



ЧАСТОТНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ

РЕГУЛЯТОР СКОРОСТИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

**Высоковольтные частотные преобразователи СТА
прямого включения серий СТА-В9.НVI
(3 кВ, 6 кВ, 10 кВ)**



Краткое техническое описание устройства

A148.672XXX.010 ТО

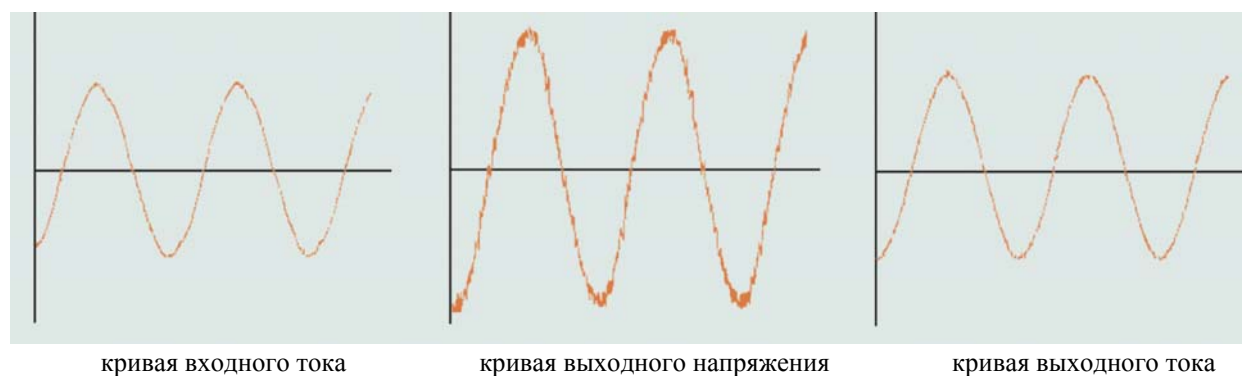
1. Основные достоинства

1. Высоковольтные частотные преобразователи прямого включения серий СТА-В9.NVI предназначены для управления высоковольтными асинхронными двигателями с уровнями питающего напряжения 3000 В, 6000 В или 10000 В и номинальной мощностью от 315 до 8000 кВт.

2. Подключение высоковольтных частотных преобразователей серий СТА-В9.NVI осуществляется без использования внешних понижающего и повышающего трансформаторов (используется метод прямого включения). Это делает его более компактным и экономичным с точки зрения потерь энергии.

3. Топология высоковольтных частотных преобразователей серии СТА-В9.NVI построена таким образом, что гармонические составляющие питающей сети практически полностью подавляются, а выходной ток преобразователей СТА-В9.NVI не содержит гармоник (неточность синусоиды не превышает 4%). Таким образом, при эксплуатации высоковольтных частотных преобразователей серии СТА-В9.NVI отпадает необходимость использовать дополнительное входное и выходное помехоподавляющее оборудование, входной коэффициент мощности привода остается в пределах 0.97 во всем диапазоне изменения мощности, общая эффективность привода (КПД) превышает 96%, а длина выходного кабеля может достигать 500 м. При этом обеспечивается:

- полная совместимость высоковольтного частотного преобразователя СТА-В9.NVI с существующими асинхронными электродвигателями без мощностных потерь;
- бесшумный режим работы электродвигателя;
- отсутствие дополнительных нагрузок на изоляцию электродвигателя.



4. Высоковольтные частотные преобразователи серии СТА-В9.HVI снабжены эффективной следящей системой воздушного охлаждения, которая обеспечивает долговременное стабильное функционирование привода при различных нагрузках, температуре окружающей среды в пределах от 0 до + 40 °С и влажности до 90%.

5. Высоковольтные частотные преобразователи серии СТА-В9.HVI обеспечивают нормальное питание электродвигателя при колебаниях напряжения питающей сети $\pm 10\%$, колебаниях частоты питающей сети $\pm 3\%$ и пропадании питающей сети на время до 100 мс.

6. Топология высоковольтных частотных преобразователей серии СТА-В9.HVI обеспечивает легкую интеграцию с системами резервного питания электродвигателя «bypass».

7. Программное обеспечение пользовательского интерфейса, используемое в высоковольтных частотных преобразователях серии СТА-В9.HVI, разработано на базе ОС WINDOWS / LINUX. Это максимально упрощает процесс управления приводом, делая интерфейс общения с частотным преобразователем понятным даже неподготовленному человеку.

2. Основные технические характеристики

Входные характеристики	Частота входного напряжения	50/60 Гц ± 3%															
	Уровень входного напряжения	Трехфазное 3000 В / 6000 В / 10000 В (-20% / +15%) в зависимости от типа ЧП, однофазное 220 В															
	Допустимое время отсутствия питания	100 мс															
	Входной коэффициент мощности	> 0.97 (при номинальной нагрузке)															
КПД		> 96% (при номинальной нагрузке)															
Охлаждение		Воздушное, принудительное															
Степень защиты		IP30															
СТА-В9.HVI-3000																	
Выходные характеристики	Полная мощность (кВА)	400	500	630	800	1000	1250	1600									
	Номинальная мощность (кВт)	315	400	500	630	800	1000	1250									
	Выходной ток (А)	77	96	120	154	192	240	308									
	Количество последовательных силовых ячеек на фазу	3															
Массогабаритные характеристики	Линейные размеры, (мм), (Д x В x Ш)	3700x2350x1100			4200x2450x1200			6400x2750x1300									
	Вес (кг)	≤ 4200			≤ 6000			≤ 8550									
СТА-В9.HVI-6000																	
Выходные характеристики	Полная мощность (кВА)	400	500	630	800	1000	1250	1600	1800	2000	2250	2500	3150	4000	5000	5600	6250
	Номинальная мощность (кВт)	315	400	500	630	800	1000	1250	1400	1600	1800	2000	2500	3150	4000	4500	5000
	Выходной ток (А)	39	48	61	77	96	120	154	173	192	220	240	304	384	480	540	600
	Количество последовательных силовых ячеек на фазу	5					6										
Массогабаритные	Линейные размеры, (мм), (Д x В x Ш)	3350x2350x1100	3700x2350x1100	4200x2450x1200	6400x2750x1300			6500x3300x2100									

