

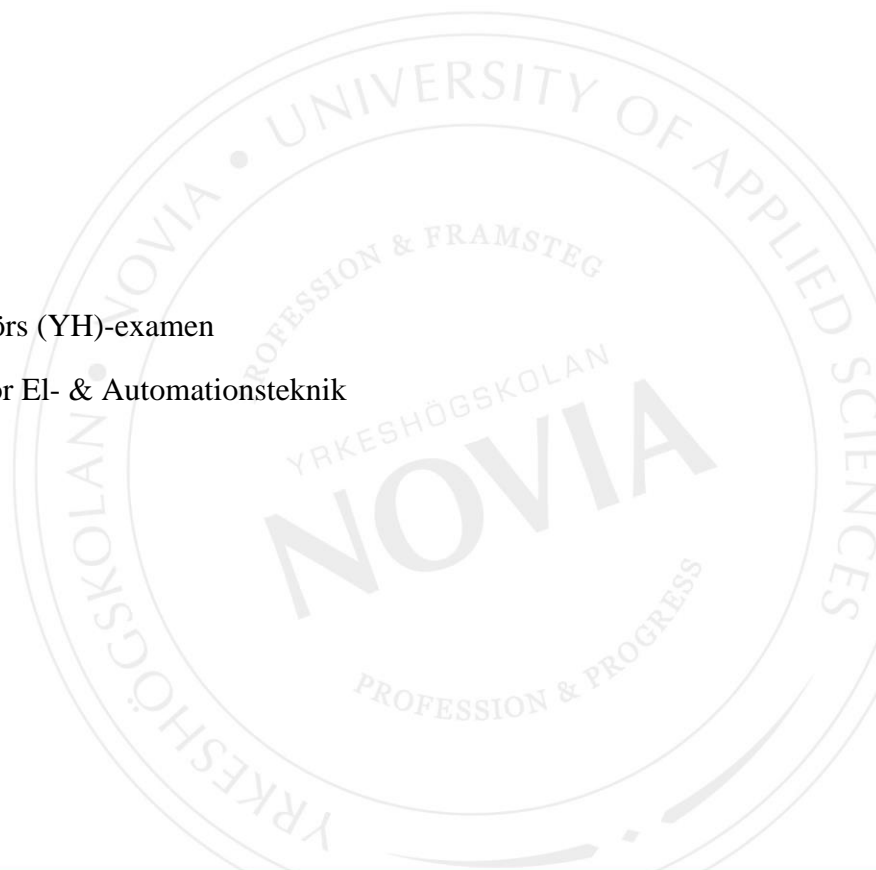
# Utvärdering av säkerhetsfunktioner inom Siemens styrssystem

Simon Widjeskog

Examensarbete för ingenjör (YH)-examen

Utbildningsprogrammet för El- & Automationsteknik

Vasa 2019



# EXAMENSARBETE

Författare: Simon Widjeskog

Utbildning och ort: El- & Automationsteknik, Vasa

Inriktningalternativ: Automationsteknik

Handledare: Erik Englund

Titel: Utvärdering av säkerhetsfunktioner inom Siemens styrsystem

---

Datum 30.4.2019

Sidantal 16

Bilagor 1

---

## Abstrakt

Examensarbetet gjordes på uppdrag av Mirka under våren 2019. Examensarbetet behandlar acceptanstestning av säkerhetsfunktioner inom Siemens G120-seriens frekvensomriktare, samt dokumentering av testresultat.

Syftet med examensarbetet var att skapa dokumentering som innehåller säkerhetsrelaterade parametrar och bevisar funktionaliteten för säkerhetsåtgärderna samt att testningen av säkerhetsfunktionerna gav godkänt resultat. Genom godkänt resultat kan det konstateras att säkerhetsfunktionerna minskat riskerna för både person- och maskinskador.

Resultatet för examensarbetet är en rapport som omfattar maskinbeskrivning, enhetsspecifik data, information om frekvensomvandlaren och parametrarna för Safety Integrated funktionerna samt resultaten för testningen av säkerhetsfunktionerna, både som enkel översikt av testet och som en mer detaljerad utredning med grafer och parametrar.

---

Språk: svenska

Nyckelord: maskinsäkerhet, acceptanstestning

---

# OPINNÄYTETYÖ

Tekijä: Simon Widjeskog

Koulutus ja paikkakunta: Sähkö- ja automaatiotekniikka, Vaasa

Suuntautumisvaihtoehto: Automaatiotekniikka

Ohjaaja: Erik Englund

Nimike: Siemensin ohjaujärjestelmien turvallisuustoimintojen arviointi

---

Päivämäärä 30.4.2019

Sivumäärä 16

Liitteet 1

---

## Tiivistelmä

Tämä opinnäytetyö on tehty Mirkan toimeksiannosta, ja työ suoritettiin keväällä 2019.

Opinnäytetyö käsittelee Siemensin G120-sarjan taajuusmuuntajien turvatoimintojen hyväksyntätestausta, sekä testauksen dokumentointia.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli luoda dokumentti, joka sisältää kaikki turvallisuuteen liittyvät parametrit ja todistaa turvatoimintojen toiminnallisuuden, sekä sen että turvatoimintojen testaus on suoritettu hyväksytysti. Hyväksytyn testituloksen myötä voidaan todeta, että turvatoiminnot pienentävät henkilö- sekä konevaurioiden riskiä.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin raportti, joka sisältää koneen yleiskuvauksen, laitekohtaista tietoa, tietoa taajuusmuuntajasta sekä Safety Integratedia käsittelevien toimintojen parametreistä. Raportti sisältää myös turvatoimintojen testitulokset tiivistettynä versiona sekä perusteellisena läpikäyntinä.

---

Kieli: ruotsi

Avainsanat: koneturvallisuus, hyväksyntätestaus

---

## **BACHELOR'S THESIS**

Author: Simon Widjeskog

Degree Programme: Electrical engineering

Specialization: Automation

Supervisor(s): Erik Englund

Title: Evaluation of Siemens Control Systems Safety Functions

---

Date April 30, 2019

Number of pages 16

Appendices 1

---

### **Abstract**

This thesis was made for Mirka. The thesis concerns acceptance testing of the safety functions in Siemens G120 frequency converters, as well as documentation of the test results.

The aim of this thesis was to create documentation containing safety related parameters and results that prove the functionality of the safety functions, plus that the testing was approved. By performing an approved test of the safety functions, it can be ascertained that the risks of damage to a person or machinery are decreased.

This thesis resulted in a report containing machine description, device-specific data, information about the frequency converter and parameters associated with the Safety Integrated functions, as well as test results for testing of the safety functions, carefully described with graphs and parameters.

