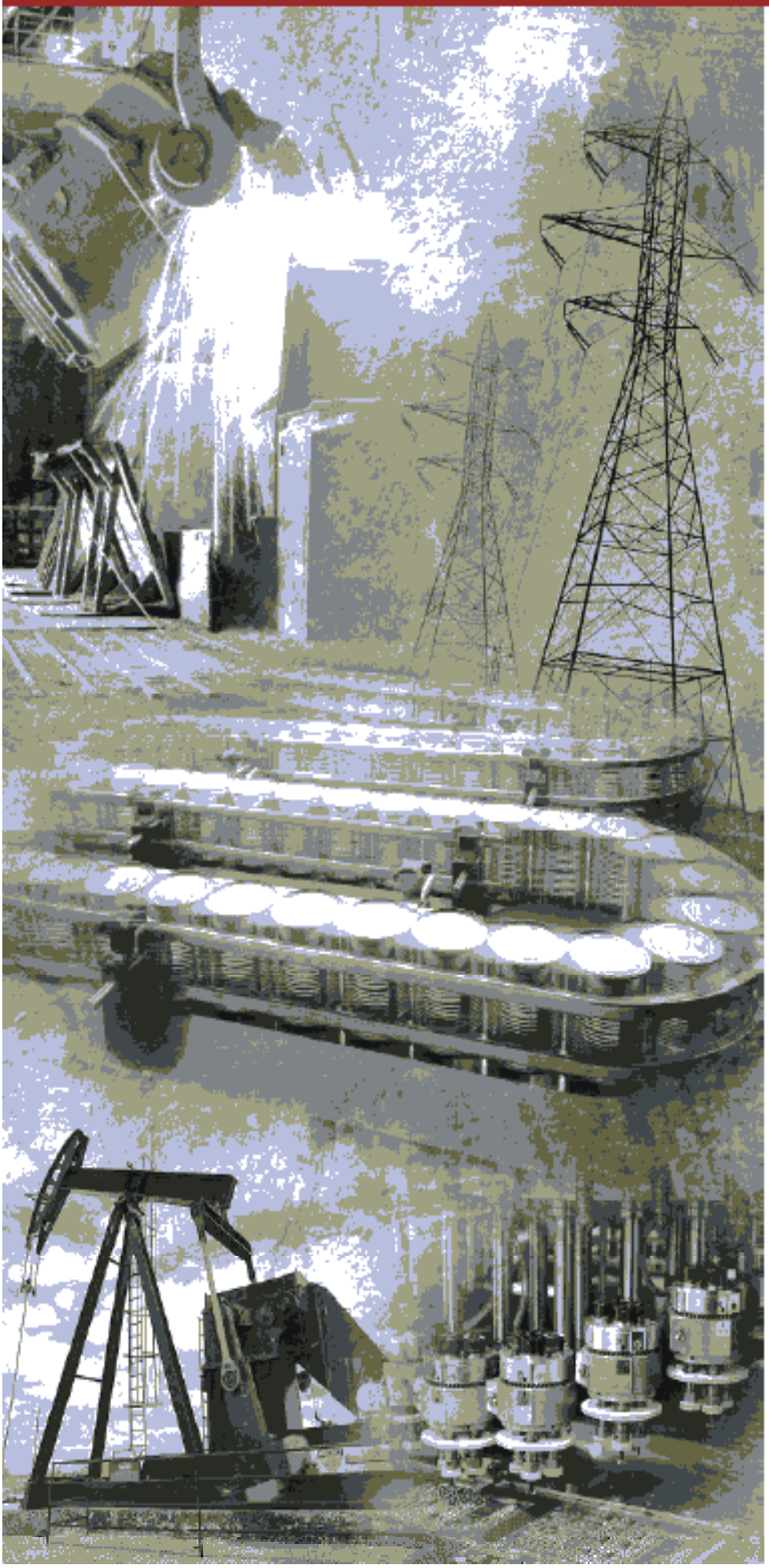


Allen-Bradley

ТЕХНИЧЕСКИЙ БЮЛЛЕТЕНЬ №1557-PF7000-5.0 RU

Высоковольтные устройства управления двигателями типа ВУУД 1557 и ВУУД PowerFlex7000 мощностью 150-12000 кВт

Rockwell Automation

2000 г.

Содержание

	Стр.
1. Введение	3
2. Назначение и области применения	4
3. Состав ВУУД	4
4. Технические характеристики	8
5. Устройство и принцип действия ВУУД	9
5.1. Преобразователь частоты типа 1557 и PowerFlex7000	10
5.1.1. Главные цепи преобразователя частоты	10
5.1.2. Управление тиристорами ПЧ	13
5.1.3. Устройство управления	13
5.1.4. Терминал	14
5.1.5. Внешний интерфейс	15
5.1.6. Конструктивные особенности выполнения системы управления	16
5.1.7.Электропитание системы управления ПЧ	16
5.2. Преобразовательный трансформатор	17
5.2.1.Описание и характеристики преобразовательных трансформаторов	17
5.3. Входные, выходные и байпасные шкафы	18
6.Вопросы выбора типоисполнений ВУУД	22
6.1.Общие соображения	22
6.2.Выбор типоисполнений ПЧ	25
6.3. Выбор типоисполнений преобразовательных трансформаторов	29
6.4. Выбор типоисполнений фильтров гармоник / корректоров коэффициента мощности	29
6.5. Выбор типоисполнений входных, выходных и байпасных шкафов	30
7. Комплектность ВУУД	30
8. Упаковка	30
9. Транспортирование и хранение	30
10. Показатели надежности	31
11. Гарантии изготовителя	32
12. Ввод в работу и сервисное обслуживание.	32

1. Введение

Настоящий технический бюллетень предназначен для изучения и правильной эксплуатации высоковольтных устройств управления двигателями (в дальнейшем, **ВУУД**) типа **ВУУД 1557** и **ВУУД PowerFlex7000** производства фирмы Rockwell Automation Canada Inc. (Allen Bradley).

ВУУД обеспечивают следующие основные функции:

- Плавный безударный пуск и останов асинхронных (АД) и синхронных (СД) электродвигателей с заданным программируемым темпом разгона и торможение с рекуперацией энергии в сеть.
- Управление частотой вращения АД и СД в заданном диапазоне регулирования.
- Защиту электродвигателя от перегрузки в рабочем режиме, его стопорении при пуске, от повреждения при коротком замыкании в двигателе, при нарушении допустимых параметров питающей сети.
- Подключение к сети и отключение от сети АД и СД как в режиме прямого пуска и останова выбегом, так и путем безударного переключения на сеть плавно разогнанного двигателя, а при отключении от сети - с подхватом выбегающего двигателя и плавным остановом
- Задание параметров настройки, измерение режимных параметров, индикацию состояния и диагностику аварийных отключений с помощью цифрового табло с клавиатурой.

Применение ВУУД позволяет:

- Снизить пусковые токи и устранить негативные последствия от ударов тока на двигатель и питающую сеть,
- Уменьшить потребление активной энергии на 20-70 % в зависимости от режима работы приводимого двигателем механизма,
- Существенно повысить срок службы двигателя и других совместно работающих агрегатов,

ВУУД **1557** и ВУУД **PowerFlex7000** используют наиболее надежную полупроводниковую технологию на запираемых тиристорах для управления стандартными (а не только специальными) асинхронными и синхронными электродвигателями, и делают управление частотой вращения двигателей - для сбережения энергии и регулирования технологических процессов - простым и очень эффективным.

Прямое векторное управление и самоподстраивающиеся алгоритмы управления обеспечивают устройству возможность легко адаптироваться для различных применений. Это устройство выполнено на основе высоковольтных силовых компонентов без дополнительного согласующего трансформатора между преобразователем частоты и двигателем. Все это обеспечивает высокую надежность работы ВУУД за счет небольшого количества компонентов и простой конфигурации силовой схемы.

При изучении и эксплуатации ВУУД необходимо дополнительно руководствоваться следующими документами: «Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок», «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей», «Руководство пользователя ВУУД 1557 и PowerFlex7000».

2. Назначение и области применения

ВУУД 1557 и **PowerFlex7000** предназначены для плавного безударного пуска и останова асинхронных и синхронных электродвигателей, управления частотой их вращения, энергосбережения при переменной или неполной нагрузке и защиты двигателей от нештатных ситуаций в пусковых и рабочих режимах.
ВУУД 1557 и **PowerFlex7000** могут быть применены в энергетике и других отраслях промышленности для переменной частоты вращения таких механизмов как:

- вентиляторы,
- насосы,
- экструдеры,
- центробежные насосы,
- конвейеры,
- мельницы,
- мешалки,
- смесители,
- компрессоры

и других применений, которые требуют управления частотой вращения для энерго- и ресурсосбережения и автоматизации технологических процессов.
ВУУД 1557 и **PowerFlex7000** изготавливаются в климатическом исполнении, соответствующем по российским стандартам исполнению УХЛ4; для эксплуатации в сухих и отапливаемых помещениях при температуре окружающего воздуха от 0 до +40 ^{0}С, относительной влажности 95% без конденсации.
Окружающая атмосфера не должна содержать агрессивных газов и паров, токопроводящей пыли, механических воздействий. На месте установки ВУУД должны быть защищены от попадания в них воды, масла, эмульсии и т.д.
ВУУД 1557 и **PowerFlex7000** соответствуют группе условий эксплуатации в части воздействия механических факторов внешней среды – М1 по Гост 17516-72.
ВУУД 1557 и **PowerFlex7000** допускают длительную работу при отклонении напряжения +/- 10 % от номинального, а частоты +/- 3Гц, а также при одновременном отклонении напряжения и частоты, составляющем в сумме +/- 10 % (причем отклонение частоты не должно превышать +/- 2,5 %).

3. Состав ВУУД

ВУУД выполнено в соответствии со структурной схемой, приведенной на рис.1, и в общем случае содержит следующие основные компоненты (в ряде исполнений некоторые составные части могут отсутствовать, см. ниже):

- (1) коммутационный шкаф (вводное устройство) для подключения кабелей высокого напряжения питающей сети с переходом к шинной системе межшкафных силовых связей – шины высокого напряжения постоянной частоты ШВНПосЧ,
- (2) преобразовательный трансформатор, выполняющий функции согласования напряжений и гальванического разделения,
- (3) входной шкаф для подключения преобразовательного трансформатора к ШВНПосЧ,
- (4) преобразователь частоты (ПЧ), состоящий из управляемого выпрямителя, звена постоянного тока и автономного инвертора тока, работа которого обеспечивается микропроцессорной системой управления,

- (5) выходной разъединитель, включенный между выходом силового преобразователя частоты и шинами переменного напряжения переменной частоты ШПНПерЧ; обычно входит в состав входного шкафа (3),
- (6) выходной шкаф для подключения ВУУД к двигателю,
- (7) шунтирующий байпасный шкаф для непосредственного подключения двигателя к напряжению питающей сети – шинам ШВНПостЧ; чаще всего выходной и байпасный шкафы объединяются, как это показано пунктирной линией, в один общий: выходной-байпасный шкаф,
- (8) фильтр гармоник для исключения влияния гармонических составляющих на питающую сеть вследствие работы преобразователя частоты, или же устройство коррекции коэффициента мощности, подключаемое между шинами питающей сети через входной выключатель и землей. Возможно также исполнение ВУУД с отдельным выключателем (9) на входе фильтра (как показано на структурной схеме штрих-пунктиром).

