

取扱説明書

TwinSAFEアプリケーションガイド

バージョン: 2.2.2
日付: 2020-08-07

BECKHOFF

目次

1 序文	9
1.1 取扱説明書に関する注記	9
1.2 安全に関する指示事項	10
1.2.1 工場出荷状態	10
1.2.2 使用者の努力義務	11
1.2.3 アプリケーションの目的と分野	11
1.2.4 安全記号の説明	12
1.2.5 用語解説	13
1.3 取扱説明書の改訂履歴	14
2 回路の例	15
2.1 非常停止機能バリエーション1 (Cat. 3/PLd)	15
2.1.1 安全入力と安全出力ターミナルのパラメータ	15
2.1.2 ブロック構造とセーフティループ	16
2.1.3 計算	16
2.2 非常停止機能バリエーション2 (Cat. 3/PLd)	21
2.2.1 安全入力と安全出力ターミナルのパラメータ	21
2.2.2 ブロック構造とセーフティループ	22
2.2.3 計算	22
2.3 非常停止機能バリエーション3 (Cat. 4/PLe)	27
2.3.1 安全入力と安全出力ターミナルのパラメータ	27
2.3.2 ブロック構造とセーフティループ	28
2.3.3 計算	28
2.4 非常停止機能バリエーション4 (Cat. 4/PLe)	33
2.4.1 安全入力と安全出力ターミナルのパラメータ	33
2.4.2 ブロック構造とセーフティループ	34
2.4.3 計算	34
2.5 非常停止機能バリエーション5 (Cat. 4/PLe)	39
2.5.1 安全入力と安全出力ターミナルのパラメータ	39
2.5.2 ブロック構造とセーフティループ	40
2.5.3 計算	40
2.6 非常停止機能バリエーション6 (Cat. 3/PLd)	45
2.6.1 安全入力と安全出力ターミナル(SIL 2)のパラメータ	45
2.6.2 ブロック構造とセーフティループ	46
2.6.3 計算	46
2.7 非常停止機能バリエーション7 (Cat. 4/PLe)	51
2.7.1 安全入力と安全出力ターミナルのパラメータ	51
2.7.2 ブロック構造とセーフティループ	52
2.7.3 計算	53
2.8 安全扉機能バリエーション1 (Cat. 3/PLd)	57
2.8.1 安全入力と安全出力ターミナルのパラメータ	57
2.8.2 ブロック構造とセーフティループ	58
2.8.3 計算	58

2.9	安全扉機能バリエーション2 (Cat. 4/PLe)	62
2.9.1	安全入力と安全出力ターミナルのパラメータ	62
2.9.2	ブロック構造とセーフティループ	63
2.9.3	計算	63
2.10	エリア監視付き安全扉ファンクション (Cat. 4/PLe)	67
2.10.1	安全入力と安全出力ターミナルのパラメータ	68
2.10.2	ブロック構造とセーフティループ	68
2.10.3	計算	69
2.11	ソレノイドロック付き安全扉機能 (Cat. 4/PLe)	74
2.11.1	安全入力と安全出力ターミナルのパラメータ	75
2.11.2	ブロック構造とセーフティループ	75
2.11.3	計算	76
2.12	両手押しボタン操作 (Cat. 4/PLe)	81
2.12.1	安全入力と安全出力ターミナルのパラメータ	81
2.12.2	ブロック構造とセーフティループ	82
2.12.3	計算	82
2.13	レーザスキャナ (Cat. 3/PLd)	86
2.13.1	安全入力と安全出力ターミナルのパラメータ	86
2.13.2	ブロック構造とセーフティループ	87
2.13.3	計算	87
2.14	セーフティライトカーテン (Cat. 4/PLe)	91
2.14.1	安全入力と安全出力ターミナルのパラメータ	91
2.14.2	ブロック構造とセーフティループ	92
2.14.3	計算	92
2.15	セーフティマット/セーフティバンパ (Cat. 4/PLe)	96
2.15.1	安全入力と安全出力ターミナルのパラメータ	96
2.15.2	ブロック構造とセーフティループ	97
2.15.3	計算	97
2.16	ミュートイング (Cat. 4/PLe)	101
2.16.1	安全入力と安全出力ターミナルのパラメータ	101
2.16.2	ブロック構造とセーフティループ	102
2.16.3	計算	103
2.17	電源の両切り回路による下流の標準ターミナル群 (電源供給グループ) への電源供給切断 (Cat. 4/PLe)	108
2.17.1	回り込みの防止の注意事項	109
2.17.2	安全入力と安全出力ターミナルのパラメータ	111
2.17.3	ブロック構造とセーフティループ	112
2.17.4	計算	112
2.18	故障除外の標準ターミナル群 (等電位グループ) への電源供給切断 (Cat. 4/PLe)	117
2.18.1	回り込みの防止の注意事項	119
2.18.2	安全入力と安全出力ターミナルのパラメータ	121
2.18.3	ブロック構造とセーフティループ	121
2.18.4	計算	122
2.19	ネットワークシステム (Cat. 4/PLe)	126
2.19.1	安全入力と安全出力ターミナルのパラメータ	127

2. 19. 2	ブロック構造とセーフティループ	127
2. 19. 3	計算	128
2. 20	SS1停止機能付きドライブオプションAX5801 (Cat. 4/PLe)	132
2. 20. 1	安全入力と安全出力ターミナルのパラメータ	133
2. 20. 2	ブロック構造とセーフティループ	133
2. 20. 3	計算	134
2. 21	SS2停止機能付きドライブオプションAX5805 (Cat. 4/PLe)	138
2. 21. 1	安全入力と安全出力ターミナルのパラメータ	138
2. 21. 2	ブロック構造とセーフティループ	139
2. 21. 3	計算	139
2. 22	TwinSAFE出力をTwinSAFE入力に直接配線(1チャンネル) (Cat. 2/PLc)	143
2. 22. 1	安全入力と安全出力ターミナルのパラメータ	143
2. 22. 2	ブロック構造とセーフティループ	144
2. 22. 3	計算	144
2. 23	TwinSAFE出力をTwinSAFE入力に直接配線(2チャンネル) (Cat. 3/PLd)	147
2. 23. 1	安全入力と安全出力ターミナルのパラメータ	147
2. 23. 2	ブロック構造とセーフティループ	147
2. 23. 3	計算	148
2. 24	非常停止機能 (Cat. 3/PLd)	150
2. 24. 1	安全入力と安全出力ターミナル(SIL 2)のパラメータ	151
2. 24. 2	ブロック構造とセーフティループ	151
2. 24. 3	計算	152
2. 25	速度監視 (Cat. 3/PLd)	156
2. 25. 1	構造と診断	157
2. 25. 2	FMEA	158
2. 25. 3	安全出力ターミナルのパラメータ	159
2. 25. 4	ブロック構造とセーフティループ	160
2. 25. 5	計算	160
2. 26	速度監視 (IO-Link経由) (Cat. 3/PLd)	166
2. 26. 1	構造と診断	167
2. 26. 2	FMEA	168
2. 26. 3	安全出力ターミナルのパラメータ	169
2. 26. 4	ブロック構造とセーフティループ	170
2. 26. 5	計算	170
2. 27	STO機能とEL72x1-9014 (Cat. 3/PLd)	176
2. 27. 1	安全入力と安全出力ターミナルのパラメータ	177
2. 27. 2	ブロック構造とセーフティループ	177
2. 27. 3	計算	178
2. 28	STO機能とIndraDrive (Cat. 4/PLe)	182
2. 28. 1	安全入力と安全出力ターミナルのパラメータ	183
2. 28. 2	ブロック構造とセーフティループ	183
2. 28. 3	計算	184
2. 28. 4	Bosch Rexroth AGからのテクニカルノート	188
2. 29	TwinSAFE SCIによる温度計測 (Cat. 3/PLd)	192
2. 29. 1	配線構造図	193

2. 29. 2	構造と診断	193
2. 29. 3	FMEA	193
2. 29. 4	安全出力ターミナルのパラメータ	194
2. 29. 5	ブロック構造とセーフティループ	195
2. 29. 6	計算	195
2. 30	TwinSAFE SCによるレベル計測 (Cat. 3/PLd)	201
2. 30. 1	配線構造図	202
2. 30. 2	構造と診断	202
2. 30. 3	FMEA	202
2. 30. 4	安全出力ターミナルのパラメータ	203
2. 30. 5	ブロック構造とセーフティループ	204
2. 30. 6	計算	204
2. 31	TwinSAFE SCによる圧力計測 (Cat. 3/PLd)	210
2. 31. 1	配線構造図	211
2. 31. 2	構造と診断	211
2. 31. 3	FMEA	211
2. 31. 4	安全出力ターミナルのパラメータ	212
2. 31. 5	ブロック構造とセーフティループ	213
2. 31. 6	計算	213
2. 32	つり上げ装置の監視 (Cat. 3/PLd)	219
2. 32. 1	構造図	220
2. 32. 2	構造と診断	220
2. 32. 3	FMEA	221
2. 32. 4	ロジックの構造	222
2. 32. 5	安全出力ターミナルのパラメータ	224
2. 32. 6	ブロック構造とセーフティループ	225
2. 32. 7	計算	225
2. 33	EK1960デジタル入出力 (Cat. 4/PLe)	232
2. 33. 1	安全入力と安全出力モジュールのパラメータ	233
2. 33. 2	ブロック構造とセーフティループ	233
2. 33. 3	計算	234
2. 34	EK1960デジタル入力/リレー出力 (Cat. 4/PLe)	238
2. 34. 1	安全入力と安全出力モジュールのパラメータ	239
2. 34. 2	ブロック構造とセーフティループ	239
2. 34. 3	計算	240
2. 35	EK1960セーフティマット入力/デジタル出力 (Cat. 2/PLd)	244
2. 35. 1	安全入力と安全出力モジュールのパラメータ	245
2. 35. 2	ブロック構造とセーフティループ	245
2. 35. 3	計算	246
2. 36	AX8xxx-x1xx ST0機能 (Cat. 4/PLe)	250
2. 36. 1	安全入力と安全出力モジュールのパラメータ	251
2. 36. 2	ブロック構造とセーフティループ	251
2. 36. 3	計算	252
2. 37	EL2911電位グループと非安全関連部の標準ターミナル (Cat. 4/PLe)	256
2. 37. 1	回り込みの防止の注意事項	257

2. 37. 2	EL2911パラメータ	259
2. 37. 3	ブロック構造とセーフティループ	259
2. 37. 4	計算	260
2. 38	EP1957における非接触安全扉スイッチの使用 (Cat. 4/PLe)	264
2. 38. 1	安全入力と安全出力モジュールのパラメータ	265
2. 38. 2	ブロック構造とセーフティループ	265
2. 38. 3	計算	266
2. 39	EPP電位グループとEPP9022-9060 (Cat. 4/PLe)	269
2. 39. 1	回り込みの防止の注意事項	272
2. 39. 2	EL2911パラメータ	274
2. 39. 3	ブロック構造とセーフティループ	274
2. 39. 4	計算	275
3	TwinSAFEコンポーネントによる安全プロジェクトの計画	279
3. 1	リスクと危険源の同定	279
3. 2	PLr / SILの確定	280
3. 3	安全機能の仕様	280
3. 4	対策の仕様	280
3. 5	安全機能の実装	280
3. 6	パフォーマンスレベルの達成の証明	283
3. 7	安全機能の検証	283
3. 8	SF確認のための注意事項	283
3. 9	承認	284
4	技術レポート - TÜV SÜD	285
5	サポートとサービス	286

1 序文

1.1 取扱説明書に関する注記

対象となる読者

この説明書は関連する国内規格を熟知した、制御およびオートメーションエンジニアリングの専門家の使用のみを目的としています。

本製品の設置およびコミッショニングの際は、必ず以下の注意事項と説明にしたがってください。

本製品を使用する上での責任者は、本製品の用途および使用方法が、関連するすべての法律、法規、ガイドラインおよび規格を含む、安全に関するすべての要件を満たしていることを確認してください。

取扱説明書の原本

本取扱説明書の原本はドイツ語で書かれています。他のすべての言語版は、ドイツ語原本から翻訳されたものです。

最新版の使用

本取扱説明書の最新バージョン、または有効なバージョンを使用しているか確認してください。最新のバージョンは、<http://www.beckhoff.com/english/download/twinsafe.htm>のベッコフのホームページからダウンロードできます。質問がある場合は、[技術サポート \[▶ 286\]](#)にお問い合わせください。

製品の特徴

最新の取扱説明書に記載された製品の機能のみ有効です。ベッコフホームページ、電子メール、またはその他の出版物に記載されている関連情報は、正式でない場合があります。

免責事項

この取扱説明書の記載内容は、記載された製品は、繰り返し改訂されています。本製品は継続的な開発の対象であるため、性能データや規格、その他の特性について整合性の確認が行われていない場合があります。製品の情報・仕様は予告なく変更されます。この説明書に記載されているデータ、図および説明に基づいて、既に納品されている製品の変更を要求することはできません。掲載されている写真やイラストと、実際の製品は異なる場合があります。この説明書は最新でない可能性があります。 <https://infosys.beckhoff.com>に掲載された最新バージョンの説明書を必ず参照してください。

商標

Beckhoff®、TwinCAT®、EtherCAT®、EtherCAT G®、EtherCAT G10®、EtherCAT P®、Safety over EtherCAT®、TwinSAFE®、XFC®、XTS®およびXPlanar®は、Beckhoff Automation GmbHの登録商標です。この取扱説明書で使用されているその他の名称は商標である可能性があり、第三者が独自の目的のために使用すると所有者の権利を侵害する可能性があります。

特許出願

EtherCAT Technologyについては、欧州特許EP1590927、EP1789857、EP1456722およびEP2137893、ドイツ特許DE102015105702に記載されていますが、これらに限定されるものではありません。



EtherCAT®およびSafety over EtherCAT®は、ドイツのBeckhoff Automation GmbHの登録商標、特許技術であり、ライセンスされます。

著作権

© Beckhoff Automation GmbH & Co. KG, Germany.

明示的な許可なく、本書の複製、配布、使用、および他への内容の転載は禁止されています。これに違反した者は損害賠償の責任を負います。すべての権利は、特許、実用新案、意匠の付与の際に留保されます。

納入条件

加えて、Beckhoff Automation GmbH & Co. KGの一般的な納入条件が適用されます。

1.2 安全に関する指示事項

1.2.1 工場出荷状態

すべての製品は、用途に適した特定のハードウェア構成およびソフトウェア構成を有する状態で供給されます。ハードウェアまたはソフトウェアに取扱説明書に記載されている以外の変更を加えることは許可されていません。許可されていない変更を加えると、Beckhoff Automation GmbH & Co. KGの保証の対象外となります。

1.2.2 使用者の努力義務

製品の使用者は、以下のことを確認する必要があります。

- ・ TwinSAFE製品が、記載された使用環境でのみ使用されていること(チャプタ「製品説明」を参照)。
- ・ TwinSAFE製品が、完全かつ正常に動作している状態でのみ使用されていること。
- ・ TwinSAFE製品が、有資格者によってのみ操作されていること。
- ・ 使用者が労働安全および環境保護の関連法規について定期的に指導を受け、この説明書の内容、特に安全に関する注意事項を熟知していること。
- ・ 取扱説明書が良好かつ完全な状態であり、TwinSAFE製品を使用する場所で常に参照できること。
- ・ TwinSAFE製品に取り付けられている安全および警告注意が何も取り外されてなく、すべての注意書きが判読可能であること。

注記

有資格者

TwinSAFEコンポーネントを使用するためには、使用者は有資格者で定期的にトレーニングコースを受講している必要があります。

機能安全に関するトレーニングコースは、TÜVのような該当する認証機関、または責任ある雇用者責任保険協会で受けることができます。

TwinSAFEコンポーネントの製品トレーニングコースは、ベッコフトレーニング部で予約できます。

1.2.3 アプリケーションの目的と分野

アプリケーションガイドは、通常、装置で使用する規格DIN EN ISO 13849-1およびEN 62061またはEN 61508:2010(適用する場合)に準拠した安全ファンクションの安全パラメータの計算例をユーザに提供します。

例では、EL1904は安全入力のための例として紹介され、EL2904は安全出力のための例として紹介されています。これは例として検討されていますが、もちろん、EP1908やEL2912のような他の安全入力や出力も使用できます。それぞれの製品マニュアルに記載されている適切なパラメータを計算で使用できます。

注記

アプリケーションの例

これらの例は、ユーザに数値計算例を提供します。使用者は、リスクや危険分析を実行する義務があり、アプリケーションに必要な指令、規格、法令を適用する義務があります。

1.2.4 安全記号の説明

この取扱説明書では、安全に関する指示や注意事項とともに以下の安全記号を使用します。安全に関する指示事項はよくお読みになり、必ず指示にしたがってください。

⚠ 危険

重大な人的傷害の危険

この記号が付いた安全に関する注意事項に従わないと、人命および健康に直ちに危害を及ぼします。

⚠ 警告

人的傷害の危険

この記号が付いた安全に関する注意事項に従わないと、人命および健康に危険を及ぼします。

⚠ 注意

人的傷害の恐れ

この記号が付いた安全に関する注意事項に従わないと、怪我をする恐れがあります。

注記

環境汚染/物的損害またはデータ消失の恐れ

この記号が付いた安全に関する注意事項に従わないと、環境汚染、物的損害、またはデータ消失につながる恐れがあります。

- ヒントまたはアドバイス
i この記号が示す情報により、さらに理解が深まります。

1.2.5 用語解説

名前	説明
$B10_D$	コンポーネントの10%が危険なほど故障した後の平均サイクル数
CCF	共通の原因による故障
d_{op}	年当たりの日数単位の平均稼働時間
DC_{avg}	平均診断範囲
h_{op}	1日当たりの時間単位の平均稼働時間
$MTTF_D$	危険障害が発生するまでの平均時間
n_{op}	年次の作動の平均数
PFH_D	時間当たりの危険故障確率
PL	パフォーマンスレベル
PL_r	必要なパフォーマンスレベル
T_{cycle}	システムの2つの連続サイクルの間の平均時間(次の例では分単位ですが、秒単位でも可能)
T1	デバイスの寿命(TwinSAFEデバイスの場合、通常20年)
λ_D	FITでの危険事象率(10^9 コンポーネント時間単位の故障率)
T_{100}	稼働時間 - たとえば、電気装置部品の最大稼働時間
TwinSAFE SC	<p>TwinSAFE SCテクノロジー(SC - シングルチャンネル)により、信号が標準ターミナルからFSoEテレグラムでパッケージ化されて、標準フィールドバス経由でTwinSAFEロジックに送信できます。このため、送信路の偽装は全くできません。TwinSAFEロジックで、この信号はさらに独立した信号によって確認します。この比較結果は、通常、カテゴリ3およびPL dに対応するアナログ値をもたらします。</p> <p>ただし、このテクノロジーはデジタル入力信号をサポートしないため、シングルチャンネル構造には使用できません(1つのTwinSAFE SCチャンネルのみ)。</p>

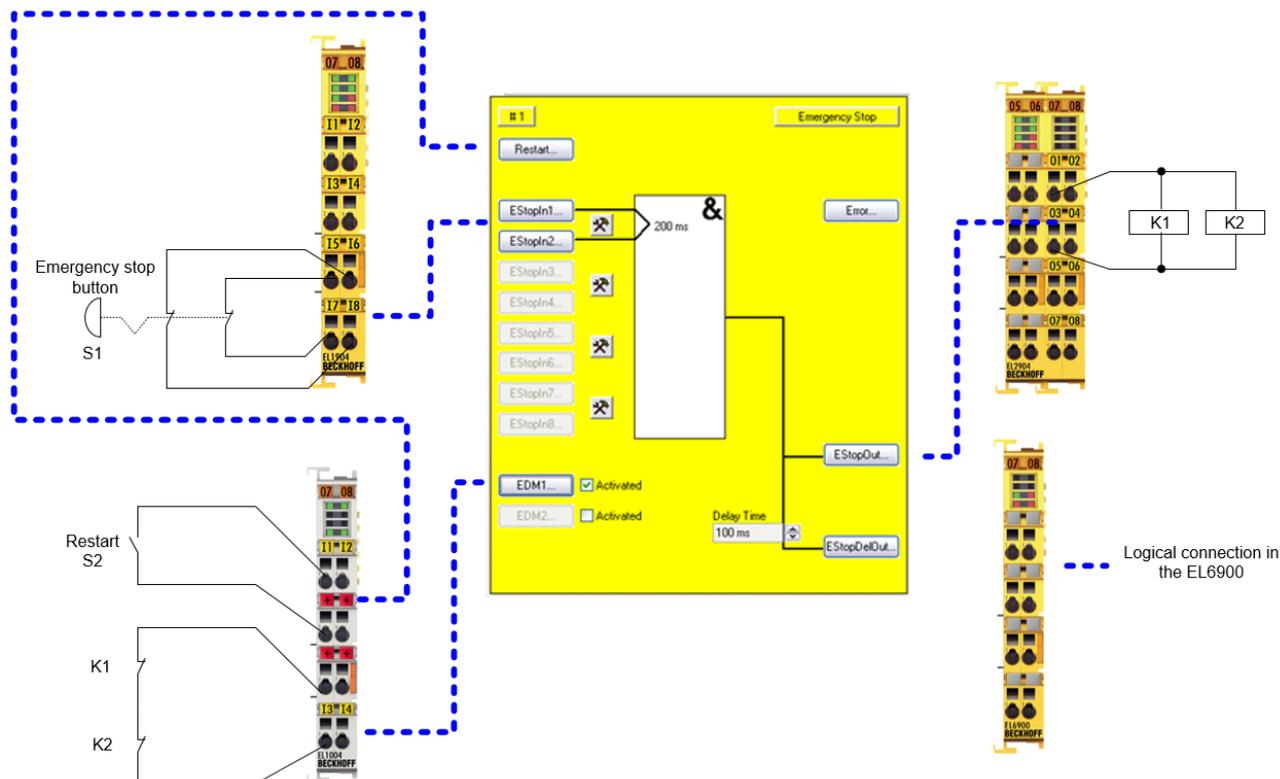
1.3 取扱説明書の改訂履歴

バージョン	コメント
2.2.2	・ <i>non-reactive</i> (反応しない) から <i>interference-free</i> (非安全関連部の) へ翻訳を変更
2.2.1	・ 英語翻訳版のタイプミスを訂正
2.2.0	・ EPP9022-9060の例の更新
2.1.0	<ul style="list-style-type: none"> ・ 移行 ・ 例AX8xxx、EL2911、EP1957およびEPP9022-9060の追加 ・ トレーニングコースについての情報を追加 ・ 確認書の更新
2.0.0	<ul style="list-style-type: none"> ・ EK1960の例の追加 ・ チャプタ2.26の計算を訂正
1.9.1	・ チャプタ2.17と2.18に注を追加
1.9.0	<ul style="list-style-type: none"> ・ チャプタ2.18の改訂 ・ チャプタ「安全プロジェクトの計画」を追加
1.8.0	<ul style="list-style-type: none"> ・ TwinSAFE SCの例を追加 ・ Bosch Rexroth IndraDriveドライブファミリーの例 ・ 「<i>SIL2通信</i>」の名称を「<i>TwinSAFE SC</i>」に置き換え ・ 例2.25と2.26の更新 ・ すべてのチャプタの全般的な改訂
1.7.0	<ul style="list-style-type: none"> ・ チャプタ「<i>TwinSAFE出力の直接配線</i>」を「<i>TwinSAFE入力(シングルチャンネル)</i>」に改訂 ・ 序文の更新 ・ チャプタ「<i>アプリケーションの目的と分野</i>」の拡張 ・ チャプタ2.25と2.26の構造図を更新 ・ チャプタ2.27の追加 ・ チャプタ2.2.3.2、2.3.3.2、2.4.3.2、2.5.3.2、2.7.3.2および2.19.3.2の実証(直接/間接リードバックの注を削除) ・ チャプタ2.19に注のテキストを追加
1.6.2	<ul style="list-style-type: none"> ・ 適合性証明書の更新 ・ チャプタ2.25および2.26のグラフィックを更新 ・ チャプタ「<i>アプリケーションの目的と分野</i>」の追加
1.6.1	・ チャプタ2.25および2.26の追加
1.6.0	・ チャプタ2.17および2.18の改訂
1.5.0	<ul style="list-style-type: none"> ・ チャプタ2.24の追加 ・ ドキュメンテーションのバージョンを追加 ・ 文書の作成元を追加 ・ フォーマットの変更
1.4.0	<ul style="list-style-type: none"> ・ カテゴリとパフォーマンスレベルによるヘッダの拡張 ・ チャプタ2.6の注の移動
1.3.0	・ 引き渡し条件の削除
1.2.0	・ チャプタ2.6の訂正
1.1.0	・ 初版

2 回路の例

2.1 非常停止機能バリエーション1 (Cat. 3/PLd)

非常停止ボタンは、2つのN. C. 接点経由でEL1904安全入力ターミナルに接続されています。2つの安全信号のセンサーテストによる評価、不一致時間に対する評価は有効です。リセット信号とフィードバック信号は標準ターミナルに接続され、標準PLC経由でTwinSAFEに送信(入力)されます。コンタクタK1とK2は安全出力に並列接続されます。この安全回路では、電流測定と安全出力のテストパルスによる評価も有効です。



2.1.1 安全入力と安全出力ターミナルのパラメータ

EL1904

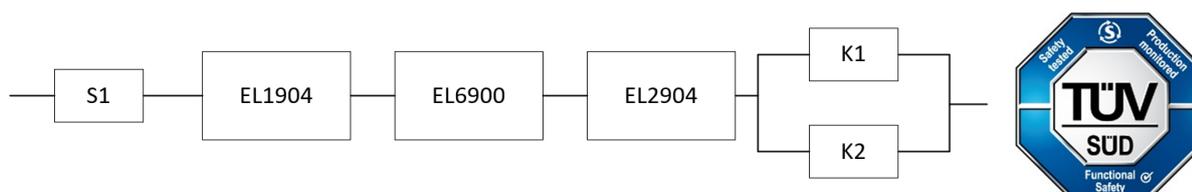
パラメータ	値
Sensor test channel 1 active(センサーテストチャンネル1有効化)	あり
Sensor test channel 2 active(センサーテストチャンネル2有効化)	Yes (はい)
Sensor test channel 3 active(センサーテストチャンネル3有効化)	Yes (はい)
Sensor test channel 4 active(センサーテストチャンネル4有効化)	Yes (はい)
Logic channel 1 and 2	シングルロジック
Logic channel 3 and 4	シングルロジック

EL2904

パラメータ	値
Current measurement active (電流測定の有効化)	Yes (はい)
Output test pulses active (出力テストパルス有効化)	Yes (はい)

2.1.2 ブロック構造とセーフティループ

2.1.2.1 安全機能1



2.1.3 計算

2.1.3.1 PFHD / MTTFD / B10D - 値

コンポーネント	値
EL1904 - PFH _D	1.11E-09
EL2904 - PFH _D	1.25E-09
EL6900 - PFH _D	1.03E-09
S1 - B10 _D	100,000
S2 - B10 _D	10,000,000
K1 - B10 _D	1,300,000
K2 - B10 _D	1,300,000
1年あたりの平均運転日数 (d _{op})	230
1日あたりの平均運転時間 (h _{op})	16
1サイクルの平均時間間隔 (T _{cycle})	10080 * 10080分=168時間なので、1週間に1回のサイクルの意。(7日、24時間)
寿命 (T1)	20年 = 175200時間

2.1.3.2 診断範囲DC

コンポーネント	値
S1 (テスト/妥当性チェック付き)	DC _{avg} =99%
K1/K2 (テストおよびEDM付き) (作動/週当たり1回)	DC _{avg} =60%
K1/K2 (テストおよびEDM付き) (作動/シフト当たり1回)	DC _{avg} =90%

2.1.3.3 安全機能1の計算

B10_d値からPFH_DとMTTF_D 値の計算

最初の式:

$$n_{op} = \frac{d_{op} * h_{op} * 60}{T_{Zyklus}}$$

および:

$$MTTF_D = \frac{B10_D}{0,1 * n_{op}}$$

値を代入すると、この式は以下ようになります。

S1

$$n_{op} = \frac{230 * 16 * 60}{10080} = 21,90$$

$$MTTF_D = \frac{100.000}{0,1 * 21,90} = 45662,1y = 399999120h$$

K1/K2

$$n_{op} = \frac{230 * 16 * 60}{10080} = 21,90$$

$$MTTF_D = \frac{1.300.000}{0,1 * 21,90} = 593607,3y = 5199997320h$$

そして、S1、K1、およびK2がそれぞれシングルチャンネルだと仮定すると、

$$MTTF_D = \frac{1}{\lambda_D}$$

以下の式になります。

$$PFH = \frac{0,1 * n_{op} * (1 - DC)}{B10_D} = \frac{1 - DC}{MTTF_D}$$

S1

$$PFH = \frac{1 - 0,99}{45662,1 * 8760} = 2,50E - 11$$

K1/K2 (作動/週当たり1回)

$$PFH = \frac{1 - 0,60}{593607,3 * 8760} = 7,69E - 11$$

K1/K2 (作動/シフト当たり1回)

$$PFH = \frac{1 - 0,90}{593607,3 * 8760} = 1,92E - 11$$

ここで次の仮定が想定されます。

安全スイッチS1: BGIAレポート 2008年2月によると、製造業者がこれを確認した場合、最大10万サイクルまでのエラー除外ができます。メーカーからの確認がない場合、S1は次のように計算に含まれます。

リレーK1とK2は、両方とも安全機能に接続されます。リレーが機能しなくても危険な状態にはなりません、フィードバックによって検出されます。さらに、K1とK2用のB10d 値は同一です。

2つのチャンネルによって接続されているコンポーネント間には結合係数があります。例として、これらのコンポーネントの間には、温度、EMC、ピーク電圧、または信号があります。これは、 $\beta=10\%$ の最悪ケースの推定値と想定されます。EN 62061には、 β -係数を正確に決定できる表があります。さらに、エラー(リレー接点の過電流、制御盤の温度超過など)の原因で両方のチャンネルに同時に危険側故障が発生することを防ぐために、すべての通常の対策が取られていると想定しています。

したがって、安全機能1のためのPFH₀値の計算は以下のようになります。

$$PFH_{ges} = PFH_{(S1)} + PFH_{(EL1904)} + PFH_{(EL6900)} + PFH_{(EL2904)} + \beta * \frac{PFH_{(K1)} + PFH_{(K2)}}{2} + (1-\beta)^2 * (PFH_{(K1)} * PFH_{(K2)}) * T1$$

$(1-\beta)^2 * (PFH_{(K1)} * PFH_{(K2)}) * T1$ の部分は残りの部分よりも極めて小さい(10乗分のみ)ため、この式では以降の計算を簡単にするために無視されます。

以下のようになります。

$$PFH_{ges} = 2,5E-11 + 1,11E-09 + 1,03E-09 + 1,25E-09 + 10\% * \frac{7,96E-11 + 7,96E-11}{2} = 3,42E-09$$

作動/週当たり1回の場合です。

または

$$PFH_{ges} = 2,5E-11 + 1,11E-09 + 1,03E-09 + 1,25E-09 + 10\% * \frac{1,92E-11 + 1,92E-11}{2} = 3,42E-09$$

作動/シフト当たり1回の場合は、

ブロック1のMTTF₀ 値(同じ仮定に基づく)は次のように計算されます。

$$\frac{1}{MTTF_{Dges}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{MTTF_{Dn}}$$

したがって、

$$\frac{1}{MTTF_{Dges}} = \frac{1}{MTTF_{D(S1)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL1904)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL6900)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL2904)}} + \frac{1}{MTTF_{D(K1)}}$$

ここで、

$$MTTF_{D(S1)} = \frac{B10_{D(S1)}}{0,1 * n_{op}}$$

$$MTTF_{D(K1)} = \frac{B10_{D(K1)}}{0,1 * n_{op}}$$

PFH₀値のみがEL1904、EL2904およびEL6900に利用できる場合、次のようになります。

$$MTTF_{D(ELxxx)} = \frac{(1 - DC_{(ELxxx)})}{PFH_{(ELxxx)}}$$

ここから、

$$MTTF_{D(EL1904)} = \frac{(1 - DC_{(EL1904)})}{PFH_{(EL1904)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,11E - 09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{9,72E - 06 \frac{1}{y}} = 1028,8y$$

$$MTTF_{D(EL6900)} = \frac{(1 - DC_{(EL6900)})}{PFH_{(EL6900)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,03E - 09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{9,02E - 06 \frac{1}{y}} = 1108,6y$$

$$MTTF_{D(EL2904)} = \frac{(1 - DC_{(EL2904)})}{PFH_{(EL2904)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,25E - 09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{1,1E - 05 \frac{1}{y}} = 913,2y$$

$$MTTF_{Dges} = \frac{1}{\frac{1}{45662,1y} + \frac{1}{1028,8y} + \frac{1}{1108,6y} + \frac{1}{913,2y} + \frac{1}{593607,3y}} = 334,1y$$

$$DC_{avg} = \frac{\frac{99\%}{45662,1y} + \frac{99\%}{1028,8y} + \frac{99\%}{1108,6y} + \frac{99\%}{913,2y} + \frac{60\%}{593607,3y} + \frac{60\%}{593607,3y}}{\frac{1}{45662,1y} + \frac{1}{1028,8y} + \frac{1}{1108,6y} + \frac{1}{913,2y} + \frac{1}{593607,3y} + \frac{1}{593607,3y}} = 98,96\%$$

または、

$$DC_{avg} = \frac{\frac{99\%}{45662,1y} + \frac{99\%}{1028,8y} + \frac{99\%}{1108,6y} + \frac{99\%}{913,2y} + \frac{90\%}{593607,3y} + \frac{90\%}{593607,3y}}{\frac{1}{45662,1y} + \frac{1}{1028,8y} + \frac{1}{1108,6y} + \frac{1}{913,2y} + \frac{1}{593607,3y} + \frac{1}{593607,3y}} = 98,99\%$$

⚠ 注意

カテゴリ3を達成するための方策

この構造では、リレーのフィードバック経路上のエラーが検出できないため、最大でカテゴリ3までが可能
です。カテゴリ3を達成するには、すべての立ち上がりエッジと立ち下がりエッジは、予想されるフィード
バックについてコントローラーの時間依存性により評価する必要があります。

⚠ 注意

装置に再起動ロックを実装してください。

再起動ロックは安全チェーンの一部ではないため、装置に実装する必要があります。

MTTF _D	
各チャンネルの名称	各チャンネルの範囲
low	3年 ≤ MTTF _D < 10年
medium	10年 ≤ MTTF _D < 30年
high	30年 ≤ MTTF _D ≤ 100年

DC	
名前	範囲
なし	DC < 60 %
low	60 % ≤ DC < 90 %
medium	90 % ≤ DC < 99 %
high	99 % ≤ DC

注記

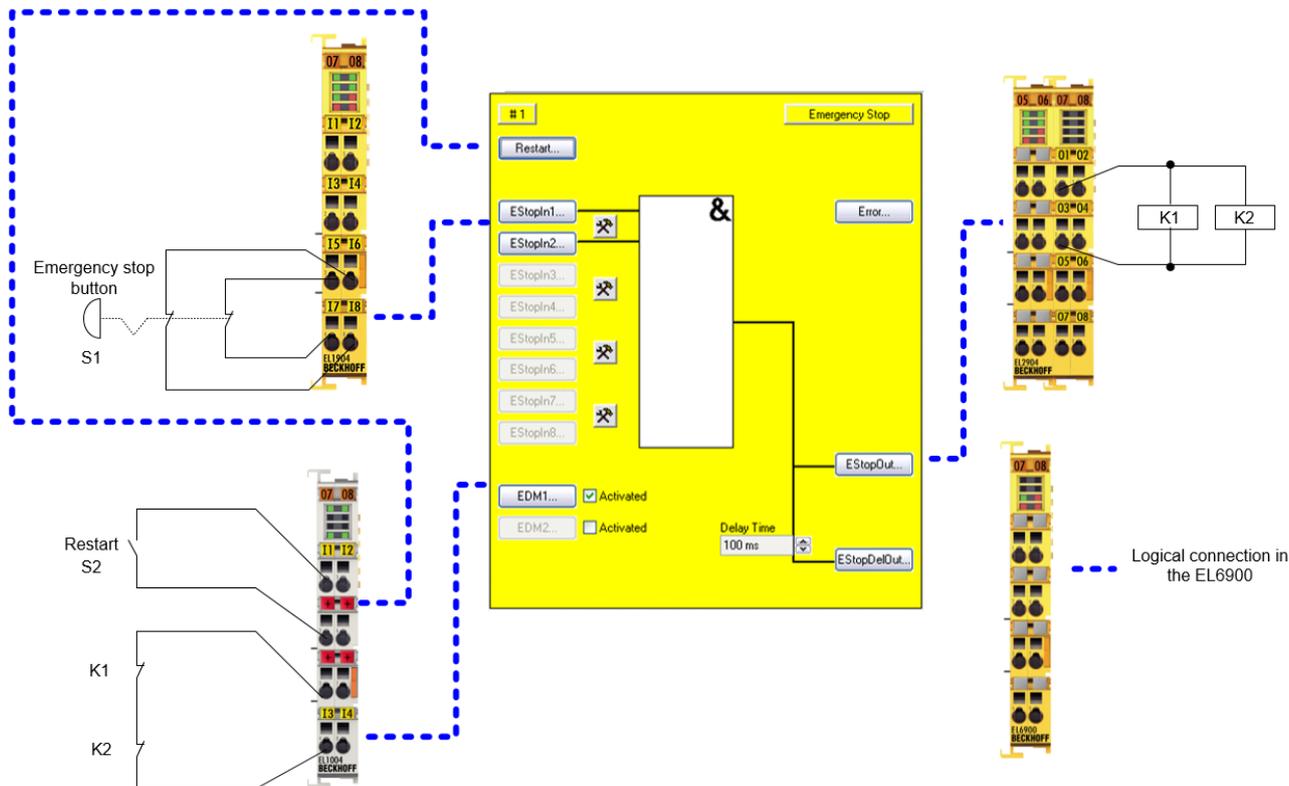
診断範囲

実用的に使いやすくするために、範囲の数は4つに制限されています。この表に示されている制限値の精度
は5%です。

Category	B	1	2	2	3	3	4
DC / MTTF _D	none	none	low	medium	low	medium	high
low	a	-	a	b	b	c	-
medium	b	-	b	c	c	d	-
high	-	c	c	d	d	d	e

2.2 非常停止機能バリエーション2 (Cat. 3/PLd)

非常停止ボタンは、2つのN. C. 接点経由でEL1904安全入力ターミナルに接続されています。2つの安全信号のセンサーテストによる評価は有効です。不一致時間に対して評価はされません。リセット信号とフィードバック信号は標準ターミナルに接続され、標準PLC経由でTwinSAFEに送信(入力)されます。コンタクタK1とK2は安全出力に並列接続されます。この安全回路では、電流測定と安全出力のテストパルスによる評価も有効です。



2.2.1 安全入力と安全出力ターミナルのパラメータ

EL1904

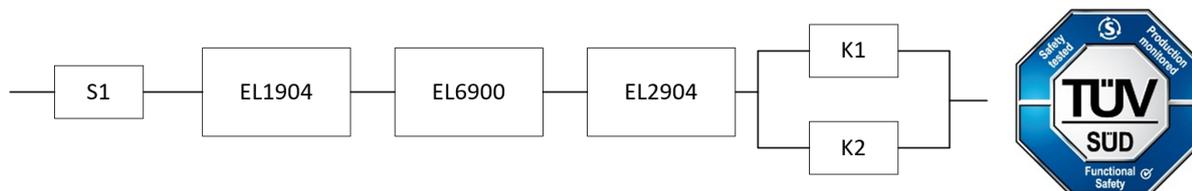
パラメータ	値
Sensor test channel 1 active(センサーテストチャンネル1有効化)	Yes (はい)
Sensor test channel 2 active(センサーテストチャンネル2有効化)	Yes (はい)
Sensor test channel 3 active(センサーテストチャンネル3有効化)	Yes (はい)
Sensor test channel 4 active(センサーテストチャンネル4有効化)	Yes (はい)
Logic channel 1 and 2	シングルロジック
Logic channel 3 and 4	シングルロジック

EL2904

パラメータ	値
Current measurement active(電流測定の有効化)	Yes (はい)
Output test pulses active(出力テストパルス有効化)	Yes (はい)

2.2.2 ブロック構造とセーフティループ

2.2.2.1 安全機能1



2.2.3 計算

2.2.3.1 PFHD / MTTFD / B10D - 値

コンポーネント	値
EL1904 - PFH _D	1.11E-09
EL2904 - PFH _D	1.25E-09
EL6900 - PFH _D	1.03E-09
S1 - B10 _D	100,000
S2 - B10 _D	10,000,000
K1 - B10 _D	1,300,000
K2 - B10 _D	1,300,000
1年あたりの平均運転日数 (d _{op})	230
1日あたりの平均運転時間 (h _{op})	16
1サイクルの平均時間間隔 (T _{cycle})	10080 * 10080分=168時間なので、1週間に1回のサイクルの意。
寿命 (T1)	20年 = 175200時間

2.2.3.2 診断範囲DC

コンポーネント	値
S1 (テスト付き/妥当性チェックなし)	DC _{avg} =90%
K1/K2 (テストおよびEDM付き) (作動/週当たり1回)	DC _{avg} =60%
K1/K2 (テストおよびEDM付き) (作動/シフト当たり1回)	DC _{avg} =90%

2.2.3.3 安全機能1の計算

B10_D値からPFH_DとMTTF_D値の計算

最初の式:

$$n_{op} = \frac{d_{op} * h_{op} * 60}{T_{Zyklus}}$$

および:

$$MTTF_D = \frac{B10_D}{0,1 * n_{op}}$$

値を代入すると、この式は以下ようになります。

S1:

$$n_{op} = \frac{230 * 16 * 60}{10080} = 21,90$$

$$MTTF_D = \frac{100.000}{0,1 * 21,90} = 45662,1y = 399999120h$$

K1/K2:

$$n_{op} = \frac{230 * 16 * 60}{10080} = 21,90$$

$$MTTF_D = \frac{1.300.000}{0,1 * 21,90} = 593607,3y = 5199997320h$$

そして、S1、K1、およびK2がそれぞれシングルチャンネルだと仮定すると、

$$MTTF_D = \frac{1}{\lambda_D}$$

以下の式になります。

$$PFH = \frac{0,1 * n_{op} * (1 - DC)}{B10_D} = \frac{1 - DC}{MTTF_D}$$

S1:

$$PFH = \frac{1 - 0,90}{45662,1 * 8760} = 2,50E - 10$$

K1/K2: 作動/週当たり1回

$$PFH = \frac{1 - 0,60}{593607,3 * 8760} = 7,69E - 11$$

K1/K2: 作動/シフト当たり1回

$$PFH = \frac{1 - 0,90}{593607,3 * 8760} = 1,92E - 11$$

ここで次の仮定が想定されます。

安全スイッチS1: BGIAレポート 2008年2月によると、製造業者がこれを確認した場合、最大10万サイクルまでのエラー除外ができます。メーカーからの確認がない場合、S1は次のように計算に含まれます。

リレーK1とK2は、両方とも安全機能に接続されます。リレーが機能しなくても危険な状態にはなりません
が、フィードバックによって検出されます。さらに、K1とK2用のB10₀値は同一です。

2つのチャンネルによって接続されているコンポーネント間には結合係数があります。例として、これらの
コンポーネントの間には、温度、EMC、ピーク電圧、または信号があります。これは、β=10%の最悪ケース
の推定値と想定されます。EN 62061には、β-係数を正確に決定できる表があります。さらに、エラー(リレ
ー接点の過電流、制御盤の温度超過など)の原因で両方のチャンネルに同時に危険側故障が発生すること
を防ぐために、すべての通常の対策が取られていると想定しています。

したがって、安全機能1のためのPFH₀値の計算は以下のようになります。

$$PFH_{ges} = PFH_{(S1)} + PFH_{(EL1904)} + PFH_{(EL6900)} + PFH_{(EL2904)} + \beta * \frac{PFH_{(K1)} + PFH_{(K2)}}{2} + (1 - \beta)^2 * (PFH_{(K1)} * PFH_{(K2)}) * T1$$

$(1 - \beta)^2 * (PFH_{(K1)} * PFH_{(K2)}) * T1$ の部分は残りの部分よりも極めて小さい(10乗分のみ)ため、この式では以降
の計算を簡単にするために無視されます。

以下のようになります。

$$PFH_{ges} = 2,5E-10 + 1,11E-09 + 1,03E-09 + 1,25E-09 + 10\% * \frac{7,96E-11 + 7,96E-11}{2} = 3,65E-09$$

作動/週当たり1回の場合です。

または

$$PFH_{ges} = 2,5E-10 + 1,11E-09 + 1,03E-09 + 1,25E-09 + 10\% * \frac{1,92E-11 + 1,92E-11}{2} = 3,65E-09$$

作動/シフト当たり1回の場合は、

安全機能1 (同様の仮定の下で)用のMTTF₀ 値の計算

$$\frac{1}{MTTF_{Dges}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{MTTF_{Dn}}$$

したがって、

$$\frac{1}{MTTF_{Dges}} = \frac{1}{MTTF_{D(S1)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL1904)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL6900)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL2904)}} + \frac{1}{MTTF_{D(K1)}}$$

ここで、

$$MTTF_{D(S1)} = \frac{B10_{D(S1)}}{0,1 * n_{op}}$$

$$MTTF_{D(K1)} = \frac{B10_{D(K1)}}{0,1 * n_{op}}$$

PFH₀値のみがEL1904、EL2904およびEL6900に利用できる場合、次のようになります。

$$MTTF_{D(ELxxx)} = \frac{(1 - DC_{(ELxxx)})}{PFH_{(ELxxx)}}$$

ここから、

$$MTTF_{D(EL1904)} = \frac{(1 - DC_{(EL1904)})}{PFH_{(EL1904)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,11E - 09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{9,72E - 06 \frac{1}{y}} = 1028,8y$$

$$MTTF_{D(EL6900)} = \frac{(1 - DC_{(EL6900)})}{PFH_{(EL6900)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,03E - 09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{9,02E - 06 \frac{1}{y}} = 1108,6y$$

$$MTTF_{D(EL2904)} = \frac{(1 - DC_{(EL2904)})}{PFH_{(EL2904)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,25E - 09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{1,1E - 05 \frac{1}{y}} = 913,2y$$

$$MTTF_{Dges} = \frac{1}{\frac{1}{45662,1y} + \frac{1}{1028,8y} + \frac{1}{1108,6y} + \frac{1}{913,2y} + \frac{1}{593607,3y}} = 334,1y$$

$$DC_{avg} = \frac{\frac{90\%}{45662,1y} + \frac{99\%}{1028,8y} + \frac{99\%}{1108,6y} + \frac{99\%}{913,2y} + \frac{60\%}{593607,3y} + \frac{60\%}{593607,3y}}{\frac{1}{45662,1y} + \frac{1}{1028,8y} + \frac{1}{1108,6y} + \frac{1}{913,2y} + \frac{1}{593607,3y} + \frac{1}{593607,3y}} = 98,89\%$$

または、

$$DC_{avg} = \frac{\frac{90\%}{45662,1y} + \frac{99\%}{1028,8y} + \frac{99\%}{1108,6y} + \frac{99\%}{913,2y} + \frac{90\%}{593607,3y} + \frac{90\%}{593607,3y}}{\frac{1}{45662,1y} + \frac{1}{1028,8y} + \frac{1}{1108,6y} + \frac{1}{913,2y} + \frac{1}{593607,3y} + \frac{1}{593607,3y}} = 98,92\%$$

⚠ 注意

カテゴリ3を達成するための方策

この構造では、検出されない障害のため、最大でもカテゴリ3までは可能です。カテゴリ3を達成するには、すべての立ち上がりエッジと立ち下がりエッジは、予想されるフィードバックについてコントローラ一の時間依存性により評価する必要があります。

⚠ 注意

装置に再起動ロックを実装してください。

再起動ロックは安全チェーンの一部ではないため、装置に実装する必要があります。

MTTF _D	
各チャンネルの名称	各チャンネルの範囲
low	3年 ≤ MTTF _D < 10年
medium	10年 ≤ MTTF _D < 30年
high	30年 ≤ MTTF _D ≤ 100年

DC	
名前	範囲
なし	DC < 60 %
low	60 % ≤ DC < 90 %
medium	90 % ≤ DC < 99 %
high	99 % ≤ DC

注記

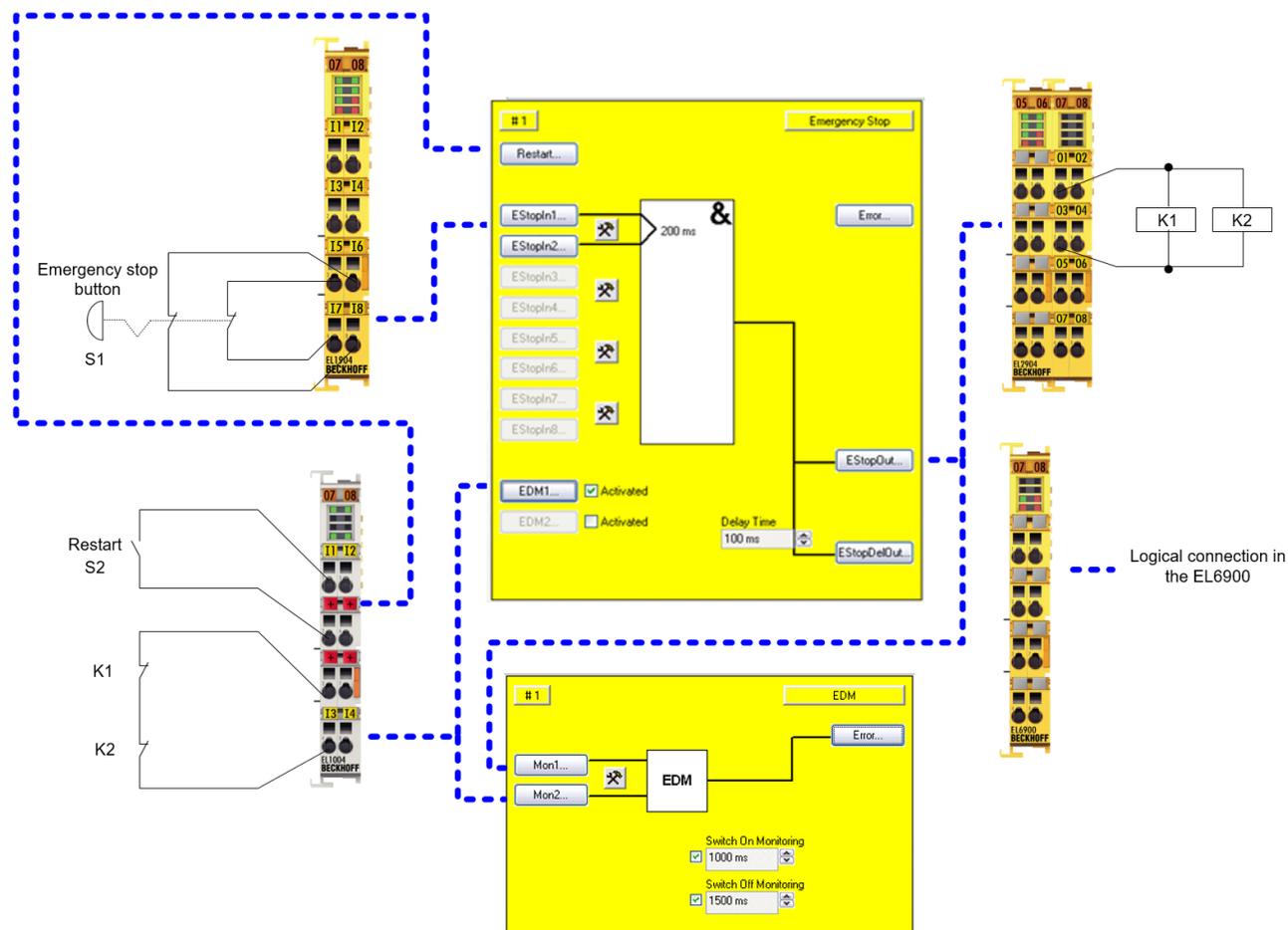
診断範囲

実用的に使いやすくするために、範囲の数は4つに制限されています。この表に示されている制限値の精度は5%です。

Category	B	1	2	2	3	3	4
DC / MTTF _D	none	none	low	medium	low	medium	high
low	a	-	a	b	b	c	-
medium	b	-	b	c	c	d	-
high	-	c	c	d	d	d	e

2.3 非常停止機能バリエーション3 (Cat. 4/PLe)

非常停止ボタンは、2つのN. C. 接点経由でEL1904安全入力ターミナルに接続されています。2つの安全信号のセンサーテストによる評価は有効です。不一致時間に対して評価はされません。リセット信号とフィードバック信号は標準ターミナルに接続され、標準PLC経由でTwinSAFEに送信(入力)されます。さらに、ESTOPファンクションブロックの出力とフィードバック信号は、EDMファンクションブロックに配線されます。これは、フィードバック信号が設定時間内でESTOP出力の反転状態であるか確認します。コンタクタK1とK2は安全出力に並列接続されます。この安全回路では、電流測定と安全出力のテストパルスによる評価も有効です。



2.3.1 安全入力と安全出力ターミナルのパラメータ

EL1904

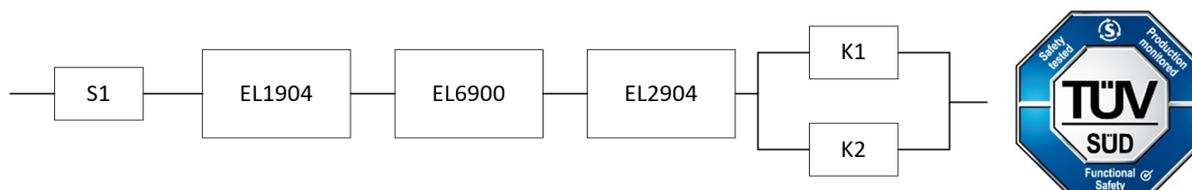
パラメータ	値
Sensor test channel 1 active(センサーテストチャンネル1有効化)	Yes(はい)
Sensor test channel 2 active(センサーテストチャンネル2有効化)	Yes(はい)
Sensor test channel 3 active(センサーテストチャンネル3有効化)	Yes(はい)
Sensor test channel 4 active(センサーテストチャンネル4有効化)	Yes(はい)
Logic channel 1 and 2	シングルロジック
Logic channel 3 and 4	シングルロジック

EL2904

パラメータ	値
Current measurement active (電流測定の有効化)	Yes (はい)
Output test pulses active (出力テストパルス有効化)	Yes (はい)

2.3.2 ブロック構造とセーフティループ

2.3.2.1 安全機能1



2.3.3 計算

2.3.3.1 PFHD / MTTFD / B10D - 値

コンポーネント	値
EL1904 - PFH _D	1.11E-09
EL2904 - PFH _D	1.25E-09
EL6900 - PFH _D	1.03E-09
S1 - B10 _D	100,000
S2 - B10 _D	10,000,000
K1 - B10 _D	1,300,000
K2 - B10 _D	1,300,000
1年あたりの平均運転日数 (d _{op})	230
1日あたりの平均運転時間 (h _{op})	16
1サイクルの平均時間間隔 (T _{cycle})	10080 * 10080分=168時間なので、1週間に1回のサイクルの意。
寿命 (T1)	20年 = 175200時間

2.3.3.2 診断範囲DC

コンポーネント	値
S1 (テスト/妥当性チェック付き)	DC _{avg} =99%
K1/K2 (テストおよびEDM付き) (作動/週当たり1回)	DC _{avg} =90%
K1/K2 (テストおよびEDM付き) (作動/シフト当たり1回)	DC _{avg} =99%

2.3.3.3 安全機能1の計算

B10_D値からPFH_DとMTTF_D 値の計算

最初の式:

$$n_{op} = \frac{d_{op} * h_{op} * 60}{T_{Zyklus}}$$

および:

$$MTTF_D = \frac{B10_D}{0,1 * n_{op}}$$

値を代入すると、この式は以下ようになります。

S1:

$$n_{op} = \frac{230 * 16 * 60}{10080} = 21,90$$

$$MTTF_D = \frac{100.000}{0,1 * 21,90} = 45662,1y = 399999120h$$

K1/K2:

$$n_{op} = \frac{230 * 16 * 60}{10080} = 21,90$$

$$MTTF_D = \frac{1.300.000}{0,1 * 21,90} = 593607,3y = 5199997320h$$

そして、S1、K1、およびK2がそれぞれシングルチャンネルだと仮定すると、

$$MTTF_D = \frac{1}{\lambda_D}$$

以下の式になります。

$$PFH = \frac{0,1 * n_{op} * (1 - DC)}{B10_D} = \frac{1 - DC}{MTTF_D}$$

S1:

$$PFH = \frac{1 - 0,99}{45662,1 * 8760} = 2,50E - 11$$

K1/K2: 作動/週当たり1回

$$PFH = \frac{1 - 0,90}{593607,3 * 8760} = 1,92E - 11$$

K1/K2: 作動/シフト当たり1回

$$PFH = \frac{1-0,99}{593607,3*8760} = 1,92E-12$$

ここで次の仮定が想定されます。

安全スイッチS1: BGIAレポート 2008年2月によると、製造業者がこれを確認した場合、最大10万サイクルまでのエラー除外ができます。メーカーからの確認がない場合、S1は次のように計算に含まれます。

リレーK1とK2は、両方とも安全機能に接続されます。リレーが機能しなくても危険な状態にはなりません。フィードバックによって検出されます。さらに、K1とK2用のB10d 値は同一です。

2つのチャンネルによって接続されているコンポーネント間には結合係数があります。例として、これらのコンポーネントの間には、温度、EMC、ピーク電圧、または信号があります。これは、 $\beta=10\%$ の最悪ケースの推定値と想定されます。EN 62061には、 β -係数を正確に決定できる表があります。さらに、エラー(リレー接点の過電流、制御盤の温度超過など)の原因で両方のチャンネルに同時に危険側故障が発生することを防ぐために、すべての通常の対策が取られていると想定しています。

したがって、安全機能1のための PFH_0 値の計算は以下のようになります。

$$PFH_{ges} = PFH_{(S1)} + PFH_{(EL1904)} + PFH_{(EL6900)} + PFH_{(EL2904)} + \beta * \frac{PFH_{(K1)} + PFH_{(K2)}}{2} + (1-\beta)^2 * (PFH_{(K1)} * PFH_{(K2)}) * T1$$

$(1-\beta)^2 * (PFH_{(K1)} * PFH_{(K2)}) * T1$ の部分は残りの部分よりも極めて小さい(10乗分のみ)ため、この式では以降の計算を簡単にするために無視されます。

以下のようになります。

$$PFH_{ges} = 2,5E-11 + 1,11E-09 + 1,03E-09 + 1,25E-09 + 10\% * \frac{1,92E-11 + 1,92E-11}{2} = 3,42E-09$$

作動/週当たり1回の場合です。

または

$$PFH_{ges} = 2,5E-11 + 1,11E-09 + 1,03E-09 + 1,25E-09 + 10\% * \frac{1,92E-12 + 1,92E-12}{2} = 3,42E-09$$

作動/シフト当たり1回の場合は、

安全機能1 (同様の仮定の下で)用の $MTTF_0$ 値の計算

$$\frac{1}{MTTF_{Dges}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{MTTF_{Dn}}$$

したがって、

$$\frac{1}{MTTF_{Dges}} = \frac{1}{MTTF_{D(S1)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL1904)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL6900)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL2904)}} + \frac{1}{MTTF_{D(K1)}}$$

ここで、

$$MTTF_{D(S1)} = \frac{B10_{D(S1)}}{0,1 * n_{op}}$$

$$MTTF_{D(K1)} = \frac{B10_{D(K1)}}{0,1 * n_{op}}$$

PFH₀値のみがEL1904、EL2904およびEL6900に利用できる場合、次のようになります。

$$MTTF_{D(ELxxx)} = \frac{(1 - DC_{(ELxxx)})}{PFH_{(ELxxx)}}$$

ここから、

$$MTTF_{D(EL1904)} = \frac{(1 - DC_{(EL1904)})}{PFH_{(EL1904)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,11E - 09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{9,72E - 06 \frac{1}{y}} = 1028,8y$$

$$MTTF_{D(EL6900)} = \frac{(1 - DC_{(EL6900)})}{PFH_{(EL6900)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,03E - 09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{9,02E - 06 \frac{1}{y}} = 1108,6y$$

$$MTTF_{D(EL2904)} = \frac{(1 - DC_{(EL2904)})}{PFH_{(EL2904)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,25E - 09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{1,1E - 05 \frac{1}{y}} = 913,2y$$

$$MTTF_{Dges} = \frac{1}{\frac{1}{45662,1y} + \frac{1}{1028,8y} + \frac{1}{1108,6y} + \frac{1}{913,2y} + \frac{1}{593607,3y}} = 334,1y$$

$$DC_{avg} = \frac{\frac{99\%}{45662,1y} + \frac{99\%}{1028,8y} + \frac{99\%}{1108,6y} + \frac{99\%}{913,2y} + \frac{90\%}{593607,3y} + \frac{90\%}{593607,3y}}{\frac{1}{45662,1y} + \frac{1}{1028,8y} + \frac{1}{1108,6y} + \frac{1}{913,2y} + \frac{1}{593607,3y} + \frac{1}{593607,3y}} = 98,99\%$$

または、

$$DC_{avg} = \frac{\frac{99\%}{45662,1y} + \frac{99\%}{1028,8y} + \frac{99\%}{1108,6y} + \frac{99\%}{913,2y} + \frac{99\%}{593607,3y} + \frac{99\%}{593607,3y}}{\frac{1}{45662,1y} + \frac{1}{1028,8y} + \frac{1}{1108,6y} + \frac{1}{913,2y} + \frac{1}{593607,3y} + \frac{1}{593607,3y}} = 99,00\%$$

⚠ 注意

カテゴリ4を達成するための方策

この構造では、最大でカテゴリ4までが可能です。カテゴリ4を達成するには、すべての立ち上がりエッジと立ち下がりエッジは、予想されるフィードバックについてコントローラーの時間依存性により評価する必要があります。

⚠ 注意

装置に再起動ロックを実装してください。

再起動ロックは安全チェーンの一部ではないため、装置に実装する必要があります。

MTTF _D	
各チャンネルの名称	各チャンネルの範囲
low	3年 ≤ MTTF _D < 10年
medium	10年 ≤ MTTF _D < 30年
high	30年 ≤ MTTF _D ≤ 100年

DC	
名前	範囲
なし	DC < 60 %
low	60 % ≤ DC < 90 %
medium	90 % ≤ DC < 99 %
high	99 % ≤ DC

注記

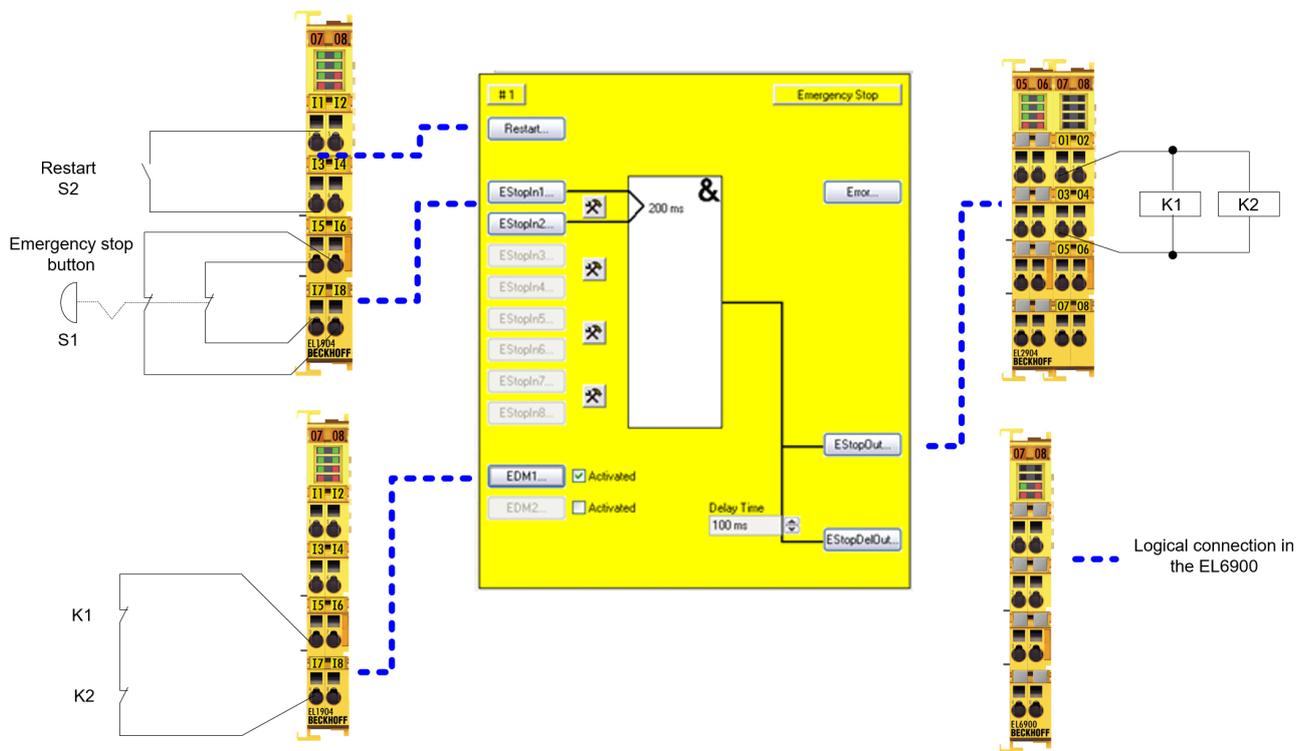
診断範囲

実用的に使いやすくするために、範囲の数は4つに制限されています。この表に示されている制限値の精度は5%です。

Category	B	1	2	2	3	3	4
DC / MTTF _D	none	none	low	medium	low	medium	high
low	a	-	a	b	b	c	-
medium	b	-	b	c	c	d	-
high	-	c	c	d	d	d	e

2.4 非常停止機能バリエーション4 (Cat. 4/PLe)

2つのN.C. 接点を持つ非常停止、および再起動とフィードバックは、EL1904入力ターミナルの安全チャンネルに接続されています。2つの安全信号のセンサーテストによる評価は有効です。2つの非常停止信号の不一致時間に対しても評価を行います。コンタクタK1とK2は安全出力に並列接続されます。この安全回路では、電流測定と安全出力のテストパルスによる評価も有効です。



2.4.1 安全入力と安全出力ターミナルのパラメータ

EL1904 (使用するすべてのEL1904に適用)

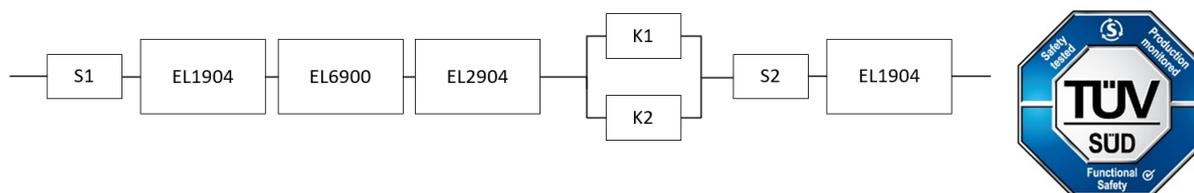
パラメータ	値
Sensor test channel 1 active(センサーテストチャンネル1有効化)	Yes(はい)
Sensor test channel 2 active(センサーテストチャンネル2有効化)	Yes(はい)
Sensor test channel 3 active(センサーテストチャンネル3有効化)	Yes(はい)
Sensor test channel 4 active(センサーテストチャンネル4有効化)	Yes(はい)
Logic channel 1 and 2	シングルロジック
Logic channel 3 and 4	シングルロジック

EL2904

パラメータ	値
Current measurement active(電流測定の有効化)	Yes(はい)
Output test pulses active(出力テストパルス有効化)	Yes(はい)

2.4.2 ブロック構造とセーフティループ

2.4.2.1 安全機能1



2.4.3 計算

2.4.3.1 PFHD / MTTFD / B10D - 値

コンポーネント	値
EL1904 - PFH _D	1.11E-09
EL2904 - PFH _D	1.25E-09
EL6900 - PFH _D	1.03E-09
S1 - B10 _D	100,000
S2 - B10 _D	10,000,000
K1 - B10 _D	1,300,000
K2 - B10 _D	1,300,000
1年あたりの平均運転日数 (d _{op})	230
1日あたりの平均運転時間 (h _{op})	16
1サイクルの平均時間間隔 (T _{cycle})	10080 * 10080分=168時間なので、1週間に1回のサイクルの意。
寿命 (T1)	20年 = 175200時間

2.4.3.2 診断範囲DC

コンポーネント	値
S1 (テスト/妥当性チェック付き)	DC _{avg} =99%
S2 (妥当性チェック付き)	DC _{avg} =90%
K1/K2 (テストおよびEDM付き) (作動/シフト当たり1回)	DC _{avg} =99%

2.4.3.3 安全機能1の計算

B10_D値からPFH_DとMTTF_D 値の計算

最初の式:

$$n_{op} = \frac{d_{op} * h_{op} * 60}{T_{Zyklus}}$$

および:

$$MTTF_D = \frac{B10_D}{0,1 * n_{op}}$$

値を代入すると、この式は以下ようになります。

S1:

$$n_{op} = \frac{230 * 16 * 60}{10080} = 21,90$$

$$MTTF_D = \frac{100.000}{0,1 * 21,90} = 45662,1y = 399999120h$$

S2:

$$n_{op} = \frac{230 * 16 * 60}{10080} = 21,90$$

$$MTTF_D = \frac{10.000.000}{0,1 * 21,90} = 4566210,0y = 4E10h$$

K1/K2:

$$n_{op} = \frac{230 * 16 * 60}{10080} = 21,90$$

$$MTTF_D = \frac{1.300.000}{0,1 * 21,90} = 593607,3y = 5199997320h$$

そして、S1、S2、K1、およびK2がそれぞれシングルチャンネルだと仮定すると、

$$MTTF_D = \frac{1}{\lambda_D}$$

以下の式になります。

$$PFH = \frac{0,1 * n_{op} * (1 - DC)}{B10_D} = \frac{1 - DC}{MTTF_D}$$

S1:

$$PFH = \frac{1 - 0,99}{45662,1 * 8760} = 2,50E - 11$$

S2:

$$PFH = \frac{1 - 0,90}{4566210,0 * 8760} = 2,50E - 12$$

K1/K2: 作動/シフト当たり1回

$$PFH = \frac{1 - 0,99}{593607,3 * 8760} = 1,92E - 12$$

ここで次の仮定が想定されます。

安全スイッチS1: BGIAレポート 2008年2月によると、製造業者がこれを確認した場合、最大10万サイクルまでのエラー除外ができます。メーカーからの確認がない場合、S1は次のように計算に含まれます。

リレーK1とK2は、両方とも安全機能に接続されます。リレーが機能しなくても危険な状態にはなりません、フィードバックによって検出されます。さらに、K1とK2用のB10₀値は同一です。

2つのチャンネルによって接続されているコンポーネント間には結合係数があります。例として、これらのコンポーネントの間には、温度、EMC、ピーク電圧、または信号があります。これは、 $\beta=10\%$ の最悪ケースの推定値と想定されます。EN 62061には、 β -係数を正確に決定できる表があります。さらに、エラー(リレー接点の過電流、制御盤の温度超過など)の原因で両方のチャンネルに同時に危険側故障が発生することを防ぐために、すべての通常の対策が取られていると想定しています。

したがって、安全機能1のためのPFH₀値の計算は以下のようになります。

$$PFH_{ges} = PFH_{(S1)} + PFH_{(EL1904)} + PFH_{(EL6900)} + PFH_{(EL2904)} + \beta * \frac{PFH_{(K1)} + PFH_{(K2)}}{2} + (1-\beta)^2 * (PFH_{(K1)} * PFH_{(K2)}) * T1 \\ + PFH_{(S2)} + PFH_{(EL1904)}$$

$(1-\beta)^2 * (PFH_{(K1)} * PFH_{(K2)}) * T1$ の部分は残りの部分よりも極めて小さい(10乗分のみ)ため、この式では以降の計算を簡単にするために無視されます。

以下のようになります。

$$PFH_{ges} = 2,5E-11 + 1,11E-09 + 1,03E-09 + 1,25E-09 + 10\% * \frac{1,92E-12 + 1,92E-12}{2} + 2,5E-12 + 1,11E-09 = 4,53E-09$$

作動/シフト当たり1回の場合は、

安全機能1 (同様の仮定の下で)用のMTTF₀ 値の計算

$$\frac{1}{MTTF_{D_{ges}}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{MTTF_{D_n}}$$

したがって、

$$\frac{1}{MTTF_{D_{ges}}} = \frac{1}{MTTF_{D(S1)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL1904)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL6900)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL2904)}} + \frac{1}{MTTF_{D(K1)}} + \frac{1}{MTTF_{D(S2)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL1904)}}$$

ここで、

$$MTTF_{D(S1)} = \frac{B10_{D(S1)}}{0,1 * n_{op}}$$

$$MTTF_{D(S2)} = \frac{B10_{D(S2)}}{0,1 * n_{op}}$$

$$MTTF_{D(K1)} = \frac{B10_{D(K1)}}{0,1 * n_{op}}$$

PFH₀値のみがEL1904、EL2904およびEL6900に利用できる場合、次のようになります。

$$MTTF_{D(ELxxx)} = \frac{(1 - DC_{(ELxxx)})}{PFH_{(ELxxx)}}$$

ここから、

$$MTTF_{D(EL1904)} = \frac{(1 - DC_{(EL1904)})}{PFH_{(EL1904)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,11E - 09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{9,72E - 06 \frac{1}{y}} = 1028,8y$$

$$MTTF_{D(EL6900)} = \frac{(1 - DC_{(EL6900)})}{PFH_{(EL6900)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,03E - 09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{9,02E - 06 \frac{1}{y}} = 1108,6y$$

$$MTTF_{D(EL2904)} = \frac{(1 - DC_{(EL2904)})}{PFH_{(EL2904)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,25E - 09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{1,1E - 05 \frac{1}{y}} = 913,2y$$

$$MTTF_{Dges} = \frac{1}{\frac{1}{45662,1y} + \frac{1}{1028,8y} + \frac{1}{1108,6y} + \frac{1}{913,2y} + \frac{1}{593607,3y} + \frac{1}{4566210,0y} + \frac{1}{1028,8y}} = 252,1y$$

$$DC_{avg} = \frac{\frac{99\%}{45662,1y} + \frac{99\%}{1028,8y} + \frac{99\%}{1108,6y} + \frac{99\%}{913,2y} + \frac{90\%}{593607,3y} + \frac{90\%}{593607,3y} + \frac{90\%}{4566210,0y} + \frac{99\%}{1028,8y}}{\frac{1}{45662,1y} + \frac{1}{1028,8y} + \frac{1}{1108,6y} + \frac{1}{913,2y} + \frac{1}{593607,3y} + \frac{1}{593607,3y} + \frac{1}{4566210,0y} + \frac{1}{1028,8y}} = 98,99\%$$

または、

$$DC_{avg} = \frac{\frac{99\%}{45662,1y} + \frac{99\%}{1028,8y} + \frac{99\%}{1108,6y} + \frac{99\%}{913,2y} + \frac{99\%}{593607,3y} + \frac{99\%}{593607,3y} + \frac{90\%}{4566210,0y} + \frac{99\%}{1028,8y}}{\frac{1}{45662,1y} + \frac{1}{1028,8y} + \frac{1}{1108,6y} + \frac{1}{913,2y} + \frac{1}{593607,3y} + \frac{1}{593607,3y} + \frac{1}{4566210,0y} + \frac{1}{1028,8y}} = 99,00\%$$

注記

カテゴリ

この構造では、最大でカテゴリ4までが可能です。

MTTF _D	
各チャンネルの名称	各チャンネルの範囲
low	3年 ≤ MTTF _D < 10年
medium	10年 ≤ MTTF _D < 30年
high	30年 ≤ MTTF _D ≤ 100年

DC	
名前	範囲
なし	DC < 60 %
low	60 % ≤ DC < 90 %
medium	90 % ≤ DC < 99 %
high	99 % ≤ DC

注記

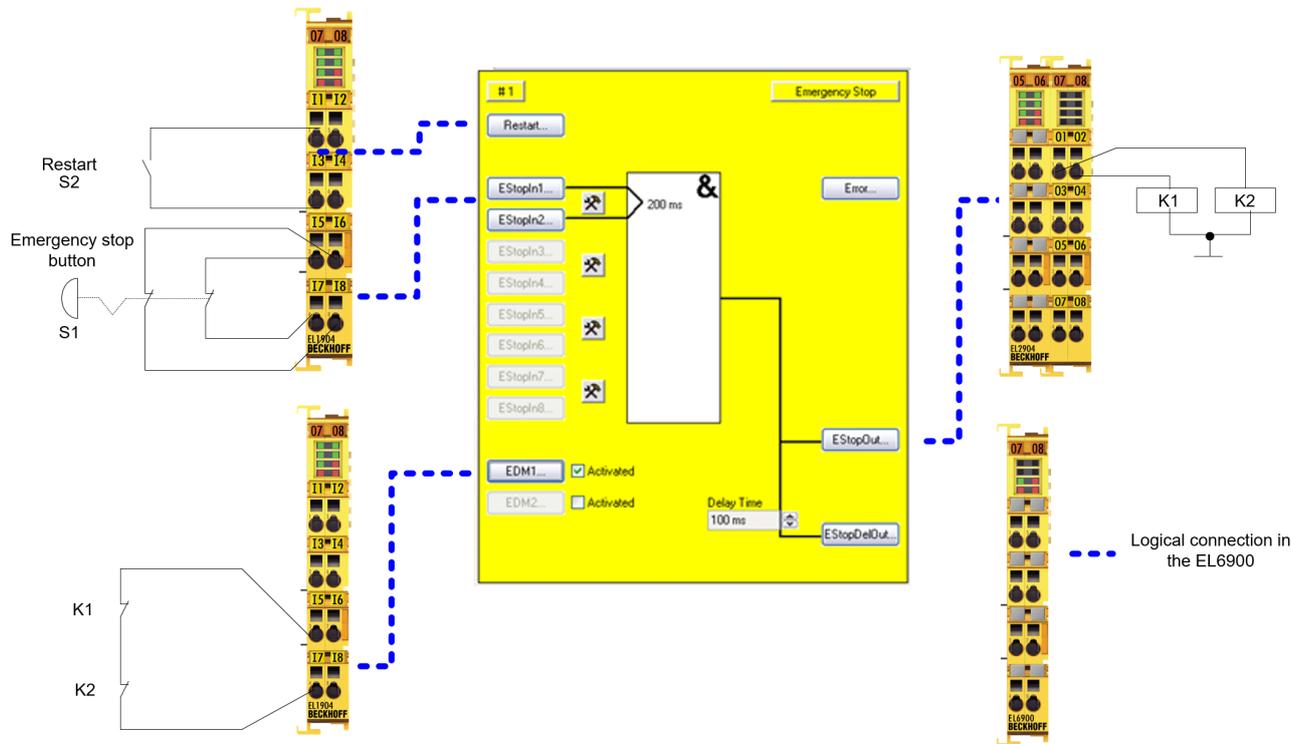
診断範囲

実用的に使いやすくするために、範囲の数は4つに制限されています。この表に示されている制限値の精度は5%です。

Category	B	1	2	2	3	3	4
DC MTTF _D	none	none	low	medium	low	medium	high
low	a	-	a	b	b	c	-
medium	b	-	b	c	c	d	-
high	-	c	c	d	d	d	e

2.5 非常停止機能バリエーション5 (Cat. 4/PLe)

2つのN.C. 接点を持つ非常停止、および再起動とフィードバックは、EL1904入力ターミナルの安全チャンネルに接続されています。2つの安全信号のセンサーテストによる評価は有効です。2つの非常停止信号の不一致時間に対しても評価を行います。コンタクタK1とK2は異なる出力チャンネルに配線されます。2つのコンタクタのA2接続は、共にアースに接地されます。出力チャンネルの電流測定は、この回路に対して無効になっていますが出力のテストは有効です。



2.5.1 安全入力と安全出力ターミナルのパラメータ

EL1904 (使用するすべてのEL1904に適用)

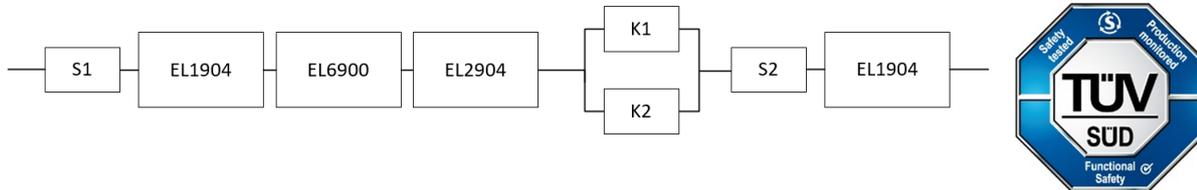
パラメータ	値
Sensor test channel 1 active(センサーテストチャンネル1有効化)	Yes (はい)
Sensor test channel 2 active(センサーテストチャンネル2有効化)	Yes (はい)
Sensor test channel 3 active(センサーテストチャンネル3有効化)	Yes (はい)
Sensor test channel 4 active(センサーテストチャンネル4有効化)	Yes (はい)
Logic channel 1 and 2	シングルロジック
Logic channel 3 and 4	シングルロジック

EL2904

パラメータ	値
Current measurement active(電流測定の有効化)	No (いいえ)
Output test pulses active(出力テストパルス有効化)	Yes (はい)

2.5.2 ブロック構造とセーフティループ

2.5.2.1 安全機能1



2.5.3 計算

2.5.3.1 PFHD / MTTFD / B10D - 値

コンポーネント	値
EL1904 - PFH _D	1.11E-09
EL2904 - PFH _D	1.25E-09
EL6900 - PFH _D	1.03E-09
S1 - B10 _D	100,000
S2 - B10 _D	10,000,000
K1 - B10 _D	1,300,000
K2 - B10 _D	1,300,000
1年あたりの平均運転日数 (d _{op})	230
1日あたりの平均運転時間 (h _{op})	16
1サイクルの平均時間間隔 (T _{cycle})	10080 * 10080分=168時間なので、1週間に1回のサイクルの意。
寿命 (T1)	20年 = 175200時間

2.5.3.2 診断範囲DC

コンポーネント	値
S1 (テスト/妥当性チェック付き)	DC _{avg} =99%
S2 (妥当性チェック付き)	DC _{avg} =90%
K1/K2 (テストおよびEDM付き) (作動/シフト当たり1回)	DC _{avg} =99%

2.5.3.3 安全機能1の計算

B10_D値からPFH_DとMTTF_D値の計算

最初の式:

$$n_{op} = \frac{d_{op} * h_{op} * 60}{T_{Zyklus}}$$

および:

$$MTTF_D = \frac{B10_D}{0,1 * n_{op}}$$

値を代入すると、この式は以下ようになります。

S1:

$$n_{op} = \frac{230 * 16 * 60}{10080} = 21,90$$

$$MTTF_D = \frac{100.000}{0,1 * 21,90} = 45662,1y = 399999120h$$

S2:

$$n_{op} = \frac{230 * 16 * 60}{10080} = 21,90$$

$$MTTF_D = \frac{10.000.000}{0,1 * 21,90} = 4566210,0y = 4E10h$$

K1/K2:

$$n_{op} = \frac{230 * 16 * 60}{10080} = 21,90$$

$$MTTF_D = \frac{1.300.000}{0,1 * 21,90} = 593607,3y = 5199997320h$$

そして、S1、S2、K1、およびK2がそれぞれシングルチャンネルだと仮定すると、

$$MTTF_D = \frac{1}{\lambda_D}$$

以下の式になります。

$$PFH = \frac{0,1 * n_{op} * (1 - DC)}{B10_D} = \frac{1 - DC}{MTTF_D}$$

S1:

$$PFH = \frac{1 - 0,99}{45662,1 * 8760} = 2,50E - 11$$

S2:

$$PFH = \frac{1 - 0,90}{4566210,0 * 8760} = 2,50E - 12$$

K1/K2: 作動/シフト当たり1回

$$PFH = \frac{1-0,99}{593607,3*8760} = 1,92E-12$$

ここで次の仮定が想定されます。

安全スイッチS1: BGIAレポート 2008年2月によると、製造業者がこれを確認した場合、最大10万サイクルまでのエラー除外ができます。メーカからの確認がない場合、S1は次のように計算に含まれます。

