



# 操作ガイド Safe Torque Off

VLT® 周波数変換器





## 目次

<b>1 はじめに</b>	2
1.1 取扱説明書の目的	2
1.2 補助的リソース	2
1.3 機能概要	2
1.4 承認および認証	2
1.5 記号、略語と用例	3
<b>2 安全性</b>	4
2.1 安全用記号	4
2.2 有資格技術者	4
2.3 安全予防措置	4
<b>3 設置</b>	6
3.1 安全指示	6
3.2 STO の設置	6
3.3 VLT <sup>®</sup> PTC Thermistor Card MCB 112 と組み合わせた設置	7
<b>4 設定</b>	8
4.1 安全指示	8
4.2 STO の起動	8
4.3 VLT <sup>®</sup> PTC Thermistor Card MCB 112 と組み合わせた STO のパラメーター設定	8
4.4 自動/手動再スタート動作	8
4.5 STO 試運転試験	8
4.6 システム設定セキュリティ	9
4.7 点検とメンテナンス	9
<b>5 アプリケーション例</b>	10
5.1 SISTEMA データ	10
5.2 Safe Torque Off での周波数変換器の緊急停止- 分類 1, PL c, SIL 1	10
5.3 安全リレーを使用した Safe Torque Off での周波数変換器の緊急停止- 分類 3, PL d, SIL 2	11
5.4 Safe Torque Off と出力接触器での周波数変換器の緊急停止- 分類 4, PL e, SIL 3	12
5.5 複数の周波数変換器の緊急停止 - 分類 3, PL d, SIL 2	13
<b>6 STO 技術データ</b>	15
<b>インデックス</b>	16

## 1 はじめに

### 1.1 取扱説明書の目的

この取扱説明書は、Danfoss VLT® 周波数変換器を機能的安全性の用途に使用する場合について記載しています。取扱説明書の内容には、機能的安全性の基準、Danfoss VLT®周波数変換器の Safe Torque Off (STO) 機能、関連する設置と設定、および STO のサービスとメンテナンスに関する情報が含まれています。

VLT® は登録商標です。

### 1.2 補助的リソース

この取扱説明書が対象とするユーザーは、VLT® 周波数変換器の使用経験を有するユーザーです。この説明書は、以下でダウンロード可能な取扱説明書および操作方法に対する補足資料として使用するためのものです。

[drives.danfoss.com/knowledge-center/technical-documentation/](http://drives.danfoss.com/knowledge-center/technical-documentation/). 周波数変換器や周波数変換器のオプション機器を設置する前に、機器に同梱の取扱説明書を読んだ上で、安全な設置のための指示に従ってください。

### 1.3 機能概要

#### 1.3.1 はじめに

Safe Torque Off (STO) 機能は、安全制御システムのコンポーネントです。STO は、ユニットがモーター回転に必要な電力を生成するのを阻止します。

#### 注記

動作上の安全性において希望するレベルを達成するために、安全制御システムのコンポーネントを適切に選択および適用してください。設備に STO を組み込んで使用する前に、STO 機能と安全レベルが適切かつ十分であるかどうかを判断するため、その設備について徹底したリスク分析を行ってください。

VLT® 周波数変換器は以下と共に利用できます：

- Safe Torque Off (STO)、EN IEC 61800-5-2 が定義するとおり。
- 停止カテゴリー 0、EN 60204-1 が定義するとおり。

周波数変換器ではコントロール端子 37 を介して STO 機能が組み込まれます。

STO 機能を備えた VLT® 周波数変換器は、以下の要件に適合するように設計され、承認されています：

- EN ISO 13849-1 のカテゴリー 3。
- EN ISO 13849-1 の性能レベル "d"。
- IEC 61508 および EN 61800-5-2 における SIL 2。

- EN 62061 における SILCL 2。

#### 1.3.2 対象製品および識別情報

STO 機能は、以下のタイプの周波数変換器で利用できません：

- VLT® HVAC Drive FC 102
- VLT® Refrigeration Drive FC 103
- VLT® AQUA Drive FC 202
- VLT® AutomationDrive FC 301 エンクロージャー・サイズ A1
- VLT® AutomationDrive FC 302
- VLT® Decentral Drive FCD 302
- VLT® Parallel Drive Modules

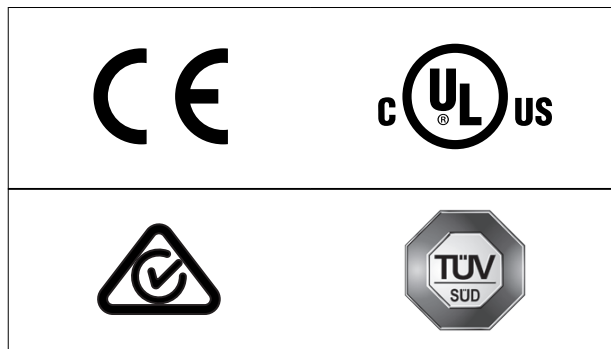
#### 識別情報

- ネームプレートのユニット・タイプコードを確認して、周波数変換器に STO 機能が設定されているか確認します (表 1.1 を参照)。

製品	タイプコード
VLT® HVAC Drive FC 102	タイプコードの 18 桁に T または U
VLT® Refrigeration Drive FC 103	タイプコードの 18 桁に T
VLT® AQUA Drive FC 202	タイプコードの 18 桁に T または U
VLT® AutomationDrive FC 301 エンクロージャー・サイズ A1	タイプコードの 18 桁に T
VLT® AutomationDrive FC 302	タイプコードの 18 桁に X、B または R
VLT® Decentral Drive FCD 302	タイプコードの 18 桁に X、B または R
VLT® Parallel Drive Modules	タイプコードの 18 桁に T または U

表 1.1 タイプコード識別情報

#### 1.4 承認および認証



他の承認および認証も受けています。最寄の Danfoss 製品取り扱い代理店までご連絡ください。

内蔵の STO 機能は以下の基準に準拠しています：

- IEC/EN 60204-1: 2016 停止カテゴリ 0 - 制御されていない停止
- IEC/EN 61508: 2010 SIL2
- IEC/EC 61800-5-2: 2016
- IEC/EN 62601: 2015 SIL CL2
- EN ISO 13849-1: 2015 カテゴリ 3 PL d

