

# Altivar 61/71

Руководство по  
по эксплуатации

Модули торможения  
для тормозных сопротивлений

**VW3 A7 101**  
**VW3 A7 102**



Астана +7(7172)727-132 Волгоград (844)278-03-48 Воронеж (473)204-51-73 Екатеринбург (343)384-55-89  
Казань (843)206-01-48 Краснодар (861)203-40-90 Красноярск (391)204-63-61 Москва (495)268-04-70 Нижний  
Новгород (831)429-08-12 Новосибирск (383)227-86-73 Ростов-на-Дону (863)308-18-15 Самара  
(846)206-03-16 Санкт-Петербург (812)309-46-40 Саратов (845)249-38-78 Уфа (347)229-48-12  
единый адрес: [sdn@nt-rt.ru](mailto:sdn@nt-rt.ru) | [sensedat.nt-rt.ru](http://sensedat.nt-rt.ru)

# Оглавление

---

|  |    |
|--|----|
| Введение _____   | 4  |
| Последовательность ввода в эксплуатацию _____              | 5  |
| Предварительные рекомендации _____                         | 6  |
| Характеристики тормозного модуля _____                     | 7  |
| Установка - Монтаж _____                                   | 9  |
| Настройка параметров тормозного модуля / Диагностика _____ | 14 |
| Подключение _____  | 15 |
| Принцип торможения и расчет _____                          | 16 |
| Выбор тормозного модуля _____                              | 20 |

**Внимательно изучите данное руководство перед началом работы с преобразователем частоты.**

## **ОПАСНО**

### **Опасное напряжение**

- Перед вводом в эксплуатацию тормозного модуля, внимательно изучите в полном объеме данное руководство. Установка, настройка и ремонт должны осуществляться квалифицированным персоналом.
- Ответственность за выполнение требований действующих международных и национальных стандартов, касающихся защитного заземления всех устройств, несет пользователь.
- Многие элементы преобразователя частоты, включая карты цепей управления, подключены к сетевому питанию, поэтому **прикасаться к ним чрезвычайно опасно**. Используйте только инструменты с электрической изоляцией.
- Если устройство находится под напряжением, не прикасайтесь к неэкранированным элементам и винтам клеммников.
- Не закорачивайте клеммы PA/+ и PC/- или конденсаторы промежуточного звена постоянного тока.
- Перед включением питания ПЧ установите на место все защитные крышки.
- Перед обслуживанием или ремонтом преобразователя частоты:
  - отключите питание;
  - повесьте табличку "Не прикасаться - под напряжением" под автоматом или разъединителем ПЧ;
  - заблокируйте автомат или разъединитель в отключенном состоянии.
- Перед любым вмешательством в ПЧ отключите питание, включая внешнее питание цепей управления, если оно используется. Затем следуйте инструкции по измерению напряжения звена постоянного тока, содержащейся в Руководстве по установке преобразователя частоты, чтобы убедиться, что это напряжение меньше 45 В. Светодиод ПЧ не является точным индикатором отсутствия напряжения в звене постоянного тока.

**Несоблюдение этих указаний может привести к смерти или тяжелым травмам.**

## ■ 1 Приемка тормозного модуля

- Убедитесь, что обозначение на заводской табличке соответствует тому, что указано на прилагаемом упаковочном листе и в спецификации
- После снятия упаковки удостоверьтесь, что тормозной модуль не был поврежден при транспортировке

## ■ 2 Проверка сетевого питания

- Убедитесь, что напряжение сети совместимо с диапазоном напряжения питания тормозного модуля (см. стр. 7)

## ■ 3 Установка тормозного модуля

- Закрепите тормозной модуль до установки шасси дросселя постоянного тока на преобразователь частоты

## ■ 4 Подключение тормозного модуля

- Подключите силовые клеммы BU- и BU+ тормозного модуля к преобразователю
- Подключите цепи управления

## ■ 5 Настройте в преобразователе параметры торможения

- Настройте параметр, исключающий автоматическую адаптацию темпа замедления [Адаптация замедления] (bra)
- Настройте параметры, необходимые для защиты тормозного сопротивления [Защита тормозного сопротивления] (brP-)
- См. рекомендации на стр. 14 и Руководство по программированию

Этапы 1 - 4  
должны выполняться при  
отключенном  
питании

# Предварительные рекомендации

## Приемка

Убедитесь, что обозначение устройства на заводской табличке соответствует тому, что указано на прилагаемом упаковочном листе и в спецификации.

После снятия упаковки удостоверьтесь, что тормозной модуль не был поврежден при транспортировке.

Для успешного ввода в эксплуатацию необходимо правильно выбрать тормозной модуль, защиты и подключение.

### Разряд конденсаторов!

Перед любым вмешательством в тормозной модуль отключите питание и подождите 15 минут для полного разряда конденсаторов фильтра звена постоянного тока. Измерьте напряжение звена постоянного тока, которое должно быть меньше 60 В.

### Автоматический повторный пуск!

В некоторых случаях в зависимости от настройки может произойти автоматический перезапуск ПЧ при подключении питания. Необходимо гарантировать безопасность оборудования и окружающего персонала.

## Общие положения

При замедлении двигателя с заданным темпом он работает в генераторном режиме. Входной выпрямитель преобразователя частоты не способен возвращать электроэнергию в распределительную сеть.

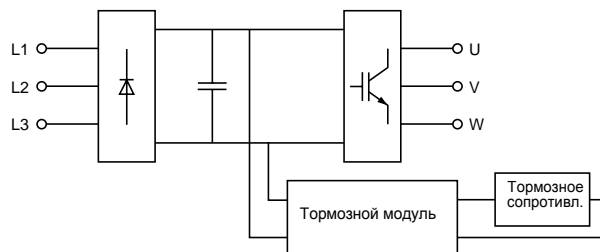
В генераторном режиме работы напряжение на зажимах промежуточного звена постоянного тока увеличивается вследствие регенерации энергии от двигателя к ПЧ. Это приводит к блокировке преобразователя по неисправности Перенапряжение звена постоянного тока.

Мощность возвращаемой энергии зависит от момента инерции тормозной нагрузки и желаемого времени торможения.

Преобразователь защищается от блокировки по перенапряжению путем адаптации темпа торможения. Для получения более быстрого торможения необходимо использовать ТОРМОЗНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ.

Тормозной модуль является внешним модулем, который управляется и контролируется преобразователем. Если напряжение на зажимах звена постоянного тока превышает предварительно заданное значение, то внешнее сопротивление, подключенное к звену постоянного тока будет рассеивать тормозную энергию.

Выбор минимального значения сопротивления должен производиться на основании таблицы характеристик тормозного модуля, а его мощность зависит от применения.



Рекомендуется использовать сетевой контактор в схеме питания преобразователя. Этот контактор должен размыкаться при появлении неисправности.

## ВНИМАНИЕ

### СОБЛЮДАЙТЕ СЛЕДУЮЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ:

- Не закорачивайте звено постоянного тока или клеммы PA - PB.
- Тормозные сопротивления должны устанавливаться в пожаробезопасном сухом окружении.
- Убедитесь в правильной полярности подключения тормозного модуля.

