

機械安全のための  
教育カリキュラム用教材

—設計技術者編—

「第6章 電気と制御システムの安全設計」

機械安全推進特別委員会  
機械安全教育プログラムの開発部会

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

本資料はあくまで参考資料として作成されたものであり、その結果の安全性を保証するものではありません。

本資料を利用した結果生じたいかなる損害についても、当会は一切責任を負いかねますのでご了承ください。

## 目次

### 第6章 電気と制御システムの安全設計

#### ■イントロダクション

#### 6.1 電気の安全

##### 6.1.1 入力電源導体の接続、断路器及び開路用機器

※日工会注あり

##### 6.1.2 感電保護

##### 6.1.3 装置の保護 ※日工会注あり

##### 6.1.4 等電位ボンディング

##### 6.1.5 制御回路及び制御機能

##### 6.1.6 オペレーターインターフェース及び機械搭載型制御機器

##### 6.1.7 制御装置：配置、取付け及びエンクロージャ

##### 6.1.8 導体及びケーブル

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

## 目次

### 6.2 制御システムの安全

#### 6.2.1 安全制御システムによるリスク低減方策

##### 6.2.1.1 制御システムの安全関連部分とは

##### 6.2.1.2 パフォーマンスレベルレベル(PL)とは

##### 6.2.1.3 安全制御回路(PL)を設計する基本的な手順の概略

###### 6.2.1.3.1 要求されるパフォーマンスレベル(PLr)を決定する。

###### 6.2.1.3.2 システムのカテゴリを選択する。

###### 6.2.1.3.3 システムのMTTFdを計算する。

###### 6.2.1.3.4 システムのDCavgを計算する。

###### 6.2.1.3.5 CCFへの対策を評価する。

###### 6.2.1.3.6 障害の考慮、障害の除外

###### 6.2.1.3.7 PLrと達成されるPLの関係

##### 6.2.1.4 PLの計算例

###### 6.2.1.4.1 PLの計算例 1

###### 6.2.1.4.2 PLの計算例 2

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

## 目次

- 6.2.1.4.3 PLの計算例 3
- 6.2.1.4.4 PLの計算例 4
- 6.2.1.5 参考資料 安全制御回路の向上例と、各カテゴリの代表回路例
- 6.2.1.6 附属資料 (ISO13849-1:2015 表K.1より抜粋)

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

## 学習のねらい・・・第6章 電気と制御システムの安全設計

この章では、機械の電気装置と制御システムの安全関連部の設計について、基本と手法を学習する。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

ノート無し

## 6.1 電気の安全

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

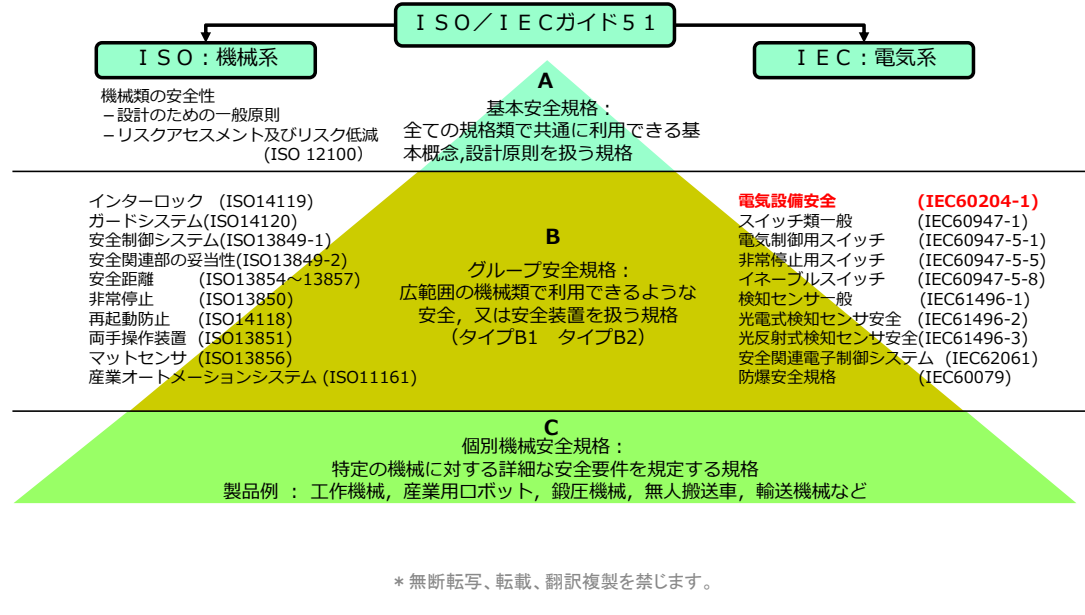
## 学習のねらい・・・6.1 電気の安全

この項では、感電、電気に起因する火災、オペレータインターフェースに関する安全設計について学習する。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

この項では、感電、電気に起因する火災、オペレータインターフェースに関する安全設計について学習します。

## ■イントロダクション <機械安全の国際規格 ISO/IEC規格>



機械安全分野の国際安全規格は、A、B、Cの3段階の階層構造になっているのが特徴です。

- ・ A規格：すべての規格類で共通に利用できる基本概念などを扱う基本安全規格
- ・ B規格：広範囲の機械類で利用できるような安全装置などを扱うグループ安全規格
- ・ C規格：特定の機械に対する詳細な安全規格を扱う個別機械安全規格



下位規格のC規格は上位規格であるA、B規格に準拠するという統一的な規格体系になっています。このような体系は、ISO/IECガイド51で規定されており、膨大な数の規格に統一的な整合性を持たせると共に、新しい安全技術や機械技術の進歩に柔軟に対応できるようになっています。

## ■イントロダクション <IEC60204-1の目的>

- 人の安全確保  
(safety of persons)
- 財産(装置, 機器, 部材)の安全確保  
(safety of property)
- 制御応答の一貫性(正しい制御・応答)の確保  
(consistency of control response)
- 保全の容易性の確保  
(ease of maintenance)

出典：日本機械工業連合会機械安全国際規格の紹介～ISO13849-2、IEC60204-1～  
(講演会資料より)

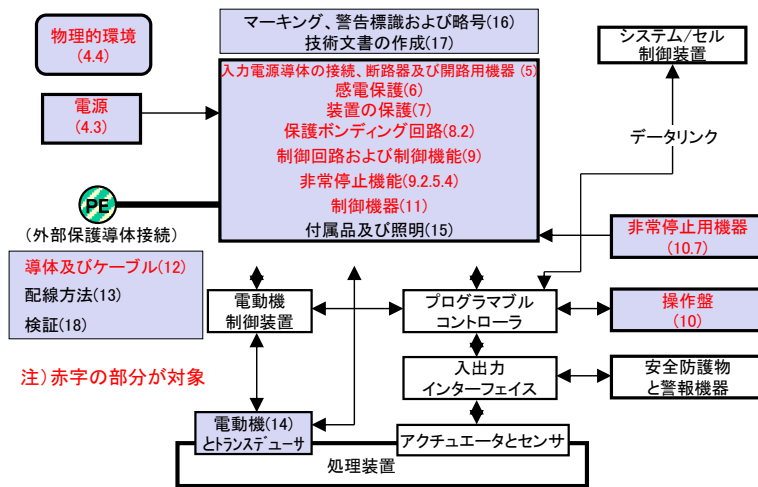
\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

### IEC 60204-1の目的

この規格は、機械安全分野における電気設備の安全を確保するための基本となる重要な規格で、次のことを目的としています。

- ・人の安全確保
- ・財産（装置，機器，部材）の安全確保
- ・制御応答の一貫性（正しい制御・応答）の確保
- ・保全の容易性の確保

## ■イントロダクション <IEC60204-1-図1 代表的な機械のブロック図>



出典：日本機械工業連合会機械安全国際規格の紹介～ISO13849-2、IEC60204-1～  
(講演会資料より)

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

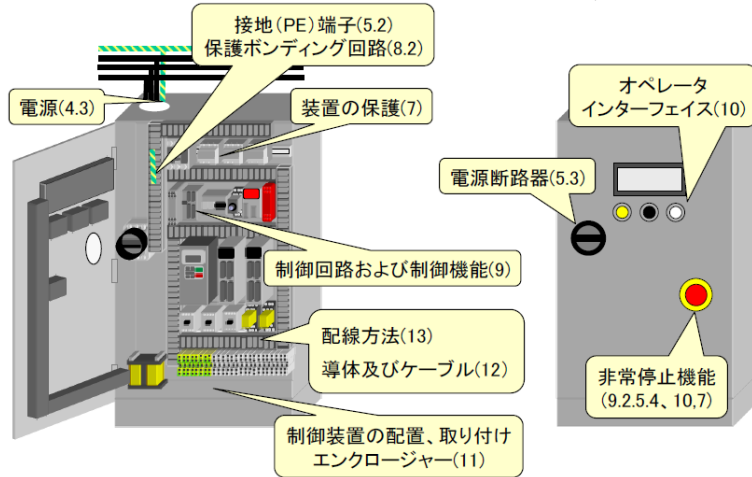
### IEC 60204-1-図 1

この図は代表的な機械のブロック図で、機械の諸要素及び関連装置の相互関係の理解を助けるものです。

この規格を適用するときの最初の段階で用いるとよいとされています。典型的な機械に関連する装置及び機器のブロック図となっており、この規格が扱う電気装置の各要素を示しています。

( ) 内の番号は、この規格の箇条番号です。

## ■イントロダクション <IEC60204-1 制御盤への規格適用>



出典：日本機械工業連合会機械安全国際規格の紹介～ISO13849-2、IEC60204-1～  
(講演会資料より)

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

### 制御盤への規格適用

ここでは、機械制御盤を構成する機器・器具に対して規格が要求している事項を示しています。

( ) 内の番号は、この規格の箇条番号です。

■ **イントロダクション** <電気装置の選択と周囲環境>  
<使用する電気装置の選択と設備の電源仕様>

■ 機械の電気装置に用いる電気部品及び電気機器は、  
次のすべてを満足しなければならない。(4.2)

- 意図する用途に適している。
- 関連する日本工業規格又はIEC規格があれば、それらに適合する。
- 供給者の使用上の指示に従って用いる。

出典：日本機械工業連合会機械安全国際規格の紹介～ISO13849-2、IEC60204-1～  
(講演会資料より)

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

ここでは、装置選択の一般事項について述べています。  
(画面読み上げ)

## ■イントロダクション <電気装置の選択と周囲環境> <使用する電気装置の選択と設備の電源仕様>

■電気装置は、次のいずれかの条件で、正しく作動すること。

- 交流電源(4.3.2)
- 電圧 定常時の電圧が公称電圧の0.9～1.1 倍
- 周波数 公称電源周波数の0.99～1.01 倍(連続)  
又は 0.98～1.02 倍(短時間)
- 直流電源(4.3.3)
- 電池電源  
電圧 公称電圧の0.85～1.15 倍  
電池駆動車両の場合は、公称電圧の0.7～1.2 倍  
瞬時停電 5 ms 以下
- コンバータ電源  
電圧公称電圧の0.9～1.1 倍、瞬時停電 20 ms 以下。  
次の中断までの間隔は、1秒を超えるものとする。

出典：日本機械工業連合会機械安全国際規格の紹介～ISO13849-2、IEC60204-1～  
(講演会資料より)

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

本規格は「AC1000V/DC1500V以下、200Hz以下」で動作する電気機器、および、その構成部品に適用され、ここでは、その電源仕様への要求が書かれています。

交流電源、直流電源、電池電源、コンバータ電源ごとに規定されており、各項目の括弧内の数字は規格IEC 60204-1 (JIS B 9960-1)の章番号を指します。

## ■イントロダクション <電気装置の選択と周囲環境> <周囲環境について>

### ■周囲温度(4.4.3)

最低条件として、周囲温度が5 °C～40 °Cの間で正常に作動しなければならない。

### ■湿度(4.4.4)

最高周囲温度+40 °Cにおいて相対湿度が50 %以下のとき、正常に作動しなければならない。

温度が低い場合には高い湿度(例えば、+20 °Cでは90 %)も許容する。

結露による悪影響は、設計によって防止するものとし、必要な場合は、追加の方策(例えば、内蔵ヒータ、エアコン、水抜き孔)を用いてこれを防止しなければならない

出典：日本機械工業連合会機械安全国際規格の紹介～ISO13849-2、IEC60204-1～  
(講演会資料より)

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

次に、周囲温度と湿度への要求です。

最低条件として周囲温度は5°C～40°C、また、湿度においては最高温度40°Cにおいて相対湿度が50%以下で正常動作しなければなりません。

## ■ イントロダクション <電気装置の選択と周囲環境> <周囲環境について>

### ■ 高度(4.4.5)

電気装置は、海拔1,000mまでの高度で正常に作動しなければならない。

### ■ 輸送及び保管(4.5)

輸送中及び保管中に、長時間では $-25^{\circ}\text{C}\sim+55^{\circ}\text{C}$   
24時間を超えない短時間では $+70^{\circ}\text{C}$ までの温度の影響に耐えるよう  
に設計するか、又は適切な温度対策をとらなければならない。  
輸送中及び保管中の湿度、振動、衝撃による損傷を防止するための  
適切な手段を用いなければならない。

出典：日本機械工業連合会機械安全国際規格の紹介～ISO13849-2、IEC60204-1～  
(講演会資料より)

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

さらに、海拔1000mまでの高度で正常に作動しなければならないと規定されています。  
また、輸送中や保管中においても資料のごとく要求が明確になっています。

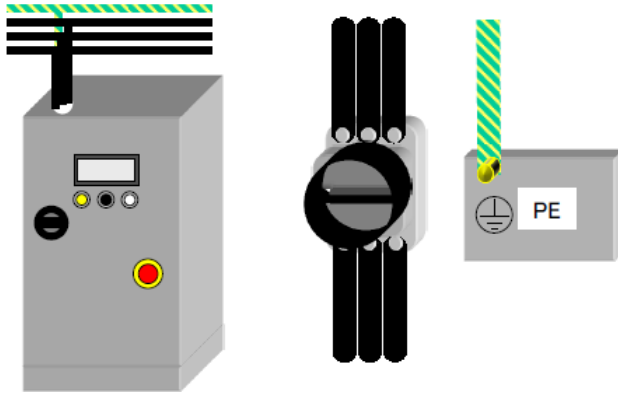


## 6.1.1 入力電源導体の接続、断路器及び開路用機器

○規格の要求事項  
□解釈・事例・基準

### 6.1.1.1 入力用電源導体接続

○機械の電気設備はできる限り単一電源とするのが望ましい。



出典：日本機械工業連合会機械安全国際規格の紹介～ISO13849-2、IEC60204-1～  
(講演会資料より)

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

機械の電気設備は、できる限り単一電源に接続することが推奨されています。

もし、別の電源を設備の他の部分に使用する必要がある場合でも、その機械を構成している機器から分岐して供給することが望ましいとされています。

## 6.1.1 入力電源導体の接続、断路器及び開路用機器

## 6.1.1.2 外部の保護接地システムを接続する端子

○規格の要求事項  
□解釈・事例・基準

○電源の接地系統に応じて、入力電源ごとに電圧相導体用端子の近くに端子を設けること。



○端子サイズを表1に示す。

<表1-外部保護導体(銅)の最小断面積>

装置に給電する電源の相導体の断面積 $S(\text{mm}^2)$	外部保護導体(銅)の最小断面積 $S_p(\text{mm}^2)$ (左欄の $S$ に対応して $S_p$ を決める。)
$S \leq 16$	$S$
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	$S/2$

出典:写真 平田機工(株)よりご提供

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

保護接地システム、または、外部保護導体に接続するための端子は、各入力電源ごとに、その電圧相導体端子の近くに設けなければなりません。写真の事例では、メインブレーカのすぐ横に保護接地用端子が設置されています。なお、その端子サイズは、表1を参照ください。装置に供給する電源の相導体サイズごとに3段階で規定されていることが分かります。

## 6.1.1 入力電源導体の接続、断路器及び開路用機器

## 6.1.1.2 外部の保護接地システムを接続する端子

○外部保護接地システムまたは外部保護導体用の端子は「PE」の文字マークまたは、ラベルで識別表示すること。

[IEC 60445(JIS C 0445)]参照。



保護接地図記号の色について指定は無い

出典:写真 平田機工(株)よりご提供

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

前頁の外部保護接地システム用または外部保護導体用の端子は、機械と設備間の接続点との混同を避けるために、「PE (Protective Earth)」の文字マーク、または、ラベル（資料中の写真参照）を用いて識別表示する必要があります。なお、このラベルについては、色の指定はありません。

## 6.1.1 入力電源導体の接続、断路器及び開路用機器

○規格の要求事項  
□解釈・事例・基準

### 6.1.1.3 入力電源断路器

#### 6.1.1.3.1 一般事項

○入力電源断路器(ブレーカ)は「機械への各入力電源」または「機械に搭載している各電源」に対して設置すること。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ 入力電源断路器(ブレーカ)は「機械への各入力電源」または「機械に搭載している各電源」に対して設置します。

## 6.1.1 入力電源導体の接続、断路器及び開路用機器

○規格の要求事項  
□解釈・事例・基準

### 6.1.1.3 入力電源断路器

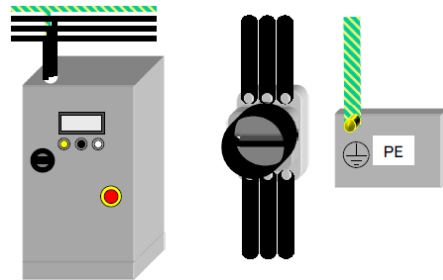
#### 6.1.1.3.1 一般事項

■入力電源導体の接続においては、プラグ接続[5.3.2 e) 参照]による場合を除き、電源導体を電源断路器に直接接続することが望ましい。

■入力電源断路器は、次の電源に対して設置しなければならない

(5.3.1)

- － 機械への各入力電源。
- － 機械に搭載している各電源。



出典：日本機械工業連合会機械安全国際規格の紹介～ISO13849-2、IEC60204-1～  
(講演会資料より) \* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ 入力電源導体の接続は、プラグ接続による場合を除き、電源導体をブレーカに直接接続することが望ましい。
- ・ 入力電源断路器は、“機械への各入力電源”や“機械に搭載している各電源”に対して設置しなければならない。

## 6.1.1 入力電源導体の接続、断路器及び開路用機器

### 6.1.1.3 入力電源断路器

#### 6.1.1.3.2 種類

○入力電源断路器は、次のいずれかの種類を用いること。

- a) 断路器用開閉器または補助接点付き回路遮断器(IEC 60947-3)
- b) 断路に適する回路遮断器(IEC 60947-1, IEC 60947-2)
- c) 断路に適するその他の開閉器
- d) プラグ・ソケット対(可搬形機械用)

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ 入力電源断路器は、
  - a) 断路器用開閉器または補助接点付き回路遮断器
  - b) 断路に適する回路遮断器
  - c) 断路に適するその他の開閉器
  - d) プラグ・ソケット対(可搬形機械用)

のいずれかの種類を用いること。

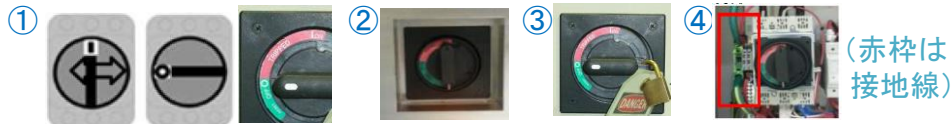
## 6.1.1 入力電源導体の接続、断路器及び開路用機器

## 6.1.1.3 入力電源断路器 6.1.1.3.3 要求事項

○規格の要求事項  
□解釈・事例・基準

○5.3.2のa)～c)に該当する入力電源断路器(ハンドル)は、次の要求事項を全て満足すること。

- ①電源から電気装置を断路でき、一つのオフ(断路)位置と一つのオン(閉路)位置をもち、各位置を、記号“0”及び“|”で明示する。
- ②接点間ギャップを目視でき、エンクロージャ(制御盤、制御ボックス)外部面に操作手段をもつ。
- ③オフ(遮断)位置でロックできる手段(例えば、南京錠)を備えている。
- ④電源回路のすべての充電導体を断路できる。ただし、いかなる接地線も断路してはならない。



出典：写真 平田機工(株)よりご提供

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

・ 5.3.2のa)～c)に該当する入力電源断路器(ハンドル)は、

- ①電源から電気装置を断路でき、一つのオフ(断路)位置と一つのオン(閉路)位置をもち、各位置を、記号“0”及び“|”で明示する。
- ②接点間ギャップを目視でき、エンクロージャ(制御盤、制御ボックス)外部面に操作手段をもつ。
- ③オフ(遮断)位置でロックできる手段(例えば、南京錠)を備えている。
- ④電源回路のすべての充電導体を断路できる。ただし、いかなる接地線も断路してはならない。

の要求事項を全て満足すること。

## 6.1.1 入力電源導体の接続、断路器及び開路用機器

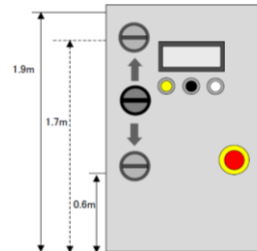
○規格の要求事項  
□解釈・事例・基準

## 6.1.1.3 入力電源断路器 6.1.1.3.3 要求事項

○入力電源断路器がプラグ・ソケット対である場合、機械をオンオフする目的には適切な使用負荷種別をもつ開閉機器を用いること。

## 6.1.1.3.4 操作手段

○入力電源断路器の操作手段(例えば、ハンドル)は、作業面から0.6m以上1.9m以下の位置に設けること。上限位置は1.7mを推奨する。



出典：日本機械工業連合会機械安全国際規格の紹介～ISO13849-2、IEC60204-1～  
(講演会資料より)

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ 入力電源断路器がプラグ・ソケット対である場合、機械をオンオフする目的には適切な使用負荷種別をもつ開閉機器を用いなければならない。
- ・ 入力電源断路器の操作手段（例えば、ハンドル）は、作業面から0.6m以上1.9m以下の位置に設けなければならない。  
上限位置は1.7m が推奨されている。



## 6.1.1 入力電源導体の接続、断路器及び開路用機器

○規格の要求事項  
□解釈・事例・基準

### 6.1.1.4 予期しない起動を防止するための開路用機器

(Device for switching off)

⇒保守作業中に勝手に電源が投入されることを防止する

- 予期しない起動を防止するための開路用機器を備えること。
- 開路用機器は機能と目的とを容易に識別できるようにすること。



出典：写真 平田機工(株)よりご提供

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・保守作業中に勝手に電源が投入されることを防止するために予期しない起動を防止するための開路用機器を備える。  
また、開路用機器は機能と目的とを容易に識別できるようにしなければならない。

## 6.1.1 入力電源導体の接続、断路器及び開路用機器

### 6.1.1.4 予期しない起動を防止するための開路用機器

(Device for switching off)

⇒保守作業中に勝手に電源が投入されることを防止する

○規格の要求事項  
□解釈・事例・基準

○操作盤または他の場所から誤って断路器の投入を防ぐための手段を備えること。

○断路器機能を満たす次の機器は、予期しない起動を防止するための開路用機器として用いてもよい。例えば、引抜き形ヒューズリンクまたは引抜き形リンク。(メンテナンス用。安全プラグ。)

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

遠隔操作により断路器が投入されることがないように制御システムを構築。その他の防止策を実施した上で、安全プラグなどによる防止策を行うのが望ましい。

## 6.1.1 入力電源導体の接続、断路器及び開路用機器

○規格の要求事項  
□解釈・事例・基準

## 6.1.1.5 電気装置を断路する機器

○電気機器を無通電状態にするための機器を設けること。  
さらに、不注意による断路を防止する手段を備えること。

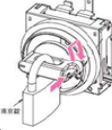


## 6.1.1 入力電源導体の接続、断路器及び開路用機器

出典:写真 平田機工(株)よりご提供

## 6.1.1.6 禁止されている投入及び不注意・過誤による投入に対する保護

○オフ(遮断)位置でロックできる手段を備えていること。



○ロック不可能な断路器を、囲いがある電気設備区域内に配置する場合には、再投入を防止する他の保護手段を用いること。



出典:写真 平田機工(株)よりご提供

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

その他の防止策を実施した上で、警告表示による防止策を行うのが望ましい。

## 6.1.2 感電保護

### 6.1.2.1 一般事項

- 電気装置は、直接接触と間接接触による感電から人を保護する対策を備えること。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

直接接触に対しては、  
保護等級などによる保護  
残留電圧に対する保護（放電、警告文）  
がある。

間接接触に対しては、  
接触電圧からの保護。  
漏電に対する保護  
がある。

## 6.1.2 感電保護

○規格の要求事項  
□解釈・事例・基準

### 6.1.2.2 直接接触に対する感電保護

#### 6.1.2.2.1 エンクロージャによる感電保護

○充電部(※)は、直径12.5mm以上の固形異物と指の侵入に対する保護がなされているエンクロージャ(制御盤、制御ボックス)内に配置すること。

※電気が通電される部分(電線の端子部など)

○エンクロージャの上面に人が近づくことができる場合、その上面は、直径1.0mm以上の固形異物とワイヤの侵入に対する保護がなされていること。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

充電部の保護等級はIP2\*以上。

## 6.1.2 感電保護

○規格の要求事項  
□解釈・事例・基準

### 6.1.2.2 直接接触に対する感電保護

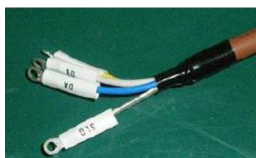
#### 6.1.2.2.1 エンクロージャによる感電保護

○次の条件を満たさない限り、エンクロージャは開かないこと。  
(扉、ふた、カバーなどが開かないこと)

- ①エンクロージャ内にアクセスする為には、かぎ(鍵)又は工具を必要とする。
- ②エンクロージャ内の充電部には、人の指が接触して感電しないように保護すること。



出典:写真 平田機工(株)よりご提供



出典:写真 平田機工(株)よりご提供



\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ①エンクロージャは容易に開けることができないようにすることが望ましい。
- ②の例として、  
電線側の端子部の絶縁、  
機器側の端子部の絶縁(端子カバー)  
がある。

## 6.1.2 感電保護

### 6.1.2.2 直接接触に対する感電保護

#### 6.1.2.2.2 絶縁物による充電部の保護

○規格の要求事項  
□解釈・事例・基準

○充電部は、破壊しなければ除去できない絶縁物で完全に覆うこと。



出典：写真 平田機工(株)よりご提供

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

ブレーカの1次側などオフにしても充電される部分はカバーなどの絶縁物で覆わなければならない。  
注意表示があっても良い。

### 6.1.2 感電保護

#### 6.1.2.2 直接接触に対する感電保護

##### 6.1.2.2.3 残留電圧に対する感電保護

- 電源断路後も60Vを超える残留電圧をもつ充電部品は、感電保護をすること。



出典:写真 平田機工(株)よりご提供

### 6.1.2 感電保護

#### 6.1.2.2 直接接触に対する感電保護

##### 6.1.2.2.4 バリアによる感電保護

- バリアによる保護に対しては、IEC60364-4-41[JIS C 60364-4-41]の4.12.2を適用する。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ 残留電圧に対する感電保護として、電源を遮断した後も電圧がかかっている回路で、その電圧が60Vを超える場合は、感電に対する保護をしなくてはならない。
- ・ JIS C 60364-4-41における感電保護についての条項には、二重絶縁や強化絶縁、エンクロージャに要求される保護等級や電線を保護する非金属の電線管などについての記載がある。

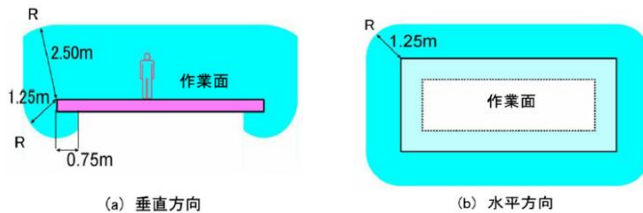


## 6.1.2 感電保護

### 6.1.2.2 直接接触に対する感電保護

#### 6.1.2.2.5 人体が届かないところへの配置による感電保護又はオブスタクルによる感電保護

- 人体届くところに充電部があってはならない。  
 (意図的な行為による接触は除く)



出典：日本機械工業連合会機械安全国際規格の紹介  
 ～ISO13849-2、IEC60204-1～(講演会資料より)  
 \* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・直接接触による感電保護として、人が行動できる範囲において、人体が直接接触する可能性があるような場所に充電部を配置しないようにするか、もしくは障害物により、人体が充電部に届かないようにする。  
 人が立つ面の上方だけでなく、その裏面も手が届く範囲と考える。

## 6.1.2 感電保護

○規格の要求事項  
□解釈・事例・基準

### 6.1.2.3 間接触(※)に対する感電保護

(※故障(漏電等)によって感電してしまう金属部分)

#### 6.1.2.3.1 一般事項

○電気装置の各回路又は部分には、次の方策のうち、少なくとも一つを採用すること。

- ・接触電圧の発生を防止する方策  
(「電圧接触の発生防止(IEC60204-1の6.3.2)」を参照。)
- ・危険な接触電圧になる前の電源の自動遮断  
(「電源の自動遮断による感電保護(IEC60204-1の6.3.3)」を参照。)

#### 6.1.2.3.2 電源の自動遮断による感電保護

○故障(漏電等)によって感電してしまう金属部分に対しては感電保護すること。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・絶縁部分の故障などで、充電部と繋がってしまった金属部分に人体が接触する等の間接触に対する保護として、二重絶縁や強化絶縁等による絶縁を強化した機器を用いるか、個々の回路を電氣的に分離することで、回路どうしが接触した部分に電圧が発生することを防止する方法を用いる。
- ・また、絶縁不良が発生したときに、接触電圧が危険を及ぼす前に保護機器により自動的に導体を電源から遮断することによっても危険を防止することができる。

## 6.1.2 感電保護 6.1.2.4 PELV使用による感電保護

○規格の要求事項  
□解釈・事例・基準

○感電保護には、直接接触／間接触に対する保護の他に人がたとえ電極に触れても感電に至らない程度に低い電圧を利用する方法がある。PELV(※)を使用することによって、保護回路が簡略化出来る。

※保護特別低電圧(Protective Extra-Low Voltage)

○PELV回路は、次の条件を全て満足すること。

- (a)公称電圧は、直流60Vを超えない。
- (b)回路の一方の側(N相側)を保護ボンディング回路に接続する。
- (c)PELV回路の充電部は、他の充電回路から電氣的に分離する。
- (d)各PELV回路の導体は、他のいかなる回路の導体からも分離する。
- (e)PELV回路用プラグ及びコンセントは、次の事項を満足する。
  - ・プラグは、他の電圧システムのコンセントに挿入できない。
  - ・コンセントは、他の電圧システムのプラグの挿入を許さない。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・感電に対する保護方策として、通電した部分に触っても感電しない程度の低い電圧の電源を用いる方法がある。この電源は、PELVと呼ばれるもので、ここに記載の全ての条件を満たす必要がある。これらの条件を満たす電源を用いることで、例え故障が発生した場合であっても、充電部は感電するような高い電圧にはならない為、安全を確保できる。

## 6.1.2 感電保護

○規格の要求事項  
□解釈・事例・基準

### 6.1.2.4 PELV使用による感電保護

□6.4 PELV回路は、次の要求を満足すること

- 6.4.1 a)乾燥した場所で接触面積が小さい場合の最大値AC 25V / DC 60Vが満足される
- 6.4.1 a)その他の場合の最大値AC 6V / DC 15Vが満足される
- 6.4.1 b)回路の1端がPEに接続されていること
- 6.4.1 c)PELV回路と他の充電部分との電气的分離は、安全絶縁変圧器の1次2次間の絶縁条件を満たすこと

6.4.2 IEC 61558-1 & IEC 61558-2-6に適合する絶縁変圧器

フェイルセーフ安全絶縁変圧器のマーク表示付き または  
短絡保護なしのマーク表示付き または 短絡保護ありのマーク表示付き

6.4.2 IEC 61558-2-17に適合するスイッチング電源であつて、前項の表示があるもの

6.4.2 安全絶縁変圧器と同等の安全度をもつ電源  
(例えば、同等の安全度をもつ複巻電動発電機)

6.4.2 電気化学的電源(例えば、電池)又は他の電源(例えば、ディーゼル発電機)

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ IEC 60204-1の6.4にPELVの回路としての条件が記載されている。乾燥した環境で使用され、身体との接触が広い面でなく点の場合は、電圧はAC25V以下、DC60V以下とされ、それ以外、例えば湿った環境で使用する可能性がある場合や、人体と広い面で接触する可能性がある場合は、AC6V以下、DC15V以下とされている。また、電源として独立しているバッテリーや発電機であるか、安全絶縁を持つことが規定されている。

### 6.1.3 装置の保護

#### 6.1.3.1 過電流保護

##### 6.1.3.1.1 一般事項

- 回路電流は、構成品の定格値又は導体の許容電流容量のいずれかを超える可能性がある。よって、過電流保護を備えること。

### 6.1.3 装置の保護

#### 6.1.3.1 過電流保護

##### 6.1.3.1.2 電源導体

- 電源導体のための過電流保護機器の選定に必要なデータを据付接続図に記述すること。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ 電気装置は、過電流に対する保護を備えなくてはならない。
- ・ 過電流保護装置の選定に必要なデータ、例えば定格電流などの情報を接続図に記載しなくてはならない。

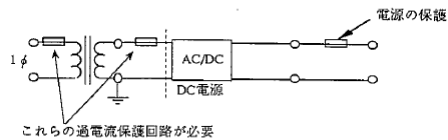
○規格の要求事項  
□解釈・事例・基準

### 6.1.3 装置の保護

#### 6.1.3.1 過電流保護

##### 6.1.3.1.3 電力回路

- 電力回路の各充電導体には、過電流を検知して過電流を遮断する機器を備えること。



\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

過電流保護回路は、下の回路図で示すように変圧器の1次側と2次側にヒューズ又はブレーカが必要です。保護回路があることにより、ショートした時などに機器、電線の過電流による火災、破壊を防ぐことができます。

DC電源の過電流保護回路は、出力端子とグラウンド端子（GND）がショートした時などに、過電流が流れて破壊してしまうことを防ぐ回路です。過電流保護回路がないと、出力がショートした場合には想定外の大電流が流れるため、その電力消費による発熱でレギュレータ自身を熱破壊してしまう恐れがあります。

### 6.1.3 装置の保護

#### 6.1.3.1 過電流保護

##### 6.1.3.1.3 電力回路

○次の導体は、全ての通電導体を切断した後に、切断すること。

- ・交流電源回路の中性線
- ・直流電源回路の接地側導体(アース線)
- ・移動機械の露出導体に接続された直流電源の導体

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

原則として、中性線・アース線など非充電側導体は切断する機器を設置しないことを規定しています。これは中性線が切断された状態で人体が充電部に接触することによる感電を防止する目的で規定されています。ただし、例外規定として全ての通電（充電部）導体を切断した後もしくは充電部と非充電部が同時に遮断する場合に限り遮断する機器を設けてもよいことになっています。

## 6.1.3 装置の保護

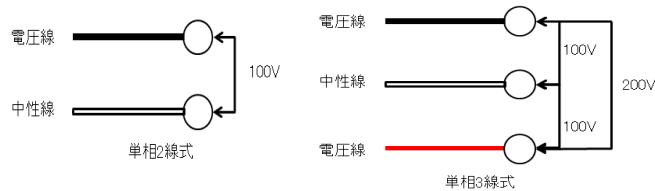
○規格の要求事項  
□解釈・事例・基準

## 6.1.3.1 過電流保護 6.1.3.1.3 電力回路

○「中性線(中性導体)の断面積」 $\geq$ 「相導体(单相又は三相の1本の導体)の断面積」である場合には、中性線(中性導体)には過電流検出器及び遮断器は必要無い。

○<单相3線とは>

单相3線の特徴は、3本の電線から100Vと200Vの両方の電気を取ることが出来ることである。单相3線の2本の電圧線と接地(アース)された中性線の3本で構成されており、片方の電圧線と中性線の2本を使うと100V、両方の電圧線を使うと200Vが取り出せるという送電方式である。



\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

中性線に流れる電流は一般的に相導体に流れる電流よりも小さくなります。

たとえば单相3線式電路において黒の電圧線—中性線、赤の電圧線—中性線に同じ容量の負荷を接続した場合、電源中性線に流れる電流は黒色の電圧線に流れる電流から赤色の電圧線に流れる電流を引き算した電流となり、見かけ上中性線には電流が流れないこととなります。したがって過電流を検出および遮断する機器を省略できます。



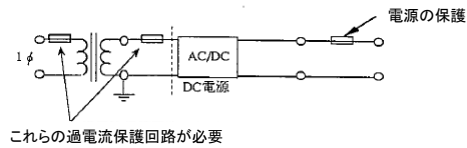
### 6.1.3 装置の保護

#### 6.1.3.1 過電流保護

##### 6.1.3.1.4 制御回路

○規格の要求事項  
□解釈・事例・基準

- 電源電圧に直接接続する制御回路の導体と制御回路用変圧器(パワーサプライ)への給電回路は、「電力回路(IEC60204-1の7.2.3)」に従って過電流から保護すること。