### 1.4.1 適用基準および適合

端子 37 上の STO を使用する場合、ユーザーは関連する法、規則、ガイドラインを含むすべての安全規則を遵守しなければなりません。

### 1.5 記号、略語と用例

略語	速度指令信号	説明
B <sub>10d</sub>		コンポーネントの10%までのサイクル数は、危険な障害があります(空気圧や電気機械のコンポーネント)。
Cat.	EN ISO 13849-1	カテゴリ、レベル “B、1-4”
CCF		共通原因故障
DC		診断対象は低、中、高に分類されます。
FIT		時間における不具合: 1E-9/hour
HFT	EN IEC 61508	ハードウェア不具合許容値: HFT= n は、n+1 の不具合が安全機能の損失を引き起こすことを意味します。
MTTF <sub>d</sub>	EN ISO 13849-1	(危険な) 故障までの平均時間。単位: 年は低、中、高に分類されます。
PFH	EN IEC 61508	1 時間当たりの危険な故障が発生する確率。この値は、安全デバイスの動作要求が高い場合、または動作の継続モードである場合で、安全関連システム上の動作要求の頻度が 1 年に 1 度よりも多いときに考慮してください。
PFD	EN IEC 61508	要求に対して故障が発生する平均確率、動作要求が低いときに使用する値。
PL	EN ISO 13849-1	予測できる状況下で、安全機能を実行する制御システムの安全性に関連する部分の性能を特定するために使用する離散単位。a ~ e に分類されたレベル。
PLr		必要な性能レベル(特定の安全機能に必要な性能レベル)。
SIL	EN IEC 61508 EN IEC 62061	安全統合レベル
STO	EN IEC 61800-5-2	Safe Torque Off
SS1	EN IEC 61800-5-2	安全停止 1
SRECS	EN IEC 62061	安全性に関連する電氣的制御システム
SRP/CS	EN ISO 13849-1	制御システムの安全性に関連する部分
PDS/SR	EN IEC 61800-5-2	パワー・ドライブ・システム (安全性に関連)

表 1.2 機能的安全性に関する略語

#### 用例

番号付けされたリストは手順を示します。箇条書きリストはその他の情報と図面の説明を示しています。

イタリック体の文字は以下を示します：

- 相互参照。
- リンク
- パラメーター名
- 脚注
- パラメーター・グループ。
- パラメーター・オプション。
- 警報 / 警告。

図面の寸法は、メートル法および英単位 (カッコ内) で記載されています。例: mm (in)。アスタリスク (\*) はパラメーターのデフォルト設定を示します。

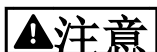
## 2 安全性

### 2.1 安全用記号

以下は、このガイドで使用されている記号です：



**警告**  
死亡事故や深刻な傷害事故を招く可能性のある危険な状況を示します。



**注意**  
軽微あるいは中小程度の傷害を招く危険性のある状況を示します。これは安全ではないやり方に対する警告としても使用される場合があります。



**注記**  
重要情報を示します。装置や所有物などの損害を招く可能性のある状況が含まれます。

### 2.2 有資格技術者

製品の組み立て、設置、プログラム、設定、メンテナンス、廃棄は、証明された技能を有する人員のみに認められています。証明された技能を有する人員とは

- 有資格電気技術者、または有資格電気技術者によるトレーニングを受けた者であって、安全技術の一般基準やガイドラインに従った装置、システム、工場および機械の操作経験を適切に有する人物。
- 健康および安全/事故防止に関する基本規則を理解している人物。
- この取扱説明書に定める安全ガイドラインを読んで理解し、周波数変換器の取扱説明書に定める指示事項についても読んで理解している人物。
- 特定のアプリケーションに適用される一般的基準および専門的基準について十分な知識を有する人物。

パワー・ドライブ・システム（安全性に関連）（PDS (SR)）のユーザーは、以下に対して責任を負います：

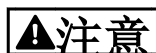
- アプリケーションの危険性・リスク分析。
- 必要な安全機能の認識、および各機能への SIL または PLr の割り当て。
- その他のサブシステム、およびサブシステムからの信号やコマンドの有効性。
- 安全性に関連した適切な制御システムの設計（ハードウェア、ソフトウェア、パラメーター化など）。

### 予防措置

- 安全なエンジニアリング・システムの設置および設定は、有資格の熟練した技術者のみに認められています。
- IEC 60529 に準拠した IP54 キャビネットまたは同等の環境に周波数変換器を設置します。特殊アプリケーションでは、より高い IP 保護等級が必要となることがあります。
- 安全オプションと外部安全デバイスの間のケーブルを、ISO 13849-2 表 D.4 に従って短絡保護する必要があります。外部の力がモーター軸に影響を及ぼすとき（例えば吊り下げられた負荷）、追加措置（例えば安全保持ブレーキ）が危険防止のために必要です。

### 2.3 安全予防措置

一般的な安全予防措置については、取扱説明書の安全性の項目を参照してください。



**注意**  
STO の設置後、章 4.5 STO 試運転試験 で指定されているとおり、試運転試験を行ってください。最初の設置の後および安全設置への変更後に、試運転試験に合格することが必須です。



**警告**  
死亡や重大な傷害のリスク  
例えば、垂直軸（吊り下げられた負荷）などにおいて、外部の力がモーター上で働き、重力などで引き起こされる不要な動作が危険な状況を招く可能性があるときは、モーターに落下保護のための装備を追加する必要があります。例えば、追加の機械的ブレーキを取り付けます。



**警告**  
死亡や重大な傷害のリスク  
STO（つまり、端子 37 への 24 V 直流電圧電源の除去）では、電気的安全性は得られません。STO 機能自体は、EN 60204-1 で定義されている緊急オフ機能を実装するには不十分です。緊急オフ機能には、例えば、補助コンタクターを介して主電源を切断することにより、電氣的に隔離する措置が必要です。

**警告****感電の危険**

STO 機能は主電源電圧を周波数変換器または付属回路から遮断しません。周波数変換器またはモーターの電気部品の作業をする前に、主電源電圧供給を遮断し、取扱説明書の安全性の項目で指定された放電時間だけ待機してください。ユニットから主電源電圧供給を遮断せず、指定された時間だけ待機をしなかった場合、死亡または重大な傷害につながる可能性があります。

- STO 機能を使用して周波数変換器を停止させないでください。動作中の周波数変換器がこの機能を使用して停止された場合、ユニットはトリップして、フリーランにより停止します。危険性があるなどの理由で、この制限が受け入れられない場合、STO 機能を使用する前に適切な停止モードを使用して、周波数変換器と機械を停止させます。アプリケーションによっては、機械的ブレーキが必要になります。
- STO は、周波数変換器システム上または機械が影響を受ける領域のみで機械的作業を実施する場合に適しています。電気的安全は提供しません。STO は、周波数変換器のスタートや停止のコントロールとして使用できません。