リレーK1とK2は、両方とも安全機能に接続されます。リレーが機能しなくても危険な状態にはなりません。フィードバックによって検出されます。さらに、K1とK2用のB10d 値は同一です。

2つのチャンネルによって接続されているコンポーネント間には結合係数があります。例として、これらのコンポーネントの間には、温度、EMC、ピーク電圧、または信号があります。これは、 $\beta = 10\%$ の最悪状況での評価が想定されています。EN 62061には、 β -係数を正確に決定できる表があります。さらに、エラー(リレー接点の過電流、制御盤の温度超過など)の原因で両方のチャンネルに同時に危険側故障が発生することを防ぐために、すべての通常の対策が取られていると想定しています。

したがって、安全機能1のためのPFH₀値の計算は以下のようになります。

$$PFH_{ges} = PFH_{(S1)} + PFH_{(EL1904)} + PFH_{(EL6900)} + PFH_{(EL2904)} + \beta * \frac{PFH_{(K1)} + PFH_{(K2)}}{2} + (1-\beta)^2 * (PFH_{(K1)} * PFH_{(K2)}) * T1 \\ + PFH_{(S2)} + PFH_{(EL1904)}$$

$(1-\beta)^2 * (PFH_{(K1)} * PFH_{(K2)}) * T1$ の部分は残りの部分よりも極めて小さい(10乗分のみ)ため、この式では以降の計算を簡単にするために無視されます。

以下のようになります。

$$PFH_{ges} = 2,5E-11 + 1,11E-09 + 1,03E-09 + 1,25E-09 + 10\% * \frac{1,92E-12 + 1,92E-12}{2} + 2,5E-12 + 1,11E-09 = 4,53E-09$$

作動/シフト当たり1回の場合は、

安全機能1 (同様の仮定の下で)用のMTTF₀ 値の計算

$$\frac{1}{MTTF_{Dges}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{MTTF_{Dn}}$$

したがって、

$$\frac{1}{MTTF_{Dges}} = \frac{1}{MTTF_{D(S1)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL1904)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL6900)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL2904)}} + \frac{1}{MTTF_{D(K1)}} + \frac{1}{MTTF_{D(S2)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL1904)}}$$

ここで、

$$MTTF_{D(S1)} = \frac{B10_{D(S1)}}{0,1 * n_{op}}$$

$$MTTF_{D(S2)} = \frac{B10_{D(S2)}}{0,1 * n_{op}}$$

$$MTTF_{D(K1)} = \frac{B10_{D(K1)}}{0,1 * n_{op}}$$

PFH₀値のみがEL1904、EL2904およびEL6900に利用できる場合、次のようになります。

$$MTTF_{D(ELxxx)} = \frac{(1 - DC_{(ELxxx)})}{PFH_{(ELxxx)}}$$

ここから、

$$MTTF_{D(EL1904)} = \frac{(1 - DC_{(EL1904)})}{PFH_{(EL1904)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,11E - 09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{9,72E - 06 \frac{1}{y}} = 1028,8y$$

$$MTTF_{D(EL6900)} = \frac{(1 - DC_{(EL6900)})}{PFH_{(EL6900)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,03E - 09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{9,02E - 06 \frac{1}{y}} = 1108,6y$$

$$MTTF_{D(EL2904)} = \frac{(1 - DC_{(EL2904)})}{PFH_{(EL2904)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,25E - 09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{1,1E - 05 \frac{1}{y}} = 913,2y$$

$$MTTF_{Dges} = \frac{1}{\frac{1}{45662,1y} + \frac{1}{1028,8y} + \frac{1}{1108,6y} + \frac{1}{913,2y} + \frac{1}{593607,3y} + \frac{1}{4566210,0y} + \frac{1}{1028,8y}} = 252,1y$$

$$DC_{avg} = \frac{\frac{99\%}{45662,1y} + \frac{99\%}{1028,8y} + \frac{99\%}{1108,6y} + \frac{99\%}{913,2y} + \frac{90\%}{593607,3y} + \frac{90\%}{593607,3y} + \frac{90\%}{4566210,0y} + \frac{99\%}{1028,8y}}{\frac{1}{45662,1y} + \frac{1}{1028,8y} + \frac{1}{1108,6y} + \frac{1}{913,2y} + \frac{1}{593607,3y} + \frac{1}{593607,3y} + \frac{1}{4566210,0y} + \frac{1}{1028,8y}} = 98,99\%$$

または、

$$DC_{avg} = \frac{\frac{99\%}{45662,1y} + \frac{99\%}{1028,8y} + \frac{99\%}{1108,6y} + \frac{99\%}{913,2y} + \frac{99\%}{593607,3y} + \frac{99\%}{593607,3y} + \frac{90\%}{4566210,0y} + \frac{99\%}{1028,8y}}{\frac{1}{45662,1y} + \frac{1}{1028,8y} + \frac{1}{1108,6y} + \frac{1}{913,2y} + \frac{1}{593607,3y} + \frac{1}{593607,3y} + \frac{1}{4566210,0y} + \frac{1}{1028,8y}} = 99,00\%$$

注記

カテゴリ

この構造では、最大でカテゴリ4までが可能です。

MTTF _D	
各チャンネルの名称	各チャンネルの範囲
low	3年 ≤ MTTF _D < 10年
medium	10年 ≤ MTTF _D < 30年
high	30年 ≤ MTTF _D ≤ 100年

DC	
名前	範囲
なし	DC < 60 %
low	60 % ≤ DC < 90 %
medium	90 % ≤ DC < 99 %
high	99 % ≤ DC

注記

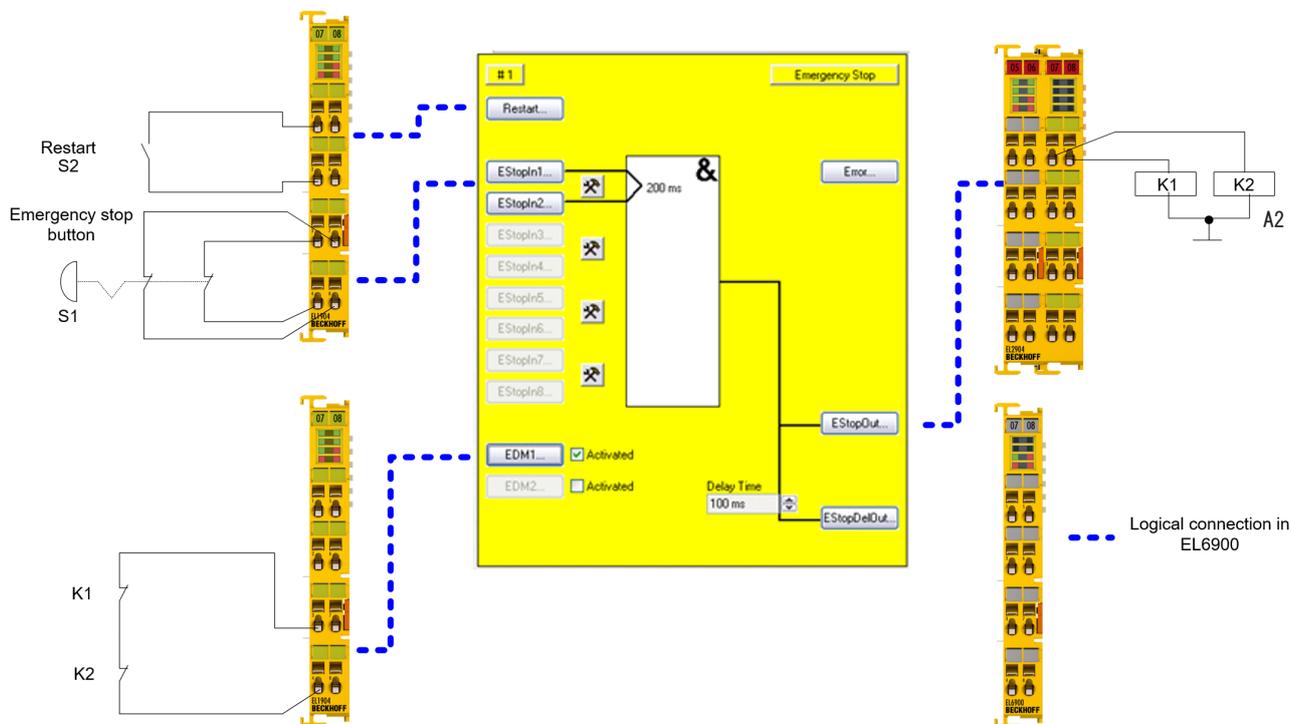
診断範囲

実用的に使いやすくするために、範囲の数は4つに制限されています。この表に示されている制限値の精度は5%です。

Category	B	1	2	2	3	3	4
DC MTTF _D	none	none	low	medium	low	medium	high
low	a	-	a	b	b	c	-
medium	b	-	b	c	c	d	-
high	-	c	c	d	d	d	e

2.6 非常停止機能バリエーション6 (Cat. 3/PLd)

2つのN.C. 接点を持つ非常停止、および再起動とフィードバックは、EL1904入力ターミナルの安全チャンネルに接続されています。2つの安全信号のセンサーテストによる評価は有効です。2つの非常停止信号の不一致時間に対しても評価を行います。コンタクタK1とK2は異なる出力チャンネルに配線されます。2つのコンタクタのA2接続は、共にアースに接地されます。出力チャンネルの電流測定は、この回路に対して無効になっています。出力のテストが無効です。



⚠ 注意

カテゴリ

この構造では、検出されない障害のため、最大でもカテゴリ3までは可能です。

EL2904ターミナルはこのアプリケーションではSIL2なので、チェーン全体もSIL2になります。

2.6.1 安全入力と安全出力ターミナル(SIL 2)のパラメータ

EL1904 (使用するすべてのEL1904に適用)

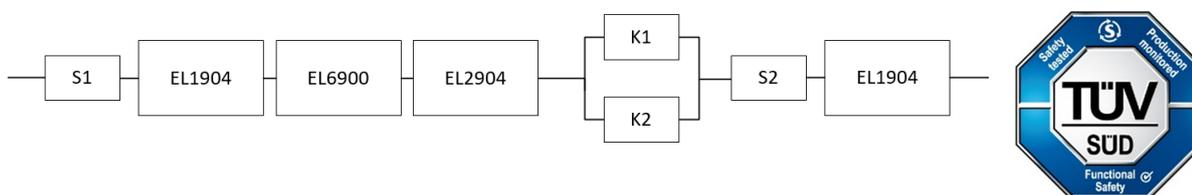
パラメータ	値
Sensor test channel 1 active(センサーテストチャンネル1有効化)	はい
Sensor test channel 2 active(センサーテストチャンネル2有効化)	はい
Sensor test channel 3 active(センサーテストチャンネル3有効化)	はい
Sensor test channel 4 active(センサーテストチャンネル4有効化)	はい
Logic channel 1 and 2	シングルロジック
Logic channel 3 and 4	シングルロジック

EL2904

パラメータ	値
Current measurement active(電流測定の有効化)	No(いいえ)
Output test pulses active(出力テストパルス有効化)	No(いいえ)

2.6.2 ブロック構造とセーフティループ

2.6.2.1 安全機能1



2.6.3 計算

2.6.3.1 PFHD / MTTFD / B10D - 値

コンポーネント	値
EL1904 - PFH _D	1.11E-09
EL2904 - PFH _D	1.25E-09
EL6900 - PFH _D	1.03E-09
S1 - B10 _D	100,000
S2 - B10 _D	10,000,000
K1 - B10 _D	1,300,000
K2 - B10 _D	1,300,000
1年あたりの平均運転日数 (d _{op})	230
1日あたりの平均運転時間 (h _{op})	16
1サイクルの平均時間間隔 (T _{cycle})	10080 * 10080分=168時間なので、1週間に1回のサイクルの意。
寿命 (T1)	20年 = 175200時間

2.6.3.2 診断範囲DC

コンポーネント	値
S1 (テスト/妥当性チェック付き)	DC _{avg} =99%
S2 (妥当性チェック付き)	DC _{avg} =90%
K1/K2 (テストなしおよび安全入力によるEDM付き)	DC _{avg} =90%

2.6.3.3 安全機能1の計算

B10_D値からPFH_DとMTTF_D 値の計算

最初の式:

$$n_{op} = \frac{d_{op} * h_{op} * 60}{T_{Zyklus}}$$

および:

$$MTTF_D = \frac{B10_D}{0,1 * n_{op}}$$

値を代入すると、この式は以下ようになります。

S1:

$$n_{op} = \frac{230 * 16 * 60}{10080} = 21,90$$

$$MTTF_D = \frac{100.000}{0,1 * 21,90} = 45662,1y = 399999120h$$

S2:

$$n_{op} = \frac{230 * 16 * 60}{10080} = 21,90$$

$$MTTF_D = \frac{10.000.000}{0,1 * 21,90} = 4566210,0y = 4E10h$$

K1/K2:

$$n_{op} = \frac{230 * 16 * 60}{10080} = 21,90$$

$$MTTF_D = \frac{1.300.000}{0,1 * 21,90} = 593607,3y = 5199997320h$$

そして、S1、S2、K1、およびK2がそれぞれシングルチャンネルだと仮定すると、

$$MTTF_D = \frac{1}{\lambda_D}$$

以下の式になります。

$$PFH = \frac{0,1 * n_{op} * (1 - DC)}{B10_D} = \frac{1 - DC}{MTTF_D}$$

S1:

$$PFH = \frac{1 - 0,99}{45662,1 * 8760} = 2,50E - 11$$

S2:

$$PFH = \frac{1-0,90}{4566210,0 * 8760} = 2,50E-12$$

K1/K2: 作動/シフト当たり1回

$$PFH = \frac{1-0,99}{593607,3 * 8760} = 1,92E-12$$

ここで次の仮定が想定されます。

安全スイッチS1: BGIAレポート 2008年2月によると、製造業者がこれを確認した場合、最大10万サイクルまでのエラー除外ができます。メーカーからの確認がない場合、S1は次のように計算に含まれます。

リレーK1とK2は、両方とも安全機能に接続されます。リレーが機能しなくても危険な状態にはなりません。フィードバックによって検出されます。さらに、K1とK2用のB10₀値は同一です。

2つのチャンネルによって接続されているコンポーネント間には結合係数があります。例として、これらのコンポーネントの間には、温度、EMC、ピーク電圧、または信号があります。これは、β = 10%の最悪状況での評価が想定されています。EN 62061には、β-係数を正確に決定できる表があります。さらに、エラー(リレー接点の過電流、制御盤の温度超過など)の原因で両方のチャンネルに同時に危険側故障が発生することを防ぐために、すべての通常の対策が取られていると想定しています。

したがって、安全機能1のためのPFH₀値の計算は以下のようになります。

$$PFH_{ges} = PFH_{(S1)} + PFH_{(EL1904)} + PFH_{(EL6900)} + PFH_{(EL2904)} + \beta * \frac{PFH_{(K1)} + PFH_{(K2)}}{2} + (1-\beta)^2 * (PFH_{(K1)} * PFH_{(K2)}) * T1 \\ + PFH_{(S2)} + PFH_{(EL1904)}$$

$(1-\beta)^2 * (PFH_{(K1)} * PFH_{(K2)}) * T1$ の部分は残りの部分よりも極めて小さい(10乗分のみ)ため、この式では以降の計算を簡単にするために無視されます。

以下のようになります。

$$PFH_{ges} = 2,5E-11 + 1,11E-09 + 1,03E-09 + 1,25E-09 + 10\% * \frac{1,92E-12 + 1,92E-12}{2} + 2,5E-12 + 1,11E-09 = 4,53E-09$$

作動/シフト当たり1回の場合は、

安全機能1 (同様の仮定の下で)用のMTTF₀ 値の計算

$$\frac{1}{MTTF_{Dges}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{MTTF_{Dn}}$$

したがって、

$$\frac{1}{MTTF_{Dges}} = \frac{1}{MTTF_{D(S1)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL1904)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL6900)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL2904)}} + \frac{1}{MTTF_{D(K1)}} + \frac{1}{MTTF_{D(S2)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL1904)}}$$

ここで、

$$MTTF_{D(S1)} = \frac{B10_{D(S1)}}{0,1 * n_{op}}$$

$$MTTF_{D(S2)} = \frac{B10_{D(S2)}}{0,1 * n_{op}}$$

$$MTTF_{D(K1)} = \frac{B10_{D(K1)}}{0,1 * n_{op}}$$

PFH_b値のみがEL1904、EL2904およびEL6900に利用できる場合、次のようになります。

$$MTTF_{D(ELxxx)} = \frac{(1 - DC_{(ELxxx)})}{PFH_{(ELxxx)}}$$

ここから、

$$MTTF_{D(EL1904)} = \frac{(1 - DC_{(EL1904)})}{PFH_{(EL1904)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,11E - 09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{9,72E - 06 \frac{1}{y}} = 1028,8y$$

$$MTTF_{D(EL6900)} = \frac{(1 - DC_{(EL6900)})}{PFH_{(EL6900)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,03E - 09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{9,02E - 06 \frac{1}{y}} = 1108,6y$$

$$MTTF_{D(EL2904)} = \frac{(1 - DC_{(EL2904)})}{PFH_{(EL2904)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,25E - 09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{1,1E - 05 \frac{1}{y}} = 913,2y$$

$$MTTF_{Dges} = \frac{1}{\frac{1}{45662,1y} + \frac{1}{1028,8y} + \frac{1}{1108,6y} + \frac{1}{913,2y} + \frac{1}{593607,3y} + \frac{1}{4566210,0y} + \frac{1}{1028,8y}} = 252,1y$$

$$DC_{avg} = \frac{\frac{99\%}{45662,1y} + \frac{99\%}{1028,8y} + \frac{99\%}{1108,6y} + \frac{99\%}{913,2y} + \frac{90\%}{593607,3y} + \frac{90\%}{593607,3y} + \frac{90\%}{4566210,0y} + \frac{99\%}{1028,8y}}{\frac{1}{45662,1y} + \frac{1}{1028,8y} + \frac{1}{1108,6y} + \frac{1}{913,2y} + \frac{1}{593607,3y} + \frac{1}{593607,3y} + \frac{1}{4566210,0y} + \frac{1}{1028,8y}} = 98,99\%$$

⚠ 注意

カテゴリ

この構造では、検出されない障害のため、最大でもカテゴリ3までは可能です。

EL2904ターミナルはこのアプリケーションではSIL2なので、チェーン全体もSIL2になります。

MTTF _D	
各チャンネルの名称	各チャンネルの範囲
low	3年 ≤ MTTF _D < 10年
medium	10年 ≤ MTTF _D < 30年
high	30年 ≤ MTTF _D ≤ 100年

DC	
名前	範囲
なし	DC < 60 %
low	60 % ≤ DC < 90 %
medium	90 % ≤ DC < 99 %
high	99 % ≤ DC

注記

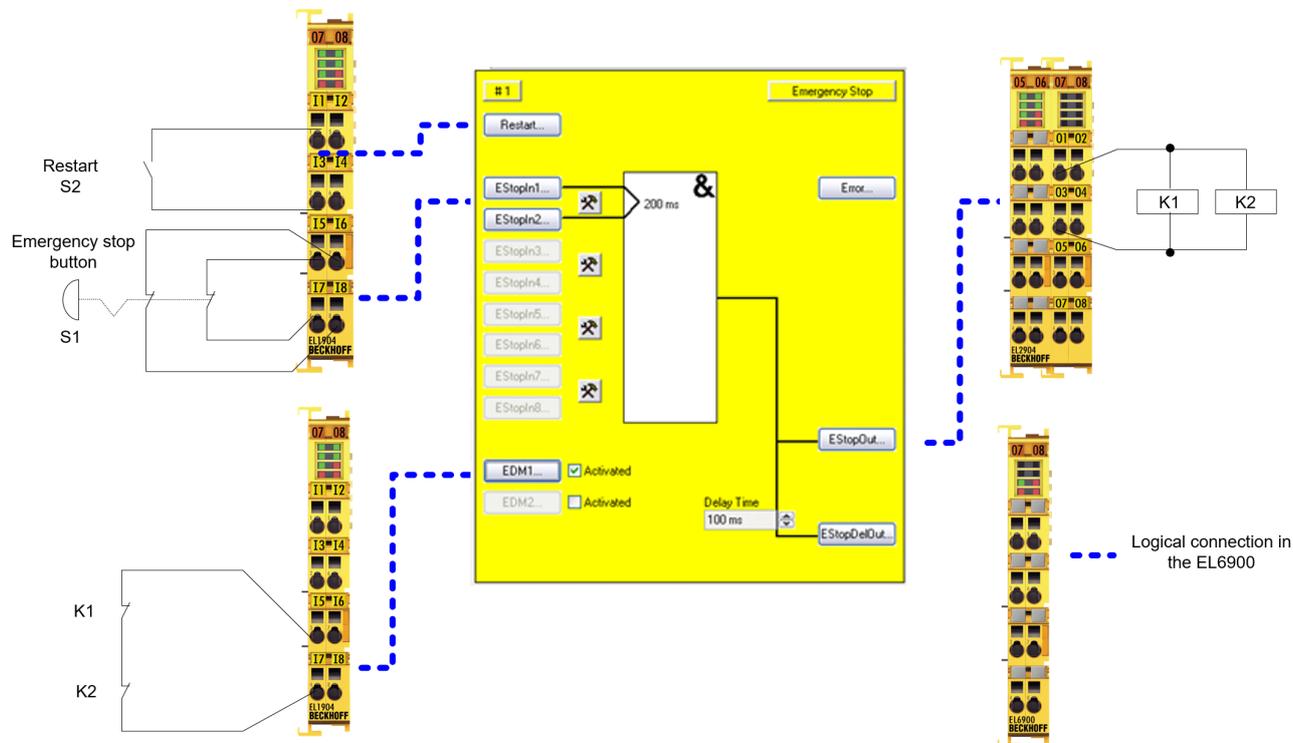
診断範囲

実用的に使いやすくするために、範囲の数は4つに制限されています。この表に示されている制限値の精度は5%です。

Category	B	1	2	2	3	3	4
DC MTTF _D	none	none	low	medium	low	medium	high
low	a	-	a	b	b	c	-
medium	b	-	b	c	c	d	-
high	-	c	c	d	d	d	e

2.7 非常停止機能バリエーション7 (Cat. 4/PLe)

2つのN.C. 接点を持つ非常停止ボタンは、リセット信号とフィードバック信号を、EL1904入力ターミナルの安全チャンネルに接続されています。非常停止ボタンのテストは、両方のチャンネルで無効になっています。センサーテストが、リセットボタンとフィードバックループに対して有効になっています。2つの非常停止信号の不一致時間に対しても評価を行います。コンタクタK1とK2は安全出力に並列接続されます。この安全回路では、電流測定と安全出力のテストパルスによる評価も有効です。



2.7.1 安全入力と安全出力ターミナルのパラメータ

1. EL1904

パラメータ	値
Sensor test channel 1 active(センサーテストチャンネル1有効化)	Yes(はい)
Sensor test channel 2 active(センサーテストチャンネル2有効化)	not used(未使用)
Sensor test channel 3 active(センサーテストチャンネル3有効化)	No(いいえ)
Sensor test channel 4 active(センサーテストチャンネル4有効化)	No(いいえ)
Logic channel 1 and 2	シングルロジック
Logic channel 3 and 4	シングルロジック

2. EL1904

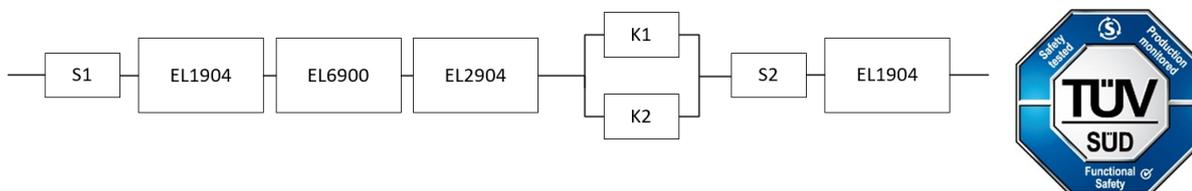
パラメータ	値
Sensor test channel 1 active (センサーテストチャンネル1有効化)	not used (未使用)
Sensor test channel 2 active (センサーテストチャンネル2有効化)	not used (未使用)
Sensor test channel 3 active (センサーテストチャンネル3有効化)	Yes (はい)
Sensor test channel 4 active (センサーテストチャンネル4有効化)	not used (未使用)
Logic channel 1 and 2	シングルロジック
Logic channel 3 and 4	シングルロジック

EL2904

パラメータ	値
Current measurement active (電流測定の有効化)	Yes (はい)
Output test pulses active (出力テストパルス有効化)	Yes (はい)

2.7.2 ブロック構造とセーフティループ

2.7.2.1 安全機能1



2.7.3 計算

2.7.3.1 PFHD / MTTFD / B10D - 値

コンポーネント	値
EL1904 - PFH _D	1.11E-09
EL2904 - PFH _D	1.25E-09
EL6900 - PFH _D	1.03E-09
S1 - B10 _D	100,000
S2 - B10 _D	10,000,000
K1 - B10 _D	1,300,000
K2 - B10 _D	1,300,000
1年あたりの平均運転日数 (d _{op})	230
1日あたりの平均運転時間 (h _{op})	16
1サイクルの平均時間間隔 (T _{cycle})	10080 * 10080分=168時間なので、1週間に1回のサイクルの意。
寿命 (T1)	20年 = 175200時間

2.7.3.2 診断範囲DC

コンポーネント	値
S1 (妥当性チェック付き)	DC _{avg} =90%
S2 (テスト付き)	DC _{avg} =90%
K1/K2 (テストおよびEDM付き) (作動/シフト当たり1回)	DC _{avg} =99%

2.7.3.3 安全機能1の計算

B10_D値からPFH_DとMTTF_D 値の計算

最初の式:

$$n_{op} = \frac{d_{op} * h_{op} * 60}{T_{Zyklus}}$$

および:

$$MTTF_D = \frac{B10_D}{0,1 * n_{op}}$$

値を代入すると、この式は以下ようになります。

S1:

$$n_{op} = \frac{230 * 16 * 60}{10080} = 21,90$$

$$MTTF_D = \frac{100.000}{0,1 * 21,90} = 45662,1y = 399999120h$$

S2:

$$n_{op} = \frac{230 * 16 * 60}{10080} = 21,90$$

$$MTTF_D = \frac{10.000.000}{0,1 * 21,90} = 4566210,0y = 4E10h$$

K1/K2:

$$n_{op} = \frac{230 * 16 * 60}{10080} = 21,90$$

$$MTTF_D = \frac{1.300.000}{0,1 * 21,90} = 593607,3y = 5199997320h$$

そして、S1、S2、K1、およびK2がそれぞれシングルチャンネルだと仮定すると、

$$MTTF_D = \frac{1}{\lambda_D}$$

以下の式になります。

$$PFH = \frac{0,1 * n_{op} * (1 - DC)}{B10_D} = \frac{1 - DC}{MTTF_D}$$

S1:

$$PFH = \frac{1 - 0,90}{45662,1 * 8760} = 2,50E - 10$$

S2:

$$PFH = \frac{1 - 0,90}{4566210,0 * 8760} = 2,50E - 12$$

K1/K2: 作動/シフト当たり1回

$$PFH = \frac{1 - 0,99}{593607,3 * 8760} = 1,92E - 12$$

ここで次の仮定が想定されます。

安全スイッチS1: BGIAレポート 2008年2月によると、製造業者がこれを確認した場合、最大10万サイクルまでのエラー除外ができます。メーカーからの確認がない場合、S1は次のように計算に含まれます。

リレーK1とK2は、両方とも安全機能に接続されます。リレーが機能しなくても危険な状態にはなりません、フィードバックによって検出されます。さらに、K1とK2用のB10₀値は同一です。

2つのチャンネルによって接続されているコンポーネント間には結合係数があります。例として、これらのコンポーネントの間には、温度、EMC、ピーク電圧、または信号があります。これは、β = 10%の最悪状況での評価が想定されています。EN 62061には、β-係数を正確に決定できる表があります。さらに、エラー(リレー接点の過電流、制御盤の温度超過など)の原因で両方のチャンネルに同時に危険側故障が発生することを防ぐために、すべての通常の対策が取られていると想定しています。

したがって、安全機能1のためのPFH₀値の計算は以下のようになります。

$$PFH_{ges} = PFH_{(S1)} + PFH_{(EL1904)} + PFH_{(EL6900)} + PFH_{(EL2904)} + \beta * \frac{PFH_{(K1)} + PFH_{(K2)}}{2} + (1 - \beta)^2 * (PFH_{(K1)} * PFH_{(K2)}) * T1 + PFH_{(S2)} + PFH_{(EL1904)}$$

$(1 - \beta)^2 * (PFH_{(K1)} * PFH_{(K2)}) * T1$ の部分は残りの部分よりも極めて小さい(10乗分のみ)ため、この式では以降の計算を簡単にするために無視されます。

以下のようになります。

$$PFH_{ges} = 2,5E - 10 + 1,11E - 09 + 1,03E - 09 + 1,25E - 09 + 10\% * \frac{1,92E - 12 + 1,92E - 12}{2} + 2,5E - 12 + 1,11E - 09 = 4,75E - 09$$

作動/シフト当たり1回の場合は、

安全機能1 (同様の仮定の下で)用のMTTF_D 値の計算

$$\frac{1}{MTTF_{Dges}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{MTTF_{Dn}}$$

したがって、

$$\frac{1}{MTTF_{Dges}} = \frac{1}{MTTF_{D(S1)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL1904)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL6900)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL2904)}} + \frac{1}{MTTF_{D(K1)}} + \frac{1}{MTTF_{D(S2)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL1904)}}$$

ここで、

$$MTTF_{D(S1)} = \frac{B10_{D(S1)}}{0,1 * n_{op}}$$

$$MTTF_{D(S2)} = \frac{B10_{D(S2)}}{0,1 * n_{op}}$$

$$MTTF_{D(K1)} = \frac{B10_{D(K1)}}{0,1 * n_{op}}$$

PFH_D値のみがEL1904、EL2904およびEL6900に利用できる場合、次のようになります。

$$MTTF_{D(ELxxx)} = \frac{(1 - DC_{(ELxxx)})}{PFH_{(ELxxx)}}$$

ここから、

$$MTTF_{D(EL1904)} = \frac{(1 - DC_{(EL1904)})}{PFH_{(EL1904)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,11E - 09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{9,72E - 06 \frac{1}{y}} = 1028,8y$$

$$MTTF_{D(EL6900)} = \frac{(1 - DC_{(EL6900)})}{PFH_{(EL6900)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,03E - 09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{9,02E - 06 \frac{1}{y}} = 1108,6y$$

$$MTTF_{D(EL2904)} = \frac{(1 - DC_{(EL2904)})}{PFH_{(EL2904)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,25E - 09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{1,1E - 05 \frac{1}{y}} = 913,2y$$

$$MTTF_{Dges} = \frac{1}{\frac{1}{45662,1y} + \frac{1}{1028,8y} + \frac{1}{1108,6y} + \frac{1}{913,2y} + \frac{1}{593607,3y} + \frac{1}{593607,3y} + \frac{1}{4566210,0y} + \frac{1}{1028,8y}} = 252,1y$$

$$DC_{avg} = \frac{\frac{90\%}{45662,1y} + \frac{99\%}{1028,8y} + \frac{99\%}{1108,6y} + \frac{99\%}{913,2y} + \frac{90\%}{593607,3y} + \frac{90\%}{593607,3y} + \frac{90\%}{4566210,0y} + \frac{99\%}{1028,8y}}{\frac{1}{45662,1y} + \frac{1}{1028,8y} + \frac{1}{1108,6y} + \frac{1}{913,2y} + \frac{1}{593607,3y} + \frac{1}{593607,3y} + \frac{1}{4566210,0y} + \frac{1}{1028,8y}} = 98,94\%$$

または、

$$DC_{avg} = \frac{\frac{90\%}{45662,1y} + \frac{99\%}{1028,8y} + \frac{99\%}{1108,6y} + \frac{99\%}{913,2y} + \frac{99\%}{593607,3y} + \frac{99\%}{593607,3y} + \frac{90\%}{4566210,0y} + \frac{99\%}{1028,8y}}{\frac{1}{45662,1y} + \frac{1}{1028,8y} + \frac{1}{1108,6y} + \frac{1}{913,2y} + \frac{1}{593607,3y} + \frac{1}{593607,3y} + \frac{1}{4566210,0y} + \frac{1}{1028,8y}} = 98,95\%$$

注記

カテゴリ

この構造では、最大でカテゴリ4までが可能です。

MTTF _D	
各チャンネルの名称	各チャンネルの範囲
low	3年 ≤ MTTF _D < 10年
medium	10年 ≤ MTTF _D < 30年
high	30年 ≤ MTTF _D ≤ 100年

DC	
名前	範囲
なし	DC < 60 %
low	60 % ≤ DC < 90 %
medium	90 % ≤ DC < 99 %
high	99 % ≤ DC

注記

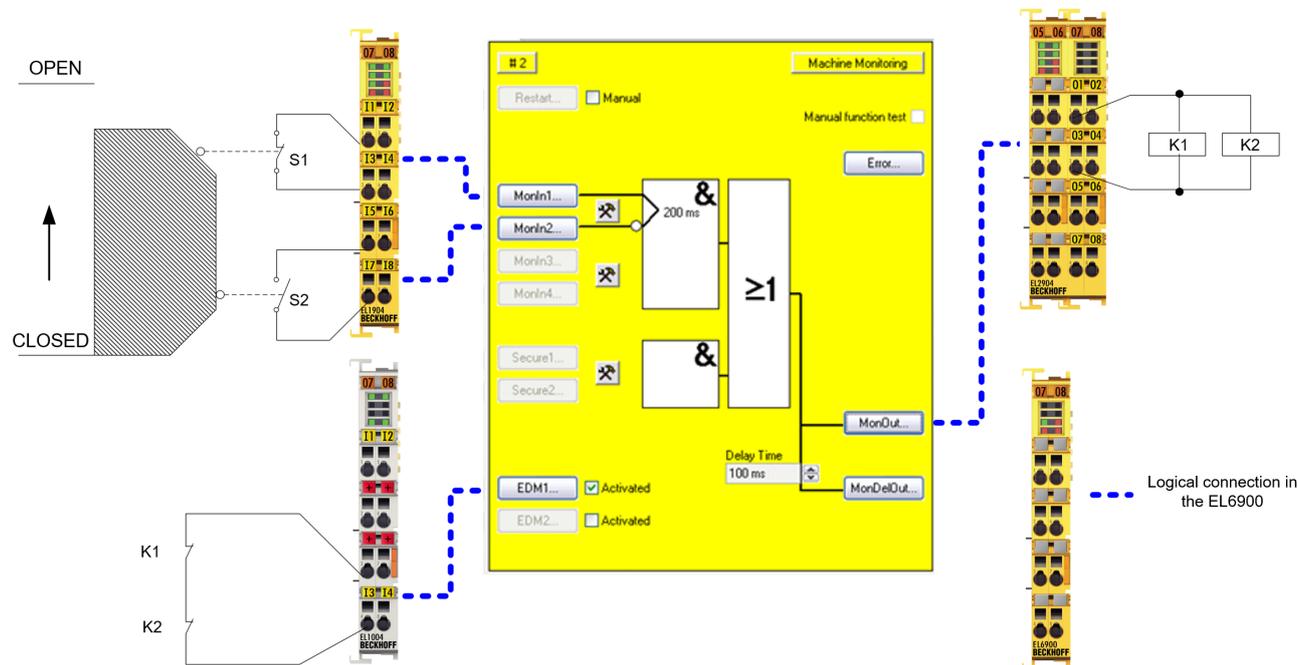
診断範囲

実用的に使いやすくするために、範囲の数は4つに制限されています。この表に示されている制限値の精度は5%です。

Category	B	1	2	2	3	3	4
DC MTTF _D	none	none	low	medium	low	medium	high
low	a	-	a	b	b	c	-
medium	b	-	b	c	c	d	-
high	-	c	c	d	d	d	e

2.8 安全扉機能バリエーション1 (Cat. 3/PLd)

安全扉は、EL1904の安全入力でN.C.とN.O.接点の組み合わせを使用します。入力のテストは有効で、信号は不一致時間に対してテストされます(200 ms)。フィードバックループは標準入力経由で読み込まれ、標準的なPLC経由でTwinSAFEに送信されます。コンタクタK1とK2は安全出力に並列接続されます。この安全回路では、電流測定と安全出力のテストパルスによる評価も有効です。



2.8.1 安全入力と安全出力ターミナルのパラメータ

EL1904 (使用するすべてのEL1904に適用)

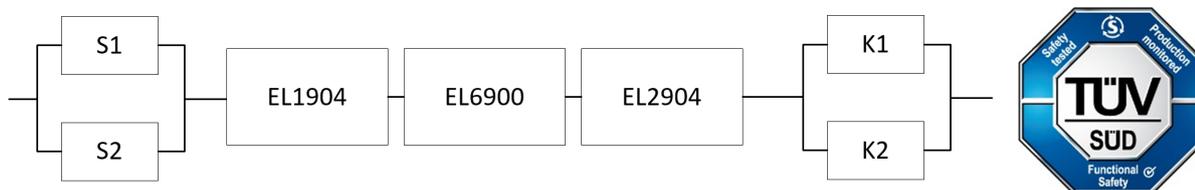
パラメータ	値
Sensor test channel 1 active(センサーテストチャンネル1有効化)	Yes (はい)
Sensor test channel 2 active(センサーテストチャンネル2有効化)	Yes (はい)
Sensor test channel 3 active(センサーテストチャンネル3有効化)	Yes (はい)
Sensor test channel 4 active(センサーテストチャンネル4有効化)	Yes (はい)
Logic channel 1 and 2	シングルロジック
Logic channel 3 and 4	シングルロジック

EL2904

パラメータ	値
Current measurement active(電流測定の有効化)	Yes (はい)
Output test pulses active(出力テストパルス有効化)	Yes (はい)

2.8.2 ブロック構造とセーフティループ

2.8.2.1 安全機能1



2.8.3 計算

2.8.3.1 PFHD / MTTFD / B10D - 値

コンポーネント	値
EL1904 - PFH _D	1.11E-09
EL2904 - PFH _D	1.25E-09
EL6900 - PFH _D	1.03E-09
S1 - B10 _D	1,000,000
S2 - B10 _D	2,000,000
K1 - B10 _D	1,300,000
K2 - B10 _D	1,300,000
1年あたりの平均運転日数 (d _{op})	230
1日あたりの平均運転時間 (h _{op})	16
1サイクルの平均時間間隔 (T _{cycle})	15 (時間当たり4回)
寿命 (T1)	20年 = 175200時間

2.8.3.2 診断範囲DC

コンポーネント	値
S1/S2 (テスト/妥当性チェック付き)	DC _{avg} =99%
K1/K2 (テストおよびEDM付き)	DC _{avg} =90%

2.8.3.3 安全機能1の計算

B10_D値からPFH_DとMTTF_D値の計算

最初の式:

$$n_{op} = \frac{d_{op} * h_{op} * 60}{T_{Zyklus}}$$

および:

$$MTTF_D = \frac{B10_D}{0.1 * n_{op}}$$

値を代入すると、この式は以下ようになります。

S1:

$$n_{op} = \frac{230 * 16 * 60}{15} = 14720$$

$$MTTF_D = \frac{1.000.000}{0,1 * 14720} = 679,3y = 5951087h$$

S2:

$$n_{op} = \frac{230 * 16 * 60}{15} = 14720$$

$$MTTF_D = \frac{2.000.000}{0,1 * 14720} = 1358,7y = 11902174h$$

K1/K2:

$$n_{op} = \frac{230 * 16 * 60}{15} = 14720$$

$$MTTF_D = \frac{1.300.000}{0,1 * 14720} = 883,2y = 7736413h$$

そして、S1、S2、K1、およびK2がそれぞれシングルチャンネルだと仮定すると、

$$MTTF_D = \frac{1}{\lambda_D}$$

以下の式になります。

$$PFH = \frac{0,1 * n_{op} * (1 - DC)}{B10_D} = \frac{1 - DC}{MTTF_D}$$

S1:

$$PFH = \frac{1 - 0,99}{679,3 * 8760} = 1,68E - 09$$

S2:

$$PFH = \frac{1 - 0,99}{1358,7 * 8760} = 8,4E - 10$$

K1/K2:

$$PFH = \frac{1 - 0,90}{883,2 * 8760} = 1,29E - 08$$

ここで次の仮定が想定されます。

ドアスイッチS1/S2は、常に反対方向に作動します。スイッチは異なる値を持っていますが、完全な安全扉スイッチはN.C.とN.O.接点の組み合わせで構造され、2つのスイッチが機能する必要があるため、2つの値の下位の値になる（S1）が組み合わせとして採用されます。

リレーK1とK2は、両方とも安全機能に接続されます。リレーが機能しなくても危険な状態にはなりません、フィードバックによって検出されます。さらに、K1とK2用のB10₀値は同一です。

2つのチャンネルによって接続されているコンポーネント間には結合係数があります。例として、これらのコンポーネントの間には、温度、EMC、ピーク電圧、または信号があります。これは、β=10%の最悪ケースの推定値と想定されます。EN 62061には、β係数を正確に決定できる表があります。さらに、エラー（リレー接点の過電流、制御盤の温度超過など）の原因で両方のチャンネルに同時に危険側故障が発生することを防ぐために、すべての通常の対策が取られていると想定しています。

したがって、安全機能1のためのPFH₀値の計算は以下のようになります。

$$PFH_{ges} = \beta * \frac{PFH_{(S1)} + PFH_{(S2)}}{2} + (1 - \beta)^2 * (PFH_{(S1)} * PFH_{(S2)}) * T1 + PFH_{(EL1904)} + PFH_{(EL6900)} + PFH_{(EL2904)} \\ + \beta * \frac{PFH_{(K1)} + PFH_{(K2)}}{2} + (1 - \beta)^2 * (PFH_{(K1)} * PFH_{(K2)}) * T1$$

$(1-\beta)^2 * (PFH_{(S1)} * PFH_{(S2)}) * T1$ と $(1-\beta)^2 * (PFH_{(K1)} * PFH_{(K2)}) * T1$ の部分は残りの部分よりも極めて小さい(10乗分のみ)ため、この式では以降の計算を簡単にするために無視されます。

以下のようになります。

$$PFH_{ges} = 10\% * \frac{1,68E-09 + 1,68E-09}{2} + 1,11E-09 + 1,03E-09 + 1,25E-09 + 10\% * \frac{1,29E-08 + 1,29E-08}{2} = 4,85E-09$$

安全機能1 (同様の仮定の下で)用のMTTF₀ 値の計算

$$\frac{1}{MTTF_{Dges}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{MTTF_{Dn}}$$

したがって、

$$\frac{1}{MTTF_{Dges}} = \frac{1}{MTTF_{D(S1)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL1904)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL6900)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL2904)}} + \frac{1}{MTTF_{D(K1)}}$$

ここで、

$$MTTF_{D(S1)} = \frac{B10_{D(S1)}}{0,1 * n_{op}}$$

$$MTTF_{D(S2)} = \frac{B10_{D(S2)}}{0,1 * n_{op}}$$

$$MTTF_{D(K1)} = \frac{B10_{D(K1)}}{0,1 * n_{op}}$$

PFH₀値のみがEL1904、EL2904およびEL6900に利用できる場合、次のようになります。

$$MTTF_{D(ELxxx)} = \frac{(1 - DC_{(ELxxx)})}{PFH_{(ELxxx)}}$$

ここから、

$$MTTF_{D(EL1904)} = \frac{(1 - DC_{(EL1904)})}{PFH_{(EL1904)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,11E-09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{9,72E-06 \frac{1}{y}} = 1028,8y$$

$$MTTF_{D(EL6900)} = \frac{(1 - DC_{(EL6900)})}{PFH_{(EL6900)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,03E-09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{9,02E-06 \frac{1}{y}} = 1108,6y$$

$$MTTF_{D(EL2904)} = \frac{(1 - DC_{(EL2904)})}{PFH_{(EL2904)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,25E-09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{1,1E-05 \frac{1}{y}} = 913,2y$$

$$MTTF_{Dges} = \frac{1}{\frac{1}{679,3y} + \frac{1}{1028,8y} + \frac{1}{1108,6y} + \frac{1}{913,2y} + \frac{1}{883,2y}} = 179,4y$$

$$DC_{avg} = \frac{\frac{99\%}{679,3y} + \frac{99\%}{1358,7y} + \frac{99\%}{1028,8y} + \frac{99\%}{1108,6y} + \frac{99\%}{913,2y} + \frac{90\%}{883,2y} + \frac{90\%}{883,2y}}{\frac{1}{679,3y} + \frac{1}{1358,7y} + \frac{1}{1028,8y} + \frac{1}{1108,6y} + \frac{1}{913,2y} + \frac{1}{883,2y} + \frac{1}{883,2y}} = 96,26\%$$

⚠ 注意

カテゴリ3を達成するための方策

この構造では、検出されない障害のため、最大でもカテゴリ3までは可能です。カテゴリ3を達成するには、すべての立ち上がりエッジと立ち下がりエッジは、予想されるフィードバックについてコントローラ一の時間依存性により評価する必要があります。

MTTF _D	
各チャンネルの名称	各チャンネルの範囲
low	3年 ≤ MTTF _D < 10年
medium	10年 ≤ MTTF _D < 30年
high	30年 ≤ MTTF _D ≤ 100年

DC	
名前	範囲
なし	DC < 60 %
low	60 % ≤ DC < 90 %
medium	90 % ≤ DC < 99 %
high	99 % ≤ DC

注記

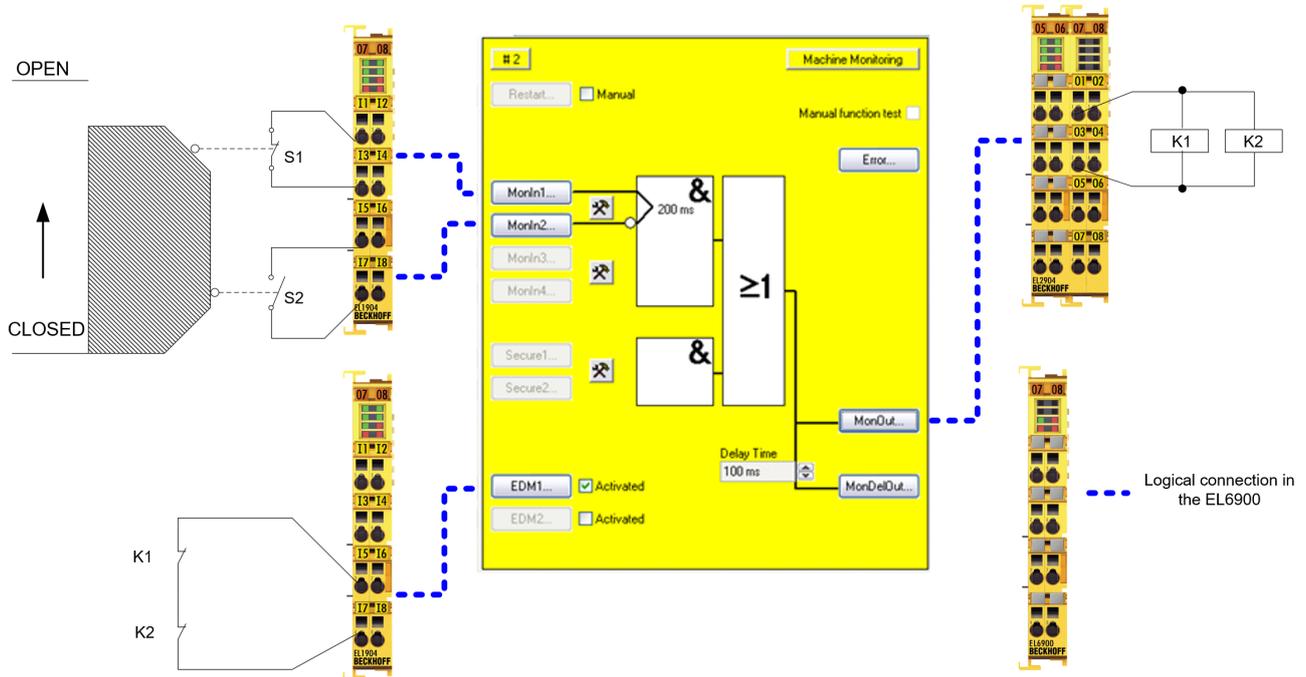
診断範囲

実用的に使いやすくするために、範囲の数は4つに制限されています。この表に示されている制限値の精度は5%です。

Category	B	1	2	2	3	3	4
DC / MTTF _D	none	none	low	medium	low	medium	high
low	a	-	a	b	b	c	-
medium	b	-	b	c	c	d	-
high	-	c	c	d	d	d	e

2.9 安全扉機能バリエーション2 (Cat. 4/PLe)

安全扉は、EL1904の安全入力でN.C. とN.O. 接点の組み合わせを使用します。安全信号のセンサーテストによる評価は有効で、不一致時間に対して評価はされます。(200 ms)。フィードバックループは、安全入力によって読み込まれます。コンタクタK1とK2は安全出力に並列接続されます。この安全回路では、電流測定と安全出力のテストパルスによる評価も有効です。



2.9.1 安全入力と安全出力ターミナルのパラメータ

EL1904 (使用するすべてのEL1904に適用)

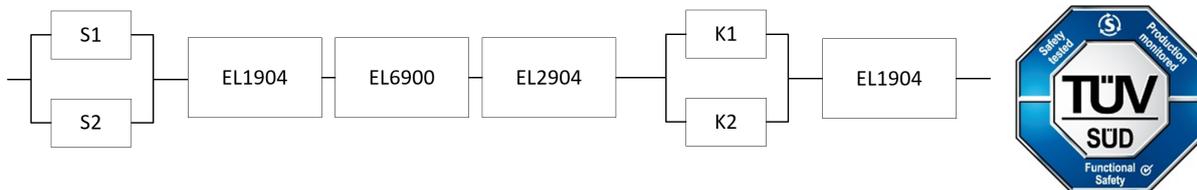
パラメータ	値
Sensor test channel 1 active(センサーテストチャンネル1有効化)	Yes (はい)
Sensor test channel 2 active(センサーテストチャンネル2有効化)	Yes (はい)
Sensor test channel 3 active(センサーテストチャンネル3有効化)	Yes (はい)
Sensor test channel 4 active(センサーテストチャンネル4有効化)	Yes (はい)
Logic channel 1 and 2	シングルロジック
Logic channel 3 and 4	シングルロジック

EL2904

パラメータ	値
Current measurement active(電流測定の有効化)	Yes (はい)
Output test pulses active(出力テストパルス有効化)	Yes (はい)

2.9.2 ブロック構造とセーフティループ

2.9.2.1 安全機能1



2.9.3 計算

2.9.3.1 PFHD / MTTFD / B10D - 値

コンポーネント	値
EL1904 - PFH _D	1.11E-09
EL2904 - PFH _D	1.25E-09
EL6900 - PFH _D	1.03E-09
S1 - B10 _D	1,000,000
S2 - B10 _D	2,000,000
K1 - B10 _D	1,300,000
K2 - B10 _D	1,300,000
1年あたりの平均運転日数 (d _{op})	230
1日あたりの平均運転時間 (h _{op})	16
1サイクルの平均時間間隔 (T _{cycle})	15 (時間当たり4回)
寿命 (T1)	20年 = 175200時間

2.9.3.2 診断範囲DC

コンポーネント	値
S1/S2 (テスト/妥当性チェック付き)	DC _{avg} =99%
K1/K2 (テストおよびEDM付き)	DC _{avg} =99%

2.9.3.3 安全機能1の計算

B10_D値からPFH_DとMTTF_D値の計算

最初の式:

$$n_{op} = \frac{d_{op} * h_{op} * 60}{T_{Zyklus}}$$

および:

$$MTTF_D = \frac{B10_D}{0,1 * n_{op}}$$

値を代入すると、この式は以下ようになります。

S1:

$$n_{op} = \frac{230 * 16 * 60}{15} = 14720$$

$$MTTF_D = \frac{1.000.000}{0,1 * 14720} = 679,3y = 5951087h$$

S2:

$$n_{op} = \frac{230 * 16 * 60}{15} = 14720$$

$$MTTF_D = \frac{2.000.000}{0,1 * 14720} = 1358,7y = 11902174h$$

K1/K2:

$$n_{op} = \frac{230 * 16 * 60}{15} = 14720$$

$$MTTF_D = \frac{1.300.000}{0,1 * 14720} = 883,2y = 7736413h$$

そして、S1、S2、K1、およびK2がそれぞれシングルチャンネルだと仮定すると、

$$MTTF_D = \frac{1}{\lambda_D}$$

以下の式になります。

$$PFH = \frac{0,1 * n_{op} * (1 - DC)}{B10_D} = \frac{1 - DC}{MTTF_D}$$

S1:

$$PFH = \frac{1 - 0,99}{679,3 * 8760} = 1,68E - 09$$

S2:

$$PFH = \frac{1 - 0,99}{1358,7 * 8760} = 8,4E - 10$$

K1/K2:

$$PFH = \frac{1 - 0,99}{883,2 * 8760} = 1,29E - 09$$

ここで次の仮定が想定されます。

ドアスイッチS1/S2は、常に反対方向に作動します。スイッチは異なる値を持っていますが、完全な安全柵スイッチはN. C. とN. O. 接点の組み合わせで構造され、2つのスイッチが機能する必要があるため、2つの値の下の値になる (S1) が組み合わせとして採用されます。

リレーK1とK2は、両方とも安全機能に接続されます。リレーが機能しなくても危険な状態にはなりませんが、フィードバックによって検出されます。さらに、K1とK2用のB10₀ 値は同一です。

2つのチャンネルによって接続されているコンポーネント間には結合係数があります。例として、これらのコンポーネントの間には、温度、EMC、ピーク電圧、または信号があります。これは、β=10%の最悪ケースの推定値と想定されます。EN 62061には、β-係数を正確に決定できる表があります。さらに、エラー(リレー接点の過電流、制御盤の温度超過など)の原因で両方のチャンネルに同時に危険側故障が発生することを防ぐために、すべての通常の対策が取られていると想定しています。

したがって、安全機能1のためのPFH₀値の計算は以下ようになります。

$$PFH_{ges} = \beta * \frac{PFH_{(S1)} + PFH_{(S2)}}{2} + (1 - \beta)^2 * (PFH_{(S1)} * PFH_{(S2)}) * T1 + PFH_{(EL1904)} + PFH_{(EL6900)} + PFH_{(EL2904)}$$

$$+ \beta * \frac{PFH_{(K1)} + PFH_{(K2)}}{2} + (1 - \beta)^2 * (PFH_{(K1)} * PFH_{(K2)}) * T1 + PFH_{(EL1904)}$$

$(1 - \beta)^2 * (PFH_{(S1)} * PFH_{(S2)}) * T1$ と $(1 - \beta)^2 * (PFH_{(K1)} * PFH_{(K2)}) * T1$ の部分は残りの部分よりも極めて小さい(10乗分のみ)ため、この式では以降の計算を簡単にするために無視されます。

以下のようになります。

$$PFH_{ges} = 10\% * \frac{1,68E - 09 + 1,68E - 09}{2} + 1,11E - 09 + 1,03E - 09 + 1,25E - 09 + 10\% * \frac{1,29E - 09 + 1,29E - 09}{2} + 1,11E - 09 = 4,80E - 09$$

安全機能1 (同様の仮定の下で)用のMTTF_D 値の計算

$$\frac{1}{MTTF_{Dges}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{MTTF_{Dn}}$$

したがって、

$$\frac{1}{MTTF_{Dges}} = \frac{1}{MTTF_{D(S1)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL1904)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL6900)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL2904)}} + \frac{1}{MTTF_{D(K1)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL1904)}}$$

ここで、

$$MTTF_{D(S1)} = \frac{B10_{D(S1)}}{0,1 * n_{op}}$$

$$MTTF_{D(S2)} = \frac{B10_{D(S2)}}{0,1 * n_{op}}$$

$$MTTF_{D(K1)} = \frac{B10_{D(K1)}}{0,1 * n_{op}}$$

PFH_D値のみがEL1904、EL2904およびEL6900に利用できる場合、次のようになります。

$$MTTF_{D(ELxxx)} = \frac{(1 - DC_{(ELxxx)})}{PFH_{(ELxxx)}}$$

ここから、

$$MTTF_{D(EL1904)} = \frac{(1 - DC_{(EL1904)})}{PFH_{(EL1904)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,11E - 09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{9,72E - 06 \frac{1}{y}} = 1028,8y$$

$$MTTF_{D(EL6900)} = \frac{(1 - DC_{(EL6900)})}{PFH_{(EL6900)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,03E - 09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{9,02E - 06 \frac{1}{y}} = 1108,6y$$

$$MTTF_{D(EL2904)} = \frac{(1 - DC_{(EL2904)})}{PFH_{(EL2904)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,25E - 09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{1,1E - 05 \frac{1}{y}} = 913,2y$$

$$MTTF_{Dges} = \frac{1}{\frac{1}{679,3y} + \frac{1}{1028,8y} + \frac{1}{1108,6y} + \frac{1}{913,2y} + \frac{1}{883,2y} + \frac{1}{1028,8y}} = 152,7y$$

$$DC_{avg} = \frac{\frac{99\%}{679,3y} + \frac{99\%}{1358,7y} + \frac{99\%}{1028,8y} + \frac{99\%}{1108,6y} + \frac{99\%}{913,2y} + \frac{99\%}{883,2y} + \frac{99\%}{883,2y} + \frac{99\%}{1028,8y}}{\frac{1}{679,3y} + \frac{1}{1358,7y} + \frac{1}{1028,8y} + \frac{1}{1108,6y} + \frac{1}{913,2y} + \frac{1}{883,2y} + \frac{1}{883,2y} + \frac{1}{1028,8y}} = 99,0\%$$

注記

カテゴリ

この構造では、最大でカテゴリ4までが可能です。

MTTF _D	
各チャンネルの名称	各チャンネルの範囲
low	3年 ≤ MTTF _D < 10年
medium	10年 ≤ MTTF _D < 30年
high	30年 ≤ MTTF _D ≤ 100年

DC	
名前	範囲
なし	DC < 60 %
low	60 % ≤ DC < 90 %
medium	90 % ≤ DC < 99 %
high	99 % ≤ DC

注記

診断範囲

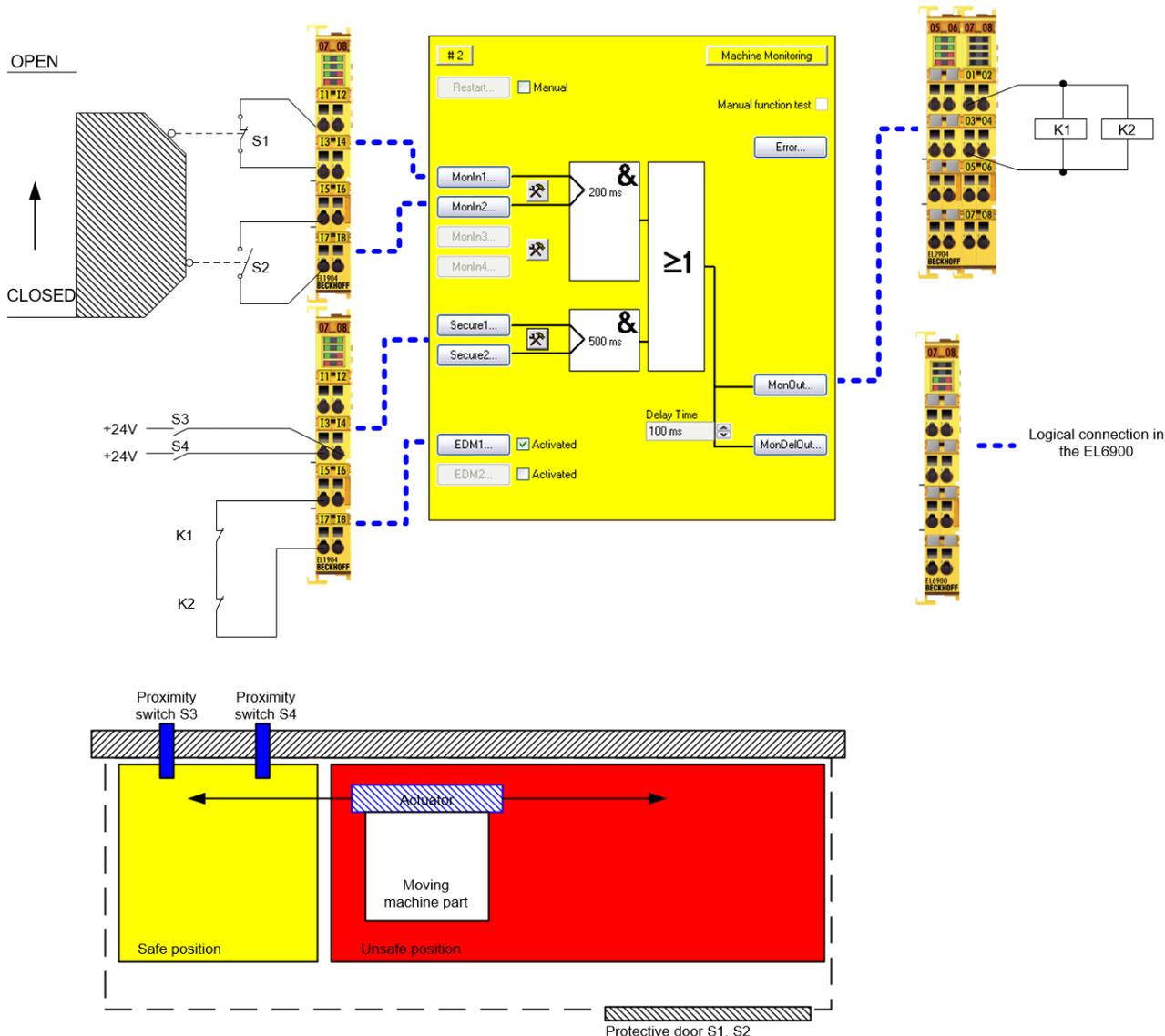
実用的に使いやすくするために、範囲の数は4つに制限されています。この表に示されている制限値の精度は5%です。

Category	B	1	2	2	3	3	4
DC MTTF _D	none	none	low	medium	low	medium	high
low	a	-	a	b	b	c	-
medium	b	-	b	c	c	d	-
high	-	c	c	d	d	d	e

2.10 エリア監視付き安全扉ファンクション (Cat. 4/PLe)

安全扉は、EL1904の安全入力でN.C. とN.O. 接点の組み合わせを使用します。入力のテストは有効で、信号は不一致時間に対してテストされます (200 ms)。フィードバックループは、安全入力によって読み込まれます。近接センサーS3とS4は安全入力に配線され、たとえば、危険な装置部品が安全位置にあることを検出し、装置が稼働しているときに安全扉を開くことができます。これらの入力の評価は無効化されているため、センサーからの24 V出力電圧をそのまま使用できます。

コンタクトK1とK2は安全出力に並列接続されます。この安全回路では、電流測定と安全出力のテストパルスによる評価も有効です。



2.10.1 安全入力と安全出力ターミナルのパラメータ

EL1904 (図の上の方のEL1904)

パラメータ	値
Sensor test channel 1 active(センサーテストチャンネル1有効化)	Yes(はい)
Sensor test channel 2 active(センサーテストチャンネル2有効化)	Yes(はい)
Sensor test channel 3 active(センサーテストチャンネル3有効化)	Yes(はい)
Sensor test channel 4 active(センサーテストチャンネル4有効化)	Yes(はい)
Logic channel 1 and 2	シングルロジック
Logic channel 3 and 4	シングルロジック

EL1904 (図の下の方のEL1904)

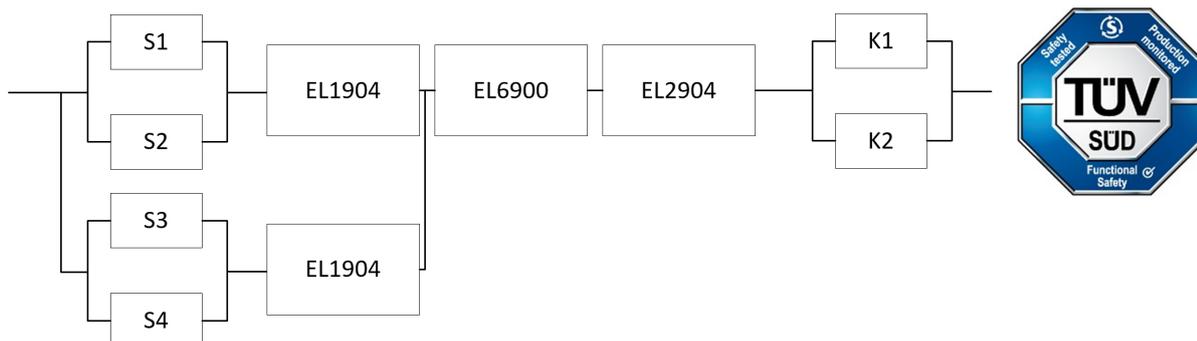
パラメータ	値
Sensor test channel 1 active(センサーテストチャンネル1有効化)	No(いいえ)
Sensor test channel 2 active(センサーテストチャンネル2有効化)	No(いいえ)
Sensor test channel 3 active(センサーテストチャンネル3有効化)	Yes(はい)
Sensor test channel 4 active(センサーテストチャンネル4有効化)	Yes(はい)
Logic channel 1 and 2	シングルロジック
Logic channel 3 and 4	シングルロジック

EL2904 (使用されているすべてのEL2904に適用)

パラメータ	値
Current measurement active(電流測定の有効化)	Yes(はい)
Output test pulses active(出力テストパルス有効化)	Yes(はい)

2.10.2 ブロック構造とセーフティループ

2.10.2.1 安全機能1



2.10.3 計算

2.10.3.1 PFHD / MTTFD / B10D - 値

コンポーネント	値
EL1904 - PFH _D	1.11E-09
EL2904 - PFH _D	1.25E-09
EL6900 - PFH _D	1.03E-09
S1 - B10 _D	1,000,000
S2 - B10 _D	2,000,000
S3 - B10 _D	20,000,000
S4 - B10 _D	20,000,000
K1 - B10 _D	1,300,000
K2 - B10 _D	1,300,000
1年あたりの平均運転日数 (d _{op})	230
1日あたりの平均運転時間 (h _{op})	16
1サイクルの平均時間間隔 (T _{cycle})	15 (時間当たり4回)
寿命 (T1)	20年 = 175200時間

2.10.3.2 診断範囲DC

コンポーネント	値
S1/S2 (テスト/妥当性チェック付き)	DC _{avg} =99%
S3/S4 (テスト付きテストなし/妥当性チェック付き)	DC _{avg} =90%
K1/K2 (テストおよびEDM付き)	DC _{avg} =99%

2.10.3.3 安全機能1の計算

B10_D値からPFH_DとMTTF_D値の計算

最初の式:

$$n_{op} = \frac{d_{op} * h_{op} * 60}{T_{zyklus}}$$

および:

$$MTTF_D = \frac{B10_D}{0,1 * n_{op}}$$

値を代入すると、この式は以下ようになります。

S1:

$$n_{op} = \frac{230 * 16 * 60}{15} = 14720$$

$$MTTF_D = \frac{1.000.000}{0,1 * 14720} = 679,3y = 5951087h$$

S2:

$$n_{op} = \frac{230 * 16 * 60}{15} = 14720$$

$$MTTF_D = \frac{2.000.000}{0,1 * 14720} = 1358,7y = 11902174h$$

S3:

$$n_{op} = \frac{230 * 16 * 60}{15} = 14720$$

$$MTTF_D = \frac{20.000.000}{0,1 * 14720} = 13586,9y = 119021739h$$

S4:

$$n_{op} = \frac{230 * 16 * 60}{15} = 14720$$

$$MTTF_D = \frac{20.000.000}{0,1 * 14720} = 13586,9y = 119021739h$$

K1/K2:

$$n_{op} = \frac{230 * 16 * 60}{15} = 14720$$

$$MTTF_D = \frac{1.300.000}{0,1 * 14720} = 883,2y = 7736413h$$

そして、S1、S2、S3、S4、K1、およびK2がそれぞれシングルチャンネルだと仮定すると、

$$MTTF_D = \frac{1}{\lambda_D}$$

以下の式になります。

$$PFH = \frac{0,1 * n_{op} * (1 - DC)}{B10_D} = \frac{1 - DC}{MTTF_D}$$

S1:

$$PFH = \frac{1 - 0,99}{679,3 * 8760} = 1,68E - 09$$

S2:

$$PFH = \frac{1 - 0,99}{1358,7 * 8760} = 8,4E - 10$$

S3/S4:

$$PFH = \frac{1 - 0,90}{13586,9 * 8760} = 8,4E - 10$$

K1/K2:

$$PFH = \frac{1 - 0,99}{883,2 * 8760} = 1,29E - 09$$

ここで次の仮定が想定されます。

ドアスイッチS1/S2は、常に反対方向に作動します。スイッチは異なる値を持っていますが、完全な安全柵スイッチはN. C. とN. O. 接点の組み合わせで構造され、2つのスイッチが機能する必要があるため、2つの値の下位の値になる（S1）が組み合わせとして採用されます。

近接センサーS3/S4は妥当性チェックのためにモニタ（時間的/論理的）され、EN 61508に準拠したタイプAシステム（エラー状態の下でその動作が完全に既知である簡単なコンポーネント）です。安全位置は、シフトごと一度駆動されます。

リレーK1とK2は、両方とも安全機能に接続されます。リレーが機能しなくても危険な状態にはなりません
が、フィードバックによって検出されます。さらに、K1とK2用のB10₀ 値は同一です。

2つのチャンネルによって接続されているコンポーネント間には結合係数があります。例として、これらの
コンポーネントの間には、温度、EMC、ピーク電圧、または信号があります。これは、β=10%の最悪ケース
の推定値と想定されます。EN 62061には、β-係数を正確に決定できる表があります。さらに、エラー(リレ
ー接点の過電流、制御盤の温度超過など)の原因で両方のチャンネルに同時に危険側故障が発生することを
防ぐために、すべての通常の対策が取られていると想定しています。

したがって、安全機能1のためのPFH₀値の計算は以下のようになります。

$$PFH_{ges} = \beta * \frac{PFH_{(S1/S2/EL1904)} + PFH_{(S3/S4/EL1904)}}{2} + (1-\beta)^2 * (PFH_{(S1/S2/EL1904)} * PFH_{(S3/S4/EL1904)}) * T1 + PFH_{(EL6900)} + PFH_{(EL2904)} \\ + \beta * \frac{PFH_{(K1)} + PFH_{(K2)}}{2} + (1-\beta)^2 * (PFH_{(K1)} * PFH_{(K2)}) * T1$$

$(1-\beta)^2 * (PFH_{(S1/S2/EL1904)} * PFH_{(S3/S4/EL1904)}) * T1$ と $(1-\beta)^2 * (PFH_{(K1)} * PFH_{(K2)}) * T1$ の部分は残りの部分よりも極めて
小さい(10乗分のみ)ため、この式では以降の計算を簡単にするために無視されます。

以下のようになります。

$$PFH_{(S1/S2/EL1904)} = \beta * \frac{PFH_{(S1)} + PFH_{(S2)}}{2} + PFH_{(EL1904)} = 10\% * \frac{1,68E-09 + 8,4E-10}{2} + 1,11E-09 = 1,24E-09$$

$$PFH_{(S3/S4/EL1904)} = \beta * \frac{PFH_{(S3)} + PFH_{(S4)}}{2} + PFH_{(EL1904)} = 10\% * \frac{8,4E-10 + 8,4E-10}{2} + 1,11E-09 = 1,19E-09$$

$$PFH_{ges} = 10\% * \frac{1,24E-09 + 1,19E-09}{2} + 1,03E-09 + 1,25E-09 + 10\% * \frac{1,29E-09 + 1,29E-09}{2} = 2,53E-09$$

安全機能1 (同様の仮定の下で)用のMTTF₀ 値の計算

$$\frac{1}{MTTF_{Dges}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{MTTF_{Dn}}$$

したがって、

$$\frac{1}{MTTF_{Dges}} = \frac{1}{MTTF_{D(S1)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL1904)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL6900)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL2904)}} + \frac{1}{MTTF_{D(K1)}}$$

ここで、

$$MTTF_{D(S1)} = \frac{B10_{D(S1)}}{0,1 * n_{op}}$$

$$MTTF_{D(S2)} = \frac{B10_{D(S2)}}{0,1 * n_{op}}$$

$$MTTF_{D(S3)} = \frac{B10_{D(S3)}}{0,1 * n_{op}}$$

$$MTTF_{D(S4)} = \frac{B10_{D(S4)}}{0,1 * n_{op}}$$

$$MTTF_{D(K1)} = \frac{B10_{D(K1)}}{0,1 * n_{op}}$$

PFH₀値のみがEL1904、EL2904およびEL6900に利用できる場合、次のようになります。

$$MTTF_{D(ELxxx)} = \frac{(1-DC_{(ELxxx)})}{PFH_{(ELxxx)}}$$

ここから、

$$MTTF_{D(EL1904)} = \frac{(1 - DC_{(EL1904)})}{PFH_{(EL1904)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,11E - 09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{9,72E - 06 \frac{1}{y}} = 1028,8y$$

$$MTTF_{D(EL6900)} = \frac{(1 - DC_{(EL6900)})}{PFH_{(EL6900)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,03E - 09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{9,02E - 06 \frac{1}{y}} = 1108,6y$$

$$MTTF_{D(EL2904)} = \frac{(1 - DC_{(EL2904)})}{PFH_{(EL2904)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,25E - 09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{1,1E - 05 \frac{1}{y}} = 913,2y$$

$$MTTF_{D_{ges}} = \frac{1}{\frac{1}{679,3y} + \frac{1}{1028,8y} + \frac{1}{1108,6y} + \frac{1}{913,2y} + \frac{1}{883,2y}} = 179,4y$$

$$DC_{avg} = \frac{\frac{99\%}{679,3y} + \frac{99\%}{1358,7y} + \frac{90\%}{13586,9y} + \frac{90\%}{13586,9y} + \frac{99\%}{1028,8y} + \frac{99\%}{1028,8y} + \frac{99\%}{1108,6y} + \frac{99\%}{913,2y} + \frac{99\%}{883,2y} + \frac{99\%}{883,2y}}{\frac{1}{679,3y} + \frac{1}{1358,7y} + \frac{1}{13586,9y} + \frac{1}{13586,9y} + \frac{1}{1028,8y} + \frac{1}{1028,8y} + \frac{1}{1108,6y} + \frac{1}{913,2y} + \frac{1}{883,2y} + \frac{1}{883,2y}} = 98,85\%$$

注記

カテゴリ

この構造では、最大でカテゴリ4までが可能です。センサーS3とS4の監視は、時間的に、論理的にプログラムする必要があります。

MTTF _D	
各チャンネルの名称	各チャンネルの範囲
low	3年 ≤ MTTF _D < 10年
medium	10年 ≤ MTTF _D < 30年
high	30年 ≤ MTTF _D ≤ 100年

DC	
名前	範囲
なし	DC < 60 %
low	60 % ≤ DC < 90 %
medium	90 % ≤ DC < 99 %
high	99 % ≤ DC

注記

診断範囲

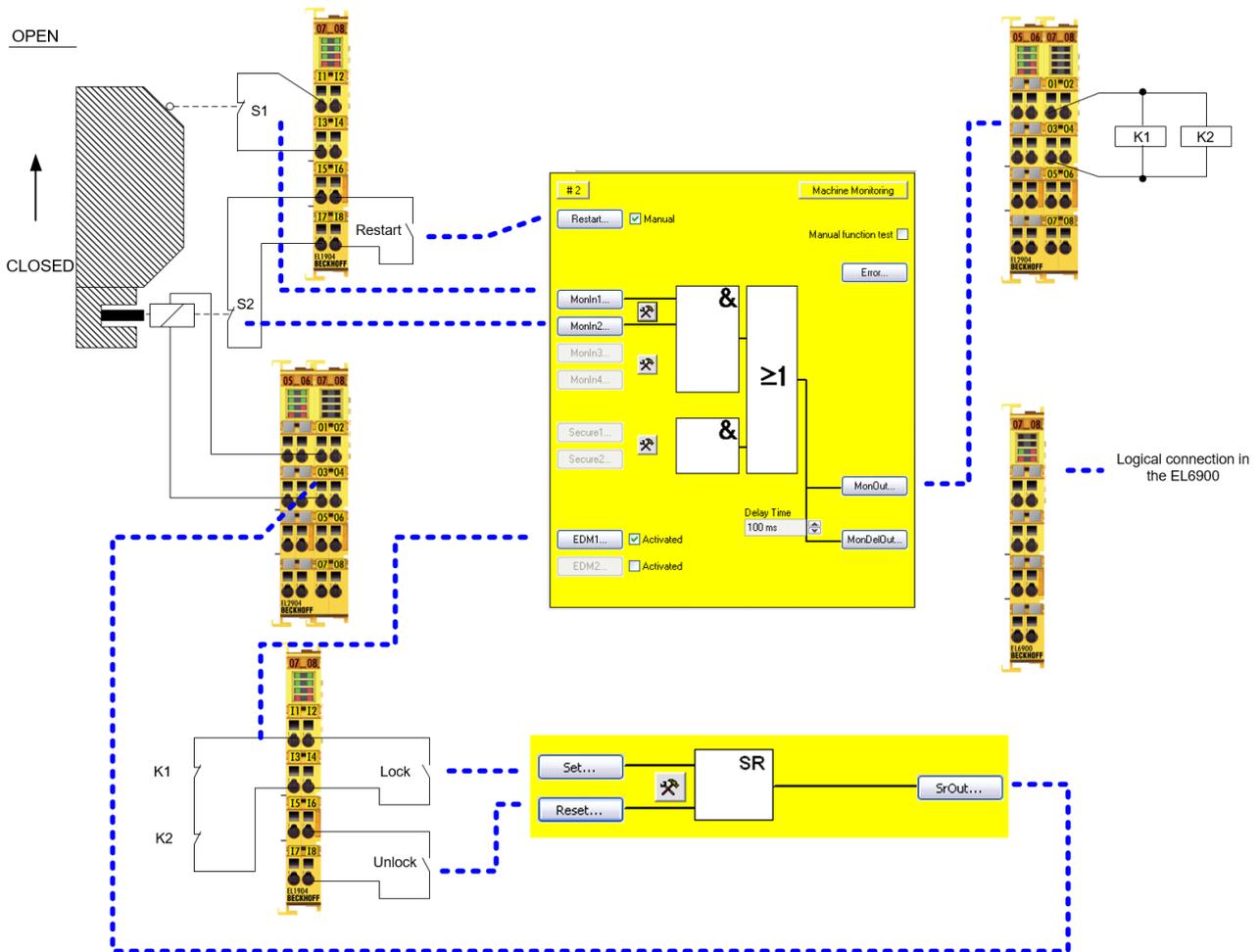
実用的に使いやすくするために、範囲の数は4つに制限されています。この表に示されている制限値の精度は5%です。

Category	B	1	2	2	3	3	4
DC / MTTF _D	none	none	low	medium	low	medium	high
low	a	-	a	b	b	c	-
medium	b	-	b	c	c	d	-
high	-	c	c	d	d	d	e

2.11 ソレノイドロック付き安全扉機能 (Cat. 4/PLe)

安全扉は、S1「ドア閉」とS2「ドア閉およびロック」の2つの接点を持っていて、EL1904の安全入力に配線されます。センサーテストによる評価は有効です。この不一致時間に対して信号確認を行うことができません。リセット信号とフィードバック信号は安全入力によって読み込まれます。センサーテストによる評価は、ここでも有効です。コンタクタK1とK2は安全出力に並列接続されます。この安全回路では、電流測定と安全出力のテストパルスによる評価も有効です。

ソレノイドロックは、センサーテストが有効な2つの安全入力によって切り替えられます。ソレノイドロックは、電流測定と安全出力のテストパルスによる評価も有効です。



2.11.1 安全入力と安全出力ターミナルのパラメータ

EL1904 (使用するすべてのEL1904に適用)

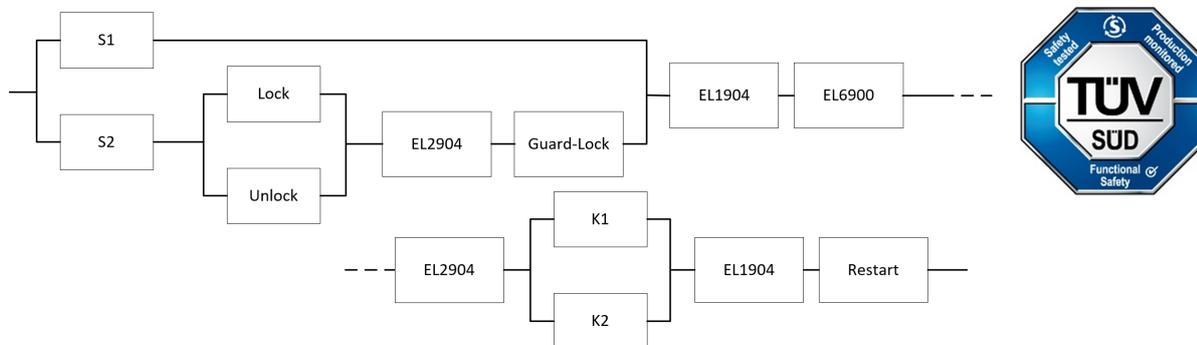
パラメータ	値
Sensor test channel 1 active(センサーテストチャンネル1有効化)	Yes(はい)
Sensor test channel 2 active(センサーテストチャンネル2有効化)	Yes(はい)
Sensor test channel 3 active(センサーテストチャンネル3有効化)	Yes(はい)
Sensor test channel 4 active(センサーテストチャンネル4有効化)	Yes(はい)
Logic channel 1 and 2	シングルロジック
Logic channel 3 and 4	シングルロジック

EL2904 (使用されているすべてのEL2904に適用)

パラメータ	値
Current measurement active(電流測定の有効化)	Yes(はい)
Output test pulses active(出力テストパルス有効化)	Yes(はい)

2.11.2 ブロック構造とセーフティループ

2.11.2.1 安全機能1



2.11.3 計算

2.11.3.1 PFHD / MTTFD / B10D - 値

コンポーネント	値
EL1904 - PFH _D	1.11E-09
EL2904 - PFH _D	1.25E-09
EL6900 - PFH _D	1.03E-09
S1 - B10 _D	2,000,000
S2 - B10 _D	2,000,000
再起動 - B10 _D	10,000,000
ロック - B10 _D	100,000
ロック解除 - B10 _D	100,000
K1 - B10 _D	1,300,000
K2 - B10 _D	1,300,000
ソレノイドロック (ガードロック) - B10 _D	2,000,000
1年あたりの平均運転日数 (d _{op})	230
1日あたりの平均運転時間 (h _{op})	16
1サイクルの平均時間間隔 (T _{cycle})	15 (時間当たり4回)
寿命 (T1)	20年 = 175200時間

2.11.3.2 診断範囲DC

コンポーネント	値
S1 (テスト付き)	DC _{avg} =90%
S2 (テストおよび予測付き)	DC _{avg} =99%
ロック/ロック解除(テスト/妥当性チェック付き)	DC _{avg} =99%
再起動	DC _{avg} =99%
K1/K2 (テストおよびEDM付き)	DC _{avg} =99%
ソレノイドロック	DC _{avg} =99%

