VEDA MC

Руководство по монтажу и эксплуатации

Фильтр гармоник серии **VEDAHF**



drives.ru

Содержание

1. Инструкция по технике безопасности
1.1. Меры предосторожности 5
2. Описание изделия
2.1. Номенклатура 9
2.2. Общие технические характеристики 10
2.3. Принцип работы 11
3. Выбор фильтра
3.1. Рекомендации по подбору 16
3.1. Таблица подбора 21
3.2. Рекомендация по использованию дросселя переменного тока 22
4. Требования к монтажу
4.1. Механический монтаж 23
4.2. Габаритные и присоединительные размеры 25
4.3. Внешний вид и габаритные размеры для фильтров VEDAHF с напряжением 400 В 26
4.4. Требования к вентиляции и охлаждению 36
4.5. Электрический монтаж 38

© 2025 ВЕДА МК

Редакция документа

Таблица 1. Редакции документа

Версия	Дата	История	Статус
REV1 (v1.0.0)	27.06.2023	Исходный документ	Выпущен
REV2 (v2.0.0)	20.11.2024	Обновление данных	Выпущен
REV3 (v2.1.0)	28.02.2025	Добавлены новые типоразмеры, внесены исправления	Выпущен
REV4 (v2.5.0)	10.11.2025	Обновлен раздел 3 «Выбор фильтра»	Выпущен

© 2025 ВЕДА МК

1. Инструкция по технике безопасности

1.1. Меры предосторожности

Внимательно ознакомьтесь с данным руководством по эксплуатации и приведенными в нем инструкциями по технике безопасности, прежде чем приступать к монтажу, вводу в эксплуатацию, эксплуатации или техническому обслуживанию оборудования. Необходимо усвоить и соблюдать правила техники безопасности для предотвращения повреждения оборудования, ущерба имуществу и предупреждения производственного травматизма персонала.

В руководстве используются специальные знаки для предупреждения о потенциальной опасности и для обозначения поясняющей информации. Пожалуйста, убедитесь, что вы внимательно ознакомились с приведенными примечаниями и процедурами и следуете инструкциям.



ВНИМАНИЕ

Несоблюдение инструкций или неправильная эксплуатация могут стать причиной серьезных травм и привести к летальному исходу.



ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Указывает на потенциально опасную ситуацию, при которой существует риск получения незначительных травм или травм средней тяжести. Также может использоваться для обозначения потенциально небезопасных действий.



УВЕДОМЛЕНИЕ

Указывает на важную информацию, в том числе о такой ситуации, которая может привести к повреждению оборудования или другого имущества.



ВНИМАНИЕ. Неправильная установка

Неправильная установка фильтра или преобразователя частоты может привести к смерти, серьезной травме или отказу оборудования.

- Выполняйте требования, изложенные в этом руководстве по проектированию, и установите фильтр в соответствии с национальными и местными электрическими нормами и правилами.

© 2025 ВЕДА МК



ВНИМАНИЕ. Высокое напряжение

Подключенные к сети переменного тока фильтры находятся под высоким напряжением. Установка, пусконаладка и техобслуживание должны выполняться квалифицированным персоналом; несоблюдение этого требования может привести к летальному исходу или получению серьезных травм.

- Установка, пусконаладка и техническое обслуживание должны выполняться только квалифицированным персоналом.
- Никогда не выполняйте никакие работы на работающем фильтре.



ВНИМАНИЕ. Время разрядки

В фильтрах VEDAHF-05/VEDAHF-10 установлены конденсаторы. Конденсаторы могут оставаться заряженными, даже если фильтр отключен от питания. Несоблюдение указанного периода ожидания после отключения питания перед началом обслуживания или ремонта может привести к летальному исходу или серьезным травмам.

1. Остановите преобразователь частоты и электродвигатель.
2. Отключите сеть переменного тока, двигатели с постоянными магнитами и дистанционно расположенные источники питания звена постоянного тока, в том числе резервные аккумуляторы, ИБП и подключения к сети постоянного тока других преобразователей частоты.
3. Перед выполнением любых работ по обслуживанию или ремонту фильтра дождитесь истечения времени, указанного на паспортной табличке, и убедитесь, что конденсаторы полностью разряжены.
4. Перед выполнением любых работ по обслуживанию или ремонту фильтра убедитесь, что напряжение между клеммами фильтра A1, B1 и C1 и между клеммами фильтра A2, B2 и C2 равно 0.



ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ. Опасность поражения электрическим током

При измерении на фильтрах, находящихся под напряжением, соблюдайте действующие национальные правила предотвращения несчастных случаев (ПУЭ, ПТЭЭП и др.). Электрический монтаж должен выполняться в соответствии с применимыми правилами (например, в отношении поперечных сечений кабелей, предохранителей и соединений защитного заземления).

© 2025 ВЕДА МК



ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ. Горячая поверхность

При эксплуатации поверхность фильтра нагревается.

- НЕ прикасайтесь к фильтру во время работы.



ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ. Повышенная температура

Перегрев повреждает дроссели фильтра. Для предотвращения перегрева:

- Используйте термореле, см. разделы 4.5 и 4.5.2 *Защита от перегрева.*
- Выполните немедленный останов или управляемый останов в течение 30 с.



ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ. Защитные устройства

Системы, в которых установлены фильтры и контрольные и защитные устройства, должны быть оснащены в соответствии с действующими нормами и правилами безопасности, например, правилами относительно использования технических инструментов и правилами предотвращения несчастных случаев.



ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Несанкционированное снятие необходимых крышек, неправильное использование, неправильная установка или эксплуатация создают риск серьезных травм или материального ущерба.

- Во избежание рисков допускайте к работе с VEDAHF-05/VEDAHF-10 только уполномоченный и квалифицированный персонал.



УВЕДОМЛЕНИЕ

Фильтры, описанные в этой инструкции по эксплуатации, специально разработаны и протестированы для работы с преобразователями частоты VEDA VFD. Компания VEDA MC не несет ответственности за использование фильтров с преобразователями частоты других производителей.



УВЕДОМЛЕНИЕ. Ремонт фильтра

К ремонту фильтров VEDAHF-05/VEDAHF-10 допускается только уполномоченный, квалифицированный персонал VEDA MC.

© 2025 ВЕДА МК

	**УВЕДОМЛЕНИЕ** Ввод в эксплуатацию допускается только при условии соблюдения Директивы по электромагнитной совместимости 2014/30/EU. Фильтры отвечают требованиям Директивы по низковольтному оборудованию 2014/35/EU.

	**УВЕДОМЛЕНИЕ** Фильтр следует защитить от неподходящих нагрузок, особенно при транспортировке и обращении. Запрещается сгибать компоненты. Не изменяйте расстояния между изоляцией. Избегайте прикоснове-ния к электронным компонентам и контактам.

© 2025 ВЕДА МК

2. Описание изделия

Фильтры гармоник VEDAHF обеспечивают ток, близкий к синусоидальному, сводя к минимуму передаваемые в сеть гармоники тока. VEDAHF — это усовершенствованные пассивные фильтры гармоник, которые нельзя сравнивать с традиционными фильтрами-улавливателями гармоник. Фильтры гармоник VEDAHF были специально разработаны для соответствия всем преобразователям частоты VEDA MC.



УВЕДОМЛЕНИЕ

Фильтры гармоник VEDAHF применяются в системах с ПЧ на базе 6-пульсного неуправляемого выпрямителя с дросселем в цепи постоянного тока. При отсутствии DC-дросселя рекомендуется установка внешнего AC-дросселя, в соответствии с рекомендациями производителя преобразователя частоты.

2.1. Номенклатура

Таблица 2.1-1. Расшифровка типового кода VEDAHF

VEDAHF-XX-XXX-XXX-XX-XX		
VEDAHF	**Название фильтра**	
XX	**THDi, %**	
	05	5 %
	10	10 %
XXX	**Номинальный ток**	
	003	3 A
	096	96 A
XXX	**Напряжение**	
	400	400 В
	690	690 В
XX	**Частота**	
	50	50 Гц
XX	**Степень защиты**	
	20	IP20

© 2025 ВЕДА МК

2.2. Общие технические характеристики

Таблица 2.2-1. Общие технические характеристики

Диапазон номинального напряжения питания	380-415 В 660-690 В
Частота сети	50 Гц, ±2,5 %
Требования к питающей сети	Суммарный коэффициент гармонических составляющих напряжения THDu < 2 %[1] Коэффициент мощности короткого замыкания R_{SCE} > 66[1] Коэффициент небаланса питающего напряжения < 1 %
Перегрузочная способность	160 % в течение 60 секунд один раз в час
КПД	> 98 %
Потеря мощности	см. раздел 4.4.1. Потери мощности
Уровень акустического шума	< 72 Дб
THDi[2]	VEDAHF-05 < 5 % VEDAHF-10 < 10 %
Испытательное напряжение изоляции	3,0 кВ (10 с)
Класс изоляции	H
Охлаждение	Принудительное воздушное
Рабочая температура	От –25 °C до +45 °C
Температура хранения	От –25 °C до +70 °C
Влажность	От 0 до 95 % без выпадения конденсата
Высота над уровнем моря	От 0 до 1000 м: без снижения номинальных характеристик Более 1000 м: снижение мощности на 5 % каждую 1000 м до 4000 м
Степень защиты	IP20
Стандарты	IEEE 519 EN 61000-2-2, EN 61000-2-4 IEC/EN 61000-3-2, IEC/EN 61000-3-4, IEC/EN 61000-3-12

Примечания:

[1] Уменьшение гармонических искажений, передаваемых в сеть нелинейным потребителем, до уровня, при котором достигается номинальное значение THDi, заявленное для фильтра, возможно, если без влияния данной нелинейной нагрузки THDu сети меньше 2 %, а отношение мощности короткого замыкания к установленной нагрузке (R_{SCE}) больше 66. В этих условиях THDi на входе преобразователя частоты снижается до 5 % или 10 % (номинальные значения при номинальной нагрузке). Если данные условия не выполняются или выполняются только частично, может быть достигнуто значительное уменьшение гармонических составляющих, но не номинальные заявленные значения THDi.

