

インバータを使用した制御盤の設計にあたって －ご注意とそのポイント－

一般社団法人 日本電機工業会
インバータドライブ技術専門委員会

- 1. インバータを取り巻く環境**
- 2. インバータの近年の技術改新**
- 3. インバータ制御の原理**
- 4. インバータの技術課題**
- 5. 実装設計における検討事項**
- 6. 周辺機器について**
- 7. 定期点検・メンテナンスのお願い**

- 1. インバータを取り巻く環境**
2. インバータの近年の技術改新
3. インバータ制御の原理
4. インバータの技術課題
5. 実装設計における検討事項
6. 周辺機器について
7. 定期点検・メンテナンスのお願い

1. インバータを取り巻く環境（1）

広がるインバータの用途

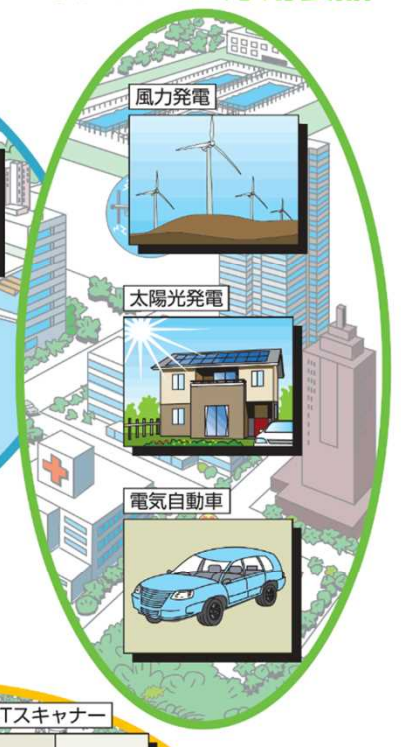
■インバータの用途

分類	用途例
建設・土木機械	・トンネル掘進機・舗装機械
食料品加工機械及び包装機械	・製パン機・製菓機・製茶機・製麺機 ・精米機・製粉機・ミキサー ・スライサー・選果機 ・内装機・荷造り機・外装機・ラップ包装機
搬送機械	・クレーン・コンベア・リフト・エレベータ ・エスカレータ・駐車装置 ・自動立体倉庫装置
繊維機械	・紡糸機・仮より機・延伸ねん糸機・織機 ・編機・染色仕上機
化学プラント	・ミキサー・押出機・遠心分離機・塗装機 ・破砕機・カレンダー・成形機
木材加工機械	・製材機・木工機・合板機
金属工作機械	・旋盤・ボール盤・フライス盤・研削盤 ・歯切り盤・研磨盤・中ぐり盤
金属加工機械	・各種ロール・製管機・レベラー・せん断機 ・伸線機・機械プレス・巻出巻取機
ファン、ポンプ及び圧縮機	・空調システム・各種ファン・プロア ・上・下水道用給排水ポンプシステム ・タンクレス給配水システム・クリーンルーム ・冷凍機応用製品・乾燥機
製紙・印刷機械	・抄紙機・ウィンダ・スリッタ・製本機・枚葉印刷機・オフセット印刷機・新聞回転機
半導体製造装置	・半導体・FPD製造装置 ・電子部品製造組立機械
健康・医療・福祉介護関連機器	・階段昇降装置・介護用ベット・泡風呂 ・ルームランナー・レントゲン装置 ・CTスキャナー
生活関連機器	・業務用洗濯機・業務用アイロン台・洗車機 ・生ゴミ処理機・集塵機・ホームエレベータ ・安全ドア
インバータ応用製品	・太陽光発電・風力発電・燃料電池・電気自動車など

社会インフラ



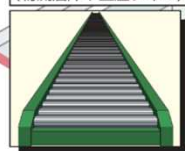
インバータ応用製品



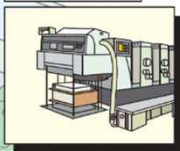
ものづくり



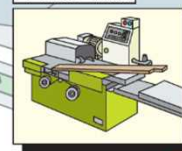
コンベア (物流倉庫や生産ライン)



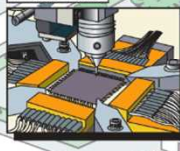
製紙・印刷機械



木材加工機械



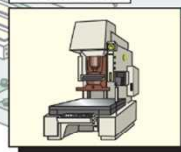
IT関連機器



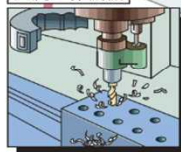
包装機械



金属加工機械



金属工作機械

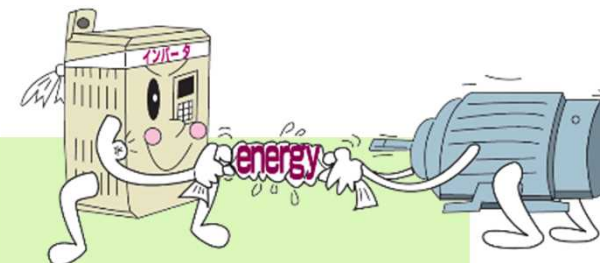


生活関連機器



1. インバータを取り巻く環境（2）

インバータ化の様々なメリット



省エネ効果

モータ回転速度を調整することで流量/風量を制御可能。
必要な電力のみを供給するためダンパ/バルブ制御に比べて大幅に省エネが可能。

高効率モータ駆動

高効率な永久磁石モータやリラクタンスモータを駆動してさらなる省エネを実現。

設備投資の削減

商用電源運転に比べて始動電流を低く抑えることができるため電源容量を小さくできる。
商用電源運転時:500~600% インバータ運転時:100~150%

メンテナンスコストの低減

スムーズな加速/減速により機械への負荷を減少させ、メンテナンスの頻度とコストを低減。

簡易PLC機能

内蔵PLC機能を活用することで周辺機器（タイマ、リレー等）を削減できる。

「インバータ化」

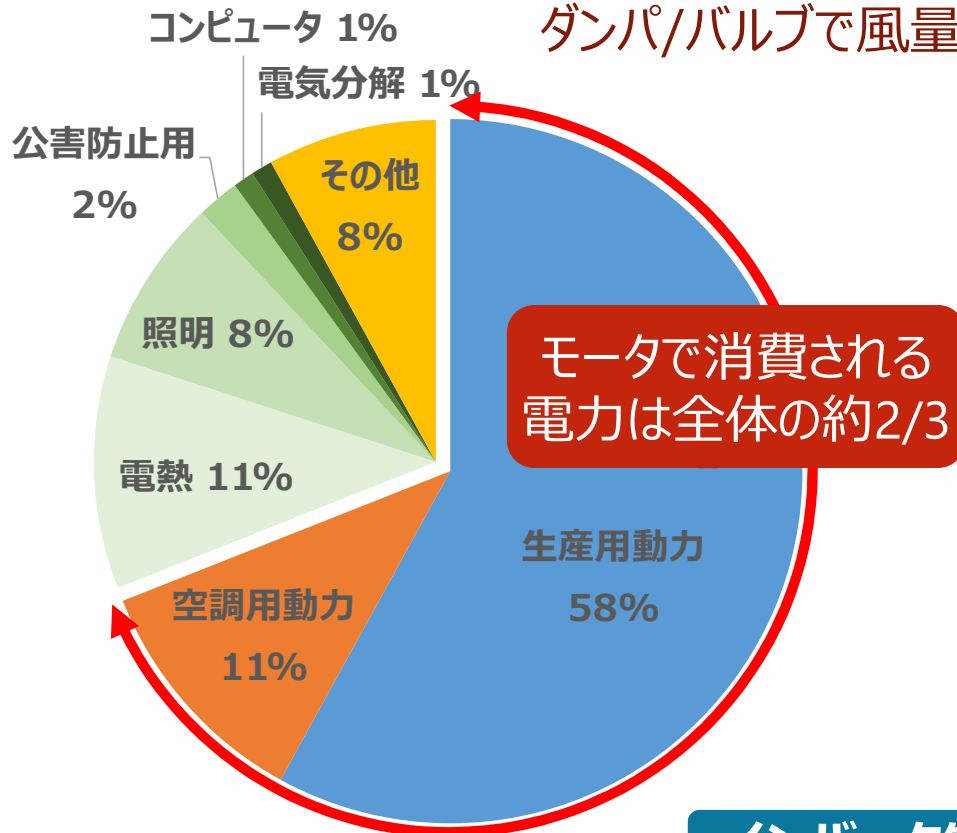
1. インバータを取り巻く環境 (3)

インバータ化で期待される省エネ効果

ダンパ/バルブ制御

ファン/ポンプを商用電源で直接駆動して
ダンパ/バルブで風量/流量を制御

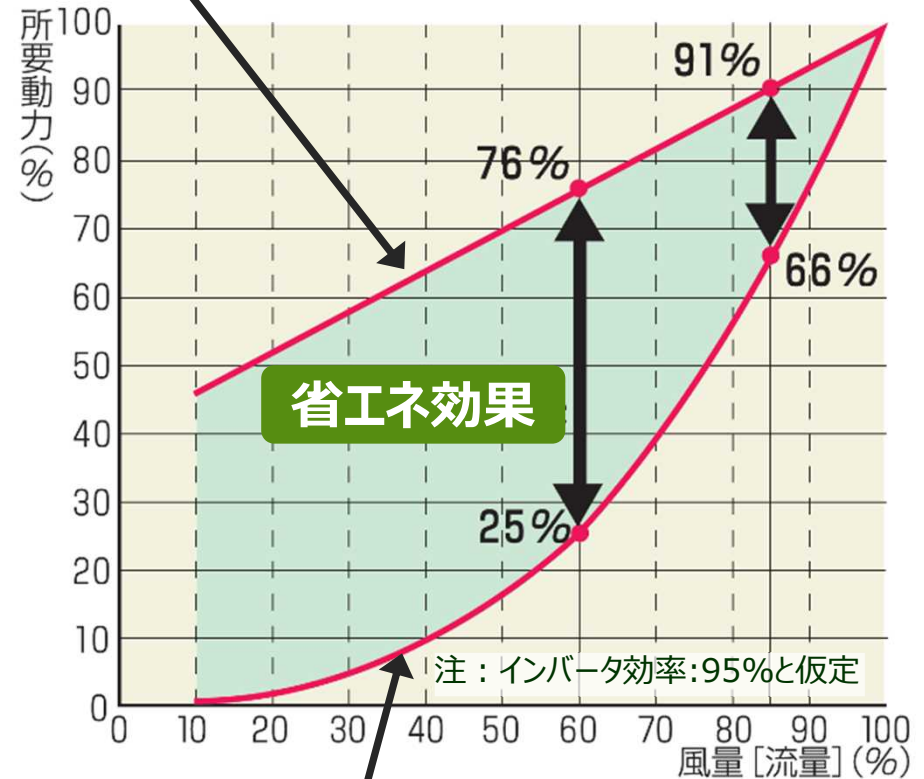
➡ 風量/流量を下げて
ダンパ/バルブで損失が発生



モータで消費される電力は全体の約2/3

平均的な工場消費電力に占める用途別電力量割合 (1996年)

出典：岩井、1997(平成8年東京電力調べ)
電力中央研究所 研究報告 Y08045



省エネ効果

注：インバータ効率:95%と仮定

インバータ制御

モータの回転速度を変化させることで
風量/流量を制御
(風量/流量はモータ回転速度に比例)

➡ 消費電力はモータの
回転速度の3乗に比例

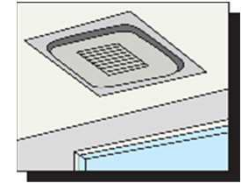
1. インバータを取り巻く環境（4）

インバータ化による省エネ計算の例

事務所空調設備

運転パターン: ①流量85% 2,000時間/年 ②流量60% 2,000時間/年

電動機出力: 15kW × 1台(インバータ効率:95%と仮定)



ダンパ(バルブ)制御の場合

$$(15\text{kW} \times 91\% \times 2000\text{時間}) + (15\text{kW} \times 76\% \times 2000\text{時間})$$

= 50,100 kWh

インバータ制御の場合

$$(15\text{kW} \times 66\% \times 2000\text{時間}) + (15\text{kW} \times 25\% \times 2000\text{時間})$$

= 27,300 kWh

年間の省エネルギー効果

$$50,100\text{kWh} - 27,300\text{kWh}$$

= 22,800 kWh/年

電力料金の節約効果

電力料金を19円45銭/kWh^{※1}とすると

$$22,800\text{kWh} \times 19\text{円}45\text{銭}$$

= 443,460 円/年

※1 東京電力の電力量料金(2024年4月1日時点)
東京電力 業務用電力(契約電力500kW以上)
夏季:20円32銭/kWh、その他季:19円16銭/kWh

年間のCO₂削減量

CO₂排出係数^{※2}を0.436kg-CO₂/kWhとすると

$$22,800\text{kWh} \times 0.436\text{kg-CO}_2/\text{kWh}$$

= 9,941 kg/年

※2 CO₂ 排出実績(速報値)2023年9月
電気事業低炭素社会協議会

1. インバータを取り巻く環境（5）

インバータ化による高効率モータ駆動

産業機器や家電製品に対して高いエネルギー効率を要求

省エネ法

トップランナー制度

モータ効率クラス IE4/IE5等の高効率モータが注目されている

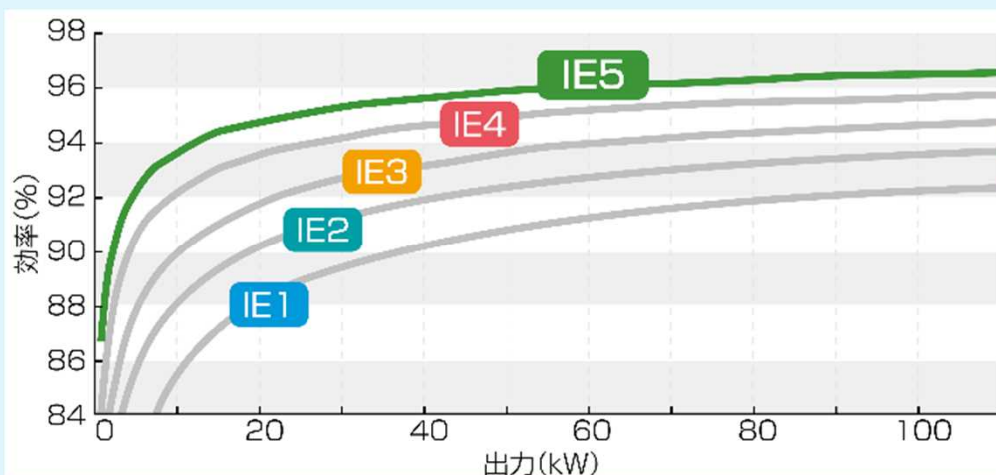
永久磁石モータ

リラクタンスモータ

永久磁石リラクタンスモータ

高効率誘導モータ

モータを駆動するためにはインバータが必要



ウルトラプレミアム効率

スーパープレミアム効率

プレミアム効率

高効率

標準効率

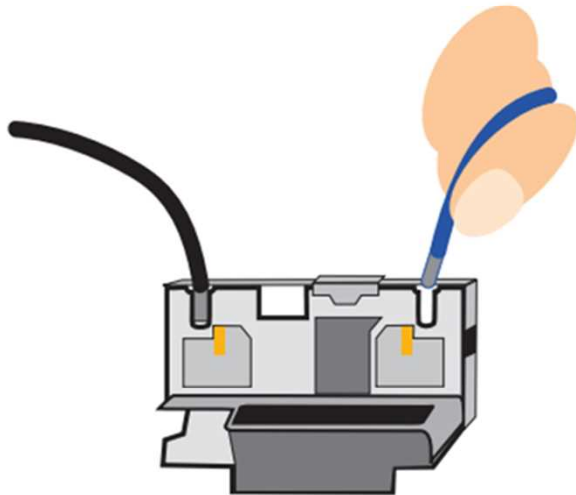
IEC TS 60034-30-2:2016
Efficiency classes of variable speed AC motors (IE code)
(可変速交流モータの効率クラス)

1. インバータを取り巻く環境
2. インバータの近年の技術改新
3. インバータ制御の原理
4. インバータの技術課題
5. 実装設計における検討事項
6. 周辺機器について
7. 定期点検・メンテナンスのお願い

2. インバータの近年の技術改新（1）

プッシュイン端子への対応

工具を使わず、指先で差し込むだけで簡単に配線できる。



モバイル端末からの設定

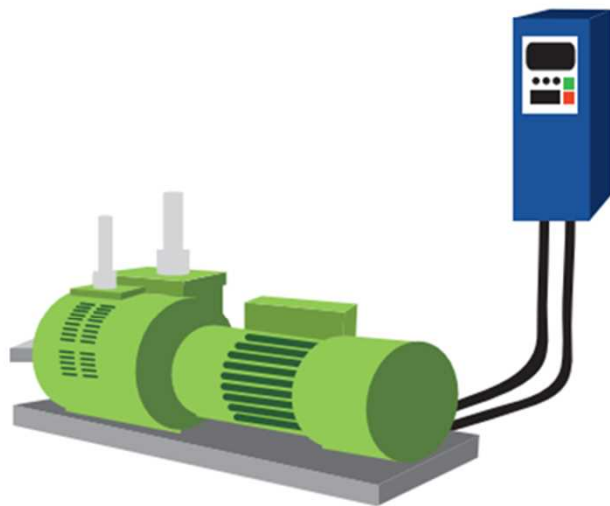
モバイル端末からインバータの設定やメンテナンスが容易にできる。



2. インバータの近年の技術改新（2）

制御盤レス

多湿・粉塵といった悪環境下においても、機械により近い場所などに簡単にインバータを設置できる。



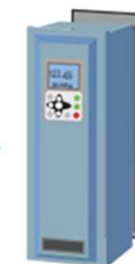
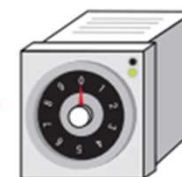
簡易PLC機能

タイマー機能、リレーシーケンス機能等を専用のPLC不要で実現でき、周辺機器やセンサの削減にもつながる。

例)