2.11.3.3 安全機能1の計算

B10_D値からPFH_DとMTTF_D 値の計算

最初の式:

$$n_{op} = \frac{d_{op} * h_{op} * 60}{T_{zyklus}}$$

および:

$$MTTF_D = \frac{B10_D}{0,1 * n_{op}}$$

値を代入すると、この式は以下ようになります。

S1:

$$n_{op} = \frac{230 * 16 * 60}{15} = 14720$$

$$MTTF_D = \frac{2.000.000}{0,1 * 14720} = 1358,7y = 11902174h$$

S2:

$$n_{op} = \frac{230 * 16 * 60}{15} = 14720$$

$$MTTF_D = \frac{2.000.000}{0,1 * 14720} = 1358,7y = 11902174h$$

ロック/ロック解除:

$$n_{op} = \frac{230 * 16 * 60}{15} = 14720$$

$$MTTF_D = \frac{100.000}{0,1 * 14720} = 67,9y = 595108h$$

K1/K2:

$$n_{op} = \frac{230 * 16 * 60}{15} = 14720$$

$$MTTF_D = \frac{1.300.000}{0,1 * 14720} = 883,2y = 7736413h$$

再起動

$$n_{op} = \frac{230 * 16 * 60}{15} = 14720$$

$$MTTF_D = \frac{10.000.000}{0,1 * 14720} = 6793,5y = 59511060h$$

ソレノイドロック:

$$n_{op} = \frac{230 * 16 * 60}{15} = 14720$$

$$MTTF_D = \frac{2.000.000}{0,1 * 14720} = 1358,7y = 11902174h$$

そして、S1、S2、S3、S4、K1、K2、およびソレノイドロックがそれぞれシングルチャンネルだと仮定すると、

$$MTTF_D = \frac{1}{\lambda_D}$$

以下の式になります。

$$PFH = \frac{0,1 * n_{op} * (1 - DC)}{B10_D} = \frac{1 - DC}{MTTF_D}$$

S1:

$$PFH = \frac{1 - 0,90}{1358,7 * 8760} = 8,40E - 09$$

S2:

$$PFH = \frac{1 - 0,99}{1358,7 * 8760} = 8,4E - 10$$

ロック/ロック解除:

$$PFH = \frac{1 - 0,99}{67,9 * 8760} = 1,68E - 08$$

再起動

$$PFH = \frac{1 - 0,90}{6793,5 * 8760} = 1,68E - 09$$

K1/K2:

$$PFH = \frac{1 - 0,99}{883,2 * 8760} = 1,29E - 09$$

ソレノイドロック:

$$PFH = \frac{1 - 0,99}{1358,7 * 8760} = 8,4E - 10$$

ここで次の仮定が想定されます。

ドアスイッチS1/S2は、両方とも作動する必要があります。スイッチは異なる値を持っていますが、完全な安全柵スイッチはN. C. とN. O. 接点の組み合わせで構成され、2つのスイッチが機能する必要があるため、2つの値の下位の値になる (S1) が組み合わせとして採用されます。

リレーK1とK2は、両方とも安全機能に接続されます。リレーが機能しなくても危険な状態にはなりません、フィードバックによって検出されます。さらに、K1とK2用のB10₀ 値は同一です。

ソレノイドロックは、カップリングが分離できないような仕組みでスイッチS2に機械的に接続されています。

再起動は、ドアが閉じたときのみ信号変化が有効になるようにモニタされています。

2つのチャンネルによって接続されているコンポーネント間には結合係数があります。例として、これらのコンポーネントの間には、温度、EMC、ピーク電圧、または信号があります。これは、β=10%の最悪ケースの推定値と想定されます。EN 62061には、β-係数を正確に決定できる表があります。さらに、エラー(リレー接点の過電流、制御盤の温度超過など)の原因で両方のチャンネルに同時に危険側故障が発生することを防ぐために、すべての通常の対策が取られていると想定しています。

したがって、安全機能1のためのPFH₀値の計算は以下のようになります。

$$PFH_{ges} = \beta * \frac{PFH_{(S2/ Lock / Unlock / EL2904 / GuardLock)} + PFH_{(S1)}}{2} + (1 - \beta)^2 * (PFH_{(S2/ Lock / Unlock / EL2904 / GuardLock)} * PFH_{(S1)}) * T1 + PFH_{(EL1904)} \\ + PFH_{(EL6900)} + PFH_{(EL2904)} + \beta * \frac{PFH_{(K1)} + PFH_{(K2)}}{2} + (1 - \beta)^2 * (PFH_{(K1)} * PFH_{(K2)}) * T1 + PFH_{(EL1904)} + PFH_{(Restart)}$$

$(1 - \beta)^2 * (PFH_{(x)} * PFH_{(y)}) * T1$ の部分は残りの部分よりも極めて小さい(10乗分のみ)ため、この式では以降の計算を簡単にするために無視されます。

以下のようになります。

$$PFH_{(S2/ Lock / Unlock / EL2904 / GuardLock)} = PFH_{(S2)} + \beta * \frac{PFH_{(Lock)} + PFH_{(Unlock)}}{2} + PFH_{(EL2904)} + PFH_{(GuardLock)} \\ = 8,4E - 10 + 10\% * \frac{1,68E - 08 + 1,68E - 08}{2} + 1,25E - 09 + 8,4E - 10 = 4,61E - 09$$

$$PFH_{ges} = 10\% * \frac{4,61E - 09 + 8,4E - 09}{2} + 1,11E - 09 + 1,03E - 09 + 1,25E - 09 \\ + 10\% * \frac{1,29E - 09 + 1,29E - 09}{2} + 1,11E - 09 + 1,68E - 09 \\ = 6,96E - 09$$

安全機能1 (同様の仮定の下で)用のMTTF₀ 値の計算

$$\frac{1}{MTTF_{Dges}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{MTTF_{Dn}}$$

したがって、

$$\frac{1}{MTTF_{Dges}} = \frac{1}{MTTF_{D(S2/Lock/Unlock/EL2904/GuardLock)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL1904)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL6900)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL2904)}} + \frac{1}{MTTF_{D(K1)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL1904)}} + \frac{1}{MTTF_{D(Restart)}}$$

ここで、

$$MTTF_{D(S1)} = \frac{B10_{D(S1)}}{0,1 * n_{op}}$$

$$MTTF_{D(S2)} = \frac{B10_{D(S2)}}{0,1 * n_{op}}$$

$$MTTF_{D(Lock)} = \frac{B10_{D(Lock)}}{0,1 * n_{op}}$$

$$MTTF_{D(Unlock)} = \frac{B10_{D(Unlock)}}{0,1 * n_{op}}$$

$$MTTF_{D(GuardLock)} = \frac{B10_{D(GuardLock)}}{0,1 * n_{op}}$$

$$MTTF_{D(K1)} = \frac{B10_{D(K1)}}{0,1 * n_{op}}$$

PFH₀値のみがEL1904、EL2904およびEL6900に利用できる場合、次のようになります。

$$MTTF_{D(ELxxx)} = \frac{(1 - DC_{(ELxxx)})}{PFH_{(ELxxx)}}$$

ここから、

$$MTTF_{D(EL1904)} = \frac{(1 - DC_{(EL1904)})}{PFH_{(EL1904)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,11E - 09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{9,72E - 06 \frac{1}{y}} = 1028,8y$$

$$MTTF_{D(EL6900)} = \frac{(1 - DC_{(EL6900)})}{PFH_{(EL6900)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,03E - 09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{9,02E - 06 \frac{1}{y}} = 1108,6y$$

$$MTTF_{D(EL2904)} = \frac{(1 - DC_{(EL2904)})}{PFH_{(EL2904)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,25E - 09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{1,1E - 05 \frac{1}{y}} = 913,2y$$

$$MTTF_{D(S2/Lock/Unlock/EL2904/GuardLock)} = \frac{1}{\frac{1}{MTTF_{D(S2)}} + \frac{1}{MTTF_{D(Lock)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL2904)}} + \frac{1}{MTTF_{D(GuardLock)}}}$$

$$= \frac{1}{\frac{1}{1358,7y} + \frac{1}{67,9y} + \frac{1}{913,2y} + \frac{1}{1358,7y}} = 57,82y$$

$$MTTF_{Dges} = \frac{1}{\frac{1}{57,82y} + \frac{1}{1028,8y} + \frac{1}{1108,6y} + \frac{1}{913,2y} + \frac{1}{883,2y} + \frac{1}{1028,8y} + \frac{1}{6793,5y}} = 44,41y$$

$$DC_{avg} = \frac{\frac{99\%}{57,82y} + \frac{99\%}{1358,7y} + \frac{99\%}{67,9y} + \frac{99\%}{67,9y} + \frac{99\%}{913,2y} + \frac{99\%}{1358,7y} + \frac{99\%}{1028,8y} + \frac{99\%}{1108,6y} + \frac{99\%}{913,2y} + \frac{99\%}{883,2y} + \frac{99\%}{883,2y} + \frac{99\%}{1028,8y} + \frac{90\%}{6793,5y}}{\frac{1}{57,82y} + \frac{1}{1358,7y} + \frac{1}{67,9y} + \frac{1}{67,9y} + \frac{1}{913,2y} + \frac{1}{1358,7y} + \frac{1}{1028,8y} + \frac{1}{1108,6y} + \frac{1}{913,2y} + \frac{1}{883,2y} + \frac{1}{883,2y} + \frac{1}{1028,8y} + \frac{1}{6793,5y}} = 98,98\%$$

注記

カテゴリ

この構造では、最大でカテゴリ4までが可能です。

MTTF _D	
各チャンネルの名称	各チャンネルの範囲
low	3年 ≤ MTTF _D < 10年
medium	10年 ≤ MTTF _D < 30年
high	30年 ≤ MTTF _D ≤ 100年

DC	
名前	範囲
なし	DC < 60 %
low	60 % ≤ DC < 90 %
medium	90 % ≤ DC < 99 %
high	99 % ≤ DC

注記

診断範囲

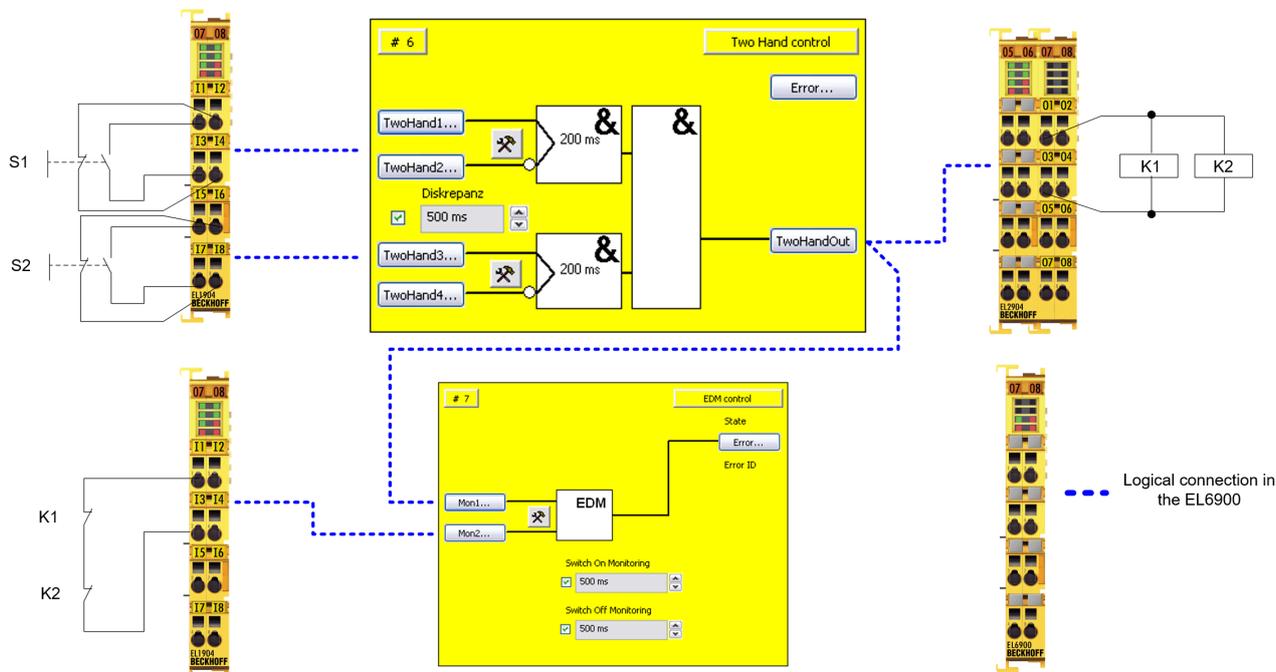
実用的に使いやすくするために、範囲の数は4つに制限されています。この表に示されている制限値の精度は5%です。

Category	B	1	2	2	3	3	4
DC MTTF _D	none	none	low	medium	low	medium	high
low	a	-	a	b	b	c	-
medium	b	-	b	c	c	d	-
high	-	c	c	d	d	d	e

2.12 両手押しボタン操作 (Cat. 4/PLe)

両手押しボタンは、各ボタンがEL1904の安全入力にN. C. とN. O. 接点の組み合わせで構造されます。入力のテストは有効で、信号は不一致時間に対してテストされます(200 ms)。さらに、2つのボタンの同期作動は、500 msの監視時間で有効になっています。

フィードバックループは、安全入力によって読み込まれます。コンタクタK1とK2は安全出力に並列接続されます。この安全回路では、電流測定と安全出力のテストパルスによる評価も有効です。



2.12.1 安全入力と安全出力ターミナルのパラメータ

EL1904 (使用するすべてのEL1904に適用)

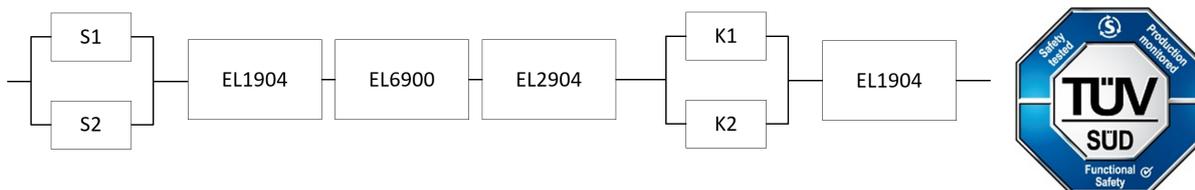
パラメータ	値
Sensor test channel 1 active(センサーテストチャンネル1有効化)	Yes (はい)
Sensor test channel 2 active(センサーテストチャンネル2有効化)	Yes (はい)
Sensor test channel 3 active(センサーテストチャンネル3有効化)	Yes (はい)
Sensor test channel 4 active(センサーテストチャンネル4有効化)	Yes (はい)
Logic channel 1 and 2	シングルロジック
Logic channel 3 and 4	シングルロジック

EL2904

パラメータ	値
Current measurement active(電流測定の有効化)	Yes (はい)
Output test pulses active(出力テストパルス有効化)	Yes (はい)

2.12.2 ブロック構造とセーフティループ

2.12.2.1 安全機能1



2.12.3 計算

2.12.3.1 PFHD / MTTFD / B10D - 値

コンポーネント	値
EL1904 - PFH _D	1.11E-09
EL2904 - PFH _D	1.25E-09
EL6900 - PFH _D	1.03E-09
S1 - B10 _D	20,000,000
S2 - B10 _D	20,000,000
K1 - B10 _D	1,300,000
K2 - B10 _D	1,300,000
1年あたりの平均運転日数 (d _{op})	230
1日あたりの平均運転時間 (h _{op})	16
1サイクルの平均時間間隔 (T _{cycle})	1 (分当たり1回)
寿命 (T1)	20年 = 175200時間

2.12.3.2 診断範囲DC

コンポーネント	値
S1/S2 (テスト/妥当性チェック付き)	DC _{avg} =99%
K1/K2 (テストおよびEDM付き)	DC _{avg} =99%

2.12.3.3 安全機能1の計算

B10_D値からPFH_DとMTTF_D値の計算

最初の式:

$$n_{op} = \frac{d_{op} * h_{op} * 60}{T_{Zyklus}}$$

および:

$$MTTF_D = \frac{B10_D}{0,1 * n_{op}}$$

値を代入すると、この式は以下ようになります。

S1/S2:

$$n_{op} = \frac{230 * 16 * 60}{1} = 220.800$$

$$MTTF_D = \frac{20.000.000}{0,1 * 220.800} = 905,8y = 7.934.783h$$

K1/K2:

$$n_{op} = \frac{230 * 16 * 60}{1} = 220.800$$

$$MTTF_D = \frac{1.300.000}{0,1 * 220.800} = 58,9y = 515.760h$$

そして、S1、S2、K1、およびK2がそれぞれシングルチャンネルだと仮定すると、

$$MTTF_D = \frac{1}{\lambda_D}$$

以下の式になります。

$$PFH = \frac{0,1 * n_{op} * (1 - DC)}{B10_D} = \frac{1 - DC}{MTTF_D}$$

S1/S2:

$$PFH = \frac{1 - 0,99}{905,8y * 8760} = 1,26E - 09$$

K1/K2:

$$PFH = \frac{1 - 0,99}{58,9y * 8760} = 1,94E - 08$$

ここで次の仮定が想定されます。

リレーK1とK2は、両方とも安全機能に接続されます。リレーが機能しなくても危険な状態にはなりません
が、フィードバックによって検出されます。さらに、K1とK2用のB10₀ 値は同一です。

2つのチャンネルによって接続されているコンポーネント間には結合係数があります。例として、これらの
コンポーネントの間には、温度、EMC、ピーク電圧、または信号があります。これは、β=10%の最悪ケース
の推定値と想定されます。EN 62061には、β-係数を正確に決定できる表があります。さらに、エラー(リレ
ー接点の過電流、制御盤の温度超過など)の原因で両方のチャンネルに同時に危険側故障が発生することを
防ぐために、すべての通常の対策が取られていると想定しています。

したがって、安全機能1のためのPFH₀値の計算は以下のようになります。

$$PFH_{ges} = \beta * \frac{PFH_{(S1)} + PFH_{(S2)}}{2} + (1 - \beta)^2 * (PFH_{(S1)} * PFH_{(S2)}) * T1 + PFH_{(EL1904)} + PFH_{(EL6900)}$$

$$+ PFH_{(EL2904)} + \beta * \frac{PFH_{(K1)} + PFH_{(K2)}}{2} + (1 - \beta)^2 * (PFH_{(K1)} * PFH_{(K2)}) * T1 + PFH_{(EL1904)}$$

$(1 - \beta)^2 * (PFH_{(S1)} * PFH_{(S2)}) * T1$ と $(1 - \beta)^2 * (PFH_{(K1)} * PFH_{(K2)}) * T1$ の部分は残りの部分よりも極めて小さい(10乗
分のみ)ため、この式では以降の計算を簡単にするために無視されます。

以下のようになります。

$$PFH_{ges} = 10\% * \frac{1,26E - 09 + 1,26E - 09}{2} + 1,11E - 09 + 1,03E - 09 + 1,25E - 09 + 10\% * \frac{1,94E - 08 + 1,94E - 08}{2} + 1,11E - 09$$

$$= 6,56E - 09$$

安全機能1 (同様の仮定の下で)用のMTTF₀ 値の計算

$$\frac{1}{MTTF_{Dges}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{MTTF_{Dn}}$$

したがって、

$$\frac{1}{MTTF_{Dges}} = \frac{1}{MTTF_{D(S1)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL1904)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL6900)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL2904)}} + \frac{1}{MTTF_{D(K1)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL1904)}}$$

ここで、

$$MTTF_{D(S1)} = \frac{B10_{D(S1)}}{0,1 * n_{op}}$$

$$MTTF_{D(S2)} = \frac{B10_{D(S2)}}{0,1 * n_{op}}$$

$$MTTF_{D(K1)} = \frac{B10_{D(K1)}}{0,1 * n_{op}}$$

PFH_b値のみがEL1904、EL2904およびEL6900に利用できる場合、次のようになります。

$$MTTF_{D(ELxxx)} = \frac{(1 - DC_{(ELxxx)})}{PFH_{(ELxxx)}}$$

ここから、

$$MTTF_{D(EL1904)} = \frac{(1 - DC_{(EL1904)})}{PFH_{(EL1904)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,11E - 09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{9,72E - 06 \frac{1}{y}} = 1028,8y$$

$$MTTF_{D(EL6900)} = \frac{(1 - DC_{(EL6900)})}{PFH_{(EL6900)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,03E - 09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{9,02E - 06 \frac{1}{y}} = 1108,6y$$

$$MTTF_{D(EL2904)} = \frac{(1 - DC_{(EL2904)})}{PFH_{(EL2904)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,25E - 09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{1,1E - 05 \frac{1}{y}} = 913,2y$$

$$MTTF_{Dges} = \frac{1}{\frac{1}{905,8y} + \frac{1}{1028,8y} + \frac{1}{1108,6y} + \frac{1}{913,2y} + \frac{1}{58,9y} + \frac{1}{1028,8y}} = 45,4y$$

$$DC_{avg} = \frac{\frac{99\%}{905,8y} + \frac{99\%}{905,8y} + \frac{99\%}{1028,8y} + \frac{99\%}{1108,6y} + \frac{99\%}{913,2y} + \frac{99\%}{58,9y} + \frac{99\%}{58,9y} + \frac{99\%}{1028,8y}}{\frac{1}{905,8y} + \frac{1}{905,8y} + \frac{1}{1028,8y} + \frac{1}{1108,6y} + \frac{1}{913,2y} + \frac{1}{58,9y} + \frac{1}{58,9y} + \frac{1}{1028,8y}} = 99,0\%$$

注記

カテゴリ

この構造では、最大でカテゴリ4までが可能です。

MTTF _D	
各チャンネルの名称	各チャンネルの範囲
low	3年 ≤ MTTF _D < 10年
medium	10年 ≤ MTTF _D < 30年
high	30年 ≤ MTTF _D ≤ 100年

DC	
名前	範囲
なし	DC < 60 %
low	60 % ≤ DC < 90 %
medium	90 % ≤ DC < 99 %
high	99 % ≤ DC

注記

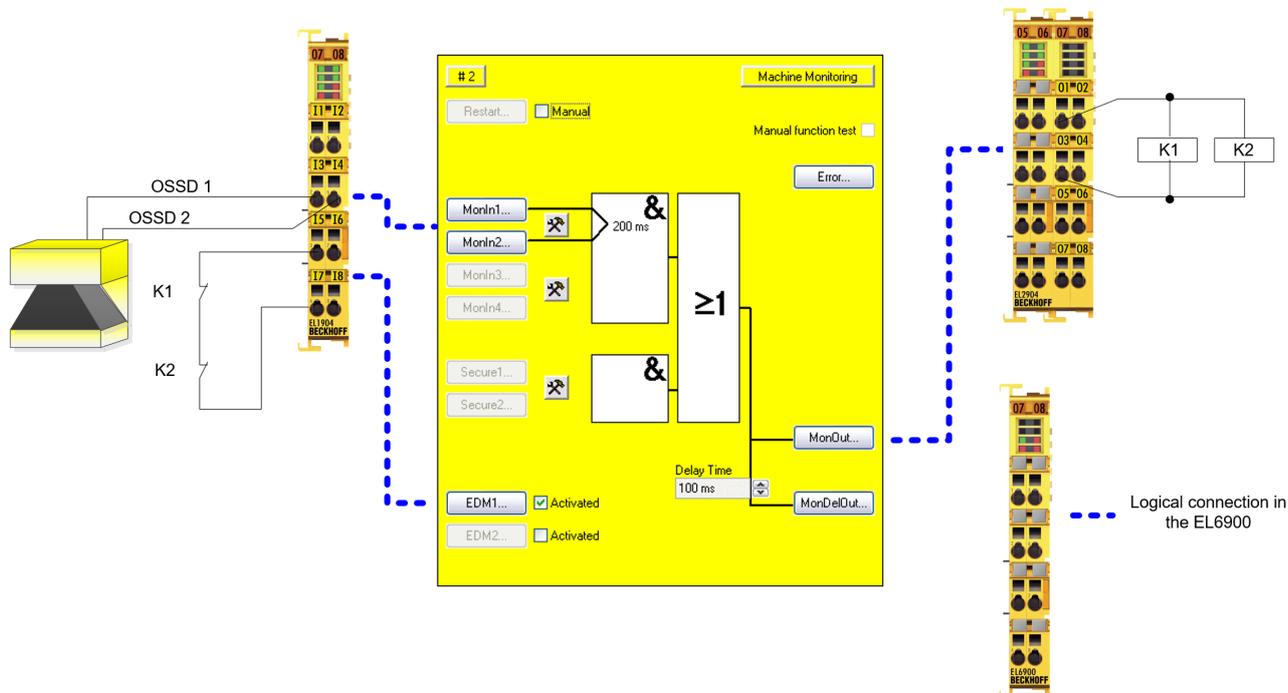
診断範囲

実用的に使いやすくするために、範囲の数は4つに制限されています。この表に示されている制限値の精度は5%です。

Category	B	1	2	2	3	3	4
DC / MTTF _D	none	none	low	medium	low	medium	high
low	a	-	a	b	b	c	-
medium	b	-	b	c	c	d	-
high	-	c	c	d	d	d	e

2.13 レーザスキャナ (Cat. 3/PLd)

レーザスキャナには、2点のOSSD出力（出力信号開閉装置）があり、EL1904の安全入力に配線されています。OSSD出力側で自身の故障検知を行うため、入力側での評価は不要です。さらに、信号は不一致時間に対して評価はされます(200 ms)。フィードバックループは、安全入力によって読み込まれます。テストはこの入力に対して有効です。コンタクタK1とK2は安全出力に並列接続されます。この安全回路では、電流測定と安全出力のテストパルスによる評価も有効です。



2.13.1 安全入力と安全出力ターミナルのパラメータ

EL1904（使用するすべてのEL1904に適用）

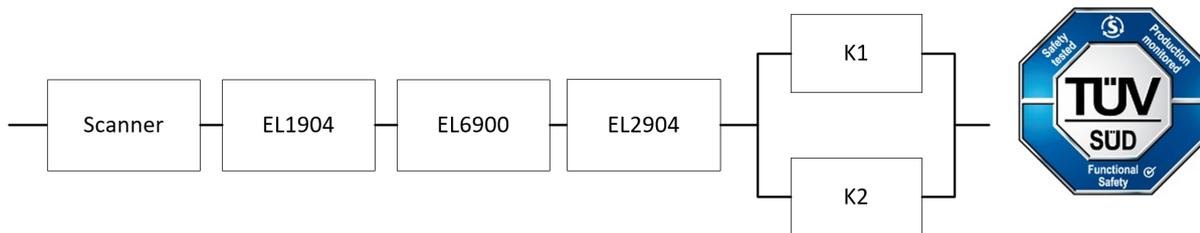
パラメータ	値
Sensor test channel 1 active(センサーテストチャンネル1有効化)	No(いいえ)
Sensor test channel 2 active(センサーテストチャンネル2有効化)	No(いいえ)
Sensor test channel 3 active(センサーテストチャンネル3有効化)	Yes(はい)
Sensor test channel 4 active(センサーテストチャンネル4有効化)	Yes(はい)
Logic channel 1 and 2	パルスのOSSD任意タイプ
Logic channel 3 and 4	シングルロジック

EL2904

パラメータ	値
Current measurement active(電流測定の有効化)	Yes(はい)
Output test pulses active(出力テストパルス有効化)	Yes(はい)

2.13.2 ブロック構造とセーフティループ

2.13.2.1 安全機能1



2.13.3 計算

2.13.3.1 PFHD / MTTFD / B10D - 値

コンポーネント	値
EL1904 - PFH ₀	1.11E-09
EL2904 - PFH ₀	1.25E-09
EL6900 - PFH ₀	1.03E-09
レーザスキャナ - PFH ₀	7.67E-08
K1 - B10 _D	1,300,000
K2 - B10 _D	1,300,000
1年あたりの平均運転日数 (d _{op})	230
1日あたりの平均運転時間 (h _{op})	16
1サイクルの平均時間間隔 (T _{cycle})	10 (時間当たり6回)
寿命 (T1)	20年 = 175200時間

2.13.3.2 診断範囲DC

コンポーネント	値
OSSD1/2 (テスト(スキャナによる) / 妥当性チェック付き)	DC _{avg} =90%
K1/K2 (テストおよびEDM付き)	DC _{avg} =99%

2.13.3.3 安全機能1の計算

B10_D値からPFH₀とMTTF₀ 値の計算

最初の式:

$$n_{op} = \frac{d_{op} * h_{op} * 60}{T_{Zyklus}}$$

および:

$$MTTF_D = \frac{B10_D}{0,1 * n_{op}}$$

値を代入すると、この式は以下ようになります。

K1/K2:

$$n_{op} = \frac{230 * 16 * 60}{10} = 22.080$$

$$MTTF_D = \frac{1.300.000}{0,1 * 22.080} = 588,7y = 5.157.012h$$

そして、K1およびK2がそれぞれシングルチャンネルだと仮定すると、

$$MTTF_D = \frac{1}{\lambda_D}$$

以下の式になります。

$$PFH = \frac{0,1 * n_{op} * (1 - DC)}{B10_D} = \frac{1 - DC}{MTTF_D}$$

K1/K2:

$$PFH = \frac{1 - 0,99}{588,7y * 8760} = 1,94E - 09$$

ここで次の仮定が想定されます。

リレーK1とK2は、両方とも安全機能に接続されます。リレーが機能しなくても危険な状態にはなりません、フィードバックによって検出されます。さらに、K1とK2用のB10₀値は同一です。

2つのチャンネルによって接続されているコンポーネント間には結合係数があります。例として、これらのコンポーネントの間には、温度、EMC、ピーク電圧、または信号があります。これは、β=10%の最悪ケースの推定値と想定されます。EN 62061には、β-係数を正確に決定できる表があります。さらに、エラー(リレー接点の過電流、制御盤の温度超過など)の原因で両方のチャンネルに同時に危険側故障が発生することを防ぐために、すべての通常の対策が取られていると想定しています。

したがって、安全機能1のためのPFH₀値の計算は以下のようになります。

$$PFH_{ges} = PFH_{(Scanner)} + PFH_{(EL1904)} + PFH_{(EL6900)} + PFH_{(EL2904)} + \beta * \frac{PFH_{(K1)} + PFH_{(K2)}}{2} + (1 - \beta)^2 * (PFH_{(K1)} * PFH_{(K2)}) * T1$$

$(1 - \beta)^2 * (PFH_{(K1)} * PFH_{(K2)}) * T1$ の部分は残りの部分よりも極めて小さい(10乗分のみ)ため、この式では以降の計算を簡単にするために無視されます。

以下のようになります。

$$PFH_{ges} = 7,67E - 08 + 1,11E - 09 + 1,03E - 09 + 1,25E - 09 + 10\% * \frac{1,94E - 09 + 1,94E - 09}{2} \\ = 8,03E - 08$$

安全機能1 (同様の仮定の下で)用のMTTF₀ 値の計算

$$\frac{1}{MTTF_{Dges}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{MTTF_{Dn}}$$

したがって、

$$\frac{1}{MTTF_{Dges}} = \frac{1}{MTTF_{D(Scanner)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL1904)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL6900)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL2904)}} + \frac{1}{MTTF_{D(K1)}}$$

ここで、

$$MTTF_{D(K1)} = \frac{B10_{D(K1)}}{0,1 * n_{op}}$$

PFH₀値のみがEL1904、EL2904およびEL6900に利用できる場合、次のようになります。

$$MTTF_{D(ELxxx)} = \frac{(1 - DC_{(ELxxx)})}{PFH_{(ELxxx)}}$$

ここから、

$$MTTF_{D(EL1904)} = \frac{(1 - DC_{(EL1904)})}{PFH_{(EL1904)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,11E - 09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{9,72E - 06 \frac{1}{y}} = 1028,8y$$

$$MTTF_{D(EL6900)} = \frac{(1 - DC_{(EL6900)})}{PFH_{(EL6900)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,03E - 09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{9,02E - 06 \frac{1}{y}} = 1108,6y$$

$$MTTF_{D(EL2904)} = \frac{(1 - DC_{(EL2904)})}{PFH_{(EL2904)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,25E - 09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{1,1E - 05 \frac{1}{y}} = 913,2y$$

$$MTTF_{D(Scanner)} = \frac{(1 - DC_{(Scanner)})}{PFH_{(Scanner)}} = \frac{(1 - 0,90)}{7,67E - 08 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,1}{6,72E - 04 \frac{1}{y}} = 148,8y$$

$$MTTF_{Dges} = \frac{1}{\frac{1}{148,8y} + \frac{1}{1028,8y} + \frac{1}{1108,6y} + \frac{1}{913,2y} + \frac{1}{588,7y}} = 87,8y$$

$$DC_{avg} = \frac{\frac{90\%}{148,8y} + \frac{99\%}{1028,8y} + \frac{99\%}{1108,6y} + \frac{99\%}{913,2y} + \frac{99\%}{588,7y} + \frac{99\%}{588,7y}}{\frac{1}{148,8y} + \frac{1}{1028,8y} + \frac{1}{1108,6y} + \frac{1}{913,2y} + \frac{1}{588,7y} + \frac{1}{588,7y}} = 94,38\%$$

注記

カテゴリ

タイプ3 (Cat. 3) のレーザスキャナを使用しているため、この構造では、最大でカテゴリ3までが可能です。

MTTF_D

各チャンネルの名称	各チャンネルの範囲
low	3年 ≤ MTTF _D < 10年
medium	10年 ≤ MTTF _D < 30年
high	30年 ≤ MTTF _D ≤ 100年

DC

名前	範囲
なし	DC < 60 %
low	60 % ≤ DC < 90 %
medium	90 % ≤ DC < 99 %
high	99 % ≤ DC

注記

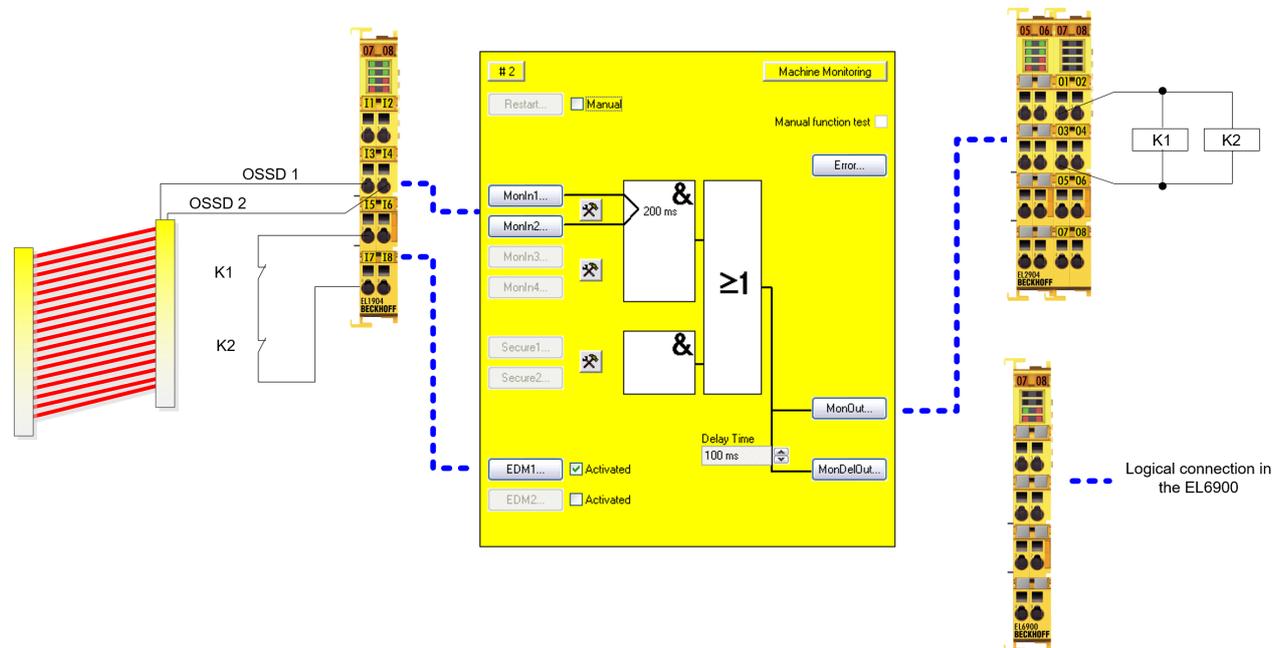
診断範囲

実用的に使いやすくするために、範囲の数は4つに制限されています。この表に示されている制限値の精度は5%です。

Category	B	1	2	2	3	3	4
DC / MTTF _D	none	none	low	medium	low	medium	high
low	a	-	a	b	b	c	-
medium	b	-	b	c	c	d	-
high	-	c	c	d	d	d	e

2.14 セーフティライトカーテン (Cat. 4/PLe)

セーフティライトカーテンには、2つのOSSD出力（出力信号開閉装置）があり、EL1904の安全入力に配線されています。OSSD出力側で自身の故障検知を行うため、入力側での評価は不要です。さらに、信号は不一致時間に対して確認します (200 ms)。フィードバックループは、安全入力によって読み込まれます。テストはこの入力に対して有効です。コンタクトK1とK2は安全出力に並列接続されます。この安全回路では、電流測定と安全出力のテストパルスによる評価も有効です。



2.14.1 安全入力と安全出力ターミナルのパラメータ

EL1904

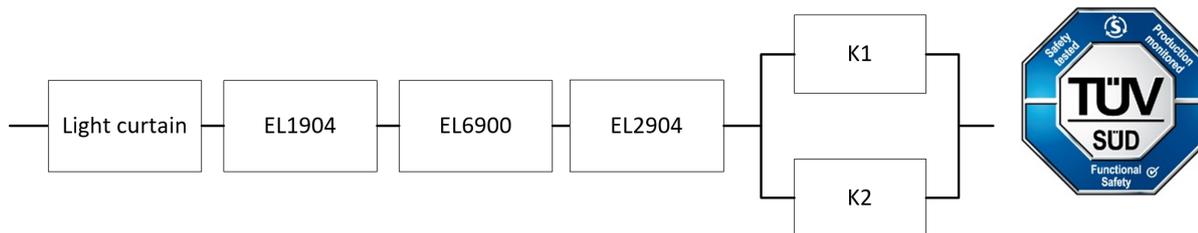
パラメータ	値
Sensor test channel 1 active (センサーテストチャンネル1有効化)	No (いいえ)
Sensor test channel 2 active (センサーテストチャンネル2有効化)	No (いいえ)
Sensor test channel 3 active (センサーテストチャンネル3有効化)	Yes (はい)
Sensor test channel 4 active (センサーテストチャンネル4有効化)	Yes (はい)
Logic channel 1 and 2	非同期評価OSSD
Logic channel 3 and 4	シングルロジック

EL2904

パラメータ	値
Current measurement active (電流測定の有効化)	Yes (はい)
Output test pulses active (出力テストパルス有効化)	Yes (はい)

2.14.2 ブロック構造とセーフティループ

2.14.2.1 安全機能1



2.14.3 計算

2.14.3.1 PFHD / MTTFD / B10D - 値

コンポーネント	値
EL1904 - PFH _D	1.11E-09
EL2904 - PFH _D	1.25E-09
EL6900 - PFH _D	1.03E-09
セーフティライトカーテン - PFH _D	1.50E-08
K1 - B10 _D	1,300,000
K2 - B10 _D	1,300,000
1年あたりの平均運転日数 (d _{op})	230
1日あたりの平均運転時間 (h _{op})	16
1サイクルの平均時間間隔 (T _{cycle})	5 (時間当たり12回)
寿命 (T1)	20年 = 175200時間

2.14.3.2 診断範囲DC

コンポーネント	値
OSSD1/2 (テスト(セーフティライトカーテンによる) / 妥当性チェック付き)	DC _{avg} =99%
K1/K2 (テストおよびEDM付き)	DC _{avg} =99%

2.14.3.3 安全機能1の計算

B10_D値からPFH_DとMTTF_D値の計算

最初の式:

$$n_{op} = \frac{d_{op} * h_{op} * 60}{T_{Zyklus}}$$

および:

$$MTTF_D = \frac{B10_D}{0,1 * n_{op}}$$

値を代入すると、この式は以下ようになります。

K1/K2:

$$n_{op} = \frac{230 * 16 * 60}{5} = 44.160$$

$$MTTF_D = \frac{1.300.000}{0,1 * 44.160} = 294,4y = 2.578.944h$$

そして、K1およびK2がそれぞれシングルチャンネルだと仮定すると、

$$MTTF_D = \frac{1}{\lambda_D}$$

以下の式になります。

$$PFH = \frac{0,1 * n_{op} * (1 - DC)}{B10_D} = \frac{1 - DC}{MTTF_D}$$

K1/K2:

$$PFH = \frac{1 - 0,99}{294,4y * 8760} = 3,88E - 09$$

ここで次の仮定が想定されます。

リレーK1とK2は、両方とも安全機能に接続されます。リレーが機能しなくても危険な状態にはなりません、フィードバックによって検出されます。さらに、K1とK2用のB10₀ 値は同一です。

2つのチャンネルによって接続されているコンポーネント間には結合係数があります。例として、これらのコンポーネントの間には、温度、EMC、ピーク電圧、または信号があります。これは、β=10%の最悪ケースの推定値と想定されます。EN 62061には、β-係数を正確に決定できる表があります。さらに、エラー(リレー接点の過電流、制御盤の温度超過など)の原因で両方のチャンネルに同時に危険側故障が発生することを防ぐために、すべての通常の対策が取られていると想定しています。

したがって、安全機能1のためのPFH₀値の計算は以下ようになります。

$$PFH_{ges} = PFH_{(Lightcurtain)} + PFH_{(EL1904)} + PFH_{(EL6900)} + PFH_{(EL2904)} + \beta * \frac{PFH_{(K1)} + PFH_{(K2)}}{2} + (1 - \beta)^2 * (PFH_{(K1)} * PFH_{(K2)}) * T1$$

(1 - β)² * (PFH_(K1) * PFH_(K2)) * T1 の部分は残りの部分よりも極めて小さい(10乗分のみ)ため、この式では以降の計算を簡単にするために無視されます。

以下ようになります。

$$PFH_{ges} = 1,50E - 08 + 1,11E - 09 + 1,03E - 09 + 1,25E - 09 + 10\% * \frac{3,88E - 09 + 3,88E - 09}{2} = 1,88E - 08$$

安全機能1 (同様の仮定の下で)用のMTTF₀ 値の計算

$$\frac{1}{MTTF_{Dges}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{MTTF_{Dn}}$$

したがって、

$$\frac{1}{MTTF_{Dges}} = \frac{1}{MTTF_{D(Lightcurtain)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL1904)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL6900)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL2904)}} + \frac{1}{MTTF_{D(K1)}}$$

ここで、

$$MTTF_{D(K1)} = \frac{B10_{D(K1)}}{0,1 * n_{op}}$$

PFH₀値のみがEL1904、EL2904およびEL6900に利用できる場合、次のようになります。

$$MTTF_{D(ELxxxx)} = \frac{(1 - DC_{(ELxxxx)})}{PFH_{(ELxxxx)}}$$

ここから、

$$MTTF_{D(EL1904)} = \frac{(1 - DC_{(EL1904)})}{PFH_{(EL1904)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,11E - 09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{9,72E - 06 \frac{1}{y}} = 1028,8y$$

$$MTTF_{D(EL6900)} = \frac{(1 - DC_{(EL6900)})}{PFH_{(EL6900)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,03E - 09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{9,02E - 06 \frac{1}{y}} = 1108,6y$$

$$MTTF_{D(EL2904)} = \frac{(1 - DC_{(EL2904)})}{PFH_{(EL2904)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,25E - 09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{1,1E - 05 \frac{1}{y}} = 913,2y$$

$$MTTF_{D(Lightcurtain)} = \frac{(1 - DC_{(Lightcurtain)})}{PFH_{(Lightcurtain)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,50E - 08 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{1,31E - 04 \frac{1}{y}} = 76,1y$$

$$MTTF_{Dges} = \frac{1}{\frac{1}{76,1y} + \frac{1}{1028,8y} + \frac{1}{1108,6y} + \frac{1}{913,2y} + \frac{1}{294,4y}} = 51,3y$$

$$DC_{avg} = \frac{\frac{99\%}{76,1y} + \frac{99\%}{1028,8y} + \frac{99\%}{1108,6y} + \frac{99\%}{913,2y} + \frac{99\%}{294,4y} + \frac{99\%}{294,4y}}{\frac{1}{76,1y} + \frac{1}{1028,8y} + \frac{1}{1108,6y} + \frac{1}{913,2y} + \frac{1}{294,4y} + \frac{1}{294,4y}} = 99,00\%$$

注記

カテゴリ

タイプ4 (Cat. 4) のセーフティライトカーテンを使用しているため、この構造では、最大でカテゴリ4までが可能です。

MTTF _D	
各チャンネルの名称	各チャンネルの範囲
low	3年 ≤ MTTFD < 10年
medium	10年 ≤ MTTFD < 30年
high	30年 ≤ MTTFD ≤ 100年

DC	
名前	範囲
なし	DC < 60 %
low	60 % ≤ DC < 90 %
medium	90 % ≤ DC < 99 %
high	99 % ≤ DC

注記

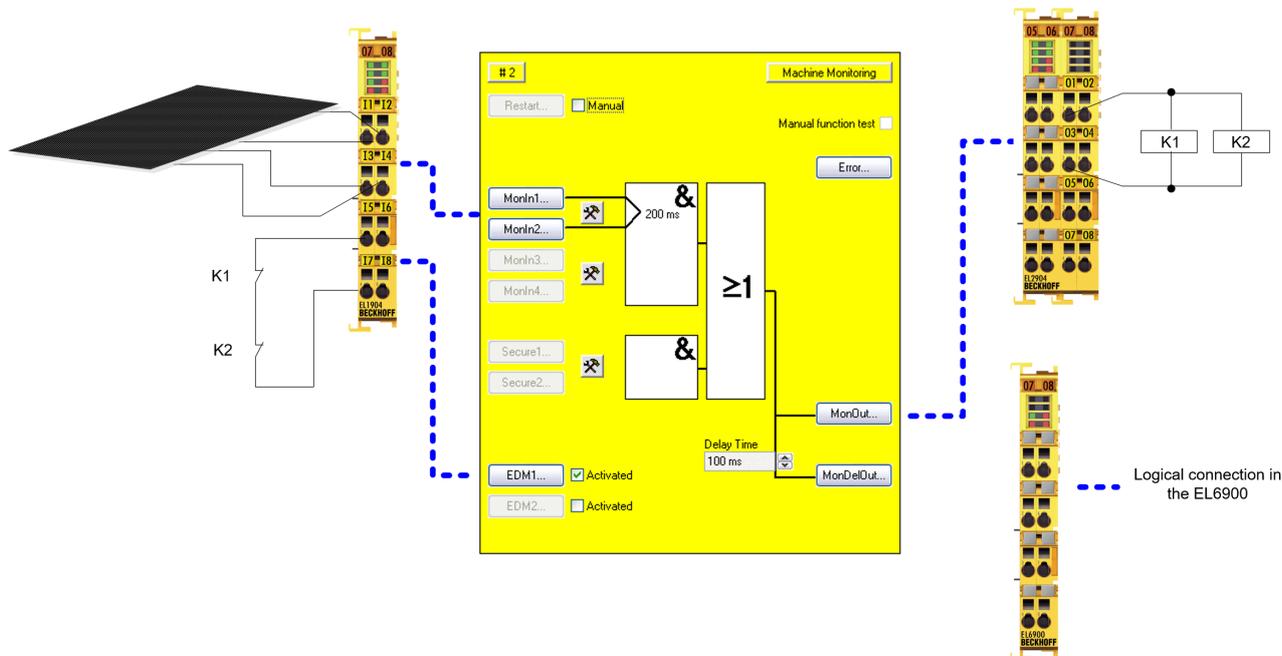
診断範囲

実用的に使いやすくするために、範囲の数は4つに制限されています。この表に示されている制限値の精度は5%です。

Category	B	1	2	2	3	3	4
DC / MTTFD	none	none	low	medium	low	medium	high
low	a	-	a	b	b	c	-
medium	b	-	b	c	c	d	-
high	-	c	c	d	d	d	e

2.15 セーフティマット/セーフティバンパ (Cat. 4/PLe)

セーフティマットまたはセーフティバンパは、クロス回路にしたがって動作します。デバイスの接触面が、EL1904の安全入力に配線されます。センサーテストによる評価は有効で、不一致時間に対し評価されます (200 ms)。信号間のクロス回路が検出され次第 (セーフティマットを踏む)、EL1904入力ターミナルが論理0の信号を送ります。クロス回路が検出されない場合、論理1の信号が送られます。フィードバックループは、安全入力によって読み込まれます。ここでもセンサーテストによる評価は有効です。コンタクトK1とK2は安全出力に並列接続されます。この安全回路では、電流測定と安全出力のテストパルスによる評価も有効です。



2.15.1 安全入力と安全出力ターミナルのパラメータ

EL1904 (使用するすべてのEL1904に適用)

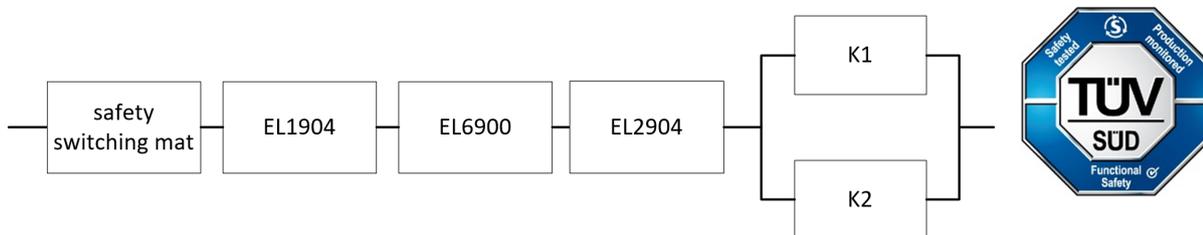
パラメータ	値
Sensor test channel 1 active (センサーテストチャンネル1有効化)	Yes (はい)
Sensor test channel 2 active (センサーテストチャンネル2有効化)	Yes (はい)
Sensor test channel 3 active (センサーテストチャンネル3有効化)	Yes (はい)
Sensor test channel 4 active (センサーテストチャンネル4有効化)	Yes (はい)
Logic channel 1 and 2	クロス回路はモジュールのエラーはありません
Logic channel 3 and 4	シングルロジック

EL2904

パラメータ	値
Current measurement active (電流測定の有効化)	Yes (はい)
Output test pulses active (出力テストパルス有効化)	Yes (はい)

2. 15. 2 ブロック構造とセーフティループ

2. 15. 2. 1 安全機能1



2. 15. 3 計算

2. 15. 3. 1 PFHD / MTTFD / B10D - 値

コンポーネント	値
EL1904 - PFH _d	1. 11E-09
EL2904 - PFH _d	1. 25E-09
EL6900 - PFH _d	1. 03E-09
セーフティマット - B10 _d	6. 00E06
K1 - B10 _d	1, 300, 000
K2 - B10 _d	1, 300, 000
1年あたりの平均運転日数 (d _{op})	230
1日あたりの平均運転時間 (h _{op})	16
1サイクルの平均時間間隔 (T _{cycle})	1 (分当たり1回)
寿命 (T1)	20年 = 175200時間

2. 15. 3. 2 診断範囲DC

コンポーネント	値
スイッチング出力 (マット) (テスト/妥当性チェック付き)	DC _{avg} =99%
K1/K2 (テストおよびEDM付き)	DC _{avg} =99%

2. 15. 3. 3 安全機能1の計算

B10_d値からPFH_dとMTTF_d 値の計算

最初の式:

$$n_{op} = \frac{d_{op} * h_{op} * 60}{T_{zyklus}}$$

および:

$$MTTF_D = \frac{B10_D}{0,1 * n_{op}}$$

値を代入すると、この式は以下ようになります。

K1/K2:

$$n_{op} = \frac{230 * 16 * 60}{1} = 220.800$$

$$MTTF_D = \frac{1.300.000}{0,1 * 220.800} = 58,9y = 515.760h$$

セーフティマット:

$$n_{op} = \frac{230 * 16 * 60}{1} = 220.800$$

$$MTTF_D = \frac{6,00E06}{0,1 * 220.800} = 271,7y = 2.380.434h$$

そして、K1およびK2がそれぞれシングルチャンネルだと仮定すると、

$$MTTF_D = \frac{1}{\lambda_D}$$

以下の式になります。

$$PFH = \frac{0,1 * n_{op} * (1 - DC)}{B10_D} = \frac{1 - DC}{MTTF_D}$$

K1/K2:

$$PFH = \frac{1 - 0,99}{58,9y * 8760} = 1,94E - 08$$

セーフティマット:

$$PFH = \frac{1 - 0,99}{271,7y * 8760} = 4,20E - 09$$

ここで次の仮定が想定されます。

リレーK1とK2は、両方とも安全機能に接続されます。リレーが機能しなくても危険な状態にはなりません、フィードバックによって検出されます。さらに、K1とK2用のB10₀値は同一です。

2つのチャンネルによって接続されているコンポーネント間には結合係数があります。例として、これらのコンポーネントの間には、温度、EMC、ピーク電圧、または信号があります。これは、β=10%の最悪ケースの推定値と想定されます。EN 62061には、β-係数を正確に決定できる表があります。さらに、エラー(リレー接点の過電流、制御盤の温度超過など)の原因で両方のチャンネルに同時に危険側故障が発生することを防ぐために、すべての通常の対策が取られていると想定しています。

したがって、安全機能1のためのPFH₀値の計算は以下ようになります。

$$PFH_{ges} = PFH_{(SafetyMat)} + PFH_{(EL1904)} + PFH_{(EL6900)} + PFH_{(EL2904)} + \beta * \frac{PFH_{(K1)} + PFH_{(K2)}}{2} + (1 - \beta)^2 * (PFH_{(K1)} * PFH_{(K2)}) * T1$$

$(1 - \beta)^2 * (PFH_{(K1)} * PFH_{(K2)}) * T1$ の部分は残りの部分よりも極めて小さい(10乗分のみ)ため、この式では以降の計算を簡単にするために無視されます。

以下ようになります。

$$PFH_{ges} = 4,20E - 09 + 1,11E - 09 + 1,03E - 09 + 1,25E - 09 + 10\% * \frac{1,94E - 08 + 1,94E - 08}{2} \\ = 9,53E - 09$$

安全機能1 (同様の仮定の下で)用のMTTF_D 値の計算

$$\frac{1}{MTTF_{Dges}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{MTTF_{Dn}}$$

したがって、

$$\frac{1}{MTTF_{Dges}} = \frac{1}{MTTF_{D(SafetyMat)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL1904)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL6900)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL2904)}} + \frac{1}{MTTF_{D(K1)}}$$

ここで、

$$MTTF_{D(K1)} = \frac{B10_{D(K1)}}{0,1 * n_{op}}$$

PFH_D値のみがEL1904、EL2904およびEL6900に利用できる場合、次のようになります。

$$MTTF_{D(ELxxx)} = \frac{(1 - DC_{(ELxxx)})}{PFH_{(ELxxx)}}$$

ここから、

$$MTTF_{D(EL1904)} = \frac{(1 - DC_{(EL1904)})}{PFH_{(EL1904)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,11E - 09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{9,72E - 06 \frac{1}{y}} = 1028,8y$$

$$MTTF_{D(EL6900)} = \frac{(1 - DC_{(EL6900)})}{PFH_{(EL6900)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,03E - 09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{9,02E - 06 \frac{1}{y}} = 1108,6y$$

$$MTTF_{D(EL2904)} = \frac{(1 - DC_{(EL2904)})}{PFH_{(EL2904)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,25E - 09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{1,1E - 05 \frac{1}{y}} = 913,2y$$

$$MTTF_{Dges} = \frac{1}{\frac{1}{271,7y} + \frac{1}{1028,8y} + \frac{1}{1108,6y} + \frac{1}{913,2y} + \frac{1}{58,9y}} = 42,3y$$

$$DC_{avg} = \frac{\frac{99\%}{271,7y} + \frac{99\%}{1028,8y} + \frac{99\%}{1108,6y} + \frac{99\%}{913,2y} + \frac{99\%}{58,9y} + \frac{99\%}{58,9y}}{\frac{1}{271,7y} + \frac{1}{1028,8y} + \frac{1}{1108,6y} + \frac{1}{913,2y} + \frac{1}{58,9y} + \frac{1}{58,9y}} = 99,00\%$$

注記

カテゴリ

この構造では、最大でカテゴリ4までが可能です。

MTTF _D	
各チャンネルの名称	各チャンネルの範囲
low	3年 ≤ MTTF _D < 10年
medium	10年 ≤ MTTF _D < 30年
high	30年 ≤ MTTF _D ≤ 100年

DC	
名前	範囲
なし	DC < 60 %
low	60 % ≤ DC < 90 %
medium	90 % ≤ DC < 99 %
high	99 % ≤ DC

注記

診断範囲

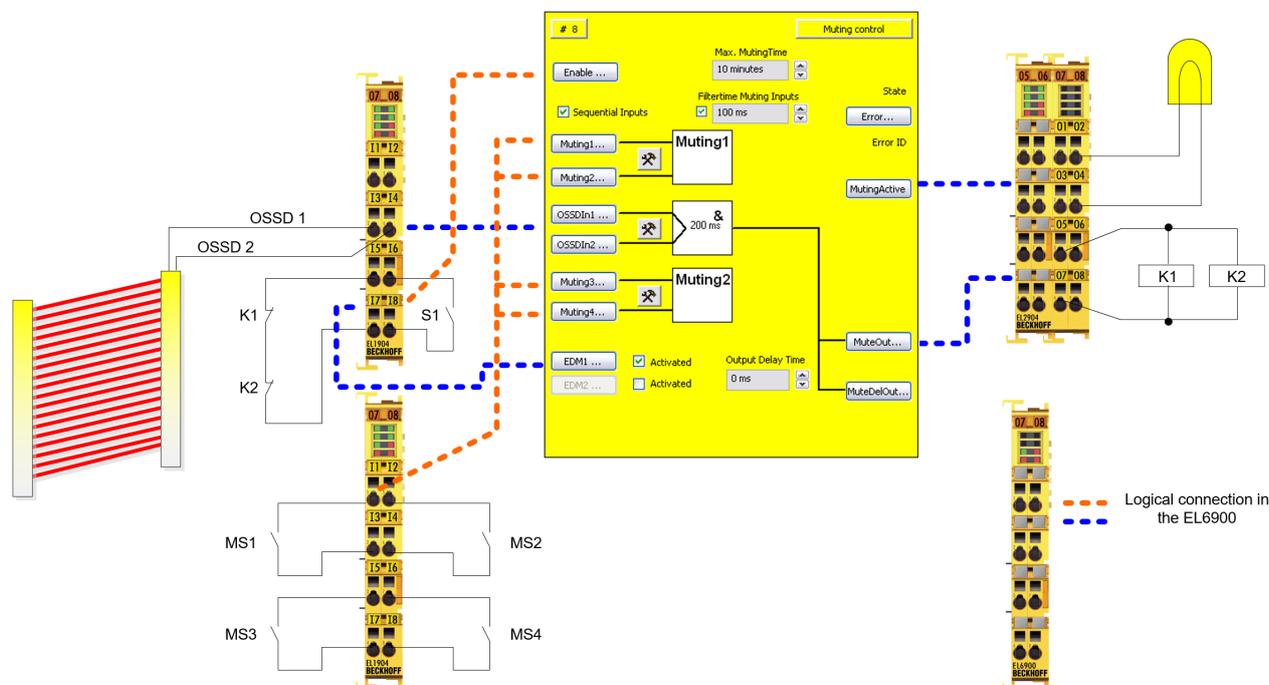
実用的に使いやすくするために、範囲の数は4つに制限されています。この表に示されている制限値の精度は5%です。

Category	B	1	2	2	3	3	4
DC MTTF _D	none	none	low	medium	low	medium	high
low	a	-	a	b	b	c	-
medium	b	-	b	c	c	d	-
high	-	c	c	d	d	d	e

2.16 ミューティング (Cat. 4/PLe)

セーフティライトカーテンには、2つのOSSD出力（出力信号開閉装置）があり、EL1904の安全入力に配線されています。OSSD出力側で自身の故障検知を行うため、入力側での評価は不要です。さらに、信号は不一致時間に対して確認します(200 ms)。フィードバックループは、安全入力によって読み込まれます。ミュートスイッチとイネーブルスイッチも安全入力に配線されます。テストは、これらの入力に対して有効です。

コンタクトK1とK2は安全出力に並列に接続されます。ミュートランプも安全出力に配線されます。この安全回路では、電流測定と安全出力のテストパルスによる評価も有効です。



2.16.1 安全入力と安全出力ターミナルのパラメータ

EL1904 (図の上の方のターミナル)

パラメータ	値
Sensor test channel 1 active(センサーテストチャンネル1有効化)	No(いいえ)
Sensor test channel 2 active(センサーテストチャンネル2有効化)	No(いいえ)
Sensor test channel 3 active(センサーテストチャンネル3有効化)	Yes(はい)
Sensor test channel 4 active(センサーテストチャンネル4有効化)	Yes(はい)
Logic channel 1 and 2	非同期評価OSSD
Logic channel 3 and 4	シングルロジック

EL1904 (図の下の方のターミナル)

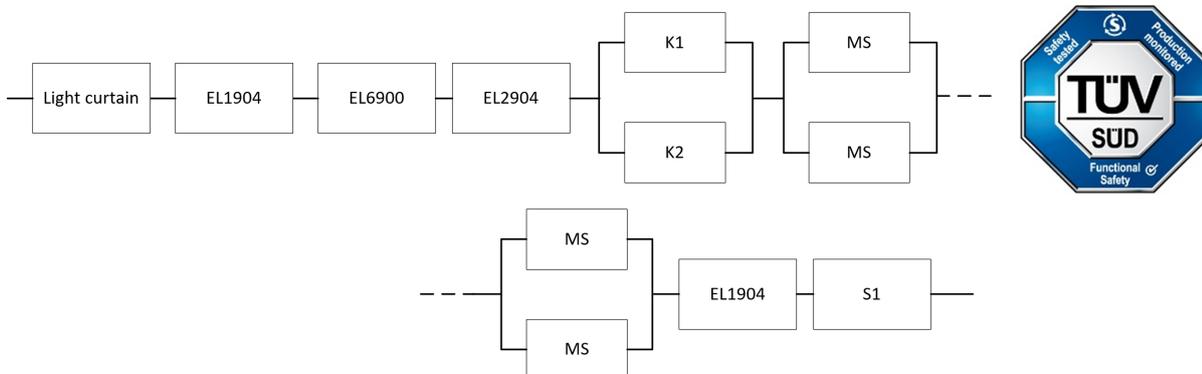
パラメータ	値
Sensor test channel 1 active(センサーテストチャンネル1有効化)	Yes(はい)
Sensor test channel 2 active(センサーテストチャンネル2有効化)	Yes(はい)
Sensor test channel 3 active(センサーテストチャンネル3有効化)	Yes(はい)
Sensor test channel 4 active(センサーテストチャンネル4有効化)	Yes(はい)
Logic channel 1 and 2	シングルロジック
Logic channel 3 and 4	シングルロジック

EL2904

パラメータ	値
Current measurement active(電流測定の有効化)	Yes(はい)
Output test pulses active(出力テストパルス有効化)	Yes(はい)

2.16.2 ブロック構造とセーフティループ

2.16.2.1 安全機能1



2.16.3 計算

2.16.3.1 PFHD / MTTFD / B10D - 値

コンポーネント	値
EL1904 - PFH _D	1.11E-09
EL2904 - PFH _D	1.25E-09
EL6900 - PFH _D	1.03E-09
S1 - B10 _D	100,000
セーフティライトカーテン - PFH _D	1.50E-08
MS1 - B10 _D	100,000
MS2 - B10 _D	100,000
MS3 - B10 _D	100,000
MS4 - B10 _D	100,000
K1 - B10 _D	1,300,000
K2 - B10 _D	1,300,000
1年あたりの平均運転日数 (d _{op})	230
1日あたりの平均運転時間 (h _{op})	8
1サイクルの平均時間間隔 (T _{cycle})	60 (時間当たり1回)
寿命 (T1)	20年 = 175200時間

2.16.3.2 診断範囲DC

コンポーネント	値
OSSD1/2 (テスト(セーフティライトカーテンによる) / 妥当性チェック付き)	DC _{avg} =99%
MS1/2/3/4 (テスト/妥当性チェック付き)	DC _{avg} =90%
K1/K2 (テストおよびEDM付き)	DC _{avg} =99%
S1 (テスト付き)	DC _{avg} =90%

2.16.3.3 安全機能1の計算

B10_D値からPFH_DとMTTF_D 値の計算

最初の式:

$$n_{op} = \frac{d_{op} * h_{op} * 60}{T_{Zyklus}}$$

および:

$$MTTF_D = \frac{B10_D}{0,1 * n_{op}}$$

値を代入すると、この式は以下ようになります。

S1:

$$n_{op} = \frac{230 * 16 * 60}{60} = 1840$$

$$MTTF_D = \frac{100.000}{0,1 * 1840} = 543,5y = 4761060h$$

K1/K2:

$$n_{op} = \frac{230 * 16 * 60}{60} = 1840$$

$$MTTF_D = \frac{1.300.000}{0,1 * 1840} = 7065,2y = 61891152h$$

MS1/MS2/MS3/S4:

$$n_{op} = \frac{230 * 16 * 60}{60} = 1840$$

$$MTTF_D = \frac{100.000}{0,1 * 1840} = 543,5y = 4761060h$$

そして、S1、K1、およびK2がそれぞれシングルチャンネルだと仮定すると、

$$MTTF_D = \frac{1}{\lambda_D}$$

以下の式になります。

$$PFH = \frac{0,1 * n_{op} * (1 - DC)}{B10_D} = \frac{1 - DC}{MTTF_D}$$

S1:

$$PFH = \frac{1 - 0,90}{543,5 * 8760} = 2,10E - 08$$

K1/K2:

$$PFH = \frac{1 - 0,99}{7065,2 * 8760} = 1,62E - 10$$

MS1/MS2/MS3/S4:

$$PFH = \frac{1 - 0,90}{543,5 * 8760} = 2,10E - 08$$

ここで次の仮定が想定されます。

リレーK1とK2は、両方とも安全機能に接続されます。リレーが機能しなくても危険な状態にはなりません、フィードバックによって検出されます。さらに、K1とK2用のB10₀値は同一です。

2つのチャンネルによって接続されているコンポーネント間には結合係数があります。例として、これらのコンポーネントの間には、温度、EMC、ピーク電圧、または信号があります。これは、β=10%の最悪ケースの推定値と想定されます。EN 62061には、β-係数を正確に決定できる表があります。さらに、エラー(リレー接点の過電流、制御盤の温度超過など)の原因で両方のチャンネルに同時に危険側故障が発生することを防ぐために、すべての通常の対策が取られていると想定しています。

したがって、安全機能1のためのPFH₀値の計算は以下のようになります。

$$PFH_{ges} = PFH_{(Lightcurtain)} + PFH_{(EL1904)} + PFH_{(EL6900)} + PFH_{(EL2904)} + \beta * \frac{PFH_{(K1)} + PFH_{(K2)}}{2} + (1 - \beta)^2 * (PFH_{(K1)} * PFH_{(K2)}) * T1$$

$$+ \beta * \frac{PFH_{(MS1)} + PFH_{(MS2)}}{2} + (1 - \beta)^2 * (PFH_{(MS1)} * PFH_{(MS2)}) * T1 + \beta * \frac{PFH_{(MS3)} + PFH_{(MS4)}}{2} + (1 - \beta)^2 * (PFH_{(MS3)} * PFH_{(MS4)}) * T1$$

$$+ PFH_{(EL1904)} + PFH_{(S1)}$$

$(1-\beta)^2 * (PFH_{(x)} * PFH_{(y)}) * T1$ の部分は残りの部分よりも極めて小さい(10乗分のみ)ため、この式では以降の計算を簡単にするために無視されます。

以下のようになります。

$$PFH_{ges} = 1,50E-08 + 1,11E-09 + 1,03E-09 + 1,25E-09 + 10\% * \frac{1,62E-10 + 1,62E-10}{2} + 10\% * \frac{2,10E-08 + 2,10E-08}{2} + 10\% * \frac{2,10E-08 + 2,10E-08}{2} + 1,11E-09 + 2,10E-08 = 4,47E-08$$

安全機能1 (同様の仮定の下で)用のMTTF₀ 値の計算

$$\frac{1}{MTTF_{Dges}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{MTTF_{Dn}}$$

したがって、

$$\frac{1}{MTTF_{Dges}} = \frac{1}{MTTF_{D(Lightcurtain)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL1904)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL6900)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL2904)}} + \frac{1}{MTTF_{D(K1)}} + \frac{1}{MTTF_{D(MS1)}} + \frac{1}{MTTF_{D(MS3)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL1904)}} + \frac{1}{MTTF_{D(S1)}}$$

ここで、

$$MTTF_{D(K1)} = \frac{B10_{D(K1)}}{0,1 * n_{op}}$$

PFH₀値のみがEL1904、EL2904およびEL6900に利用できる場合、次のようになります。

$$MTTF_{D(ELxxx)} = \frac{(1 - DC_{(ELxxx)})}{PFH_{(ELxxx)}}$$

ここから、

$$MTTF_{D(EL1904)} = \frac{(1 - DC_{(EL1904)})}{PFH_{(EL1904)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,11E-09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{9,72E-06 \frac{1}{y}} = 1028,8y$$

$$MTTF_{D(EL6900)} = \frac{(1 - DC_{(EL6900)})}{PFH_{(EL6900)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,03E-09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{9,02E-06 \frac{1}{y}} = 1108,6y$$

$$MTTF_{D(EL2904)} = \frac{(1 - DC_{(EL2904)})}{PFH_{(EL2904)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,25E-09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{1,1E-05 \frac{1}{y}} = 913,2y$$

$$MTTF_{D(Lightcurtain)} = \frac{(1 - DC_{(Lightcurtain)})}{PFH_{(Lightcurtain)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,50E-08 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{1,31E-04 \frac{1}{y}} = 76,1y$$

$$MTTF_{D(MS1/MS3)} = \frac{(1 - DC_{(MS1/MS3)})}{PFH_{(MS1/MS3)}} = \frac{(1 - 0,90)}{2,10E-08 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,1}{1,84E-04 \frac{1}{y}} = 543,6y$$

$$MTTF_{Dges} = \frac{1}{\frac{1}{76,1y} + \frac{1}{1028,8y} + \frac{1}{1108,6y} + \frac{1}{913,2y} + \frac{1}{7065,2y} + \frac{1}{543,6y} + \frac{1}{543,6y} + \frac{1}{1028,8y} + \frac{1}{543,5y}} = 44,0y$$

$$DC_{avg} = \frac{\frac{99\%}{76,1y} + \frac{99\%}{1028,8y} + \frac{99\%}{1108,6y} + \frac{99\%}{913,2y} + \frac{99\%}{7065,2y} + \frac{99\%}{7065,2y} + \frac{90\%}{543,6y} + \frac{90\%}{543,6y} + \frac{90\%}{543,6y} + \frac{90\%}{543,6y} + \frac{99\%}{1028,8y} + \frac{99\%}{543,5y}}{\frac{1}{76,1y} + \frac{1}{1028,8y} + \frac{1}{1108,6y} + \frac{1}{913,2y} + \frac{1}{7065,2y} + \frac{1}{7065,2y} + \frac{1}{543,6y} + \frac{1}{543,6y} + \frac{1}{543,6y} + \frac{1}{543,6y} + \frac{1}{1028,8y} + \frac{1}{543,5y}}$$
$$= 96,51\%$$

注記

カテゴリ

タイプ4 (Cat. 4) のセーフティライトカーテンを使用しているため、この構造では、最大でカテゴリ4までが可能です。

MTTF _D	
各チャンネルの名称	各チャンネルの範囲
low	3年 ≤ MTTFD < 10年
medium	10年 ≤ MTTFD < 30年
high	30年 ≤ MTTFD ≤ 100年

DC	
名前	範囲
なし	DC < 60 %
low	60 % ≤ DC < 90 %
medium	90 % ≤ DC < 99 %
high	99 % ≤ DC

注記

診断範囲

実用的に使いやすくするために、範囲の数は4つに制限されています。この表に示されている制限値の精度は5%です。

Category	B	1	2	2	3	3	4
DC / MTTFD	none	none	low	medium	low	medium	high
low	a	-	a	b	b	c	-
medium	b	-	b	c	c	d	-
high	-	c	c	d	d	d	e

2.17 電源の両切り回路による下流の標準ターミナル群(電源供給グループ)への電源供給切断(Cat. 4/PLe)

安全扉は、EL1904の安全入力でN.C.とN.O.接点の組み合わせを使用します。安全信号のセンサーテストによる評価は有効で、不一致時間に対して評価されず(200 ms)。コンタクタK1とK2は安全出力に並列接続されます。この安全回路では、電流測定と安全出力のテストパルスによる評価も有効です。

KL/EL9110の診断情報(電源端子に24Vが供給される)はネゲートで、コンタクタK1、K2、K3、およびK4からのフィードバック信号をAND演算し、EDM入力に接続されます。

電源グループの電源用接点(24 Vと0 V)への電源供給が、コンタクタK1およびK2のN.O.接点により切断されます。切断された負荷側(この場合はK3とK4)が0Vになったことを常に電源供給側へフィードバックしなければなりません

注記

安全に関する注意事項

使用されているEL/KL9110とEL/KL2xxxターミナルは、安全コントローラーの有効な部分ではありません。したがって、上位の安全コントローラーのみが達成する安全レベルを定義します。標準ターミナルは、計算に組み込まれていません。

標準ターミナルの外部配線は、最大で達成可能な安全レベルの制限事項となります。

注記

電源ユニットの要求事項

標準ターミナルには、障害発生時に60 Vの出力電圧制限 U_{max} を備えたSELV / PELV電源ユニットから24 VDCを供給する必要があります。

⚠ 注意

回り込みの防止

フィードバックは、様々な方法で防ぐことができます(詳しい情報は下記を参照)。

- ・ 別電源とし負荷を切換えない
- ・ 接地方法および全電源系統切断(この例で使用)
または、
ケーブルの短絡故障の除外(個別の被覆ケーブル、制御盤内のみの配線、コンダクタごとに専用アース接続)

注記

非安全関連部のバスターミナル

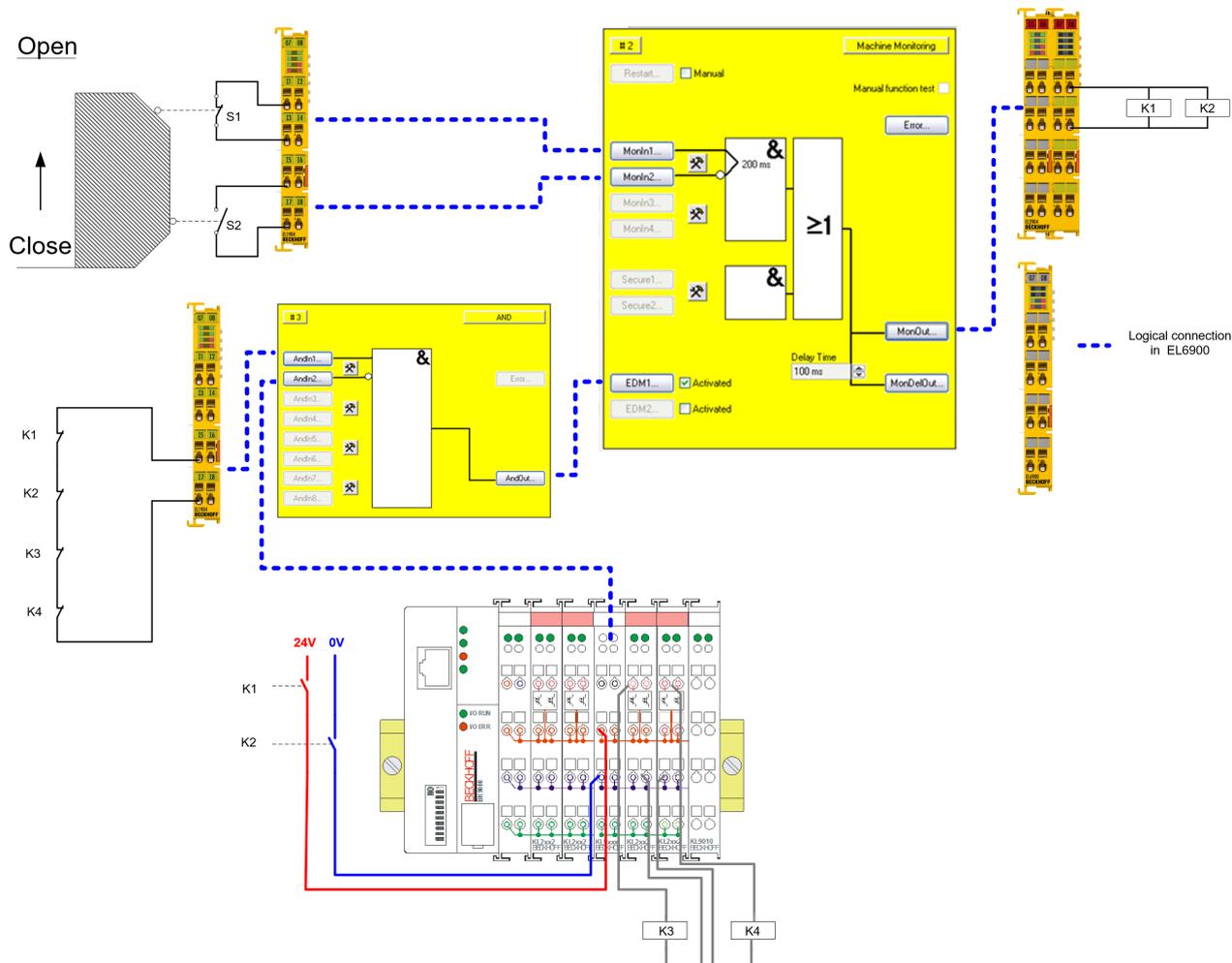
非安全関連部のバスターミナルリストは、
<http://infosys.beckhoff.de>の下のベッコフ インフォメーションシステムに記載されています。

注記

達成可能な最大の安全レベル

接地方法と全電源系統切断によるフィードバックの回避:

DIN EN ISO 13849-1: 最大カテゴリ4 PL e
IEC 61508: 最大SIL3
EN 62061: 最大SIL3



⚠ 注意

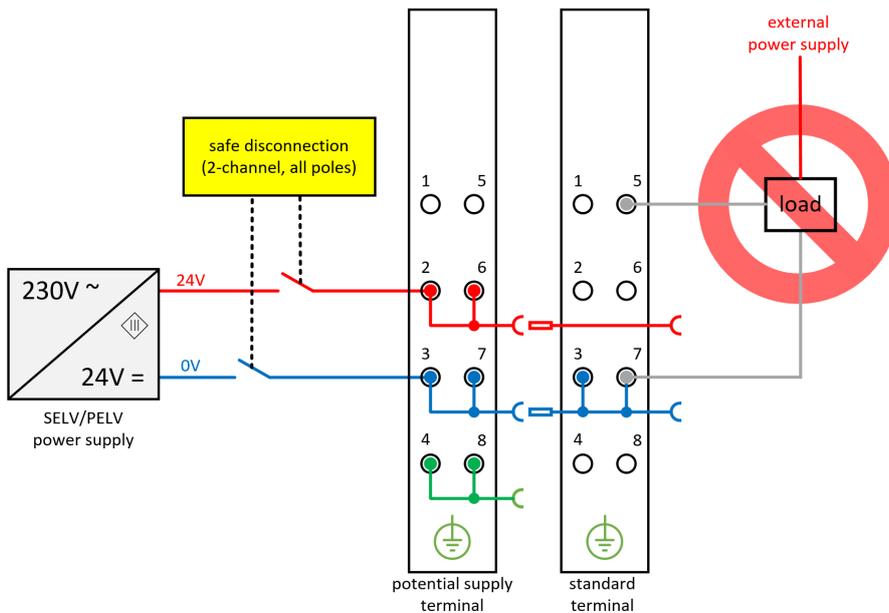
時間遅延

電位グループの電源をオフにすると、下流のコンタクタとアクチュエータのシャットダウンが遅れる可能性があります。この遅延は下流のアクチュエータ、負荷、ラインに依存するため、ユーザは安全のアセスメント時に考慮する必要があります。

2. 17. 1 回り込みの防止の注意事項

2. 17. 1. 1 別電源とし負荷を切換え

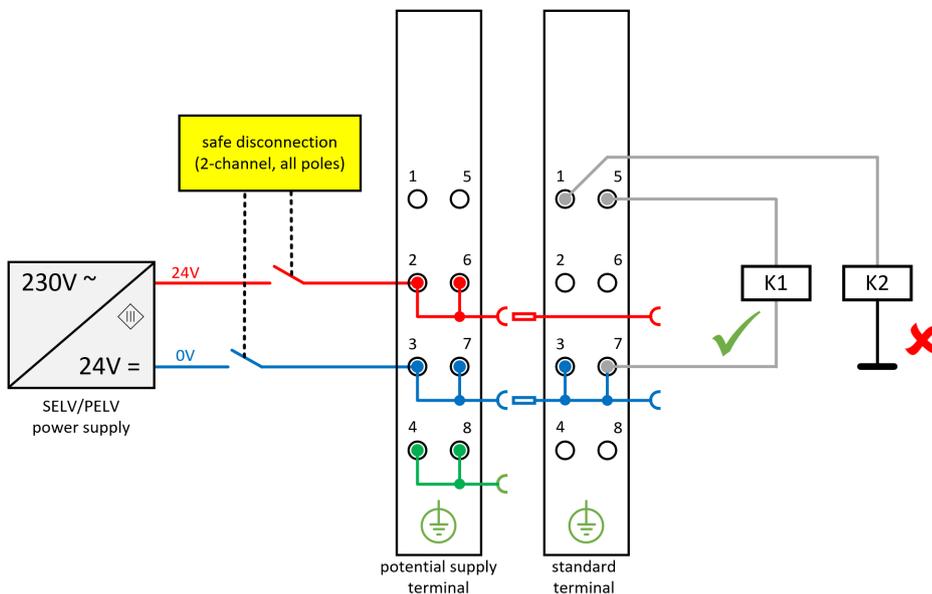
個々の電源をもつ負荷は、この場合に負荷によるフィードバックを除外できないため、標準ターミナルによって切り替えしないでください。



一般要件の例外は、接続された負荷のメーカーが制御入力へのフィードバックが発生しないことを保証する場合のみ許容されます。

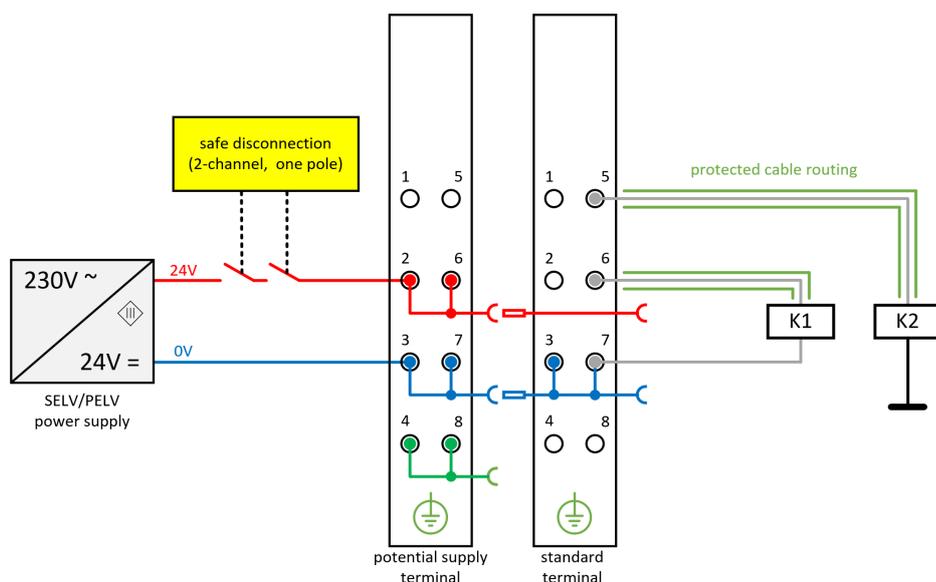
2.17.1.2 オプション1: 接地方法とすべて極のシャットダウン(この例で使用)

接続された負荷の接地は、それぞれの出カターミナルや電位グループの安全に切り替えられた接地に送り返す必要があります。(ここで: K1 - 正しい配線、K2 - 不適切な配線)



2.17.1.3 オプション2: ケーブルの短絡故障の除外

チャプタ2.17.1.2のオプション1が実行可能でない場合、つまりケーブルの短絡によるフィードバックの危険が他の手段によって除外できる場合、接地方法と全電源系統切断は不要です。代替手段として、次の対策を実装できます。



- 代替策1: 個別の被覆ケーブルによる負荷接続
同じ被覆ケーブル内の他の電位導線と一緒に、標準ターミナルの非安全にスイッチされた信号は配線できません。
- 代替策2: 制御盤内でのみの配線
非安全な標準ターミナルに接続されたすべての負荷は、ターミナルと同じ制御盤内に配置する必要があります。ケーブルは、すべて制御盤内でのみ配線されます。
- 代替策3: コンダクタごとに専用のアース接続
非安全な標準ターミナルに接続された、すべてのコンダクタを別のアース接続で保護します。
- 代替策4: 恒久的(固定)配線、外部損傷からの保護
非安全な標準ターミナルに接続されたすべてのコンダクタを恒久的に設置し、ケーブルダクトや強化配線管によって外部損傷から保護します。