Высоковольтные частотные преобразователи СТА прямого включения серии СТА-В9.НVI

	Вес (кг)	≤ 2800	≤ 3850	≤ 4850	≤ 9050	≤ 14400													
СТА-В9.НVI-10000																			
Выходные характеристики	Полная мощность (кВА)	400	500	630	800	1000	1250	1600	1800	2000	2250	2500	3150	4000	5000	5600	6250	7500	10000
	Номинальная мощность (кВт)	315	400	500	630	800	1000	1250	1400	1600	1800	2000	2500	3150	4000	4500	5000	6000	8000
	Выходной ток (А)	23	29	36	46	58	72	92	104	115	130	144	182	230	290	323	360	433	580
	Количество последовательных силовых ячеек на фазу	9																	
Масогабаритные характеристики	Линейные размеры, (мм), (Д x В x Ш)	4300x2350x1100			4750x2350x1200			5600x2750x1200			8500x2750x1300			8200x3300x2100					
	Вес (кг)	≤ 3850			≤ 5300			≤ 7950			≤ 12800			≤ 22300					

3. Основные функциональные возможности

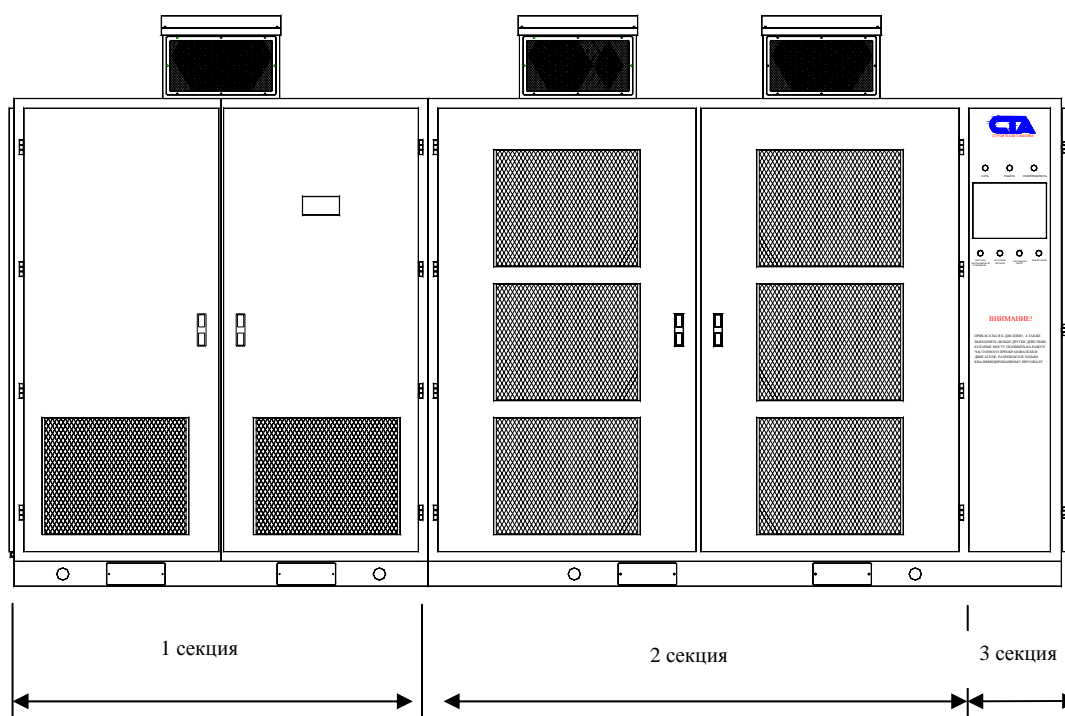
Общие характеристики	Метод и канал управления силовыми ячейками	скалярная ШИМ (U/f), управление по оптоволоконной линии связи
	Диапазон выходной частоты	0 - 60 Гц
	Точность выходной частоты	0.1 Гц
	Перегрузочная способность	120% (1 мин), 150% (2 с), 160% (срабатывание непосредственной защиты по перегрузке); для ЧП с высокой перегрузочной способностью (опционально): 150% (1 мин), 180% (2 с), 200% (срабатывание непосредственной защиты по перегрузке)
	Время разгона/торможения	6 – 1200 с
	Аналоговые входы	0 – 10 В, 4 - 20 мА
	Аналоговые выходы	0 - 10 В, 4 - 20 мА
	Дополнительные интерфейсы	Цифровые входы / выходы, интерфейс RS-485 (Modbus RTU)
	Дополнительные функциональные возможности	Сенсорный 12'' ЖК-монитор, пользовательский интерфейс под ОС Windows / Linux, панель контроля внутренней температуры, встроенный ПИД-регулятор
	Защитные функции	Защита от перегрузки по току и механической перегрузки электродвигателя, защита от короткого замыкания, контроль дисбаланса по фазам, защита от кратковременного пропадания питающей сети, контроль потери входной/выходной фазы, защита от перегрузки по напряжению и от пониженного напряжения, контроль состояния силовой части, контроль температуры трансформатора, защита от несанкционированного доступа, отключение по внешней ошибке и т.д. «bypass» (опционально)
Окружающая среда	Температура окружающей среды в рабочем режиме	От 0 °С до +40 °С
	Температура хранения и транспортировки	От -40 до +70 °С при краткосрочном хранении, от -40 до +30 °С при длительном хранении
	Влажность	< 90% (без конденсата)
	Высота над уровнем моря	< 1000 м

4. Состав и основные принципы функционирования

4.1. Состав

Высоковольтные частотные преобразователи прямого включения серии СТА-В9.НVI обычно представляет собой трехсекционный шкаф, включающий в себя:

- секцию силовых агрегатов (1-я секция);
- секцию силовых модулей (2-я секция);
- секцию модулей управления (3-я секция);
- внешние охлаждающие вентиляторы на верхней части шкафа.



4.1.1. Секция силовых агрегатов



Входной трансформатор, обеспечивающий подачу 3-х фазной питающей сети к силовой части частотного преобразователя, является сухим трансформатором с изоляцией класса Н.

Для обеспечения требуемого уровня охлаждения внутри данной секции установлены специальные вентиляторы, а в верхней части дополнительно установлен внешний центробежный вентилятор (на трансформаторах свыше 1000 кВА). На двери шкафа трансформатора расположена панель контроля внутренней температуры секции с функцией защиты от перегрева (130 °С – предупреждение о возможности возникновения перегрева трансформатора, 150 °С – информирование о перегреве трансформатора).

Внутри шкафа установлен датчик положения, который издает специальный звуковой сигнал при открытии двери секции силовых агрегатов.