**При несоблюдении этих предупреждений возможен выход оборудования из строя.**

# Характеристики тормозного модуля

## Электрические характеристики

| Тип тормозного модуля  |     | VW3 A7 101  | VW3 A7 102    |
|--|-----|---|---------------|
| Номинальное напряжение сети и питания преобразователя (эффективное значение)                       | В   | ~ 380 - 15 %...480 + 10 %   |               |
| Уставка включения  | В   | = 785 ± 1 %   |               |
| Максимальное напряжение звена постоянного тока   | В   | 850   |               |
| Максимальная мощность торможения с сетью = 785 В (1)   | кВт | 420   | 750           |
| Максимальная постоянная мощность   | кВт | 200   | 400           |
| Процент времени проводимости с постоянной мощностью при = 785 В (1)                                |     | 5% - 420 кВт  | 5% - 750 кВт  |
|  |     | 15% - 320 кВт   | 15% - 550 кВт |
|  |     | 50% - 250 кВт   | 50% - 440 кВт |
| Длительность цикла   | с   | ≤ 240<br><b>Примечание:</b> возможна более быстрая циклограмма, но нельзя превышать значение максимальной постоянной мощности тормозного модуля |               |
| Мощность торможения при вертикальном перемещении (значения приведены для длительности цикла 240 с) |     |   |               |

**Примечание:** уставка включения тормозного модуля.

## Защита

| Тип тормозного модуля |  | VW3 A7 101   | VW3 A7 102 |
|-----------------------|--|--|------------|
| Тепловая защита       |  | Встроенная с помощью терморезистора и управляемая преобразователем частоты |            |

## Характеристики установки тормозного модуля

|   |              | VW3A7101  | VW3A7102   |
|---|--------------|---|--|
| Для преобразователя                               |              | ATV61HC25N4<br>ATV61HC31N4<br>ATV71HC20N4<br>ATV71HC25N4<br>ATV71HC28N4 | ATV61HC40N4<br>ATV61HC50N4<br>ATV61HC63N4<br>ATV71HC31N4<br>ATV71HC40N4<br>ATV71HC50N4   |
| Температура окружающего воздуха вблизи устройства | При работе   | °C  | - 10...+ 50  |
|   | При хранении | °C  | - 25...+ 70  |
| Степень защиты                                    |              | IP00 или IP31 с VW3A9114  | IP00   |
| Потери при номинальной мощности                   |              | Вт  | 550  |
| Принудительная вентиляция                         |              | м <sup>3</sup> /час   | 100  |
| Положение   |              | Всегда слева от преобразователя   |  |
| Установка   |              | Вертикальная<br>Крепление к ПЧ  | Вертикальная<br>Крепление к стене или задней стенке шкафа рядом с ПЧ   |
| Расстояние от преобразователя                     |              | мм  | -<br>От 0 до 1000 мм   |
| Подключение силовой цепи                          |              | Поставляется с тормозным модулем  | Поставляется с тормозным модулем для расстояния 110 ± 5 мм. Подключение типа "гибкая шина". При необходимости можно укоротить до нужного размера, не повредив изоляцию. Необходимо также перделать фиксирующие отверстия |
| Подключение управления                            |              | Поставляется с тормозным модулем  |  |

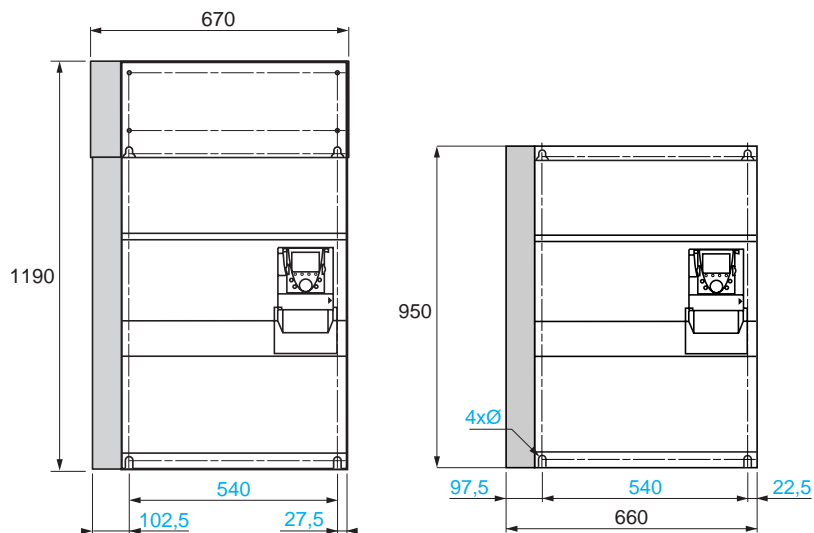
# Характеристики тормозного модуля

## Размеры

### Тормозной модуль VW3 A7 101

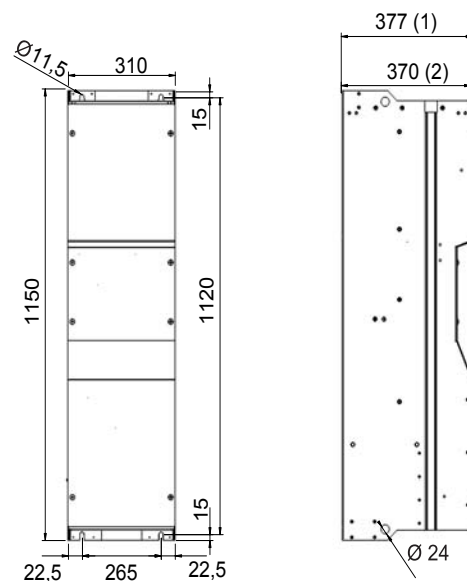
ATV71HC20N4...HC28N4 с  
тормозным модулем VW3 A7 101

ATV71HC20N4D...HC28N4D с  
тормозным модулем VW3 A7 101



### Тормозной модуль VW3 A7 102

(1) С винтами  
(2) Без винтов



(1) Наличие тормозного модуля VW3 A7 101 не изменяет глубины комплекта: преобразователь + тормозной модуль.

## Характеристики тормозных сопротивлений

|   |    | VW3A7101   | VW3A7102                               |
|---|----|--|--|
| Минимальное значение сопротивления, подключенного к тормозному модулю (1) | Ом | 1,05   | 0,7                                    |
| Максимальное сечение кабеля   |    | 2 x 185 мм <sup>2</sup><br>2 x 350 МСМ   | 4 x 185 мм <sup>2</sup><br>4 x 350 МСМ |
| Тепловая защита   |    | - рассчитанная преобразователем (см. Руководство по программированию, параметр brP-).<br>- с помощью внешнего теплового реле |  |

(1) Можно подключить параллельно несколько тормозных сопротивлений для увеличения мощности торможения. В этом случае не забудьте учесть минимальное значение сопротивления для каждого модуля.

# Установка - Монтаж

## Рекомендации по установке

### Введение:

Тормозной модуль VW3A7101 должен использоваться только для преобразователей ATV71HC20N4, C25N4 и C28N4.  
Тормозной модуль VW3A7102 должен использоваться только для преобразователей ATV71HC31N4, C40N4 и C50N4.