**注意****自動再スタート**

自動再スタート動作は、以下の 2 つの状況のどちらかの場合のみに認められます：

- 不意の再スタート防止が、STO 設置の他の部分によって実施されている。
- 危険な領域内にあると、STO が起動しないときに物理的に除外される可能性があります。特に、ISO 12100:2010 の第 6.3.3.2.5 節を遵守する必要があります。

**警告****死亡や重大な傷害のリスク**

STO 機能は非同期、同期および永久磁石モーターに使用できます。周波数変換器の電力半導体に 2 つの不具合が起こることがあります。同期または永久磁石モーターを使用する場合には、不具合から残留回転を引き起こされることがあります。この回転は、角度 =  $360 / (\text{極数})$  によって計算できます。同期または永久磁石モーターを使用するアプリケーションでは、この残留回転を考慮に入れて、これが安全上の問題にならないことを確認する必要があります。この状況は非同期モーターには関連しません。

**注記**

各停止機能についてリスク評価を行い、EN 60204-1 に従った停止カテゴリを選択します：

- 停止カテゴリ 0 は、アクチュエータへの電力を即時に遮断することで達成され、結果として、制御されないフリーランで停止します。EN 61800-5-2 に準拠した STO は、停止カテゴリ 0 による停止を実現します。
- 停止カテゴリ 1 は、機械アクチュエータへの電力を停止させて達成します。EN 61800-5-2 安全停止 1 (SS1) に準拠して停止が達成されたときは、アクチュエータへの電力が遮断されています。
- 停止カテゴリ 2 は、機械アクチュエータへの電力を制御下で停止させます。電力が入っているときにホールドポジションにすると停止します。

**注記**

機械のアプリケーションを設計するときに、フリーラン停止のタイミングと距離を考慮する必要があります (停止カテゴリ 0 または STO)。停止カテゴリの詳細は、EN 60204-1 を参照してください。

### 3 設置

#### 3.1 安全指示

##### **注意**

##### 電気的危険事項

オペレーターまたは電気的設置者は、適切な接地および適用される全ての国内および地域の安全規制の遵守に対して責任を負います。

章 2 安全性および周波数変換器の取扱説明書を参照してください。また、モーター製造業者が提供する説明書も必ず確認してください。

#### 3.2 STO の設置

モーター接続、AC 主電源接続、およびコントロール配線について、周波数変換器の取扱説明書に定める安全な設置のための指示事項に従ってください。

Ex 認定 VLT® PTC Thermistor Card MCB 112 による設置については、章 3.3 VLT® PTC Thermistor Card MCB 112 と組み合わせた設置を参照してください。

内蔵 STO を以下のように有効にします：

1. コントロール端子 37 と 12 または 13 の間のジャンパー線を除去します。短絡を回避するためには、ジャンパー線を切断/断線するのでは不十分です。(図 3.1 のジャンパー線を参照してください)

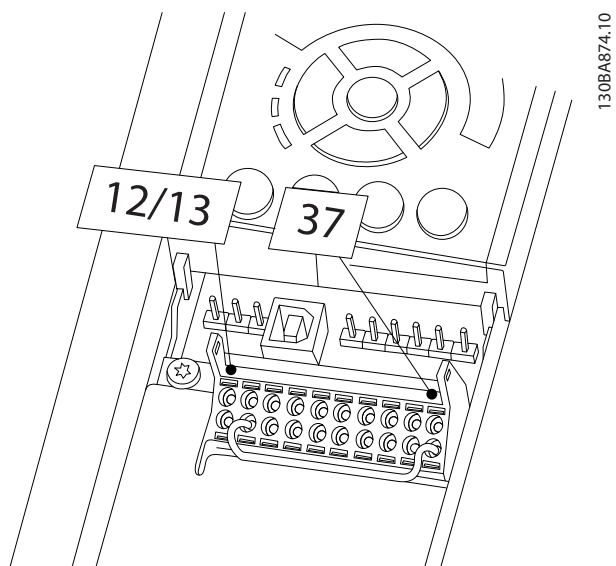


図 3.1 端子 12/13 (24 V) および 37 の間のジャンパー線 (FCD 302 を除くすべての周波数変換器)

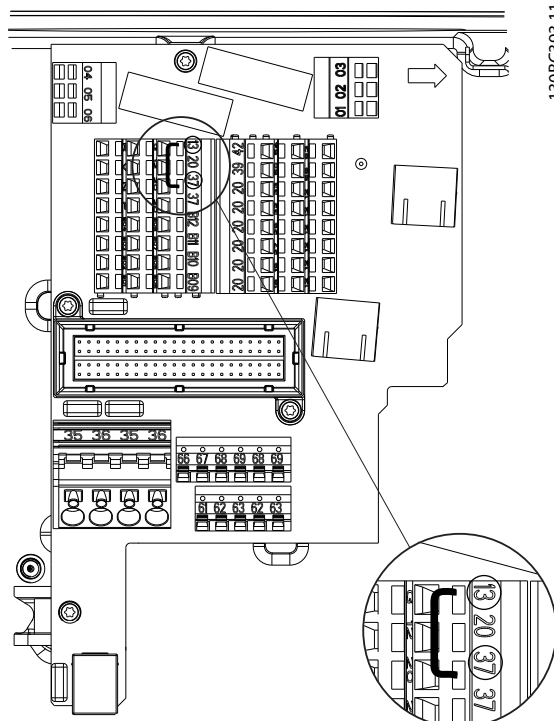


図 3.2 端子 13 (24 V) および 37 (FCD 302) 間のジャンパー線

2. 例えば、外部安全監視リレーを、NO 安全機能を介して端子 37 (STO) および端子 12 または 13 (24 V 直流) に接続します。さまざまなアプリケーションでの推奨項目が章 5 アプリケーション例に記載されています。
3. 周波数変換器の取扱説明書に定める指示事項に従った完全な配線。



### 3.3 VLT® PTC Thermistor Card MCB 112 と組み合わせた設置

**注記**

VLT® PTC Thermistor Card MCB 112 と STO 機能の組み合わせは、VLT® HVAC Drive FC 102、VLT® AQUA Drive FC 202、VLT® AutomationDrive FC 302、および VLT® AutomationDrive FC 301 エンクロージャ・サイズ A1 のみで利用できます。