従来

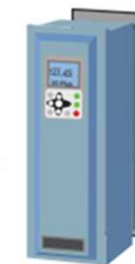
運転指令



簡易PLC機能

運転指令

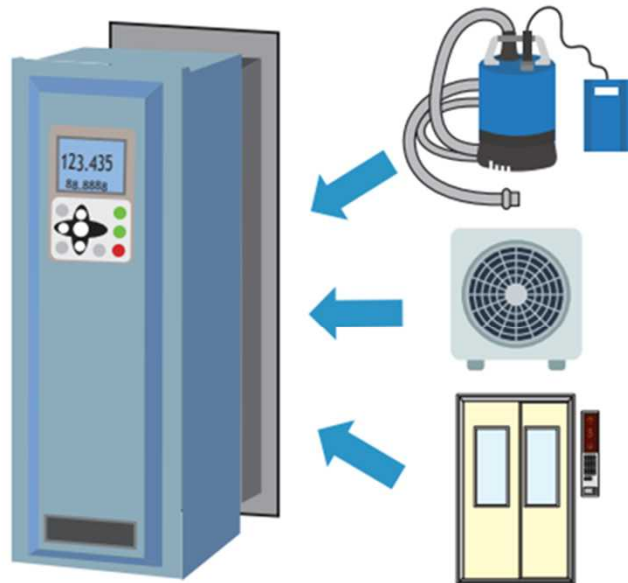
タイマーを省略でき、
設定変更も簡単です。



2. インバータの近年の技術改新（3）

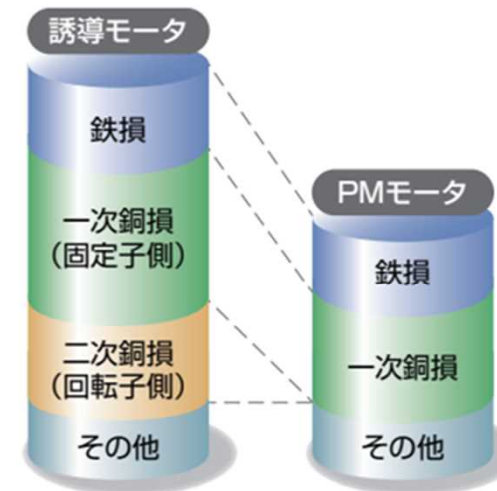
用途別機能の充実

ファン、ポンプ、エレベータなどの用途に特化した制御機能を内蔵することで使い勝手が向上した。



PMモータ駆動

永久磁石を回転子に組み込んだPMモータを駆動でき、一般的な誘導電動機よりも高効率な運転が可能である。



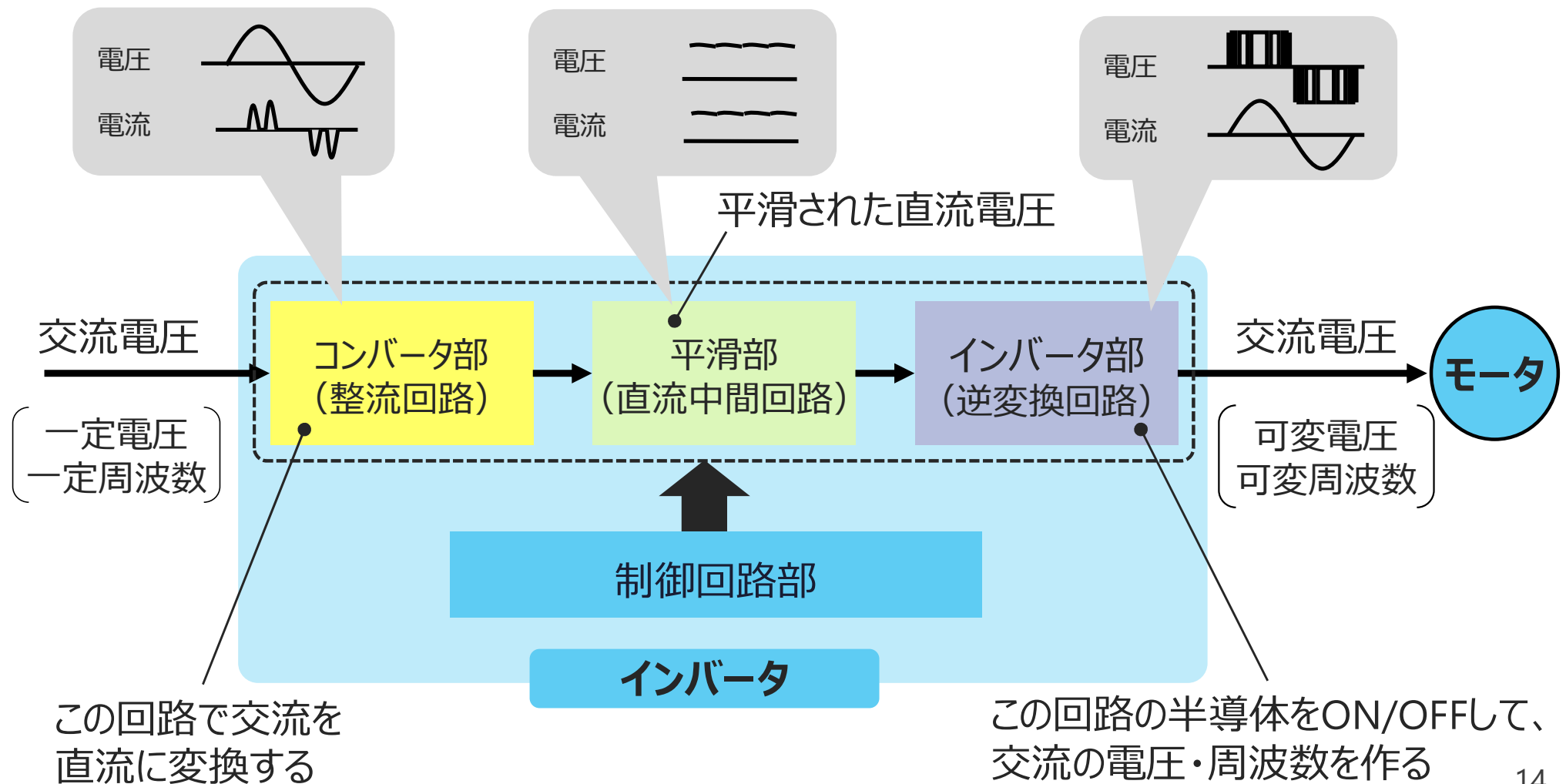
【モータ発生損失比較例】

1. インバータを取り巻く環境
2. インバータの近年の技術改新
- 3. インバータ制御の原理**
4. インバータの技術課題
5. 実装設計における検討事項
6. 周辺機器について
7. 定期点検・メンテナンスのお願い

3. インバータ制御の原理 (1)

インバータの概要

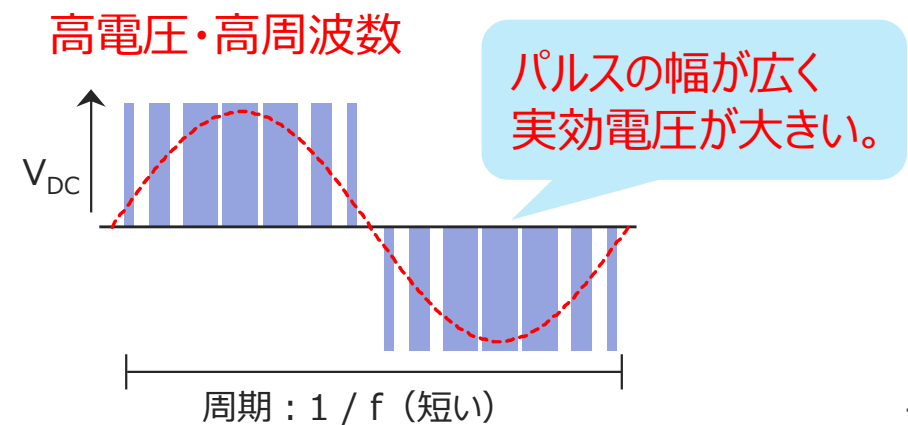
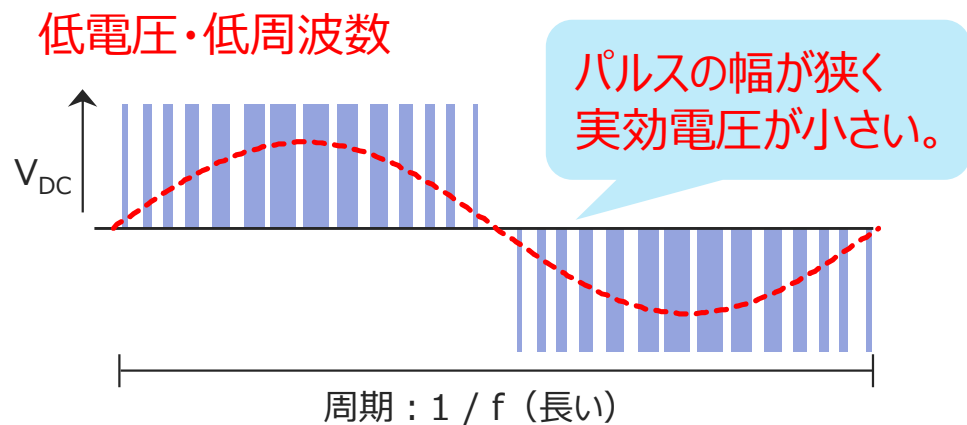
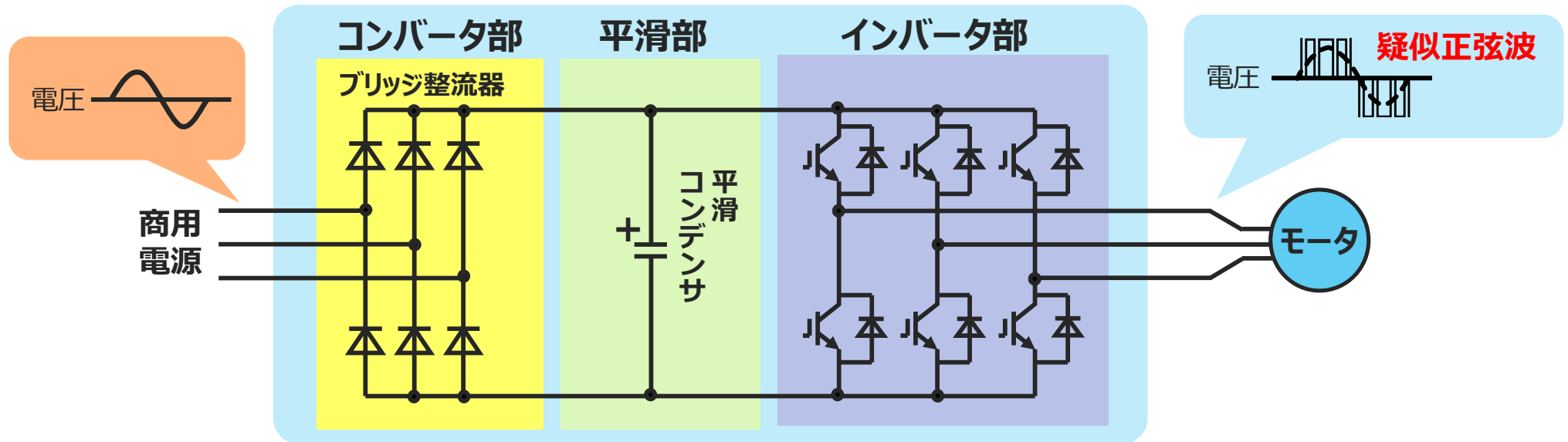
インバータとは 任意の可変電圧と可変周波数を制御する装置



3. インバータ制御の原理 (2)

電圧・周波数の制御

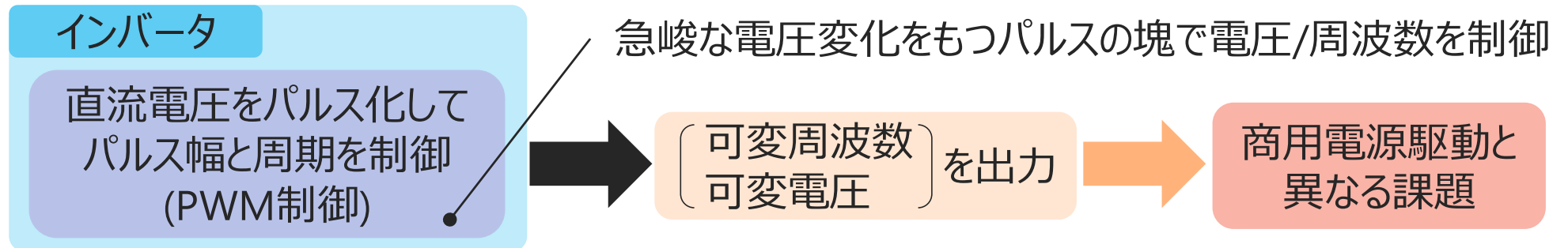
平滑部の直流電圧をパルス化して、パルス幅と周期を制御することで、**擬似正弦波**の電圧・周波数を制御することが可能



1. インバータを取り巻く環境
2. インバータの近年の技術改新
3. インバータ制御の原理
- 4. インバータの技術課題**
5. 実装設計における検討事項
6. 周辺機器について
7. 定期点検・メンテナンスのお願い

4. インバータの技術課題（1）

代表的なインバータドライブの課題



1. 電磁ノイズの増加
2. 電源高調波(電源ノイズといわれることもある)
直接にはPWM制御と関係しないが、商用交流から直流電圧を作るときに発生する
3. 高周波漏れ電流の増加
4. モータ巻線に発生するマイクロサージ電圧

(注) なぜ、わざわざ課題の発生しやすい急峻なパルスを使って制御するのか？
ゆっくりした立ち上がりのパルスの制御ではできないか？

- ・パルス数/1サイクルを多くできない ⇒ モータのキーンという電磁音が大きい、電流のリプル(パルス毎の電流変化)が大きく、また細かい電圧の制御ができないため、モータの滑らかな運転ができない (特に低速、低電圧時)
- ・スイッチング時のトランジスタの損失が大きい ⇒ インバータの冷却が大変になる、寸法が大きくなる。

★上記を勘案して、パルス数(通常約2kHz程度～15kHz程度)で制御されている。

4. インバータの技術課題（2）

電磁ノイズ、電源高調波の区別

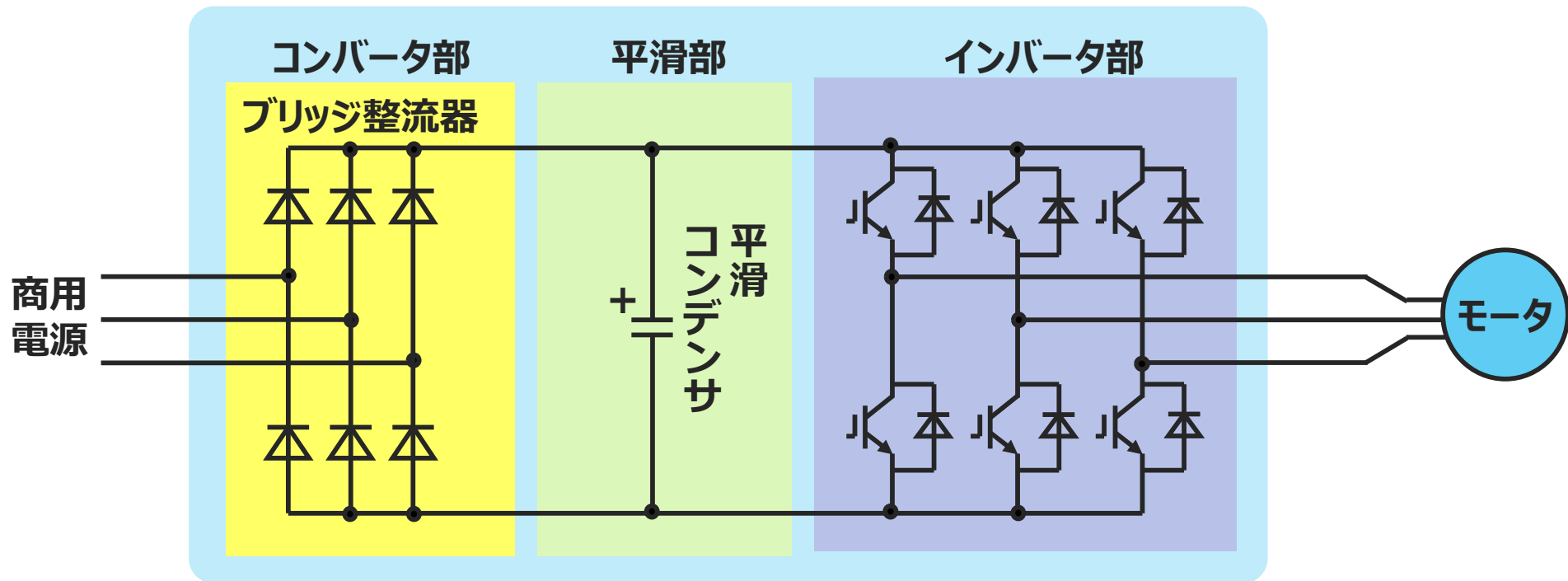
	電磁ノイズ	電源高調波(ノイズ)
周波数帯	・高周波 (10kHz ~ 30MHz程度)	・最大40 ~ 50次 (2~3kHz程度)
主な発生源	・インバータ部	・コンバータ部
伝達経路	・電路 : 伝導 ・空間 : 放射 ・誘導 : 電磁誘導、静電誘導	・電路
関係要素	・距離、布線距離	・線路インピーダンス
発生要因	・電圧変化率 ・スイッチング周波数	・電源容量（電源インピーダンス）
現象	・センサ類の誤検出/誤動作 ・ラジオの雑音	・進相コンデンサの発熱 ・発電機の発熱
主な対策	・配線経路の変更 ・ノイズフィルタの設置	・リアクトルの設置 ・12相整流 ・正弦波電源回生コンバータ

4. インバータの技術課題 (3)