\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

### IEC 60204-1 7.2.3 (電源回路)

- 給電線(Feeder Circuit)および分岐回路(Branch Circuit)は、過電流から保護する
- モータ回路は過電流を検出および遮断する機器を設ける
- 接地導体は断路されてはならない  
(一部例外あり：充電導体と接地導体が同時に開路される、など)

※具体的な定格電流値の規定はありません。

### 6.1.3 装置の保護

#### 6.1.3.1 過電流保護

##### 6.1.3.1.4 制御回路

○制御回路用変圧器(パワーサプライ)又は直流電源から電源を供給する制御回路の導体は、過電流保護を実施すること。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

導体は過電流（過負荷、短絡、地絡）による焼損を防止するために、ヒューズ、ブレーカなどの回路遮断器が必要です。

導体には許容通電電流が決められていますので、ヒューズ・ブレーカなどはこの許容電流以下の定格電流のものを選定します。

### 6.1.3 装置の保護

#### 6.1.3.1 過電流保護

##### 6.1.3.1.5 コンセント及びそれに給電する導体

- 保守用コンセント(サービスコンセント)に給電する導体(電線)には、過電流保護(遮断器)を設けること。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

IEC 60204-1 7.2.5では、コンセント回路の非接地（充電部）導体に過電流保護器を設置することとなっています。

これは、コンセントや導体の許容電流に対してその値を超える負荷容量が接続されることによる過電流焼損事故を防ぐ目的となっています。

### 6.1.3 装置の保護

#### 6.1.3.1 過電流保護

##### 6.1.3.1.6 照明回路

○規格の要求事項  
□解釈・事例・基準

○照明回路には専用の過電流保護を設けて短絡の影響から保護すること。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

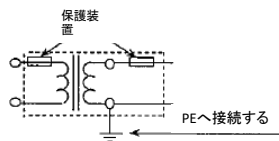
照明回路には、専用の過電流保護を設けなければならない。

### 6.1.3 装置の保護

#### 6.1.3.1 過電流保護

##### 6.1.3.1.7 変圧器

- 変圧器(トランス)は、製造業者の指示に従って過電流から保護すること。過電流保護機器の種類及び作動電流の設定値は、変圧器製造者の推奨に従うこと。



原則として、上記のような保護装置を設置する。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

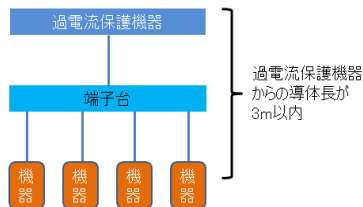
トランスには、過電流保護を設けなければならない。  
トランスの2次側0Vラインは、アース接地すること。

### 6.1.3 装置の保護

#### 6.1.3.1 過電流保護 6.1.3.1.8 過電流保護機器の配置

○過電流保護機器は、次のすべての条件を満足すること。

- ・全ての導体の電流容量が、少なくとも負荷の電流容量以上である。
- ・電流容量が減少する導体（電線）から過電流保護機器までの導体長が3mを超えない。
- ・短絡する可能性が少ない方法で導体を布設する。  
 （例：エンクロージャ又はダクトで保護する）



\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・全ての導体の電流容量が、少なくとも負荷の電流容量以上である。
- ・電流容量が減少する導体（電線）から過電流保護機器までの導体長が3mを超えない。
- ・エンクロージャ又はダクトで保護するなど、短絡する可能性が少ない方法で導体を配線する。

### 6.1.3 装置の保護

#### 6.1.3.1 過電流保護

##### 6.1.3.1.9 過電流保護機器

- 過電流保護機器は、想定される事故電流よりも大きい定格短絡遮断容量を持つものを選定すること。  
電源以外(例:モータ、回生電流など)から流れ込む電流も考慮しなければならない。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

過電流保護機器は、想定される事故電流よりも大きい定格短絡遮断容量を持つものを選定する。

### 6.1.3 装置の保護

#### 6.1.3.1 過電流保護

##### 6.1.3.1.10 過電流保護機器の定格及び作動電流設定値

- ヒューズの定格電流、又はその他の過電流保護機器を選定する場合には、過電流による損傷から開閉機器を保護することを考慮すること。
- 過電流保護機器の定格電流又は作動電流設定値は、以下の文章を参考にして求めること。
  - ・定常使用時の電流容量（IEC60204-1の12.4）
  - ・導体と過負荷保護機器との協調（IEC60204-1の附属書D.2）
  - ・導体の過電流保護（IEC60204-1の附属書D.3）

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

過電流保護機器を選定する場合には、過電流による損傷から開閉機器を保護することを考えに入れること。



### 6.1.3 装置の保護

○規格の要求事項  
□解釈・事例・基準

#### 6.1.3.2 電動機の温度上昇保護

##### 6.1.3.2.1 一般事項

○定格が0.5kWを超える電動機には、温度上昇保護を設けること。  
(メーカー保証値を超えてはならない。)

※サーマルリレーとは、  
過負荷による発熱を検出すると接続を切断(トリップ)して回路を  
保護する機器

※サーミスタとは、  
温度の変化に対し極めて大きな抵抗値変化を示す抵抗器

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

定格が0.5kWを超える電動機には、温度上昇保護を設けること。

### 6.1.3 装置の保護

#### 6.1.3.2 電動機の温度上昇保護

##### 6.1.3.2.1 一般事項

- 温度保護機能が作動した後の電動機の自動再起動が、危険状態を招く場合は、自動再起動を防止すること。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

温度保護機能が作動した後、再起動前に、危険状態が取り除かれるまでは、自動再起動を防止する。  
機械のリスクアセスメントに基づき、適切な対応/対策が必要不可欠です。

### 6.1.3 装置の保護

○規格の要求事項  
□解釈・事例・基準

#### 6.1.3.2 電動機の温度上昇保護

##### 6.1.3.2.2 過負荷保護

- 過負荷保護を備える場合は、すべての充電導体の過負荷を検出すること。(ただし、中性線を除く)
- 電動機の過負荷検出器がケーブル保護を目的としない場合、使用者の要求によって、過負荷検出器を一部の充電導体に限定して設けることで、過負荷検出器の数を減らしてもよい。
- 単相電動機又は直流電動機の場合には、検出器は一つの非接地充電導体だけに設ければよい。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

単相または直流電動機の過負荷保護は、非接地側の一線で行う。電動機の過負荷保護が、ケーブル保護を目的としない場合は、過負荷検出器を減らす事ができるが、十分にリスクアセスメントを行った上で決めること。安易に減らして、残留リスクを増やさないことが重要です。

### 6.1.3 装置の保護

#### 6.1.3.2 電動機の温度上昇保護

##### 6.1.3.2.2 過負荷保護

- 過負荷保護を開閉機器によって行う場合は、開閉機器は、過負荷時にすべての充電導体を開路しなければならない。  
中性線導体は、開路しなくてもよい。
  
- 過負荷になり得ない電動機には、電氣的な過負荷保護機器を備える必要はない。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

過負荷保護を、開閉器機（例えば、サーマルリレー）で行う場合は、中性導体を除く全導体を切り離す。

### 6.1.3 装置の保護

○規格の要求事項  
□解釈・事例・基準

#### 6.1.3.2 電動機の温度上昇保護

##### 6.1.3.2.3 電流制限による保護

- 三相電動機の温度上昇保護は、保護装置の数を3個から2個に減らしても良い。  
ただし、直流電源又は単相交流電源で作動する電動機では、電流制限を接地されない充電導体だけに行ってもよい。

### 6.1.3 装置の保護

#### 6.1.3.3 異常温度保護

- 発熱する抵抗その他の回路で、著しく高温となり危険状態を招く可能性のあるものには、適切な制御応答を伴う検出手段を設けること。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

#### (6.1.3.2.3 電流制限による保護)

6.1.3.2.2の 過負荷保護と同じく、接地していない導体だけで温度上昇保護を行っても良い。

#### (6.1.3.3 異常温度保護)

著しく高温となりえる部品とは、例えば、回生抵抗がある。不要な配線等が高温となった抵抗器に接触しない様、十分配線等を考慮する必要があります。

### 6.1.3 装置の保護

○規格の要求事項  
□解釈・事例・基準

#### 6.1.3.4 停電、電圧低下及びその復旧時の保護

- 停電、電圧低下の復旧時に、危険状態を招く可能性がある場合は、あらかじめ設定した電圧で作動する不足電圧保護(例えば、機械への供給電源の遮断)を備えること。
- 電圧の回復又は供給電源側の再投入によって、機械が自動的又は予期しない再起動をすると危険状態を招くことがある場合は、再起動を防止すること。
- 機械の一部又は連携して稼働中の機械群の一部だけが電圧低下又は停電の影響を受ける場合には、不足電圧保護は、保護機能が確実に協調して作動するように適切な制御応答を開始させること。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

停電や電圧低下等で、機械が危険状態を招かない様に、不足電圧保護や復電時の機械の不慮の再起動を防止することも考慮することが重要です。

### 6.1.3 装置の保護

○規格の要求事項  
□解釈・事例・基準

#### 6.1.3.5 電動機の加速度保護

○速度超過が危険状態を招く場合には、(作業限界からの逸脱 (IEC60204-1の9.3.2)(※))の方策を考慮して、過速度保護を設けること。過速度保護は、適切な制御応答を促し、かつ、自動的再起動を防止するものであること。

※機械が、作動限界(例えば、速度、圧力、位置の限界)を逸脱して危険状態に至ることが起こり得る場合には、決められた限界を超える行き過ぎを検出して適切な制御を行う手段を備えること。

### 6.1.3 装置の保護

#### 6.1.3.6 相順の保護

○電源電圧の相順が正しくないと3相誘導電動機は逆転する。このような危険状態又は機械の損傷を引き起こす可能性がある場合は、相順の保護を備えること。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

工作機械に取付けた工具が指定回転速度以上となり、工具破損を招くことが想定されるため、電動機（この場合は、主軸）の速度を適切に監視する又は、ガード等により防護策を講じること。  
速度以外に、圧力や位置等、機械の作動限界を逸脱しない様、監視する手段を備えることも有効です。

#### 6.1.4 等電位ボンディング

- ⇒ 落雷などで発生する異常な電圧(サージ)により機器を保護する為の電氣的接続(アースによって電氣機器を守ること)
- ⇒ 等電位... 接地との電圧(電位)をゼロとなるように電圧(電位)を等しくすること。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

等電位ボンディングとは、落雷などで発生する異常な電圧（サージともいいます）から機器を保護する為の電氣的な接続のことです。（具体的にはアースによって電氣機器を守ることです）

等電位とは接地との電圧（電位）をゼロとなるように電圧（電位）を等しくすることをいいます。



## 6.1.4 等電位ボンディング

### 6.1.4.1 一般事項

- ・保護ボンディング... やけど、火災のリスクを低減させる手段。  
人を感電から保護する。
- ・機能ボンディング... 電気装置が正常に機能するためのアース（接地）。  
装置内の電気機器の機能を保護する。

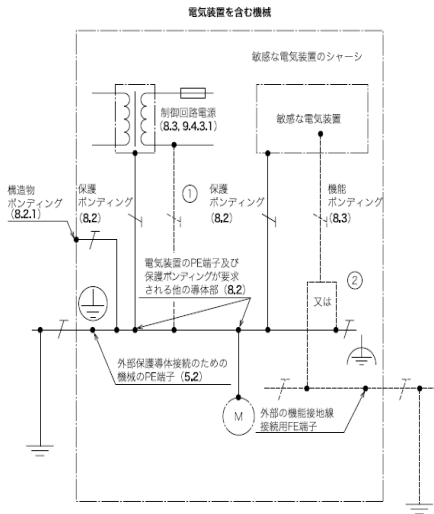
\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

保護ボンディングとは、やけど、火災のリスクを低減させる手段です、人を感電から保護することを目的としています。

機能ボンディングとは、電気装置が正常に機能するためのアース（接地）のことをいいます。装置内の電気機器の機能の保護を目的としています。

## 6.1.4 等電位ボンディング

### 6.1.4.1 一般事項



----- 必要により接続

— 保護ボンディング

- - - 機能ボンディング

- ①機能ボンディング(8.3)と保護ボンディング(8.2)の兼用
- ②機能ボンディングだけ(8.3)  
保護接地用導体又は機能接地用導体に接続

〔出典：JISB9960-1〕

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

図の実線の記号が保護ボンディング、破線が機能ボンディングを示しています。

①は機能ボンディング(8.3)と保護ボンディング(8.2)の兼用を示しており、各々保護設置導体に接続します。

②は機能ボンディングだけ(8.3)を示しており保護接地用導体又は機能接地用導体に接続します。

## 6.1.4 等電位ボンディング

### 6.1.4.2 保護ボンディング回路

(やけど、火災のリスクを低減させる手段)

#### 6.1.4.2.1 一般事項

○保護ボンディング回路は、次のもので構成する。

- ・PE 端子 (Protective Earth)  
(「外部の保護接地システムを接続する端子 (IEC60204-1の5.2)」を参照)
- ・機械の装置内の保護導体  
(しゅう動接点 (Sliding contacts) が保護ボンディング回路の一部である場合は、しゅう動接点も含む)
- ・露出導電性部分及び電気装置の導電性構造部分
- ・機械の導電性構造部 (金属部分)

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

保護ボンディング回路は、次のもので構成します。

- ・PE 端子 (Protective Earth)  
(「外部の保護接地システムを接続する端子 (IEC 60204 - 1の5.2)」を参照)
- ・機械の装置内の保護導体  
(しゅう動接点 (Sliding contacts) が保護ボンディング回路の一部である場合は、しゅう動接点も含みます。しゅう動接点とは、トロリー給電のことを指します。電車の給電方式をイメージして頂けるとわかりやすいと思います。)
- ・露出導電性部分及び電気装置の導電性構造部分
- ・機械の導電性構造部 (金属部分)

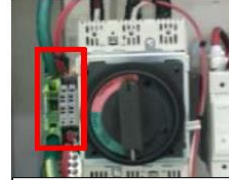
## 6.1.4 等電位ボンディング

### 6.1.4.2 保護ボンディング回路

(やけど、火災のリスクを低減させる手段)

#### 6.1.4.2.1 一般事項

○規格の要求事項  
□解釈・事例・基準



外部電源接続部近くに接続する。

出典：写真 平田機工(株)よりご提供



黄色と緑色のストレート線

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

PE端子については写真の例の通り外部保護導体は外部電源接続部の近くに接続箇所を設けます。

外部電源の相導体の断面積を基に、外部保護設置導体の断面積を決め、メーカーが推奨する端子サイズの選定を行う必要があります。

(「外部の保護接地システムを接続する端子 (IEC 60204-1の5.2)」を参照下さい)

次に機械の装置内を保護導体と接続します。保護導体は黄色と緑のストレート線を使用します。

## 6.1.4 等電位ボンディング

### 6.1.4.2 保護ボンディング回路

(やけど、火災のリスクを低減させる手段)

#### 6.1.4.2.1 一般事項

○規格の要求事項  
□解釈・事例・基準



出典：写真 平田機工(株)よりご提供



\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

装置内では露出導電性部分及び電気装置の導電性構造部分と接続します。  
ここで露出とは、端子カバー等で保護されていない端子部分を指します。  
扉のアースは、写真の通り筐体の板金を経由せず、直接アース線、  
アースバーに接続します。  
最後に機械の導電性構造部（金属部分）をアースバーに接続します。

## 6.1.4 等電位ボンディング

### 6.1.4.2 保護ボンディング回路

(やけど、火災のリスクを低減させる手段)

#### 6.1.4.2.1 一般事項

○保護ボンディング回路のすべての部分は、そこを流れる地絡電流によって生じる最大の熱的ストレス及び機械的ストレスに耐えるように設計すること。

以下は、「保護導体（アース線）(IEC60204-1の8.2.2)」の項目を参照すること。

- 1) 計算による選定 IEC60364-5-54 (543.1.1による)
- 2) 電源供給導体のサイズから最小断面積を選定する

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ 2) の選定方法については「6.1.4.2.2」(565)で説明がある
- ・ 計算式による算出においては「遮断時間」の規定(5秒以下)がされている。

## 6.1.4 等電位ボンディング

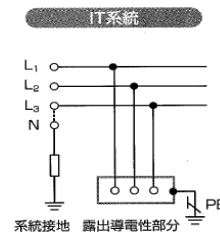
### 6.1.4.2 保護ボンディング回路

(やけど、火災のリスクを低減させる手段)

#### 6.1.4.2.1 一般事項

○電気装置又は機械の構造部分のコンダクタンス(導電度)が、露出導電性部分に接続される最小保護導体のコンダクタンスよりも小さい場合は、追加のボンディング導体を備えること。追加保護導体の断面積は、主保護導体の断面積の50%以上とすること。

○IT 系統の電源を用いる場合は、機械の構造部は保護ボンディング回路の一部となるようにして、更に絶縁監視機器を備えること。



\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・最初の要求事項は、電気装置又は機械の構造部分以前で保護ボンディング回路を充実させる事を意味している。
- ・絶縁監視機器は視覚、聴覚による警報信号を漏電が続いている限り発しなければならない。
- ・絶縁監視機器の使用は、やけど、火災のリスク低減の他、地絡ポイントを発見し、保全作業にも有益となる。

## 6.1.4 等電位ボンディング

### 6.1.4.2 保護ボンディング回路

(やけど、火災のリスクを低減させる手段)

#### 6.1.4.2.1 一般事項

○「クラスⅡ装置の使用又は同等の絶縁による保護(IEC60204-1の6.3.2.2)」に従う装置の導電性構造部分は、保護ボンディング回路に接続する必要はない。

すべての装置が(IEC60204-1の6.3.2.2)に従うものである場合は、機械の構造を形成する外部導電性部分を、保護ボンディング回路に接続する必要はない。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ クラスⅡ装置の定義は次頁に記載が有るので、詳細は次頁にて説明



## 6.1.4 等電位ボンディング

## 6.1.4.2 保護ボンディング回路

(やけど、火災のリスクを低減させる手段)

## 6.1.4.2.1 一般事項

○規格の要求事項  
□解釈・事例・基準

## &lt;電気装置のクラスの定義&gt; JIS B 9960-1 附属書JD

クラスⅠ装置	基本保護のための手段の要素として基礎絶縁をもち、故障保護のための手段の要素として保護ボンディングをもつ機器。
クラスⅡ装置	基本保護のための保護手段の要素として基礎絶縁をもち、かつ、故障保護のための保護手段の要素として補助絶縁をもつか、又は基本保護及び故障保護を強化絶縁で行う。
クラスⅢ装置	基本保護のための手段の要素として、特別低電圧値という電圧制限に依存し、故障保護のための要素をもたないもの。
<p>表内の用語の意味は、次による。</p> <p>基本保護：正常状態(故障のない状態)の下での感電保護。</p> <p>故障保護：単一故障状態(例 基礎絶縁の故障)の下での感電保護。</p> <p>基礎絶縁：感電に対し、基本保護を行う危険充電部の絶縁。</p> <p>補助絶縁：基礎絶縁の故障時の感電保護(故障保護)を行うために、基礎絶縁に加えて施す独立した絶縁。</p> <p>強化絶縁：感電に対し、二重絶縁と同等の保護を行う危険充電部の絶縁。</p> <p>二重絶縁：基礎絶縁と補助絶縁との両方で構成する絶縁。</p> <p>特別低電圧値：ELVのこと。PELV又はSELVをいう。</p>	

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ 本表の様にクラスⅡ装置は「二重絶縁」又は「強化絶縁」が施されているので、これらの機器を保護ボンディング回路に加える必要はない。

## 6.1.4 等電位ボンディング

### 6.1.4.2 保護ボンディング回路

(やけど、火災のリスクを低減させる手段)

#### 6.1.4.2.1 一般事項

- 「電氣的分離による保護(IEC60204-1の6.3.2.3)」に従う装置の露出導電性部分は、保護ボンディング回路に接続しないこと。

○規格の要求事項  
□解釈・事例・基準

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ 「電氣的分離による保護」の要求事項は「回路の充電部の基礎絶縁が破壊されて露出導電性部分に接触電圧が発生する事を防止する事が目的」で有る為、保護ボンディング回路に接続してはならない。

## 6.1.4 等電位ボンディング

## 6.1.4.2 保護ボンディング回路

(やけど、火災のリスクを低減させる手段)

## 6.1.4.2.2 保護導体(アース線)

- 保護導体は、銅導体の $2\text{mm}^2$ 以上の電線を使用する。
- 保護導体(アース線)は、黄色と緑色の組み合わせのストレート線とする。
- 保護導体の断面積は、次の要求事項によって決定すること。

## &lt;外部保護導体(銅)の最小断面積&gt;

装置に給電する電源の相導体の断面積 S (mm <sup>2</sup> )	外部保護導体(銅)の最小断面積 S <sub>p</sub> (mm <sup>2</sup> ) (左欄のSに対応してS <sub>p</sub> を決める)
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	$S/2$

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ 「IEC 60204-1」においては、保護導体の断面積に関して、  
「保護導体がケーブルの構成要素でないか又は線胴体と共通の  
エンクロージャー内に入っていない場合」  
機械的損傷保護が無い場合、線導体で  $4\text{mm}^2$  の要求が有る。
- ・ 保護導体の識別として  
「どの部分の  $15\text{mm}$  の長さをとっても、その色の1つが表面積の  
 $30\%$ 以上 $70\%$ 以下、残りの表面積を他方の色で覆う」の要求が  
有る。

## 6.1.4 等電位ボンディング

### 6.1.4.2 保護ボンディング回路

○規格の要求事項  
□解釈・事例・基準

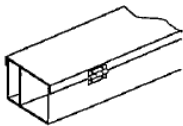
(やけど、火災のリスクを低減させる手段)

#### 6.1.4.2.3 保護ボンディング回路の導通性

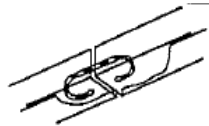
○ボンディング接続部は、電流容量が、機械的、化学的、電気化学的な影響によって劣化しないように設計すること。

○金属製の可とう性ダクト又は非可とう性ダクト、並びに金属のケーブル外装は、保護導体として用いないこと。

ただし、金属ダクト及びすべての接続ケーブルの金属外装は、保護ボンディング回路に接続すること。



ダクト蝶番  
蝶番は導通性があり、ビス部  
は塗装不可  
(ダクトと蓋が導通すること)



ダクトジョイント部  
ビス部は塗装不可。  
(アース線とダクトが導通する  
こと)

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

ボンディング接続点の劣化について、規格では、材質がアルミまたはアルミ合金の場合に電解腐食の問題に注意することが望ましいと記載されている。異種金属の接触における腐食については環境により進行が異なるため使用環境も考慮が必要である。

金属製のダクトなどは、保護導体として使用してはならないが、保護ボンディング回路に接続が必要となる。

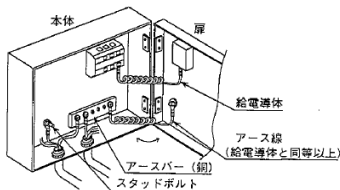
## 6.1.4 等電位ボンディング

### 6.1.4.2 保護ボンディング回路

(やけど、火災のリスクを低減させる手段)

#### 6.1.4.2.3 保護ボンディング回路の導通性

- 電気機器が、ふた、扉、カバープレートに取り付けられている場合、保護ボンディング回路の導通性を確保すること。このために保護導体(「保護導体(IEC60204-1の8.2.2)」参照)を用いることを推奨する。保護導体を用いない場合は、低い抵抗になるように設計した締結部品、丁番又はしゅう動接点を用いること。(「TN接地システムにおける試験方法(IEC60204-1の18.2.2)」の試験1:保護ボンディング回路の導通性の検証を参照)



電気機器を蓋・ドア又はカバープレートに取り付けた場合、保護結合回路の導通性を確保すること。この際、締結器具・螺番又は指示レールに頼らないこと。保護導体は機器に給電する導体と同等以上とすること。BOXの筐体は必ずアースをとる。ただし、塩ビ等で二重絶縁されたBOXは、アースをとる必要は無い。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

制御盤の扉などに電気機器を取り付ける場合、保護ボンディング回路の導通性を確保するために保護導体を使用すること。保護導体を用いず蝶番などで導通性を持たせるのは推奨しない。ここで参照とされている IEC 60204-1 8.2.2 は保護導体の断面積などについて記載している。最新版(2016年発行)では、保護導体は、銅で機械的保護がある場合  $2.5 \text{ mm}^2$  以上、保護がない場合  $4 \text{ mm}^2$  以上の断面積としている。

## 6.1.4 等電位ボンディング

### 6.1.4.2 保護ボンディング回路

(やけど、火災のリスクを低減させる手段)

#### 6.1.4.2.3 保護ボンディング回路の導通性

○損傷の危険にさらされるケーブル(例えば、可とう性の引きずりケーブル)の中の保護導体は、その導通性を適切な方策(例えば、モニタリング＝監視)によって確保すること。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

可動部で屈曲するなど損傷の恐れがある保護導体は、監視などによって導通性を確保するようにしなければならない。スリップリングのように滑り接点を用いる場合、2重化や監視といった手段で導通性を確保しなければならない。

## 6.1.4 等電位ボンディング

### 6.1.4.2 保護ボンディング回路

(やけど、火災のリスクを低減させる手段)

#### 6.1.4.2.4 保護ボンディング回路からの開閉機器の排除

- 保護ボンディング導体を切り離すいかなる手段も備えていないこと。
  
- 保護ボンディング回路には、開閉機器及び過電流保護機器(例えば、スイッチ、ヒューズ)を挿入しないこと。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

保守などで部品を取り外す場合、外したことによって残りの部品の保護ボンディング回路が中断されてはならない。

保護ボンディング回路には開閉機器や過電流保護機器を挿入してはならない。

保護導体が接続されている制御盤のフタなどはメンテナンスで外す場合、保護導体を外さなくてもメンテナンスができるようにすることが望ましい。

## 6.1.4 等電位ボンディング

### 6.1.4.2 保護ボンディング回路

(やけど、火災のリスクを低減させる手段)

#### 6.1.4.2.4 保護ボンディング回路からの開閉機器の排除

- 保護ボンディング回路の導通が、取り外し可能な集電子又はプラグ・ソケット対で切り離しできる場合には、保護ボンディング回路用接点は、充電導体用接点よりも接続時には先に閉じ、切り離し時には後に開くこと。このことは、取り外し可能なプラグインユニットにも適用する。(「プラグ・ソケット対による接続(IEC60204-1の13.4.5)」参照)

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

プラグ／ソケットで取外し可能な周辺装置などは、保護ボンディング回路は接続時は充電導体より先に接点が接続され、切り離し時は後になるようにしなければならない。このような構成のものはファーストメーク／ラストブレークと呼ばれる。



## 6.1.4 等電位ボンディング

### 6.1.4.2 保護ボンディング回路

(やけど、火災のリスクを低減させる手段)

#### 6.1.4.2.5 保護ボンディング回路に接続する必要のない部分

○保護ボンディング回路に接続する必要のない部分がある。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

ここでいう保護ボンディング回路に接続する必要のない部分とは、ねじ、リベット、銘板のような小部品、及びエンクロージャ内の部品（例えば、コンタクタ又はリレーの電磁石、及び機器の機械的部分）のことをいう。規格では、接触する部分が少ない、又は握ることができないほど小さい（約50mm×50mm未満）ものや、充電部との接触、絶縁不良が起きないように配置されているものとされている。

## 6.1.4 等電位ボンディング

### 6.1.4.2 保護ボンディング回路

(やけど、火災のリスクを低減させる手段)

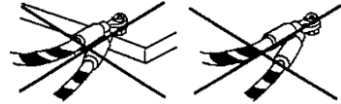
#### 6.1.4.2.6 保護導体の接続点

○規格の要求事項  
□解釈・事例・基準

○すべての保護導体は、「一般要求事項(IEC60204-1の13.1.1)」に従って接続すること。保護導体接続点をその他の用途に、例えば、器具又は部品の取付け又は接続のために、用いないこと。

※(13)配線 (13.1)接続及び経路 (13.1.1)一般要求事項

- ・全ての接続、特に保護ボンディング回路の接続は、不測の緩みが生じないようにしっかり固定すること。
- ・接続には、接続する導体の断面積及び特性に適する手段を用いること。
- ・一つの端子に複数の導体を接続しないこと。  
ただし、端子が複数導体接続用に設計されている場合はこの限りでない。
- ・保護導体は、常に1端子に1本だけの接続にすること。



\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ 保護導体の接続とそれに関連し一般的な配線の接続に関する要求事項について、p. 575までのスライド4枚で説明
- ・ (保護導体に関する要求事項) すべての保護導体はIEC 60204-1 配線の接続及び経路に関する一般要求事項に従って接続すること
- ・ (補足) IEC 60204-1 13.1.1 = JIS B 9960-1 13.1.1
- ・ (保護導体に関する要求事項) 保護導体接続点をその他の用途に、例えば、器具又は部品の取付け又は接続のために、用いないこと
- ・ (補足) 以降、p. 574まで前述の配線の接続及び経路に関する一般要求事項の説明が続くがp. 575に保護導体の接続点に関する要求事項がある
- ・ (配線の接続及び経路に関する一般要求事項)
- ・ 1番目 (内容のまま)
- ・ 2番目 (内容のまま)
- ・ 3番目 一般的な配線に対する内容 (内容のまま)
- ・ 4番目 保護導体に対する内容 (内容のまま)
- ・ 次のシートに続く

## 6.1.4 等電位ボンディング

### 6.1.4.2 保護ボンディング回路

(やけど、火災のリスクを低減させる手段)

#### 6.1.4.2.6 保護導体の接続点

#### ※(13)配線 (13.1)接続及び経路 (13.1.1)一般要求事項

- ・はんだ付け用端子以外には、はんだ付け接続をしないこと。
- ・端子台の端子には、図面上の表記と一致する記号で明りようにマーキングするか、又はラベル付けをすること。
- ・電氣的誤接続(例えば、部品交換時に生じるもの)によってリスクが発生する可能性があり、しかも設計方策によって誤接続の可能性を軽減できない場合は、導体及び／又は端子を(一般要求事項(IEC 60204-1の13.2.1)(右図))に従って識別すること。
- ・可とうコンジット(電線管)及びケーブルの設置においては、取付け部(fitting)から液体が排出されるように実施すること。

出典：写真 平田機工(株)よりご提供



13.2.1  
導体の識別、一般要求事項

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ 1番目 (内容のまま)
- ・ 2番目 (内容のまま)
- ・ 3番目 一般的な配線に対する内容 (内容のまま)
- ・ 4番目 (内容のまま)
- ・ 次のシートに続く

○規格の要求事項  
□解釈・事例・基準

## 6.1.4 等電位ボンディング

○規格の要求事項  
□解釈・事例・基準

### 6.1.4.2 保護ボンディング回路

(やけど、火災のリスクを低減させる手段)

#### 6.1.4.2.6 保護導体の接続点

##### ※(13)配線 (13.1)接続及び経路 (13.1.1)一般要求事項

- ・よ(燃)り線接続用でない機器又は端子に、より線を接続する場合には、よりを維持する手段を用いること。はんだをこの目的に用いないこと。
- ・シールド導体は、シールドのほつれを防止し、かつ、簡単に接続を取り外せるように末端処理を行うこと。
- ・識別用タグは、読みやすく、耐久性があり、物理的環境に適するものがあること。
- ・端子台においては、内部配線と外部配線とが端子上で交差しないように取付け及び配線を行うこと。

(IEC60947-7-1[JIS C 2811]参照)

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ 1番目 (内容のまま)
- ・ 2番目 (内容のまま)
- ・ 3番目 (内容のまま)
- ・ 4番目 (内容のまま)
- ・ 配線に関する一般要求事項終了

## 6.1.4 等電位ボンディング

### 6.1.4.2 保護ボンディング回路

(やけど、火災のリスクを低減させる手段)

#### 6.1.4.2.6 保護導体の接続点

- 各保護導体接続点は、次の図記号IEC 60417-5019 (DB:2002-10) 又は文字PEを(図記号を優先する。)マーキング又はラベルによって表示するか、緑と黄の2色組合せの色表示をするか、又はこれらの組合せによって表示すること。(下図)



出典:写真 平田機工(株)よりご提供

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ (保護導体に関する要求事項) (内容のまま)

## 6.1.4 等電位ボンディング

### 6.1.4.2 保護ボンディング回路

(やけど、火災のリスクを低減させる手段)

#### 6.1.4.2.7 移動機械

- 電源を搭載する移動機械では、感電保護のために、保護導体、電気装置の導電性構造部分、及び機械の構造を形成する外部導電性部分のすべてを、一つの保護ボンディング端子に接続すること。移動機械を外部電源にも接続するときは、外部保護導体をこの保護ボンディング端子に接続すること。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ (内容のまま)

## 6.1.4 等電位ボンディング

### 6.1.4.2 保護ボンディング回路

(やけど、火災のリスクを低減させる手段)

#### 6.1.4.2.8 接地漏えい電流が10mA(交流及び直流)を超える電気装置の追加保護ボンディング要求

○接地漏えい電流が10 mAを超える場合は、次のa)～e)の条件の少なくとも1つを満たさなければならない。

- a) 保護導体は電気装置のエンクロージャに完全に囲われているか、全長に渡って機械的ダメージから保護されている。
- b) 保護導体の断面積を全長にわたって、銅導体では10 mm<sup>2</sup> 以上、アルミ導体では16 mm<sup>2</sup> 以上とする。
- c) 保護導体の断面積が銅導体で10 mm<sup>2</sup>、アルミ導体で16 mm<sup>2</sup> に満たない部分には、少なくともその保護導体と同じ断面積の追加保護導体を備えなければならない。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ 電気装置の接地漏洩電流が10mAを超える場合は次の条件の少なくとも1つを満たさなければならない。

d) 以降は次ページに記載

## 6.1.4 等電位ボンディング

### 6.1.4.2 保護ボンディング回路

(やけど、火災のリスクを低減させる手段)

#### 6.1.4.2.8 接地漏えい電流が10mA(交流及び直流)を超える電気装置の追加保護ボンディング要求

○接地漏えい電流が10 mAを超える場合は、次のa)～e)の条件の少なくとも1つを満たさなければならない。

(前ページからの続き)

d) 保護導体の導通性が失われたときは、電源を自動遮断する。

e) プラグ、ソケットを使用している場合は、IEC 60309シリーズに準拠し、適切な張力軽減機能、保護設置用導体断面積が $2.5\text{mm}^2$ 以上の工業用コネクタを多心ケーブルの一部として備える。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

## ・前ページからの続き

この項に従って機械を設置しなければならないことを取説(据え付け用文書)に示すこと。



## 前頁からの続き

- d) 保護導体の導通性が失われたときは、電源を自動遮断する。
- e) プラグ、ソケットを使用している場合は、IEC 60309シリーズに準拠し、適切な張力軽減機能、保護設置用導体断面積が2.5mm以上の工業用コネクタを多心ケーブルの一部として備える

## 6.1.4 等電位ボンディング

## 6.1.4.3 機能ボンディング

(電気装置が正常に機能するためのアース(接地))

- 地絡(IEC60204-1の9.4.3.1)に従って、制御回路の共通導体を接地することによって、制御回路の絶縁故障による誤作動からの保護を達成できる。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ IEC 60204-1 9.4.3.1では保護方策として方法a、b、cが例示されている。但し、保護方策はこれだけに限定されるものでない。方法a-1が一般的な保護方策として施工されるが、回路構成に基づき適切な保護方策を選択しなければならない。

## 6.1.4 等電位ボンディング

### 6.1.4.4 大きな漏洩電流の影響を制限する方策

- 大きな漏えい電流の影響は、大きな漏えい電流をもつ装置の入力電源を、分離巻線をもつ専用の電源変圧器から供給することによって、影響をその装置内だけに制限することができる。  
この場合、保護ボンディング回路は、装置の露出導電性部分及び変圧器の二次巻線の両方に接続すること。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ 分離巻き線（複巻）トランスを用いる事で電氣的に一次側と二次側を電氣的に絶縁される事から、大きな漏洩電流の影響をその装置内だけに制限する事が出来る。但し、IEC 60204-1 8.2.8「漏洩電流が交流又は直流10mAを超える電気機器に対する追加的な保護ボンディング要求事項」を満たす保護方策が必要である。

## 6.1.5 制御回路及び制御機能

### 6.1.5.1 制御回路

#### 6.1.5.1.1 制御回路電源

- 制御回路に交流電源を供給する場合は、制御回路用の変圧器を用いること。  
この変圧器は、分離巻線形(複巻)でなければならない。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ 単巻トランスの場合、一次側と二次側が電氣的に導通している為、トランス内部での絶縁不良時に一次電圧がそのまま二次側に現れる可能性がある。この様な場合、感電事故や負荷の装置を破損する事態が起こりえる為、一次側と二次側が電氣的に絶縁された（一次コイルと二次コイルが別々）複巻トランスを使う必要がある。