---

Language: swedish

Key words: machine, safety, acceptance, testing

---

# Innehållsförteckning

## Förkortningar

1	Inledning.....	1
1.1	Bakgrund .....	1
1.2	Syfte .....	1
2	Risicanalys och riskreducering.....	2
2.1	Risicanalys för maskinen.....	2
3	Bedömning av säkerhetsprestanda.....	3
3.1	Required performance level (PLr).....	3
3.2	Performance level (PL) .....	4
3.3	Safety integrity level (SIL) .....	4
4	Standarder relaterade till maskinsäkerhet .....	5
4.1	Standardiseringsorganisationer internationellt samt inom EU.....	5
4.1.1	Internationella standardiseringsorganisationer .....	5
4.1.2	Europeiska standardiseringsorganisationer .....	5
4.2	Maskinsäkerhetsstandardernas hierarki.....	6
5	Säkerhetsfunktioner enligt SFS-EN 61800-5-2 .....	7
5.1	Stoppfunktioner.....	7
5.1.1	Safe torque off (STO).....	7
5.1.2	Safe stop 1 (SS1).....	7
5.1.3	Safe stop 2 (SS2).....	8
5.2	Andra säkerhetsfunktioner .....	8
5.2.1	Safe operating stop (SOS).....	9
5.2.2	Safely limited acceleration (SLA) .....	9
5.2.3	Safe acceleration range (SAR).....	9
5.2.4	Safely limited speed (SLS).....	9
5.2.5	Safe speed range (SSR).....	10
5.2.6	Safely limited torque (SLT).....	10
5.2.7	Safe torque range (STR).....	10
5.2.8	Safely limited position (SLP).....	10
5.2.9	Safely limited increment (SLI).....	11
5.2.10	Safe direction (SDI) .....	11
5.2.11	Safe motor temperature (SMT).....	11
5.2.12	Safe cam (SCA).....	11
5.2.13	Safe speed monitor (SSM).....	11
5.2.14	Safe brake control (SBC).....	12

6	Totally Integrated Automation Portal.....	13
6.1	Safety Acceptance Test.....	13
6.2	Syfte .....	13
7	Resultat .....	14
7.1	Analys.....	14
8	Slutdiskussion.....	15
9	Källförteckning.....	16
	Bilaga	

## Förkortningar

CEN	European Committee for Standardization
CENELEC	European Committee for Electrotechnical Standardization
EN	Europeisk standard
EU	Europeiska unionen
IEC	International Electrotechnical Commission
ISO	International Organization for Standardization
PDS	Power Drive Systems
PL	Performance Level
PLr	Required Performance Level
SAR	Safe Acceleration Range
SBC	Safe Brake Control
SCA	Safe Cam
SDI	Safe Direction
SFS	Finlands standardiseringsförbund
SIL	Safety Integrity Level
SLA	Safely Limited Acceleration
SLI	Safely Limited Increment
SLP	Safely Limited Position
SLS	Safely Limited Speed
SLT	Safely Limited Torque
SOS	Safe Operating Stop

SMT	Safe Motor Temperature
SS1	Safe Stop 1
SS2	Safe Stop 2
SSM	Safe Speed Monitor
SSR	Safe Speed Range
STO	Safe Torque Off
STR	Safe Torque Range
TIA	Totally Integrated Automation



# 1 Inledning

Detta examensarbete är utfört för Mirka under våren 2019. Examensarbetet utfördes i samarbete med ett utomstående företag. Som uppgift hade jag att utföra acceptanstestningen av säkerhetsfunktionerna inom Siemens G120-seriens frekvensomriktare på produktionsmaskinen, samt skapa dokumentation av detta. Dokumentationen blir senare en del av slutliga maskindokumentationen. I detta kapitel förklaras bakgrund och syfte för examensarbetet.

## 1.1 Bakgrund

En av viktigaste egenskaperna hos en industriell process är säkerhet. Genom ordentlig planering av säkerheten kan man minska risken för både person- och maskinskador. Dagens industri automatiseras allt mer, samt behovet för automatiserade säkerhetsåtgärder blir större. Säkerhetsfunktioner och åtgärder utvärderas i olika nivåer, beroende på säkerhetsprestanda och pålitlighet. De här åtgärderna och funktionerna måste genomgå på ett systematiskt sätt, för att säkerställa att kravnivån har uppnåtts, och på så sätt gjort nödvändiga riskreduceringen för att göra maskinen säkrare för maskinoperatören samt omgivningen.

## 1.2 Syfte

Syftet med examensarbetet var att ge Mirka ett dokument som innehåller alla säkerhetsrelaterade parametrarna, bevisar funktionaliteten för säkerhetsåtgärderna, samt att testningen av säkerhetsfunktionerna ger godkänt resultat. Med ett godkänt resultat kan man konstatera att säkerhetsfunktionerna, genom sin funktionalitet, minskat på riskerna för både person- och maskinskador och har gjort maskinen mer säker för användning i produktionen.

Samtidigt var syftet att ge läsaren en uppfattning om hur säkerhetsfunktionerna som integreras i dagens industriautomationslösningar kan användas till att hindra olycksfall och göra industrimiljön en mer säker plats.

## 2 Riskanalys och riskreducering

Maskiner samt maskinernas omgivning kan orsaka en hel del risksituationer. Därför utförs alltid en riskanalys före konstruktionen av maskinen påbörjas. En riskanalys handlar om att bestämma och bedöma risker samt orsak till risken och hur riskerna kan uteslutas eller reduceras.

En risk anses bestå av två olika faktorer, allvarligheten av olyckan och sannolikheten för att olyckan förekommer. Risken kan minimeras genom att avlägsna orsaken för faran eller genom att minska på faktorerna som faran innehåller. (SFS-EN ISO 12100, 2010, s. 52)

SFS-EN ISO 12100 standarden är en av de mest väsentliga inom maskinsäkerhet, och förklarar allmänna konstruktionsprinciper samt handledning för riskutvärdering och riskreducering.

### 2.1 Riskanalys för maskinen

Riskanalysen för maskinen i fråga utfördes av ett utomstående företag och var färdigt utfört när examensarbetet påbörjades. I riskanalyserna som utfördes för maskinen som examensarbetet behandlar, har det tagits hänsyn till standarderna SFS EN-ISO 12100:2010 och SFS EN-ISO 13849-1:2015.

På maskinen framkommer risker som klämrisk, risk för intrassling och risk för skärsår. Riskerna hindras med hjälp av mekaniska skydd, så som styrplåtar, fastmonterade skyddsplåtar och skyddsörrar.

Elektroniska skydd så som hastighetsövervakning på driftern samt magnetiska säkerhetsbrytare används. Säkerhetsbrytarna på dörrarna är kopplade till säkerhetslogiken, och aktiverar STO-funktionen när skyddsörren öppnas. STO-funktionen förklaras senare i kapitel 5.1.1. För att reducera restrisken, finns det nödstoppbrytare placerade runtom maskinen som också aktiverar STO-funktionen vid intryckning.

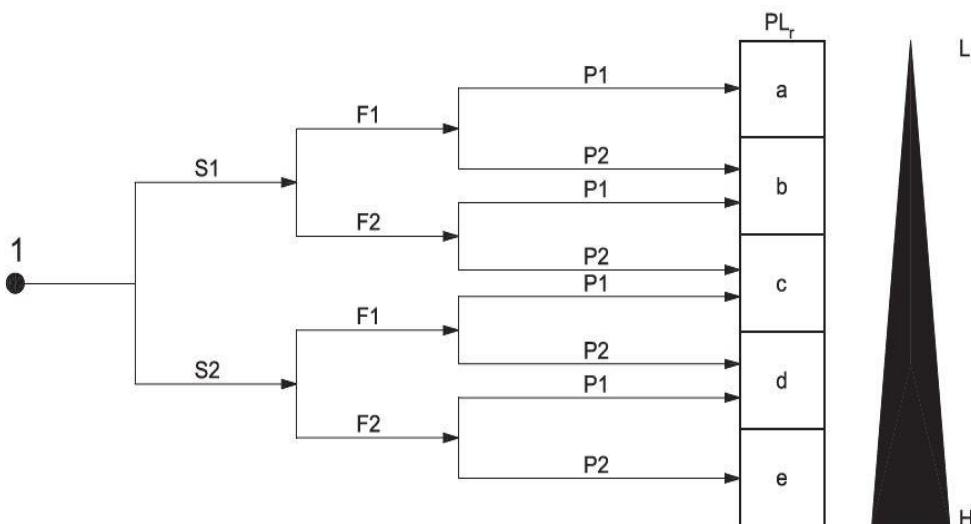
Genom att använda dessa mekaniska och elektroniska skydd, kan prestationsnivån PL d/SIL 2 för säkerhetsprestanda åstadkommas. Förklaring på prestationsnivåer och hur de uppnås finns i kapitel 3.