4.1.2. Секция силовых модулей



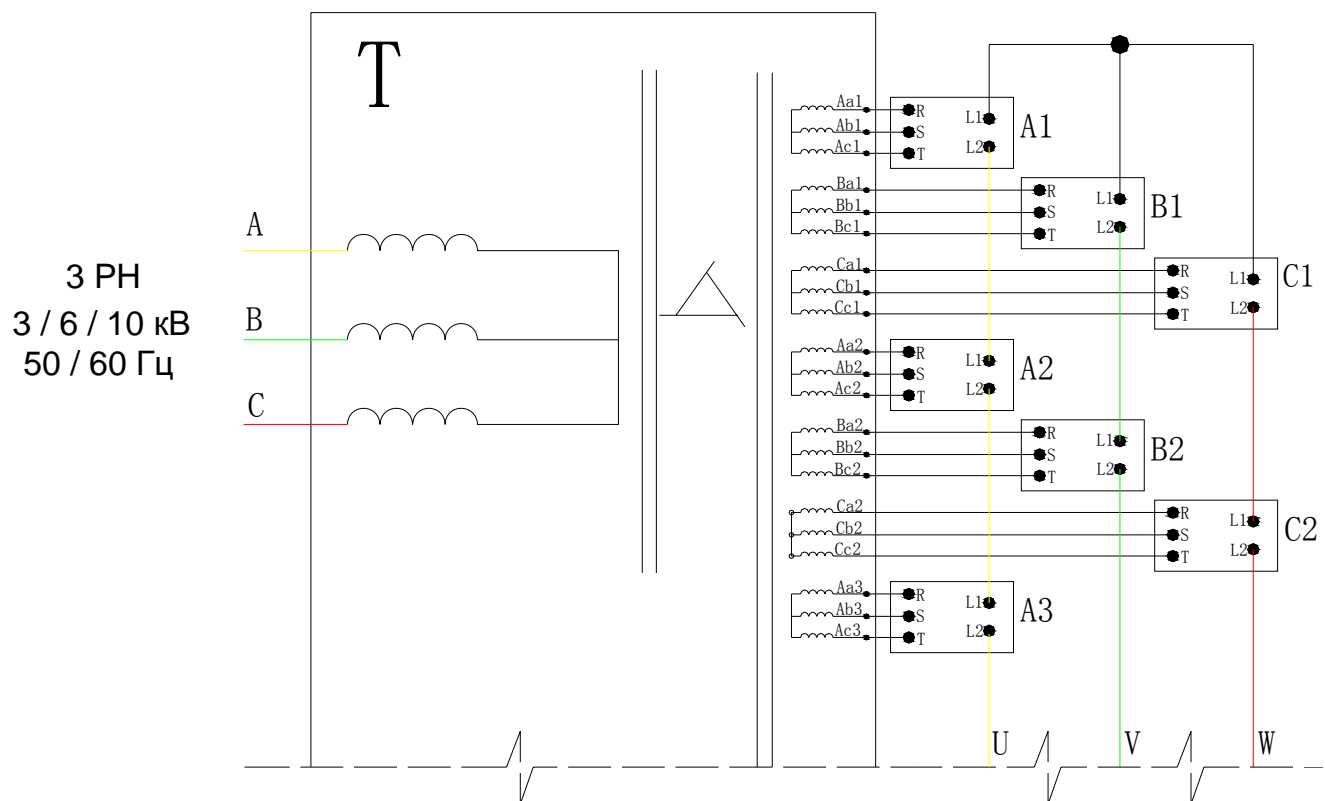
Секция силовых модулей представляет собой шкаф, содержащий три Y-соединенные между собой группы последовательно соединенных силовых

модулей: модули группы А, модули группы В и модули группы С (три фазы соответственно). Номинальное напряжение каждого силового модуля: 580 В для частотных преобразователей СТА-В9.НВИ-3000, 690 В для частотных преобразователей СТА-В9.НВИ-6000, 640 В для частотных преобразователей СТА-В9.НВИ-10000.

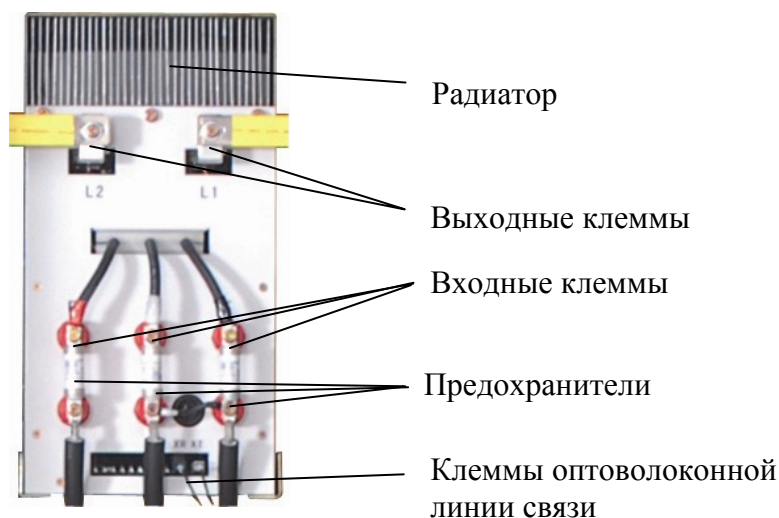
Процесс охлаждения силовых модулей в данной секции осуществляется следующим образом. Холодный воздух поступает через плоский фильтр, установленный на лицевой стороне двери шкафа секции и служащий для предотвращения попадания в секцию силовых модулей сторонних частиц пыли, переносится к задней стенке шкафа и далее под действием внешнего центробежного вентилятора, установленного в верхней части секции, выводится в окружающую среду.

Внутри шкафа установлен датчик положения, который издает специальный звуковой сигнал при открытии двери секции силовых модулей.

Схема подключения секции силовых модулей к секции силовых агрегатов (обобщенный вид) представлена ниже:

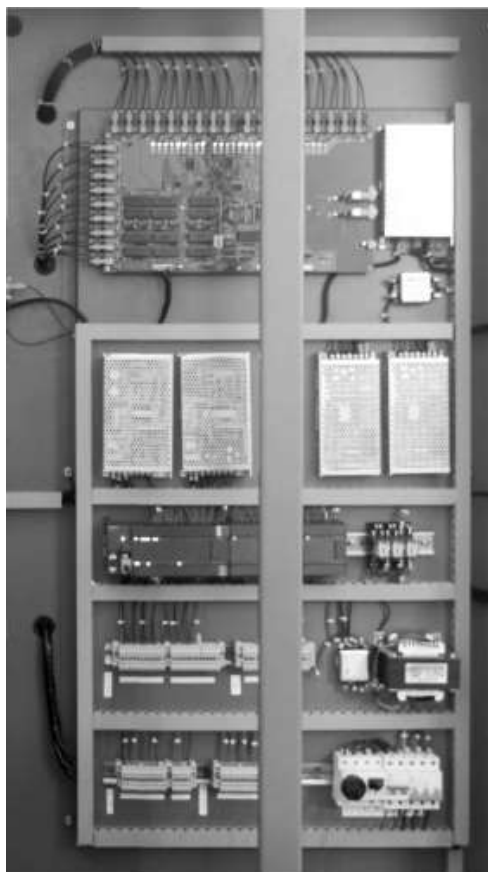


Силовые модули (силовые ячейки) имеют следующую структуру:



Все силовые модули, рассматриваемые в рамках одного высоковольтного частотного преобразователя, обладают свойством взаимозаменяемости, т.к. имеют одинаковую структуру, а также массогабаритные и технические характеристики. Управляются силовые модули по оптоволоконной линии связи, что обеспечивает полную электроизоляцию элементов управления от силовой части.

