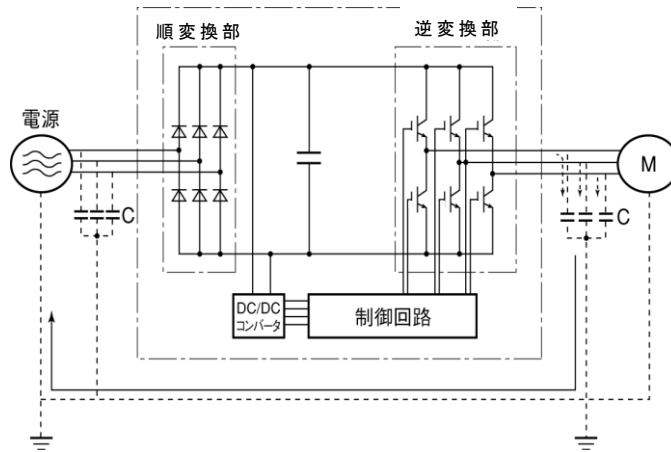


図1 インバータの概略構成図

2.2 ノイズの種類

インバータの発生するノイズは、主回路の配線を通して電源側及びモータ側へ伝搬され、広い範囲に影響を与えます。ノイズの伝搬ルートは、図2に示すようにいろいろありますが、大別すると、伝導ノイズ、誘導ノイズ、放射ノイズの3つのルートになります。①～③は伝導ノイズ、④は誘導ノイズ、⑤は放射ノイズです。以下に、詳細に説明します。

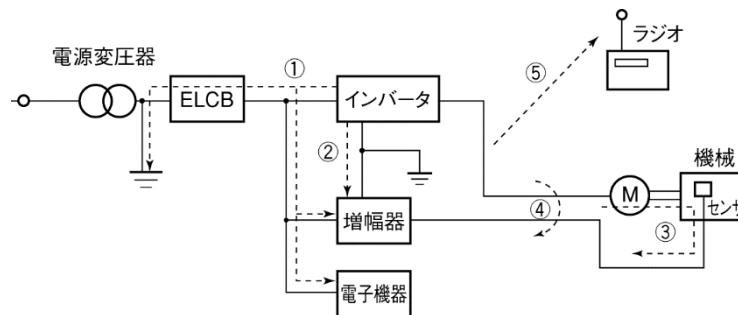


図2 ノイズの伝搬ルート

2.2.1 伝導ノイズ

インバータ内で発生したノイズが、導体を伝わって周辺の機器へ影響を与えるのが伝導ノイズです。図3は、伝導ノイズの伝達経路を示しています。①の主回路を伝わって電源を経由しての伝達があります。また、アース線を共通接続した場合には、②のルートを経由しての伝達があります。また、③のように、センサの信号線やシールド線を経由するノイズもあります。

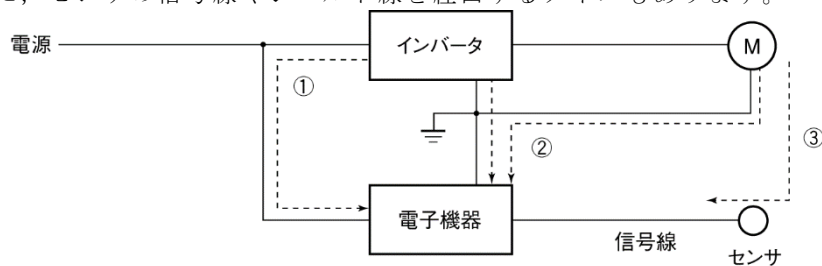


図3 伝導ノイズ

2.2.2 誘導ノイズ

ノイズ電流の流れているインバータの入力側や出力側の電線に周辺機器の電線や信号線を近づけると、電磁誘導(図4)や静電誘導(図5)によって周辺機器の電線や信号線にノイズが誘導されます。これが④の誘導ノイズです。