© 2025 ВЕДА МК

[2] Суммарный коэффициент гармонических составляющих тока (THDi), указанный для пассивного фильтра, является не только показателем качества электроэнергии, но и мерой эффективности пассивного фильтра на уровне системы: при его эксплуатации в сочетании с преобразователем частоты.

2.3. Принцип работы

Фильтр VEDAHF-05/VEDAHF-10 состоит из основного индуктора L_0 и 2-ступенчатой схемы поглощения с индукторами L_1 и L_2 и конденсаторами C_1 и C_2. Схема поглощения специально настроена для устранения гармоник, начиная с 5-й гармоники, и рассчитывается под конкретную проектируемую частоту питания. Поэтому схема на 50 Гц имеет другие параметры по сравнению со схемой на 60 Гц.

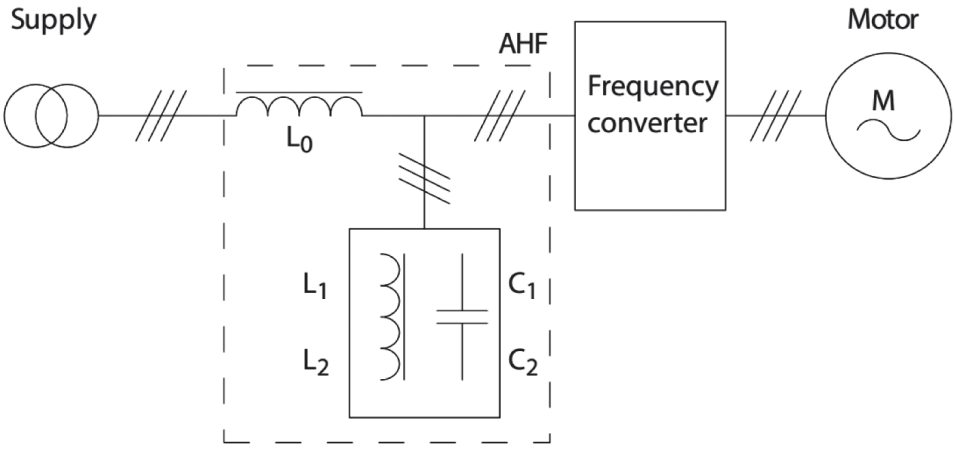


Рисунок 2.3.1. Схема «фильтр VEDAHF - частотно-регулируемый привод»

VEDAHF-10 обеспечивает эффективность, аналогичную 12-импульсным выпрямителям, а VEDAHF-05 — эффективность, аналогичную 18-импульсным выпрямителям. Эффективность фильтра с точки зрения THDi изменяется в зависимости от нагрузки. При номинальной нагрузке эффективность фильтра оказывается более высокой, чем 10 % THDi для VEDAHF-10 и 5 % THDi для VEDAHF-05.

При частичной нагрузке THDi имеет более высокие значения. Однако абсолютное значение гармонического тока при частичных нагрузках ниже несмотря на то, что THDi имеет более высокое значение. Поэтому отрицательный эффект гармоник при частичной нагрузке ниже, чем при полной нагрузке. THDi является лишь относительной характеристикой при подавлении гармоник. Гармоническое искажение напряжения меньше при частичной нагрузке, чем при номинальной.

© 2025 ВЕДА МК

На *рисунке 2.3.2* представлена производительность фильтра VEDAHF-05 в зависимости от нагрузки.

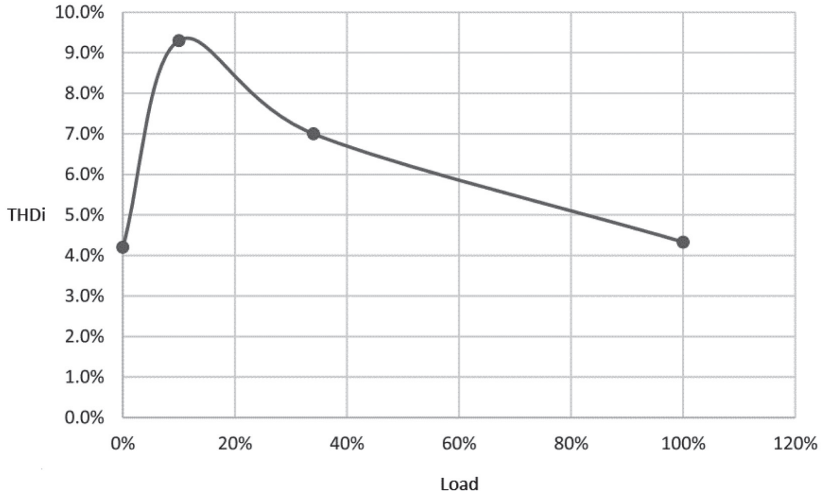


Рисунок 2.3.2. THDi, обеспечиваемый VEDAHF-05, при разной нагрузке

2.3.1. Влияние гармонических искажений напряжения в системе электроснабжения

На эффективность фильтров VEDAHF могут влиять несимметричный режим работы сети и имеющиеся в сети гармонические искажения напряжения (фоновое искажение), которые могут привести увеличению гармонических токов потребителей.

Конкретные цифры отличаются от фильтра к фильтру. Конструкция фильтров рассчитана так, чтобы достигать, соответственно, уровней 10 и 5 % THDi с фоновым искажением THDu = 2 %. На практике измерения в типичных условиях сети в установках с преобразователями частоты часто показывают, что эффективность фильтра при фоновым искажении 2 % оказывается несколько лучше. Однако сложность условий сети и сочетание конкретных гармоник не позволяют вывести общее правило для определения эффективности в сети с искажениями. На *рисунке 2.3.3* и *рисунке 2.3.4* показаны случаи максимального ухудшения характеристик вследствие фонового искажения.

© 2025 ВЕДА МК

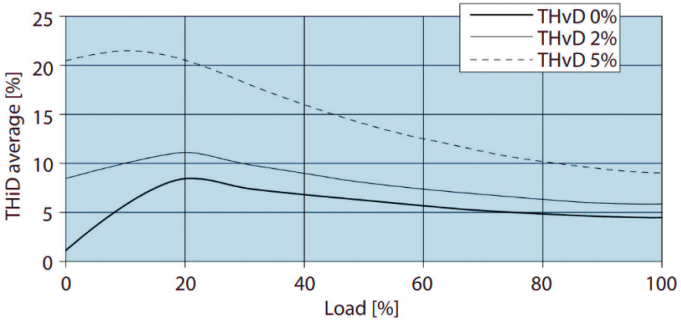


Рисунок 2.3.3. THDi, обеспечиваемый VEDAHF-05, при разной нагрузке и разной величине THDu в сети

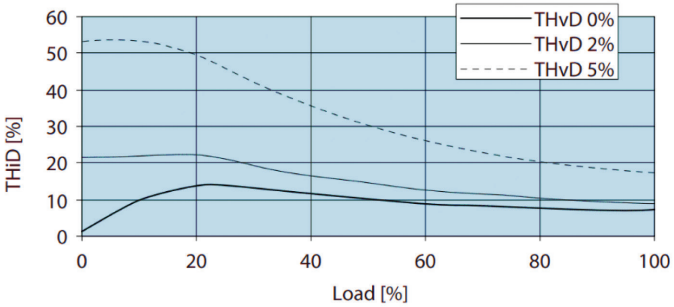


Рисунок 2.3.4. THDi, обеспечиваемый VEDAHF-10, при разной нагрузке и разной величине THDu в сети

Эффективность фильтра также ухудшается при несимметрии питающих напряжений. Типичные характеристики показаны на *рисунке 2.3.5* и *рисунке 2.3.6*.