⚠ 注意

故障除外
装置の製造元やユーザは、適用した代替策の適切な実行と評価に対し責任を負います。

2.17.2 安全入力と安全出力ターミナルのパラメータ

EL1904 (使用するすべてのEL1904に適用)

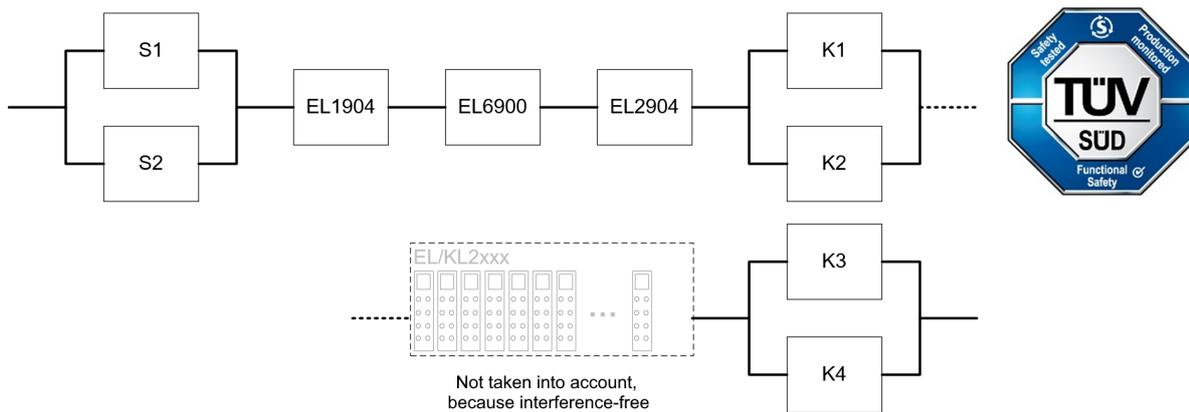
パラメータ	値
Sensor test channel 1 active(センサーテストチャンネル1有効化)	Yes (はい)
Sensor test channel 2 active(センサーテストチャンネル2有効化)	Yes (はい)
Sensor test channel 3 active(センサーテストチャンネル3有効化)	Yes (はい)
Sensor test channel 4 active(センサーテストチャンネル4有効化)	Yes (はい)
Logic channel 1 and 2	シングルロジック
Logic channel 3 and 4	シングルロジック

EL2904

パラメータ	値
Current measurement active (電流測定の有効化)	Yes (はい)
Output test pulses active (出カテストパルス有効化)	Yes (はい)

2. 17. 3 ブロック構造とセーフティループ

2. 17. 3. 1 安全機能1



2. 17. 4 計算

2. 17. 4. 1 PFHD / MTTFD / B10D - 値

コンポーネント	値
EL1904 - PFH _D	1. 11E-09
EL2904 - PFH _D	1. 25E-09
EL6900 - PFH _D	1. 03E-09
S1 - B10 _D	1, 000, 000
S2 - B10 _D	2, 000, 000
K1 - B10 _D	1, 300, 000
K2 - B10 _D	1, 300, 000
K3 - B10 _D	1, 300, 000
K4 - B10 _D	1, 300, 000
1年あたりの平均運転日数 (d _{op})	230
1日あたりの平均運転時間 (h _{op})	8
1サイクルの平均時間間隔 (T _{cycle})	15 (時間当たり4回)
寿命 (T1)	20年 = 175200時間

2.17.4.2 診断範囲DC

コンポーネント	値
S1/S2 (テスト/妥当性チェック付き)	$DC_{avg}=99\%$
K1/K2 (テストおよびEDM付き)	$DC_{avg}=99\%$
K3/K4 (EDM付き)	$DC_{avg}=90\%$

2.17.4.3 安全機能1の計算

$B10_D$ 値からPFH_DとMTTF_D 値の計算

最初の式:

$$n_{op} = \frac{d_{op} * h_{op} * 60}{T_{Zyklus}}$$

および:

$$MTTF_D = \frac{B10_D}{0,1 * n_{op}}$$

値を代入すると、この式は以下ようになります。

S1:

$$n_{op} = \frac{230 * 8 * 60}{15} = 7360$$

$$MTTF_D = \frac{1.000.000}{0,1 * 7360} = 1358,7y = 11902212h$$

S2:

$$n_{op} = \frac{230 * 8 * 60}{15} = 7360$$

$$MTTF_D = \frac{2.000.000}{0,1 * 7360} = 2717,4y = 23804424h$$

K1/K2/K3/K4:

$$n_{op} = \frac{230 * 8 * 60}{15} = 7360$$

$$MTTF_D = \frac{1.300.000}{0,1 * 7360} = 1766,3y = 15472788h$$

そして、S1、S2、K1、K2、K3、およびK4がそれぞれシングルチャンネルだと仮定すると、

$$MTTF_D = \frac{1}{\lambda_D}$$

以下の式になります。

$$PFH = \frac{0,1 * n_{op} * (1 - DC)}{B10_D} = \frac{1 - DC}{MTTF_D}$$

S1

$$PFH = \frac{1 - 0,99}{1358,7 * 8760} = 8,40E - 10$$

S2

$$PFH = \frac{1-0,99}{2717,4*8760} = 4,20E-10$$

K1/K2

$$PFH = \frac{1-0,99}{1766,3*8760} = 6,46E-10$$

K3/K4

$$PFH = \frac{1-0,90}{1766,3*8760} = 6,46E-09$$

ここで次の仮定が想定されます。

ドアスイッチS1/S2は、常に反対方向に作動します。スイッチは異なる値を持っていますが、完全な安全柵スイッチはN. C. とN. O. 接点の組み合わせで構造され、2つのスイッチが機能する必要があるため、2つの値の下位の値になる (S1) が組み合わせとして採用されます。

電磁接触器K1、K2、K3、および K4 は、安全機能にすべて接続されます。機能していない電磁接触器は危険な状態にはなりません、フィードバックによって検出されます。さらに、K1、K2、K3、およびK4用のB10₀値は同一です。

2つのチャンネルによって接続されているコンポーネント間には結合係数があります。例として、これらのコンポーネントの間には、温度、EMC、ピーク電圧、または信号があります。これは、 $\beta=10\%$ の最悪ケースの推定値と想定されます。EN 62061には、 β -係数を正確に決定できる表があります。さらに、エラー(コンタクタ接点の過電流、制御盤の温度超過など)の原因で両方のチャンネルに同時に危険側故障が発生することを防ぐために、すべての通常の対策が取られていると想定しています。

したがって、安全機能1のためのPFH₀値の計算は以下ようになります。

$$PFH_{ges} = \beta * \frac{PFH_{(S1)} + PFH_{(S2)}}{2} + (1-\beta)^2 * (PFH_{(S1)} * PFH_{(S2)}) * T1 + PFH_{(EL1904)} + PFH_{(EL6900)} + PFH_{(EL2904)} \\ + \beta * \frac{PFH_{(K1)} + PFH_{(K2)}}{2} + (1-\beta)^2 * (PFH_{(K1)} * PFH_{(K2)}) * T1 + \beta * \frac{PFH_{(K3)} + PFH_{(K4)}}{2} + (1-\beta)^2 * (PFH_{(K3)} * PFH_{(K4)}) * T1$$

$(1-\beta)^2 * (PFH_{(x)} * PFH_{(y)}) * T1$ の部分は残りの部分よりも極めて小さい(10乗分のみ)ため、この式では以降の計算を簡単にするために無視されます。

以下ようになります。

$$PFH_{ges} = 10\% * \frac{8,40E-10 + 4,20E-10}{2} + 1,11E-09 + 1,03E-09 + 1,25E-09 \\ + 10\% * \frac{6,46E-10 + 6,46E-10}{2} + 10\% * \frac{6,46E-09 + 6,46E-09}{2} \\ = 4,16E-09$$

安全機能1 (同様の仮定の下で)用のMTTF₀ 値の計算

$$\frac{1}{MTTF_{Dges}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{MTTF_{Dn}}$$

したがって、

$$\frac{1}{MTTF_{Dges}} = \frac{1}{MTTF_{D(S1)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL1904)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL6900)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL2904)}} + \frac{1}{MTTF_{D(K1)}} + \frac{1}{MTTF_{D(K3)}}$$

PFH₀値のみがEL1904、EL2904およびEL6900に利用できる場合、次のようになります。

$$MTTF_{D(ELxxxx)} = \frac{(1-DC_{(ELxxxx)})}{PFH_{(ELxxxx)}}$$

ここから、

$$MTTF_{D(EL1904)} = \frac{(1 - DC_{(EL1904)})}{PFH_{(EL1904)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,11E - 09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{9,72E - 06 \frac{1}{y}} = 1028,8y$$

$$MTTF_{D(EL6900)} = \frac{(1 - DC_{(EL6900)})}{PFH_{(EL6900)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,03E - 09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{9,02E - 06 \frac{1}{y}} = 1108,6y$$

$$MTTF_{D(EL2904)} = \frac{(1 - DC_{(EL2904)})}{PFH_{(EL2904)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,25E - 09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{1,1E - 05 \frac{1}{y}} = 913,2y$$

$$MTTF_{D_{ges}} = \frac{1}{\frac{1}{1358,7y} + \frac{1}{1028,8y} + \frac{1}{1108,6y} + \frac{1}{913,2y} + \frac{1}{1766,3y} + \frac{1}{1766,3y}} = 206,7y$$

$$DC_{avg} = \frac{\frac{99\%}{1358,7y} + \frac{99\%}{2717,4y} + \frac{99\%}{1028,8y} + \frac{99\%}{1108,6y} + \frac{99\%}{913,2y} + \frac{99\%}{1766,3y} + \frac{99\%}{1766,3y} + \frac{90\%}{1766,3y} + \frac{90\%}{1766,3y}}{\frac{1}{1358,7y} + \frac{1}{2717,4y} + \frac{1}{1028,8y} + \frac{1}{1108,6y} + \frac{1}{913,2y} + \frac{1}{1766,3y} + \frac{1}{1766,3y} + \frac{1}{1766,3y} + \frac{1}{1766,3y}} = 97,39\%$$

注記

カテゴリ

この構造では、最大でカテゴリ4までが可能です。

MTTF _D	
各チャンネルの名称	各チャンネルの範囲
low	3年 ≤ MTTF _D < 10年
medium	10年 ≤ MTTF _D < 30年
high	30年 ≤ MTTF _D ≤ 100年

DC	
名前	範囲
なし	DC < 60 %
low	60 % ≤ DC < 90 %
medium	90 % ≤ DC < 99 %
high	99 % ≤ DC

注記

診断範囲

実用的に使いやすくするために、範囲の数は4つに制限されています。この表に示されている制限値の精度は5%です。

Category	B	1	2	2	3	3	4
DC / MTTF _D	none	none	low	medium	low	medium	high
low	a	-	a	b	b	c	-
medium	b	-	b	c	c	d	-
high	-	c	c	d	d	d	e

テーブル3 EN62061に準拠した安全度水準 (Safety Integrity Level)

安全度水準	時間当たりの危険故障確率 (PFH _D)
3	≥ 10 ⁻⁸ ~ < 10 ⁻⁷
2	≥ 10 ⁻⁷ ~ < 10 ⁻⁶
1	≥ 10 ⁻⁶ ~ < 10 ⁻⁵

2.18 故障除外の標準ターミナル群(等電位グループ)への電源供給切断 (Cat. 4/PLe)

安全扉は、EL1904の安全入力でN.C. とN.O. 接点の組み合わせを使用します。入力のテストは有効で、信号は不一致時間に対してテストされます(この場合、200 ms)。コンタクタK1とK2は安全出力に並列接続されます。この安全回路では、電流測定と安全出力のテストパルスによる評価も有効です。コンタクタK1、K2、K3、および K4のフィードバック信号 は、EDM入力に適用されます。

コンタクタK1、およびK2の接点を開くことにより、電位グループへの24V電源供給用接点だけがオフとなります。電源供給用接点の0V接続は、電源の0Vに直接接続されます。

使用されているすべての負荷とデバイスの0 V電位は、同じ電位であるか、または同じ電位に接続する必要があります。

注記

安全に関する注意事項

使用されているEL/KL9110とEL/KL2xxxターミナルは、安全コントローラーの有効な部分ではありません。したがって、達成される安全レベルは、上位の安全コントローラーによってのみ定義されます。標準ターミナルは、計算に組み込まれていません。標準ターミナルの外部配線は、最大で達成可能な安全レベルの制限事項となります。

注記

電源ユニットの要件

標準ターミナルには、障害発生時に60 Vの出力電圧制限 U_{max} を備えたSELV / PELV電源ユニットから24 VDCを供給する必要があります。

⚠ 注意

回り込みの防止

フィードバックは、様々な方法で防ぐことができます(詳しい情報は下記を参照)。

- ・ 別電源とし負荷を切換えない
- ・ 接地フィードバックおよび全電源系統切断
または、
ケーブルの短絡故障の除外(個別の被覆ケーブル、制御盤内のみの配線、コンダクタごとに専用アース接続)
(この例で使用)

注記

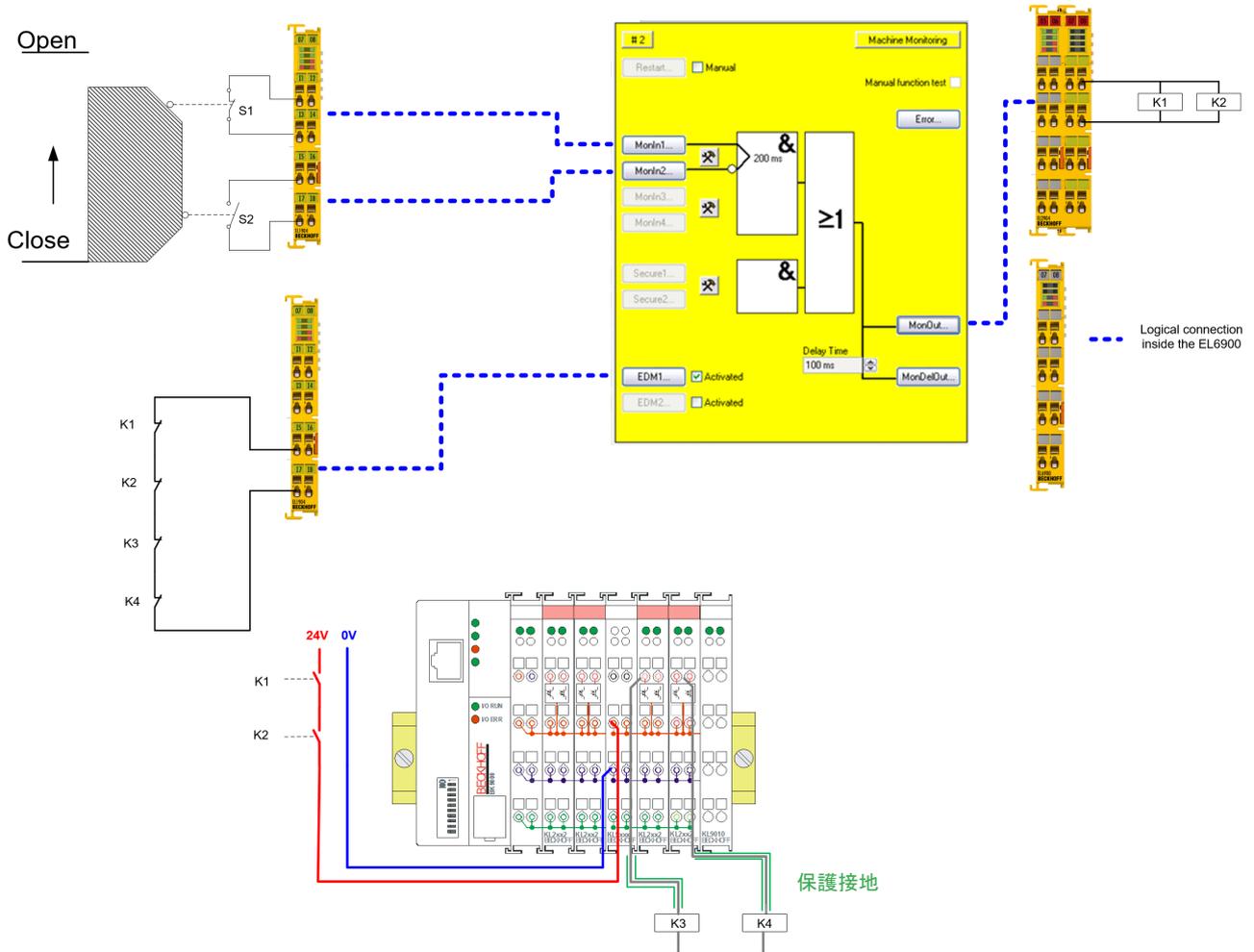
非安全関連部のバスターミナル

非安全関連部のバスターミナルリストは、<http://infosys.beckhoff.de>の下のベッコフ インフォメーションシステムに記載されています。

注記

達成可能な最高安全レベル

短絡故障の除外によるフィードバックの回避:
 DIN EN ISO 13849-1: 最大カテゴリ4 PL e
 IEC 61508: 最大SIL3
 EN 62061: 最大SIL2



注記

故障除外

「線間短絡」故障除外のために、非安全関連部の標準出力ターミナルEL/KL2xxxから負荷（この場合、K3、K4）への配線では、診断機能付きの電源ターミナルはこの場合必要ありません。このため、タイプEL/KL9xxxの電源ターミナルを使用します。

負荷（この場合、K3、K4）の0 V電位は、電位グループの電源の0 V電位と同一である必要があります。

⚠ 注意

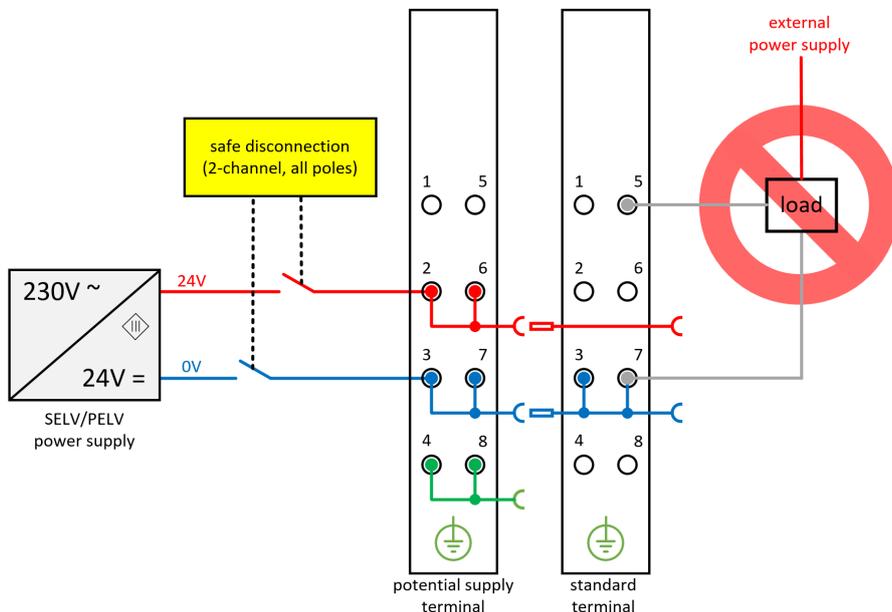
時間遅延

電位グループの電源をオフにすると、下流のコンタクトとアクチュエータのシャットダウンが遅れる可能性があります。この遅延は下流のアクチュエータ、負荷、ラインに依存するため、ユーザは安全のアセスメント時に考慮する必要があります。

2.18.1 回り込みの防止の注意事項

2.18.1.1 別電源とし負荷を切換ええない

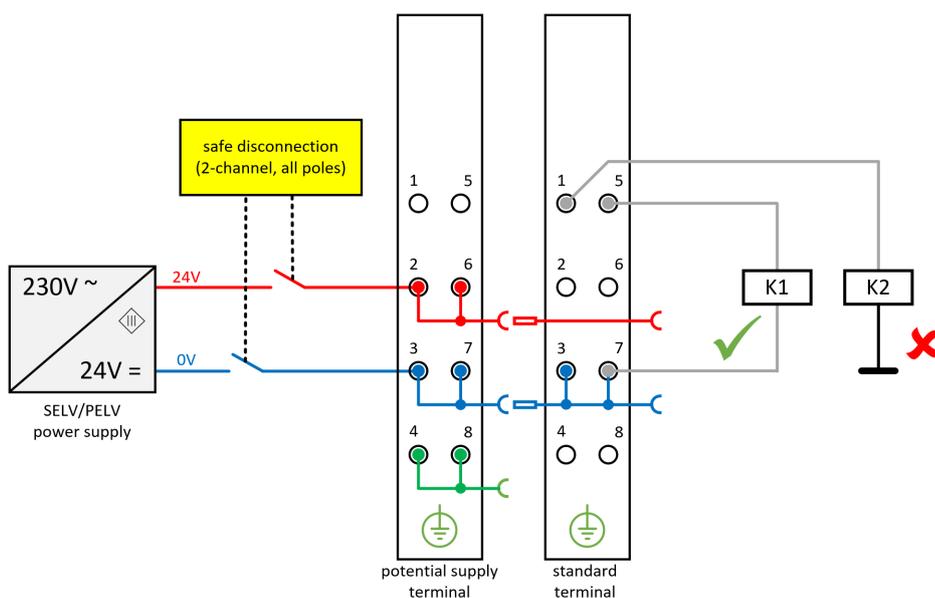
個々の電源をもつ負荷は、この場合に負荷によるフィードバックを除外できないため、標準ターミナルによって切り替えないでください。



一般要件の例外は、接続された負荷のメーカーが制御入力へのフィードバックが発生しないことを保証する場合のみ許容されます。

2.18.1.2 オプション1: 接地方法と全電源系統切断

接続された負荷のアース接続は、それぞれの出力ターミナルや電位グループの安全に切り替えられた接地に送り返す必要があります。(ここで: K1 - 正しい配線、K2 - 不適切な配線)



2. 18. 2 安全入力と安全出力ターミナルのパラメータ

EL1904 (使用するすべてのEL1904に適用)

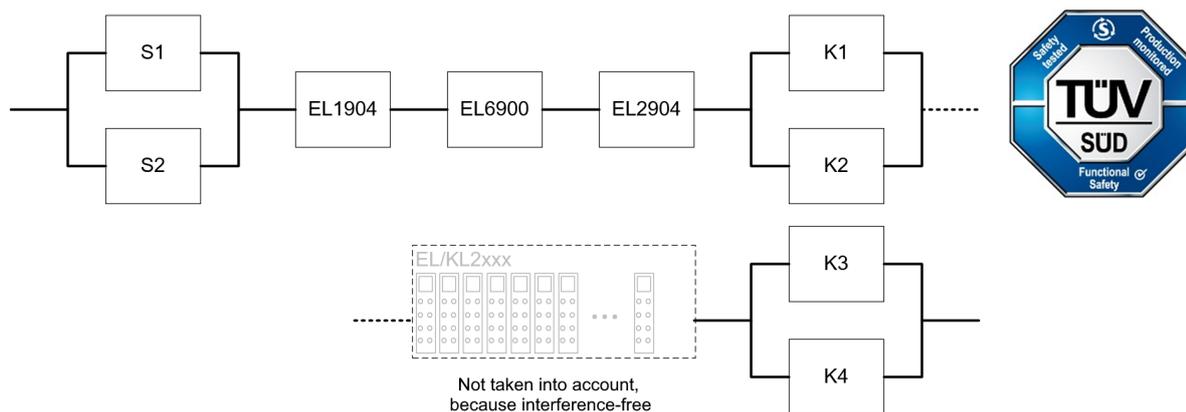
パラメータ	値
Sensor test channel 1 active(センサーテストチャンネル1有効化)	Yes(はい)
Sensor test channel 2 active(センサーテストチャンネル2有効化)	Yes(はい)
Sensor test channel 3 active(センサーテストチャンネル3有効化)	Yes(はい)
Sensor test channel 4 active(センサーテストチャンネル4有効化)	Yes(はい)
Logic channel 1 and 2	シングルロジック
Logic channel 3 and 4	シングルロジック

EL2904

パラメータ	値
Current measurement active(電流測定の有効化)	Yes(はい)
Output test pulses active(出力テストパルス有効化)	Yes(はい)

2. 18. 3 ブロック構造とセーフティループ

2. 18. 3. 1 安全機能1



2.18.4 計算

2.18.4.1 PFHD / MTTFD / B10D - 値

コンポーネント	値
EL1904 - PFH _D	1.11E-09
EL2904 - PFH _D	1.25E-09
EL6900 - PFH _D	1.03E-09
S1 - B10 _D	1,000,000
S2 - B10 _D	2,000,000
K1 - B10 _D	1,300,000
K2 - B10 _D	1,300,000
K3 - B10 _D	1,300,000
K4 - B10 _D	1,300,000
1年あたりの平均運転日数 (d _{op})	230
1日あたりの平均運転時間 (h _{op})	8
1サイクルの平均時間間隔 (T _{cycle})	15 (時間当たり4回)
寿命 (T1)	20年 = 175200時間

2.18.4.2 診断範囲DC

コンポーネント	値
S1/S2 (テスト/妥当性チェック付き)	DC _{avg} =99%
K1/K2 (テストおよびEDM付き)	DC _{avg} =99%
K3/K4 (EDM付き)	DC _{avg} =90%

2.18.4.3 安全機能1の計算

B10_D値からPFH_DとMTTF_D値の計算

最初の式:

$$n_{op} = \frac{d_{op} * h_{op} * 60}{T_{zyklus}}$$

および:

$$MTTF_D = \frac{B10_D}{0,1 * n_{op}}$$

値を代入すると、この式は以下ようになります。

S1:

$$n_{op} = \frac{230 * 8 * 60}{15} = 7360$$

$$MTTF_D = \frac{1.000.000}{0,1 * 7360} = 1358,7y = 11902212h$$

S2:

$$n_{op} = \frac{230 * 8 * 60}{15} = 7360$$

$$MTTF_D = \frac{2.000.000}{0,1 * 7360} = 2717,4y = 23804424h$$

K1/K2/K3/K4:

$$n_{op} = \frac{230 * 8 * 60}{15} = 7360$$

$$MTTF_D = \frac{1.300.000}{0,1 * 7360} = 1766,3y = 15472788h$$

そして、S1、S2、K1、K2、K3、およびK4がそれぞれシングルチャンネルだと仮定すると、

$$MTTF_D = \frac{1}{\lambda_D}$$

以下の式になります。

$$PFH = \frac{0,1 * n_{op} * (1 - DC)}{B10_D} = \frac{1 - DC}{MTTF_D}$$

S1

$$PFH = \frac{1 - 0,99}{1358,7 * 8760} = 8,40E - 10$$

S2

$$PFH = \frac{1 - 0,99}{2717,4 * 8760} = 4,20E - 10$$

K1/K2

$$PFH = \frac{1 - 0,99}{1766,3 * 8760} = 6,46E - 10$$

K3/K4

$$PFH = \frac{1 - 0,90}{1766,3 * 8760} = 6,46E - 09$$

ここで次の仮定が想定されます。

ドアスイッチS1/S2は、常に反対方向に作動します。スイッチは異なる値を持っていますが、完全な安全扉スイッチはN.C. とN.O. 接点の組み合わせで構造され、2つのスイッチが機能する必要があるため、2つの値の下位の値になる（S1）が組み合わせとして採用されます。

コンタクタK1、K2、K3、および K4 は、安全機能にすべて接続されます。機能していないコンタクタは危険な状態にはなりません、フィードバックによって検出されます。さらに、K1、K2、K3、およびK4用のB10_D値は同一です。

2つのチャンネルによって接続されているコンポーネント間には結合係数があります。例として、これらのコンポーネントの間には、温度、EMC、ピーク電圧、または信号があります。これは、β=10%の最悪ケースの推定値と想定されます。EN 62061には、β-係数を正確に決定できる表があります。さらに、エラー(コンタクタ接点の過電流、制御盤の温度超過など)の原因で両方のチャンネルに同時に危険側故障が発生することを防ぐために、すべての通常の対策が取られていると想定しています。

したがって、安全機能1のためのPFH_D値の計算は以下のようになります。

$$PFH_{ges} = \beta * \frac{PFH_{(S1)} + PFH_{(S2)}}{2} + (1 - \beta)^2 * (PFH_{(S1)} * PFH_{(S2)}) * T1 + PFH_{(EL1904)} + PFH_{(EL6900)} + PFH_{(EL2904)} + \beta * \frac{PFH_{(K1)} + PFH_{(K2)}}{2} + (1 - \beta)^2 * (PFH_{(K1)} * PFH_{(K2)}) * T1 + \beta * \frac{PFH_{(K3)} + PFH_{(K4)}}{2} + (1 - \beta)^2 * (PFH_{(K3)} * PFH_{(K4)}) * T1$$

$(1-\beta)^2 * (PFH_{(x)} * PFH_{(y)}) * T1$ の部分は残りの部分よりも極めて小さい(10乗分のみ)ため、この式では以降の計算を簡単にするために無視されます。

以下のようになります。

$$\begin{aligned} PFH_{ges} &= 10\% * \frac{8,40E-10 + 4,20E-10}{2} + 1,11E-09 + 1,03E-09 + 1,25E-09 \\ &\quad + 10\% * \frac{6,46E-10 + 6,46E-10}{2} + 10\% * \frac{6,46E-09 + 6,46E-09}{2} \\ &= 4,16E-09 \end{aligned}$$

安全機能1 (同様の仮定の下で)用のMTTF₀ 値の計算

$$\frac{1}{MTTF_{Dges}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{MTTF_{Dn}}$$

したがって、

$$\frac{1}{MTTF_{Dges}} = \frac{1}{MTTF_{D(S1)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL1904)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL6900)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL2904)}} + \frac{1}{MTTF_{D(K1)}} + \frac{1}{MTTF_{D(K3)}}$$

PFH₀値のみがEL1904、EL2904およびEL6900に利用できる場合、次のようになります。

$$MTTF_{D(ELxxx)} = \frac{(1 - DC_{(ELxxx)})}{PFH_{(ELxxx)}}$$

ここから、

$$MTTF_{D(EL1904)} = \frac{(1 - DC_{(EL1904)})}{PFH_{(EL1904)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,11E-09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{9,72E-06 \frac{1}{y}} = 1028,8y$$

$$MTTF_{D(EL6900)} = \frac{(1 - DC_{(EL6900)})}{PFH_{(EL6900)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,03E-09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{9,02E-06 \frac{1}{y}} = 1108,6y$$

$$MTTF_{D(EL2904)} = \frac{(1 - DC_{(EL2904)})}{PFH_{(EL2904)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,25E-09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{1,1E-05 \frac{1}{y}} = 913,2y$$

$$MTTF_{Dges} = \frac{1}{\frac{1}{1358,7y} + \frac{1}{1028,8y} + \frac{1}{1108,6y} + \frac{1}{913,2y} + \frac{1}{1766,3y} + \frac{1}{1766,3y}} = 206,7y$$

$$\begin{aligned} DC_{avg} &= \frac{\frac{99\%}{1358,7y} + \frac{99\%}{2717,4y} + \frac{99\%}{1028,8y} + \frac{99\%}{1108,6y} + \frac{99\%}{913,2y} + \frac{99\%}{1766,3y} + \frac{99\%}{1766,3y} + \frac{90\%}{1766,3y} + \frac{90\%}{1766,3y}}{\frac{1}{1358,7y} + \frac{1}{2717,4y} + \frac{1}{1028,8y} + \frac{1}{1108,6y} + \frac{1}{913,2y} + \frac{1}{1766,3y} + \frac{1}{1766,3y} + \frac{1}{1766,3y} + \frac{1}{1766,3y}} \\ &= 97,39\% \end{aligned}$$

注記

カテゴリ

この構造では、最大でカテゴリ4までが可能です。

MTTF _D	
各チャンネルの名称	各チャンネルの範囲
low	3年 ≤ MTTF _D < 10年
medium	10年 ≤ MTTF _D < 30年
high	30年 ≤ MTTF _D ≤ 100年

DC	
名前	範囲
なし	DC < 60 %
low	60 % ≤ DC < 90 %
medium	90 % ≤ DC < 99 %
high	99 % ≤ DC

注記

診断範囲

実用的に使いやすくするために、範囲の数は4つに制限されています。この表に示されている制限値の精度は5%です。

Category	B	1	2	2	3	3	4
DC / MTTF _D	none	none	low	medium	low	medium	high
low	a	-	a	b	b	c	-
medium	b	-	b	c	c	d	-
high	-	c	c	d	d	d	e

テーブル3 EN62061に準拠した安全度水準 (Safety Integrity Level)

安全度水準	時間当たりの危険故障確率 (PFH _D)
3	≥ 10 ⁻⁸ ~ < 10 ⁻⁷
2 ^(*)	≥ 10 ⁻⁷ ~ < 10 ⁻⁶
1	≥ 10 ⁻⁶ ~ < 10 ⁻⁵

(*) EN 62061 チャプタ6.7.7.2に準拠して、SILCLはサブシステムの構造的に制約に関係して最大SIL2に制限されます。サブシステムはHFTが0で、危険障害の原因となる故障に故障除外が適用されています。

2.19.1 安全入力と安全出力ターミナルのパラメータ

EL1904 (使用するすべてのEL1904に適用)

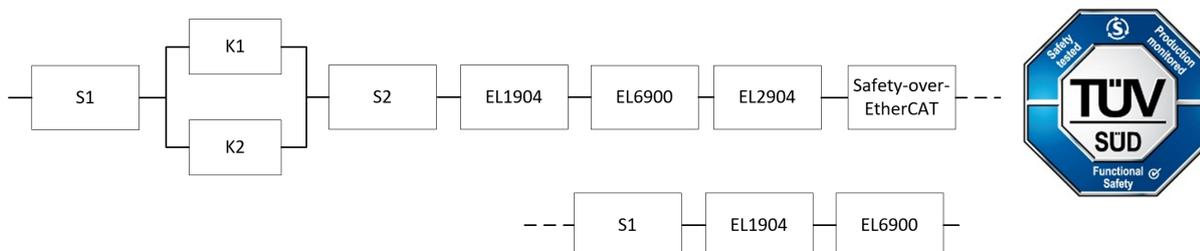
パラメータ	値
Sensor test channel 1 active(センサーテストチャンネル1有効化)	Yes(はい)
Sensor test channel 2 active(センサーテストチャンネル2有効化)	Yes(はい)
Sensor test channel 3 active(センサーテストチャンネル3有効化)	Yes(はい)
Sensor test channel 4 active(センサーテストチャンネル4有効化)	Yes(はい)
Logic channel 1 and 2	シングルロジック
Logic channel 3 and 4	シングルロジック

EL2904

パラメータ	値
Current measurement active(電流測定の有効化)	Yes(はい)
Output test pulses active(出力テストパルス有効化)	Yes(はい)

2.19.2 ブロック構造とセーフティループ

2.19.2.1 安全機能1



2.19.3 計算

2.19.3.1 PFHD / MTTFD / B10D - 値

コンポーネント	値
EL1904 - PFH _D	1.11E-09
EL2904 - PFH _D	1.25E-09
EL6900 - PFH _D	1.03E-09
Safety-over-EtherCAT (FSOE) - PFH _D	1.00E-09
S1 - B10 _D	1,000,000
S2 - B10 _D	2,000,000
K1 - B10 _D	1,300,000
K2 - B10 _D	1,300,000
1年あたりの平均運転日数 (d _{op})	230
1日あたりの平均運転時間 (h _{op})	8
1サイクルの平均時間間隔 (T _{cycle})	15 (時間当たり4回)
寿命 (T1)	20年 = 175200時間

2.19.3.2 診断範囲DC

コンポーネント	値
S1 (テスト/妥当性チェック付き)	DC _{avg} =99%
S2 (妥当性チェック付き)	DC _{avg} =90%
K1/K2 (テストおよびEDM付き) (作動/シフト当たり1回)	DC _{avg} =99%

2.19.3.3 安全機能1の計算

B10_D値からPFH_DとMTTF_D値の計算

最初の式:

$$n_{op} = \frac{d_{op} * h_{op} * 60}{T_{Zyklus}}$$

および:

$$MTTF_D = \frac{B10_D}{0,1 * n_{op}}$$

値を代入すると、この式は以下ようになります。

S1:

$$n_{op} = \frac{230 * 8 * 60}{15} = 7360$$

$$MTTF_D = \frac{1.000.000}{0,1 * 7360} = 1358,7y = 11902212h$$

S2:

$$n_{op} = \frac{230 * 8 * 60}{15} = 7360$$

$$MTTF_D = \frac{2.000.000}{0,1 * 7360} = 2717,4y = 23804424h$$

K1/K2:

$$n_{op} = \frac{230 * 8 * 60}{15} = 7360$$

$$MTTF_D = \frac{1.300.000}{0,1 * 7360} = 1766,3y = 15472788h$$

そして、S1、S2、K1、およびK2がそれぞれシングルチャンネルだと仮定すると、

$$MTTF_D = \frac{1}{\lambda_D}$$

以下の式になります。

$$PFH = \frac{0,1 * n_{op} * (1 - DC)}{B10_D} = \frac{1 - DC}{MTTF_D}$$

S1:

$$PFH = \frac{1 - 0,99}{1358,7 * 8760} = 8,40E - 10$$

S2:

$$PFH = \frac{1 - 0,90}{2717,4 * 8760} = 4,20E - 09$$

K1/K2: 作動/シフト当たり1回および直接フィードバック

$$PFH = \frac{1 - 0,99}{1766,3 * 8760} = 6,46E - 10$$

ここで次の仮定が想定されます。

安全スイッチS1: BGIAレポート 2008年2月によると、製造業者がこれを確認した場合、最大10万サイクルまでのエラー除外ができます。メーカーからの確認がない場合、S1は次のように計算に含まれます。

リレーK1とK2は、両方とも安全機能に接続されます。リレーが機能しなくても危険な状態にはなりませんが、フィードバックによって検出されます。さらに、K1とK2用のB10₀値は同一です。

2つのチャンネルによって接続されているコンポーネント間には結合係数があります。例として、これらのコンポーネントの間には、温度、EMC、ピーク電圧、または信号があります。これは、β=10%の最悪ケースの推定値と想定されます。EN 62061には、β-係数を正確に決定できる表があります。さらに、エラー(リレー接点の過電流、制御盤の温度超過など)の原因で両方のチャンネルに同時に危険側故障が発生することを防ぐために、すべての通常の対策が取られていると想定しています。

したがって、安全機能1のためのPFH₀値の計算は以下のようになります。

$$PFH_{ges} = PFH_{(S1)} + \beta * \frac{PFH_{(K1)} + PFH_{(K2)}}{2} + (1 - \beta)^2 * (PFH_{(K1)} * PFH_{(K2)}) * T1 + PFH_{(S2)} + PFH_{(EL1904)} + PFH_{(EL6900)} + PFH_{(EL2904)} + PFH_{(FS0E)} + PFH_{(S1)} + PFH_{(EL1904)} + PFH_{(EL6900)}$$

$(1 - \beta)^2 * (PFH_{(K1)} * PFH_{(K2)}) * T1$ の部分は残りの部分よりも極めて小さい(10乗分のみ)ため、この式では以降の計算を簡単にするために無視されます。

以下のようになります。

$$PFH_{ges} = 8,40E - 10 + 10\% * \frac{6,46E - 10 + 6,46E - 10}{2} + 4,20E - 09 + 1,11E - 09 + 1,03E - 09 + 1,25E - 09 + 1,00E - 09 + 8,40E - 10 + 1,11E - 09 + 1,03E - 09 = 1,25E - 08$$

安全機能1 (同様の仮定の下で)用のMTTF_D 値の計算

$$\frac{1}{MTTF_{Dges}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{MTTF_{Dn}}$$

したがって、

$$\frac{1}{MTTF_{Dges}} = \frac{1}{MTTF_{D(S1)}} + \frac{1}{MTTF_{D(K1)}} + \frac{1}{MTTF_{D(S2)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL1904)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL6900)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL2904)}} + \frac{1}{MTTF_{D(FSoE)}} + \frac{1}{MTTF_{D(S1)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL1904)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL6900)}}$$

ここで、

$$MTTF_{D(S1)} = \frac{B10_{D(S1)}}{0,1 * n_{op}}$$

$$MTTF_{D(S2)} = \frac{B10_{D(S2)}}{0,1 * n_{op}}$$

$$MTTF_{D(K1)} = \frac{B10_{D(K1)}}{0,1 * n_{op}}$$

PFH₀値のみがEL1904、EL2904およびEL6900に利用できる場合、次のようになります。

$$MTTF_{D(ELxxx)} = \frac{(1 - DC_{(ELxxx)})}{PFH_{(ELxxx)}}$$

ここから、

$$MTTF_{D(EL1904)} = \frac{(1 - DC_{(EL1904)})}{PFH_{(EL1904)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,11E - 09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{9,72E - 06 \frac{1}{y}} = 1028,8y$$

$$MTTF_{D(EL6900)} = \frac{(1 - DC_{(EL6900)})}{PFH_{(EL6900)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,03E - 09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{9,02E - 06 \frac{1}{y}} = 1108,6y$$

$$MTTF_{D(EL2904)} = \frac{(1 - DC_{(EL2904)})}{PFH_{(EL2904)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,25E - 09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{1,1E - 05 \frac{1}{y}} = 913,2y$$

$$MTTF_{D(FSoE)} = \frac{(1 - DC_{(FSoE)})}{PFH_{(FSoE)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,00E - 09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{8,76E - 06 \frac{1}{y}} = 1141,6y$$

$$MTTF_{Dges} = \frac{1}{\frac{1}{1358,7y} + \frac{1}{1766,3y} + \frac{1}{2717,4y} + \frac{1}{1028,8y} + \frac{1}{1108,6y} + \frac{1}{913,2y} + \frac{1}{1141,6y} + \frac{1}{1358,7y} + \frac{1}{1028,8y} + \frac{1}{1108,6y}} = 123,1y$$

$$DC_{avg} = \frac{\frac{99\%}{1358,7y} + \frac{99\%}{1766,3y} + \frac{99\%}{1766,3y} + \frac{90\%}{2717,4y} + \frac{99\%}{1028,8y} + \frac{99\%}{1108,6y} + \frac{99\%}{913,2y} + \frac{99\%}{1141,6y} + \frac{99\%}{1358,7y} + \frac{99\%}{1028,8y} + \frac{99\%}{1108,6y}}{\frac{1}{1358,7y} + \frac{1}{1766,3y} + \frac{1}{1766,3y} + \frac{1}{2717,4y} + \frac{1}{1028,8y} + \frac{1}{1108,6y} + \frac{1}{913,2y} + \frac{1}{1141,6y} + \frac{1}{1358,7y} + \frac{1}{1028,8y} + \frac{1}{1108,6y}} = 98,99\%$$

注記

カテゴリ

この構造では、最大でカテゴリ4までが可能です。

MTTF _D	
各チャンネルの名称	各チャンネルの範囲
low	3年 ≤ MTTFD < 10年
medium	10年 ≤ MTTFD < 30年
high	30年 ≤ MTTFD ≤ 100年

DC	
名前	範囲
なし	DC < 60 %
low	60 % ≤ DC < 90 %
medium	90 % ≤ DC < 99 %
high	99 % ≤ DC

注記

診断範囲

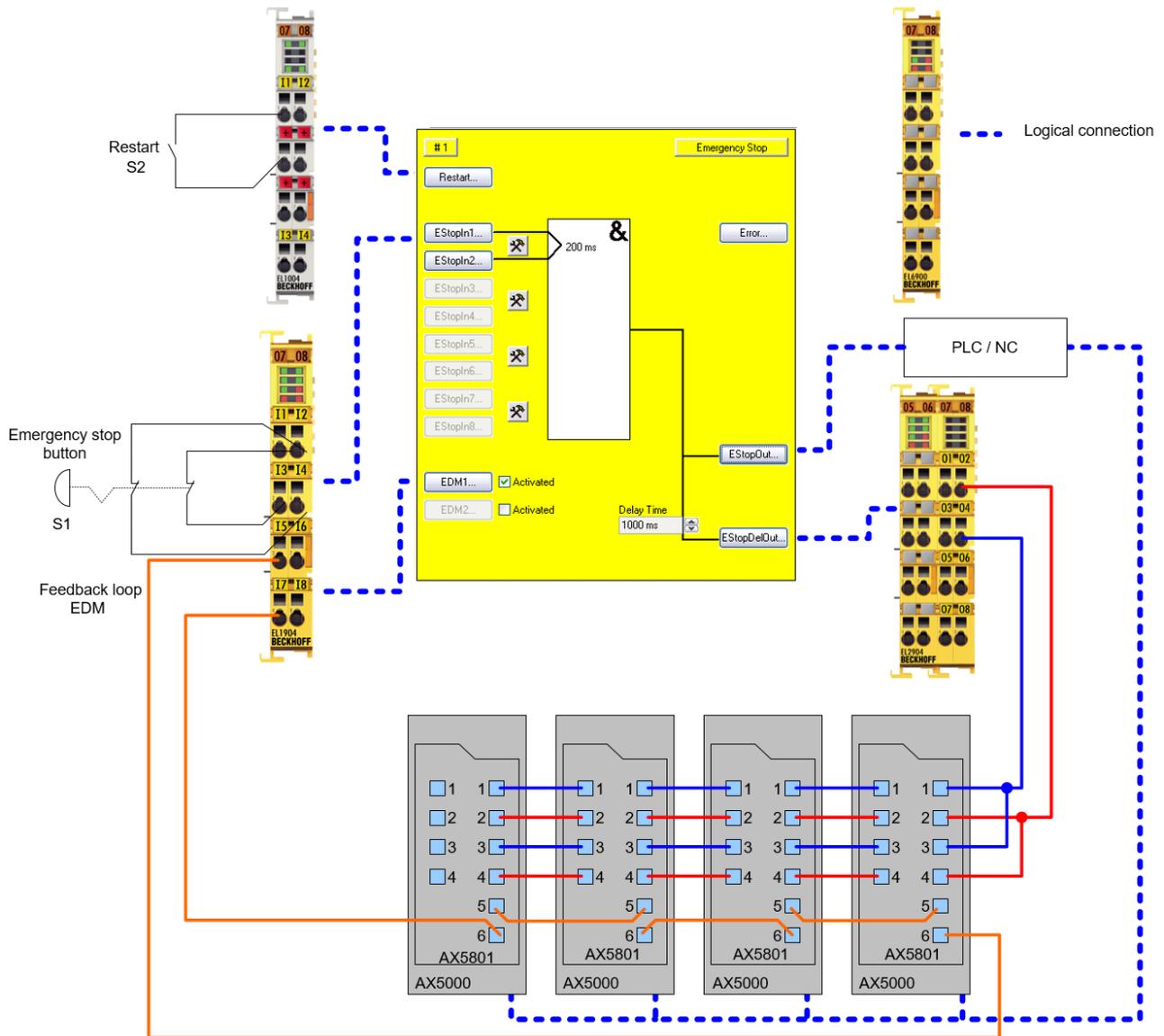
実用的に使いやすくするために、範囲の数は4つに制限されています。この表に示されている制限値の精度は5%です。

Category	B	1	2	2	3	3	4
DC / MTTFD	none	none	low	medium	low	medium	high
low	a	-	a	b	b	c	-
medium	b	-	b	c	c	d	-
high	-	c	c	d	d	d	e

2.20 SS1停止機能付きドライブオプションAX5801 (Cat. 4/PLe)

FB ESTOPの非常停止ボタン入力EStopIn1とEStopIn2を有効にすると、ステート「0」の状態に切り替わり、その結果、FB ESTOPの出力EStopOutとEStopDelOutがステート「0」に切り替わります。結果として、即時停止コマンドがPLCに発行され、そのため、EtherCAT経由でAX5000に発行されます。ESTOP FBの出力EStopDelOutは、指定された遅延時間(この場合は、1000 msなど)の終了後、安全オプションAX5801の24 V電源供給が遮断され、AX5801の内部リレー電圧を除去するようにします。2つのチャンネル(モータ)は、AX5000の内部スイッチオフのパス経由でトルクフリーに切り替えられます。

不一致時間の評価とチェックは、入力信号に対して有効になっています。出力のテストも有効です。4 AX5801オプションカードのリレーは、EL2904の安全出力に並列に配線されます。フィードバックループは、安全入力に直列に配線されます。リセット信号は、非安全入力に配線されます。



2. 20. 1 安全入力と安全出力ターミナルのパラメータ

EL1904 (使用するすべてのEL1904に適用)

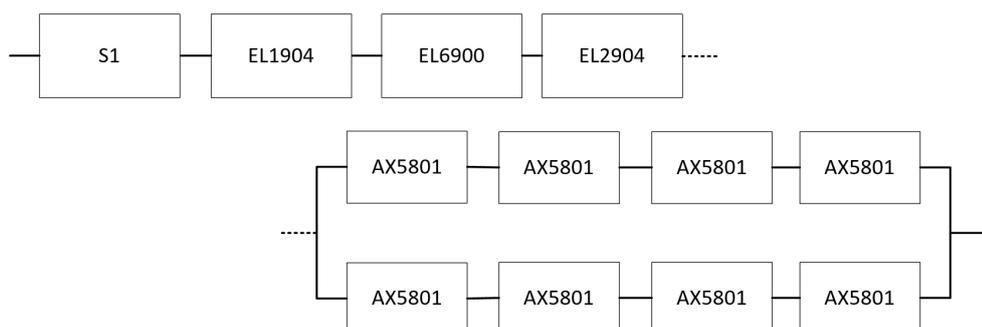
パラメータ	値
Sensor test channel 1 active(センサーテストチャンネル1有効化)	Yes(はい)
Sensor test channel 2 active(センサーテストチャンネル2有効化)	Yes(はい)
Sensor test channel 3 active(センサーテストチャンネル3有効化)	Yes(はい)
Sensor test channel 4 active(センサーテストチャンネル4有効化)	Yes(はい)
Logic channel 1 and 2	シングルロジック
Logic channel 3 and 4	シングルロジック

EL2904

パラメータ	値
Current measurement active(電流測定の有効化)	Yes(はい)
Output test pulses active(出力テストパルス有効化)	Yes(はい)

2. 20. 2 ブロック構造とセーフティループ

2. 20. 2. 1 安全機能1



2. 20. 3 計算

2. 20. 3. 1 PFHD / MTTFD / B10D - 値

コンポーネント	値
EL1904 - PFH _D	1. 11E-09
EL2904 - PFH _D	1. 25E-09
EL6900 - PFH _D	1. 03E-09
AX5801 - B10 _D	780, 000
S1 - B10 _D	100, 000
1年あたりの平均運転日数 (d _{op})	230
1日あたりの平均運転時間 (h _{op})	8
1サイクルの平均時間間隔 (T _{cycle})	60 (時間当たり1回)
寿命 (T1)	20年 = 175200時間

2. 20. 3. 2 診断範囲DC

コンポーネント	値
S1 (テスト/妥当性チェック付き)	DC _{avg} =99%
AX5801	DC _{avg} =99%

2. 20. 3. 3 安全機能1の計算

B10_D値からPFH_DとMTTF_D値の計算

最初の式:

$$n_{op} = \frac{d_{op} * h_{op} * 60}{T_{Zyklus}}$$

および:

$$MTTF_D = \frac{B10_D}{0,1 * n_{op}}$$

値を代入すると、この式は以下ようになります。

S1:

$$n_{op} = \frac{230 * 8 * 60}{60} = 1840$$

$$MTTF_D = \frac{100.000}{0,1 * 1840} = 543,5y = 4761060h$$

AX5801:

$$n_{op} = \frac{230 * 8 * 60}{60} = 1840$$

$$MTTF_D = \frac{780.000}{0,1 * 1840} = 4239,1y = 37134516h$$

$$T_{10D} = \frac{B10_D}{n_{op}} \frac{780.000}{1840 \frac{1}{y}} = 423y$$

そして、S1がシングルチャンネルだと仮定すると、

$$MTTF_D = \frac{1}{\lambda_D}$$

以下の式になります。

$$PFH = \frac{0,1 * n_{op} * (1 - DC)}{B10_D} = \frac{1 - DC}{MTTF_D}$$

S1:

$$PFH = \frac{1 - 0,99}{543,5 * 8760} = 2,10E - 09$$

AX5801:

$$PFH = \frac{1 - 0,99}{4239,1 * 8760} = 2,70E - 10$$

ここで次の仮定が想定されます。

安全スイッチS1: BGIAレポート 2008年2月によると、製造業者がこれを確認した場合、最大10万サイクルまでのエラー除外ができます。メーカーからの確認がない場合、S1は次のように計算に含まれます。

2つのチャンネルによって接続されているコンポーネント間には結合係数があります。例として、これらのコンポーネントの間には、温度、EMC、ピーク電圧、または信号があります。これは、β=10%の最悪ケースの推定値と想定されます。EN 62061には、β-係数を正確に決定できる表があります。さらに、エラー(リレー接点の過電流、制御盤の温度超過など)の原因で両方のチャンネルに同時に危険側故障が発生することを防ぐために、すべての通常の対策が取られていると想定しています。

したがって、安全機能1のためのPFH₀値の計算は以下のようになります。

$$PFH_{ges} = PFH_{(S1)} + PFH_{(EL1904)} + PFH_{(EL6900)} + PFH_{(EL2904)} + \beta * \frac{4 * PFH_{(AX5801)} + 4 * PFH_{(AX5801)}}{2} + 4 * (1 - \beta)^2 * (PFH_{(AX5801)} * PFH_{(AX5801)}) * T1$$

(1 - β)² * (PFH_(x) * PFH_(y)) * T1 の部分は残りの部分よりも極めて小さい(10乗分のみ)ため、この式では以降の計算を簡単にするために無視されます。

以下のようになります。

$$PFH_{ges} = 2,10E - 09 + 1,11E - 09 + 1,03E - 09 + 1,25E - 09 + 10\% * \frac{4 * 2,70E - 10 + 4 * 2,70E - 10}{2} = 5,60E - 09$$

安全機能1 (同様の仮定の下で)用のMTTF₀ 値の計算

$$\frac{1}{MTTF_{Dges}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{MTTF_{Dn}}$$

したがって、

$$\frac{1}{MTTF_{Dges}} = \frac{1}{MTTF_{D(S1)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL1904)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL6900)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL2904)}} + \frac{1}{MTTF_{D(AX5801)}} + \frac{1}{MTTF_{D(AX5801)}} + \frac{1}{MTTF_{D(AX5801)}} + \frac{1}{MTTF_{D(AX5801)}}$$

ここで、

$$MTTF_{D(S1)} = \frac{B10_{D(S1)}}{0,1 * n_{op}}$$

$$MTTF_{D(AX5801)} = \frac{B10_{D(AX5801)}}{0,1 * n_{op}}$$

PFH₀値のみがEL1904、EL2904およびEL6900に利用できる場合、次のようになります。

$$MTTF_{D(ELxxxx)} = \frac{(1 - DC_{(ELxxxx)})}{PFH_{(ELxxxx)}}$$

ここから、

$$MTTF_{D(EL1904)} = \frac{(1 - DC_{(EL1904)})}{PFH_{(EL1904)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,11E - 09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{9,72E - 06 \frac{1}{y}} = 1028,8y$$

$$MTTF_{D(EL6900)} = \frac{(1 - DC_{(EL6900)})}{PFH_{(EL6900)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,03E - 09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{9,02E - 06 \frac{1}{y}} = 1108,6y$$

$$MTTF_{D(EL2904)} = \frac{(1 - DC_{(EL2904)})}{PFH_{(EL2904)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,25E - 09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{1,1E - 05 \frac{1}{y}} = 913,2y$$

$$MTTF_{D_{ges}} = \frac{1}{\frac{1}{543,5y} + \frac{1}{1028,8y} + \frac{1}{1108,6y} + \frac{1}{913,2y} + \frac{1}{4239,1y} + \frac{1}{4239,1y} + \frac{1}{4239,1y} + \frac{1}{4239,1y}} = 173,8y$$

$$DC_{avg} = \frac{\frac{99\%}{543,5y} + \frac{99\%}{1028,8y} + \frac{99\%}{1108,6y} + \frac{99\%}{913,2y} + \frac{99\%}{4239,1y} + \frac{99\%}{4239,1y}}{\frac{1}{543,5y} + \frac{1}{1028,8y} + \frac{1}{1108,6y} + \frac{1}{913,2y} + \frac{1}{4239,1y} + \frac{1}{4239,1y}} = 99,00\%$$

注記

カテゴリ

この構造では、最大でカテゴリ4までが可能です。

⚠ 注意

装置に再起動ロックを実装してください。

再起動ロックは安全チェーンの一部ではないため、装置に実装する必要があります。

MTTF_D

各チャンネルの名称	各チャンネルの範囲
low	3年 ≤ MTTF _D < 10年
medium	10年 ≤ MTTF _D < 30年
high	30年 ≤ MTTF _D ≤ 100年

DC

名前	範囲
なし	DC < 60 %
low	60 % ≤ DC < 90 %
medium	90 % ≤ DC < 99 %
high	99 % ≤ DC

注記

診断範囲

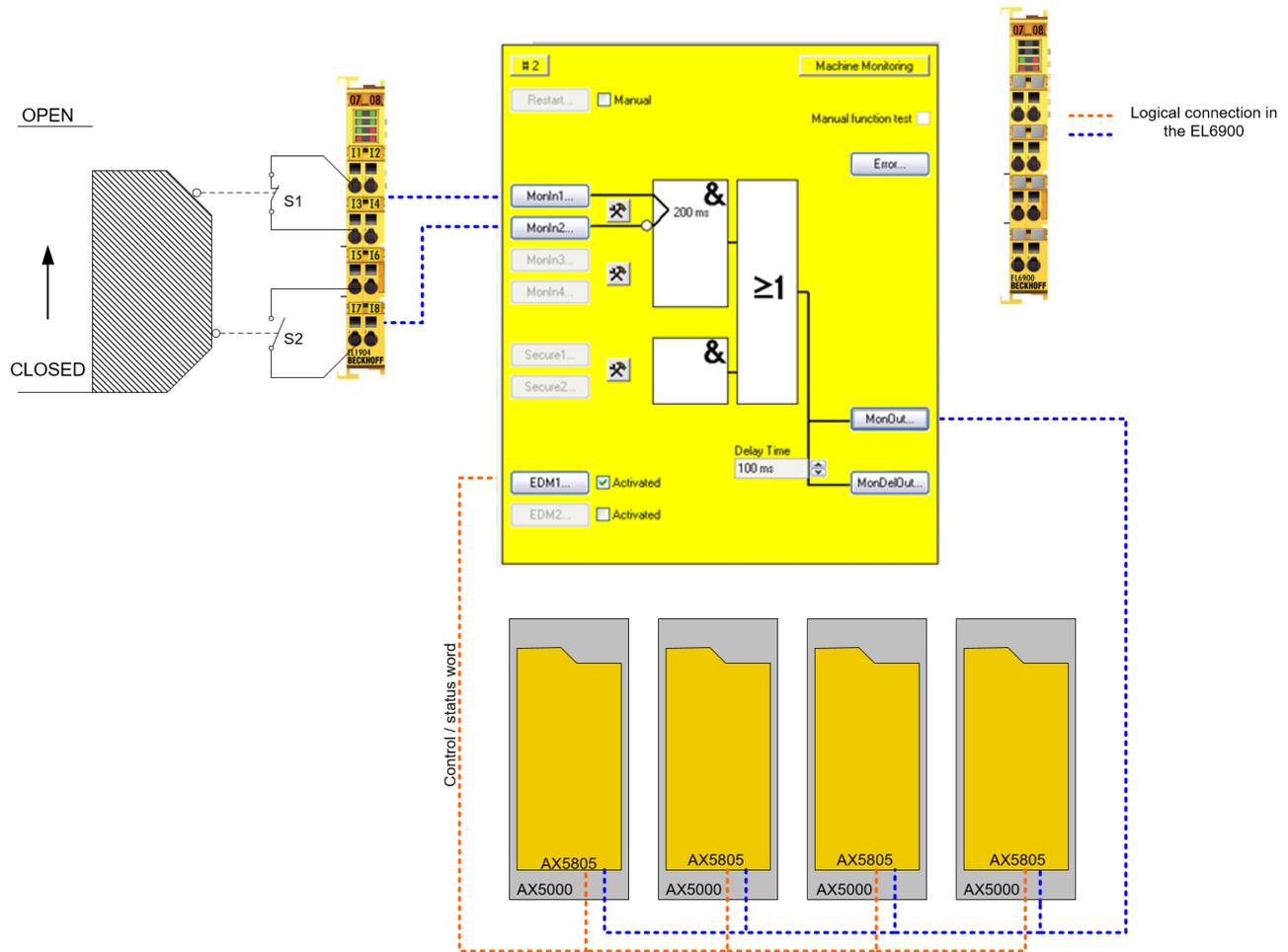
実用的に使いやすくするために、範囲の数は4つに制限されています。この表に示されている制限値の精度は5%です。

Category	B	1	2	2	3	3	4
DC / MTTF _D	none	none	low	medium	low	medium	high
low	a	-	a	b	b	c	-
medium	b	-	b	c	c	d	-
high	-	c	c	d	d	d	e

2.21 SS2停止機能付きドライブオプションAX5805 (Cat. 4/PLe)

安全扉は、N.C. とN.O. 接点の組み合わせを使用して、EL1904安全入力ターミナルに接続されます。センサーテストによる評価と不一致時間に対する評価は、入力信号に対して有効になっています。出力はAX5805にリンクされます。

フィードバック信号は、ドライブオプションによって戻された制御とステータスワードによって確認します。



2.21.1 安全入力と安全出力ターミナルのパラメータ

EL1904 (使用するすべてのEL1904に適用)

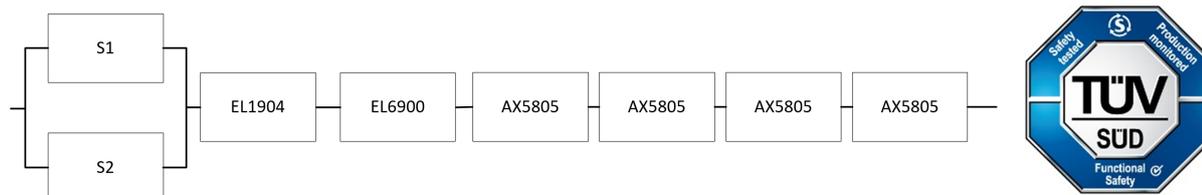
パラメータ	値
Sensor test channel 1 active(センサーテストチャンネル1有効化)	Yes (はい)
Sensor test channel 2 active(センサーテストチャンネル2有効化)	Yes (はい)
Sensor test channel 3 active(センサーテストチャンネル3有効化)	Yes (はい)
Sensor test channel 4 active(センサーテストチャンネル4有効化)	Yes (はい)
Logic channel 1 and 2	シングルロジック
Logic channel 3 and 4	シングルロジック

AX5805

パラメータ	値
-	

2. 21. 2 ブロック構造とセーフティループ

2. 21. 2. 1 安全機能1



2. 21. 3 計算

2. 21. 3. 1 PFHD / MTTFD / B10D - 値

コンポーネント	値
EL1904 - PFH _D	1. 11E-09
EL6900 - PFH _D	1. 03E-09
AX5805 - PFH _D	5. 15E-09 (認定モータリストを参照)
S1 - B10 _D	1, 000, 000
S2 - B10 _D	2, 000, 000
1年あたりの平均運転日数 (d _{op})	230
1日あたりの平均運転時間 (h _{op})	8
1サイクルの平均時間間隔 (T _{cycle})	60 (時間当たり1回)
寿命 (T1)	20年 = 175200時間

2. 21. 3. 2 診断範囲DC

コンポーネント	値
S1/S2 (テスト/妥当性チェック付き)	DC _{avg} =99%

2. 21. 3. 3 安全機能1の計算

B10_D値からPFH_DとMTTF_D 値の計算

最初の式:

$$n_{op} = \frac{d_{op} * h_{op} * 60}{T_{Zyklus}}$$

および:

$$MTTF_D = \frac{B10_D}{0,1 * n_{op}}$$

値を代入すると、この式は以下ようになります。

S1:

$$n_{op} = \frac{230 * 8 * 60}{60} = 1840$$

$$MTTF_D = \frac{1.000.000}{0,1 * 1840} = 5434,8y = 47608848h$$

S2:

$$n_{op} = \frac{230 * 8 * 60}{60} = 1840$$

$$MTTF_D = \frac{2.000.000}{0,1 * 1840} = 10869,6y = 95217696h$$

そして、S1およびS2がそれぞれシングルチャンネルだと仮定すると、

$$MTTF_D = \frac{1}{\lambda_D}$$

以下の式になります。

$$PFH = \frac{0,1 * n_{op} * (1 - DC)}{B10_D} = \frac{1 - DC}{MTTF_D}$$

S1:

$$PFH = \frac{1 - 0,99}{5434,8 * 8760} = 2,10E - 10$$

S2:

$$PFH = \frac{1 - 0,99}{10869,6 * 8760} = 1,05E - 10$$

ここで次の仮定が想定されます。

ドアスイッチS1/S2は、常に反対方向に作動します。スイッチは異なる値を持っていますが、完全な安全扉スイッチはN. C. とN. O. 接点の組み合わせで構造され、2つのスイッチが機能する必要があるため、2つの値の下位の値になる（S1）が組み合わせとして採用されます。

2つのチャンネルによって接続されているコンポーネント間には結合係数があります。例として、これらのコンポーネントの間には、温度、EMC、ピーク電圧、または信号があります。これは、 $\beta=10\%$ の最悪ケースの推定値と想定されます。EN 62061には、 β -係数を正確に決定できる表があります。さらに、エラー（リレー接点の過電流、制御盤の温度超過など）の原因で両方のチャンネルに同時に危険側故障が発生することを防ぐために、すべての通常の対策が取られていると想定しています。

したがって、安全機能1のためのPFH₀値の計算は以下ようになります。

$$PFH_{ges} = \beta * \frac{PFH_{(S1)} + PFH_{(S2)}}{2} + (1 - \beta)^2 * (PFH_{(S1)} * PFH_{(S2)}) * T1 + PFH_{(EL1904)} + PFH_{(EL6900)} \\ + PFH_{(AX5805)} + PFH_{(AX5805)} + PFH_{(AX5805)} + PFH_{(AX5805)}$$

$(1 - \beta)^2 * (PFH_{(x)} * PFH_{(y)}) * T1$ の部分は残りの部分よりも極めて小さい(10乗分のみ)ため、この式では以降の計算を簡単にするために無視されます。

以下ようになります。

$$PFH_{ges} = 10\% * \frac{2,10E - 10 + 1,05E - 10}{2} + 1,11E - 09 + 1,03E - 09 + 4 * 5,15E - 09 = 2,28E - 08$$

安全機能1（同様の仮定の下で）用のMTTF₀ 値の計算

$$\frac{1}{MTTF_{D_{ges}}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{MTTF_{D_n}}$$

したがって、

$$\frac{1}{MTTF_{D_{ges}}} = \frac{1}{MTTF_{D(S1)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL1904)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL6900)}} + \frac{1}{MTTF_{D(AX5805)}} + \frac{1}{MTTF_{D(AX5805)}} + \frac{1}{MTTF_{D(AX5805)}} + \frac{1}{MTTF_{D(AX5805)}}$$

ここで、

$$MTTF_{D(S1)} = \frac{B10_{D(S1)}}{0,1 * n_{op}}$$

$$MTTF_{D(S2)} = \frac{B10_{D(S2)}}{0,1 * n_{op}}$$

PFH₀値のみがEL1904、AX5805およびEL6900に利用できる場合、次のようになります。

$$MTTF_{D(ELxxx)} = \frac{(1 - DC_{(ELxxx)})}{PFH_{(ELxxx)}}$$

ここから、

$$MTTF_{D(EL1904)} = \frac{(1 - DC_{(EL1904)})}{PFH_{(EL1904)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,11E - 09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{9,72E - 06 \frac{1}{y}} = 1028,8y$$

$$MTTF_{D(EL6900)} = \frac{(1 - DC_{(EL6900)})}{PFH_{(EL6900)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,03E - 09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{9,02E - 06 \frac{1}{y}} = 1108,6y$$

$$MTTF_{D(AX5805)} = \frac{(1 - DC_{(AX5805)})}{PFH_{(AX5805)}} = \frac{(1 - 0,99)}{5,15E - 09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{4,51E - 05 \frac{1}{y}} = 221,7y$$

$$MTTF_{D_{ges}} = \frac{1}{\frac{1}{5434,8y} + \frac{1}{1028,8y} + \frac{1}{1108,6y} + \frac{1}{221,7y} + \frac{1}{221,7y} + \frac{1}{221,7y} + \frac{1}{221,7y}} = 49,8y$$

$$DC_{avg} = \frac{\frac{99\%}{5434,8y} + \frac{99\%}{10869,6y} + \frac{99\%}{1028,8y} + \frac{99\%}{1108,6y} + \frac{99\%}{221,7y} + \frac{99\%}{221,7y} + \frac{99\%}{221,7y} + \frac{99\%}{221,7y}}{\frac{1}{5434,8y} + \frac{1}{10869,6y} + \frac{1}{1028,8y} + \frac{1}{1108,6y} + \frac{1}{221,7y} + \frac{1}{221,7y} + \frac{1}{221,7y} + \frac{1}{221,7y}} = 99,00\%$$

注記

カテゴリ

この構造では、最大でカテゴリ4までが可能です。

MTTF _D	
各チャンネルの名称	各チャンネルの範囲
low	3年 ≤ MTTF _D < 10年
medium	10年 ≤ MTTF _D < 30年
high	30年 ≤ MTTF _D ≤ 100年

DC	
名前	範囲
なし	DC < 60 %
low	60 % ≤ DC < 90 %
medium	90 % ≤ DC < 99 %
high	99 % ≤ DC

注記

診断範囲

実用的に使いやすくするために、範囲の数は4つに制限されています。この表に示されている制限値の精度は5%です。

Category	B	1	2	2	3	3	4
DC / MTTF _D	none	none	low	medium	low	medium	high
low	a	-	a	b	b	c	-
medium	b	-	b	c	c	d	-
high	-	c	c	d	d	d	e

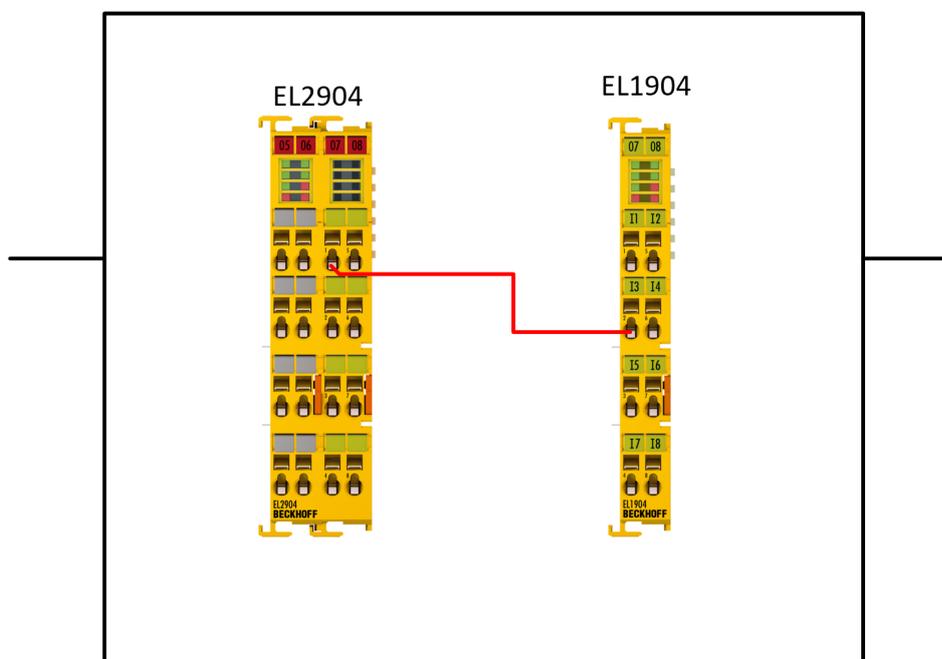
2.22 TwinSAFE出力をTwinSAFE入力に直接配線(1チャンネル) (Cat. 2/PLc)

EL2904の出力は、EL1904の安全入力に直接配線されます。これにより、テストパルスと出力の電流測定、および入力のセンサーテストが無効になります。これは、回路の線間短絡と地絡に対して、周期的な評価ができないことを意味します。

高度な自己故障診断の理由から、EL2904とEL1904ではシングルチャンネル構造のみが外部的に使用されるため、カテゴリ2、SIL2およびPL dの個々のコンポーネントとして評価されます。出力と入力の合計パフォーマンスレベルは、チャプタ6.2.5 DIN EN ISO 13849-1:2016-06の理由から最大PL cで評価されます。

カテゴリ2に必要なテストの設定は、EL2904に内蔵されています。EL2904の出力をオンにすると、24 Vが実際に読み戻しされているかどうかを確認するために確認が実行されます。オフにすると、0 Vが実際に読み戻しされているかどうか確認するために確認が実行されます。エラーが検出された場合、EL2904はエラー状態に入り、上位の安全コントローラーにも信号を送ります。EL2904のモジュールエラーは、マシンコントローラーで評価する必要があります。これを行うには、EL2904との接続のためにパラメータ *ModuleFault is ComError* をオンにする必要があります。結果として、TwinSAFEグループが安全状態に切り替わり、モジュールエラーの場合にComError信号を送ります。

Cat.2, PL c



2.22.1 安全入力と安全出力ターミナルのパラメータ

EL1904

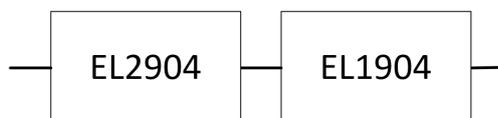
パラメータ	値
Sensor test channel 1 active(センサーテストチャンネル1有効化)	No(いいえ)
Sensor test channel 2 active(センサーテストチャンネル2有効化)	No(いいえ)
Sensor test channel 3 active(センサーテストチャンネル3有効化)	No(いいえ)
Sensor test channel 4 active(センサーテストチャンネル4有効化)	No(いいえ)
Logic channel 1 and 2	シングルロジック
Logic channel 3 and 4	シングルロジック

EL2904

パラメータ	値
Current measurement active (電流測定の有効化)	No (いいえ)
Output test pulses active (出力テストパルス有効化)	No (いいえ)

2.22.2 ブロック構造とセーフティループ

2.22.2.1 安全機能1



2.22.3 計算

2.22.3.1 PFHD / MTTFD / B10D - 値

コンポーネント	値
EL1904 - PFH ₀	1.11E-09
EL2904 - PFH ₀	1.25E-09
1年あたりの平均運転日数 (d _{op})	230
1日あたりの平均運転時間 (h _{op})	8
1サイクルの平均時間間隔 (T _{cycle})	60 (時間当たり1回)
寿命 (T1)	20年 = 175200時間

2.22.3.2 診断範囲DC

コンポーネント	値
EL1904/EL2904 ターミナルの内部診断(フィールド電圧、温度の監視など)、および信号状態が変化するたびに切り替えられた出力が正しいかどうかEL2904の確認	DC _{avg} =60%

2.22.3.3 安全機能1の計算

したがって、安全機能1のためのPFH₀値の計算は以下のようになります。

$$PFH_{ges} = PFH_{(EL1904)} + PFH_{(EL2904)}$$

以下のようになります。

$$PFH_{ges} = 1,11E-09 + 1,25E-09 = 2,36E-09$$

安全機能1のMTTF_D 値の計算:

$$\frac{1}{MTTF_{Dges}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{MTTF_{Dn}}$$

したがって、

$$\frac{1}{MTTF_{Dges}} = \frac{1}{MTTF_{D(EL1904)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL2904)}}$$

PFH_D値のみがEL1904、およびEL2904に利用できる場合、次のようになります。

$$MTTF_{D(ELxxx)} = \frac{(1 - DC_{(ELxxx)})}{PFH_{(ELxxx)}}$$

ここから、

$$MTTF_{D(EL1904)} = \frac{(1 - DC_{(EL1904)})}{PFH_{(EL1904)}} = \frac{(1 - 0,60)}{1,11E - 09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,4}{9,72E - 06 \frac{1}{y}} = 41152y$$

$$MTTF_{D(EL2904)} = \frac{(1 - DC_{(EL2904)})}{PFH_{(EL2904)}} = \frac{(1 - 0,60)}{1,25E - 09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,4}{1,1E - 05 \frac{1}{y}} = 36364y$$

$$MTTF_{Dges} = \frac{1}{\frac{1}{41152y} + \frac{1}{36364y}} = 19305y$$

$$DC_{avg} = \frac{\frac{60\%}{41152y} + \frac{60\%}{36364y}}{\frac{1}{41152y} + \frac{1}{36364y}} = 60\%$$

注記

カテゴリ
この構造では、最大でカテゴリ2までが可能です。

⚠ 注意

安全レベルの達成
安全レベルの達成のためには、このアプリケーション内で配線のテストを実行し、安全機能を100倍の頻度でコールしてテストを実行する必要があります。

MTTF _D	
各チャンネルの名称	各チャンネルの範囲
low	3年 ≤ MTTF _D < 10年
medium	10年 ≤ MTTF _D < 30年
high	30年 ≤ MTTF _D ≤ 100年

DC	
名前	範囲
なし	DC < 60 %
low	60 % ≤ DC < 90 %
medium	90 % ≤ DC < 99 %
high	99 % ≤ DC

注記

診断範囲
実用的に使いやすくするために、範囲の数は4つに制限されています。この表に示されている制限値の精度は5%です。

Category	B	1	2	2	3	3	4
DC MTTF _D	none	none	low	medium	low	medium	high
low	a	-	a	b	b	c	-
medium	b	-	b	c	c	d	-
high	-	c	c	d	d	d	e

2.23 TwinSAFE出力をTwinSAFE入力に直接配線(2チャンネル) (Cat. 3/PLd)

EL2904の2つの出力は、EL1904の2つの安全入力に直接配線されます。これにより、テストパルスと出力の電流測定、およびセンサーテストによる評価は無効になります。入力側で、両方の信号がTwinSAFEロジック内で不一致時間に対して評価はされず、両方の信号は値を確認しますが、テストはケーブルで有効ではないため、出力を切り替えるときに外部供給が存在する場合に外部供給が検出されてしまいます。

2.23.1 安全入力と安全出力ターミナルのパラメータ

EL1904

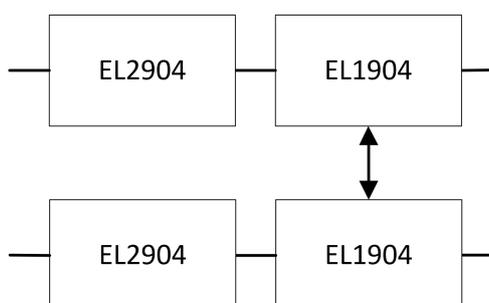
パラメータ	値
Sensor test channel 1 active(センサーテストチャンネル1有効化)	No(いいえ)
Sensor test channel 2 active(センサーテストチャンネル2有効化)	No(いいえ)
Sensor test channel 3 active(センサーテストチャンネル3有効化)	No(いいえ)
Sensor test channel 4 active(センサーテストチャンネル4有効化)	No(いいえ)
Logic channel 1 and 2	シングルロジック
Logic channel 3 and 4	シングルロジック

EL2904

パラメータ	値
Current measurement active(電流測定の有効化)	No(いいえ)
Output test pulses active(出力テストパルス有効化)	No(いいえ)

2.23.2 ブロック構造とセーフティループ

2.23.2.1 安全機能1



2.23.3 計算

2.23.3.1 PFHD / MTTFD / B10D - 値

コンポーネント	値
EL1904 - PFH ₀	1.11E-09
EL2904 - PFH ₀	1.25E-09
1年あたりの平均運転日数 (d _{op})	230
1日あたりの平均運転時間 (h _{op})	8
1サイクルの平均時間間隔 (T _{cycle})	60 (時間あたり1回)
寿命 (T1)	20年 = 175200時間

2.23.3.2 診断範囲DC

コンポーネント	値
EL1904/EL2904	DC _{avg} =90%

2.23.3.3 安全機能1の計算

したがって、安全機能1のためのPFH₀値の計算は以下のようになります。

$$PFH_{ges} = PFH_{(EL1904)} + PFH_{(EL2904)}$$

以下のようになります。

$$PFH_{ges} = 1,11E-09 + 1,25E-09 = 2,36E-09$$

安全機能1 (同様の仮定の下で)用のMTTF₀ 値の計算

$$\frac{1}{MTTF_{Dges}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{MTTF_{Dn}}$$

したがって、

$$\frac{1}{MTTF_{Dges}} = \frac{1}{MTTF_{D(EL1904)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL2904)}}$$

PFH₀値のみがEL1904、およびEL2904に利用できる場合、次のようになります。

$$MTTF_{D(ELxxx)} = \frac{(1 - DC_{(ELxxx)})}{PFH_{(ELxxx)}}$$

ここから、

$$MTTF_{D(EL1904)} = \frac{(1 - DC_{(EL1904)})}{PFH_{(EL1904)}} = \frac{(1 - 0,90)}{1,11E-09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,1}{9,72E-06 \frac{1}{y}} = 10288,1y$$

$$MTTF_{D(EL2904)} = \frac{(1 - DC_{(EL2904)})}{PFH_{(EL2904)}} = \frac{(1 - 0,90)}{1,25E-09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,1}{1,1E-05 \frac{1}{y}} = 9090,9y$$

$$MTTF_{Dges} = \frac{1}{\frac{1}{10288,1y} + \frac{1}{9090,9y}} = 4826,3y$$

$$DC_{avg} = \frac{\frac{90\%}{10288,1y} + \frac{90\%}{10288,1y} + \frac{90\%}{9090,9y} + \frac{90\%}{9090,9y}}{\frac{1}{10288,1y} + \frac{1}{10288,1y} + \frac{1}{9090,9y} + \frac{1}{9090,9y}} = 90\%$$

注記

カテゴリ

この構造では、最大でカテゴリ3までが可能です。

MTTF _D	
各チャンネルの名称	各チャンネルの範囲
low	3年 ≤ MTTF _D < 10年
medium	10年 ≤ MTTF _D < 30年
high	30年 ≤ MTTF _D ≤ 100年

DC	
名前	範囲
なし	DC < 60 %
low	60 % ≤ DC < 90 %
medium	90 % ≤ DC < 99 %
high	99 % ≤ DC

注記

診断範囲

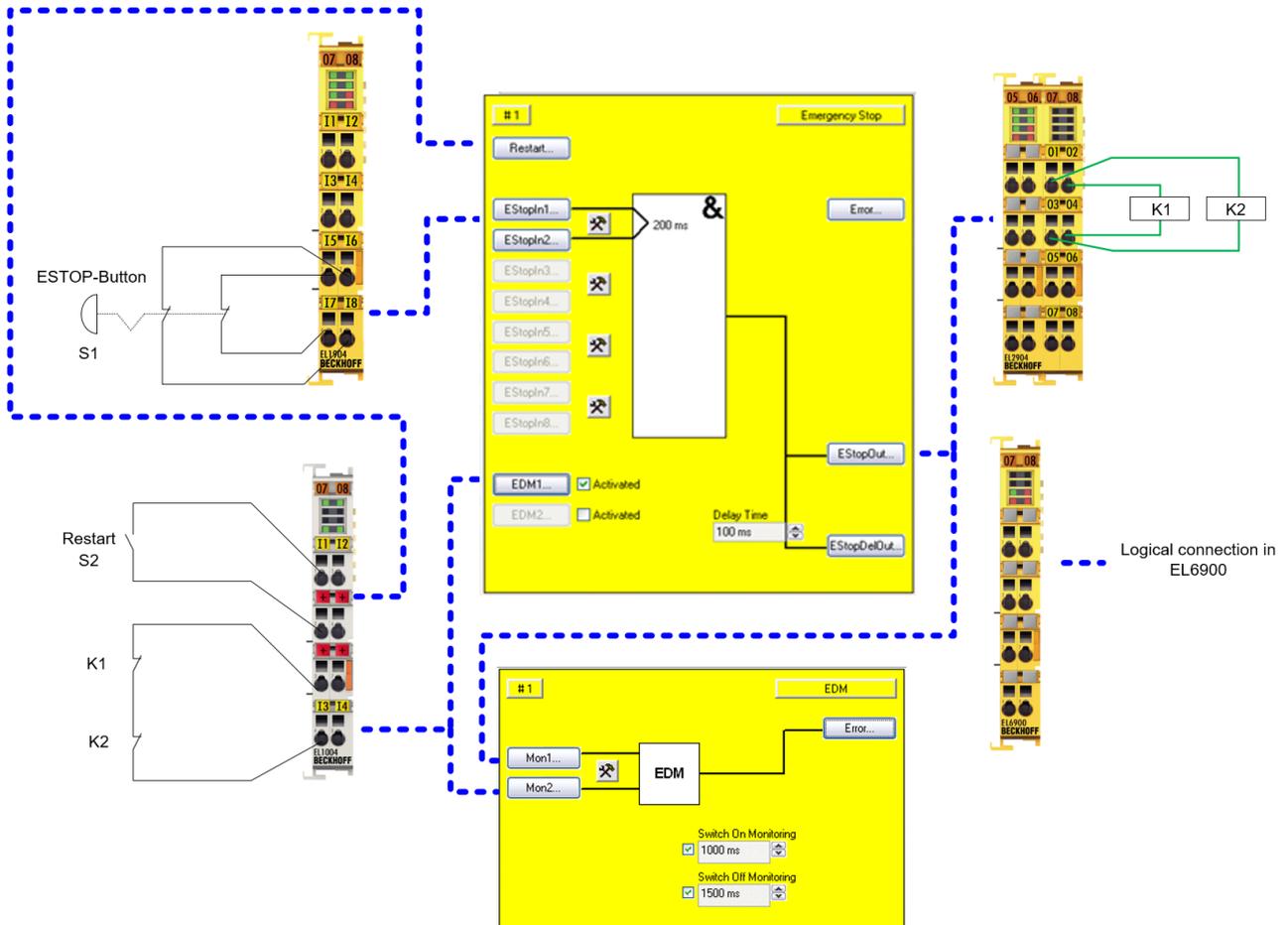
実用的に使いやすくするために、範囲の数は4つに制限されています。この表に示されている制限値の精度は5%です。