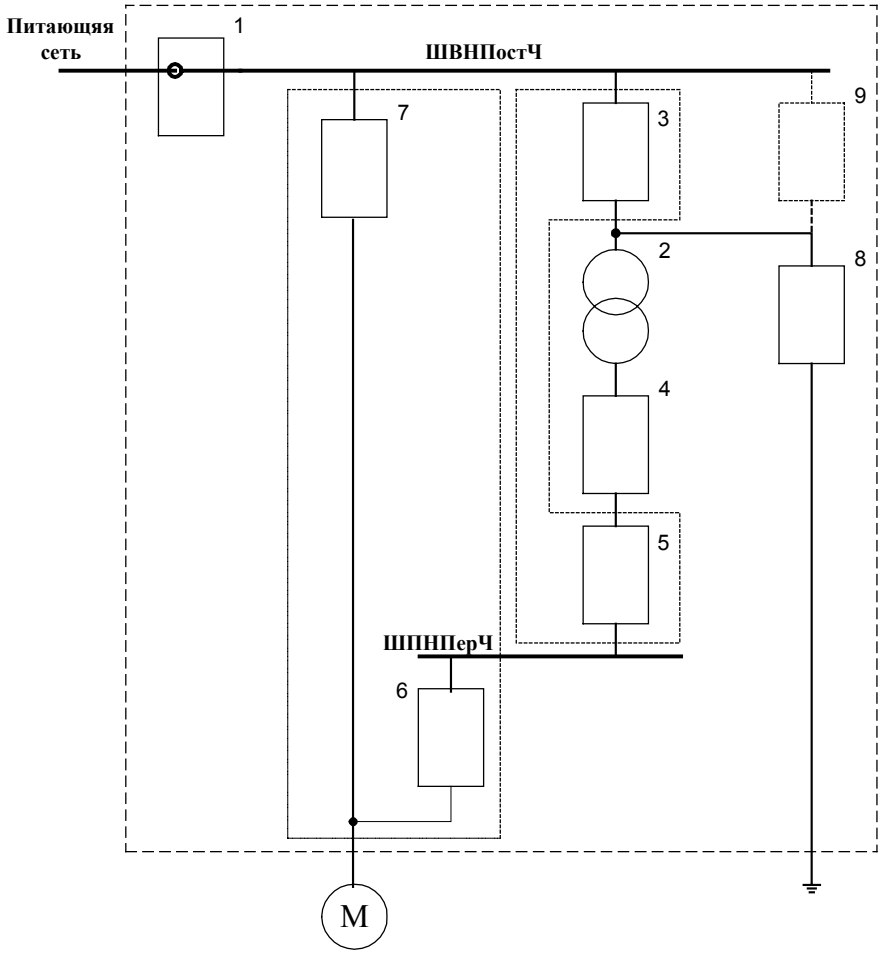


Рис.1. Структурная схема ВУУД

Конструктивно все приведенные на структурной схеме составные части ВУУД выполнены в виде унифицированных шкафов с односторонним обслуживанием, которые могут устанавливаться в линию и взаимно сопрягаться между собой шинами высокого напряжения постоянной и переменной частоты. Это обстоятельство особенно важно в тех случаях, когда одно ВУУД применяется для управления несколькими двигателями – в так называемых структурах станций группового управления (СГУ). При этом крайним слева устанавливается коммутационный входной шкаф, за ним выходные и байпасные шкафы, входной

шкаф для ПЧ и, наконец, сам шкаф ПЧ. В этом случае шины ШВНПосЧ и ШПНПерЧ в соответствующих шкафах объединяются между собой в единую конструкцию.
Для обеспечения условий безопасности и исключения ошибочных действий все высоковольтные шкафы снабжены механическими или электрическими блокировками. Все элементы управления высоковольтных шкафов размещены в специальных низковольтных отсеках управления. На передних панелях этих отсеков расположены ключи управления, элементы сигнализации и т.п. Микропроцессорные устройства управления ПЧ снабжены алфавитно-цифровым дисплеем и клавиатурой.
В таблице 1 приведены кодовые обозначения шкафов в зависимости от выполняемых функций

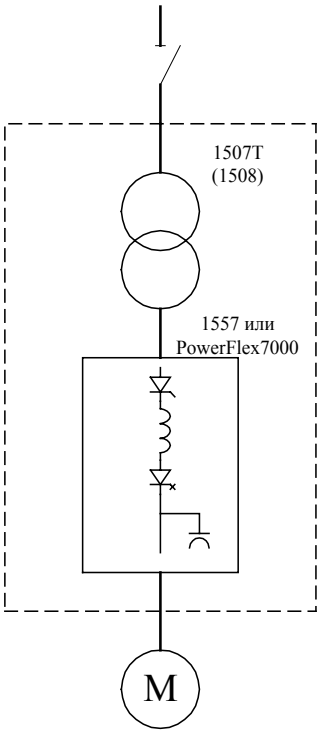
Таблица 1. Оборудование для ВУУД

№ поз. Обозначения на структурной схеме	Тип шкафа (устройства)	Назначение и краткое описание
1	1591A и 1591B	Коммутационный шкаф
2	1507T и 1508T	Преобразовательный трансформатор
3	1512AD и 1512BD	Входной шкаф для ПЧ 1557 и PowerFlex7000
3 и 5	1512DM	Входной шкаф с выходным разъединителем при управлении одним двигателем с байпасом или несколькими двигателями
4	1557, 1557L или PF7000	Преобразователь частоты (ПЧ)
6	1512DO	Выходной шкаф
6 и 7	1512M	Выходной – байпасный шкаф
8	1519	Фильтр гармоник / Корректор коэффициента мощности
9	1512AH и 1512BH	Отдельный входной шкаф с фильтром гармоник/корректором коэффициента мощности

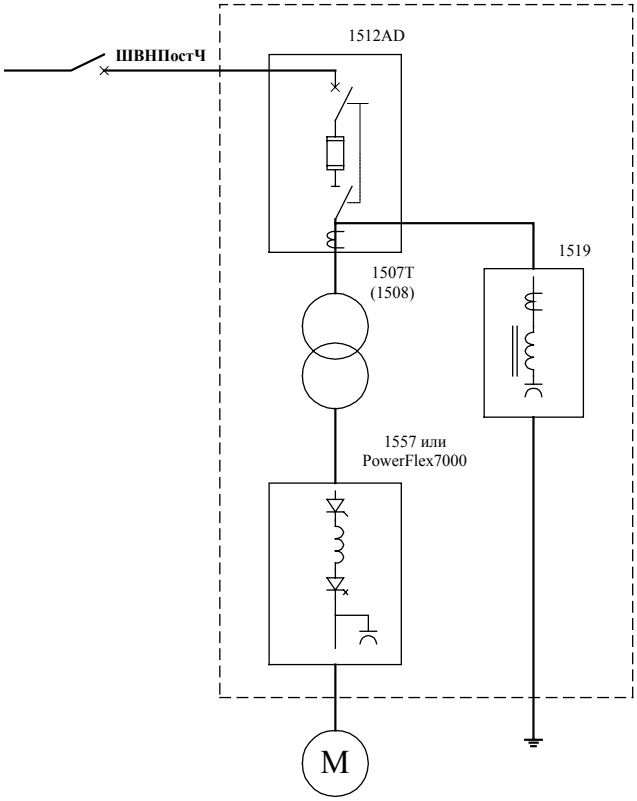
На рис.2 приведен общий вид группы шкафов с объединением системы шин(без ПЧ).

Рис.2. Общий вид многошкафной конфигурации

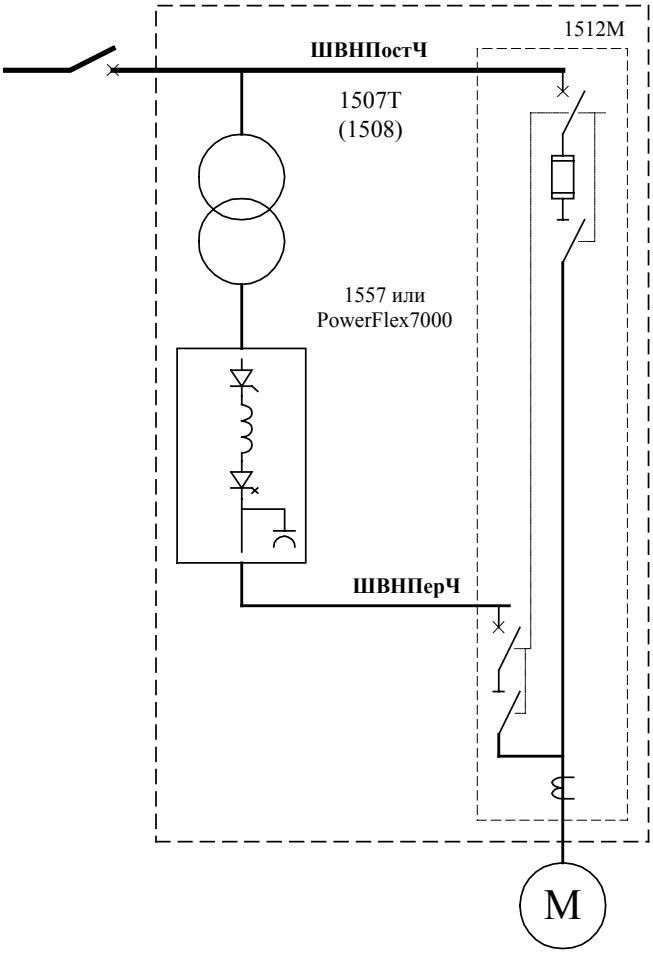
На рис. 3 приведены конфигурации нескольких типовых исполнений ВУУД **1557** и **PowerFlex7000**



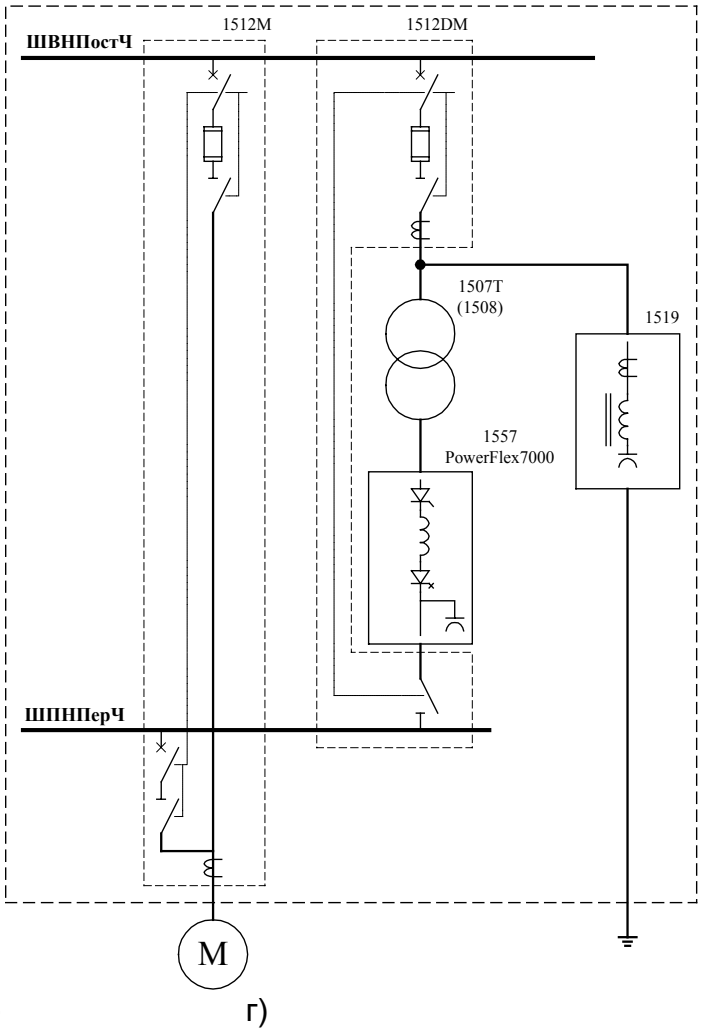
а)