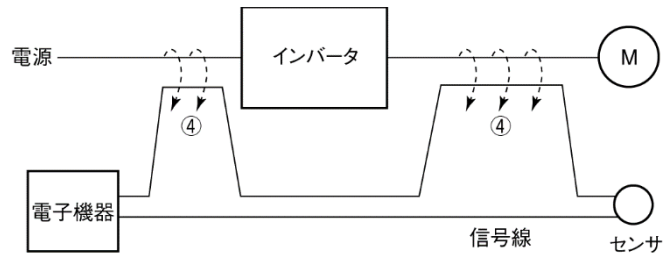


図4 電磁誘導ノイズ

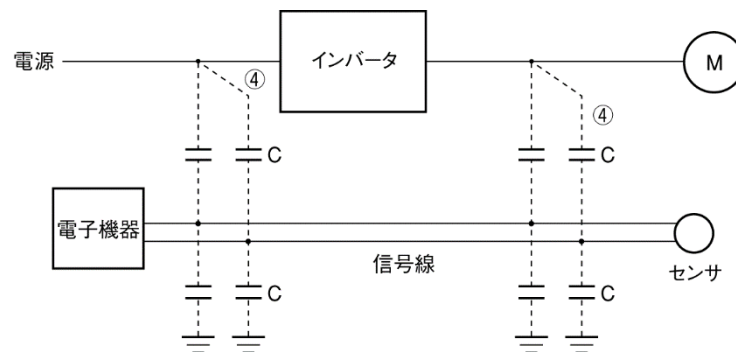


図5 静電誘導ノイズ

2.2.3 放射ノイズ

インバータ内で発生したノイズが、入力側や出力側の主回路電線、接地線がアンテナとなって空中に放射され周辺機器や放送・無線通信に影響を与えるのが⑤の放射ノイズです(図6参照)。放射ノイズは、配線に限らずモータのフレームやインバータの収納盤もアンテナとなることがあります。

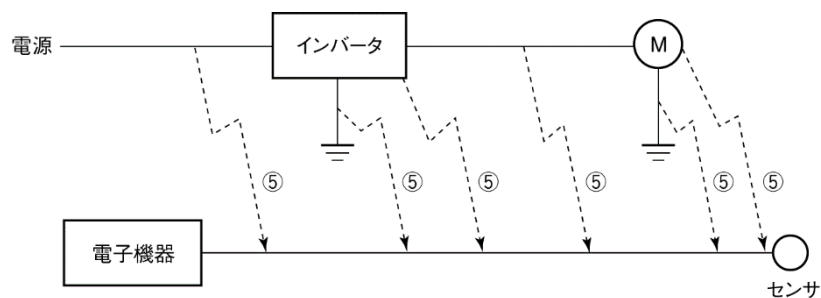


図6 放射ノイズ

3. インバータが電子機器や同一システム機器に与える影響について

ここではインバータが、すでに設置されている電子機器やインバータと同一システムに組み込まれた機器に与える影響及び対策について紹介します。(詳細は「4.3具体例」をご参照ください。)

3.1 AMラジオへの影響

- (1) インバータを運転すると近くのAMラジオに雑音が入る場合があります。(＊FMラジオ、テレビにはほとんど影響を与えません。)
- (2) インバータから放射されるノイズをラジオが受信することが考えられます。
- (3) インバータの電源側にノイズフィルタを設置するなどの対策が効果的です。

3.2 電話への影響

- (1) インバータを運転すると通話中の電話に雑音が入り内容が聞き取りにくくなる場合があります。
- (2) インバータ及びモータから放出される高周波漏れ電流が電話ケーブルのシールド線に入り込んで雑音が発生するものと考えられます。
- (3) モータの接地端子を共通接続し、インバータの接地端子に戻すと効果的です。

3.3 圧力センサへの影響

- (1) インバータを運転すると圧力センサが誤動作する場合があります。
- (2) アース線を介してノイズが信号線に侵入することが考えられます。
- (3) インバータの電源側にノイズフィルタを設置する、入出力電線や接地線と制御回路配線を分離するなどの対策が効果的です。

3.4 位置検出器(パルスエンコーダ)への影響

- (1) インバータを運転するとパルスエンコーダが誤動作して停止位置ずれが発生する場合があります。
- (2) モータ動力線とエンコーダの信号線と一緒に束ねられているときに発生し易くなります。
- (3) 動力線とエンコーダの信号線を分離し、誘導ノイズ、放射ノイズの影響を下げるができます。また、インバータの入出力端子にノイズフィルタを設置することも対策として効果があります。

