

# Функция безопасного отключения момента (STO) в преобразователях частоты и сервоусилителях Delta Electronics

С конца 2014 года Delta Electronics добавила в преобразователи частоты серий C2000, CP2000, CH2000, VFD-ED-S, а также в сервоусилители ASDA-A2-E функцию безопасного отключения крутящего момента (STO), предусмотренную европейским стандартом EC Directive 2006/42/EC (ГОСТ Р МЭК 61800-2-2012). Данная функция уже сертифицирована компанией TÜV Rheinland (см. соответствующий сертификат). В данном документе приведено подробное описание функции STO и связанных с ней изменений в частотных преобразователях C2000 и CP2000.

## 1. Описание функции безопасного отключения момента (STO)

Функция безопасного отключения момента (STO) аппаратно выключает подачу напряжения на выходные клеммы преобразователя частоты, и, тем самым, двигатель перестает развивать момент. При работе функции STO используются два независимых канала, которые аппаратно отключают работу драйверов IGBT-модулей и блоков, задающих импульсы управления инвертором.

### Примечание

Для приводов, на которые воздействует постоянный момент (например, подвешенные грузы), использование функции STO в качестве единственной функции обеспечения безопасности недостаточно и необходимо предусмотреть дополнительные меры безопасного предотвращения падения (например, механический удерживающий тормоз).

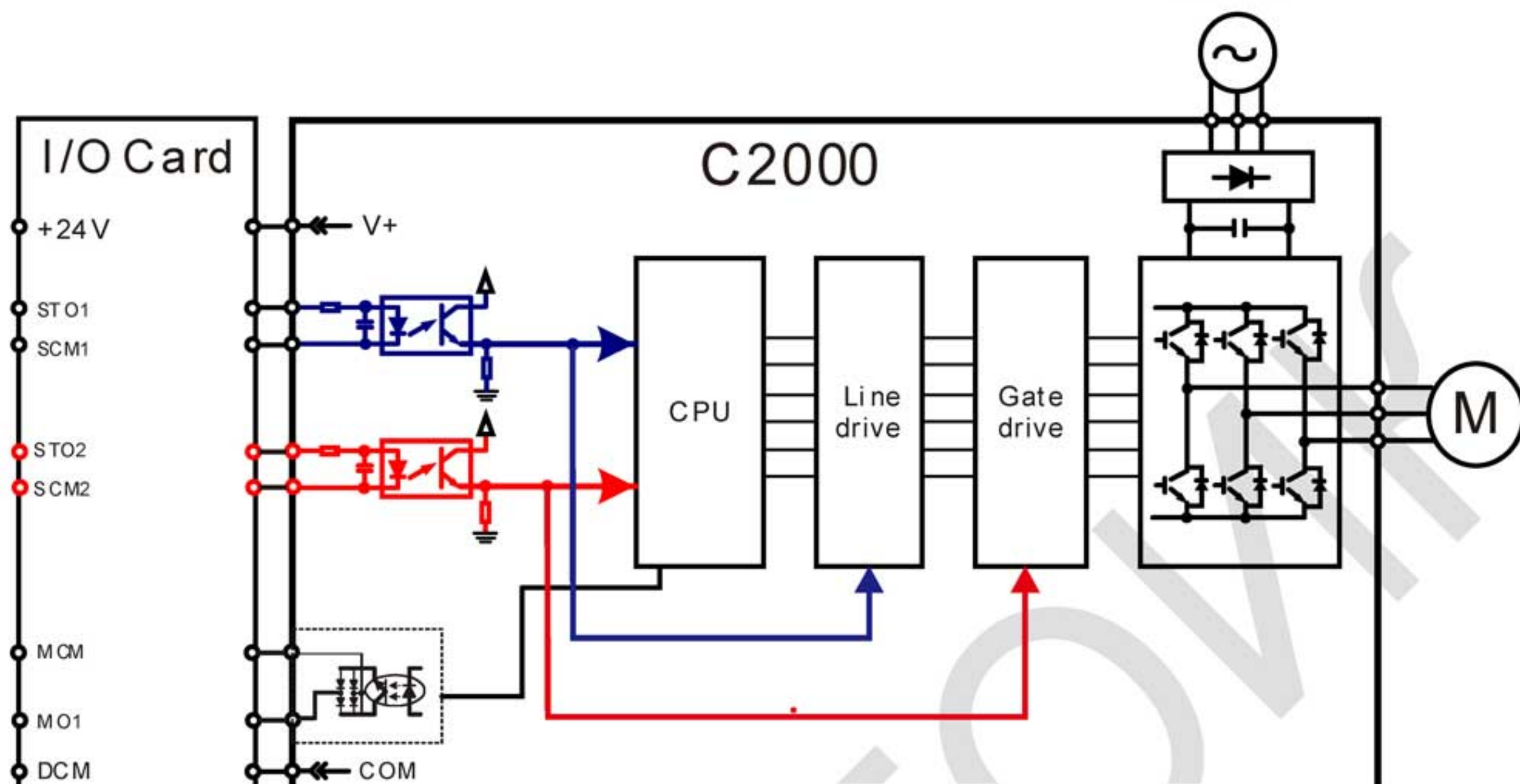
Таблица 1: Описание клемм управления

Сигнал	Канал	Состояние оптрона			
Сигнал STO	STO1~SCM1	Вкл.(High)	Вкл.(High)	Выкл.(Low)	Выкл.(Low)
	STO2~SCM2	Вкл.(High)	Выкл.(Low)	Вкл.(Low)	Выкл.(Low)
Состояние преобразователя частоты					
		Готовность	Режим STL2 (вых. момент выключен)	Режим STL1 (вых. момент выключен)	Режим STO (вых. момент выключен)