б)



в)



г)

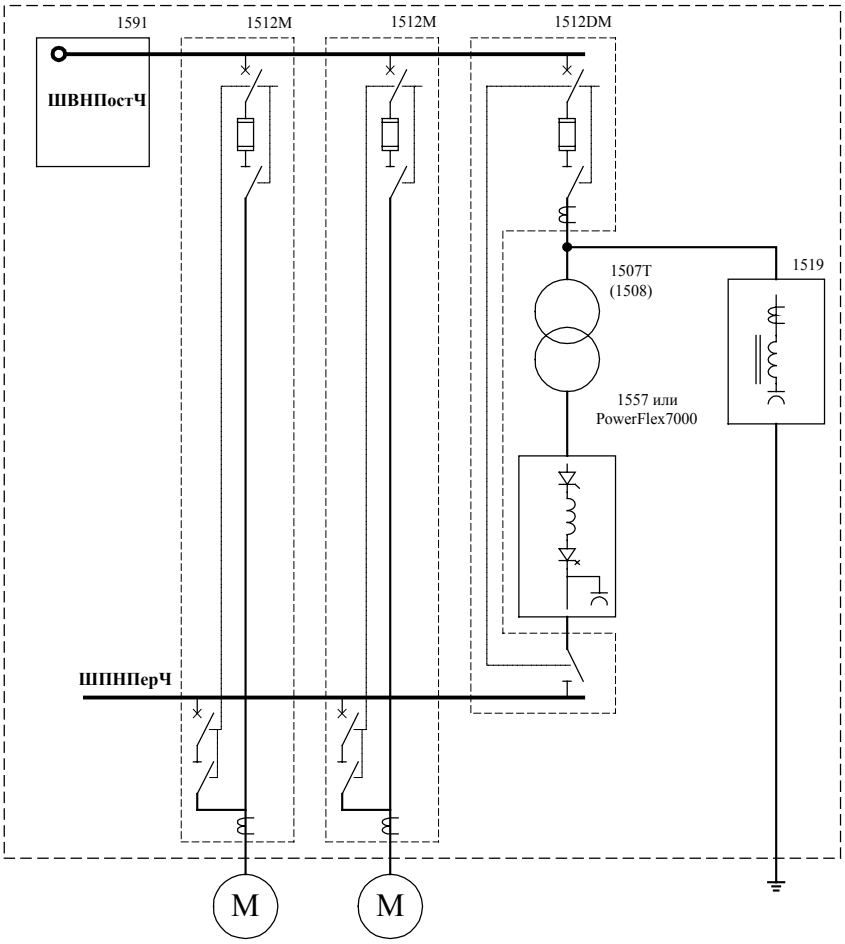


Рис.3. Основные типовые конфигурации ВУУД 1557 и PowerFlex7000:
а) - без собственных коммутационных аппаратов.
б) - с входным шкафом 1512AD и шкафом фильтра гармоник 1519.
в) - с одним выходным-байпасным шкафом 1512M.
г) – с входным шкафом и выходным разъединителем 1512DM и , выходным-байпасным шкафом 1512M и шкафом фильтра гармоник 1519.
д) - одно ВУУД на два двигателя с коммутационным шкафом 1591, с входным шкафом и выходным разъединителем 1512DM и двумя выходными-байпасными шкафами 1512M и шкафом фильтра гармоник 1519.

д)

4. Технические характеристики

Таблица 2. Основные технические характеристики ВУУД 1557 и PowerFlex7000

Номинальная мощность	200-16000л.с.(150-12000кВт) - 1557 и 1557L 200-3000л.с.(150-2250кВт) - PowerFlex7000
Номинальное напряжение	2300, 3300, 4000, 6300 В ±10%
Частота	50 Гц ±3 %
Номинальное выходное напряжение	2300, 3300, 4000, 6300 В
Диапазон изменения выходного напряжения	0 - 100 %
Номинальный выходной ток	В соответствии с таблицей 11
Диапазон изменения выходной частоты	0 - 75 Гц
Точность регулирования выходной частоты	0,5% без обратной связи по частоте вращения, 0,1% - с обратной связью
Кпд	>98,5% при 100% скорости /нагрузки
Перегрузочная способность	110% -1 мин или 150% - 1 мин (в зависимости от исполнения) один раз в час

Схема инвертора	6-пульсный, с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ) и селективным подавлением высших гармоник
Форма выходного тока и напряжения	Синусоидальная
Схемы выпрямителя	6-, 12-(только для ПЧ 1557), 18-пульсная на обычных и ШИМ – на запираемых тиристорах
Метод управления	Цифровое векторное, без датчиков положения ротора и частоты вращения
Самозапуск	Автоматический перезапуск после кратковременного прерывания электроснабжения (до 10 сек) с безударным подхватом выбегающего двигателя
Торможение	Рекуперативное торможение двигателя
Способ настройки параметров	Автоматическая самоподстройка
Защита входа выпрямителя от перенапряжений	Металло-оксидные варисторы
Изоляция высоковольтных цепей от цепей управления	Волоконная оптика (выпрямитель/инвертор/термодатчики)
Интерфейс оператора	40 знаков/16-строчный текст, многоязычный дисплей (в том числе - русский) и клавиатура
Напряжение интерфейса управления	120/240 В
Аналоговые входы	4-20 мА / 0-10 В (изолированные для PowerFlex7000)
Управляющие входы/выходы	Опторазделение (Готов/Работа/Ошибка/Авария)
Интерфейс связи	RS-232, DeviceNet, Remote I/O, Scan Port
Исполнение	IP21 – 1557, IP42 – PowerFlex7000 (NEMA 1)
Окружающая температура	0 - 40 ^{0}C
Охлаждение	Принудительное (воздушное – для 1557 и PowerFlex7000 и жидкостное – только для 1557L)
Относительная влажность	95% без конденсации
Высота над уровнем моря	1 000 м (без снижения номинальной мощности)
Окраска	Эпоксидный порошок

5. Устройство и принцип действия ВУУД

Как видно из представленных в разделе 3. структурных схем на рис.1 и 3 главным элементом ВУУД, определяющим его функциональные возможности, является преобразователь частоты (ПЧ). При этом практически неотъемлемой принадлежностью ПЧ является преобразовательный трансформатор.
Что же касается коммутационных элементов – шкафов 1512, 1591, а также фильтра 1519, то они входят не во все исполнения ВУУД. При этом взаимосвязь и работа этих компонентов может быть легко определена из соответствующей схемы на рис. 3а-3д и дальнейших пояснений не требует. Поэтому ниже приведено подробное описание и принцип работы ПЧ, а для остальных составных частей ВУУД даны только их краткие описания и основные особенности.

Входные, выходные и байпасные шкафы, входящие в состав ВУУД, обеспечивают включение, отключение и защиту ВУУД и подключенного к нему электродвигателя, а также служат средством для контроля видимого разрыва соответствующей цепи. Управление этими шкафами (Включение входного выключателя, Переключение на байпас, Останов) выполняется вручную оперативным персоналом (с местного пульта управления, либо дистанционно) при готовности ПЧ или же автоматически по командам ПЧ, например, отключение входного выключателя ПЧ при возникновении аварийных ситуаций во внешней питающей сети, в электродвигателе или в самом ВУУД.

5.1.Преобразователь частоты типа 1557 и PowerFlex7000

Общие виды ПЧ типа 1557 и PowerFlex7000 приведены на рис.4 и 5.

Рис. 4. Общий вид ПЧ типа 1557 Рис.5. Общий вид ПЧ типа PowerFlex7000

5.1.1.Главные цепи преобразователя частоты

Переменное напряжение сети электроснабжения, поступающее от преобразовательного трансформатора к преобразователю частоты (ПЧ) выпрямляется выпрямителем (line converter). В звене постоянного тока (DC link) включены две магнитно-связанные катушки сглаживающего реактора. Выпрямленный ток преобразуется автономным инвертором тока (machine converter) в широтно-модулированные импульсы тока. При этом высокочастотные составляющие широтно-модулированных выходных токов проходят через конденсаторы фильтра, а низкочастотные - в обмотки статора двигателя переменного тока (асинхронного или синхронного).

Выпрямитель представляет собой мост из одно-операционных (полу-управляемых) тиристоров, инвертор - из полностью управляемых тиристоров. В каждом плече моста включены последовательно несколько тиристоров. Число последовательно соединенных тиристоров определяется номинальным напряжением ПЧ.

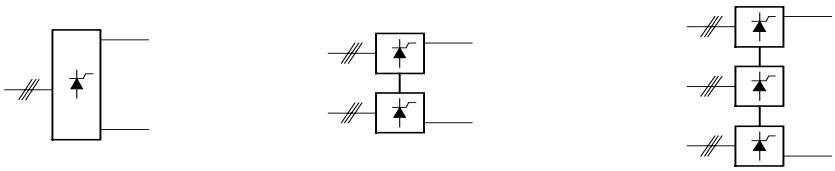
Выпрямитель преобразует переменное напряжение питания в постоянное. При простой конфигурации силового преобразования выходное напряжение

выпрямителя является функцией пульсности моста. Выпрямитель может питаться по следующим схемам:

- 6-ти пульсный выпрямитель - 3 кабеля от вторичной обмотки трансформатора,
- 12-ти пульсный выпрямитель - 6 кабелей от вторичных обмоток трансформатора (только для ПЧ типа 1557),
- 18-ти пульсный выпрямитель - 9 кабелей от вторичных обмоток трансформатора,
- выпрямитель с широтно-импульсной модуляцией - 6 кабелей от вторичных обмоток трансформатора.

Каждый мост имеет общую защиту от перенапряжений в переходных режимах, выполненную на металло-оксидных варисторах. Кабели питания присоединяются непосредственно к зажимам выпрямителя. Значения напряжений, подводимые к выпрямителю, зависят от конфигурации выпрямителя, а его выходное напряжение определяется двигателем, присоединенным к приводу.

Конфигурации выпрямителей приведены на рис. 6.



6-пульсный выпрямитель *12-пульсный выпрямитель* *18-пульсный выпрямитель*

Рис.6. Конфигурации выпрямителей

Особенностями указанных выпрямителей ПЧ типа 1557 и PF7000 являются:

- Работа в четырех квадрантах, в том числе при рекуперации со 100% мощностью торможения.
- Простая механическая конструкция.
- Малое количество компонент.
- Термокомпенсированная затяжка силовых приборов.
- Контроль температуры теплоотводов через оптоволоконного кабель.

Реакторы звена постоянного тока присоединяются к положительному и отрицательному полюсам выпрямителя. Такая конфигурация обеспечивает хорошее сглаживание силового напряжения, подаваемого на инвертор. На рис.7. показаны конфигурации подключения реактора к 6-ти и 18-ти пульсным выпрямителям.

6-пульсный выпрямитель *18-пульсный выпрямитель*

Рис. 7. Конфигурации звена постоянного тока

Входные токи ПЧ измеряются трансформаторами тока, выходные токи - двумя LEM-датчиками тока. Выходные сигналы трансформаторов и датчиков тока вводятся

в устройство управления в качестве сигналов обратной связи. Кроме того в устройство управления вводятся также линейные напряжения со входа и с выхода ПЧ. Средние значения выходного напряжения выпрямителя и входного напряжение инвертора вводятся через соответствующие платы резистивных делителей напряжения.

Автономный инвертор тока обеспечивает преобразование постоянного выходного тока выпрямителя в систему трехфазных токов регулируемой частоты для питания статора двигателя переменного тока – асинхронного или синхронного.