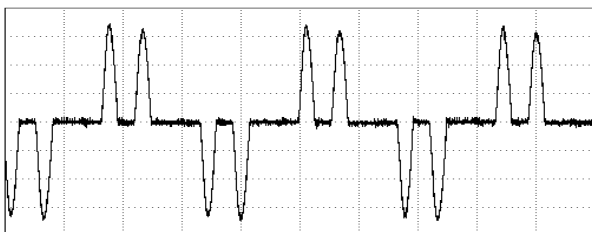
電源高調波の発生源

平滑コンデンサ付整流回路による
電源高調波電流の発生

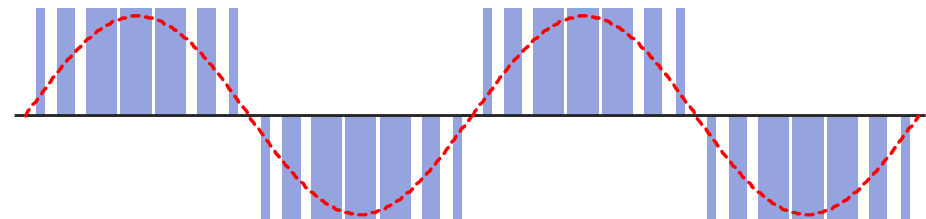
トランジスタの高速スイッチングによる
電磁ノイズの発生



入力電流波形の例



出力電圧波形の例



4. インバータの技術課題（4）

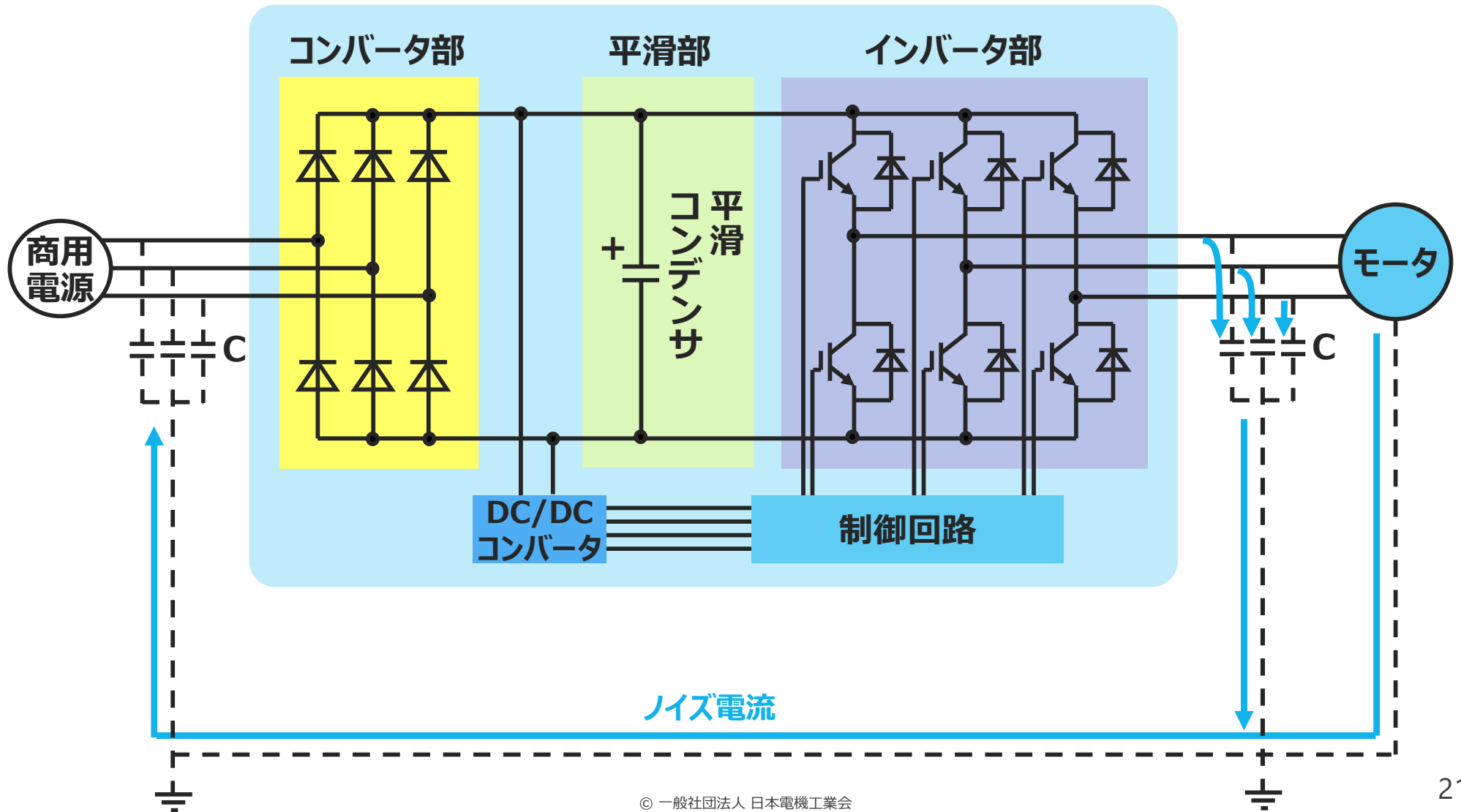
課題1. 電磁ノイズの他機器への影響の例

1. AMラジオへの雑音
2. 無線電話への雑音
3. 近接スイッチの誤動作
4. 圧力センサの誤動作
5. 位置検出器(PG)のパルス誤差、カウントミス
6. PLCの誤信号入力、誤動作

4. インバータの技術課題 (5)

ノイズの伝播経路 (1)

トランジスタのスイッチングによるノイズ電流が回路の浮遊容量(コンデンサ成分)を通じて、各回路に流れる。

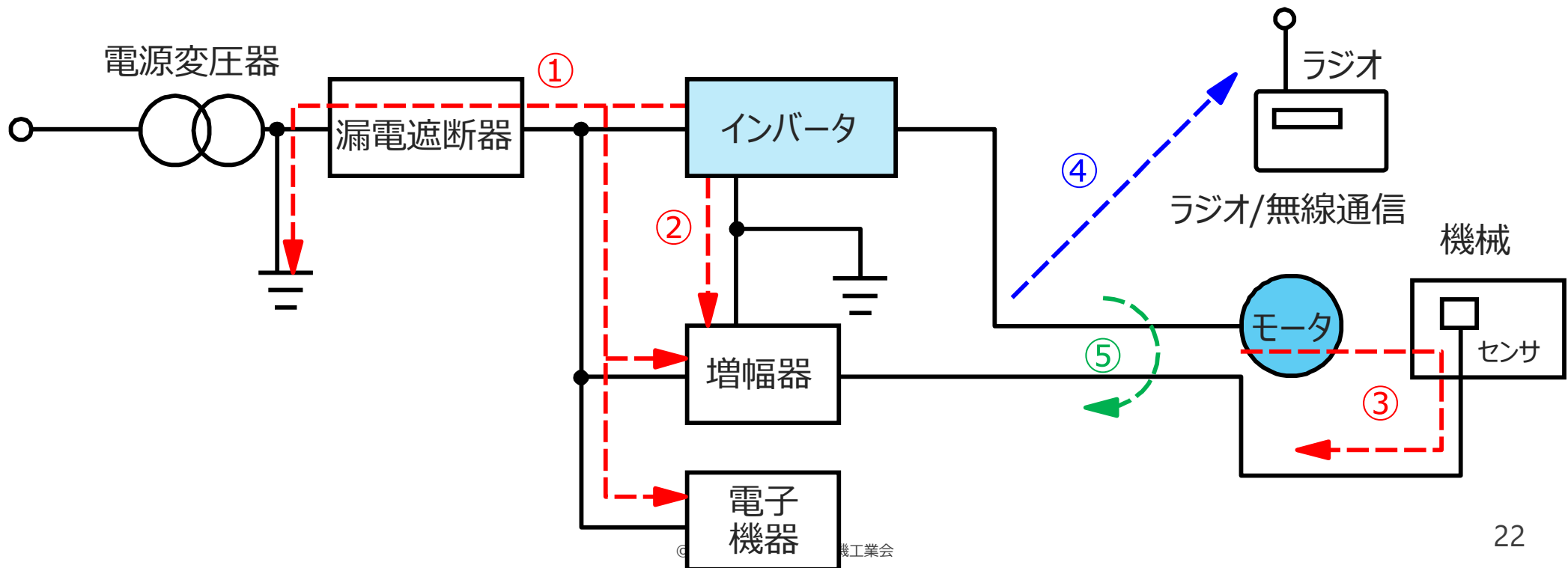


4. インバータの技術課題（6）

ノイズの伝播経路（2）

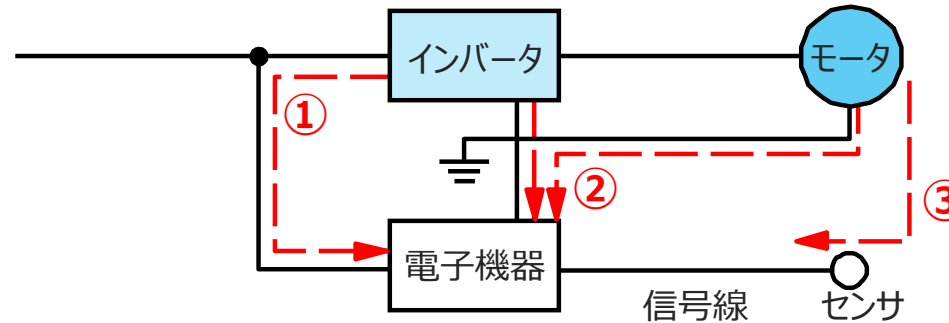
【他機器への伝播】

①②③	伝導ノイズ	電源ラインや接地線を通して流出するノイズ
④	放射ノイズ	インバータやモータ本体、主回路配線がアンテナとなって空中に放射されるノイズ
⑤	誘導ノイズ (電磁、静電)	インバータ主回路配線に併設された信号線に対し、電磁誘導、静電誘導により伝播するノイズ

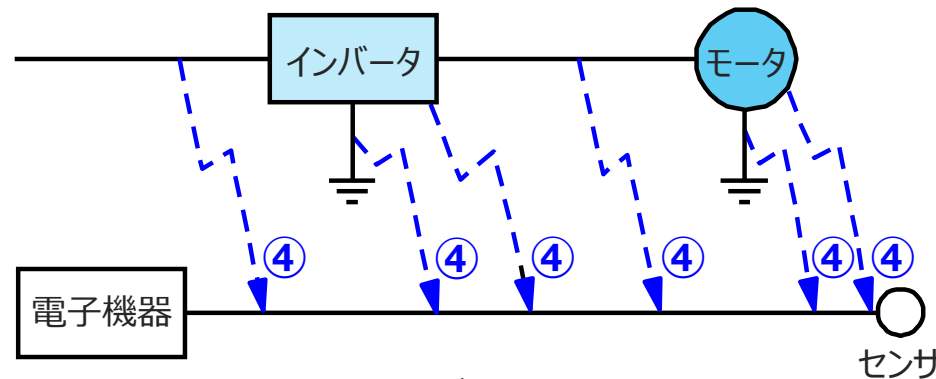


4. インバータの技術課題 (7)

ノイズの伝播経路 (3)



(1) 伝導ノイズ：主回路線や接地線を伝わる



(2) 放射ノイズ：電波として放射

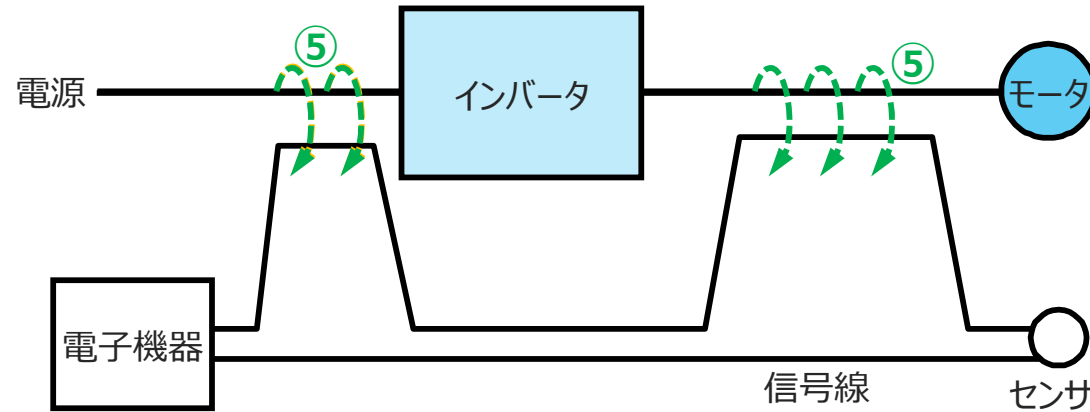
インバータ内で発生したノイズが、入力側や出力側の電線がアンテナとなって空中に放射され影響を与えるのが放射ノイズ(④)です。

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。

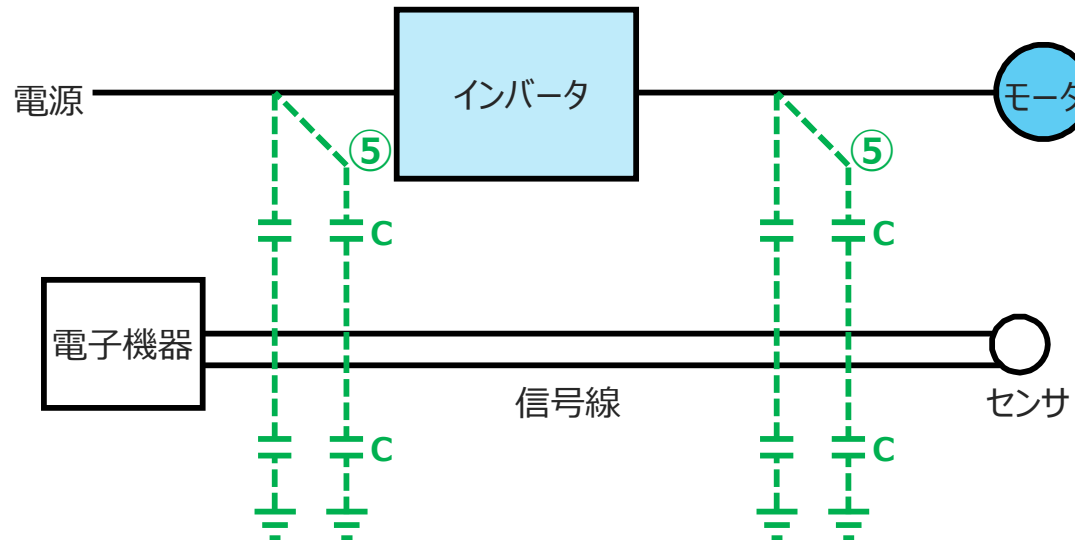
4. インバータの技術課題（8）

ノイズの伝播経路（4）

信号の速い伝達のため、電磁結合による信号の誤作動も生じます。



(3) 電磁誘導ノイズ

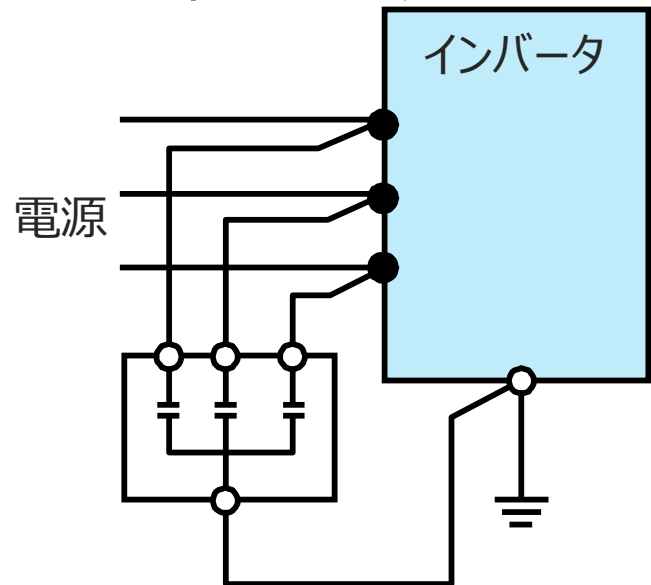


(4) 静電誘導ノイズ

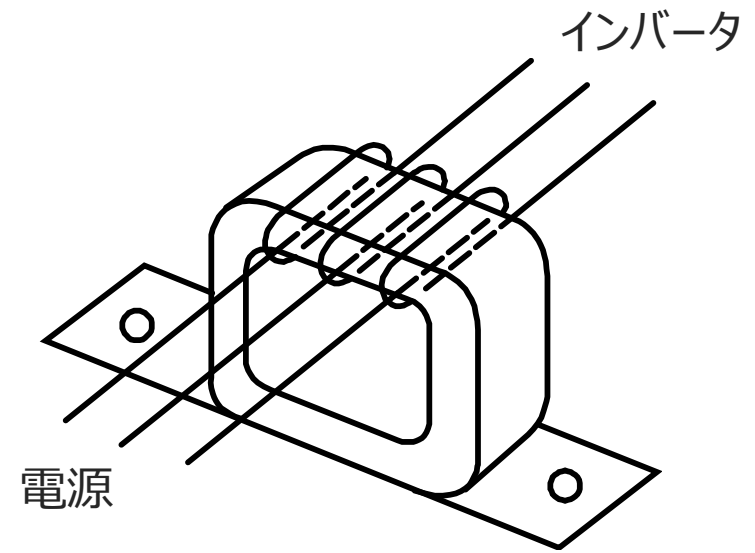
4. インバータの技術課題（9）

対策例（1）伝導性ノイズの抑制と手法

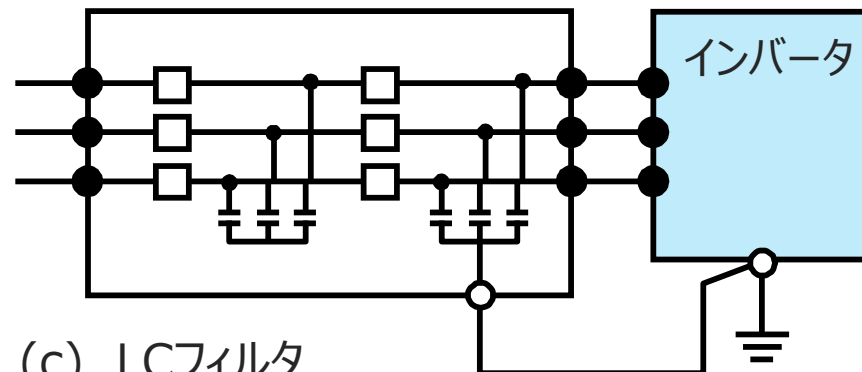
ご注意：インバータ出力側での対策は、原則としてコンデンサを内蔵しないフィルタを適用してください。



(a) 容量性フィルタ



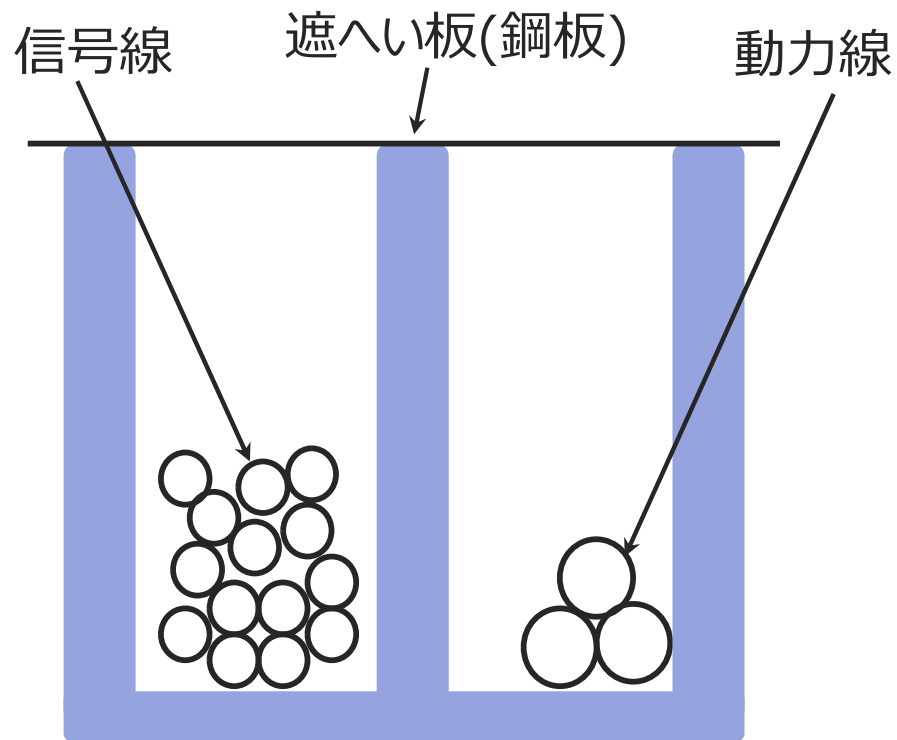
(b) 誘導性フィルタ(零相リアクトル)