3.5 近接スイッチへの影響

- (1) インバータを運転すると近接スイッチ(静電容量形)が誤動作する場合があります。
- (2) 静電容量形近接スイッチの耐ノイズ性が低いことが原因として考えられます。
- (3) インバータの入力端子にフィルタを接続したり、近接スイッチの電源の0V側をコンデンサで接地したりするなどの処理が効果的です。また、磁気式などのノイズ耐量が高い近接スイッチに交換する対策もあります。

4. 対策

ノイズ対策は、強化するほど効果があがります。しかし、適切な対応策であれば簡単な手段で解決できる場合もあり、ノイズの程度や設備の状況に応じた経済的な対策を実施することが必要です。

4.1 事前の処置

インバータを制御盤に収納する場合、又はインバータ(盤)を設置する場合、事前にノイズに対して配慮することが大切です。一度ノイズに起因するトラブルが発生すると、その解決のための機材、時間など大きな出費が必要となります。

ノイズに対する事前の処置としては、

- ① 主回路と制御回路の配線を分離する。
- ② 主回路配線を金属管(コンジットパイプ)に収納する。
- ③ 制御回路にシールド線、ツイストシールド線などを採用する。
- ④ 適確な接地工事、接地配線を施す。

などがあり、これらの処置によって、大半のノイズトラブルを回避することができます。

4.2 対策の仕方

ノイズ対策には、伝搬経路に応じた処置方法、及びノイズの影響を受ける機器での対処方法があります。

基本的な対策は、ノイズの影響を受ける側の機器については、

- ① 主回路及び制御回路の配線を分離するなど、ノイズの影響を受けにくくする。

一方、ノイズを発生する側の機器の処置としては、

- ② ノイズフィルタの設置など、ノイズのレベルを下げる。
- ③ 金属配線管、金属製制御盤の採用など、ノイズを封じ込める。
- ④ 電源用絶縁変圧器の採用など、ノイズの伝搬ルートを断つ。

などの方法を採用します。表1にノイズトラブル防止方法、その目的、対策の対象となるノイズの伝搬経路などを整理して示します。

4.2.1 配線と接地

インバータを収納する制御盤の内外を問わず、主回路及び制御回路の配線は極力分離し、制御回路の配線にはシールド線、ツイストシールド線など、ノイズが侵入しにくい電線を使用するとともに、配線距離が最短となるようにします(図7参照)。主回路配線及び制御回路配線の束線はもちろん、並行配線にもならないように注意します。

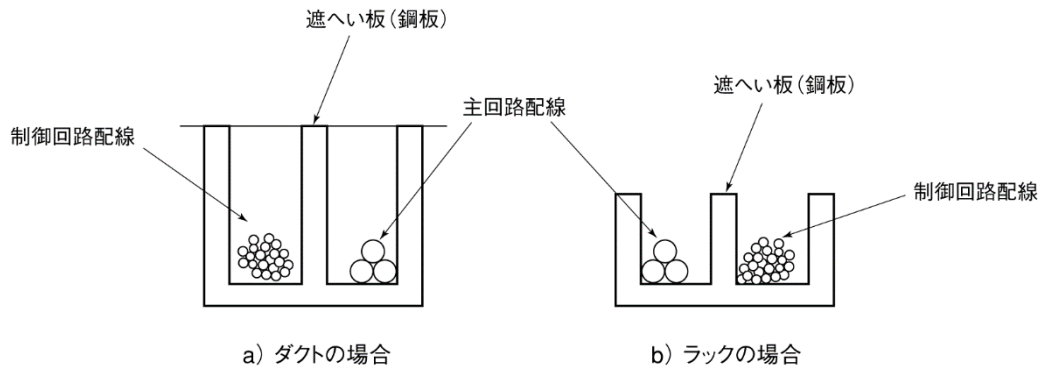


図7 配線分離の仕方

主回路配線は、金属配線管を採用し、接地配線することによって、ノイズの伝搬を防止します(図8参照)。各接地配線は、インバータのアース端子に接続するか、制御盤の専用接地を設けて布設します。適切な接地は、ノイズの侵入、放射防止の効果がありますが、漏電による感電防止が主目的ですので、モータとインバータが離れている場合は、モータ専用接地とすることが望ましいです(図9参照)。