В автономном инверторе ПЧ типа 1557 применены запираемые тиристоры (GTO-тиристоры), а в ПЧ типа PowerFlex7000 использован новый тип тиристора (SGCT) - с симметричным управляющим электродом. При этом конструктивно тиристор SGCT объединен с формирователем импульсов, что уменьшает число элементов в ПЧ и его габариты. Благодаря этому увеличивается надежность преобразователя в целом, упрощается доступ к основным силовым элементам и уменьшается время, необходимое для их замены. Достигнутые в новых силовых приборах коммутационные характеристики дали возможность упростить или в ряде случаев исключить защитные снаббер-цепи, а высокая частота переключения SGCT позволила значительно уменьшить габариты реактора в звене постоянного тока (до 50%).

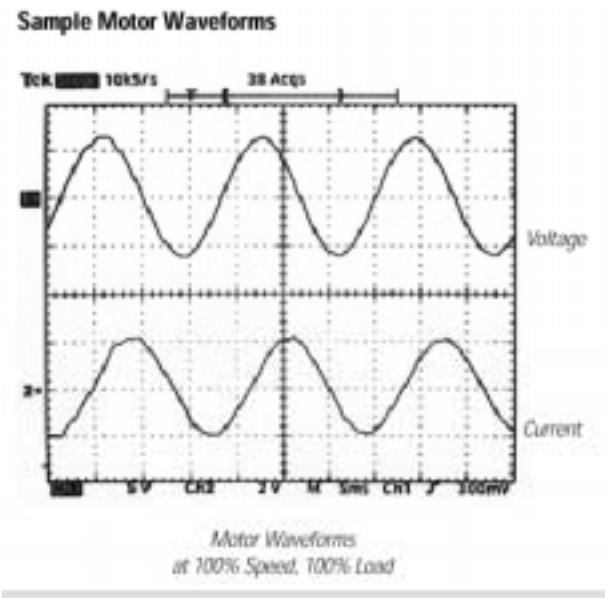
Для обычного 6-ти пульсного инвертора выходное напряжение определяется числом последовательно включенных силовых приборов. Конструктивной особенностью инвертора ВУУД 1557 и ВУУД PF7000 является затяжка силовых приборов в радиаторах-охладителях с температурной компенсацией. Контроль температуры нагрева охладителей выполняется по оптико-волоконным кабелям.

Составной частью мощного инвертора является выходной конденсаторный фильтр. Широтно-импульсная модуляция (ШИМ) позволяет хорошо управлять двигателем на низких скоростях вращения. Кроме того, в инверторе обеспечивается избирательное исключение гармоник (ИИГ) за счет алгоритма коммутации. Синусоидальная форма напряжения и тока исключают перегрев стандартных двигателей переменного тока при работе с переменным моментом нагрузки; а сочетание аппаратных решений с программной ШИМ исключают ограничения в длине кабеля, связывающего преобразователь с двигателем.
Двери силовых высоковольтных отсеков ПЧ снабжены механической блокировкой с входным защитным устройством для целей безопасности.

На выходе инвертора параллельно обмотке статора электродвигателя в ПЧ установлен конденсаторный выходной фильтр, реактивная мощность которого составляет примерно 60-80 % от полной мощности двигателя. Наличие выходного фильтра, ШИМ-модуляция и алгоритмы управления обеспечивают близкие к синусоидальным кривым формы выходных напряжений и токов, типичные осциллограммы которых показаны на рис. 8.

В ВУУД реализованы принципы векторного управления электродвигателем при переменной частоте вращения последнего. Это управление заключается в том, что в каждый момент времени обеспечивается непосредственное управление моментом электродвигателя, который определяется амплитудой и фазой двух составляющих: тока и магнитного потока. Поскольку доступной управляемой переменной в асинхронном электродвигателе является ток статора, имеющий две составляющие, образующие магнитный поток и момент, то фазовая ориентация этих оставляющих

может быть осуществлена только внешним управляющим устройством, функции которого выполняет ПЧ. ПЧ осуществляет управление амплитудой и фазой тока статора, т.е. оперирует векторными величинами. Этим и обусловлен термин



«векторное управление». ПЧ позволяет регулировать в широких пределах частоту и напряжение на статоре электродвигателя и обеспечивать высокое качество управления в статических и динамических режимах.

Рис. 8. Пример формы напряжения и тока двигателя при работе с ВУУД

5.1.2. Управление тиристорами ПЧ

Импульсы тока управления каждого тиристора формируются специальным драйвером – усилителем мощности, в котором сформировано два канала: канал управления тиристором и канал контроля исправного состояния тиристора (диагностика). Питание всех драйверов осуществляется от общего источника постоянного напряжения 50 В электропитания системы управления.

В каждом драйвере постоянное напряжение преобразуется в переменное высокочастотное, которое через трансформатор поступает на ту часть драйвера, которая находится под потенциалом тиристора.

Логический сигнал управления поступает на драйвер через оптоволоконную линию. Через такую же линию от драйвера в устройство управления поступает диагностический сигнал. Оптоволоконные линии всех драйверов подключены к устройству управления через платы оптического интерфейса.

5.1.3. Устройство управления.

Собственно устройство управления содержит три микропроцессорные платы:

а) плата управления выпрямителя (line control board);

б) плата управления инвертора (machine control board);

в) плата коммуникационного процессора (communication board).

Устройство выполняет все функции автоматического управления и регулирования, защиты и сигнализации, включая:

- формирование импульсов управления тиристорами выпрямителя и автономного инвертора по заданным алгоритмам их работы;
- формирование сигнала задания тока возбуждения возбудителю (для синхронных двигателей);
- автоматическое формирование процессов пуска и отключения преобразователя по внешним командам и в соответствии с заложенными алгоритмами работы;
- регулирование выходной частоты преобразователя по сигналам технологических регуляторов, а также в режиме ручного управления оператором;
- прием информации и команд от системы автоматизации технологического процесса, а также от внешних защит данного присоединения и технологических блокировок;
- диагностику тиристоров и других элементов преобразователя и выявление неисправностей в этих элементах, предотвращая развитие аварийных процессов;
- защиту ПЧ и электродвигателя при возникновении аварийных ситуаций;
- сохранение работоспособности ВУУД при глубоких посадках напряжения и перерывах электроснабжения с последующим самозапуском электропривода;
- цифровое измерение выходного тока, напряжения, частоты вращения и нагрузки с выводом показаний на алфавитно-цифровом терминале;
- отображение с помощью алфавитно-цифрового терминала информации о режимах работы, неисправностях и причинах аварийного отключения ПЧ;
- формирование диагностического буфера для записи переменных привода при аварийных и других ситуациях;
- бездатчиковое векторное управление для точного управления скоростью и моментом, четыре тестовых режима, включая проверку управления тиристорами при низком напряжении.

Хотя ВУУД 1557 и PF7000 рассчитаны на работу как с асинхронными, так и синхронными двигателями, программное обеспечение микропроцессорной системы управления ВУУД одно и то же и не зависит от конфигурации управляемого выпрямителя (6-ти, 12-ти или 18-пульсных, а также с широтно-импульсной модуляцией). Обновление “зашитого” программного обеспечения – Firmware – выполняется путем замены ППЗУ (для ПЧ типа 1557) и с помощью портативного компьютера (для ПЧ типа PowerFlex7000). Предусмотрена автоматическая самонастройка параметров системы управления и регулирования.

5.1.4. Терминал.

Терминал, подключенный к микропроцессорному контроллеру, позволяет выполнить все задачи настройки ПЧ, индикации нормальных и аномальных режимов, а также диагностики.

Терминал содержит алфавитно-цифровой жидкокристаллический дисплей (16 строк по 40 знаков) и 28-кнопочную клавиатуру, см. рис.9. Клавиатура позволяет изменять

параметры электропривода, режим работы электропривода и режим индикации на дисплее.
Все текстовые сообщения воспроизводятся в простом легко читаемом формате на следующих языках:

- английском,
- Французском,
- испанском,
- русском.

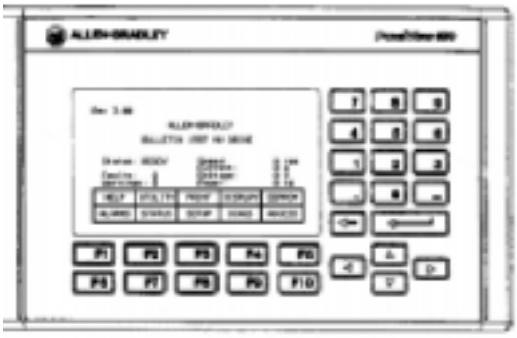


Рис. 9. Терминал интерфейса оператора

В фирменной документации вся информация, содержащаяся на экране дисплея в конкретном режиме индикации, называется экраном, а переход от одного режима индикации к другому называется переходом от одного экрана к другому.

Во время нормальной работы ПЧ используется экран, который называется “меню верхнего уровня”. Этот экран содержит информацию о состоянии электропривода и значения выбранных переменных, т.е. играет роль и сигнальных ламп, и измерительных приборов. От меню верхнего уровня возможен переход к любому другому экрану.

Терминал нормально эксплуатируется в режиме ограниченного доступа, при котором можно получить всю информацию, но нельзя изменять параметры ПЧ. Для возможности неограниченного доступа вводится пароль.

Подробная информация о терминале и работе с терминалом содержится в разделе 7 “Программный интерфейс терминала оператора” руководства пользователя.

5.1.5. Внешний интерфейс

Работа ПЧ выполняется по командам с местного (локального) пульта управления на передней панели отсека управления и дистанционно с использованием дискретных логических входов («Старт», «Стоп», «Аварийный стоп»). Аналогичным образом устройство управление принимает сигналы обратной связи о положении выключателей, внешних защит и блокировок и т.п. Все эти сигналы подаются напряжением переменного тока 115 В, 50 Гц, которое получается от вспомогательного трансформатора системы электропитания, входящего в состав ПЧ.

На стандартном пульте оператора устанавливаются кнопки “Пуск”, “Останов”, “Аварийный останов”, переключатель местного и дистанционного управления, а также потенциометр задания скорости

В свою очередь ПЧ выдает команды на включение и отключение выключателей, сигналы о состоянии ПЧ (в т.ч. неисправности, предупреждения) путем замыкания релейных контактов соответствующих реле в отсеке управления.

Все логические и аналоговые входы и выходы на плате внешних входов/выходов – программно конфигурируемые

На платах нормализации сигналов (с аналоговыми фильтрами, цепями подавления помех общего вида в сигналах обратной связи по напряжению/току, обратной связи по скорости) имеются контрольные точки для подключения измерительных приборов и осциллографа.

Дистанционное задание частоты вращения двигателя выполняется постоянным током «4-20 мА», который преобразовывается в напряжение 0 – 10 В с гальваническим разделением перед подачей на вход микропроцессорной платы управления; аналогичное преобразование выполняется и при выдаче оператору и на верхний уровень управления сигнала, пропорционального частоте вращения двигателя также в виде унифицированного сигнала постоянного тока «4-20 мА». Дополнительно как опция в отсеке управления может быть уставлено до 4-х таких преобразователей внутренних аналоговых сигналов “0 – 10 В” в унифицированные сигналы постоянного тока, пропорциональные заданным режимным параметрам ВУУД (например, мощности, току и т.п.). Выбор и настройка масштабов представления и смещения аналоговых выходов производится чисто программным путем с помощью терминала.

Кроме традиционного способа обмена сигналами управления и обратной связи в виде аналоговых и дискретных сигналов, возможна организация чисто цифровой связи с верхним уровнем управления с помощью дополнительных модулей коммуникационного обмена.