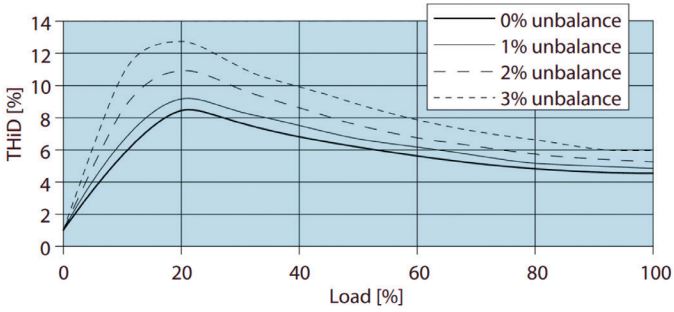


Рисунок 2.3.5. THDi, обеспечиваемый VEDAHF-05, при разной нагрузке и разной несимметрии в питающей сети

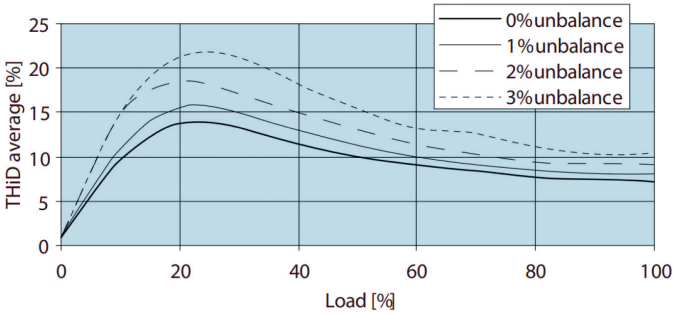


Рисунок 2.3.6. THDi, обеспечиваемый VEDAHF-10, при разной нагрузке и разной несимметрии в питающей сети

2.3.2. Коэффициент мощности

В условиях отсутствия нагрузки (преобразователь частоты находится в режиме ожидания) ток преобразователя очень мал, и им можно пренебречь, а основной ток, потребляемый из сети, проходит через конденсаторы в фильтре гармоник. Поэтому коэффициент мощности близок к емкостному. Емкостной ток составляет приблизительно 30 % от номинального тока фильтра (и зависит от типоразмера фильтра, типичные значения составляют 25–30 %). Коэффициент мощности увеличивается с нагрузкой. Из-за более высокого значения основного индуктора L_0 коэффициент мощности в VEDAHF-05 немного выше, чем в VEDAHF-10.

На *рисунке 2.3.7* и *рисунке 2.3.8* показаны типичные значения коэффициента активной мощности на входе VEDAHF-05 и VEDAHF-10 соответственно, в зависимости от нагрузки.

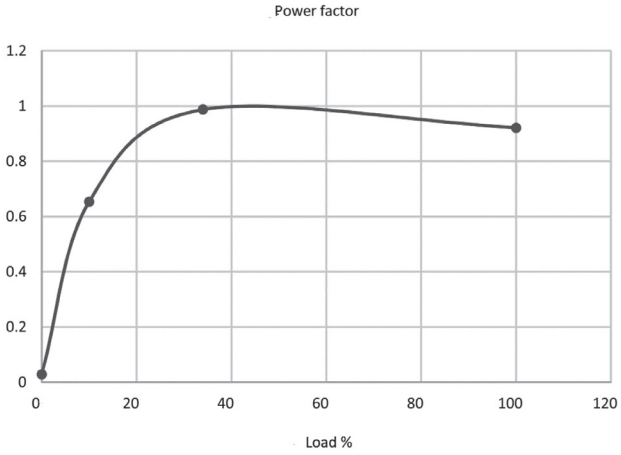


Рисунок 2.3.7. Зависимость коэффициента мощности от нагрузки VEDAHF-05

© 2025 ВЕДА МК

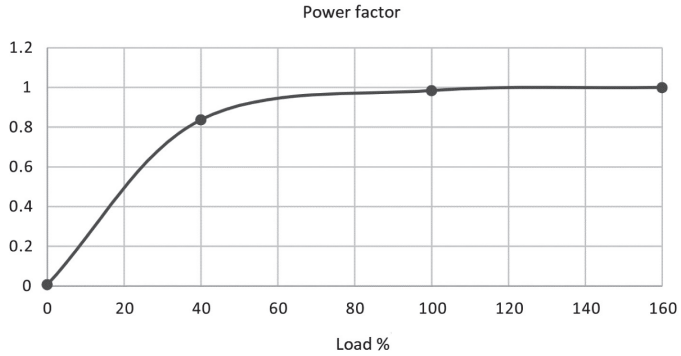


Рисунок 2.3.8. Зависимость коэффициента мощности от нагрузки VEDAHF-10

2.3.3. Емкостные токи

Если для конкретной системы требуются более высокий коэффициент мощности при отсутствии нагрузки и уменьшение емкостного тока в режиме ожидания, используйте разъединитель конденсаторов. Контактор должен отключать конденсатор при нагрузках ниже 30 %.

При проектировании систем, где гармонический фильтр запитывается от генератора, важно учитывать емкостной ток. Емкостной ток может привести к перенапряжению генератора в условиях отсутствия нагрузки и низкой нагрузки. Напряжение может превысить допустимый для фильтра и преобразователя частоты уровень. Поэтому в системах с генератором необходимо всегда использовать разъединитель конденсаторов.

По сравнению с многоимпульсными выпрямителями пассивные фильтры гармоник (такие как VEDAHF-05/VEDAHF-10) более устойчивы к фоновым искажениям и несимметрии питающих напряжений. Однако, когда речь заходит о работе при частичной загрузке и коэффициенте мощности, эффективность пассивных фильтров уступает эффективности активных фильтров.

© 2025 ВЕДА МК

3. Выбор фильтра

3.1. Рекомендации по подбору

В данной главе приведены рекомендации по подбору пассивных фильтров VEDAHF, их электрические характеристики и заказные коды.

Подбор пассивного фильтра следует выполнять по току на входе частотно-регулируемого привода (ЧРП) ($I_{HF_вх}$) с учетом VEDAHF на входе ПЧ: $I_{HF_ном} > I_{HF_вх}$. Ток $I_{HF_вх}$ определен ожидаемой нагрузкой ПЧ, а не его номинальными характеристиками.

Формула для вычисления значения входного тока ЧРП ($I_{HF_вх}$) с использованием электрических параметров:

$$I_{HF_вх} = \frac{U_{ПЧ_вых} \cdot I_{ПЧ_вых} \cdot PF_{ПЧ_вых}}{U_{ПЧ_вх} \cdot PF_{HF_вх} \cdot \eta_{ПЧ} \cdot \eta_{HF}}, \quad (1)$$

где $U_{ПЧ_вых}$ — выходное напряжение ПЧ, В

$I_{ПЧ_вых}$ — выходной ток ПЧ, А

$PF_{ПЧ_вых} = \cos\varphi$ двигателя — коэффициент мощности на выходе ПЧ

$U_{ПЧ_вх}$ — входное напряжение ПЧ, В

$PF_{HF_вх}$ — коэффициент мощности на входе VEDAHF

$\eta_{ПЧ}$ — КПД ПЧ

η_{HF} — КПД VEDAHF

В формуле (1) $I_{ПЧ_вых}$ – это фактический выходной ток ПЧ, который может быть представлен как $I_{ПЧ_вых} = k_{загр_ПЧ} \cdot I_{ПЧ_вых_ном}$, где $k_{загр_ПЧ}$ – это коэффициент загрузки ПЧ (не путать с коэффициентом загрузки двигателя). При этом $PF_{ПЧ_вых}$ ($\cos\varphi$ двигателя) должен соответствовать рабочей точке двигателя при $I_{двиг} = I_{ПЧ_вых}$. Зависимость $\cos\varphi$ двигателя от нагрузки двигателя является нелинейной. Она может быть приведена в технической документации, справочниках или определена экспериментально.

При уменьшении загрузки двигателя $\cos\varphi$ уменьшается, поэтому использование номинального $\cos\varphi$ в формуле (1) при загрузке двигателя меньше номинальной может привести к небольшому завышению результата.

© 2025 ВЕДА МК

Формула для вычисления значения входного тока ЧРП ($I_{HF_вх}$) с использованием электрических параметров и механической мощности на валу двигателя:

$$I_{HF_вх} = \frac{P_{двиг} \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot U_{ПЧ_вх} \cdot PF_{HF_вх} \cdot \eta_{двиг} \cdot \eta_{ПЧ} \cdot \eta_{HF}}, \quad (2)$$

где $P_{двиг}$ — мощность, указанная на паспортной табличке двигателя, кВт

$U_{ПЧ_вх}$ — входное напряжение ПЧ, В

$PF_{HF_вх}$ — коэффициент мощности на входе VEDAHF

$\eta_{двиг}$ — КПД двигателя

$\eta_{ПЧ}$ — КПД ПЧ

η_{HF} — КПД VEDAHF

В формуле (2) $P_{двиг}$ – это номинальная (механическая) мощность, указанная на паспортной табличке двигателя. В случае, когда двигатель постоянно работает с загрузкой меньше номинальной, возможно дополнить формулу (2) коэффициентом загрузки двигателя: $k_{загр_двиг} \cdot P_{двиг}$, но при этом $\eta_{двиг}$ должен соответствовать рабочей точке двигателя при мощности на валу равной $k_{загр_двиг} \cdot P_{двиг}$. Зависимость $\eta_{двиг}$ от нагрузки двигателя является нелинейной. Она может быть приведена в технической документации, справочниках или определена экспериментально.

Важно учесть, что при уменьшении загрузки двигателя $\eta_{двиг}$ уменьшается, поэтому использование номинального $\eta_{двиг}$ в формуле (2) при загрузке двигателя меньше номинальной приведет к небольшому занижению результата и в определённых случаях может привести к неправильному подбору пассивного фильтра VEDAHF.