## 6.1.5 制御回路及び制御機能

### 6.1.5.1 制御回路

#### 6.1.5.1.1 制御回路電源

- 交流電源から変換した直流電源を用いる制御回路が保護ボンディング回路(一般事項(IEC60204-1の8.2.1))に接続される場合は、交流の制御回路で用いた変圧器の分離巻線から(変圧器を共用して)給電するか、別の制御回路用変圧器から給電すること。
  
- 分離巻線(複巻)変圧器を用いるスイッチング電源は、IEC61558-2-16 [JIS C 61558-2-16]を満たすこと。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- 交流電源から～
  - ・特記なし

- 分離巻き線～
  - ・ IEC 60204-1の制御回路の定義に基づくと、「制御回路電源は分離巻き線型のトランスから供給されている必要がある」(IEC 60204-1, 9.1.1 参照)  
と記載があるため、スイッチング電源(DC電源)は制御トランスから給電する必要がある。但し、スイッチング電源によってはIEC 61558-2-16に準拠した製品もある為、この様な製品を用いれば個別の制御トランスは不要となる。

## 6.1.5 制御回路及び制御機能

### 6.1.5.1 制御回路

#### 6.1.5.1.2 制御回路電圧

- 制御回路の公称電圧は、制御回路が正常に機能する値とすること。  
変圧器から供給する回路の公称電圧は、277Vを超えないこと。

## 6.1.5 制御回路及び制御機能

### 6.1.5.1 制御回路

#### 6.1.5.1.3 保護

- 制御回路には、(7.2.4)及び(7.2.10)による過電流保護を備えること。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

#### 6.1.5.1.2 制御回路電圧

- ・ IEC 60204-1 9.1.2に記述があるが、規格の改定が2016年度版以降にあり60Hzの場合は277V、50Hzの場合は230Vを超えないようにする必要がある。また、直流の場合は220Vを超えないようにする必要がある。

#### 6.1.5.1.3 保護

- ・ 特記なし

## 6.1.5 制御回路及び制御機能

## 6.1.5.2 制御機能

## 6.1.5.2.1 起動機能

○起動機能は、関連回路に電気を通じることによって作動するものであること。

## 6.1.5 制御回路及び制御機能

## 6.1.5.2 制御機能

## 6.1.5.2.2 停止機能

## ○停止カテゴリ

停止カテゴリ	制御上の呼び名	ISO14118 (JIS B 9714)	停止状態の説明	停止状態の例
0	非制御停止	停止状態	機械アクチュエータの電源が直接遮断されている状態	非常停止
1	制御停止	—	機械アクチュエータを停止させるために電力を供給し、その後、停止時に電源を遮断してそれを維持する制御停止	逆相制御
2	制御停止	休止状態	機械アクチュエータに電力を供給した状態での停止	ホールド停止状態

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

## 6.1.5.2.1 起動機能

- ・国際規格では安全機能として扱われ「始動」と区別して用いられている。「起動」とは安全確保の条件に基づいて機械の運転が開始される事を意味し、安全確認の責任が伴う。安全機能としては、予期しない起動の防止・再起動防止制御・立下り信号処理がある。

## 6.1.5.2.2 停止機能

- ・三つの停止カテゴリそれぞれについて、規格は以下の事を要求している。停止カテゴリ0と1は、自動や手動などの運転モードに関係なく働かなければならない。
- 停止機能は、起動機能より優先的に機能しなければならない。  
必要により、保護機器及びインターロック機器が接続できなければならない。

保護機器及びインターロックが機械を停止させる場合、そのことを制御システムの論理回路に伝える必要がある。

停止機能をリセットしても危険な状態を引き起こしてはならない。

## 6.1.5 制御回路及び制御機能

### 6.1.5.2 制御機能

#### 6.1.5.2.3 運転モード

○規格の要求事項  
□解釈・事例・基準

- モード選択によって危険状態が起こり得る場合は、適切な手段(例えば、キースイッチ、アクセスコード)によって、無許可及び／又は不注意によるモード選択が行われることを防止すること。
- モードを選択しただけで機械が運転を開始しないこと。  
機械の起動には、モード選択とは別の起動制御を必要とすること。
- 選択したモードは、表示すること。  
(例えば、モード選択器の選択位置表示、表示灯、ディスプレイ画面によって。)

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

運転モードに関するの要求事項です。

機械は種類や用途に応じて幾つかの運転モードをもつことがあります。例えば、手動モード、自動モード、設定モード、保守モードなどです。これらのモード選択については次のような要求事項があります。

(画面読み上げ)

## 6.1.5 制御回路及び制御機能

○規格の要求事項  
□解釈・事例・基準

### 6.1.5.2 制御機能

#### 6.1.5.2.4 安全機能及び／又は保護方策の中断

- 設定(段取り変更)又は保守のために安全機能及び又は保護方策を中断する必要がある場合は、次のことによって保護を確実に達成すること。
- ・他のすべての運転(制御)モードを作動不能にする。
  - ・他の関連手段を用いる。例えば、次に示す手段の幾つかを用いる。
  - ・ホールド・ツウ・ラン機器又は同等の制御機器による運転の始動
  - ・非常停止付きの携行式操作盤(適切ならば、イネーブル機器も備える)。携行式操作盤が使用されている時は、機械の可動部の始動は、その操作盤だけから可能であること。
  - ・ケーブルレス操作盤(適切ならば、イネーブル機器も備える)。ケーブルレス操作盤が使用されている時は、機械の可動部の始動は、その操作盤だけから可能であること。
  - ・機械の動きの速度又は力を制限する手段。
  - ・機械の可動範囲を制限する手段。

※ホールドツウラン = Hold to run = 動作保持制御

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

安全機能及び／又は保護方策の中断についての要求事項です。  
例えば、段取り替えなどでロボットの動作領域に入るような場合です。  
(画面読み上げ)



## 6.1.5 制御回路及び制御機能

### 6.1.5.2 制御機能

#### 6.1.5.2.5 運転

##### 6.1.5.2.5.1 一般事項

- 安全な運転のために、必要な安全機能及び／又は保護方策(例えば、インタロック)を設けること。
- 機械がどのような理由で停止した場合でも、停止後に意図しない又は予期しない動きを防止する方策をとること。
- 複数の操作盤をもつ機械では、異なる操作盤からの指令により危険な状態とならないこと。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

運転における一般事項の説明です。  
(画面読み上げ)

- ・ここで述べてあるインターロックとは、保護インターロックのことです。規格では要求事項があり、後のシートで説明します。
- ・規格では機械の停止の理由として、ロックアウト、電源障害、バッテリー交換、ケーブルレス制御での信号断絶などを例として挙げています。このような場合でも停止後に意図しない動きを防止する方策が必要です。

## 6.1.5 制御回路及び制御機能

### 6.1.5.2 制御機能

#### 6.1.5.2.5 運転

##### 6.1.5.2.5.2 起動

○運転の起動は、関連するすべての安全機能及び／又は保護方策が有効に機能しているときだけ可能となるようにすること。

ただし、段取り変更又は保守時を除く。

○特定の運転条件に対して安全機能及び／又は保護方策を設けることができない機械では、手動操作は、ホールド ツウラン制御(イネーブル機器(デッドマンスイッチ)の併用可)によること。

○正しい順序で起動するように、適切なインタロック機能を設けること。

※ホールド ツウラン = Hold to run = 動作保持制御

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

運転の起動に関する要求事項です。  
(画面読み上げ)

## 6.1.5 制御回路及び制御機能

### 6.1.5.2 制御機能

#### 6.1.5.2.5 運転

##### 6.1.5.2.5.2 起動

○起動を指令するために複数の操作盤が必要な機械の場合、これらの各操作盤には、起動専用の制御器を設けること。

起動する条件は、次のとおりであること。

- ・機械の運転に必要な条件がすべて満たされている事
- ・すべての起動制御器がオフ位置にある事
- ・すべての起動制御器が並行して操作する事

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

運転の起動に関する要求事項の続きです。  
(画面読み上げ)

## 6.1.5 制御回路及び制御機能

### 6.1.5.2 制御機能

#### 6.1.5.2.5 運転

##### 6.1.5.2.5.3 停止

- 停止機能は、起動機能に割り込みして作動すること。
- 停止機能をリセットしたとき、危険状態を引き起こさないこと。
- 複数の操作盤を設ける場合は、必要に応じて、停止指令はどの操作盤からも有効に作動すること。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

運転の停止に関するの要求事項です。

(画面読み上げ)

- ・「起動機能に割り込みして作動すること」とは、停止機能は起動機能に優先して作動しなければならないということです。

## 6.1.5 制御回路及び制御機能

### 6.1.5.2 制御機能

#### 6.1.5.2.5 運転

##### 6.1.5.2.5.4 非常操作(非常停止、非常遮断)

###### 6.1.5.2.5.4.1 一般事項

###### ①非常停止

危険になったプロセス又は運動を停止させるための非常操作

###### ②非常スイッチングオフ(非常遮断)

感電のリスク又は電気に起因するその他のリスクを発生した設備の全体又はその一部に対し、電気エネルギーの供給を遮断するための非常操作

○上記①②の操作の効果は、停止指令を解除するまで持続すること。

○上記①②の指令の解除は、その指令操作を行った場所での手動操作によってだけ可能であること。

停止指令の解除は、再起動を許すだけであって、停止指令の解除によって機械が再起動しないこと。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

「非常停止」とは、危険になったプロセス又は運動を停止させるための非常操作であり、すべてのモードにおいて他の機能および操作より優先しなければならない。

また、危険な状態を引き起こし得るアクチュエータの動力源を、他の危険を発生させることなく、できるだけ早く除去しなければなりません。

「非常スイッチオフ」とは、感電又は他のリスクが発生した設備に対して電気エネルギーの供給を遮断するための非常操作であり、カテゴリ0の停止となります。

いずれの場合も、その解除は、その指令操作を行った場所での手動操作でのみ可能であること。また、その解除は再起動を許すだけであって、停止指令の解除によって機械が再起動してはなりません。

## 6.1.5 制御回路及び制御機能

### 6.1.5.2 制御機能

#### 6.1.5.2.5 運転

##### 6.1.5.2.5.4 非常操作(非常停止、非常遮断)

###### 6.1.5.2.5.4.1 一般事項

- すべての非常停止指令が解除されるまで、機械の再起動が可能にならないこと。
- すべての非常スイッチングオフ(非常遮断)指令が解除されるまで機械の動力の再投入が可能にならないこと。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

このページは、前ページからの続きです。

「非常停止」の場合は、それらが解除されるまで機械の再起動が可能になってはならないし、また、「非常スイッチオフ」の場合は、その指令が解除されるまで機械の動力の再投入が可能にならないこと、が要求されます。

## 6.1.5 制御回路及び制御機能

### 6.1.5.2 制御機能

#### 6.1.5.2.5 運転

##### 6.1.5.2.5.5 その他の制御機能

###### 6.1.5.2.5.5.1 ホールド ツウ ラン

○ホールド ツウ ラン制御は、機械の運転のために制御機器（押しボタンなど）の連続的操作（押し続けるなど）を必要とするものであること。

※ホールドツウラン = Hold to run = 動作保持制御

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

○規格の要求事項  
□解釈・事例・基準

「ホールド ツウ ラン制御」は「動作保持制御」とも言い、機械の運転のために押しボタンなどの制御機器の連続操作（押し続けるなど）を必要とするものである。

## 6.1.5 制御回路及び制御機能

### 6.1.5.2 制御機能

#### 6.1.5.2.5 運転

##### 6.1.5.2.5.5 その他の制御機能

###### 6.1.5.2.5.5.2 両手操作制御

○本項については、「両手操作制御（ISO13851、JIS B 9712）」に記載の内容を参照すること。

## 6.1.5 制御回路及び制御機能

### 6.1.5.2 制御機能

#### 6.1.5.2.5 運転

##### 6.1.5.2.5.5 その他の制御機能

###### 6.1.5.2.5.5.3 イネーブル制御

○イネーブル制御は、機械の運転を再開してよいときまでイネーブル機器を作動しない状態にしておくことによって、イネーブル機能が不正使用される可能性を最小にすること。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

○規格の要求事項  
□解釈・事例・基準

「両手操作制御」には3つのタイプがあり、その選択はリスクアセスメントによって決定します。詳細はJIS B 9712を参照してください。

「イネーブル制御」は、運転を再開してよい時までイネーブル機器を作動しない状態にしておくことによって、イネーブル機能が不正使用される可能性を最小にする制御である。なお、イネーブル機器については人間工学の原理を考慮した設計である必要があり、また、カテゴリ0又は1の停止につながっている必要があります。



## 6.1.5 制御回路及び制御機能

### 6.1.5.2 制御機能

#### 6.1.5.2.5 運転

##### 6.1.5.2.5.5 その他の制御機能

###### 6.1.5.2.5.5.4 起動と停止とを兼ねる制御

○機械的運動の始動と停止とを交互に指令する押しボタン及び類似機器の使用は、危険状態を招かない機能だけに限ること。

※製品リスクアセスメントとは、危険源を洗い出し、リスクの大きさに応じた安全対策を実施すること

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

起動と停止を兼ねる制御については、危険状態を招かない機能にしか用いることはできません。ここでも、リスクアセスメントが必要です。

## 6.1.5 制御回路及び制御機能

### 6.1.5.2 制御機能

#### 6.1.5.2.5 運転

##### 6.1.5.2.5.6 ケーブルレス制御

###### 6.1.5.2.5.6.1 一般事項

- 各操作盤には、どの機械がその操作盤で制御されるかが明確に分かるような表示をすること。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

この章以降では、操作盤にケーブルレス（例えば、無線や赤外線）技術を使用する制御システムへの要求が規定されています。

各操作盤には、どの機械がその操作盤で制御されているかが明確に分かるような表示が必要です。

また、操作盤の電源を容易に遮断する手段や、想定外の使用を防止するための手段（例えば、キースイッチやアクセスコードなど）を必要に応じて備えなければなりません。

## 6.1.5 制御回路及び制御機能

### 6.1.5.2 制御機能

#### 6.1.5.2.5 運転

##### 6.1.5.2.5.6 ケーブルレス制御

###### 6.1.5.2.5.6.2 制御の制限

○指令が、意図した機械だけに作用すること。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ 操作指令は意図した機械だけに作用すること。

## 6.1.5 制御回路及び制御機能

### 6.1.5.2 制御機能

#### 6.1.5.2.5 運転

##### 6.1.5.2.5.6 ケーブルレス制御

##### 6.1.5.2.5.6.3 停止

○操作盤には、運転停止機能をもち、非常停止できる場合であっても、非常停止を示すマーキング又はラベル付けをしないこと。

○ケーブルレス制御機能を備えた機械は、停止信号を受信したとき、または、ケーブルレスシステム内の障害を検出したとき、または有効な信号が規定時間内に検出されなかったときにおいて、危険な運転を防止する手段をもつこと。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ 操作盤には、運転停止機能をもち、非常停止できる場合であっても、非常停止を示すマーキング又はラベル付けをしないこと。
- ・ ケーブルレス制御機能を備えた機械は、停止信号を受信したとき、または、ケーブルレスシステム内の障害を検出したとき、または有効な信号が規定時間内に検出されなかったときにおいて、危険な運転を防止する手段をもつこと。

## 6.1.5 制御回路及び制御機能

## 6.1.5.2 制御機能

## 6.1.5.2.5 運転

## 6.1.5.2.5.6 ケーブルレス制御

## 6.1.5.2.5.6.4 複数の操作盤

- 機械が複数の操作盤をもつ場合、同時に操作可能な操作盤は1つだけとすること。  
その操作盤がどの機械を制御しているかを表示すること。

## 6.1.5 制御回路及び制御機能

## 6.1.5.2 制御機能

## 6.1.5.2.5 運転

## 6.1.5.2.5.6 ケーブルレス制御

## 6.1.5.2.5.6.5 電池を電源として用いる操作盤

- 操作盤のバッテリーの残量が少なくなったときは警告表示を出すこと。  
さらに、警告表示が出ている間、機械が危険な状態にならないようにすること。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

○規格の要求事項  
□解釈・事例・基準

- ・ 機械が複数の操作盤をもつ場合、同時に操作可能な操作盤は1つだけとすること。  
その操作盤がどの機械を制御しているかを表示すること。
- ・ 操作盤のバッテリーの残量が少なくなったときは警告表示を出すこと。  
さらに、警告表示が出ている間、機械が危険な状態にならないようにすること。

## 6.1.5 制御回路及び制御機能

## 6.1.5.3 保護インタロック

○規格の要求事項  
□解釈・事例・基準

## 6.1.5.3.1 インタロック付き安全防護物の再閉鎖又はリセット

○機械の始動によって危険が生じる場合は、安全ガードを閉めただけで機械が始動しないこと。

○起動機能インタロック付きガード(制御式ガード)に関する要求事項は、「ISO 12100-2[JIS B 9700-2]の5.3.2.5起動機能インタロック付きガード(制御式ガード)」に関する要求事項に規定されている。

## 6.1.5 制御回路及び制御機能

## 6.1.5.3 保護インタロック

## 6.1.5.3.2 作業限界からの逸脱

○機械が想定した仕様の範囲内を超えて動作する場合(例:速度、圧力、オーバーラン、過負荷、過電流等)は、センサ等を用いて機械を停止させなければならない。停止カテゴリに関しては、製品リスクアセスメントにより

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ 機械の始動によって危険が生じる場合は、安全ガードを閉めただけで機械が始動しないこと。
- ・ 起動機能インターロック付きガード(制御式ガード)に関する要求事項は、「ISO 12100 - 2[JIS B 9700 - 2]の5.3.2.5起動機能インターロック付きガード(制御式ガード)」に関する要求事項に規定されている。
- ・ 機械が想定した仕様の範囲内を超えて動作する場合(例:速度、圧力、オーバーラン、過負荷、過電流等)は、センサ等を用いて機械を停止させなければならない。停止カテゴリに関しては、製品リスクアセスメントにより決定する。  
製品リスクアセスメントとは、危険源を洗い出し、リスクの大きさに応じた安全対策を実施することをいう。

## 6.1.5 制御回路及び制御機能 6.1.5.3 保護インタロック 6.1.5.3.3 補助機能の作動

○規格の要求事項  
□解釈・事例・基準

- 補助機能に用いる電動機又は機器にはインタロック機能を備えることにより、機械そのものを破壊するような危険状態を招かないようにすること。(例：潤滑用の注油、冷却剤供給、切りくず除去 等)

※製品リスクアセスメントとは、危険源を洗い出し、リスクの大きさに応じた安全対策を実施すること

## 6.1.5 制御回路及び制御機能 6.1.5.3 保護インタロック 6.1.5.3.4 異なる作動及び相反する動きを防止するインタロック

- 機械を動作させるための駆動機器の相反する動作が危険を生じる場合、それを回避するインタロックを設けること。  
○二つ以上の制御装置をもち連携して稼働する一群の機械は、制御装置間で必要な協調をとること。

## 6.1.5 制御回路及び制御機能 6.1.5.3 保護インタロック 6.1.5.3.5 回生制動

- 回生制動だけでの制動制御はしないこと。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・補助機能に用いる電動機又は機器にはインターロック機能を備えることにより、機械そのものを破壊するような危険状態を招かないようにすること。
- ・機械を動作させるための駆動機器の相反する動作が危険を生じる場合、それを回避するインターロックを設けること。  
二つ以上の制御装置をもち連携して稼働する一群の機械は、制御装置間で必要な協調をとること。
- ・回生制動を行う場合、回生制動だけでの制動制御はしないこと。

## 6.1.5 制御回路及び制御機能 6.1.5.4 故障時の制御機能 6.1.5.4.1 一般要求

○規格の要求事項  
□解釈・事例・基準

○機械の故障や損傷による危険が生じる可能性を最小限に抑える手段を講じること。

## 6.1.5 制御回路及び制御機能 6.1.5.4 故障時の制御機能 6.1.5.4.2 故障時のリスクを最小にする方策

○例として、以下の措置が挙げられるが、これだけに限定されない。

- ・実証された回路技術及び部品の使用
- ・部分的又は全体的冗長性の採用（2重の安全性を考慮する。）
- ・多様化設計の採用  
（二重安全の確保のために必要があれば多様性も考慮する。）
- ・機能試験の採用
  - ・故障した時の現象を想定して、評価試験を行う。
  - ・実施時期及び試験項目は設備毎に設定し、機能試験を実施する。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・機械の故障や損傷による危険が生じる可能性を最小限に抑える手段を講じること。
  - ・故障時のリスクを最小にする方策の例として
    - ・実証された回路技術及び部品の使用
    - ・部分的又は全体的冗長性の採用（2重の安全性を考慮する。）
    - ・多様化設計の採用  
（二重安全の確保のために必要があれば多様性も考慮する。）
    - ・機能試験の採用
      - ・故障した時の現象を想定して、評価試験を行う。
      - ・実施時期及び試験項目は設備毎に設定し、機能試験を実施する。
- の措置が挙げられるが、これだけに限定されない。



## 6.1.5 制御回路及び制御機能

### 6.1.5.4 故障時の制御機能

#### 6.1.5.4.3 地絡、瞬時停電及び導通不良による誤作動に対する保護

○制御回路の地絡が、予期しない起動及び危険な運動を引き起こすこと、又は機械の停止を妨げることがあってはならない。

(接地:アース、グラウンドと同じ意味

地絡:電気を大地に逃がすためにつなぐアースのこと。)

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

制御回路が地絡した場合、予期しない起動や危険な運動が起きてはならず、また停止機能が作動しなくなることがあってはならない。

## 6.1.5 制御回路及び制御機能

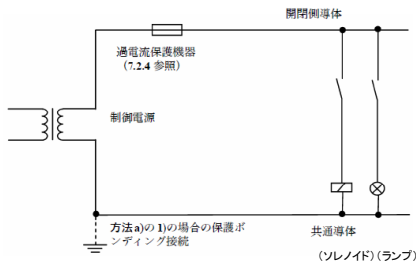
## 6.1.5.4 故障時の制御機能

○規格の要求事項  
□解釈・事例・基準

## 6.1.5.4.3 地絡、瞬時停電及び導通不良による誤作動に対する保護

## 方法A:

制御変圧器から給電するが、制御用電源の一旦を保護ボンディング回路に接続しない場合には、地絡発生時に自動的に回路を遮断する機器を設ける。

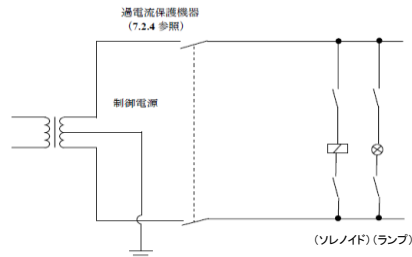


出典: JISB9960-1

## 方法B:

中間タップ付き制御変圧器から制御回路に電源を供給し、中間タップを保護ボンディング

回路に接続する場合、すべての制御回路電源導体を開閉する過電流保護機器を設ける。



出典: JISB9960-1

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

## 保護ボンディング回路の構成

- (1) 保護導体及びPE端子の相互接続
- (2) 露出導電性部分の接続
- (3) 保護導体として用いる電気装置取付けプレートへの保護導体の接続
- (4) 電気装置の導電性構造部分の接続
- (5) 機械の導電性構造部分

## 6.1.5 制御回路及び制御機能

○規格の要求事項  
□解釈・事例・基準

### 6.1.5.4 故障時の制御機能

#### 6.1.5.4.3 地絡、瞬時停電及び導通不良による誤作動に対する保護

○瞬時6停電による不具合(※1)を防止する為に、UPS(※2)やコンデンサを使用すること。

※1 例： 動作中の暴走や落下等の危険。  
データトラッキングのデータ喪失。  
デスクトップPCによるPC制御の停止。

※2 UPS: Uninterruptible power supply:無停電電源装置

○安全関連制御回路に用いるしゅう動接点の接触不良が、危険状態を招く可能性がある場合は、適切な方策をとること。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

停電による重力軸（垂直軸）の落下の危険に対しては、無励磁作動形ブレーキなどがある。

## 6.1.6 オペレータインタフェース及び機械に取り付けた制御機器

### 6.1.6.1 一般事項

○規格の要求事項  
□解釈・事例・基準

#### 6.1.6.1.1 制御機器に対する一般要求事項

- 制御機器用エンクロージャの外に取り付ける制御機器に対する要求事項を規定する。
- 制御機器用エンクロージャの外に取り付ける制御機器の選択、取付け、識別、配置検討は、IEC61310(JIS B 9706)に従うこと。
- 不注意による誤操作が起こる可能性を最小にすること。
- 機械の危険な運転を抑止するために、タッチスクリーン、キーパッド、キーボードなどの操作機器の選択、配列、プログラミング及び使用に特に配慮すること。



出典：写真 平田機工(株)よりご提供

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

例えば、起動は、動きの方向などが直感的に解る操作機器を使用すると良い。  
また、操作に迷いが生じると誤操作の原因となる。

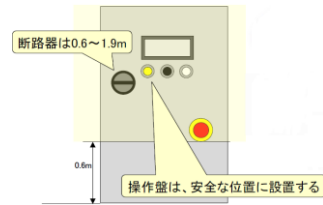
## 6.1.6 オペレータインタフェース及び機械に取り付けた制御機器

### 6.1.6.1 一般事項

#### 6.1.6.1.2 配置及び取付け

○規格の要求事項  
□解釈・事例・基準

- 制御機器の配置及び取付けは、次のことを満足しなければならない。
  - ・作業及び保全のために容易にアクセスできる。
  - ・材料運搬などの行為による損傷を最小にする。
- 手動操作の制御機器の取付けは、次のことを満足しなければならない。
  - ・作業床面から0.6 m 以上の高さで、オペレータの通常の作業位置から容易に届く範囲にある。
  - ・操作する制御機器は、安全な場所に設置する。
- 足操作の制御機器の取付けは、次のことを満足しなければならない。
  - ・作業床面から容易に操作できる。
  - ・操作する制御機器は、安全な場所に設置する。



出典：日本機械工業連合会機械安全国際規格の紹介～ISO13849-2、IEC60204-1～  
(講演会資料より)

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

特に非常停止などの安全機器は容易にアクセスできるように配慮する必要がある。

## 6.1.6 オペレータインタフェース及び機械に取り付けた制御機器

○規格の要求事項  
□解釈・事例・基準

### 6.1.6.1 一般事項

#### 6.1.6.1.3 保護

- 保護等級 (IEC 60529 [JIS C 0920]参照) 及びその他の適切な措置は、次に対する保護に備えた妥当なものであること。
  - ・機械で用いる又は物理的に存在しうる液体・蒸気・ガスの影響
  - ・汚染物 (例: 削りくず、塵埃、微粒子) の侵入
- オペレータインタフェース用の制御機器は、直接接触に対する保護等級を、少なくともIPXXD (※参照) とすること。

※IPXXD:

針金 (直径1mm、長さ100mm) による接近に対して保護する

※IP54:

防塵形、飛沫による水の浸入に対して保護する

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

### 保護の例

パッキン、水切り構造、エアパーージ (装置内の加圧) などがある。

保護等級の末尾は

A: 手 B: 指 C: 工具 D: ワイヤ

が侵入できない保護構造を意味する。

## 6.1.6 オペレータインタフェース及び機械に取り付けた制御機器

## 6.1.6.1 一般事項

## 6.1.6.1.4 位置センサ

○位置センサは、損傷しないように取り付けること。

○安全関連制御機能の回路に用いる位置センサは、故障時のリスクを最小にする方策をとらなければならない。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ 位置を検出するセンサ、例えばドグによって押されるリミットスイッチや近接スイッチなどは、移動体が可動範囲を超えて移動した場合でも、損傷しないように取り付ける必要がある。
- ・ 特に安全制御の回路に用いる位置センサ、例えばストロークリミットを検出して非常停止をかけるようなスイッチは、故障のリスクを最小にする為、スイッチが押された場合に、ばね等の要素を介せず、機械的に直接接点を開くような構造のものを用いる必要がある。

## 6.1.6 オペレータインタフェース及び機械に取り付けた制御機器

○規格の要求事項  
□解釈・事例・基準

## 6.1.6.1 一般事項

## 6.1.6.1.5 携行式操作盤、ペンダント系操作盤

○衝撃及び振動(例えば、操作盤の落下、障害物との衝突など)によって、機械が不意に作動する可能性が最小になるように選択し、配置すること。

<参考>

IEC60068-2-31(JIS C 60068-2-31)

環境試験—電気・電子—第2-31部:落下試験及び転倒試験方法

表 1—落下の高さ

供試品の質量 kg	落下の高さ <sup>a)</sup> mm
10 以上 50 未満	25
1 以上 10 未満	50, 100, 250, 500
1 未満	750, 1 000, 1 500

注記 供試品の質量が 50 kg 以上の場合は、附属書 B を参照する。  
注<sup>a)</sup> 大字で示した高さを推奨する。  
注<sup>b)</sup> 輸送用のケースに入った供試品又は包装した供試品の場合は、JIS Z 0200 に規定する落下の高さを用いる。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ 移動可能な操作盤は、移動中（持ち運び中）に障害物に衝突する、あるいは落下させてしまった場合の衝撃や振動などで、機械が不意に作動する可能性を最小にする必要がある。



## 6.1.6 オペレータインタフェース及び機械に取り付けた制御機器

## 6.1.6.2 押しボタン 6.1.6.2.1 色

○規格の要求事項  
□解釈・事例・基準

○押しボタンの色は、下左表によって色分けされなければならない。

表 2-押しボタン形アクチュエータの色及び意味

色	意味	説明	適用例	押しボタン名称	標準色	備考
赤	非常	危険状態又は非常時の操作に用いる。	非常停止	非常停止	赤	
黄	異常	異常発生時の操作に用いる。	異常状態の始動 (10.2.1も参照)。 異常状態を抑制するための介入。 中断した自動サイクルを再始動するための介入。	運転準備	緑	白も使用可
青	強制	必ず (強) の操作に用いる。	解除 (リセット) 機能	運転	白	赤は使用できない
緑	正常	正常状態の始動操作に用いる。	(10.2.1参照)	サイクル停止	黒	赤も使用可、緑は使用できない
白	規定しない。	非常停止以外の機能の一般的始動操作に用いる (注記参照)。	起動 (オン) 停止 (オフ) ("起動" に用いることを優先。)	プザー停止	黒	
灰			起動 (オン) 停止 (オフ)	異常リセット	黄	
黒			起動 (オン) 停止 (オフ) ("停止" に用いることを優先)	ランプチェック	黒	補足 1) 参照
				アクチュエータ操作	緑	白、黒、灰も使用可

(補足 1) JIS B 9960-1:2005 10.3.1 一般  
警告灯に用いる表示灯回路は、これら表示灯が動作可能かどうかを確認する機能を装備しなければならない。(ランプチェック)

注記 押しボタン形アクチュエータを識別するための補助手段 (例えば、形、位置、感触) を用いる場合には、異なる機能に同じ色 (白、灰、又は黒) を用いてもよい。例えば、始動 (オン) と停止 (オフ) に白を用いてもよい。

## 6.1.6 オペレータインタフェース及び機械に取り付けた制御機器

## 6.1.6.2 押しボタン 6.1.6.2.2 マーキング

○機能表示 (IEC 60204-1 の 16.3) を参照すること。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- 押しボタンの色は、その機能によって、表のように色分けしなければならない。  
例えば；  
非常停止など危険状態での停止に用いるボタンは赤色。  
中断したサイクル (例えば一連の工具交換動作) を再始動するボタンは黄色。  
機能の解除 (リセット) を行うボタンは青色。  
機械を運転準備完了状態とするような正常始動のボタンは緑色。  
その他の動作 (クーラントやチップコンベヤなど) のオンは白色を優先し、オフは黒色を優先するが、オン、オフ、交互にオンオフするボタンを含め、白、灰、黒を組み合わせても良い。
- 押しボタンには、その機能によってマークを付けなければならない  
例えば、オンを示す記号、オフを示す記号、交互にオン/オフすることを示す記号、押ししている間だけオンすることを示す記号など。  
(記号一覧は、IEC 60204-1、又は JIS B 9960-1 を参照のこと)

## 6.1.6 オペレータインタフェース及び機械に取り付けた制御機器

○規格の要求事項  
□解釈・事例・基準

### 6.1.6.3 表示灯及び表示器

#### 6.1.6.3.1 一般

- 表示灯及び表示器は、オペレータの通常の位置から見えるように、選択、取付けをすること。
- 警告表示に用いる表示灯回路には、表示灯の作動をテストする手段を備えること。



出典：写真 平田機工(株)よりご提供

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ 表示灯（状態表示ランプなど）及び表示器は、オペレータが通常作業している位置から見える場所に配置しなければならない。
- ・ 差し迫った危険を示す表示灯は、その回路が正常に機能していることをテストして表示できる手段を備える必要がある。  
例えば、ランプの作動を確認する為の押しボタンなど。

## 6.1.6 オペレータインタフェース及び機械に取り付けた制御機器

○規格の要求事項  
□解釈・事例・基準

## 6.1.6.3 表示灯及び表示器

## 6.1.6.3.2 色

○表示灯の色は、下表に従って色分けすること。

表 4-表示灯の色が意味する機械の状態

色	意味	説明（機械の状態）	オペレータに求める行動
赤	非常	危険状態	危険状態への即時対応 (例えば、機械電源のスイッチングオフ、危険状態を警戒して機械を離れる。)
黄	異常	異常状態 危険が差し迫った状態	監視及び/又は介入 (例えば、意図した機能を再実行する。)
青	強制	オペレータの行動を必要とする状態	必ず(須)の行動
緑	正常	正常状態	任意
白	中立	その他の状態。赤、黄、緑、青の使用に疑問がある場合。	監視

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・表示灯（状態表示ランプなど）の色は、表に従って色分けしなければならない。  
例えば；  
オペレータへの即時の対応を求める危険状態の表示は赤色。  
オペレータへの規定の対応や介入を求める異常状態の表示は黄色。  
必ず行わなければならない行動を示す表示は青色。  
正常状態を示す表示は緑色。  
モータなどのオンを示す表示は白色。

## 6.1.6 オペレータインタフェース及び機械に取り付けた制御機器

○規格の要求事項  
□解釈・事例・基準

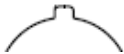
## 6.1.6.4 照光式押しボタン

- 10.2.1及び10.3.2の表による色分けをすること。
- 非常停止用ボタンは、照光式押しボタンではないこと。

## 6.1.6 オペレータインタフェース及び機械に取り付けた制御機器

## 6.1.6.5 回転式制御機器

- 回転式の制御機器は、固定部が回転しないように取り付けること。



\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・内部のランプなどが組み込まれていて、ボタン自体が光るような照光式の押しボタンについては、通常の押しボタンにおける色分けと同じ色を用いなければならないが、非常停止ボタンについては、照光式ではなく、ボタン自体を赤色にしなくてはならない。
- ・セレクタスイッチやポテンショメータなど回して操作する制御機器は、操作パネルに対し機器自体が回ってしまうことが無いような手段を設けることが必要。  
一般的に、そのような制御機器には取り付け部の1か所に突起があり、回り止めになっていることが多い。

## 6.1.6 オペレータインタフェース及び機械に取り付けた制御機器

○規格の要求事項  
□解釈・事例・基準

### 6.1.6.6 起動機器

○起動ボタンは、不注意による誤操作が最小になるように組立て、取付けをすること。



出典：写真 平田機工(株)よりご提供

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・起動釦は、不注意による誤操作が最小になるように組立、取付をすること。
- ・起動用のアクチュエータは白色が望ましい。緑色、灰色、黒色の使用も許されるが赤色を使用してはいけない。
- ・起動及び停止を交互に機能する押しボタン(オルタネイト)及び押すと起動、放すと停止の押しボタン(ホールドトゥラン)は白色、黒色、灰色が望ましい。赤色、黄色、緑色を使用してはいけない。

## 6.1.6 オペレータインタフェース及び機械に取り付けた制御機器

### 6.1.6.7 非常停止用機器

#### 6.1.6.7.1 非常停止用機器の配置

- 非常停止用機器は、容易にアクセスできるように配置すること。
- 非常停止用機器は、すべての操作盤に配置すること。  
又は、非常停止操作が必要となるその他の位置に配置すること。
  
- 非常停止状態にあるかどうかの区別をすること。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・非常停止ボタンを設置する場所については、十分に検討する必要がある。
- ・定位置にいるオペレーターが直ちに押せる場所か、機械設備の周辺に置かれ得る様々なものが邪魔にならない場所か、すべてのオペレーターの配置位置の近辺に配置されるかなど、どんな状況にあっても必要なときは直ちに押せるように配置しなければならない。

## 6.1.6 オペレータインタフェース及び機械に取り付けた制御機器

○規格の要求事項  
□解釈・事例・基準

## 6.1.6.7 非常停止用機器

## 6.1.6.7.2 アクチュエータの色

- 非常停止用機器の色は赤とすること。
- 非常停止用機器のすぐ背後の色は黄とすること。

## 6.1.6 オペレータインタフェース及び機械に取り付けた制御機器

## 6.1.6.7 非常停止用機器

## 6.1.6.7.3 非常停止に用いる電源断路器の直接操作

- 電源断路機器の直接操作を非常停止の目的としても使用する場合は、操作部を赤、背後の色は黄とすること。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・非常停止機器は、赤色でスイッチの周辺には黄色を配色することで一層目立つようにすることが要求されている。
- ・非常停止機器のリセットをボタンの回転によって行う場合、リセットの方向を表示する矢印はアクチュエータと同色又は近似色である機器を選定すること。(引用IEC60947-5-5、ISO13850)