### 3 Bedömning av säkerhetsprestanda

I detta kapitel förklaras hur nivån på säkerhetsprestanda definieras. Säkerhetsprestandan utvärderas huvudsakligen genom hur pålitlig säkerhetsåtgärden är. Desto pålitligare en säkerhetsfunktion är, desto mindre är risken för olycksfall. Standarderna IEC 62021 och ISO 13849–1 definierar kraven på planering och konstruktion av styrsystem förknippade med maskinsäkerhet. Genom att använda sig av endera standarden kan man anta att de väsentliga, samt betydelsefulla säkerhetskraven blivit uppfyllda. (SFS-EN ISO 13849-1, 2015, s. 7)

#### 3.1 Required performance level (PLr)

När Required performance level (PLr) bestäms, uppskattas eventuella skadornas allvarlighet, hur ofta man utsätts för faran under en viss tid och hur man kunde undvika faran eller begränsa skadorna enligt figur 1. (SFS-EN ISO 13849-1, 2015, s. bilaga A)



Figur 1. Diagram för att bestämma PLr. (SFS-EN ISO 13849-1, 2015, s. 55)

- S** Allvarlighet (severity) av skada. Kortvarig (S1) eller permanent (S2).
- F** Hur ofta (frequency) en farosituation uppstår. Sällan (F1) eller ofta (F2).
- P** Sannolikhet (probability) att undvika faran eller begränsa skadan. Möjligt (P1) eller nästan omöjligt (P2). (SFS-EN ISO 13849-1, 2015, s. 55)

### **3.2 Performance level (PL)**

Performance level (PL) är en nivå av pålitlighet för styrsystemet att verkställa en säkerhetsfunktion. (SFS-EN ISO 13849-1, 2015, s. 23) Nivåerna kan delas in i fem olika nivåer, (a-e) varav PL a har lägsta pålitlighet. (SFS-EN ISO 13849-1, 2015, s. 24)

### **3.3 Safety integrity level (SIL)**

Safety integrity level (SIL) kan beskrivas som prestationsnivån för en säkerhetsfunktion, vilket det finns fyra olika nivåer av (1-4). SIL 1 är lägsta prestationsnivån. (SFS-EN 62061, 2005, s. 32)

Standarden SFS-EN 62061 tar endast upp nivåerna ett till tre, där på samma sätt nivå ett är lägsta prestationsnivån. Orsaken till det här är att nivå fyra (SIL 4) är irrelevant för krav på riskreducering, gällande risker som ofta sammankopplas med maskinapplikationer. Krav på nivå fyra förklaras i standarderna SFS-EN 61508-1 samt SFS-EN 61508-2. (SFS-EN 62061, 2005, s. 32)

## **4 Standarder relaterade till maskinsäkerhet**

I detta kapitel presenteras internationella och europeiska standardiseringsorganisationer, maskinsäkerhetsstandardernas hierarki, och vad som bestämmer hur maskinsäkerhetsstandarderna indelas samt en genomgång av de mest centrala standarderna inom maskinsäkerhet.

### **4.1 Standardiseringsorganisationer internationellt samt inom EU**

SFS-standarderna som används i Finland grundar sig till stor del på internationella samt europeiska standarder. SFS-standarderna som gäller, är ursprungligen europeiska EN-standarder, vilka i sin tur är till stor del grundade på internationella ISO-standarder. (SFS, 2019)

#### **4.1.1 Internationella standardiseringsorganisationer**

Den internationella standardiseringsorganisationen ISO (International Organization of Standardization), har en medlemsbas som består av nationella standardiseringsorganisationer i 163 olika länder. Flertal av ISO-standarder är även bekräftade i Europa som CEN:s EN-standarder, därmed bekräftas de som EN ISO-standarder. (SFS, 2019)

IEC (International Electrotechnical Commission) verkar vid sidan om ISO, och ansvarar över internationella standardiseringen inom elbranschen. (SFS, 2019)

#### **4.1.2 Europeiska standardiseringsorganisationer**

CEN (European Committee of Standardization) är en europeisk standardiseringsorganisation. Alla medlemsländer inom CEN är obligerade att bekräfta europeiska standarder, samt upphäva alla standarder som strider med CEN:s standarder. Uppskattningsvis 30 % av CEN:s standarder baseras på internationella ISO-standarder. (SFS, 2019)

CENELEC (European Committee for Electrotechnical Standardization) ansvarar om europeiska standarder inom elbranschen. Uppskattningsvis 75 % av CENELEC:s europeiska standarder baseras på internationella IEC-standarder. (SFS, 2019)

## 4.2 Maskinsäkerhetsstandardernas hierarki

Maskinsäkerhetsstandarder indelas i tre olika typer, A-, B-, och C-typens standarder. SFS-EN ISO 12100:2010 är en standard av typ A. Standarden behandlar allmänna konstruktionsprinciper samt riskbedömning och riskreducering och kan tillämpas på alla maskintyper. (Rapinoja, 2015)

B-typens standarder behandlar en eller flera säkerhetsfaktorer eller säkerhetstekniska anordningar. Standarderna indelas i två olika underkategorier 1 och 2 beroende på om de behandlar säkerhetsfaktorer (B1) eller säkerhetstekniska anordningar (B2). B1-typens standarder behandlar till exempel ljudnivåer och skyddsavstånd, medan B2-typen behandlar säkerhetsanordningar och skydd (skyddsplåtar). SFS-EN ISO 13850:2015, som behandlar konstruktionsprinciper inom nödstoppsutrustning är en standard av typen B1 (Rapinoja, 2015)

C-typens standarder är mer produktspecifika säkerhetskrav. (Rapinoja, 2015)

## 5 Säkerhetsfunktioner enligt SFS-EN 61800-5-2

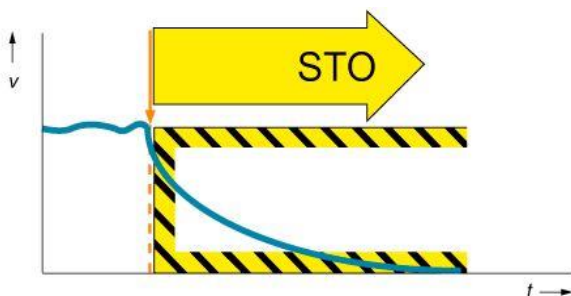
Standarden SFS-EN 61800-5-2 ger rekommendationer, samt definierar kraven för planering, utveckling, integrering samt godkännande av säkerhetsfunktioner för frekvensomriktare. I standarden används förkortningen PDS (power drive systems) för varvtalsstyrda elektriska drivsystem. (SFS-EN 61800-5-2, 2017, ss. 8-9) I detta kapitel presenteras säkerhetsfunktionerna som finns i standarden.