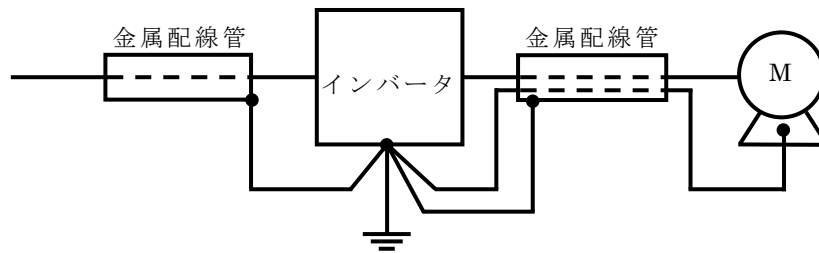


図8 ノイズ対策を考慮した配線例(モータとインバータが近い場合)

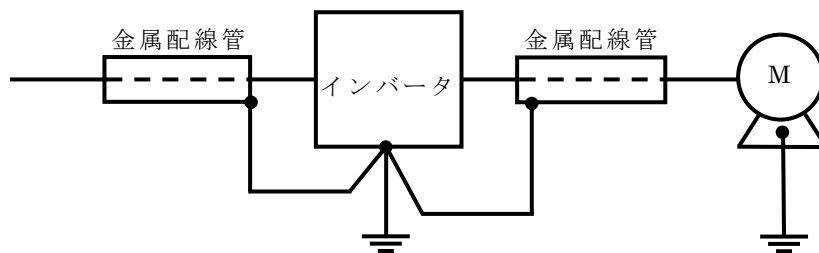


図9 ノイズ対策を考慮した配線例(モータとインバータが離れている場合)

シールド線のシールドは、原則として一点のみを制御回路配線の基準(コモン)側に接続し、多点接続によるループの形成を避けます(図10参照)。

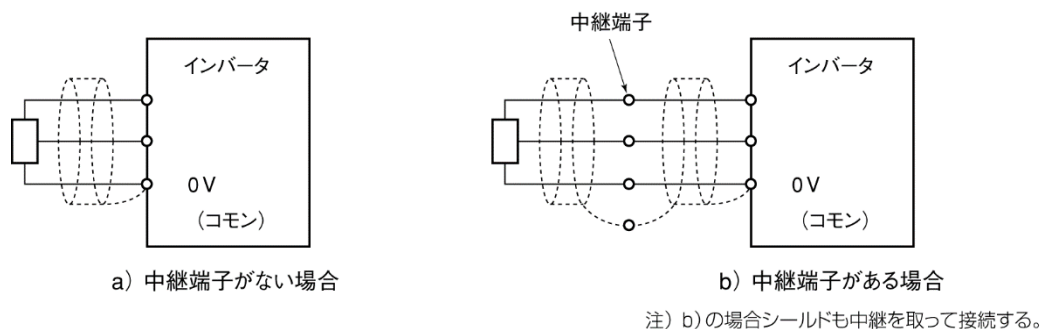


図10 シールド線の処理

表1 ノイズ障害防止方法

ノイズ障害の防止方法		対策のねらい				伝搬経路		
		ノイズを受けにくくする	ノイズの伝達を断つ	ノイズを封じ込める	ノイズレベルを下げる	伝導ノイズ	誘導ノイズ	放射ノイズ
配線及び設置	主回路，制御回路の配線分離	○					○	
	最短配線距離	○			○		○	○
	平行配線，束線の回避	○					○	
	適切な接地	○			○		○	○
	シールド線，ツイストシールド線の採用	○					○	○
	主回路シールドケーブルの採用			○				○
	金属配線管の使用			○			○	○
制御盤	盤内機器の適性配置	○					○	○
	金属製制御盤			○			○	○
ノイズ対策用機器	ラインフィルタ	○			○	○		○
	絶縁変圧器		○			○		○
ノイズを受ける側の処置	制御回路用パスコンの採用	○					○	○
	制御回路用フェライトコアなどの採用	○					○	○
	ラインフィルタ	○				○		
その他	電源系統の分離	○	○			○		
	キャリア周波数を下げる				○	○	○	○

4.2.2 制御盤

インバータを収納した制御盤は、一般に金属製であり、この金属箱を設置することによってインバータ自体からの放射ノイズを遮へいすることができます。また、同じ制御盤内にプログラマブルコントローラなど、ほかの電子機器を設置する場合には、各機器の配置に十分注意し、場合によってはインバータ本体と周辺機器の間に遮へい板を設けるなどの処置を行います。