4.1.3. Секция модулей управления



На лицевой панели секции модулей управления располагаются основные элементы индикации и управления частотным преобразователем:

- сенсорный экран, представляющий собой основной элемент управляющего частотным преобразователем интерфейса;
- информационные индикаторы функционирования частотного преобразователя: «СЕТЬ», «РАБОТА», «НЕИСПРАВНОСТЬ»;
- управляющие кнопки и переключатели: «МЕСТНОЕ / ДИСТАНЦИОННОЕ УПРАВЛЕНИЕ», «ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ», «СИСТЕМНЫЙ СБРОС», «ВЫКЛЮЧЕНИЕ».

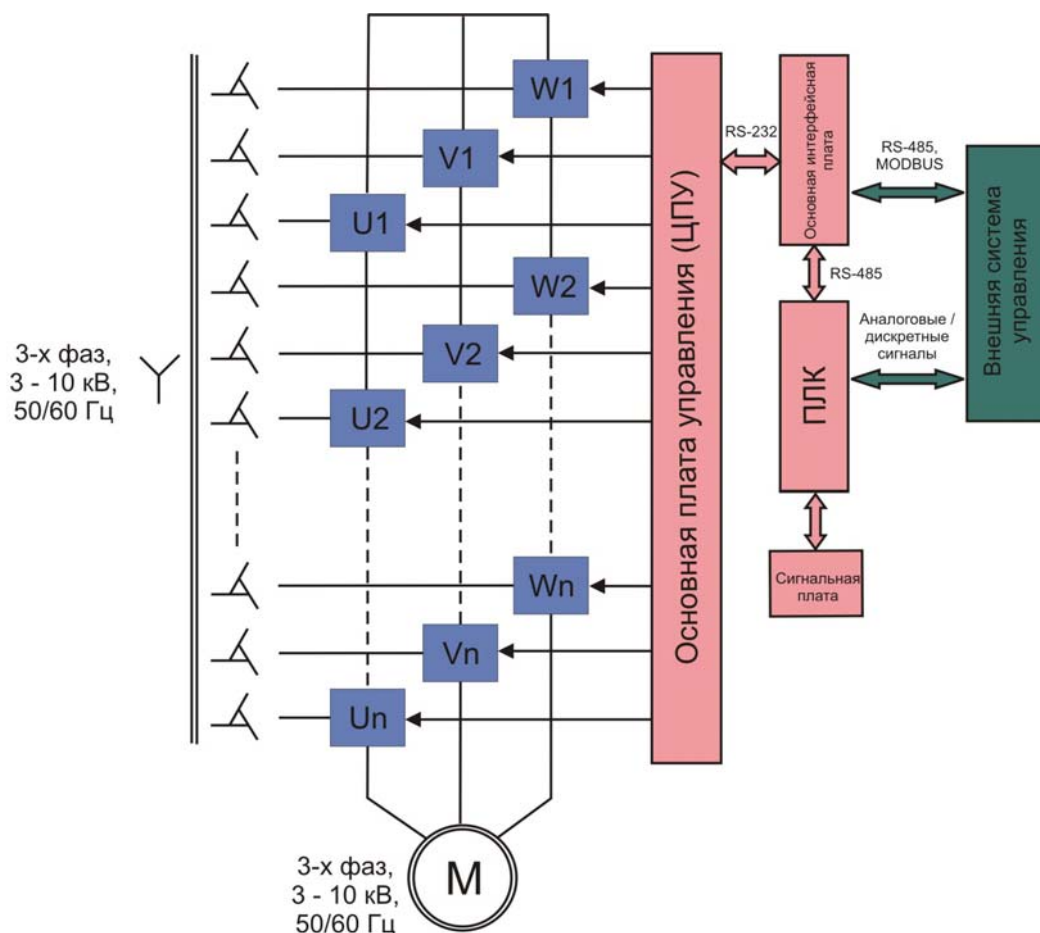
Основными элементами секции модулей управления являются:

- система электропитания управляющих элементов;
- центральный ПЛК;
- основная плата управления (ЦПУ) силовыми модулями.

4.2. Основные принципы функционирования

4.2.1. Основная цепь

Высоковольтные частотные преобразователи серии СТА-В9.НVI являются частотными преобразователями прямого включения с последовательным соединением силовых модулей в фазе.



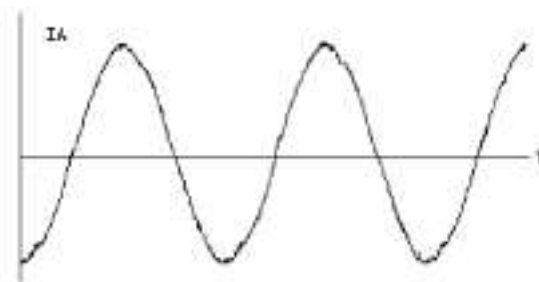
Входной трансформатор в зависимости от уровня напряжения имеет разное количество вторичных обмоток: 3000 В – 9 обмоток, 6000 В – 15 обмоток, 10000 В – 27 обмоток. Данный трансформатор является трансформатором сухого типа с воздушным охлаждением и не требует каких-либо особенных условий технического и эксплуатационного обслуживания, обладая при этом длительным сроком службы.

Для максимального подавления гармоник со стороны питающей сети вторичные обмотки одной и той же фазы трансформатора сдвинуты относительно друг друга электрически исходя из нижеследующего расчета:

$$\varphi_{\text{сдвига}} = \frac{60^{\circ}}{N},$$

где $\varphi_{\text{сдвига}}$ - угол сдвига в электрических градусах, N – количество последовательно соединенных силовых модулей в выходной фазе частотного преобразователя.