### 5.1 Stoppfunktioner

I detta kapitel presenteras stoppfunktionerna Safe torque off (STO), safe stop 1 (SS1) samt safe stop 2 (SS2).

#### 5.1.1 Safe torque off (STO)

Safe torque off (STO) -funktionen hindrar energimatningen till motorn och gör axeln momentlös direkt vid aktivering. Funktionen hindrar även start utan avsikt så länge som STO-funktionen är aktiverad. (SFS-EN 61800-5-2, 2017, s. 20)

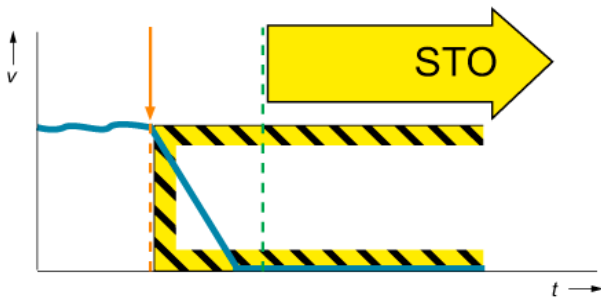


Figur 2. STO-funktionens funktionsprincip angiven som funktionen av hastigheten  $v$  och tiden  $t$  vid aktivering av funktionen (orangefärgade pilen). (Siemens AG)

Frekvensomriktarens spänningsmatning bryts inte i något skede när STO-funktionen är aktiv, vilket gör att mellankretsen hålls laddad och processen kan startas omedelbart utan att mellankretsen behövs förladdas. (Siemens AG, 2017)

#### 5.1.2 Safe stop 1 (SS1)

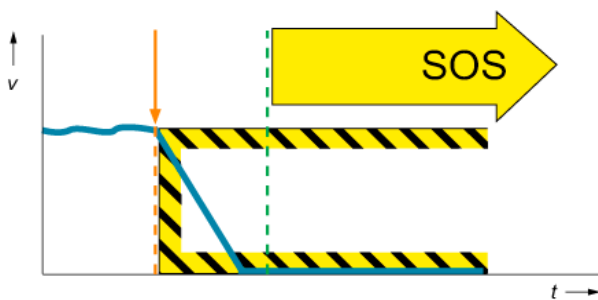
Safe stop 1 (SS1) -funktionen varvar ner motorn och aktiverar slutligen STO-funktionen som gör drivsystemet momentlöst och hindrar start utan avsikt. (SFS-EN 61800-5-2, 2017, ss. 20-21)



Figur 3. SS1-funktionens funktionsprincip angiven som funktionen av hastigheten  $v$  och tiden  $t$  vid aktivering av funktionen (orangefärgade pilen). (Siemens AG)

### 5.1.3 Safe stop 2 (SS2)

Safe stop 2 (SS2) -funktionen varvar ner motorn precis som SS1-funktionen, men istället för STO-funktionen aktiveras safe operating stop (SOS) -funktionen som presenteras i kapitel 5.2.1. Det här innebär att efter aktivering av SS2-funktionen, varvas motorn ner till ett tillåtet område, efter vilket SOS-funktionen hindrar axeln från att röra sig från dess stopposition mer än ett angivet positionsfönster tillåter. (SFS-EN 61800-5-2, 2017, s. 21)



Figur 4. SS2-funktionens funktionsprincip angiven som funktionen av hastigheten  $v$  och tiden  $t$  vid aktivering av funktionen (orangefärgade pilen). (Siemens AG)

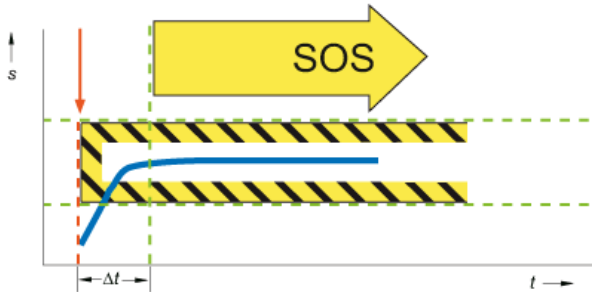
## 5.2 Andra säkerhetsfunktioner

I detta kapitel presenteras säkerhetsfunktionerna safe operating stop (SOS), safely limited acceleration (SLA), safe acceleration range (SAR), safely limited speed (SLS), safe speed range (SSR), safely limited torque (SLT), safe torque range (STR), safety limited position (SLP), safely limited increment (SLI), safe direction (SDI), safe motor temperature (SMT), safe brake control (SBC), safe cam (SCA) och safe speed monitor (SSM).



### 5.2.1 Safe operating stop (SOS)

Safe operating stop (SOS) -funktionen övervakar motorns axel, och hindrar axeln från att röra sig från dess stopposition mer än ett angivet positionsfönster tillåter. (SFS-EN 61800-5-2, 2017, s. 21)



Figur 5. SOS-funktionens funktionsprincip angiven som funktionen av positionen  $s$  och tiden  $t$  vid aktivering av funktionen (orangefärgade pilen) efter fördröjningen  $\Delta t$ . (Siemens AG)

### 5.2.2 Safely limited acceleration (SLA)

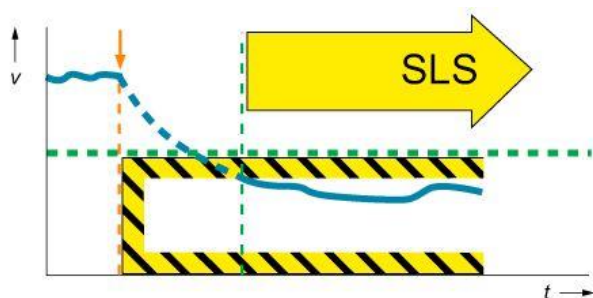
Safely limited acceleration (SLA) -funktionen hindrar motorns rotationshastighet från att överskrida en bestämd accelerationsgräns. (SFS-EN 61800-5-2, 2017, s. 21)

### 5.2.3 Safe acceleration range (SAR)

Safe acceleration range (SAR) -funktionen behåller motorns rotationshastighet inom bestämda gränser för acceleration och/eller inbromsnings. (SFS-EN 61800-5-2, 2017, s. 22)

### 5.2.4 Safely limited speed (SLS)

Safely limited speed (SLS) -funktionen begränsar och förhindrar motorn från att överstiga en bestämd säker hastighetsnivå. (SFS-EN 61800-5-2, 2017, s. 22) Efter att SLS-funktionen aktiveras, minskas hastigheten till ett varvtalsvärde som är inom ett säkert område, och behåller hastigheten inom det område (SLS-värde) så länge som SLS-funktionen är aktiverad. (Siemens AG, 2017, s. 39)



Figur 6. SLS-funktionens funktionsprincip angiven som funktionen av hastigheten  $v$  och tiden  $t$  vid aktivering av funktionen (orangefärgade pilen). (Siemens AG)

### 5.2.5 Safe speed range (SSR)

Safe speed range (SSR) -funktionen behåller motorns rotationshastighet inom bestämda gränser. (SFS-EN 61800-5-2, 2017, s. 22)

### 5.2.6 Safely limited torque (SLT)

Safely limited torque (SLT) -funktionen förhindrar motorns vridmoment från att överskrida en bestämd momentnivå. (SFS-EN 61800-5-2, 2017, s. 22)

### 5.2.7 Safe torque range (STR)

Safe torque range (STR) -funktionen behåller motorns vridmoment inom bestämda gränser. (SFS-EN 61800-5-2, 2017, s. 22)