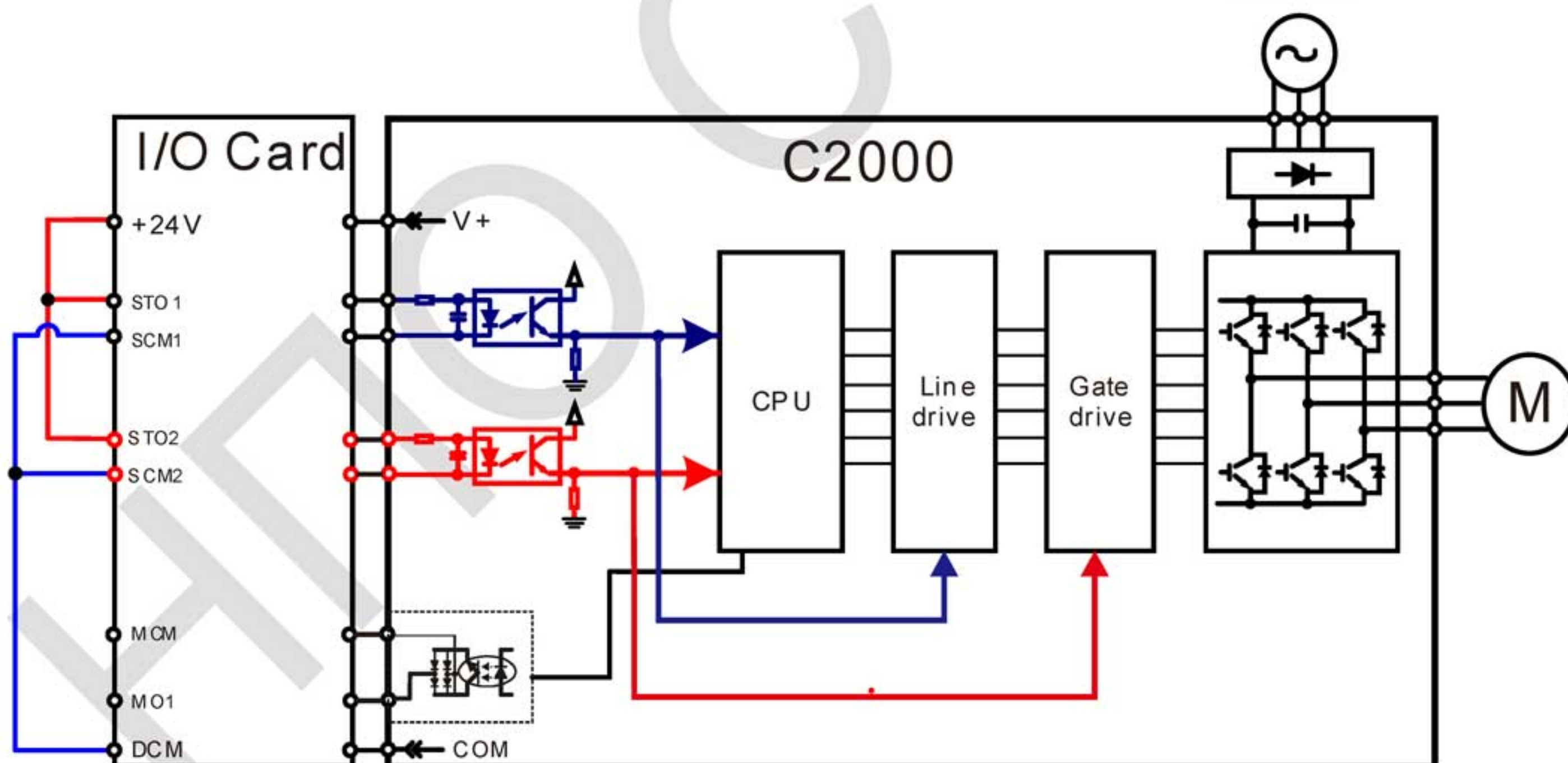
- 📖 STO означает безопасное отключение крутящего момента
- 📖 STL1~STL3 означает некорректную работу функции безопасного отключения крутящего момента.
- 📖 STL3 означает, что внутренние цепи STO1~SCM1 и STO2~SCM2 работают некорректно.
- 📖 STO1~SCM1 Вкл. (High): напряжение 24 В постоянного тока подано на STO1 и SCM1.
- 📖 STO2~SCM2 Вкл. (High): напряжение 24 В постоянного тока подано на STO2 и SCM2.
- 📖 STO1~SCM1 Выкл. (Low): напряжение 24 В постоянного тока не подано на STO1 и SCM1.
- 📖 STO2~SCM2 Выкл. (Low): напряжение 24 В постоянного тока не подано на STO1 и SCM1.

## 2. Принципиальные схемы

2.1 Внутренние цепи STO, где Gate drive - это драйвера IGBT-модулей, а Line drive - это блоки, задающие импульсы управления инвертором.

