

# 平成18年度 食品機械の電気安全設計対応に関する 調査研究報告書

— 国際安全規格利用手引き 電気・制御安全編 —

平成19年 3月

社団法人 日本機械工業連合会  
社団法人 日本食品機械工業会



この事業は、競輪の補助金を受けて実施したものです。

[Http://keirin.jp/](http://keirin.jp/)



## 目次

序	III
はじめに	V
委員会委員名簿	VII
目次	IX
用語の定義と略語	XVI

<b>第1章 事業の概要</b>	<b>1</b>
------------------	----------

- 1.1 食品機械の安全・衛生設計基準 2
- 1.2 事業の概要 6
- 1.3 本書の利用方法と制御安全の基礎的プロセス 7
- 1.4 本書の内容 12

<b>第2章 機械の安全と電気</b>	<b>15</b>
---------------------	-----------

- 2.1 機械の安全とフェールセーフ 16
- 2.2 感電と絶縁 18
  - 2.2.1 人体を流れる電流の危険性 18
  - 2.2.2 接触電圧と危険電圧 19
  - 2.2.3 感電災害の防止 19
  - 2.2.4 現場における安全対策 21
  - 2.2.5 電気絶縁と安全 21
- 2.3 接地 22
- 2.4 静電気、EMC、雷による災害・障害の防止 24
  - 2.4.1 静電気 24
  - 2.4.2 EMC(電磁ノイズによる災害・障害の防止) 25
  - 2.4.3 雷サージによる災害・障害の防止 26
- 2.5 防爆電気設備 29

<b>第3章 制御系の安全関連部の設計</b>	<b>31</b>
-------------------------	-----------

- 3.1 電気制御系設計の手順 33
  - 3.1.1 電気制御系設計における留意事項 33
  - 3.1.2 耐環境性 33

## 目次

- 3.1.3 耐久性 33
- 3.1.4 安全性 34
- 3.1.5 保全性 34
- 3.1.6 法規制への対応 34
- 3.2 機械と電気制御系 36
  - 3.2.1 電気制御系の役割 36
  - 3.2.2 安全機能と電気制御系 36
  - 3.2.3 設計のための一般的戦略 37
  - 3.2.4 安全関連部 37
- 3.3 リスクアセスメントと保護方策カテゴリ 39
  - 3.3.1 3ステップメソッド 39
  - 3.3.2 パフォーマンスレベル(PL) 40
  - 3.3.3 パフォーマンスレベル(PL)の求め方 41
  - 3.3.4 カテゴリ 42
  - 3.3.5 カテゴリとパフォーマンスレベル(PL) 44
  - 3.3.6 SILとの関連 47
- 3.4 システム安全関連部の設計 48
  - 3.4.1 ガードによって引き起こされる安全関連停止機能 48
  - 3.4.2 手動復帰機能(マニュアルリセット) 48
  - 3.4.3 起動／再起動機能 49
  - 3.4.4 現場制御(Local control) 50
  - 3.4.5 ミューティング機能 51
  - 3.4.6 ホールド・トゥ・ラン機能 52
  - 3.4.7 イネーブリング機器 52
  - 3.4.8 予期しない起動の防止 53
  - 3.4.9 機械に補足された人の脱出と救助 54
  - 3.4.10 遮断とエネルギーの消散機能 54
  - 3.4.11 制御モードと運転モード選択 55
  - 3.4.12 制御システムの安全関連部間の繋がり 55
  - 3.4.13 安全関連パラメータの監視 56
  - 3.4.14 非常停止機能 56
- 3.5 ソフトウェア安全性への要求 59
  - 3.5.1 Vモデル 59
  - 3.5.2 組み込みソフトウェア(SRESW) 60
  - 3.5.3 安全関連アプリケーションソフトウェア(SRASW) 61

- 3.5.4 ソフトウェアベースのパラメータ化 61
- 3.6 制御システムにおける妥当性確認 63

## 第4章 電気設備への要求事項 . . . . . 65

- 4.1 機械類の電気設備のための調査書 66
  - 4.1.1 システム設計 66
  - 4.1.2 電装盤の構造 68
  - 4.1.3 使用機器の選定 69
- 4.2 等電位ボンディング(EB) 70
- 4.3 火災予防 72
- 4.4 絶縁と電線 74
  - 4.4.1 低圧電路の絶縁 74
- 4.5 停止による安全 76
- 4.6 インタロック装置 78
  - 4.6.1 ガードとインタロック装置の代表的な形状とその特徴 78
  - 4.6.2 インタロック装置設計 80
  - 4.6.3 インタロック装置の選択 81
- 4.7 感電保護クラスの分類 82

## 第5章 電気装置一般仕様書 . . . . . 83

- 5.1 適用範囲 86
- 5.2 引用規格 86
- 5.3 定義 86
- 5.4 一般要求事項 87
  - 5.4.1 一般事項 87
  - 5.4.2 装置の選択 87
  - 5.4.3 電源 88
  - 5.4.4 物理的環境及び運転条件 88
  - 5.4.5 輸送及び保管 90
  - 5.4.6 運搬のための手段 90
  - 5.4.7 据付け 90
- 5.5 供給電源への接続及び電源開路用機器仕様 91
  - 5.5.1 供給電源への接続仕様 91