### 5.2.8 Safely limited position (SLP)

Safely limited position (SLP) -funktionen förhindrar motorns axel att rotera över definierade positionsgränser. (SFS-EN 61800-5-2, 2017, s. 22)



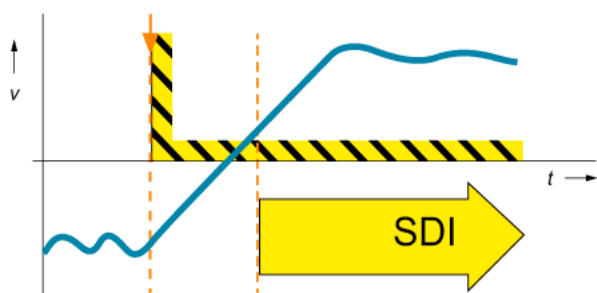
Figur 7. SLP-funktionens funktionsprincip angiven som funktionen av positionen  $s$  och tiden  $t$  vid aktivering av funktionen med olika positionsgränser (orangefärgade streckade linjerna). (Siemens AG)

### 5.2.9 Safely limited increment (SLI)

Safely limited increment (SLI) -funktionen hindrar motorn från att rotera över definierade steglängder. (SFS-EN 61800-5-2, 2017, s. 22)

### 5.2.10 Safe direction (SDI)

Safe direction (SDI) -funktionen förhindrar motorn från att rotera i fel (farlig) riktning. (SFS-EN 61800-5-2, 2017, s. 22)



Figur 8. SDI-funktionens funktionsprincip angiven som funktionen av hastigheten  $v$  och tiden  $t$  vid aktivering av funktionen (orange färgade pilen). (Siemens AG)

### 5.2.11 Safe motor temperature (SMT)

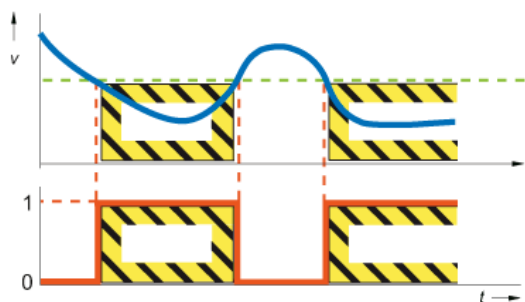
Safe motor temperature (SMT) -funktionen hindrar motorns temperatur att överskrida en bestämd temperaturnivå. (SFS-EN 61800-5-2, 2017, s. 22)

### 5.2.12 Safe cam (SCA)

Safe cam (SCA) -funktionen skickar en utsignal, som berättar ifall axelns position är inom ett definierat positionsfönster. (SFS-EN 61800-5-2, 2017, s. 22)

### 5.2.13 Safe speed monitor (SSM)

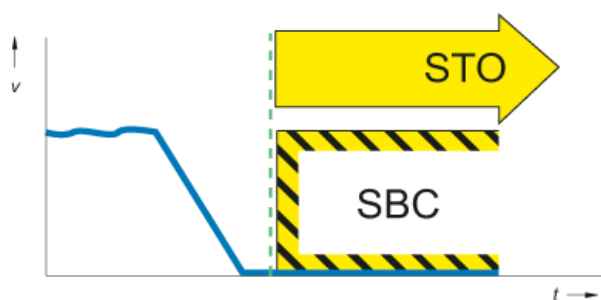
Safe speed monitor (SSM) -funktionen skickar en utsignal, som berättar ifall motorns rotationshastighet är under en bestämd nivå. (SFS-EN 61800-5-2, 2017, s. 22)



Figur 9. SSM-funktionens funktionsprincip angiven som funktionen av hastigheten  $v$  och tiden  $t$ . Utsignalen skickas ifall hastigheten går under bestämda nivå (gröna streckade linjen). (Siemens AG)

#### 5.2.14 Safe brake control (SBC)

Safe brake control (SBC) -funktionen möjliggör styrning av en extern broms med utsignalen från frekvensomriktaren. (SFS-EN 61800-5-2, 2017, s. 23) SBC-funktionen aktiveras oftast tillsammans med STO-funktionen, som samtidigt hindrar energimatningen till motorn och gör axeln momentlös. (Siemens AG, 2017)



Figur 10. SBC-funktionens funktionsprincip angiven som funktionen av hastigheten  $v$  och tiden  $t$  vid aktivering av funktionen. (Siemens AG)

## **6 Totally Integrated Automation Portal**

Siemens Totally Integrated Automation (TIA) Portal är ett programmeringsverktyg. TIA Portal förenar områden som programmerbara logiker, säkerhet, human-machine interface och kommunikationsnätverk integrerat till ett enda verktyg för att göra planeringen lättare och smidigare. (Siemens AG)

### **6.1 Safety Acceptance Test**

Det finns maskinsäkerhetsstandarder som kräver testning av säkerhetsrelaterade funktioner före maskinen kan tas i bruk i produktionen, därför utförs ett acceptanstest. Siemens egna Safety Acceptance Test låter användaren att utföra ett acceptanstest på Safety Integrated funktionerna på frekvensomriktaren.

### **6.2 Syfte**

Syftet med testet är att bevisa att säkerhetsfunktionerna har verkställts rätt enligt kraven, samt förser systemet med nödvändig nivå av riskreducering, samt ge bevis på att säkerhetsfunktionerna har blivit förverkligade på ett sätt, som möjliggör att kravet på SIL- eller PL-nivån uppnås. Syftet med acceptance testet är också att se till att parametrarna som använts för Safety Integrated funktionerna är korrekta.

## **7 Resultat**

I det här kapitlet kommer resultatet gås igenom. Examensarbetet gav ett resultat som motsvarar det som uppdragsgivaren beställt. Rapporten innehåller behövlig information om säkerhetsrelaterat material, parametrar, och testresultat kan användas som en del av maskindokumenteringen.

Säkerhetsanordningarna så som skyddsörrar och säkerhetsbrytare är godkänt integrerade i maskinhelheten och säkerhetsfunktionerna fungerar på ett sätt som kan ge maskinoperatören den trygghet som eftersträvas i dagens industri. Resultatet omfattar totalt sex stycken rapporter, en för varje frekvensomriktare på maskinen. För att hålla examensarbetet kort, bifogades endast en av rapporterna med.

### **7.1 Analys**

Rapporten har en enkel struktur som omfattar maskinbeskrivning, enhetsspecifik data, information om frekvensomriktaren och parametrarna för Safety Integrated funktionerna samt resultaten för testningen av säkerhetsfunktionerna, både som enkel översikt av testen och som en mer detaljerad utredning med grafer och parametrar.

## 8 Slutdiskussion

Ännu i slutet på 2018 var det lite oklart vilket område som examensarbetet skulle behandla, samt hur omfattande examensarbetet skulle behandla maskinlinjen. Men nu efteråt sett är ämnet aktuellt och tillräckligt omfattande för att ge läsaren en uppfattning om åt vilket håll utvecklingen inom säkerheten i industrin är på väg och var tekniken inom säkerhetsanordningar i dagsläget ligger.

Som tidigare i arbetet nämndes är säkerhet en av viktigaste egenskaperna inom industriella processer. Utveckling sker ständigt inom automationslösningar, och säkerhetens roll i komponenter och anordningar blir allt större. Personligen tror jag maskinsäkerhet kommer alltid vara ett aktuellt ämne.