Таким образом, большая часть гармонических составляющих входного тока устраняется, суммарные гармонические искажения не превышают 5 %, КПД частотного преобразователя значительно повышается, его энергосберегающая эффективность максимальна, а форма кривой входного тока максимально приближена к синусоиде:



Выходной сигнал частотных преобразователей серии СТА-В9.HVI формируется трехфазным каскадом последовательно соединенных силовых модулей. Конфигурации выходных каскадов представлены в нижеследующей таблице:

Тип ЧП	Количество последовательно соединенных силовых модулей в фазе	Номинальное напряжение силовой ячейки, В	Фазное напряжение, В	Число уровней фазного напряжения	Линейное напряжение, кВ	Число уровней линейного напряжения
СТА-В9.HVI-3000	3	580	1740	7	3	13
СТА-В9.HVI-6000, 630 кВт и менее мощные	5	690	3450	11	6	21
СТА-В9.HVI-6000, 800 кВт и более мощные	6	580	3480	13	6	25
СТА-В9.HVI-10000	9	640	5760	19	10	37

Диаграммы напряжений выходных каскадов частотных преобразователей серии СТА-В9.HVI представлены ниже:

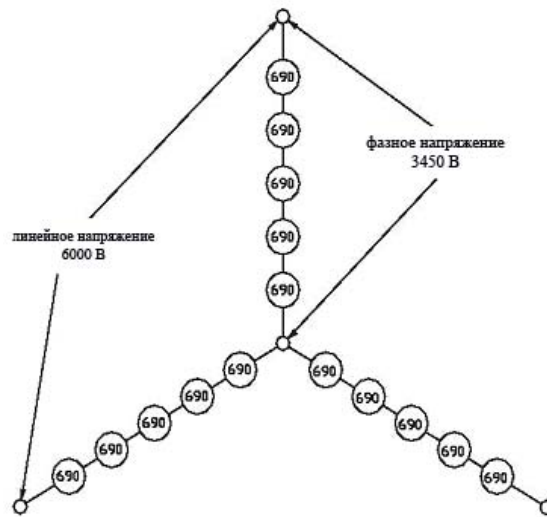


Диаграмма напряжений СТА-В9.НВИ-6000

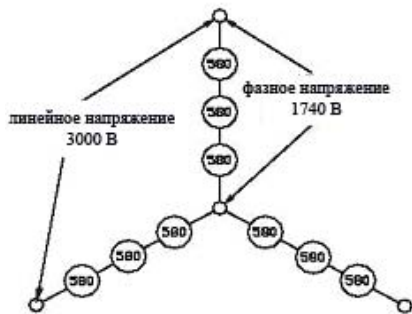


Диаграмма напряжений
СТА-В9.НВИ-3000

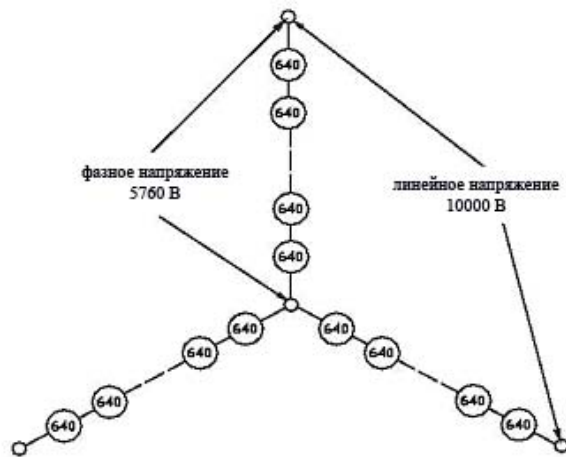
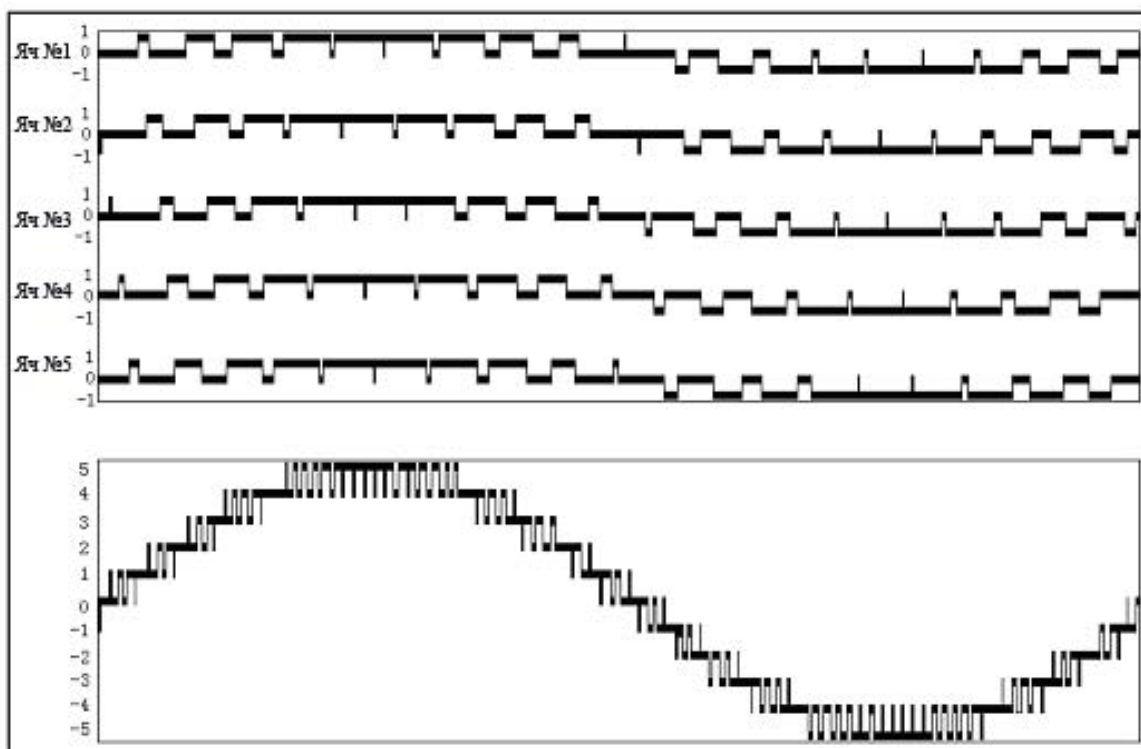
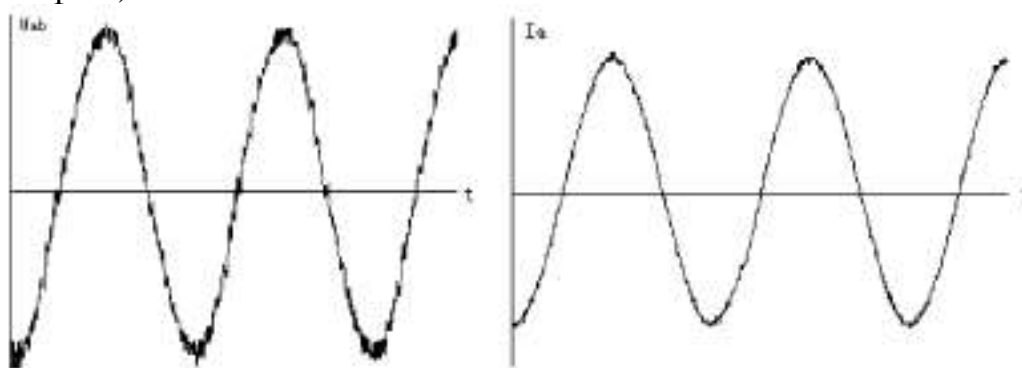