5.1.6. Конструктивные особенности выполнения системы управления

Вся аппаратура управления расположена в низковольтном отсеке, который имеет все блоки, необходимые для работы привода и специфических дополнений пользователя.

Кроме микропроцессорных плат управления в отсеке управления располагаются:

- Источники питания
- Платы сопряжения с оптоволоконными кабелями для управления тиристорами
- Плата коммутационного процессора
- Смонтированный на двери терминал для программирования, отображения таблиц параметров и переменных, содержания диагностических буферов
- Платы дискретных входов/выходов
- Блоки зажимов
- Выходные управляющие реле
- Программируемый контроллер для управления системой жидкостного охлаждения (для ПЧ типа 1557L)

Определено стандартное расположение для опционных монтируемых на двери измерительных приборов, диагностического принтера, интерфейсов цифровой связи.

Все компоненты монтируются в отсеке и проводами соединяются с рядами зажимов (клеммником), к которым подключаются провода управления от устройств пользователя. Для уменьшения уровня шумов специфические низковольтные сигналы обратных связей подводятся проводами непосредственно к микропроцессорным устройствам управления ПЧ.

В отсеке управления располагаются унифицированные преобразователи аналоговых сигналов с гальваническим разделением цепей:

5.1.7.Электропитание системы управления ПЧ

Питание системы управления ПЧ и всего ВУУД в целом осуществляется от сети переменного тока 220 В, 50 Гц. В самом ПЧ система электропитания электронных компонентов выполнена как двухуровневая: первый уровень - входное напряжение переменного тока 220 В, 50 Гц преобразуется с помощью преобразователя «переменный ток в постоянный» в напряжение постоянного тока 50 В, от которого и работают несколько вторичных источников питания: +5 В, +.-12В, +-15В, 24В, а также все источники питания драйверов тиристоров. Для того, чтобы обеспечить безопасное отключение силовой схемы при пропадании напряжения питания 220 В, 50Гц или выходе из строя источника 50 В, на его зажимах установлены электролитические конденсаторы большой емкости, энергии заряда которых достаточно для аварийного отключения ПЧ по аварийному алгоритму. Все логические входы и выходные реле интерфейсной части системы управления ПЧ работают от переменного тока 115 В, 50 Гц, которое получают от установленного в отсеке управления трансформатора 500 ВА, подключенного к напряжению 220 В, 50 Гц. От переменного тока питаются и вентиляторы системы воздушного охлаждения, и насосы системы жидкостного охлаждения.

В тех случаях, когда сеть питания цепей управления 220 В, 50 Гц не обладает требуемой надежностью электроснабжения, Заказчику рекомендуется устанавливать внешний источник бесперебойного питания.

5.2. Преобразовательный трансформатор

Преобразовательный трансформатор (рис.10) предназначен для обеспечения входного импеданса и согласования уровня напряжений питающей сети, ПЧ и двигателя. В ВУУД используются специальные трансформаторы типа 1507Т, 1508Т, предназначенные для работы совместно с ВУУД 1557 и PowerFlex7000.
Они выпускаются в шкафах различных типов и размеров, с обмотками из различных материалов, на различные напряжения, с одной, двумя или тремя вторичными обмотками в зависимости от пульсности выпрямителя ПЧ (6-ти, 12-ти и 18-ти пульсный). При этом мощность трансформатора определяется соотношением:

- для систем с переменным моментом:

1.0 кВА / мощность двигателя (л.с.) × сервис-фактор привода.

- Для систем с постоянным моментом:

1.11 кВА / мощность двигателя (л.с.) × сервис-фактор привода.

5.2.1.Описание и характеристики преобразовательных трансформаторов

Как правило, используются трансформаторы сухого типа, основные электрические характеристики которых следующие:

- Трансформаторы разработаны с учетом дополнительного нагрева от искажений, вносимых выпрямителем (К – фактор).
- Обмотки трансформатора (см. схемы трансформаторов на рис.10):
  - Первичная обмотка, соединенная в треугольник имеет 4 отпайки (ступени в 2,5%) - одна отпайка – выше нормального напряжения и три – ниже; все отпайки рассчитаны на полную номинальную мощность. Выводы отпаек расположены на лицевой стороне обмоток, с гибкими, соединяемыми с помощью болтов перемычками

- При 6-ти пульсном выпрямителе в ПЧ вторичная обмотка трансформатора - одна, соединенная звездой.
- При 12-ти пульсном выпрямителе в ПЧ трансформатор имеет две вторичные обмотки: одна, соединенная в треугольник и одна, соединенная звездой.
- При 18-ти пульсном выпрямителе ПЧ - три вторичных обмотки, соединеные в треугольник (напряжения второй и третьей обмоток сдвинуты относительно первой на +20 эл.град. и –20 эл.град., соответственно.
- Между первичной и вторичной обмотками есть заземленный электростатический экран.
- В 12-ти и 18-ти пульсных трансформаторах вторичные обмотки полностью изолированы от земли и между собой.
- Импеданс – от 6 до 8 %.

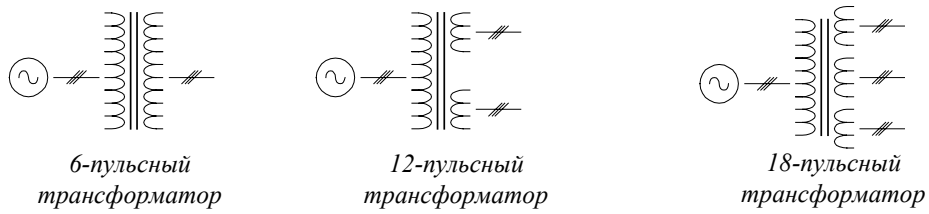


Рис.10. Схемы преобразовательных трансформаторов

5.2.2. Дополнительные характеристики трансформаторов:

- Трансформаторы снабжены тепловой защитой в виде биметаллических термореле или на основе температурных датчиках с внешними реле с контактным выходом; защита действует на входы внешних неисправностей системы управления ПЧ,
  - биметаллические термореле с нормально-замкнутыми контактами (по одному на обмотку) с автоматическим возвратом, соединенные последовательно; или
  - термодатчики (по два на обмотку) с соответствующими измерительными преобразователями с релейными выходами, действующими на отключение и сигнал.
- Класс изоляции 220 ^{o}C, допустимый перегрев 150 ^{o}C.
- Шины со стороны входа и выхода расположены с разных сторон.
- Величина испытательного импульсного напряжения:
  - для трансформаторов до 2300 В - 20 кВ.
  - для трансформаторов от 3300 до 6300 В - 30 кВ.
- Имеются контактные площадки для присоединения шин заземления – из нержавеющей стали с двумя отверстиями.
- Конструкция на базовой раме, позволяющей производить захват трансформатора с помощью рым-болтов, его передвижение на поддоне и катание по трубам при установке.
- На корпусе или же на внешнем ограждении устанавливается табличка со схемой и параметрами
- Стандартный цвет окраски - светло серый. Корпус - Тип1 - вентилируемый для внутренней установки, с возможностью ввода входных и выходных кабелей снизу или сверху.

Применение на высоте более 1000м над уровнем моря рассматривается как специальная разработка.

5.3. Входные, выходные и байпасные шкафы

Входные, выходные и байпасные шкафы, входящие в состав ВУУД, обеспечивают включение, отключение и защиту ВУУД и подключенного к нему электродвигателя, а также служат средством для контроля видимого разрыва соответствующей цепи. Управление этими шкафами (Включение входного выключателя ПЧ, Переключение на байпас, Останов) выполняется вручную оперативным персоналом (с местного пульта управления, либо дистанционно) при готовности ПЧ или же автоматически по командам ПЧ, например, отключение входного выключателя ПЧ при возникновении аварийных ситуаций во внешней питающей сети, в электродвигателе или в самом ВУУД.

Ниже приводятся описания шкафов, которые могут входить в состав ВУУД 1557 и Power Flex 7000. В состав шкафов, кроме собственно выключателей и разъединителей, могут дополнительно входить, вспомогательные трансформаторы для питания цепей управления, предохранители, клеммники. Общий вид такого шкафа приведен на рис.11.

Таблица 3. Основные типы шкафов.

Тип шкафа С выключателями	Описание
1591 A, 1591B	Коммутационный шкаф
1512 AD	Входной шкаф, исполнение "1-High"
1512 AH	Входной шкаф с фильтром/ККМ, “1-High",
1512 BD	Входной шкаф, исполнение "2-High"
1512 BH	Входной шкаф с фильтром/ККМ, "2-High",
1512 DM	Входной шкаф с разъединителем выхода ПЧ. Для применения с одним или несколькими двигателями
1512 DO	Выходной шкаф
1512 M	Выходной и байпасный шкафы
1519	Фильтр гармоник/ККМ

где: буква “A” в обозначении шкафа соответствует исполнению "1-High", а буква “B” - исполнению "2-High", соответственно.

Рис.11. Вид на шкаф типа 1512

Все шкафы имеют одинаковую высоту и глубину, и могут различаться только шириной. Как видно из таблицы 3, шкафы одного и того же назначения могут иметь два вида исполнений: (”1-High”) и (”2-High”). Эти исполнения отличаются главным образом компоновкой внутри шкафа силовых элементов и элементов системы управления. При этом выбор того или иного исполнения шкафа производится на стадии заказа и определяется номинальной мощностью, током и напряжением ВУУД.

Входные, выходные и байпасные шкафы выпускаются трех типоразмеров - на 400, 600 и 800 А. При этом номинальные характеристики силового элемента зависят от исполнения шкафа и значения напряжения. При этом вариант исполнения шкафа зависит от назначения и рабочего тока. Например, входной шкаф на 400А может иметь исполнение 1-Н или 2-Н.

В качестве коммутирующих силовых элементов в шкафах используются вакуумные выключатели, жестко смонтированные в трехфазные группы. Шкаф включает в себя

низковольтную панель управления с вспомогательными управляющими реле; цепи питания катушек втягивания и удержания выключателя выпрямленным постоянным током; ключи для проверки работы выключателя без высокого напряжения от внешнего источника питания 120 В 50 Гц; набор клеммников для подключения внешних цепей управления. В некоторых шкафах имеется вспомогательный трансформатор для питания цепей управления мощностью 500 ВА, с напряжением вторичной обмотки 120 В и с предохранителями в первичной и вторичной цепях. В тех случаях, когда он отсутствует, для питания цепей управления используется напряжение из другого шкафа..

Большинство шкафов снабжены трехполюсным разъединителем, предназначенным для коммутации без нагрузки с наружной рукояткой для ручного управления, полностью сблокированным с основным выключателем, дверями силового шкафа и заземленным в положении “выключено”.

Силовые шины высокого напряжения расположены горизонтально и рассчитаны на сопряжение с шинами аналогичного назначения в соседних шкафах. В ряде шкафов, таких как 1512DM и 1512M имеются две группы силовых шин – напряжения питающей сети, 50 Гц ШВНПосЧ и шины переменной частоты ШВНПерЧ на выходе ПЧ.

Последовательно с контактами вакуумных выключателей установлены три силовых токоограничивающих предохранителя, предназначенных для защиты от коротких замыканий силовых цепей ВУУД. Предохранители бывают двух типов: R-типа – рассчитаны на прямой пуск двигателя, а предохранители E-типа используются для входных выключателей ПЧ. При одинаковом номинальном токе этих предохранителей, тип "E" рассчитан на номинальный ток двигателя, а тип "R" - на пусковой ток двигателя.