Коэффициент мощности на входе VEDAHF ($PF_{HF_вх}$) в формулах (1) и (2) можно рассматривать как полный (истинный) коэффициент мощности ($TPF_{HF_вх}$), учитывающий сдвиг фаз между током и напряжением основной гармоники (50 Гц) и искажение формы тока (гармоники). Пример:

- Коэффициент мощности по первой гармонике ($DPF_{HF_вх}$) может быть принят равным 0,98.
- При выполнении требований к питающей сети, которые обозначены в таблице 2.2–1, и правильном подборе пассивного фильтра VEDAHF-10 предполагается уменьшение коэффициент нелинейных искажений тока (THD_I) до 10 %.

© 2025 ВЕДА МК

- При обозначенных условиях:

$$TPF_{HF_вх} = \frac{DPF_{HF_вх}}{\sqrt{1 + THD_I^2}} = \frac{0{,}98}{\sqrt{1 + 0{,}1^2}} = 0{,}975$$

В данном примере $TPF_{HF_вх}$ незначительно отличается от $DPF_{HF_вх}$.
Для VEDAHF-05 при THD_I = 5 % $TPF_{HF_вх}$ составит около 0,979.



УВЕДОМЛЕНИЕ

При вычислении значения входного тока ЧРП ($I_{HF_вх}$) важно использовать фактические значения параметров при конкретном режиме работы привода для получения результата, приближенного к фактическому значению входного тока. В формулах (1) и (2) влияние регулирования частоты учитывается неявно: через зависимость параметров ЧРП от заданной частоты и характера механической нагрузки.

При подборе пассивного фильтра VEDAHF должно выполняться неравенство $I_{HF_ном} \geq I_{HF_вх}$.

Не выбирайте номинал пассивного фильтра со значительным запасом по току. Наилучший эффект фильтрации достигается при номинальной нагрузке пассивного фильтра. Практически во всех случаях использование значительно большего, чем необходимо, типоразмера фильтра приведет к ухудшению THD_I.

Примеры вычисления входного тока ЧРП с ПЧ серии VF-101 номинальной мощностью 15 кВт для подбора пассивного фильтра VEDAHF:

- $U_{ПЧ_вых}$ = 380 В
- $I_{ПЧ_вых}$ = 32 А
- $PF_{ПЧ_вых} = \cos\varphi$ = 0,9
- $U_{ПЧ_вх}$ = 380 В
- $PF_{HF_вх}$ = 0,979 (VEDAHF-05)
- $\eta_{ПЧ}$ = 97 %
- η_{HF} = 98 %
- $P_{двиг}$ = 15 кВт – для формулы (2)
- $\eta_{двиг}$ = 91 % – для формулы (2)

© 2025 ВЕДА МК

Формула (1) при загрузке ПЧ 100 %:

$$I_{HF_вх_(1)_100} = \frac{U_{ПЧ_вых} \cdot I_{ПЧ_вых} \cdot PF_{ПЧ_вых}}{U_{ПЧ_вх} \cdot PF_{HF_вх} \cdot \eta_{ПЧ} \cdot \eta_{HF}} = \frac{380 \cdot 32 \cdot 0{,}9}{380 \cdot 0{,}979 \cdot 0{,}97 \cdot 0{,}98} = 30{,}95 \text{ А}$$

Необходимо выбрать пассивный фильтр с номинальным током $I_{HF_ном}$ = 34 А.

Формула (1) при загрузке ПЧ 85 %:

$$I_{HF_вх_(1)_85} = \frac{U_{ПЧ_вых} \cdot k_{загр_ПЧ} \cdot I_{ПЧ_вых} \cdot PF_{ПЧ_вых}}{U_{ПЧ_вх} \cdot PF_{HF_вх} \cdot \eta_{ПЧ} \cdot \eta_{HF}} = \frac{380 \cdot 0{,}85 \cdot 32 \cdot 0{,}9}{380 \cdot 0{,}979 \cdot 0{,}97 \cdot 0{,}98} = 26{,}31 \text{ А}$$

$I_{HF_вх_85}$ – оценочное значение без учета изменения $PF_{ПЧ_вых}$ и других параметров при уменьшении нагрузки ПЧ и двигателя.

Возможно выбрать пассивный фильтр с номинальным током $I_{HF_ном}$ = 29 А.

Формула (2) при загрузке двигателя 100 %:

$$I_{HF_вх_(2)_100} = \frac{P_{двиг} \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot U_{ПЧ_вх} \cdot PF_{HF_вх} \cdot \eta_{двиг} \cdot \eta_{ПЧ} \cdot \eta_{HF}} =$$

$$= \frac{15 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0{,}979 \cdot 0{,}91 \cdot 0{,}97 \cdot 0{,}98} = 26{,}91 \text{ А},$$

при этом $I_{двиг} = \frac{P_{двиг} \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot U_{ПЧ_вых} \cdot PF_{двиг} \cdot \eta_{двиг}} = \frac{15 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0{,}9 \cdot 0{,}91} = 27{,}83$ А,

что соответствует $k_{загр_ПЧ} \approx 87$ % при $I_{ПЧ_вых_ном}$ = 32 А, тогда

$$I_{HF_вх_(1)_87} = \frac{U_{ПЧ_вых} \cdot k_{загр_ПЧ} \cdot I_{ПЧ_вых} \cdot PF_{ПЧ_вых}}{U_{ПЧ_вх} \cdot PF_{HF_вх} \cdot \eta_{ПЧ} \cdot \eta_{HF}} = \frac{380 \cdot 0{,}87 \cdot 32 \cdot 0{,}9}{380 \cdot 0{,}979 \cdot 0{,}97 \cdot 0{,}98} = 26{,}9 \text{ А}$$

Показано, что для обозначенных условий $I_{HF_вх_(1)_87} \approx I_{HF_вх_(2)_100}$.

Необходимо выбрать пассивный фильтр с номинальным током $I_{HF_ном}$ = 29 А.

Формула (2) при загрузке двигателя 80 % ($\eta_{двиг}$ = 90 %, $PF_{двиг}$ = 0,88)**:**

$$I_{HF_вх_(2)_80} = \frac{k_{загр_двиг} \cdot P_{двиг} \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot U_{ПЧ_вх} \cdot PF_{HF_вх} \cdot \eta_{двиг} \cdot \eta_{ПЧ} \cdot \eta_{HF}} =$$

$$= \frac{0{,}80 \cdot 15 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0{,}979 \cdot 0{,}9 \cdot 0{,}97 \cdot 0{,}98} = 21{,}77 \text{ А},$$

при этом $I_{двиг} = \frac{k_{загр_двиг} \cdot P_{двиг} \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot U_{ПЧ_вых} \cdot PF_{двиг} \cdot \eta_{двиг}} = \frac{0{,}80 \cdot 15 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0{,}9 \cdot 0{,}91} = 23{,}02$ А,

что соответствует $k_{загр_ПЧ} \approx 71{,}9$ % при $I_{ПЧ_вых_ном}$ = 32 А, тогда

$$I_{HF_вх_(1)_72} = \frac{U_{ПЧ_вых} \cdot k_{загр_ПЧ} \cdot I_{ПЧ_вых} \cdot PF_{ПЧ_вых}}{U_{ПЧ_вх} \cdot PF_{HF_вх} \cdot \eta_{ПЧ} \cdot \eta_{HF}} = \frac{380 \cdot 0{,}719 \cdot 32 \cdot 0{,}89}{380 \cdot 0{,}979 \cdot 0{,}97 \cdot 0{,}98} = 21{,}76 \text{ А}$$

Показано, что для обозначенных условий $I_{HF_вх_(1)_72} \approx I_{HF_вх_(2)_80}$.

© 2025 ВЕДА МК

Ближайшим к расчетному току $I_{HF_вх_(2)_80}$ = 21,8 А является пассивный фильтр с номиналом $I_{HF_ном}$ = 22 А, но такой подбор не обеспечивает необходимого эксплуатационного запаса, что несет в себе высокие риски. Во избежание рисков преждевременного выхода устройства из строя, рекомендуется учесть реальные условия эксплуатации: ожидаемые увеличения загрузки фильтра при колебаниях нагрузки привода и перегрузочную способность пассивного фильтра, неидеальность реальной питающей сети и самого оборудования, неточность вычислений, которая может быть обусловлена неточностью исходных параметров или отклонением реальной рабочей точки привода. В данном примере рекомендуется подбор пассивного фильтра с номинальным током $I_{HF_ном}$ = 29 А.

Примеры в данном документе приведены только в ознакомительных целях для обозначенных условий.

При подключении нескольких преобразователей частоты к одному фильтру следует подбирать типоразмер пассивного фильтра в соответствии с суммой входных токов ПЧ.



УВЕДОМЛЕНИЕ

Если типоразмер фильтра выбран для определенной нагрузки, затем выполняется замена двигателя, следует пересчитать ток с учетом изменений, чтобы избежать перегрузки фильтра.

При подборе необходимо учитывать перегрузочную способность пассивного фильтра VEDAHF:
160 % в течение 60 секунд один раз в час.

Формула (1) учитывает влияние на расчетный ток неравенства напряжения на входе пассивного фильтра VEDAHF и выходного напряжений ПЧ, что позволяет скорректировать расчетный ток при изменении данных напряжений.

Пассивный фильтр VEDAHF сконструирован таким образом, чтобы обеспечить минимально возможные потери и сохранить полное напряжение в звене постоянного тока ПЧ при номинальной нагрузке. Без отключения конденсаторов пассивного фильтра увеличение напряжения на входных клеммах ПЧ и в звене постоянного тока при низкой нагрузке составляет около 5–6 %. Уменьшение напряжения при перегрузке составляет несколько процентов. Следует учитывать данную особенность пассивных фильтров при проектировании, в частности для ЧРП с напряжением 690 В.