### Установка:

Тормозной модуль VW3A7101 механически крепится только с левой стороны преобразователя.

Тормозной модуль VW3A7102 механически крепится с левой стороны преобразователя, на стене или на установочной пластине преобразователя.

Тормозной модуль должен устанавливаться на расстоянии 110 мм ( $\pm 5$  мм) от преобразователя. Это расстояние диктуется размером соединительных шин, поставляемых с тормозным модулем. Однако есть возможность увеличения расстояния до 1 метра с помощью соединительных шин (63 x 5 x 1 мм), поставляемых индивидуально.

**Важно:** разница между гибкими соединительными шинами для подключения к клеммам BU+ и BU- не должна превышать 10 мм.

### Электрическое подключение:

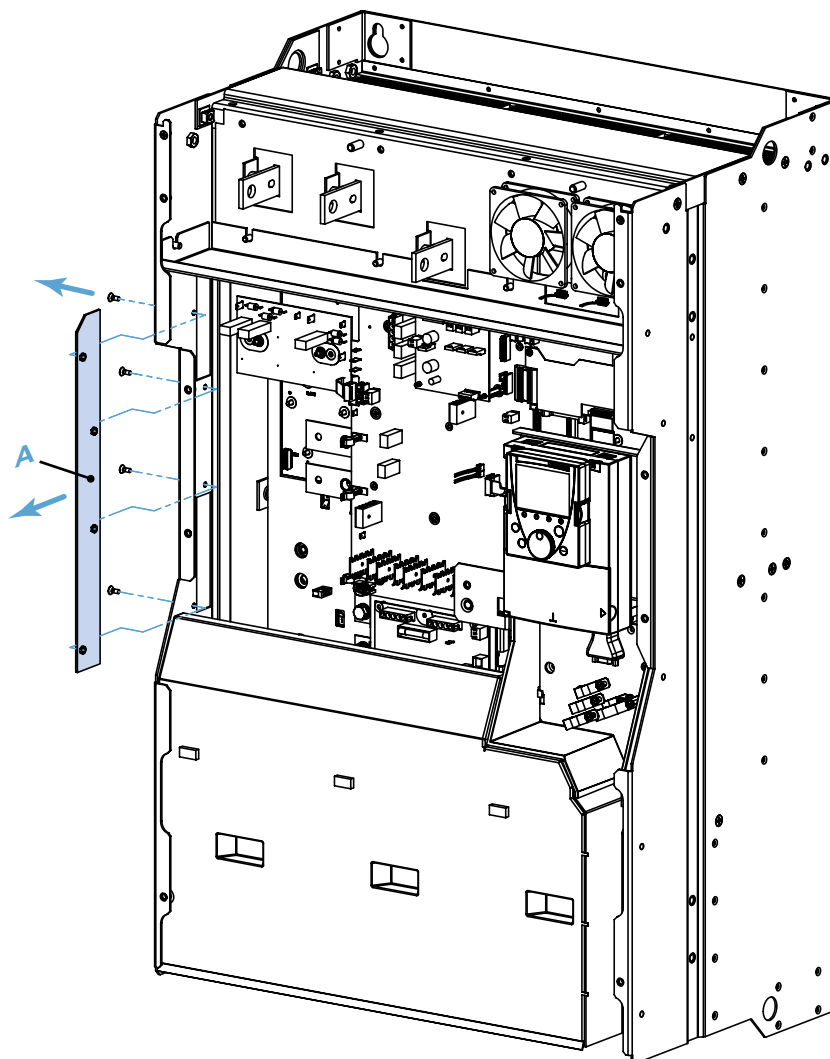
После механической установки осуществите подключение силовой части между ПЧ и тормозным модулем BU+ и BU-.

Подключите кабели управления X20, X92, X3, X3A и X3B для VW3A7101 или X1 и X2 для VW3A7102.

Подключите тормозное сопротивление к клеммам PA и PB.

## Описание различных этапов установки и монтажа тормозного модуля VW3A7101

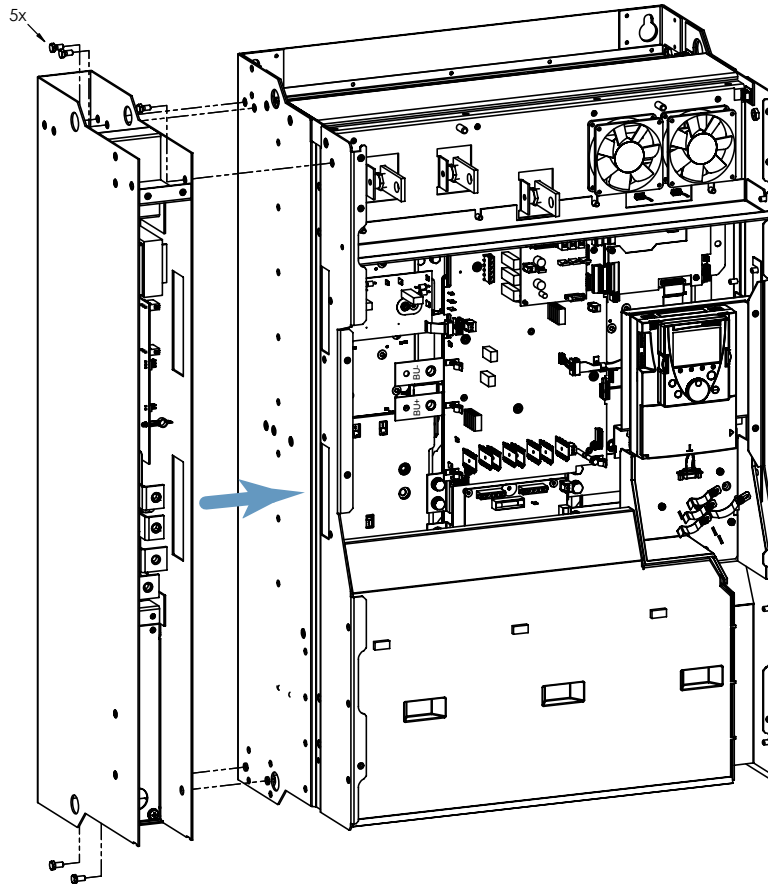
- 1 Закрепите преобразователь
- 2 Снимите крышку преобразователя, соблюдая указания по безопасности, приведенные в данном документе
- 3 Снимите съемную часть A с левой стороны преобразователя