## 目次

- 5.5.2 外部保護導体（アース線）接続用端子 91
- 5.5.3 電源断路機器 92
- 5.5.4 予期しない起動を防止する開路機器 94
- 5.5.5 電気器機を断路するための機器 94
- 5.5.6 禁止されている投入、不注意による投入及び/又は誤投入に対する保護 94
- 5.6 感電への保護 95
  - 5.6.1 一般要求事項 95
  - 5.6.2 直接接触に対する保護 95
  - 5.6.3 間接接触に対する保護 96
  - 5.6.4 PELV の使用による保護 97
- 5.7 電気設備の保護 98
  - 5.7.1 一般事項 98
  - 5.7.2 過電流保護 98
  - 5.7.3 電動機の過熱保護 101
  - 5.7.4 異常温度保護 101
  - 5.7.5 停電、電圧低下及びそれらの復旧時の保護 101
  - 5.7.6 電動機の過速度保護 101
  - 5.7.7 地絡/漏電電流の保護 102
  - 5.7.8 相順の保護 102
  - 5.7.9 雷サージと開閉サージによる過電圧に対する保護 102
- 5.8 等電位ボンディング 103
  - 5.8.1 一般事項 103
  - 5.8.2 保護ボンディング回路 104
  - 5.8.3 機能ボンディング 106
  - 5.8.4 高い漏れ電流の影響を制限するための対策 106
- 5.9 制御回路及び制御機能 107
  - 5.9.1 制御回路 107
  - 5.9.2 制御機能 108
  - 5.9.3 保護インタロック 112
  - 5.9.4 故障時の制御機能 113
- 5.10 オペレータインタフェースと機械に取り付けられた制御機器 116
  - 5.10.1 一般要求事項 116
  - 5.10.2 押しボタン 116

- 5.10.3 表示灯及び表示器 118
- 5.10.4 照光式押しボタン 119
- 5.10.5 ロータリ形制御機器 119
- 5.10.6 始動機器 120
- 5.10.7 非常停止用機器 120
- 5.10.8 非常スイッチオフ機器 121
- 5.10.9 イネーブル機器 122
- 5.11 制御装置:配置、取付け及びエンクロージャ 123
  - 5.11.1 一般要求事項 123
  - 5.11.2 配置及び取付け 123
  - 5.11.3 保護等級 124
  - 5.11.4 エンクロージャ、扉及び開口部 124
  - 5.11.5 制御装置への接近性 125
- 5.12 電線及びケーブル 126
  - 5.12.1 一般要求事項 126
  - 5.12.2 電線 126
  - 5.12.3 絶縁 127
  - 5.12.4 正常使用時の電流容量 127
  - 5.12.5 電線及びケーブルの電圧降下 128
  - 5.12.6 可とうケーブル 128
  - 5.12.7 導線、導体棒、及び集電環アセンブリ 129
- 5.13 配線 131
  - 5.13.1 接続及び経路 131
  - 5.13.2 配線の識別 132
  - 5.13.3 エンクロージャ内の配線 134
  - 5.13.4 エンクロージャ外の配線 134
  - 5.13.5 ダクト、接続箱及びその他の箱 136
- 5.14 電動機及び関連装置 138
  - 5.14.1 一般要求事項 138
  - 5.14.2 電動機エンクロージャ 138
  - 5.14.3 電動機の寸法 138
  - 5.14.4 電動機を取付け 138

目 次

- 5. 14. 5 電動機の選定基準 138
- 5. 14. 6 機械的制動装置用保護機器 139
- 5. 15 附属品及び照明 140
  - 5. 15. 1 附属品 140
  - 5. 15. 2 機械及び装置の局部照明 140
- 5. 16 マーキング、警告標識及び略号 142
  - 5. 16. 1 一般事項 142
  - 5. 16. 2 警告標識 142
  - 5. 16. 3 機能表示 143
  - 5. 16. 4 制御装置のマーキング 143
  - 5. 16. 5 参照標識（番号） 143

**第 6 章 安全性確保技術・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 145**

- 6. 1 安全性を支える技術の流れ 146
- 6. 2 安全情報抽出の原理 147
- 6. 3 安全確認型 150
- 6. 4 単調論理 152
- 6. 5 冗長性と多重化 154
- 6. 6 ダイバシティ(多様構造) 156
- 6. 7 ダイナミック処理 157
- 6. 8 安全関連部と非安全関連部の独立性 159
- 6. 9 フェールセーフ化が推奨されている回路 160
- 6. 10 フェールセーフ化の一般的方法 161
  - 6. 10. 1 オフ確認 161
  - 6. 10. 2 起動と停止及び再起動防止 162
  - 6. 10. 3 ノーマルクローズ型の採用 162
  - 6. 10. 4 強制引き離し(強制開離) 163
  - 6. 10. 5 相反モードによる監視の利用 163
  - 6. 10. 6 発振回路の利用 164
  - 6. 10. 7 交流信号の利用 164
  - 6. 10. 8 電源枠外処理 164
  - 6. 10. 9 フェールセーフなチェック回路の利用 165
  - 6. 10. 10 二重化不一致検出 165

6.10.11	バックチェック	166
6.10.12	非溶着	166
6.10.13	非対称誤り特性を持つ物理的特性の利用	167
6.10.14	操作電池と接地	167
6.11	自己保持回路	169
6.11.1	自己保持回路と安全性	170
6.12	起動と停止	171
6.13	両手操作制御	173
6.13.1	偶発的操作及び無効化の防止	174
6.14	安全PLCと一般のPLC	176
6.15	安全リレー	178
6.15.1	安全リレー	178
6.15.2	安全リレーモジュール(安全リレーユニット)	179
附属書Ⅰ	機械の電気装置のための調査書	181
附属書Ⅱ	IPコード	184
附属書Ⅲ	識別指定された電線端末を意図した機器の端子の表示法	185
附属書Ⅳ	主な電気回路図記号	186
附属書Ⅴ	主なデジタル回路記号	192
附属書Ⅵ	食品機械の安全・衛生設計に関する主な規格	194
引用・参考図書		203