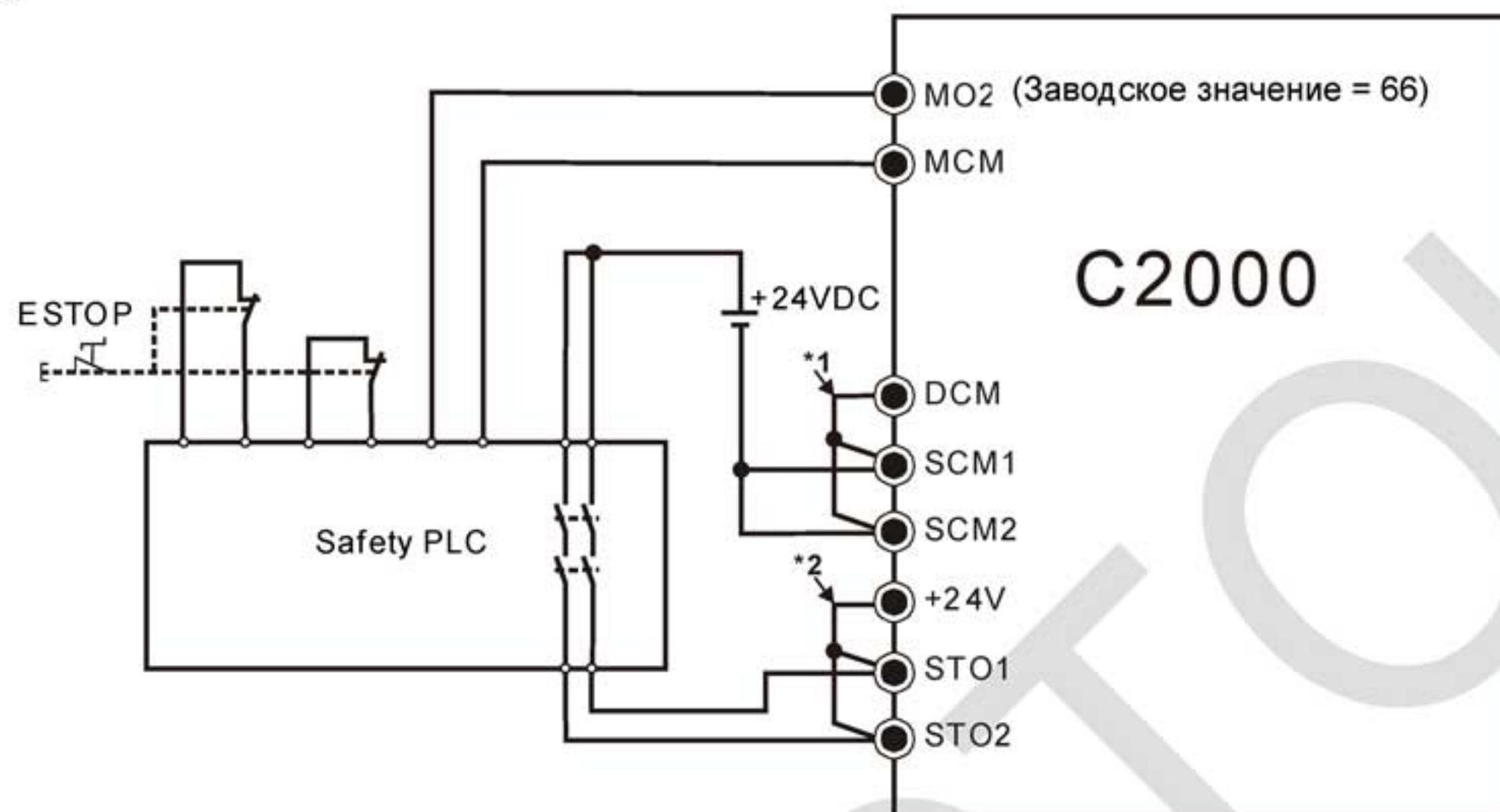


2.2 В состоянии поставки функция STO в преобразователе частоты отключена с помощью установленных перемычек +24V-STO1-STO2 и SCM1-SCM2-DCM. См. нижеприведенный рисунок



### 2.3 Схема подключения цепей/контроллера безопасности:

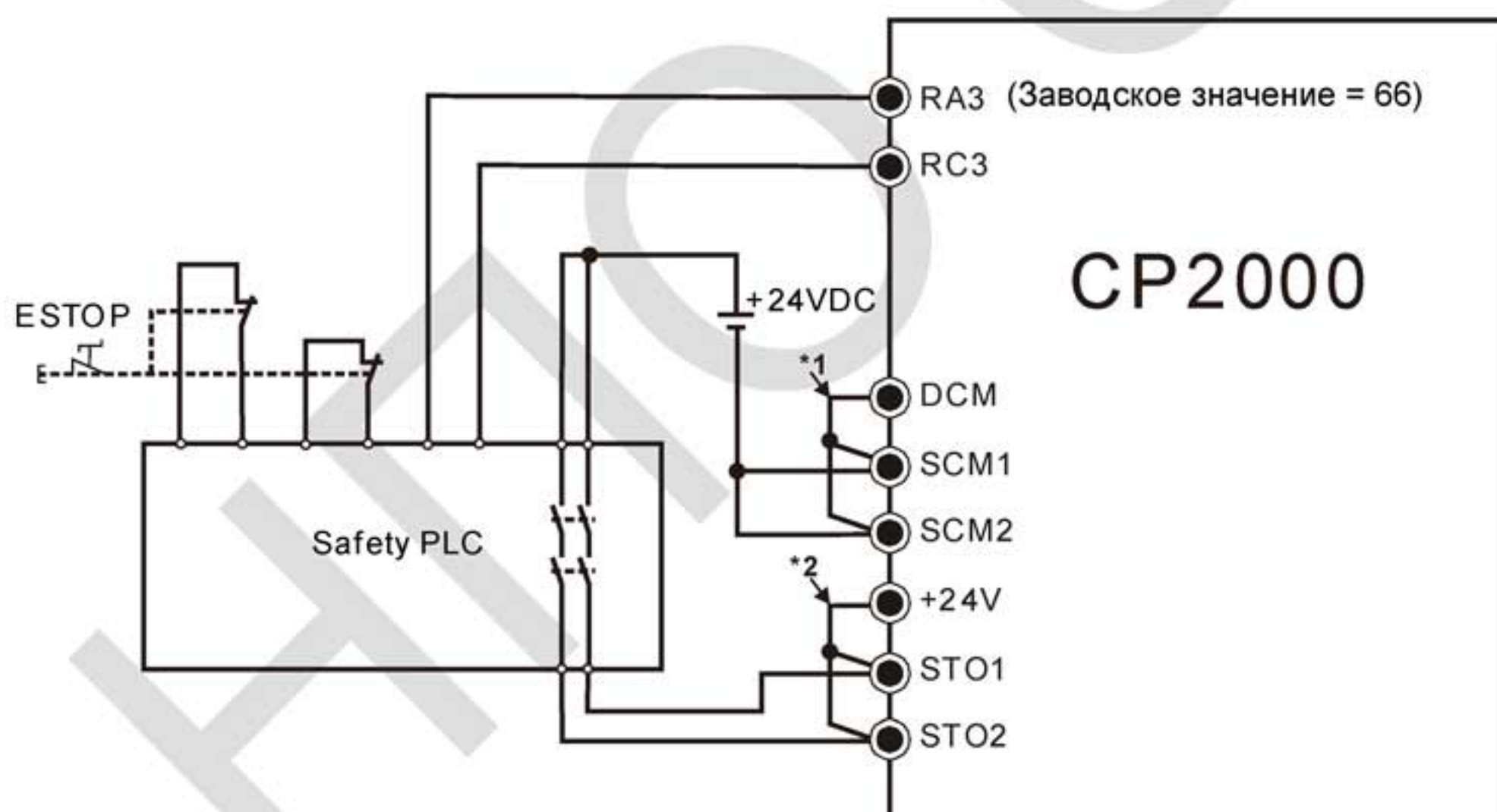
1. Удалите перемычки +24V-STO1-STO2 и DCM-SCM1-SCM2.
2. Подключите контроллер безопасности или другие цепи и устройства безопасности (электронные предохранительные коммутационные устройства, активные или пассивные датчики безопасности) согласно ниже приведенной схеме. Выключатель ESTOP для контроллера безопасности должен быть нормально закрытым, что разрешает работу привода при нормальных условиях.
3. При переключении выключателя ESTOP в разомкнутое положение подача напряжения на STO1~SCM1 и STO2~SCM2 прервется и включится режим STO с индикацией STO на экране пульта.



**Примечание:**

\*1: В состоянии поставки преобразователя частоты установлена перемычка SCM1-SCM2-DCM.

\*2: В состоянии поставки преобразователя частоты установлены перемычка +24V-STO1-STO2.



**Примечание:**

\*1: В состоянии поставки преобразователя частоты установлена перемычка SCM1-SCM2-DCM.

\*2: В состоянии поставки преобразователя частоты установлены перемычка +24V-STO1-STO2.