© 2025 ВЕДА МК



УВЕДОМЛЕНИЕ

Допустимый порог выходной мощности ПЧ, при котором контактор конденсаторов пассивного фильтра может быть разомкнут или замкнут составляет 20 % или менее 20 % от номинальной выходной мощности ПЧ.

Для безопасной повторной коммутации с целью подключения конденсаторов минимальная задержка после их отключения должна составлять 60 секунд, что необходимо для разрядки конденсаторов.

При необходимости рекомендаций по применению разъединителя конденсаторов и при возникновении других вопросов обратитесь в техническую поддержку VEDA MC.

3.2. Таблица подбора

Таблица 3.1–1. Выбор фильтров VEDAHF с напряжением 400 В

Параметры ПЧ		Параметры фильтра VEDAHF				
Мощность[1], кВт	Входной ток [2], А	Ном. ток[3], А	Заказной код		Типоразмер	
			VEDAHF-05	VEDAHF-10	VEDAHF-05	VEDAHF-10
0,75	2,9	3	BHE10019	BHE10044	X1-1	X1-1
1,5	3,9	5	BHE10020	BHE10045	X1-1	X1-1
2,2	5,8	8	BHE10021	BHE10046	X1-2	X1-2
4	9,7	10	BHE10022	BHE10025	X1-2	X1-2
5,5	12,6	14	BHE10023	BHE10026	X1	X1
7,5	16,4	22	BHE10024	BHE10027	X2	X2
11	24,2	29	BHE10001	BHE10028	X2	X2
15	30,9	34	BHE10002	BHE10029	X3	X3
18,5	36,7	40	BHE10003	BHE10030	X3	X3
22	43,5	55	BHE10004	BHE10031	X3	X3
30	58	66	BHE10005	BHE10032	X4	X4
37	72,5	82	BHE10006	BHE10033	X4	X4
45	86,9	96	BHE10007	BHE10034	X5	X5
55	105,2	133	BHE10008	BHE10035	X5	X5
75	143,4	171	BHE10009	BHE10036	X6	X6
90	172,1	204	BHE10010	BHE10037	X6	X6
110	200,8	204	BHE10010	BHE10037	X6	X6
132	239,1	251	BHE10011	BHE10038	X7	X7
160	296,4	304	BHE10012	BHE10039	X7	X7
185	325,1	352	BHE10013	BHE10040	X8	X7
200	363,4	381	BHE10014	BHE10041	X8	X7
220	396,8	438	BHE10015	BHE10042	X8	X7
250	449,4	480	BHE10016	BHE10043	X8	X8

© 2025 ВЕДА МК

Параметры ПЧ		Параметры фильтра VEDAHF				
Мощность[1], кВт	Входной ток [2], А	Ном. ток[3], А	Заказной код		Типоразмер	
			VEDAHF-05	VEDAHF-10	VEDAHF-05	VEDAHF-10
280	487,7	502	BHE10011 x2	BHE10038 x2	X7 x2	X7 x2
315	573,7	608	BHE10012 x2	BHE10039 x2	X7 x2	X7 x2
355	640,7	704	BHE10013 x2	BHE10040 x2	X8 x2	X7 x2
400	717,2	762	BHE10014 x2	BHE10041 x2	X8 x2	X7 x2
450	774,5	876	BHE10015 x2	BHE10042 x2	X8 x2	X7 x2
500	822,4	876	BHE10015 x2	BHE10042 x2	X8 x2	X7 x2
560	946,7	960	BHE10016 x2	BHE10043 x2	X8 x2	X8 x2
630	1147,5	1314	BHE10015 x3	BHE10042 x3	X8 x3	X7 x3
710	1281,4	1314	BHE10015 x3	BHE10042 x3	X8 x3	X7 x3
800	1434,4	1440	BHE10016 x3	BHE10043 x3	X8 x3	X8 x3
900	1549,1	1752	BHE10015 x4	BHE10042 x4	X8 x4	X7 x4
1000	1644,7	1752	BHE10015 x4	BHE10042 x4	X8 x4	X7 x4
1120	1893,3	1920	BHE10016 x4	BHE10043 x4	X8 x4	X8 x4

Примечания:

[1] Мощность — номинальная мощность ПЧ высокой перегрузочной способности.

[2] Входной ток — расчетный ток на входе ЧРП, с учетом пассивного фильтра, то есть это ток на входе VEDAHF, при номинальном выходном токе ПЧ, когда коэффициент загрузки ПЧ 100 %. Значения токов получены с учётом выполнения требований к питающей сети, которые обозначены в таблице 2.2–1, и при условиях: входное напряжение ПЧ равно выходному напряжению ПЧ, коэффициент мощности на входе VEDAHF около 0,98, коэффициент мощности на выходе ПЧ около 0,9, другие параметры соответствуют электрическим характеристикам ПЧ, которые приведены в руководстве по эксплуатации VF-101. Примеры расчетов приведены в разделе 3.1. «Рекомендации по подбору».

[3] Номинальный ток — номинальный ток фильтра при номинальной нагрузке. При параллельном подключении VEDAHF – сумма номинальных токов фильтров.

3.3. Рекомендации по использованию дросселя переменного тока

Установка AC-дросселя на входе ПЧ рекомендуется в следующих случаях:

1. Соотношение мощности между источником питания и ПЧ составляет 10:1.
2. К одному источнику питания подключены тиристорная нагрузка или устройство компенсации коэффициента мощности с контролем включения и выключения.
3. Достаточно большой небаланс напряжения трехфазного питания (> 3 %).

Подбор AC-дросселя ПЧ осуществляется в соответствии с рекомендациями производителя, которые указаны в технической документации.

© 2025 ВЕДА МК

4. Требования к монтажу

4.1. Механический монтаж



ВНИМАНИЕ. ТЯЖЕЛЫЙ ГРУЗ!

Неуравновешенные грузы могут упасть с высоты или на бок. Несоблюдение правил подъема повышает риск летального исхода, получения серьезных травм или повреждения оборудования.

- Запрещается ходить под подвешенным грузом.
- Обязательно используйте средства индивидуальной защиты.
- Учитывайте вес устройства и используйте надлежащее подъемное оборудование.
- Центр тяжести груза может находиться не там, где вы ожидаете. Если не следить за центром тяжести во время подъема и транспортировки, устройство может неожиданно наклониться или упасть. Проверьте, где находится центр тяжести, прежде чем поднимать груз.

Выберите наилучшее возможное место эксплуатации с учетом следующих факторов:

— рабочая температура окружающей среды;

— способ охлаждения;

— прокладка кабелей.

Для механических соединений необходимо использовать пружинные шайбы или схожие крепежные материалы для предотвращения раскручивания соединений. Соединяемые поверхности должны быть гладкими и чистыми. Убедитесь, что все соединения достаточно сильно затянуты.

При установке необходимо следовать следующим рекомендациям:

- Устанавливайте все фильтры вертикально с клеммами внизу.
- Используйте указанные монтажные отверстия и другую релевантную информацию, приведенную в габаритных чертежах в главе 4.3 *Габаритные и присоединительные размеры*

Внешний вид и габаритные размеры.

- Не устанавливайте фильтр вблизи других нагревающихся элементов или термочувствительных материалов (например, деревянных).
- Вверху и внизу необходимо оставить зазоры минимум 150 мм.
- Температура поверхности фильтров IP20 не должна превышать 70 °C.
- Фильтр может монтироваться вплотную к преобразователю частоты, промежуток между ними не требуется.

© 2025 ВЕДА МК

Чтобы избежать подключений, генерирующих высокочастотный шум, обеспечьте минимальное расстояние 150 мм до:

- проводов сетевого питания;
- проводов двигателя, идущих от преобразователя частоты;
- проводов управления и сигнальные проводов (диапазон напряжений < 48 В).

Для получения низкого импеданса ВЧ-соединения, заземление, экраны и другие металлические соединения (например, монтажные пластины и смонтированные блоки) должны иметь как можно большую поверхность металлического заземления. Используйте провода заземления и выравнивания потенциалов с как можно большим поперечным сечением (минимум 10 мм^2) или толстые заземляющие ленты. Используйте только медные или луженые медные экранированные провода.

Подключите экран металлическими хомутами или металлическими уплотнениями к шинам выравнивания потенциалов или соединениям защитного заземления. Всегда устанавливайте индуктивные переключающие устройства, такие как реле и магнитные контакторы с варисторами, резистивно-емкостными цепями или ограничительными диодами.