Teoridelen i examensarbetet var kanske den mest tidskrävande delen, eftersom det var utmanande att hitta relevant text som skulle stöda examensarbetet. Källorna som använts i examensarbetet är utvalda på basis av hur relevanta de är för just detta arbete.

Ett stort tack till Mirka, som gav mig möjligheten att utföra ett medryckande och lärorikt examensarbete. Vill också tacka alla samarbetsparter och handledare som hjälpt mig under utförandet samt skrivandet av examensarbetet i form av stöd och konstruktiv feedback.

## 9 Källförteckning

Jukka-Pekka Rapinoja. 2015. *Koneenrakentajan tärkeimmät standardit*. [Online] Hämtat från Finlands Standardiseringsförbund SFS rf: [https://www.sfs.fi/files/8057/Koneenrakentajan\\_tarkeimmat\\_standardit.pdf](https://www.sfs.fi/files/8057/Koneenrakentajan_tarkeimmat_standardit.pdf) den 8 Februari 2019.

SFS. 2019. *Standardisoinnin maailmankartta*. [Online] Hämtat från Finlands Standardiseringsförbund SFS rf: [https://www.sfs.fi/standardien\\_laadinta/mita\\_standardisointi\\_on/standardisoinnin\\_maailmankartta](https://www.sfs.fi/standardien_laadinta/mita_standardisointi_on/standardisoinnin_maailmankartta) den 23 Januari 2019.

SFS-EN 61800-5-2. 2017. *Adjustable speed electrical power drive systems. Part 5-2: Safety requirements. Functional*. Helsingfors. Finlands Standardiseringsförbund SFS rf.

SFS-EN 62061. 2005. *Koneturvallisuus. Turvallisuuteen liittyvien sähköisten, elektronisten ja ohjelmoitavien elektronisten ohjausjärjestelmien toiminnallinen turvallisuus*. Helsingfors: Finlands Standardiseringsförbund SFS rf.

SFS-EN ISO 12100. 2010. *Koneturvallisuus. Yleiset suunnitteluperiaatteet, riskin arviointi ja riskin pienentäminen*. Helsingfors: Finlands Standardiseringsförbund SFS rf.

SFS-EN ISO 13849-1. 2015. *Koneturvallisuus. Turvallisuuteen liittyvät ohjausjärjestelmien osat. Osa 1: Yleiset suunnitteluperiaatteet*. Helsingfors: Finlands Standardiseringsförbund SFS rf.

Siemens AG. Safety Integrated. *Safety for Drive Technology*. [Online] Hämtat från Siemens AG: <https://www.industry.siemens.com/topics/global/en/safety-integrated/machine-safety/product-portfolio/drive-technology/Pages/safety-drives.aspx?tabcardname=functions> den 7 Mars 2019

Siemens AG. *TIA Portal -ohjelmointityökalu*. [Online] Hämtat från Siemens AG: [http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden\\_tuotteet\\_ja\\_ratkaisut/tuotesivut/tia\\_portal.php](http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden_tuotteet_ja_ratkaisut/tuotesivut/tia_portal.php) den 31 Mars 2019.

Siemens AG. 2017. *SINAMICS G120 Safety Integrated - SINAMICS G110M, G120, G120C, G120D and SINAMIC ET 200pro FC-2*. [Online] Hämtat från Siemens AG: [https://cache.industry.siemens.com/dl/files/795/109744795/att\\_909389/v1/G120\\_Safety\\_fct\\_man\\_0117\\_en-US.pdf?download=true](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/795/109744795/att_909389/v1/G120_Safety_fct_man_0117_en-US.pdf?download=true) den 12 Mars 2019.



# SINAMICS

## Safety Integrated

**Acceptance  
documentation**

**Safety Integrated functions**

Designation	
Type	
Serial number	

Simply safe -  
twice the efficiency!

## Note

The requirements for an acceptance test arise from the EU Machinery Directive. According to this, the machine manufacturer (OEM) is obliged

- An acceptance test for safety-related functions and machine parts to be carried out and
- To issue an "Acceptance Certificate" specifying the test results.

When the Safety Integrated functions are used, the acceptance test serves to verify that the configuration of the Safety Integrated functions used in the drive is correct. For this purpose, the correct implementation of the defined safety functions is checked, the implemented test mechanisms (forced dormant error detection measures) are checked, and tripping of the individual Safety Integrated functions is provoked through systematic violation of the tolerance limits. This has to be carried out for all safety functions, i.e. for the axial monitoring functions, the F-PLC, the safe communication relations, the safe I/O, etc.

The goal of the acceptance test is to check the correct parameterization of the Safety Integrated functions. The acceptance test is to be used to detect potential parameterization errors and to document the correct parameterization. The values measured (e.g. traversing, time) and the system behavior observed (e.g. triggering of a correct stop) during the execution of the acceptance test are used as a plausibility check of the configured safety functions. The measured values determined are typical and not worst-case values. They represent the behavior of the machine at the time of the measurement. The measurements cannot be used to derive maximum traversing distances for overtravel.

The testing of each Safety Integrated function has to be carried out by authorized personnel and has to be documented in the acceptance certificate. The acceptance certificate must be signed by the person who carried out the acceptance test. The acceptance certificate must be kept with the machine logbook.

Authorized in the above sense means that the person has been appointed by the machine manufacturer and is able to carry out the acceptance test in an appropriate way due to his/her professional training and knowledge of the safety functions.

The instructions and information on commissioning in the SINAMICS Safety Integrated Functions Manual must be observed.

## System description

### Machine description

Designation	
Type	
Serial number	
Project name	
Manufacturer	
End customer	
Electrical drives	
Other drives	

### Overview diagram of the machine





## DRIVE

### Firmware version

Name	Param.no.	Value
Control Unit firmware version	r18	0
SI Motion version safety motion monitoring (processor 1)	r9590[0..3]	0.0.0.0
SI version drive-integrated safety function (processor 1)	r9770[0..3]	0.0.0.0

### Monitoring cycle Safety Integrated

Name	Param.no.	Value
SI monitoring clock cycle (processor 1)	r9780	0.00 ms

### Parameterization of the Safety Integrated functions

#### Basic functions

Name	Param.no.	Value
SI enable functions integrated in the drive (processor 1)	p9601	0x0000000C
SI enable Safe Brake Control (processor 1)	p9602	0
SI PROFIsafe address (processor 1)	p9610	0x1
SI F-DI changeover discrepancy time (processor 1)	p9650	500.00 ms
SI STO/SBC/SS1 debounce time (processor 1)	p9651	1.00 ms
SI Safe Stop 1 delay time (processor 1)	p9652	0.00 s
SI forced checking procedure timer	p9659	9000.00 h
SI forced checking procedure STO via PM terminals time	p9661	8.00 h
SI reference checksum SI parameters (processor 1)	p9799	0x0
SI reference checksum SI parameters (processor 2)	p9899	0x0