### 3. Описание циклограмм работы

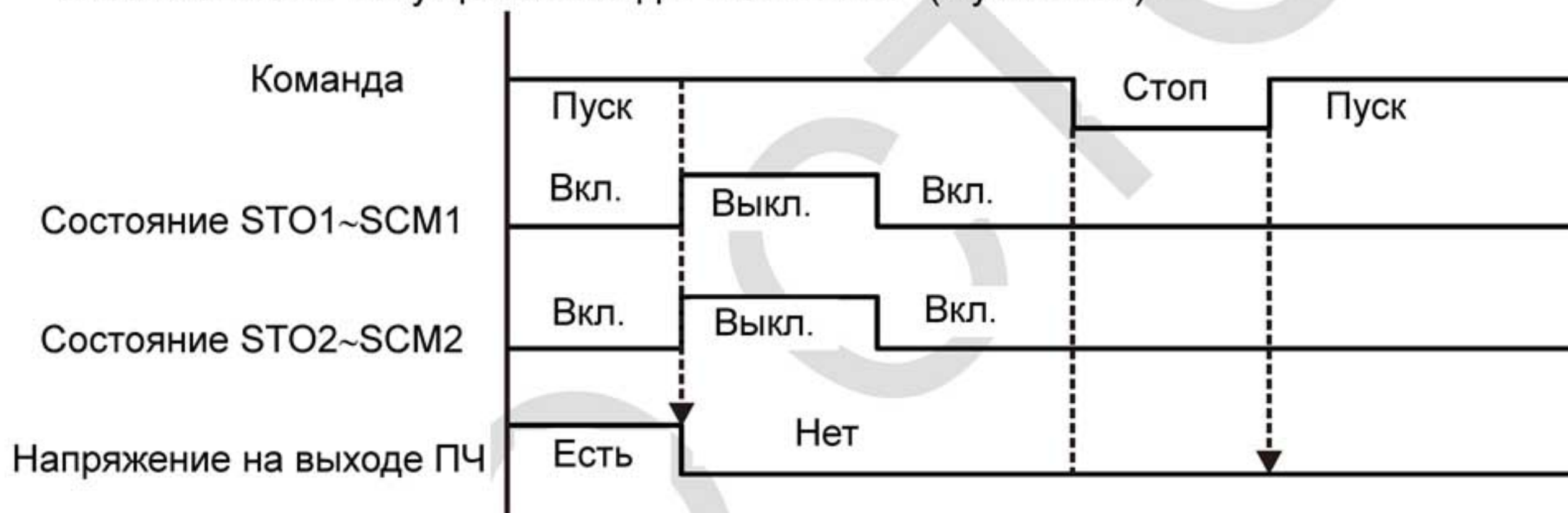
#### 3.1 Нормальная работа

При STO1~SCM1 и STO2~SCM2 = Вкл. (безопасного отключения момента нет) ПЧ работает согласно командам RUN/STOP (Пуск/Стоп).



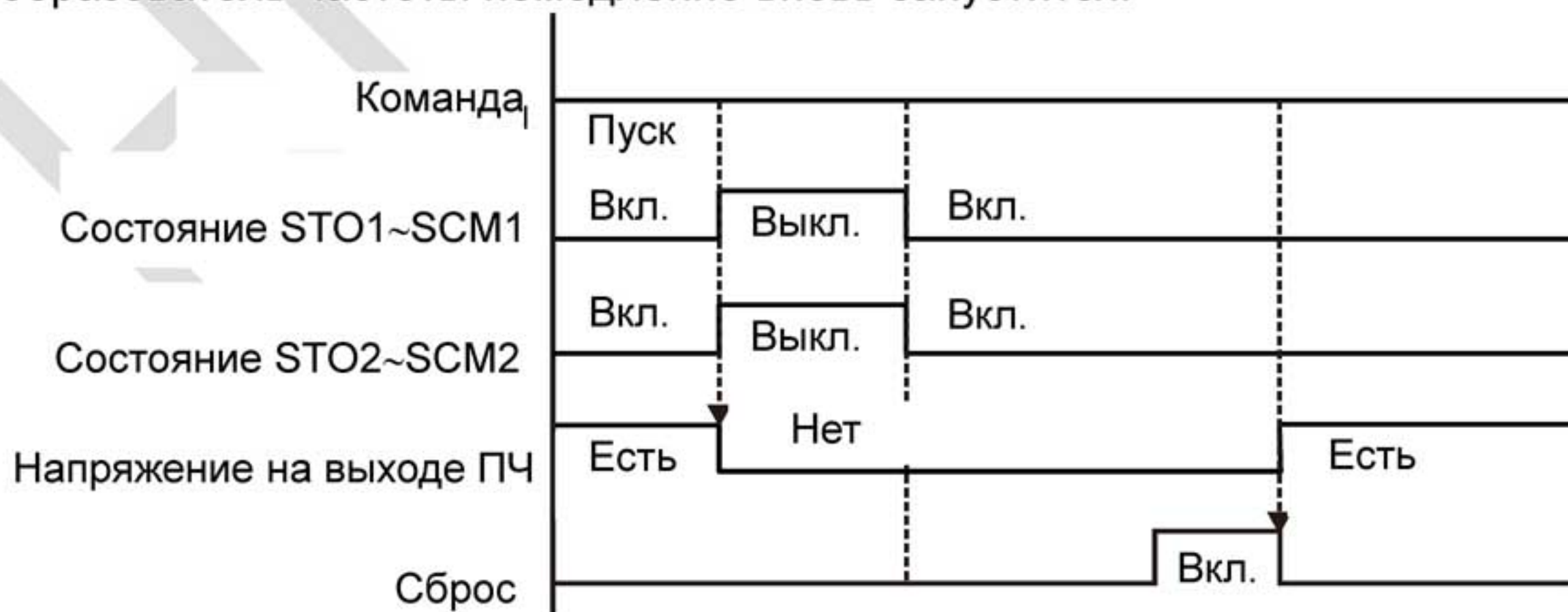
#### 3.2.1 Безопасное отключение момента (STO), параметр 06-44=0, параметр 02-35=0

При выключении (пропадании напряжения) STO1~SCM1 и STO2~SCM2 включится функция безопасного отключения момента, и подача напряжения на выход ПЧ прекратится, независимо от текущей команды RUN/STOP (Пуск/Стоп).