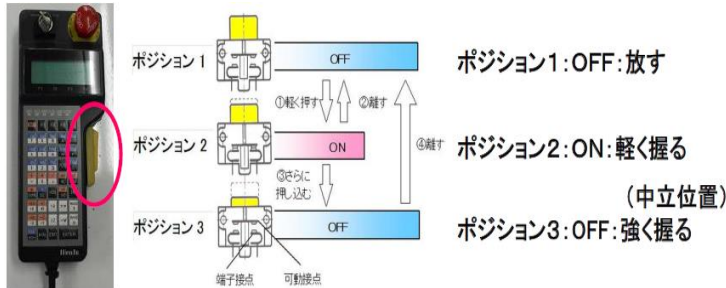
## 6.1.6 オペレータインタフェース及び機械に取り付けた制御機器

○規格の要求事項  
□解釈・事例・基準

## 6.1.6.8 イネーブル制御機器

○イネーブル制御機器は、3ポジションタイプのもを使用すること。  
中間位置(ポジション2の位置)でのみ運転が許可されること。

□下図



出典: 写真 平田機工(株)よりご提供

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・イネーブル制御機器は、柵内などの危険領域において、作業者がメンテナンス等の非正常作業を行う際、ロボットなどの機械の予期しない動作から回避するために使用する機器です。
- ・イネーブル制御機器が中立位置(ポジション2)にあるときにロボットなどは動作します。
- ・人間が危険を感じた際にスイッチを放したり(ポジション1)、強く握ったり(ポジション3)する動作によってロボットなどは停止し、安全を確保することができます。



## 6.1.7 制御装置:配置、取付け及びエンクロージャ

○規格の要求事項  
□解釈・事例・基準

### 6.1.7.1 一般要求事項

- 制御機器(端子含む)は、それらの部品又は配線を外さずに識別できるような位置、向きに配置すること。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

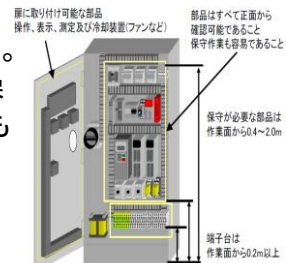
- ・制御装置の配置、機器取付は電線が配線された状態で機器の名称が識別できる位置、向きに配置すること

### 6.1.7 制御装置:配置、取付け及びエンクロージャ

#### 6.1.7.2 配置及び取付け

##### 6.1.7.2.1 接近性及び保全性

- 制御機器は、操作及び保全を前面から容易に行えるように取り付けること。
- 機器の調整、保全、取外しに特殊な工具が必要な場合は、その工具を納入すること。
- 定期的保全、調整が必要な機器は、作業床面の上方0.4mから2.0mまでの高さに取り付けること。
- 端子は、作業床面から0.2m以上の高さに設けること。
- エンクロージャ(制御盤、制御ボックス)の扉には、操作・表示・測定及び冷却のための機器のみ取り付けても良い。
- ティーチペンダントや携行型操作盤をエンクロージャ(制御盤、制御ボックス)に接続して使用する際には、誤接続を防止するためにマーキングによって識別すること。



出典：日本機械工業連合会機械安全国際規格の紹介～ISO13849-2、IEC60204-1～  
 \* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。(講演会資料より)

- ・制御機器は操作及び保全を前面から容易に行えるように取付なければならない。
- ・機器の調整等に特殊工具が必要となる場合には工具を備え付けること。
- ・エンクロージャは床面から0.4m以上、2m以下に機器が備え付けられること。
- ・エンクロージャは床面から0.2m以上に備え付けられること。
- ・エンクロージャの扉には操作、表示、測定及び冷却のための機器のみ取り付けることができる。
- ・ティーチペンダント、携行型操作盤をエンクロージャに接続する場合、誤接続を防止する為、マーキングによる識別を行うこと。

### 6.1.7 制御装置：配置、取付け及びエンクロージャ

#### 6.1.7.2 配置及び取付け

##### 6.1.7.2.1 接近性及び保全性

○複数の同一形状プラグイン形式の機器は、誤挿入できない構造にすること。

○プラグ・ソケット対(コネクタ)は、これへのアクセスを妨げるものがない位置に取り付けること。  
測定箇所もアクセス可能であること。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

複数の同一タイプのコネクタを使用する場合は、誤挿入防止を考慮することが大切である。また、コネクタへのアクセスは、容易であること。

## 6.1.7 制御装置：配置、取付け及びエンクロージャ

### 6.1.7.2 配置及び取付け

○規格の要求事項  
□解釈・事例・基準

#### 6.1.7.2.2 隔離又はグループ分け

- エンクロージャ(制御盤、制御ボックス)内には、電気装置、電気機器以外(例：電磁弁等)は取り付けないこと。
- 同一制御盤内に配置する機器は、入力電源(1次電源)に接続される機器と、制御電源(2次電源)に接続される機器にグループ分けをすること。

出典：写真 平田機工(株)よりご提供



青：入力電源に接続される機器  
赤：制御電源に接続される機器

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

制御盤内には、ソレノイド等の油空圧機器は取り付けてはならない。  
制御盤内機器配置は、極力電力回路と制御回路が分離するよう  
考慮すること。

## 6.1.7 制御装置：配置、取付け及びエンクロージャ

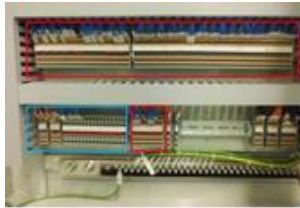
### 6.1.7.2 配置及び取付け

#### 6.1.7.2.2 隔離又はグループ分け

○端子は、次のグループに分けること。

- ・電力回路
- ・制御回路
- ・外部電源から給電される他の制御回路  
(例えば、インタロック回路)

○規格の要求事項  
□解釈・事例・基準



出典：写真 平田機工(株)よりご提供

**青：電力回路**  
**赤：制御回路**

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

端子台においても電力回路と制御回路が混在しないよう配慮のこと。

## 6.1.7 制御装置：配置、取付け及びエンクロージャ

### 6.1.7.2 配置及び取付け

#### 6.1.7.2.2 隔離又はグループ分け

○制御機器の配置は、その機器の供給者が定める空間距離及び沿面距離を確保すること。

以下、参照

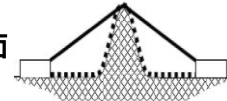
規格：IEC60950-1：JIS C 6950-1：情報技術機器～安全性～ 第1部：一般要求事項 より

・空間距離 (clearance) :

異なる2つの導電部相互間又は充電部と機器の境界表面との間を、空間で測定した場合の最短距離。

・沿面距離 (creepage distance) :

異なる2つの導電部相互間又は充電部と機器の境界表面との間を、絶縁物の表面に沿って測定した場合の最短距離。



— : 空間距離  
 ... : 沿面距離

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

制御機器の配置は、機器メーカー発行の機器取付要項を満たすよう設計すること。

## 6.1.7 制御装置：配置、取付け及びエンクロージャ

### 6.1.7.2 配置及び取付け

#### 6.1.7.2.3 熱の影響

○規格の要求事項  
□解釈・事例・基準

- 発熱する構成部品（例えば、放熱器、電力用抵抗器）は、周囲の各部品の温度が許容値以内になるように配置すること。



出典：写真 平田機工(株)よりご提供

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

制御盤内機器の発熱量を考慮し、必要に応じて熱交換器、盤クーラーを設置のこと。

## 6.1.7 制御装置：配置、取付け及びエンクロージャ

○規格の要求事項  
□解釈・事例・基準

## 6.1.7.3 保護等級

エンクロージャの種類	保護等級 (IPコード)	IPコードの意味
制御機器のエンクロージャ	IP22	直径12.5mm以上の固形物及び指の侵入を防止。 鉛直±15°からの落下水から保護。
大型装置だけを 収納する換気式エンクロージャ	IP10	直径50mm以上の固形物の侵入を防止。 人体の侵入防止及び防水性は問わない。
その他の装置を収納する換気式 エンクロージャ	IP32	直径2.5mm以上の固形物及び工具による侵入を防止。 散水による水の浸入を防止。
一般産業用 エンクロージャ	IP32	同上。
	IP43	直径1mm以上の固形物及び針金の侵入を防止。 散水による水の浸入を防止。
	IP54	防塵形で、針金の侵入を防止。 飛沫による水の浸入を防止。
低圧洗浄水がかかる場所で用いる エンクロージャ	IP55	防塵形で、針金の侵入を防止。 噴流による水の浸入を防止。
粉塵に対して保護する エンクロージャ	IP65	耐塵形で、針金の侵入を防止。 噴流による水の浸入を防止。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

制御盤設計の際は、盤内への固形物、水の侵入を考慮すること。  
保護等級（IPXX）を目安にすること。



## 6.1.7 制御装置:配置、取付け及びエンクロージャ

○規格の要求事項  
□解釈・事例・基準

## 6.1.7.3 保護等級

## &lt;保護等級の解説&gt;

JIS B 9960-1:2008の附属書JC(参考)エンクロージャの保護等級

## ・保護等級(IPコード)の意味

- ・エンクロージャの保護等級とは、エンクロージャによる危険な箇所へ人体部分が接近することに対する保護、並びに外来固形物の侵入及び／又は水の浸入に対する保護の割合を表す等級である。
- ・保護等級は次のように表される。文字及び数字の意味は、表JC.1による。

IP□○△◇ □:第1特性数字(0~6までの数字又は文字X)  
○:第2特性数字(0~8までの数字又は文字X)  
△:付加文字(オプション、文字A、B、C、D)  
◇:補助文字(オプション、文字H、M、S、W)

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

保護等級は、IPコードと呼ばれる事が多く、IPに続く数字とアルファベットで表されます。(IP□○△◇)

IPに続く、□は、人体・固形物体に対する保護を表し

○は、水の浸入に対する保護を表します。

ちなみに、IPは、Ingress Protectionで、直訳すると、

「進入に対する保護」となります。

## 6.1.7 制御装置：配置、取付け及びエンクロージャ

## 6.1.7.3 保護等級

○規格の要求事項  
□解釈・事例・基準

## &lt;保護等級の解説&gt;

JIS B 9960-1:2008の附属書JC(参考)エンクロージャの保護等級

## ・表JC.1-IPコードの意味

等級	電気機器に対する保護	人に対する保護	
第1特殊文字	外來固形物の侵入	危険な場所への接近	
	0	無保護	
	1	直径≥50mm	こぶしによる
	2	直径≥12.5mm	指による
	3	直径≥2.5mm	工具による
	4	直径≥1.0mm	針金による
	5	防じん(塵)形	針金による
第2特殊文字	防じん(塵)形	針金による	
	6	等級0~6を特定しない。	同左
	X	有害な影響を伴う水の浸入	
	0	無保護	
	1	鉛直落下	
	2	偏向落下 (鉛直±15°)	
	3	散水 (spraying)	
4	飛まつ (splashing)		
5	噴流 (jetting)		
6	強噴流		
7	一時的潜水		
8	継続的潜水		
X	等級0~8を特定しない。		
付加文字 (オプション)		危険な場所への接近	
	A	こぶしによる	
	B	指による	
	C	工具による	
補助文字 (オプション)	D	針金による	
	H	補助表示	
	S	高圧機器	
	M	水の試験中動作させる	
	W	水の試験中停止させる	
	気象条件		

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

第1特殊文字は、前ページの□に当たり、“保護無し”を表す「0」から、“完全な防じん構造”を表す「6」までに区分されます。なお、等級0~6までに分類しない、保護構造がなんでも良い場合は、「X」で表します。

第2特殊文字は、前ページの○に当たり、水の浸入の耐性で、「0」の”保護なし”から、水面下でも使える「8」までに分類されます。耐水性能を求めない場合は、「X」で表します。

第3、第4の文字は、オプションで、第1と第2を補完する内容で、通常は、空欄（指定しない）になります。

## 6.1.7 制御装置：配置、取付け及びエンクロージャ

## 6.1.7.3 保護等級

## &lt;保護等級の解説&gt;

## JIS B 9960-1：2008の附属書JC(参考)エンクロージャの保護等級

・IEC60204-1 (JIS B 9960-1) が要求する保護等級及びその意味を表JC.2に示す。

・表JC.2-この規格が要求する保護等級及びその意味

箇所 種別	エンクロージャの種類	要求保護等級 (IPコード)	IPコードの意味
6.2.1	人が近づける場所にある 電気装置を覆うエンクロージャ	IP4X、又は	直径1mm以上の固形物及び針金の侵入を 防止。防水性は問わない。
		IPXXD	針金の侵入を防止。防水性は問わない。
6.2.2	充電部を覆うエンクロージャ ・断路器をオフにした後も充電が 残る部分を覆うエンクロージャ 人が容易に近づける充電部の 上面を覆うエンクロージャ	IP2X、又は	直径12.5mm以上の固形物及び 指の侵入を防止。防水性は問わない。
		IPXXB	指の侵入を防止。防水性は問わない。
		IP4X、又は	直径1mm以上の固形物及び針金の 侵入を防止。防水性は問わない。
		IPXXD	針金の侵入を防止。防水性は問わない。
6.2.4	扉の内部にあるその他の充電部を 覆うエンクロージャ	IP1X、又は	直径50mm以上の固形物及びこぶしの 侵入を防止。防水性は問わない。
		IPXXA	こぶしの侵入を防止。防水性は問わない。
10.1.3	引き抜いたとき導体が露出し、 1秒以内に放電しないプラグ類を覆 うエンクロージャ	IP2X、又は	直径12.5mm以上の固形物及び指の侵入を 防止。防水性は問わない。
		IPXXB	指の侵入を防止。防水性は問わない。
11.3	オペレーターインタフェース機器の充 電部を覆うエンクロージャ 制御機器のエンクロージャ 大型装置だけを収納する 機殻式エンクロージャ その他の装置を収納する 機殻式エンクロージャ 一般産業用エンクロージャ	IPXXD	針金の侵入を防止。防水性は問わない。
		IP22	直径12.5mm以上の固形物及び指の侵入を 防止。鉛直±15°からの落下水から保護。
		IP10	直径50mm以上の固形物の侵入を防止。 人体の侵入防止及び防水性は問わない。
		IP32	直径2.5mm以上の固形物及び工具による 侵入を防止。散水による水の浸入を防止。
		IP43	同上。
		IP45	直径1mm以上の固形物及び針金の侵入を 防止。散水による水の浸入を防止。
		IP54	防塵形で、針金の侵入を防止。
11.3	居住洗浄水がかかる場所で用いる エンクロージャ 防塵に引いて保護する エンクロージャ スリッパフック機構を収納した エンクロージャ	IP55	飛まつによる水の浸入を防止。 防塵形で、針金の侵入を防止。
		IP65	噴流による水の浸入を防止。
		IP65	防塵形で、針金の侵入を防止。
		IP2X	噴流による水の浸入を防止。 直径12.5mm以上の固形物及び指の侵入を 防止。防水性は問わない。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

この表（JC.2）は、機械に求められる、保護等級（IP）を表形式に  
まとめたものです。

一般的な産業用エンクロージャは、箇条11.3の通り、IP32, IP43又は、  
IP54の保護が要求されます。

ちなみに、多くの工作機械の電気品（CNC制御装置や、駆動ユニット  
等）は、少なくともIP54のエンクロージャ（制御盤及び制御ボック  
ス）

への取り付けを推奨しています。

○規格の要求事項  
□解釈・事例・基準

## 6.1.7 制御装置：配置、取付け及びエンクロージャ

○規格の要求事項  
□解釈・事例・基準

### 6.1.7.4 エンクロージャ(制御盤及び制御ボックス)、扉及び開口部

- エンクロージャは、通常の使用環境の要因に耐え得る材料にて構成すること。
- 内部に取り付けた表示機器を見るための窓の材料は、機械的・化学的強度をもつもの(例えば、強化ガラス、厚さ3mm以上の樹脂板)であること。
- エンクロージャの扉は、幅を0.9m以下とし、垂直に蝶番を付け、95°以上開くこと。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

エンクロージャへの規格要求事項は、9項目あります。

このページは、以下3件を書き出しています。

- 1) 使用環境に耐えうる材料の選定と、
- 2) 表示窓への強度、
- 3) 開口扉の幅(0.9m以下)

## 6.1.7 制御装置：配置、取付け及びエンクロージャ

○規格の要求事項  
□解釈・事例・基準

### 6.1.7.4 エンクロージャ(制御盤及び制御ボックス)、扉及び開口部

○扉・ふた・カバーとエンクロージャ間のジョイント又はガスケットは、機械に使用される各種の油、洗浄剤、腐食性液体、蒸気又はガスの化学作用に耐えられるものがあること。



スポンジで挟み込む

出典：写真 平田機工(株)よりご提供

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

このページは、エンクロージャの開口部分やケーブル引き込み用の開口部などへの対応を示しています。写真は、パッキンやガスケットを取り付けたエンクロージャの例になります。

## 6.1.7 制御装置：配置、取付け及びエンクロージャ

○規格の要求事項  
□解釈・事例・基準

### 6.1.7.4 エンクロージャ(制御盤及び制御ボックス)、扉及び開口部

- エンクロージャの開口部には、保護等級を確保する手段を講じること。
- ケーブル引込み用の開口部は、現場で容易に開けられるものであること。
  
- エンクロージャには、冷却剤、潤滑油、作動油が入っている区画を設けないこと。
- エンクロージャに取付け孔がある場合は、取付け後それらの孔が必要な保護を損なわないようにすること。
- エンクロージャ内に配置する機器は、熱の影響による劣化を防止するように配置すること。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

このページは、エンクロージャの開口部及び、配置する機器の熱に対する考慮すべき事項として、5項目を書き出しています。

## 6.1.8 導体及びケーブル

### 6.1.8.1 一般要求事項

- 導体及びケーブルは、使用条件に適切なものを選択すること。  
(周囲温度、水又は腐食性物質の存在、機械的応力、火災の危険)

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

ここから導体及びケーブルについての要求事項を説明します。

#### 6.1.8.1 一般要求事項

まず、一般要求事項ですが、導体及びケーブルは、使用条件に適切なものを選択する必要があります。使用条件としては周囲温度、水や腐食性物質が存在するか、機械的応力はどの程度かかるか、火災の危険源はないかななどを考慮する必要があります。

## 6.1.8 導体及びケーブル

## 6.1.8.2 導体

○規格の要求事項  
□解釈・事例・基準

○導体には銅を用いること。

○導体の断面積は、表5に示す値未満であってはならない。

<表5: 銅導体の最小断面積 単位:mm<sup>2</sup>>

布設場所	用途	導体、ケーブルの種類				
		単心		多心		
		可とう性 クラス5又は クラス6	非可とう性単線 (クラス1) 又はより線 (クラス2)	1心 シールド付	2心 シールドなし	3心以上 シールド付 又はなし
保護 エンクロージャ外 の配線	動力回路 (固定)	1.0	1.5	0.75	0.75	0.75
	動力回路 (頻繁に動く)	1.0	—	0.75	0.75	0.75
	制御回路	1.0	1.0	0.2	0.5	0.2
	データ通信	—	—	—	—	0.08
エンクロージャ 内の配線	動力回路 (固定)	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
	制御回路	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
	データ通信	—	—	—	—	0.08

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

導体についてですが、導体には基本的に銅を用いる必要があります。

また導体は表5に示す断面積以上でなければなりません。

横棒は該当がないことを示しています。また本表はあくまで適切な機械的強度を得るための断面積の最小値を規定しており、必要な断面積は導体を流れる電流も加味して算出する必要がありますのでご注意ください。



## 6.1.8 導体及びケーブル

### 6.1.8.2 導体

○規格の要求事項  
□解釈・事例・基準

<表D.4: 導体のクラス分け>

クラス	仕様	用途
1	銅の単線	固定設備
2	銅のより線	
5	フレキシブルな銅のより線	振動のある機械設備
6	クラス5より更にフレキシブルな導体を用いた銅のより線	可動部への接続用 頻繁に運動する機械装置用

クラス1とクラス2の導体は、堅固な非可動部に用いる  
クラス5とクラス6の導体は、高頻度で動かす場合に用い、可とうより線であること。

<表JE.2: 導体のクラスの意味>

クラス	仕様	用途
1	単線。材料は、銅。公称断面積は、150mm <sup>2</sup> 以下。	固定配線用
2	より線。材料は、銅。公称断面積は、0.5～2000mm <sup>2</sup> 。	
5	より線。材料は、銅。公称断面積は、0.5～630mm <sup>2</sup> 。	可とうケーブル・可とうコード用
6	より線。材料は、銅。公称断面積は、0.5～300mm <sup>2</sup> 。 導体を構成する素線の最大径がクラス5より小さい。	

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

導体は表D.4に示すクラスに分類されます。また各クラスの意味は表JE.2の通りとなります。記載の表に従い用途に応じたケーブルを選択する必要があります。

## 6.1.8 導体及びケーブル

### 6.1.8.3 絶縁被覆

○ケーブル及び導体の絶縁被覆は、次の耐電圧試験に適合すること。

- ・使用電圧が交流50V又は直流120Vを超える場合は、5分間、交流2000V以上による耐電圧試験。
- ・PELV(特別低電圧)回路の場合は、5分間、交流500V以上による耐電圧試験。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

ケーブル及び導体の絶縁被覆は、以下の耐電圧試験に適合する必要があります。

- ・使用電圧が交流50V又は直流120Vを超える場合は、5分間、交流2000V以上による耐電圧試験。
- ・PELV(特別低電圧)回路の場合は、5分間、交流500V以上による耐電圧試験。

また上記耐電圧だけでなく運転中又は布設中、絶縁が損なわれない機械的強度・厚さが必要です。また絶縁被覆は火炎伝搬性だけでなく、毒性・腐食性煙霧発生も考慮する必要があります。

## 6.1.8 導体及びケーブル

### 6.1.8.4 通常使用時の電流容量

- 電流容量は、絶縁材料、ケーブル内の導体数、布設方法、密集度、周囲温度などの幾つかの要因に依存する。  
よって、表6を参照してケーブル断面積を選定すること。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

導体及びケーブルの電流容量は、絶縁材料、ケーブル内の導体数、布設方法、密集度、周囲温度などの幾つかの要因に依存します。  
次の表6を参照してケーブル断面積を選定する必要があります。

## 6.1.8 導体及びケーブル

## 6.1.8.4 通常使用時の電流容量

○規格の要求事項  
□解釈・事例・基準

<表6: PVC(ポリ塩化ビニル)絶縁導体及びケーブルの異なる布設方法における定常電流容量(I<sub>z</sub>) (周囲温度40°C時)>

断面積 mm <sup>2</sup>	布設方法(※)			
	B1	B2	C	E
	3相回路の電流容量 I <sub>z</sub> (A)			
0.75	8.6	8.5	9.8	10.4
1.0	10.3	10.1	11.7	12.4
1.5	13.5	13.1	15.2	16.1
2.5	18.3	17.4	21	22
4	24	23	28	30
6	31	30	36	37
10	44	40	50	52
16	59	54	66	70
25	77	70	84	88
35	96	86	104	110
50	117	103	125	133
70	149	130	160	171
95	180	156	194	207
120	208	179	225	240
<b>電子回路用(ペア線)</b>				
0.20	適用外	4.3	4.4	4.4
0.5	適用外	7.5	7.5	7.8
0.75	適用外	9.0	9.5	10

注記1 表6の電流容量は、次に基づくものである。  
 ・断面積が0.75mm<sup>2</sup>以上の対称負荷電流を流す3相交流ケーブル1系統。  
 ・断面積が0.2mm<sup>2</sup>~0.75mm<sup>2</sup>の直流制御回路用ペア線1系統。  
 注記2 周囲温度が40°Cと異なる場合には補正する。  
 注記3 この表の値は、ドラムに巻かれた可とうケーブルには適用しない。  
 注記4 その他のケーブルの電流容量については、IEC60364-5-52を参照。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

表6に示す通り布設方法によって許容電流は異なりますのでご注意ください。  
 尚、表6はPVC絶縁導体及びケーブルの定常電流容量ですが、ケーブル  
 特性、温度係数など使用するケーブルに応じて変わりますのでケーブル仕様は  
 十分確認して下さい。

## 6.1.8 導体及びケーブル

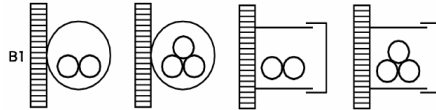
### 6.1.8.4 通常使用時の電流容量

○規格の要求事項  
□解釈・事例・基準

#### ※布設方法(D.1.2)

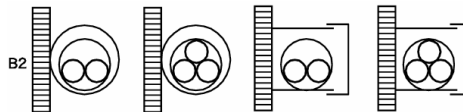
機械では、エンクロージャと各電気用品との間の導体及びケーブルの布設方法は、下図及び次に示す方法が代表的なものである。

- ・方法B1: 導体又は単心ケーブルを保持、保護するために、コンジット及びケーブルトランキングシステムを用いる。



コンジット及びケーブルトランキングシステム内に布設する導体及び単心ケーブル

- ・方法B2: B1と同じであるが、多心ケーブルを用いる。



コンジット及びケーブルトランキングシステム内に布設する多心ケーブル

出典: JISB9960-1

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・前ページの表 6 より方法 B 1 > 方法 B 2 となっており、そして、その関係は

断面積が大きくなるにつれ顕著になる。

- ・これは「導体又は単芯ケーブル」と「多心ケーブル」の持つ、熱影響の差異と考えられるので、製造業者からの情報もあわせて勘案した方が良い。

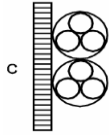
## 6.1.8 導体及びケーブル

### 6.1.8.4 通常使用時の電流容量

○規格の要求事項  
□解釈・事例・基準

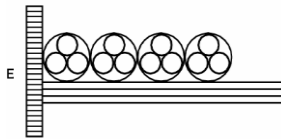
#### ※布設方法(D.1.2)

- ・方法C: 開放壁面上に、すき間なく水平又は垂直に多心ケーブルを布設する。



側面に沿わせるケーブル

- ・方法E: 開放ケーブルトレイ上に、垂直又は水平に多心ケーブルを布設する。



開放ケーブルトレイ上に布設するケーブル

出典: JIS B 9960-1

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・本布設方法は「開放状態」の例となっているため、前ページの布設方法より電流容量が高くなっており、その関係性も方法C > 方法Eとなっている。
- ・出典元の「JI B 9960-1」ではいずれも「多心ケーブル」との記述があるが、布設方法の分類記号を定義したJIS C 60304-5-52 (IEC 60364-5-52)では「単心又は多心ケーブル」としてある。

## 6.1.8 導体及びケーブル

### 6.1.8.5 導体及びケーブルの電圧降下

○電圧降下に注意して選定すること。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ 電圧降下とは接続の両端に電位差が発生することで、導体の種類、線長、周囲環境等が原因となるが、JIS B 9960-1では「公称電圧の5%を超えてはならない。」とある。
- ・ 場合によっては、表6から求めた値より大きな断面積の導体を用いる必要がある。

## 6.1.8 導体及びケーブル

### 6.1.8.6 可とうケーブル

#### 6.1.8.6.1 一般事項

○規格の要求事項  
□解釈・事例・基準

○可とうケーブルは、クラス5(※1)又はクラス6(※2)の導体を用いたものであること。

※1 より線。材料は、銅。公称断面積は、0.5～630mm<sup>2</sup>。

※2 より線。材料は、銅。公称断面積は、0.5～300mm<sup>2</sup>。

導体を構成する素線の最大径がクラス5より小さい。

○過酷な使用条件下におかれるケーブルは、次のことに対して保護する構造をもつものであること。

- ・粗い表面を引きずることによる摩耗
- ・ガイドがないことによるねじれ
- ・ケーブルドラムへの巻き付け・巻き戻しから生じる応力

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・「可とう」とは柔軟性、屈曲性を持つことを指す。
- ・クラス5／クラス6の詳細は「JIS C 3664 (IEC 60228)」参照の事。



## 6.1.8 導体及びケーブル

### 6.1.8.6 可とうケーブル

#### 6.1.8.6.2 機械的定格

- 可とうケーブルは、クラス5 又はクラス6 の導体を用いたものであること。
- 引張応力は、銅の断面積に対して $15 \text{ N/mm}^2$  を超えないこと。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ 引張応力に影響する条件には、次のものがある。
  - － 加速力
  - － 運動速度
  - － ケーブルの垂れ下がり荷重
  - － ガイドの方法
- ・ これらの影響を考慮しても引張応力が $15 \text{ N/mm}^2$ を超える場合は、特殊構造のケーブルを用いてもよいが、製造業者の承認を得る事が望ましい。

## 6.1.8 導体及びケーブル

### 6.1.8.7 導体ワイヤ、導体バー及びスリップリング機構

#### 6.1.8.7.1 直接接触に対する保護

- 直接接触が可能な導体ワイヤ、導体バー（被覆の無い導体）、スリップリング機構に関しては、直接接触が可能な端子部のカバー又はエンクロージャの上面について、少なくともIP4Xの保護等級をもつこと。（IP4X:直径1mm以上の固形物及び針金の侵入を防止。防水性は問わない。）
- IP4Xを達成できない場合は、手の届かない場所に配置する。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ 「直接接触」の概念に関しては「6.1.2 感電保護」を参照のこと
- ・ 更なる詳細については「JIS C 60364-4-41 (IEC 60364-4-41)」が有益である。
- ・ 保護されていない導体ワイヤ・導体バーは端子部以外でも、導電体が接触する事に配慮し、設置及び／又は保護しなければならない。

## 6.1.8 導体及びケーブル

### 6.1.8.7 導体ワイヤ、導体バー及びスリップリング機構

#### 6.1.8.7.2 保護導体回路

- 導体ワイヤ、導体バー及びスリップリング機構を保護ボンディング回路の一部として用いる場合は、定常運転中これらに電流を流さないこと。
- 保護導体(PE)と中性線(N)は、それぞれ別の導体ワイヤ、導体バー又はスリップリングで構成すること。
- しゅう動接点を用いる保護導体回路は、適切な方策をとることによって導通性を確実にすること。  
(例えば、集電子の二重化、導通性の監視)

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

保護ボンディング回路には、どのような導体を用いようと通常動作時に通電されることがあってはならない。  
したがって、中性線は保護導体と別の導体を用いなければならない。  
保護ボンディング回路にスリップリングなどしゅう動接点を用いる場合は、適切な方策により導通性を確保しなければならない。例としては2重化や導通性の監視がある。

## 6.1.8 導体及びケーブル

### 6.1.8.7 導体ワイヤ、導体バー及びスリップリング機構

#### 6.1.8.7.3 保護導体用の集電子

- 集電子＝スリップリング、トロリーレール
- 保護導体用の集電子と他の集電子は、互換性の無い形状又は構造であること。
- その他の集電子は、しゅう動接点式であること。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

スリップリングやトロリーといった集電子を使用する場合、保護導体用と他の導体用は形状などを変えて誤接続しないようにする必要がある。  
また、集電子は滑り接点タイプにしなければならない。  
集電子はホイールタイプとしゅう動タイプがあるがホイールタイプはしゅう動タイプに比べて外れやすいなど欠点があるためと考えられる。

## 6.2 制御システムの安全

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

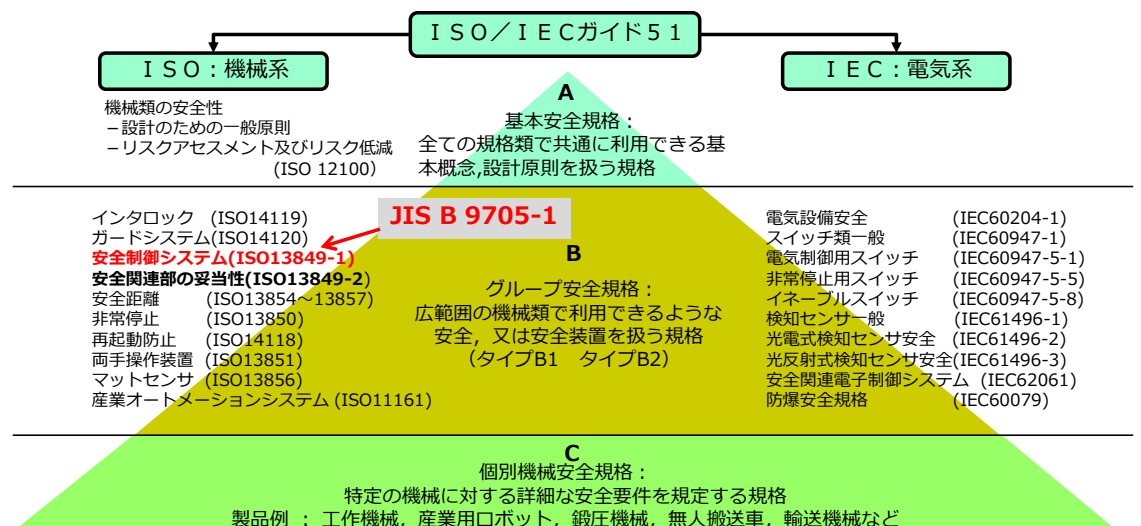
## 学習のねらい・・・6.2 制御システムの安全

この項では、故障など信頼性を含めた制御システムの安全関連部の設計について学習する。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

## 6.2.1 安全制御システムによるリスク低減方策

機械安全規格の体系における、この規格(ISO13849-1)の位置付け



\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

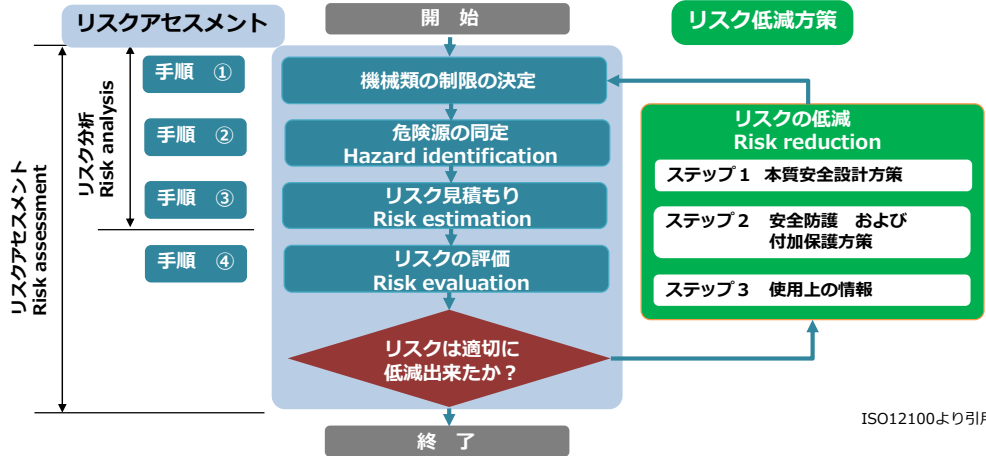
ここではタイプB規格のISO 13849-1 に基づいた制御システムの安全について学習する。

ISO 13849-1 は制御システムの安全関連部の設計のための一般原則であり、リスク低減方策に制御システムを使用する場合の、時間当たりの危険側故障確率（パフォーマンスレベル）について規定したものである。

JIS B 9705-1としてJIS化されている。

## 6.2.1 安全制御システムによるリスク低減方策

リスクアセスメントおよびリスク低減方策



ISO12100より引用

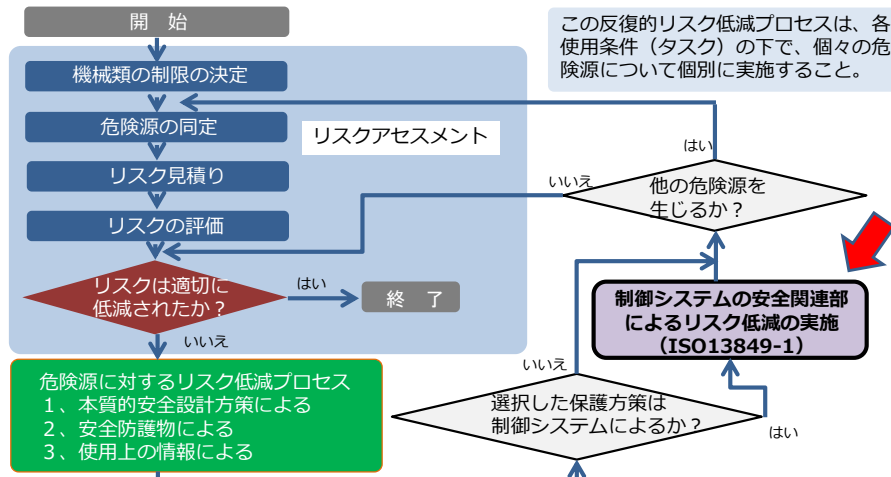
\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

この図はリスクアセスメントとリスク低減方策の手順を説明する図で、制御システムの安全設計はリスク低減方策に含まれる。設計した制御システムの安全関連部のパフォーマンスレベルを算出し、要求されるパフォーマンスレベルを満足するか評価する。