VLT® PTC Thermistor Card MCB 112 は、その安全性に関連するスイッチオフ・チャンネルとして、端子 37 を使用します。

- MCB 112 の出力 X44/12 は、STO を起動させる安全性に関連したセンサー（緊急停止ボタン、安全保護スイッチなど）で AND される必要があります。つまり、STO 端子 37 への出力は、MCB 112 出力 X44/12 からの信号と安全性に関連したセンサーからの信号が両方とも HIGH である場合にのみ、HIGH (24 V) となります。2 つの信号の少なくとも 1 つが LOW である場合、端子 37 への出力も LOW となる必要があります。
- AND 論理の安全デバイスが必要な安全レベルに準拠していることを確認します。
- 安全な AND 論理の安全デバイスの出力から STO 端子 37 への接続を短絡保護します。  
図 3.3 を参照してください。

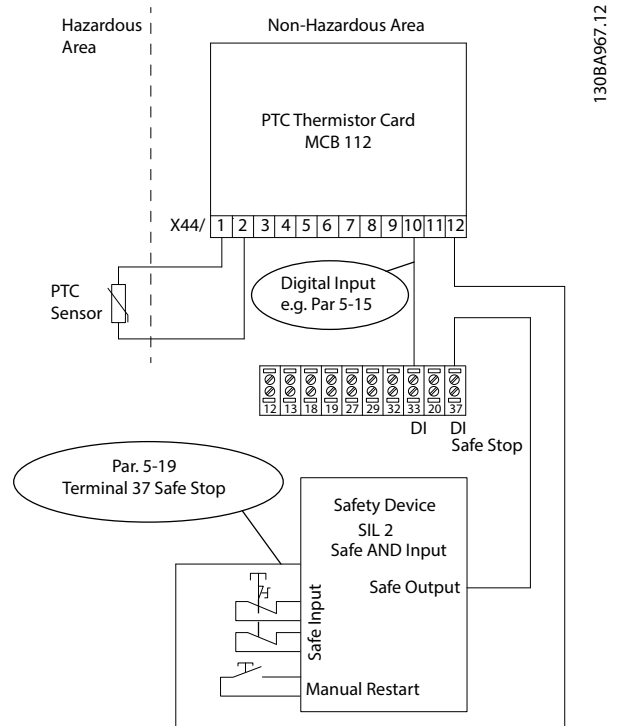


図 3.3 STO アプリケーションと MCB 112 アプリケーションの組み合わせ

図 3.3 は、外部安全デバイスの再起動入力を示しています。すなわち、この設置においては、パラメータ 5-19 Terminal 37 Safe Stop は [7] PTC 1 & リレー W または [8] PTC 1 & リレー A/W の値に設定可能であることを意味します。詳細については、VLT® PTC Thermistor Card MCB 112 取扱説明書を参照してください。

## 4 設定

### 4.1 安全指示



#### 電気の危険事項

オペレーターまたは電気的設置者は、適切な接地および適用される全ての国内および地域の安全規制の遵守に対して責任を負います。

章 2 安全性および周波数変換器の取扱説明書を参照してください。また、モーター製造業者が提供する説明書も必ず確認してください。

### 4.2 STO の起動

周波数変換器の端子 37 で電圧を除去すると、STO 機能が起動します。安全遅延を実行する外部安全デバイスに周波数変換器を接続すると、安全停止 1 の設置ができます。外部安全デバイスは、端子 37 に接続するときに、カテゴリ/PL または SIL を満たしている必要があります。STO 機能は非同期、同期および永久磁石モーターに使用できます。

STO 機能（端子 37）が起動されると、周波数変換器は警報を発生し、ユニットをトリップさせ、モーターはフリーランして停止します。手動再スタートが必要です。STO 機能は、緊急停止の状態で周波数変換器の停止に使用します。通常の動作モードで STO が必要ない場合、通常停止機能を代わりに使用します。自動再スタート機能を使用する前に、ISO 12100 の第 6.3.3.2.5 項に従った要件を満たす必要があります。

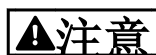
### 4.3 VLT® PTC Thermistor Card MCB 112 と組み合わせた STO のパラメーター設定

MCB 112 が接続されている場合、パラメーター 5-19 Terminal 37 Safe Stop に追加の選択肢が利用できます（[4] PTC 1 警報から [9] PTC 1 & リレー W/A）。

- [1]\* 安全停止警報および [3] 安全停止警告の選択肢はまだ利用可能ですが、MCB 112 または外部安全デバイスを伴わない設置用です。  
[1]\* 安全停止警報または [3] 安全停止警告が選択され、MCB 112 が起動した場合、周波数変換器は警報 72、危険な故障に反応して、自動再スタートすることなく、モーターの安全なフリーランが行われます。
- 外部安全デバイスが使用されているときは、[4] PTC 1 警報および [5] PTC 1 警告を選択しないでください。これらの選択肢は、MCB 112 のみが STO を使用している場合に利用できます。

[4] PTC 1 警報または [5] PTC 1 警告が選択され、外部安全デバイスが STO を起動させた場合、周波数変換器が警報 72、危険な故障を発生し、自動再スタートすることなく、モーターが安全なフリーランになります。

- 外部安全デバイスと MCB 112 の組み合わせには、[6] PTC 1 & リレー A から [9] PTC 1 & リレー W/A を選択します。



#### 自動再スタート

外部安全デバイスが作動解除されたときに、自動再スタートの選択を可能にします。

[7] PTC 1 & リレー W または [8] PTC 1 & リレー A/W を選択する前に、以下を確認します：

- 不意の再スタート防止が、STO 設置の他の部分によって実施されている。または
- 危険な領域内にあると、STO が起動しないときに物理的に除外される可能性があります。特に、ISO 12100:2010 の第 6.3.3.2.5 節を遵守する必要があります。

詳細については、VLT® PTC Thermistor Card MCB 112 取扱説明書を参照してください。

### 4.4 自動/手動再スタート動作

STO のデフォルトの状態は不意の再スタートを防止します（再スタート防止動作）。STO を終了して通常運転を再開するには：

1. 端子 37 に 24 V 直流電源を再供給してください。
2. （バス、デジタル I/O、または [Reset] キーを介して）リセット信号を送信してください。

デフォルト値 [1]\* 安全停止警報から [3] 安全停止警告にパラメーター 5-19 Terminal 37 Safe Stop の値を設定することで、STO 機能を自動再スタートに設定します。

自動再スタートとは、24 V 直流が端子 37 に供給されると STO が終了し、通常運転が再開することを意味します。リセット信号は不要です。

### 4.5 STO 試運転試験

設置後および最初の運転前に、STO を使用して設置の試運転試験を行ってください。

STO が含まれる設置やアプリケーションを変更するたびに、この試験を実行してください。

**注記**

最初の設置後、および設置に対する各変更後に、STO 機能の試運転試験に合格する必要があります。

試運転試験を実施するには：

- 安全停止後に自動再スタートしないアプリケーションの場合は、章 4.5.1 STO アプリケーションの再スタート防止の指示に従ってください。また、
- 安全停止後に自動再スタートするアプリケーションの場合は、章 4.5.2 STO アプリケーションの自動再スタートの指示に従ってください。