Category	B	1	2	2	3	3	4
DC / MTTF _D	none	none	low	medium	low	medium	high
low	a	-	a	b	b	c	-
medium	b	-	b	c	c	d	-
high	-	c	c	d	d	d	e

2.24 非常停止機能 (Cat. 3/PLd)

非常停止ボタンは、2つのN.C. 接点経由でEL1904安全入力ターミナルに接続されています。両方信号のテストがオフになっています。これらの信号は、ESTOPファンクションブロック内で不一致時間をテストされます。コンタクトK1とK2からのリセット信号とフィードバック信号は標準ターミナルに配線され、標準的なPLC経由でTwinSAFEへ送信されます。さらに、ESTOPファンクションブロックの出力とフィードバック信号は、EDMファンクションブロックに配線されます。これは、フィードバック信号が設定時間内でESTOP出力の反転状態であるか確認します。

コンタクトK1とK2は異なる出力チャンネルに配線されます。2つのコンタクトのA2接続は、EL2904にフィードバックされます。出力チャンネルの電流測定は、この回路に対して無効になっています。出力のテストが同様に無効です。



2. 24. 1 安全入力と安全出力ターミナル(SIL 2)のパラメータ

EL1904 (使用するすべてのEL1904に適用)

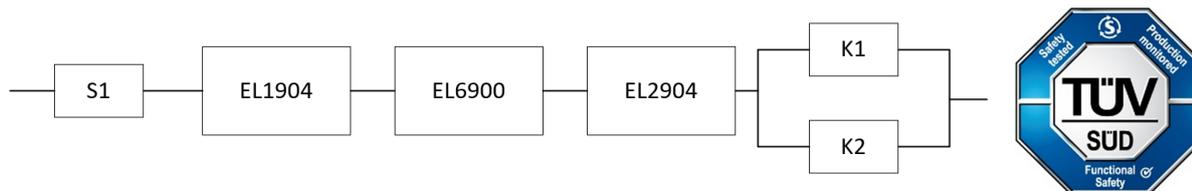
パラメータ	値
Sensor test channel 1 active(センサーテストチャンネル1有効化)	-
Sensor test channel 2 active(センサーテストチャンネル2有効化)	-
Sensor test channel 3 active(センサーテストチャンネル3有効化)	No(いいえ)
Sensor test channel 4 active(センサーテストチャンネル4有効化)	No(いいえ)
Logic channel 1 and 2	シングルロジック
Logic channel 3 and 4	シングルロジック

EL2904

パラメータ	値
Current measurement active(電流測定の有効化)	No(いいえ)
Output test pulses active(出力テストパルス有効化)	No(いいえ)

2. 24. 2 ブロック構造とセーフティループ

2. 24. 2. 1 安全機能1



2. 24. 3 計算

2. 24. 3. 1 PFHD / MTTFD / B10D - 値

コンポーネント	値
EL1904 - PFH _D	1. 11E-09
EL2904 - PFH _D	1. 25E-09
EL6900 - PFH _D	1. 03E-09
S1 - B10 _D	100, 000
S2 - B10 _D	10, 000, 000
K1 - B10 _D	1, 300, 000
K2 - B10 _D	1, 300, 000
1年あたりの平均運転日数 (d _{op})	230
1日あたりの平均運転時間 (h _{op})	16
1サイクルの平均時間間隔 (T _{cycle})	10080 * 10080分=168時間なので、1週間に1回のサイクルの意。
寿命 (T1)	20年 = 175200時間

2. 24. 3. 2 診断範囲DC

コンポーネント	値
S1 (妥当性チェック付き)	DC _{avg} =90%
K1/K2 (EDM監視付き(作動/週当たり1回およびその期間での監視によるすべての立ち上がり/立ち下がリエッジの評価)/個々のチャンネルのテスト付き)	DC _{avg} =90%

2. 24. 3. 3 安全機能1の計算

B10_D値からPFH_DとMTTF_D 値の計算

最初の式:

$$n_{op} = \frac{d_{op} * h_{op} * 60}{T_{Zyklus}}$$

および:

$$MTTF_D = \frac{B10_D}{0,1 * n_{op}}$$

値を代入すると、この式は以下ようになります。

S1:

$$n_{op} = \frac{230 * 16 * 60}{10080} = 21,90$$

$$MTTF_D = \frac{100.000}{0,1 * 21,90} = 45662,1y = 399999120h$$

K1/K2:

$$n_{op} = \frac{230 * 16 * 60}{10080} = 21,90$$

$$MTTF_D = \frac{1.300.000}{0,1 * 21,90} = 593607,3y = 5199997320h$$

そして、S1、K1、およびK2がそれぞれシングルチャンネルだと仮定すると、

$$MTTF_D = \frac{1}{\lambda_D}$$

以下の式になります。

$$PFH = \frac{0,1 * n_{op} * (1 - DC)}{B10_D} = \frac{1 - DC}{MTTF_D}$$

S1:

$$PFH = \frac{1 - 0,90}{45662,1 * 8760} = 2,50E - 10$$

K1/K2: 作動/週当たり1回および間接フィードバック

$$PFH = \frac{1 - 0,90}{593607,3 * 8760} = 1,92E - 11$$

ここで次の仮定が想定されます。

安全スイッチS1: BGIAレポート 2008年2月によると、製造業者がこれを確認した場合、最大10万サイクルまでのエラー除外ができます。メーカーからの確認がない場合、S1は次のように計算に含まれます。

リレーK1とK2は、両方とも安全機能に接続されます。リレーが機能しなくても危険な状態にはなりません、フィードバックによって検出されます。さらに、K1とK2用のB10₀ 値は同一です。

2つのチャンネルによって接続されているコンポーネント間には結合係数があります。例として、これらのコンポーネントの間には、温度、EMC、ピーク電圧、または信号があります。これは、β=10%の最悪ケースの推定値と想定されます。EN 62061には、β-係数を正確に決定できる表があります。さらに、エラー(リレー接点の過電流、制御盤の温度超過など)の原因で両方のチャンネルに同時に危険側故障が発生することを防ぐために、すべての通常の対策が取られていると想定しています。

したがって、安全機能1のためのPFH₀値の計算は以下のようになります。

$$PFH_{ges} = PFH_{(S1)} + PFH_{(EL1904)} + PFH_{(EL6900)} + PFH_{(EL2904)} + \beta * \frac{PFH_{(K1)} + PFH_{(K2)}}{2} + (1 - \beta)^2 * (PFH_{(K1)} * PFH_{(K2)}) * T1$$

$(1 - \beta)^2 * (PFH_{(K1)} * PFH_{(K2)}) * T1$ の部分は残りの部分よりも極めて小さい(10乗分のみ)ため、この式では以降の計算を簡単にするために無視されます。

以下のようになります。

$$PFH_{ges} = 2,5E - 10 + 1,11E - 09 + 1,03E - 09 + 1,25E - 09 + 10\% * \frac{1,92E - 11 + 1,92E - 11}{2} = 3,65E - 09$$

安全機能1 (同様の仮定の下で)用のMTTF₀ 値の計算

$$\frac{1}{MTTF_{Dges}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{MTTF_{Dn}}$$

したがって、

$$\frac{1}{MTTF_{Dges}} = \frac{1}{MTTF_{D(S1)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL1904)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL6900)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL2904)}} + \frac{1}{MTTF_{D(K1)}}$$

ここで、

$$MTTF_{D(S1)} = \frac{B10_{D(S1)}}{0,1 * n_{op}}$$

$$MTTF_{D(K1)} = \frac{B10_{D(K1)}}{0,1 * n_{op}}$$

PFH₀値のみがEL1904、EL2904およびEL6900に利用できる場合、次のようになります。

$$MTTF_{D(ELxxx)} = \frac{(1 - DC_{(ELxxx)})}{PFH_{(ELxxx)}}$$

ここから、

$$MTTF_{D(EL1904)} = \frac{(1 - DC_{(EL1904)})}{PFH_{(EL1904)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,11E - 09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{9,72E - 06 \frac{1}{y}} = 1028,8y$$

$$MTTF_{D(EL6900)} = \frac{(1 - DC_{(EL6900)})}{PFH_{(EL6900)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,03E - 09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{9,02E - 06 \frac{1}{y}} = 1108,6y$$

$$MTTF_{D(EL2904)} = \frac{(1 - DC_{(EL2904)})}{PFH_{(EL2904)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,25E - 09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{1,1E - 05 \frac{1}{y}} = 913,2y$$

$$MTTF_{Dges} = \frac{1}{\frac{1}{45662,1y} + \frac{1}{1028,8y} + \frac{1}{1108,6y} + \frac{1}{913,2y} + \frac{1}{593607,3y}} = 334,1y$$

$$DC_{avg} = \frac{\frac{90\%}{45662,1y} + \frac{99\%}{1028,8y} + \frac{99\%}{1108,6y} + \frac{99\%}{913,2y} + \frac{90\%}{593607,3y} + \frac{90\%}{593607,3y}}{\frac{1}{45662,1y} + \frac{1}{1028,8y} + \frac{1}{1108,6y} + \frac{1}{913,2y} + \frac{1}{593607,3y} + \frac{1}{593607,3y}} = 98,92\%$$

⚠ 注意

カテゴリ

この構造では、検出されない障害のため、最大でもカテゴリ3までは可能です。
EL2904ターミナルはこのアプリケーションではSIL2なので、チェーン全体もSIL2になります。

⚠ 注意

カテゴリ3を達成するためのその他の方策

この構造では、最大でカテゴリ3までが可能です。カテゴリ3を達成するには、すべての立ち上がりエッジと立ち下がりエッジは、予想されるフィードバックについてコントローラーの時間依存性により評価する必要があります。

これは、実装されたEDMファンクションブロックを介して達成できます。

⚠ 注意

装置に再起動ロックを実装してください。

再起動ロックは安全チェーンの一部ではないため、装置に実装する必要があります。

MTTF_D

各チャンネルの名称	各チャンネルの範囲
low	3年 ≤ MTTF _D < 10年
medium	10年 ≤ MTTF _D < 30年
high	30年 ≤ MTTF _D ≤ 100年

DC

名前	範囲
なし	DC < 60 %
low	60 % ≤ DC < 90 %
medium	90 % ≤ DC < 99 %
high	99 % ≤ DC

注記

診断範囲

実用的に使いやすくするために、範囲の数は4つに制限されています。この表に示されている制限値の精度は5%です。

Category	B	1	2	2	3	3	4
DC	none	none	low	medium	low	medium	high
MTTF _D							
low	a	-	a	b	b	c	-
medium	b	-	b	c	c	d	-
high	-	c	c	d	d	d	e

2.25 速度監視 (Cat. 3/PLd)

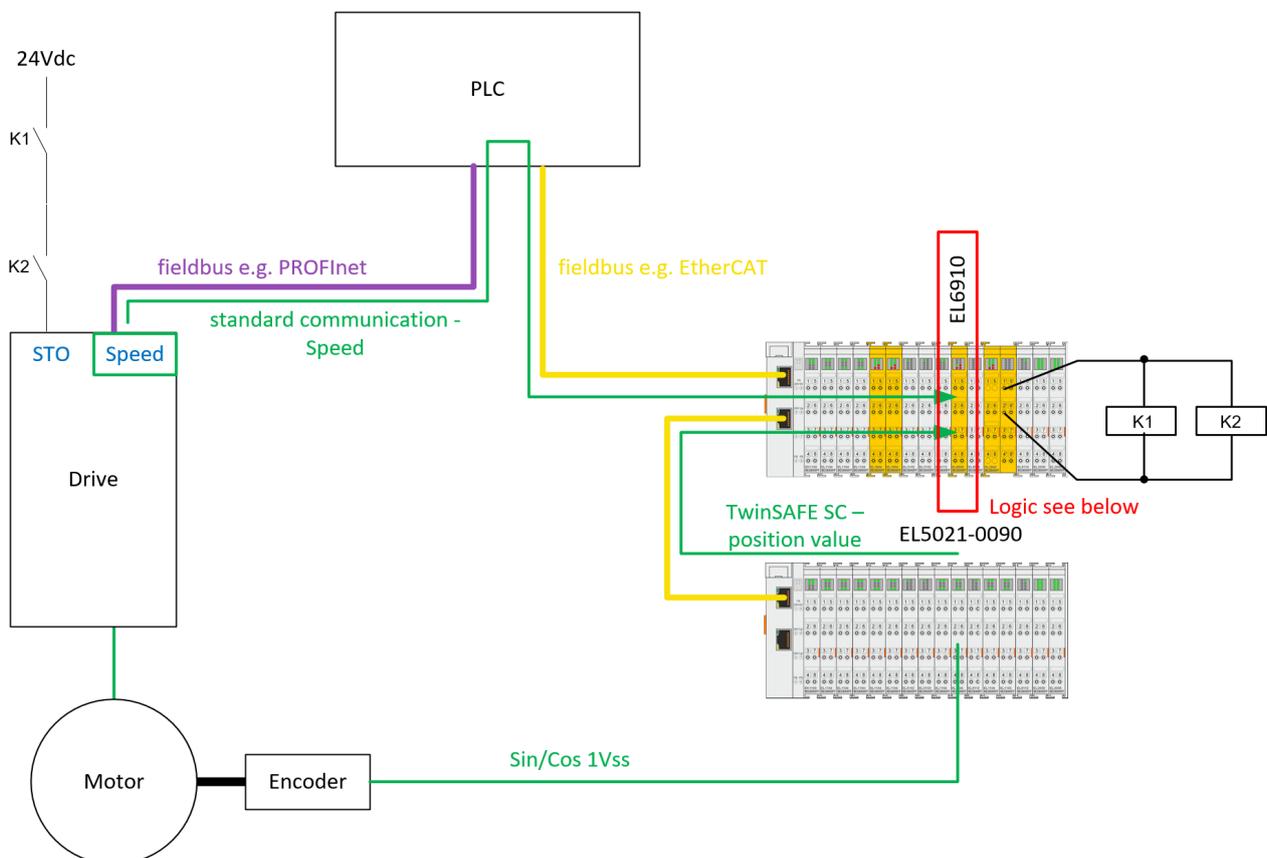
ドライブの速度は監視されます。このドライブには安全機能があり(この場合は、STOなど)、対応する入力によって有効になります。この入力は、2つのコンタクタのそれぞれの1つの動作接点により実行されます。位置信号と速度信号は2つの異なる通信経路でEL6910 TwinSAFEロジックに送信され、図のロジックにしたがってそこで処理されます。サイン/コサインエンコーダがEL5021-0090に配線され、位置情報がTwinSAFE SC通信とEtherCAT経路で送信されます。ドライブ速度も、標準PROFINET通信(他のフィールドバスも可能)と標準的なPLC経路で、EL6910 TwinSAFEロジックに送信されます。

速度(Speed FB)は、安全関連EL6910ロジック内の位置値から計算されます。ドライブの速度は、値が計算された速度と一致するようにFBによって調整されます。これらの2つの速度値が等値かどうかCompare FBによって確認され、Limit FBによって最大値かどうか監視されます。2つの速度値(1つは直接計算され、もう1つは安全関連EL6910ロジックで計算)はどのようなときでも100%同じではなく、2つの速度値の間の差は同等条件に適合するために10%の許容範囲内でなければいけません。現在の速度値がLimit FBで指定された閾値より下にある場合は、STO出力が論理1にセットされ、ドライブは回転できます。制限を超えているか、比較が無効の場合、出力は論理0にセットされ、ドライブはトルクフリーに切り替わるか、ドライブに内蔵されている安全機能が有効になります。全体の計算とスケージングは、安全関連EL6910ロジックのSIL3/PL e安全レベルで実行されます。この方法を使用すると、安全関連の結果は2つの非安全関連信号から生成されます。

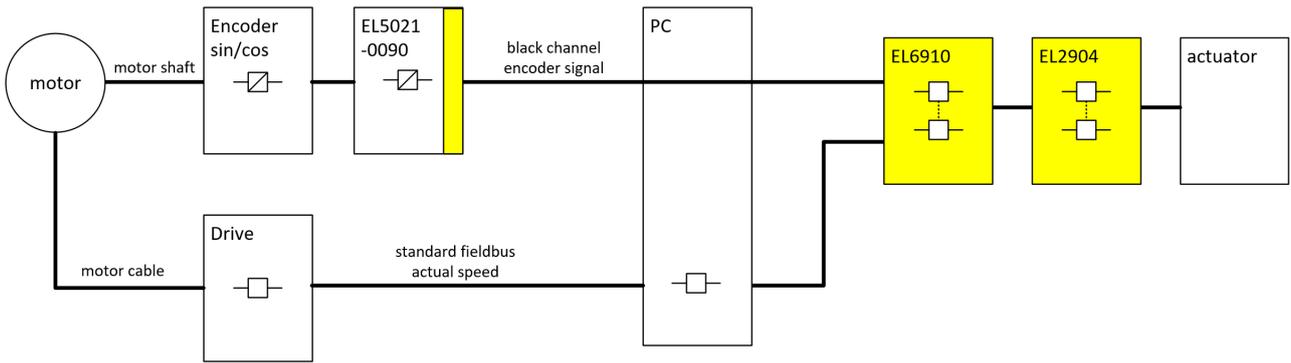
非常停止ファンクションはさらにESTOPファンクションブロックによって実装され(明瞭化のために図では表示されていません)、再起動を防止し、コンタクタK1とK2の制御を引き継ぎます。

CompareファンクションブロックのIsValid信号は、故障の際のシャットダウンのために使用する必要があります。

構造



構造図



ロジック



2.25.1 構造と診断

ドライブとエンコーダからの入力信号は標準信号ですが、動的であり、異なっています。ドライブは速度値を提供し、エンコーダはサイン/コサイン信号を提供し、標準ターミナルで評価され、安全テレグラムにパックされ、送信されます(修正多項式によるFSoS - TwinSAFE SC)。

このターミナル (EL5021-0090) は安全ロジック内で速度値に変換され、次に調整され、ドライブの速度値と比較した位置値を提供します。同等性とは、この場合、差信号が10%の許容範囲内にあることを意味します。

エンコーダ信号は、ブラックチャンネル原理を使用して標準フィールドバス経由で送信されます。この値は、標準フィールドバス経由で送信するドライブ速度に対して妥当性があるかを確認します。2つのチャンネルのどちらかのエラーが、2つの異なった速度の比較と安全ロジック内の位置信号の比較によって検出され、ドライブのST0のアクティベーションを引き起こします。

2.25.2 FMEA

エラーの想定	予測事項	確認済み
速度値、PROFINET経由など、フリーズ	これは、EL6910で2番目の値と妥当性チェックによって検出されます (他のフィールドバスとEL5021-0090とEL6910の間のTwinSAFE SC通信)。 さらに、標準通信ウォッチドッグを速度0に対して有効にしてください。	
EtherCAT経由の速度値とTwinSAFE SC通信のフリーズ	これは、TwinSAFE SC通信内のウォッチドッグによって検出されます。 妥当性チェック: モータが起動するときに、動的な速度値も必要とされます。	
速度値は、連続して標準的なPLCにコピーされます。	TwinSAFE SC通信内の変形値は、テレグラム内に無効なCRCを発生させ、グループと出力の即時のシャットダウンを引き起こします。 2つの速度値のデータタイプは長さが異なります (4バイトと11バイトなど)。	
速度値が歪んでいる、PROFINET経由など	これは、EL6910で2番目の値と妥当性チェックによって検出されます (他のフィールドバスとEL5021-0090とEL6910の間のTwinSAFE SC通信)。	
モータとエンコーダの間は何らの接続もありません。	ドライブの速度値を使用して妥当性チェックによりEL6910内で検出されます。 妥当性チェック: 動的な速度値がモータが起動するときに、また、必要とされます。	
エンコーダが不正な位置値を提供	ドライブの速度値を使用して妥当性チェックによりEL6910内で検出されます。	
ドライブが不正な速度値を提供	これは、EL6910で2番目の値と妥当性チェックによって検出されます (他のフィールドバスとEL5021-0090とEL6910の間のTwinSAFE SC通信)。	

エラーの想定	予測事項	確認済み
標準通信の通信エラー61784-3 : 破損	これは、EL6910内で速度値の妥当性チェックとTwinSAFE SC通信により検出されます。	
標準通信の通信エラー61784-3 : 意図しない再送	これは、EL6910内で速度値の妥当性チェックとTwinSAFE SC通信により検出されます。さらに、標準通信ウォッチドッグを速度0に対して有効にしてください。	
標準通信の通信エラー61784-3 : 誤ったシーケンス	これは、EL6910内で速度値の妥当性チェックとTwinSAFE SC通信により検出されます。	
標準通信の通信エラー61784-3 : 損失	これは、EL6910内で速度値の妥当性チェックとTwinSAFE SC通信により検出されます。	
標準通信の通信エラー61784-3 : 許容できない遅延	これは、EL6910内で速度値の妥当性チェックとTwinSAFE SC通信により検出されます。さらに、標準通信ウォッチドッグを速度0に対して有効にしてください。	
標準通信の通信エラー61784-3 : 挿入	これは、EL6910内で速度値の妥当性チェックとTwinSAFE SC通信により検出されます。	
標準通信の通信エラー61784-3 : なりすまし	標準通信とは無関係で、安全通信用です。	
標準通信の通信エラー61784-3 : アドレス指定	これは、EL6910内で速度値の妥当性チェックとTwinSAFE SC通信により検出されます。	
標準通信の通信エラー : スイッチの頻発するメモリエラー	これは、EL6910内で速度値の妥当性チェックとTwinSAFE SC通信により検出されます。	

2.25.2.1 TwinSAFE SC通信の注:

TwinSAFE SC通信は、Safety-over-EtherCAT通信と同一のエラー検出メカニズムを使用しています。違いは、異なる多項式がチェックサムの計算に使用され、この多項式は以前にSafety-over-EtherCATに使用された多項式とは十分に独立していることです。

ブラックチャンネル原理のような同一のメカニズムが有効です(ビットエラー確率 10^{-2})。

データ送信の品質は致命的ではありません。究極的にはすべての送信エラーは不等になるため、安全なTwinSAFEロジックでの比較によって検出されます。

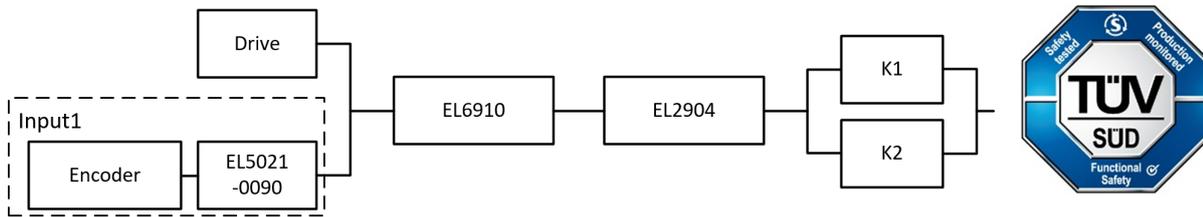
2.25.3 安全出力ターミナルのパラメータ

EL2904

パラメータ	値
Current measurement active(電流測定の有効化)	Yes(はい)
Output test pulses active(出力テストパルス有効化)	Yes(はい)

2. 25. 4 ブロック構造とセーフティループ

2. 25. 4. 1 安全機能1



2. 25. 5 計算

2. 25. 5. 1 PFHD / MTTFD / B10D - 値

コンポーネント	値
EL1904 - PFH ₀	1. 11E-09
EL2904 - PFH ₀	1. 25E-09
EL6910 - PFH ₀	1. 79E-09
ドライブ - MTBF	516, 840 (59y)
エンコーダ - MTTF	549, 149
EL5021-0090 - MTBF	1, 205, 000
K1 - B10 ₀	1, 300, 000
K2 - B10 ₀	1, 300, 000
1年あたりの平均運転日数 (d _{op})	230
1日あたりの平均運転時間 (h _{op})	16
1サイクルの平均時間間隔 (T _{cycle})	10080 * 10080分=168時間なので、1週間に1回のサイクルの意。
寿命 (T1)	20年 = 175200時間

2. 25. 5. 2 診断範囲DC

コンポーネント	値
ドライブとEL5021-0090に接続されているエンコーダおよびロジック内の妥当性	DC _{avg} =90% (または計算では: 99%)
K1/K2 (EDM監視付き(作動/週当たり1回およびその期間での監視によるすべての立ち上がり/立ち下がりエッジの評価)/個々のチャンネルのテスト付き)	DC _{avg} =99%

2. 25. 5. 3 安全機能1の計算

明確にするために、安全係数はEN 62061とEN 13849にしたがって計算されます。1つの規格に準拠した計算で、実用上は十分です。

B10₀値からPFH₀とMTTF₀ 値の計算

最初の式:

$$n_{op} = \frac{d_{op} * h_{op} * 60}{T_{Zyklus}}$$

および:

$$MTTF_D = \frac{B10_D}{0,1 * n_{op}}$$

MTBF値からのPFH₀とMTTF₀値の計算:

注: 修理時間は無視できるため、次のようになります。

$$MTTF_D = 2 * MTBF$$

$$MTTF_D = \frac{1}{\lambda_D}$$

ここで、

$$\lambda_D \approx \frac{0,1}{T_{i0D}} = \frac{0,1 * n_{op}}{B10_D}$$

以下の式になります。

$$PFH = \frac{0,1 * n_{op} * (1 - DC)}{B10_D} = \frac{1 - DC}{MTTF_D}$$

値を代入すると、この式は以下のようになります。

ドライブ

$$MTTF_D = 2 * MTBF = 2 * 59y = 1.033.680h = 118y$$

$$PFH = \frac{1 - DC}{MTTF_D} = \frac{1 - 0,9}{1.033.680h} = 9,67E - 08$$

エンコーダ

$$MTTF_D = 2 * MTTF = 2 * 549149h = 1.098.298h = 125y$$

$$PFH = \frac{1 - DC}{MTTF_D} = \frac{1 - 0,9}{1.098.298h} = 9,10E - 08$$

EL5021-0090

$$MTTF_D = 2 * MTBF = 2 * 1.205.000h = 2.410.000h = 275y$$

$$PFH = \frac{1 - DC}{MTTF_D} = \frac{1 - 0,9}{2.410.000h} = 4,15E - 08$$

入力補助システム1

$$PFH_{(Input1)} = PFH_{(Encoder)} + PFH_{(EL5021-0090)} = 9,10E - 08 + 4,15E - 08 = 13,25E - 08$$

K1/K2:

$$n_{op} = \frac{230 * 16 * 60}{10080} = 21,90$$

$$MTTF_D = \frac{1.300.000}{0,1 * 21,90} = 593607,3y = 5199997320h$$

そして、K1およびK2がそれぞれシングルチャンネルだと仮定すると、

K1/K2: 作動/週当たり1回および直接フィードバック

$$PFH = \frac{1 - 0,99}{593607,3 * 8760} = 1,92E - 12$$

ここで次の仮定が想定されます。

リレーK1とK2は、両方とも安全機能に接続されます。リレーが機能しなくても危険な状態にはなりませんが、フィードバックによって検出されます。さらに、K1とK2用のB10₀値は同一です。

EL5021-0090に接続されているエンコーダとドライブからの入力信号は、異なった測定方法を持ち、異なった調整値を提供し、両方とも安全機能に関係します。チャンネルの誤作動は危険な状況に至りませんが、TwinSAFEロジックの2つの値の比較によって検出され、シャットダウンを引き起こします。

2つのチャンネルによって接続されているコンポーネント間には結合係数があります。例として、これらのコンポーネントの間には、温度、EMC、ピーク電圧、または信号があります。これは、β=10%の最悪ケースの推定値と想定されます。EN 62061には表(表F.1: Criteria for determining the CCF (CCFを確定するための基準)、および表F.2: Estimation of the CCF factor (β) (CCF係数(β)の推定値)が含まれていて、β-係数を正確に決定するのに使用できます。入力補助システムの場合、β-係数を計算するための表が適切に変更されている場合、推定値の2%が達成可能です。次の計算では、最悪の場合の10%が想定されています。

さらに、エラー(リレー接点の過電流、制御盤の温度超過など)の原因で両方のチャンネルに同時に危険側故障が発生することを防ぐために、すべての通常の対策が取られていると想定しています。

したがって、安全機能1のPFH₀値の計算は、以下のようになります。

$$PFH_{ges} = \beta * \frac{PFH_{(Input1)} + PFH_{(Drive)}}{2} + (1 - \beta)^2 * (PFH_{(Input1)} * PFH_{(Drive)}) * T1 + PFH_{(EL6910)} + PFH_{(EL2904)} \\ + \beta * \frac{PFH_{(K1)} + PFH_{(K2)}}{2} + (1 - \beta)^2 * (PFH_{(K1)} * PFH_{(K2)}) * T1$$

$(1 - \beta)^2 * (PFH_{(K1)} * PFH_{(K2)}) * T1$ と $(1 - \beta)^2 * (PFH_{(Input1)} * PFH_{(Antrieb)}) * T1$ の部分は残りの部分よりも極めて小さい(10乗分のみ)ため、この式では以降の計算を簡単にするために無視されます。

$$PFH_{ges} = 10\% * \frac{13,25E - 08 + 9,67E - 08}{2} + 1,79E - 09 + 1,25E - 09 + 10\% * \frac{1,92E - 12 + 1,92E - 12}{2} \\ = 1,45E - 08$$

注記

EN 62061

EN 62061にしたがって、入力補助システムはSFFまたはDCの90%で評価されます。これによって、EN 62061の表5にしたがって、達成できる最大SIL値は2に制限されます。

EN 13849に従った安全機能1のためのMTTF₀値の別の計算(同様の仮定の下で)は、以下のようになります。

$$\frac{1}{MTTF_{Dges}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{MTTF_{Di}}$$

下位の値は入力補助システムから取得されます(この場合、エンコーダとEL5021-0090の組み合わせ)。

$$\frac{1}{MTTF_{Dges}} = \frac{1}{MTTF_{D(Encoder)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL5021-0090)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL6910)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL2904)}} + \frac{1}{MTTF_{D(K1)}}$$

ここで、

PFH₀値のみがEL2904、およびEL6910に利用できる場合、次のようになります。

$$MTTF_{D(ELxxx)} = \frac{(1 - DC_{(ELxxx)})}{PFH_{(ELxxx)}}$$

ここから、

$$MTTF_{D(EL6910)} = \frac{(1-DC_{(EL6910)})}{PFH_{(EL6910)}} = \frac{(1-0,99)}{1,79E-09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{15,68E-06 \frac{1}{y}} = 637y$$

$$MTTF_{D(EL2904)} = \frac{(1-DC_{(EL2904)})}{PFH_{(EL2904)}} = \frac{(1-0,99)}{1,25E-09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{1,1E-05 \frac{1}{y}} = 913,2y$$

$$MTTF_{D_{ges}} = \frac{1}{\frac{1}{125y} + \frac{1}{275y} + \frac{1}{637y} + \frac{1}{913y} + \frac{1}{593607y}} = 69,9y$$

$$DC_{avg} = \frac{\frac{DC}{MTTF_{D(Encoder)}} + \frac{DC}{MTTF_{D(EL5021-0090)}} + \frac{DC}{MTTF_{D(Drive)}} + \frac{DC}{MTTF_{D(EL6910)}} + \frac{DC}{MTTF_{D(EL2904)}} + \frac{DC}{MTTF_{D(K1)}} + \frac{DC}{MTTF_{D(K2)}}}{\frac{1}{MTTF_{D(Encoder)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL5021-0090)}} + \frac{1}{MTTF_{D(Drive)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL6910)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL2904)}} + \frac{1}{MTTF_{D(K1)}} + \frac{1}{MTTF_{D(K2)}}$$

$$DC_{avg} = \frac{\frac{90\%}{125y} + \frac{90\%}{275y} + \frac{90\%}{118y} + \frac{99\%}{637y} + \frac{99\%}{913y} + \frac{99\%}{593607y} + \frac{99\%}{593607y}}{\frac{1}{125y} + \frac{1}{275y} + \frac{1}{118y} + \frac{1}{637y} + \frac{1}{913y} + \frac{1}{593607y} + \frac{1}{593607y}} = 90,78\%$$

または、DC = 99%の場合、

$$DC_{avg} = \frac{\frac{99\%}{125y} + \frac{99\%}{275y} + \frac{99\%}{118y} + \frac{99\%}{637y} + \frac{99\%}{913y} + \frac{99\%}{593607y} + \frac{99\%}{593607y}}{\frac{1}{125y} + \frac{1}{275y} + \frac{1}{118y} + \frac{1}{637y} + \frac{1}{913y} + \frac{1}{593607y} + \frac{1}{593607y}} = 99,00\%$$

⚠ 注意

カテゴリ

この構造では、最大でカテゴリ3までが可能です。

⚠ 警告

停止

モータが停止する場合、エンコーダ信号のフリーズのようなエラーは、動作が要求される場合のみ検出されます。装置の製造元およびユーザはこれを考慮に入れる必要があります。

⚠ 注意

装置に再起動ロックを実装してください。

再起動ロックは安全チェーンの一部ではないため、装置に実装する必要があります。

MTTF _D	
各チャンネルの名称	各チャンネルの範囲
low	3年 ≤ MTTF _D < 10年
medium	10年 ≤ MTTF _D < 30年
high	30年 ≤ MTTF _D ≤ 100年

DC	
名前	範囲
なし	DC < 60 %
low	60 % ≤ DC < 90 %
medium	90 % ≤ DC < 99 %
high	99 % ≤ DC

注記

診断範囲

実用的に使いやすくするために、範囲の数は4つに制限されています。この表に示されている制限値の精度は5%です。

Category	B	1	2	2	3	3	4
DC / MTTF _D	none	none	low	medium	low	medium	high
low	a	-	a	b	b	c	-
medium	b	-	b	c	c	d	-
high	-	c	c	d	d	d	e

または、入力補助システム用にDC = 99%の場合、

MTTF _D	
各チャンネルの名称	各チャンネルの範囲
low	3年 ≤ MTTF _D < 10年
medium	10年 ≤ MTTF _D < 30年
high	30年 ≤ MTTF _D ≤ 100年

DC	
名前	範囲
なし	DC < 60 %
low	60 % ≤ DC < 90 %
medium	90 % ≤ DC < 99 %
high	99 % ≤ DC

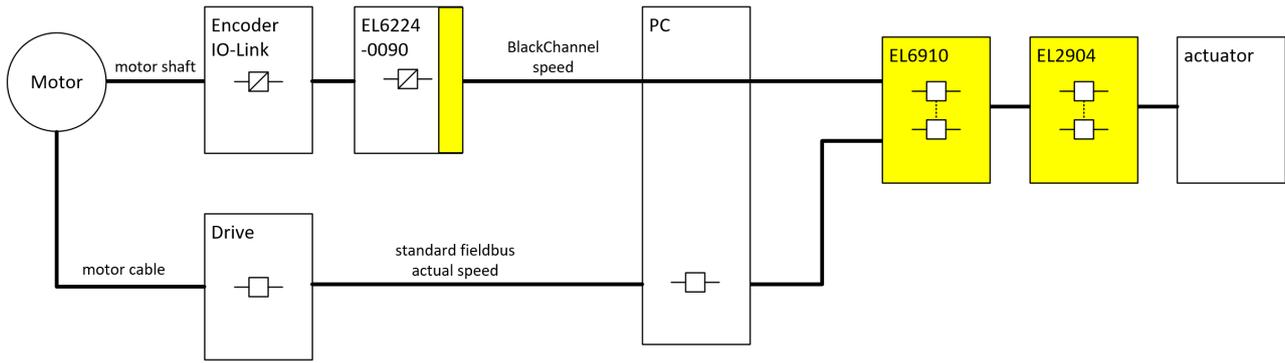
注記

診断範囲
 実用的に使いやすくするために、範囲の数は4つに制限されています。この表に示されている制限値の精度は5%です。

Category	B	1	2	2	3	3	4
DC / MTTF _D	none	none	low	medium	low	medium	high
low	a	-	a	b	b	c	-
medium	b	-	b	c	c	d	-
high	-	c	c	d	d	d	e

テーブル3 EN62061に準拠した安全度水準 (Safety Integrity Level)	
安全度水準	時間当たりの危険故障確率(PFH _D)
3	≥ 10 ⁻⁸ ~ < 10 ⁻⁷
2	≥ 10 ⁻⁷ ~ < 10 ⁻⁶
1	≥ 10 ⁻⁶ ~ < 10 ⁻⁵

構造図



ロジック



2.26.1 構造と診断

ドライブとエンコーダから読み込まれる入力信号は標準信号ですが、2つの信号は大変異なっています。ドライブは速度値を提供し、エンコーダはIO-Link信号を提供し、標準ターミナルで評価され、安全テレグラムにパックされ、送信されます(修正多項式によるFSOE - TwinSAFE SC)。このターミナル(EL6224-0090)は、安全ロジック内で調整されてドライブの速度値と比較する速度値を提供します。同等性とは、この場合、差信号が10%の許容範囲内にあることを意味します。

I0-linkエンコーダ信号は、ブラックチャンネル原理を使用して標準フィールドバス経由で送信されます。この値は、標準フィールドバス経由で送信するドライブ速度に対して妥当性があるかを確認します。2つのチャンネルのどちらかのエラーが、安全ロジック内の2つの異なった速度信号を比較することによって検出され、ドライブのST0のアクティベーションを引き起こします。

2.26.2 FMEA

エラーの想定	予測事項	確認済み
速度値、PROFINET経由など、フリーズ	これは、EL6910で2番目の値と妥当性チェックによって検出されます (EL6224-0090とEL6910の間のTwinSAFE SC通信)。 さらに、標準通信ウォッチドッグを速度0に対して有効にしてください。	
EtherCAT経由の速度値とTwinSAFE SC通信のフリーズ	これは、TwinSAFE SC通信内のウォッチドッグによって検出されます。 妥当性チェック：動的な速度値がモータが起動するときに、また、必要とされます。	
速度値は、連続して標準的なPLCにコピーされます。	TwinSAFE SC通信内の変形値は、テレグラム内に無効なCRCを発生させ、グループと出力の即時のシャットダウンを引き起こします。 2つの速度値のデータタイプは長さが異なります (4バイトと11バイトなど)。	
速度値が歪んでいる、PROFINET経由など	これは、EL6910で2番目の値と妥当性チェックによって検出されます (EL6224-0090とEL6910の間のTwinSAFE SC通信)。	
モータとエンコーダの間は何らの接続もありません。	ドライブの速度値を使用して妥当性チェックによりEL6910内で検出されます。 妥当性チェック：動的な速度値がモータが起動するときに、また、必要とされます。	
エンコーダが不正な位置値を提供	ドライブの速度値を使用して妥当性チェックによりEL6910内で検出されます。	
ドライブが不正な速度値を提供	これは、EL6910で2番目の値と妥当性チェックによって検出されます (EL6224-0090とEL6910の間のTwinSAFE SC通信)。	

エラーの想定	予測事項	確認済み
標準通信の通信エラー61784-3 : 破損	これは、EL6910内で速度値の妥当性チェックとTwinSAFE SC通信により検出されます。	
標準通信の通信エラー61784-3 : 意図しない再送	これは、EL6910内で速度値の妥当性チェックとTwinSAFE SC通信により検出されます。さらに、標準通信ウォッチドッグを速度0に対して有効にしてください。	
標準通信の通信エラー61784-3 : 誤ったシーケンス	これは、EL6910内で速度値の妥当性チェックとTwinSAFE SC通信により検出されます。	
標準通信の通信エラー61784-3 : 損失	これは、EL6910内で速度値の妥当性チェックとTwinSAFE SC通信により検出されます。	
標準通信の通信エラー61784-3 : 許容できない遅延	これは、EL6910内で速度値の妥当性チェックとTwinSAFE SC通信により検出されます。さらに、標準通信ウォッチドッグを速度0に対して有効にしてください。	
標準通信の通信エラー61784-3 : 挿入	これは、EL6910内で速度値の妥当性チェックとTwinSAFE SC通信により検出されます。	
標準通信の通信エラー61784-3 : なりすまし	標準通信とは無関係で、安全通信用です。	
標準通信の通信エラー61784-3 : アドレス指定	これは、EL6910内で速度値の妥当性チェックとTwinSAFE SC通信により検出されます。	
標準通信の通信エラー : スイッチの頻発するメモリエラー	これは、EL6910内で速度値の妥当性チェックとTwinSAFE SC通信により検出されます。	

2.26.2.1 TwinSAFE SC通信の注:

TwinSAFE SC通信は、Safety-over-EtherCAT通信と同一のエラー検出メカニズムを使用しています。違いは、異なる多項式がチェックサムの計算に使用され、この多項式は以前にSafety-over-EtherCATに使用された多項式とは十分に独立していることです。

ブラックチャンネル原理のような同一のメカニズムが有効です(ビットエラー確率 10^{-2})。

データ送信の品質は致命的ではありません。究極的にはすべての送信エラーは不等になるため、安全なTwinSAFEロジックでの比較によって検出されます。

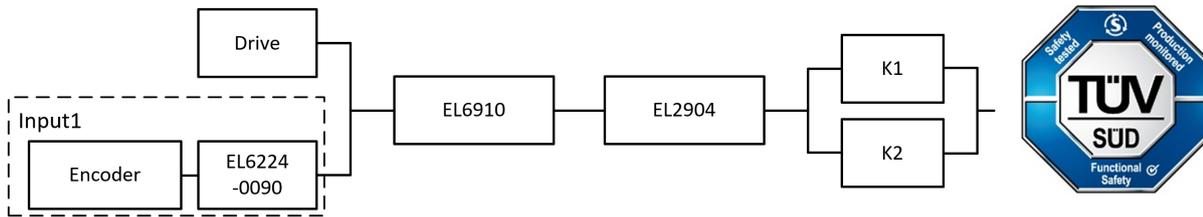
2.26.3 安全出力ターミナルのパラメータ

EL2904

パラメータ	値
Current measurement active(電流測定の有効化)	Yes(はい)
Output test pulses active(出力テストパルス有効化)	Yes(はい)

2. 26. 4 ブロック構造とセーフティループ

2. 26. 4. 1 安全機能1



2. 26. 5 計算

2. 26. 5. 1 PFHD / MTTFD / B10D - 値

コンポーネント	値
EL1904 - PFH _D	1. 11E-09
EL2904 - PFH _D	1. 25E-09
EL6910 - PFH _D	1. 79E-09
ドライブ - MTBF	516, 840 (59y)
エンコーダ - MTTF	1, 208, 880 (138y)
EL6224-0090 - MTBF	1, 200, 000
K1 - B10 _D	1, 300, 000
K2 - B10 _D	1, 300, 000
1年あたりの平均運転日数 (d _{op})	230
1日あたりの平均運転時間 (h _{op})	16
1サイクルの平均時間間隔 (T _{cycle})	10080 * 10080分=168時間なので、1週間に1回のサイクルの意。
寿命 (T1)	20年 = 175200時間

2. 26. 5. 2 診断範囲DC

コンポーネント	値
ドライブとEL6224-0090に接続するエンコーダおよびロジック内での妥当性チェック	DC _{avg} =90% (または計算では: 99%)
K1/K2 (EDM監視されますリング付き(作動/週当たり1回およびその期間での監視によるすべての立ち上がり/立ち下がリエッジの評価)/個々のチャンネルのテスト付き)	DC _{avg} =99%

2. 26. 5. 3 安全機能1の計算

明確にするために、安全係数はEN 62061とEN 13849にしたがって計算されます。1つの規格に準拠した計算で、実用上は十分です。

B10_D値からPFH_DとMTTF_D 値の計算

最初の式:

$$n_{op} = \frac{d_{op} * h_{op} * 60}{T_{Zyklus}}$$

および:

$$MTTF_D = \frac{B10_D}{0,1 * n_{op}}$$

MTBF値からのPFH_DとMTTF_D値の計算:

注: 修理時間は無視できるため、次のようになります。

$$MTTF_D = 2 * MTBF$$

$$MTTF_D = \frac{1}{\lambda_D}$$

ここで、

$$\lambda_D \approx \frac{0,1}{T_{10D}} = \frac{0,1 * n_{op}}{B10_D}$$

以下の式になります。

$$PFH = \frac{0,1 * n_{op} * (1 - DC)}{B10_D} = \frac{1 - DC}{MTTF_D}$$

値を代入すると、この式は以下のようになります。

ドライブ

$$MTTF_D = 2 * MTBF = 2 * 59y = 1.033.680h = 118y$$

$$PFH = \frac{1 - DC}{MTTF_D} = \frac{1 - 0,9}{1.033.680h} = 9,67E - 08$$

エンコーダ

$$MTTF_D = 2 * MTTF = 2 * 1.208.880h = 2.417.760h = 276y$$

$$PFH = \frac{1 - DC}{MTTF_D} = \frac{1 - 0,9}{2.417.760h} = 4,13E - 08$$

EL6224-0090

$$MTTF_D = 2 * MTBF = 2 * 1.200.000h = 2.400.000h = 273y$$

$$PFH = \frac{1 - DC}{MTTF_D} = \frac{1 - 0,9}{2.400.000h} = 4,17E - 08$$

入力システム1

$$PFH_{(Input1)} = PFH_{(Encoder)} + PFH_{(EL6224-0090)} = 4,13E - 08 + 4,17E - 08 = 8,30E - 08$$

K1/K2:

$$n_{op} = \frac{230 * 16 * 60}{10080} = 21,90$$

$$MTTF_D = \frac{1.300.000}{0,1 * 21,90} = 593607,3y = 5199997320h$$

そして、K1およびK2がそれぞれシングルチャンネルだと仮定すると、

K1/K2: 作動/週当たり1回および直接フィードバック

$$PFH = \frac{1 - 0,99}{593607,3 * 8760} = 1,92E - 12$$

ここで次の仮定が想定されます。

リレーK1とK2は、両方とも安全機能に接続されます。リレーが機能しなくても危険な状態にはなりませんが、フィードバックによって検出されます。さらに、K1とK2用のB10₀値は同一です。

EL6224-0090に接続するエンコーダとドライブからの入力信号は、異なった測定方法を持ち、異なった調整値を提供し、両方とも安全機能に関係します。チャンネルの誤作動は危険な状況に至りませんが、TwinSAFEロジックの2つの値の比較によって検出され、シャットダウンを引き起こします。

2つのチャンネルによって接続されているコンポーネント間には結合係数があります。例として、これらのコンポーネントの間には、温度、EMC、ピーク電圧、または信号があります。これは、 $\beta=10\%$ の最悪ケースの推定値と想定されます。EN 62061には表(表F.1: Criteria for determining the CCF (CCFを確定するための基準)、および表F.2: Estimation of the CCF factor (β) (CCF係数(β)の推定値)が含まれていて、 β -係数を正確に決定するのに使用できます。入力補助システムの場合、 β -係数を計算するための表が適切に変更されている場合、推定値の2%が達成可能です。次の計算では、最悪の場合の10%が想定されています。

さらに、エラー(リレー接点の過電流、制御盤の温度超過など)の原因で両方のチャンネルに同時に危険側故障が発生することを防ぐために、すべての通常の対策が取られていると想定しています。

したがって、安全機能1のPFH₀値の計算は、以下のようになります。

$$PFH_{ges} = \beta * \frac{PFH_{(Input1)} + PFH_{(Drive)}}{2} + (1 - \beta)^2 * (PFH_{(Input1)} * PFH_{(Drive)}) * T1 + PFH_{(EL6910)} + PFH_{(EL2904)} \\ + \beta * \frac{PFH_{(K1)} + PFH_{(K2)}}{2} + (1 - \beta)^2 * (PFH_{(K1)} * PFH_{(K2)}) * T1$$

$(1 - \beta)^2 * (PFH_{(K1)} * PFH_{(K2)}) * T1$ と $(1 - \beta)^2 * (PFH_{(Input1)} * PFH_{(Antrieb)}) * T1$ の部分は残りの部分よりも極めて小さい(10乗分のみ)ため、この式では以降の計算を簡単にするために無視されます。

$$PFH_{ges} = 10\% * \frac{8,30E - 08 + 9,67E - 08}{2} + 1,79E - 09 + 1,25E - 09 + 10\% * \frac{1,92E - 12 + 1,92E - 12}{2} \\ = 1,2E - 08$$

注記

EN 62061

EN 62061にしたがって、入力補助システムはSFFまたはDCの90%で評価されます。これによって、EN 62061の表5にしたがって、達成できる最大SIL値は2に制限されます。

EN 13849に従った安全機能1のためのMTTF₀値の別の計算(同様の仮定の下で)は、以下のようになります。

$$\frac{1}{MTTF_{Dges}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{MTTF_{Dn}}$$

下位の値は入力補助システムから取得されます(この場合はドライブ)。

$$\frac{1}{MTTF_{Dges}} = \frac{1}{MTTF_{D(Antrieb)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL6910)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL2904)}} + \frac{1}{MTTF_{D(K1)}}$$

ここで、

PFH₀値のみがEL2904、およびEL6910に利用できる場合、次のようになります。

$$MTTF_{D(ELxxx)} = \frac{(1 - DC_{(ELxxx)})}{PFH_{(ELxxx)}}$$

ここから、

$$MTTF_{D(EL6910)} = \frac{(1 - DC_{(EL6910)})}{PFH_{(EL6910)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,79E - 09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{15,68E - 06 \frac{1}{y}} = 637y$$

$$MTTF_{D(EL2904)} = \frac{(1 - DC_{(EL2904)})}{PFH_{(EL2904)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,25E - 09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{1,1E - 05 \frac{1}{y}} = 913,2y$$

$$MTTF_{Dges} = \frac{1}{\frac{1}{118y} + \frac{1}{637y} + \frac{1}{913y} + \frac{1}{593607y}} = 89,7y$$

$$DC_{avg} = \frac{\frac{DC}{MTTF_{D(Encoder)}} + \frac{DC}{MTTF_{D(EL6244-0090)}} + \frac{DC}{MTTF_{D(Antrieb)}} + \frac{DC}{MTTF_{D(EL6910)}} + \frac{DC}{MTTF_{D(EL2904)}} + \frac{DC}{MTTF_{D(K1)}} + \frac{DC}{MTTF_{D(K2)}}}{\frac{1}{MTTF_{D(Encoder)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL6244-0090)}} + \frac{1}{MTTF_{D(Antrieb)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL6910)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL2904)}} + \frac{1}{MTTF_{D(K1)}} + \frac{1}{MTTF_{D(K2)}}$$

$$DC_{avg} = \frac{\frac{90\%}{276y} + \frac{90\%}{273y} + \frac{90\%}{118y} + \frac{99\%}{637y} + \frac{99\%}{913y} + \frac{99\%}{593607y} + \frac{99\%}{593607y}}{\frac{1}{276y} + \frac{1}{273y} + \frac{1}{118y} + \frac{1}{637y} + \frac{1}{913y} + \frac{1}{593607y} + \frac{1}{593607y}} = 91,30\%$$

または、DC = 99%の場合、

$$DC_{avg} = \frac{\frac{99\%}{276y} + \frac{99\%}{273y} + \frac{99\%}{118y} + \frac{99\%}{637y} + \frac{99\%}{913y} + \frac{99\%}{593607y} + \frac{99\%}{593607y}}{\frac{1}{276y} + \frac{1}{273y} + \frac{1}{118y} + \frac{1}{637y} + \frac{1}{913y} + \frac{1}{593607y} + \frac{1}{593607y}} = 99,00\%$$

⚠ 注意

カテゴリ

この構造では、最大でカテゴリ3までが可能です。

⚠ 警告

停止

モータが停止する場合、エンコーダ信号のフリーズのようなエラーは、動作が要求される場合のみ検出されます。装置の製造元およびユーザはこれを考慮に入れる必要があります。

⚠ 注意

装置に再起動ロックを実装してください。

再起動ロックは安全チェーンの一部ではないため、装置に実装する必要があります。

MTTF _D	
各チャンネルの名称	各チャンネルの範囲
low	3年 ≤ MTTF _D < 10年
medium	10年 ≤ MTTF _D < 30年
high	30年 ≤ MTTF _D ≤ 100年

DC	
名前	範囲
なし	DC < 60 %
low	60 % ≤ DC < 90 %
medium	90 % ≤ DC < 99 %
high	99 % ≤ DC

注記

診断範囲

実用的に使いやすくするために、範囲の数は4つに制限されています。この表に示されている制限値の精度は5%です。

Category	B	1	2	2	3	3	4
DC / MTTF _D	none	none	low	medium	low	medium	high
low	a	-	a	b	b	c	-
medium	b	-	b	c	c	d	-
high	-	c	c	d	d	d	e

または、入力補助システム用にDC = 99%の場合、

MTTF _D	
各チャンネルの名称	各チャンネルの範囲
low	3年 ≤ MTTFD < 10年
medium	10年 ≤ MTTFD < 30年
high	30年 ≤ MTTFD ≤ 100年

DC	
名前	範囲
なし	DC < 60 %
low	60 % ≤ DC < 90 %
medium	90 % ≤ DC < 99 %
high	99 % ≤ DC

注記

診断範囲
 実用的に使いやすくするために、範囲の数は4つに制限されています。この表に示されている制限値の精度は5%です。

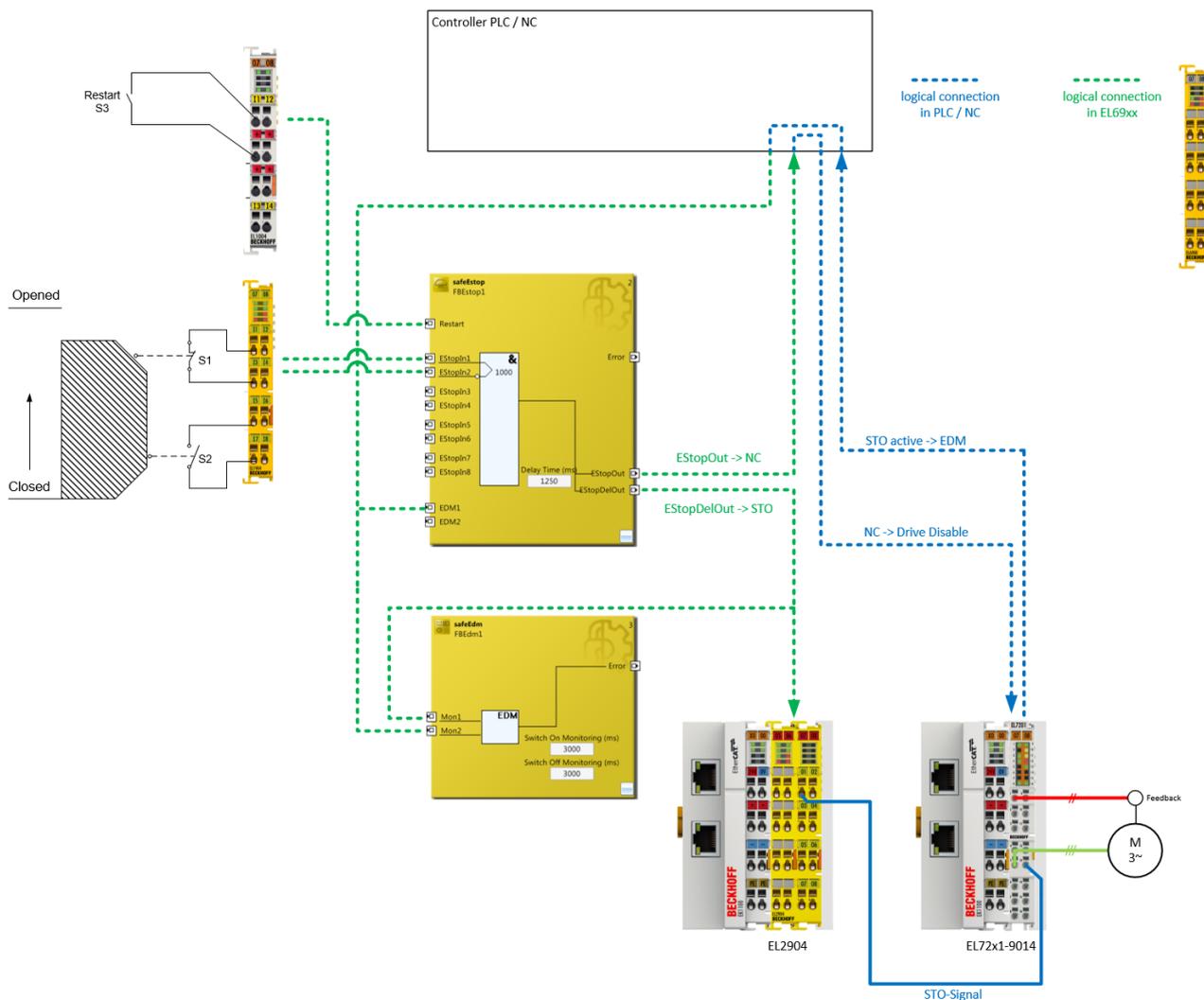
Category	B	1	2	2	3	3	4
DC MTTF _D	none	none	low	medium	low	medium	high
low	a	-	a	b	b	c	-
medium	b	-	b	c	c	d	-
high	-	c	c	d	d	d	e

テーブル3 EN62061に準拠した安全度水準 (Safety Integrity Level)	
安全度水準	時間当たりの危険故障確率(PFH _D)
3	≥ 10 ⁻⁸ ~ < 10 ⁻⁷
2	≥ 10 ⁻⁷ ~ < 10 ⁻⁶
1	≥ 10 ⁻⁶ ~ < 10 ⁻⁵

2.27 ST0機能とEL72x1-9014 (Cat. 3/PLd)

次のアプリケーション例は、EN 61800-5-2にしたがってST0機能を実装するためのEL72x1-9014とEL2904の配線方法を示します。

安全扉 (S1とS2) およびリセット信号 (S3) は、論理的にESTOPファンクションブロックにリンクされています。EStopOut信号はNCコントローラに送信され、それによって、たとえば、EL72x1-9014のイネーブル信号は切り替えできます。EL72x1-9014のST0入力は、遅延出力EStopDelOutによって操作されます。EL72x1-9014は、標準コントローラ経由でST0機能が有効であるという情報を提供します。この情報は、ESTOPファンクションブロックのEDM入力に送信され、さらにこの信号の期待値を生成するためにEDMファンクションブロックに送信されます。



⚠ 注意

装置に再起動ロックを実装してください。

再起動ロックは安全チェーンの一部ではないため、装置に実装する必要があります。

危険分析が、再起動を安全コントローラで実施する必要があるという結果を戻す場合、再起動も安全入力に配置する必要があります。

⚠ 警告

制御盤内のみの配線

EL2904とEL72x1-9014のST0入力のための配線は、EL2904とEL72x1-9014の間の配線のクロス回路または外部電源の故障除外をできるようにするために、同じ制御盤に配置する必要があります。

この配線の評価と故障除外が許容可能かどうかの評価は、装置の製造元またはユーザが行う必要があります。

注記

EL72x1-9014と計算

EL72x1-9014は、安全機能に対して干渉なしで動作するため、DIN EN ISO 13849-1に準拠してパフォーマンスレベルの計算で考慮されません。

PFH₀値は、値が0の場合のEN 62061に準拠して計算に使用されます。

2.27.1 安全入力と安全出力ターミナルのパラメータ

EL1904

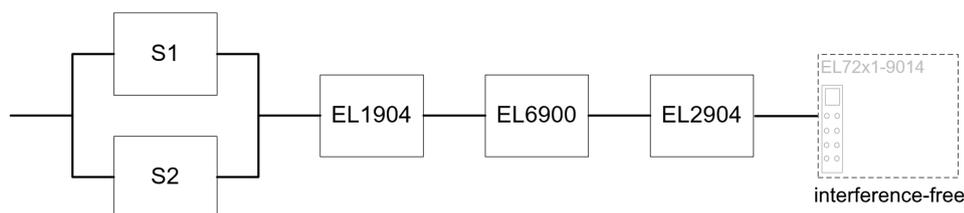
パラメータ	値
Sensor test channel 1 active(センサーテストチャンネル1有効化)	Yes (はい)
Sensor test channel 2 active(センサーテストチャンネル2有効化)	Yes (はい)
Sensor test channel 3 active(センサーテストチャンネル3有効化)	Yes (はい)
Sensor test channel 4 active(センサーテストチャンネル4有効化)	Yes (はい)
Logic channel 1 and 2	シングルロジック
Logic channel 3 and 4	シングルロジック

EL2904

パラメータ	値
Current measurement active(電流測定の有効化)	No (いいえ)
Output test pulses active(出力テストパルス有効化)	Yes (はい)

2.27.2 ブロック構造とセーフティループ

2.27.2.1 安全機能1



2. 27. 3 計算

2. 27. 3. 1 PFHD / MTTFD / B10D - 値

コンポーネント	値
EL1904 - PFH _D	1. 11E-09
EL2904 - PFH _D	1. 25E-09
EL6900 - PFH _D	1. 03E-09
EL72x1-9014 - PFH _D	0. 00
S1 - B10 _D	1, 000, 000
S2 - B10 _D	2, 000, 000
1年あたりの平均運転日数 (d _{op})	230
1日あたりの平均運転時間 (h _{op})	16
1サイクルの平均時間間隔 (T _{cycle})	15 (時間当たり4回)
寿命 (T1)	20年 = 175200時間

2. 27. 3. 2 診断範囲DC

コンポーネント	値
S1/S2 (テスト/妥当性チェック付き)	DC _{avg} =99%
EL2904 (テスト付き)	DC _{avg} =99%

2. 27. 3. 3 安全機能1の計算

B10_D値からPFH_DとMTTF_D値の計算

最初の式:

$$n_{op} = \frac{d_{op} * h_{op} * 60}{T_{zyklus}}$$

および:

$$MTTF_D = \frac{B10_D}{0,1 * n_{op}}$$

値を代入すると、この式は以下ようになります。

S1:

$$n_{op} = \frac{230 * 16 * 60}{15} = 14720$$

$$MTTF_D = \frac{1.000.000}{0,1 * 14720} = 679,3y = 5951087h$$

S2:

$$n_{op} = \frac{230 * 16 * 60}{15} = 14720$$

$$MTTF_D = \frac{2.000.000}{0,1 * 14720} = 1358,7y = 11902174h$$

そして、S1およびS2がそれぞれシングルチャンネルだと仮定すると、

$$MTTF_D = \frac{1}{\lambda_D}$$

以下の式になります。

$$PFH = \frac{0,1 * n_{op} * (1 - DC)}{B10_D} = \frac{1 - DC}{MTTF_D}$$

S1:

$$PFH = \frac{1 - 0,99}{679,3 * 8760} = 1,68E - 09$$

S2:

$$PFH = \frac{1 - 0,99}{1358,7 * 8760} = 8,4E - 10$$

ここで次の仮定が想定されます。

ドアスイッチS1/S2は、常に反対方向に作動します。スイッチは異なる値を持っていますが、完全な安全扉スイッチはN. C. とN. O. 接点の組み合わせで構造され、2つのスイッチが機能する必要があるため、2つの値の下位の値になる (S1) が組み合わせとして採用されます。

2つのチャンネルによって接続されているコンポーネント間には結合係数があります。例として、これらのコンポーネントの間には、温度、EMC、ピーク電圧、または信号があります。これは、 $\beta=10\%$ の最悪ケースの推定値と想定されます。EN 62061には、 β -係数を正確に決定できる表があります。さらに、エラー (リレー接点の過電流、制御盤の温度超過など) の原因で両方のチャンネルに同時に危険側故障が発生することを防ぐために、すべての通常の対策が取られていると想定しています。

したがって、安全機能1のためのPFH₀値の計算は以下ようになります。

$$PFH_{ges} = \beta * \frac{PFH_{(S1)} + PFH_{(S2)}}{2} + (1 - \beta)^2 * (PFH_{(S1)} * PFH_{(S2)}) * T1 + PFH_{(EL1904)} + PFH_{(EL6900)} + PFH_{(EL2904)} + PFH_{(EL72x1-9014)}$$

$(1 - \beta)^2 * (PFH_{(S1)} * PFH_{(S2)}) * T1$ の部分は残りの部分よりも極めて小さい(10乗分のみ)ため、この式では以降の計算を簡単にするために無視されます。

以下ようになります。

$$PFH_{ges} = 10\% * \frac{1,68E - 09 + 1,68E - 09}{2} + 1,11E - 09 + 1,03E - 09 + 1,25E - 09 + 0,00 = 3,558E - 09$$

安全機能1 (同様の仮定の下で)用のMTTF₀ 値の計算

$$\frac{1}{MTTF_{Dges}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{MTTF_{Dn}}$$

したがって、

$$\frac{1}{MTTF_{Dges}} = \frac{1}{MTTF_{D(S1)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL1904)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL6900)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL2904)}}$$

ここで、

$$MTTF_{D(S1)} = \frac{B10_{D(S1)}}{0,1 * n_{op}}$$

$$MTTF_{D(S2)} = \frac{B10_{D(S2)}}{0,1 * n_{op}}$$

PFH₀値のみがEL1904、EL6900およびEL2904に利用できる場合、次のようになります。

$$MTTF_{D(ELxxx)} = \frac{(1 - DC_{(ELxxx)})}{PFH_{(ELxxx)}}$$

ここから、

$$MTTF_{D(EL1904)} = \frac{(1 - DC_{(EL1904)})}{PFH_{(EL1904)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,11E - 09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{9,72E - 06 \frac{1}{y}} = 1028,8y$$

$$MTTF_{D(EL6900)} = \frac{(1 - DC_{(EL6900)})}{PFH_{(EL6900)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,03E - 09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{9,02E - 06 \frac{1}{y}} = 1108,6y$$

$$MTTF_{D(EL2904)} = \frac{(1 - DC_{(EL2904)})}{PFH_{(EL2904)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,25E - 09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{1,1E - 05 \frac{1}{y}} = 913,2y$$

$$MTTF_{D_{ges}} = \frac{1}{\frac{1}{679,3y} + \frac{1}{1028,8y} + \frac{1}{1108,6y} + \frac{1}{913,2y}} = 225,2y$$

$$DC_{avg} = \frac{\frac{99\%}{679,3y} + \frac{99\%}{1358,7y} + \frac{99\%}{1028,8y} + \frac{99\%}{1108,6y} + \frac{99\%}{913,2y}}{\frac{1}{679,3y} + \frac{1}{1358,7y} + \frac{1}{1028,8y} + \frac{1}{1108,6y} + \frac{1}{913,2y}} = 99,00\%$$

⚠ 注意

カテゴリ

この構造では、最大でカテゴリ3までが可能です。

MTTF _D	
各チャンネルの名称	各チャンネルの範囲
low	3年 ≤ MTTFD < 10年
medium	10年 ≤ MTTFD < 30年
high	30年 ≤ MTTFD ≤ 100年

DC	
名前	範囲
なし	DC < 60 %
low	60 % ≤ DC < 90 %
medium	90 % ≤ DC < 99 %
high	99 % ≤ DC

注記

診断範囲

実用的に使いやすくするために、範囲の数は4つに制限されています。この表に示されている制限値の精度は5%です。

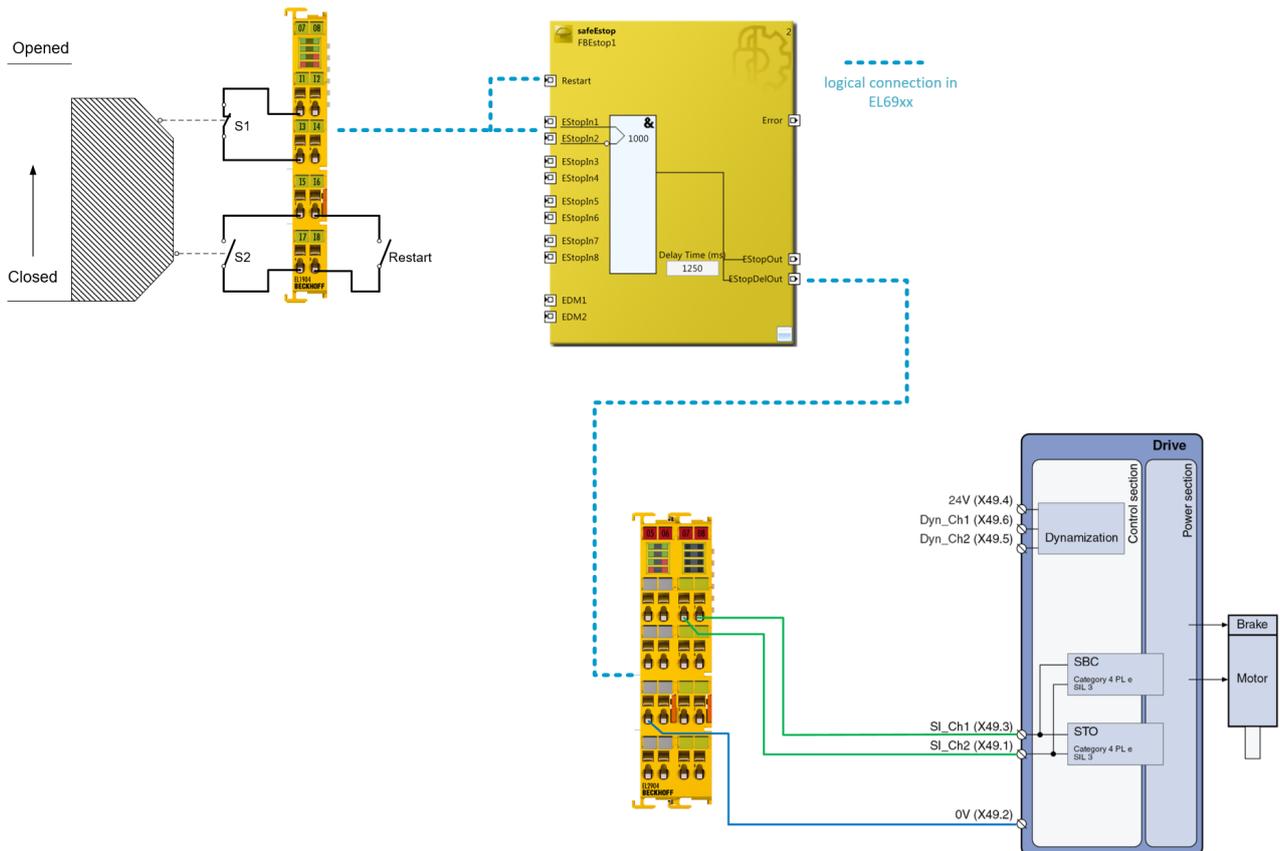
Category	B	1	2	2	3	3	4
DC / MTTFD	none	none	low	medium	low	medium	high
low	a	-	a	b	b	c	-
medium	b	-	b	c	c	d	-
high	-	c	c	d	d	d	e

2.28 ST0機能とIndraDrive (Cat. 4/PLe)

次の例は、このドライブにST0機能を実装するためにBOSCH Rexroth IndraDriveと連動した、安全EL2904出力のアプリケーションを示します。

例では、安全扉は、2チャンネルモードのリセット信号と共に安全入力（この場合はEL1904）に配線されています。TwinSAFEロジック内では、これらの信号はESTOPファンクションブロックで使用されます。ESTOPファンクションブロックの切り替えは遅延し、2つの安全EL2904出力のために使用されます。EStopOut出力は、NC コントローラーを介して電氣的にドライブを停止するために使用できます。

EL2904の1つの出力は、Bosch Rexroth IndraDriveのST0入力X49. 1に配線されていて、もう1つの出力はX49. 3に配線されます。対応するGND接続 (X49. 2) は、EL2904とIndraDriveが24 V電源の同じ接地電位を使用することを図で説明するためにEL2904に戻されています。



⚠ 注意

装置に再起動ロックを実装してください。

再起動ロックは安全チェーンの一部ではないため、装置に実装する必要があります。

2. 28. 1 安全入力と安全出力ターミナルのパラメータ

EL1904

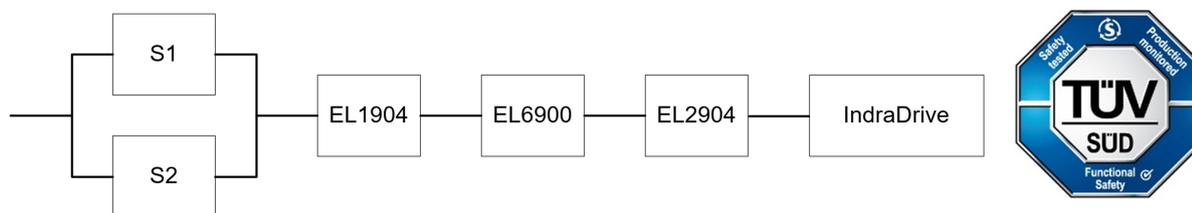
パラメータ	値
Sensor test channel 1 active(センサーテストチャンネル1有効化)	Yes(はい)
Sensor test channel 2 active(センサーテストチャンネル2有効化)	Yes(はい)
Sensor test channel 3 active(センサーテストチャンネル3有効化)	Yes(はい)
Sensor test channel 4 active(センサーテストチャンネル4有効化)	Yes(はい)
Logic channel 1 and 2	シングルロジック
Logic channel 3 and 4	シングルロジック

EL2904

パラメータ	値
Current measurement active(電流測定の有効化)	No(いいえ)
Output test pulses active(出力テストパルス有効化)(出力テストパルス有効化)	Yes(はい)

2. 28. 2 ブロック構造とセーフティループ

2. 28. 2. 1 安全機能1



2. 28. 3 計算

2. 28. 3. 1 PFHD / MTTFD / B10D - 値

コンポーネント	値
EL1904 - PFH _D	1. 11E-09
EL2904 - PFH _D	1. 25E-09
EL6900 - PFH _D	1. 03E-09
Bosch Rexroth IndraDrive ¹⁾ - PFH _D	0. 50E-09
Bosch Rexroth IndraDrive ¹⁾ - MTTFD	> 200年
S1 - B10 _D	1, 000, 000
S2 - B10 _D	2, 000, 000
1年あたりの平均運転日数 (d _{op})	230
1日あたりの平均運転時間 (h _{op})	16
1サイクルの平均時間間隔 (T _{cycle})	15 (時間当たり4回)
寿命 (T1)	20年 = 175200時間

¹⁾ Bosch Rexrothユーザマニュアルで提供されている情報に注意してください。

2. 28. 3. 2 診断範囲DC

コンポーネント	値
S1/S2 (テスト/妥当性チェック付き)	DC _{avg} =99%
EL2904 (テスト付き)	DC _{avg} =99%
Bosch Rexroth IndraDrive ¹⁾	DC _{avg} =99%

¹⁾ Bosch Rexrothユーザマニュアルで提供されている情報に注意してください。

2. 28. 3. 3 安全機能1の計算

B10_D値からPFH_DとMTTF_D 値の計算

最初の式:

$$n_{op} = \frac{d_{op} * h_{op} * 60}{T_{Zyklus}}$$

および:

$$MTTF_D = \frac{B10_D}{0,1 * n_{op}}$$

値を代入すると、この式は以下ようになります。

S1:

$$n_{op} = \frac{230 * 16 * 60}{15} = 14720$$

$$MTTF_D = \frac{1.000.000}{0,1 * 14720} = 679,3y = 5951087h$$

S2:

$$n_{op} = \frac{230 * 16 * 60}{15} = 14720$$

$$MTTF_D = \frac{2.000.000}{0,1 * 14720} = 1358,7y = 11902174h$$

そして、S1およびS2がそれぞれシングルチャンネルだと仮定すると、

$$MTTF_D = \frac{1}{\lambda_D}$$

以下の式になります。

$$PFH = \frac{0,1 * n_{op} * (1 - DC)}{B10_D} = \frac{1 - DC}{MTTF_D}$$

S1:

$$PFH = \frac{1 - 0,99}{679,3 * 8760} = 1,68E - 09$$

S2:

$$PFH = \frac{1 - 0,99}{1358,7 * 8760} = 8,4E - 10$$

ここで次の仮定が想定されます。

ドアスイッチS1/S2は、常に反対方向に作動します。スイッチは異なる値を持っていますが、完全な安全扉スイッチはN. C. とN. O. 接点の組み合わせで構造され、2つのスイッチが機能する必要があるため、2つの値の下位の値になる (S1) が組み合わせとして採用されます。

2つのチャンネルによって接続されているコンポーネント間には結合係数があります。例として、これらのコンポーネントの間には、温度、EMC、ピーク電圧、または信号があります。これは、β=10%の最悪ケースの推定値と想定されます。EN 62061には表(表F.1: Criteria for determining the CCF (CCFを確定するための基準)、および表F.2: Estimation of the CCF factor (β) (CCF係数(β)の推定値)が含まれていて、β-係数を正確に決定するのに使用できます。

さらに、エラー(リレー接点の過電流、制御盤の温度超過など)の原因で両方のチャンネルに同時に危険側故障が発生することを防ぐために、すべての通常の対策が取られていると想定しています。

したがって、安全機能1のためのPFH₀値の計算は以下のようになります。

$$PFH_{ges} = \beta * \frac{PFH_{(S1)} + PFH_{(S2)}}{2} + (1 - \beta)^2 * (PFH_{(S1)} * PFH_{(S2)}) * T1 + PFH_{(EL1904)} + PFH_{(EL6900)} + PFH_{(EL2904)} + PFH_{(IndraDrive)}$$

$(1 - \beta)^2 * (PFH_{(S1)} * PFH_{(S2)}) * T1$ の部分は残りの部分よりも極めて小さい(10乗分のみ)ため、この式では以降の計算を簡単にするために無視されます。

以下のようになります。

$$PFH_{ges} = 10\% * \frac{1,68E - 09 + 8,40E - 10}{2} + 1,11E - 09 + 1,03E - 09 + 1,25E - 09 + 0,50E - 09 = 4,016E - 09$$

注記

EN 62061に準拠した計算

この値は、EN 62061、表3に準拠したSIL3に相当します。

安全機能1 (同様の仮定の下で)用のMTTF₀ 値の計算

$$\frac{1}{MTTF_{Dges}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{MTTF_{Dn}}$$

したがって、

$$\frac{1}{MTTF_{Dges}} = \frac{1}{MTTF_{D(S1)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL1904)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL6900)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL2904)}} + \frac{1}{MTTF_{D(IndraDrive)}}$$

ここで、

$$MTTF_{D(S1)} = \frac{B10_{D(S1)}}{0,1 * n_{op}}$$

$$MTTF_{D(LndraDrive)} = 200y$$

PFH₀値のみがEL1904、EL6900およびEL2904に利用できる場合、次のようになります。

$$MTTF_{D(ELxxxx)} = \frac{(1 - DC_{(ELxxxx)})}{PFH_{(ELxxxx)}}$$

ここから、

$$MTTF_{D(EL1904)} = \frac{(1 - DC_{(EL1904)})}{PFH_{(EL1904)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,11E - 09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{9,72E - 06 \frac{1}{y}} = 1028,8y$$

$$MTTF_{D(EL6900)} = \frac{(1 - DC_{(EL6900)})}{PFH_{(EL6900)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,03E - 09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{9,02E - 06 \frac{1}{y}} = 1108,6y$$

$$MTTF_{D(EL2904)} = \frac{(1 - DC_{(EL2904)})}{PFH_{(EL2904)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,25E - 09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{1,1E - 05 \frac{1}{y}} = 913,2y$$

$$MTTF_{D_{ges}} = \frac{1}{\frac{1}{679,3y} + \frac{1}{1028,8y} + \frac{1}{1108,6y} + \frac{1}{913,2y} + \frac{1}{200y}} = 105,9y$$

$$DC_{avg} = \frac{\frac{99\%}{679,3y} + \frac{99\%}{1358,7y} + \frac{99\%}{1028,8y} + \frac{99\%}{1108,6y} + \frac{99\%}{913,2y} + \frac{99\%}{200y}}{\frac{1}{679,3y} + \frac{1}{1358,7y} + \frac{1}{1028,8y} + \frac{1}{1108,6y} + \frac{1}{913,2y} + \frac{1}{200y}} = 99,00\%$$

注記

カテゴリ

この構造では、最大でカテゴリ4までが可能です。

MTTF _D	
各チャンネルの名称	各チャンネルの範囲
low	3年 ≤ MTTF _D < 10年
medium	10年 ≤ MTTF _D < 30年
high	30年 ≤ MTTF _D ≤ 100年

DC	
名前	範囲
なし	DC < 60 %
low	60 % ≤ DC < 90 %
medium	90 % ≤ DC < 99 %
high	99 % ≤ DC

注記

診断範囲

実用的に使いやすくするために、範囲の数は4つに制限されています。この表に示されている制限値の精度は5%です。

Category	B	1	2	2	3	3	4
DC MTTF _D	none	none	low	medium	low	medium	high
low	a	-	a	b	b	c	-
medium	b	-	b	c	c	d	-
high	-	c	c	d	d	d	e

テーブル3 EN62061に準拠した安全度水準 (Safety Integrity Level)

安全度水準	時間当たりの危険故障確率 (PFH _D)
3	$\geq 10^{-8} \sim < 10^{-7}$
2	$\geq 10^{-7} \sim < 10^{-6}$
1	$\geq 10^{-6} \sim < 10^{-5}$

2. 28. 4 Bosch Rexroth AGからのテクニカルノート



Technical Note

Bosch Rexroth AG
Postfach 1357
97803 Lohr am Main
Bgm.-Dr.-Nebel-Str. 2
97816 Lohr am Main
Tel. +49 9352 18-0
Fax +49 9352 18-8400
www.boschrexroth.com

09. März 2017

Sehr geehrte Damen und Herren,

Folgend bestätigen wir Ihnen die Anwendungsbedingungen für die sichere Anwahl von Sicherheitsfunktionen unseres IndraDrive.

Die Anwendungsbedingungen gelten für die IndraDrive Antriebsfamilien Cs, C/M, Mi, ML mit folgenden Sicherheitsoptionen

- L3, L4: Anwahl über Klemme X49 des Steuerteils
- S4, S5: Anwahl über Klemme X41 des Sicherheitszonenmoduls HSZ01

Die Installations- und Projektierungshinweise in der Kundendokumentation sind zu beachten.