© 2025 ВЕДА МК

4.2. Габаритные и присоединительные размеры

Таблица 4.2-1. Габаритные и присоединительные размеры для фильтров VEDAHF с напряжением 400 В

Номинальный ток VEDAHF, А	Типоразмер	Размеры			Вес, кг	
		Высота, мм	Ширина, мм	Глубина, мм	VEDAHF-05	VEDAHF-10
3	X1-1	306	190,5	205	14	21
5	X1-1	306	190,5	205	15	21
8	X1-2	306	190,5	220	17	21
10	X1-2	306	190,5	220	24	24
14	X1	376	190,5	205	22	22
22	X2	450	232	247,5	36	36
29	X2	450	232	247,5	36	36
34	X3	568,5	378	275	60	60
40	X3	568,5	378	275	60	60
55	X3	568,5	378	275	65,5	60
66	X4	593	378	347	86	90
82	X4	593	378	347	92,5	90
96	X5	703	418	351	107	120
133	X5	703	418	351	120	120
171	X6	723	438	425	148	148
204	X6	723	438	425	168	148
251	X7	993	464	451	235	235
304	X7	993	464	451	235	235
352	X8	993	464	513,5	268	223
381	X8	993	464	513,5	313,5	224
438	X8	993	464	513,5	303	271
480	X8	993	464	513,5	341,5	273