4.2.3 ノイズ対策用機器

電路を伝搬するノイズや主回路配線から空中伝搬するノイズを低減するには、ラインフィルタや絶縁変圧器を採用します(図11参照)。

ラインフィルタには、電源ラインに並列接続する容量性フィルタ、直列接続する誘導性フィルタなどの簡易形のフィルタ、及びノイズ規制に対するための本格的なフィルタ(LCフィルタ)があり、目的とするノイズ低減効果に応じて使い分けます。

絶縁変圧器には、一般的な絶縁変圧器、シールドトランスなどがあり、ノイズ伝搬を阻止する効果が異なります。

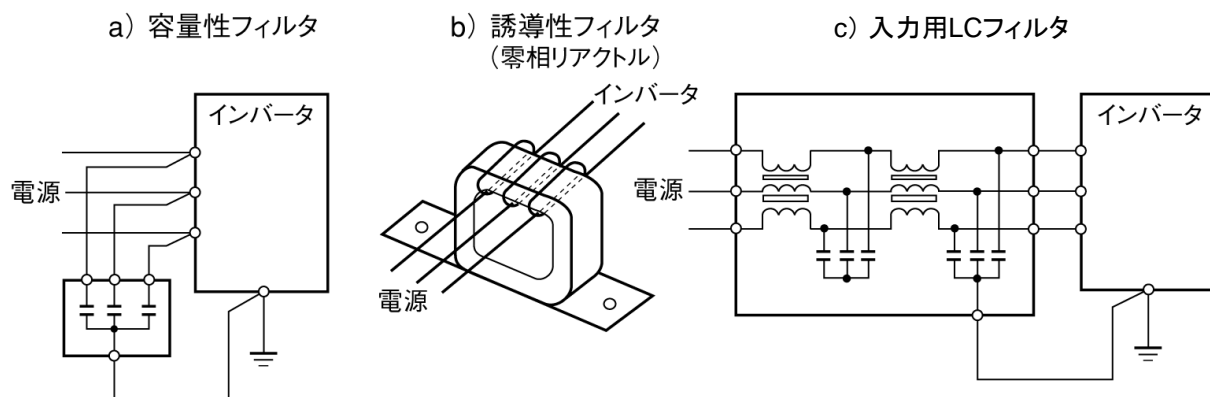


図11 各種フィルタ及び接続法

4.2.4 ノイズを受ける側での処置

インバータと同一の制御盤内又は周辺に設置された電子機器自体での耐ノイズ性の強化も大切です。これらの機器の制御回路配線には、ラインフィルタ、又はシールド線若しくはツイストシールド線を使用し、ノイズの侵入を阻止すると共に、

- ① 信号回路の入出力端子部にコンデンサ又は抵抗器を並列接続し、回路インピーダンスを低くする。
- ② 信号回路に直列にチョークコイルを挿入する、フェライトコアビーズに貫通させるなど、ノイズに対して、高インピーダンスとする。

などの処置をします。また、信号基準線(0Vライン)又は接地線を太くすることも、有効なノイズ対処法です。

4.2.5 その他

伝搬(発生)するノイズのレベルは、インバータのキャリア周波数によっても変化し、キャリア周

波数が高くなるほどノイズの発生レベルも高くなります。

キャリア周波数の変更ができるようになっているインバータでは、駆動時の電動機騒音レベルとの兼ねいで、キャリア周波数を下げることによって、ノイズの発生を低減することができます。