#### 4.5.1 STO アプリケーションの再スタート防止

パラメーター 5-19 Terminal 37 Safe Stop がデフォルト値 [1]\* 安全停止警報に設定されているアプリケーション、またはパラメーター 5-19 Terminal 37 Safe Stop が [6] PTC 1 & リレー A または [9] PTC 1 & リレー W/A に設定されている STO と VLT® PTC サーミスター MCB 112 との組み合わせ：

1. 周波数変換器がモーターを駆動しているとき（主電源は遮断されていない場合）に、遮断装置を使用して端子 37 への 24 V 直流電圧供給を外します。
2. 次を確認してください：
  - 2a モーターはフリーランします。
  - 2b 機械的ブレーキが作動します（接続されている場合）。
  - 2c ローカル・コントロール・パネル（LCP）が取り付けられている場合は、警報 68、安全停止を示します。
3. 端子 37 に 24 V 直流を再供給してください。
4. モーターがフリーラン状態のままであり、機械的ブレーキ（接続されている場合）が作動したままであることを確認します。
5. （バス、デジタル I/O、または [Reset] キーを介して）リセット信号を送信してください。
6. モーターが再び動作可能になることを確認します。

上記ステップすべてに合格すれば、試運転試験は合格となります。

#### 4.5.2 STO アプリケーションの自動再スタート

パラメーター 5-19 Terminal 37 Safe Stop が [3] 安全停止警告に設定されているアプリケーション、またはパラメーター 5-19 Terminal 37 Safe Stop が [7] PTC 1 & リレー W または [8] PTC 1 & リレー A/W に設定されている Safe Torque Off と VLT® PTC Thermistor MCB 112 の組み合わせ：

1. 周波数変換器がモーターを駆動しているとき（主電源は遮断されていない場合）に、遮断装置を使用して端子 37 への 24 V 直流電圧供給を外します。
2. 次を確認してください：
  - 2a モーターはフリーランします。
  - 2b 機械的ブレーキが作動します（接続されている場合）。
  - 2c ローカル・コントロール・パネル（LCP）が取り付けられている場合は、警報 68、安全停止安全停止を示します。
3. 端子 37 に 24 V 直流を再供給してください。
4. モーターが再び動作可能になることを確認します。

上記ステップすべてに合格すれば、試運転試験は合格となります。

**注記**

章 2.3 安全予防措置に記載されている再スタート動作上での警告を参照してください。

#### 4.6 システム設定セキュリティ

- セキュリティ措置は、ユーザーの責任で行います。
- 周波数変換器のパラメーターは、パスワード保護可能です。

#### 4.7 点検とメンテナンス

PL d や SIL2 には、STO 機能の故障や不具合を検出するために 12 カ月ごとに機能点検が必要です。低い PL や SIL の場合は、それが推奨です。

機能試験を実施するには、以下のステップ（または、アプリケーションに適した同様の方法）を実施してください：

1. 端子 37 から 24 V 直流電圧供給を外します。
2. LCP が警報 68、安全停止を示しているかどうか確認します。
3. 周波数変換器がユニットをトリップさせることを確認します。
4. モーターがフリーランした後、完全に停止することを確認します。
5. モーターが始動できないことを確認します。
6. 24 V 直流電圧供給を端子 37 に再接続します。
7. モーターが自動的に始動せず、（バス、デジタル I/O、または [Reset] キーを介して）リセット信号を送信することでのみ再スタートすることを確認します。

## 5 アプリケーション例

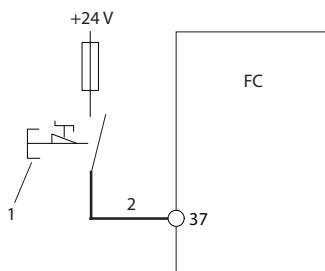
### 5.1 SISTEMA データ

SISTEMA (機械製造の評価を行うための安全統合ソフトウェアツール)はソフトウェアの機能で、包括的な安全関連の機械制御の開発者やテスターが、ISO 13849-1 の内容の安全性を評価することをサポートします。

IFA (ドイツ社会事故保険労働安全衛生研究所) による SISTEMA 計算ツールと共に利用できるデータ・ライブラリーおよび手動計算によるデータから、機能安全データは利用できます。SISTEMA は、以下からダウンロードできます: [www.danfoss.com/en/service-and-support/downloads/dds/sistema-safety-integrity-software-tool/#overview](http://www.danfoss.com/en/service-and-support/downloads/dds/sistema-safety-integrity-software-tool/#overview).

### 5.2 Safe Torque Off での周波数変換器の緊急停止- 分類 1, PL c, SIL 1

図 5.1 には Safe Torque Off での周波数変換器の緊急停止 - 分類 1, PL c, SIL 1 アプリケーション例を示します。



e30bg733.10

1	緊急停止ボタン
2	短絡保護ケーブル (設置 IP54 キャビネット内でない場合)。詳しくは ISO 13849-2 表 D.4 を参照してください。

図 5.1 Safe Torque Off での緊急停止- 分類 1, PL c, SIL 1

#### 安全機能

緊急時には、緊急停止装置が作動します。周波数変換器の Safe Torque Off (STO) 機能が作動します。停止または緊急停止コマンドによって、周波数変換器は停止します。

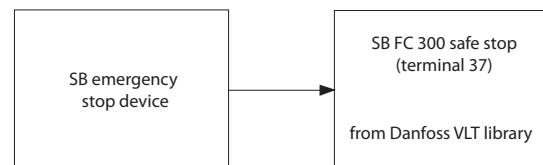
#### 機能の設計

- 回路は分類 1, PL c (ISO 13849-1) から SIL 1 (EN 62061 および IEC 61508) までで使用されます。
- Safe Torque Off (STO) 機能は、スイッチコンタクトによって作動した 1 NC を介して最終的に作動します (IEC 60947-1、IEC 60947-5-1、IEC 60947-5-5 に準拠)。
- PL c の場合、完全な安全機能を計算する必要があります (MTTFd)。
- 基本的な安全に関する原則を使用します。
- Safe Torque Off (STO) の作動に使用する装置は、選択した分類, PL または SIL 用に適している必要があります。