## 6.2.1 安全制御システムによるリスク低減方策

制御システムの安全関連部によるリスク低減



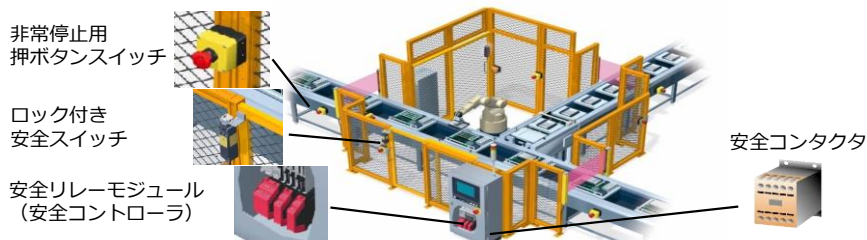
\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

リスク低減方策が制御システムを使用するかどうかを判断し、使用する場合はISO 13849-1 による要求パフォーマンスレベルの決定、パフォーマンスレベルの算出、評価を行いリスク低減を行う。制御システムの能力を危険側障害発生率の平均確率という数値で評価できるため、異なるシステムの比較や最終的に要求に達しているかどうかの判断も容易である。

## 6.2.1 安全制御システムによるリスク低減方策

### 6.2.1.1 制御システムの安全関連部分とは

#### 制御システムの安全関連部の例（1/2）



制御システムの安全関連部 SRP/CS : safety-related parts of a control system) とは  
 制御システムの内、安全関連入力信号に反応して、安全関連出力を生成する部分を言う。

- ・安全関連部は、安全関連入力信号の発生するところ（例えば、ポジションスイッチの作動カム及びローラ等）で始まり、動力（電力）制御要素（例えば、コンタクタの主接点）の出力で終わる。
- ・監視システムが診断に使用される場合、それらも制御システムの安全関連部とみなされる。

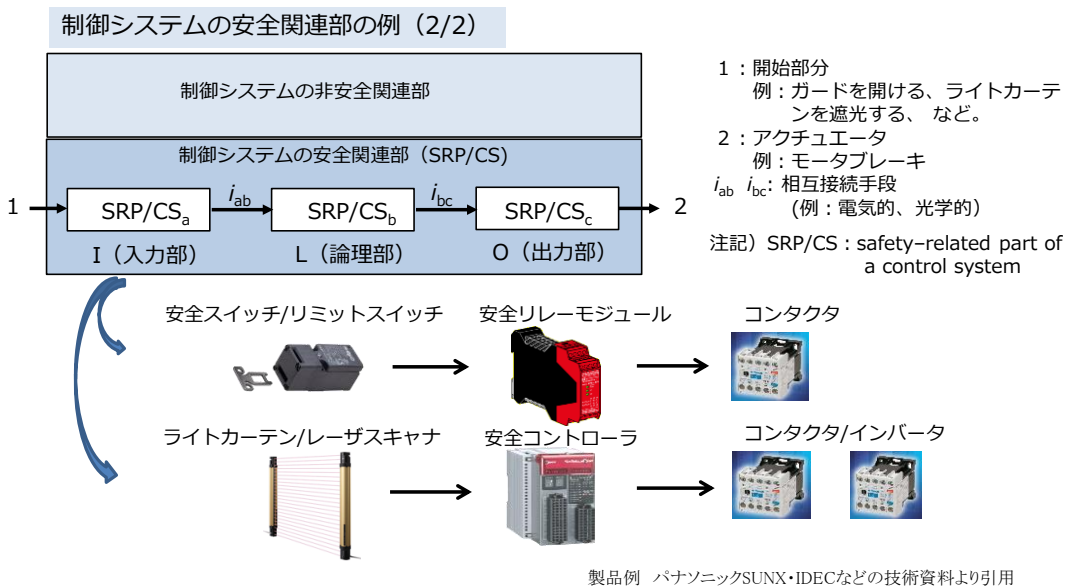
(ISO13849-1:2015 3.1.1項)

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

制御システムの安全関連部とは、制御システムの中で、安全関連入力信号に反応して安全関連出力を生成する部分をいう。  
 ドアの安全スイッチなど入力信号の発生するところから、動力を制御するコンタクタなどまでを含む。監視システムも安全機能の診断に使用される場合は安全関連部とみなされる。

## 6.2.1 安全制御システムによるリスク低減方策

### 6.2.1.1 制御システムの安全関連部分とは



\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

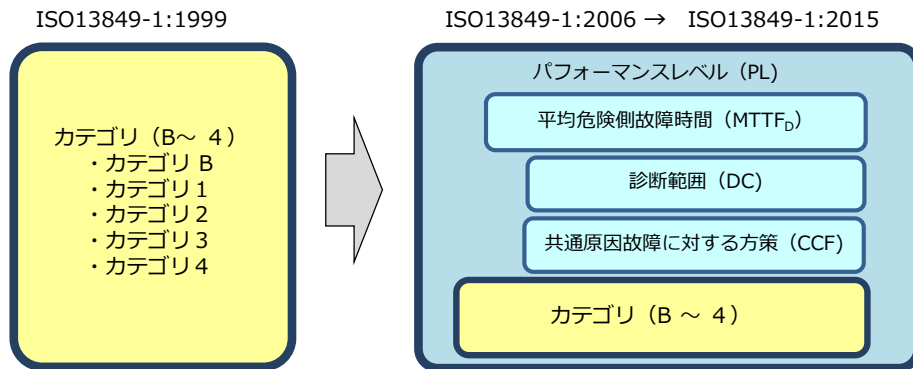
- ・ (前シートに引き続き制御システムの安全関連部の具体例の説明の  
スライド)
- ・ 図は代表的な安全機能进行处理するための、制御システムの安全関連部  
組み合わせをダイアグラムで示したもの
- ・ (補足) ダイアグラム=情報を整理し象徴的に線描など幾何学的に図示  
したもの (Wikipediaより)
- ・ 1の開始部分がガードを開ける場合
- ・ Iの入力部はガードの開閉インターロックに用いられる  
安全スイッチなど
- ・ 安全スイッチの信号がL (論理処理部) の安全リレーモジュール  
に入力される
- ・ 入力された信号を安全リレーモジュールが処理し、Oのコンタクタ  
(電磁接触器) やマグネットスイッチ (電磁開閉器) に出力
- ・ 2としてモータなどのアクチュエータを停止させる
- ・ 1の開始部分がライトカーテンの遮光の場合
- ・ Iの入力部はライトカーテンなど
- ・ ライトカーテンの信号がL (論理処理部) の安全リレーモジュールに  
入力される

- ・LからOのコンタクタやインバータに出力され、2としてモータなどのアクチュエータを停止させる
- ・（補足）前シートの説明通り、1と2は安全関連部に含まれない。

## 6.2.1 安全制御システムによるリスク低減方策

### 6.2.1.2 パフォーマンスレベル(PL)とは

安全の水準は、カテゴリからパフォーマンスレベルへ



\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ ISO 13849-1:1999の考え方
- ・ 制御システムの安全関連部の構造（アーキテクチャ）に着目
- ・ 安全関連部の構造を、障害発生時のシステムの挙動により5つのカテゴリに分類。共通の要件とカテゴリごとの要件あり
- ・ リスクの低減度合いに見合った制御システムの安全レベル
- ・ ISO 13849-1:2006以降の考え方
- ・ 信頼性工学の考え方を導入
- ・ MTTFD、DC、CCF、カテゴリのパラメータを用いて評価、決定するPLと、リスクアセスメント結果から求められたPLr（要求パフォーマンスレベル）を比較して妥当性を判定
- ・ （用語解説）
- ・ 平均危険側故障時間（MTTFD）：部品が危険側故障するまでの平均時間の長さ。3段階に分類する
- ・ 診断範囲（DC）：故障を検知する機構が危険側故障を診断できる割合。なしを含む4段階に分類する
- ・ 共通原因故障（CCF）：チャネルの同時故障に対する対策を満足しているかを点数化したもの。2段階に分類する
- ・ カテゴリ：（前述の通り）
- ・ （補足）
- ・ 正確な用語定義はJIS B 9705-1の用語説明などを参照のこと
- ・ スライドでは CCFの訳として「共通原因故障に対する方策」と書かれているが、上記はJIS B 9705-1の訳を用いている
- ・ CCF = Common Cause Failure

## 6.2.1 安全制御システムによるリスク低減方策

### 6.2.1.2 パフォーマンスレベルレベル(PL)とは

#### 各カテゴリの要約

	要求の概略	システムの挙動	安全性達成の 主な手法
B	SRP/CS、コンポーネント/保護装置は、予想される影響に耐えるように関連する規格に従って設計、製造、選択、組立されること。また、基本安全原則を用いること。 (ISO13849-2:2012 付属書も参照)	障害発生時には、安全機能が喪失することがある。 (危険側に故障する)	使用するコンポーネントの信頼性に依存する。
1	Bの要求事項を適用する。加えて、“十分吟味された”コンポーネント、及び“十分吟味された”安全原則を用いること。(ISO13849-2:2012 付属書も参照)	障害発生時は、安全機能が喪失することがあるが、その確率はカテゴリBより低い。	診断範囲(DC)、CCFに対する対策は考慮しない。
2	Bの要求事項を適用する。加えて、“十分吟味された”安全原則を用いる。安全機能は、制御システムによって適切な間隔でチェックされる。 (ISO13849-1:2015 4.5.4も参照)	チェックとチェックの間で障害発生があれば、安全機能を喪失することがある。安全機能の喪失はチェックによって検出する。	システムの構成による。
3	Bの要求事項を適用する。加えて、“十分吟味された”安全原則を用いる。安全関連部は次のように設計する。 - いずれの単一障害も安全機能を喪失しない。かつ、 - 合理的に実施が可能な場合は、常に単一障害を検出する。	障害発生時は、常に安全機能が作動する。全てではないが、障害を検出する。 検出出来ない障害の蓄積で安全機能を喪失することがある。	診断範囲(DC)、CCFに対する対策が必要。
4	Bの要求事項を適用する。加えて、“十分吟味された”安全原則を用いる。安全関連部は次の様に設計する。 - いずれの単一障害も安全機能を喪失しない。かつ、 - 単一障害は、次の安全機能の動作要求時、又はそれ以前に検出される。それが不可能な場合は、障害の蓄積が安全機能を喪失しないこと。	障害発生時、常に安全機能が作動する。蓄積した障害を検出することにより、安全機能の喪失を低減する。(高いDCによる) 障害は安全機能の喪失を防ぐため適時検出される。	

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ (内容のまま)

## 6.2.1 安全制御システムによるリスク低減方策

### 6.2.1.2 パフォーマンスレベルレベル(PL)とは

#### パフォーマンスレベル (PL) と PFH<sub>D</sub>

##### パフォーマンスレベル (PL)

予見可能な条件下で、安全機能を実行するための制御システムの安全関連部の能力を規定するために用いる区分レベル。(1時間当たりの危険側障害が発生する平均確率をa～eの5段階に分類したもの。)

##### パフォーマンスレベル (PL)のランク分けとPFH<sub>D</sub>

パフォーマンスレベル (PL)	単位時間当たりの危険側障害発生率の平均確率 (PFH <sub>D</sub> )
a	$10^{-5} \leq \text{PFH}_D < 10^{-4}$
b	$3 \times 10^{-6} \leq \text{PFH}_D < 10^{-5}$
c	$10^{-6} \leq \text{PFH}_D < 3 \times 10^{-6}$
d	$10^{-7} \leq \text{PFH}_D < 10^{-6}$
e	$10^{-8} \leq \text{PFH}_D < 10^{-7}$

注) PFH<sub>D</sub> : average probability of dangerous failure per hour

ISO13849-1:2015 表2

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ PL (パフォーマンスレベル) の説明 (内容のまま)
- ・ PLのランク分けとPFHD (単位時間あたりの危険側故障発生率の平均確率) の関係 (内容のまま)
- ・ (補足)
- ・ スライドでは PFHDの訳として「～危険側障害発生の～」と書かれているが、上記はJIS B 9705-1の訳を用いている
- ・ 当該JISに用語説明があり、failureの訳は「故障」で事象を示し、「障害」はfaultの訳で状態を示すと定義されている
- ・ 詳細はJIS規格参照のこと

## 6.2.1 安全制御システムによるリスク低減方策

### 6.2.1.2 パフォーマンスレベルレベル(PL)とは

#### パフォーマンスレベルを評価する簡単化された手法

制御システムの安全関連部（SRP/CS）によって達成されるパフォーマンスレベル（PL）を評価するための単純化手順として以下の表を利用してもよい。

- ・横軸は、SRP/CSのカテゴリ（B～4）、及び $DC_{avg}$
- ・縦軸は、各チャネルの $MTTF_D$ （Low～High）

カテゴリ (Category)	B	1	2	2	3	3	4
平均診断範囲 (DCavg)	"なし" (None)	"なし" (None)	"低" (Low)	"中" (Medium)	"低" (Low)	"中" (Medium)	"高" (High)
各チャネルの $MTTF_D$	(パフォーマンスレベル)						
Low	a	該当なし	a	b	b	c	該当なし
Medium	b	該当なし	b	c	c	d	該当なし
High	該当なし	c	c	d	d	d	e

ISO13849-1:2015 表6

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

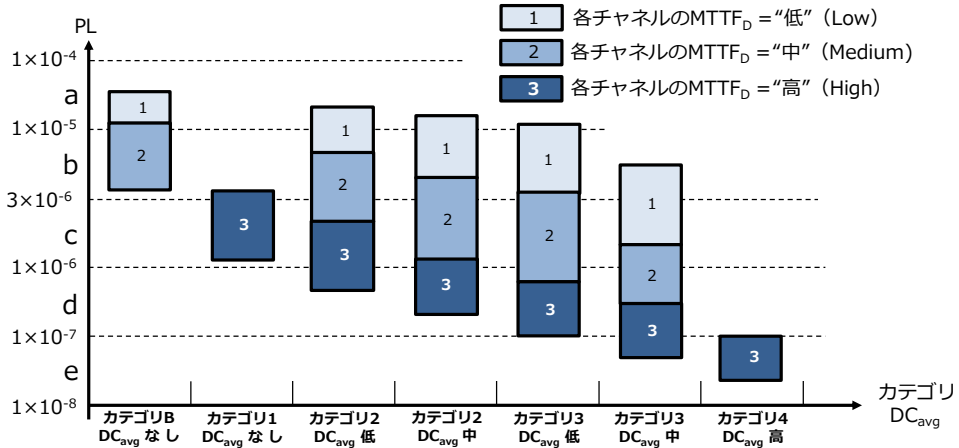
- ・（説明は内容のまま）
- ・（補足）次スライドP. 657のグラフから複数のPLが選択可能な場合にこの表を用いる



## 6.2.1 安全制御システムによるリスク低減方策

### 6.2.1.2 パフォーマンスレベルレベル(PL)とは

MTTF<sub>D</sub>・DC・カテゴリと、パフォーマンスレベルの関係



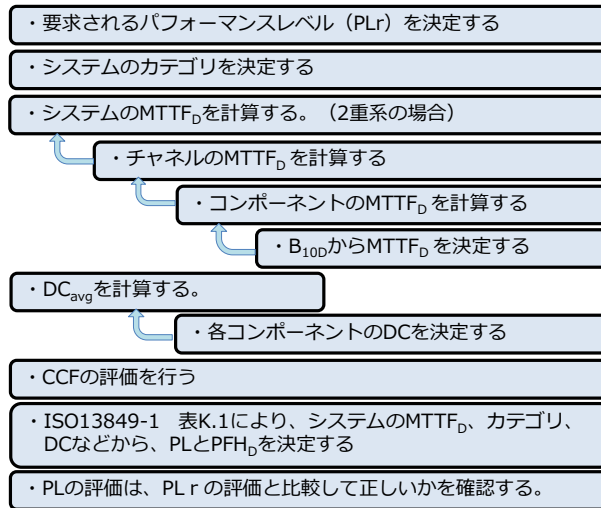
ISO13849-1:2015 図5

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ カテゴリとDC<sub>avg</sub>から、グラフでコラムを選択する
- ・ コラムと各チャネルのMTTF<sub>D</sub>から、達成されるPLを読み取る
- ・ 複数のPLが選択可能な場合、達成されるPLは前スライド P. 656の表で示される

## 6.2.1 安全制御システムによるリスク低減方策

### 6.2.1.3 安全制御回路(PL)を設計する基本的な手順の概略



\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・本項では安全制御回路（PL）を設計する基本的な手順の概略が示されている。手順としては上から順に検証していく必要がある。個々の詳細に関しては次項より具体的に例示しているので参照のこと。

## 6.2.1 安全制御システムによるリスク低減方策

### 6.2.1.3 安全制御回路(PL)を設計する基本的な手順の概略

#### 6.2.1.3.1 要求されるパフォーマンスレベル(PLr)を決定する

1 : 開始点

S : 障害 (危害) のひどさ

S1 : 軽傷 (通常、回復可能な障害)

S2 : 重傷 (通常、回復不可能および/または死亡)

F : 危険源への暴露の頻度、および/または暴露時間

F1 : 頻度がまれ～低頻度、または暴露時間が短い

F2 : 頻度が高い～連続、または暴露時間が長い

P : 危険源の回避、または危害の制限の可能性

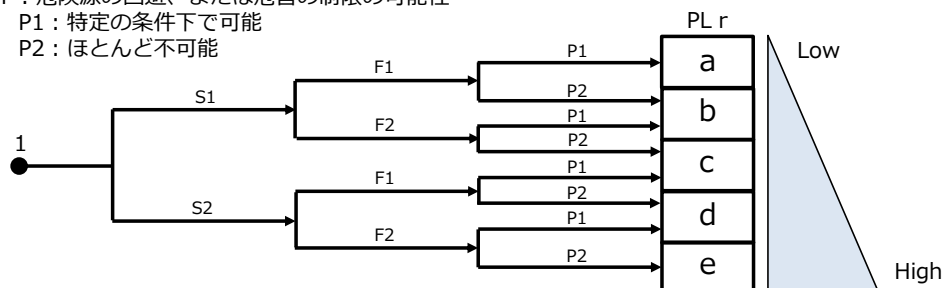
P1 : 特定の条件下で可能

P2 : ほとんど不可能

Low : リスク低減の度合いが少ない

High : リスク低減の度合いが大きい

PLr : 要求されるパフォーマンスレベル



\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ 要求されるパフォーマンスレベル (PLr) を決定する為に、ISO 13849-1:2005リスクグラフ法を用いる。  
1 : 開始点から始め、S : 障害 (危害) のひどさ、F : 危険源への暴露の頻度、P : 危険源の回避又は危害の制限の可能性の順にパラメータを決定する事で要求されるパフォーマンスレベル (PLr) が決定される。次項に選択方法を例示する。

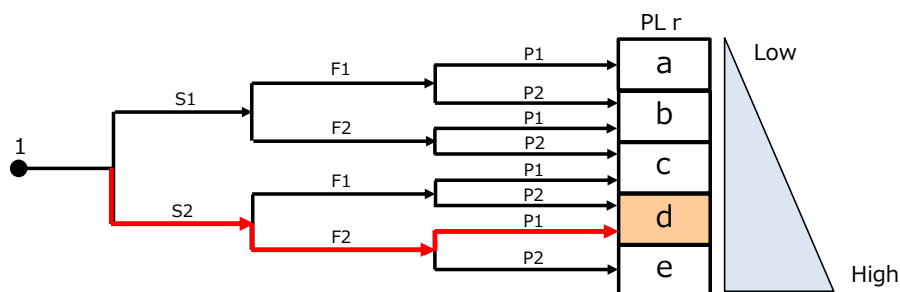
## 6.2.1 安全制御システムによるリスク低減方策

### 6.2.1.3 安全制御回路(PL)を設計する基本的な手順の概略

#### 6.2.1.3.1 要求されるパフォーマンスレベル(PLr)を決定する

##### 要求されるパフォーマンスレベルの選択例

- ・ S : 障害 (危険) のひどさ = S2 ( 重傷 : 通常は、回復不可能および/または死亡)
- ・ F : 危険源への暴露の頻度 = F2 ( 頻度が高い)
- ・ P : 危険源の回避 = P1 ( 特定の条件下で可能)



\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ 要求されるパフォーマンスレベルの選択例として、

S : 障害 (危険) のひどさがS2 (重症)

F : 危険源への暴露の頻度がF2 (頻度が高い)

P : 危険源の回避がP1 (特定の条件化で可能)

であった場合、ISO 13849-1:2005リスクグラフ法に基づくと要求されるパフォーマンスレベル (PLr) はdであると決定される。これにより、PLはPLrに基づきd又はeを満たさなければならない。満たされなかった場合は、リスク低減方策の3ステップメソッドを再度実施し要求されるパフォーマンス

レベルを下げるか、システムのカテゴリ及びコンポーネントを見直しパフォーマンスレベルを上げる対策が必要となる。

## 6.2.1 安全制御システムによるリスク低減方策

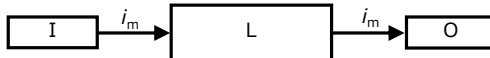
### 6.2.1.3 安全制御回路(PL)を設計する基本的な手順の概略

#### 6.2.1.3.2 システムのカテゴリを選択する。

##### カテゴリBの要求事項の要約

カテゴリ	要求事項の要約	システムの挙動
B	<p>所定の安全機能が実行できること。</p> <p>1、選択するコンポーネントは、用途に適合した関連規格を満足していること。</p> <p>2、基本的な安全原則を用いて、</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・遮断の頻度や容量など、予想される負荷</li> <li>・使用する材料や、環境における腐食</li> <li>・機械的な振動、電磁ノイズ、電源の中断/変動など</li> </ul> <p>に対する抵抗性を有するように設計・製造などが実施されていること。</p> <p>注1) カテゴリBの要求は、他のカテゴリの基礎となる。 注2) 基本的な安全原則は、ISO13849-2：2012を参照。</p>	<p>信号伝達が単一チャネルのため、単一傷害発生時は安全機能が失われることがある。</p>

##### カテゴリBのアーキテクチャ



MTTF <sub>D</sub>	Low (低) ~Medium (中)
DC <sub>avg</sub>	None (考慮されない)
CCF	考慮されない
達成可能なPL	PLa~PLb

- ・  $i_m$  相互接続手段
- ・ I 入力装置, 例: センサ
- ・ L 論理部
- ・ O 出力装置. 例: メインコンタクタ

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ システムの挙動はアーキテクチャの通り単一チャネルのため入力部、論理部、出力部のいずれかに危険側故障が発生した場合に安全機能が失われる。
- ・ 基本的な安全原則には他に予期しない起動の防止、適切な保護ボンディング、絶縁性の監視などが含まれる。使用環境に関しては塵や液体に対してIP+2桁の数値で示す保護等級が適正な機器を使用する必要がある。

## 6.2.1 安全制御システムによるリスク低減方策

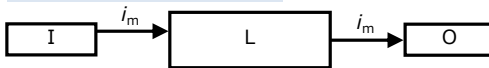
### 6.2.1.3 安全制御回路(PL)を設計する基本的な手順の概略

#### 6.2.1.3.2 システムのカテゴリを選択する。

##### カテゴリ1の要求事項の要約

カテゴリ	要求事項の要約	システムの挙動
1	<p>カテゴリBの要求を満足すること。加えて信頼性が高いこと。</p> <p>「十分に吟味されたコンポーネント」、および「十分に吟味された安全原則」を用いて設計・製造されていること。</p> <p>①「十分に吟味されたコンポーネント」とは、現在までに類似の用途で使用されて、広い範囲で問題なく実績のあるもの。</p> <p>②安全に関する用途に於いて適切であり、信頼性が実証・検証されているもの。</p>	<p>カテゴリBと同様、信号伝達が単一チャネルのため、単一傷害発生時は安全機能が失われることがある。しかし、カテゴリBと比較してMTTF<sub>D</sub>が高いため、安全機能が失われる確率は低い。</p>

##### カテゴリ1のアーキテクチャ



MTTF <sub>D</sub>	High (高)
DC <sub>avg</sub>	None (考慮されない)
CCF	考慮されない
達成可能なPL	PLc

##### 記号の説明

$i_m$  相互接続手段

I 入力装置、例：センサ

L 論理

O 出力装置。例：メインコンタクタ

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

#### 6.2.1.3.2 カテゴリ1 (ISO 13849-2 9.2.2参照)

- 「十分に吟味されたコンポーネント」とは、例えば非常停止装置、回路遮断器が該当する。

詳しくはISO13849-2の表A.3、及び表D.3を参照願いたい。

- 「十分に吟味された安全原則」とは、例えば十分に試行されたばねの使用が該当する。

詳しくはISO 13849-2の表A.2、B.2、C.2、及びD.2を参照願いたい。

カテゴリ1ではその他の要求事項としてチャネルのMTTF<sub>d</sub>は少なくとも30年であることを実証しなければいけない。

## 6.2.1 安全制御システムによるリスク低減方策

### 6.2.1.3 安全制御回路(PL)を設計する基本的な手順の概略

#### 6.2.1.3.2 システムのカテゴリを選択する。

##### カテゴリ2の要求事項の要約

カテゴリ	要求事項の要約	システムの挙動
2	<p>カテゴリBの要求を満足すること。加えて制御システムによって適切な間隔でチェックする機能を持っていることで、安全機能の喪失を一定程度防止すること。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>安全機能のチェックは以下のタイミングで実施する。 <ol style="list-style-type: none"> <li>機械の起動時</li> <li>新たなサイクルの開始時、またはリスクアセスメントによって必要とされる場合で、定期的実施。</li> </ol> </li> <li>安全機能のチェック後 <ol style="list-style-type: none"> <li>故障が検出されなかった場合は、再度運転を許可。</li> <li>故障が検出されると、安全な状態になるよう（例：機械が停止するよう）に「適切な出力」を出す。故障が除去されるまで安全状態を維持すること。</li> </ol> </li> <li>上記の「適切な出力を出す」ことが不可能な場合（例：コンタクタの主接点溶着による危険側故障時など）は、警告の出力を出すこと。</li> <li>チェック自体が危険状態を生じないこと。（例：システムの応答時間増加などによる）</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>安全機能の喪失はチェックによって検出される。</li> <li>チェックとチェックの間で故障が発生した場合は、安全機能を喪失する可能性がある。</li> </ol>

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

#### 6.2.1.3.2 カテゴリ2 (ISO 13849-2 9.2.3参照)

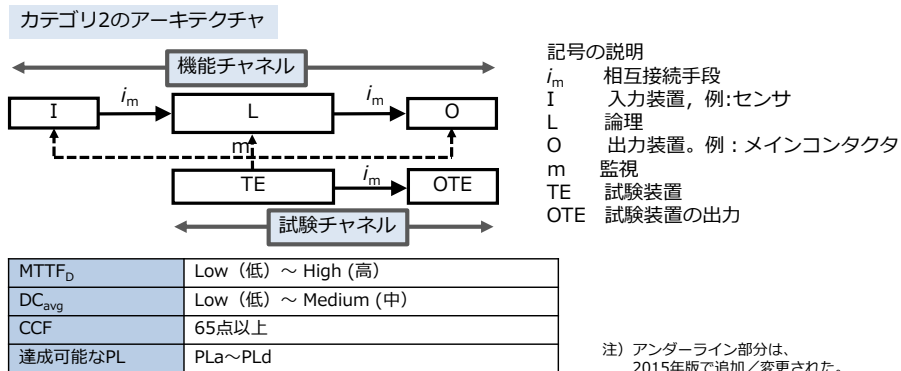
カテゴリ2ではその他に要求事項として次のようなものがある。

- ・ 機能チャネルのMTTFd (MTTFd, L) は少なくとも3年であること
- ・ MTTFd, TEは、MTTFd, Lの半分よりも大きい
- ・ 診断試験率  $\geq 100 \times$  予想需要率
- ・ DCavgは最低60%である
- ・ 共通原因故障が十分に低減されている。

## 6.2.1 安全制御システムによるリスク低減方策

## 6.2.1.3 安全制御回路(PL)を設計する基本的な手順の概略

## 6.2.1.3.2 システムのカテゴリを選択する。



- ・動作要求率が診断試験率の100分の1より小さいか等しいこと。または、診断試験が安全機能の要求によって直ちに実施され、故障を検出し、機械を危険の無い状態（一般に機械を停止）にする全体の時間が、危険源に到達する時間よりも短いこと。（最少距離に関しては、ISO13855も参照）
- ・テストチャネルのMTTF<sub>D</sub>は、機能チャネルのMTTF<sub>D</sub>の1/2より大きいこと。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

## ○システムのカテゴリを選択する（カテゴリ2）

## ・アーキテクチャ

カテゴリBに加えて、安全機能が適切な間隔でチェックされることが要求されています。従いましてI-L-Oの機能チャネルに加えて、試験チャネルのTE及びOTEを備えます。

## ・達成可能なPL

PLはカテゴリと、MTTF<sub>D</sub>（平均危険側故障時間）、DC<sub>avg</sub>（平均診断範囲）、CCF（共通原因故障）で評価されます。

※MTTF<sub>D</sub>、DC<sub>avg</sub>、CCFはこの先のスライドで説明。

※MTTF<sub>D</sub>の単位は年、DC、DC<sub>avg</sub>の単位は%です。これらの低・

中・高の区分に関しても、この先のスライドで説明。

—MTTF<sub>D</sub>の区分は Low (低) ~ High (高)

—DC<sub>avg</sub>は Low (低) ~ Medium (中)

—CCFの見積もりは 65点以上

—達成可能なPLは PLa~PLd

## ・追加の要求事項に関して

—アンダーライン部は追加/変更箇所を示します。

試験頻度に関する要求事項が満たせない場合の代替となる要求事項が追加されました。



## 6.2.1 安全制御システムによるリスク低減方策

665

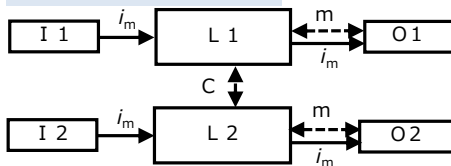
### 6.2.1.3 安全制御回路(PL)を設計する基本的な手順の概略

#### 6.2.1.3.2 システムのカテゴリを選択する。

カテゴリ3の要求事項の要約

カテゴリ	要求事項の要約	システムの挙動
3	<p>カテゴリBの要求を満足すること。加えてシステムに単一故障が発生しても安全機能は喪失しないこと。</p> <p>1、システムには故障の検出手段を持ち、単一傷害は合理的に実施可能な場合は、常に次の安全要求時、またはそれ以前に検出される。</p> <p>2、一般的にチャンネルは冗長化され、チャンネル間の相互監視などにより故障が検出されるが、全ての故障が検出されるわけではない。</p>	<p>1、単一故障の発生時、安全機能が常に機能する。</p> <p>2、単一故障では安全機能は喪失しないが、検出出来ない故障の可能性はある。</p> <p>3、検出できない故障の蓄積で安全機能を喪失する可能性がある。</p>

カテゴリ3のアーキテクチャ



$i_m$  相互接続手段  
 I1、I2 入力装置、例：センサ  
 L1、L2 論理部  
 O1、O2 出力装置、例：メインコンタクタ  
 m 監視  
 C 相互監視

MTTF <sub>D</sub>	Low (低) ~ High (高)
DC <sub>avg</sub>	Low (低) ~ Medium (中)
CCF	65点以上
達成可能なPL	PLa ~ PLd (PLe)

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

### ○システムのカテゴリを選択する（カテゴリ3）

#### ・要求事項の要約

カテゴリBに加えてシステムに単一故障が発生しても安全機能は喪失しないことです。また次の要求事項もあります。

1. システムには・・・
2. 一般的にチャンネルは冗長化され・・・

#### ・システムの挙動

カテゴリ3のシステムでは次の挙動が許されます

1. 単一機能の発生時、安全機能は常に機能する。
2. 単一故障では安全機能は喪失しないが・・・
3. 検出できない故障の蓄積で・・・

#### ・アーキテクチャ

2チャンネルの冗長化された構造と、各チャンネル間での相互監視（クロスモニタリング）により安全性を確保しています。

#### ・達成可能なPL

- －MTTF<sub>d</sub>の範囲は 各冗長チャンネルで Low (低) ~ High (高)
- －DC<sub>avg</sub>は Low (低) ~ Medium (中)
- －CCFの見積もりは 65点以上
- －達成可能なPLは PLa ~ PLd (PLeまで到達できる場合もあり)

## 6.2.1 安全制御システムによるリスク低減方策

666

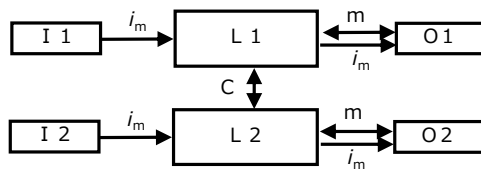
### 6.2.1.3 安全制御回路(PL)を設計する基本的な手順の概略

#### 6.2.1.3.2 システムのカテゴリを選択する。

##### カテゴリ4の要求事項の要約

カテゴリ	要求事項の要約	システムの挙動
4	<p>カテゴリBの要求を満たすこと。加えて、システムにある程度の危険側障害が発生しても安全機能を喪失しないこと。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1、システムは故障の検出手段を持ち、単一障害が安全機能を喪失しない。また、その単一障害は、安全機能の次の要求時またはそれ以前に、または直ちに検出される。</li> <li>2、検出不可能な場合は、それらの障害の蓄積が安全機能の喪失につながらないこと。</li> <li>3、一般的にチャンネルは冗長化され、チャンネル間の相互監視などにより、故障が検出される。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1、単一故障の発生時、安全機能が常に機能する。</li> <li>2、蓄積された故障を検出することによって安全機能の喪失の可能性が低い。 (<math>DC_{avg}</math>が高い)</li> <li>3、故障は、安全機能の喪失を防止するために適時検出される。</li> </ol>

##### カテゴリ4のアーキテクチャ



$i_m$  相互接続手段  
 I1、I2 入力装置、例:センサ  
 L1、L2 論理部  
 O1、O2 出力装置、例:メインコンタクタ  
 m 監視  
 C 相互監視

MTTF <sub>D</sub>	High (高)
DC <sub>avg</sub>	High (高)
CCF	65点以上
達成可能なPL	PLe

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

## ○システムのカテゴリを選択する（カテゴリ4）

### ・要求事項の要約

カテゴリBに加えてシステムにある程度の危険側障害が発生しても安全機能は喪失しないことです。また次の要求事項もあります。

1. システムには・・・
2. 検出不可能な場合は・・・
3. 一般的にチャンネルは冗長化され・・・

### ・システムの挙動

カテゴリ4のシステムでは次の挙動が許されます

1. 単一機能の発生時、安全機能は常に機能する。
2. 蓄積された故障を・・・
3. 故障は、安全機能の喪失を・・・

このように、故障の検出能力は安全カテゴリ3よりも高く、故障の累積に関しても安全機能が損なわれる確率は低くなります。

### ・アーキテクチャ

カテゴリ3と同様に2チャンネルの冗長化された構造と、各チャンネル間での相互監視により安全性を確保しています。

### ・達成可能なPL

- －MTTF<sub>d</sub>の範囲は 各冗長チャンネルで High (高)
- －DC<sub>avg</sub>は 障害の蓄積を含めて High (高)
- －CCFの見積もりは 65点以上
- －達成可能なPLは PLe

## 6.2.1 安全制御システムによるリスク低減方策

### 6.2.1.3 安全制御回路(PL)を設計する基本的な手順の概略

#### 6.2.1.3.3 システムのMTTF<sub>D</sub>を計算する。

MTTF<sub>D</sub> (mean time to dangerous failure : 平均危険側故障時間) とは

(コンポーネント、チャンネルまたはシステムが、)危険側故障を生じるまでの平均時間の期待値。  
単位は年 (year)で表される。 (JIS B 9705-1:2011 3.1.25)

- ・ MTTF<sub>D</sub>は、信頼性に関する数値としてPLの評価に使用される。
- ・ コンポーネントのMTTF<sub>D</sub>の値を元に、チャンネルのあるいはシステムのMTTF<sub>D</sub>値を計算する。
- ・ 代表的な数値は、ISO13849-1:2015 表C.1を参照。
- ・ 一般的に、下記のような電子部品などを組合せた複雑なコンポーネントのMTTF<sub>D</sub>の値は、メーカーからその値が提供される。(取扱い説明書、ユーザーズ・マニュアル等に記載されている)
- ・ ライトカーテン、レーザスキャナ
- ・ 安全コントローラ、安全PLC、安全リレーモジュール、
- ・ 安全インバータ、安全サーボコントローラ 等



製品例 パナソニックSUNX・IDECの技術資料より引用

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

## ○システムのMTTFを計算する (MTTFd)

MTTFd : 平均危険側故障時間とは . . .