#### Extended functions

Name	Param.no.	Value
SI Motion reference checksum SI parameters (processor 2), Checksum over SI parameters for motion monitoring	p9399[0]	0x0
SI Motion reference checksum SI parameters (processor 2), Checksum over SI parameters with hardware reference	p9399[1]	0x0
SI Motion enable safety functions (processor 1)	p9501	0x00020001
SI Motion function specification (processor 1)	p9506	1
SI Motion function configuration (processor 1)	p9507	0x00000003
SI Motion behavior during pulse suppression (processor 1)	p9509	0x000000FF
SI Motion gearbox motor/load denominator (processor 1), Gearbox 1	p9521[0]	1
SI Motion gearbox motor/load denominator (processor 1), Gearbox 2	p9521[1]	1
SI Motion gearbox motor/load denominator (processor 1), Gearbox 3	p9521[2]	1
SI Motion gearbox motor/load denominator (processor 1), Gearbox 4	p9521[3]	1
SI Motion gearbox motor/load denominator (processor 1), Gearbox 5	p9521[4]	1
SI Motion gearbox motor/load denominator (processor 1), Gearbox 6	p9521[5]	1
SI Motion gearbox motor/load denominator (processor 1), Gearbox 7	p9521[6]	1
SI Motion gearbox motor/load denominator (processor 1), Gearbox 8	p9521[7]	1
SI Motion gearbox motor/load numerator (processor 1), Gearbox 1	p9522[0]	1
SI Motion gearbox motor/load numerator (processor 1), Gearbox 2	p9522[1]	1
SI Motion gearbox motor/load numerator (processor 1), Gearbox 3	p9522[2]	1
SI Motion gearbox motor/load numerator (processor 1), Gearbox 4	p9522[3]	1
SI Motion gearbox motor/load numerator (processor 1), Gearbox 5	p9522[4]	1
SI Motion gearbox motor/load numerator (processor 1), Gearbox 6	p9522[5]	1
SI Motion gearbox motor/load numerator (processor 1), Gearbox 7	p9522[6]	1

SI Motion gearbox motor/load numerator (processor 1), Gearbox 8	p9522[7]	1
SI Motion SLS limit values (processor 1), Limit value SLS1	p9531[0]	200.00 rpm
SI Motion SLS limit values (processor 1), Limit value SLS2	p9531[1]	200.00 rpm
SI Motion SLS limit values (processor 1), Limit value SLS3	p9531[2]	200.00 rpm
SI Motion SLS limit values (processor 1), Limit value SLS4	p9531[3]	200.00 rpm
SI Motion SLS setpoint speed (processor 1)	p9533	80.000 %
SI Motion act. val. comp. tolerance (cross-ch) (processor 1)	p9542	12.0000 °
SI Motion SSM filter time (processor 1)	p9545	0.00 ms
SI Motion SSM speed limit (processor 1)	p9546	20.00 rpm
SI Motion SSM velocity hysteresis (processor 1)	p9547	10.0000 rpm
SI Motion SAM actual speed tolerance (processor 1)	p9548	300.00 rpm
SI Motion SLS changeover delay time (processor 1)	p9551	100.00 ms
SI Motion pulse suppression delay time (processor 1)	p9556	600000.00 ms
SI Motion acceptance test mode time limit (processor 1)	p9558	40000.00 ms
SI Motion forced checking procedure timer (processor 1)	p9559	9000.00 h
SI Motion pulse suppression shutdown speed (processor 1)	p9560	10.00 rpm
SI Motion SLS-specific stop response (processor 1), Limit value SLS1	p9563[0]	0
SI Motion SLS-specific stop response (processor 1), Limit value SLS2	p9563[1]	0
SI Motion SLS-specific stop response (processor 1), Limit value SLS3	p9563[2]	0
SI Motion SLS-specific stop response (processor 1), Limit value SLS4	p9563[3]	0
SI Motion SDI tolerance (processor 1)	p9564	12.000 °
SI Motion SDI delay time (processor 1)	p9565	100.00 ms
SI Motion SDI stop response (processor 1)	p9566	1
SI Motion SAM velocity limit (processor 1)	p9568	0.00 rpm
SI Motion acceptance test mode (processor 1)	p9570	0
SI Motion brake ramp reference value (processor 1)	p9581	1500.0000 rpm
SI Motion brake ramp delay time (processor 1)	p9582	250.00 ms
SI Motion brake ramp monitoring time (processor 1)	p9583	10.00 s
SI Motion actual value sensing sensorless fault tolerance (CU)	p9585	-1
SI Motion actual value sensing sensorless delay time (P1)	p9586	100.00 ms
SI Motion actual value sensing sensorless filter time (P1)	p9587	25.00 ms
SI Motion actual value sensing sensorless minimum current (P1)	p9588	10.00 %
SI Motion actual value sensing sensorless accel. limit (P1)	p9589	100.00 %
SI enable functions integrated in the drive (processor 1)	p9601	0x0000000C
SI enable Safe Brake Control (processor 1)	p9602	0
SI PROFIsafe address (processor 1)	p9610	0x1
SI F-DI changeover discrepancy time (processor 1)	p9650	500.00 ms
SI STO/SBC/SS1 debounce time (processor 1)	p9651	1.00 ms
SI Safe Stop 1 delay time (processor 1)	p9652	0.00 s
SI forced checking procedure timer	p9659	9000.00 h
SI forced checking procedure STO via PM terminals time	p9661	8.00 h
SI Motion reference checksum SI parameters (processor 1), Checksum over SI parameters for motion monitoring	p9729[0]	0x0
SI Motion reference checksum SI parameters (processor 1), Checksum over SI parameters for actual values	p9729[1]	0x0
SI Motion reference checksum SI parameters (processor 1), Checksum over SI parameters for hardware	p9729[2]	0x0
SI reference checksum SI parameters (processor 1)	p9799	0x0
SI reference checksum SI parameters (processor 2)	p9899	0x0
SI Motion F-DI changeover discrepancy time (processor 1)	p10002	500.00 ms
SI Motion acknowledgment internal event F-DI (processor 1)	p10006	0
SI Motion digital inputs debounce time (processor 1)	p10017	1.00 ms
SI Motion STO input terminal (processor 1)	p10022	0
SI Motion SS1 input terminal (processor 1)	p10023	0

SI Motion SLS input terminal (processor 1)	p10026	0
SI Motion SDI positive input terminal (processor 1)	p10030	0
SI Motion SDI negative input terminal (processor 1)	p10031	0
SI Motion F-DI monitoring status (processor 1)	r10049	0x00000000
SI Motion PROFIsafe F-DI transfer (processor 1)	p10050	0x00000000
PROFIsafe telegram selection	p60022	30

## F-DO

Name	Param.no.	Value
SI Motion delay time for test stop at DO (processor 1)	p10001	500.00 ms
SI Motion forced checking procedure timer	p10003	8.00 h
SI Motion forced checking procedure F-DO signal source	p10007	0
SI Motion Safe State signal selection (processor 1)	p10039	0x00000001
SI Motion F-DO signal sources (processor 1), AND logic operation input 1	p10042[0]	0
SI Motion F-DO signal sources (processor 1), AND logic operation input 2	p10042[1]	0
SI Motion F-DO signal sources (processor 1), AND logic operation input 3	p10042[2]	0
SI Motion F-DO signal sources (processor 1), AND logic operation input 4	p10042[3]	0
SI Motion F-DO signal sources (processor 1), AND logic operation input 5	p10042[4]	0
SI Motion F-DO signal sources (processor 1), AND logic operation input 6	p10042[5]	0
SI Motion F-DO feedback signal input activation	p10046	0x00000000
SI Motion F-DO test stop mode (processor 1)	p10047	2

## Test of the safety functions

In this test, the correct parameterization is checked. Checking the correct wiring is not part of this test.