Диаграмма напряжений
СТА-В9.НВИ-10000

В качестве примера на нижеследующем рисунке приведена диаграмма формирования фазного выходного напряжения, генерируемого выходным каскадом, состоящим из пяти последовательно соединенных силовых модулей в фазе:



Последовательное соединение силовых модулей сопровождается также и последовательным их включением во времени (с отставанием во времени), вследствие чего получается 11 (для рассматриваемого случая) различных уровней фазного напряжения (5 ~ 0 ~ -5) и 21 уровень линейного напряжения. Вследствие дифференцирования напряжения (фильтрующий эффект $\partial U/\partial t$) происходит резкое снижение содержания гармоник в выходном напряжении частотного преобразователя, делая форму его кривой приближенной к синусоиде, что, в свою очередь, благотворно сказывается на изоляции электродвигателя. Вследствие индуктивного характера обмоток электродвигателя форма кривой выходного тока частотного преобразователя становится максимально приближенной к синусоиде, что демонстрируют нижеследующие осциллограммы (приведены для частотного преобразователя СТА-В9.НVI-6000 с шестью последовательно соединенными силовыми модулями в фазе):

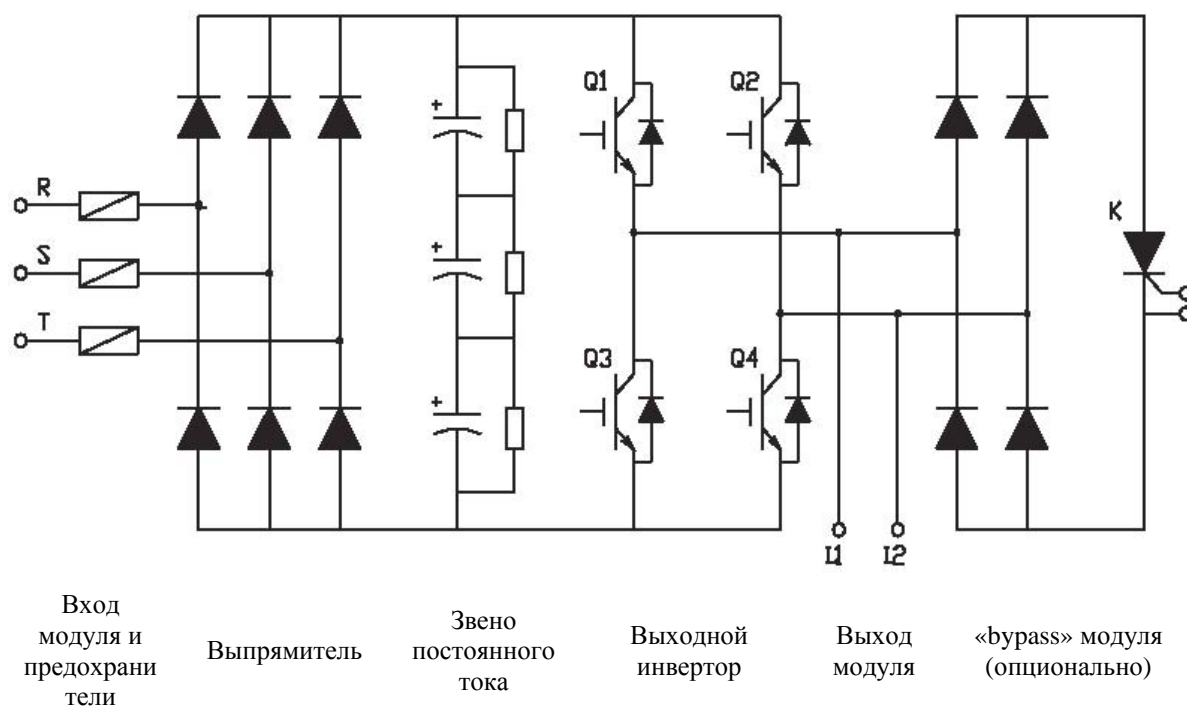


Кривая выходного линейного напряжения

Кривая выходного фазного тока

4.2.2. Силовые модули

Силовые модули, соединенные с вторичными обмотками трансформатора и формирующие выходной сигнал на выходе частотного преобразователя, имеют следующую структуру:



Силовые модули управляются от ЦПУ по оптоволоконной линии связи. Согласно сигналам управления выходные инверторы силовых модулей формирует ШИМ, каждый модуль имеет три возможных состояния (три возможных уровня напряжения): когда транзисторы Q1 и Q4 открыты, то на выходе модуля (L1 и L2) напряжение, соответствующее логическому «уровню 1»; когда транзисторы Q2 и Q3 открыты, то на выходе модуля (L1 и L2) напряжение, соответствующее логическому «уровню -1»; когда открыты транзисторы Q1 и Q2 или Q3 и Q4, то на выходе модуля (L1 и L2) напряжение, соответствующее логическому «уровню 0».

Каждый силовой модуль может быть оснащен (опционально) функцией «bypass». В случае, если структура модуля повреждена, например, вышел из строя предохранитель, то функция «bypass» автоматически активируется: выходной инвертор модуля блокирует его выход, тиристор K открывается, а в систему управления частотным преобразователем подается сигнал-уведомление об активации функции «bypass» вышедшего из строя силового модуля. При этом уровень выходного напряжения частотного преобразователя снижается, однако, частотный преобразователь автоматически увеличивает выходное напряжение до требуемого уровня, чтобы обеспечить необходимую мощность, отдаваемую

нагрузке (при низкой выходной частоте) либо снижает выходную частоту до тех пор, пока выходной ток не достигнет допустимого значения (см. нижеприведенную таблицу).