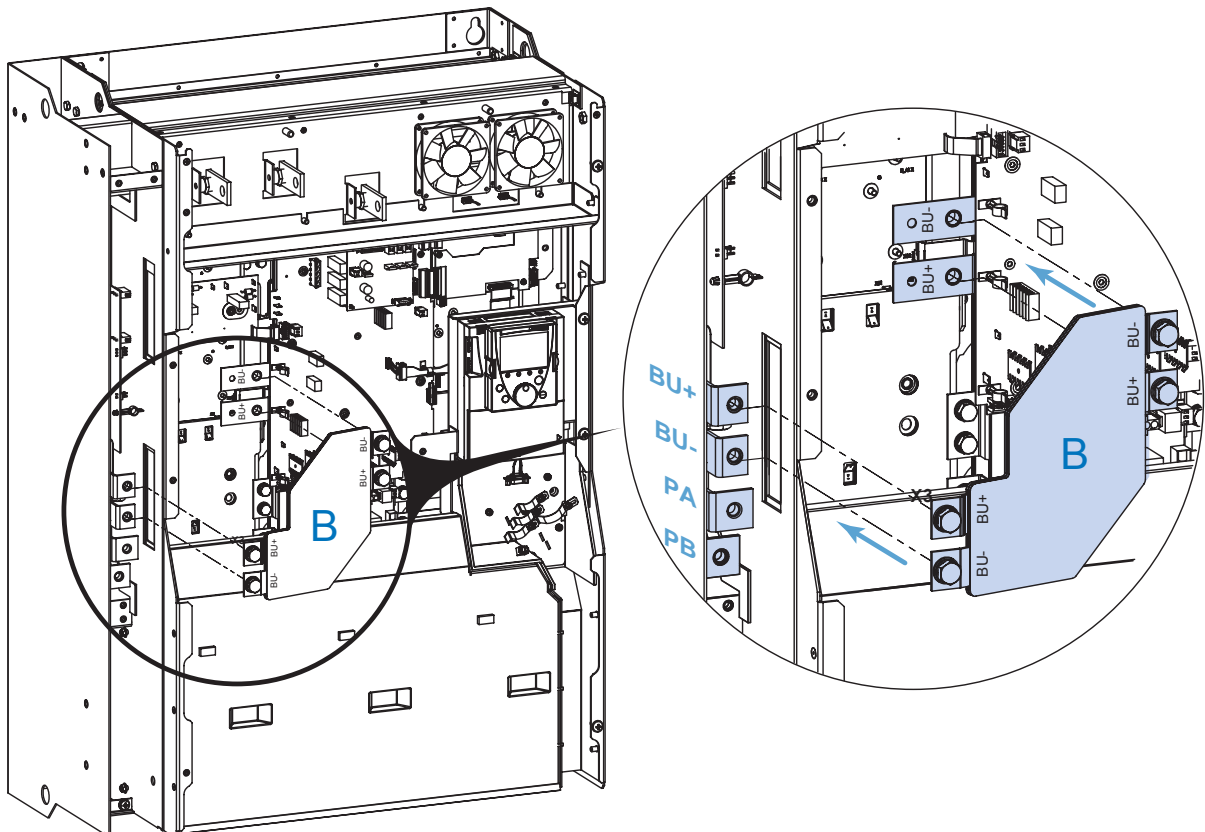


## Установка - Монтаж

4 Закрепите тормозной модуль с левой стороны преобразователя. Для этого предусмотрено 5 отверстий для крепления (5xM8)



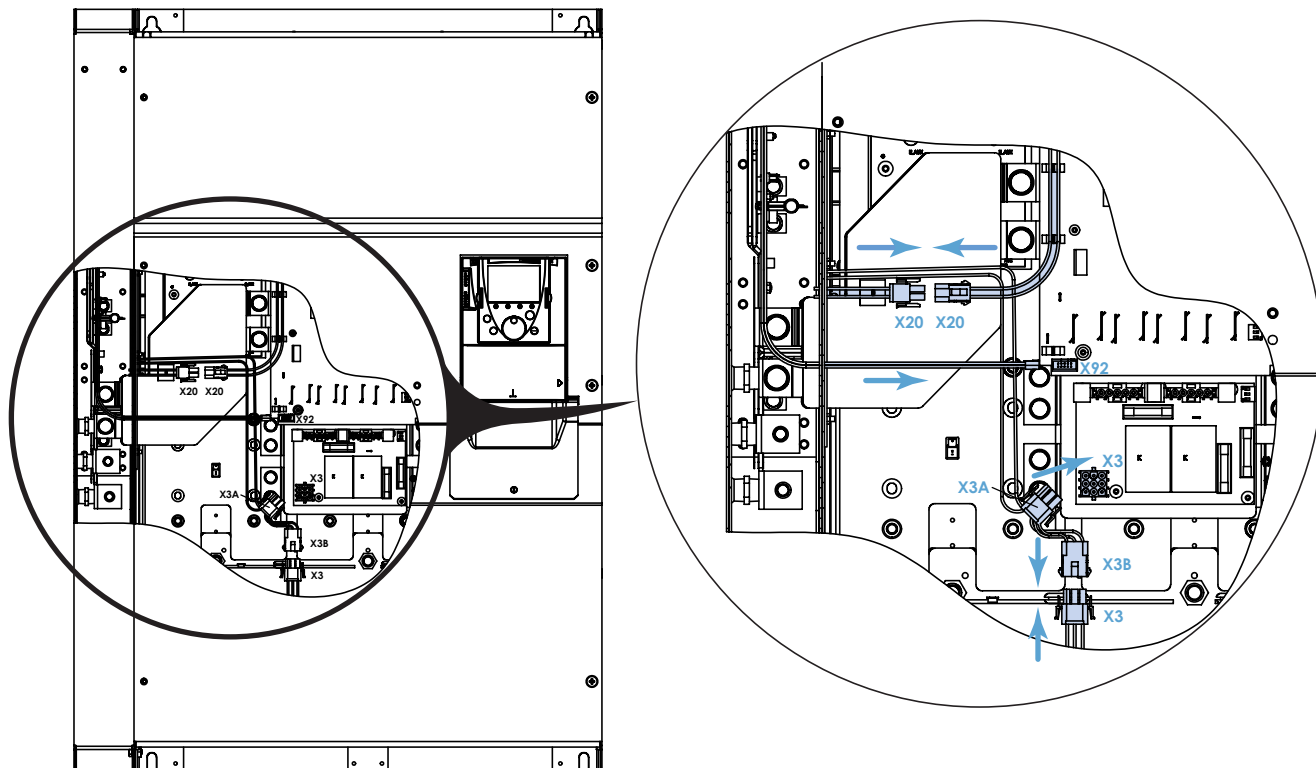
5 Подключите перемычку В между клеммами ВU- и ВU+ преобразователя и ВU- и ВU+ тормозного модуля  
6 Подключите тормозное сопротивление к клеммам РА и РВ



## Установка - Монтаж

### 7 Подключите кабели управления:

- подключите кабель управления X20 тормозного модуля к кабелю X20 преобразователя
- подключите кабель управления X92 тормозного модуля к разъему X92 преобразователя
- отключите кабель X3 преобразователя от разъема X3, находящегося на карте преобразователя
- подключите кабель X3 преобразователя к кабелю X3В тормозного модуля
- подключите кабель X3А тормозного модуля к разъему X3, находящегося на карте преобразователя