Шкафы имеют отдельные двери отсеков высокого и низкого напряжений. В двери силового элемента предусматриваются смотровое окно для визуального контроля положения разъединителя и механическая блокировка всех дверей силовых шкафов высокого напряжения.

5.3.1.Входные шкафы типа 1512AD и 1512BD

Выпускаются трех типо-размеров - на 400, 600 и 800 А. Когда в системе используется преобразовательный трансформатор, то 400А-выключатель может иметь исполнение 1-Н или 2-Н. Номинальные характеристики силового элемента зависят от конфигурации и величины напряжения. Входной выключатель управляется сигналами из ПЧ. Имеется несколько дополнительных устройств, используемых с выключателями этого типа, которые влияют на конфигурацию и кабельные соединения системы. В этих шкафах используются плавкие силовые предохранители типа "E". Предохранители типа "R" используются только при отсутствии предохранителей типа "E".

Шкаф 1512AD, BD имеет исполнение, позволяющее присоединить внешний Фильтр высших гармоник / ККМ непосредственно к выходу выключателя через специальные кабельные зажимы.

5.3.2.Входной шкаф типа 1512DM с выходным разъединителем для работы с одним или несколькими двигателями

Шкаф 1512DM содержит нереверсивный выключатель с разъединителем со стороны выхода ПЧ, который будет питать шину силового напряжения переменной частоты. Выходной разъединитель и разъединитель сблокированы механически в модификации на 400А и ключем - в модификации на 600 А. Опции, используемые с 1512AD, доступны и для 1512DM. Этот шкаф также стандартно комплектуется

вспомогательным трансформатором 500 ВА, чтобы обеспечить питание цепей управления. В этом шкафу используются плавкие силовые предохранители типа "Е".

5.3.3.Выходной - байпасный шкаф типа 1512М

Выходные - Байпасные шкафы разрешается использовать, если используется шкаф 1512 DM. Устройство можно использовать при управлении как одним, так и несколькими двигателями. При использовании шкафа(ов) 1512М, он(и) всегда буде(у)т расположен(ы) слева от входного шкафа (1512DM). Конфигурация из двух силовых шин применяется в отсеке шин (одна из них является силовой шиной входного питания, другая - шиной переменной частоты). Шина переменной частоты расположена над горизонтальной силовой шиной питания.

5.3.4.Выходной шкаф типа 1512DO

Изделие 1512DO является выходным шкафом для ПЧ и разрешено к установке при использовании устройства 1512DM. Это изделие содержит только разъединитель и выключатель. Каталожный номер включает мощность в л.с. и опционные номера. При использовании в конфигурации ВУУД шкаф 1512DO будет располагаться всегда слева от входного шкафа (1512DM). Это изделие не содержит трансформатора для питания цепей управления и поэтому требуется внешний источник питания. В изделии также нет силовых предохранителей или трансформаторов тока (ТТ), и оно управляется ПЧ.

5.3.5.Входной шкаф с фильтром гармоник/ККМ типа 1512АН, 1512ВН

Эти изделия используются для включения и выключения фильтра гармоник и ККМ. При наличии этого устройства пользователь может отключить фильтр или ККМ для проведения профилактики, в то время как ВУУД продолжает работать.

5.3.6.Фильтр высших гармоник / Корректор коэффициента мощности типа 1519

Фильтр гармоник или корректор коэффициента мощности, используются для уменьшения токов отдельных гармоник (5, 7 и 11) или коррекции коэффициента мощности на входе ПЧ. Эти устройства могут применяться как при управлении одним, так и несколькими двигателями. Имеются исполнения на подавление от 5 до 13 гармоники.

5.3.7.Коммутационный шкаф 1591А,В

Этот шкаф используется обычно в ВУУД большой мощности и предназначен для ввода - снизу или сверху - силовых кабелей от шин высокого напряжения питающей сети. В нем предусмотрены зажимы для подключения наконечников кабелей к горизонтальным шинам высокого напряжения постоянной частоты (ШВНПостЧ). Эти шины непосредственно сопрягаются с аналогичными шинами в других шкафах ВУУД, устанавливаемых с правой стороны. В шкафу предусмотрен также низковольтный отсек для размещения в нем различных устройств управления Заказчика.

6.Вопросы выбора типоисполнений устройств ВУУД

6.1.Общие соображения

Выбор типоисполнений ВУУД выполняется по напряжению, мощности, развиваемому моменту и требуемой кратковременной перегрузочной способности.

ВУУД 1557 и PowerFlex7000 имеют два варианта исполнения, в основе которых два типа кратковременных перегрузок при номинальной нагрузке ВУУД:

1) 110% в течение 1 минуты один раз за час - обычно используется при работе двигателей с переменным моментом. Устройства с такой паспортной характеристикой предназначены для продолжительной работы со 100% нагрузкой и допускают перегрузку 110% в течение 1 минуты один раз каждый час, что предполагает максимальную температуру окружающей среды 40^0С при высоте над уровнем моря до 1000 м.

2) 150% в течение 1 минуты один раз за час - обычно используется при работе двигателя с постоянным моментом. Устройства с такой паспортной характеристикой предназначены для продолжительной работы со 100% нагрузкой и допускают перегрузку 150% в течение 1 минуты один раз каждый час, что предполагает максимальную температуру окружающей среды 40^0С при высоте над уровнем моря до 1000 м. Не все применения с так называемым постоянным моментом требуют 150% перегрузки в течение 1 минуты. Обращайтесь на завод-изготовитель за помощью в точном измерении перегрузки приводов, в тех случаях, когда требуется перегрузка более 150%.

На этапе выбора типоисполнения ВУУД необходимо также решить вопрос о необходимости датчика обратной связи по скорости (для асинхронного двигателя) или датчика положения ротора (для синхронного двигателя).

Такой датчик необходим в следующих условиях:

1. Когда момент трогания превышает 90% момента, необходимого для номинального длительного режима работы механизма.
2. Когда требуется регулирование скорости с погрешностью менее 0,5 %, но не лучше, чем 0,1%.
3. Когда скорость при продолжительной работе находится в диапазоне 0,2 - 6 Гц.

Примечание: Пользователь несет ответственность за выбор и монтаж тахометра. Для применения с приводами рекомендуются тахометры Avtron моделей 585 или 685 или Lakeshore моделей 8500 или 6200 или подобные. Двигатели с подшипниками скольжения требуют применения тахометров, допускающих продольное перемещение. Детали тахометра и его электронная схема должны быть изолированы от земли. Для работы с ПЧ требуются модели с напряжением 12 - 15В, при этом необходимое число импульсов на один оборот (PPR – pulse per rotation) определяется в соответствии с таблицей 4.

Таблица 4.
Количество импульсов тахометров на оборот (для номинальной частоты 50 Гц)

Скорость вращения двигателя (об/мин)	Имп/об тахометра (минимум)	Имп/об тахометра (максимум)
3 000	100	200
1 500	200	400
1 000	250	500
750	333	666
500	417	834

Таблица 5 показывает возможности устройств типа 1557 и PowerFlex7000 по моменту (в процентах от номинального), независимо от условий кратковременной перегрузки по моменту, а Таблица 6 требуемые моментные характеристики различных приводимых механизмов. Сопоставление всех этих данных необходимо для правильного выбора типоисполнения ВУУД с ПЧ, которые представлены в Таблицах 7, 8 и 9.

При этом необходимо учитывать также и материалы справочной таблицы 10, которая содержит типовые значения фазных токов асинхронных и синхронных двигателей при полной нагрузке для различных значений напряжений питания и мощности. Указанные в ней токи полной нагрузки представляют собой "средние значения" при данной номинальной мощности. Ток полной нагрузки, указанный в паспортных данных двигателя, может отличаться от приведенных в таблице значений, что зависит от конструктивных особенностей двигателя. Эти "средние значения" следует использовать только для выбора соответствующих устройств ВУУД (ПЧ, выключателей, фильтров).

Таблица 5. Возможности ВУУД с ПЧ типа 1557 и PowerFlex7000 по моменту

Параметр	**Значение момента без тахометра (в % от номинального момента двигателя)**	**Значение момента с тахометром (в % от номинального момента двигателя)**
Момент трогания	90 %	150 %
Момент при ускорении	90 % (0-8 Гц) 125% (9-75 Гц)	140% (0-8 Гц) 140% (9-75 Гц)
Момент в статическом режиме	125% (9-75 Гц)	100% (1-2 Гц) 140% (3-60 Гц)
Ограничение по максимальному моменту	150%	150%

Примечание: ВУУД 1557 и PowerFlex7000 были испытаны с использованием динамометра, чтобы проверить указанные в таблице параметры при работе их с двигателем при заблокированном роторе, при ускорении и работе в условиях низкой скорости вращения/высокого момента.

Таблица 6. Типовые моментные характеристики различных механизмов

Механизм	Момент нагрузки	Момент нагрузки в % от полного момента привода			Требуемая Перегрузочная Способность	Требуется ли Тахометр для трогания?
		Трогание	Ускорение	Пиковые значения при работе		
Мешалки						
Жидкость	Пост.	100	100	100	110% / 1 мин	Да
Суспензия	Пост.	150	100	100	150% / 1 мин	Да
Воздуходувки (центробежные)						
Шибер закрыт	Перем.	30	50	40	110% / 1 мин	Нет
Шибер открыт	Перем.	40	110	100	110% / 1 мин	Нет
Древорубка	Пост.	50	40	200	Конт. с заводом	Нет
Компрессоры						
С осевой крыльчаткой, нагруженные	Перем.	40	100	100	110% / 1 мин	Нет
Поршневые, пуск без нагрузки	Перем.	100	50	100	110% / 1 мин	Да
Конвейеры						
Ленточные.	Пост.	150	130	100	150% / 1 мин	Да
Скребковые	Пост.	175	150	100	Конт. с заводом	Да
Винтовые, нагруженные	Пост.	200	100	100	Конт. с заводом	Да
Экструдеры (резина , пластик)	Пост.	150	150	100	Контактируйте с заводом	Да
Вентиляторы (центробежные, воздух окружающей среды)						
Шибер закрыт	Перем.	25	60	50	110% / 1 мин	Нет
Шибер открыт	Перем.	25	110	100	110% / 1 мин	Нет
Вентиляторы (центробежные, горячие газы)						
Шибер закрыт	Перем.	25	60	100	110% / 1 мин	Нет
Шибер открыт	Перем.	25	200	175	Конт. с заводом	Нет
Вентиляторы	Перем.	40	110	100	110% / 1 мин	Нет
Печи для обжига (роторные)	Пост.	250	125	125	Конт. с заводом	Да
Смесители						
Химические	Пост.	175	75	100	Конт. с зав-дом	Да
Для жидкости	Пост.	100	100	100	110% / 1 мин	Да
Для суспензий	Пост.	150	125	100	Конт. с заводом	Да
Для твердых компонент.	Пост.	175	125	175	Конт. с заводом	Да
Пульперы и протирочные машины	Перем.	40	100	150	Конт. с заводом	Нет
Насосы						
Центробежные, слив открыт	Перем.	40	100	100	110% / 1 мин	Нет
Качалки для скважин с маховиком	Пост.	150	200	200	Конт. с заводом	Да
Пропеллерные	Перем.	40	100	100	110% / 1 мин	Нет
Лопастные	Перем.	40	100	100	110% / 1 мин	Нет
Поршневые	Пост.	175	30	175	Конт. с заводом	Да
Винтовые, включаются сухими	Перем.	75	30	100	110% / 1 мин	Нет
Винтовые, первичные, слив открыт	Пост.	150	100	100	150% / 1 мин	Да
Для суспензий, слив открыт	Пост.	150	100	100	150% / I мин	Да
Турбинные, центро-бежные, для скважин.	Перем.	50	100	100	110% / 1 мин	Нет
Сепараторы воздуха Вентиляторного типа	Перем.	40	100	100	110% / 1 мин	Нет

6.2.Выбор типоисполнений ПЧ

Основой выбора типоисполнения ВУУД является выбор типоисполнения ПЧ. Ниже в таблицах 7-9 приведены основные исполнения ПЧ.