Тип ЧП	Максимальная выходная частота ЧП при активном «bypass» силового модуля, при которой его выходное напряжение остается номинальным, Гц	
	Постоянный момент на валу электродвигателя	Переменный момент на валу электродвигателя (вентиляторного или насосного типа)
СТА-В9.HVI-3000	33.3	34.7
СТА-В9.HVI-6000	40.0	46.4
СТА-В9.HVI-10000	44.4	48.1

4.2.3. Система управления

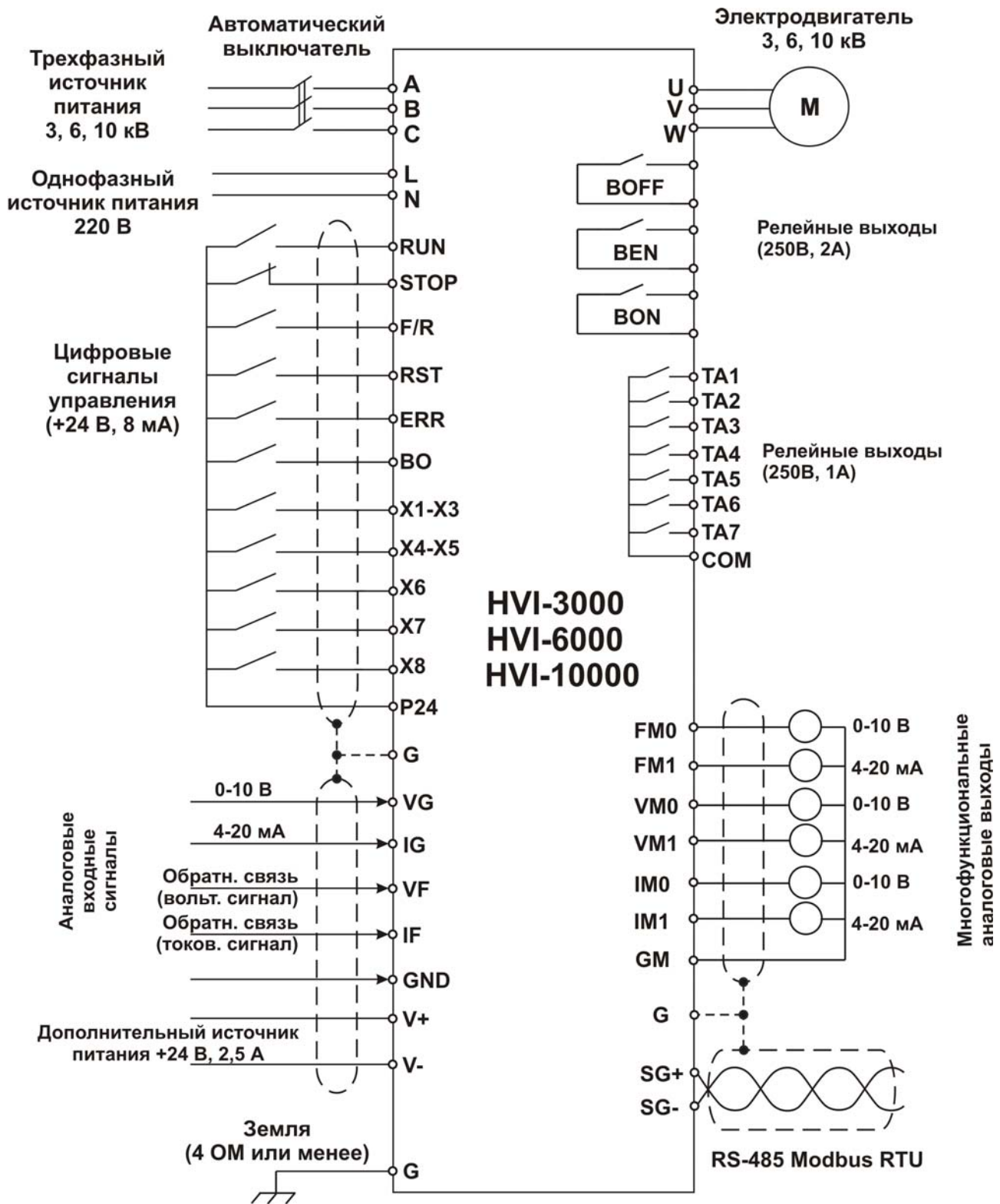
Система управления частотных преобразователей серии СТА-В9.HVI функционально состоит из следующих основных узлов:

- основной платы управления (ЦПУ);
- платы распределения сигналов (сигнальной платы);
- ПЛК;
- основной интерфейсной платы.

Управляющие сигналы от системы управления, такие как сигналы на генерацию ШИМ, сигналы состояния привода, сигналы на «пуск» и «стоп» и другие, поступают в силовую часть по оптоволоконным линиям связи от ЦПУ. В свою очередь, основная плата управления общается с основной интерфейсной платой через порт RS-232, получая от нее и передавая ей информацию о состоянии электропривода, об изменении значений функциональных параметров и т.д. Все аналоговые, дискретные или иные сигналы, поступающие в систему управления с датчиков или с удаленных устройств, обрабатываются платой распределения сигналов. Основная интерфейсная плата представляет собой ПК с установленными на ней операционной системой Windows / Linux и специализированным интерфейсным программным обеспечением, дающим возможность оператору (пользователю) осуществлять управление частотным преобразователем, а также выполнять его настройку. Совместно с ПЛК основная интерфейсная плата отвечает за мониторинг, сбор и хранение данных, обработку информации, коммуникацию со

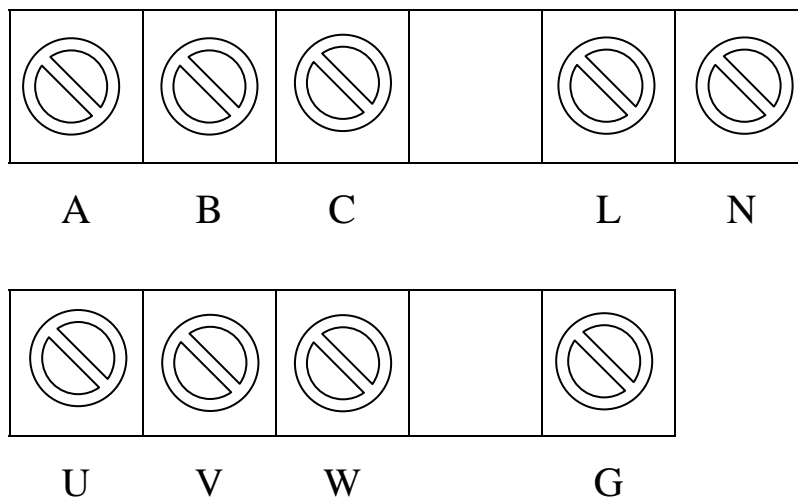
сторонними устройствами и т.д. Система управления частотных преобразователей СТА-В9.HVI имеет отдельное от основной силовой цепи электропитание. Поэтому выполнение подключения к клеммам L и N является необходимым условием функционирования электропривода.