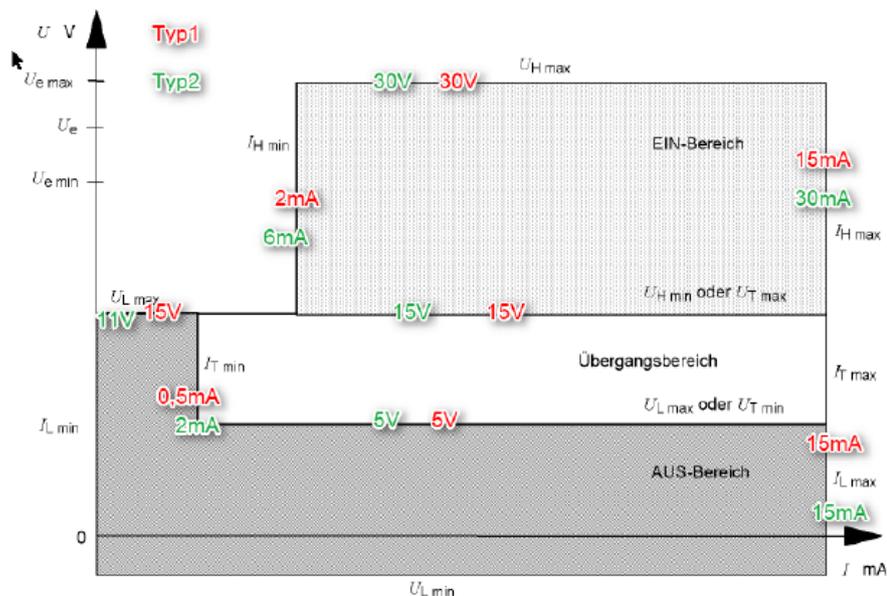
1 Safety Anforderungen

09. März 2017
Seite 2 von 4

Die Anforderungen von Kat.4 Ple nach EN 13849 bzw. SIL 3 gemäß EN 61062 sind für die sichere Anwahl der Sicherheitsfunktionen des Antriebssystems IndraDrive gegeben, wenn die Ansteuereinheit (z.B EL2904 Fa. Beckhoff) folgende Anwendungsbedingungen erfüllt:

1.1 Elektrische Anforderungen

Die sicheren Eingänge verhalten sich konform zur IEC61131-2, Typ 2 (Sicherheitsoption L3, L4) bzw. Typ 1 (Sicherheitsoption S4, S5). Entsprechend muss der Ausgang der aktiven Ansteuereinheit folgende Pegel für das Low-Signal einhalten. Im einfachen Fall liegt das Low-Signal vor, wenn die Ausgangsspannung <5V und der Leckstrom Ausgangstufe <0,5mA ist.



1.2 Durch Testungen des Ausgangs der Ansteuereinheit werden folgende Fehler aufgedeckt.

- Kurzschluss der Anwahlsignale mit 24 V
- Kurzschluss zwischen den beiden Anwahlsignalen

Dies entspricht dem Verhalten von OSSD-Ausgängen

2 Funktionale Anforderungen an die Anwahl (für Verfügbarkeit)

09. März 2017
Seite 3 von 4

Folgende funktionale Anforderungen an die Testimpulse der aktiven Ansteuereinheit müssen erfüllt sein.

2.1 Anforderung IndraDrive mit Sicherheitsoption L3/L4

Zweikanalige Anwahl über Klemme X49 (Eingang nach IEC 61131-2, Typ 2)
Dynamisierungspulse der OSSD-Ausgänge folgende Grenzwerte einhalten:

	Wert	Erklärung
t_{PLmax}	1 ms	maximale Low-Zeit des Testpulses
t_{PLmin}	20 μ s	minimale Low-Zeit des Testpulses
t_{Pmax}	1 h	maximale Periodendauer der Testpulse
t_{Pmin}	500 μ s	minimale Periodendauer der Testpulse
t_{Vmax}	1 s	maximale Verzugszeit der Anwahlsignale bei Anwahl oder Abwahl
$t_{Dmin} = t_{PH} / t_P$	90 %	minimales Tastverhältnis der Anwahlsignale
t_{PHel}	400 ms	maximale Preldauer bei einer An- oder Abwahl
φ	-	Phasenverschiebung der Testpulse auf beiden Kanälen: keine Anforderung

Tab. 5-1: Grenzwerte der Dynamisierungspulse der OSSD-Ausgänge

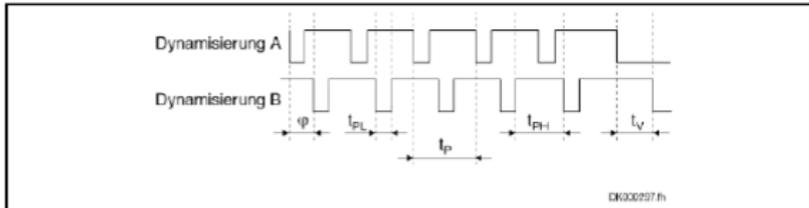
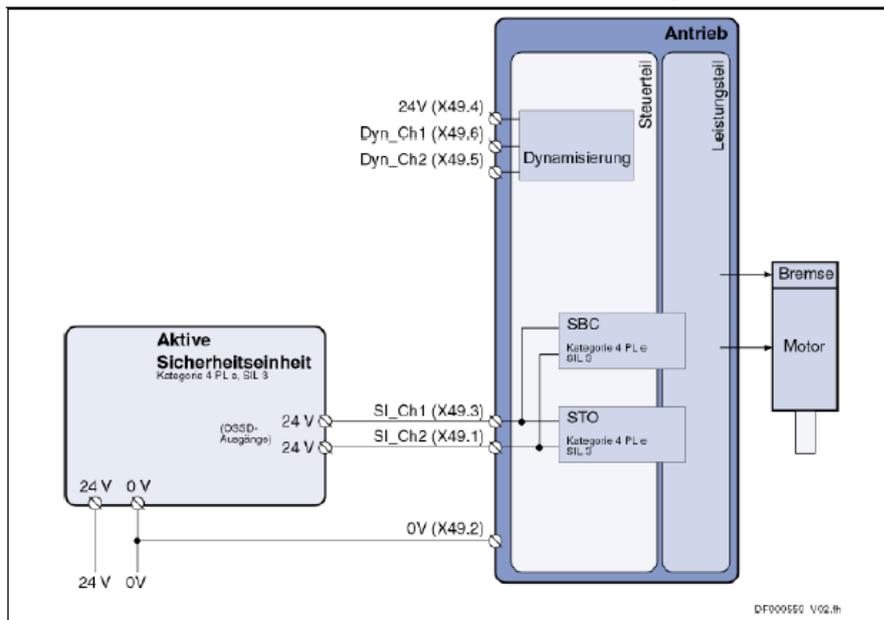


Abb. 5-2: Beispiel für dynamisierte Anwahlsignale



2.2 Anforderung IndraDrive mit Sicherheitsoption S4, S5

Zweikanalige Anwahl über Klemme X41 des Sicherheitszonenmoduls HSZ01
(Eingang nach IEC 61131-2, Typ 1)

09. März 2017
Seite 4 von 4

Grenzwert	Erklärung
$t_{PL,max} = 1 \text{ ms}$	maximale Low-Zeit des Testpulses
$t_{PL,min} = 0 \text{ ms}$	minimale Low-Zeit des Testpulses
$t_{V,max}^{(1)} = 1 \text{ s}$	maximale Verzugszeit der Anwahlsignale bei Anwahl oder Abwahl
$t_{C,min} = t_{PH} / t_P = 90 \%$	minimales Tastverhältnis der Anwahlsignale
$t_{C,max} = t_{PH} / t_P = 100 \%$	maximales Tastverhältnis der Anwahlsignale
$t_{P,rel} = 400 \text{ ms}$	maximale Prelldauer bei einer An- oder Abwahl
$\phi^{(1)} = -$	Phasenverschiebung der Testpulse auf beiden Kanälen: keine Anforderung

¹⁾ gilt nur bei zweikanaliger Anwahl
Tab. 5-1: Grenzwerte der Dynamisierungspulse der OSSD-Ausgänge

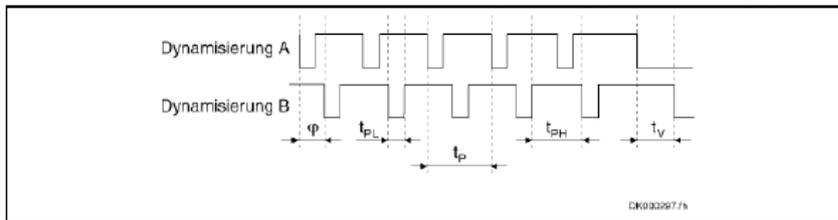


Abb. 5-1: Beispiel für dynamisierte Anwahlsignale

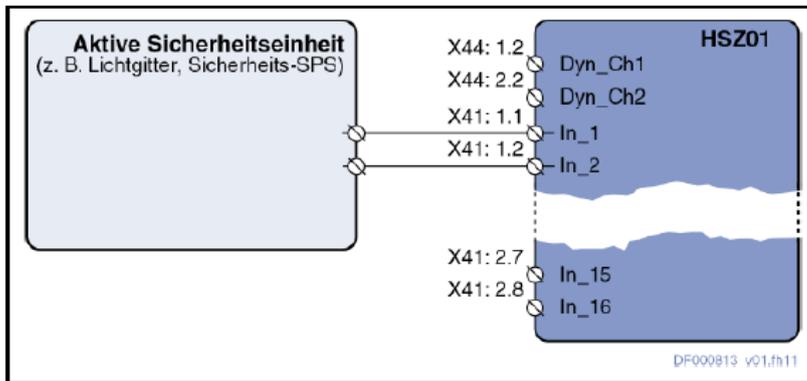


Abb. 5-2: Dynamisierung bei Anwahl über eine aktive Sicherheitseinheit

Diese Bestätigung gilt bis auf Widerruf.

Mit freundlichen Grüßen

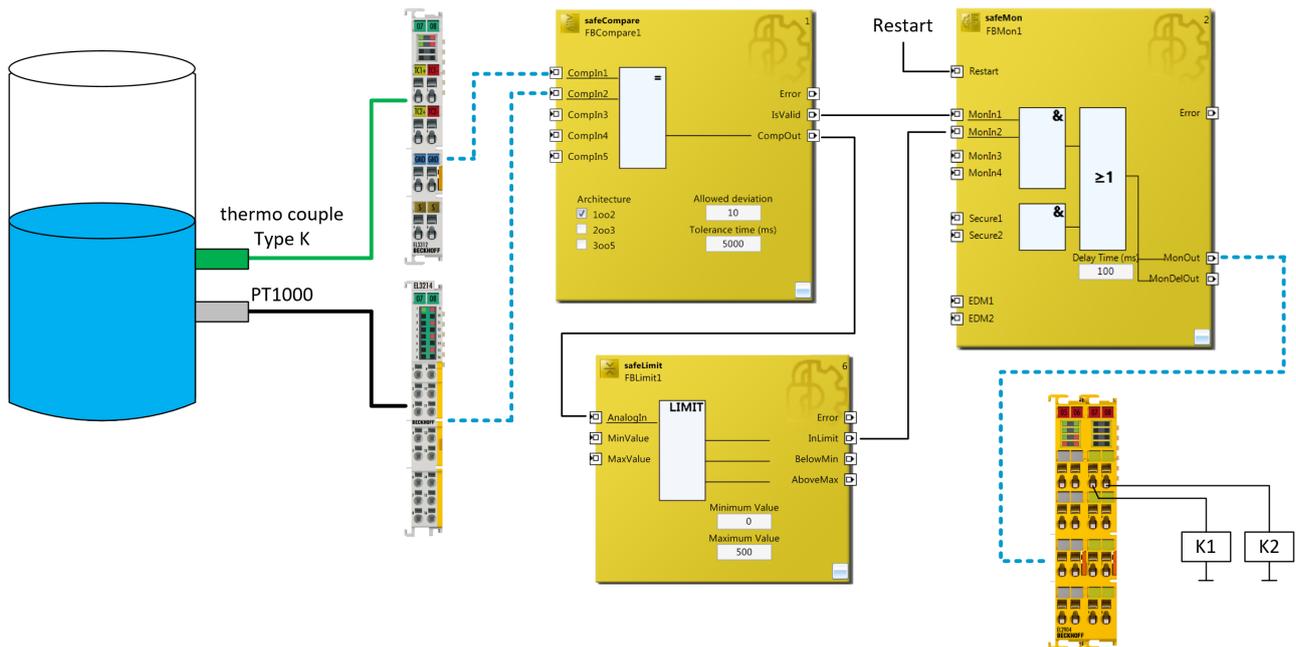
Bosch Rexroth AG (DC-IA/EDY)

2.29 TwinSAFE SCによる温度計測 (Cat. 3/PLd)

この例は、TwinSAFE SCテクノロジーを使用してどのようにして容器のレベル計測を行うのかを示しています。この目的のために、2つの計測ポイントに温度センサーが取り付けられています。1つの計測ポイントには標準EL3312 EtherCATターミナルに配線されているタイプK熱電対が取り付けられており、もう1つにはEL3214-0090 TwinSAFE SC EtherCATターミナルに配線されているPT1000計測抵抗が取り付けられています。

これらの2つの信号は、安全EL6910 TwinSAFEロジック内のCompareファンクションブロックによって妥当性が比較またはチェックされます。信号は、次にLimitファンクションブロックによって確認します。LimitファンクションブロックとCompareファンクションブロックのIsValid出力の結果は、MonファンクションブロックによってコンタクトK1とK2をスイッチオフするために使用されます。

説明を明瞭にするために、この例ではコンタクトの制御が示されていませんが、ユーザはその点に十分にご注意ください。

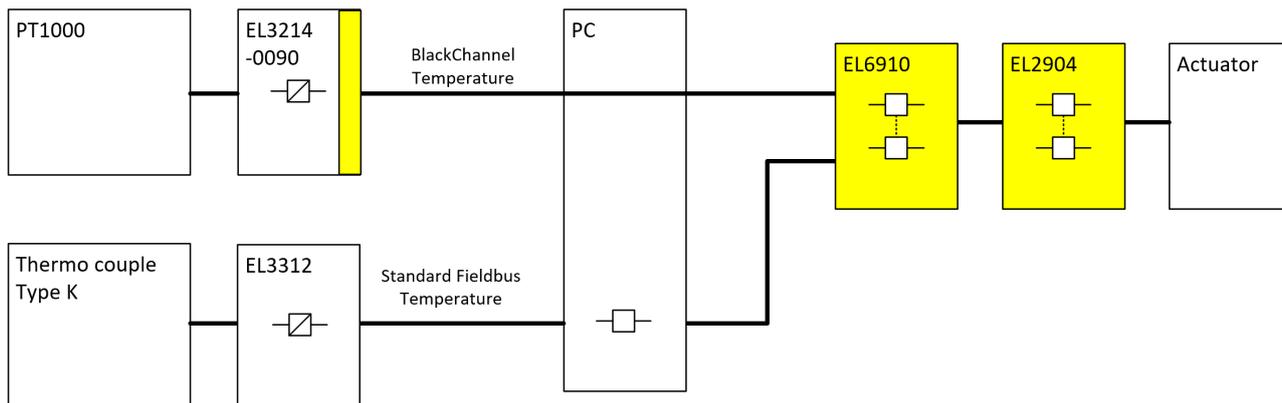


⚠ 注意

非常停止/コンタクト監視

上記のファンクションに加えて、K1とK2、そして場合によっては非常停止ファンクションのEDMファンクションブロックなどによるコンタクト監視をユーザが実装する必要があります。

2. 29. 1 配線構造図



2. 29. 2 構造と診断

2つの計測ポイントで読み込まれる信号は標準信号ですが、異なったテクノロジーを使用しています。少なくとも1つの信号は、TwinSAFE SCテクノロジーによって安全なTwinSAFEロジックに送信され、そのためこの信号は変換されPCまたは通信パスで検出されます。この2つの信号の同等性のテストは許容可能な誤差内であるか、安全なTwinSAFEロジックで実行されます。

個々のエラーの想定と関連した予測される事項は次のFMEA表にリストされています。

2. 29. 3 FMEA

エラーの想定	予測事項	確認済み
標準フィールドバス経由の温度値がフリーズ	値は、EL6910で2番目の値と妥当性チェックによって検出されます。	
TwinSAFE SC通信経由の温度値がフリーズ	これは、TwinSAFE SC通信内のウォッチドッグとEL6910の妥当性チェックによって検出されます。	
温度値は、標準的なPLCで互いにコピーされます。	TwinSAFE SC通信内の変形値は、テレグラム内に無効なCRCを発生させ、グループと出力の即時のシャットダウンを引き起こします。	
標準フィールドバス経由の温度値が歪んでいます。	値は、EL6910で2番目の値と妥当性チェックによって検出されます。	
センサーとEtherCATターミナルの間の接続が喪失	これは、EL6910内で2番目の温度値を使用した妥当性チェックによって検出されます。	
PT1000が不正な温度値を提供	これは、EL6910内で2番目の温度値を使用した妥当性チェックによって検出されます。	
熱電対が不正な温度値を提供	これは、EL6910内で2番目の温度値を使用した妥当性チェックによって検出されます。	

エラーの想定	予測事項	確認済み
標準通信の通信エラー61784-3 : 破損	これは、EL6910内で温度値の妥当性チェックとTwinSAFE SC通信により検出されます。	
標準通信の通信エラー61784-3 : 意図しない再送	これは、EL6910内で温度値の妥当性チェックとTwinSAFE SC通信により検出されます。	
標準通信の通信エラー61784-3 : 誤ったシーケンス	これは、EL6910内で温度値の妥当性チェックとTwinSAFE SC通信により検出されます。	
標準通信の通信エラー61784-3 : 損失	これは、EL6910内で温度値の妥当性チェックとTwinSAFE SC通信により検出されます。	
標準通信の通信エラー61784-3 : 許容できない遅延	これは、EL6910内で温度値の妥当性チェックとTwinSAFE SC通信により検出されます。	
標準通信の通信エラー61784-3 : 挿入	これは、EL6910内で温度値の妥当性チェックとTwinSAFE SC通信により検出されます。	
標準通信の通信エラー61784-3 : なりすまし	標準通信とは無関係で、安全通信用です。	
標準通信の通信エラー61784-3 : アドレス指定	これは、EL6910内で温度値の妥当性チェックとTwinSAFE SC通信により検出されます。	
標準通信の通信エラー : スイッチの頻発するメモリエラー	これは、EL6910内で温度値の妥当性チェックとTwinSAFE SC通信により検出されます。	

2.29.3.1 TwinSAFE SC通信の注:

TwinSAFE SC通信は、Safety-over-EtherCAT通信と同一のエラー検出メカニズムを使用しています。違いは、異なる多項式がチェックサムの計算に使用され、この多項式は以前にSafety-over-EtherCATに使用された多項式とは十分に独立していることです。

ブラックチャンネル原理のような同一のメカニズムが有効です(ビットエラー確率 10^{-2})。

データ送信の品質は致命的ではありません。究極的にはすべての送信エラーは不等になるため、安全なTwinSAFEロジックでの比較によって検出されます。

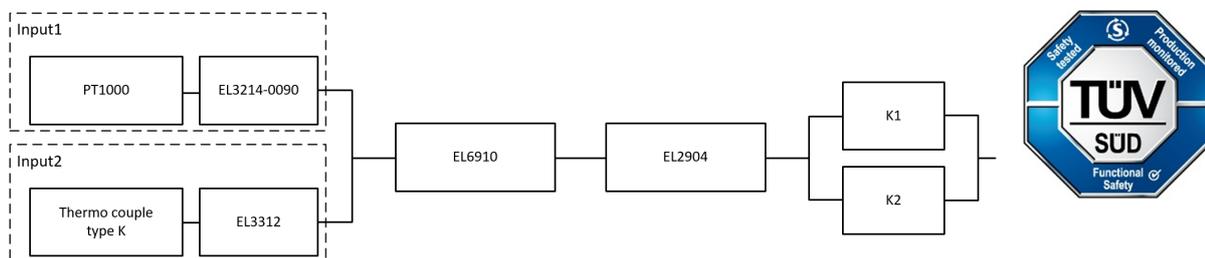
2.29.4 安全出力ターミナルのパラメータ

EL2904

パラメータ	値
Current measurement active(電流測定の有効化)	No(いいえ)
Output test pulses active(出力テストパルス有効化)(出力テストパルス有効化)	Yes(はい)

2. 29. 5 ブロック構造とセーフティループ

2. 29. 5. 1 安全機能1



2. 29. 6 計算

2. 29. 6. 1 PFHD / MTTFD / B10D - 値

コンポーネント	値
EL2904 - PFH _D	1. 25E-09
EL6910 - PFH _D	1. 79E-09
PT1000 - MTTFD _D	7, 618 a (表C. 5 EN ISO 13849-1:2015による)
熱電対タイプK - FIT	1900 (10 ⁹ 時間でのエラー数)
EL3214-0090 - MTBF	890, 000
EL3312 - MTBF	1, 661, 253
K1 - B10 _D	1, 300, 000
K2 - B10 _D	1, 300, 000
1年あたりの平均運転日数 (d _{op})	230
1日あたりの平均運転時間 (h _{op})	16
1サイクルの平均時間間隔 (T _{cycle})	10080 * 10080分=168時間なので、1週間に1回のサイクルの意。
寿命 (T1)	20年 = 175200時間

2. 29. 6. 2 診断範囲DC

コンポーネント	値
TwinSAFE SC経由の温度値およびロジック内で妥当性チェック	DC _{avg} =90% (または計算では: 99%)
K1/K2 (EDM監視付き(作動/週当たり1回およびその期間での監視によるすべての立ち上がり/立ち下がりエッジの評価)/個々のチャンネルのテスト付き)	DC _{avg} =99%

2. 29. 6. 3 安全機能1の計算

明確にするために、安全係数はEN 62061とEN 13849にしたがって計算されます。1つの規格に準拠した計算で、実用上は十分です。

B10_D値からPFH_DとMTTF_D 値の計算

最初の式:

$$n_{op} = \frac{d_{op} * h_{op} * 60}{T_{Zyklus}}$$

および:

$$MTTF_D = \frac{B10_D}{0,1 * n_{op}}$$

MTBF値からのPFH_DとMTTF_D値の計算:

注: 修理時間は無視できるため、次のようになります。

$$MTTF_D = 2 * MTBF$$

$$MTTF_D = \frac{1}{\lambda_D}$$

ここで、

$$\lambda_D \approx \frac{0,1}{T_{10D}} = \frac{0,1 * n_{op}}{B10_D}$$

以下の式になります。

$$PFH = \frac{0,1 * n_{op} * (1 - DC)}{B10_D} = \frac{1 - DC}{MTTF_D}$$

値を代入すると、この式は以下のようになります。

PT1000

$$MTTF_D = 7618y = 66.733.680h$$

$$PFH = \frac{1 - DC}{MTTF_D} = \frac{1 - 0,9}{66.733.680h} = 1,50E - 09$$

EL3214-0090

$$MTTF_D = 2 * MTBF = 2 * 890.000h = 1.780.000h = 203y$$

$$PFH = \frac{1 - DC}{MTTF_D} = \frac{1 - 0,9}{1.780.000h} = 5,62E - 08$$

入力システム1

$$PFH_{(Input1)} = PFH_{(PT1000)} + PFH_{(EL3214-0090)} = 1,50E - 09 + 5,62E - 08 = 5,77E - 08$$

熱電対

$$MTTF_D = \frac{1}{\lambda_D} = \frac{1}{1900FIT} * 10^9 h = 526.315h = 60y$$

$$PFH = \frac{1 - DC}{MTTF_D} = \frac{1 - 0,9}{526.315h} = 19,0E - 08$$

EL3312

$$MTTF_D = 2 * MTBF = 2 * 1.661.253h = 3.322.506h = 379y$$

$$PFH = \frac{1 - DC}{MTTF_D} = \frac{1 - 0,9}{3.322.506h} = 3,0E - 08$$

入力システム2

$$PFH_{(Input2)} = PFH_{(ThermoCouple)} + PFH_{(EL3312)} = 19,0E - 08 + 3,0E - 08 = 22,0E - 08$$

K1/K2:

$$n_{op} = \frac{230 * 16 * 60}{10080} = 21,90$$

$$MTTF_D = \frac{1.300.000}{0,1 * 21,90} = 593607,3y = 5199997320h$$

そして、K1およびK2がそれぞれシングルチャンネルだと仮定すると、

K1/K2: 作動/週当たり1回および直接フィードバック

$$PFH = \frac{1 - 0,99}{593607,3 * 8760} = 1,92E - 12$$

ここで次の仮定が想定されます。

リレーK1とK2は、両方とも安全機能に接続されます。リレーが機能しなくても危険な状態にはなりません
が、フィードバックによって検出されます。さらに、K1とK2用のB10₀ 値は同一です。

EL3214-0090に接続するPT1000とEL3312に接続する熱電対からの入力信号は、異なる計測方法を使用しま
す。両方とも温度値を提供し、安全機能に関係しています。チャンネルの誤作動は危険な状況に至りませ
んが、TwinSAFEロジックの2つの値の比較によって検出され、シャットダウンを引き起こします。

2つのチャンネルによって接続されているコンポーネント間には結合係数があります。例として、これらの
コンポーネントの間には、温度、EMC、ピーク電圧、または信号があります。これは、β=10%の最悪ケー
スの推定値と想定されます。EN 62061には表(表F.1: Criteria for determining the CCF (CCFを確定するた
めの基準)、および表F.2: Estimation of the CCF factor (β) (CCF係数(β) の推定値)が含まれていて、
β-係数を正確に決定するのに使用できます。入力補助システムの場合、β-係数を計算するための表が適切
に変更されている場合、推定値の2%が達成可能です。次の計算では、最悪の場合の10%が想定されていま
す。

さらに、エラー(リレー接点の過電流、制御盤の温度超過など)の原因で両方のチャンネルに同時に危険側
故障が発生することを防ぐために、すべての通常の対策が取られていると想定しています。

したがって、安全機能1のPFH₀ 値の計算は、以下のようになります。

$$PFH_{ges} = \beta * \frac{PFH_{(Input1)} + PFH_{(Input2)}}{2} + (1 - \beta)^2 * (PFH_{(Input1)} * PFH_{(Input2)}) * T1 + PFH_{(EL6910)} + PFH_{(EL2904)}$$

$$+ \beta * \frac{PFH_{(K1)} + PFH_{(K2)}}{2} + (1 - \beta)^2 * (PFH_{(K1)} * PFH_{(K2)}) * T1$$

(1 - β)² * (PFH_(K1) * PFH_(K2)) * T1 と (1 - β)² * (PFH_(Input1) * PFH_(Input2)) * T1 の部分は残りの部分よりも極めて小さい
(10乗分のみ)ため、この式では以降の計算を簡単にするために無視されます。

以下のようになります。

$$PFH_{ges} = 10\% * \frac{5,77E - 08 + 22,0E - 08}{2} + 1,79E - 09 + 1,25E - 09 + 10\% * \frac{1,92E - 12 + 1,92E - 12}{2}$$

$$= 1,693E - 08$$

注記

EN 62061

EN 62061にしたがって、入力補助システムはSFFまたはDCの90%で評価されます。これによって、EN 62061
の表5にしたがって、達成できる最大SIL値は2に制限されます。

EN 13849に従った安全機能1のためのMTTF₀値の別の計算(同様の仮定の下で)は、以下のようになります。

$$\frac{1}{MTTF_{Dges}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{MTTF_{Dn}}$$

下位の値は入力補助システムから取得されます。

$$\frac{1}{MTTF_{Dges}} = \frac{1}{MTTF_{D(ThermoCouple)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL3312)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL6910)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL2904)}} + \frac{1}{MTTF_{D(K1)}}$$

PFH₀値のみがEL2904、およびEL6910に利用できる場合、次のようになります。

$$MTTF_{D(ELxxxx)} = \frac{(1 - DC_{(ELxxxx)})}{PFH_{(ELxxxx)}}$$

ここから、

$$MTTF_{D(EL6910)} = \frac{(1 - DC_{(EL6910)})}{PFH_{(EL6910)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,79E - 09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{15,68E - 06 \frac{1}{y}} = 637y$$

$$MTTF_{D(EL2904)} = \frac{(1 - DC_{(EL2904)})}{PFH_{(EL2904)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,25E - 09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{1,1E - 05 \frac{1}{y}} = 913,2y$$

$$MTTF_{Dges} = \frac{1}{\frac{1}{60y} + \frac{1}{379y} + \frac{1}{637y} + \frac{1}{913y} + \frac{1}{593.607y}} = 45,5y$$

$$DC_{avg} = \frac{\frac{DC}{MTTF_{D(PT1000)}} + \frac{DC}{MTTF_{D(EL3214)}} + \frac{DC}{MTTF_{D(Thermocouple)}} + \frac{DC}{MTTF_{D(EL3312)}} + \frac{DC}{MTTF_{D(EL6910)}} + \frac{DC}{MTTF_{D(EL2904)}} + \frac{DC}{MTTF_{D(K1)}} + \frac{DC}{MTTF_{D(K2)}}}{\frac{1}{MTTF_{D(PT1000)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL3214)}} + \frac{1}{MTTF_{D(Thermocouple)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL3312)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL6910)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL2904)}} + \frac{1}{MTTF_{D(K1)}} + \frac{1}{MTTF_{D(K2)}}$$

DC=90%で使用された場合、

$$DC_{avg} = \frac{\frac{90\%}{7618y} + \frac{90\%}{203y} + \frac{90\%}{60y} + \frac{90\%}{379y} + \frac{99\%}{637y} + \frac{99\%}{913y} + \frac{99\%}{593607y} + \frac{99\%}{593607y}}{\frac{1}{7618y} + \frac{1}{203y} + \frac{1}{60y} + \frac{1}{379y} + \frac{1}{637y} + \frac{1}{913y} + \frac{1}{593607y} + \frac{1}{593607y}} = 91,11\%$$

または、DC = 99%の場合、

$$DC_{avg} = \frac{\frac{99\%}{7618y} + \frac{99\%}{203y} + \frac{99\%}{60y} + \frac{99\%}{379y} + \frac{99\%}{637y} + \frac{99\%}{913y} + \frac{99\%}{593607y} + \frac{99\%}{593607y}}{\frac{1}{7618y} + \frac{1}{203y} + \frac{1}{60y} + \frac{1}{379y} + \frac{1}{637y} + \frac{1}{913y} + \frac{1}{593607y} + \frac{1}{593607y}} = 99,00\%$$

⚠ 注意

カテゴリ

この構造では、最大でカテゴリ3までが可能です。

DC=90%、入力補助システム用

MTTF _D	
各チャンネルの名称	各チャンネルの範囲
low	3年 ≤ MTTFD < 10年
medium	10年 ≤ MTTFD < 30年
high	30年 ≤ MTTFD ≤ 100年

DC	
名前	範囲
なし	DC < 60 %
low	60 % ≤ DC < 90 %
medium	90 % ≤ DC < 99 %
high	99 % ≤ DC

注記

診断範囲

実用的に使いやすくするために、範囲の数は4つに制限されています。この表に示されている制限値の精度は5%です。

Category	B	1	2	2	3	3	4
DC	none	none	low	medium	low	medium	high
MTTF _D							
low	a	-	a	b	b	c	-
medium	b	-	b	c	c	d	-
high	-	c	c	d	d	d	e

または、入力補助システム用にDC = 99%の場合、

MTTF _D	
各チャンネルの名称	各チャンネルの範囲
low	3年 ≤ MTTFD < 10年
medium	10年 ≤ MTTFD < 30年
high	30年 ≤ MTTFD ≤ 100年

DC	
名前	範囲
なし	DC < 60 %
low	60 % ≤ DC < 90 %
medium	90 % ≤ DC < 99 %
high	99 % ≤ DC

注記

診断範囲

実用的に使いやすくするために、範囲の数は4つに制限されています。この表に示されている制限値の精度は5%です。

Category	B	1	2	2	3	3	4
DC MTTF _D	none	none	low	medium	low	medium	high
low	a	-	a	b	b	c	-
medium	b	-	b	c	c	d	-
high	-	c	c	d	d	d	e

テーブル3 EN62061に準拠した安全度水準 (Safety Integrity Level)

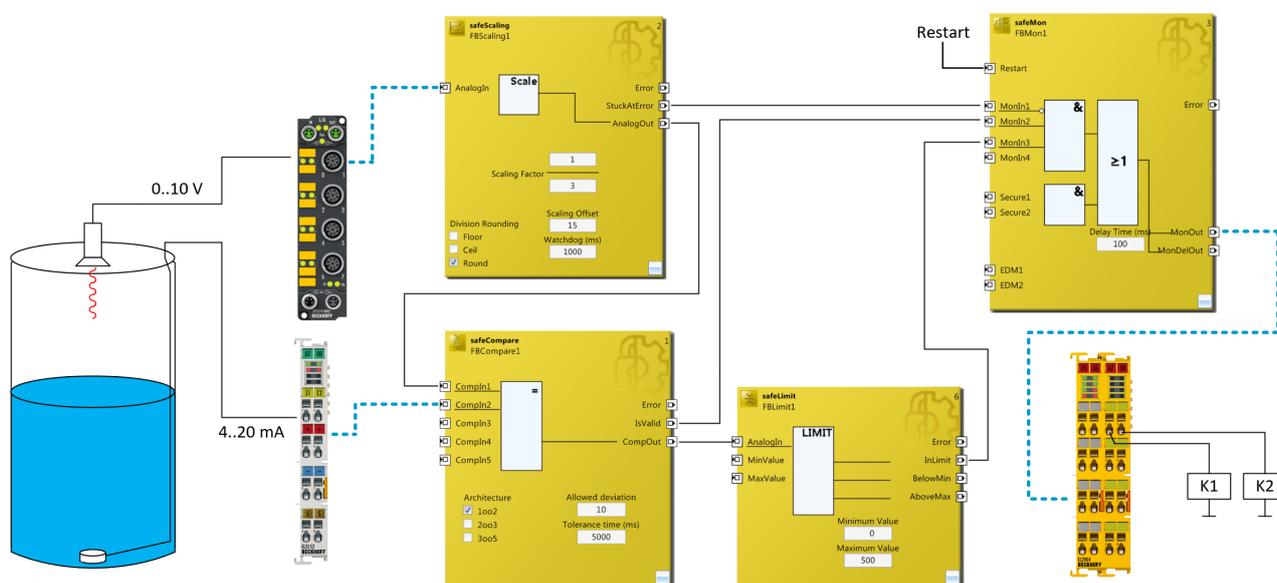
安全度水準	時間当たりの危険故障確率(PFH _D)
3	≥ 10 ⁻⁸ ~ < 10 ⁻⁷
2	≥ 10 ⁻⁷ ~ < 10 ⁻⁶
1	≥ 10 ⁻⁶ ~ < 10 ⁻⁵

2.30 TwinSAFE SCによるレベル計測 (Cat. 3/PLd)

この例は、TwinSAFE SCテクノロジーを使用してどのようにして容器のレベル計測を行うのかを示しています。この目的のために、2つの異なる計測方法を使用しています。1つは0~10 Vインターフェイスを搭載している超音波センサーでTwinSAFE SC EtherCATボックスEP3174-0092に配線されます。もう1つは、標準EL3152 EtherCATターミナルに接続された4~20 mAインターフェイスを備えたレベルプローブです。

これらの2つの信号は、安全EL6910 TwinSAFEロジック内のCompareファンクションブロックによって妥当性が比較またはチェックされます。EP3174-0092からの信号は、Scaleファンクションブロックによって最初に調整され、両方の信号の値の範囲が同じになります。信号は、次にLimitファンクションブロックによって確認します。LimitファンクションブロックとCompareファンクションブロックのIsValid出力の結果は、MonファンクションブロックによってコンタクトK1とK2をスイッチオフするために使用されます。さらに、ScaleファンクションブロックのStuckAtError出力は、Mon入力に接続できます。この構成により信号のフリーズを検出することができます。

説明を明瞭にするために、この例ではコンタクトの制御が示されていませんが、ユーザはその点に十分にご注意ください。

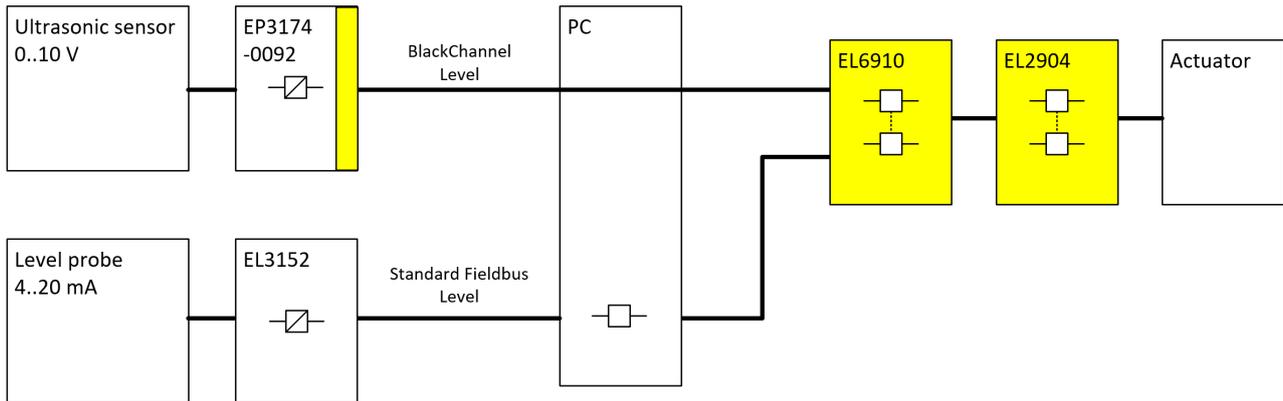


⚠ 注意

非常停止/コンタクト監視

上記のファンクションに加えて、K1とK2、そして場合によっては非常停止ファンクションのEDMファンクションブロックなどによるコンタクト監視をユーザが実装する必要があります。

2. 30. 1 配線構造図



2. 30. 2 構造と診断

2つの計測ポイントで読み込まれる信号は標準信号ですが、異なったテクノロジーを使用しています。少なくとも1つの信号は、TwinSAFE SCテクノロジーによって安全なTwinSAFEロジックに送信され、そのためこの信号は変換されPCまたは通信パスで検出されます。この2つの信号の同等性のテストは許容可能な誤差内であるか、安全なTwinSAFEロジックで実行されます。

個々のエラーの想定と関連した予測される事項は次のFMEA表にリストされています。

2. 30. 3 FMEA

エラーの想定	予測事項	確認済み
標準フィールドバス経由の充填レベル値がフリーズ	値は、EL6910で2番目の値と妥当性チェックによって検出されます。	
TwinSAFE SC通信経由の充填レベル値がフリーズ	これは、TwinSAFE SC通信内のウォッチドッグとEL6910の妥当性チェックによって検出されます。	
充填レベル値は、標準的なPLCで互いにコピーされます。	TwinSAFE SC通信内の変形値は、テレグラム内に無効なCRCを発生させ、グループと出力の即時のシャットダウンを引き起こします。	
標準フィールドバス経由の充填レベル値が歪んでいます。	値は、EL6910で2番目の値と妥当性チェックによって検出されます。	
センサーとEtherCATターミナルの間の接続が喪失	これは、EL6910内で2番目の充填レベル値を使用した妥当性チェックによって検出されます。	
超音波センサーが不正な充填レベル値を提供	これは、EL6910内で2番目の充填レベル値を使用した妥当性チェックによって検出されます。	
レベルプローブが不正な充填レベル値を提供	これは、EL6910内で2番目の充填レベル値を使用した妥当性チェックによって検出されます。	

エラーの想定	予測事項	確認済み
標準通信の通信エラー61784-3 : 破損	これは、EL6910内で充填レベル値の妥当性チェックとTwinSAFE SC通信により検出されます。	
標準通信の通信エラー61784-3 : 意図しない再送	これは、EL6910内で充填レベル値の妥当性チェックとTwinSAFE SC通信により検出されます。	
標準通信の通信エラー61784-3 : 誤ったシーケンス	これは、EL6910内で充填レベル値の妥当性チェックとTwinSAFE SC通信により検出されます。	
標準通信の通信エラー61784-3 : 損失	これは、EL6910内で充填レベル値の妥当性チェックとTwinSAFE SC通信により検出されます。	
標準通信の通信エラー61784-3 : 許容できない遅延	これは、EL6910内で充填レベル値の妥当性チェックとTwinSAFE SC通信により検出されます。	
標準通信の通信エラー61784-3 : 挿入	これは、EL6910内で充填レベル値の妥当性チェックとTwinSAFE SC通信により検出されます。	
標準通信の通信エラー61784-3 : なりすまし	標準通信とは無関係で、安全通信用です。	
標準通信の通信エラー61784-3 : アドレス指定	これは、EL6910内で充填レベル値の妥当性チェックとTwinSAFE SC通信により検出されます。	
標準通信の通信エラー : スイッチの頻発するメモリエラー	これは、EL6910内で充填レベル値の妥当性チェックとTwinSAFE SC通信により検出されます。	

2.30.3.1 TwinSAFE SC通信の注:

TwinSAFE SC通信は、Safety-over-EtherCAT通信と同一のエラー検出メカニズムを使用しています。違いは、異なる多項式がチェックサムの計算に使用され、この多項式は以前にSafety-over-EtherCATに使用された多項式とは十分に独立していることです。

ブラックチャンネル原理のような同一のメカニズムが有効です(ビットエラー確率 10^{-2})。

データ送信の品質は致命的ではありません。究極的にはすべての送信エラーは不等になるため、安全なTwinSAFEロジックでの比較によって検出されます。

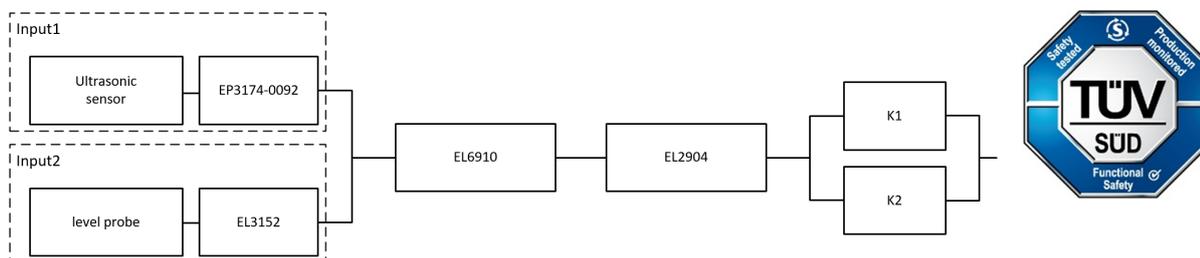
2.30.4 安全出力ターミナルのパラメータ

EL2904

パラメータ	値
Current measurement active(電流測定の有効化)	No(いいえ)
Output test pulses active(出力テストパルス有効化)(出力テストパルス有効化)	Yes(はい)

2. 30. 5 ブロック構造とセーフティループ

2. 30. 5. 1 安全機能1



2. 30. 6 計算

2. 30. 6. 1 PFHD / MTTFD / B10D - 値

コンポーネント	値
EL2904 - PFH _D	1. 25E-09
EL6910 - PFH _D	1. 79E-09
超音波センサー - MTBF	195 a (1, 708, 200 h)
レベルプローブ - MTTF	732 a (6, 412, 320 h)
EP3174-0092 - MTBF	600, 000 h
EL3152 - MTBF	2, 507, 303 h
K1 - B10 _D	1, 300, 000 h
K2 - B10 _D	1, 300, 000 h
1年あたりの平均運転日数 (d _{op})	230
1日あたりの平均運転時間 (h _{op})	16
1サイクルの平均時間間隔 (T _{cycle})	10080 * 10080分=168時間なので、1週間に1回のサイクルの意。
寿命 (T1)	20年 = 175200時間

2. 30. 6. 2 診断範囲DC

コンポーネント	値
TwinSAFE SC経由の充填レベル値とロジック内の妥当性チェック	DC _{avg} =90% (または計算では: 99%)
K1/K2 (EDM監視付き(作動/週当たり1回およびその期間での監視によるすべての立ち上がり/立ち下がりエッジの評価)/個々のチャンネルのテスト付き)	DC _{avg} =99%

2. 30. 6. 3 安全機能1の計算

明確にするために、安全係数はEN 62061とEN 13849にしたがって計算されます。1つの規格に準拠した計算で、実用上は十分です。

B10_D値からPFH_DとMTTF_D値の計算

最初の式:

$$n_{op} = \frac{d_{op} * h_{op} * 60}{T_{Zyklus}}$$

および:

$$MTTF_D = \frac{B10_D}{0,1 * n_{op}}$$

MTBF値からのPFH_DとMTTF_D値の計算:

注: 修理時間は無視できるため、次のようになります。

$$MTTF_D = 2 * MTBF$$

$$MTTF_D = \frac{1}{\lambda_D}$$

ここで、

$$\lambda_D \approx \frac{0,1}{T_{10D}} = \frac{0,1 * n_{op}}{B10_D}$$

以下の式になります。

$$PFH = \frac{0,1 * n_{op} * (1 - DC)}{B10_D} = \frac{1 - DC}{MTTF_D}$$

値を代入すると、この式は以下のようになります。

超音波センサー

$$MTTF_D = 2 * MTBF = 2 * 195y = 390y = 3.416.400h$$

$$PFH = \frac{1 - DC}{MTTF_D} = \frac{1 - 0,9}{3.416.400h} = 2,93E - 08$$

EP3174-0092

$$MTTF_D = 2 * MTBF = 2 * 600.000h = 1.200.000h = 136y$$

$$PFH = \frac{1 - DC}{MTTF_D} = \frac{1 - 0,9}{1.200.000h} = 8,33E - 08$$

入カシステム1

$$PFH_{(Input1)} = PFH_{(Ultrasonic)} + PFH_{(EP3174-0092)} = 2,93E - 08 + 8,33E - 08 = 11,26E - 08$$

レベルプローブ

$$MTTF_D = 2 * MTTF = 2 * 732y = 1.464y = 12.824.640h$$

$$PFH = \frac{1 - DC}{MTTF_D} = \frac{1 - 0,9}{12.824.640h} = 7,79E - 09$$

EL3152

$$MTTF_D = 2 * MTBF = 2 * 2.507.303h = 5.014.606h = 572y$$

$$PFH = \frac{1 - DC}{MTTF_D} = \frac{1 - 0,9}{5.014.606h} = 1,99E - 08$$

入カシステム2

$$PFH_{(Input2)} = PFH_{(LevelProbe)} + PFH_{(EL3152)} = 7,79E - 09 + 1,99E - 08 = 2,77E - 08$$

K1/K2:

$$n_{op} = \frac{230 * 16 * 60}{10080} = 21,90$$

$$MTTF_D = \frac{1.300.000}{0,1 * 21,90} = 593607,3y = 5199997320h$$

そして、K1およびK2がそれぞれシングルチャンネルだと仮定すると、

K1/K2: 作動/週当たり1回および直接フィードバック

$$PFH = \frac{1-0,99}{593607,3 * 8760} = 1,92E-12$$

ここで次の仮定が想定されます。

リレーK1とK2は、両方とも安全機能に接続されます。リレーが機能しなくても危険な状態にはなりません、フィードバックによって検出されます。さらに、K1とK2用のB10₀値は同一です。

EP3174-0092に接続する超音波センサーとEL3152に接続するレベルプローブからの入力信号は、異なる計測方法を使用します。両方とも充填レベル値を提供し、安全機能に関係しています。チャンネルの誤作動は危険な状況に至りませんが、TwinSAFEロジックの2つの値の比較によって検出され、シャットダウンを引き起こします。

2つのチャンネルによって接続されているコンポーネント間には結合係数があります。例として、これらのコンポーネントの間には、温度、EMC、ピーク電圧、または信号があります。これは、β=10%の最悪ケースの推定値と想定されます。EN 62061には表(表F.1: Criteria for determining the CCF (CCFを確定するための基準)、および表F.2: Estimation of the CCF factor (β) (CCF係数(β)の推定値)が含まれていて、β-係数を正確に決定するのに使用できます。入力補助システムの場合、β-係数を計算するための表が適切に変更されている場合、推定値の2%が達成可能です。次の計算では、最悪の場合の10%が想定されています。

さらに、エラー(リレー接点の過電流、制御盤の温度超過など)の原因で両方のチャンネルに同時に危険側故障が発生することを防ぐために、すべての通常の対策が取られていると想定しています。

したがって、安全機能1のPFH₀値の計算は、以下のようになります。

$$PFH_{ges} = \beta * \frac{PFH_{(Input1)} + PFH_{(Input2)}}{2} + (1-\beta)^2 * (PFH_{(Input1)} * PFH_{(Input2)}) * T1 + PFH_{(EL6910)} + PFH_{(EL2904)} \\ + \beta * \frac{PFH_{(K1)} + PFH_{(K2)}}{2} + (1-\beta)^2 * (PFH_{(K1)} * PFH_{(K2)}) * T1$$

$(1-\beta)^2 * (PFH_{(K1)} * PFH_{(K2)}) * T1$ と $(1-\beta)^2 * (PFH_{(Input1)} * PFH_{(Input2)}) * T1$ の部分は残りの部分よりも極めて小さい(10乗分のみ)ため、この式では以降の計算を簡単にするために無視されます。

以下のようになります。

$$PFH_{ges} = 10\% * \frac{11,26E-08 + 2,77E-08}{2} + 1,79E-09 + 1,25E-09 + 10\% * \frac{1,92E-12 + 1,92E-12}{2} \\ = 1,005E-08$$

注記

EN 62061

EN 62061にしたがって、入力補助システムはSFFまたはDCの90%で評価されます。これによって、EN 62061の表5にしたがって、達成できる最大SIL値は2に制限されます。

EN 13849に従った安全機能1のためのMTTF₀値の別の計算(同様の仮定の下で)は、以下のようになります。

$$\frac{1}{MTTF_{Dges}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{MTTF_{Dn}}$$

下位の値は入力補助システムから取得されます。

$$\frac{1}{MTTF_{Dges}} = \frac{1}{MTTF_{D(UltraSonicSensor)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EP3174-0092)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL6910)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL2904)}} + \frac{1}{MTTF_{D(K1)}}$$

PFH₀値のみがEL2904、およびEL6910に利用できる場合、次のようになります。

$$MTTF_{D(ELxxx)} = \frac{(1 - DC_{(ELxxx)})}{PFH_{(ELxxx)}}$$

ここから、

$$MTTF_{D(EL6910)} = \frac{(1 - DC_{(EL6910)})}{PFH_{(EL6910)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,79E - 09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{15,68E - 06 \frac{1}{y}} = 637y$$

$$MTTF_{D(EL2904)} = \frac{(1 - DC_{(EL2904)})}{PFH_{(EL2904)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,25E - 09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{1,1E - 05 \frac{1}{y}} = 913,2y$$

$$MTTF_{Dges} = \frac{1}{\frac{1}{390y} + \frac{1}{136y} + \frac{1}{637y} + \frac{1}{913y} + \frac{1}{593.607y}} = 79,46y$$

$$DC_{avg} = \frac{\frac{DC}{MTTF_{D(UltraSonic)}} + \frac{DC}{MTTF_{D(EP3174-0092)}} + \frac{DC}{MTTF_{D(Level Probe)}} + \frac{DC}{MTTF_{D(EL3152)}} + \frac{DC}{MTTF_{D(EL6910)}} + \frac{DC}{MTTF_{D(EL2904)}} + \frac{DC}{MTTF_{D(K1)}} + \frac{DC}{MTTF_{D(K2)}}}{\frac{1}{MTTF_{D(UltraSonic)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EP3174-0092)}} + \frac{1}{MTTF_{D(Level Probe)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL3152)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL6910)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL2904)}} + \frac{1}{MTTF_{D(K1)}} + \frac{1}{MTTF_{D(K2)}}$$

DC=90%で使用された場合、

$$DC_{avg} = \frac{\frac{90\%}{390y} + \frac{90\%}{136y} + \frac{90\%}{1464y} + \frac{90\%}{572y} + \frac{99\%}{637y} + \frac{99\%}{913y} + \frac{99\%}{593607y} + \frac{99\%}{593607y}}{\frac{1}{390y} + \frac{1}{136y} + \frac{1}{1464y} + \frac{1}{572y} + \frac{1}{637y} + \frac{1}{913y} + \frac{1}{593607y} + \frac{1}{593607y}} = 91,33\%$$

または、DC = 99%の場合、

$$DC_{avg} = \frac{\frac{99\%}{390y} + \frac{99\%}{136y} + \frac{99\%}{1464y} + \frac{99\%}{572y} + \frac{99\%}{637y} + \frac{99\%}{913y} + \frac{99\%}{593607y} + \frac{99\%}{593607y}}{\frac{1}{390y} + \frac{1}{136y} + \frac{1}{1464y} + \frac{1}{572y} + \frac{1}{637y} + \frac{1}{913y} + \frac{1}{593607y} + \frac{1}{593607y}} = 99,00\%$$

⚠ 注意

カテゴリ

この構造では、最大でカテゴリ3までが可能です。

DC=90%、入力補助システム用

MTTF _D	
各チャンネルの名称	各チャンネルの範囲
low	3年 ≤ MTTF _D < 10年
medium	10年 ≤ MTTF _D < 30年
high	30年 ≤ MTTF _D ≤ 100年

DC	
名前	範囲
なし	DC < 60 %
low	60 % ≤ DC < 90 %
medium	90 % ≤ DC < 99 %
high	99 % ≤ DC

注記

診断範囲

実用的に使いやすくするために、範囲の数は4つに制限されています。この表に示されている制限値の精度は5%です。

Category	B	1	2	2	3	3	4
DC	none	none	low	medium	low	medium	high
MTTF _D							
low	a	-	a	b	b	c	-
medium	b	-	b	c	c	d	-
high	-	c	c	d	d	d	e

または、入力補助システム用にDC = 99%の場合、

MTTF _D	
各チャンネルの名称	各チャンネルの範囲
low	3年 ≤ MTTF _D < 10年
medium	10年 ≤ MTTF _D < 30年
high	30年 ≤ MTTF _D ≤ 100年

DC	
名前	範囲
なし	DC < 60 %
low	60 % ≤ DC < 90 %
medium	90 % ≤ DC < 99 %
high	99 % ≤ DC

注記

診断範囲
 実用的に使いやすくするために、範囲の数は4つに制限されています。この表に示されている制限値の精度は5%です。

Category	B	1	2	2	3	3	4
DC / MTTF _D	none	none	low	medium	low	medium	high
low	a	-	a	b	b	c	-
medium	b	-	b	c	c	d	-
high	-	c	c	d	d	d	e

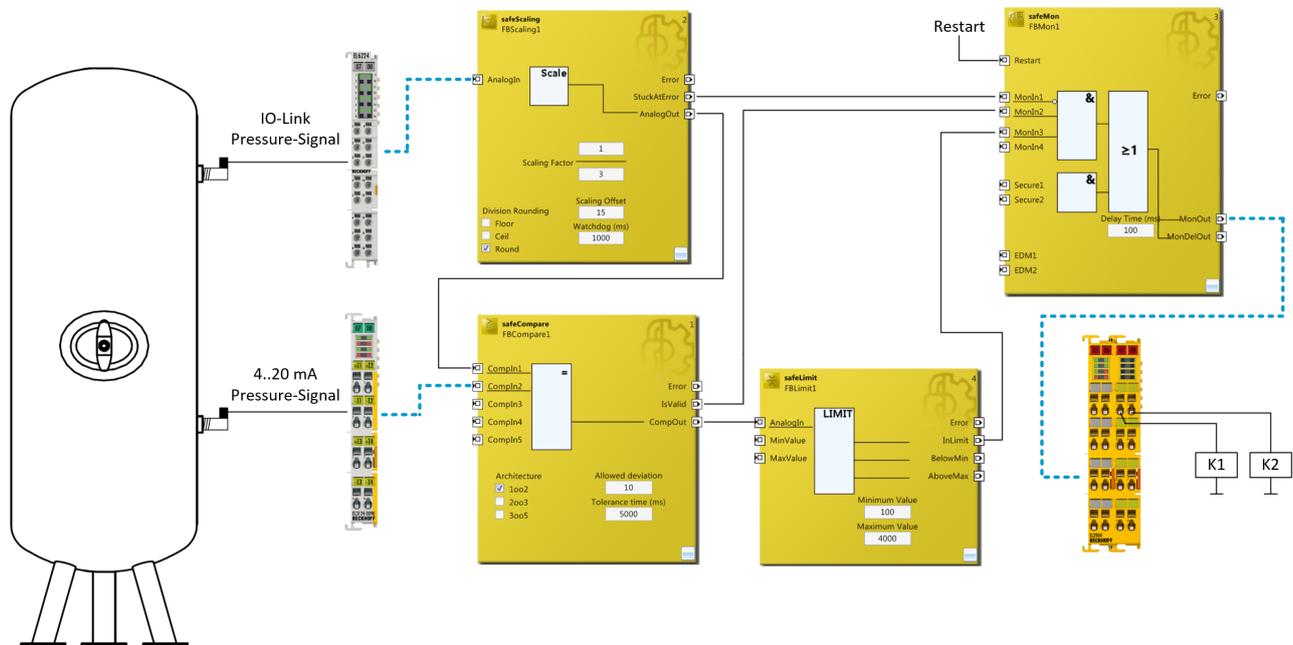
テーブル3 EN62061に準拠した安全度水準 (Safety Integrity Level)	
安全度水準	時間当たりの危険故障確率 (PFH _D)
3	≥ 10 ⁻⁸ ~ < 10 ⁻⁷
2	≥ 10 ⁻⁷ ~ < 10 ⁻⁶
1	≥ 10 ⁻⁶ ~ < 10 ⁻⁵

2.31 TwinSAFE SCによる圧力計測 (Cat. 3/PLd)

この例は、TwinSAFE SCテクノロジーを使用してどのようにして容器の圧力計測を行うのかを示しています。この目的のために、2つの計測ポイントに圧力センサーが取り付けられています。1つの計測ポイントには標準EL6224 EtherCATターミナルに配線されているIO-Linkインターフェイス付きの圧力センサーが取り付けられていて、もう1つは、標準EL3124-0090 EtherCATターミナルに接続された4~20 mAインターフェイスを備えた圧力センサーです。

これらの2つの信号は、安全EL6910 TwinSAFEロジック内のCompareファンクションブロックによって妥当性が比較またはチェックされます。EP6224からの信号は、Scaleファンクションブロックによって最初に調整され、両方の信号の値の範囲が同じになります。信号は、次にLimitファンクションブロックによって確認します。LimitファンクションブロックとCompareファンクションブロックのIsValid出力の結果は、MonファンクションブロックによってコンタクトK1とK2をスイッチオフするために使用されます。さらに、ScaleファンクションブロックのStuckAtError出力は、Mon入力に接続できます。この構成により信号のフリーズを検出することができます。

説明を明瞭にするために、この例ではコンタクトの制御が示されていませんが、ユーザはその点に十分にご注意ください。



警告

圧力安全バルブ (PSV)

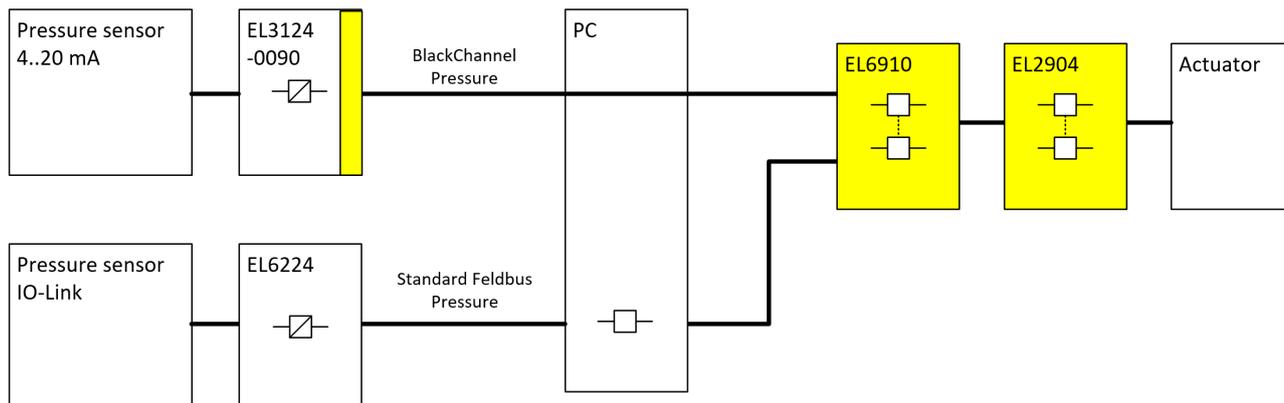
上で示されているアプリケーションは、EC圧力機器指令に準拠した圧力安全バルブの交換品として使用することはできません。

注意

非常停止/コンタクト監視

上記のファンクションに加えて、K1とK2、そして場合によっては非常停止ファンクションのEDMファンクションブロックなどによるコンタクト監視をユーザが実装する必要があります。

2.31.1 配線構造図



2.31.2 構造と診断

2つの計測ポイントで読み込まれる信号は標準信号ですが、異なったテクノロジーを使用しています。少なくとも1つの信号は、TwinSAFE SCテクノロジーによって安全なTwinSAFEロジックに送信され、そのためこの信号は変換されPCまたは通信パスで検出されます。この2つの信号の同等性のテストは許容可能な誤差内であるか、TwinSAFEロジックで実行されます。

個々のエラーの想定と関連した予測される事項は次のFMEA表にリストされています。

2.31.3 FMEA

エラーの想定	予測事項	確認済み
標準フィールドバス経由の圧力値がフリーズ	値は、EL6910で2番目の値と妥当性チェックによって検出されます。	
TwinSAFE SC通信経由の圧力値がフリーズ	これは、TwinSAFE SC通信内のウォッチドッグとEL6910の妥当性チェックによって検出されます。	
圧力値は、標準的なPLCで互いにコピーされます。	TwinSAFE SC通信内の変形値は、テレグラム内に無効なCRCを発生させ、グループと出力の即時のシャットダウンを引き起こします。	
標準フィールドバス経由の圧力値が歪んでいます。	値は、EL6910で2番目の値と妥当性チェックによって検出されます。	
センサーとEtherCATターミナルの間の接続が喪失	これは、EL6910内で2番目の圧力値を使用した妥当性チェックによって検出されます。	
圧力センサー(4~20 mA)が不正な圧力値を提供	これは、EL6910内で2番目の圧力値を使用した妥当性チェックによって検出されます。	
圧力センサー(IO-Link)が不正な圧力値を提供	これは、EL6910内で2番目の圧力値を使用した妥当性チェックによって検出されます。	

エラーの想定	予測事項	確認済み
標準通信の通信エラー61784-3 : 破損	これは、EL6910内で圧力値の妥当性チェックとTwinSAFE SC通信により検出されます。	
標準通信の通信エラー61784-3 : 意図しない再送	これは、EL6910内で圧力値の妥当性チェックとTwinSAFE SC通信により検出されます。	
標準通信の通信エラー61784-3 : 誤ったシーケンス	これは、EL6910内で圧力値の妥当性チェックとTwinSAFE SC通信により検出されます。	
標準通信の通信エラー61784-3 : 損失	これは、EL6910内で圧力値の妥当性チェックとTwinSAFE SC通信により検出されます。	
標準通信の通信エラー61784-3 : 許容できない遅延	これは、EL6910内で圧力値の妥当性チェックとTwinSAFE SC通信により検出されます。	
標準通信の通信エラー61784-3 : 挿入	これは、EL6910内で圧力値の妥当性チェックとTwinSAFE SC通信により検出されます。	
標準通信の通信エラー61784-3 : なりすまし	標準通信とは無関係で、安全通信用です。	
標準通信の通信エラー61784-3 : アドレス指定	これは、EL6910内で圧力値の妥当性チェックとTwinSAFE SC通信により検出されます。	
標準通信の通信エラー : スイッチの頻発するメモリエラー	これは、EL6910内で圧力値の妥当性チェックとTwinSAFE SC通信により検出されます。	

2.31.3.1 TwinSAFE SC通信の注:

TwinSAFE SC通信は、Safety-over-EtherCAT通信と同一のエラー検出メカニズムを使用しています。違いは、異なる多項式がチェックサムの計算に使用され、この多項式は以前にSafety-over-EtherCATに使用された多項式とは十分に独立していることです。

ブラックチャンネル原理のような同一のメカニズムが有効です(ビットエラー確率 10^{-2})。

データ送信の品質は致命的ではありません。究極的にはすべての送信エラーは不等になるため、安全なTwinSAFEロジックでの比較によって検出されます。

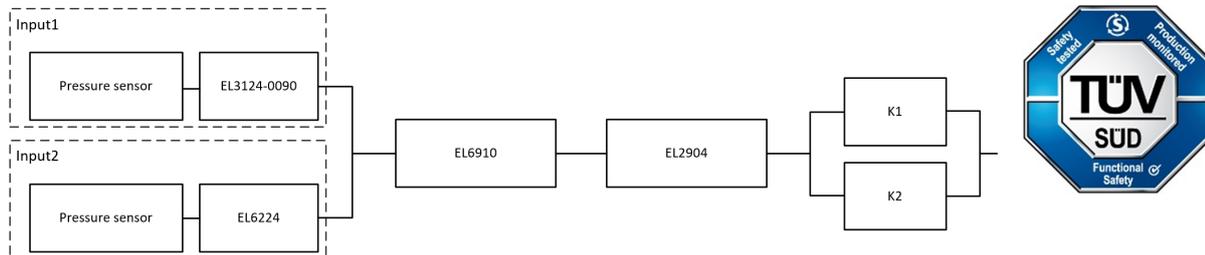
2.31.4 安全出力ターミナルのパラメータ

EL2904

パラメータ	値
Current measurement active(電流測定の有効化)	No(いいえ)
Output test pulses active(出力テストパルス有効化)	Yes(はい)

2.31.5 ブロック構造とセーフティループ

2.31.5.1 安全機能1



2.31.6 計算

2.31.6.1 PFHD / MTTFD / B10D - 値

コンポーネント	値
EL2904 - PFH _D	1.25E-09
EL6910 - PFH _D	1.79E-09
圧力センサー1 (4~20 mA) - MTTF	124 a (1,086,240 h)
圧力センサー2 IO-Link - MTTF	201 a (1,760,760 h)
EL3124-0090 - MTBF	950,000 h
EL6224 - MTBF	1,607,919 h
K1 - B10 _D	1,300,000 h
K2 - B10 _D	1,300,000 h
1年あたりの平均運転日数 (d _{op})	230
1日あたりの平均運転時間 (h _{op})	16
1サイクルの平均時間間隔 (T _{cycle})	10080 * 10080分=168時間なので、1週間に1回のサイクルの意。
寿命 (T1)	20年 = 175200時間

2.31.6.2 診断範囲DC

コンポーネント	値
TwinSAFE SC経由の圧力値およびロジック内の妥当性チェック	DC _{avg} =90% (または計算では: 99%)
K1/K2 (EDM監視付き(作動/週当たり1回およびその期間での監視によるすべての立ち上がり/立ち下がりエッジの評価)/個々のチャンネルのテスト付き)	DC _{avg} =99%

2.31.6.3 安全機能1の計算

明確にするために、安全係数はEN 62061とEN 13849にしたがって計算されます。1つの規格に準拠した計算で、実用上は十分です。

B10_D値からPFH_DとMTTF_D 値の計算

最初の式:

$$n_{op} = \frac{d_{op} * h_{op} * 60}{T_{Zyklus}}$$

および:

$$MTTF_D = \frac{B10_D}{0,1 * n_{op}}$$

MTBF値からのPFH_DとMTTF_D値の計算:

注: 修理時間は無視できるため、次のようになります。

$$MTTF_D = 2 * MTBF$$

$$MTTF_D = \frac{1}{\lambda_D}$$

ここで、

$$\lambda_D \approx \frac{0,1}{T_{10D}} = \frac{0,1 * n_{op}}{B10_D}$$

以下の式になります。

$$PFH = \frac{0,1 * n_{op} * (1 - DC)}{B10_D} = \frac{1 - DC}{MTTF_D}$$

値を代入すると、この式は以下のようになります。

圧力センサー1 (4~20 mA)

$$MTTF_D = 2 * MTBF = 2 * 124y = 248y = 2.172.480h$$

$$PFH = \frac{1 - DC}{MTTF_D} = \frac{1 - 0,9}{2.172.480h} = 4,60E - 08$$

EL3124-0090

$$MTTF_D = 2 * MTBF = 2 * 950.000h = 1.900.000h = 216y$$

$$PFH = \frac{1 - DC}{MTTF_D} = \frac{1 - 0,9}{1.900.000h} = 5,26E - 08$$

入力システム1

$$PFH_{(Input1)} = PFH_{(PressureSensor1)} + PFH_{(EL3124-0090)} = 4,60E - 08 + 5,26E - 08 = 9,86E - 08$$

圧力センサー 2 (I0-Link)

$$MTTF_D = 2 * MTBF = 2 * 1.760.760h = 3.521.520h = 402y$$

$$PFH = \frac{1 - DC}{MTTF_D} = \frac{1 - 0,9}{3.521.520h} = 2,84E - 08$$

EL6224

$$MTTF_D = 2 * MTBF = 2 * 1.607.919h = 3.215.838h = 367y$$

$$PFH = \frac{1 - DC}{MTTF_D} = \frac{1 - 0,9}{3.215.838h} = 3,11E - 08$$

入力システム2

$$PFH_{(Input2)} = PFH_{(PressureSensor2)} + PFH_{(EL6224)} = 2,84E - 08 + 3,11E - 08 = 5,95E - 08$$

K1/K2:

$$n_{op} = \frac{230 * 16 * 60}{10080} = 21,90$$

$$MTTF_D = \frac{1.300.000}{0,1 * 21,90} = 593607,3y = 5199997320h$$

そして、K1およびK2がそれぞれシングルチャンネルだと仮定すると、

K1/K2: 作動/週当たり1回および直接フィードバック

$$PFH = \frac{1 - 0,99}{593607,3 * 8760} = 1,92E - 12$$

ここで次の仮定が想定されます。

リレーK1とK2は、両方とも安全機能に接続されます。リレーが機能しなくても危険な状態にはなりません
が、フィードバックによって検出されます。さらに、K1とK2用のB10₀ 値は同一です。

EL3124-0090に接続する圧力センサー1とEL6224に接続する圧力センサー2からの入力信号は、異なる測定方法を使用します。両方とも圧力値を提供し、安全機能に関係しています。チャンネルの誤作動は危険な状況
に至りませんが、TwinSAFEロジックの2つの値の比較によって検出され、シャットダウンを引き起こしま
す。

2つのチャンネルによって接続されているコンポーネント間には結合係数があります。例として、これらの
コンポーネントの間には、温度、EMC、ピーク電圧、または信号があります。これは、β=10%の最悪ケース
の推定値と想定されます。EN 62061には表(表F.1: Criteria for determining the CCF (CCFを確定するた
めの基準)、および表F.2: Estimation of the CCF factor (β) (CCF係数(β) の推定値)が含まれていて、
β-係数を正確に決定するのに使用できます。入力補助システムの場合、β-係数を計算するための表が適切
に変更されている場合、推定値の2%が達成可能です。次の計算では、最悪の場合の10%が想定されていま
す。

さらに、エラー(リレー接点の過電流、制御盤の温度超過など)の原因で両方のチャンネルに同時に危険側
故障が発生することを防ぐために、すべての通常の対策が取られていると想定しています。

したがって、安全機能1のPFH₀ 値の計算は、以下のようになります。

$$PFH_{ges} = \beta * \frac{PFH_{(Input1)} + PFH_{(Input2)}}{2} + (1 - \beta)^2 * (PFH_{(Input1)} * PFH_{(Input2)}) * T1 + PFH_{(EL6910)} + PFH_{(EL2904)} \\ + \beta * \frac{PFH_{(K1)} + PFH_{(K2)}}{2} + (1 - \beta)^2 * (PFH_{(K1)} * PFH_{(K2)}) * T1$$

(1 - β)² * (PFH_(K1) * PFH_(K2)) * T1 と (1 - β)² * (PFH_(Input1) * PFH_(Input2)) * T1 の部分は残りの部分よりも極めて小さい
(10乗分のみ)ため、この式では以降の計算を簡単にするために無視されます。

以下のようになります。

$$PFH_{ges} = 10\% * \frac{9,86E - 08 + 5,95E - 08}{2} + 1,79E - 09 + 1,25E - 09 + 10\% * \frac{1,92E - 12 + 1,92E - 12}{2} \\ = 1,094E - 08$$

注記

EN 62061

EN 62061にしたがって、入力補助システムはSFFまたはDCの90%で評価されます。これによって、EN 62061
の表5にしたがって、達成できる最大SIL値は2に制限されます。

EN 13849に従った安全機能1のためのMTTF₀値の別の計算(同様の仮定の下で)は、以下のようになります。

$$\frac{1}{MTTF_{Dges}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{MTTF_{Dn}}$$

下位の値は入力補助システムから取得されます。

$$\frac{1}{MTTF_{Dges}} = \frac{1}{MTTF_{D(PressureSensor)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL3124-0090)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL6910)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL2904)}} + \frac{1}{MTTF_{D(K1)}}$$

PFH₀値のみがEL2904、およびEL6910に利用できる場合、次のようになります。

$$MTTF_{D(ELxxx)} = \frac{(1 - DC_{(ELxxx)})}{PFH_{(ELxxx)}}$$

ここから、

$$MTTF_{D(EL6910)} = \frac{(1 - DC_{(EL6910)})}{PFH_{(EL6910)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,79E - 09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{15,68E - 06 \frac{1}{y}} = 637y$$

$$MTTF_{D(EL2904)} = \frac{(1 - DC_{(EL2904)})}{PFH_{(EL2904)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,25E - 09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{1,1E - 05 \frac{1}{y}} = 913,2y$$

$$MTTF_{Dges} = \frac{1}{\frac{1}{248y} + \frac{1}{216y} + \frac{1}{637y} + \frac{1}{913y} + \frac{1}{593.607y}} = 88,27y$$

$$DC_{avg} = \frac{\frac{DC}{MTTF_{D(Pressure1)}} + \frac{DC}{MTTF_{D(EL3124-0090)}} + \frac{DC}{MTTF_{D(Pressure2)}} + \frac{DC}{MTTF_{D(EL6224)}} + \frac{DC}{MTTF_{D(EL6910)}} + \frac{DC}{MTTF_{D(EL2904)}} + \frac{DC}{MTTF_{D(K1)}} + \frac{DC}{MTTF_{D(K2)}}}{\frac{1}{MTTF_{D(Pressure1)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL3124-0090)}} + \frac{1}{MTTF_{D(Pressure2)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL6224)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL6910)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL2904)}} + \frac{1}{MTTF_{D(K1)}} + \frac{1}{MTTF_{D(K2)}}$$

DC=90%で使用された場合、

$$DC_{avg} = \frac{\frac{90\%}{248y} + \frac{90\%}{216y} + \frac{90\%}{402y} + \frac{90\%}{367y} + \frac{99\%}{637y} + \frac{99\%}{913y} + \frac{99\%}{593607y} + \frac{99\%}{593607y}}{\frac{1}{248y} + \frac{1}{216y} + \frac{1}{402y} + \frac{1}{367y} + \frac{1}{637y} + \frac{1}{913y} + \frac{1}{593607y} + \frac{1}{593607y}} = 91,41\%$$

または、DC = 99%の場合、

$$DC_{avg} = \frac{\frac{99\%}{248y} + \frac{99\%}{216y} + \frac{99\%}{402y} + \frac{99\%}{367y} + \frac{99\%}{637y} + \frac{99\%}{913y} + \frac{99\%}{593607y} + \frac{99\%}{593607y}}{\frac{1}{248y} + \frac{1}{216y} + \frac{1}{402y} + \frac{1}{367y} + \frac{1}{637y} + \frac{1}{913y} + \frac{1}{593607y} + \frac{1}{593607y}} = 99,00\%$$

⚠ 注意

カテゴリ

この構造では、最大でカテゴリ3までが可能です。

DC=90%、入力補助システム用

MTTF _D	
各チャンネルの名称	各チャンネルの範囲
low	3年 ≤ MTTF _D < 10年
medium	10年 ≤ MTTF _D < 30年
high	30年 ≤ MTTF _D ≤ 100年

DC	
名前	範囲
なし	DC < 60 %
low	60 % ≤ DC < 90 %
medium	90 % ≤ DC < 99 %
high	99 % ≤ DC

注記

診断範囲

実用的に使いやすくするために、範囲の数は4つに制限されています。この表に示されている制限値の精度は5%です。

Category	B	1	2	2	3	3	4
DC	none	none	low	medium	low	medium	high
MTTF _D							
low	a	-	a	b	b	c	-
medium	b	-	b	c	c	d	-
high	-	c	c	d	d	d	e

または、入力補助システム用にDC = 99%の場合、

MTTF _D	
各チャンネルの名称	各チャンネルの範囲
low	3年 ≤ MTTF _D < 10年
medium	10年 ≤ MTTF _D < 30年
high	30年 ≤ MTTF _D ≤ 100年

DC	
名前	範囲
なし	DC < 60 %
low	60 % ≤ DC < 90 %
medium	90 % ≤ DC < 99 %
high	99 % ≤ DC

注記

診断範囲

実用的に使いやすくするために、範囲の数は4つに制限されています。この表に示されている制限値の精度は5%です。

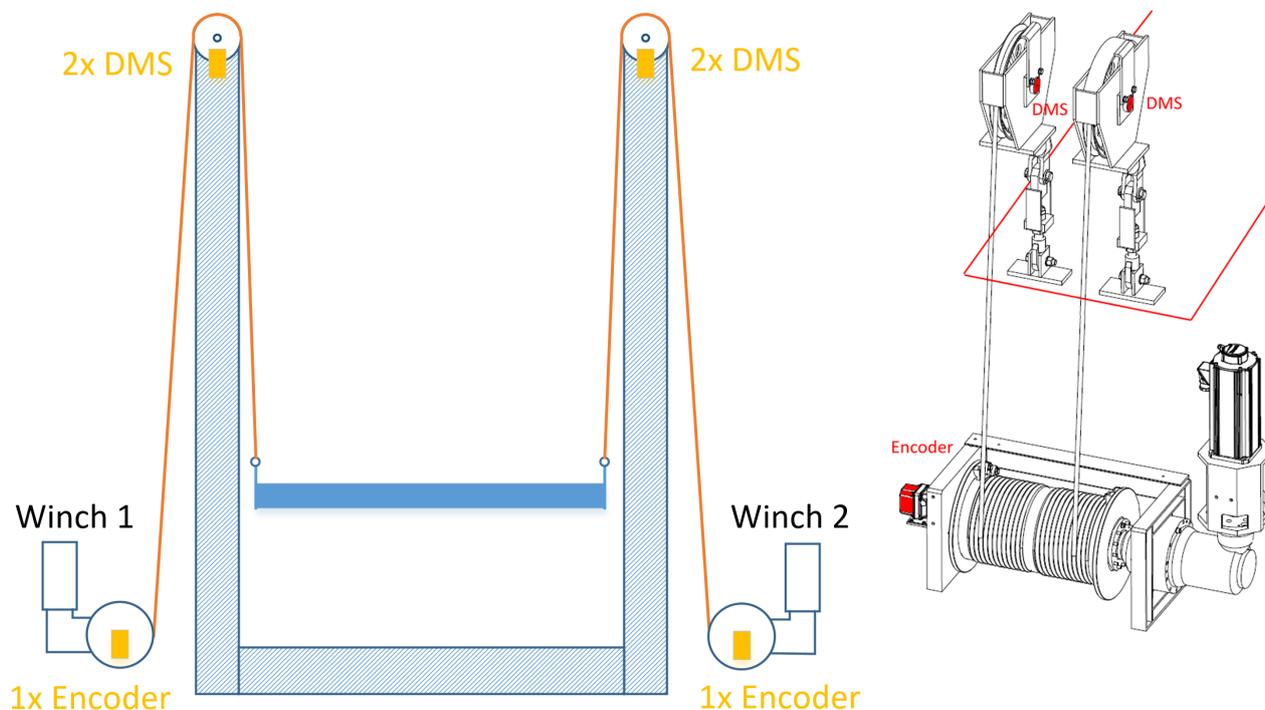
Category	B	1	2	2	3	3	4
DC MTTF _D	none	none	low	medium	low	medium	high
low	a	-	a	b	b	c	-
medium	b	-	b	c	c	d	-
high	-	c	c	d	d	d	e

テーブル3 EN62061に準拠した安全度水準 (Safety Integrity Level)

安全度水準	時間当たりの危険故障確率 (PFH _D)
3	≥ 10 ⁻⁸ ~ < 10 ⁻⁷
2	≥ 10 ⁻⁷ ~ < 10 ⁻⁶
1	≥ 10 ⁻⁶ ~ < 10 ⁻⁵

2.32 つり上げ装置の監視 (Cat. 3/PLd)

昇降テーブルを移動するための偏向ローラ付きの2つのウィンチから構成されるつり上げ装置は、安全性の観点から監視されます。「たるみロープ検出」と「過負荷」機能を実装する必要があります。各々がSGセンサーをもつ2つの偏向ローラが、各側の支柱の上に取り付けられています。すなわち、合計で4つのSGセンサーがあります。片側の2つのセンサーのどちらか一方の値が、TwinSAFE SCターミナルEL3356-0090によって読み込まれます。他のSGセンサーはEL3751に配線されます。これはSG mV/V信号を提供し、安全ロジックで重量値に変換する必要があります。それにより、EL3356-0090の値と比較できます。



安全機能1 - 過負荷

つり上げ装置の最大許容ペイロードが規定されています。これは、モニタする必要があります。EL3751とEL3356-0090の信号の妥当性チェック後、EL6910のLimitファンクションブロックにより結果が結果が制限されます。

お客様のリスクと危険源分析に基づいて、この安全機能はEN 13849-1:2015に準拠してPLCで評価する必要があります。

安全機能は、カテゴリ3構造で設定されます。

安全機能2 - たるみロープ検出

たるみロープ検出は、昇降スライドがどこかで機械的に動かなくなったか、または床にあるかどうかを検出するのに使用されます。両方の場合で、システムを即座にスイッチオフする必要があります。さらに、ロープが引っかかったかどうかを検出します。

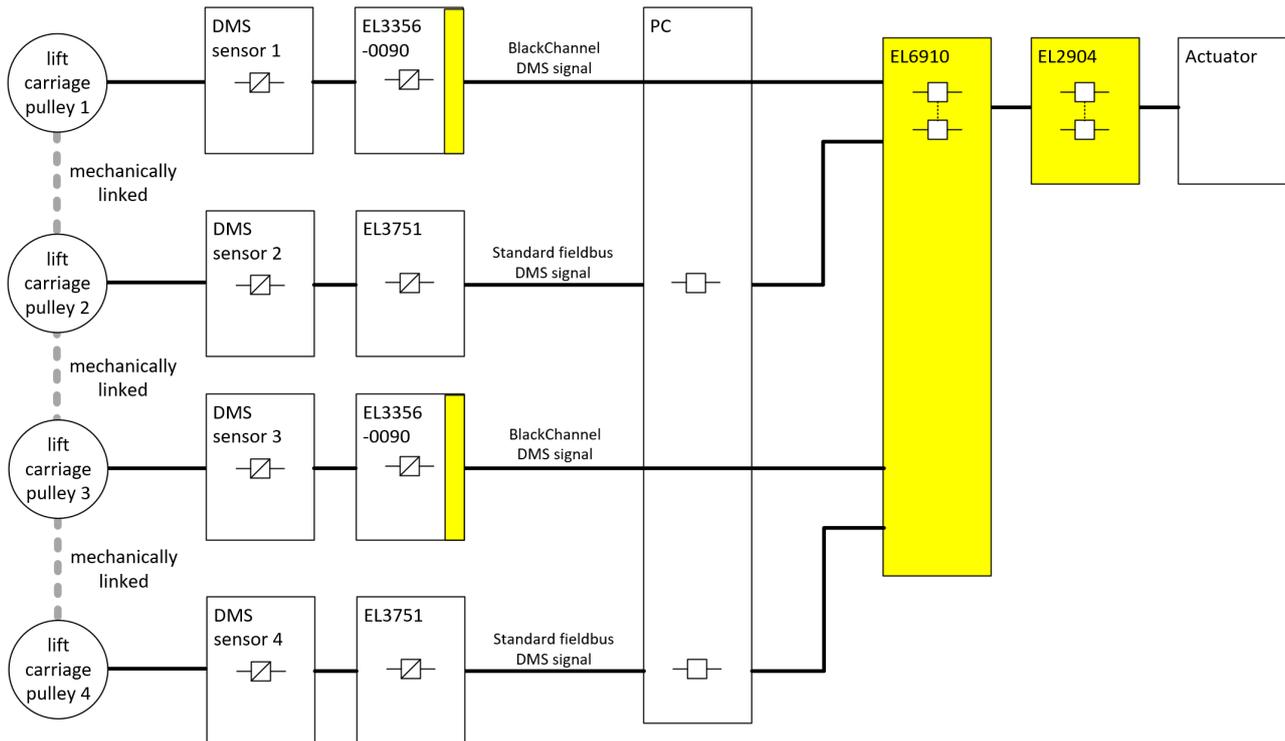
お客様のリスクと危険源分析に基づいて、この安全機能はEN 13849-1:2015に準拠してPLCで評価する必要があります。

安全機能は、カテゴリ3構造で設定されます。

追加ファンクション - 安全要件なし

同期性はウィンチ1と2のエンコーダ値の増分比較によって確認できます。これは、早期の段階で2つのウィンチによって昇降スライドが斜めに引き上げられることを防止します。