© 2025 ВЕДА МК

4.3. Внешний вид и габаритные размеры для фильтров VEDAHF с напряжением 400 В

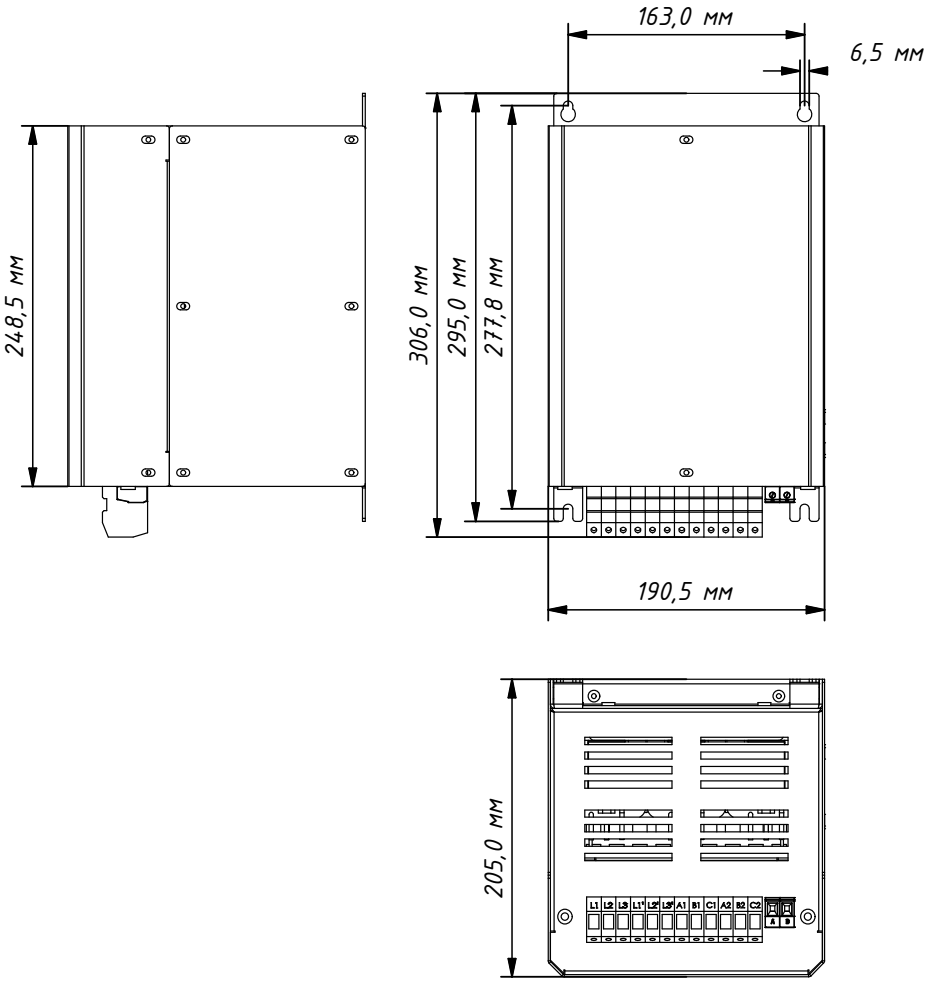


Рисунок 4.3.1. Типоразмер X1-1

© 2025 ВЕДА МК

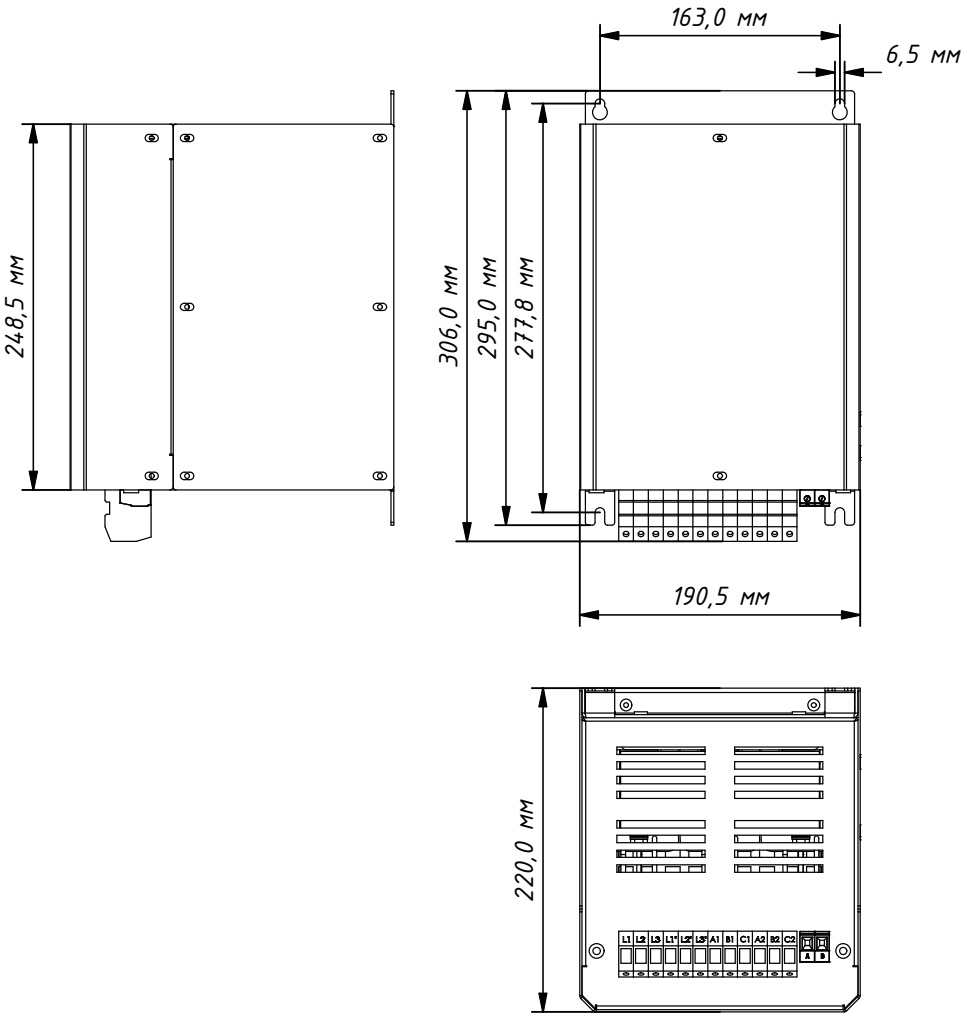


Рисунок 4.3.2. Типоразмер X1-2

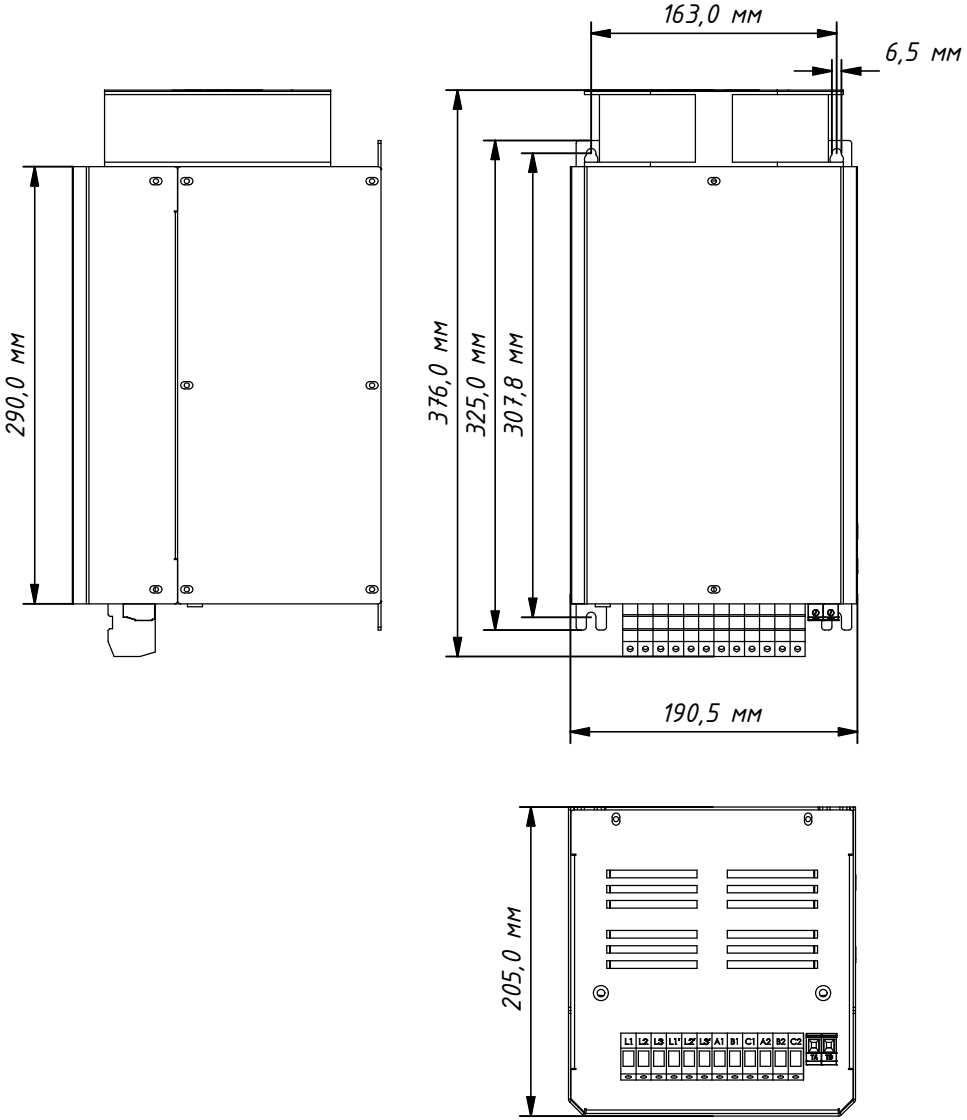


Рисунок 4.3.3. Типоразмер X1

© 2025 ВЕДА МК

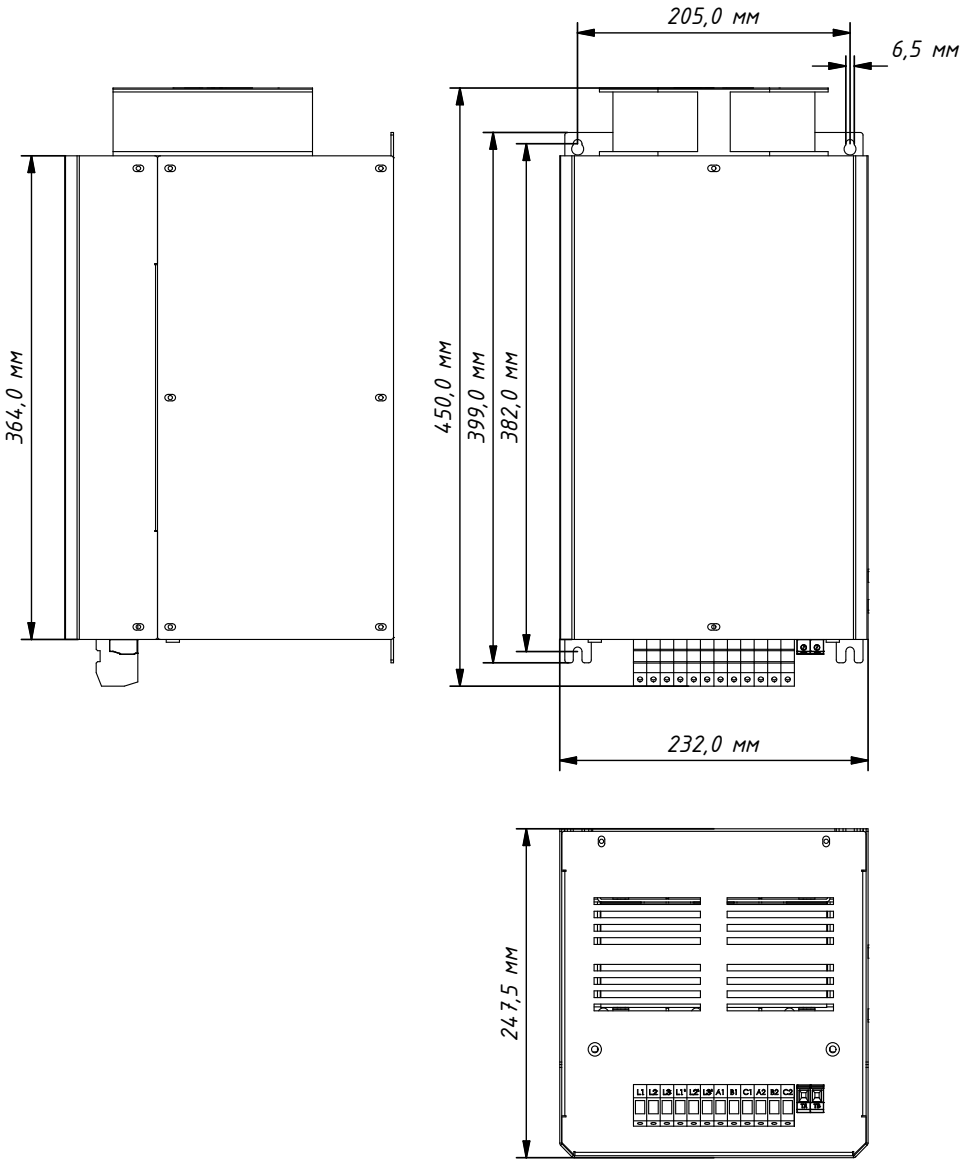


