OS1-3 産業機械の制御機能 SRS（安全関連系）の設計手順提案

The control function of an industrial machine
The design procedure proposal of SRS (safety related system)

平沼 栄浩 セーフティプラス株式会社

Eihiro HIRANUMA, Safety Plus co.,ltd

Key Words: Power circuit category

Reliability is required of the control function of an industrial machine. A design procedure is proposed from the pursuit of the contents of a design to the required. There is biorhythm in development of an international standard, it assumes that the peak is greeted about a control facility, and the design procedure considered to be needed from now on is reported. This proposal proposes STEP 1-3 as a design procedure.

- STEP 1 : Essential design (adoption of a safety margin)
- STEP 2 : Protection design (TYPE Coordination of IEC 60947-4-1)
- STEP 3 : Reliability engineering (a parallel redundancy system and an in-series system)

1. 背景

産業機械の電気装置では、制御機能の信頼性が問われる。その要求事項の探求から設計手順を提案するものである。開閉装置（Switching Device）の信頼性を重視する SRS の開発にはバイオリズムがあり、制御系に関してはピークを迎えていると想定し、これから必要になると考えられる動力系の設計手順を考察するものである。この考察からの提案は、動力系を主体として、電磁接触器の主接点保護を基本とする設計手順を STEP1~3 と定義し、SRS の設計選択カテゴリを提案するものである。国際標準による制御系に加え、動力系の開閉装置の信頼性を探求する。

なお、機能不全の要素として、過電流による電磁接触器の信頼性を検討するが、本論文で使用する「過電流」を定義する。「過電流」を定義する理由は、国際標準（International Standard）と我が国の標準（National Standard）の言葉の定義が異なることにある。国際標準の区分けを次に示す。

- 過電流：Overcurrent
- 過負荷：Overload

我が国が標準とする「過電流」は、次に示す電流を総称したものである。

- 短絡電流：Short Circuit Current
- 過負荷電流：Overload Current

国際標準では、「過負荷」を I_t で示し、「過負荷電流」という言葉は存在しない。我が国標準の「過負荷電流」は、「過電流」の要素として扱うため、定義が異なる。この詳細は、開発時の我が国の文化が関係しているため、他の論文で示すこととする。結果として、本論文では国際標準の定義を用いる。なお、本論文の特別な用語として、ISO 13849 に示されるカテゴリを Kat. とし、提案するカテゴリを Cat. と定義する。

2. 電磁接触器の主接点保護

電磁接触器の主接点保護として、STEP を定義する。

STEP 1：電磁接触器の主接点保護として、モータスタータを設置しない場合、次に示す内容を全て満足しなければならない。

- 過電流保護装置の配置の要求を全て満足すること
- 電磁接触器で ON-OFF する負荷の定格電流に対して、FoS(Factor of Safety) を考慮し、接点の開閉能力を Current factor = 200 % 以上としなければならない。

STEP 2：電磁接触器の主接点保護として、モータスタータを設置する場合、次に示す内容のいずれかとする。

- Type “1” coordination を満足する。または、
- Type “2” coordination を満足する。

(Fig.1 及び Fig.2 参照)

安全関連サブ系が IEC 62061 及び ISO 13849-1 を満足し、その信頼性を高く見積り設計されても、電磁接触器の主接点が溶着した場合は停止障害となり、安全要求事項を満足することは不可能となる。

Fig.1 SRS

Fig.2 Type coordination

STEP 3 : 電磁接触器の直列系

安全関連サブ系である ISO 13849-1 の Kat. B は、この IEC 60204 のパートで要求する系を示す。しかしながら、ISO 13849-1 の Kat. 3 及び Kat.4 においては、間接影響による開閉器の一次側及び二次側のブリッジ フォールトを問題とし、電磁接触器の補助接点の直列系を設計する。これは、再起動時の系の健全性を Feedback circuit により、機能不全に対応するセルフチェックの信頼性向上を要求している。(Fig.2 参照)

Fig.3 Feedback circuit

3. SRS の設計選択カテゴリ (Cat.)

動力系を主体とした SRS の設計選択カテゴリ (Cat.) を提案する。制御系のカテゴリ (Kat.) に対し、動力系のカテゴリ (Cat.) を提案する。(Table 1 参照)

新規提案として、Cat. 1 ~ 22 を定義する。この Cat. は、E/E/PES の基本となる IEC 60204-1、IEC 62061 及び ISO 13849 の要求事項を全て満足している。ISO 13849 の制御系 Kat. でカバーされない Cat. 17 及び Cat. 22 は、現在の国際標準では、対応されていない新規提案である。

本論分で提案する Cat. は、制御系で要求される PL (性能レベル) 及び SIL (安全統合レベル) を全て満足している。

Table 1 Power circuit category (Cat.)

動力系 Cat.	制御系 Kat.	モータ スタータ (Set)	コンタクタ		Type Coordination
			(set)	FoS (%)	
1	B	—	1	100	1
2		—	1	200	1
3		1	1	100	1
4		1	1	100	2
5	1	—	1	100	1
6		—	1	200	1
7		1	1	100	1
8		1	1	100	2
9	2	—	1	100	1
10		—	1	200	1
11		1	1	100	1
12		1	1	100	2
13	3	—	2	100	1
14		—	2	200	1
15		1	2	100	1
16		1	2	100	2
17	4	1	1	200	2
18		—	2	100	1
19		—	2	200	1
20		1	2	100	1
21		1	2	100	2
22		1	1	200	2

5. 課題

動力系を主体とした設計における選択のカテゴリ (Cat.) を提案することは、初の試みであると想定する。制御系に関する研究は進んでいるが、動力系から判断する安全関連系の要求事項は、今後の研究課題である。

現在、開閉器 (Switching) の信頼性が問われるところであるが、保護素子 (例えば、ヒューズ及び MCCB など) との協調による故障率を考察する必要がある。これにより、動力系における過電流に対する開閉器の保護が明確となり、機器の性能レベル、及び、機器の統合レベルの設計指針が明確になると考える。

6. 計画

本論分では、開閉器の選定を FoS (安全係数) を考慮し、100%、もしくは 200%としたが、故障率との関係性を研究開発し、系の信頼性を明確にする必要がある。既に、信頼性工学の観点から故障率に対する研究は進んでいることから、単純に安全係数を乗じる事で解決するものかもしれないが、興味深い研究内容であると考えられる。また、保護素子の開発が進み、補助リレーの Type coordination が開発計画を持つべきである。

7. 参考資料

IEC 60204-1:2009 ed.5.1	機械類の安全性—機械の電気装置—第一部：一般要求事項
IEC 62061:2005 ed.1	機械類の安全性—安全関連の電気・電子・プログラマブル電子制御システムの機能安全
ISO 13849-1:2006 Ed.2	機械類の安全性—制御システムの安全関連部—第 1 部：設計のための一般原則

(ひらぬま えいひろ)