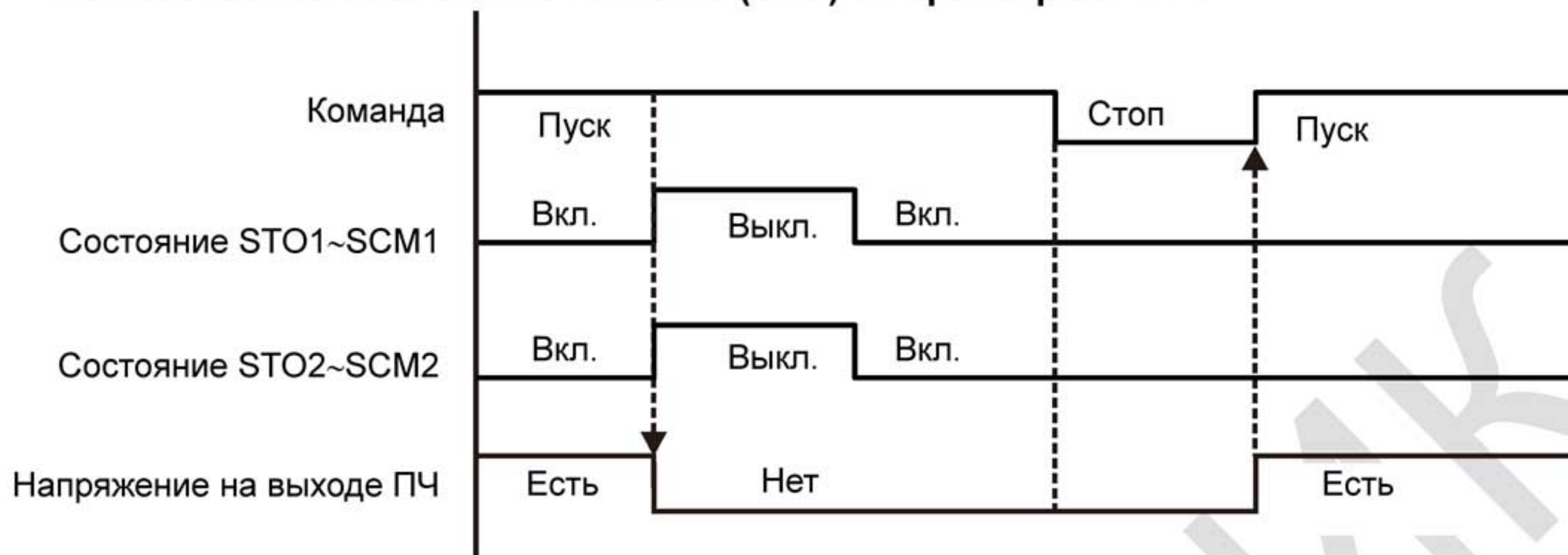


#### 3.2.2 Безопасное отключение момента (STO), параметр 06-44=0, параметр 02-35=1

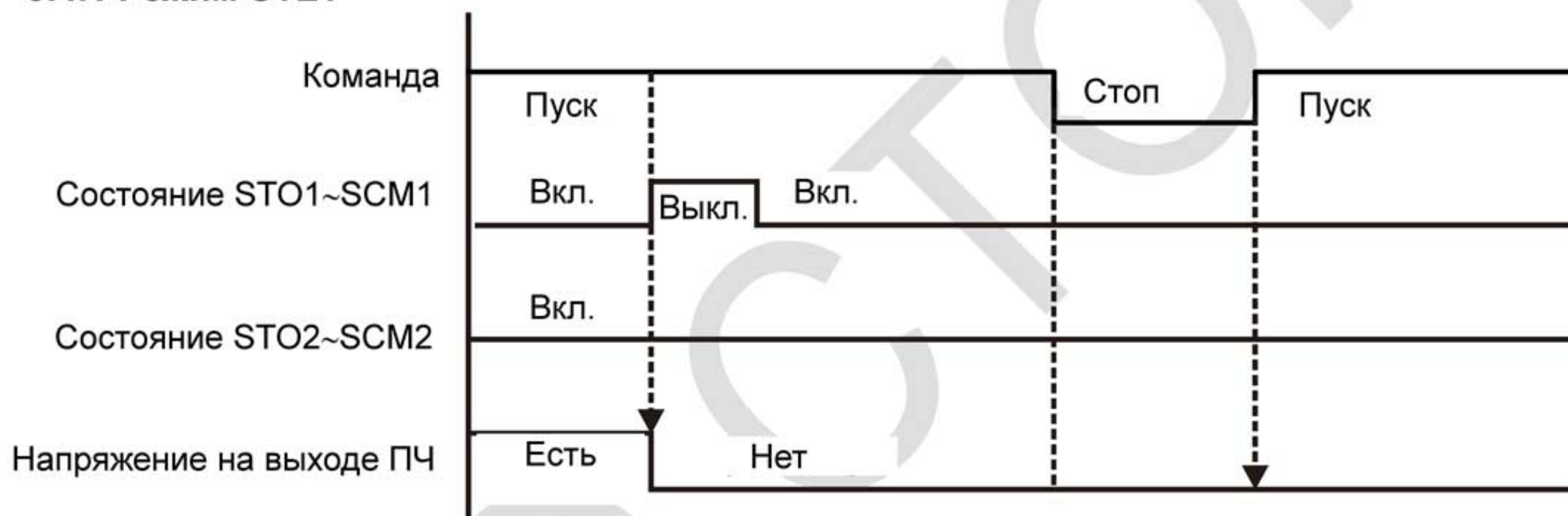
Аналогично выше изложенному пункту 20-5-2-1, но благодаря параметру 02-35=1 (автозапуск привода) после команды Сброса (Reset) при наличии команды Пуск преобразователь частоты немедленно вновь запустится.