4.3 具体例

本項では、インバータを運転することにより発生したノイズトラブル対応の具体例を表2に示します。

表2 対策の具体例

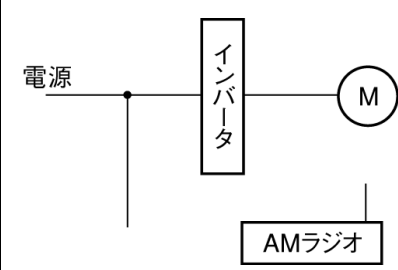
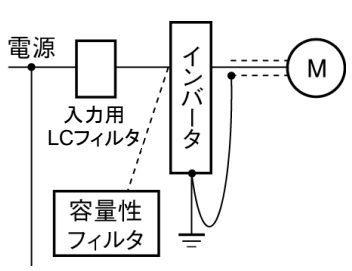
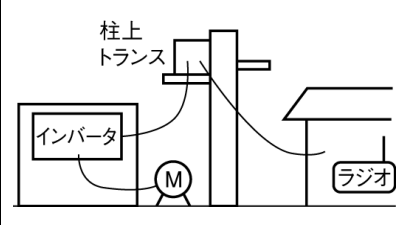
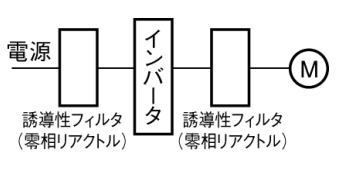
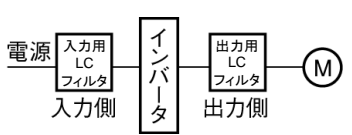
No.	相手機器	現象	対策	ポイント
1	AMラジオ	<p>インバータを運転するとAMラジオ放送(500~1500kHz)に雑音が入った。</p>  <p><推定原因> インバータの電源側及び出力側配線からの放射ノイズをAMラジオが受信したものと考えられます。</p>	<p>①インバータの電源側にLCフィルタを設置します。(簡易的には容量性フィルタを設置する場合があります)。</p> <p>②モータとインバータ間を金属管配線します。</p>  <p>注)入力用LCフィルタとインバータ間は極力短くします。(1m以内)</p>	<p>①配線からの放射ノイズを低減します。</p> <p>②電源側への伝導ノイズを低減します。またはシールド配線します。</p> <p>注)山間部など電波の弱い地域では十分な改善が期待できない場合があります。</p>
2	AMラジオ	<p>インバータを運転するとAMラジオ放送(500~1500kHz)に雑音が入った。</p>  <p><推定原因> インバータの電源側動力線からの放射ノイズをAMラジオが受信したものと考えられます。</p>	<p>①インバータの入力側、出力側に誘導性フィルタを入れます。</p>  <p>零相リアクトルへの巻回数は可能な限り多くします。またインバータと誘導性フィルタの配線は極力短くします。(1m以内)</p> <p>②更に改善が必要な時は、LCフィルタを設置します。</p> 	<p>①配線からの放射ノイズを低減します。</p>

表2 対策の具体例(続き)

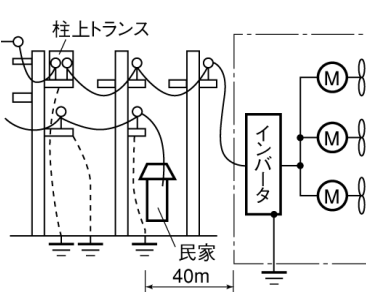
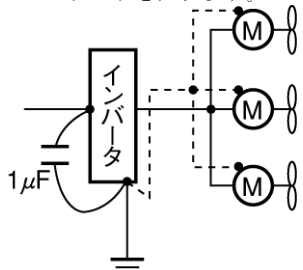
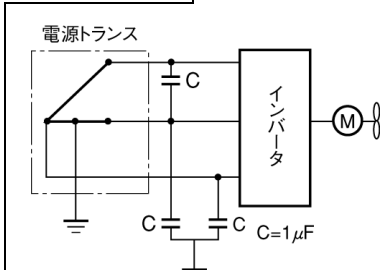
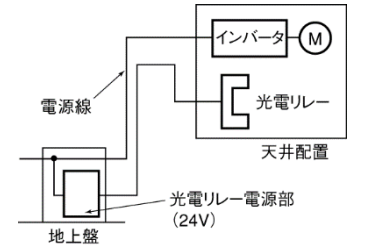