Таблица 7. Исполнения по мощности и напряжению ПЧ типа 1557 с воздушным охлаждением с кратковременной перегрузкой 110% и 150%, их габариты и вес

Типоисполнение *	Напряжение двигателя, В	Мощность, л.с. (кВт)	Габариты, дюймы (мм) шир. × выс. × гл.	Вес, фунт (кг)
1557-AAAD-30P6A1y-w	2300 (50Гц)	400-800 (75-600)	116x102x36 (2946x2591x915)	6500 (2945)
1557-AAAD-30P12A1 y -w			134x102x36 (3404x2591x915)	7200 (3262)
1557-AAAD-30P6A1 y -w		801-1500 (601-1120)	116x104x36 (2946x2642x915)	6500 (2945)
1557-AAAD-30P12A1 y -w			134x104x36 (3404x2642x915)	7200 (3262)
1557-AAAD-30P12A1 y -w		1501-2500 (1121-T865)	Привод: 196x104x36 (4978x2642x915)	9000(4077)
			ЗПТ: 54 x 98 x 40 (1372x2489x1016)	2400-3830 (1090-1739)
1557-AAAD-30P6A1 y -w	3300 (50Гц)	200-600 (150-450)	116x102x36 (2946x2591x915)	6500(2945)
1557-AACD-30P12A1 y -w			134x102x36 (3404x2591x915)	7200 (3262)
1557-AACD-30P6A1 y -w		601-1500 (451-1120)	116x104x36 (2946x2642x915)	6500 (2945)
1557-AACD-30P12A1 y -w			134x104x36 (3404x2642x915)	7200 (3262)
1557-AACD-30P12A1 y -w		1501-3000 (1121-2250)	Привод: 196x104x36 (4978x2642x915)	9000 (4077)
			ЗПТ: 54x98x40 (1372x2489x1016)	2400-3830, (1090-1739)
1557-AAED-30P6A1 y -w	4000 (50 Гц)	100-900 (75-670)	116x102x36 (2946x2591x915)	6500 (2945)
1557-AAED-30P12A1 y -w			134x102x36 (3404x2591x915)	7200(3262)
1557-AAED-30P18A1 y -w			142x102x36 (3607x2591x915)	7500 (3405)
1557-AAED-30P6A1 y -w		901-1750 (670-1300)	116x104x36 (2946x2642x915)	6500 (2945)
1557-AAED-30P12A1y-w			134x104x36 (3404x2642x915)	7200 (3262)
1557-AAED–30P18A1 y -w			142x104x36 (3607x2642x915)	7500(3405)
1557-AAED-30P12A1 y -w		1751-3500 (1301-2600)	Привод: 196x104x36 (4978x2642x915)	9000(4077)
			ЗПТ: 54 x 98 x 40 (1372x2489x1016)	2400-3830 (1090-1739)
1557-AAED-30P18A1 y -w			Привод: 196x104x36 (4978x2642x915)	9000 (4077)
			ЗПТ: 54x98x40 (1372x2489x1016)	2400-3830 (1090-1739)
1557-AAJD-30P6A1 y -w	6300 (50 Гц)	100-700 (75-500)	116x102x36 (2946x2591x915)	6500 (2945)
1557-AAJD-30P18A1 y -w			142x102x36 (3607x2591x915)	7500 (3405)
1557-AAJD-30P6A1 y -w		701-1250 (501-930)	116x104x36 (2946x2642x915)	6500 (2945)
1557-AAJD-30P18A1 y -w			142x104x36 (3607x2642x915)	7500 (3405)

* Примечания:
y - определяет исполнения 1557 с 110 % перегрузкой (**1**) или со 150 % - **5** , (напр. **A11** или **A15**)
w – зависит от мощности двигателя, его значение определяется из табл. 10.
S – после 1557 означает исполнение для управления синхронным двигателем (напр. **1557S**),
P – после 1557 означает исполнение с ШИМ выпрямителем, (напр. **1557P** или **1557SP**)

Таблица 8. Исполнения по мощности и напряжению ПЧ типа 1557L с жидкостным охлаждением с кратковременной перегрузкой 110% и 150%, их габариты и вес

Типоисполнение *	Тепло-обмен-ник	Напря-жение двигателя,	Мощность, л.с. (кВт)	Габариты, дюймы (мм) Шир × выс × глуб	Примерный вес, фунт (кг)	Примечание
1557L-AAED-30PxA1y-w	Жидк.-Воздух	4000 В (50 Гц)	3000-6000 (2250-4500)	222x96x36 (5639x2438x915)	10000 (4540)	Главный шкаф уст-ва (Дополнительно 6" - для 18 –пульсного)
				44x91x36 (1118x2315x915)	3000 (1362)	Шкаф выходного фильтра
1557L-AAJD-30PxA1y-w		6300 В (50 Гц)	3000-5000 (2250-3730)	72x110x72 (1829x2794x1829)	2500-4000 (1135-1816)	Отдельный шкаф ЗПТ
				100x77x50 (2540x1956x1270)	1000-1800 (454-817)	Теплообменник
1557L-AAED-30PxA1y-w (для 4000 В) и 1557L-AAJD-30PxA1y-w (для 6000 В)		4000 В (50 Гц)	6001-8000 (4501-6000)	222x96x36 (5639x2438x915)	10000 (4540)	Главный шкаф Уст-ва (Дополнительно 6" для 18 –пульсного)
				88x91x36 (2235x2315x915)	6000 (2724)	Шкаф выходного фильтра
		6300 В (50 Гц)	5001-8000 (3731-6000)	72x110x72 (1829x2794x1829)	2500-4000 (1135-1816)	Отдельный шкаф ЗПТ
				100x77x50 (2540x1956x1270	1000-1800 (454-817)	Теплообменник
1557L-AAED-30PxA1y-w (для 4000 В) и 1557L-AAJD-30PxA1y-w (для 6300 В)	Жидк. - Жидк.	4000 В (50 Гц)	3000-6000 (2250-4500)	222x96x36 (5639x2438x915)	10000 (4540)	Главный шкаф Уст-ва (Дополнительно 6" для 18 –пульсного)
				44x91x36 (1118x2315x915)	3000 (1362)	Шкаф выходного фильтра
		6300 В (50 Гц)	3000-5000 (2250-3730)	72x110x72 (1829x2794x1829)	2500-4000 (1135-1816)	Отдельный шкаф ЗПТ
1557L-AAED-30PxA1y-w (для 4000 В) и 1557L-AAJD-30PxA1y-w (для 6300 В)		4000 В (50 Гц) и	6001-8000 (4501-6000)	222x96x36 (5639x2438x915)	10000 (4540)	Главный шкаф уст-ва (Дополнительно 6" для 18 –пульсного)
				88x91x36 (2235x2315x915)	6000 (2724)	Шкаф выходного фильтра
		6300 В (50 Гц)	5001-8000 (3731-6000)	72x110x72 (1829x2794x1829)	2500-4000 (1135-1816)	Отдельный шкаф ЗПТ (Теплообменник включен в Устройство)
		6300 В (50 Гц)	8000-10000 (6000-8000)	72x110x72 (1829x2794x1829)	2750-4400 (1250-2000)	Отдельный шкаф ЗПТ (Теплообменник включен в Устройство)
		6300 В (50 Гц)	10000-14000 (8000-10000)	72x110x72 (1829x2794x1829)	3025-4850 (1375-2200)	Отдельный шкаф ЗПТ (Теплообменник включен в Устройство)
		6300 В (50 Гц)	14000-16000 (10000-12000)	72x110x72 (1829x2794x1829)	3520-5500 (1600-2500)	Отдельный шкаф ЗПТ (Теплообменник включен в уст-во)

* Примечания:

X – пульсность выпрямителя, которая для 1557L принимает значения **12** или **18** (напр. – **P12**);

Y-определяет исполнения 1557(L) с 110 % перегрузкой (**1**) или со 150 % - **5** , (напр. **A11** или **A15**)

W – код мощности, его значение определяется из табл. 10. в зависимости от мощности двигателя,

Введение **S** – после 1557 означает исполнение для управления синхронным двигателем (напр. **1557SL**)

Введение **P** – после буквы L исполнение с ШИМ выпрямителем, (напр. **1557LP** или **1557SLP**)

Таблица 9. Исполнения по мощности и напряжению ПЧ типа PowerFlex 7000 с воздушным охлаждением и с кратковременной перегрузкой в 110% и 150%, их габариты и вес

Типоисполнение *	Номинал. Входное напря-жение, В	Тип выпря-мителя	Максим. ток ПЧ, А	Номинал. мощность двигателя, л.с. (кВт)	Ширина (по фронту)		Вес, фунт (кг)
					Мм	Дюймы	
7000-A250DAD-RPWMV1y 7000-A375DAD-RPWMV1y 7000-A250DAD-R18V1y 7000-A375DAD-R6V1y	2300 50 Гц	ШИМ ШИМ 6-П 18-П	250 375 250 375	1000(750) 1750(1300) 1100(800) 1750(1300)	2400 2600 2400 3100	94,49 102,36 94,49 122,05	4300(1955) 4700(2140) 4300(1955) 5800(2640)
7000-A185DCD-RPWMV1y 7000-A185DCD-RPWMV1y 7000-A325DCD-RPWMV1y 7000-A160DCD-R6V1y 7000-A250DCD-R6V1y 7000-A325DCD-R18V1y 7000-A375DCD-R8V1y	3300 50 Гц	ШИМ ШИМ ШИМ 6-П 6-П 18-П 18-П	185 250 325 160 250 325 375	1100(820) 1500(1120) 2000(1500) 1000(750) 1500(1120) 2000(1500) 2500(1850)	2600 2800 3000 2600 2800 3100 3300	102,36 110,24 118,11 102,36 110,24 122,05 129,92	4750(2160) 5200(2365) 5200(2365) 4750(2160) 4300(1955) 5800(2640) 6000(2725)
7000-A185DED-RPWMV1y 7000-A185DED-RPWMV1y 7000-A325DED-RPWMV1y 7000-A160DED-R6V1y 7000-A250DED-R6V1y 7000-A325DED-R18V1y 7000-A375DED-R8V1y	4000 50 Гц	ШИМ ШИМ ШИМ 6-П 6-П 18-П 18-П	185 215 285 140 215 285 375	1450(1082) 1500(1120) 2250(1680) 1000(750) 1500(1100) 2250(1680) 3000(2250)	2600 2800 3000 2600 2800 3100 3300	102,36 110,24 118,11 102,36 110,24 122,05 129,92	4750(2160) 5200(2365) 5200(2365) 4750(2160) 4300(1955) 5800(2640) 6000(2725)
7000-A93DJD-RPWMV1y 7000-A116DJD-RPWMV1y 7000-A185DJD-RPWMV1y 7000-A285DJD-RPWMV1y 7000-A81DJD-R6V1y 7000-A140DJD-R6V1y 7000-A160DJD-R18V1y 7000-A250DJD-R8V1y	6300 50 Гц	ШИМ ШИМ ШИМ ШИМ 6-П 6-П 18-П 18-П	93 116 185 285 81 140 160 250	1200(895) 1500(1120) 2250(1680) 3500(2600) 1000(750) 1750(1300) 2000(1500) 3000(2250)	2800 3000 3200 3400 2800 3000 3100 3300	110,24 118,11 125,98 133,86 110,24 118,11 122,05 129,92	5200(2365) 5550(2525) 5200(2365) 5900(2680) 5200(2365) 5200(2365) 5800(2640) 6000(2725)

* Примечания:
RPWM – исполнения с ШИМ выпрямителем,
R6 и R18 – исполнения с 6-ти и 18-ти пульсным выпрямителем
y - определяет исполнения PowerFlex7000 с 110 % перегрузкой (**1**) или со 150 % - **5** , (напр. **V11** или **V15**)
Высота и глубина для всех исполнений одинакова и составляет: (89,56 x 39,37) в дюймах и (2275 x 1000) в мм.