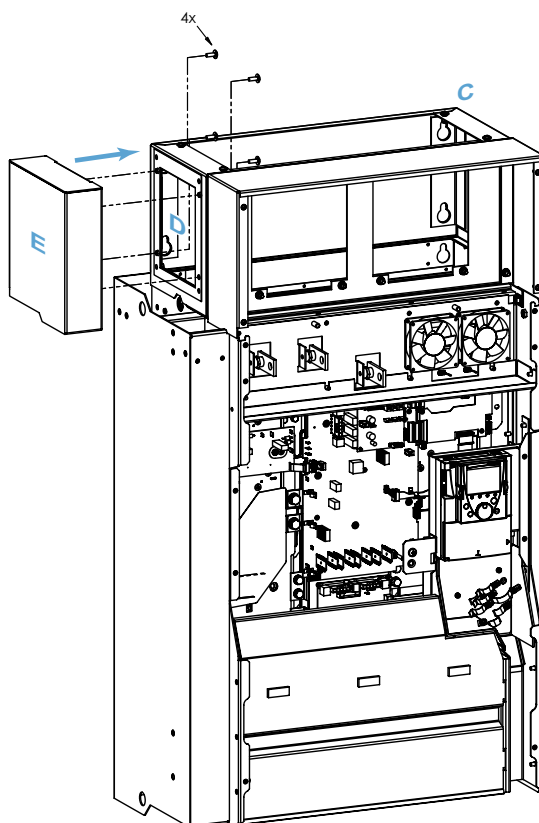


8 Закрепите на стене или задней стенке шкафа шасси дросселя постоянного тока (С). См. рекомендации, приведенные в Руководстве по установке преобразователя

9 Вытащите съемную часть (D) шасси дросселя постоянного тока

10 Закрепите крышку (E) тормозного модуля на шасси дросселя постоянного тока

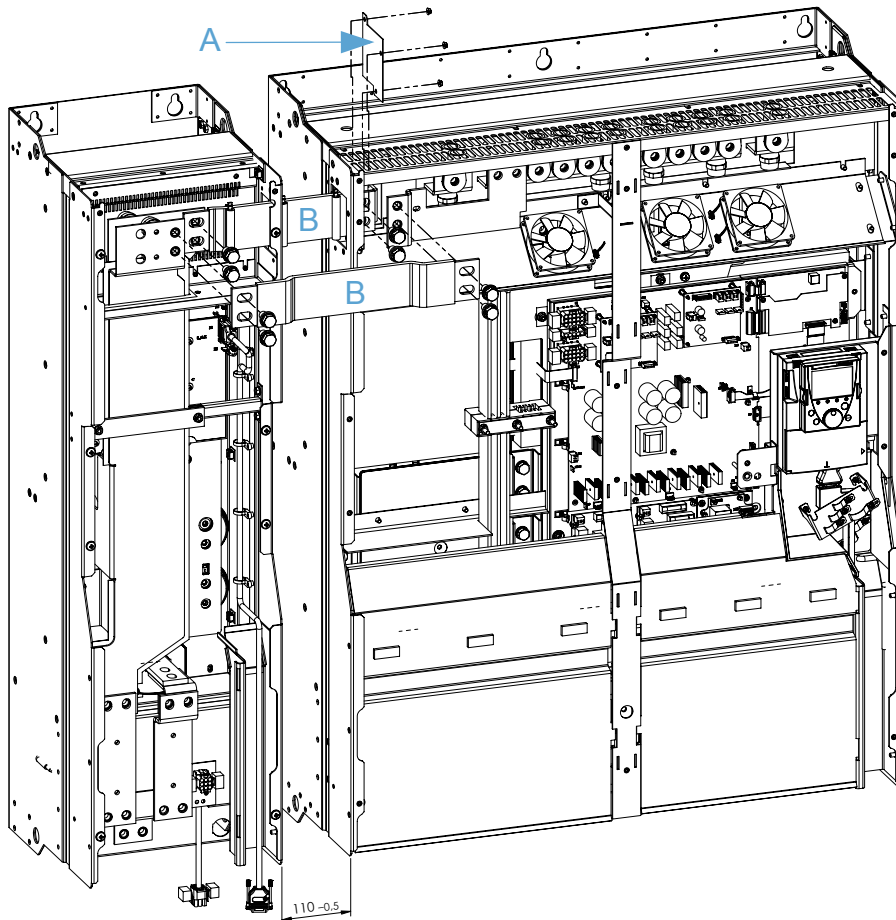
11 Установите дроссель (дроссели) в соответствии с рекомендациями, приведенными в Руководстве по установке преобразователя



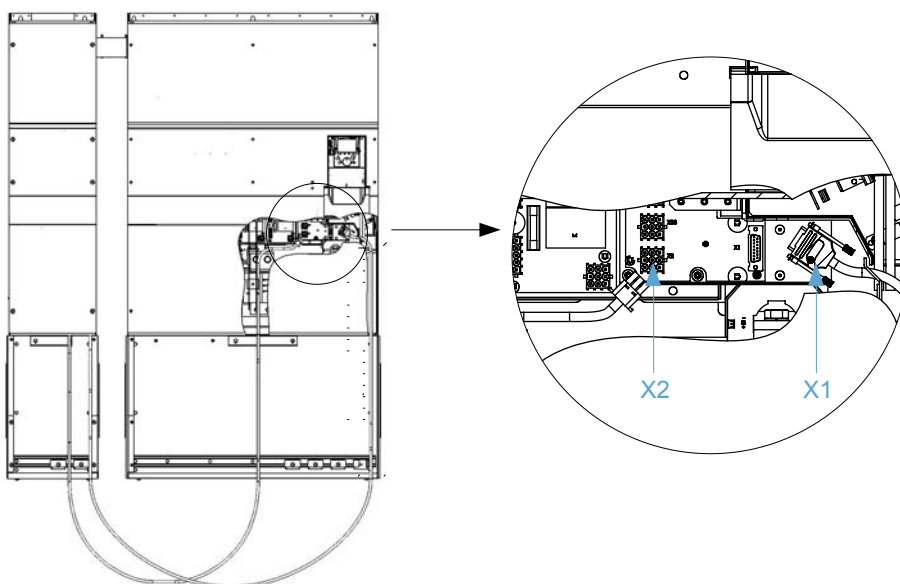
# Установка - Монтаж

## Описание различных этапов установки и монтажа тормозного модуля VW3A7102

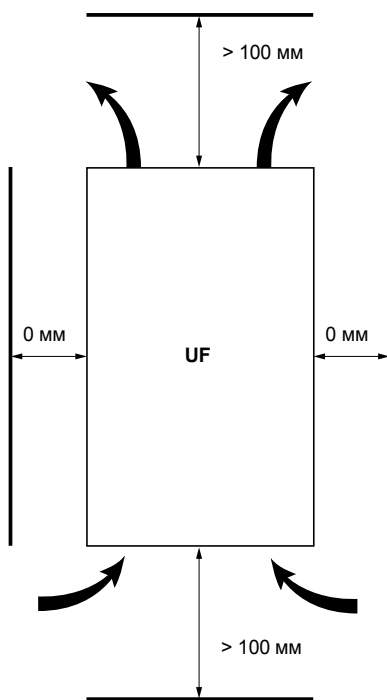
- 1 Закрепите преобразователь и тормозной модуль
  - 2 Снимите крышку преобразователя, соблюдая указания по безопасности, приведенные в данном документе
  - 3 Снимите съемную часть А с левой стороны преобразователя
  - 4 Подключите клеммы BU- и BU+ преобразователя к клеммам BU- и BU+ тормозного модуля с помощью соединительной перемычки В
- Важно:** разница между гибкими соединительными шинами для подключения к клеммам BU+ и BU- не должна превышать 10 мм



- 5 Подключите цепи управления и питания вентилятора:
  - подключите кабель управления X1, идущий от тормозного модуля к разъему X1 ПЧ через переход кабеля управления
  - подключите кабель питания вентилятора, идущий от тормозного модуля к разъему X2 преобразователя



## Рекомендации по установке тормозного модуля VW3 A7 102



Тормозной модуль устанавливается в вертикальном положении. Подключение тормозного модуля осуществляется снизу. При правильном подключении тормозной модуль отвечает степени защиты IP20.