2. 32. 1 構造図



2. 32. 2 構造と診断

SGセンサーの読み込み信号は標準信号で、各側で別々に記録されます。最初のSGセンサーはEL3356-0090 SGターミナルに配線され、確定された重量値を安全テレグラムにパックし(修正多項式を使用したFSOE - TwinSAFE SC)、EL6910に送信します。2番目のSGセンサーはEL3751ターミナルに配線され、SG mV/V計測を実施します。この信号は、標準通信パス経由でEL6910に送信されます。これは、妥当性チェックの前に安全ロジックで重量値に変換されます。

SGセンサー3と4が取り付けられているつり上げ装置の2番目の側にも、同じ手順が使用されます。1番目の側と比較して2番目のEL3356-0090のTwinSAFE SC通信には、異なった多項式が使用されます。これにより、2つのTwinSAFE SC接続のデータが互いにコピーされた状況を検出できます。

2.32.3 FMEA

エラーの想定	予測事項	確認済み
標準フィールドバス経由のSG信号がフリーズ	これは、EL6910で2番目の値と妥当性チェックによって検出されます (EL3356-0090とEL6910の間のTwinSAFE SC通信)。	
TwinSAFE SC通信経由のSG信号がフリーズ	これは、EL6910で2番目の値と妥当性チェック、およびTwinSAFE SC通信のウォッチドッグによって検出されます。	
SG値は、標準的なPLCで互いにコピーされます。	TwinSAFE SC通信の変形値は、テレグラムに無効なCRCを発生させ、グループと出力の即時のシャットダウンを引き起こします。 2つのSG値のデータタイプは、2つのうち1つがTwinSAFE SCテレグラムでパックされているため、長さが異なります (4バイトと11バイトなど)。	
標準フィールドバス経由のSG信号が歪んでいる	これは、EL6910で2番目の値と妥当性チェックによって検出されます (EL3356-0090とEL6910の間のTwinSAFE SC通信)。	
昇降スライドとウィンチの間の機械的接続は存在しない	これは、EL6910で2番目のSG信号を使用した妥当性チェックによって検出されます。	
EL3356-0090が不正なSG値を提供	これは、EL6910でEL3751のSG値を使用して妥当性チェックにより検出されます。	
EL3751が不正なSG値を戻す	これは、EL6910でEL3356-0090のSG値を使用して妥当性チェックにより検出されます。	

エラーの想定	予測事項	確認済み
標準通信の通信エラー61784-3 : 破損	これは、EL6910でTwinSAFE SC通信と共にSG値の妥当性チェックにより検出されます。	
標準通信の通信エラー61784-3 : 意図しない再送	これは、EL6910でTwinSAFE SC通信と共にSG値の妥当性チェックにより検出されます。	
標準通信の通信エラー61784-3 : 誤ったシーケンス	これは、EL6910でTwinSAFE SC通信と共にSG値の妥当性チェックにより検出されます。	
標準通信の通信エラー61784-3 : 損失	これは、EL6910でTwinSAFE SC通信と共にSG値の妥当性チェックにより検出されます。	
標準通信の通信エラー61784-3 : 許容できない遅延	これは、EL6910でTwinSAFE SC通信と共にSG値の妥当性チェックにより検出されます。	
標準通信の通信エラー61784-3 : 挿入	これは、EL6910でTwinSAFE SC通信と共にSG値の妥当性チェックにより検出されます。	
標準通信の通信エラー61784-3 : なりすまし	標準通信とは無関係で、安全通信用です。	
標準通信の通信エラー61784-3 : アドレス指定	これは、EL6910でTwinSAFE SC通信と共にSG値の妥当性チェックにより検出されます。	
標準通信の通信エラー : スイッチの頻発するメモリエラー	これは、EL6910でTwinSAFE SC通信と共にSG値の妥当性チェックにより検出されます。	

2.32.3.1 TwinSAFE SC通信の注:

TwinSAFE SC通信は、Safety-over-EtherCAT通信と同一のエラー検出メカニズムを使用しています。違いは、異なる多項式がチェックサムの計算に使用され、この多項式は以前にSafety-over-EtherCATに使用された多項式とは十分に独立していることです。

ブラックチャンネル原理のような同一のメカニズムが有効です(ビットエラー確率 10^{-2})。

データ送信の品質は致命的ではありません。究極的にはすべての送信エラーは不等になるため、安全なTwinSAFEロジックでの比較によって検出されます。

2.32.4 ロジックの構造

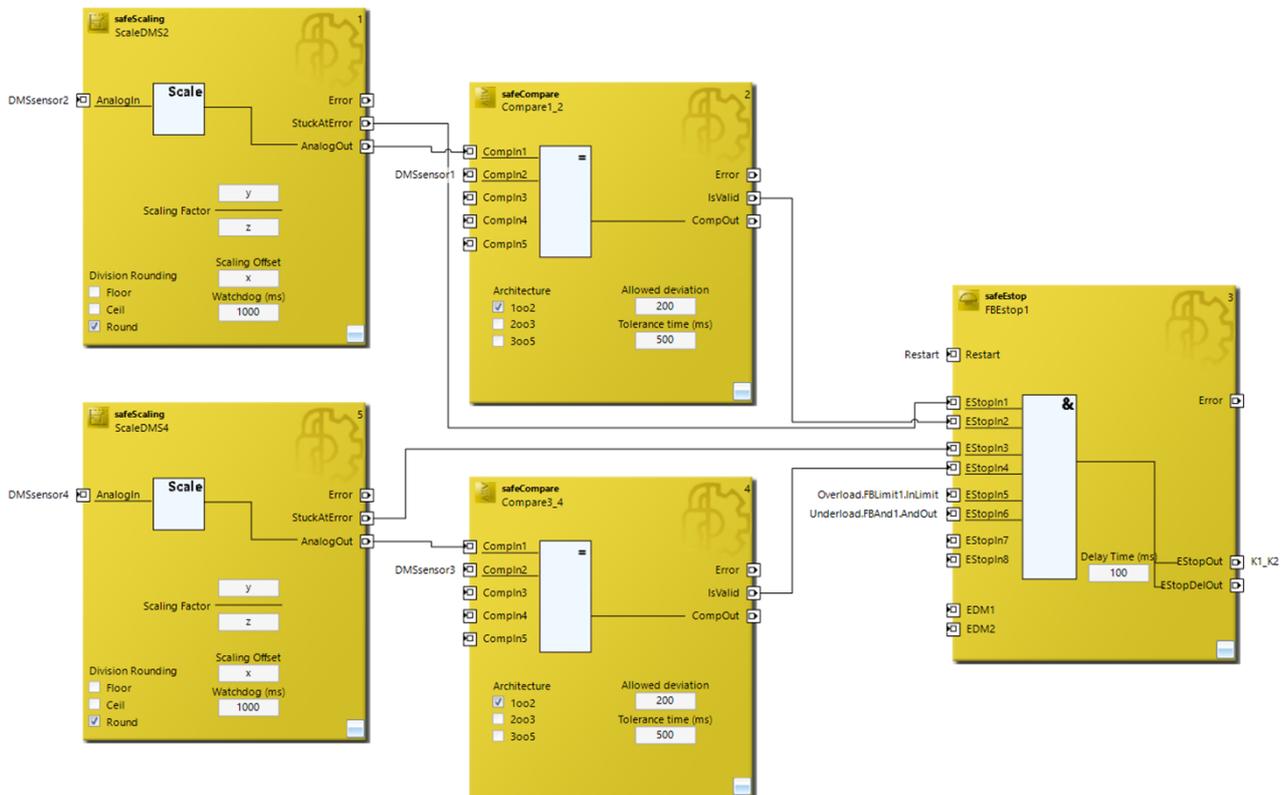
EL6910のロジックは3つの部分に分けられます。最初のセクションで、SG値は調整され、検証されます。また、再起動ロックとESTOPファンクションブロックによるコンタクタK1とK2のシャットダウンを含みます。

2番目のセクションでは、全体の負荷が確定され、最大および最小値の順守がLimitファンクションブロックによって監視されます。その結果は、最初のセクションのESTOPファンクションブロックに送信されます。

3番目のセクションでは、個々の各信号が、最小値の順守のために監視されます。これらの4つの信号はAND演算され、最初のセクションのESTOPファンクションブロックにリンクされます。

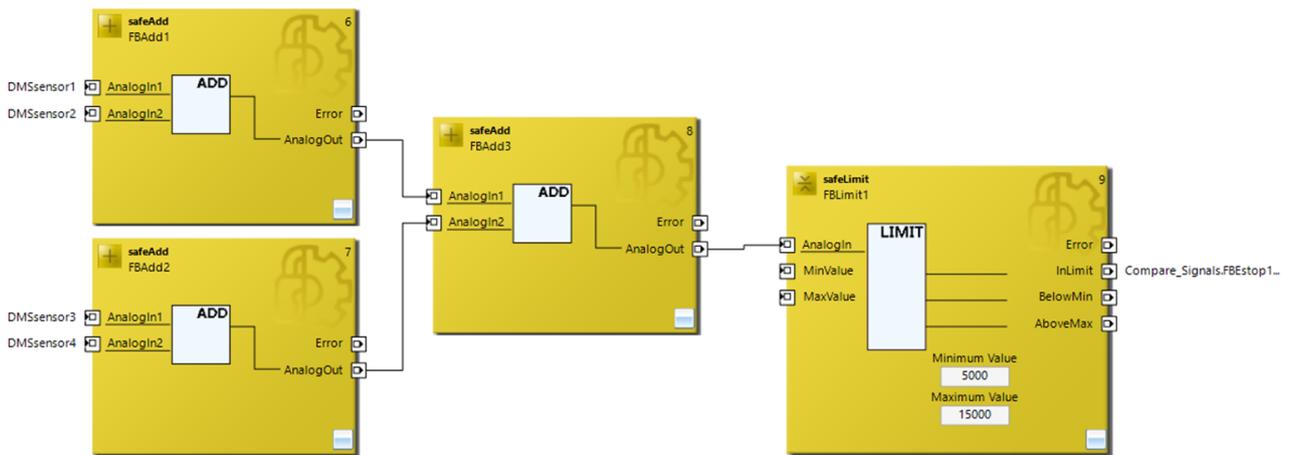
セクション1

Compare_Signals

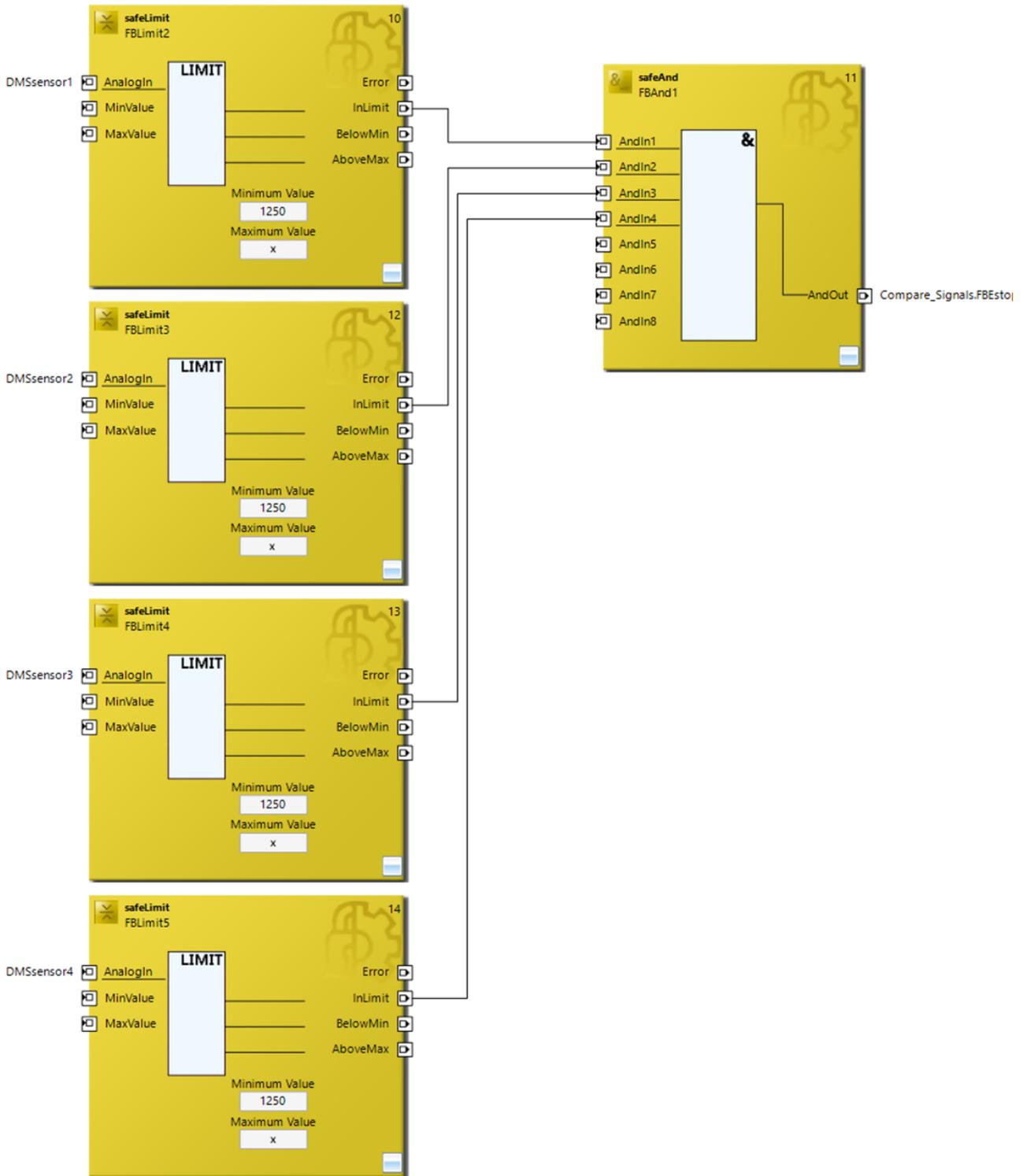


セクション2

Overload



セクション3



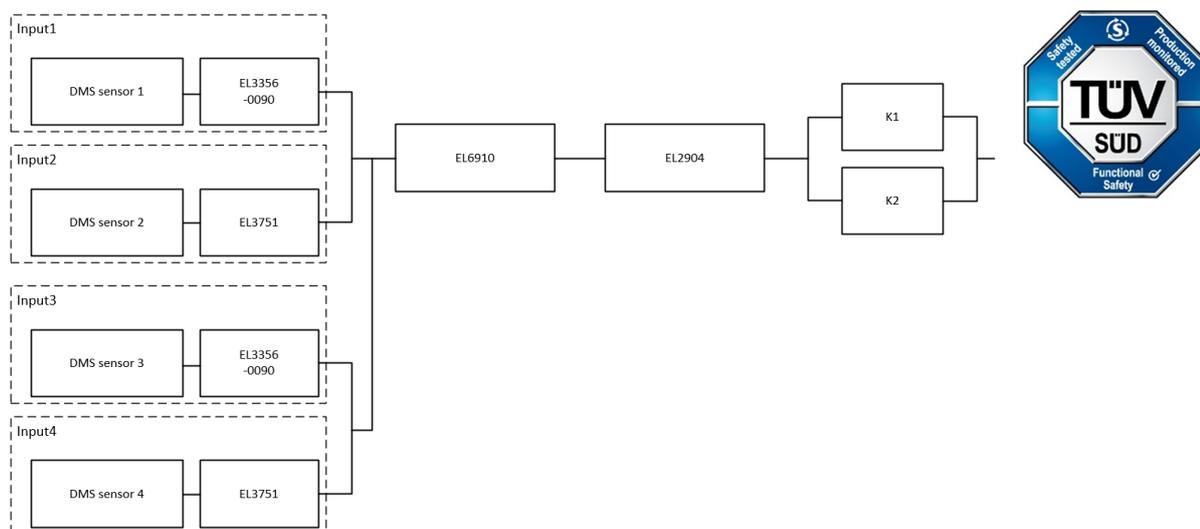
2. 32. 5 安全出力ターミナルのパラメータ

EL2904

パラメータ	値
Current measurement active (電流測定の有効化)	No (いいえ)
Output test pulses active (出力テストパルス有効化)	Yes (はい)

2.32.6 ブロック構造とセーフティループ

2.32.6.1 安全機能1/2



2.32.7 計算

2.32.7.1 PFHD / MTTFD / B10D - 値

コンポーネント	値
EL2904 - PFH _D	1.25E-09
EL6910 - PFH _D	1.79E-09
SGセンサー1~4 - MTTFD _D (AST 3570951.1 GAL/10t/D50d11/L205/1.5 mV/V)	160 y (1,401,600 h)
EL3356-0090 - MTBF	780,733 h
EL3751 - MTBF	513,333 h
K1 - B10 _D	1,300,000 h
K2 - B10 _D	1,300,000 h
エンコーダMTBF	107.5 y (914,700 h)
1年あたりの平均運転日数 (d _{op})	230
1日あたりの平均運転時間 (h _{op})	16
1サイクルの平均時間間隔 (T _{cycle})	10080 * 10080分=168時間なので、1週間に1回のサイクルの意。
寿命 (T1)	20年 = 175200時間

2.32.7.2 診断範囲DC

コンポーネント	値
TwinSAFE SC経由のSG値とロジックでの妥当性チェック	DC _{avg} =90% (または計算では: 99%)
K1/K2 (EDM監視付き(作動/週当たり1回およびその期間での監視によるすべての立ち上がり/立ち下がりエッジの評価)/個々のチャンネルのテスト付き)	DC _{avg} =99%

2.32.7.3 安全機能1/2の計算

明確にするために、安全係数はEN 62061とEN 13849にしたがって計算されます。1つの規格に準拠した計算で、実用上は十分です。

B10_D値からPFH_DとMTTF_D値の計算

最初の式:

$$n_{op} = \frac{d_{op} * h_{op} * 60}{T_{Zyklus}}$$

および:

$$MTTF_D = \frac{B10_D}{0,1 * n_{op}}$$

MTBF値からのPFH_DとMTTF_D値の計算:

注: 修理時間は無視できるため、次のようになります。

$$MTTF_D = 2 * MTBF$$

$$MTTF_D = \frac{1}{\lambda_D}$$

ここで、

$$\lambda_D \approx \frac{0,1}{T_{10D}} = \frac{0,1 * n_{op}}{B10_D}$$

以下の式になります。

$$PFH = \frac{0,1 * n_{op} * (1 - DC)}{B10_D} = \frac{1 - DC}{MTTF_D}$$

値を代入すると、この式は以下のようになります。

SGセンサー1

$$MTTF_D = 1.401.600h = 160y$$

$$PFH = \frac{1 - DC}{MTTF_D} = \frac{1 - 0,9}{1.401.600h} = 7,13E - 08$$

EL3356-0090

$$MTTF_D = 2 * MTBF = 2 * 780.733h = 1.561.466h = 178y$$

$$PFH = \frac{1 - DC}{MTTF_D} = \frac{1 - 0,9}{1.561.466h} = 6,40E - 08$$

入力システム1

$$PFH_{(Input)} = PFH_{(DMS1)} + PFH_{(EL3356-0090)} = 7,13E - 08 + 6,40E - 08 = 13,53E - 08$$

SGセンサー2

$$MTTF_D = 1.401.600h = 160y$$

$$PFH = \frac{1 - DC}{MTTF_D} = \frac{1 - 0,9}{1.401.600h} = 7,13E - 08$$

EL3751

$$MTTF_D = 2 * MTBF = 2 * 513.333h = 1.026.666h = 117y$$

$$PFH = \frac{1-DC}{MTTF_D} = \frac{1-0,9}{1.026.666h} = 9,74E-08$$

入力システム2

$$PFH_{(Input2)} = PFH_{(DMS2)} + PFH_{(EL3751)} = 7,13E-08 + 9,74E-08 = 16,87E-08$$

入力システム3の場合、入力システム1用に計算された値を適用します。入力システム4の場合、入力システム2用に計算された値を適用します。

K1/K2:

$$n_{op} = \frac{230 * 16 * 60}{10080} = 21,90$$

$$MTTF_D = \frac{1.300.000}{0,1 * 21,90} = 593607,3y = 5199997320h$$

そして、K1およびK2がそれぞれシングルチャンネルだと仮定すると、

K1/K2: 作動/週当たり1回および直接フィードバック

$$PFH = \frac{1-0,99}{593607,3 * 8760} = 1,92E-12$$

ここで次の仮定が想定されます。

リレーK1とK2は、両方とも安全機能に接続されます。リレーが機能しなくても危険な状態にはなりません。フィードバックによって検出されます。さらに、K1とK2用のB10₀値は同一です。

EL3356-0090に接続するSGセンサー1およびEL3751に接続するSGセンサー2からの入力信号は、異なった内部構造を持ち、異なった値(重量値およびmV/V値)を提供しますが、両方とも安全機能に関係しています。チャンネルの誤作動は危険な状況に至りませんが、TwinSAFEロジックの2つの値の比較によって検出され、シャットダウンを引き起こします。SGセンサー3と4とで同一の構造が使用されています。4つのセンサーの合計は過負荷シャットダウン用の重量値を提供します。SGセンサーの値が最小負荷値を下回る場合、たるみロークシャットダウン機能がトリガされます。

2つのチャンネルによって接続されているコンポーネント間には結合係数があります。例として、これらのコンポーネントの間には、温度、EMC、ピーク電圧、または信号があります。これは、β=10%の最悪ケースの推定値と想定されます。EN 62061には表(表F.1: Criteria for determining the CCF (CCFを確定するための基準)、および表F.2: Estimation of the CCF factor (β) (CCF係数(β)の推定値)が含まれていて、β-係数を正確に決定するのに使用できます。入力補助システムの場合、β-係数を計算するための表が適切に変更されている場合、推定値の2%が達成可能です。次の計算では、最悪の場合の10%が想定されています。

さらに、エラー(リレー接点の過電流、制御盤の温度超過など)の原因で両方のチャンネルに同時に危険側故障が発生することを防ぐために、すべての通常の対策が取られていると想定しています。

したがって、安全機能1/2のPFH₀値の計算は、以下のようになります。

$$PFH_{(DMS1/2)} = \beta * \frac{PFH_{(Input1)} + PFH_{(Input2)}}{2} + (1-\beta)^2 * (PFH_{(Input1)} * PFH_{(Input2)}) * T1$$

$$= 10\% * \frac{13,53E-08 + 16,87E-08}{2} = 1,52E-08$$

$$PFH_{(DMS3/4)} = \beta * \frac{PFH_{(Input3)} + PFH_{(Input4)}}{2} + (1-\beta)^2 * (PFH_{(Input3)} * PFH_{(Input4)}) * T1$$

$$= 10\% * \frac{13,53E-08 + 16,87E-08}{2} = 1,52E-08$$

$$PFH_{(K1/K2)} = \beta * \frac{PFH_{(K1)} + PFH_{(K2)}}{2} + (1-\beta)^2 * (PFH_{(K1)} * PFH_{(K2)}) * T1$$

$$= 10\% * \frac{1,92E-12 + 1,92E-12}{2} = 1,92E-13$$

$(1-\beta)^2 * (PFH_{(x)} * PFH_{(y)}) * T1$ の部分は残りの部分よりも極めて小さい(10乗分のみ)ため、この式では以降の計算を簡単にするために無視されます。

$$\begin{aligned} PFH_{ges} &= PFH_{(DMS1/2)} + PFH_{(DMS3/4)} + PFH_{(EL6910)} + PFH_{(EL2904)} + PFH_{(K1/K2)} \\ &= 1,52E-08 + 1,52E-08 + 1,79E-09 + 1,25E-09 + 1,92E-13 \\ &= 3,344E-08 \end{aligned}$$

注記

EN 62061

EN 62061にしたがって、入力補助システムはSFFまたはDCの90%で評価されます。これによって、EN 62061の表5にしたがって、達成できる最大SIL値は2に制限されます。

EN 13849に従った安全機能1/2 のためのMTTF₀値の別の計算(同様の仮定の下で)は、以下のようになります。

$$\frac{1}{MTTF_{Dges}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{MTTF_{Dn}}$$

下位の値は入力補助システムから取得されます。

$$\frac{1}{MTTF_{Dges}} = \frac{1}{MTTF_{D(DMSsensor2)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL3751)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL6910)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL2904)}} + \frac{1}{MTTF_{D(K1)}}$$

PFH₀値のみがEL2904、およびEL6910に利用できる場合、次のようになります。

$$MTTF_{D(ELxxx)} = \frac{(1-DC_{(ELxxx)})}{PFH_{(ELxxx)}}$$

ここから、

$$MTTF_{D(EL6910)} = \frac{(1-DC_{(EL6910)})}{PFH_{(EL6910)}} = \frac{(1-0,99)}{1,79E-09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{15,68E-06 \frac{1}{y}} = 637y$$

$$MTTF_{D(EL2904)} = \frac{(1-DC_{(EL2904)})}{PFH_{(EL2904)}} = \frac{(1-0,99)}{1,25E-09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{1,1E-05 \frac{1}{y}} = 913,2y$$

$$MTTF_{Dges} = \frac{1}{\frac{1}{160y} + \frac{1}{117y} + \frac{1}{637y} + \frac{1}{913y} + \frac{1}{593.607y}} = 57,26y$$

$$DC_{avg} = \frac{\frac{DC}{MTTF_{D(DMS1)}} + \frac{DC}{MTTF_{D(EL3356)}} + \frac{DC}{MTTF_{D(DMS2)}} + \frac{DC}{MTTF_{D(EL3751)}} + \frac{DC}{MTTF_{D(DMS1)}} + \frac{DC}{MTTF_{D(EL3356)}}}{\frac{1}{MTTF_{D(DMS1)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL3356)}} + \frac{1}{MTTF_{D(DMS2)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL3751)}} + \frac{1}{MTTF_{D(DMS1)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL3356)}}} + \frac{\frac{DC}{MTTF_{D(DMS2)}} + \frac{DC}{MTTF_{D(EL3751)}} + \frac{DC}{MTTF_{D(EL6910)}} + \frac{DC}{MTTF_{D(EL2904)}} + \frac{DC}{MTTF_{D(K1)}} + \frac{DC}{MTTF_{D(K2)}}}{\frac{1}{MTTF_{D(DMS2)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL3751)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL6910)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL2904)}} + \frac{1}{MTTF_{D(K1)}} + \frac{1}{MTTF_{D(K2)}}$$

DC=90%で使用された場合、

$$DC_{avg} = \frac{\frac{90\%}{160y} + \frac{90\%}{178y} + \frac{90\%}{160y} + \frac{90\%}{117y} + \frac{90\%}{160y} + \frac{90\%}{178y} + \frac{90\%}{160y} + \frac{90\%}{117y} + \frac{99\%}{637y} + \frac{99\%}{913y} + \frac{99\%}{593607y} + \frac{99\%}{593607y}}{\frac{1}{160y} + \frac{1}{178y} + \frac{1}{160y} + \frac{1}{117y} + \frac{1}{160y} + \frac{1}{178y} + \frac{1}{160y} + \frac{1}{117y} + \frac{1}{637y} + \frac{1}{913y} + \frac{1}{593607y} + \frac{1}{593607y}} = 90,42\%$$

または、DC = 99%の場合、

$$DC_{avg} = \frac{\frac{99\%}{160y} + \frac{99\%}{178y} + \frac{99\%}{160y} + \frac{99\%}{117y} + \frac{99\%}{160y} + \frac{99\%}{178y} + \frac{99\%}{160y} + \frac{99\%}{117y} + \frac{99\%}{637y} + \frac{99\%}{913y} + \frac{99\%}{593607y} + \frac{99\%}{593607y}}{\frac{1}{160y} + \frac{1}{178y} + \frac{1}{160y} + \frac{1}{117y} + \frac{1}{160y} + \frac{1}{178y} + \frac{1}{160y} + \frac{1}{117y} + \frac{1}{637y} + \frac{1}{913y} + \frac{1}{593607y} + \frac{1}{593607y}} = 99,00\%$$

⚠ 注意

カテゴリ

この構造では、最大でカテゴリ3までが可能です。

DC=90%、入力補助システム用

MTTF _D	
各チャンネルの名称	各チャンネルの範囲
low	3年 ≤ MTTF _D < 10年
medium	10年 ≤ MTTF _D < 30年
high	30年 ≤ MTTF _D ≤ 100年

DC	
名前	範囲
なし	DC < 60 %
low	60 % ≤ DC < 90 %
medium	90 % ≤ DC < 99 %
high	99 % ≤ DC

注記

診断範囲

実用的に使いやすくするために、範囲の数は4つに制限されています。この表に示されている制限値の精度は5%です。

Category	B	1	2	2	3	3	4
DC MTTF _D	none	none	low	medium	low	medium	high
low	a	-	a	b	b	c	-
medium	b	-	b	c	c	d	-
high	-	c	c	d	d	d	e

または、入力補助システム用にDC = 99%の場合、

MTTF _D	
各チャンネルの名称	各チャンネルの範囲
low	3年 ≤ MTTF _D < 10年
medium	10年 ≤ MTTF _D < 30年
high	30年 ≤ MTTF _D ≤ 100年

DC	
名前	範囲
なし	DC < 60 %
low	60 % ≤ DC < 90 %
medium	90 % ≤ DC < 99 %
high	99 % ≤ DC

注記

診断範囲
 実用的に使いやすくするために、範囲の数は4つに制限されています。この表に示されている制限値の精度は5%です。

Category	B	1	2	2	3	3	4
DC / MTTF _D	none	none	low	medium	low	medium	high
low	a	-	a	b	b	c	-
medium	b	-	b	c	c	d	-
high	-	c	c	d	d	d	e

注記

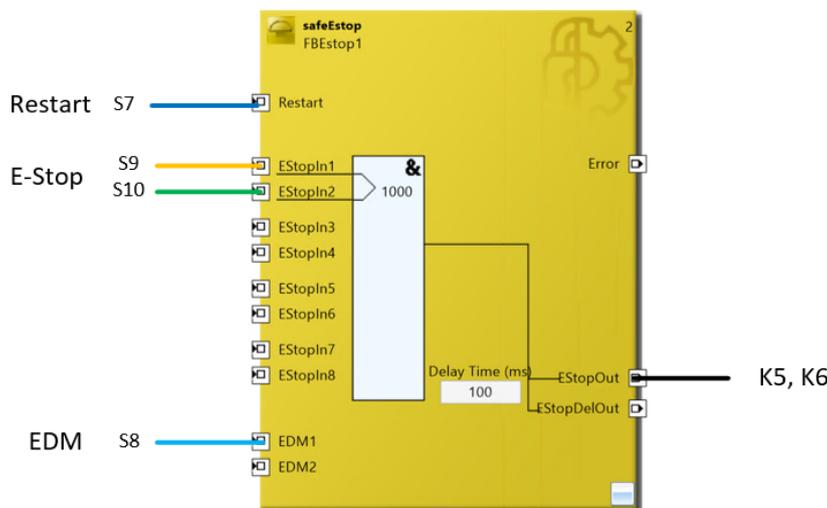
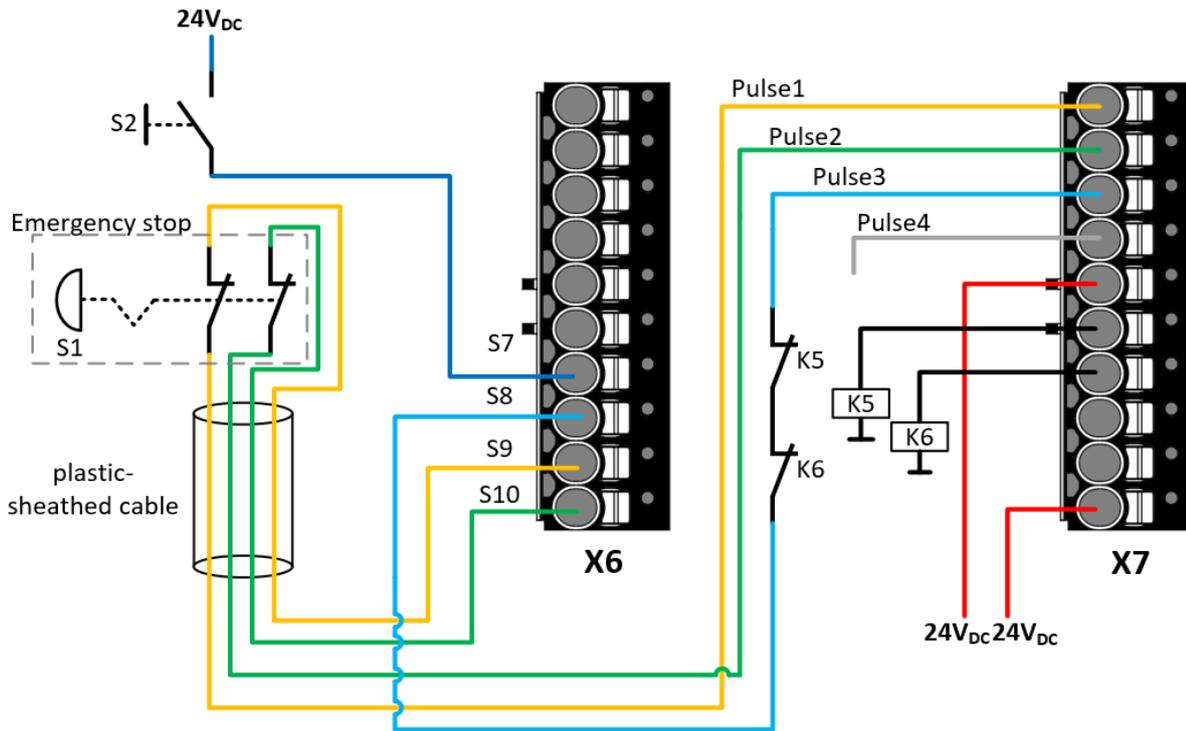
[Result]
 Cat. 3/PLdによる結果が、リスクと危険源分析(PL c)の要件に適合するか、または超えています。

2.33 EK1960デジタル入出力 (Cat. 4/PLe)

非常停止ボタンS1は、10極x6コネクタの安全入力S9およびS10への2つのN. C. 接点と配線されています。10極X7コネクタの最初の出力グループは、クロックソースとして構造されています (FSOUTモジュール3の場合、パラメータ *Diag TestPulse for Inputs active* がTRUEにセットされます)。入力S9とS10の場合、パラメータ *Channel x. Test pulse Diag Model* は、対応するクロックソースに基づいて構造されます。

コンタクトK5とK6は、X7の2番目の出力モジュールの出力7.5および7.6に配線されます。コンタクトのターミナルA2は、ターミナルX7の24 V_{DC}電源のコモンアースに配線されます。2つのコンタクトのフィードバックループは、パルス3から入力S8へ直列に配線されます。

再起動S2は、テストなしで安全入力S7に配線されます。再起動オプションはアプリケーションで利用できないかもしれませんが、これは計算には含まれていません。



2.33.1 安全入力と安全出力モジュールのパラメータ

EK1960

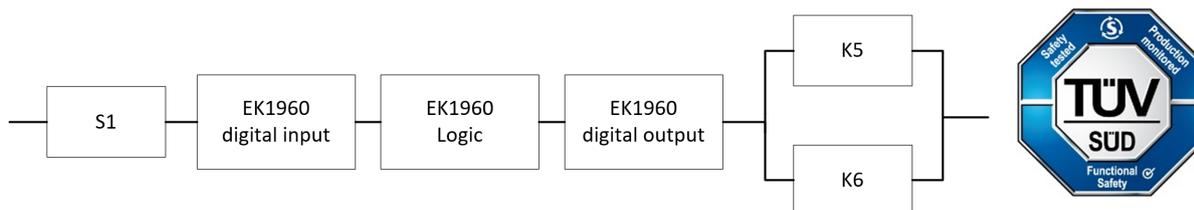
パラメータ	値
FSOUTモジュール3 (X7.1 - X7.4)	-
8020:01 ModuloDiagTestPulse	0x00
8020:02 MultiplierDiagTestPulse	0x02
8020:03 Standard Outputs active	FALSE
8020:04 Diag Testpulse active	TRUE
8020:05 Diag Testpulse for Inputs active	TRUE
FSOUTモジュール4 (X7.5 - X7.8)	-
8030:01 ModuloDiagTestPulse	0x00
8030:02 MultiplierDiagTestPulse	0x02
8030:03 Standard Outputs active	FALSE
8030:04 Diag Testpulse active	TRUE
8030:05 Diag Testpulse for Inputs active	FALSE
FSINモジュール4	-
80A1:04 Channel 2. InputFilterTime	0x000C
80A1:05 Channel 2. DiagTestPulseFilterTime	0x0002
80A1:06 Channel 2. Testpulse Diag Mode	(X7.3) テストパルス検出出力モジュール3。チャンネル3
FSINモジュール5	-
80B1:01 Channel 1. InputFilterTime	0x000C
80B1:02 Channel 1. DiagTestPulseFilterTime	0x0002
80B1:03 Channel 1. Testpulse Diag Mode	(X7.1) テストパルス検出出力モジュール3。チャンネル1
80B1:04 Channel 2. InputFilterTime	0x000C
80B1:05 Channel 2. DiagTestPulseFilterTime	0x0002
80B1:06 Channel 2. Testpulse Diag Mode	(X7.2) テストパルス検出出力モジュール3。チャンネル2

ESTOP FBパラメータ

パラメータ	値
Reset Time (ms) (Port EDM1)	1000
Discrepancy Time (ms) (Port EStopIn1/EStopIn2)	1000
Safe Inputs After Disc Error	TRUE

2.33.2 ブロック構造とセーフティループ

2.33.2.1 安全機能1



2.33.3 計算

2.33.3.1 PFHD / MTTFD / B10D - 値

コンポーネント	値
EK1960デジタル入力 - PFH _D	6.40E-11
EK1960セーフティマット入力 - PFH _D	8.84E-10
EK1960ロジック - PFH _D	5.18E-09
EK1960デジタル出力 - PFH _D	1.50E-10
EK1960リレー出力 (Cat. 4、2チャンネル) - PFH _D	1.46E-09 (作動/時間当たり1回)
EK1960リレー - B10 _D	1,500,000 (DC13 24 V _{DC} およびI _{max} ≤ 2 A)
S1 - B10 _D	100,000
K5 - B10 _D	1,300,000
K6 - B10 _D	1,300,000
1年あたりの平均運転日数 (d _{op})	230
1日あたりの平均運転時間 (h _{op})	16
1サイクルの平均時間間隔 (T _{cycle})	10080 * 10080分=168時間なので、1週間に1回のサイクルの意。
寿命 (T1)	20年 = 175200時間

● Safety-over-EtherCAT通信



Safety-over-EtherCAT (FSOE) 通信のPFH_D値は、EK1960ロジックコンポーネントのPFH_D 値に含まれています。

2.33.3.2 診断範囲DC

コンポーネント	値
S1 (テスト/妥当性チェック付き)	DC _{avg} =99%
K5/K6 (EDM監視付き(作動/週当たり1回および時間的監視によるすべての立ち上がり/立ち下がりエッジの評価)/テスト付き)	DC _{avg} =99%

2.33.3.3 安全機能1の計算

EN ISO 13849-1:2015に準拠したパフォーマンスレベルの計算

B10_D値からMTTF_D 値の計算

最初の式:

$$n_{op} = \frac{230 * 16 * 60}{10080} = 21,90$$

および:

$$MTTF_D = \frac{B10_D}{0,1 * n_{op}}$$

値を代入すると、この式は以下ようになります。

S1

$$n_{op} = \frac{230 * 16 * 60}{10080} = 21,90$$

$$MTTF_D = \frac{100.000}{0,1 * 21,90} = 45662y$$

K5/K6

$$n_{op} = \frac{230 * 16 * 60}{10080} = 21,90$$

$$MTTF_D = \frac{1.300.000}{0,1 * 21,90} = 593607y$$

合計MTTF_D値は、次の式に基づいて計算されます。

$$\frac{1}{MTTF_{Dges}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{MTTF_{Dn}}$$

したがって、

$$\frac{1}{MTTF_{Dges}} = \frac{1}{MTTF_{D(S1)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EK1960-Input)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EK1960-Logic)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EK1960-Output)}} + \frac{1}{MTTF_{D(K5)}}$$

PFH₀値のみがEL1960コンポーネントに利用できる場合、次のようになります。

$$MTTF_{D(EK1960-xxx)} = \frac{(1 - DC_{(EK1960-xxx)})}{PFH_{(EK1960-xxx)}}$$

ここから、

$$MTTF_{D(EK1960-Input)} = \frac{(1 - DC_{(EK1960-Input)})}{PFH_{D(EK1960-Input)}} = \frac{(1 - 0,99)}{6,40E - 11 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{5,60E - 07 \frac{1}{y}} = 17836y$$

$$MTTF_{D(EK1960-Logic)} = \frac{(1 - DC_{(EK1960-Logic)})}{PFH_{D(EK1960-Logic)}} = \frac{(1 - 0,99)}{5,18E - 09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{4,54E - 05 \frac{1}{y}} = 220y$$

$$MTTF_{D(EK1960-Output)} = \frac{(1 - DC_{(EK1960-Output)})}{PFH_{D(EK1960-Output)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,50E - 10 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{1,31E - 06 \frac{1}{y}} = 7610y$$

$$MTTF_{Dges} = \frac{1}{\frac{1}{45662y} + \frac{1}{17836y} + \frac{1}{220y} + \frac{1}{7610y} + \frac{1}{593607y}} = 210y$$

$$DC_{avg} = \frac{\frac{99\%}{45662y} + \frac{99\%}{17836y} + \frac{99\%}{220y} + \frac{99\%}{7610y} + \frac{99\%}{593607y} + \frac{99\%}{593607y}}{\frac{1}{45662y} + \frac{1}{17836y} + \frac{1}{220y} + \frac{1}{7610y} + \frac{1}{593607y} + \frac{1}{593607y}} = 99,00\%$$

注記

カテゴリ

この構造では、最大でカテゴリ4までが可能です。

⚠ 注意

装置に再起動ロックを実装してください。

再起動ロックは安全チェーンの一部ではないため、装置に実装する必要があります。

MTTF_D

各チャンネルの名称	各チャンネルの範囲
low	3年 ≤ MTTF _D < 10年
medium	10年 ≤ MTTF _D < 30年
high	30年 ≤ MTTF _D ≤ 100年

DC

名前	範囲
なし	DC < 60 %
low	60 % ≤ DC < 90 %
medium	90 % ≤ DC < 99 %
high	99 % ≤ DC

注記

診断範囲

実用的に使いやすくするために、範囲の数は4つに制限されています。この表に示されている制限値の精度は5%です。

Category	B	1	2	2	3	3	4
DC / MTTF _D	none	none	low	medium	low	medium	high
low	a	-	a	b	b	c	-
medium	b	-	b	c	c	d	-
high	-	c	c	d	d	d	e

EN 62061に準拠したPFH₀値の計算

S1、K5およびK6がシングルチャンネルだと仮定した場合、

$$MTTF_D = \frac{1}{\lambda_D}$$

以下の式になります。

$$PFH_D = \frac{0,1 * n_{op} * (1 - DC)}{B10_D} = \frac{1 - DC}{MTTF_D}$$

S1:

$$PFH_D = \frac{1 - 0,99}{45662 * 8760} = 2,50E - 11$$

K5/K6:

$$PFH_D = \frac{1 - 0,99}{593607 * 8760} = 1,92E - 12$$

ここで次の仮定が想定されます。

安全スイッチS1: BGIAレポート 2008年2月によると、製造業者がこれを確認した場合、最大10万サイクルまでのエラー除外ができあす。メーカーからの確認がない場合、S1は次のように計算に含まれます。

リレーK5とK6は、両方とも安全機能に接続されます。リレーが機能しなくても危険な状態にはなりません。フィードバックによって検出されます。さらに、K5とK6用のB10₀ 値は同一です。

2つのチャンネルによって接続されているコンポーネント間には結合係数があります。例として、これらのコンポーネントの間には、温度、EMC、ピーク電圧、または信号があります。これは、β=10%の最悪ケースの推定値と想定されます。EN 62061には、β-係数を正確に決定できる表があります。さらに、エラー(リレー接点の過電流、制御盤の温度超過など)の原因で両方のチャンネルに同時に危険側故障が発生することを防ぐために、すべての通常の対策が取られていると想定しています。

したがって、安全機能1のためのPFH₀値の計算は以下のようになります。

$$PFH_{Dges} = PFH_{D(S1)} + PFH_{D(EK1960-Input)} + PFH_{D(EK1960-Logic)} + PFH_{D(EK1960-Output)} + \beta * \frac{PFH_{D(K5)} + PFH_{D(K6)}}{2} + (1 - \beta)^2 * (PFH_{D(K5)} * PFH_{D(K6)}) * T1$$

(1 - β)² * (PFH_{D(K5)} * PFH_{D(K6)}) * T1 の部分は残りの部分よりも極めて小さい(10乗分のみ)ため、この式では以降の計算を簡単にするために無視されます。

以下のようになります。

$$PFH_{Dges} = 2,5E - 11 + 6,40E - 11 + 5,18E - 09 + 1,50E - 10 + 10\% * \frac{1,92E - 12 + 1,92E - 12}{2} = 5,42E - 09$$

安全度水準	時間当たりの危険故障確率 (PFH ₀)
3	≥ 10 ⁻⁸ ~ < 10 ⁻⁷
2	≥ 10 ⁻⁷ ~ < 10 ⁻⁶
1	≥ 10 ⁻⁶ ~ < 10 ⁻⁵

注記

安全度水準

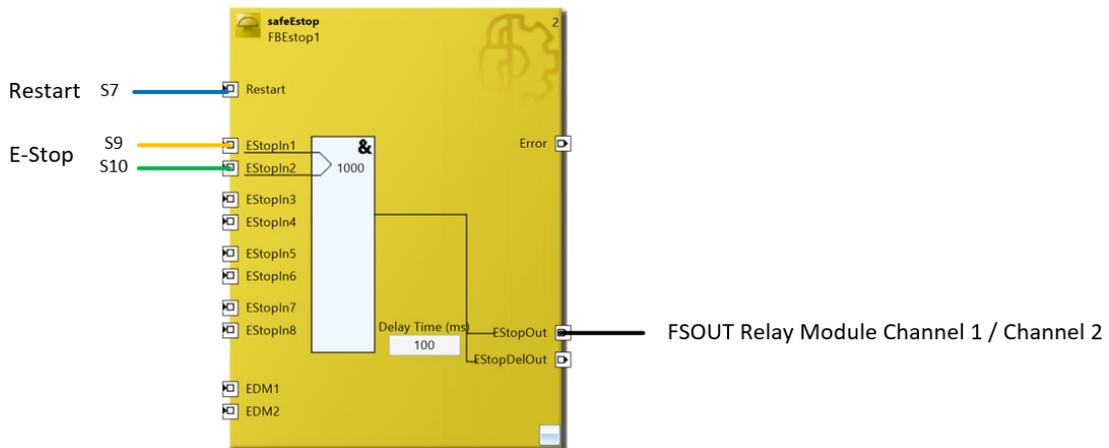
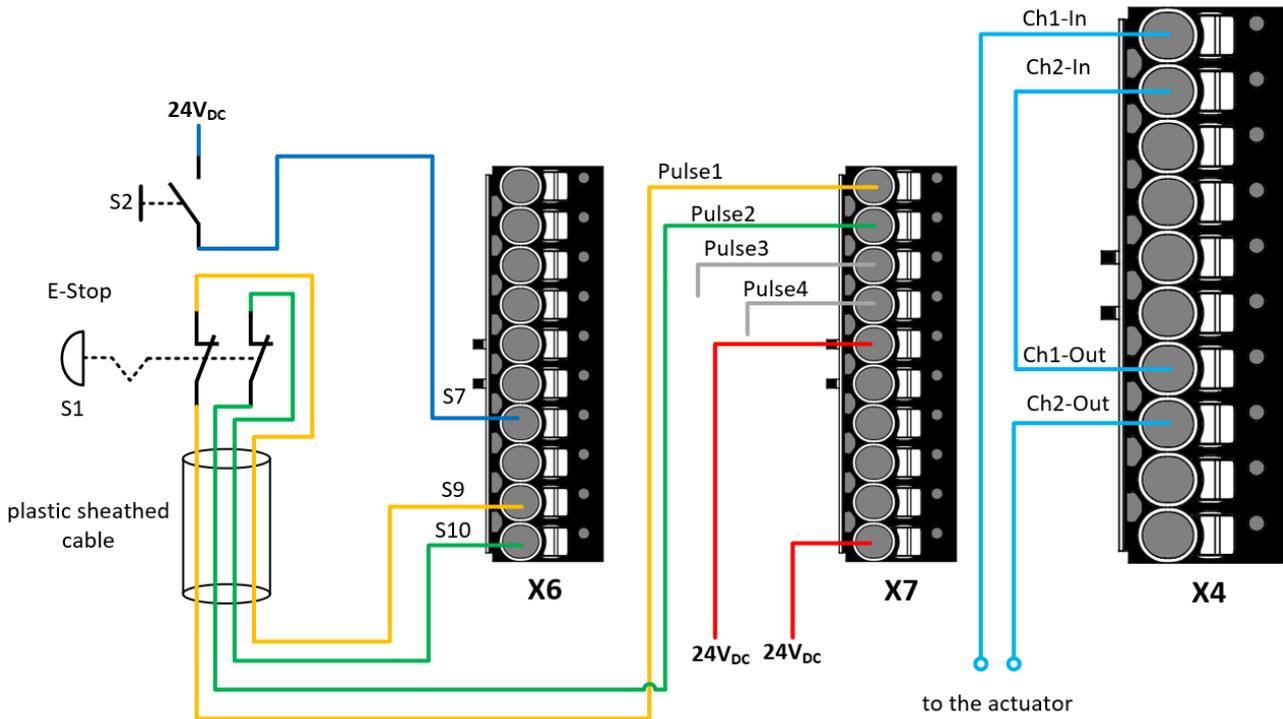
アプリケーションは、EN 62061に準拠した安全度水準SIL3の要件に適合します。

2.34 EK1960デジタル入力/リレー出力 (Cat. 4/PLe)

非常停止ボタンS1は、10極x6コネクタの安全入力S9およびS10への2つのN.C. 接点と配線されています。10極X7コネクタの最初の出力グループは、クロックソースとして構造されています (FSOUTモジュール3の場合、パラメータ *Diag TestPulse for Inputs active* がTRUEにセットされます)。入力S9とS10の場合、パラメータ *Channel x. Test pulse Diag Model* は、対応するクロックソースに基づいて構造されます。

リレー出力チャンネル1とチャンネル2は直列で接続され、その後安全関連機能で使用できます (非常停止メッセージを上流、または下流の装置に送信など)。リレーモジュールがEDM監視を実行するため、EDMはESTOP入力に配線されません。エラーの場合、リレーモジュールにモジュールエラーを報告します。アプリケーションはその後、このモジュールエラーに反応するか、またはモジュールエラーがComエラーを発生するようにTwinSAFEグループを構造できます。

再起動S2は、テストなしで安全入力S7に配線されます。再起動オプションはアプリケーションで利用できないかもしれませんが、これは計算には含まれていません。



2. 34. 1 安全入力と安全出力モジュールのパラメータ

EK1960

パラメータ	値
FSOUTモジュール3 (X7.1 - X7.4)	-
8020:01 ModuloDiagTestPulse	0x00
8020:02 MultiplierDiagTestPulse	0x02
8020:03 Standard Outputs active	FALSE
8020:04 Diag Testpulse active	TRUE
8020:05 Diag Testpulse for Inputs active	TRUE
FSOUTリレーモジュール	-
8060:03 Standard Outputs active	FALSE
FSINモジュール5	-
80B1:01 Channel 1. InputFilterTime	0x000C
80B1:02 Channel 1. DiagTestPulseFilterTime	0x0002
80B1:03 Channel 1. Testpulse Diag Mode	(X7.1) テストパルス検出出力モジュール3。チャンネル1
80B1:04 Channel 2. InputFilterTime	0x000C
80B1:05 Channel 2. DiagTestPulseFilterTime	0x0002
80B1:06 Channel 2. Testpulse Diag Mode	(X7.2) テストパルス検出出力モジュール3。チャンネル2

ESTOP FBパラメータ

パラメータ	値
Reset Time (ms) (Port EDM1)	1000
Discrepancy Time (ms) (Port EStopIn1/EStopIn2)	1000
Safe Inputs After Disc Error	TRUE

注記

リレーモジュールのモジュールエラー

EDMエラーの場合、リレーモジュールのモジュールエラーが報告されます。このモジュールは、次に安全、スイッチオフ状態に入ります。エラー応答は、信号 *FSOUT Relais Module. Err Ack* によって行うことができます。

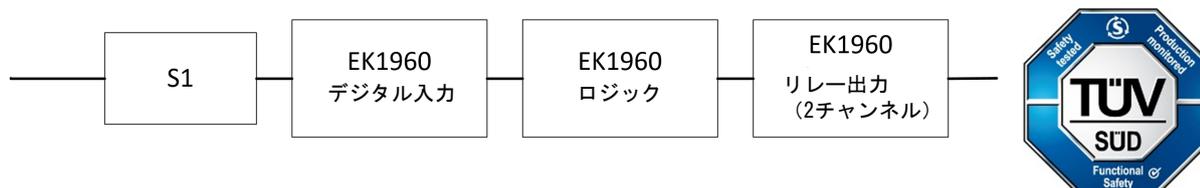
注記

スイッチング周波数

PL eを達成するには、リレー出力を少なくとも月に一度は作動する必要があります。この例では、週当たり1回のスイッチング周波数を仮定しています。

2. 34. 2 ブロック構造とセーフティループ

2. 34. 2. 1 安全機能1



2.34.3 計算

2.34.3.1 PFHD / MTTFD / B10D - 値

コンポーネント	値
EK1960デジタル入力 - PFH _D	6.40E-11
EK1960セーフティマット入力 - PFH _D	8.84E-10
EK1960ロジック - PFH _D	5.18E-09
EK1960デジタル出力 - PFH _D	1.50E-10
EK1960リレー出力 (Cat. 4、2チャンネル) - PFH _D	1.46E-09 (作動/時間当たり1回)
EK1960リレー - B10 _D	1,500,000 (DC13 24 V _{DC} およびI _{max} ≤ 2 A)
S1 - B10 _D	100,000
K5 - B10 _D	1,300,000
K6 - B10 _D	1,300,000
1年あたりの平均運転日数 (d _{op})	230
1日あたりの平均運転時間 (h _{op})	16
1サイクルの平均時間間隔 (T _{cycle})	10080 * 10080分=168時間なので、1週間に1回のサイクルの意。
寿命 (T1)	20年 = 175200時間

● Safety-over-EtherCAT通信

i Safety-over-EtherCAT (FSoE) 通信のPFH_D値は、EK1960ロジックコンポーネントのPFH_D 値に含まれています。

2.34.3.2 診断範囲DC

コンポーネント	値
S1 (テスト/妥当性チェック付き)	DC _{avg} =99%
2チャンネルリレー出力 (EDM監視付き (作動/週当たり1回およびすべての立ち上がり/立ち下がりエッジの評価)/テスト付き)	DC _{avg} =99%

2.34.3.3 安全機能1の計算

EN ISO 13849-1:2015に準拠したパフォーマンスレベルの計算:

B10_D値からMTTF_D 値の計算

最初の式:

$$n_{op} = \frac{230 * 16 * 60}{10080} = 21,90$$

および:

$$MTTF_D = \frac{B10_D}{0,1 * n_{op}}$$

値を代入すると、この式は以下のようになります。

S1

$$n_{op} = \frac{230 * 16 * 60}{10080} = 21,90$$

$$MTTF_D = \frac{100.000}{0,1 * 21,90} = 45662y$$

リレー

Both B10₀とPFH₀値はリレー用に指定されています。この場合、2つの値の下位の値がMTTF₀値の計算に使用されます(この場合、PFH₀ 値 - 下記を参照)。

$$n_{op} = \frac{230 * 16 * 60}{10080} = 21,90$$

$$MTTF_D = \frac{1.500.000}{0,1 * 21,90} = 684.931y$$

合計MTTF_D値は、次の式に基づいて計算されます。

$$\frac{1}{MTTF_{Dges}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{MTTF_{Dn}}$$

したがって、

$$\frac{1}{MTTF_{Dges}} = \frac{1}{MTTF_{D(S1)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EK1960-Input)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EK1960-Logic)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EK1960-Relay)}}$$

PFH₀値のみがEL1960コンポーネントに利用できる場合、次のようになります。

$$MTTF_{D(EK1960-xxx)} = \frac{(1 - DC_{(EK1960-xxx)})}{PFH_{(EK1960-xxx)}}$$

ここから、

$$MTTF_{D(EK1960-Input)} = \frac{(1 - DC_{(EK1960-Input)})}{PFH_{D(EK1960-Input)}} = \frac{(1 - 0,99)}{6,40E - 11 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{5,60E - 07 \frac{1}{y}} = 17836y$$

$$MTTF_{D(EK1960-Logic)} = \frac{(1 - DC_{(EK1960-Logic)})}{PFH_{D(EK1960-Logic)}} = \frac{(1 - 0,99)}{5,18E - 09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{4,54E - 05 \frac{1}{y}} = 220y$$

$$MTTF_{D(EK1960-Relay)} = \frac{(1 - DC_{(EK1960-Relay)})}{PFH_{D(EK1960-Relay)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,46E - 09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{1,28E - 05 \frac{1}{y}} = 781y$$

$$MTTF_{Dges} = \frac{1}{\frac{1}{45662y} + \frac{1}{17836y} + \frac{1}{220y} + \frac{1}{781y}} = 169y$$

$$DC_{avg} = \frac{\frac{99\%}{45662y} + \frac{99\%}{17836y} + \frac{99\%}{220y} + \frac{99\%}{781y}}{\frac{1}{45662y} + \frac{1}{17836y} + \frac{1}{220y} + \frac{1}{781y}} = 99,00\%$$

注記

カテゴリ

この構造では、最大でカテゴリ4までが可能です。

⚠ 注意

装置に再起動ロックを実装してください。

再起動ロックは安全チェーンの一部ではないため、装置に実装する必要があります。

MTTF_D

各チャンネルの名称	各チャンネルの範囲
low	3年 ≤ MTTF _D < 10年
medium	10年 ≤ MTTF _D < 30年
high	30年 ≤ MTTF _D ≤ 100年

DC

名前	範囲
なし	DC < 60 %
low	60 % ≤ DC < 90 %
medium	90 % ≤ DC < 99 %
high	99 % ≤ DC

注記

診断範囲

実用的に使いやすくするために、範囲の数は4つに制限されています。この表に示されている制限値の精度は5%です。

Category	B	1	2	2	3	3	4
DC / MTTF _D	none	none	low	medium	low	medium	high
low	a	-	a	b	b	c	-
medium	b	-	b	c	c	d	-
high	-	c	c	d	d	d	e

EN 62061に準拠したPFH₀値の計算:

S1がシングルチャンネルだと仮定すると、

$$MTTF_D = \frac{1}{\lambda_D}$$

以下の式になります。

$$PFH_D = \frac{0,1 * n_{op} * (1 - DC)}{B10_D} = \frac{1 - DC}{MTTF_D}$$

S1:

$$PFH_D = \frac{1 - 0,99}{45662 * 8760} = 2,50E - 11$$

ここで次の仮定が想定されます。

安全スイッチS1: BGIAレポート 2008年2月によると、製造業者がこれを確認した場合、最大10万サイクルまでのエラー除外が出来ます。メーカーからの確認がない場合、S1は次のように計算に含まれます。

したがって、安全機能1のためのPFH₀値の計算は以下のようになります。

$$PFH_{Dges} = PFH_{D(S1)} + PFH_{D(EK1960-Input)} + PFH_{D(EK1960-Logic)} + PFH_{D(EK1960-Relay)}$$

以下のようになります。

$$PFH_{Dges} = 2,5E - 11 + 6,40E - 11 + 5,18E - 09 + 1,46E - 09 = 6,73E - 09$$

安全度水準	時間当たりの危険故障確率 (PFH ₀)
3	≥ 10 ⁻⁸ ~ < 10 ⁻⁷
2	≥ 10 ⁻⁷ ~ < 10 ⁻⁶
1	≥ 10 ⁻⁶ ~ < 10 ⁻⁵

注記

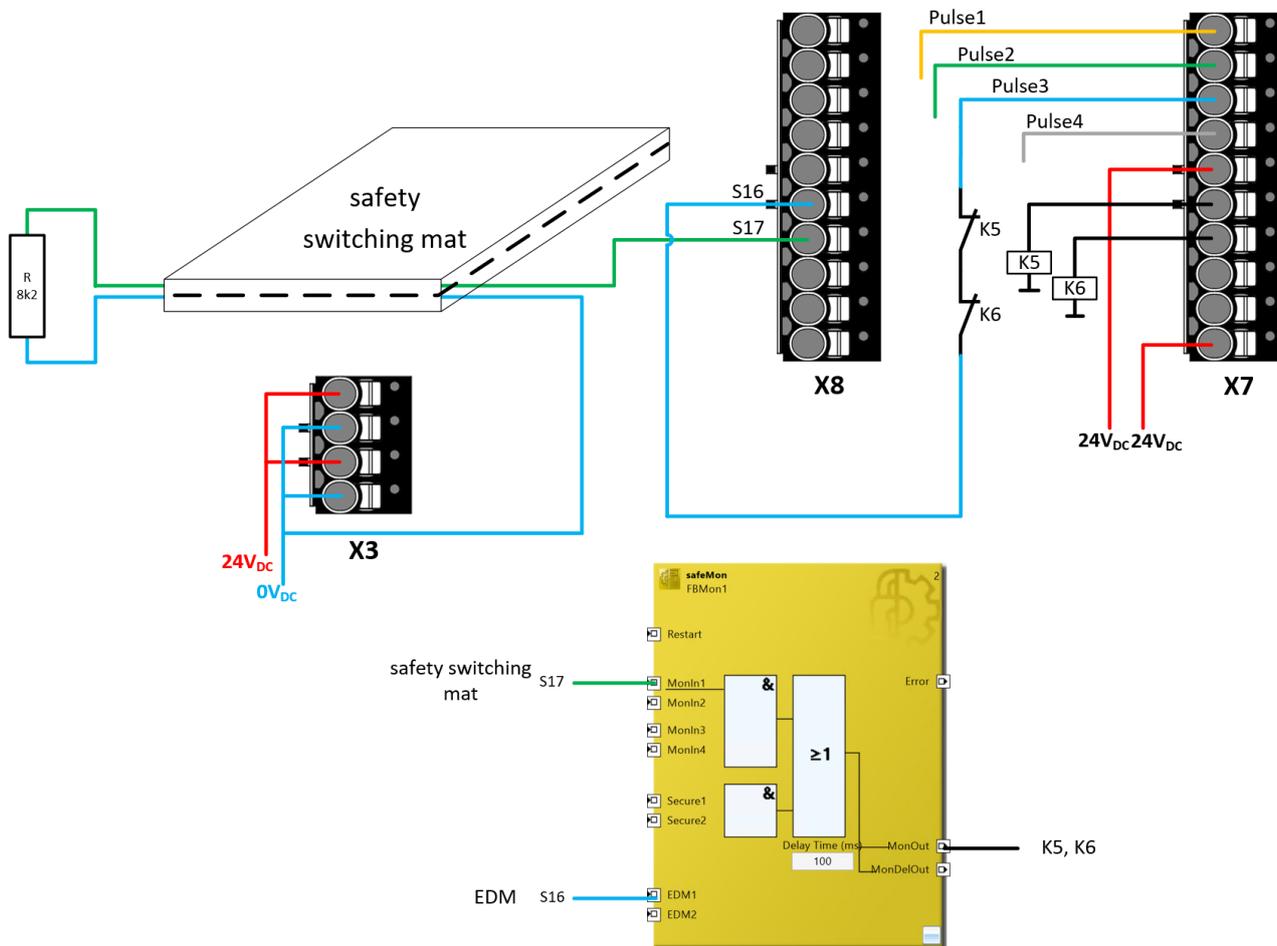
安全度水準

アプリケーションは、EN 62061に準拠した安全度水準SIL3の要件に適合します。

2.35 EK1960セーフティマット入力/デジタル出力 (Cat. 2/PLd)

セーフティマットは、10極コネクタX8の安全入力S17（または8.7）に配線されます。10極X7コネクタの最初の出力グループは、クロックソースとして構造されています (FSOUTモジュール3の場合、パラメータ *Diag TestPulse for Inputs active* がTRUEにセットされます)。入力S16の場合、パラメータ *Channel x. Testpulse Diag Model* は、対応するクロックソースに基づいて構造されます。

コンタクタK5とK6は、X7の2番目の出力モジュールの出力7.5および7.6に配線されます。コンタクタのターミナルA2は、ターミナルX7の24 V_{DC}電源のコモンアースに配線されます。2つのコンタクタのフィードバックループは、パルス3から入力S16へ直列に配線されます。



⚠ 注意

セーフティマットの配線

抵抗変化の原理に準じて動作するセーフティマットのみが、サポートされています (抵抗値: 8k2)。セーフティマットのアース接続は、上図にしたがってEK1960供給電圧のアースに接続する必要があります。

2. 35. 1 安全入力と安全出力モジュールのパラメータ

EK1960

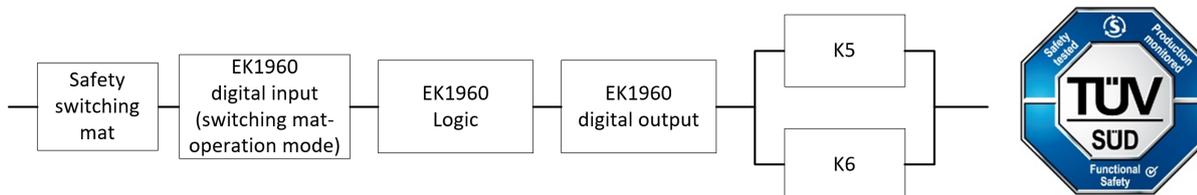
パラメータ	値
FSOUTモジュール3 (X7.1 - X7.4)	-
8020:01 ModuloDiagTestPulse	0x00
8020:02 MultiplierDiagTestPulse	0x02
8020:03 Standard Outputs active	FALSE
8020:04 Diag Testpulse active	TRUE
8020:05 Diag Testpulse for Inputs active	TRUE
FSOUTモジュール4 (X7.5 - X7.8)	-
8030:01 ModuloDiagTestPulse	0x00
8030:02 MultiplierDiagTestPulse	0x02
8030:03 Standard Outputs active	FALSE
8030:04 Diag Testpulse active	TRUE
8030:05 Diag Testpulse for Inputs active	FALSE
FSINモジュール8 (X8.5 - X8.6)	-
80E1:04 Channel 2. InputFilterTime	0x0014
80E1:05 Channel 2. DiagTestPulseFilterTime	0x0002
80E1:06 Channel 2. Testpulse Diag Mode	(X7.3) テストパルス検出出力モジュール3。チャンネル3
FSINモジュール9 (X8.7 - X8.8)	-
80F0:03 Input Mode	Bumper Mode Channel 1 (1)
80F1:01 Channel 1. InputFilterTime	0x0014
80F1:02 Channel 1. DiagTestPulseFilterTime	0x0002
80F1:03 Channel 1. Testpulse Diag Mode	外部テストパルス (0)

MON FBパラメータ

パラメータ	値
Reset Time (ms) (Port EDM1)	1000

2. 35. 2 ブロック構造とセーフティループ

2. 35. 2. 1 安全機能1



2.35.3 計算

2.35.3.1 PFHD / MTTFD / B10D - 値

コンポーネント	値
EK1960デジタル入力 - PFH _D	6.40E-11
EK1960セーフティマット入力 - PFH _D	8.84E-10
EK1960ロジック - PFH _D	5.18E-09
EK1960デジタル出力 - PFH _D	1.50E-10
セーフティマット - B10 _D	6,000,000
K5 - B10 _D	1,300,000
K6 - B10 _D	1,300,000
1年あたりの平均運転日数 (d _{op})	230
1日あたりの平均運転時間 (h _{op})	16
1サイクルの平均時間間隔 (T _{cycle})	60 (時間当たり1回)
寿命 (T1)	20年 = 175200時間

● Safety-over-EtherCAT通信

i Safety-over-EtherCAT (FSoE) 通信のPFH_D値は、EK1960ロジックコンポーネントのPFH_D 値に含まれています。

2.35.3.2 診断範囲DC

コンポーネント	値
セーフティマット(テスト付き)	DC _{avg} =90%
K5/K6 (EDM監視付き(作動/時間当たり1回および時間的監視によるすべての立ち上がり/立ち下がりエッジの評価)/テスト付き)	DC _{avg} =99%

2.35.3.3 安全機能1の計算

EN ISO 13849-1:2015に準拠したパフォーマンスレベルの計算:

B10_D値からMTTF_D 値の計算

最初の式:

$$n_{op} = \frac{d_{op} * h_{op} * 60}{T_{Zyklus}}$$

および:

$$MTTF_D = \frac{B10_D}{0,1 * n_{op}}$$

値を代入すると、この式は以下のようになります。

セーフティマット:

$$n_{op} = \frac{230 * 16 * 60}{60} = 3680$$

$$MTTF_{D(SwitchingMat)} = \frac{6.000.000}{0,1 * 3680} = 16304y$$

K5/K6:

$$n_{op} = \frac{230 * 16 * 60}{60} = 3680$$

$$MTTF_D = \frac{1.300.000}{0,1 * 3680} = 3532y$$

合計MTTF_D値は、次の式に基づいて計算されます。

$$\frac{1}{MTTF_{Dges}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{MTTF_{Dn}}$$

したがって、

$$\frac{1}{MTTF_{Dges}} = \frac{1}{MTTF_{D(SwitchingMat)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EK1960-InputSwitchingMat)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EK1960-Logic)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EK1960-Output)}} + \frac{1}{MTTF_{D(K5)}}$$

PFH_b値のみがEL1960コンポーネントに利用できる場合、次のようになります。

$$MTTF_{D(EK1960-xxx)} = \frac{(1 - DC_{(EK1960-xxx)})}{PFH_{(EK1960-xxx)}}$$

ここから、

$$MTTF_{D(EK1960-InputSwitchingMat)} = \frac{(1 - DC_{(EK1960-InputSwitchingMat)})}{PFH_{D(EK1960-InputSwitchingMat)}} = \frac{(1 - 0,90)}{8,84E - 10 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,1}{7,74E - 06 \frac{1}{y}} = 12913y$$

$$MTTF_{D(EK1960-Logic)} = \frac{(1 - DC_{(EK1960-Logic)})}{PFH_{D(EK1960-Logic)}} = \frac{(1 - 0,99)}{5,18E - 09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{4,54E - 05 \frac{1}{y}} = 220y$$

$$MTTF_{D(EK1960-Output)} = \frac{(1 - DC_{(EK1960-Output)})}{PFH_{D(EK1960-Output)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,50E - 10 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{1,31E - 06 \frac{1}{y}} = 7610y$$

$$MTTF_{Dges} = \frac{1}{\frac{1}{16304y} + \frac{1}{12913y} + \frac{1}{220y} + \frac{1}{7610y} + \frac{1}{3532y}} = 196y$$

$$DC_{avg} = \frac{\frac{90\%}{16304y} + \frac{90\%}{12913y} + \frac{99\%}{220y} + \frac{99\%}{7610y} + \frac{99\%}{3532y} + \frac{99\%}{3532y}}{\frac{1}{16304y} + \frac{1}{12913y} + \frac{1}{220y} + \frac{1}{7610y} + \frac{1}{3532y} + \frac{1}{3532y}} = 98,76\%$$

注記

カテゴリ

この構造では、最大でカテゴリ2までが可能です。

⚠ 注意

装置に再起動ロックを実装してください。

再起動ロックは安全チェーンの一部ではないため、装置に実装する必要があります。

MTTF_D

各チャンネルの名称	各チャンネルの範囲
low	3年 ≤ MTTF _D < 10年
medium	10年 ≤ MTTF _D < 30年
high	30年 ≤ MTTF _D ≤ 100年

DC

名前	範囲
なし	DC < 60 %
low	60 % ≤ DC < 90 %
medium	90 % ≤ DC < 99 %
high	99 % ≤ DC

注記

診断範囲

実用的に使いやすくするために、範囲の数は4つに制限されています。この表に示されている制限値の精度は5%です。

Category	B	1	2	2	3	3	4
DC / MTTF _D	none	none	low	medium	low	medium	high
low	a	-	a	b	b	c	-
medium	b	-	b	c	c	d	-
high	-	c	c	d	d	d	e

EN 62061に準拠したPFH₀値の計算:

K5およびK6がすべてシングルチャンネルだと仮定した場合、

$$MTTF_D = \frac{1}{\lambda_D}$$

以下の式になります。

$$PFH_D = \frac{0,1 * n_{op} * (1 - DC)}{B10_D} = \frac{1 - DC}{MTTF_D}$$

セーフティマット:

$$PFH_D = \frac{1 - 0,90}{16304 * 8760} = 7,00E - 10$$

K5/K6:

$$PFH_D = \frac{1 - 0,99}{3532 * 8760} = 3,23E - 10$$

ここで次の仮定が想定されます。

リレーK5とK6は、両方とも安全機能に接続されます。リレーが機能しなくても危険な状態にはなりません
が、フィードバックによって検出されます。さらに、K5とK6用のB10₀ 値は同一です。

2つのチャンネルによって接続されているコンポーネント間には結合係数があります。例として、これらの
コンポーネントの間には、温度、EMC、ピーク電圧、または信号があります。これは、β=10%の最悪ケース
の推定値と想定されます。EN 62061には、β-係数を正確に決定できる表があります。さらに、エラー(リレ
ー接点の過電流、制御盤の温度超過など)の原因で両方のチャンネルに同時に危険側故障が発生することを
防ぐために、すべての通常の対策が取られていると想定しています。

したがって、安全機能1のためのPFH₀値の計算は以下のようになります。

$$PFH_{Dges} = PFH_{D(SwitchingMat)} + PFH_{D(EK1960-InputSwitchingMat)} + PFH_{D(EK1960-Logic)} + PFH_{D(EK1960-Output)} \\ + \beta * \frac{PFH_{D(K5)} + PFH_{D(K6)}}{2} + (1 - \beta)^2 * (PFH_{D(K5)} * PFH_{D(K6)}) * T1$$

(1 - β)² * (PFH_{D(K5)} * PFH_{D(K6)}) * T1 の部分は残りの部分よりも極めて小さい(10乗分のみ)ため、この式では以
降の計算を簡単にするために無視されます。

以下のようになります。

$$PFH_{Dges} = 7,00E - 10 + 8,84E - 10 + 5,18E - 09 + 1,50E - 10 + 10\% * \frac{3,23E - 10 + 3,23E - 10}{2} \\ = 6,94E - 09$$

安全度水準	時間当たりの危険故障確率 (PFH ₀)
3	≥ 10 ⁻⁸ ~ < 10 ⁻⁷
2	≥ 10 ⁻⁷ ~ < 10 ⁻⁶
1	≥ 10 ⁻⁶ ~ < 10 ⁻⁵

注記

安全度水準

アプリケーションは、EN 62061に準拠した安全度水準SIL2の要件に適合します。セーフティマット入力
の達成可能な最大SIL値は、SIL 2に限られます。

2.36 AX8xxx-x1xx ST0機能 (Cat. 4/PLe)

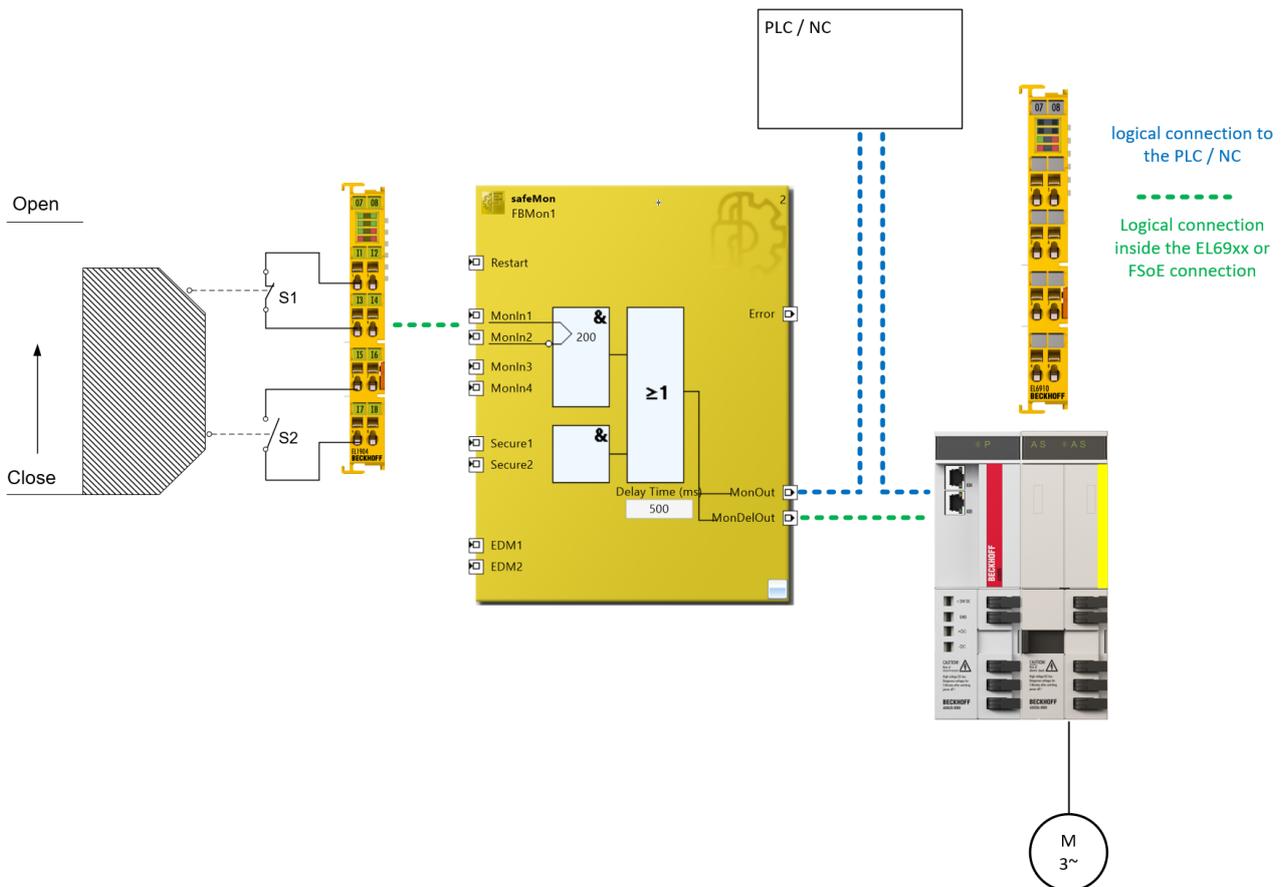
安全扉が、NC/NO接点の組み合わせで、EL1904の安全入力に配線されます。入力のテストパルスが有効です。TwinSAFEロジック内では、安全扉がFB Mon1に接続されており、直接スイッチング出力を使用して、例えば500 msでST0が実行され、停止ランプが駆動されることをNCコントローラーに通知します。

例として、500 ms後、ST0がアクティブになっていることを遅延スイッチング出力によってAX8xxx-x1xxに通知します。

この例では、ドアが開き、AX8xxx-x1xxのスイッチングが遅延すると、ユーザが危険地点に到達する前にST0の後で装置が安全状態になることを想定しています。

装置の製造元は装置とアプリケーションを評価する必要があります。

他のアプリケーションをドライブで実行する場合、これは顧客固有のロジックアプリケーションによってAX8xxx-x1xxに実装可能です。



2.36.1 安全入力と安全出力モジュールのパラメータ

EL1904

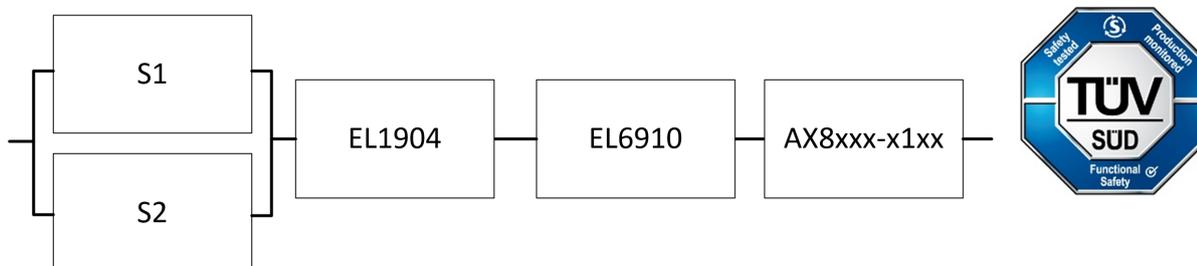
パラメータ	値
Sensor test channel 1 active(センサーテストチャンネル1有効化)	Yes(はい)
Sensor test channel 2 active(センサーテストチャンネル2有効化)	Yes(はい)
Sensor test channel 3 active(センサーテストチャンネル3有効化)	-
Sensor test channel 4 active(センサーテストチャンネル4有効化)	-
Logic channel 1 and 2	シングルロジック
Logic channel 3 and 4	シングルロジック

MON FBパラメータ

パラメータ	値
Discrepancy Time (ms) (port MonIn1/MonIn2)	200
Safe Inputs After Disc Error	TRUE
MON Delay Time	500

2.36.2 ブロック構造とセーフティループ

2.36.2.1 安全機能1



2.36.3 計算

2.36.3.1 PFHD / MTTFD / B10D - 値

コンポーネント	値
EL1904 - PFH _D	1.11E-09
EL6910 - PFH _D	1.79E-09
AX8xxx-x1xx - PFH _D	3.04E-09
S1 - B10 _D	1,000,000
S2 - B10 _D	2,000,000
K1 - B10 _D	1,300,000
K2 - B10 _D	1,300,000
1年あたりの平均運転日数 (d _{op})	230
1日あたりの平均運転時間 (h _{op})	16
1サイクルの平均時間間隔 (T _{cycle})	15 (時間当たり4回)
寿命 (T1)	20年 = 175200時間

2.36.3.2 診断範囲DC

コンポーネント	値
S1 (テスト/妥当性チェック付き)	DC _{avg} =99%
AX8xxx-x1xx ST0機能	DC _{avg} >99%

2.36.3.3 安全機能1の計算

EN ISO 13849-1:2015に準拠したパフォーマンスレベルの計算

B10_D値からMTTF_D 値の計算

最初の式:

$$n_{op} = \frac{230 * 16 * 60}{15} = 14720$$

および:

$$MTTF_D = \frac{B10_D}{0,1 * n_{op}}$$

値を代入すると、この式は以下ようになります。

S1

$$n_{op} = \frac{230 * 16 * 60}{15} = 14720$$

$$MTTF_D = \frac{1.000.000}{0,1 * 14720} = 679y$$

S2

$$n_{op} = \frac{230 * 16 * 60}{15} = 14720$$

$$MTTF_D = \frac{2.000.000}{0,1 * 14720} = 1358y$$

合計MTTF_D値は、次の式に基づいて計算されます。

$$\frac{1}{MTTF_{Dges}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{MTTF_{Dn}}$$

したがって、

$$\frac{1}{MTTF_{Dges}} = \frac{1}{MTTF_{D(S1)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL1904)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL6910)}} + \frac{1}{MTTF_{D(AX8xxx-x1xx)}}$$

PFH_D値のみがEL1904、EL6910、およびAX8xxx-x1xxに利用できる場合、次のようになります。

$$MTTF_{D(ELxxx)} = \frac{(1 - DC_{(ELxxx)})}{PFH_{(ELxxx)}}$$

ここから、

$$MTTF_{D(EL1904)} = \frac{(1 - DC_{(EL1904)})}{PFH_{(EL1904)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,11E - 09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{9,72E - 06 \frac{1}{y}} = 1028,8y$$

$$MTTF_{D(EL6910)} = \frac{(1 - DC_{(EL6910)})}{PFH_{(EL6910)}} = \frac{(1 - 0,99)}{1,79E - 09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{15,68E - 06 \frac{1}{y}} = 637y$$

$$MTTF_{D(AX8xxx-x1xx)} = \frac{(1 - DC_{(AX8xxx-x1xx)})}{PFH_{(AX8xxx-x1xx)}} = \frac{(1 - 0,99)}{3,04E - 09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{2,66E - 05 \frac{1}{y}} = 375y$$

$$MTTF_{Dges} = \frac{1}{\frac{1}{679y} + \frac{1}{1028y} + \frac{1}{637y} + \frac{1}{375y}} = 149y$$

$$DC_{avg} = \frac{\frac{DC}{MTTF_{D(S1)}} + \frac{DC}{MTTF_{D(S2)}} + \frac{DC}{MTTF_{D(EL1904)}} + \frac{DC}{MTTF_{D(EL6910)}} + \frac{DC}{MTTF_{D(AX8xxx-x1xx)}}}{\frac{1}{MTTF_{D(S1)}} + \frac{1}{MTTF_{D(S2)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL1904)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL6910)}} + \frac{1}{MTTF_{D(AX8xxx-x1xx)}}$$

$$DC_{avg} = \frac{\frac{99\%}{679y} + \frac{99\%}{1358y} + \frac{99\%}{1028y} + \frac{99\%}{637y} + \frac{99\%}{375y}}{\frac{1}{679y} + \frac{1}{1358y} + \frac{1}{1028y} + \frac{1}{637y} + \frac{1}{375y}} = 99,00\%$$