Таблица 10. Коды мощностей W электродвигателей в зависимости от величины активной мощности.

Мощность (л.с.)	Мощность, (кВт)	Код мощности		Мощность (л.с.)	Мощность, (кВт)	Код мощности		Мощность (л.с.)	Мощность, (кВт)	Код мощности
100	75	**50**		**600**	450	**62**		**2750**	2050	**205**
125	93,5	**51**		**700**	525	**63**		**3000**	2250	**206**
150	112	**52**		**750**	560	**64**		**3500**	2611	**207**
175	130	**53**		**800**	600	**65**		**4000**	2984	**208**
200	150	**54**		**900**	670	**66**		**4500**	3357	**209**
225	168	**55**		**1000**	746	**67**		**5000**	3730	**210**
250	185	**56**		**1250**	933	**68**		**5500**	4100	**211**
300	225	**57**		**1500**	1119	**69**		**6000**	4476	**212**
350	260	**58**		**1750**	1250	**201**		**7000**	5250	**213**
400	300	**59**		**2000**	1500	**202**		**8000**	6000	**214**
450	335	**60**		**2250**	1679	**203**		**9000**	6714	**215**
500	375	**61**		**2500**	1866	**204**		**10000**	7460	**216**

Приведенная ниже справочная таблица содержит типовые значения фазных токов асинхронных и синхронных двигателей при полной нагрузке для различных значений напряжений питания и мощности. Указанные в ней токи полной нагрузки представляют собой "средние значения" при данной номинальной мощности и могут отличаться от значений, указанных в паспортных данных двигателя.

Таблица 11. Типовые значения фазных токов асинхронных и синхронных двигателей при полной нагрузке для различных значений напряжений питания и мощности.

Номинал. мощность, л.с.	Ток полной нагрузки, А			
	2300В	3300В	4000В	6300В
100	23	16	13	8
125	29	20	17	11
150	35	24	20	13
175	40	28	23	15
200	46	32	26	17
225	52	36	30	19
250	58	40	33	21
300	69	48	40	25
350	80	56	46	29
400	92	64	53	33
450	103	72	59	38
500	114	79	66	42
600	137	95	79	50
700	159	111	92	58
750	170	119	98	62
800	182	127	104	66
900	202	141	116	74
1000	224	156	129	82
1250	279	195	161	102
1500	335	233	192	122
1750	390	272	224	142
2000	445	310	256	162
2250	500	348	287	183
2500	556	387	319	203
2750	610	425	351	223
3000	666	464	383	243
3500	777	541	447	284
4000	888	619	511	324
4500	999	696	574	365
5000	1110	774	638	405
5500	1221	851	702	446
6000	1332	928	766	486
7000	1554	1083	893	567
8000	1776	1238	1021	648
9000	1998	1392	1149	729
10000	2220	1547	1276	810
14000				1019
16000				1223

6.3. Выбор типоисполнений преобразовательных трансформаторов

Выбор типоисполнения преобразовательных трансформаторов 1507T и 1508T в значительной степени предопределен выбором ПЧ. В соответствии с выбранным ПЧ при заказе трансформатора указывается его тип, мощность в кВА и ее код, напряжение питающей сети и напряжение двигателя, желаемый материал обмотки (медь – C, алюминий – A); схема соединения обмоток, напрямую зависящая от пульсности выпрямителя ПЧ (соответственно 6, 12 или 18). Код мощности трансформатора может быть определен из таблицы 12.

Таблица 12. Коды мощностей трансформаторов в зависимости от величины полной мощности в кВА

Мощность (кВА)	Код мощности		Мощность (кВА)	Код мощности		Мощность (кВА)	Код мощности		Мощность (кВА)	Код мощности
200	**54**		**900**	**66**		**2500**	**204**		**5500**	**211**
300	**57**		**1000**	**67**		**2750**	**205**		**6000**	**212**
400	**59**		**1250**	**68**		**3000**	**206**		**7000**	**213**
500	**61**		**1500**	**69**		**3500**	**207**		**8000**	**214**
600	**62**		**1750**	**201**		**4000**	**208**		**9000**	**215**
700	**63**		**2000**	**202**		**4500**	**209**		**10000**	**216**
800	**65**		**2250**	**203**		**5000**	**210**			

6.4. Выбор типоисполнений фильтров гармоник/корректоров коэффициента мощности

Выбор фильтра высших гармоник или корректора коэффициента мощности базируется на требованиях, предъявляемых к влиянию ВУУД на питающую сеть, и на выборе ПЧ. В соответствии с этими условиями при заказе фильтра указывается его напряжение, мощность в кВАР, код мощности (таблица 13), и номера опций (таблица 14) в зависимости от пульсности выпрямителя и фильтруемых гармоник.

Таблица 13. Коды мощности фильтров высших гармоник и корректора коэффициента мощности в зависимости от величины реактивной мощности в кВАР

Мощность (кВАР)	Код мощности		Мощность (кВАР)	Код мощности		Мощность (кВАР)	Код мощности		Мощность (кВАР)	Код мощности
75	**40K**		**600**	**47K**		**1125**	**54K**		**2100**	**61K**
150	**41K**		**675**	**48K**		**1200**	**55K**		**2250**	**62K**
225	**42K**		**750**	**49K**		**1350**	**56K**		**2400**	**63K**
300	**43K**		**825**	**50K**		**1500**	**57K**		**2700**	**64K**
375	**44K**		**900**	**51K**		**1650**	**58K**		**3000**	**65K**
450	**45K**		**975**	**52K**		**1800**	**59K**		**3600**	**66K**
525	**46K**		**1050**	**53K**		**1950**	**60K**		**4200**	**67K**
									4800	**68K**

Таблица 14. Выбор опций фильтра высших гармоник / Корректора коэффициента мощности

Фильтр или устройство коррекции коэффициента мощности	Тип выпрямителя ПЧ	Номер опции
Фильтр 5-ой гармоники	6 –ти пульсный	-34A
Фильтр 5- и 7-ой гармоник	6 –ти пульсный	-34AB
Фильтр 5-, 7- и 11-ой гармоник	12 –ти пульсный	-34ABC
Фильтр 5-, 7-, 11- й 13-ой гармоник	12 –ти пульсный	-34ABCD
Корректор коэффициента мощности	6 или 12 –ти пульсный	-34PF

6.5. Выбор типоисполнений входных, выходных и байпасных шкафов

Выбор типоисполнений входных, выходных и байпасных шкафов типа 1512 прежде всего определен их назначением (см. Таблицу 3), а также их рабочим напряжением и током, причем выходная мощность шкафа определяется в соответствии с таблицей 15.

Таблица 15. Выходная мощность шкафа в зависимости от рабочего напряжения и тока

Напряжение, В	**Выходная мощность, л.с. (кВт)**			
	200 А	**400 А**	**600 А**	**800 А**
2 300	800 (600)	1500 (1 119)	2750 (2 051)	3500 (2 611)
3 300	1000 (746)	2250 (1 679)	4000 (2 984)	5000 (3 730)
4 000	1250 (933)	2750 (2 051)	4500 (3 357)	6000 (4 476)
6 300	2500 (1 866)	4500 (3 357)	-	9000 (6 714)

7. Комплектность ВУУД

Комплектно с ВУУД должны поставляться эксплуатационная документация (на русском языке) в составе:

- Руководство пользователя,
- Комплект схемной документации (схемы электрических соединений),
- Габаритные и установочные чертежи на все составные части,
- Основные технические данные на ВУУД и подключаемую к нему нагрузку (паспорт изделия).

Обязательного комплекта запасных частей, входящего в состав ВУУД, не существует, и запасные части поставляются по отдельной спецификации, при этом список рекомендуемых запасных частей для ПЧ представлен в главе 11 руководства пользователя.

8. Упаковка

Перед отправкой оборудования с завода изготовителя, все оборудование ВУУД подвергается комплексной проверке под напряжением и под нагрузкой. После выходных испытаний ВУУД поставляется Заказчику вв герметичной морской упаковке на деревянной платформе, которая прикручивается к основанию корпусов составных частей ВУУД.

9. Транспортирование и хранение

9.1. Основной метод транспортирования ВУУД - контейнерная перевозка. Допускаемая температура при транспортировке от минус 40 до плюс 50 градусов Цельсия.

После доставки в конечный пункт и выгрузки из контейнера все части ВУУД должны оставаться прикрученными к транспортной платформе до тех пор, пока ВУУД не будет доставлен к месту его окончательной установки.

Составные части (шкафы) ВУУД должны находиться в вертикальном положении во время всего процесса транспортирования, при распаковке, передвижении к месту окончательной установки и, собственно, установке.

В случае необходимости транспортирования во время процесса установки ВУУД, последнее должно находиться на грузовой палете, а в случае поднятия краном его составных частей - должны быть использованы специальные грузоподъемные траверсы – угольники в верхней части шкафов, которые остаются прикрученными до окончания процесса установки.

ПоПосле доставки оборудования к месту установки и для того чтобы, расположить шкафы ВУУД в требуемом месте, может быть использована методика качения на трубах без транспортной палеты.

Подробно методика выполнения грузоподъемных работ с ВУУД приведена в главе 8 руководства пользователя.

9.2. Претензии после транспортирования

По прибытии оборудования Заказчику необходимо снять все упаковочные материалы, все крепежные клинья и фиксаторы груза из составных частей ВУУД, удалить упаковочные материалы и проверить на предмет возможных повреждений при транспортировке. В случае обнаружения таковых немедленно сообщить в отдел по рекламациям транспортного предприятия.

Все претензии, касающиеся повреждений и поломок, как открытых, так и скрытых, должны быть сделаны в возможно короткий срок после доставки оборудования. Фирма Rockwell Automation с готовностью окажет Заказчику помощь при получении возмещения по сделанной рекламации о повреждениях.

9.3.Хранение

При необходимости обеспечить временное сохранение ВУУД без транспортной упаковки необходимо убедиться, что предназначенное для этой цели помещение является чистым, сухим и непыльным. Температура хранения должна при этом поддерживаться в пределах от –5 до +40 градусов Цельсия. В тех случаях, когда температура в хранилище постоянно изменяется, или если относительная влажность превышает 85%, должны быть использованы обогреватели помещения с целью предотвращения конденсации. Местом хранения должно быть отапливаемое здание с достаточной циркуляцией воздуха. Оборудование никогда не должно храниться вне помещения.

Если какие либо устройства и детали не будут установлены сразу же после получения оборудования, то они должны быть помещены в сухое и чистое помещение на хранение. Для того, чтобы чувствительные к температуре детали не были повреждены, они должны находиться в помещении с температурой в месте складирования от –40 до +50 град. Цельсия, относительная влажность – не более 95% и помещение должно быть защищено от конденсирования влаги.

10. Показатели надежности

Средняя наработка ВУУД на отказ –не менее 50000 часов.
Срок службы до списания (без капитального ремонта) - не менее 20 лет.
Срок сохраняемости в транспортной упаковке предприятия - 2 года.