緊急停止が作動しているときは、次のヒントに注意してください。

- アプリケーションとそのコンポーネントでは、安全に関連する基準以外を満たしている必要があります。
- アプリケーションの設計者は適したコンポーネントの選択に責任を負います。
- 図 5.1 に太字で記載されているケーブルは、ISO 13849-2 表 D.4 に従って短絡保護される必要があります。
- PL c の場合は、安全機能全体の MTTFd と DC を計算する必要があります。
- 緊急停止装置の  $B_{10d}$  値を知っておく必要があります。 $B_{10d}$  値は、PL c に関連している MTTFd を満たすために高くなっている必要があります。

Danfoss VLT ライブラリーを使用した SISTEMA の実行例として、サブシステム “VLT® AutomationDrive FC 302/FCD 302 Safe Torque Off (端子 37)”。ライブラリーに送信されたパラメーターをすべて編集する必要はありません。

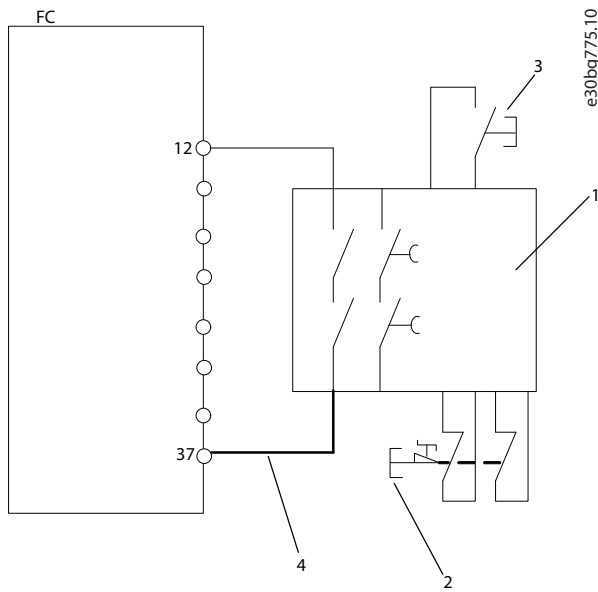


e30bg734.10

図 5.2 安全性に関連するブロック図

### 5.3 安全リレーを使用した Safe Torque Off での周波数変換器の緊急停止 - 分類 3, PL d, SIL 2

図 5.3 には Safe Torque Off での周波数変換器の緊急停止 - 分類 3, PL d, SIL 2 アプリケーション例を示します。



1	安全リレー (分類 3, PL d, または SIL 2)
2	緊急停止ボタン
3	リセット・ボタン
4	短絡保護ケーブル (設置 IP54 キャビネット内でない場合)。詳しくは ISO 13849-2 表 D.4 を参照してください。

図 5.3 安全カテゴリー 3/PL “d” (ISO 13849-1) または SIL 2 (EN 62061 および IEC 61508) による停止カテゴリー 0 (EN 60204-1) を達成するための設置例。

#### 安全機能

緊急時には、緊急停止装置が作動します。周波数変換器の Safe Torque Off (STO) 機能が作動します。停止または緊急停止コマンドによって、周波数変換器は停止します。

#### 機能の設計

- 回路は分類 3, PL d (ISO 13849-1) から SIL 2 (EN 62061 および IEC 61508) までで使用されます。
- PL d の場合、完全な安全機能を計算する必要があります (MTTFd)。
- 基本的な安全に関する原則を使用します。
- Safe Torque Off (STO) の作動に使用する装置と安全リレーは、選択した分類 PL および SIL 用に適している必要があります。

緊急停止が作動しているときは、次のヒントに注意してください。

- アプリケーションとそのコンポーネントでは、安全に関連する基準以外を満たしている必要があります。
- アプリケーションの設計者は適したコンポーネントの選択に責任を負います。
- 図 5.3 に太字で記載されているケーブルは、ISO 13849-2 表 D.4 に従って短絡保護される必要があります。
- PL d の場合は、安全機能全体の MTTFd と DC を計算する必要があります。

デュアル正スイッチ装置を使用している場合はこのセットアップが使用されます。安全リレーによっては、いくつかの作動装置を 1 つの Safe Torque Off (STO) に接続することもできます。

Danfoss VLT ライブラリーを使用した SISTEMA の実行例として、サブシステム “VLT® AutomationDrive FC 302/FCD 302 Safe Torque Off (端子 37)”。ライブラリーに送信されたパラメーターをすべて編集する必要はありません。

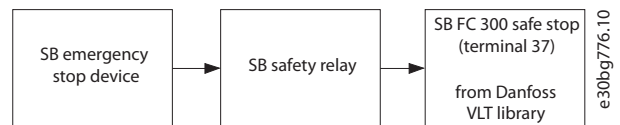
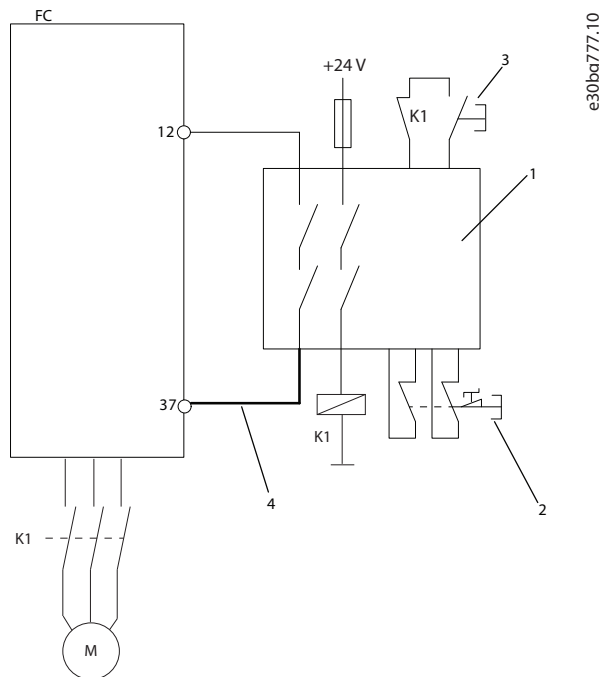


図 5.4 安全性に関連するブロック図

### 5.4 Safe Torque Off と出力接触器での周波数変換器の緊急停止- 分類 4, PL e, SIL 3

図 5.5 には Safe Torque Off と安全リレーでの周波数変換器の緊急停止- 分類 4, PL e, SIL 3 アプリケーションの例が示されています。



e30bg777.10

1	安全リレー (分類 4, PL e, SIL 3)
2	緊急停止ボタン
3	リセット・ボタン
4	短絡保護ケーブル (設置 IP54 キャビネット内がない場合)。詳しくは ISO 13849-2 表 D.4 を参照してください。