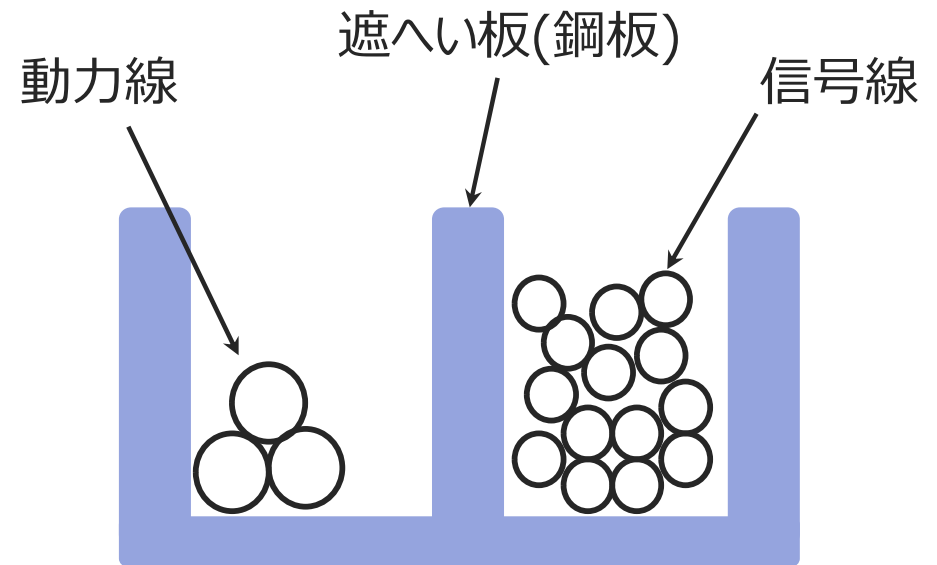
(c) LCフィルタ

4. インバータの技術課題（10）

対策例（2）ダクト・ラックによる誘導性ノイズの抑制



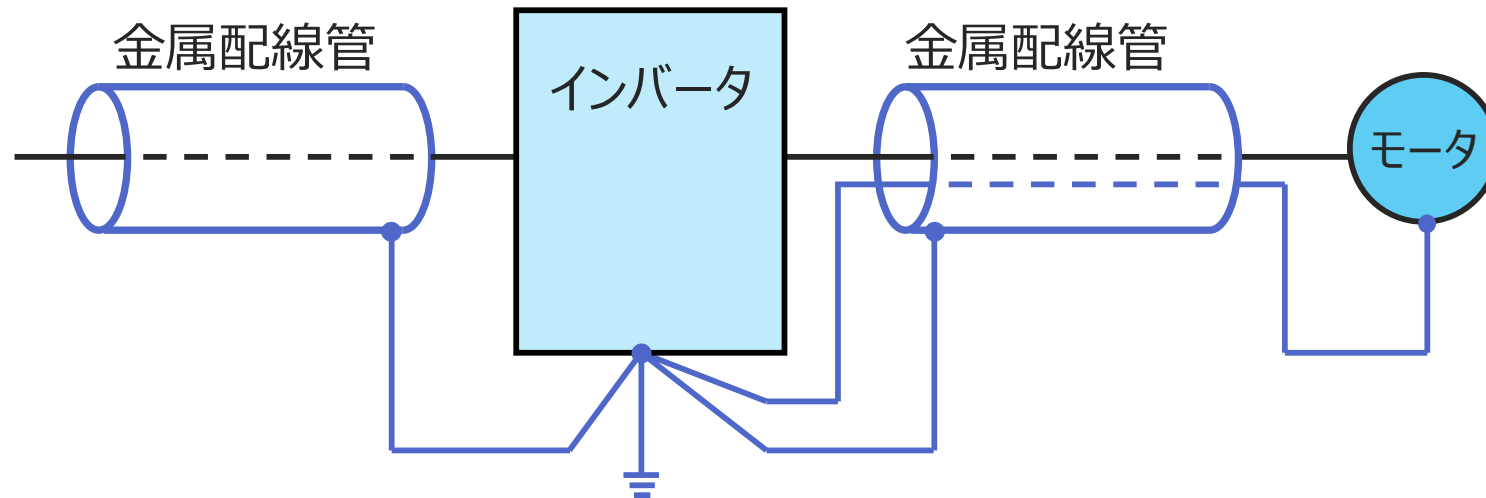
(a) ダクトによる配線分離



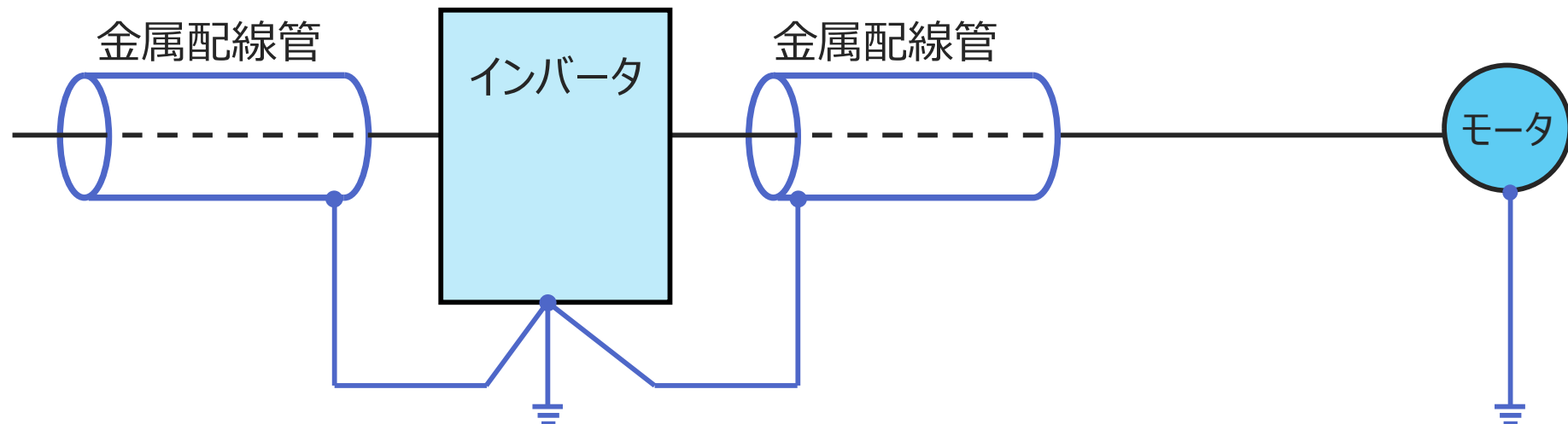
(b) ラックによる配線分離

4. インバータの技術課題 (11)

対策例 (3) 金属製配管による配線



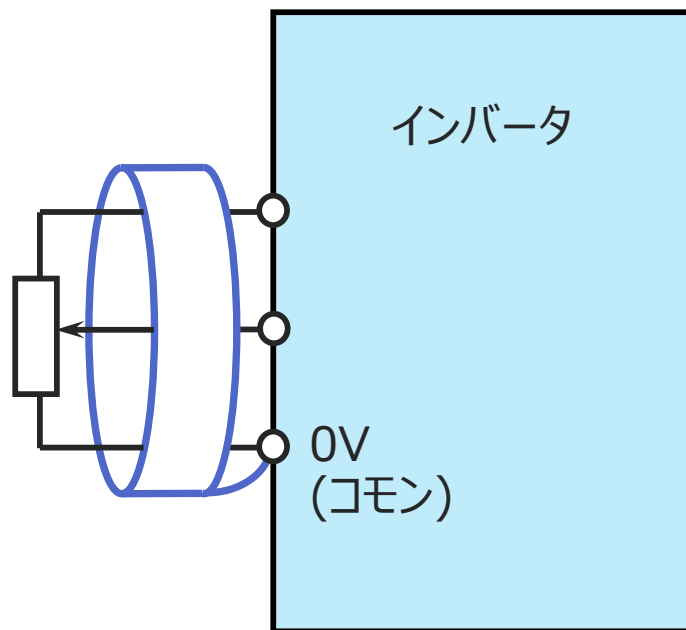
(a) 金属製配線によるシールド(モータとインバータが近い場合)



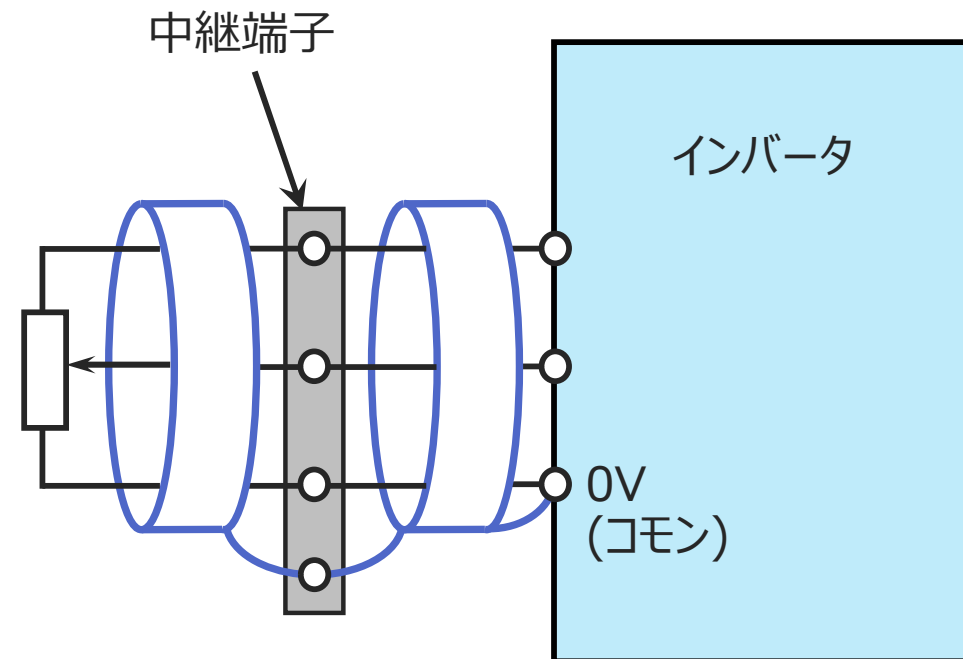
(b) 金属製配線によるシールド(モータとインバータが離れている場合)

4. インバータの技術課題（12）

対策例（4）信号入力線のシールド線のノイズ処理



(a) 中継端子がない場合



(b) 中継端子がある場合

4. インバータの技術課題 (13)

ノイズトラブル対策まとめ (1)

ノイズトラブルの防止方法		対策のねらい				伝播経路		
		ノイズを受け難くする	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
配線および設置	主回路/制御回路の配線分離	○				○		
	最短配線距離	○			○		○	○
	並行配線、束線の回避	○					○	
	的確な接地	○			○		○	
	シールド線、ツイストシールド線の採用	○					○	○
	主回路シールド線の採用			○				○
	金属配線管の使用			○			○	○
制御盤	盤内機器の適正配置	○					○	○
	金属製制御盤			○			○	○

4. インバータの技術課題（14）

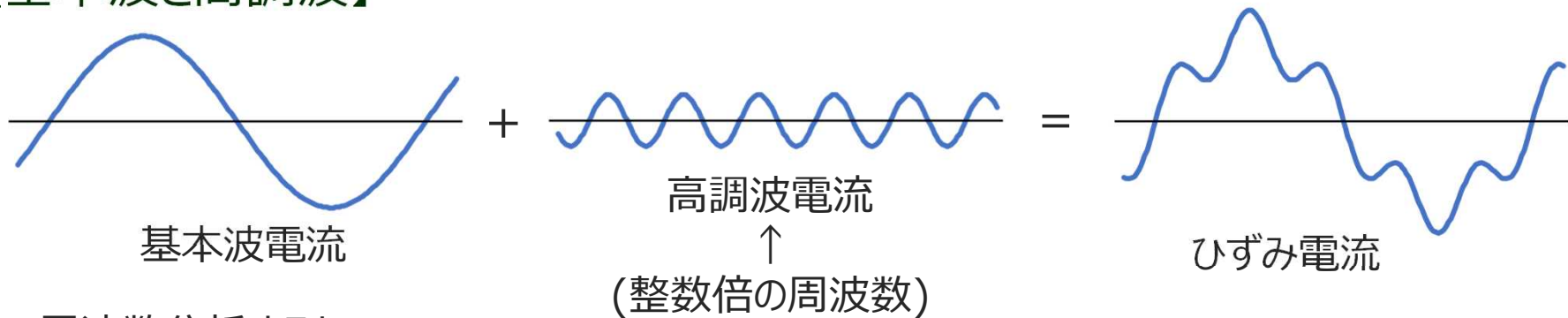
ノイズトラブル対策まとめ（2）

ノイズトラブルの防止方法		対策のねらい				伝播経路		
		ノイズを受け難くする	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
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	○	○			○		
	キャリア周波数の低減				○	○	○	○

4. インバータの技術課題 (15)

課題2. 電源高調波

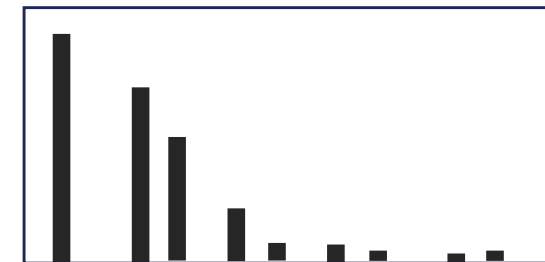
【基本波と高調波】



周波数分析すると



1 5 7 11 13 17 19 23 25 高調波次数



1 5 7 11 13 17 19 23 25 高調波次数

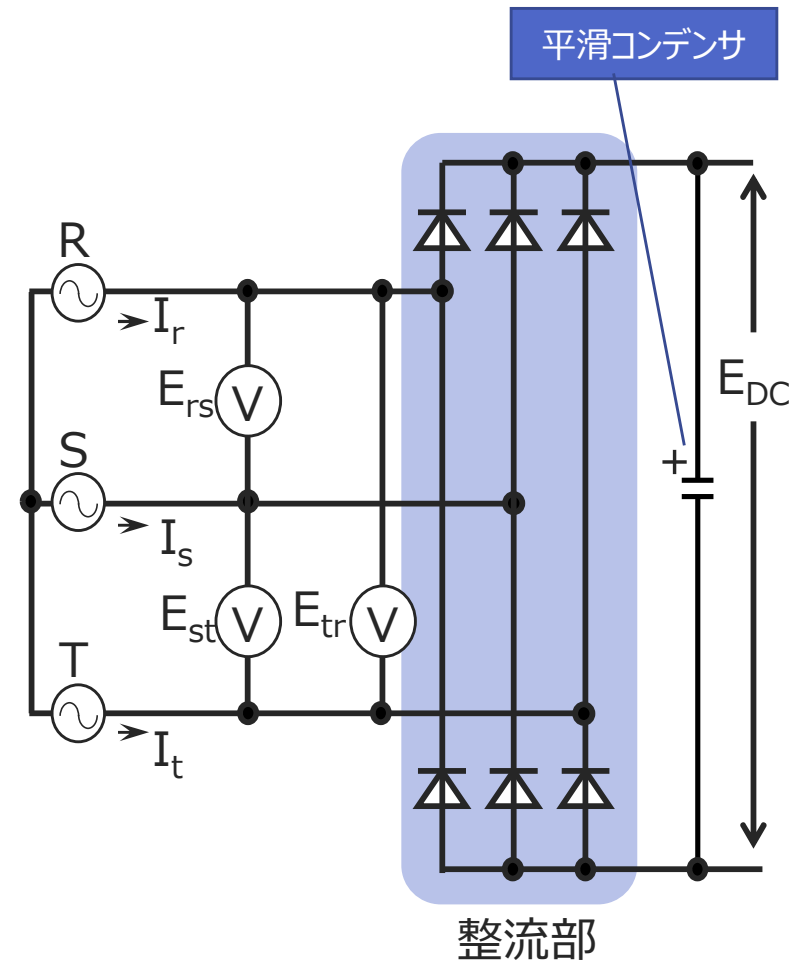
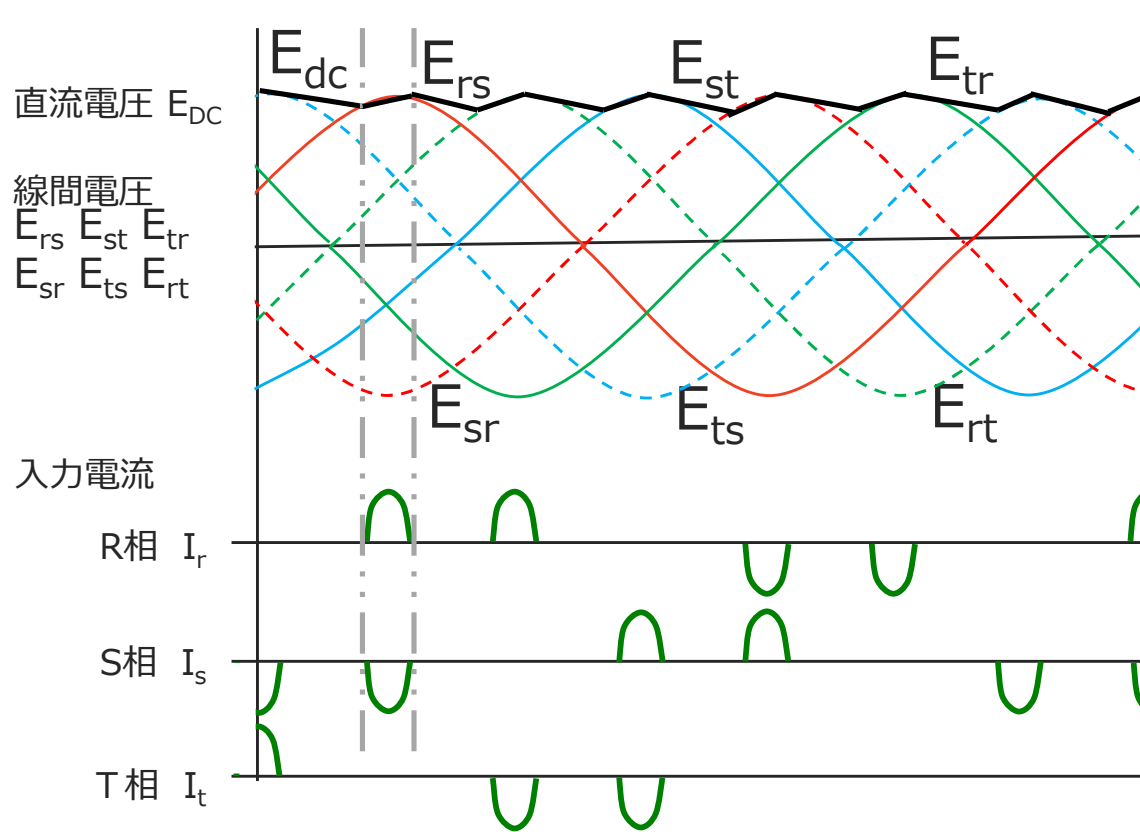
入力電流高調波の弊害