Охлаждение тормозного модуля осуществляется с помощью встроенного вентилятора. Необходимо обеспечить свободную циркуляцию воздуха вокруг тормозного модуля. Воздух не должен содержать примесей пыли, коррозионных газов и конденсата.

Установите модуль в вертикальном положении  $\pm 10^\circ$ .  
Запрещается его установка рядом с нагревательными элементами. Особенно избегайте размещения нагревательных элементов под преобразователем частоты или тормозным модулем.  
Оставьте достаточно места для циркуляции воздуха, охлаждающего устройство.

## Рекомендации по установке тормозных сопротивлений

Корпус сопротивления (степень защиты IP23) может достигать температуры  $350^\circ\text{C}$ .  
Необходимо располагать эти сопротивления вдали от оборудования без риска случайного прикосновения.  
Должна быть обеспечена их вентиляция с целью удаления выделяемого тепла.

# Настройка параметров тормозного модуля / Диагностика

---

## Тормозные параметры, которые необходимо настроить в преобразователе

Обратитесь к Руководству по программированию и компакт-диску, поставляемому с преобразователем частоты.

- В меню **[1.7 ПРИКЛАДНЫЕ ФУНКЦИИ] (FUn-)**, подменю **[ЗАДАТЧИК] (rPt-)**, поставьте параметр **[АДАПТАЦИЯ ТЕМПА ТОРМОЖЕНИЯ] (brA)** в положение **[Нет] (nO)**.
- Установите защиту тормозного сопротивления с помощью преобразователя: в меню **[1.8 УПРАВЛЕНИЕ ПРИ НЕИСПРАВНОСТЯХ] (FLt-)** настройте параметры подменю **[ЗАЩИТА ТОРМОЗНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ] (brP-)**.
- Уставка включения тормозного модуля имеет заводскую настройку, адаптированную ко всем типам сетевого питания. Тем не менее, пользователи могут изменить эту настройку для специальных применений.  
В меню **[1.4 ПРИВОД] (drC-)** настройте параметр **[Уставка торможения] (Ubr)**.
  - Для трехфазного питания 400 В уставка настраивается в пределах от 660 до 820 В постоянного тока
  - Для трехфазного питания 440 В уставка настраивается в пределах от 720 до 820 В постоянного тока
  - Для трехфазного питания 460 В уставка настраивается в пределах от 750 до 820 В постоянного тока
  - Для трехфазного питания 480 В уставка настраивается в пределах от 770 до 820 В постоянного токаРекомендуемое значение 785 В постоянного тока (заводская настройка).
- В случае, когда несколько преобразователей, каждый с тормозным модулем, подключены к цепи постоянного тока, то существует возможность автоматической настройки порогов включения в меню **[1.4 ПРИВОД] (drC-)**. Поставьте параметр **[Выравнивание мощности торможения] (bbA)** на **[Да] (YES)**.

## Диагностика

Контроль тормозного модуля и подключенного к нему тормозного сопротивления осуществляется с помощью преобразователя.

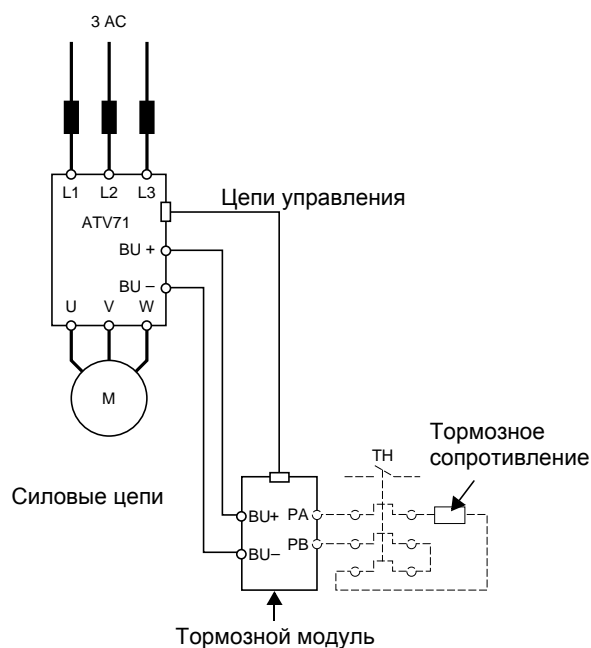
Контроль особенно касается:

- перегрузки сопротивления;
- короткого замыкания.

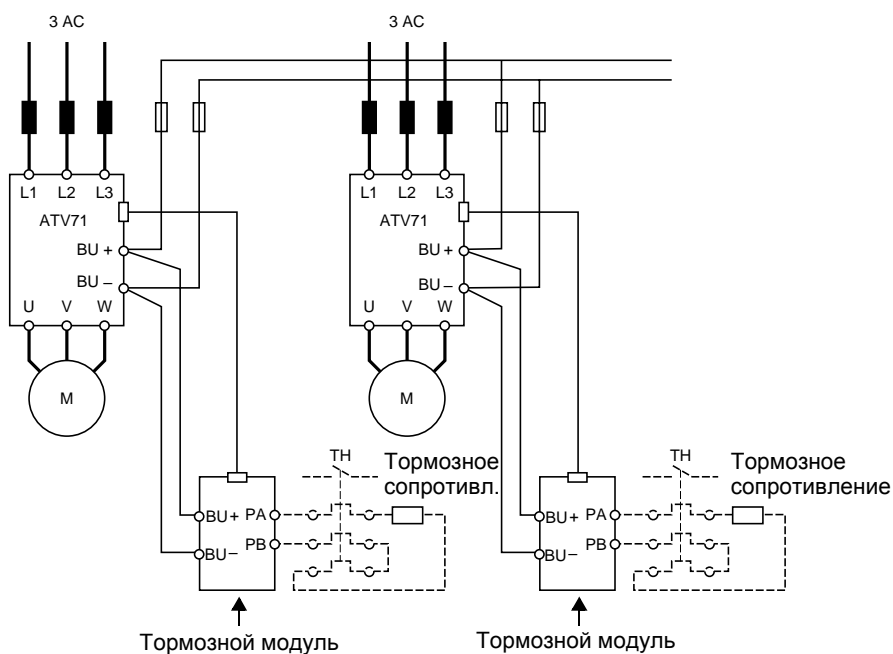
При появлении неисправности обращайтесь к Руководству по программированию и компакт-диску, поставляемому с преобразователем частоты.