(画面読み上げ)



## 6.2.1 安全制御システムによるリスク低減方策

### 6.2.1.3 安全制御回路(PL)を設計する基本的な手順の概略

#### 6.2.1.3.3 システムのMTTF<sub>D</sub>を計算する。

安全スイッチ（コンポーネント）の、 $B_{10D}$ と $n_{op}$ を基にしたMTTF<sub>D</sub>の計算例

- ・安全スイッチの $B_{10D}=2,000,000$ 回 とする。
- ・ $n_{op}$ (1年間の平均操作回数)を求めるための、条件は以下の通りとする。

$d_{op}$	1年間の平均稼働日数	365 (日)
$h_{op}$	1日の平均稼働時間	24 (時間)
$t_{cycle}$	コンポーネントの平均操作間隔	1800 (秒)

$$n_{op} = \frac{d_{op} \times h_{op} \times 3600}{t_{cycle}} = \frac{24 \times 365 \times 3600}{1800}$$

$$n_{op} = 17520 \text{ (回)}$$

$$MTTF_{D(\text{安全スイッチ})} = \frac{B_{10D}}{0.1 \times n_{op}} = \frac{2,000,000}{0.1 \times 17,520} = 1,141 \text{ (年)}$$



製品例 IDEC技術資料より引用

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

## ○システムのMTTFを計算する（計算例） （画面読み上げ）

## 6.2.1 安全制御システムによるリスク低減方策

670

### 6.2.1.3 安全制御回路(PL)を設計する基本的な手順の概略

#### 6.2.1.3.3 システムのMTTF<sub>D</sub>を計算する。

コンポーネントのMTTF<sub>D</sub> (またはB<sub>10D</sub>) の値を選定する場合は、以下の優先順位とする。

① 製造メーカーからのMTTF<sub>D</sub> (またはB<sub>10D</sub>) のデータ提供があれば、その値を優先的に採用する。



② メーカーからのデータ提供が無い場合は、ISO13849-1:2015 附属書 Cの値を採用する。



③ ISO13849-1:2015 の附属書C にその値が無ければ、そのコンポーネントのMTTF<sub>D</sub>は10年とする。

注)

仮にコンポーネントのMTTF<sub>D</sub>を10年とすれば、他のコンポーネントと組合わせてチャネルを構成した場合、チャネルのMTTF<sub>D</sub>はLow(低)となり、高いPLに対応することは出来ない。従って、MTTF<sub>D</sub>は上記① または②の範囲で選択することがポイントとなる。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

前ページまでにコンポーネントの平均危険側故障時間(MTTFd)の算出方法を紹介してきました。

大きく3つのケースが考えられ、それらの優先順位を以下とします。

- ①MTTFdは、そのコンポーネントの製造メーカーから入手するのが基本となります。
- ②しかし、メーカーからデータ提供が無い場合は、ISO 13849-1 (2015) 附属書Cの値を採用する。
- ③もし、ISO 13849-1 (2015) 附属書Cにそのコンポーネントに相当する値が無ければ、MTTFdを10年とします。

## 6.2.1 安全制御システムによるリスク低減方策

### 6.2.1.3 安全制御回路(PL)を設計する基本的な手順の概略

#### 6.2.1.3.3 システムのMTTF<sub>D</sub>を計算する。

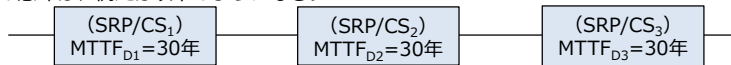
##### チャンネルのMTTF<sub>D</sub>の計算

チャンネルのMTTF<sub>D</sub>を計算するには、パーツ・カウント・メソッド (parts count method) を使用する。制御システムのチャンネルを構成する安全機能に関連する各コンポーネントのMTTF<sub>D</sub>が対象となる。一般的に、計算には次の式を使用する。

$$\frac{1}{\text{MTTF}_D} = \sum_{i=1}^N \frac{1}{\text{MTTF}_{D_i}} = \sum_{j=1}^N \frac{n_j}{\text{MTTF}_{D_i}} \quad (\text{D.1})$$

ここで、MTTF<sub>D</sub> は、チャンネルの平均危険側故障時間 (単位：年)。  
MTTF<sub>D<sub>i</sub></sub>およびMTTF<sub>D<sub>j</sub></sub>は、安全機能に関連する各コンポーネントのMTTF<sub>D</sub>。

上式の意味は、例えば以下のようになる。



$$\frac{1}{\text{MTTF}_D} = \frac{1}{\text{MTTF}_{D_1}} + \frac{1}{\text{MTTF}_{D_2}} + \frac{1}{\text{MTTF}_{D_3}}$$

$$\frac{1}{\text{MTTF}_D} = \frac{1}{30} + \frac{1}{30} + \frac{1}{30}$$

従って、このチャンネルのMTTF<sub>D</sub>は10年となる。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

次に、コンポーネントが直接につながったチャンネルの算出方法を紹介します。

ここに示されている計算式を使って、各チャンネルごとに計算します。

例えば、MTTF<sub>D</sub>が30年のコンポーネントを3つ接続したチャンネルの場合は、その計算式に代入し、結果、10年となります。

## 6.2.1 安全制御システムによるリスク低減方策

### 6.2.1.3 安全制御回路(PL)を設計する基本的な手順の概略

#### 6.2.1.3.3 システムのMTTF<sub>D</sub>を計算する。

##### 各チャネルのMTTF<sub>D</sub>値の区分と制限

各チャネルのMTTF<sub>D</sub>値は、以下の様に3種類に分類されると共に、その値も制限される。

- 各チャネルのMTTF<sub>D</sub>は、最大100年を限度とする。従って、計算結果が100年を超えてもMTTF<sub>D</sub>は100年として扱われる。その理由は、高いリスクに対応するシステムはコンポーネントの信頼性のみ  
に頼るべきではなく、冗長化チャネルを使用する、チェック機能（診断範囲）を持つ、のような追加  
方策が必要とされる。一方、3年未満は認められない。理由は、信頼性不足のため安全関連部とし  
ては適切でないと思われている。
- カテゴリ4のSRP/CS（サブシステム）において、各チャネルのMTTF<sub>D</sub>は、最大で2500年まで認め  
られる。

各チャネルのMTTF<sub>D</sub>（平均危険側故障時間）の区分

表示	範囲
Low（低）	3年 ≤ MTTF <sub>D</sub> < 10年
Medium（中）	10年 ≤ MTTF <sub>D</sub> < 30年
High（高）	30年 ≤ MTTF <sub>D</sub> ≤ 100年

注)アンダーライン部分は、  
2015年版で追加された。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

計算された各チャネルのMTTF<sub>D</sub>は、表のように3種類に分類され、  
その値も制限されます。

Lowは3年以上～10年未満、Mediumは10年以上～30年未満、

Highは30年以上～100年以下、つまり、各チャネルのMTTF<sub>D</sub>は、  
最大でも100年とし、また、3年未満は認められません。

100年を限度とする理由は、そのコンポーネントの高い信頼性に頼るので  
なく、冗長化やチェック機能を設けることを必要としているからである。



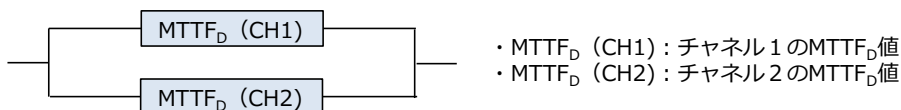
## 6.2.1 安全制御システムによるリスク低減方策

### 6.2.1.3 安全制御回路(PL)を設計する基本的な手順の概略

#### 6.2.1.3.3 システムのMTTF<sub>D</sub>を計算する。

##### 冗長化されたチャンネルを持つシステムのMTTF<sub>D</sub>の計算

この規格では、冗長化された各々のチャンネルのMTTF<sub>D</sub>は、同じ値であることを想定している。各チャンネルのMTTF<sub>D</sub>値が異なる冗長化システムは、以下の式を用いて同じMTTF<sub>D</sub>をもつ冗長化システムとして考えることができる。



各チャンネルのMTTF<sub>D</sub>が異なる場合、以下の①②の内、何れかで決定する。

- ① 最悪の場合を想定し、MTTF<sub>D</sub>が小さい方のチャンネルの値を全体のMTTF<sub>D</sub>とする。
- ② 次の計算式を利用して全体を対象化する。

$$MTTF_D = \frac{2}{3} \left[ MTTF_{D(CH1)} + MTTF_{D(CH2)} - \frac{1}{\frac{1}{MTTF_{D(CH1)}} + \frac{1}{MTTF_{D(CH2)}}} \right] \quad (D.2)$$

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

次に、各チャンネルが並列につながったシステムの算出方法を紹介します。

基本的には冗長化された各々のチャンネルのMTTF<sub>D</sub>は、同じ値であることを想定しています。

ただし、各チャンネルのMTTF<sub>D</sub>が異なる値の冗長化システムは、ここに示されている計算式を使って計算します。

もしくは、最悪の場合を想定し、MTTF<sub>D</sub>が小さい方の値を全体のMTTF<sub>D</sub>とすることもできます。

## (参考)ミッションタイム(および $T_{10d}$ )の考え方

### ミッションタイム ( $T_M$ : mission time) : 使命時間

SRP/CS (制御システムの安全関連部) の意図する使用を網羅する期間。

(ISO13849-1:2015 3.1.28 用語の定義より引用)

- ・ SRP/CSのミッションタイムは、20年を前提としている。
- ・  $T_{10D}$ の計算結果が、ミッションタイムが前提とする20年未満の場合は、そのコンポーネントの $T_{10D}$ の時期が来た時点で交換することを文書で通知する。
- ・ 交換しなければ、故障率が急激に増加することが予想されるので、 $MTTF_D$ を計算する意味がなくなる。  
( $MTTF_D$ は、故障率が一定の期間内におけるコンポーネントの使用を前提としている。)

$T_{10D}$ の計算は以下による。

$$T_{10D} = \frac{B_{10D}}{n_{op}} \quad (C.3)$$

$$(参考) \quad MTTF_D = \frac{T_{10D}}{0.1} = \frac{B_{10D}}{0.1 \times n_{op}} \quad (C.4)$$

- ・  $T_{10D}$  : コンポーネントの10%が危険側に故障するまでの平均時間
- ・  $B_{10D}$  : コンポーネントの10%が危険側に故障するまでのサイクルの平均回数
- ・  $n_{op}$  : 年間の平均操作回数

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

ここで、ミッションタイム(使命時間)について、説明します。  
用語の定義としては、「制御システムの安全関連部の意図する使用を網羅する時間」となります。  
制御システムのミッションタイムは20年を前提としており、これまでシステムに危険側故障が生じるまでの平均時間について学んできましたが、それらはすべてこの期間内での値ということになります。また、コンポーネントの10%が危険側に故障するまでの平均時間を $T_{10D}$ 、サイクル平均回数を $B_{10D}$ 、また、年間の平均操作回数を $n_{op}$ と定義し、それらの関係はここに示されている計算式となります。

## 6.2.1 安全制御システムによるリスク低減方策

### 6.2.1.3 安全制御回路(PL)を設計する基本的な手順の概略

#### 6.2.1.3.4 システムのDC<sub>avg</sub>を計算する。

診断範囲 (DC : diagnostic coverage)とは

診断効果の尺度であり、検出される危険側故障率(分子)と全危険側故障率(分母)の比率として決定することが出来る。  
(ISO13849-1:2015 3.1.26項)

- ・ 診断範囲は、コンポーネントあるいはシステムなどが、どの程度の危険側故障を発見出来、その結果として適切な処置が出来るかを% (パーセント) で表現したものである。従って、診断範囲が高い程、高いパフォーマンスレベルを実現できる。
- ・ カテゴリ 2、3、4 において、DCおよびDC<sub>avg</sub>の評価が必要となる。
- ・ メカニカルなコンポーネント (リミットスイッチ、コンタクタなど) などは、それ自体にDCは存在しない。従って、接続する論理部 (安全リレーユニット、安全コントローラなど) の故障診断機能でモニターされる度合いによってDCが決定される。
- ・ DC値の決定は、故障診断機能としてどのような方策を用いているかを、ISO13849-1 : 2015 附属書Eの該当する項目から選び、その値 (%) を個々のコンポーネントに適用する。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

PLを求めるために必要な要素として、これまで学んだMTTFdに加えて、DC(診断範囲)というものがあります。

これは、診断効果の尺度であり、検出される危険側故障率と全危険側故障率の比率として決定されます。

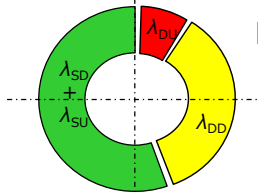
- ・ DCはあるシステムがどの程度の危険側故障を発見でき、その結果として適切な処置ができるかを%で表現したものです。従って、診断範囲が高いほど、高いパフォーマンスレベルを実現できます。
- ・ カテゴリ 2、3、4 において、DCおよびDC<sub>avg</sub> n 評価が必要になる。
- ・ メカニカルコンポーネントはそれ自体にDCは存在せず、安全リレーユニットなどの故障診断機能でモニタされる度合いに依存する。
- ・ DC値の決定は、ISO 13849-1 : 2015 附属書Eの該当する項目から選ぶことができる。

## 6.2.1 安全制御システムによるリスク低減方策

## 6.2.1.3 安全制御回路(PL)を設計する基本的な手順の概略

## 6.2.1.3.4 システムのDCavgを計算する。

## DCの定義と区分



$$DC = \frac{\sum \lambda_{DD}(\text{検出される危険側故障率})}{\sum \lambda_{\text{total}}(\text{全体の危険側故障率})} = \frac{\lambda_{DD}}{(\lambda_{DD} + \lambda_{DU})} (\%)$$

故障の分類（4タイプに分類）

- ・検出できる安全側故障率： $\lambda_{SD}$
- ・検出出来ない安全側故障率： $\lambda_{SU}$
- ・検出できる危険側故障率： $\lambda_{DD}$
- ・検出出来ない危険側故障率： $\lambda_{DU}$

## DC（診断範囲）の区分

表示	範囲
None（なし）	$DC < 60\%$
Low（低）	$60\% \leq DC < 90\%$
Medium（中）	$90\% \leq DC < 99\%$
High（高）	$99\% \leq DC$

参考）DC（診断範囲）の定義は、安全側故障率を考慮していない。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・発生する故障を4タイプに分類し、その中で
  - ”検出できる危険側故障率”  $\lambda_{DD}$ と
  - ”検出できない危険側故障率”  $\lambda_{DU}$ の2つの故障率からDCはこの式より求められる。
- ・DC値の範囲により”None””Low””Medium””High”の4つの区分に分けられる。
- ・DCの定義はこのように安全側故障率を考慮しない。

## 6.2.1 安全制御システムによるリスク低減方策

### 6.2.1.3 安全制御回路(PL)を設計する基本的な手順の概略

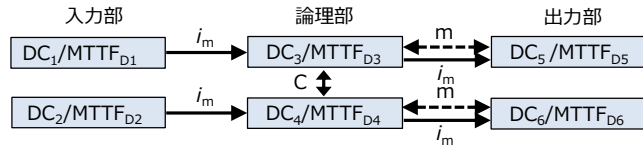
#### 6.2.1.3.4 システムのDCavgを計算する。

各コンポーネントのDC値が決定した後、MTTF<sub>D</sub>と共に、システムのDCavgを計算する。

$$DC_{avg} = \frac{\frac{DC_1}{MTTF_{D1}} + \frac{DC_2}{MTTF_{D2}} + \dots + \frac{DC_n}{MTTF_{Dn}}}{\frac{1}{MTTF_{D1}} + \frac{1}{MTTF_{D2}} + \dots + \frac{1}{MTTF_{Dn}}} \quad (E.1)$$

- ・故障除外対象となるコンポーネントを除いて、全てのコンポーネントを対象に計算する。
- ・DCは診断される部分を指しており、診断装置 (OTE)を指していない。

冗長化システム (カテゴリ3など) の場合の、各DCとMTTF<sub>D</sub>の例



\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・各コンポーネントのDC値が決まればMTTF<sub>D</sub>を用いてシステムのDCavgを計算する。
- ・カテゴリ3システムの場合がこの図であるが各コンポーネントのDC値とMTTF<sub>D</sub>値を式に当てはめてDCavgを求める。

## 6.2.1 安全制御システムによるリスク低減方策

### 6.2.1.3 安全制御回路(PL)を設計する基本的な手順の概略

#### 6.2.1.3.5 CCF対策を評価する。

共通原因故障 (CCF: common cause failure) とは、

単一の事象から生じる異なったコンポーネントなどの故障で、これらの故障がお互いの結果ではないもの。従って、共通モード故障とは異なる。(ISO13849-1:2015 3.1.6項)

- ・ 共通原因故障は、例えば、過電圧／異常な振動／異常な周囲温度の上昇などの単一原因で、お互いに関係の無い回路の部品（複数）が故障すること。
- ・ この規格では、制御システムのメーカーの担当者などが、どのようなスキルを持って、どの程度共通原因故障の発生を防止する対策を行ったかをチェックすることで評価する。
- ・ カテゴリ2,3,4の場合に、CCFの評価が必要となる。

評価方法

ISO13849-1:2015 表F.1 (附属書F)の各設問に対してYes / Noで回答し、65点以上あればCCFに対する対策は合格となる。一方、65点に満たない場合は、再設計が必要となる。  
(次のISO13849-1:2015 表F.1を参照)

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ 共通原因故障CCFは単一の事象から生じる異なったコンポーネントの故障でこれらの故障はお互いに結びついていないものをいう。
- ・ 共通原因故障は例えば過電圧などの単一原因でお互いに関係のない回路の部品が故障する状態をいう。
- ・ この規格では制御システムメーカー担当者がどのようなスキルを持ってどの程度の発生防止の対策を行ったかをチェックすることで評価する。

## 6.2.1 安全制御システムによるリスク低減方策

## 6.2.1.3 安全制御回路(PL)を設計する基本的な手順の概略

## 6.2.1.3.5 CCF対策を評価する。

No	CCFに対する方策	配点	スコア
1	分離 / 隔離		
	・信号経路間の物理的な分離、配線/配管の分離、空間距離/沿面距離の確保	15	
2	多様性 (ダイバーシティ)		
	・異なる技術/または物理的原則を用いる (異種冗長性)	20	
	・距離及び圧力の測定 (デジタルとアナログ)		
・異なる製造者のコンポーネントを使用			
3	設計 / 適用 / 経験		
3.1	・過電圧、過圧力、過電流などに対する保護	15	
3.2	・十分に吟味されたコンポーネントの使用 (ISO13849-2を参照)	5	
4	評価/分析		
	・設計する上で、CCFを回避するためにFMEAの結果を考慮している	5	
5	能力/訓練		
	・設計者は、CCFの原因と結果を理解するよう訓練されている	5	
6	環境面		
6.1	適切な規格に従った、CCFに対する電磁両立性 (EMC)と汚染の防止がなされている	25	
6.2	他の影響 (温度、衝撃、振動、湿度など関連する環境の影響)に対する考慮	10	
	合計点数が、100点の内65点以上で要求事項に適合している見なす	100	

ISO13849-1:2015 表F.1

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ この表を用いてNo. 1～No. 6. 2までの各方策を実施したか否かをチェックし、合計点数が65点以上で要求事項に適合していると見なされる。

## 6.2.1 安全制御システムによるリスク低減方策

### 6.2.1.3 安全制御回路(PL)を設計する基本的な手順の概略

#### 6.2.1.3.6 障害の考慮、障害の除外 (1/2)

##### 単一障害、および障害の同時発生について

- ・あるコンポーネント(部品)の故障の結果として、さらに次のコンポーネントが連続して故障する場合は、最初の故障それに続く全ての故障をまとめて単一故障とみなす。
- ・共通の原因による2つ以上の個別の故障は、それらを単一故障と見なす。(共通原因故障)

##### 障害の除外について

SRP/CSを評価する際に、コンポーネント等の故障除外を適用することは可能である。故障除外に関する詳細な情報は、ISO13849-2:2012を参照のこと。

故障除外が適用可能な場合は、次による。

- ・技術的に発生する可能性のない故障。
- ・用途に関係なく、一般的に認められた技術的経験。
- ・用途および特定の危険源に関連した技術的な要求事項。

例えば、ISO13849-2:2012の表D.8によれば、ポジションスイッチなどの場合、IEC60947-5-1の附属書Kにしたがって、NCコンタクトが直接開路動作機構であれば、溶着して接点が開かなくなる可能性に対する故障は除外してよいと考えられる。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・あるコンポーネントの故障の結果としてさらに次のコンポーネントが故障した場合はすべての故障をまとめて単一故障とみなす。
- ・共通の原因による2つ以上の個別の故障は単一故障とみなす。
- ・SRP/CSを評価する際にコンポーネント等の故障をこれらの場合に除外することができる。  
例えばNCコンタクトが直接開路動作機構であれば溶着して接点が開かなくなる可能性に対する故障は除外できる。



## 6.2.1 安全制御システムによるリスク低減方策

681

### 6.2.1.3 安全制御回路(PL)を設計する基本的な手順の概略

#### 6.2.1.3.6 障害の考慮、障害の除外 (1/2)

##### 代表的な障害と、障害除外条件の例

##### 導体/ケーブルにおける障害と障害除外条件

考慮されるべき障害	障害の除外条件	備考
2本の導体間の短絡	以下の様な導体間の短絡は除外可能。 -例えば、ケーブルダクトや外装ケーブルなど、恒久的に固定され外部からのダメージに対し保護されている場合。 -分離された多芯ケーブル -電気的なエンクロージャの内部（備考を参照） または -アース接続された個々にシールドされている場合	導体とエンクロージャの両方が該当する要求事項を満たしていること。 (IEC60204-1を参照)

ISO13849-2:2012 表D.4より引用

##### ポジションスイッチ/押しボタンスイッチにおける、障害と障害除外条件

考慮されるべき障害	障害の除外条件	備考
接点が閉じない	ISO13856に従った圧力検知型装置	-
接点が開かない	IEC60947-5-1:2003 附属書Kに従った接点は、開くと考えてよい。(直接開路動作形)	-
PLeの場合、機械的（例えば、アクチュエータと接点間のメカニカルなリンク）および電気的な障害の除外は認められない。その様な場合（PLe）には、冗長化が必要である。IEC60947-5-5にしたがった非常停止装置の場合、機械的側面の障害の除外は、操作の最大回数が考慮されていれば認められる。		

ISO13849-2:2012 表D.8より引用

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

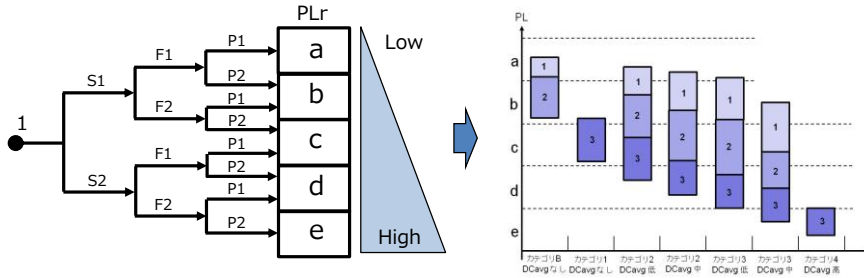
- ・ 代表的な障害の例として2つを挙げ、それぞれの障害除外条件をこの表に示す。

## 6.2.1 安全制御システムによるリスク低減方策

## 6.2.1.3 安全制御回路(PL)を設計する基本的な手順の概略

## 6.2.1.3.7 PLrと達成されるPLの関係

PLr ≤ PL であること。



妥当性確認の詳細は、ISO13849-2：2012を参照のこと。

構築した安全関連制御システムのパフォーマンスレベル (PL) は、安全機能維持レベルの目標値である要求されるパフォーマンスレベル (PLr) と同等以上でなければならない。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

システムのPLの計算などが終了すると、最初に判定されたPL r とPLの照合を行うこと。

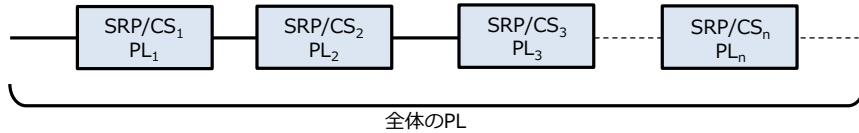
## 6.2.1 安全制御システムによるリスク低減方策

### 6.2.1.4 PLの計算例

#### 6.2.1.4.1 PLの計算例 1(各SRP/CSのPLが既知である場合)

個々のSRP/CSのPL評価が既知である場合、以下の要領でシステム全体のPLを評価できる。

(図1.1)



全体のPL評価の手順

- ① 直列に配置される全てのSRP/CS(サブシステムに相当)の中で、最も低いパフォーマンスレベル(PL)を持ったSRP/CSを特定し、これを $PL_{low}$ とする。
- ②  $PL_{low}$ のSRP/CSが、直列配置の中でいくつ存在するかを確認し、その数を $N_{low}$ とする。
- ③ 次の表に従って、 $PL_{low}$ と $N_{low}$ をもとにして、全体システムのPLを決定する。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

予め、PLが評価されている各サブシステムをシリーズ(直列)に接続した場合の、全体のPL計算の方法を述べる。

## 6.2.1 安全制御システムによるリスク低減方策

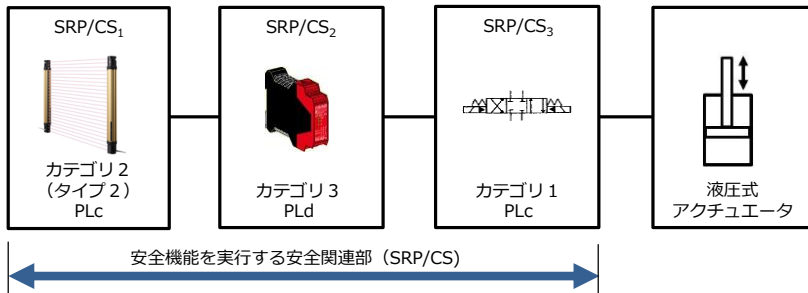
### 6.2.1.4 PLの計算例

#### 6.2.1.4.1 PLの計算例 1 (各SRP/CSのPLが既知である場合)

SRP/CSを直列に配置した場合の例

異なるテクノロジー、異なるカテゴリによるSRP/CSの直列配置の場合

(図1.2)



全体のパフォーマンスレベルの算出。(表1・1を参照)

・ PL<sub>Low</sub> = c    ・ PL<sub>Low</sub>の数 = 2    →    全体のPL = c    となる。

製品例 パナソニックSUNX・IDEC技術資料より引用

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

具体例を示す。

この場合、液圧式アクチュエータは制御システムではない。

(安全関連部を明確にすること)

## 6.2.1 安全制御システムによるリスク低減方策

### 6.2.1.4 PLの計算例

#### 6.2.1.4.1 PLの計算例 1(各SRP/CSのPLが既知である場合)

SRP/CSを直列に配置した場合のパフォーマンスレベル (PL) を求める

(表1.1)

システムのSRP/CSの中で最も低いパフォーマンスレベル (PL) の値 ( $PL_{low}$ )	$PL_{low}$ であるSRP/CSの総数 ( $N_{low}$ )	⇒	システム全体のパフォーマンスレベル (PL)
a	$>3$	⇒	-
	$\leq 3$	⇒	a
b	$>2$	⇒	a
	$\leq 2$	⇒	b
c	$>2$	⇒	b
	$\leq 2$	⇒	c
d	$>3$	⇒	c
	$\leq 3$	⇒	d
e	$>3$	⇒	d
	$\leq 3$	⇒	e

注)ISO13849-1:2015 表11より

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

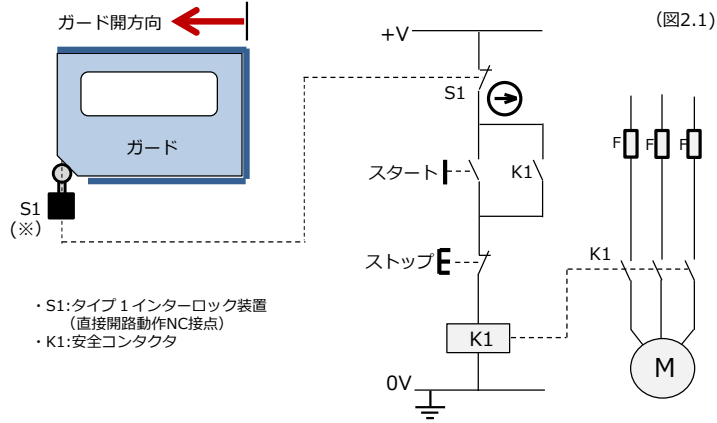
この表に従って、最も低いPLのサブシステムがいくつ存在するかで、システム全体のPLが決定される。

## 6.2.1 安全制御システムによるリスク低減方策

### 6.2.1.4 PLの計算例

#### 6.2.1.4.2 PLの計算例 2

2-1、設備機械および回路（システム）の概略



\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

### 演習 A

ポジションスイッチ1個と、安全コンタクタ1個による比較的簡単な回路の場合。

図は、主な部分のみを描写している。

## 6.2.1 安全制御システムによるリスク低減方策

### 6.2.1.4 PLの計算例

#### 6.2.1.4.2 PLの計算例 2

##### 2-2、安全機能

- ・ガードを開けるとモータ（危険源）が停止する。
- ・ガードが開いている間、モータ（危険源）は停止状態を維持する。

##### 2-3、設備機械の稼働条件

- ・365日/1年 稼働する。(=d<sub>op</sub>)
- ・24時間/1日 稼働する。(=h<sub>op</sub>)

##### 2-4、ガードの開閉

- ・10分に1回。(600s)

##### 2-5、B<sub>10D</sub>など安全機能に関するコンポーネントの信頼性データ

(表2.1)

コンポーネント	B <sub>10D</sub>	備考
S1 タイプ1 インターロック装置 (1NC接点)	2,000,000	・IEC60947-5-1に適合。 ・ISO14119:2013に適合。 ・B <sub>10D</sub> 値は、ISO13849-1：2015付属書C 表C.1より選択。
K1 安全コンタクタ (3NO接点)	1,300,000	IEC60947-4-1に適合。 B <sub>10D</sub> 値はISO13849-1：2015付属書C 表C.1より選択。 (標準負荷)

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

(本文通り)

## 6.2.1 安全制御システムによるリスク低減方策

### 6.2.1.4 PLの計算例

#### 6.2.1.4.2 PLの計算例 2

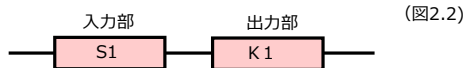
2-6、上記を基に安全機能に関するコンポーネントのデータを一覧表にすると(表2.2)となる。(表2.2)

コンポーネント	操作	$d_{op}$	$h_{op}$	$t_{cycle}$	$n_{op}$	$MTTF_D$	$T_{10D}$
S1	10分に1回	365	24	600	52,560	381	38
K1	10分に1回	365	24	600	52,560	247	25

- ・ $n_{op}$ の計算は、ISO13849-1:2015の公式(C.2)による。
- ・ $MTTF_D$ の計算は、ISO13849-1:2015の公式(C.1)による。
- ・ $T_{10D}$ は、ISO13849-1:2015の公式(C.4)による。

2-7、上記の信頼性データを基に、安全機能に対するPLとPFH<sub>D</sub>を計算する。

2-7-1、ブロック図



\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・前ページで示された使用条件から、コンポーネントS1とK1のそれぞれの年間操作回数( $n_{op}$ )を求めると、  
年間使用日数(365日)×1日の使用時間(24時間/日)  
×3600秒/時間を1回のサイクル時間(600秒)で割って、  
52560(回/年)となる。
- ・S1とK1のB10D(前ページのデータ)と上記 $n_{op}$ から、  
MTTF<sub>D</sub>がそれぞれ381年、247年となる。  
また、B10Dと $n_{op}$ から、コンポーネントの10%が危険側に  
故障するまでの時間T10D(年)がそれぞれ38年、25年となる。  
これらのデータを基にPLとPFH<sub>D</sub>を計算する。  
ブロック図は、入力がS1のみで、出力はK1単独となる。



## 6.2.1 安全制御システムによるリスク低減方策

### 6.2.1.4 PLの計算例

#### 6.2.1.4.2 PLの計算例 2

2.4 PLの計算例

チャンネル	S1, K1	カテゴリ	チャンネルのMTTF <sub>D</sub>
1	S1, K1	1	100

2.4.1 1チャンネル構成

2.4.2 2チャンネル構成

2-7-2、計算の結果と過程の説明

(表2.3)

チャンネル	S1, K1	カテゴリ	チャンネルのMTTF <sub>D</sub>
1	S1, K1	1	100

- ・1チャンネルの構成。およびMTTFDはHigh(30年以上) などよりカテゴリは1とする。
- ・チャンネルのMTTF<sub>D</sub>は、ISO13849-1:2015 附属書D 公式 (D・1)などによる。



(表2.4)

PL	PFH <sub>D</sub>
c	1.14E-06

- ・上記 (表2.3)の結果を基に、ISO13849-1:2015 附属書K 表K.1、およびISO13849-1:2015 表6を参照し、PLとPFH<sub>D</sub>を決定する。

注) PLの計算後、 $PL_r \leq PL$ であることを確認すること。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・この回路は1チャンネル構成であることから、カテゴリは1となり、MTTF<sub>D</sub>はカテゴリ1の上限である100年を使用することになる。
- ・これらの数値を基に、ISO 13849-1の表K.1から、PL=cとなり、時間当たりの危険側故障確率PFH<sub>D</sub>は1.14E-06となる。
- ・安全制御回路においては、計算されたPLが、要求されるPL (PL<sub>r</sub>)と同等かそれ以上でなくてはならない。

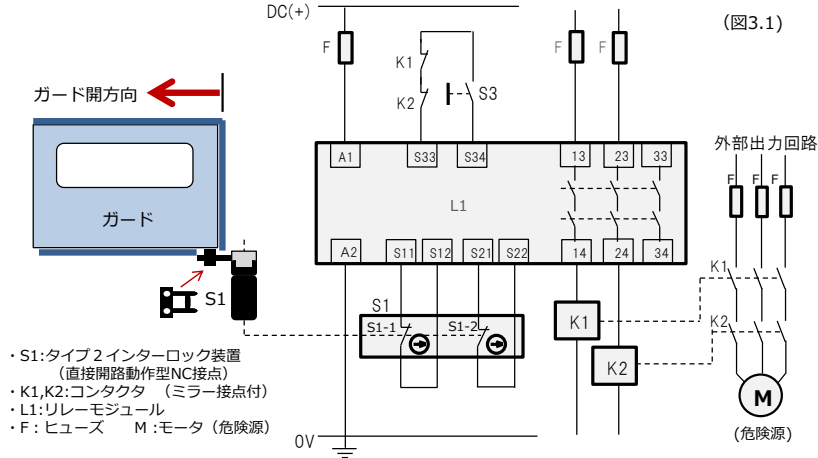
## 6.2.1 安全制御システムによるリスク低減方策

690

### 6.2.1.4 PLの計算例

#### 6.2.1.4.3 PLの計算例 3

3-1、設備機械および回路（システム）の概略図



\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ 前記と同様のガードにおいて、通常のスイッチとリレーの代わりに、強制解離接点を持つガード開検出スイッチと、安全リレーモジュールを用いた場合のPLを計算する。

## 6.2.1 安全制御システムによるリスク低減方策

### 6.2.1.4 PLの計算例

#### 6.2.1.4.3 PLの計算例 3

##### 3-2、安全機能

- ・ガードを開けるとモータ（危険源）が停止する。
- ・ガードが開いている間、モータ（危険源）は停止状態を維持する。

##### 3-3、設備機械の稼働条件

- ・365日/1年 稼働する。(=d<sub>op</sub>)
- ・24時間/1日 稼働する。(=h<sub>op</sub>)

##### 3-4、ガードの開閉

- ・10分に1回。(600s)

##### 3-5、B<sub>10D</sub>、MTTF<sub>D</sub>など、安全機能に関するコンポーネントの信頼性データ

(表3.1)

コンポーネント	B <sub>10D</sub>	MTTF <sub>D</sub>	DC	PL	PFH <sub>D</sub>	備考
S1 タイプ2 インターロック装置 (2NC接点)	2,000,000	-	-	-	-	・IEC60947-5-1に適合。 ・ISO14119:2013に適合。 ・B <sub>10D</sub> 値は、ISO13849-1:2015附属書C、表C.1より選択。
K1 安全コンタクタ (3NO+1NC接点)	1,300,000	-	-	-	-	・IEC60947-4-1に適合。 ・ミラーコンタクト（NC接点）を持つ。
K2	1,300,000	-	-	-	-	・B <sub>10D</sub> 値はISO13849-1:2015附属書C表C.1より選択。（標準負荷）
L1 リレーモジュール	-	100	99	e	2.47E-08	・データは、メーカーからの提供値とする。 ・ISO13849-1、IEC62061などに適合。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・機能と使用条件は前の事例と同一である。
- ・ガードの開検出スイッチ、および最終出力に用いる2個のコンタクタのB<sub>10D</sub>は表の通り、あらかじめ求まっている。  
また、リレーモジュールについては、コンポーネントメーカーから、MTTF<sub>D</sub>、DC、PL、PFH<sub>D</sub>が示されている。