- ・進相コンデンサに高調波電流が流れて過熱。トランスの騒音増加など。
- ・高調波電流のため総合力率が低くなり、実際に消費される電力より皮相電力が大きいため入力電流が増加する。この結果、必要な電力設備が大きくなる。
- ・電灯のちらつきが発生

4. インバータの技術課題（16）

インバータ化で期待される省エネ効果

コンデンサにより整流電圧は平滑されるが、直流電圧より電源電圧が高い期間のみ電流が流れる。



4. インバータの技術課題（17）

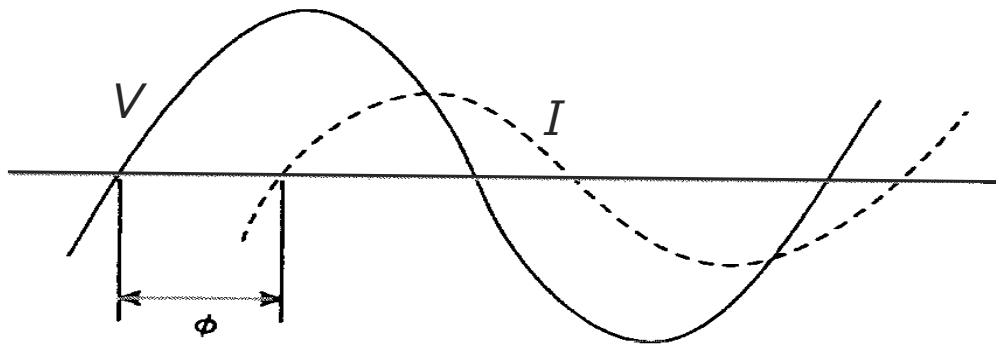
高調波電流を含む場合の特性値：力率、歪率

【入力電圧・電流波形】

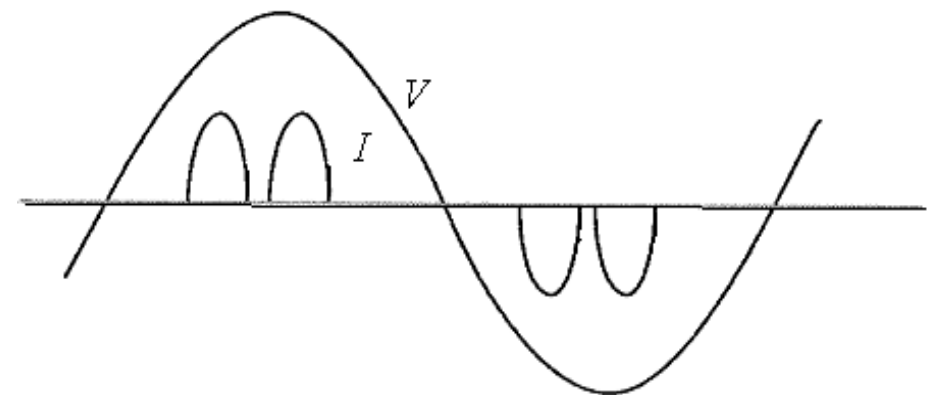
$$\text{モータの力率 } \cos\phi = \frac{\text{有効電力}}{\text{皮相電力}} = \frac{\text{モータの入力電力}}{\sqrt{3} \times \text{定格電圧} \times \text{入力電流}}$$

$$\text{インバータの入力力率 } \cos\phi = \frac{1}{\sqrt{1 + \mu^2}} \qquad \text{歪率 } \mu = \sqrt{\sum I_k^2}$$

基本波に対する各成分の高調波電流の比率 I_k ($k = 5, 7, 11, 13, \dots$)



(a) 商用電源でモータを駆動した場合



(b) インバータでモータを駆動した場合

※ インバータ入力電流は高調波を含む歪波電流であり、総合した実効電流をいう。従って、この定義式で表した力率は、一般的な力率計で測定した値とは異なる。

4. インバータの技術課題 (18)

電源高調波対策事例

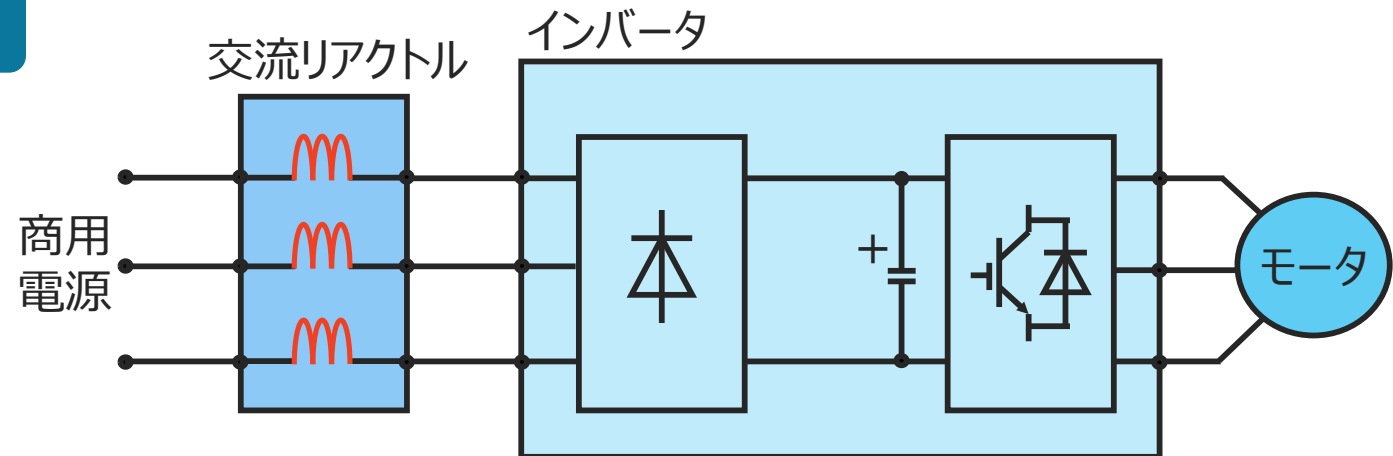
回路方式	入力電流波形	入力電流スペクトラム	高調波含有率(歪率)
未対策 		 高調波次数	88%
交流リアクトル挿入 		 高調波次数	38%
直流リアクトル挿入 		 高調波次数	33%
12相整流 		 高調波次数	12%
PWM制御コンバータ 		 高調波次数	3%

[電源高調波対策による入力電流波形と高調波含有率]

4. インバータの技術課題（19）

入力電流波形改善方策例(高調波電流の抑制)

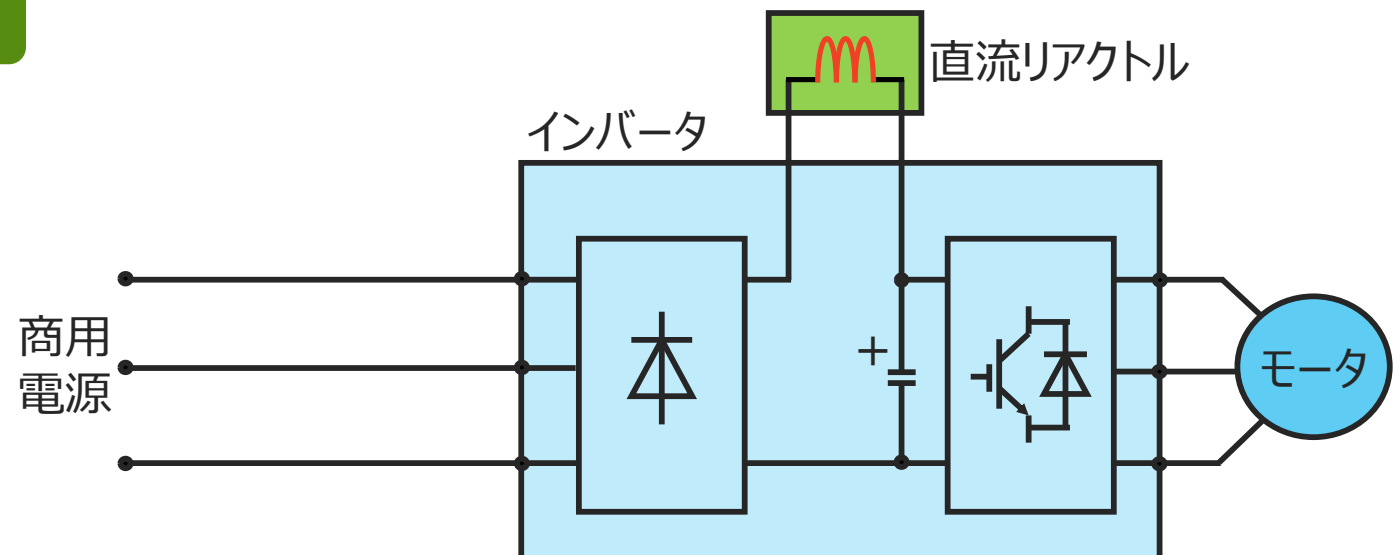
交流リアクトルの場合



直流リアクトルの場合



インバータ本体に内蔵している機種も有ります



4. インバータの技術課題（20）

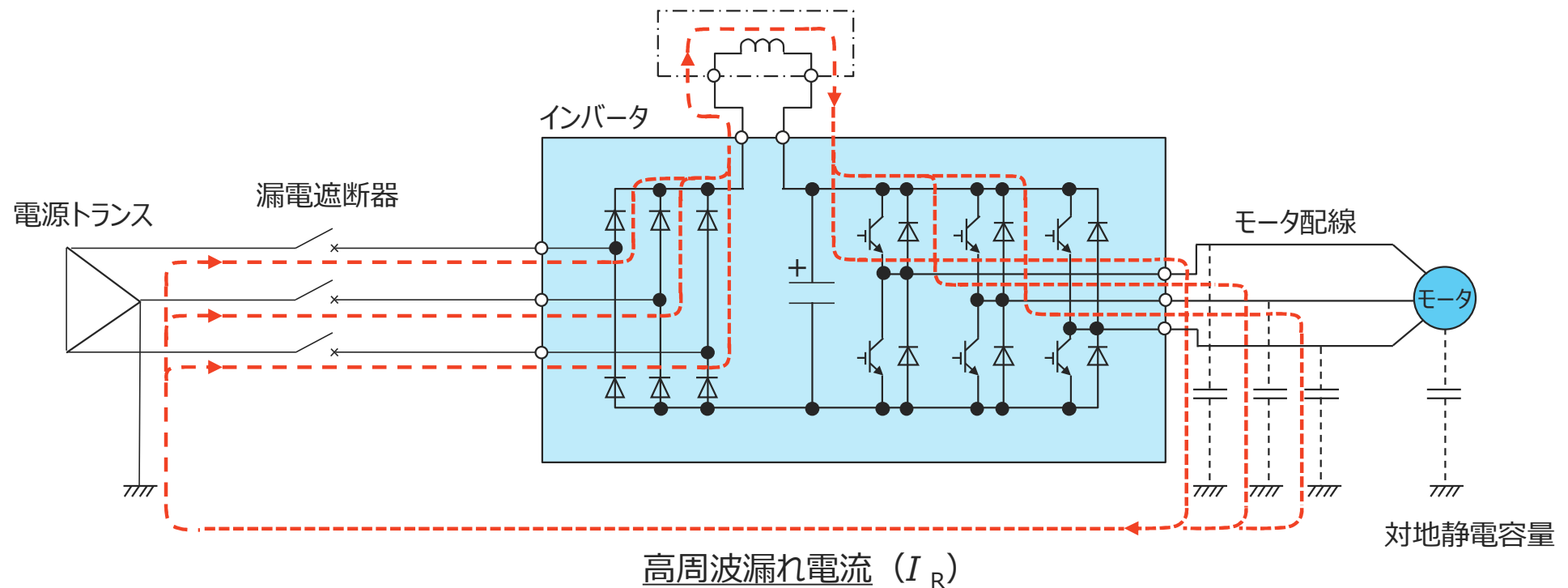
課題3. 高周波漏れ電流の発生と電流経路

電磁ノイズと同様、高周波の漏れ電流が浮遊容量を介して流れる。



漏電遮断器の不要動作の原因となりやすい。

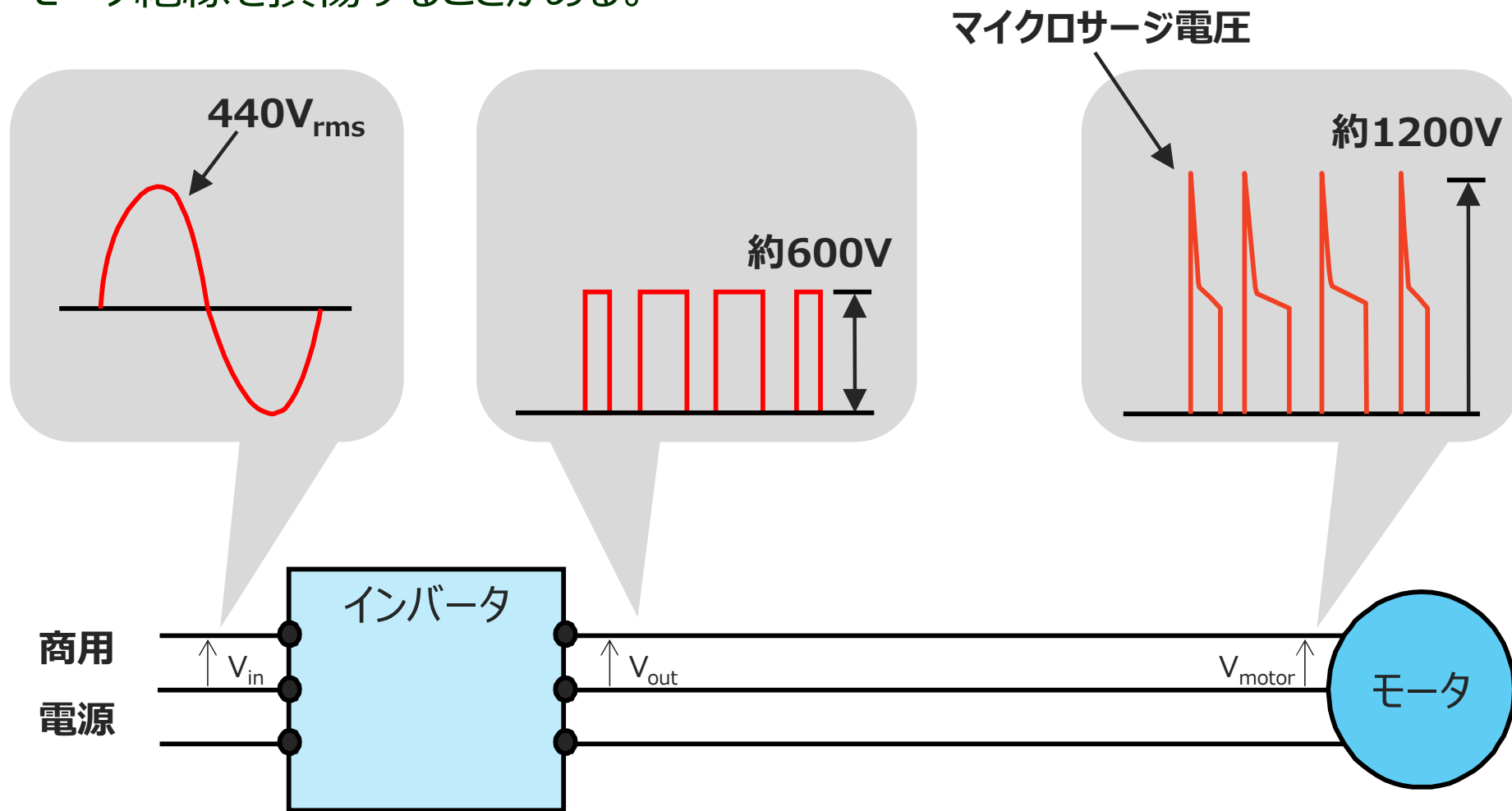
対策：漏電遮断器の設定を上げるか、高周波対策済みの漏電遮断器とする。



4. インバータの技術課題 (21)

課題4. マイクロサージ電圧

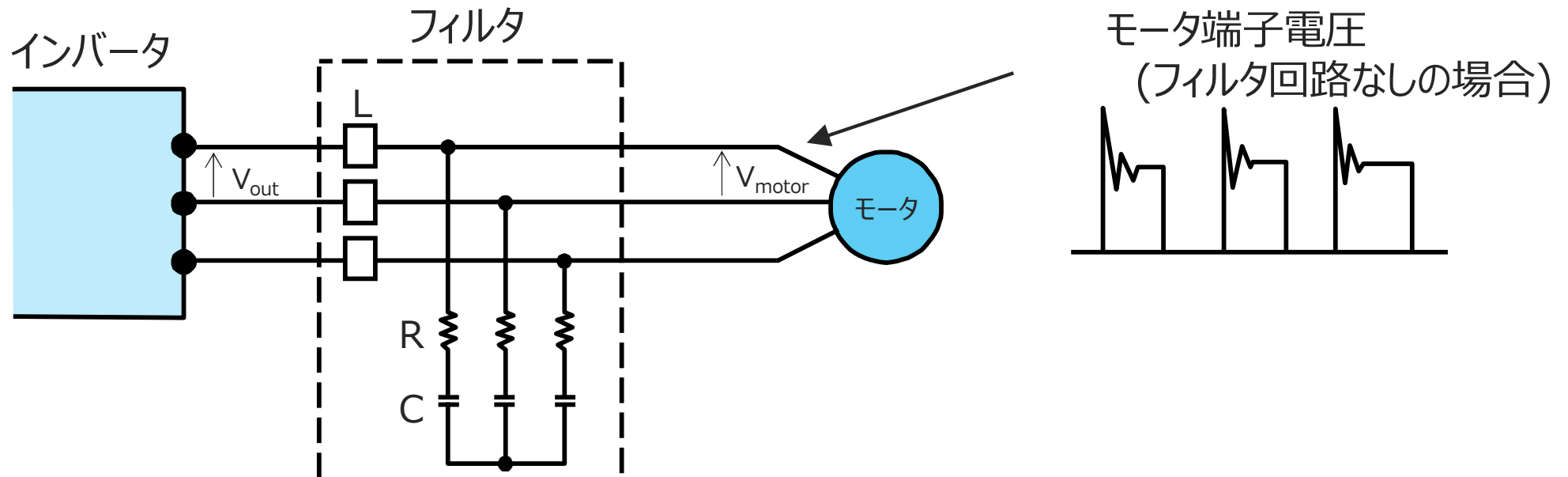
モータ配線長が長くなるとモータ端子では約2倍のマイクロサージ電圧が発生し、モータ絶縁を損傷することがある。