### DRIVE

#### Test overview

Tested function	Test status
Mechanical system	OK
Safe Torque Off	OK
Safely-Limited Speed - Level 1	OK

#### Detailed tests

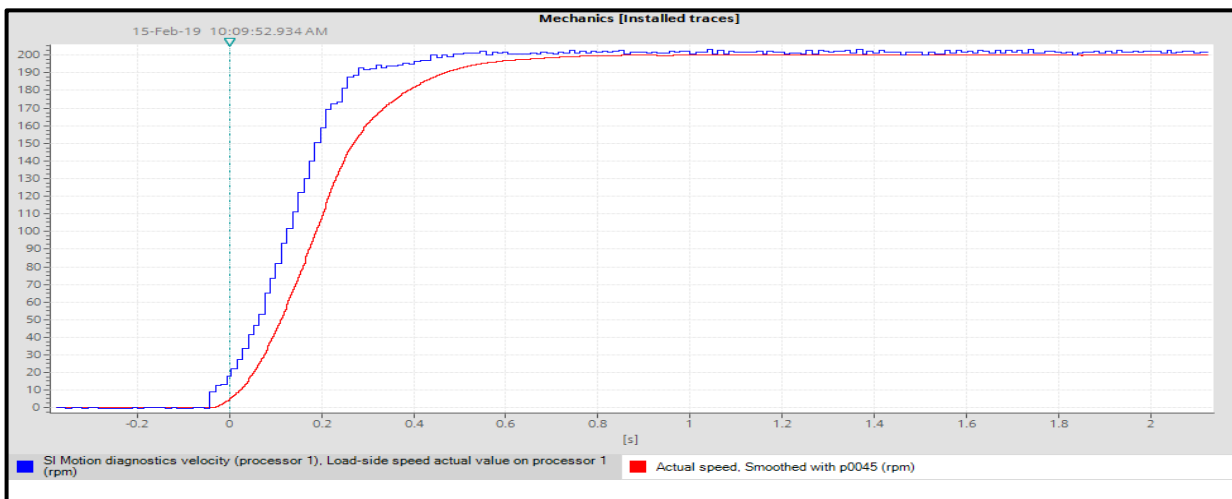
##### Mechanical system (DRIVE)

Step	Test description	Status
1	Traverse drive	
	The drive is moved at a defined speed or traverses a defined distance.	OK
2	Check reaction	
	The values recorded in the trace correspond to the motion performed in the machine.	OK
3	Complete the test	
	No safety faults and alarms are pending.	OK

#### Trace configuration

Recording duration	2500 ms	
Signal curves	r9714[0]	Load-side speed actual value on processor 1
	r63[1]	Smoothed with p0045
Trigger conditions	Rising edge	
Trigger signal	r63[1] >	
	5	Smoothed with p0045
Pretrigger	375 ms	

#### Measurement





### Safe Torque Off (DRIVE\_STO)

Step	Test description	Status
1	Switch the drive on	
	The pulses are enabled and the correct drive traverses.	OK
2	Trigger STO	
	STO is active	OK
3	Deselect STO	
	The drive coasts down to standstill. If there is a mechanical brake, it is closed.	OK
4	Complete the test	
	STO is deactivated.	OK
	No safety faults and alarms are pending.	OK

### Safely-Limited Speed - Level 1 (DRIVE\_SLS)

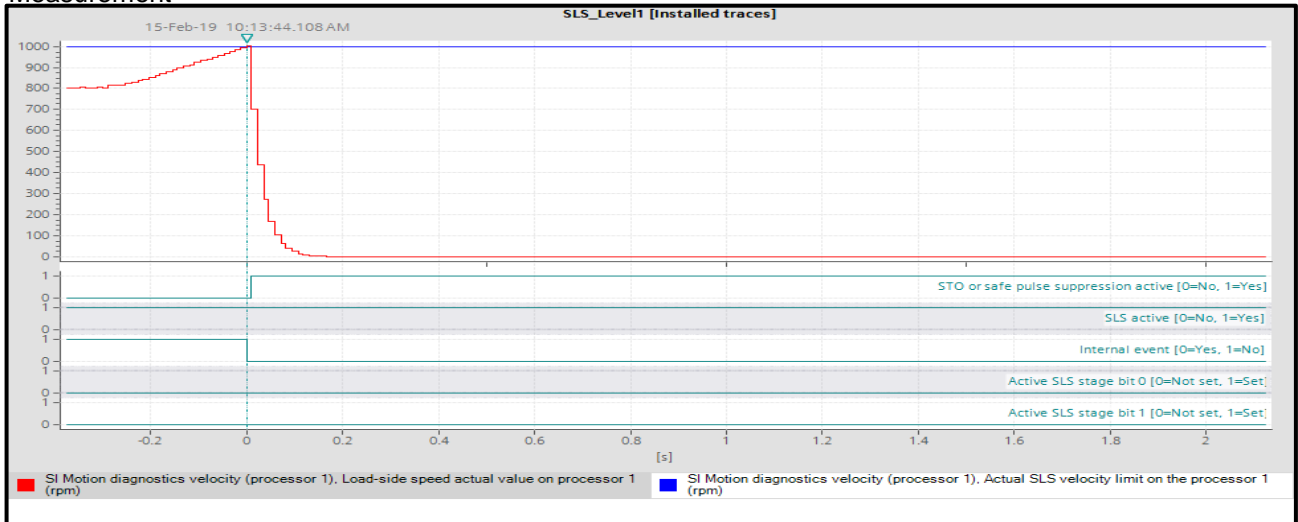
Stop reaction: STOP A

Step	Test description	Status
1	Select SLS	
	All drive enables are active.	OK
	SLS is activated.	OK
2	Traverse drive	
	The drive accelerates beyond the SLS limit. The stop reaction is triggered when the SLS limit is violated.	OK
3	Check reaction	
	The signals recorded in the trace are plausible and suitable for the application.	OK
	The following safety faults are pending:	OK
	C01714(x00), C01714(x00) (SLS limit x exceeded)	OK
	C01700, C30700 (STOP A triggered)	OK
4	Complete the test	
	SLS is deactivated.	OK
	No safety faults and alarms are pending.	OK

Trace configuration

<b>Recording duration</b>	2500 ms	
<b>Signal curves</b>	r9714[0]	Load-side speed actual value on processor 1
	r9714[2]	Actual SLS velocity limit on the processor 1
<b>Bit tracks</b>	r9722	SI Motion drive-integrated status signals (processor 1)
	.0	STO or safe pulse suppression active [0=No, 1=Yes]
	.4	SLS active [0=No, 1=Yes]
	.7	Internal event [0=Yes, 1=No]
	.9	Active SLS stage bit 0 [0=Not set, 1=Set]
	.10	Active SLS stage bit 1 [0=Not set, 1=Set]
<b>Trigger conditions</b>	Bit pattern	
<b>Trigger signal</b>	r9722.7	
	== 0	Internal event [0=Yes, 1=No]
<b>Pretrigger</b>	375 ms	

Measurement



## Completion of the certificate

### Safety Integrated parameters

	Specified parameter values checked	
	Yes	No
Processor 1		
Processor 2		

### Data backup

Parameters	Storage medium	Type	
		Designation	
		Date	
		Archive storage location	
PLC program	Storage medium	Type	
		Designation	
		Date	
		Archive storage location	
Circuit diagrams	Storage medium	Type	
		Designation	
		Date	
		Archive storage location	

### Countersignatures

#### Commissioning engineer

This confirms that the tests and checks were performed correctly.

Date	
Name	
Company/Dept.	
Signature	

#### Machine manufacturer

This confirms that the recorded parameters are correct.

Date	
Name	
Company/Dept.	
Signature	