## 6.2.1 安全制御システムによるリスク低減方策

### 6.2.1.4 PLの計算例

#### 6.2.1.4.3 PLの計算例 3

3-6、上記を基に安全機能に関係するコンポーネントのデータを一覧にすると（表3-2）となる。（表3.2）

コンポーネント	操作	$d_{op}$	$h_{op}$	$t_{cycle}$	$n_{op}$	$MTTF_D$	DC	$T_{10D}$	PL	$PFH_D$	
S1	S1-1	10分に1回	365	24	600	52,560	381	90	38	-	-
	S1-2									-	-
K1	10分に1回	365	24	600	52,560	247	99	25	-	-	
K2	10分に1回	365	24	600	52,560	247	99	25	-	-	
L1	-	-	-	-	-	100	99	-	e	2.47E-08	

- ・ $n_{op}$ の計算は、ISO13849-1:2015の公式 (C.2) による。
- ・ $MTTF_D$ の計算は、ISO13849-1:2015の公式 (C.1) による。
- ・DCの値は、ISO13849-1:2015 附属書E 表E-1による。
- ・ $T_{10D}$ は、ISO13849-1:2015の公式 (C.4) による。
- ・L1の出力が有接点リレーの場合、その開閉回数および開閉負荷によって、 $MTTF_D$ などの値が変化する場合がある。詳細はメーカーの取扱説明書を参照のこと。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・使用条件とそれぞれのコンポーネントの既知のデータから、必要な数値を求めるとこの表のようになる。

## 6.2.1 安全制御システムによるリスク低減方策

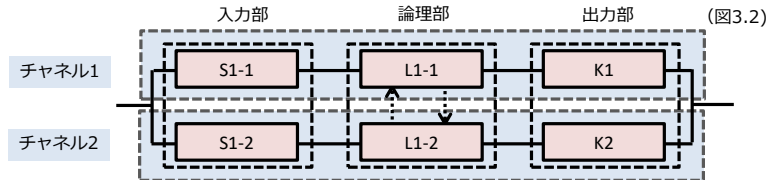
### 6.2.1.4 PLの計算例

#### 6.2.1.4.3 PLの計算例 3

3-7、上記の信頼性データを基に、安全機能に対するPLとPFH<sub>0</sub>を計算する。

3-7-1、各チャンネルを主体にして、指定されたアーキテクチャを基に計算する方法。

3-7-1-1、ブロック図



\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- この強制解離接点を持つガード開検出スイッチは、2つの接点を持ち、それぞれの接点からの信号がリレーモジュールへ入力されており、リレーモジュール内ではそれぞれの入力を基に比較監視がなされており、最終出力も2つのコンタクトにて行われていることから、この回路は2チャンネル構成となる。

## 6.2.1 安全制御システムによるリスク低減方策

### 6.2.1.4 PLの計算例

#### 6.2.1.4.3 PLの計算例 3

3-7-1-2、計算の結果と過程の説明

(表3.3)

		カテゴリ	各チャンネル のMTTF <sub>D</sub>	アーキテクチャ のMTTF <sub>D</sub>	DC <sub>avg</sub>
チャンネル1	S1-1、L1-1、K1	3	60	60	97.6
チャンネル2	S1-2、L1-2、K2		60		

- ・タイプ2インターロック装置（入力部）を1個使用の場合、ISO13849-2:2012 附属書D 表D.8 およびISO14119:2013 8.2項の規定により、一般的に達成可能なPLはdまでとされる。従って、カテゴリは3とするのが妥当とした。
- ・各チャンネルのMTTF<sub>D</sub>は、ISO13849-1:2015 附属書D 公式 (D.1)などによる。
- ・アーキテクチャのMTTF<sub>D</sub>（各チャンネルのMTTF<sub>D</sub>の対象化）は、ISO13849-1:2015 附属書D 公式 (D.2)による。
- ・DC<sub>avg</sub>は、ISO13849-1:2015 附属書E 公式 (E.1)による。
- ・CCFは、65点以上あるものとする。



(表3.4)

PL	PFH <sub>D</sub>
d	1.03E-07

- ・上記（表3.3）のデータを基に、ISO13849-1:2015附属書K 表K.1、（およびISO13849-1:2015 表6）を参照し、PLとPFH<sub>D</sub>を決定する。

注)PLの計算後、PL<sub>r</sub> ≤ PLであることを確認すること。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・前頁のアーキテクチャと各カテゴリの要求事項から安全カテゴリは「3」、各チャンネルMTTF<sub>D</sub>は各60年、アーキテクチャMTTF<sub>D</sub>は各60年、DC<sub>avg</sub>は診断範囲の区分から97.6%は90%~99%の範囲になるため「medium」となります。本テキスト6.2.1.3.4 DCの区分より。
- ・上記の値を元にISO13849-1の附属書Kの表からPLの値を選定するとPL=d、PFHD=1.03e-07の値が求められる。

## 6.2.1 安全制御システムによるリスク低減方策

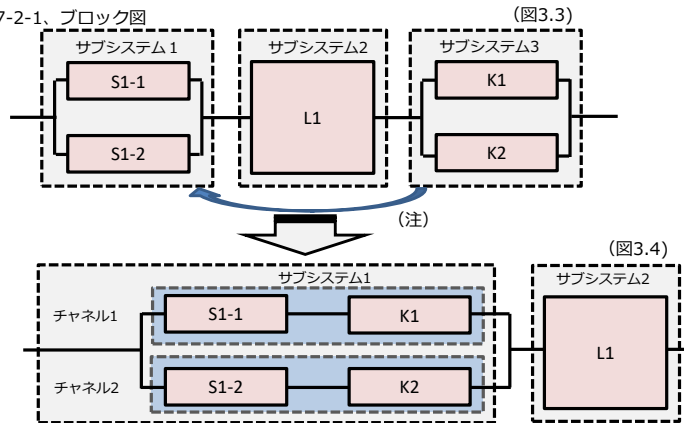
695

### 6.2.1.4 PLの計算例

#### 6.2.1.4.3 PLの計算例 3

3-7-2、サブシステムを主体にして計算する方法。

3-7-2-1、ブロック図



注) サブシステム1と3は、構造が同じであれば一つのシステムに統合することが出来る。  
従って、ブロック図は(図3.4)の様を考えることが出来る。(詳細は、ISO TR 23849:2010を参照のこと。)

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・PLの計算方法を列記していますが、計算の考え方として入力系と内部処理と出力系の3つのサブシステムに分けて計算する。
- ・サブシステム毎に計算を行いますが、入力系と出力系内のサブシステムの構造が同じであれば、一つのサブシステムとして考える事が可能となる。
- ・また入力と出力のサブシステムの構造が同じでしたら一つのシステムとして統合する事が可能となる。

## 6.2.1 安全制御システムによるリスク低減方策

696

### 6.2.1.4 PLの計算例

#### 6.2.1.4.3 PLの計算例 3

3-7-2-2、計算の結果と過程の説明

(表3.5)

サブシステム1		カテゴリ	各チャンネルの MTTF <sub>0</sub>	サブシステム1 のMTTF <sub>D</sub>	DC <sub>avg</sub>
チャンネル1	S1-1、K1	3	100	100	95
チャンネル2	S1-2、K2		100		

(表3.6)

PL	PFH <sub>D</sub>
d	4.29E-08

- ・タイプ2インターロック装置（入力部）を1個使用の場合、ISO13849-2:2012 附属書D 表D.8 およびISO14119:2013 8.2項の規定により、一般的に達成可能なPLはdまでとされる。従って、カテゴリは3とするのが妥当とした。
- ・各チャンネルのMTTF<sub>0</sub>は、ISO13849-1:2015 附属書D 公式 (D.1)などによる。100年を超えた場合は、100年までに制限される。
- ・サブシステム1のMTTF<sub>D</sub>（対象化されたMTTF<sub>0</sub>）は、ISO13849-1:2015 附属書D 公式 (D.2)による。
- ・DC<sub>avg</sub>は、ISO13849-1:2015 附属書E 公式 (E.1)による。
- ・CCFは、65点以上あるものとする。

- ・上記（表3.5）のデータを基に、ISO13849-1:2015附属書K 表K.1などを参照し、PLとPFH<sub>D</sub>を決定する。

サブシステム2	PL	PFH <sub>D</sub>
	e	2.47E-08

(表3.7)

- ・サブシステム2はリレーモジュール単体。
- ・各データは、メーカからの提供とする。

システム (全体)	PL	PFH <sub>D</sub>
	d	6.76E-08

(表3.8)

- ・上記（表3.6）と（表3.7）を基に、ISO13849-1:2015附属書K 表K.1、およびISO13849-1:2015 表6を参照し、PLとPFH<sub>D</sub>を決定する。

注)PLの計算後、PLr ≤ PLであることを確認すること。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・表3.5に定義の入力部のサブシステム1の値を元に計算を行うと、安全カテゴリは「3」、MTTFDは各100年、DCavgは診断範囲の区分から95%は90%~99%の範囲になりますので「medium」となります。
- ・その後、サブシステム1とサブシステム2のPLの値を合算してシステム全体のPLの値を求めます。サブシステムのPLはそれぞれ「d」と「e」ですので、最も低い「d」を選択しPL=dとなります。
- ・PFHDはサブシステム1とサブシステム2を合算した数値になりますので、PFHD=6.76e-08となります。



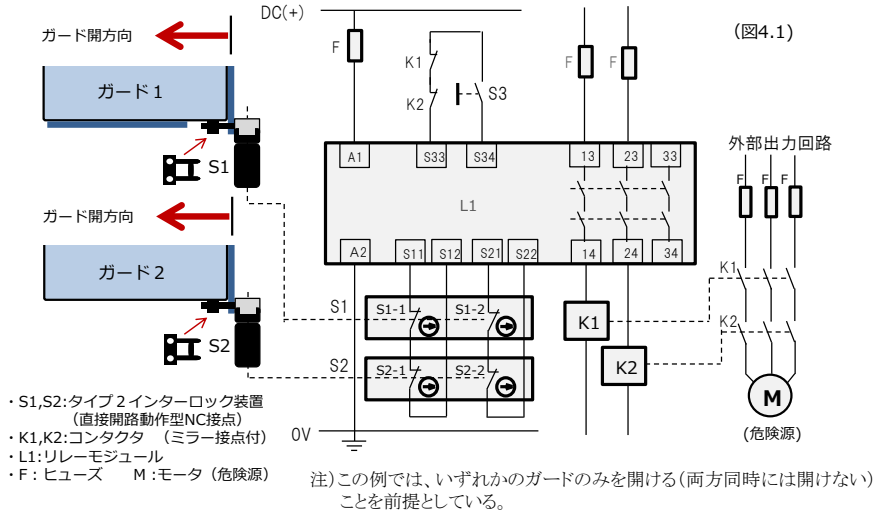
## 6.2.1 安全制御システムによるリスク低減方策

697

### 6.2.1.4 PLの計算例

#### 6.2.1.4.4 PLの計算例 4

4-1、設備機械および回路（システム）の概略図



\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・こちらの計算例は、安全扉が2枚あり各それぞれにインターロック装置が取り付けられている装置のPL計算です。
- ・この計算例ではインターロック装置の接点がシリーズで接続されているのが重要です。

<<以下は、元々記載あり>>

この例では、1個のロジックに対してタイプ2インターロック装置を2個(複数)直列に接続されている例を示す。

計算を解り易くするために、ガードの開閉条件に制限を加え、どちらかのガードだけを開けることを前提としている。

(両方のガードを同時に開けることが想定される場合は、ここに示す計算方法とは異なると考えられる。)

## 6.2.1 安全制御システムによるリスク低減方策

### 6.2.1.4 PLの計算例

#### 6.2.1.4.4 PLの計算例 4

##### 4-2、安全機能

安全機能A ・ガード1を開けるとモータ（危険源）が停止する。（ガード2は閉状態）  
 ・ガード1が開いている間、モータ（危険源）は停止状態を維持する。

安全機能B ・ガード2を開けるとモータ（危険源）が停止する。（ガード1は閉状態）  
 ・ガード2が開いている間、モータ（危険源）は停止状態を維持する。

##### 4-3、機械設備の稼働条件

・365日/1年 稼働する。（= $d_{op}$ ） ・24時間/1日 稼働する。（= $h_{op}$ ）

##### 4-4、ガードの開閉

・ガード1、2共に、16分に1回。（各960s）

##### 4-5、B10D、MTTFDなど、安全機能に關係するコンポーネントの信頼性データ

（表4.1）

コンポーネント	B <sub>10D</sub>	MTTF <sub>D</sub>	DC	PL	PFH <sub>D</sub>	備考
S1	2,000,000	-	-	-	-	・IEC60947-5-1に適合。 ・ISO14119:2013に適合。 ・B <sub>10D</sub> 値は、ISO13849-1:2015附属書C表C.1より選択。
S2	2,000,000	-	-	-	-	
K1	1,300,000	-	-	-	-	・IEC60947-4-1に適合。 ・ミラーコンタクト（NC接点）を持つ。 ・B <sub>10D</sub> 値はISO13849-1:2015附属書C表C.1より選択。（標準負荷）
K2	1,300,000	-	-	-	-	
L1	-	100	99	e	2.47E-08	・データは、メーカーからの提供値とする。 ・ISO13849-1、IEC62061などに適合する。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・最初に、安全機器（安全扉）の使用条件と機械設備の稼働条件と安全扉の開閉頻度の定義を決定します。
- ・その後、入力部と出力部のB10Dの値をメーカーより入手もしくはISO13849-1付属書Cから該当するB10Dの値を算出します。
- ・リレーモジュールに関しましては、安全関連制御システムですので、メーカーよりMTTFDとPLのデータを入手後、DCの定義を求めてPFHDを算出します。

## 6.2.1 安全制御システムによるリスク低減方策

### 6.2.1.4 PLの計算例

#### 6.2.1.4.4 PLの計算例 4

4-6、上記を基に安全機能に関するコンポーネントのデータを一覧表にすると（表4-2）となる。（表4.2）

コンポーネント	操作	d <sub>op</sub>	h <sub>op</sub>	t <sub>cycle</sub>	n <sub>op</sub>	MTTF <sub>D</sub>	DC	T <sub>10D</sub>	PL	PFH <sub>D</sub>	
S1	S1-1	16分に1回	365	24	960	32,850	609	60	61	-	-
	S1-2						609			60	-
S2	S2-1	16分に1回	365	24	960	32,850	609	60	61	-	-
	S2-2						609			60	-
K1	S1とS2の 操作の合計	365	24	-	65,700	198	99	20	-	-	
K2											
L1	-	-	-	-	-	100	99	-	e	2.47E-08	

- ・ n<sub>op</sub>の計算は、ISO13849-1:2015の公式 (C.2) による。
- ・ MTTF<sub>D</sub>の計算は、ISO13849-1:2015の公式 (C.1) による。
- ・ DCの値は、ISO13849-1:2015附属書E 表E-1による。
- ・ T<sub>10D</sub>は、ISO13849-1:2015の公式 (C4) による。
- ・ L1の出力が有接点リレーの場合、その開閉回数および開閉負荷によって、MTTF<sub>D</sub>などの値が変化する場合がある。  
詳細はメーカーの取扱説明書を参照のこと。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ 4-2~4-5で求めたデータを元に各入力部と出力部の各条件（操作・d<sub>op</sub>・h<sub>op</sub>・t<sub>cycle</sub>・n<sub>op</sub>）を定義し、そのデータを一覧表にすると表4-2になります。

## 6.2.1 安全制御システムによるリスク低減方策

700

### 6.2.1.4 PLの計算例

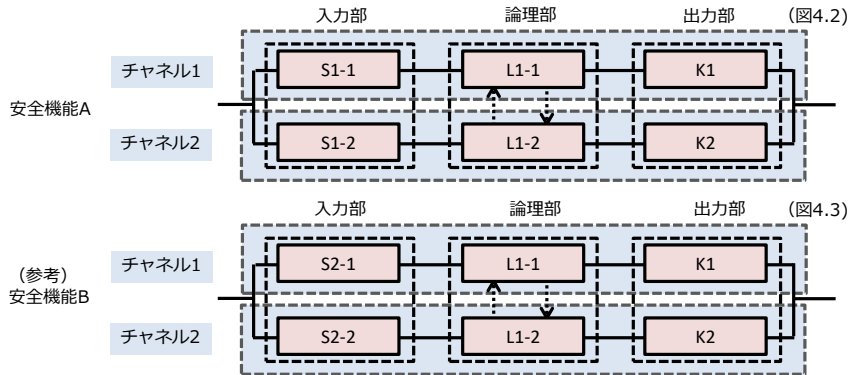
#### 6.2.1.4.4 PLの計算例 4

4-7、上記の信頼性データを基に、安全機能に対するPLとPFH<sub>0</sub>を計算する。

・安全機能Aに付いてのみ計算方法を述べる。(安全機能BもAの計算方法に準ずる。)

4-7-1、各チャンネルを主体にして、指定されたアーキテクチャを基に計算する方法。

4-7-1-1、ブロック図 (一般的には、以下のように安全機能AとBが考えられる)



\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

・まずは、入カーロジック出力のブロック図を作成する。

## 6.2.1 安全制御システムによるリスク低減方策

701

### 6.2.1.4 PLの計算例

#### 6.2.1.4.4 PLの計算例 4

4-7-1-2、計算の結果と過程の説明

(表4.3)

		カテゴリ	各チャンネルのMTTF <sub>D</sub>	アーキテクチャのMTTF <sub>D</sub>	DC <sub>avg</sub>
チャンネル1	S1-1、L1-1、K1	3	60	60	95
チャンネル2	S1-2、L1-2、K2		60		

- ・インターロック装置（入力部）をシリーズに接続していること等から、フォールトマスキングの可能性を考慮してカテゴリ3とする。（詳細は、ISO14119：2013 およびISO TR24119などを参照。）
- ・各チャンネルのMTTF<sub>D</sub>は、ISO13849-1:2015 附属書D 公式（D.1）などによる。
- ・アーキテクチャのMTTF<sub>D</sub>（各チャンネルのMTTF<sub>D</sub>の対象化）は、ISO13849-1:2015 附属書D 公式（D.2）による。
- ・DC<sub>avg</sub>は、ISO13849-1:2015 附属書E 公式（E.1）による。
- ・CCFは、65点以上あるものとする。



PL	PFH <sub>D</sub>	(表4.4)
d	1.03E-07	

- ・上記（表3.3）のデータを基に、ISO13849-1:2015附属書K 表K.1、およびISO13849-1:2015 表6を参照し、PLとPFH<sub>D</sub>を決定する。

注)PLの計算後、PL<sub>r</sub> ≥ PLであることを確認すること。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・インターロック装置（入力部）をシリーズに接続していること等から、フォールトマスキングの可能性を考慮してカテゴリ3とする。（詳細は、ISO14119：2013 およびISO TR24119などを参照。）
- ・各チャンネルのMTTF<sub>D</sub>は、ISO13849-1:2015 附属書D 公式（D.1）などによる。
- ・アーキテクチャのMTTF<sub>D</sub>（各チャンネルのMTTF<sub>D</sub>の対象化）は、ISO 13849-1:2015 附属書D 公式（D.2）による。
- ・DC<sub>avg</sub>は、ISO13849-1:2015 附属書E 公式（E.1）による。
- ・CCFは、65点以上あるものとする。
- ・上記（表3.3）のデータを基に、ISO13849-1:2015附属書K 表K.1、およびISO13849-1:2015 表6を参照し、PLとPFH<sub>D</sub>を決定する。

注)PLの計算後、PL<sub>r</sub> ≤ PLであることを確認すること。

## 6.2.1 安全制御システムによるリスク低減方策

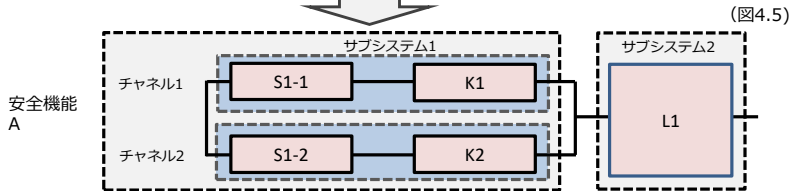
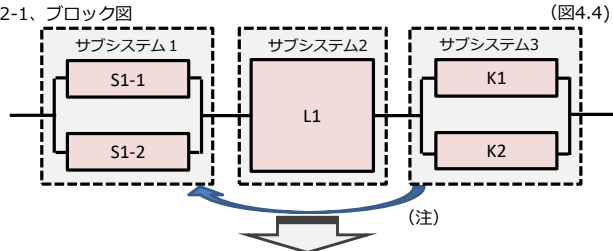
702

### 6.2.1.4 PLの計算例

#### 6.2.1.4.4 PLの計算例 4

4-7-2、サブシステムを主体にして計算する方法。

4-7-2-1、ブロック図



注) サブシステム1と3は、構造が同じであれば一つのシステムに統合することが出来る。  
従って、ブロック図は(図4.5)の様に考えることが出来る。(詳細は、ISO TR 23849:2010を参照のこと。)

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

・サブシステムを主体にして計算する方法。

注) サブシステム1と3は、構造が同じであれば一つのシステムに統合することが出来る。

従って、ブロック図は(図4.5)の様に考えることが出来る。

## 6.2.1 安全制御システムによるリスク低減方策

703

### 6.2.1.4 PLの計算例

#### 6.2.1.4.4 PLの計算例 4

4-7-2-2、計算の結果と過程の説明

(表4.5)

サブシステム1		カテゴリ	各チャンネルの MTTF <sub>D</sub>	サブシステム1 のMTTF <sub>D</sub>	DC <sub>avg</sub>
チャンネル1	S1-1、K1	3	100	100	89
チャンネル2	S1-2、K2		100		

(表4.6)

PL	PFH <sub>D</sub>
d	1.01E-07

- ・インターロック装置（入力部）をシリーズに接続していること等から、フォールトマスキングの可能性を考慮してカテゴリ3とする。（詳細は、ISO14119：2013などを参照。）
- ・各チャンネルのMTTF<sub>D</sub>は、ISO13849-1:2015 附属書D 公式 (D.1)などによる。
- ・サブシステム1のMTTF<sub>D</sub>（対象化）は、ISO13849-1:2015 附属書D 公式 (D.2)による。
- ・DC<sub>avg</sub>は、ISO13849-1:2015 附属書E 公式 (E.1)による。
- ・CCFは、65点以上あるものとする。

- ・上記（表4.5）のデータを基に、ISO13849-1:2015附属書K 表K.1、（およびISO13849-1:2015 表6）を参照し、PLとPFH<sub>D</sub>を決定する。

サブシステム2	PL	PFH <sub>D</sub>
	e	2.47E-08

(表4.7)

- ・サブシステム2はリレーモジュール単体。
- ・データは、メーカーからの提供とする。

システム (全体)	PL	PFH <sub>D</sub>
	d	1.26E-07

(表4.8)

- ・上記（表4.6）と（表4.7）を基に、ISO13849-1:2015附属書K 表K.1、およびISO13849-1:2015 表6を参照し、PLとPFH<sub>D</sub>を決定する。

注)PLの計算後、PL<sub>r</sub> ≤ PLであることを確認すること。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

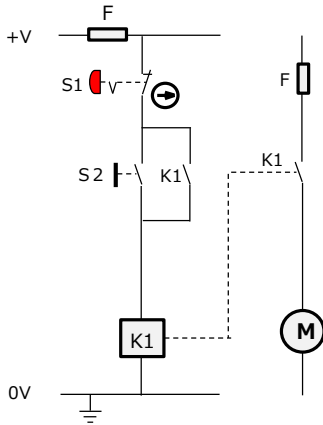
- ・サブシステム2はリレーモジュール単体。
- ・データは、メーカーからの提供とする。
- ・上記（表4.6）と（表4.7）を基に、ISO 13849-1:2015 附属書K 表K.1、およびISO 13849-1:2015 表6を参照し、PLとPFHDを決定する。

注)PLの計算後、PL<sub>r</sub> ≤ PLであることを確認すること。

### 6.2.1.5 参考資料

#### 安全制御回路の向上例

#### 安全制御回路 (1)



自己保持回路を備えたカテゴリ1に相当する制御システム

- ・ S1などは十分に吟味されたコンポーネントとする。
- ・ K1 (NO接点) が溶着した場合はモータ (危険源) は停止しない。(危険側故障となる)
- ・ 自己診断能力はない。

S1:非常停止スイッチ  
(直接開路動作型NC接点)  
S2:スタートスイッチ  
(NO接点)  
K1:コンタクト  
F:ヒューズ  
M:モータ (危険源)

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

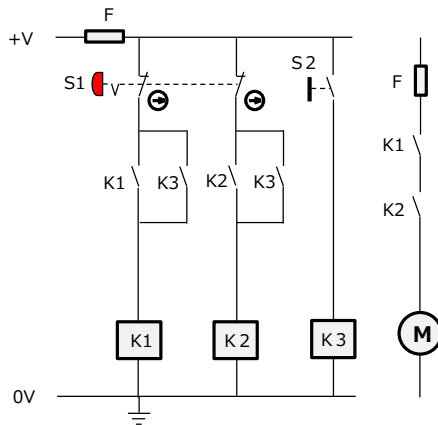
・カテゴリ1に相当するモータ自己保持回路例。



### 6.2.1.5 参考資料

#### 安全制御回路の向上例

#### 安全制御回路 (2)



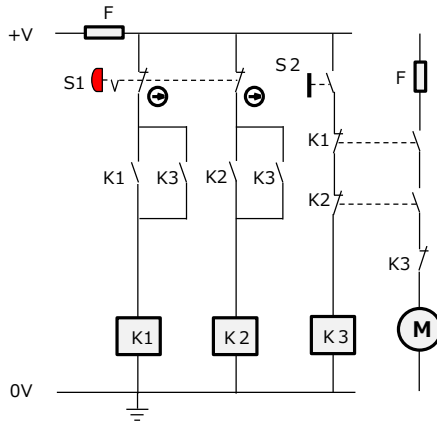
前ページ「安全制御回路 (1)」の危険側故障を防止するため、回路を2重化したが・・・。  
 モータ (危険源) を停止する場合を考えると、  
 ・ K1 (NO接点) が溶着した場合は、K2 (NO接点) が開 (OFF) となってモータを停止出来る。  
 しかし、この故障の検出は出来ない。  
 ・ 引き続きK2 (NO接点) が溶着するとモータ (危険源) は停止しない。(危険側故障)  
 ・ 自己診断機能がない。  
 ・ 単に2重化してもカテゴリ3にはならない。

S1:非常停止スイッチ  
 (直接開路動作型NC接点)  
 S2:スタートスイッチ  
 (NO接点)  
 K1,K2,K3:コンタクタ  
 F:ヒューズ  
 M:モータ (危険源)

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・2重化モータ自己保持回路例。
- ・自己診断機能がないため、単に2重化してもカテゴリ3にはならない。

### 6.2.1.5 参考資料 安全制御回路の向上例 安全制御回路 (3)



前ページ「安全制御回路 (2)」と比較し、故障を検出できるようにした。

- モータ (危険源) を停止する場合を考えると、
- ・ K1 (NO接点) が溶着した場合は、K2 (NO接点) が開 (OFF) となってモータを停止出来る。
- ・ このとき、K1のNC接点は開 (OFF) なので、S2を押しても再起動は出来ない。
- ・ 自己診断機能がある。
- ・ カテゴリ3相当となる。

S1:非常停止スイッチ  
(直接開路動作型NC接点)  
S2:スタートスイッチ  
(NO接点)  
K1,K2,K3:コンタクタ  
(ミラーコンタクト付)  
F:ヒューズ  
M:モータ (危険源)

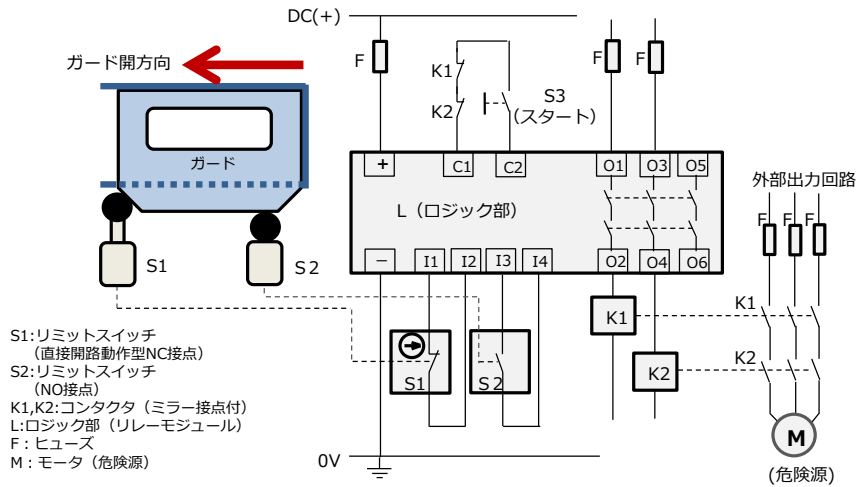
\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ コンタクタK1のA接点が溶着した時は、スタートスイッチS2に配線されるB接点は、開放となるので、モータを起動することが出来ない。コンタクタK2側も同様で、これら二重化され、接点溶着等の故障の累積を回避する仕組みを持つこの回路は、カテゴリ3相当と言える。

## 6.2.1.5 参考資料

## 各カテゴリの代表回路例

## カテゴリ4 回路例1(回路図と構成概略)



\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- この回路例は、ガード開閉によって、モータを遮断する回路である。IS013849-1の入力(I)は、S1/S2スイッチ、論理(L)は、リレーモジュール(ロジック部)、出力(O)は、コンタクタである。

### 6.2.1.5 参考資料

#### 各カテゴリの代表回路例

#### カテゴリ4 回路例1 (コンポーネントの仕様概略と配置)

この回路例で使用するコンポーネントの仕様概略

- ・ガードは、ISO14120の考え方に沿って使用されている。
- ・S1、S2 (インターロック装置) はIEC60947-5-1などに適合しており、S1は直接開路動作型のNC接点を備えている。S2はNO接点を備えている。
- ・L (リレーモジュール) は、ISO13849-1などに於いて、カテゴリ4 (PLe) の要求を満たしている。
- ・K1,K2 (コンタクト) は、IEC60947-4-1などに適合しており、バックチェック用のミラー接点を備えている。

コンポーネントの配置と特性など

- ・S1,S2は、NO接点とNC接点を用いて異種冗長化を行い、独立してガードの両側に設置されている。また、無効化防止のため、ISO14119:2013の要求に従って隠れた位置に配置されている。
- ・K1,K2は、それぞれのNC接点 (バックチェック用ミラーコンタクト) が、Lのスタート回路に直接接続されている。
- ・Lは、2重化された入力回路が個別に入力でき、入力回路間の短絡が検出出来る。また、スタート回路 (C1-C2)は、S3を押して、その後放した時にスタート可能なOFFチェック機能とする。

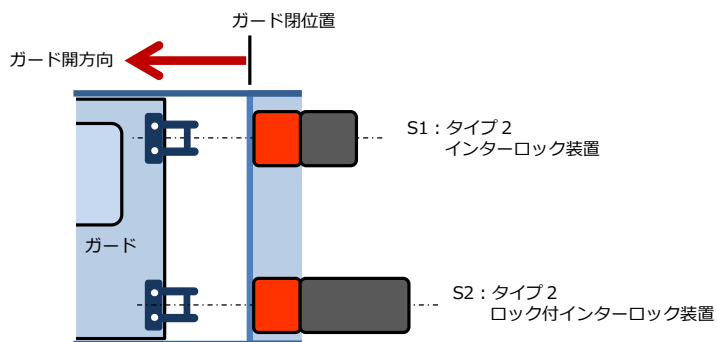
\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・この回路のポイントは、モータ遮断の回路を二重化回路とすることである。
- ・また、入力 (I) に、異なるA接点/B接点スイッチを使い、論理 (L) に、カテゴリ4 (PL e) の要求を満たすリレーモジュールを使うことで、カテゴリ4を実現している。

## 6.2.1.5 参考資料

## 各カテゴリの代表回路例

## カテゴリ4 回路例2(回路図と構成概略1/2)



\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

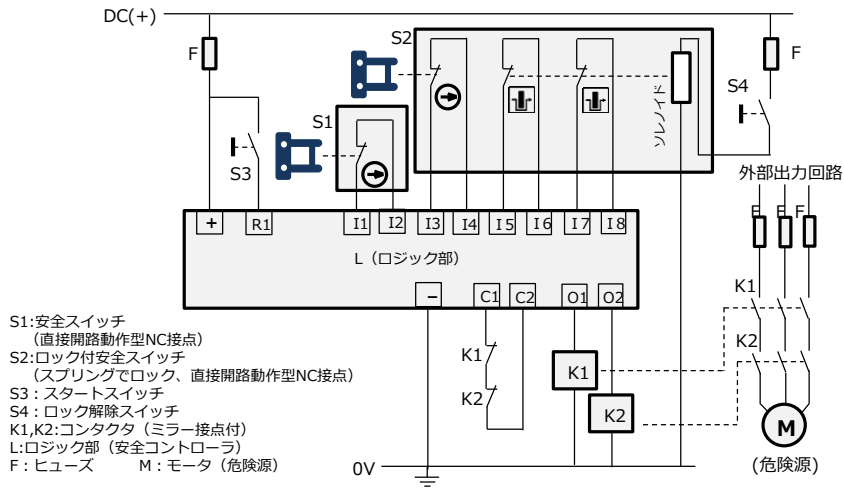
- ・ この回路例は、ガード開閉にインターロック装置を使った場合の例で、考えかたは、「カテゴリ4回路例1」と同様である。

### 6.2.1.5 参考資料

710

#### 各カテゴリの代表回路例

#### カテゴリ4 回路例2(回路図と構成概略2/2)



\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- この回路のポイントは、インターロック装置S2のロック機構の安全のために、内部のソレノイドによりロック解除される機構部の確認スイッチが追加されている部分を除き、前例の「カテゴリ4 回路例1」と同じ作動になる回路である。

### 6.2.1.5 参考資料

#### 各カテゴリの代表回路例

#### カテゴリ4 回路例2(コンポーネントの仕様概略と配置)

この回路例で使用するコンポーネントの概略仕様

- ・ガードは、ISO14120の考え方に沿って使用されている。
- ・S1、S2（インターロック装置）はIEC60947-5-1などに適合しており、共に直接開路動作型のNC接点を備えている。
- ・L（安全コントローラ）は、ISO13849-1などに於いて、カテゴリ4（PLe）の要求を満たしている。
- ・K1,K2（コンタクタ）は、IEC60947-4-1などに適合しており、バックチェック用のミラー接点を備えている。

コンポーネントの配置と特性など

- ・S1,S2は、NC接点を用いて冗長化を行い、独立して各々ガードの上下に配置されている。また、無効化防止のため、ISO14119:2013の要求に従って隠れた位置に配置されている。
- ・S2は、ロック機能を持っており、ISO14119:2013に定めるスプリングでロック/電力でロック解除の方式を用いている。
- ・K1,K2は、それぞれのNC接点（バックチェック用）が、Lのスタート回路に直接接続されている。
- ・Lは、2重化された入力回路が個別に入力でき、入力回路間の短絡が検出出来る。また、スタート回路（C1-C2）は、S3を押して、その後放した時にスタート可能なOFFチェック機能とする。

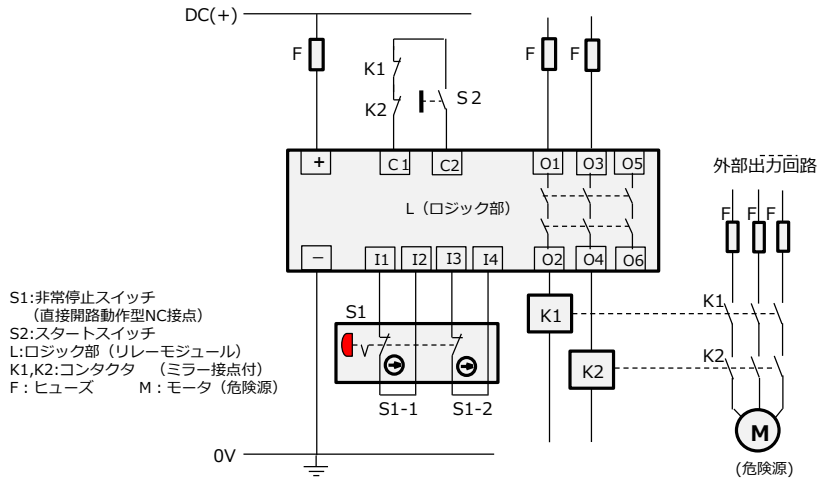
\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ 入力（I）、論理（L）、出力（O）の各コンポーネントは、カテゴリ4（PL e）に対応する機器で構成されている。

6.2.1.5 参考資料

各カテゴリの代表回路例

カテゴリ4 回路例3(回路図と構成概略)



\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

・カテゴリ4の回路例として3つ目の例を示します。



### 6.2.1.5 参考資料

#### 各カテゴリの代表回路例

#### カテゴリ4 回路例3(コンポーネントの仕様概略と配置)

この回路例で使用するコンポーネントの概略仕様

- ・S1(非常停止装置)は、IEC60947-5-1、5-5などに適合しており、直接開路動作型のNC接点(2個)を備えている。
- ・L(リレーモジュール)は、ISO13849-1などにおいて、カテゴリ4(PLe)の要求を満たしている。
- ・K1,K2(コンタクタ)は、IEC60947-4-1などに適合しており、バックチェック用のミラー接点を備えている。