各部の電圧波形

4. インバータの技術課題（22）

フィルタによるモータへのマイクロサージ電圧抑制



項目	インバータ出力 V_{out}	モータ入力 V_{motor}
フィルタ回路なし		
フィルタ回路あり		

4. インバータの技術課題（23）

マイクロサージ電圧のその他の対策例

発生	マイクロサージ電圧の対処		具体的な対策	
	ピーク値	dv/dt	ピーク	dv/dt
インバータ側	抑制	抑制	<ul style="list-style-type: none"> ・サージアブソーバ（コンデンサ） ・過電圧クリッパ ・3レベル制御 	<ul style="list-style-type: none"> ・スナバ
モータ側	耐電圧強化	耐峻度強化	<ul style="list-style-type: none"> ・相間絶縁強化 ・対地間絶縁強化 	<ul style="list-style-type: none"> ・コイル間電圧分担の平均化 ・サージアブソーバ
			<ul style="list-style-type: none"> ・インバータ駆動専用モータ(推奨) ・絶縁強化（使用10年以上） ・コイル巻き替え（使用20年以上） 	
その他	上昇させない	抑制	<ul style="list-style-type: none"> ・直列リアクトル ・サージ抑制線 ・サージ抑制ユニット 	<ul style="list-style-type: none"> ・フィルタ

1. インバータを取り巻く環境
2. インバータの近年の技術改新
3. インバータ制御の原理
4. インバータの技術課題
- 5. 実装設計における検討事項**
6. 周辺機器について
7. 定期点検・メンテナンスのお願い

5. 実装設計における検討事項（1）

一般的なインバータの標準仕様

項目	内容
周囲温度	-10 ~ +50℃（凍結のないこと）
周囲湿度	90%RH以下（結露のないこと）
雰囲気	腐食性、爆発性ガスのないこと 塵埃のないこと
標高	1,000m以下
振動	5.9 m/s ² {0.6G} 以下 (JIS C60068-2-6 準拠)

※こちらに記載された仕様は標準的なものになる。

次の対応を行うことで、特殊仕様や性能向上が可能なケースもある。

- ・周囲温度上限を超えた仕様、標高1,000mを超えた仕様には定格電流のデレーティング
- ・腐食性はコーティング、特殊なメッキへの変更
- ・塵埃についてはIP構造の変更

5. 実装設計における検討事項（2）

設置環境に関する注意事項と対策（1）

温度対策

1. 高温対策

平滑用電解コンデンサは、**周囲温度が10℃高くなると寿命が1/2**となるため、周囲温度を低くして使用すると、寿命を長くできる。

- 空調してある電気室に配電盤を設置し、強制換気方式などの冷却方式を採用する。
- 直射日光や、熱源の輻射熱、温風が直接当たらないように遮蔽板などを設ける。
- 配電盤周辺の通気を良くする。

2. 低温対策

配電盤内にスペースヒータを設けるか、インバータを通電したままにする。

3. 急激な温度変化のない場所を選んで設置する。

湿度対策

1. 高湿度対策

湿度が高すぎると結露しやすくなり、絶縁の低下および金属部の腐食が発生する。

⇒配電盤内にスペースヒーターを設けるか、配電盤を密閉構造とし、吸湿剤を入れる。

2. 低湿度対策

湿度が低すぎると静電気破壊が生じることがあるため、適度な湿度の空気を取り込む。

5. 実装設計における検討事項（3）

設置環境に関する注意事項と対策（2）

雰囲気

1. 塵埃、オイルミスト、腐食性ガス対策
2. 爆発性、可燃性ガス

耐圧防爆形モータ駆動用インバータは、インバータ自体は非防爆構造

➡ 必ず防爆構造の配電盤に収納するか、非防爆エリアに設置する。

高地

インバータは標高1,000m以下で使用する。

空気の希薄による冷却効果の低下、気圧の低下による絶縁耐力の劣化が生じやすくなる。

振動、衝撃

振動が長時間加わると、機構部の緩み、コネクタの接触不良などが発生する。繰り返し衝撃が加わる場合は部品取付足の折損事故などが起きやすくなる。

- 対策：
- a. 配電盤内に防振ゴムを設ける。
 - b. 配電盤が共振しないよう構造を強化する。
 - c. 振動源から配電盤を離して設置する。

5. 実装設計における検討事項（4）

発生熱量と配電盤の冷却

配電盤の冷却方式

インバータを収納する配電盤は、インバータの発熱、インバータ以外の機器（トランス、抵抗器、その他）の発熱、直射日光のような外部から入ってくる熱などを効率よく放熱させて、その盤内温度をインバータ、及び他の盤内機器の許容温度以下に保つ必要がある。

配電盤の冷却方式を大別すると以下のように分類される。

- (1) 配電盤面からの自然放熱による冷却（全閉鎖型）
- (2) 放熱フィンによる冷却（アルミフィンなど）
- (3) 換気による冷却（強制通風形、管通風形など）
- (4) 熱交換器冷却器などによる冷却（ヒートポンプ、クーラーなど）

冷却の計算方法

- ① 盤内発生損失及び直射日光による熱量を求める。
 - ・ 盤内発生損失は配電盤内に収納されている各機器の発熱量を合計することで求める。
 - ・ 各機器の発熱量は各メーカーのカタログ/技術資料等で確認可能。
- ② 冷却方式として上記（1）～（4）のいずれによるかを定めて計算を進める。

5. 実装設計における検討事項（5）

配電盤の冷却計算例（全閉鎖盤の例）

計算方法

$$W_1 = h \cdot A \cdot \Delta t \quad \dots \quad (1)$$

W_1 : 1秒当りの放熱エネルギー〔W〕

A : 有効放熱面積〔m²〕

Δt : 配電盤内外の温度差〔℃〕

h : 熱伝導率〔W/m²・℃〕

※熱伝導率 h は鉄製の箱の場合、5～6となる

計算例

条件

- ・総発生損失 : 440W
- ・配電盤内外温度差・・・10℃
配電盤内許容最高温度50℃、周囲温度40℃とする（50－40＝10℃）

必要放熱面積の算出

(1) 式より、 $A = W_1 / (h \cdot \Delta t)$ なので、 $h = 6$ と仮定すると、

$$A = 440 / (6 \times 10) = 7.33 \text{ [m}^2\text{]}$$

よって、底面積を除いて表面積7.33m²以上となるサイズの配電盤が必要
状況に応じて換気方法の考慮が必要

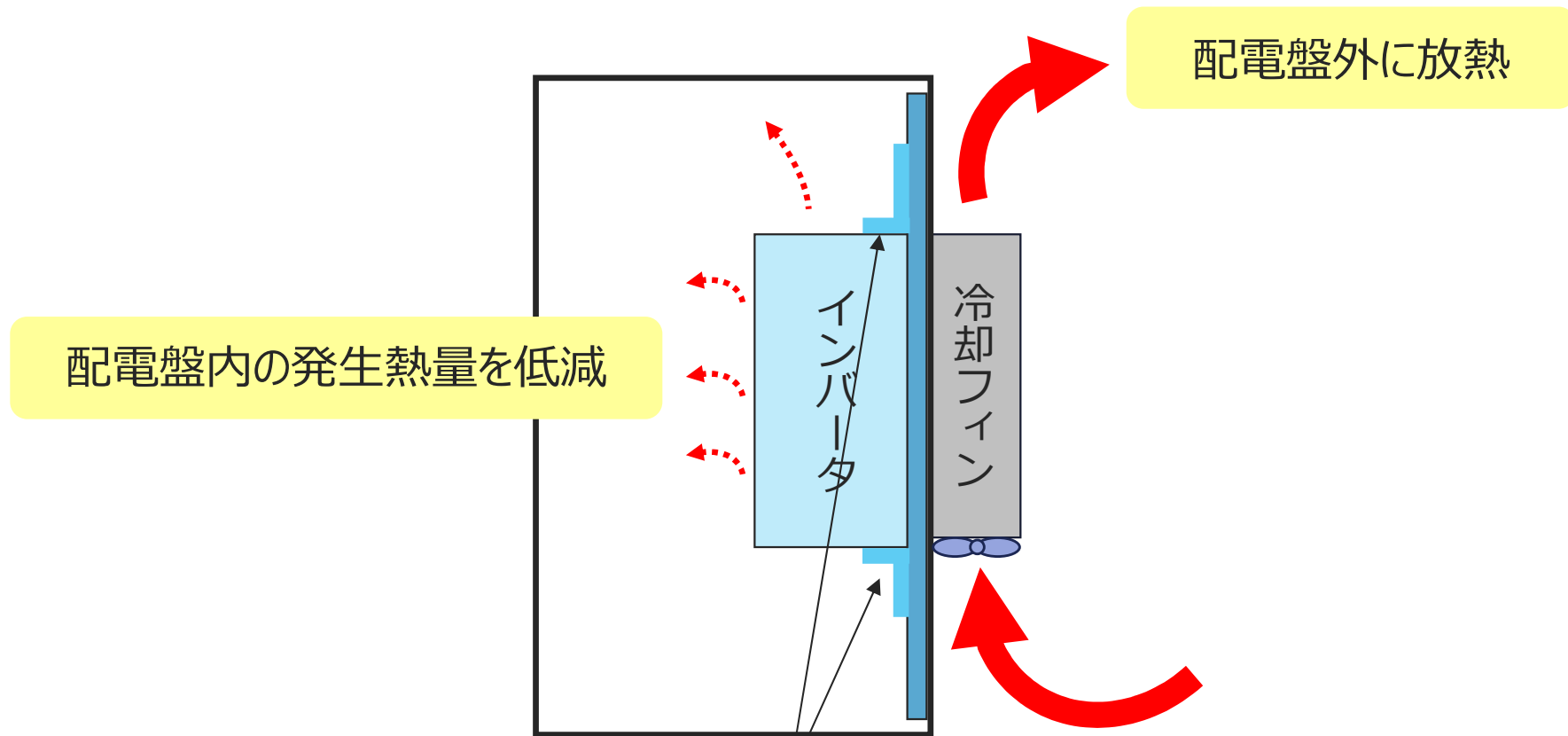
5. 実装設計における検討事項（6）

全閉鎖盤への対応

インバータの冷却フィンを出し配電盤外へ出すことで、配電盤内の発生熱量を低減可能



コンパクトな密閉盤の設計に有利



別途アタッチメントが必要

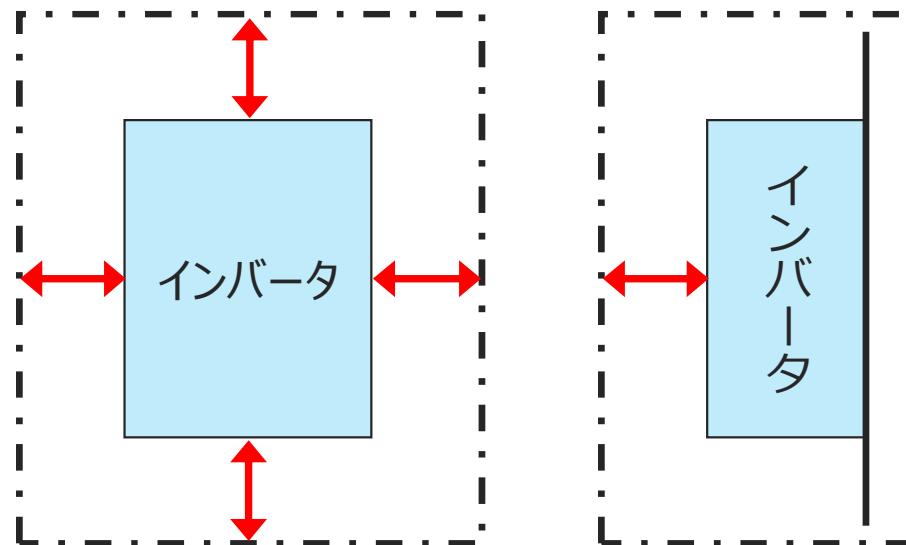
5. 実装設計における検討事項（7）

配電盤への取付上の留意点

インバータの周囲スペース

- インバータの周囲は放熱、保守のため、他の機器または配電盤の壁面と離す。
- インバータの冷却経路（ヒートシンク・ファン等）の吸気口の温度を仕様周囲温度上限以下とする。インバータの下部に発熱体（リアクトル、変圧器、抵抗等）を配置しない。

※必要なスペースはメーカ、機種により異なるため各機器の取扱説明書等を参照する。



インバータの取付方向

インバータは垂直壁面に正規に取付ける。水平、横向き、その他の取付は不可。インバータ内部の熱が十分に放出できず、過熱、寿命低下などの恐れ。

5. 実装設計における検討事項（8）

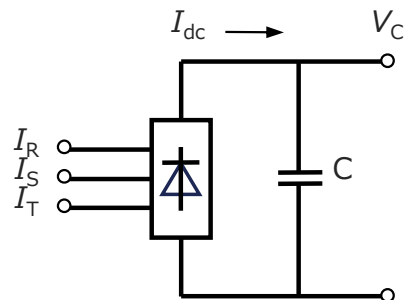
入力電流のピーク値の抑制

交流もしくは直流リアクトルを接続することで、インバータへの入力電流のピーク値を抑制できる。

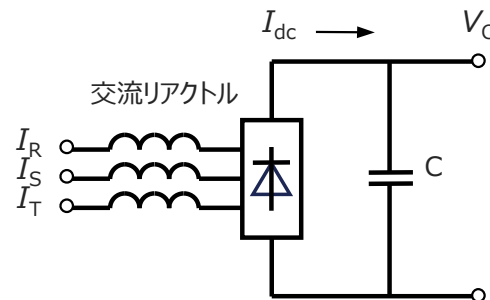
インバータの入力相電流は、パルス状のひずみ波電流となる。この電流は、電源インピーダンスが小さいほど、つまり電源設備容量が大きいほどピーク値の高い急峻な電流となる。

この電流によりインバータの寿命を縮めたり、場合によってはインバータが破損する場合がある。

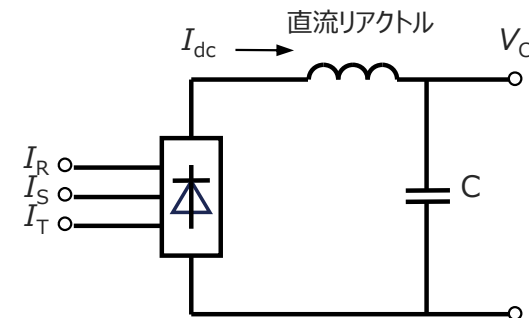
交流もしくは直流リアクトルをインバータへ接続することで、急峻な電流を抑制し、結果入力力率の改善にもなる。



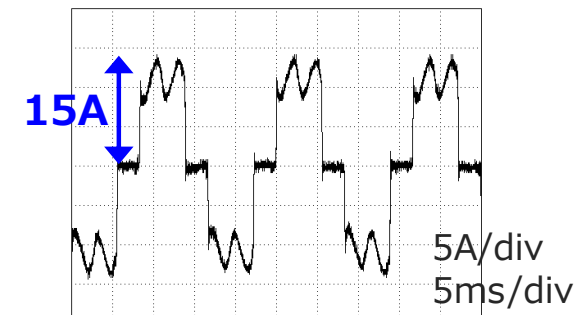
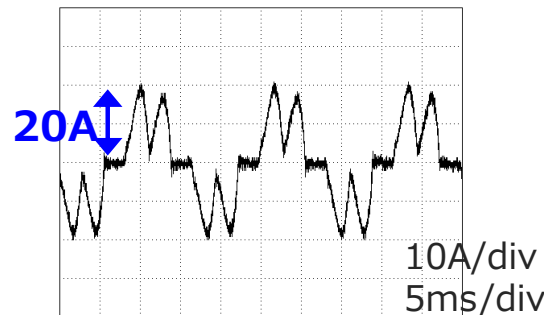
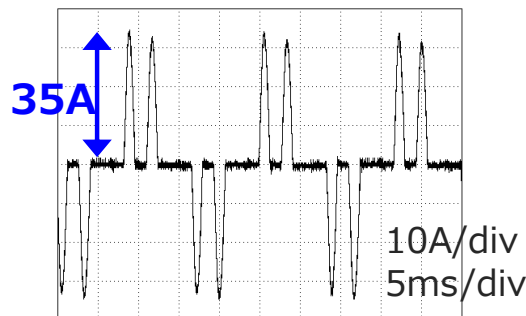
(a) コンデンサ入力回路



(b) 交流リアクトルを接続した場合



(c) 直流リアクトルを接続した場合



入力相電流(I_R)波形

瞬時停電対策

インバータには瞬時停電対策として、復電時にモータの回転数を推定し、ショックなくその回転数よりスムーズに継続運転させる瞬停再始動機能がある。

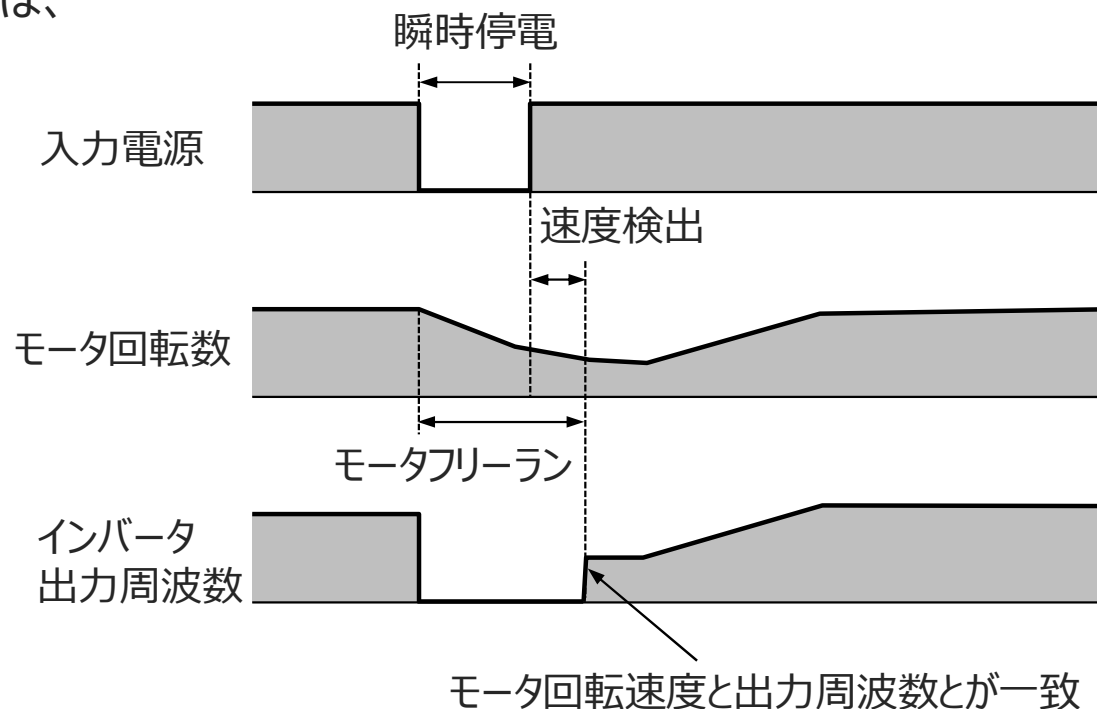
一般にインバータは、リレーなど周辺機器との協調を取るため、10～15ms程度の瞬時停電までは、運転継続をすることが可能である。