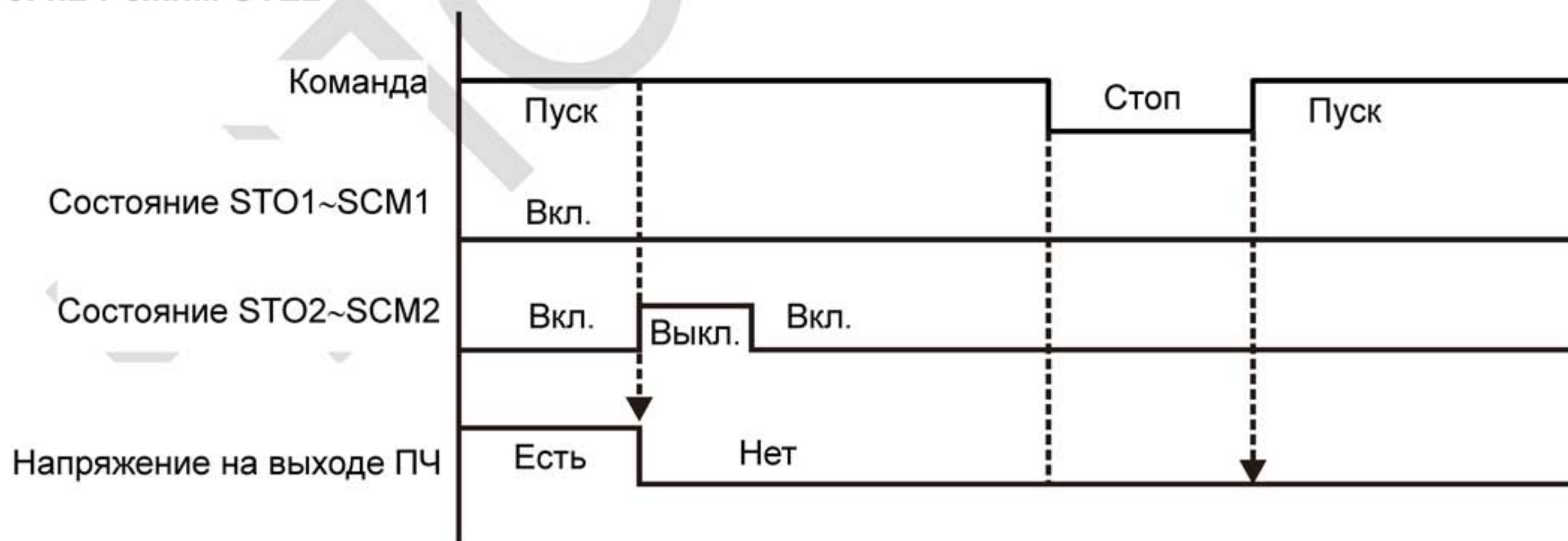
### 3.3 Безопасное отключение момента (STO) и параметр 06-44=1



### 3.4.1 Режим STL1

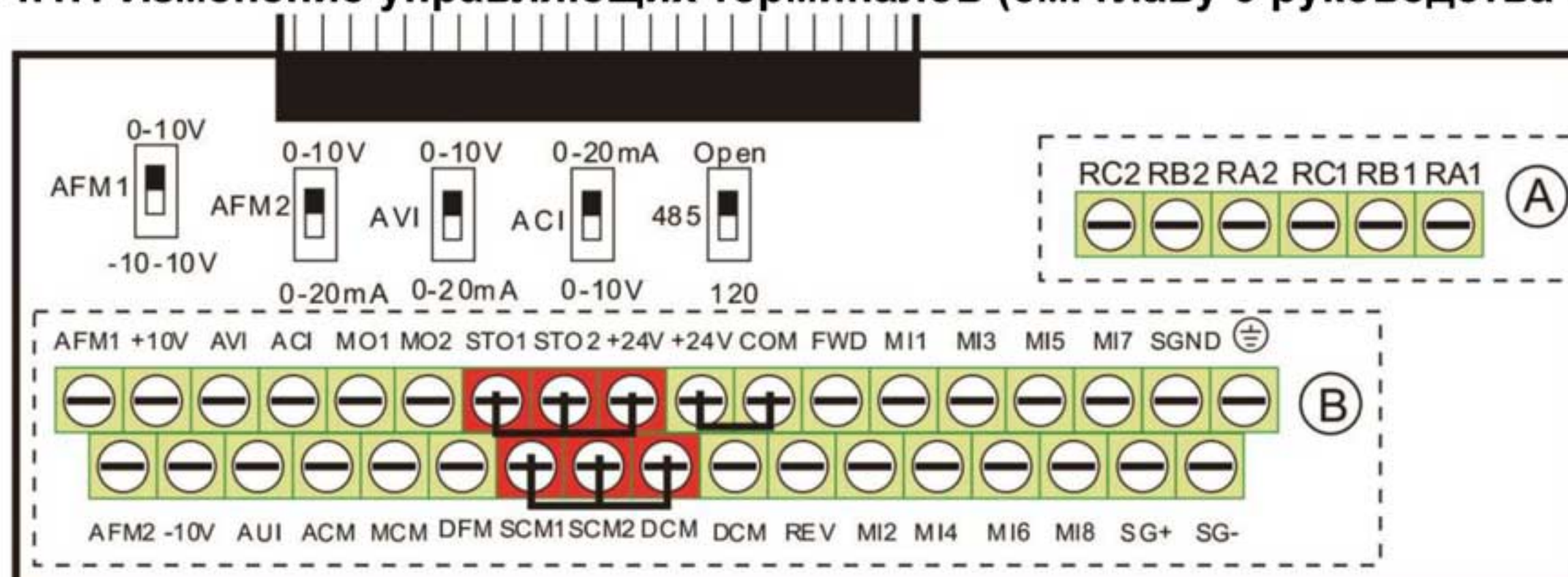


### 3.4.2 Режим STL2



## 4.1 Изменения и дополнения в руководстве по эксплуатации преобразователей частоты серии C2000

### 4.1.1 Изменение управляющих терминалов (см. главу 6 руководства по эксплуатации)



Съемный клеммник каналов управления

Терминал	Функция
STO1	В состоянии поставки преобразователя частоты установлены переключки +24V-STO1-STO2 и SCM1-SCM2-DCM.
SCM1	
STO2	Входы для функции безопасного отключения момента в соответствии с EN954-1 и IEC/EN61508.
SCM2	Используется две независимые пары терминалов: STO1~SCM1 и STO2~SCM2 Вкл.: ток управления 3.3 мА≥11В

### 4.1.2 Дополнение в список и описания параметров (см. главу 11 и 12 руководства по эксплуатации)

↗	<b>06-44</b>	Запоминание аварии STO	Заводское значение: 0
		Значение 0: Авария STO запоминается	
		1: Авария STO не запоминается	

- 📖 Параметр 06-44=0 Авария STO запоминается: После пропадания причин, вызвавших аварию STO, необходимо дополнительно подать команду сброса аварии STO.
- 📖 Параметр 06-44=1 Авария STO не запоминается: После пропадания причин, вызвавших аварию STO, авария STO сбрасывается автоматически.
- 📖 Все ошибки STL1~STL3 запоминаются (в режиме STL1~STL3 параметр 06-44 не действует).