5. Схема подключения



6. Силовые клеммы и клеммы цепей управления

6.1. Силовые клеммы



Пояснения к силовым клеммам:

- A, B, C:** входные силовые клеммы основной цепи, подключение трехфазного источника питания;
- L, N:** входные силовые клеммы, подключение однофазного источника питания;
- U, V, W:** выходные силовые клеммы основной цепи, подключение двигателя;
- G:** заземление основной цепи.

6.2. Клеммы цепей управления

Клеммы цифровых сигналов управления:											
P24	RUN	STOP	F/R	RST	EER	BO	X1	X2	X3	NC	X4
X5	X6	NC	X7	X8	NC	NC	P24	P24	NC	NC	NC

Релейные выходы:											
COM	TA1	TA2	TA3	TA4	NC	TA5	TA6	TA7	COM	NC	NC
BOFF	BOFF	BEN	BEN	BON	BON						
Аналоговые входные клеммы:											
V+	V-	VG	IG	VF	IF	GND	NC				
Аналоговые выходные клеммы:											
FM0	FM1	VM0	VM1	IM0	IM1	GM					
Интерфейс RS-485:											
SG+	SG-	G	NC								

Пояснения к клеммам цепей управления:

Тип	Обозначение	Наименование	Функциональное назначение	Примечание
Входные цифровые	P24	Общая клемма для входных цифровых сигналов управления	-	-

Тип	Обозначение	Наименование	Функциональное назначение	Примечание
	RUN	Команда «ПУСК»	Нормально открытый контакт	+24 В, 8 мА Замыкание осуществляется на клемму P24 (+24 В)
	STOP	Команда «СТОП»	Нормально закрытый контакт	
	F/R	Команда «ПРЯМОЕ / РЕВЕРСИВНОЕ вращение»	Нормально открытый контакт	
	RST	Команда «СБРОС»	Нормально открытый контакт	
	EER	Сигнал внешней ошибки (команда «Инерционный СТОП»)	Нормально открытый контакт	
	BO	Вход внешнего устройства «Bypass»	Нормально открытый контакт	
	X1 - X3	Режим многоступенчатой скорости (программный режим)	Нормально открытый контакт	
	X4 – X5	Режим убывания / возрастания частоты (+ / -)	Нормально открытый контакт	
	X6	Переключение на управление от токового задающего сигнала 4-20 мА	Нормально открытый контакт	
	X7	Дополнительная клемма для управляющих команд	Нормально открытый контакт	
X8	Режим плавного ПИД-регулирования	Нормально открытый контакт		
Выходные цифровые	TA1	Сигнал «Осуществлен пуск электродвигателя»	Релейный выход. Нормально открытый контакт	250 В, 1А
	TA2	Сигнал «Неисправность» (индикация перегрузки, неисправности внутренних плат управления, перегрузки по току, дисбаланса на входе ЧП, обрыва входной фазы, возникновения внешней неисправности, перегрева трансформатора (150 °С))	Релейный выход. Нормально открытый контакт	
	TA3	Сигнал «Остановка электродвигателя»	Релейный выход. Нормально открытый контакт	
	TA4	Сигнал «Верхний аварийный предел» (режим ПИД-регулирования)	Релейный выход. Нормально открытый контакт	
	TA5	Сигнал «Местное / дистанционное управление» (замкнут – дистанционное, разомкнут – местное)	Релейный выход. Нормально открытый контакт	
	TA6	Сигнал «Проверка высоковольтной питающей сети» (замкнут – есть	Релейный выход. Нормально открытый контакт	

Тип	Обозначение	Наименование	Функциональное назначение	Примечание
		питающая сеть, разомкнут – питающая сеть отсутствует)		
	TA7	Сигнал «Нижний аварийный предел» (режим ПИД-регулирования)	Релейный выход. Нормально открытый контакт	
	COM	Общая клемма для TA1 - TA7	-	-
	BEN	Разрешение на использование внешнего устройства «Вурасс». Отключение ЧП от двигателя	Релейный выход. Нормально открытый контакт	250 В, 2А
	BON	Использование внешнего устройства «Вурасс». Работа двигателя через «Вурасс»	Релейный выход. Нормально открытый контакт	250 В, 2А
	BOFF	Отключение автомата. Двигатель отключен от первичного источника питания	Релейный выход. Нормально открытый контакт	250 В, 2А
Аналоговые	+V	Дополнительный источник питания	+24 В	+24 В, 2,5 А
	-V	Нулевой потенциал для дополнительного источника питания	-	-
	VG	Вход аналогового вольтового задания	0 – 10 В / 100%	0 – 10 В
	IG	Вход аналогового токового задания	4 – 20 мА / 100%	4 – 20 мА
	VF	Вход вольтового сигнала обратной связи	0 – 5 В	0 – 5 В
	IF	Вход токового сигнала обратной связи	4 – 20 мА	4 – 20 мА
	GND	Общая клемма для задающего сигнала и сигнала обратной связи	-	10 В, 50 мА
	FM0	Аналоговый выход	Вольтовый аналоговый выход	0 – 10 В
	FM1	Аналоговый выход	Токовый аналоговый выход	4 – 20 мА
	VM0	Аналоговый выход	Вольтовый аналоговый выход	0 – 10 В
	VM1	Аналоговый выход	Токовый аналоговый выход	4 – 20 мА
	IM0	Аналоговый выход	Вольтовый аналоговый выход	0 – 10 В
	IM1	Аналоговый выход	Токовый аналоговый выход	4 – 20 мА
	GM	Общая клемма для аналоговых	-	-

Высоковольтные частотные преобразователи СТА прямого включения серии СТА-В9.НVI

Тип	Обозначение	Наименование	Функциональное назначение	Примечание
		выходных сигналов		
RS-485	SG+	Клемма интерфейса RS-485	Сигнал А	Протокол Modbus RTU
	SG-	Клемма интерфейса RS-485	Сигнал В	Протокол Modbus RTU
	G	Клемма для экранирования витой пары	-	-
NC		Резервные клеммы	Подключения к данным клеммам отсутствуют	-



**«СТРОЙТЕХАВТОМАТИКА»
НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ
ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ
ЗАКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО**

Россия, 394077 г. Воронеж, Московский проспект, 97
Тел./факс: (4732) 392248 (многоканальный)
E-mail: gu-sta@gu-sta.ru [http:// www.gu-sta.ru](http://www.gu-sta.ru)