No.	相手機器	現象	対策	ポイント
3	電話 40m離れた 一般の民家	<p>換気扇をインバータで駆動したら40m離れた民家の電話に雑音が入った。</p>  <p><推定原因> インバータ及びモータの高周波漏洩電流が柱上トランスの接地を通して戻る途中、電話ケーブルのシールドアース部に流れ、静電誘導により雑音が入ったものと考えられます。</p>	<p>①モータの接地端子を共通接続して、インバータ盤に戻しインバータの入力端子と接地間に$1\mu\text{F}$のコンデンサを入れます。</p>  	<p>①音声周波数成分のため誘導性フィルタやLCフィルタは効果が期待できない場合があります。</p> <p>②電源トランスがV結線で200V系の場合、対地電位が異なるため下図の様にコンデンサの接地には注意が必要です。</p>
4	光源リレー	<p>インバータを運転すると光電リレーが誤動作した。</p> <p>〔インバータとモータが同一場所に設置(天井走行用)されている。〕</p>  <p><推定原因> インバータの入力電源線と光電リレーの配線が30~40mに亘り約25mmの間隔で平行に配線されていたため、誘導ノイズが入ったものと考えられます。なお、設置状況から配線分離はできません。</p>	<p>①暫定対策として、天井部にある光電リレーの検出部電源回路の0V端子と天井配置のフレーム間に$0.1\mu\text{F}$のコンデンサを入れます。</p>  <p>②恒久対策としては、地上部にある24V電源を天井部に設置し接点信号で地上側へ渡すようにします。</p>	<p>①配線分離をします。(30cm以上)</p> <p>②分離できない場合はドライ接点信号などで信号の授受ができるようにします。</p> <p>③動力線と弱電信号線を近接して平行配線することは絶対に避ける必要があります。</p>

表2 対策の具体例(続き)

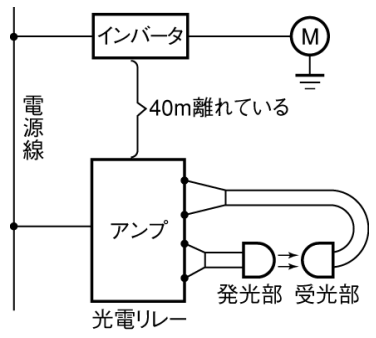
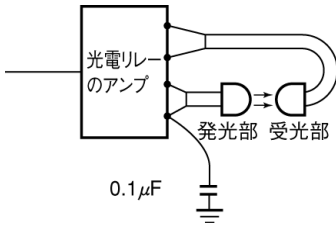
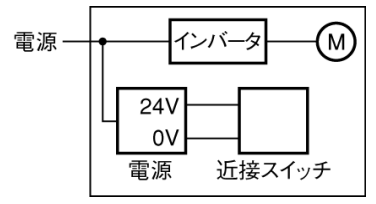
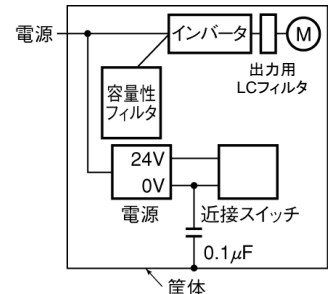
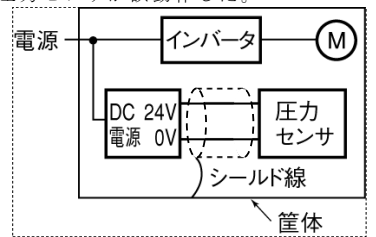
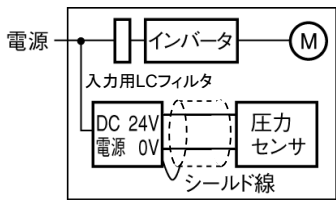
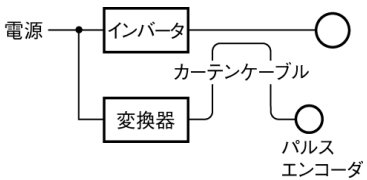
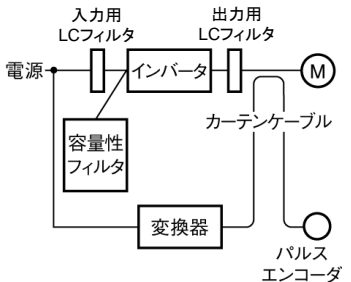
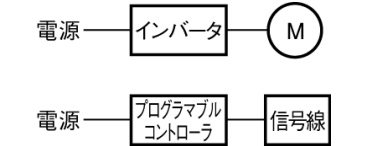
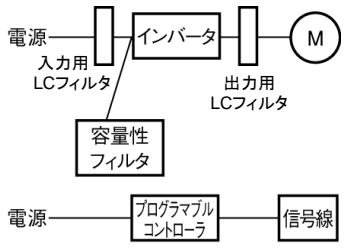
No.	相手機器	現象	対策	ポイント
5	光電リレー	<p>インバータを運転すると光電リレーが誤動作した。</p>  <p>電源線 インバータ 40m離れている アンプ 光電リレー 発光部 受光部</p> <p><推定原因> インバータと光電リレーは、十分離れているが電源が共通接続されているため、電源線から伝導ノイズが入ったものと考えられます。</p>	<p>① 光電リレーのアンプの出力コモン端子とフレーム間に0.1μFのコンデンサを入れます。</p>  <p>光電リレーのアンプ 発光部 受光部 0.1μF</p>	<p>① 誤動作する側の弱電回路部分に着目すると比較的簡単に、また、安価に対策できる場合があります。</p>
6	近接スイッチ(静電容量形)	<p>近接スイッチが誤動作した。</p>  <p>電源 インバータ 24V 0V 電源 近接スイッチ</p> <p><推定原因> 静電容量形近接スイッチはノイズ耐量が低いため電路伝導ノイズ、放射ノイズに弱いことが原因と考えられます。</p>	<p>① インバータ出力側にLCフィルタを設置します。 ② インバータ入力側に容量性フィルタを設置します。 ③ 設置スイッチのDC電源の0V(コモンモード)線を機械の筐体にコンデンサを介して接地します。</p>  <p>電源 インバータ 出力用LCフィルタ 容量性フィルタ 24V 0V 電源 近接スイッチ 0.1μF 筐体</p>	<p>① インバータ側の発生ノイズを低減させます。 ② ノイズ耐量の高い近接スイッチ(磁気式など)と交換します。</p>
7	圧力センサ	<p>圧力センサが誤動作した。</p>  <p>電源 インバータ DC 24V 電源 0V 圧力センサ シールド線 筐体</p> <p><推定原因> 筐体からシールド線を経由してノイズが回り込み、圧力センサの信号が誤動作しているものと考えられます。</p>	<p>① インバータ入力側にLCフィルタを設置します。 ② 圧力センサのシールド線を機械の筐体から、圧力センサ0V線(コモンモード)へ接続変更します。</p>  <p>電源 インバータ 入力用LCフィルタ DC 24V 電源 0V 圧力センサ シールド線</p>	<p>① センサ信号のシールド線は、その系統の共通点へ接続します。 ② インバータからの伝導ノイズを低減します。</p>