それ以上の停電に対しては、運転継続不能となりモータはフリーラン状態となる。

その後、復電しインバータを運転するとモータの停止有無に関わらず0Hzより始動し、ファンなど大きなイナーシャを持つ機器は、モータの回転が合わずインバータがトリップする可能性がある。

上記を避けるために、右図に示す瞬停再始動機能をインバータが有している。

通常は、機能が無効に設定されているので、必要に応じ有効にすることで使用できる。



[インバータ瞬停再始動機能]

5. 実装設計における検討事項（10）

電源に関する注意（その1）

①電源電圧の許容変動範囲

メーカーの推奨範囲内で使用できる。ただし、許容変動範囲内であっても、上下限近傍で使用し続けた場合、所定の性能が満たされなかったり、寿命が短くなる可能性がある。

②入力電圧波形ひずみ

大容量のサイリスタ電力変換装置などが接続されている電源系統の電圧は、著しい波形ひずみを生じることがある。このようなひずみの大きい電源にインバータを接続すると、大きな高調波電流が流れ、インバータを損傷することがあるので注意を要する。

この場合、交流リアクトルによって影響を軽減することができる。

③電源高調波の電源機器への影響

電源系統に力率改善用のコンデンサが接続されている場合、インバータから発生する高調波電流が共振により異常に増大する場合がある。

一般に、コンデンサの設置容量が電源短絡容量の1/400程度以下のときは問題ないと考えられるが、電力用コンデンサがある場合は、必要に応じて次のような対策を行うとよい。

- 1)コンデンサへの直列リアクトルの付加による定数の変更。
- 2)高調波流入量が多い場合には直列リアクトルのリアクタンスを増加。
- 3)投入コンデンサ容量の調整。
- 4)設備の設置位置の変更。

電源に関する注意（その2）

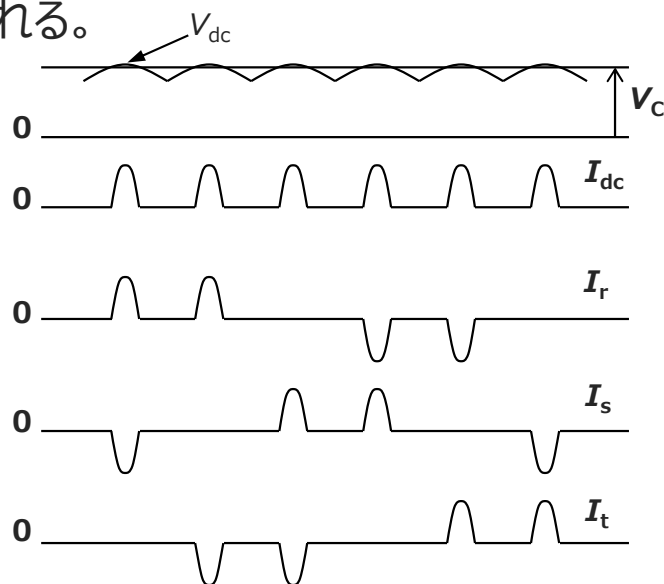
④ 入力電流の不均衡対策

インバータ出力電圧が低い範囲及び軽負荷のときは入力電流が少ないので、電流が不平衡になりやすい。

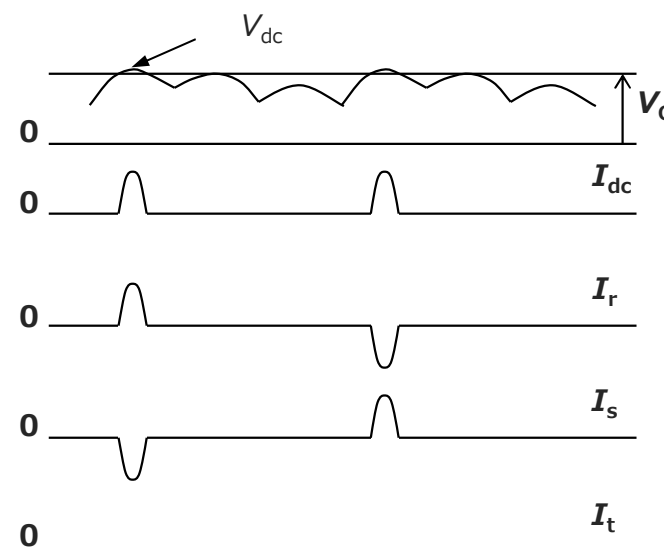
下図は、平衡時及び不平衡時の各部波形を示している。三相全波出力電圧 V_{dc} とコンデンサ電圧 V_C との差電圧によって、コンデンサ充電電流が電源から流入する。

三相交流電源が完全に平衡している場合は、(a)に示すような電流が流れるので、三相平衡した電流となる。(b)に示すように、三相不平衡電圧の場合は、コンデンサ電圧がほぼ一定であるので、電圧の高い相にだけ電流が流れ、電圧の低い相には全く電流が流れないこともある。

一般には、入力電流が増加すると、電流は平衡してくる。電源インピーダンスが低く電流不平衡が解消されない場合は、交流電源側にリアクトルを挿入するか、又は直流側にリアクトルを挿入すると改善される。



(a) 三相交流電源が平衡している場合



(b) 一相が不平衡している場合

5. 実装設計における検討事項（12）

国土交通省 公共建築工事標準仕様書(電気設備工事編)への適合

標準仕様書によるインバータへの要求事項

- (ア) 制御方式は正弦波パルス幅変調方式とする
- (イ) 瞬時停電に対して、自動回復運転機能を有するものとする
- (ウ) 負荷の特性に合わせて加減速時間を調整できるものとする
- (エ) 保護機能は、ストール防止機能を有するほか、次による
 - (a) 過負荷（過電流）、单相（欠相）、過電圧等の異常が発生した場合は、電動機を停止する
 - (b) 負荷で短絡が発生した場合の自己保護機能を有するものとする
- (オ) 高調波対策は、次のいずれかによる。
 - (a) 基本波力率が1であるときの入力力率が0.94以上のものとする
 - (b) 直流リアクトル等を設け、基本波力率が1であるときの入力力率が0.94以上のものとする
- (カ) 高調波ノイズ対策として、入力側に零相リアクトルを設ける。ただし、インバータ装置本体に零相リアクトル等が内蔵されているものを除く

出展元：公共建築工事標準仕様書（電気設備工事編）令和4年版

仕様書への対応

- (ア)～(エ)はインバータの標準機能にて対応可能
- (オ) メーカーの推奨する直流リアクトル、またはそれ相当の機器の使用が必要
- (カ) メーカー、機種により零相リアクトル内蔵品あり。内蔵していない場合はオプションにて構成する

5. 実装設計における検討事項（13）

国土交通省 公共建築工事標準仕様書(機械設備工事編)への適合

標準仕様書によるインバータへの要求事項

- (I) インバータ回路は、次による
 - (a) 制御方式は正弦波パルス幅変調方式とする
 - (b) 瞬時停電に対して、自動回復運転機能を有するものとする
 - (c) 負荷の特性に合わせて加減速時間を調整できるものとする
 - (d) 保護機能は、ストール防止機能を有するほか、次による
 - ① 過負荷（過電流）、単相（欠相）、過電圧等の異常が発生した場合は、電動機を停止する
 - ② 負荷で短絡が発生した場合の自己保護機能を有するものとする
 - (e) 高調波対策が必要な場合は、直流リアクトル等により、「高圧又は特別高圧で受電する需要家の高調波抑制ガイドライン」及び「高調波抑制対策技術指針((一社)日本電気協会)」による換算係数 $K_i=1.8$ 以下となる対策を講ずることとし、特記による
 - (f) 高調波ノイズ対策として、入力側に零相リアクトルを設ける。ただし、インバータ装置本体に零相リアクトル等が内蔵されているものを除く

出展元：公共建築工事標準仕様書(機械設備工事編) 令和4年版

仕様書への対応

- (a)～(d)はインバータの標準機能にて対応可能
- (e)メーカーの推奨する直流リアクトル、またはそれ相当の機器の使用が必要
- (f)メーカー、機種により零相リアクトル内蔵品あり。内蔵していない場合はオプションにて構成する

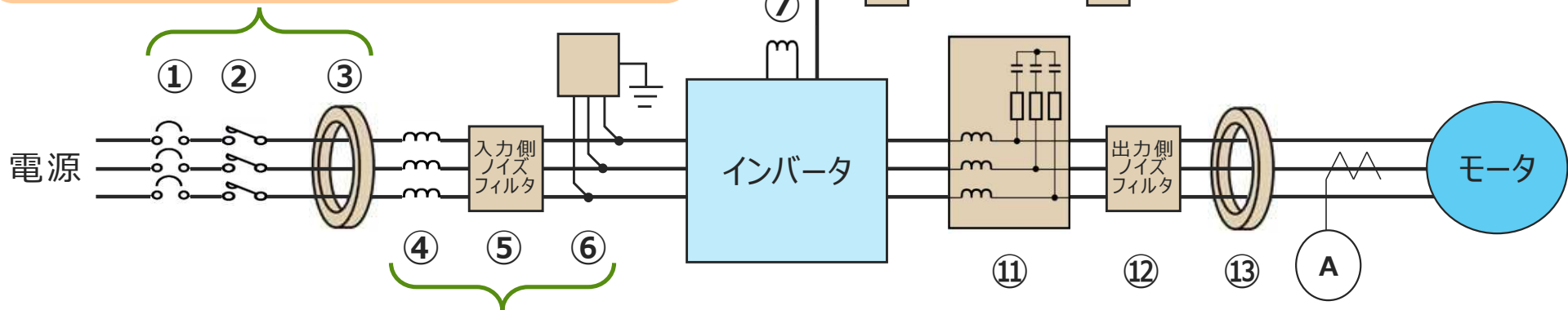
1. インバータを取り巻く環境
2. インバータの近年の技術改新
3. インバータ制御の原理
4. インバータの技術課題
5. 実装設計における検討事項
- 6. 周辺機器について**
7. 定期点検・メンテナンスのお願い

6. 周辺機器について (1)

周辺機器配置例

- ① 配線用遮断器または漏電遮断器
- ② 電磁接触器
- ③ 零相リアクトル

- ⑦ 直流リアクトル
- ⑧ 制動ユニット
- ⑨ サーマルリレー
- ⑩ 制動抵抗器

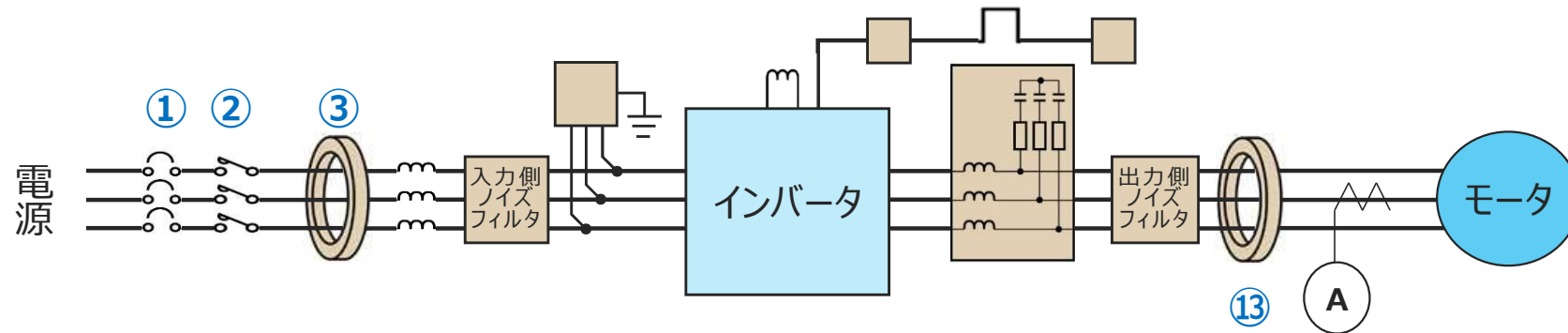


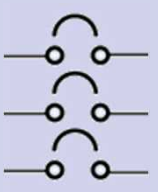
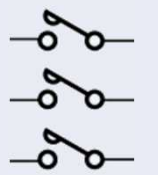
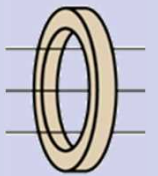
- ④ 交流リアクトル
- ⑤ 入力側ノイズフィルタ
- ⑥ 入力側CRフィルタ

- ⑪ 出力フィルタ
- ⑫ 出力側ノイズフィルタ
- ⑬ 零相リアクトル
- ⑭ 電流計

6. 周辺機器について (2)

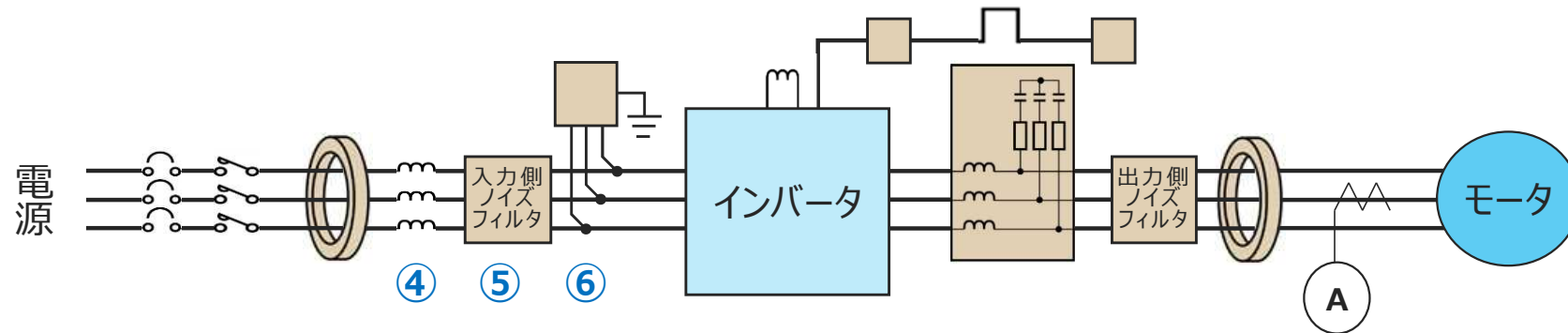
周辺機器 (1)



シンボル	品名	機能説明
	①配線用遮断器 または 漏電遮断器	インバータ及び周辺機器の配線保護を行なうため、インバータの電源側に必ず設置してください。 漏電遮断器は高周波の漏洩電流で不要動作の発生しにくい高周波対策品を使用してください。
	②電磁接触器	運転のインターロックのために設置してください。 制動ユニットを使用する場合には、制動抵抗器保護のために電磁接触器を切るかトリップコイル付きの配線用遮断器をトリップさせてください。
	③⑬零相リアクトル (誘導性フィルタ)	インバータから発生するノイズを低減させます。 約1M~10MHzの周波数帯で効果があります。 入力にも出力にも使用できます。

6. 周辺機器について (3)

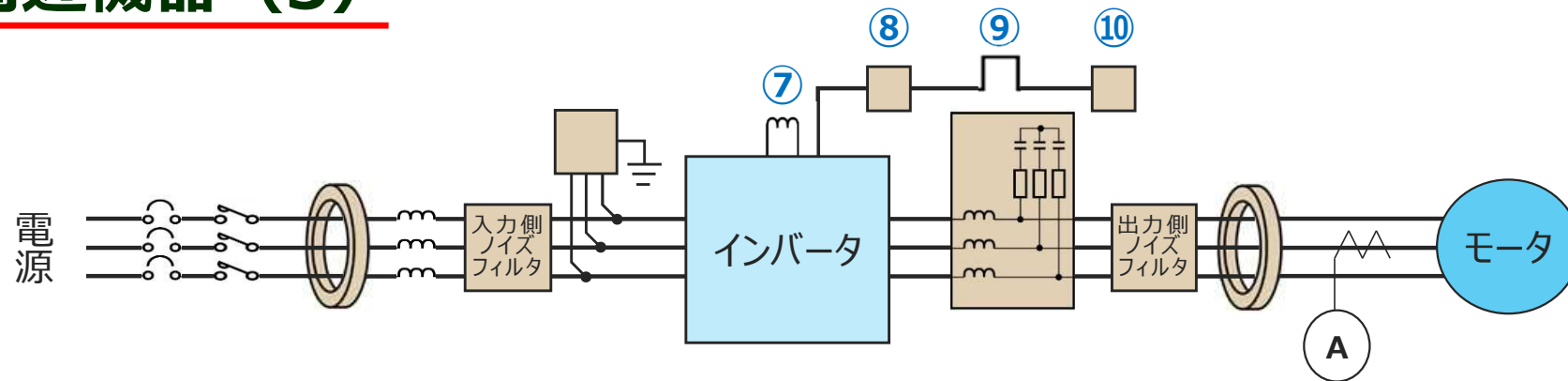
周辺機器 (2)



シンボル	品名	機能説明
	④交流リアクトル	入力力率の改善、高調波低減に効果があります。また、電源容量がインバータ容量の10倍を超えるような場合には、電源協調のために直流リアクトルまたは交流リアクトルを設置してください。
	⑤入力側ノイズフィルタ	インバータの入力側電源配線を伝播するノイズ及び電源配線から空中伝播するノイズを低減する効果があります。 約100k~100MHzの広い周波数帯で効果があります。 入力側専用です。
	⑥入力側CRフィルタ	インバータから発生するノイズを低減させます。 AMラジオ周波数帯で効果があります。 入力側専用です。

6. 周辺機器について (4)