↗	<b>02-13</b>	Многофункциональный дискретный выход 1 (RY 1)	Заводское значение: 11
↗	<b>02-14</b>	Многофункциональный дискретный выход 2 (RY 2)	Заводское значение: 1
↗	<b>02-16</b>	Многофункциональный дискретный выход 3 (MO1)	Заводское значение: 0
↗	<b>02-17</b>	Многофункциональный дискретный выход 4 (MO2)	Заводское значение: 66
		Значения:	
		66: Выход системы безопасности, НО	
		68: Выход системы безопасности, НЗ	

Значения	Функция	Описание
66	Выход системы безопасности с логикой А	Выход системы безопасности, нормально открытый
68	Выход системы безопасности с логикой В	Выход системы безопасности, нормально замкнутый

Состояние преобразователя частоты	Состояние выходов системы безопасности	
	НО (МО=66)	НЗ (МО=68)
Нормальная работа	Разомкнут	Замкнут
STO	Замкнут	Разомкнут
STL1~STL3	Замкнут	Разомкнут

↗	<b>00-04</b>	Содержание многофункционального дисплея
		Заводское значение: 3
	Значения	45: Версия аппаратной части

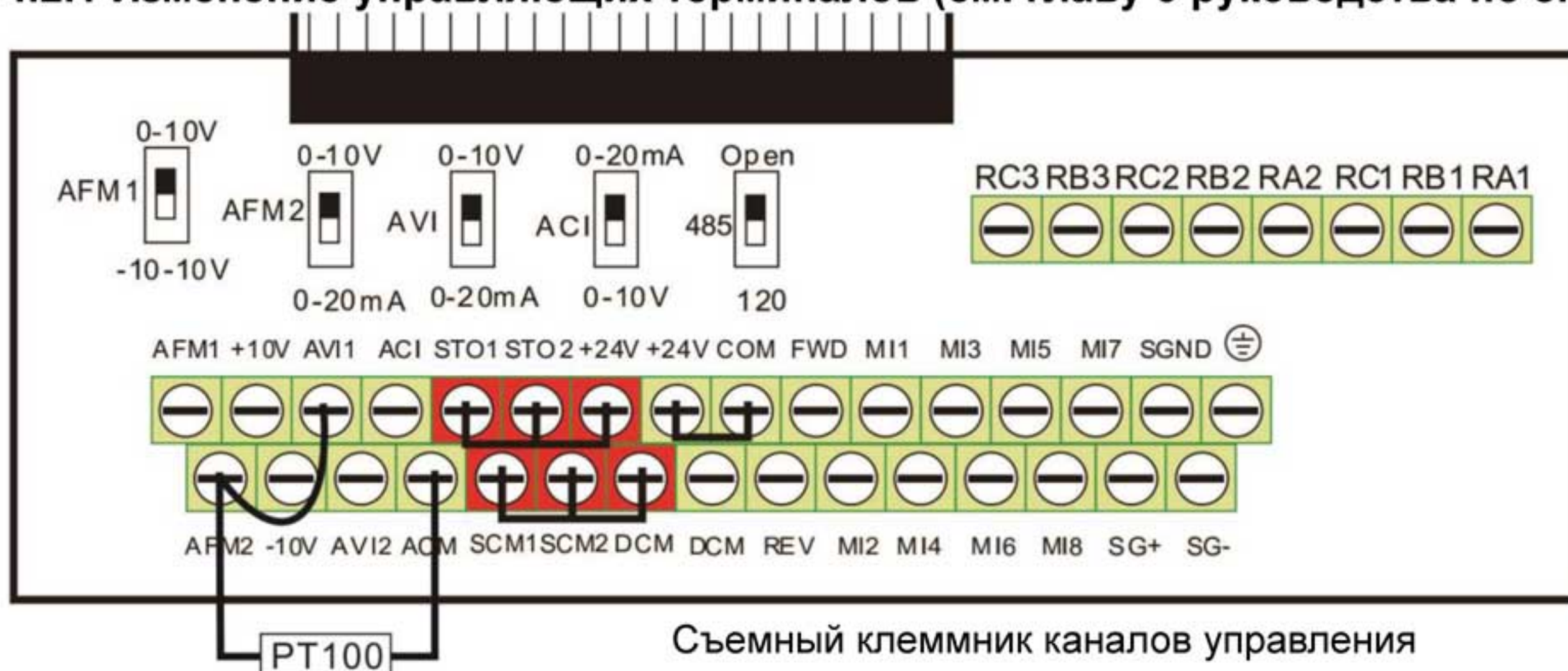
00-04=45	Версия аппаратной части
----------	-------------------------

	<b>06-17</b>	Последняя запись об аварии
	<b>06-18</b>	2-я запись об аварии
	<b>06-19</b>	3-я запись об аварии
	<b>06-20</b>	4-я запись об аварии
	<b>06-21</b>	5-я запись об аварии
	<b>06-22</b>	6-я запись об аварии
		Значения:
		72 : Внутренняя аппаратная ошибка канала 1 (STO1~SCM1)
		76 : STO (безопасное отключение крутящего момента)
		77 : Внутренняя аппаратная ошибка канала 2 (STO2~SCM2)
		78 : Внутренняя аппаратная ошибка каналов 1 и 2 (STO1~SCM1 и STO2~SCM2)

Код ошибки	Название	Описание
76	STO	STO (безопасное отключение крутящего момента)
72	STL1 (STO1~SCM1)	Внутренняя аппаратная ошибка канала 1 (STO1~SCM1)
77	STL2 (STO2~SCM2)	Внутренняя аппаратная ошибка канала 2 (STO2~SCM2)
78	STL3	Внутренняя аппаратная ошибка каналов 1 и 2 (STO1~SCM1 и STO2~SCM2)

## 4.2 Изменения и дополнения в руководство по эксплуатации преобразователей частоты серии CP2000

### 4.2.1 Изменение управляющих терминалов (см. главу 6 руководства по эксплуатации)



Терминал	Функция
STO1	В состоянии поставки преобразователя частоты установлены перемычки +24V-STO1-STO2 и SCM1-SCM2-DCM.
STO2	Входы для функции безопасного отключения момента в соответствии с EN954-1 и IEC/EN61508.
SCM2	Используется две независимые пары терминалов: STO1~SCM1 и STO2~SCM2 Вкл.: ток управления 3.3 мА ≥ 11В

### 4.2.2 Дополнение в список и описания параметров (см. главу 11 и 12 руководства по эксплуатации)

⚡	<b>06-44</b>	Запоминание аварии STO	Заводское значение: 0
		Значение 0: Авария STO запоминается	
		1: Авария STO не запоминается	

📖 Параметр 06-44=0 Авария STO запоминается: После пропадания причин, вызвавших аварию STO, необходимо дополнительно подать команду сброса аварии STO.

📖 Параметр 06-44=1 Авария STO не запоминается: После пропадания причин, вызвавших аварию STO, авария STO сбрасывается автоматически.

Все ошибки STL1~STL3 запоминаются (в режиме STL1~STL3 параметр 06-44 не действует).