# Подключение

## Подключение преобразователя к тормозному модулю и сопротивлению



## Подключение двух преобразователей, каждый из которых связан с тормозным модулем, к общей цепи постоянного тока



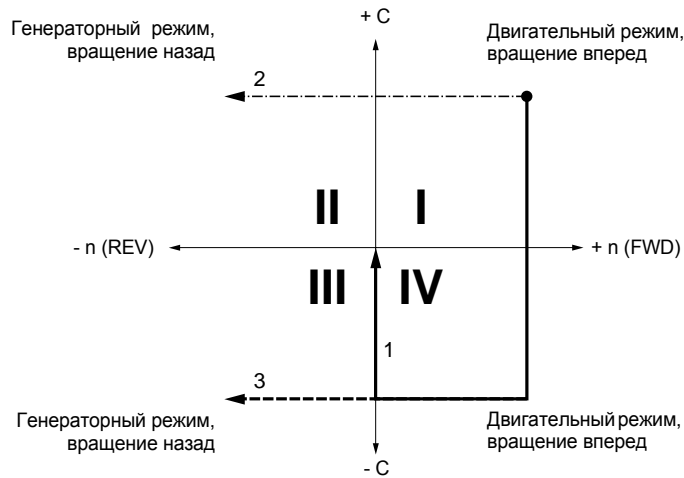
**Примечание:** цепь постоянного тока.

Можно подключать к цепи постоянного тока ПЧ разных типоразмеров (с учетом рекомендации по отличию между ПЧ не более, чем на 1 типоразмер).

# Принцип торможения и расчет

Для получения правильного рабочего соотношения между преобразователем и тормозным модулем, момент и скорость двигателя должны быть хорошо известны в различных режимах работы.

При наличии различных знаков у этих двух переменных получаются следующие рабочие характеристики:



- 1 Торможение двигателя до нулевой скорости с постоянным моментом
- 2 Переход к режиму подъема при изменении направления Подъем/Спуск
- 3 Торможение и изменение направления двигателя с постоянным моментом

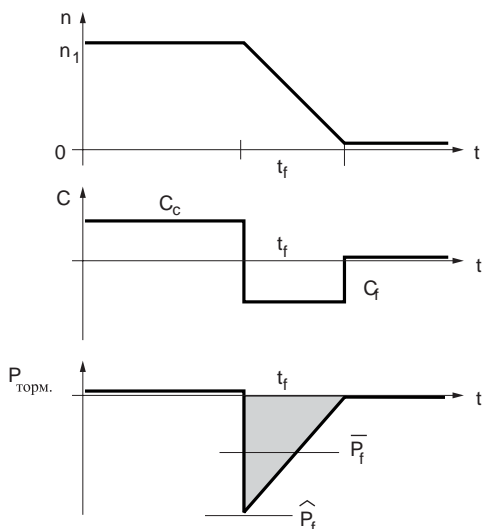
В общем случае мощность рассчитывается как:

$$P = \frac{C \cdot n}{9,55}$$

Следовательно, мощность в двигательном режиме (+P) отображается в квадранте I (+C, +n) и III (-C, -n). Мощность генераторном режиме (-P) отображается в квадранте II (+C, -n) и IV (-C, +n).

## Как правило, генераторные нагрузки делятся на две группы:

- 1 Мощность торможения при замедлении



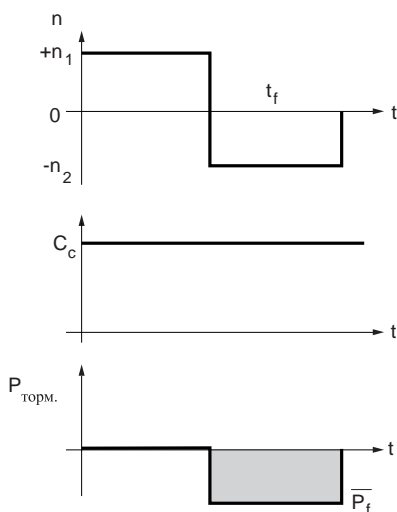
- $n_1$  Частота вращения двигателя
- $C_c$  Момент нагрузки
- $C_f$  Тормозной момент
- $\hat{P}_f$  Максимальная мощность торможения
- $\bar{P}_f$  Средняя мощность торможения в течение времени  $t_f$
- $t_f$  Время торможения

Мощность торможения характеризуется максимальной мощностью  $\hat{P}_f$ , получаемой в начале торможения, которая уменьшается до нуля пропорционально скорости.

Например: остановка центрифуг, приводов перемещения, реверсирование скорости и т.д.

# Принцип торможения и расчет

## 2 Мощность торможения при постоянной скорости n2



При постоянной скорости мощность торможения остается постоянной в течение всего времени торможения.

При быстрых переходных процессах (время замедления < 2 с) время пиковой мощности будет более длительным из-за момента инерции нагрузки.

**Например:** подъемные механизмы при спуске груза, испытательные стенды Двигатель-генератор, наклонные конвейеры и т.д.

## Применение преобразователя частоты

Использование асинхронной машины в квадрантах II и IV заставляет работать двигатель в генераторном режиме и отдавать электрическую энергию в промежуточное звено постоянного тока преобразователя через его инвертор.

Постоянное напряжение преобразователя не может генерироваться в питающую сеть.

По этой причине в генераторном режиме работы напряжение звена постоянного тока возрастает.

Если во время торможения энергия, отдаваемая в звено постоянного тока, превосходит потери, порождаемые в двигателе и ПЧ, то напряжение звена возрастает.

Для преодоления этой проблемы необходимо увеличить время торможения или использовать тормозной модуль.

Регенерируемая мощность зависит от момента инерции нагрузки и времени торможения.

Преобразователь предупреждает блокировку из-за перенапряжения путем автоадаптации времени торможения. Для сохранения короткого времени (или заданного темпа) торможения или для работы при наличии активной нагрузки необходимо использовать тормозное устройство в виде тормозного модуля.