図 5.5 Safe Torque Off、安全リレー、および出力接触器を搭載した周波数変換器- 分類 4, PL e, SIL 3

#### 安全機能

緊急時には、緊急停止装置が作動します。周波数変換器の Safe Torque Off (STO) 機能が作動します。停止または緊急停止コマンドによって、周波数変換器は停止します。

安全性後システムが PL e ISO 13849-1 または SIL 3 (EN 62061 および IEC 61508) に準拠しているところでは、STO 機能には 2 つのチャネル停止が必要です。1 つのチャネルは周波数変換器の STO 入力によって作動し、コンバーターによるもう 1 つのチャネルは周波数変換器の入力または出力電気回路のどちらかに接続されている場合があります。接触器は図 5.5 の K1 に示すように、コンタクトを導く補助を介して監視される必要があります。

#### 機能の設計

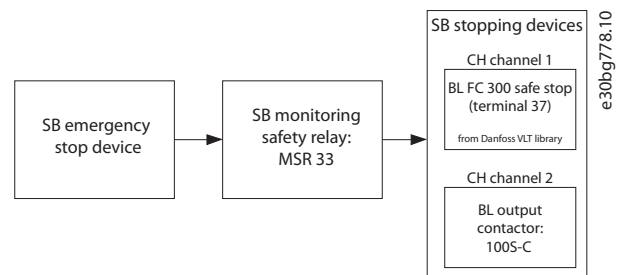
- 回路は分類 4 および PL e までで使用されます。
- PL e の場合、完全な安全機能を計算する必要があります (MTTFd)。
- 基本的な安全に関する原則を使用します。
- Safe Torque Off (STO) の作動に使用する装置と安全リレーは、選択した分類、PL または SIL に適している必要があります。

緊急停止が作動しているときは、次のヒントに注意してください。

- アプリケーションとそのコンポーネントでは、安全に関連する基準以外を満たしている必要があります。
- アプリケーションの設計者は適したコンポーネントの選択に責任を負います。
- 図 5.5 に太字で記載されているケーブルは、ISO 13849-2 表 D.4 に従って短絡保護される必要があります。
- PL e の場合は、安全機能全体の MTTFd と DC を計算する必要があります。

デュアル正スイッチ装置を使用している場合はこのセットアップが使用されます。

Danfoss VLT ライブラリーを使用した SISTEMA の実行例として、ブロック VLT® AutomationDrive FC 302 (端子 37)」を使用します。ライブラリーに送信されたパラメーターをすべて編集する必要はありません。

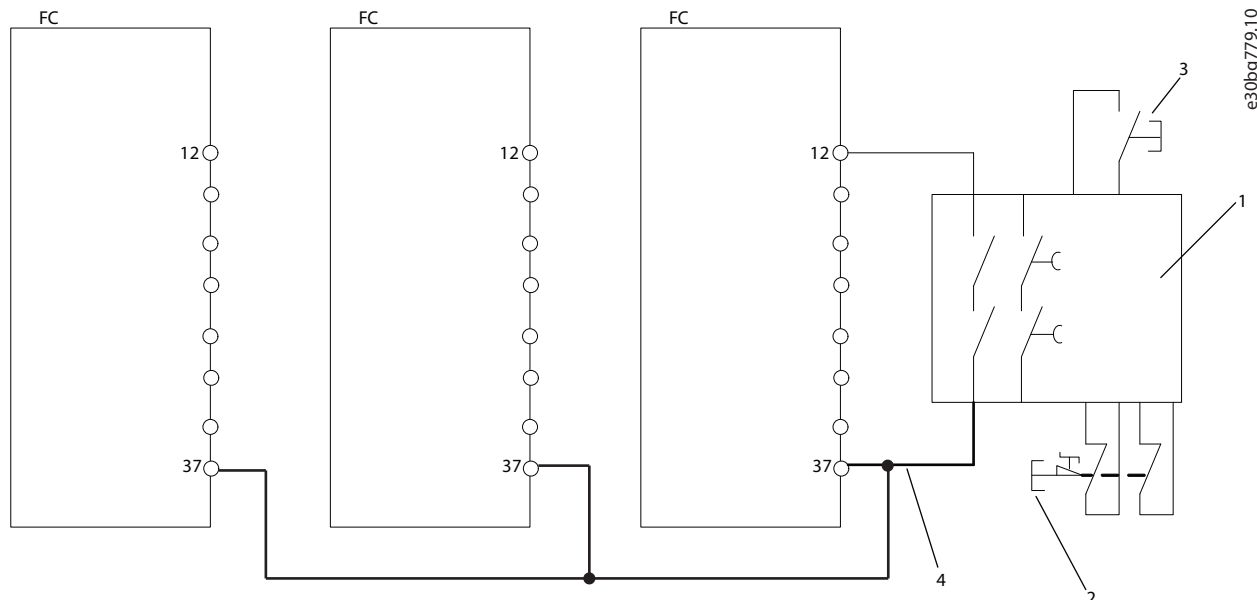


e30bg778.10

図 5.6 安全性に関連するブロック図

### 5.5 複数の周波数変換器の緊急停止 - 分類 3, PL d, SIL 2

図 5.7には、複数の周波数変換器の緊急停止 - 分類3, PL d, SIL 2 アプリケーション例が示されています。



1	安全リレー (分類 3, PL d, または SIL 2)
2	緊急停止ボタン
3	リセット・ボタン
4	短絡保護ケーブル (設置 IP54 キャビネット内でない場合)。詳しくは ISO 13849-2 表 D.4 を参照してください。

図 5.7 複数の周波数変換器の緊急停止 - 分類 3, PL d, SIL 2

#### 安全機能

緊急時には、緊急停止装置が作動します。周波数変換器の Safe Torque Off (STO) 機能が作動します。停止または緊急停止コマンドによって、周波数変換器は停止します。

同じ制御ラインの複数の周波数変換器を制御する必要がある場合は、STO 入力は一括的に計算される場合があります。

一緒に入力を計算すると、1つの周波数変換器での故障が、すべての周波数変換器の故障につながる場合がありますので、安全でない方向の故障の可能性が増加します。故障の可能性は1時間あたりの  $1 \times 10^{-10}$  では非常に低いです。その結果、周波数変換器の実際の数 SIL2 の要件を満たします。20個以上の入力は並行して接続することを推奨しています。