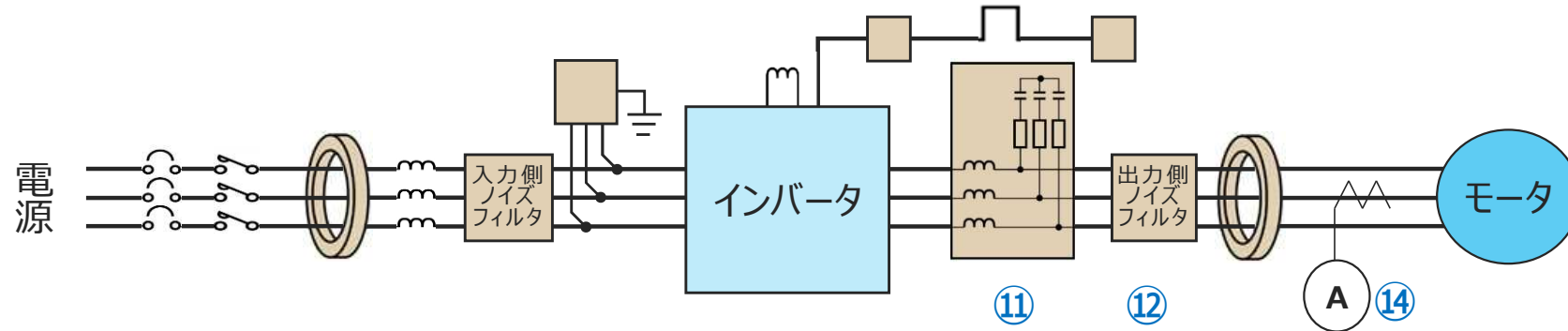
周辺機器 (3)



シンボル	品名	機能説明
	⑦直流リアクトル	入力力率の改善、高調波低減に効果があります。また、電源容量がインバータ容量の10倍を超えるような場合には、電源協調のために交流リアクトルまたは直流リアクトルを設置してください。
	⑧制動ユニット	モータを発電制動するとき使用する制動回路ユニットで、制動抵抗器と組み合わせて使用します。 制動ユニットをインバータに内蔵している機種もあります。
	⑨サーマルリレー	制動抵抗器を過熱から保護する場合に使用します。
	⑩制動抵抗器	インバータの制動能力を高めて、急減速や急停止が必要な場合に使用します。 制動ユニットと組み合わせて使用します。

6. 周辺機器について (5)

周辺機器 (4)

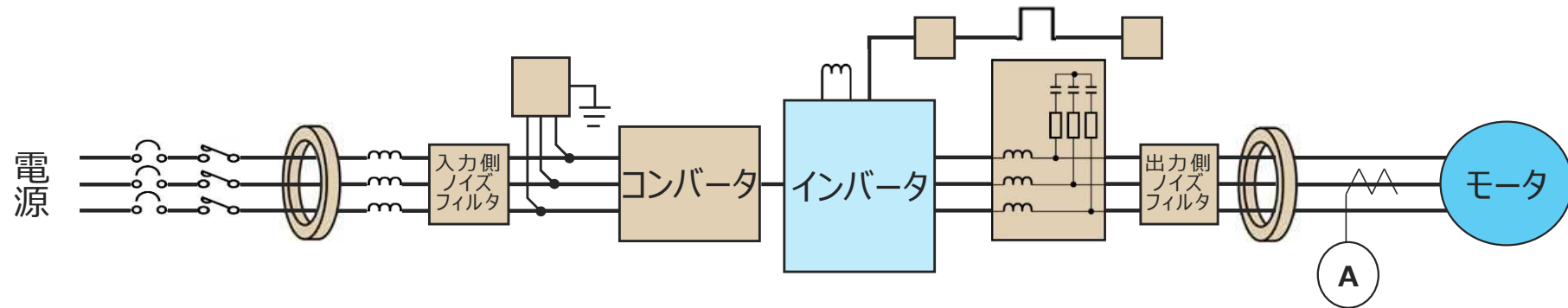


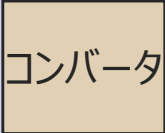
シンボル	品名	機能説明
	⑪ 出力フィルタ (サージアブソーバ)	400V級インバータでモータを駆動する場合のマイクロサージ電圧による絶縁の損傷を抑制するために使用します。 既設のモータを新たに400V級インバータで駆動する場合や配線長が長い(200m超)場合にインバータの出力側に設置し、モータの端子電圧の波高値を抑制します。
	⑫ 出力側 ノイズフィルタ	インバータの出力側負荷配線を伝播するノイズ及び負荷配線から空中伝播するノイズを低減する効果があります。出力側専用です。
	⑭ 電流計	インバータの電流表示機能の使用を推奨します。 インバータの電流を直接測定する場合には、可動鉄片形電流計を用いてください。なお、変流器(CT)を介して測定する場合、低周波数領域において変流器が飽和することがありますので、変流器の容量選定に注意してください。(5Hzでは40VA程度を推奨)

6. 周辺機器について (6)

周辺機器 (5)

【正弦波コンバータを使用する場合】



シンボル	品名	機能説明
	正弦波 コンバータ	電源高調波を低減し、力率もほぼ1にします。 電源回生機能を装備していますので、更なる省エネにも役立ちます。

1. インバータを取り巻く環境
2. インバータの近年の技術改新
3. インバータ制御の原理
4. インバータの技術課題
5. 実装設計における検討事項
6. 周辺機器について
7. **定期点検・メンテナンスのお願い**

7. 定期点検・メンテナンスのお願い（1）



定期点検リスト

JEMA発行 汎用インバータ定期点検のおすすめより抜粋

点検箇所	点検項目	点検事項	点検周期		異常発生時の 処置方法
			日常	定期	
全般	周囲環境	周囲温度、湿度、塵埃、 有害ガス、オイルミストなどを確認	○		環境の改善
制御回路 保護回路	部品チェック	異臭、変色、著しい発錆はないか		○	メーカーに連絡
冷却系統	冷却ファン	(1)異常振動、異常音はないか	○		ファンの交換 清掃
		(2)汚れはないか		○	
	冷却フィン エアフィルタ	(1)目詰まりしてないか		○	清掃
		(2)汚れはないか		○	清掃

- ◆点検は専門知識をもった方が行ってください。
専門知識のない方が行いますと、感電、火災、けがなど事故の原因となります。
- ◆定期点検周期は、1～2年を推奨しますが、設置環境により異なります。
- ◆安全に点検を行うためにインバータの取扱説明書の指示に従ってください。

7. 定期点検・メンテナンスのお願い（2）

定期交換部品

部品名	標準交換年数	交換方法・その他
冷却ファン	5～10年	新品と交換
主回路平滑用 アルミ電解コンデンサ	5～10年	新品と交換
プリント板上 アルミ電解コンデンサ	5～10年	新品基板と交換

- ◆ 交換年数の目安は、設置環境や使用状況によって短くなりますので、各インバータの取扱説明書などを確認してください。
- ◆ 定期交換部品でも、ユーザで交換できない場合があります。
- ◆ 修理・交換のできない部分については、メーカーに連絡の上、インバータごと交換となる場合があります。

7. 定期点検・メンテナンスのお願い（3）



寿命診断機能

部品名	寿命診断方法の例	確認方法の例
冷却ファン	冷却ファンが運転している時間をカウント	表示器またはLED表示
主回路平滑用アルミ電解コンデンサ	主回路電解コンデンサに電圧が印加された時間をカウント	表示器またはLED表示
プリント板上アルミ電解コンデンサ	プリント板上電解コンデンサに電圧が印加された時間をカウント	表示器またはLED表示

- ◆寿命診断方法や判断基準は、インバータによって異なりますので、インバータの取扱説明書などを確認してください。
- ◆トラブルを未然に防ぐためにも、インバータに装備されている自己診断機能を利用してください。

インバータ故障事例① ～異物混入トラブルと対策～

事例



電線被覆



電線くず

◆破損インバータ内部に、制御盤配線やメンテナンス作業における電線くずが確認された。

対策



◆インバータの上部で作業を行う際は、天面からの異物混入を防止する措置を行ってください。
(作業後の撤去を忘れないように)

インバータ故障事例② ～結露・湿気トラブルと対策～

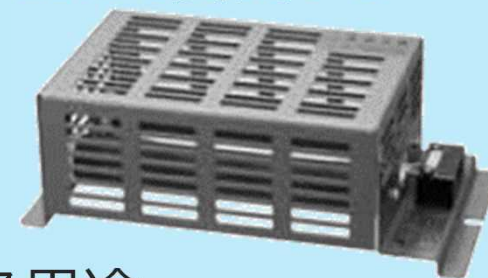
事例



- ◆ボイラーの水蒸気が制御盤に直接かかる設置環境であったため、塵埃と水蒸気によりインバータ内部の銅バー間でスパークが発生し、破損。

対策

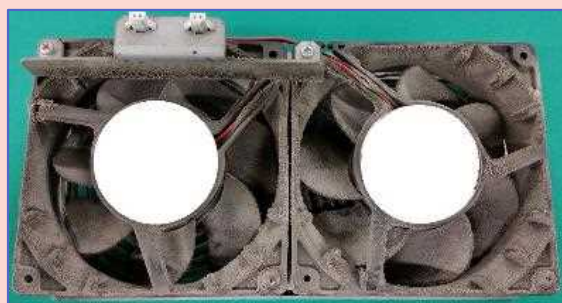
- ◆制御盤設置環境の改善
機械と制御盤のレイアウトを検討し、インバータの設置環境条件を満たす様にしてください。
- ◆盤内スペースヒーターの設置
電気室にエアコンが設置されている場合、特に設定温度に注意してください。
(設定温度を季節によって変更する必要があります)



- ◆特に注意を要する用途
 - ・フィルムラインなど加湿器のある環境
 - ・水辺、国内南部の多湿地域での設置

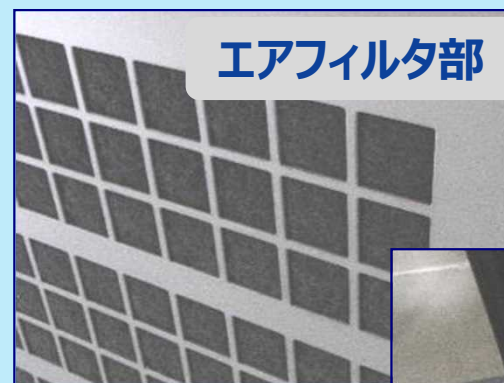
インバータ故障事例③ ～粉塵トラブルと対策～

事例



- ◆ 粉塵により、冷却フィンが目詰まりし、冷却性能低下により、過熱保護が動作。
- ◆ 粉塵が著しく、インバータ内部に混入し、主回路短絡事故に至った(カーボン)。

対策



- ◆ 適切な盤施工
電線引き込み口のコーキング、パッキン処理、IP54以上での制御盤設計をしてください。
- ◆ 設置環境に応じた、エアフィルタの選定と
確実な定期メンテナンスをしてください。

インバータ故障事例④ ～腐食性ガストラブルと対策～

事例



- ◆ 腐食性ガスにより、銅バーが腐食し、主回路短絡事故に至った。

対策

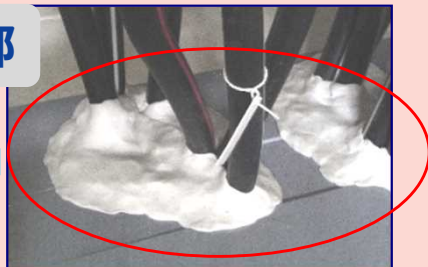


- ◆ 電気室内に腐食性ガスが混入しない、インバータの設置環境条件を満たす環境にしてください。
- ◆ 銅バーめっき処理
メーカーの耐環境強化仕様品を選定してください。

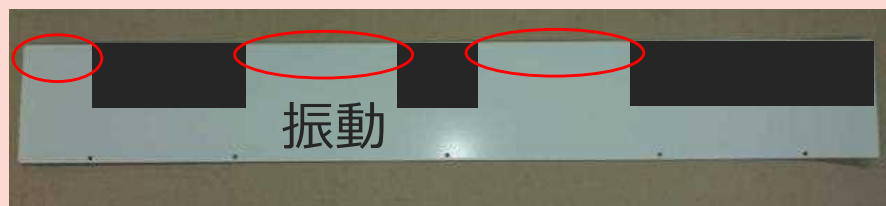
インバータ故障事例⑤ ～異音トラブルと対策～

事例

電線引き込み口部

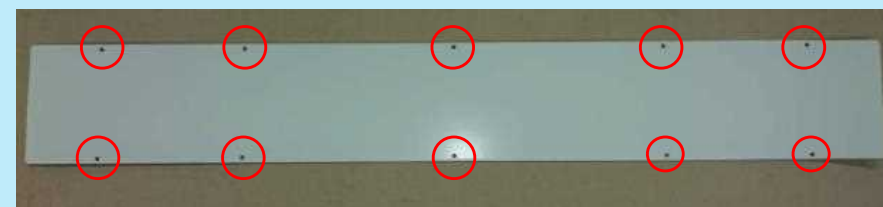


加工



◆配線施工時に、板金の固定部も切り欠いたことで、赤丸部が振動し、異音が発生。

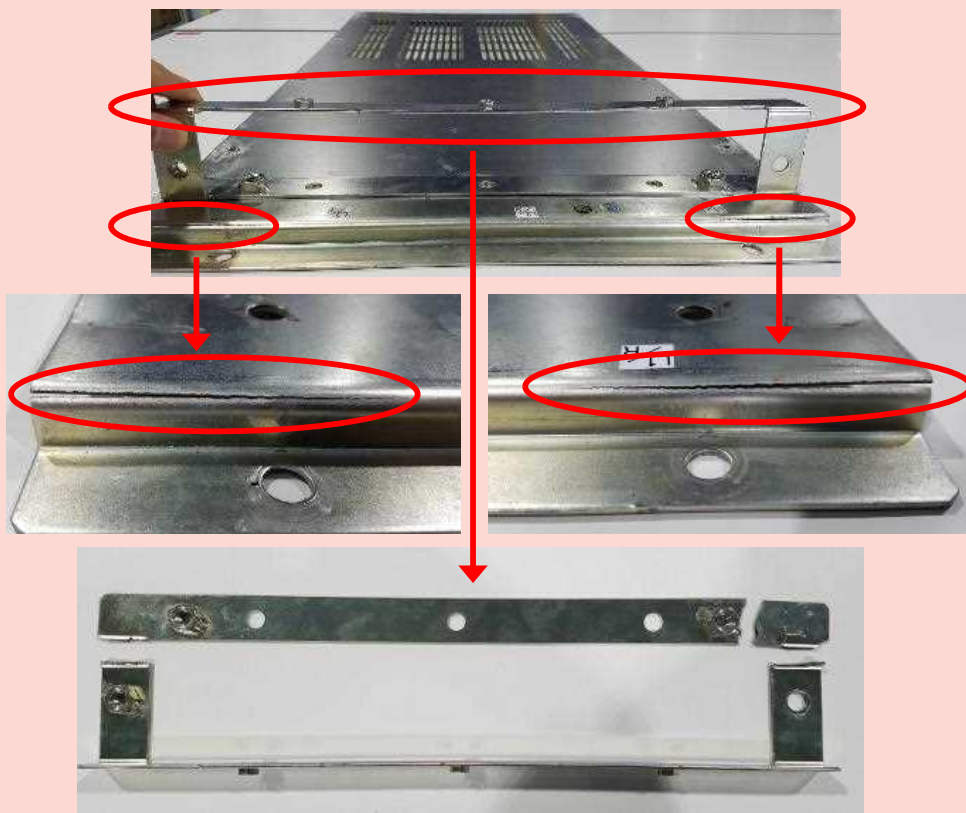
対策



◆適切な盤施工
配線施工時に、制御盤の固定部は切除しない様に注意してください。

インバータ故障事例⑥ ～振動トラブルと対策～

事例



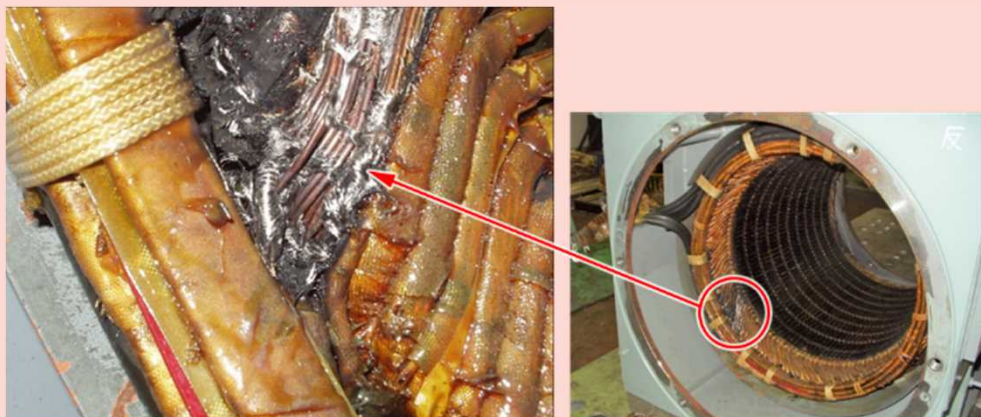
- ◆ 機械からの振動が、制御盤およびインバータに伝わり、インバータ取付板金が破損した。

対策

- ◆ 制御盤設置環境の改善
機械と制御盤のレイアウトを検討し、インバータの設置環境条件（振動）を満たす様にしてください。
- ◆ 適切な盤施工
インバータの取扱説明書を参照し、インバータを制御盤に取り付ける際は、規定のトルクで締め付けてください。

モータ故障事例 ～固定子巻線焼損と対策～

事例



引用元：明電機電工業HP、回転機の故障事例
https://www.meidensha.co.jp/mkc/business/biz_01/biz_01_02/

- ◆ コイルエンド汚損とインバータサージによる部分放電で電線被覆が劣化し、レアショートが発生した。

対策

- ◆ 負荷モータについても確実な定期メンテナンスを実施してください。
- ◆ インバータ出力フィルタの設置などマイクロサージ電圧による絶縁の損傷を抑制するための対策を実施してください。

インバータ耐環境強化

部品名	耐環境強化内容の例
冷却ファン	耐環境性のあるファンの採用
プリント板	腐食や異物混入による短絡故障防止のコーティング
銅バー	腐食防止のめっき処理
筐体	防塵防水の密閉構造 機械などが発生する振動に対する耐振構造

- ◆インバータの普及に伴い、多岐にわたる使用環境で使用される機会が増加したことをうけ、耐環境強化製品をラインナップしているメーカーもありますので、使用環境に応じた製品を選定してください。

ご質問などの受付連絡先

一般社団法人日本電機工業会

技術戦略推進部 重電・産業技術課

TEL : 03-3556-5884 FAX : 03-3556-5892

E-mail : seminar_gisen01@jema-net.or.jp