## Расчет мощности торможения

### 1) Расчет времени торможения на основе момента инерции

$$t_f = \frac{J \cdot \omega}{C_f + C_r}$$

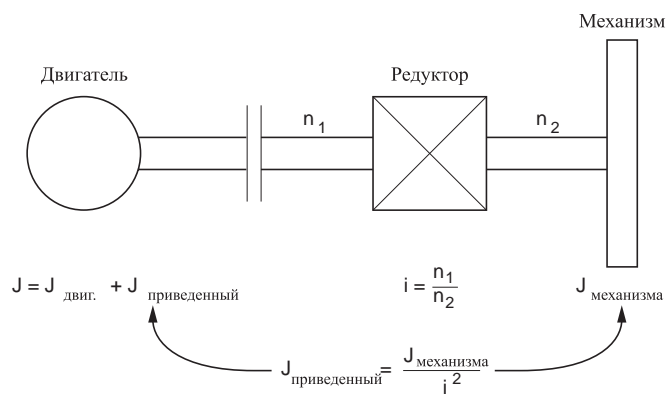
$$\omega = \frac{2\pi \cdot n}{60}$$

$$C_f = \frac{\Sigma J \cdot (n_1 - n_2)}{9,55 \cdot t_f}$$

$$\hat{P}_f = \frac{C_f \cdot n_1}{9,55}$$

$$\bar{P}_f = \frac{\hat{P}_f}{2}$$

|             |  |                     |
|-------------|--|---------------------|
| $C_f$       | Тормозной момент двигателя                             | [Н·м]               |
| $\Sigma J$  | Суммарный момент инерции, приведенный к валу двигателя | [кгм <sup>2</sup> ] |
| $n_1$       | Частота вращения двигателя перед редуктором            | [об/мин]            |
| $n_2$       | Частота вращения после редуктора                       | [об/мин]            |
| $t_f$       | Время торможения                                       | [с]                 |
| $\hat{P}_f$ | Максимальная мощность торможения                       | [Вт]                |
| $\bar{P}_f$ | Средняя мощность торможения в течение времени $t_f$    | [Вт]                |





# Принцип торможения и расчет

---

## 2) Мощность торможения нагрузки при горизонтальном перемещении с постоянным замедлением, например, тележка

$$W = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

$$\bar{P}_f = \frac{W}{t_f}$$

$$\hat{P}_f = \bar{P}_f \cdot 2$$

|                |  |       |
|----------------|--|-------|
| W              | Кинетическая энергия   | [Дж]  |
| m              | Масса  | [кг]  |
| v              | Скорость   | [м/с] |
| t <sub>f</sub> | Время торможения   | [с]   |
| $\hat{P}_f$    | Максимальная мощность торможения                             | [Вт]  |
| $\bar{P}_f$    | Средняя мощность торможения в течение времени t <sub>f</sub> | [Вт]  |

## 3) Мощность торможения активной нагрузки, например, испытательный стенд

$$\bar{P}_f = \frac{C_f \cdot n}{9,55}$$

|                |  |          |
|----------------|--|----------|
| $\bar{P}_f$    | Средняя мощность торможения в течение времени t <sub>f</sub> | [Вт]     |
| C <sub>f</sub> | Тормозной момент   | [Н·м]    |
| n              | Частота вращения двигателя                                   | [об/мин] |

# Принцип торможения и расчет

## 4) Мощность торможения при вертикальном перемещении при спуске

$$\bar{P}_f = m \cdot g \cdot v$$

$$\hat{P}_f = m \cdot (g + a) \cdot v + \frac{J \cdot \omega^2}{t_f}$$

$$\omega = \frac{2\pi \cdot n}{60}$$

|             |   |                       |
|-------------|---|-----------------------|
| $\bar{P}_f$ | Средняя мощность торможения в течение времени $t_f$ | [Вт]                  |
| $\hat{P}_f$ | Максимальная мощность торможения                    | [Вт]                  |
| $m$         | Масса   | [кг]                  |
| $g$         | Ускорение   | 9,81 м/с <sup>2</sup> |
| $a$         | Замедление  | [м/с <sup>2</sup> ]   |
| $v$         | Линейная скорость при спуске                        | [м/с]                 |
| $J$         | Момент инерции                                      | [кгм <sup>2</sup> ]   |
| $\omega$    | Угловая скорость                                    | [рад/с]               |
| $t_f$       | Время торможения при спуске                         | [с]                   |
| $n$         | Частота вращения двигателя при спуске               | [об/мин]              |

Все расчеты мощности торможения верны в предположении отсутствия потерь ( $\eta = 1$ ) момента сопротивления нагрузки. Для большей точности необходимо рассмотреть:

### 1 Потери в системе

Потери в двигателе (работа в генераторном режиме, квадранты II и IV) содействуют процессу торможения. В любом случае КПД должен рассчитываться в квадрате мощности торможения.

### 2 Момент сопротивления

Возможно существование момента сопротивления, связанного с механическим трением, воздушным потоком и квадратичным моментом вентиляторов.

Эти явления, взятые в рассмотрение, уменьшают мощность торможения. Момент сопротивления или мощность вычитаются из расчетной мощности торможения.

### 3 Активный момент

Дополнительные явления, например, ветровая нагрузка, могут привести к увеличению мощности торможения.

Требуемая мощность торможения рассчитывается следующим образом:

$$\hat{P}_{fR} = (\hat{P} - P_{charge}) \times \eta_{total}^2$$

$$\bar{P}_{fR} = (\bar{P} - P_{charge}) \times \eta_{total}^2$$

$$\eta_{total} = \eta_{mec} \times \eta_{mot} \times 0,98$$

|                    |   |      |
|--------------------|---|------|
| $\hat{P}_{fR}$     | Реальная максимальная мощность торможения               | [Вт] |
| $\bar{P}_{fR}$     | Реальная постоянная мощность торможения                 | [Вт] |
| $\eta_{total}$     | Суммарный КПД   | [Вт] |
| $P_{charge}$       | Мощность торможения, связанная с моментом сопротивления | [Вт] |
| $\eta_{variateur}$ | КПД преобразователя = 0,98                              |      |

# Выбор тормозного модуля

---

При торможении выбор значения тормозного сопротивления производится в соответствии с требуемой мощностью и тормозным циклом.

Как правило:

$$\hat{P}_{\max} = \frac{U_d^2}{R}$$

|                    |  |      |
|--------------------|--|------|
| $\hat{P}_{\max}$   | Максимальная мощность торможения при наличии тормозного модуля | [Вт] |
| $P_{\text{пост.}}$ | Постоянная тепловая мощность торможения                        | [Вт] |
| $U_d$              | Уставка включения тормозного модуля                            | [В]  |
| $I$                | Тепловой ток тормозного сопротивления (см. настройку ТН)       | [А]  |

**Примечание:** преобразователь располагает тепловой защитой тормозного сопротивления (см. Руководство по программированию). Можно также использовать тепловое реле.

Тепловое реле

$P$  = номинальная мощность тормозного сопротивления

$R$  = значение сопротивления

$$P = R I^2 \Rightarrow I = \sqrt{\frac{P}{R}} = \text{номинальный калибр теплового реле}$$

В формулах:  $\hat{P}_{\max} = \frac{U_d^2}{R}$

$\hat{P}_{\max}$  = мощность тормозного модуля

$P_{\text{пост.}}$  =  $I^2 R$  ( $P$  сопротивления)

---

Астана +7(7172)727-132 Волгоград (844)278-03-48 Воронеж (473)204-51-73 Екатеринбург (343)384-55-89  
Казань (843)206-01-48 Краснодар (861)203-40-90 Красноярск (391)204-63-61 Москва (495)268-04-70 Нижний  
Новгород (831)429-08-12 Новосибирск (383)227-86-73 Ростов-на-Дону (863)308-18-15 Самара  
(846)206-03-16 Санкт-Петербург (812)309-46-40 Саратов (845)249-38-78 Уфа (347)229-48-12  
единый адрес: [sdn@nt-rt.ru](mailto:sdn@nt-rt.ru) | [sensedat.nt-rt.ru](http://sensedat.nt-rt.ru)