#### 注記

内部 24 V 直流電流(端子 12)を使用しているとき、利用可能な出力電源を超過してしまうので並行入力(端子 37)数は3に制限されます。

#### 機能の設計

- 回路は分類3, PL d または SIL 2 までで使用できます。
- PL d の場合、完全な安全機能を計算する必要があります (MTTfd)。
- 基本的な安全に関する原則を使用します。
- Safe Torque Off (STO) の作動に使用する装置と安全リレーは、選択した分類、PL または SIL 用に適している必要があります。

緊急停止が作動しているときは、次のヒントに注意してください。

- アプリケーションとそのコンポーネントでは、安全に関連する基準以外を満たしている必要があります。
- アプリケーションの設計者は適したコンポーネントの選択に責任を負います。
- 図 5.7 に太字で記載されているケーブルは、ISO 13849-2 表 D.4 に従って短絡保護される必要があります。
- PL d の場合は、安全機能全体の MTTFd と DC を計算する必要があります。

デュアル正スイッチ装置を使用している場合はこのセットアップが使用されます。安全リレーによっては、いくつかの作動装置を1つの Safe Torque Off に接続することもできます。

**Danfoss VLT ライブラリーを使用した SISTEMA の実行**

例として、サブシステム“VLT® AutomationDrive FC 302/FCD 302 Safe Torque Off (端子 37)”。ライブラリーに送信されたパラメーターをすべて編集する必要はありません。サブシステムには、1つの ST ラインにある周波数変換器の数と同数の安全機能を搭載する必要があります。



図 5.8 安全性に関連するブロック図



## 6 STO 技術データ

### 注記

周波数変換器の技術仕様と動作条件については、周波数変換器の取扱説明書を参照してください。

### 注記

STO 信号は、SELV または PELV 供給である必要があります。

欧州指令	機械指令 (2006/42/EC)	EN ISO 13849-1	
		EN IEC 62061	
		EN IEC 61800-5-2	
	EMC 指令 (2014/30/EU)	EN 50011	
		EN 61000-6-3	
		EN 61800-3	
低電圧指令 (2014/35/EU)	EN 50178		
	EN 61800-5-1		
安全性基準	機械の安全性	EN ISO 13849-1、IEC 62061、IEC 60204-1	
	機能的安全性	IEC 61508-1 ~ IEC 61508-7、IEC 61800-5-2	
安全機能		IEC 61800-5-2	IEC 60204-1
		Safe Torque Off (STO)	停止カテゴリー 0
安全性能	<b>ISO 13849-1</b>		
	カテゴリー	カテゴリー 3	
	診断対象	DC: 90% (媒体)	
	危険な故障までの平均時間	MTTFd: 14000 年 (高)	
	性能レベル	PL d	
	<b>IEC 61508/IEC 62061</b>		
	安全統合レベル	SIL 2、SIL CL2	
	1 時間当たりの危険な故障が発生する確率	PFH: 1E-10/h; 特殊なバリエーションでは 1E-8/h <sup>1), 2)</sup> (高要求モード)	
	1 時間当たりの危険な故障が発生する確率	PFD: 1E-10; 特殊なバリエーションでは 1E-4 <sup>1), 2)</sup> (低要求モード)	
	ハードウェア不具合許容値	HFT: 0 (1oo1)	
	実証テスト間隔 T1	20 年	
ミッション・タイム TM	20 年		
応答時間	入力から出力までの応答時間	特殊なバリエーションでは最大 20 ms, 60 ms <sup>1), 2)</sup>	

表 6.1 技術データ

1) VLT<sup>®</sup> HVAC Drive FC 102、VLT<sup>®</sup> Refrigeration Drive FC 103、VLT<sup>®</sup> AQUA Drive FC 202、および VLT<sup>®</sup> Automation Drive FC 301/FC 302 高出力ドライブ (エンクロージャー・サイズ F):

- 400 V: 450/500 kW (600/650 hp) - 800/1000 kW (1075/1350 hp) (高過負荷/標準過負荷)。
- 690 V: 630/710 kW (850/950 hp) - 1800/2000 kW (2400/2700 hp) (高過負荷/標準過負荷)。

2) VLT<sup>®</sup> Parallel Drive Modules:

- 400 V: 250/315 kW (350/450 hp) - 800/1000 kW (1200/1350 hp) (高過負荷/標準過負荷)。
- 690 V: 315/400 kW (350/400 hp) - 1000/1200 kW (1150/1350 hp) (高過負荷/標準過負荷)。

## インデックス

## S

SIL CL2.....	3
SIL2.....	3
SISTEMA データ.....	10

## コ

コマンド.....	4
-----------	---

## サ

サーミスター・カード.....	7
-----------------	---

## ス

スイッチオフ・チャンネル.....	7
-------------------	---

## パ

パラメーター設定.....	8
---------------	---

## メ

メンテナンス.....	9
-------------	---

## 不

不意の再スタート防止.....	8
-----------------	---

## 信

信号.....	4, 7
---------	------

## 再

再スタート動作.....	8
再スタート防止.....	8, 9

## 出

出力.....	7
---------	---

## 制

制御システム.....	4
-------------	---

## 基

基準および適合.....	3
--------------	---

## 外

外部安全デバイス.....	8
---------------	---

## 安

安全デバイス.....	7
安全保護スイッチ.....	7

安全性に関連したセンサー.....	7
-------------------	---

## 対

対象製品.....	2
-----------	---

## 承

承認.....	2
---------	---

## 技

技術データ.....	15
------------	----

## 有

有資格技術者.....	4
-------------	---

## 機

機械的ブレーキ.....	9
--------------	---

## 用

用例.....	3
---------	---

## 略

略語.....	3
---------	---

## 終

終了.....	8
---------	---

## 自

自動再スタート.....	8, 9
--------------	------

## 記

記号.....	3
---------	---

## 設

設置.....	7
---------	---

## 試

試運転試験.....	9
------------	---

## 認

認証.....	2
---------	---

## 識

識別情報.....	2
-----------	---

## 警

警報.....	8
---------	---

起  
起動..... 8

選  
選択..... 8



.....  
カタログ、プロシヤ、その他の印刷物に万が一間違いが含まれていたとしても、ダンフォス社はいっさい責任を負いかねますので、ご了承ください。なおダンフォス社は予告なしに製品に変更を加える権利を保有しています。既にご注文をいただいている製品に関しても、注文品の詳細に影響を及ぼさない範囲内で、変更がなされることがあります。印刷物に記載されている商標は各社の所有物件です。名称 Danfoss およびダンフォスのロゴタイプはダンフォス社の商標で、それに関係するすべての権利はダンフォス社に帰属します。  
.....

Danfoss A/S  
Ulsnaes 1  
DK-6300 Graasten  
vlt-drives.danfoss.com