表2 対策の具体例(続き)

No.	相手機器	現象	対策	ポイント
8	位置検出器 (パルスエンコーダ)	<p>パルス変換器からの誤パルス出力でクレーンの停止位置ずれが発生した。</p>  <p>電源 → インバータ 電源 → 変換器 インバータ → カーテンケーブル → パルスエンコーダ 変換器 → カーテンケーブル → パルスエンコーダ</p> <p><推定原因> モータ動力線とエンコーダの信号機が一括に束ねて配線されているため、誘導ノイズにより誤パルスを出力するものです。</p>	<p>①インバータ入力側に、LCフィルタと容量性フィルタを設置します。 ②インバータ出力側にLCフィルタを設置します。</p>  <p>電源 → 入力用LCフィルタ → インバータ → 出力用LCフィルタ → M 電源 → 容量性フィルタ → インバータ インバータ → カーテンケーブル → パルスエンコーダ 変換器 → カーテンケーブル → パルスエンコーダ</p>	<p>①動力線と信号線を分離できない場合の対策事例です。 ②インバータ出力側の誘導ノイズ、放射ノイズを低減します。</p>
9	プログラマブルコントローラ (PLC)	<p>PLCのプログラムが動作不良となった。</p>  <p>電源 → インバータ → M 電源 → プログラマブルコントローラ → 信号線</p> <p><推定原因> インバータとPLCの電源が同一系統のため、ノイズが電源を通してPLCに入ったものと考えます。</p>	<p>①インバータの入力側に容量性フィルタとLCフィルタを設置します。 ②インバータの出力側にLCフィルタを設置します。 ③インバータのキャリア周波数を低くします。</p>  <p>電源 → 入力用LCフィルタ → インバータ → 出力用LCフィルタ → M 電源 → 容量性フィルタ → インバータ 電源 → プログラマブルコントローラ → 信号線</p>	<p>① 電路伝導ノイズ、誘導ノイズ、を全般的に低減します。</p>

© 2021 The Japan Electrical Manufacturers' Association. All Rights Reserved.

著作権法により、無断での複製、転載等は禁止されております。

2021年(令和3年)9月15日 発行

〒102-0082 東京都千代田区一番町17番地4

一般社団法人 **日本電機工業会**
インバータ業務専門委員会
インバータドライブ技術専門委員会