コンポーネントの配置と特性など

- ・S1は、危険源が確認でき、直ぐに操作できる安全な場所に配置されている。
- ・S1は、入力信号の冗長化を行っている。また、ラッチ機能により非常停止状態を維持できると共に、ラッチのリセットだけではモータ(危険源)が起動しないシステムとなっている。(S1のリセットは、起動の許可を与えるのみ)
- ・K1,K2は、それぞれのNC接点(バックチェック用ミラーコンタクト)が、Lのスタート回路に直接接続されている。
- ・Lは、2重化された入力回路が個別に入力でき、入力回路間の短絡が検出出来る。また、スタート回路(C1-C2)は、S3を押して、その後放した時にスタート可能なOFFチェック機能とする。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

この回路例で使用するコンポーネントの概略仕様ですが、

- ・S1(非常停止装置)は、IEC60947-5-1、5-5などに適合しており、直接開路動作型のNC接点を2個備えています。
- ・L(リレーモジュール)は、ISO13849-1などにおいて、カテゴリ4(PLe)の要求を満たしています。
- ・K1,K2(コンタクタ)は、IEC60947-4-1などに適合しており、バックチェック用のミラー接点を備えています。

コンポーネントの配置と特性などについてですが、

- ・S1は、危険源が確認でき、直ぐに操作できる安全な場所に配置されています。
- ・S1は、入力信号の冗長化を行っている。また、ラッチ機能により非常停止状態を維持できると共に、ラッチのリセットだけではモータ

(危険源)が起動しないシステムとなっています。S1のリセットは、起動の許可を与えるのみです。

- ・K1,K2は、それぞれのNC接点(バックチェック用ミラーコンタクト)が、Lのスタート回路に直接接続されてます。
- ・Lは、2重化された入力回路が個別に入力でき、入力回路間の短絡が検出出来ます。また、スタート回路(C1-C2)は、S3を押して、その後放した時にスタート可能なOFFチェック機能とします。

<<以下は、元々記載あり>>

#### 安全機能の維持

##### 【非常停止ボタンを押したとき】

- ・I1-I2(またはI3-I4)間が短絡した場合は、I3-I4(またはI1-I2)間が開となる。L(ロジック)は、2重化入力信号の不一致をエラーとして検出し、K1,K2を遮断する。
- ・I2-I3間の配線が短絡した場合、L(ロジック)は、2入力間の短絡故障をエラーとして検出し、K1,K2を遮断する。

##### 【コンタクタ(出力)の遮断】

- ・K1(またはK2)のNO接点が溶着した場合、K2(またはK1)のNO接点が開いて電力を遮断する。

#### 故障の検出

- ・K1(またはK2)のNO接点が溶着した場合は、そのNC接点(ミラー接点)が開いて、S3による再起動を防止する。

#### 故障の除外

- ・非常停止スイッチで、IEC60947-5-5の要求に適合している場合は、最大動作回数を考慮されている場合はアクチュエータなど機械的故障を除外出来る。(ISO13849-2:2012 表D.8より)

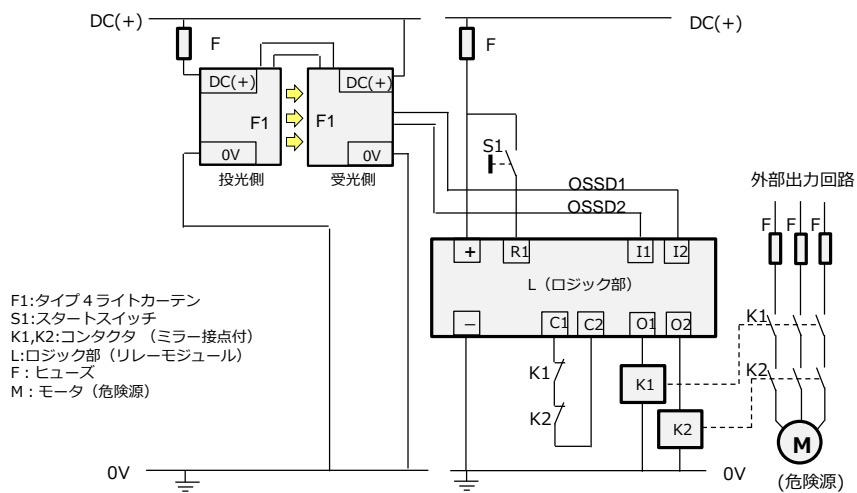
上記の通り、故障の検出が可能であり、カテゴリ4としての構成要件を満足している。

### 6.2.1.5 参考資料

714

#### 各カテゴリの代表回路例

#### カテゴリ4 回路例4 (回路図と構成概略)



\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

・カテゴリ4の回路例として4つ目の例を示します。

### 6.2.1.5 参考資料

#### 各カテゴリの代表回路例

#### カテゴリ4 回路例4 (コンポーネントの仕様概略と配置)

この回路例で使用するコンポーネントの概略仕様

- ・ F1 (ライトカーテン)は、IEC61496-2におけるタイプ4の要求を満たしており、カテゴリ4相当品とする。
- ・ L (リレーモジュール) は、ISO13849-1:2015などの要求を満たしておりカテゴリ4とする。
- ・ K1,K2 (コンタクタ) は、IEC60947-4-1などに適合しており、バックチェック用のミラー接点を備えている。

コンポーネントの配置と特性など

- ・ F1は、OFFパルスを含む冗長化されたOSSD信号がLに入力されている。また、危険源に対して最少安全距離および設置位置は適切である。また、F1は高度な自己診断機能を持っており、それ自身に故障があるとOSSD信号をOFFにし、結果としてK1,K2を遮断する。
- ・ Lは、2重化入力回路が個別に構成され入力間短絡が検出出来る。また、スタート回路 (C1-C2)は、S3を押したあと放した時にスタート可能な、OFFチェック機能とする。
- ・ K1,K2は、それぞれのNC接点 (バックチェック用) が、Lのスタート回路にバックチェック機能のため直接接続されている。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

この回路例で使用するコンポーネントの概略仕様ですが、

- ・F1(ライトカーテン)は、IEC61496-2におけるタイプ4の要求を満たしており、カテゴリ4相当品とします。
- ・L(リレーモジュール)は、ISO13849-1:2015などの要求を満たしておりカテゴリ4とします。
- ・K1,K2(コンタクタ)は、IEC60947-4-1などに適合しており、バックチェック用のミラー接点を備えています。

コンポーネントの配置と特性などについてですが、

- ・F1は、OFFパルスを含む冗長化されたOSSD信号がLに入力されています。また、危険源に対して最少安全距離および設置位置は適切になっています。また、F1は高度な自己診断機能を持っています。それ自身に故障があるとOSSD信号をOFFにし、結果としてK1,K2を遮断します。
- ・Lは、2重化入力回路が個別に構成され入力間短絡が検出出来ます。また、スタート回路(C1-C2)は、S3を押したあと放した時にスタート可能な、OFFチェック機能とします。

・K1,K2は、それぞれのNC接点(バックチェック用)が、Lのスタート回路にバックチェック機能のため直接接続されています。

<<以下は、元々記載あり>>

安全機能の維持

【ライトカーテンの光軸を遮光するとき】

・F1投光器の光軸がずれると、F1受光器からOSSDが出力されず、その結果、K1、K2はOFFとなる。

・F1のOSSD1と2が短絡すると、F1の自己診断機能によりOSSDを遮断(OFF)する。その結果、K1、K2はOFFとなる。

・I1-I2間が故障した場合は、Lは2重化入力信号の不一致をエラーとして検出し、K1、K2はOFFとなる。

【コンタクタ(出力)の遮断】

・K1(またはK2)のNO接点が溶着した場合、K2(またはK1)のNO接点が開いて電力を遮断する。

故障の検出

・ライトカーテンが故障した場合は、ライトカーテン自体がそれを検出し自身のOSSDを遮断(OFF)する。

・L(ロジック)入力部に異常があった場合は、Lはそれをエラーとして検出し K1、K2をOFFにする。

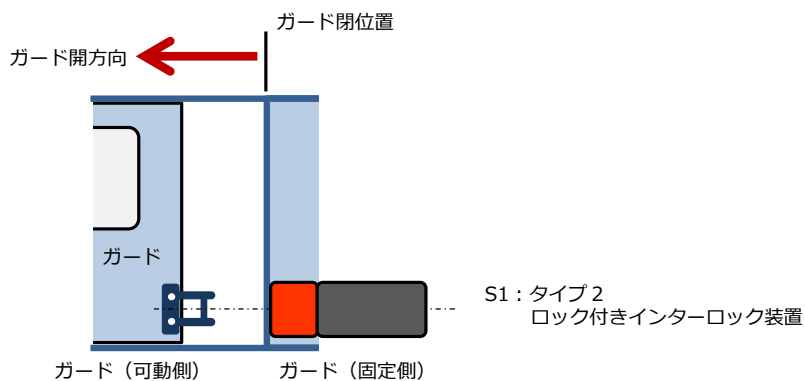
・K1(またはK2)のNO接点が溶着した場合、そのNC接点(ミラー接点)が開き、S3による再起動を防止する。

上記の通り、故障の検出が可能であり、カテゴリ4としての構成要件を満足している。

## 6.2.1.5 参考資料

## 各カテゴリの代表回路例

## カテゴリ3 回路例1 (回路図と構成概略1/2)



\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

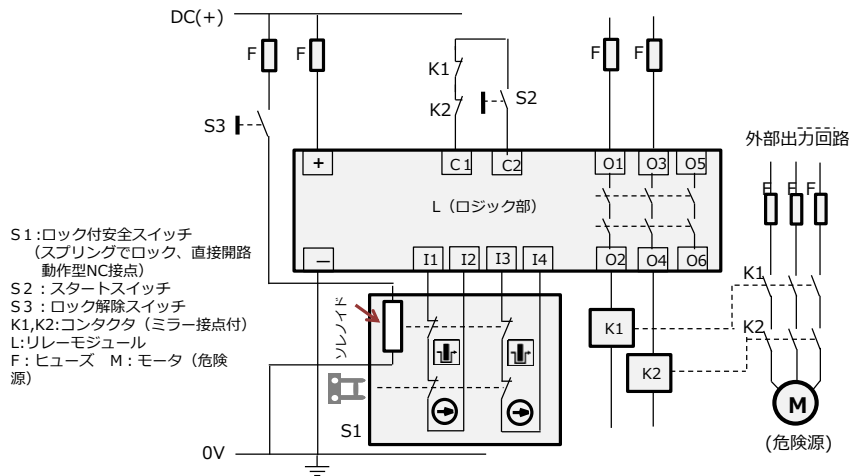
・カテゴリ3の回路例を示します。

## 6.2.1.5 参考資料

717

### 各カテゴリの代表回路例

#### カテゴリ3 回路例1 (回路図と構成概略2/2)



\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

この回路例で使用するコンポーネントの概略仕様ですが、  
・ガードは、ISO14120の考え方に沿って使用されています。

- ・S1(ロック付インターロック装置)は、IEC 60947-5-1  
などに適合しており、直接開路動作型のNC接点を備えています。
- ・S1は、ロック機能を備えており、ISO 14119:2013の要求に  
適合したロック機能を備えています。
- ・L(リレーモジュール)は、ISO 13849-1などにおいて、カテゴリ4  
(PLe)の要求を満たしています。
- ・K1, K2(コンタクタ)は、IEC60947-4-1などに適合しており、  
バックチェック用のミラー接点を備えています。

コンポーネントの配置と特性などについてですが、

- ・S1は、NC接点を用いて冗長化を行い、ガードに配置されている。  
また、無効化防止のため、ISO14119:2013の要求に従って  
隠されて配置されています。
- ・S1は、ISO14119:2013に定める、スプリングでロック/電力で  
ロック解除の方式を用いています。

- ・K1,K2は、それぞれのNC接点(バックチェック用ミラーコンタクト)が、Lのスタート回路に直接接続されています。
- ・Lは、2重化された入力回路が個別に入力でき、入力回路間の短絡が検出出来る。また、スタート回路(C1-C2)は、S3を押して、その後放した時にスタート可能なOFFチェック機能とします。



### 6.2.1.5 参考資料

#### 各カテゴリの代表回路例

#### カテゴリ3 回路例1(コンポーネントの仕様概略と配置)

この回路例で使用するコンポーネントの概略仕様

- ・ガードは、ISO14120の考え方に沿って使用されている。
- ・S1(ロック付インターロック装置)は、IEC60947-5-1などに適合しており、直接開路動作型のNC接点を備えている。
- ・S1は、ロック機能を備えており、ISO14119:2013の要求に適合したロック機能を備えている。
- ・L(リレーモジュール)は、ISO13849-1などにおいて、カテゴリ4(PLe)の要求を満たしている。
- ・K1,K2(コンタクタ)は、IEC60947-4-1などに適合しており、バックチェック用のミラー接点を備えている。

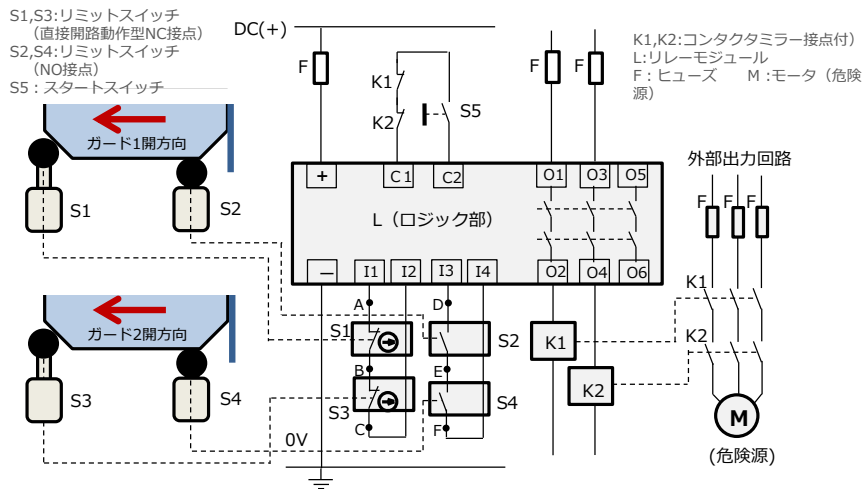
コンポーネントの配置と特性など

- ・S1は、NC接点を用いて冗長化を行い、ガードに配置されている。また、無効化防止のため、ISO14119:2013の要求に従って隠されて配置されている。
- ・S1は、ISO14119:2013に定める、スプリングでロック/電力でロック解除の方式を用いている。
- ・K1,K2は、それぞれのNC接点(バックチェック用ミラーコンタクト)が、Lのスタート回路に直接接続されている。
- ・Lは、2重化された入力回路が個別に入力でき、入力回路間の短絡が検出出来る。また、スタート回路(C1-C2)は、S2を押して、その後放した時にスタート可能なOFFチェック機能とする。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・「ISO14120」は「JIS B 9716 機械類の安全性—ガード—設計製作の為に一般要求事項」が一致規格となっている。
- ・「ISO14119」は「JIS B 9710 機械類の安全性 ガードと共同するインターロック装置—設計及び選択のための原則」が一致規格となっている。
- ・コンポーネントの概略仕様に関して、「F ヒューズ」は一般的な保護器(回路遮断器)を用いてもよい
- ・コンポーネントの配置と特性に関して、「S1(ロック付安全スイッチ)」が電力で解除方式となる為、必要に応じ「閉じ込め防止(内部からの脱出機構)」も考慮する方が良い。
- ・異常発生時のダウンタイム削減の為、「L(リレーモジュール)」や「K コンタクタ」の状態をPLCに取り込み、監視/メッセージ表示を行う配慮も必要である。

### 6.2.1.5 参考資料 各カテゴリの代表回路例 カテゴリ3 回路例2(回路図と構成概略)



\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・回路例2はロック機構を持たないガードの安全監視となる。
- ・危険源への接触／侵入に対するガードが「2枚」で有る例を示しており、1枚のガードで有れば、「S3」「S4」は不要となる。
- ・他要素に関しては、「回路例1」と同等である。

### 6.2.1.5 参考資料

#### 各カテゴリの代表回路例

#### カテゴリ3 回路例2(コンポーネントの仕様概略と配置)

この回路例で使用するコンポーネントの概略仕様

- ・ガードは、ISO14120の考え方に沿って使用されている。
- ・S1からS4(インターロック装置)は、IEC60947-5-1などに適合しており、中でもS1、S3は直接開路動作型のNC接点を備えている。S2、S4はNO接点を備えている。
- ・L(リレーモジュール)は、ISO13849-1などに於いて、カテゴリ4(PLe)の要求を満たしている。
- ・K1、K2(コンタクト)は、IEC60947-4-1などに適合しており、バックチェック用のミラー接点を備えている。

コンポーネントの配置と特性など

- ・S1、S2およびS3、S4のは、NO接点とNC接点を用いて異種冗長化を行ってガードに設置されている。また、無効化防止のため、ISO14119:2013の要求に従って隠れた箇所に配置されている。
- ・S1、S3およびS2、S4は、直列に接続されてLに入力に接続されている。
- ・K1、K2は、それぞれのNC接点(バックチェック用ミラーコンタクト)が、Lのスタート回路に直接接続されている。
- ・Lは、2重化された入力回路が個別に入力でき、入力回路間の短絡が検出出来る。また、スタート回路(C1-C2)は、S5を押して、その後放した時にスタート可能なOFFチェック機能とする。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

・各規格の参照は「回路例1」と同様、最新の物を参照の事。

・S1/S2、S3/S4のインターロック装置に関しては、各メーカーにも回路事例があるので、併せて参照の事。

<<以下は、元々記載あり>>

安全機能の維持

【ガード1が開くとき】

- ・S1のA-B間の配線が短絡した場合は、S2が作動(NO接点が開く)する。L(ロジック)は2重化入力信号の不一致をエラーとして検出し、K1、K2コイルの励磁を遮断する。
- ・S2のD-E間の配線が短絡した場合は、S1が作動(NC接点が開く)する。L(ロジック)は、2重化入力信号の不一致をエラーとして検出し、K1、K2コイルの励磁を遮断する。
- ・I1-I2間(またはI3-I4間)が短絡した場合、Lは、2重化入力信号の不一致をエラーとして検出し、K1、K2コイルの励磁を遮断する。
- ・I2-I3間の配線が短絡した場合、L(ロジック)は、2入力間の短絡故障をエラーとして検出し、K1、K2コイルの励磁を遮断する。

故障のマスキング

- ・S1の外部A-B間が短絡(単一故障)した状態でガード2が開いても、A-B間の短絡は検

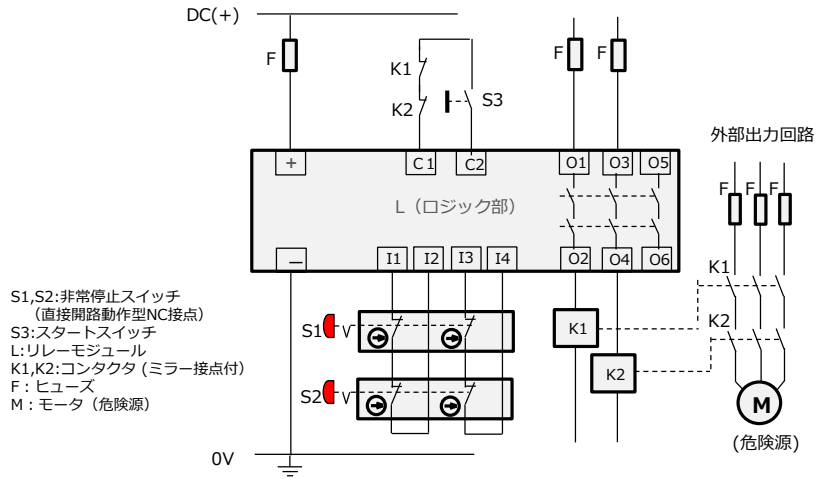
- 出出来ない。(モータ(危険源)は停止する。)
- ・さらに、D-E間も短絡(故障の蓄積)した状態でガード2が開いても、D-E間の短絡も検出出来ない。(モータ(危険源)は停止する。)
  - ・上記の検出出来ない故障が重なった状態でガード1を開けると、モータ(危険源)は停止しない。(危険側故障の発生)

単一故障では安全機能を維持できるが、故障の蓄積により危険側故障が発生する。

## 6.2.1.5 参考資料

## 各カテゴリの代表回路例

## カテゴリ3 回路例3(回路図と構成概略)



\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・回路例3は非常停止スイッチに関わる回路となる。
- ・複数の非常停止を持つ機械の場合、回路例同様、直列に追加／接続を行う事。

### 6.2.1.5 参考資料

#### 各カテゴリの代表回路例

#### カテゴリ3 回路例3(コンポーネントの仕様概略と配置)

この回路例で使用するコンポーネントの概略仕様

- ・ S1、S2(非常停止装置)は、IEC60947-5-1、5-5などに適合しており、直接開路動作型のNC接点(各2個)を備えている。
- ・ L(リレーモジュール)は、ISO13849-1などにおいて、カテゴリ4(PLe)の要求を満たしている。
- ・ K1,K2(コンタクタ)は、IEC60947-4-1などに適合しており、バックチェック用のミラー接点を備えている。

コンポーネントの配置と特性など

- ・ S1、S2は、危険源が確認でき、直ぐに操作できる安全な場所に配置されている。
- ・ S1、S2は、入力信号の冗長化を行っている。また、ラッチ機能により非常停止状態を維持できると共に、ラッチのリセットだけではモータ(危険源)が起動しないシステムとなっている。(S1、S2のリセットは、起動の許可を与えるのみ)
- ・ K1,K2は、それぞれのNC接点(バックチェック用ミラーコンタクト)が、Lのスタート回路に直接接続されている。
- ・ Lは、2重化された入力回路が個別に入力でき、入力回路間の短絡が検出出来る。また、スタート回路(C1-C2)は、S3を押して、その後放した時にスタート可能なOFFチェック機能とする。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

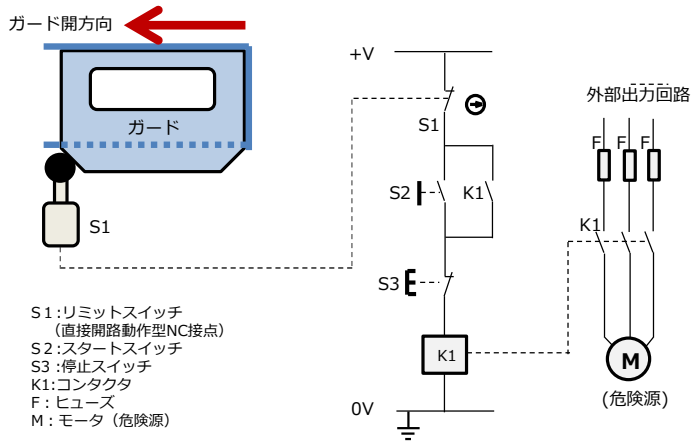
・各規格の参照は前述の回路例と同様、最新の物を参照の事。

- ・コンポーネントの配置と特性に関して、ワイヤー式の非常停止スイッチの場合も同様の考察が必要となる。

## 6.2.1.5 参考資料

## 各カテゴリの代表回路例

## カテゴリ1 回路例1 (回路図と構成概略)



\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・本回路はカテゴリ1となる為、L(ロジック部)を待たず、冗長化も行われていない。
- ・S1は直接開路動作型NC接点とし、ガード開き動作により作動する位置に設置する。



### 6.2.1.5 参考資料

#### 各カテゴリの代表回路例

#### カテゴリ1 回路例2(コンポーネントの仕様概略と配置)

この回路例で使用するコンポーネントの仕様概略

- ・ガードは、ISO14120の考え方に沿って使用されている。
- ・S1(インターロック装置)はIEC60947-5-1などに適合しており、S1は直接開路動作型のNC接点を備えている。
- ・K1(コンタクタ)は、IEC60947-4-1などに適合している。

コンポーネントの配置と特性など

- ・S1は、NC接点を用いてガードの図の位置に設置されている。また、無効化防止のため、ISO14119:2013の要求に従って隠れた位置に配置されている。
- ・K1は、主接点(NO接点)のほかに、補助接点(NO接点)を持ち、予期しない再起動のために自己保持回路を形成している。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

カテゴリ1に要求される内容は、6.2.1.3.2に記載しているように、カテゴリBの要求に加えて次の2つがある。

- ・十分に吟味されたコンポーネントを使用すること。
- ・十分に吟味された安全原則を用いて設計・製造されていること。

である。

この2点の詳細は、ISO13849-2の付属書で参照可能である。

予期しない再起動の防止として自己保持回路としている。これは、例えばS2が押しボタンではなく、トグルスイッチの場合、スイッチが閉じた状態でガードを閉じるとモータが起動してしまうため、そうならない様、都度起動ボタンを押さなければ起動しない様な回路にしている。

<<以下は、元々記載あり>>

安全機能の維持

- ・主として、使用部品の信頼性に依存しているため、故障すると安全機能を喪失する場

合がある。(自己診断機能は無い。)

#### 故障の検出

- ・単一故障を検出出来ない場合がある。
- ・ガード自体が取り外された場合には、検出出来ない。

### 6.2.1.6 附属資料 ISO13849-1:2015 表K.1より抜粋

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ISO 13849-1 附属書Kは、規格本文の図5、このテキストでは6.2.1.2パフォーマンスレベルを評価する簡略化された手法の図の詳細な数値表である。MTTFdの値から正確なPLを求める場合はこの表を参照する。

## 6.2.1.6 附属資料 ISO13849-1:2015 表K.1より抜粋 ISO13849-1:2015 附属書K(表K.1) (1/2)

各チャネルの MTTFd(年)	PFHdと対応するPL													
	カテゴリB DC <sub>sig</sub> =0	PL	カテゴリ1 DC <sub>sig</sub> =0	PL	カテゴリ2 DC <sub>sig</sub> =low	PL	カテゴリ2 DC <sub>sig</sub> = medium	PL	カテゴリ3 DC <sub>sig</sub> =low	PL	カテゴリ3 DC <sub>sig</sub> = medium	PL	カテゴリ4 DC <sub>sig</sub> =high	PL
3	3.80 × 10 <sup>9</sup>	a			2.58 × 10 <sup>9</sup>	a	1.99 × 10 <sup>9</sup>	a	1.26 × 10 <sup>9</sup>	a	6.09 × 10 <sup>8</sup>	b		
3.3	3.46 × 10 <sup>9</sup>	a			2.33 × 10 <sup>9</sup>	a	1.79 × 10 <sup>9</sup>	a	1.13 × 10 <sup>9</sup>	a	5.41 × 10 <sup>8</sup>	b		
3.6	3.17 × 10 <sup>9</sup>	a			2.13 × 10 <sup>9</sup>	a	1.62 × 10 <sup>9</sup>	a	1.03 × 10 <sup>9</sup>	a	4.86 × 10 <sup>8</sup>	b		
3.9	2.93 × 10 <sup>9</sup>	a			1.95 × 10 <sup>9</sup>	a	1.48 × 10 <sup>9</sup>	a	9.37 × 10 <sup>8</sup>	b	4.40 × 10 <sup>8</sup>	b		
4.3	2.65 × 10 <sup>9</sup>	a			1.76 × 10 <sup>9</sup>	a	1.33 × 10 <sup>9</sup>	a	8.39 × 10 <sup>8</sup>	b	3.89 × 10 <sup>8</sup>	b		
4.7	2.43 × 10 <sup>9</sup>	a			1.60 × 10 <sup>9</sup>	a	1.20 × 10 <sup>9</sup>	a	7.58 × 10 <sup>8</sup>	b	3.48 × 10 <sup>8</sup>	b		
5.1	2.24 × 10 <sup>9</sup>	a			1.47 × 10 <sup>9</sup>	a	1.10 × 10 <sup>9</sup>	a	6.91 × 10 <sup>8</sup>	b	3.15 × 10 <sup>8</sup>	b		
5.6	2.04 × 10 <sup>9</sup>	a			1.33 × 10 <sup>9</sup>	a	9.87 × 10 <sup>8</sup>	b	6.21 × 10 <sup>8</sup>	b	2.80 × 10 <sup>8</sup>	c		
6.2	1.84 × 10 <sup>9</sup>	a			1.19 × 10 <sup>9</sup>	a	8.80 × 10 <sup>8</sup>	b	5.53 × 10 <sup>8</sup>	b	2.47 × 10 <sup>8</sup>	c		
6.8	1.68 × 10 <sup>9</sup>	a			1.08 × 10 <sup>9</sup>	a	7.93 × 10 <sup>8</sup>	b	4.98 × 10 <sup>8</sup>	b	2.20 × 10 <sup>8</sup>	c		
7.5	1.52 × 10 <sup>9</sup>	a			9.75 × 10 <sup>8</sup>	b	7.10 × 10 <sup>8</sup>	b	4.45 × 10 <sup>8</sup>	b	1.95 × 10 <sup>8</sup>	c		
8.2	1.39 × 10 <sup>9</sup>	a			8.87 × 10 <sup>8</sup>	b	6.43 × 10 <sup>8</sup>	b	4.02 × 10 <sup>8</sup>	b	1.74 × 10 <sup>8</sup>	c		
9.1	1.25 × 10 <sup>9</sup>	a			7.94 × 10 <sup>8</sup>	b	5.71 × 10 <sup>8</sup>	b	3.57 × 10 <sup>8</sup>	b	1.53 × 10 <sup>8</sup>	c		
10	1.14 × 10 <sup>9</sup>	a			7.18 × 10 <sup>8</sup>	b	5.14 × 10 <sup>8</sup>	b	3.21 × 10 <sup>8</sup>	b	1.36 × 10 <sup>8</sup>	c		
11	1.04 × 10 <sup>9</sup>	a			6.44 × 10 <sup>8</sup>	b	4.53 × 10 <sup>8</sup>	b	2.81 × 10 <sup>8</sup>	b	1.18 × 10 <sup>8</sup>	c		
12	9.51 × 10 <sup>8</sup>	b			5.84 × 10 <sup>8</sup>	b	4.04 × 10 <sup>8</sup>	b	2.49 × 10 <sup>8</sup>	b	1.04 × 10 <sup>8</sup>	c		
13	8.78 × 10 <sup>8</sup>	b			5.33 × 10 <sup>8</sup>	b	3.64 × 10 <sup>8</sup>	b	2.23 × 10 <sup>8</sup>	b	9.21 × 10 <sup>7</sup>	c		
15	7.61 × 10 <sup>8</sup>	b			4.53 × 10 <sup>8</sup>	b	3.01 × 10 <sup>8</sup>	b	1.82 × 10 <sup>8</sup>	c	7.44 × 10 <sup>7</sup>	d		
16	7.13 × 10 <sup>8</sup>	b			4.21 × 10 <sup>8</sup>	b	2.77 × 10 <sup>8</sup>	c	1.67 × 10 <sup>8</sup>	c	6.76 × 10 <sup>7</sup>	d		

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

(P725と同じなので省略します)

## 6.2.1.6 附属資料 ISO13849-1:2015 表K.1より抜粋 ISO13849-1:2015 附属書K(表K.1) (2/2)

各チャネルの MTTFd(年)	PFHdと対応するPL													
	カテゴリB DC <sub>sig</sub> =0	PL	カテゴリ1 DC <sub>sig</sub> =0	PL	カテゴリ2 DC <sub>sig</sub> =low	PL	カテゴリ2 DC <sub>sig</sub> = medium	PL	カテゴリ3 DC <sub>sig</sub> =low	PL	カテゴリ3 DC <sub>sig</sub> =mediu m	PL	カテゴリ4 DC <sub>sig</sub> =high	PL
18	6.34 × 10 <sup>6</sup>	b			3.68 × 10 <sup>6</sup>	b	2.37 × 10 <sup>6</sup>	c	1.41 × 10 <sup>6</sup>	c	5.67 × 10 <sup>7</sup>	d		
20	5.71 × 10 <sup>6</sup>	b			3.26 × 10 <sup>6</sup>	b	2.06 × 10 <sup>6</sup>	c	1.22 × 10 <sup>6</sup>	c	4.85 × 10 <sup>7</sup>	d		
22	5.19 × 10 <sup>6</sup>	b			2.93 × 10 <sup>6</sup>	c	1.82 × 10 <sup>6</sup>	c	1.07 × 10 <sup>6</sup>	c	4.21 × 10 <sup>7</sup>	d		
24	4.76 × 10 <sup>6</sup>	b			2.65 × 10 <sup>6</sup>	c	1.62 × 10 <sup>6</sup>	c	9.47 × 10 <sup>7</sup>	d	3.70 × 10 <sup>7</sup>	d		
27	4.23 × 10 <sup>6</sup>	b			2.32 × 10 <sup>6</sup>	c	1.39 × 10 <sup>6</sup>	c	8.04 × 10 <sup>7</sup>	d	3.10 × 10 <sup>7</sup>	d		
30			3.80 × 10 <sup>6</sup>	b	2.06 × 10 <sup>6</sup>	c	1.21 × 10 <sup>6</sup>	c	6.94 × 10 <sup>7</sup>	d	2.65 × 10 <sup>7</sup>	d	9.54 × 10 <sup>8</sup>	e
33			3.46 × 10 <sup>6</sup>	b	1.85 × 10 <sup>6</sup>	c	1.06 × 10 <sup>6</sup>	c	5.94 × 10 <sup>7</sup>	d	2.30 × 10 <sup>7</sup>	d	8.57 × 10 <sup>8</sup>	e
36			3.17 × 10 <sup>6</sup>	b	1.67 × 10 <sup>6</sup>	c	9.39 × 10 <sup>7</sup>	d	5.16 × 10 <sup>7</sup>	d	2.01 × 10 <sup>7</sup>	d	7.77 × 10 <sup>8</sup>	e
39			2.93 × 10 <sup>6</sup>	c	1.53 × 10 <sup>6</sup>	c	8.40 × 10 <sup>7</sup>	d	4.53 × 10 <sup>7</sup>	d	1.78 × 10 <sup>7</sup>	d	7.11 × 10 <sup>8</sup>	e
43			2.65 × 10 <sup>6</sup>	c	1.37 × 10 <sup>6</sup>	c	7.34 × 10 <sup>7</sup>	d	3.87 × 10 <sup>7</sup>	d	1.54 × 10 <sup>7</sup>	d	6.37 × 10 <sup>8</sup>	e
47			2.43 × 10 <sup>6</sup>	c	1.24 × 10 <sup>6</sup>	c	6.49 × 10 <sup>7</sup>	d	3.35 × 10 <sup>7</sup>	d	1.34 × 10 <sup>7</sup>	d	5.76 × 10 <sup>8</sup>	e
51			2.24 × 10 <sup>6</sup>	c	1.13 × 10 <sup>6</sup>	c	5.80 × 10 <sup>7</sup>	d	2.93 × 10 <sup>7</sup>	d	1.19 × 10 <sup>7</sup>	d	5.26 × 10 <sup>8</sup>	e
56			2.04 × 10 <sup>6</sup>	c	1.02 × 10 <sup>6</sup>	c	5.10 × 10 <sup>7</sup>	d	2.52 × 10 <sup>7</sup>	d	1.03 × 10 <sup>7</sup>	d	4.73 × 10 <sup>8</sup>	e
62			1.84 × 10 <sup>6</sup>	c	9.06 × 10 <sup>7</sup>	d	4.43 × 10 <sup>7</sup>	d	2.13 × 10 <sup>7</sup>	d	8.84 × 10 <sup>8</sup>	e	4.22 × 10 <sup>8</sup>	e
68			1.68 × 10 <sup>6</sup>	c	8.17 × 10 <sup>7</sup>	d	3.90 × 10 <sup>7</sup>	d	1.84 × 10 <sup>7</sup>	d	7.68 × 10 <sup>8</sup>	e	3.80 × 10 <sup>8</sup>	e
75			1.52 × 10 <sup>6</sup>	c	7.31 × 10 <sup>7</sup>	d	3.40 × 10 <sup>7</sup>	d	1.57 × 10 <sup>7</sup>	d	6.62 × 10 <sup>8</sup>	e	3.41 × 10 <sup>8</sup>	e
82			1.39 × 10 <sup>6</sup>	c	6.61 × 10 <sup>7</sup>	d	3.01 × 10 <sup>7</sup>	d	1.35 × 10 <sup>7</sup>	d	5.79 × 10 <sup>8</sup>	e	3.08 × 10 <sup>8</sup>	e
91			1.25 × 10 <sup>6</sup>	c	5.88 × 10 <sup>7</sup>	d	2.61 × 10 <sup>7</sup>	d	1.14 × 10 <sup>7</sup>	d	4.94 × 10 <sup>8</sup>	e	2.74 × 10 <sup>8</sup>	e
100			1.14 × 10 <sup>6</sup>	c	5.28 × 10 <sup>7</sup>	d	2.29 × 10 <sup>7</sup>	d	1.01 × 10 <sup>7</sup>	d	4.29 × 10 <sup>8</sup>	e	2.47 × 10 <sup>8</sup>	e

注) MTTF<sub>0</sub>は、100年までを記載。(カテゴリ4の場合は、MAX2500年まで)  
詳細は、規格原文を参照下さい。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

(P725と同じなので省略します)