⚡	<b>02-13</b>	Многофункциональный дискретный выход 1 (RY 1)	Заводское значение: 11
⚡	<b>02-14</b>	Многофункциональный дискретный выход 2 (RY 2)	Заводское значение: 1
⚡	<b>02-15</b>	Многофункциональный дискретный выход 3 (RY 3)	Заводское значение: 66
		Значения:	
		66: Выход системы безопасности, НО	
		68: Выход системы безопасности, НЗ	



Значения	Функция	Описание
66	Выход системы безопасности с логикой А	Выход системы безопасности, нормально открытый
68	Выход системы безопасности с логикой В	Выход системы безопасности, нормально замкнутый

Состояние преобразователя частоты	Состояние выходов системы безопасности	
	НО (МО=66)	НЗ (МО=68)
Нормальная работа	Разомкнут	Замкнут
STO	Замкнут	Разомкнут
STL1~STL3	Замкнут	Разомкнут

↗	<b>00-04</b>	Содержание многофункционального дисплея
		Заводское значение: 3
	Значения	45: Версия аппаратной части

00-04=45	Версия аппаратной части
----------	-------------------------

	<b>06-17</b>	Последняя запись об аварии
	<b>06-18</b>	2-я запись об аварии
	<b>06-19</b>	3-я запись об аварии
	<b>06-20</b>	4-я запись об аварии
	<b>06-21</b>	5-я запись об аварии
	<b>06-22</b>	6-я запись об аварии
		Значения:
		72 : Внутренняя аппаратная ошибка канала 1 (STO1~SCM1)
		76 : STO (безопасное отключение крутящего момента)
		77 : Внутренняя аппаратная ошибка канала 2 (STO2~SCM2)
		78 : Внутренняя аппаратная ошибка каналов 1 и 2 (STO1~SCM1 и STO2~SCM2)

Код ошибки	Название	Описание
76	STO	STO (безопасное отключение крутящего момента)
72	STL1 (STO1~SCM1)	Внутренняя аппаратная ошибка канала 1 (STO1~SCM1)
77	STL2 (STO2~SCM2)	Внутренняя аппаратная ошибка канала 2 (STO2~SCM2)
78	STL3	Внутренняя аппаратная ошибка каналов 1 и 2 (STO1~SCM1 и STO2~SCM2)

## 5. Совместимость версий плат управления преобразователей частоты, встроенных карт вх/вых. и прошивок

C2000	Прошивка v1.12	Прошивка v1.20
Плата управления v1.12 + старая карта вх/вых (без входов STO)	Совместимо	Совместимо
Плата управления v1.12 + новая карта вх/вых (с входами STO)	Ошибка	Ошибка
Плата управления v1.20 + старая карта вх/вых (без входов STO)	Ошибка	Ошибка
Плата управления v1.20 control board + новая карта вх/вых (с входами STO)	Ошибка	Совместимо

## 6. Показатели безопасности функции STO

Показатель	Описание	Стандарт	Значение
SFF	Доля безопасных отказов	IEC61508	Канал 1: 80.08% Канал 2: 68.91%
HFT (Type A subsystem)	Допуск на отказы аппаратного обеспечения	IEC61508	1
SIL	Уровень полноты безопасности	IEC61508	SIL 2
		IEC62061	SILCL 2
PFH	Вероятность возникновения опасного случайного аппаратного отказа за час	IEC61508	$9.56 \times 10^{-10}$
$PFD_{av}$	Средняя вероятность отказа (случайного аппаратного) при запросе	IEC61508	$4.18 \times 10^{-6}$
Category	Категория	ISO13849-1	Категория 3
PL	Уровень работоспособности	ISO13849-1	d
$MTTF_d$	Среднее время до опасного отказа	ISO13849-1	Высокое (High)
DC	Диагностические возможности	ISO13849-1	Низкие (Low)

## 7. Сертификат TÜV Rheinland

# EC Type-Examination Certificate



Functional  
Safety  
Type  
Approved

www.tuv.com  
ID 0600000000

**Reg.-No.: 01/205/5429.00/15**

<b>Product tested</b>	Safety Function "Safe Torque Off" (STO)	<b>Certificate holder</b>	Delta Electronics, Inc. 18 Xinglong Road Taoyuan County Taoyuan City 33068 Taiwan, R.O.C.
<b>Type designation</b>	within the drive series VFD-C, VFD-CP, VFD-CT, VFD-CH, VFD-HH, DPD, VFD-ED-S and ASD-A2. Details see Annex (Version Release List)		
<b>Codes and standards</b>	IEC 61800-5-2:2007 IEC 61800-5-1:2007 (in extracts) IEC 61800-3:2012 IEC 62061:2012	EN ISO 13849-1:2008 + AC:2009 IEC 60204-1:2009 (in extracts) IEC 61508 Parts 1-7:2010	
<b>Intended application</b>	The safety function complies with the requirements of the relevant standards (Cat. 3 / PL d acc. to EN ISO 13849-1, SIL CL 2 acc. to IEC 62061 / IEC 61508) and can be used in applications up to PL d acc. to EN ISO 13849-1 and SIL 2 acc. to IEC 62061 / IEC 61508.		
<b>Specific requirements</b>	The instructions of the associated Installation and Operating Manual shall be considered.		

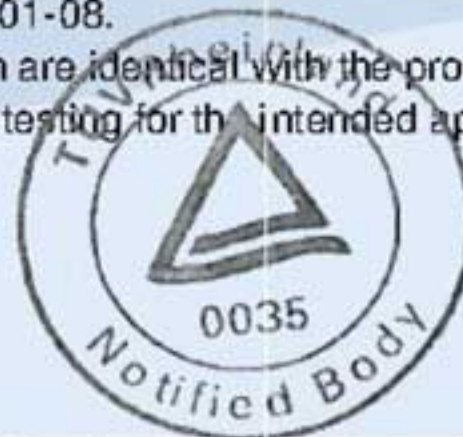
It is confirmed, that the product under test complies with the requirements for machines defined in Annex I of the EC Directive 2006/42/EC.

Valid until 2020-01-08

The issue of this certificate is based upon an examination, whose results are documented in Report No. 968/FSP 1074.00/15 dated 2015-01-08.

This certificate is valid only for products which are identical with the product tested. It becomes invalid at any change of the codes and standards forming the basis of testing for the intended application.

Berlin, 2015-01-08



Certification Body for Machinery, NB 0035

Dipl.-Ing. Eberhard Frejno

www.fs-products.com  
www.tuv.com

**TÜVRheinland®**  
Precisely Right.