注記

カテゴリ

この構造では、最大でカテゴリ4までが可能です。

⚠ 注意

装置に再起動ロックを実装してください。

再起動ロックは安全チェーンの一部ではないため、装置に実装する必要があります。

MTTF _D	
各チャンネルの名称	各チャンネルの範囲
low	3年 ≤ MTTF _D < 10年
medium	10年 ≤ MTTF _D < 30年
high	30年 ≤ MTTF _D ≤ 100年

DC	
名前	範囲
なし	$DC < 60 \%$
low	$60 \% \leq DC < 90 \%$
medium	$90 \% \leq DC < 99 \%$
high	$99 \% \leq DC$

注記

診断範囲

実用的に使いやすくするために、範囲の数は4つに制限されています。この表に示されている制限値の精度は5%です。

Category	B	1	2	2	3	3	4
DC MTTF _D	none	none	low	medium	low	medium	high
low	a	-	a	b	b	c	-
medium	b	-	b	c	c	d	-
high	-	c	c	d	d	d	e

EN 62061に準拠したPFH₀値の計算

S1およびS2がそれぞれシングルチャンネルだと仮定すると、

$$MTTF_D = \frac{1}{\lambda_D}$$

以下の式になります。

$$PFH_D = \frac{0,1 * n_{op} * (1 - DC)}{B10_D} = \frac{1 - DC}{MTTF_D}$$

S1:

$$PFH_D = \frac{1 - 0,99}{679 * 8760} = 1,68E - 09$$

S2:

$$PFH_D = \frac{1 - 0,99}{1358 * 8760} = 8,41E - 10$$

ここで次の仮定が想定されます。

安全スイッチS1: BGIAレポート 2008年2月によると、製造業者がこれを確認した場合、最大10万サイクルまでのエラー除外ができあす。メーカーからの確認がない場合、S1は次のように計算に含まれます。

2つのチャンネルによって接続されているコンポーネント間には結合係数があります。例として、これらのコンポーネントの間には、温度、EMC、ピーク電圧、または信号があります。これは、β=10%の最悪ケースの推定値と想定されます。EN 62061には、β-係数を正確に決定できる表があります。さらに、エラー(リレー接点の過電流、制御盤の温度超過など)の原因で両方のチャンネルに同時に危険側故障が発生することを防ぐために、すべての通常の対策が取られていると想定しています。

したがって、安全機能1のためのPFH₀値の計算は以下のようになります。

$$PFH_{Dges} = \beta * \frac{PFH_{D(S1)} + PFH_{D(S2)}}{2} + (1 - \beta)^2 * (PFH_{D(S1)} * PFH_{D(S2)}) * T1 + PFH_{D(EL1904)} + PFH_{D(EL6910)} + PFH_{D(AX8,xxx-r1xx)}$$

(1 - β)² * (PFH_(s1) * PFH_(s2)) * T1 の部分は残りの部分よりも極めて小さい(10乗分のみ)ため、この式では以降の計算を簡単にするために無視されます。

以下のようになります。

$$PFH_{Dges} = 10\% * \frac{1,68E - 09 + 8,41E - 10}{2} + 1,11E - 09 + 1,79E - 09 + 3,04E - 09$$

$$= 6,07E - 09$$

安全度水準	時間当たりの危険故障確率(PFH ₀)
3	≥ 10 ⁻⁸ ~ < 10 ⁻⁷
2	≥ 10 ⁻⁷ ~ < 10 ⁻⁶
1	≥ 10 ⁻⁶ ~ < 10 ⁻⁵

注記

安全度水準
アプリケーションは、EN 62061に準拠した安全度水準SIL3の要件に適合します。

2.37 EL2911電位グループと非安全関連部の標準ターミナル (Cat. 4/PLe)

安全扉はNCとNO接点の組み合わせを使用し、EL2911の安全入力に配線されます。入力のテストは有効で、信号は不一致時間に対してテストされます(この場合、500 ms)。電位グループの電源用接点の24 V電源は、安全出力でスイッチオフされます。電源供給用接点の0 V接続は、EL2911の電源の0 Vに直接接続されます。

EL2911は電源用接点の24 V_{DC}へのフィードバックを監視し、スイッチオフ状態で5 Vを超える電圧が読み取られると、直ちにモジュールエラー状態に入ります。

コンタクタK3、および K4のフィードバックループは、EL2911の安全入力に接続されます。

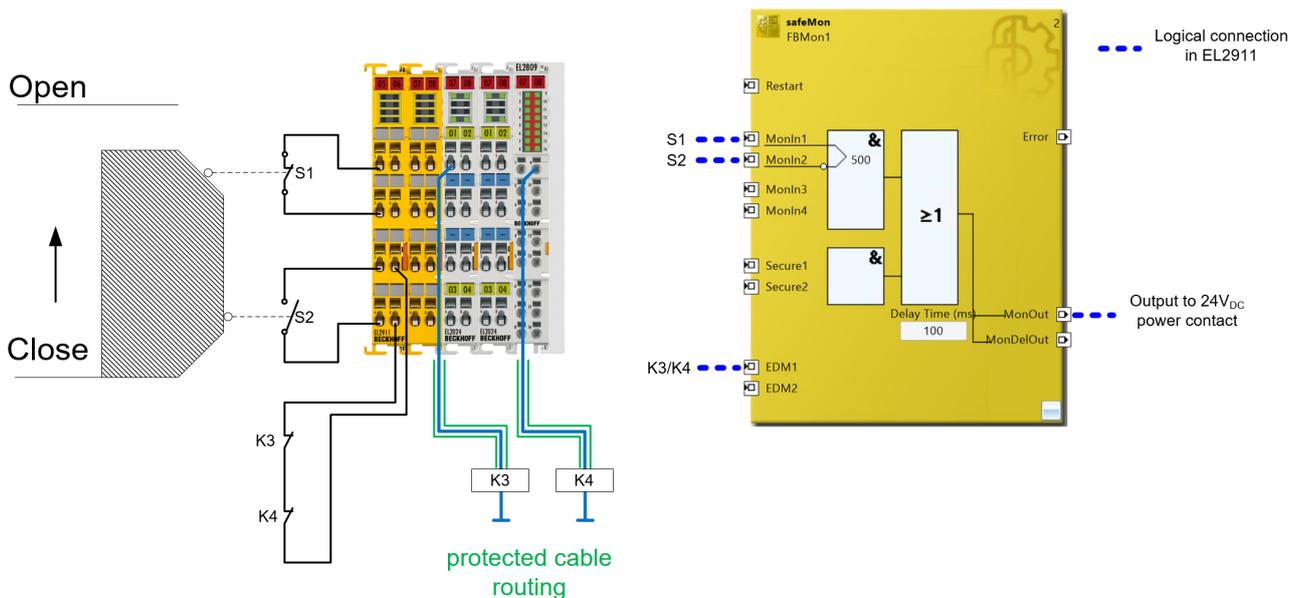
使用されているすべての負荷とデバイスの0 V電位は、同じ電位であるか、または同じ電位に接続する必要があります。

注記

安全に関する注意事項

使用されているEL2xxxターミナルは、安全コントローラーの有効な部分ではありません。したがって、上位の安全コントローラーのみが達成する安全レベルを定義します。標準ターミナルは、計算に組み込まれていませんが、干渉のないものでなければなりません。

標準ターミナルの外部配線は、達成可能な最高安全レベルの制限事項となります。



⚠ 注意

電源ユニットの要件

標準ターミナルには、障害発生時に36 Vの出力電圧制限 U_{max} を備えたSELV / PELV電源ユニットから24 VDCを供給する必要があります。

⚠ 注意

回り込みの防止

フィードバックは、様々な方法で防ぐことができます(詳しい情報は下記を参照)。

- ・ 別電源とし負荷を切換えない
- ・ ケーブルの短絡故障の除外(別途の非金属の外装ケーブル、制御盤内のみ配線、コンダクタごとに専用アース接続、固定設置)

⚠ 注意

非安全関連部のEtherCATターミナル

EL2911により接続されている電位グループでは、非安全関連部の標準ターミナルのみを使用する必要があります。非安全関連部のEtherCATターミナルのリストが、<http://infosys.beckhoff.de>の下のペッコフ インフォメーションシステムにあります。

⚠ 注意

達成可能な最高安全レベル

短絡故障の除外によるフィードバックの回避：
 DIN EN ISO 13849-1: 最大カテゴリ4 PL e
 IEC 61508: 最大SIL3
 EN 62061: 最大SIL2

⚠ 注意

電位0V

負荷の0 V電位(この場合、K3、K4)は、EL2911の電源の0 V電位と同一である必要があります。

⚠ 注意

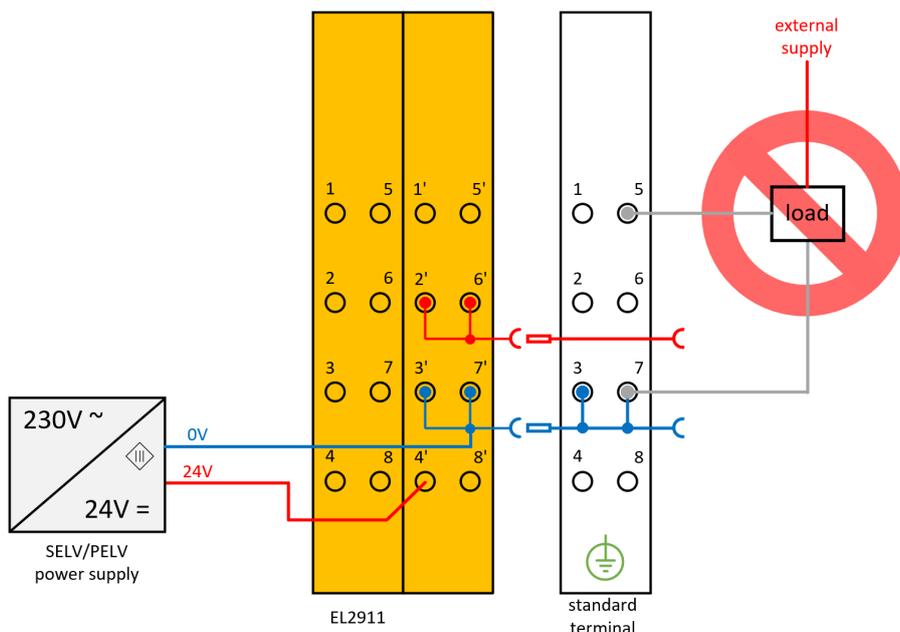
時間遅延

電位グループの電源をオフにすると、下流のコンタクタとアクチュエータのシャットダウンが遅れる可能性があります。この遅延は下流のアクチュエータ、負荷、ラインに依存するため、ユーザは安全のアセスメント時に考慮する必要があります。

2.37.1 回り込みの防止の注意事項

2.37.1.1 別電源とし負荷を切換えない

個々の電源をもつ負荷は、この場合に負荷によるフィードバックを除外できないため、標準ターミナルによって切り替えしないでください。



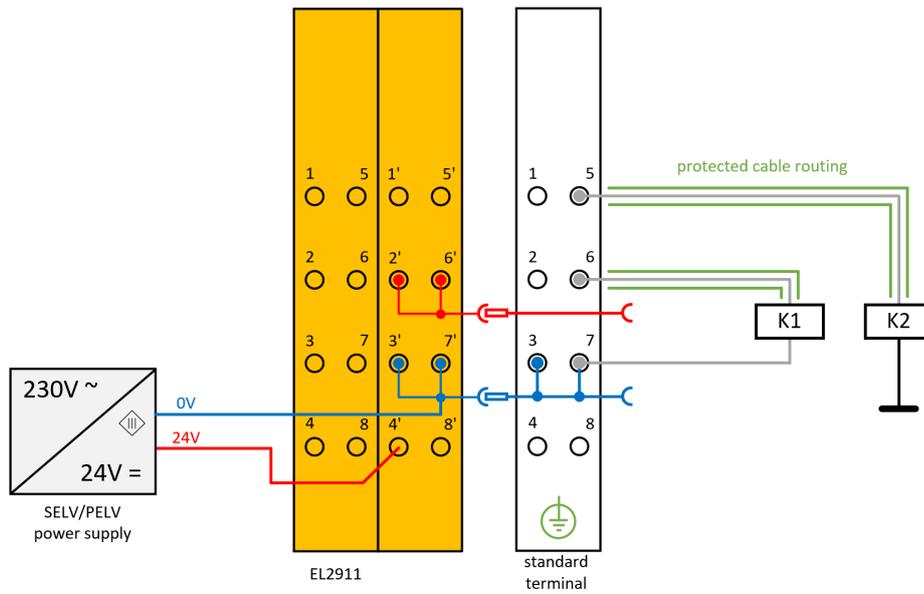
⚠ 注意

メーカーのデータ

一般要件の例外は、接続された負荷のメーカーが制御入力へのフィードバックが発生しないことを保証する場合のみ許容されます。

2.37.1.2 ケーブル短絡の故障除外

ケーブル短絡によるフィードバックの危険は、その他の対策により除外する必要があります。代替手段として、次の対策を実装できます。



- 代替策1: 個別の被覆ケーブルによる負荷接続
同じ外装ケーブルの他の電位伝導線と一緒に、標準ターミナルの非安全にスイッチされた電位は伝導できません。
- 代替策2: 制御盤内のみの配線
非安全な標準ターミナルに接続されたすべての負荷は、ターミナルとして同じ制御盤内に配置する必要があります。ケーブルは、すべて制御盤でのみ配線されます。
- 代替策3: コンダクタごとに専用のアース接続
非安全な標準ターミナルに接続された、すべてのコンダクタを別途のアース接続で保護します。
- 代替策4: 恒久(固定)配線、外部損傷からの保護
非安全な標準ターミナルに接続されたすべてのコンダクタを恒久的に設置し、ケーブルダクトや強化配線管によって外部損傷から保護します。

⚠ 注意

故障除外

装置の製造元やユーザは、適用した代替策の適切な実行と評価に対し責任を負います。

2. 37. 2 EL2911パラメータ

EL2911

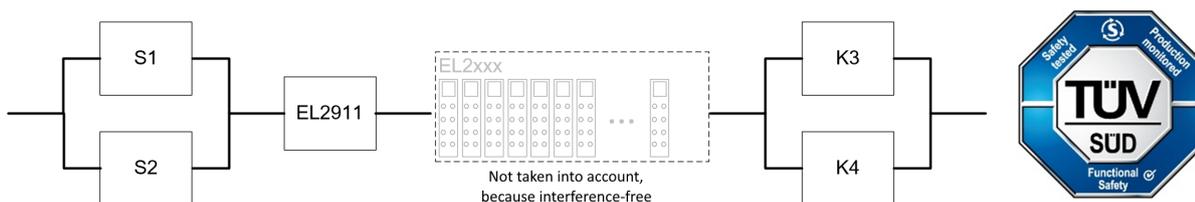
パラメータ	値
FSOUTコモン設定	–
0x8000:04 - Diag Testpulse active	TRUE
0x8000:12 - Output Cross Circuit Detection Delay	1000 ms
FSINコモン設定	–
0x8010:02 - MultiplierDiagTestPulse	0x01
0x8010:04 - Diag TestPulse active	TRUE
FSINチャンネル設定	–
0x8011:01 - Channel 1. InputFilterTime	0x0014 (2 ms)
0x8011:02 - Channel 1. DiagTestPulseFilterTime	0x0002 (0.2 ms)
0x8011:04 - Channel 2. InputFilterTime	–
0x8011:05 - Channel 2. DiagTestPulseFilterTime	–
0x8011:07 - Channel 3. InputFilterTime	0x0014 (2 ms)
0x8011:08 - Channel 3. DiagTestPulseFilterTime	0x0002 (0.2 ms)
0x8011:0A - Channel 4. InputFilterTime	0x0014 (2 ms)
0x8011:0B - Channel 4. DiagTestPulseFilterTime	0x0002 (0.2 ms)

FB MON

パラメータ	値
Reset Time (ms) (Port EDM1)	1000
Discrepancy Time (ms) (port MonIn1/MonIn2)	500
Safe Inputs After Disc Error	TRUE

2. 37. 3 ブロック構造とセーフティループ

2. 37. 3. 1 安全機能1



2.37.4 計算

2.37.4.1 PFHD / MTTFD / B10D - 値

コンポーネント	値
EL2911 - PFH _D	4.50E-09
S1 - B10 _D	1,000,000
S2 - B10 _D	2,000,000
K3 - B10 _D	1,300,000
K4 - B10 _D	1,300,000
1年あたりの平均運転日数 (d _{op})	230
1日あたりの平均運転時間 (h _{op})	8
1サイクルの平均時間間隔 (T _{cycle})	15 (時間当たり4回)
寿命 (T1)	20年 = 175200時間

2.37.4.2 診断範囲DC

コンポーネント	値
S1/S2 (テスト/妥当性チェック付き)	DC _{avg} =99%
K3/K4 (EDM付き)	DC _{avg} =90%

2.37.4.3 安全機能1の計算

B10_D値からPFH_DとMTTF_D値の計算

最初の式:

$$n_{op} = \frac{d_{op} * h_{op} * 60}{T_{Zyklus}}$$

および:

$$MTTF_D = \frac{B10_D}{0,1 * n_{op}}$$

値を代入すると、この式は以下ようになります。

S1:

$$n_{op} = \frac{230 * 8 * 60}{15} = 7360$$

$$MTTF_D = \frac{1.000.000}{0,1 * 7360} = 1358,7y = 11902212h$$

S2:

$$n_{op} = \frac{230 * 8 * 60}{15} = 7360$$

$$MTTF_D = \frac{2.000.000}{0,1 * 7360} = 2717,4y = 23804424h$$

K3/K4:

$$n_{op} = \frac{230 * 8 * 60}{15} = 7360$$

$$MTTF_D = \frac{1.300.000}{0,1 * 7360} = 1766,3y = 15472788h$$

そして、S1、S2、K3、およびK4がそれぞれシングルチャンネルだと仮定すると、

$$MTTF_D = \frac{1}{\lambda_D}$$

以下の式になります。

$$PFH = \frac{0,1 * n_{op} * (1 - DC)}{B10_D} = \frac{1 - DC}{MTTF_D}$$

S1

$$PFH = \frac{1 - 0,99}{1358,7 * 8760} = 8,40E - 10$$

S2

$$PFH = \frac{1 - 0,99}{2717,4 * 8760} = 4,20E - 10$$

K3/K4

$$PFH = \frac{1 - 0,90}{1766,3 * 8760} = 6,46E - 09$$

ここで次の仮定が想定されます。

ドアスイッチS1/S2は、常に反対方向に作動します。スイッチは異なる値を持っていますが、完全な安全扉スイッチはN. C. とN. O. 接点の組み合わせで構造され、2つのスイッチが機能する必要があるため、2つの値の下位の値になる（S1）が組み合わせとして採用されます。

コンタクタK3とK4は、両方とも安全機能に接続されます。機能していないコンタクタは危険な状態にはなりません、フィードバックによって検出されます。さらに、K3とK4用のB10₀値は同一です。

2つのチャンネルによって接続されているコンポーネント間には結合係数があります。例として、これらのコンポーネントの間には、温度、EMC、ピーク電圧、または信号があります。これは、β=10%の最悪ケースの推定値と想定されます。EN 62061には、β-係数を正確に決定できる表があります。さらに、エラー（コンタクタ接点の過電流、制御盤の温度超過など）の原因で両方のチャンネルに同時に危険側故障が発生することを防ぐために、すべての通常の対策が取られていると想定しています。

したがって、安全機能1のためのPFH₀値の計算は以下のようになります。

$$PFH_{ges} = \beta * \frac{PFH_{(S1)} + PFH_{(S2)}}{2} + (1 - \beta)^2 * (PFH_{(S1)} * PFH_{(S2)}) * T1 + PFH_{(EL2911)} \\ + \beta * \frac{PFH_{(K3)} + PFH_{(K4)}}{2} + (1 - \beta)^2 * (PFH_{(K3)} * PFH_{(K4)}) * T1$$

$(1 - \beta)^2 * (PFH_{(x)} * PFH_{(y)}) * T1$ の部分は残りの部分よりも極めて小さい(10乗分のみ)ため、この式では以降の計算を簡単にするために無視されます。

以下のようになります。

$$PFH_{ges} = 10\% * \frac{8,40E - 10 + 4,20E - 10}{2} + 4,50E - 09 + 10\% * \frac{6,46E - 09 + 6,46E - 09}{2} \\ = 5,21E - 09$$

安全機能1（同様の仮定の下で）用のMTTF₀値の計算

$$\frac{1}{MTTF_{Dges}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{MTTF_{Dn}}$$

したがって、

$$\frac{1}{MTTF_{Dges}} = \frac{1}{MTTF_{D(S1)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL2911)}} + \frac{1}{MTTF_{D(K3)}}$$

PFH₀値のみがEL2911に利用できる場合、次のようになります。

$$MTTF_{D(ELxxx)} = \frac{(1 - DC_{(ELxxx)})}{PFH_{(ELxxx)}}$$

ここから、

$$MTTF_{D(EL2911)} = \frac{(1 - DC_{(EL2911)})}{PFH_{(EL2911)}} = \frac{(1 - 0,99)}{4,50E - 09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{3,94E - 05 \frac{1}{y}} = 253y$$

$$MTTF_{Dges} = \frac{1}{\frac{1}{1358,7y} + \frac{1}{253y} + \frac{1}{1766,3y}} = 190y$$

$$DC_{avg} = \frac{\frac{DC}{MTTF_{D(S1)}} + \frac{DC}{MTTF_{D(S2)}} + \frac{DC}{MTTF_{D(EL2911)}} + \frac{DC}{MTTF_{D(K3)}} + \frac{DC}{MTTF_{D(K4)}}}{\frac{1}{MTTF_{D(S1)}} + \frac{1}{MTTF_{D(S2)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL2911)}} + \frac{1}{MTTF_{D(K3)}} + \frac{1}{MTTF_{D(K4)}}$$

$$DC_{avg} = \frac{\frac{99\%}{1358,7y} + \frac{99\%}{2717,4y} + \frac{99\%}{253y} + \frac{90\%}{1766,3y} + \frac{90\%}{1766,3y}}{\frac{1}{1358,7y} + \frac{1}{2717,4y} + \frac{1}{253y} + \frac{1}{1766,3y} + \frac{1}{1766,3y}} = 97,35\%$$

注記

カテゴリ

この構造では、最大でカテゴリ4までが可能です。

MTTF _D	
各チャンネルの名称	各チャンネルの範囲
low	3年 ≤ MTTFD < 10年
medium	10年 ≤ MTTFD < 30年
high	30年 ≤ MTTFD ≤ 100年

DC	
名前	範囲
なし	DC < 60 %
low	60 % ≤ DC < 90 %
medium	90 % ≤ DC < 99 %
high	99 % ≤ DC

注記

診断範囲

実用的に使いやすくするために、範囲の数は4つに制限されています。この表に示されている制限値の精度は5%です。

Category	B	1	2	2	3	3	4
DC / MTTFD	none	none	low	medium	low	medium	high
low	a	-	a	b	b	c	-
medium	b	-	b	c	c	d	-
high	-	c	c	d	d	d	e

テーブル3 EN62061に準拠した安全度水準 (Safety Integrity Level)

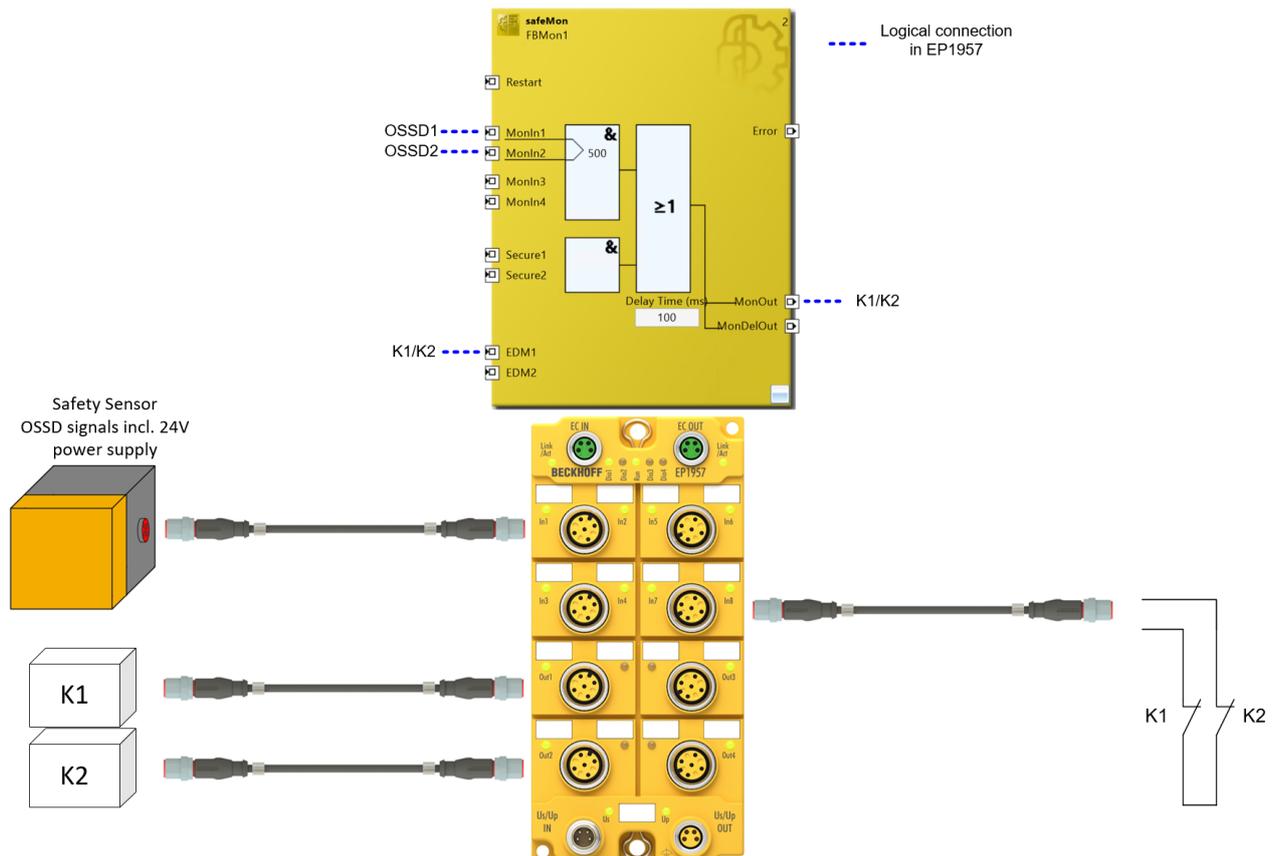
安全度水準	時間当たりの危険故障確率 (PFH _D)
3	≥ 10 ⁻⁸ ~ < 10 ⁻⁷
2 ^(*)	≥ 10 ⁻⁷ ~ < 10 ⁻⁶
1	≥ 10 ⁻⁶ ~ < 10 ⁻⁵

(*) EN 62061 チャプタ6.7.7.2に準拠して、SILCLはサブシステムの構造的な制約に関して最大SIL2に制限されます。サブシステムはHFTが0で、危険障害の原因となる故障に故障除外が適用されています。

2.38 EP1957における非接触安全扉スイッチの使用 (Cat. 4/PLe)

OSSD安全センサー(この場合、たとえば、EN 60947-5-3に準拠したエラー状態下で定義された動作をする近接リミットスイッチ (PDDB*))は、M12コネクタ経由でEP1957に接続され、非接触安全扉アプリケーションなどに使用できます。*(PDDB=Proximity Devices with Defined Behaviour under fault conditions)電源は、M12コネクタのピン1と3に接続されています (PowerModeA)。OSSDセンサー側が2つのOSSDチャンネルのテストパルスを使用して、センサーとEP1957の間の配線を確認し、エラーの場合は両方のOSSD信号を安全状態に切り替えます。2つのOSSD入力、EP1957のTwinSAFEロジックで不一致時間を監視します。

2つのアクチュエータK1とK2は、安全扉の状態に応じて切り替わります。この2つのアクチュエータのフィードバックループは、安全入力 (EDM) に配線されます。この入力のテストパルスは有効に設定されています。



2. 38. 1 安全入力と安全出力モジュールのパラメータ

EP1957

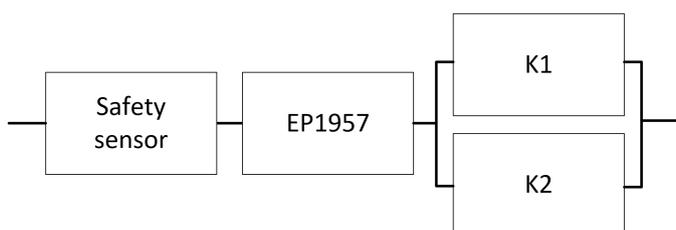
パラメータ	値
FSOUTモジュール1コモン設定	-
8000:04 Diag Testpulse active	TRUE
8000:07 Module Fault Link active	TRUE
FSOUTモジュール2コモン設定	-
8010:04 Diag Testpulse active	TRUE
8010:07 Module Fault Link active	TRUE
FSINモジュール1コモン設定	-
8040:04 Diag Testpulse active	FALSE
8040:05 Module Fault Link active	TRUE
8040:0C Input Power Mode	PowerMode A: ピン1(+) / ピン3(-)
FSINモジュール1チャンネル設定	-
8041:01 Channel 1. InputFilterTime	0x000A (1ms)
8041:02 Channel 1. DiagTestPulseFilterTime	0x0002 (0.2 ms)
8041:04 Channel 2. InputFilterTime	0x000A (1ms)
8041:05 Channel 2. DiagTestPulseFilterTime	0x0002 (0.2 ms)
FSINモジュール4コモン設定	-
8070:04 Diag Testpulse active	TRUE
8070:05 Module Fault Link active	TRUE
8070:0C Input Power Mode	Diag TestPulse
FSINモジュール4チャンネル設定	-
8071:01 Channel 1. InputFilterTime	0x000A (1ms)
8071:02 Channel 1. DiagTestPulseFilterTime	0x0002 (0.2 ms)

MON FBパラメータ

パラメータ	値
Reset Time (ms) (Port EDM1)	1000
Discrepancy Time (ms) (port MonIn1/MonIn2)	500
Safe Inputs After Disc Error	TRUE

2. 38. 2 ブロック構造とセーフティループ

2. 38. 2. 1 安全機能1



2.38.3 計算

2.38.3.1 PFHD / MTTF_D / B10D - 値

コンポーネント	値
EP1957 - PFH _D	6.50E-09
安全センサー - PFH _D (EN 60947-5-3およびEN ISO 13849準拠認定)	1.00E-08 (Cat. 4/PLe)
K1 - B10 _D	1,300,000
K2 - B10 _D	1,300,000
1年あたりの平均運転日数 (d _{op})	230
1日あたりの平均運転時間 (h _{op})	8
1サイクルの平均時間間隔 (T _{cycle})	15 (時間当たり4回)
寿命 (T1)	20年 = 175200時間

2.38.3.2 診断範囲DC

コンポーネント	値
安全センサー (OSSD出力付き)	DC _{avg} =99%
K1/K2 (テストおよびEDM付き)	DC _{avg} =99%

2.38.3.3 安全機能1の計算

B10_D値からPFH_DとMTTF_D 値の計算

最初の式:

$$n_{op} = \frac{d_{op} * h_{op} * 60}{T_{zyklus}}$$

および:

$$MTTF_D = \frac{B10_D}{0,1 * n_{op}}$$

値を代入すると、この式は以下ようになります。

K1/K2:

$$n_{op} = \frac{230 * 8 * 60}{15} = 7360$$

$$MTTF_D = \frac{1.300.000}{0,1 * 7360} = 1766,3y = 15472788h$$

そして、K1およびK2がそれぞれシングルチャンネルだと仮定すると、

$$MTTF_D = \frac{1}{\lambda_D}$$

以下の式になります。

$$PFH = \frac{0,1 * n_{op} * (1 - DC)}{B10_D} = \frac{1 - DC}{MTTF_D}$$

K1/K2

$$PFH = \frac{1-0,99}{1766,3*8760} = 6,46E-10$$

ここで次の仮定が想定されます。

コンタクタK1とK2は、両方とも安全機能に接続されます。機能していないコンタクタは危険な状態にはなりません、フィードバックによって検出されます。さらに、K1とK2用のB10₀ 値は同一です。

2つのチャンネルによって接続されているコンポーネント間には結合係数があります。例として、これらのコンポーネントの間には、温度、EMC、ピーク電圧、または信号があります。これは、β=10%の最悪ケースの推定値と想定されます。EN 62061には、β-係数を正確に決定できる表があります。さらに、エラー(コンタクタ接点の過電流、制御盤の温度超過など)の原因で両方のチャンネルに同時に危険側故障が発生することを防ぐために、すべての通常の対策が取られていると想定しています。

したがって、安全機能1のためのPFH₀値の計算は以下のようになります。

$$PFH_{ges} = PFH_{(SafetySensor)} + PFH_{(EP1957)} + \beta * \frac{PFH_{(K1)} + PFH_{(K2)}}{2} + (1-\beta)^2 * (PFH_{(K1)} * PFH_{(K2)}) * T1$$

(1-β)² * (PFH_(x) * PFH_(y)) * T1 の部分は残りの部分よりも極めて小さい(10乗分のみ)ため、この式では以降の計算を簡単にするために無視されます。

以下のようになります。

$$PFH_{ges} = 1,00E-08 + 6,50E-09 + 10\% * \frac{6,46E-10 + 6,46E-10}{2} = 1,66E-08$$

安全機能1 (同様の仮定の下で)用のMTTF₀ 値の計算

$$\frac{1}{MTTF_{Dges}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{MTTF_{Dn}}$$

したがって、

$$\frac{1}{MTTF_{Dges}} = \frac{1}{MTTF_{D(SafetySensor)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EP1957)}} + \frac{1}{MTTF_{D(K1)}}$$

PFH₀値のみがEP1957および安全センサーに利用できる場合、次のようになります。

$$MTTF_{D(ELxxxx)} = \frac{(1-DC_{(ELxxxx)})}{PFH_{(ELxxxx)}}$$

ここから、

$$MTTF_{D(EP1957)} = \frac{(1-DC_{(EP1957)})}{PFH_{(EP1957)}} = \frac{(1-0,99)}{6,50E-09 * \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{5,69E-05 \frac{1}{y}} = 175y$$

$$MTTF_{D(SafetySensor)} = \frac{(1-DC_{(SafetySensor)})}{PFH_{(SafetySensor)}} = \frac{(1-0,99)}{1,00E-08 * \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{8,76E-05 \frac{1}{y}} = 114y$$

$$MTTF_{Dges} = \frac{1}{\frac{1}{114y} + \frac{1}{175y} + \frac{1}{1766,3y}} = 66y$$

$$DC_{avg} = \frac{\frac{DC}{MTTF_{D(SafetySensor)}} + \frac{DC}{MTTF_{D(EP1957)}} + \frac{DC}{MTTF_{D(K1)}} + \frac{DC}{MTTF_{D(K2)}}}{\frac{1}{MTTF_{D(SafetySensor)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EP1957)}} + \frac{1}{MTTF_{D(K1)}} + \frac{1}{MTTF_{D(K2)}}}$$

$$DC_{avg} = \frac{\frac{99\%}{114y} + \frac{99\%}{175y} + \frac{99\%}{1766,3y} + \frac{99\%}{1766,3y}}{\frac{1}{114y} + \frac{1}{175y} + \frac{1}{1766,3y} + \frac{1}{1766,3y}} = 99,00\%$$

注記

カテゴリ

この構造では、最大でカテゴリ4までが可能です。

MTTF _D	
各チャンネルの名称	各チャンネルの範囲
low	3年 ≤ MTTFD < 10年
medium	10年 ≤ MTTFD < 30年
high	30年 ≤ MTTFD ≤ 100年

DC	
名前	範囲
なし	DC < 60 %
low	60 % ≤ DC < 90 %
medium	90 % ≤ DC < 99 %
high	99 % ≤ DC

注記

診断範囲

実用的に使いやすくするために、範囲の数は4つに制限されています。この表に示されている制限値の精度は5%です。

Category	B	1	2	2	3	3	4
DC / MTTFD	none	none	low	medium	low	medium	high
low	a	-	a	b	b	c	-
medium	b	-	b	c	c	d	-
high	-	c	c	d	d	d	e

テーブル3 EN62061に準拠した安全度水準 (Safety Integrity Level)	
安全度水準	時間当たりの危険故障確率 (PFH _D)
3	≥ 10 ⁻⁸ ~ < 10 ⁻⁷
2	≥ 10 ⁻⁷ ~ < 10 ⁻⁶
1	≥ 10 ⁻⁶ ~ < 10 ⁻⁵

注記

安全度水準

アプリケーションは、EN 62061に準拠した安全度水準SIL3の要件に適合します。

2.39 EPP電位グループとEPP9022-9060 (Cat. 4/PLe)

安全扉はNCとNO接点の組み合わせを使用し、最初のEL2911(1)の安全入力に配線されます。入力のテストは有効で、信号は不一致時間に対して確認します(この場合、500 ms)。電位グループの24 V電源Upは、2番目のEL2911 (2)の安全出力でスイッチオフされます。0 V接続は、EL2911の電源の0 Vに直接接続されます。2つのEL2911の0 V電位は同じ電位であるか、またはブリッジされます。

コンタクタK3、および K4のフィードバックループは、EL2911の安全入力に接続されます。

使用されているすべての負荷とデバイスの0 V電位は、同じ電位であるか、または同じ電位に接続する必要があります。

診断

UsとUpが共通の外装ケーブルに収納され、ケーブルごとの専用アース接続がないため、故障除外はEtherCAT Pケーブルには使用できません。

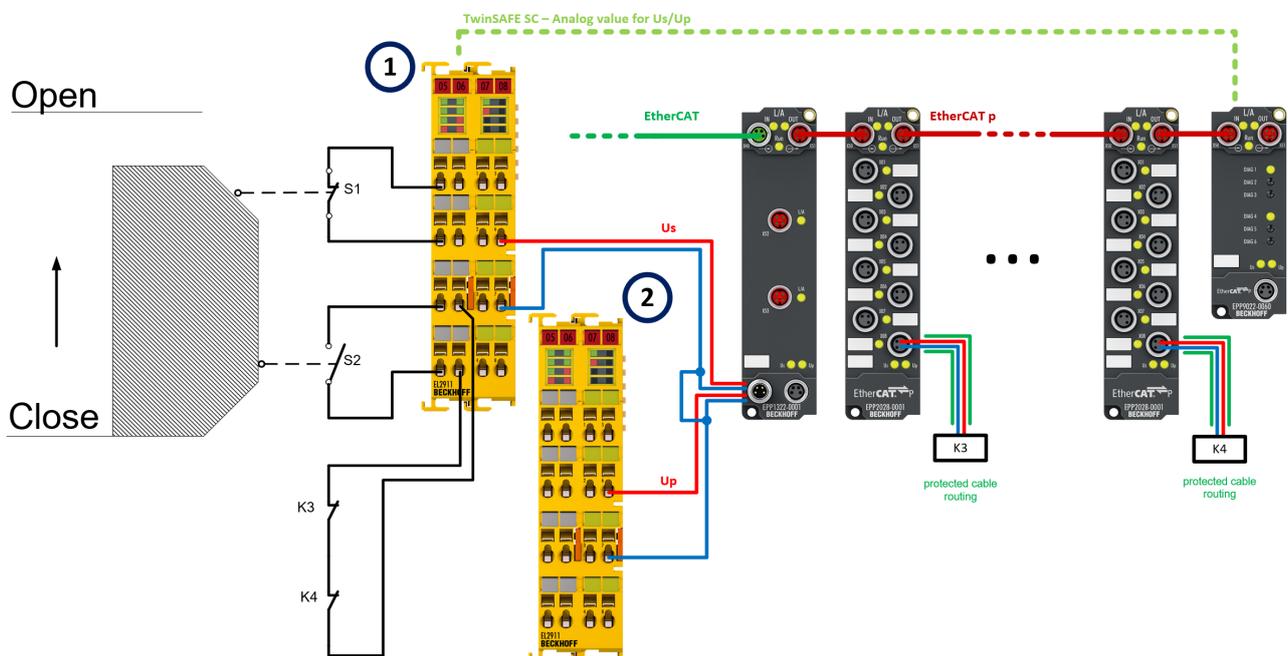
最初に、EtherCAT Pケーブルにフィードバックまたはクロス回路があるかどうか診断する場合、電圧UsとUpがEPP9022-9060 EtherCAT P ボックスによって計測され、アナログ値としてTwinSAFE SCIによってEL2911へ送信されます。通信パス上のアナログ信号の破損はこのようにして除外されます。第二に、EL2911は安全出力の24 V_{DC}へのフィードバックを監視し、スイッチオフ状態で5 Vを超える電圧が読み取られると、直ちにモジュールエラー状態に入ります。

注記

安全に関する注意事項

使用されているEPP2xxxボックスは、安全コントローラーと関連しません。したがって、上位の安全コントローラーのみが達成する安全レベルを定義します。標準ボックスは、計算に組み込まれていません。

標準ボックスの外部配線は、達成可能な最大の安全レベルの制限事項となります(「[回り込みの防止の注意事項](#)」も参照)。



注意

電源ユニットの要件

標準ターミナルには、障害発生時に36 Vの出力電圧制限 U_{max} を備えたSELV / PELV電源ユニットから24 VDCを供給する必要があります。

⚠ 注意

回り込みの防止

フィードバックは、様々な方法で防ぐことができます(詳しい情報は下記を参照)。

- ・ 別電源とし負荷を切換えない
- ・ ケーブルの短絡故障の除外(別途の非金属の外装ケーブル、制御盤内のみ配線、コンダクタごとに専用アース接続、固定設置)

⚠ 注意

最大安全応答時間

障害検出のための最大時間(障害検出時間)は、コンタクタK3とK4のフィードバック回路を読み取ることによって障害を検出するときに発生します。ただし、この時間は、通常、EL2911とEPP9022-9060の電圧を検出することよりもはるかに長い時間です。この時間は安全ロジックに設定され、短時間でのエラー検出を可能にし、装置の可用性を保証するのに十分に大きくなければいけません。

障害応答時間はEL2911の入力フィルタ時間に由来し(フィードバックループが接続されている安全入力)、EL2911で動作しているロジックプログラムのサイクルタイム(CoEオブジェクトから読み込むことも可能)およびEL2911の出力での電圧がスイッチオフされた後のコンタクタK3とK4のリリース時間の2倍です。この時間は使用しているアクチュエータに、大きく依存しています。

これらの2つの時間を加算すると、安全応答時間になります。

$$\begin{aligned} \text{SafetyResponseTime} &= \text{FaultDetectionTime} + \text{FaultReactionTime} \\ &= \text{EDMtime} + \text{InputfilterTimeEL2911} + 2 * \text{LogicCycleTime} + \text{SwitchOffTimeAktuators} \end{aligned}$$

この安全応答時間は、アプリケーションの安全の評価のためにユーザや装置メーカーが参照し、確認する必要があります。

安全アプリケーション

UpのためのEL2911 (2)の安全出力がスイッチオフされた場合、TwinSAFE SC経由で送信されるUp用のアナログ値は、5 Vよりも小さい値の信号を送る必要があります。このケース以外の場合、両方のEL2911出力(1) + (2)のスイッチをオフにする必要があります。これは、たとえば、EDMファンクションブロックによって実装され、出力UsとUpによってTwinSAFEグループでプログラムされ、エラーの場合、その中の構造されたすべての出力とグループ全体がスイッチオフされます。

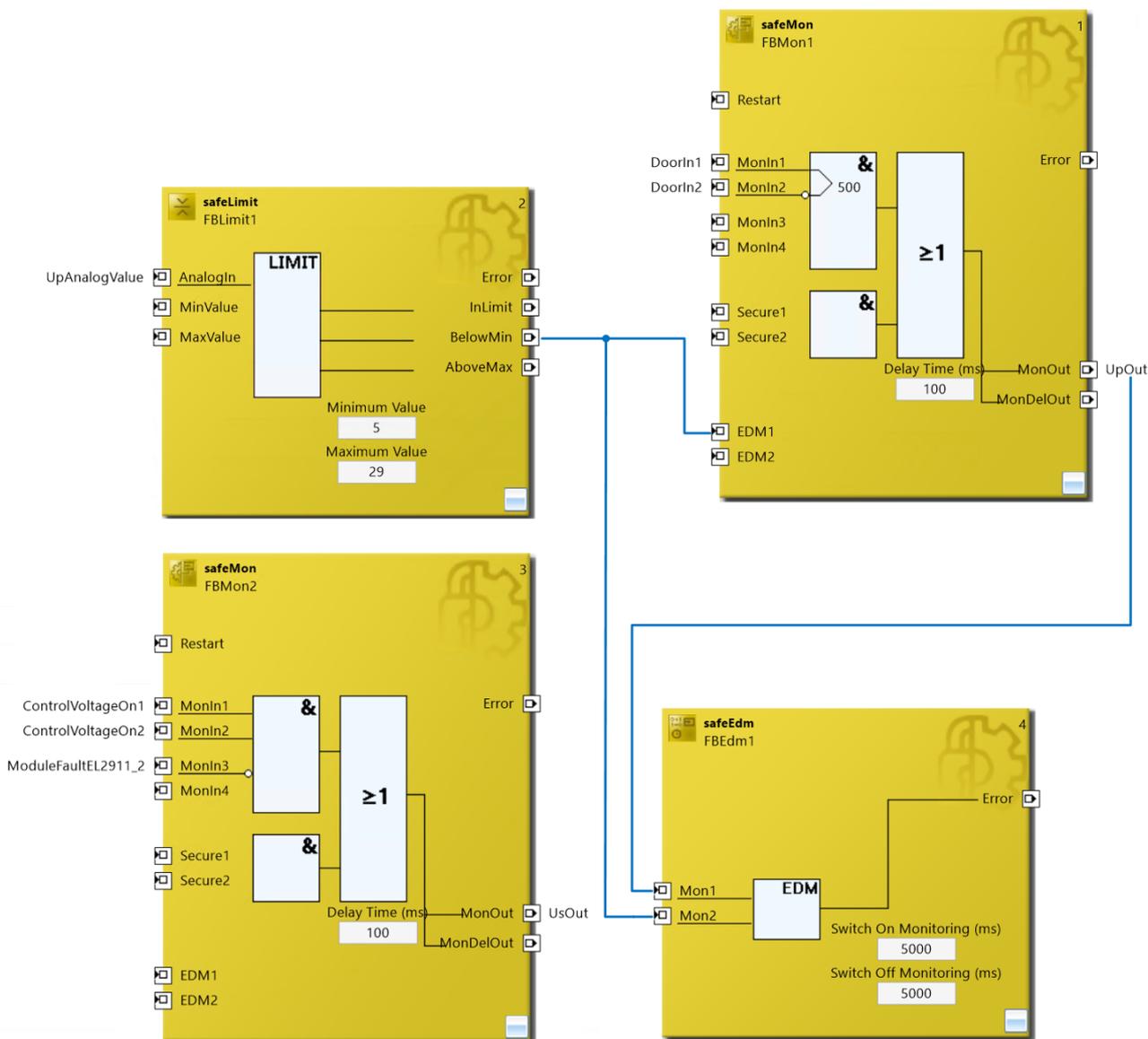
さらに、モジュールエラーの場合、Up用のEL2911 (2)とUs用のEL2911 (1)のスイッチをオフにする必要があります。

⚠ 注意

安全アプリケーションの実装

ユーザ、または装置メーカーは、安全アプリケーションの適切な実装およびテストに対し責任を負います。

安全アプリケーションの例



注記

フィードバックループ

明確にするために、アクチュエータK3とK4のフィードバックループは示されていませんが、ユーザは考慮する必要があります。

注記

達成可能な最大の安全レベル

短絡故障の除外によるフィードバックの回避:
 DIN EN ISO 13849-1: 最大カテゴリ4 PL e
 IEC 61508: 最大SIL3
 EN 62061: 最大SIL2

注記

電位0 V

負荷の0 V電位(この場合、K3、K4)は、両方のEL2911の電源の0 V電位と同一である必要があります。

⚠ 注意

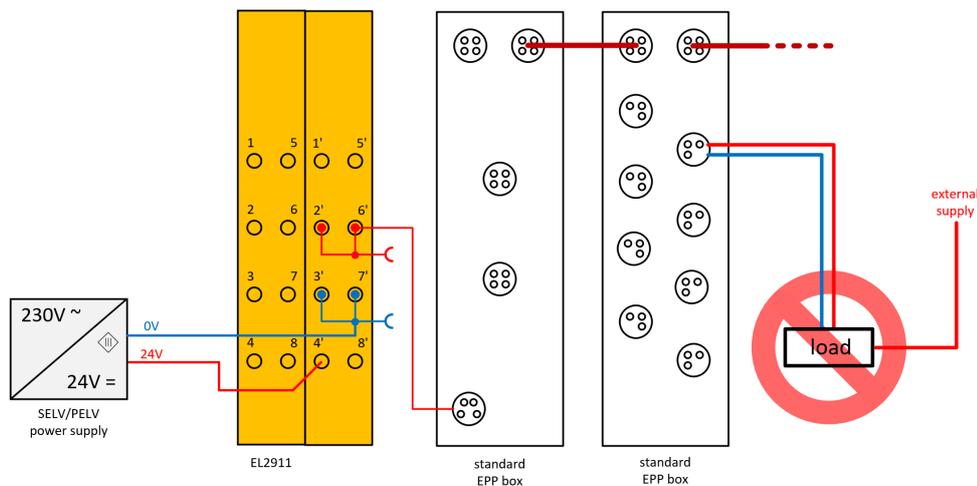
時間遅延

電位グループの電源をオフにすると、下流のコンタクタとアクチュエータのシャットダウンが遅れる可能性があります。この遅延は下流のアクチュエータ、負荷、ラインに依存するため、ユーザは安全のアセスメント時に考慮する必要があります。

2.39.1 回り込みの防止の注意事項

2.39.1.1 別電源とし負荷を切換えな

個々の電源をもつ負荷は、この場合に負荷によるフィードバックを除外できないため、標準ボックスによって切り替えしないでください。



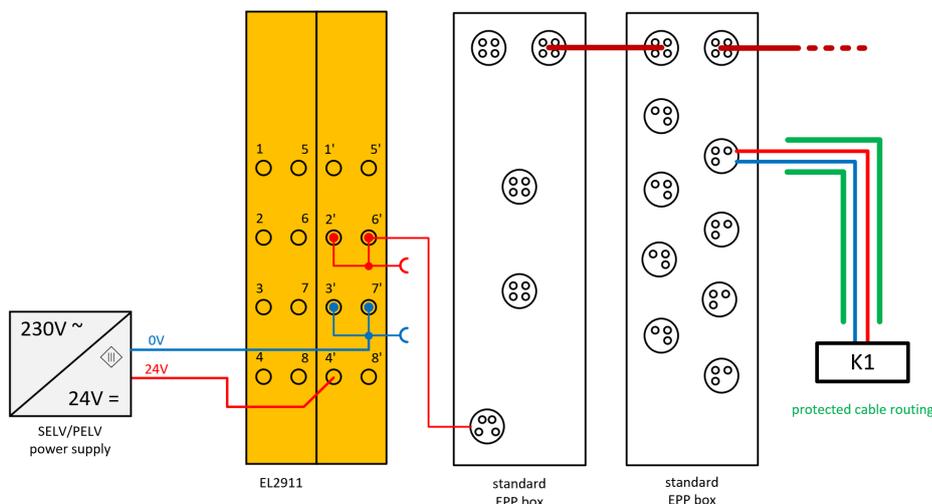
⚠ 注意

メーカーのデータ

一般要件の例外は、接続された負荷のメーカーが制御入力へのフィードバックが発生しないことを保証する場合のみ許容されます。

2.39.1.2 ケーブル短絡の故障除外

ケーブル短絡によるフィードバックの危険は、その他の対策により除外する必要があります。代替手段として、次の対策を実装できます。



- 代替策1: 個別の被覆ケーブルによる負荷接続
同じ外装ケーブルの他の電位伝導線と一緒に、標準ターミナルの非安全にスイッチされた電位は伝導できません。
- 代替策2: 制御盤内のみの配線
非安全な標準ターミナルに接続されたすべての負荷は、ターミナルとして同じ制御盤内に配置する必要があります。ケーブルは、すべて制御盤でのみ配線されます。
- 代替策3: コンダクタごとに専用のアース接続
非安全な標準ターミナルに接続された、すべてのコンダクタを別途のアース接続で保護します。
- 代替策4: 恒久(固定)配線、外部損傷からの保護
非安全な標準ターミナルに接続されたすべてのコンダクタを恒久的に設置し、ケーブルダクトや強化配線管によって外部損傷から保護します。

⚠ 注意

故障除外
装置の製造元やユーザは、適用した代替策の適切な実行と評価に対し責任を負います。

2. 39. 2 EL2911パラメータ

EL2911 (すべてのEL2911に適用)

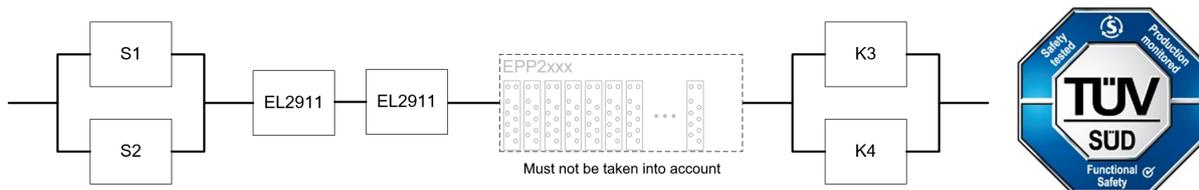
パラメータ	値
FSOUTコモン設定	–
0x8000:04 - Diag Testpulse active	TRUE
0x8000:12 - Output Cross Circuit Detection Delay	1000 ms
FSINコモン設定	–
0x8010:02 - MultiplierDiagTestPulse	0x01
0x8010:04 - Diag TestPulse active	TRUE
FSINチャンネル設定	–
0x8011:01 - Channel 1. InputFilterTime	0x0014 (2 ms)
0x8011:02 - Channel 1. DiagTestPulseFilterTime	0x0002 (0.2 ms)
0x8011:04 - Channel 2. InputFilterTime	–
0x8011:05 - Channel 2. DiagTestPulseFilterTime	–
0x8011:07 - Channel 3. InputFilterTime	0x0014 (2 ms)
0x8011:08 - Channel 3. DiagTestPulseFilterTime	0x0002 (0.2 ms)
0x8011:0A - Channel 4. InputFilterTime	0x0014 (2 ms)
0x8011:0B - Channel 4. DiagTestPulseFilterTime	0x0002 (0.2 ms)

FB MON

パラメータ	値
Reset Time (ms) (Port EDM1)	1000
Discrepancy Time (ms) (port MonIn1/MonIn2)	500
Safe Inputs After Disc Error	TRUE

2. 39. 3 ブロック構造とセーフティループ

2. 39. 3. 1 安全機能1



2.39.4 計算

2.39.4.1 PFHD / MTTFD / B10D - 値

コンポーネント	値
EL2911 - PFH _D	4.50E-09
S1 - B10 _D	1,000,000
S2 - B10 _D	2,000,000
K3 - B10 _D	1,300,000
K4 - B10 _D	1,300,000
1年あたりの平均運転日数 (d _{op})	230
1日あたりの平均運転時間 (h _{op})	8
1サイクルの平均時間間隔 (T _{cycle})	15 (時間当たり4回)
寿命 (T1)	20年 = 175200時間

2.39.4.2 診断範囲DC

コンポーネント	値
S1/S2 (テスト/妥当性チェック付き)	DC _{avg} =99%
K3/K4 (EDM付き)	DC _{avg} =90%

2.39.4.3 安全機能1の計算

B10_D値からPFH_DとMTTF_D値の計算

最初の式:

$$n_{op} = \frac{d_{op} * h_{op} * 60}{T_{Zyklus}}$$

および:

$$MTTF_D = \frac{B10_D}{0,1 * n_{op}}$$

値を代入すると、この式は以下ようになります。

S1:

$$n_{op} = \frac{230 * 8 * 60}{15} = 7360$$

$$MTTF_D = \frac{1.000.000}{0,1 * 7360} = 1358,7y = 11902212h$$

S2:

$$n_{op} = \frac{230 * 8 * 60}{15} = 7360$$

$$MTTF_D = \frac{2.000.000}{0,1 * 7360} = 2717,4y = 23804424h$$

K3/K4:

$$n_{op} = \frac{230 * 8 * 60}{15} = 7360$$

$$MTTF_D = \frac{1.300.000}{0,1 * 7360} = 1766,3y = 15472788h$$

そして、S1、S2、K3、およびK4がそれぞれシングルチャンネルだと仮定すると、

$$MTTF_D = \frac{1}{\lambda_D}$$

以下の式になります。

$$PFH = \frac{0,1 * n_{op} * (1 - DC)}{B10_D} = \frac{1 - DC}{MTTF_D}$$

S1

$$PFH = \frac{1 - 0,99}{1358,7 * 8760} = 8,40E - 10$$

S2

$$PFH = \frac{1 - 0,99}{2717,4 * 8760} = 4,20E - 10$$

K3/K4

$$PFH = \frac{1 - 0,90}{1766,3 * 8760} = 6,46E - 09$$

ここで次の仮定が想定されます。

ドアスイッチS1/S2は、常に反対方向に作動します。スイッチは異なる値を持っていますが、完全な安全扉スイッチはN. C. とN. O. 接点の組み合わせで構造され、2つのスイッチが機能する必要があるため、2つの値の下位の値になる（S1）が組み合わせとして採用されます。

コンタクタK3とK4は、両方とも安全機能に接続されます。機能していないコンタクタは危険な状態にはなりません、フィードバックによって検出されます。さらに、K3とK4用のB10₀ 値は同一です。

2つのチャンネルによって接続されているコンポーネント間には結合係数があります。例として、これらのコンポーネントの間には、温度、EMC、ピーク電圧、または信号があります。これは、β=10%の最悪ケースの推定値と想定されます。EN 62061には、β-係数を正確に決定できる表があります。さらに、エラー（コンタクタ接点の過電流、制御盤の温度超過など）の原因で両方のチャンネルに同時に危険側故障が発生することを防ぐために、すべての通常の対策が取られていると想定しています。

したがって、安全機能1のためのPFH₀値の計算は以下のようになります。

$$PFH_{ges} = \beta * \frac{PFH_{(S1)} + PFH_{(S2)}}{2} + (1 - \beta)^2 * (PFH_{(S1)} * PFH_{(S2)}) * T1 + PFH_{(EL2911)} + PFH_{(EL2911)}$$

$$+ \beta * \frac{PFH_{(K3)} + PFH_{(K4)}}{2} + (1 - \beta)^2 * (PFH_{(K3)} * PFH_{(K4)}) * T1$$

$(1 - \beta)^2 * (PFH_{(x)} * PFH_{(y)}) * T1$ の部分は残りの部分よりも極めて小さい(10乗分のみ)ため、この式では以降の計算を簡単にするために無視されます。

以下のようになります。

$$PFH_{ges} = 10\% * \frac{8,40E - 10 + 4,20E - 10}{2} + 4,50E - 09 + 4,50E - 09 + 10\% * \frac{6,46E - 09 + 6,46E - 09}{2}$$

$$= 9,71E - 09$$

安全機能1（同様の仮定の下で）用のMTTF₀ 値の計算

$$\frac{1}{MTTF_{Dges}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{MTTF_{Dn}}$$

したがって、

$$\frac{1}{MTTF_{Dges}} = \frac{1}{MTTF_{D(S1)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL2911)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL2911)}} + \frac{1}{MTTF_{D(K3)}}$$

PFH₀値のみがEL2911に利用できる場合、次のようになります。

$$MTTF_{D(ELxxx)} = \frac{(1 - DC_{(ELxxx)})}{PFH_{(ELxxx)}}$$

ここから、

$$MTTF_{D(EL2911)} = \frac{(1 - DC_{(EL2911)})}{PFH_{(EL2911)}} = \frac{(1 - 0,99)}{4,50E - 09 \frac{1}{h} * 8760 \frac{h}{y}} = \frac{0,01}{3,94E - 05 \frac{1}{y}} = 253y$$

$$MTTF_{Dges} = \frac{1}{\frac{1}{1358,7y} + \frac{1}{253y} + \frac{1}{253y} + \frac{1}{1766,3y}} = 108y$$

$$DC_{avg} = \frac{\frac{DC}{MTTF_{D(S1)}} + \frac{DC}{MTTF_{D(S2)}} + \frac{DC}{MTTF_{D(EL2911)}} + \frac{DC}{MTTF_{D(EL2911)}} + \frac{DC}{MTTF_{D(K3)}} + \frac{DC}{MTTF_{D(K4)}}}{\frac{1}{MTTF_{D(S1)}} + \frac{1}{MTTF_{D(S2)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL2911)}} + \frac{1}{MTTF_{D(EL2911)}} + \frac{1}{MTTF_{D(K3)}} + \frac{1}{MTTF_{D(K4)}}$$

$$DC_{avg} = \frac{\frac{99\%}{1358,7y} + \frac{99\%}{2717,4y} + \frac{99\%}{253y} + \frac{99\%}{253y} + \frac{90\%}{1766,3y} + \frac{90\%}{1766,3y}}{\frac{1}{1358,7y} + \frac{1}{2717,4y} + \frac{1}{253y} + \frac{1}{253y} + \frac{1}{1766,3y} + \frac{1}{1766,3y}} = 98,00\%$$

注記

カテゴリ

この構造では、最大でカテゴリ4までが可能です。

MTTF _D	
各チャンネルの名称	各チャンネルの範囲
low	3年 ≤ MTTF _D < 10年
medium	10年 ≤ MTTF _D < 30年
high	30年 ≤ MTTF _D ≤ 100年

DC	
名前	範囲
なし	DC < 60 %
low	60 % ≤ DC < 90 %
medium	90 % ≤ DC < 99 %
high	99 % ≤ DC

注記

診断範囲

実用的に使いやすくするために、範囲の数は4つに制限されています。この表に示されている制限値の精度は5%です。

Category	B	1	2	2	3	3	4
DC / MTTF _D	none	none	low	medium	low	medium	high
low	a	-	a	b	b	c	-
medium	b	-	b	c	c	d	-
high	-	c	c	d	d	d	e

テーブル3 EN62061に準拠した安全度水準 (Safety Integrity Level)

安全度水準	時間当たりの危険故障確率 (PFH _D)
3	≥ 10 ⁻⁸ ~ < 10 ⁻⁷
2 ^(*)	≥ 10 ⁻⁷ ~ < 10 ⁻⁶
1	≥ 10 ⁻⁶ ~ < 10 ⁻⁵

(*) EN 62061 チャプタ6.7.7.2に準拠して、SILCLはサブシステムの構造的な制約に関して最大SIL2に制限されます。サブシステムはHFTが0で、危険障害の原因となる故障に故障除外が適用されています。

3 TwinSAFEコンポーネントによる安全プロジェクトの計画

このチャプタは、TwinSAFEコンポーネントを使用する安全プロジェクトのための一般的な計画プロセスの概要を提供します。

⚠ 注意

装置指令

この説明は、装置指令によって定義されている装置のみに適用されます。

⚠ 注意

規格

関連規格はユーザが利用できなければいけません。次の説明は、規格に代わるものではありません。一般的に、EN ISO 13849-1とEN ISO 13849-2、またはEN 62061の現在のバージョンは、最低限の基準として利用してください。さらに役に立つ情報は、「IFA report 2/2017」に記載されています。

注記

タイプC規格

次のプロセスを開始する前に、タイプC規格がご使用の装置に利用できるかどうか確認してください。当てはまる場合、ここで記載されているステップと指示事項にしたがってください。タイプC規格が利用できない場合、実施するステップのガイドとして下に説明されているプロセスを使用できます。

3.1 リスクと危険源の同定

DIN EN ISO 12100は、危険を軽減し、装置のリスクを削減するために「*iterative process for risk minimization* (リスク最小化のための反復的プロセス)」を定義しています。3ステップメソッドでリスクを最小限にするプロセスを説明します。最初のステップでは、装置は本質的に安全であるように設計されるべきです。これが可能でない場合、リスクを最小限にするために技術的な保護対策を取る必要があります。最後のステップでは、残留リスクについてのユーザ情報を提供する必要があります。

最初のステップでは、リスクと危険源、つまり、安全機能を特定する必要があります。リスクと危険源を特定するために、装置の製造元は装置の操作に関する正確な知識を必要とします。このためには、EN ISO 12100:2010の付録Bの参照が役に立ちます。

リスクと危険源分析は、さまざまな分野の知識をもつ人によって実行してください(装置、電気、油圧、ソフトウェア、メンテナンスなど)。コミショニング、メンテナンス/サービス、通常運転、廃棄を含むすべての動作モードと条件を考慮に入れる必要があります。特定の決断のための理由、または反対する理由も文書化してください。論点と正当とする理由が理解可能で、確定的なものであることを確認してください。

この文脈で、リスクを評価するときに、安全対策をまだ考慮に入れてはいけないことに注意することが特に重要です。

プロセスに関与するすべての人が、分析の結果に同意し、すべての関係者が署名してください。

3.2 PLr / SILの確定

リスクと危険源分析で特定された装置の各安全機能(SF)に対して、装置の製造元、またはユーザは必要なパフォーマンスレベル、またはSILレベルを確定する必要があります。

SILレベルは、EN 62061の付録Aの説明に基づいて確定されます。

パフォーマンスレベルは、EN ISO 13849-1に準拠したPL_rを確定するためにリスクグラフ法に基づいて決定されます。リスクグラフ法についての情報は、EN ISO 13849-1:2015の付録Aを参照してください。

3.3 安全機能の仕様

各安全機能が特定されたら、EN ISO 12100「*strategy for risk reduction*(リスク削減の戦略)」にしたがってどのようにリスクを削減するか明確にする必要があります。

本質安全設計やユーザ情報によってその残留リスクを提言されるリスクと危険源を特定する必要がありますが、本説明の対象ではありません。

次の説明は安全機能のみに言及したものであり、残留リスクは技術的な保護対策によって削減してください。

これらの安全機能の場合、*制御システムの安全関連部(SRP/CS)のための反復設計プロセス*がEN ISO 13849-1:2015にしたがって実行されます。

3.4 対策の仕様

装置の製造元は、特定された安全機能(SF)の詳細な説明をまとめ、技術的な保護対策により残留リスクを低減する必要があります。この説明は、危険源や危険源を軽減するために取るべき対策のタイプ、および必要なパフォーマンスレベルまたはこの安全機能のSILレベルについての情報を含みます。

各SFに対して、対策の説明はEN ISO 13849-1に従ったカテゴリ、使用するコンポーネント、ならびにそれらの安全パラメータ(MTTF₀、DC、CCF、SFF)が含まれている必要があります。

動作状態や動作特性についての情報が必要です。この情報には、動作モード、サイクルタイム、応答時間、またはプロセス安全時間、周囲条件、実行頻度、稼働時間、エネルギー損失の際の装置の動作などが含まれます。これについての詳細情報は、チャプタ5.2のEN 62061およびチャプタ5のEN ISO 13849-1:2015を参照してください。

装置の製造元は、TwinSAFE Logicが実装の基礎を形成するため、安全関連プログラムの記述を明確にし、文書化する必要があります。達成可能な最大パフォーマンスレベルに影響を及ぼすため、TwinSAFEコンポーネント、使用するファンクションブロック、センサーとアクチュエータの選択に加えて、コンポーネントのパラメータ設定も明記する必要があります。

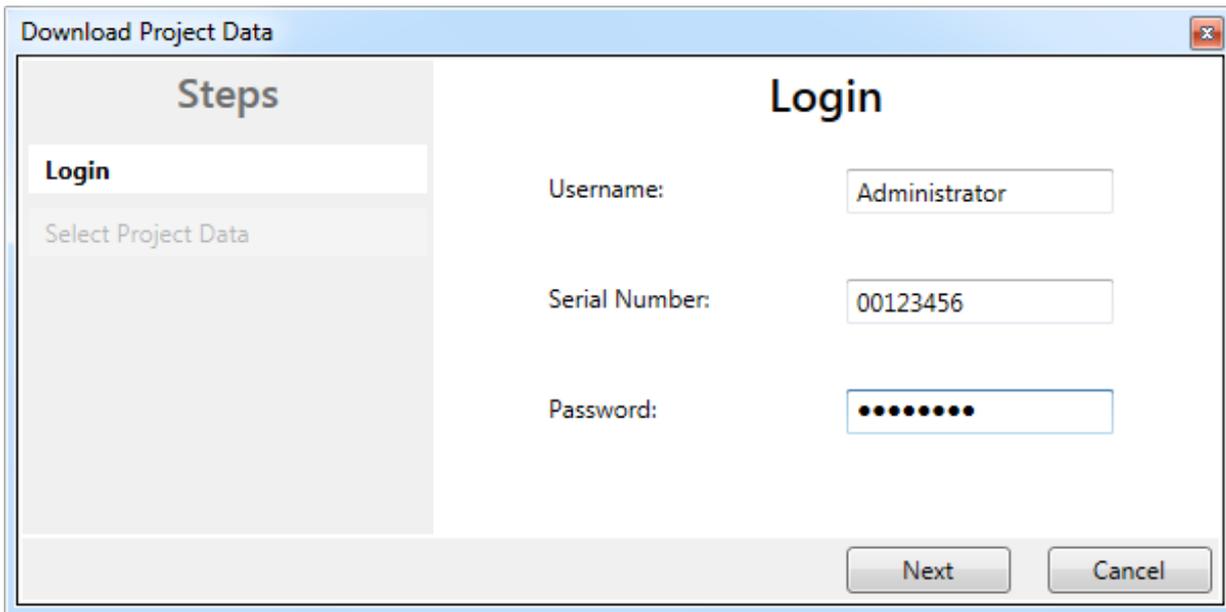
安全機能の実装とTwinSAFEコンポーネントのパラメータ設定の例は、本マニュアルに記載されています。

3.5 安全機能の実装

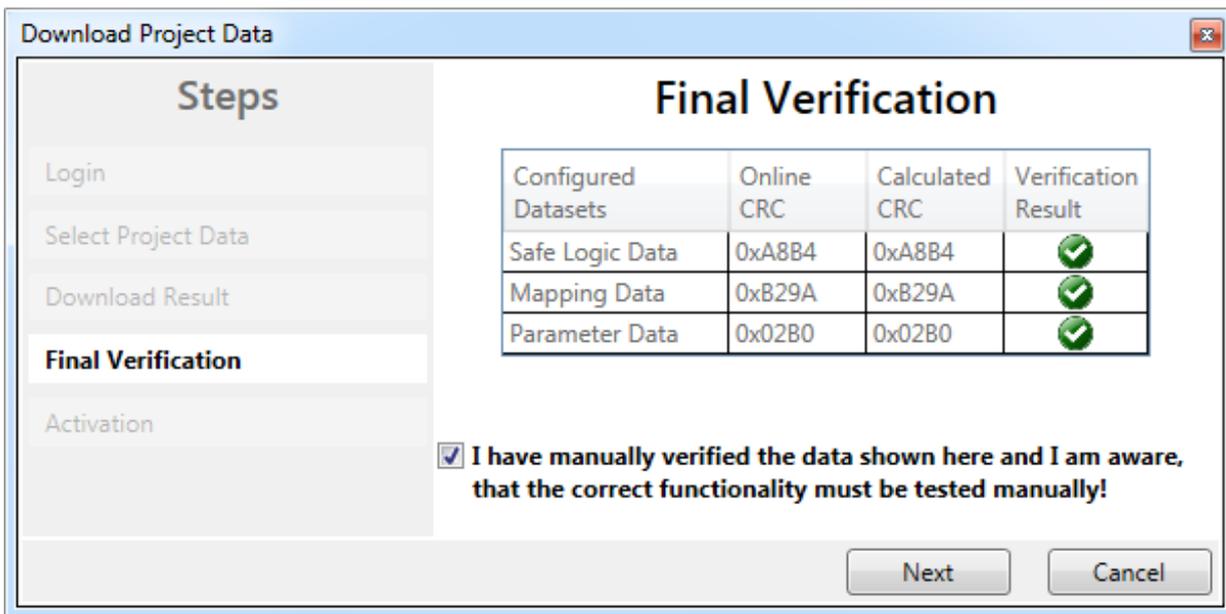
ファンクションブロックは、規定された安全機能にしたがってTwinCATで設定されています。規定のファンクションブロックは、グラフィカルエディタで相互接続できる標準的な安全機能に利用できます。安全入出力コンポーネントは、センサーとアクチュエータへのインターフェイスを提供します。

一旦、安全入出力コンポーネントの全安全ロジックとパラメータ設定が実装されると、TwinSAFEロジックへのダウンロードが行われます。

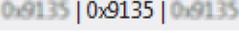
ダウンロードには、デバイスのシリアル番号と共に有効なユーザ名とパスワードを提供する必要があります。



安全プログラムのダウンロードは、ロードするプロジェクト(オンラインCRC)のCRCとTwinSAFE Logicが実装セーフティエディタからの計算されたCRC(オフラインCRC)とを比較することによって検証されます。比較は、一方ではTwinCATによって実行され、他方ではユーザが実行します。ユーザは確認ボックスにチェックを付けて比較を確定し、パスワードを再入力します。



TwinCATのSafety CRCツールバーは、オンラインCRCがオフラインCRCと一致するかどうか、すなわち、データがエディタで変更されたか、TwinSAFEロジックで変更されたかをチェックするのにいつでも確認できます。以下の表は、EL6910の取扱説明書から引用されています。

Icon	Name	Description
 CRCs:	CRC Toolbar	Left-click on the toolbar to initiate an update of the CRCs by the user. Red icon: CRCs are different
 CRCs:	CRC Toolbar	Green icon: All CRCs are identical
 0x9135 0x9135 0x9135	Online CRC	CRC of the safety project on the EL6910. This value is read online by the terminal. In the absence of an ADS connection to the EL6910, this value is displayed with 0x----.
 0x9135 0x9135 0x9135	Downloaded CRC	CRC of the safety project that was loaded last. If no safety project is loaded when the TwinCAT project is opened, the value is displayed with 0x----.
 0x9135 0x9135 0x9135	Offline CRC	CRC of the current safety project, as stored in the safety editor. A CRC is displayed, if the stored project is valid. If the project is invalid, 0x---- is displayed as CRC.

⚠ 注意

チェックサムの確認

ユーザは、オンラインCRCとオフラインCRCが一致することを検証する必要があります。これは、プロジェクトが作成され、変更された後で、ダウンロードが実行されたことを確認する唯一の方法です。

すべての指定された安全機能がTwinSAFEロジックに一度実装されると、実装されたロジックを印刷することができます。

ロジック全体、使用するすべての安全コンポーネントのパラメータと安全アドレスに加えて、プリントアウトはカバーシートに記載される計算されたプロジェクトのチェックサムを含みます。プログラマと顧客は、カバーシートに日付と署名付きで安全機能の承認を文書化できます。

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
0									
1									
2									
3									
4									
5									
<p>Documentation for solution</p> <p>TwinCAT Project18</p> <p>SafetyProject_MachineFeeder</p> <p>Project CRC: 0x785F</p> <p>Programmer:</p> <p>Print Name _____ Signature _____ Date _____</p> <p>Customer:</p> <p>Print Name _____ Signature _____ Date _____</p>									
Date	17.10.2017	BECKHOFF							
Editor	SafetyUser01	Beckhoff Automation GmbH							
Plot	17.10.2017								

3.6 パフォーマンスレベルの達成の証明

一旦、特定された安全機能(SF)用の安全プロジェクトが実現されると、これらのSFに対して達成されたパフォーマンスレベルが計算され、検証されます。そのような計算と検証の例は、本マニュアルのチャプタ2に記載されています。

3.7 安全機能の検証

EN ISO 13849-2:2013、チャプタ4.1: 検証のガイドラインから引用

参照されたチャプタは、既にEN ISO 13849-1:2015のチャプタ番号に変更されました。ただし、EN ISO 13849-1:2006はEN ISO 13849-2:2013でも参照されています。

検証手順の目的は、制御システムの安全関連部品(SRP/CS)の設計が装置の安全要件仕様をサポートしているかを確認することです。

検証は各SRP/CSが、EN ISO 13849-1:2015の要件、特に以下の要件を満たすことを示す必要があります。

- a) 設計が意図した安全機能の規定された安全特性
- b) 規定されたパフォーマンスレベルの要件(EN ISO 13849-1:2015、4.5を参照)
 1. 規定されたカテゴリの要件(EN ISO 13849-1:2015、6.2)を参照
 2. 決定論的原因故障を制御し、回避する対策(EN ISO 13849-1:2015、付録Gを参照)
 3. ソフトウェアの要件(該当する場合)(EN ISO 13849-1:2015、4.6を参照)
 4. 必要な条件の下で安全機能を提供する能力
- c) SRP/CSを回避することにより、危険な行動を取ることをユーザに思いとどませるなどのユーザインターフェイスの人間工学に基づくデザインの採用(EN ISO 13849-1:2015、4.8を参照)。

この検証は、SRP/CS設計に関与しない人によって実行してください。

注 「利害関係のない人」は第三者によるテストが必要なことを意味しません。

検証についての関連情報は、EN ISO 13849-2:2013に、たとえば、図1「検証手順の概要およびEN ISO 13849-1:2015に記載されています。

3.8 SF確認のための注意事項

すべての実装された安全機能(SF)は、適切かどうか確認する必要があります。これには、通常運転と故障の際の機能が含まれます。テストケースのいくつかは、リスクの最小化のために記述された対策をもつ定義された安全機能から読み取ることができます。各機能に対して、考えられる障害シナリオを定義し、適切に確認する必要があります。この情報は、テスト仕様または認証プロトコルに記録する必要があります。

- 次のリストは、考慮する必要のある障害の状況を示しています。
- 2つの安全入力の不一致時間エラー
- 使用されているフィールドバスのラインの遮断
- アクチュエータのフィードバック(EDM)エラー
- 電源の故障
- 配線のクロス回路/外部供給/ラインの遮断
- 軸機能の速度制限と定義されたエラー動作の確認などの設定された制限の違反
- ...

検証は、また、リスクアセスメントによって特定されたすべての危険が適切な対策によって対応され、これらの対策が実際に実装されていることを確認する必要があります。

これは、特に設置/組み立ておよびメンテナンスのライフサイクルのフェーズに当てはまります。安全プロジェクトの何らかの必要な変更や拡張は、設計エンジニア(装置の製造元)が通知を受け、安全仕様がメーカーによって変更された後にのみ行うようにする必要があります。テスト仕様の拡張が必要かどうかを検討するための確認も、実行する必要があります。これは、特に最終顧客のサイトで組み立てられ、運用する装置に当てはまります。

テストは、少なくとも次の点を網羅する必要があります。

- 安全入出力のI/O確認
- すべての安全コンポーネントのパラメータ設定の検証(ウォッチドッグ時間、センサーテスト、FSOEアドレス等)
- 通常運転時の安全機能の確認
- エラーの際の安全機能の確認
- 通常運転時の安全ドライブ機能の確認
- 定義された安全限界外の安全ドライブ機能の確認
- 電源故障の際の安全ドライブ機能の確認
- ...

3.9 承認

次のリストには、安全プロジェクトの承認のために必要な事項が含まれています。このリストは包括的なものではありません。これらの事項は、初期起動時、およびTwinSAFEプロジェクトの各ソフトウェア修正後に確認する必要があります。

- 有資格者のみによる実装と変更
- TwinSAFEプロジェクトのプリントアウト
- 以前のチャプタにしたがってすべての安全プロジェクトの妥当性を確認
- TwinSAFEプロジェクトのオンラインCRCとオフラインCRCの比較により、安全プロジェクトの変更後にダウンロードが実行されたことを確認
- 認証プロトコルの実装とプリントアウト
- プログラマと顧客による署名
- この情報は、装置のマニュアルに追加する必要があります。
- ...

4 技術レポート - TÜV SÜD

KONFORMITÄTSBESTÄTIGUNG
 LETTER OF CONFIRMATION


Rail

BV89987T

Applikationshandbuch TwinSAFE

 (Application guide TwinSAFE)
Hersteller:

Manufacturer:

Beckhoff Automation GmbH & Co. KG

Huelshorstweg 20
D-33415 Verl**Prüfstelle:**

Test body:

TÜV SÜD RAIL GmbH

Rail Automation

Barthstr. 16

D-80339 München

1. Allgemein / General

Das "Applikationshandbuch TwinSAFE" zeigt die Berechnungen der sicherheitsrelevanten Kennwerte bezüglich der Wahrscheinlichkeit gefahrbringender zufälliger Hardwareausfälle (MTTFd und PFH) nach EN 61508 bzw. EN ISO 13849-1.

The "Application guide TwinSAFE" shows calculations of the safety relevant parameters of the probability of dangerous random hardware failures (MTTFd and PFH) according to EN 61508 respectively EN ISO 13849-1.

2. Prüfgrundlagen / Test bases

Berechnung des MTTF _d und DC entsprechend EN ISO 13849-1:2015 Calculation of MTTF _d and DC in accordance with EN ISO 13849-1:2015
Berechnung des PFH entsprechend EN 61508:2010 Calculation of PFH in accordance with EN 61508:2010
Applikationshandbuch TwinSAFE Version 2.2.0 Application guide TwinSAFE version 2.2.0

3. Zusammenfassung / Summary

Die Applikationsbeispiele des "Applikationshandbuch TwinSAFE" der Firma Beckhoff Automation GmbH & Co. KG wurden von der TÜV SÜD Rail GmbH, Rail Automation, überprüft und bestätigt.

The application examples in the "Application guide TwinSAFE" were checked and confirmed by TÜV SÜD Rail GmbH, Rail Automation.

TÜV SÜD Rail GmbH
2019-04-25

 Digital
 unterschrieben von
 Guido Neumann
 Datum: 2019.04.25
 15:09:53 +02'00'
G. Neumann
Technical Certifier

 Digital
 unterschrieben
 von Thomas
 Kreten
 Datum: 2019.04.25
 15:06:37 +02'00'
T. Kreten
Project Leader

Diese Bestätigung wurde auf Grundlage einer TÜV-internen technischen Beurteilung erstellt.
 Diese enthält das Ergebnis einer einmaligen Untersuchung an dem zur Prüfung vorgelegten Erzeugnis.

This confirmation was created on basis of a TÜV internal technical review report.
 It includes the result of a one-time examination of the product submitted for examination.

5 サポートとサービス

世界中のベッコフ支社と代理店は、包括的なサポートとサービスを提供し、ベッコフ製品とシステムソリューションに関するあらゆる質問に対して迅速かつ的確なサポートを提供しています。

ベッコフの支社と代理店

ベッコフ製品に対するローカルサポートおよびサービスについては、最寄りのベッコフ支社または代理店にお問い合わせください。

世界中のベッコフ支社と代理店の所在はベッコフウェブ(<http://www.beckhoff.co.jp>)よりご確認いただけます。

また、このウェブページでベッコフ製品に関する取扱説明書も公開されています。

ベッコフ本社

Beckhoff Automation GmbH & Co. KG

Huelshorstweg 20
33415 Verl
Germany

電話: +49 5246 963 0
ファックス: +49 5246 963 198
電子メール: info@beckhoff.com

ベッコフサポート

ベッコフサポートはベッコフ製品に関するお問い合わせだけでなく、その他のあらゆる包括的な技術サポートを提供しています。

- ・ サポート
- ・ 複雑なオートメーションシステムの設計、プログラミングおよびコミッショニング
- ・ ベッコフシステムコンポーネントに関する広範なトレーニングプログラム

ホットライン: +49 5246 963 157
ファックス: +49 5246 963 9157
電子メール: support@beckhoff.com

ベッコフのサービス

ベッコフサービスセンタは、すべてのアフターサービスでお客様をサポートいたします。

- ・ オンサイトサービス
- ・ 修理サービス
- ・ スペアパーツサービス
- ・ ホットラインサービス

ホットライン: +49 5246 963 460
ファックス: +49 5246 963 479
電子メール: service@beckhoff.com