Рисунок 4.3.4. Типоразмер X2

© 2025 ВЕДА МК

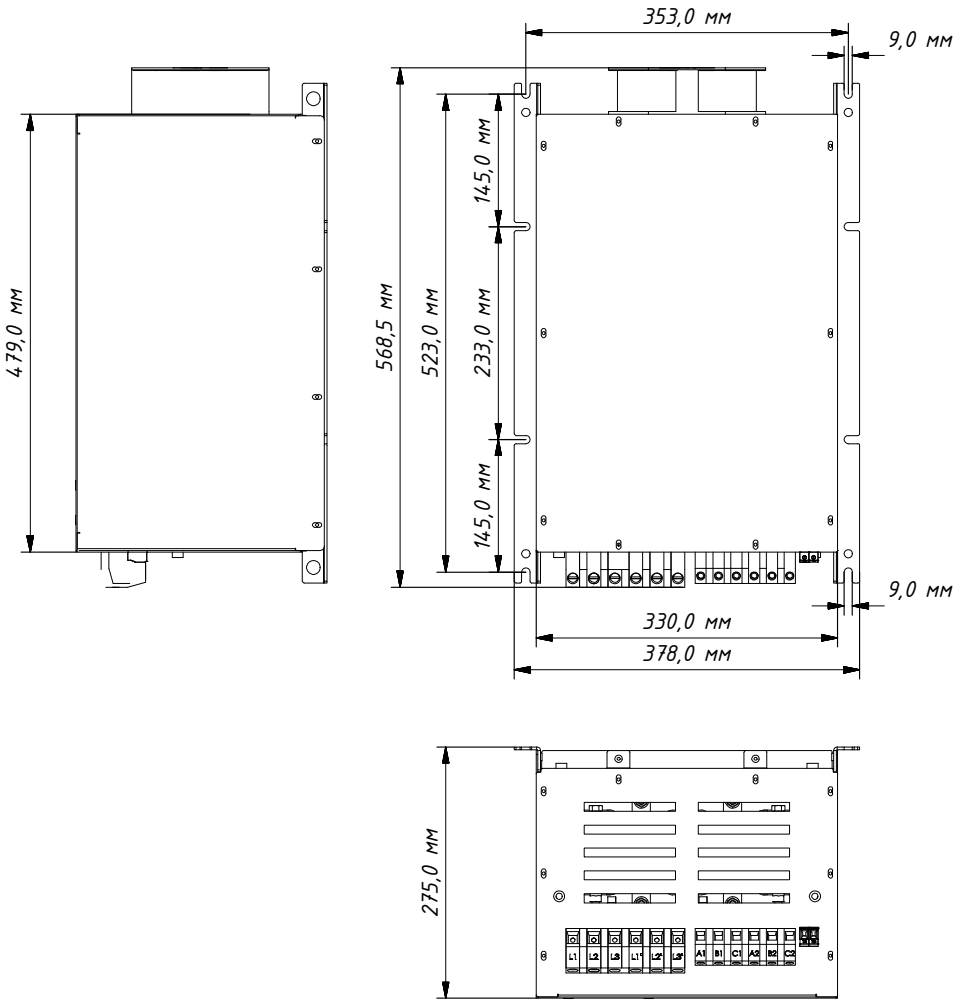


Рисунок 4.3.5. Типоразмер X3

© 2025 ВЕДА МК

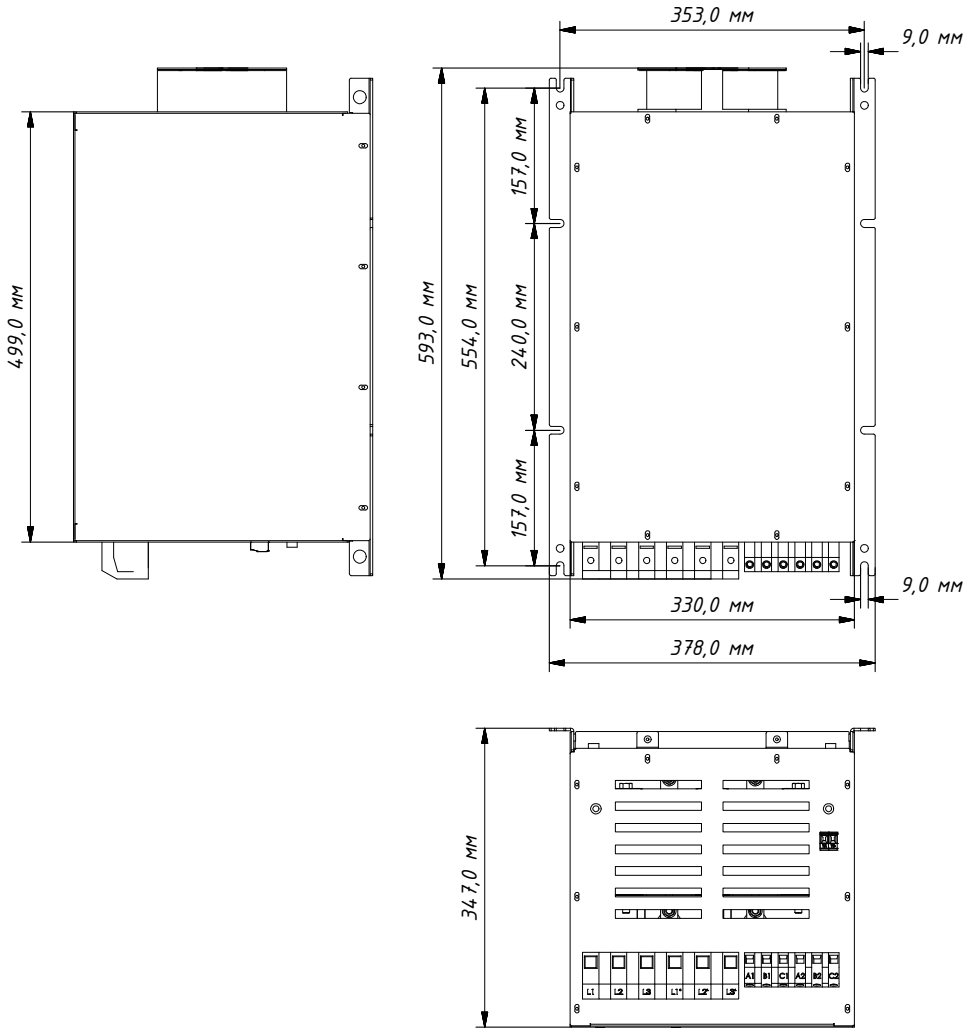


Рисунок 4.3.6. Типоразмер X4

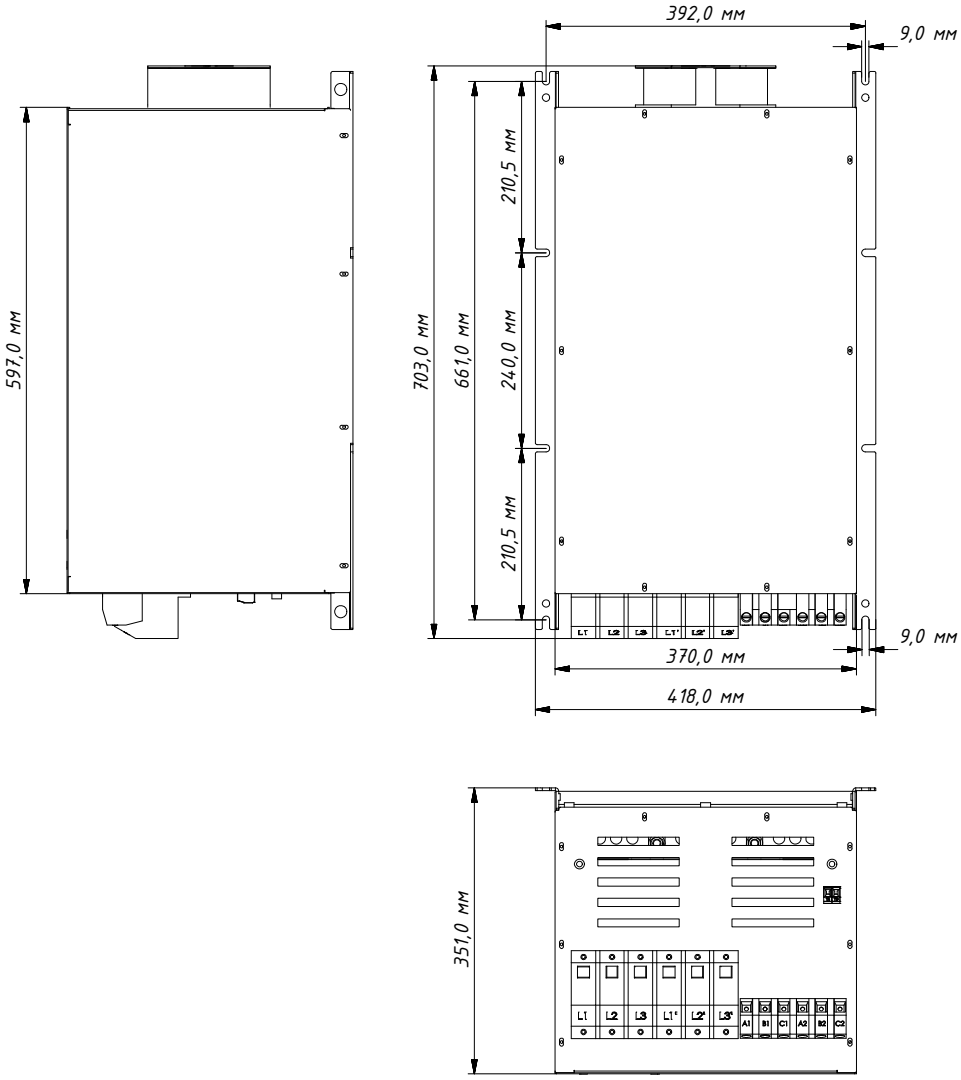


Рисунок 4.3.7. Типоразмер X5

© 2025 ВЕДА МК

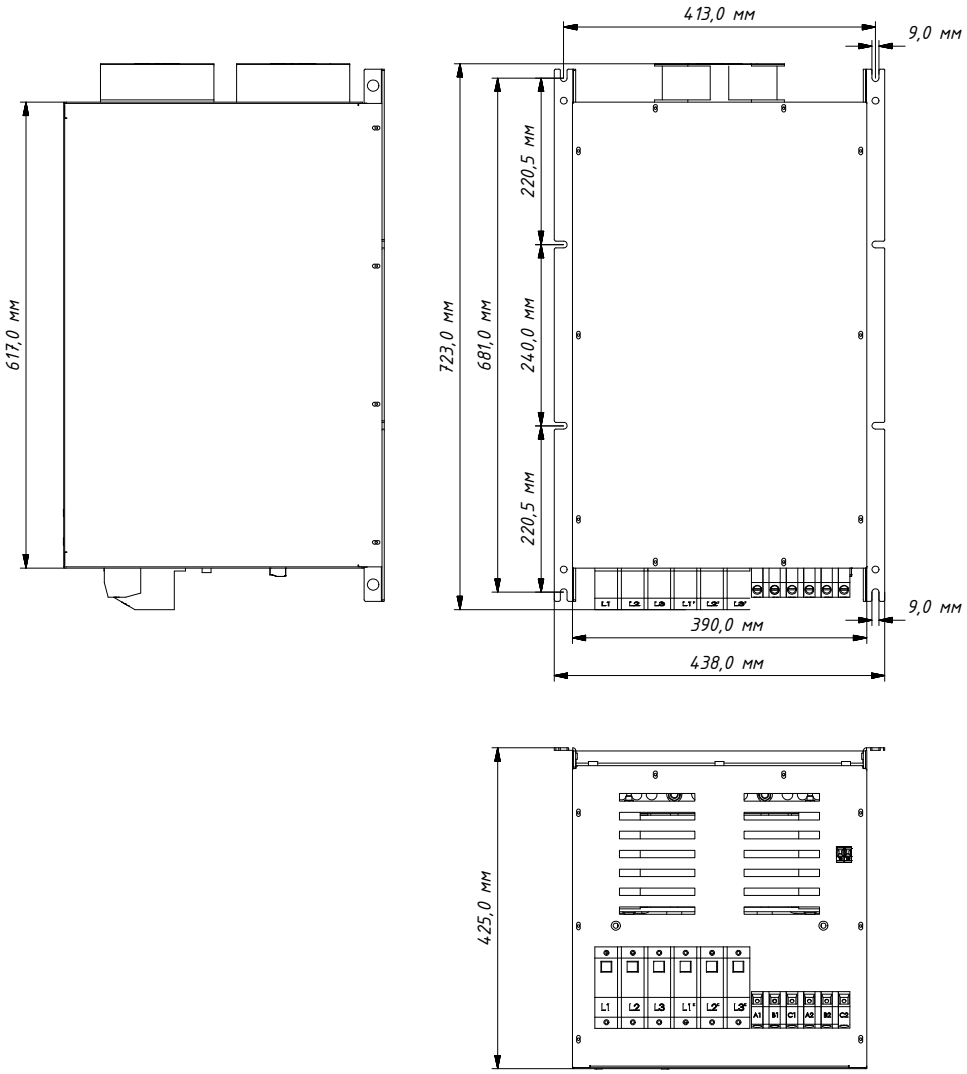


Рисунок 4.3.8. Типоразмер Х6

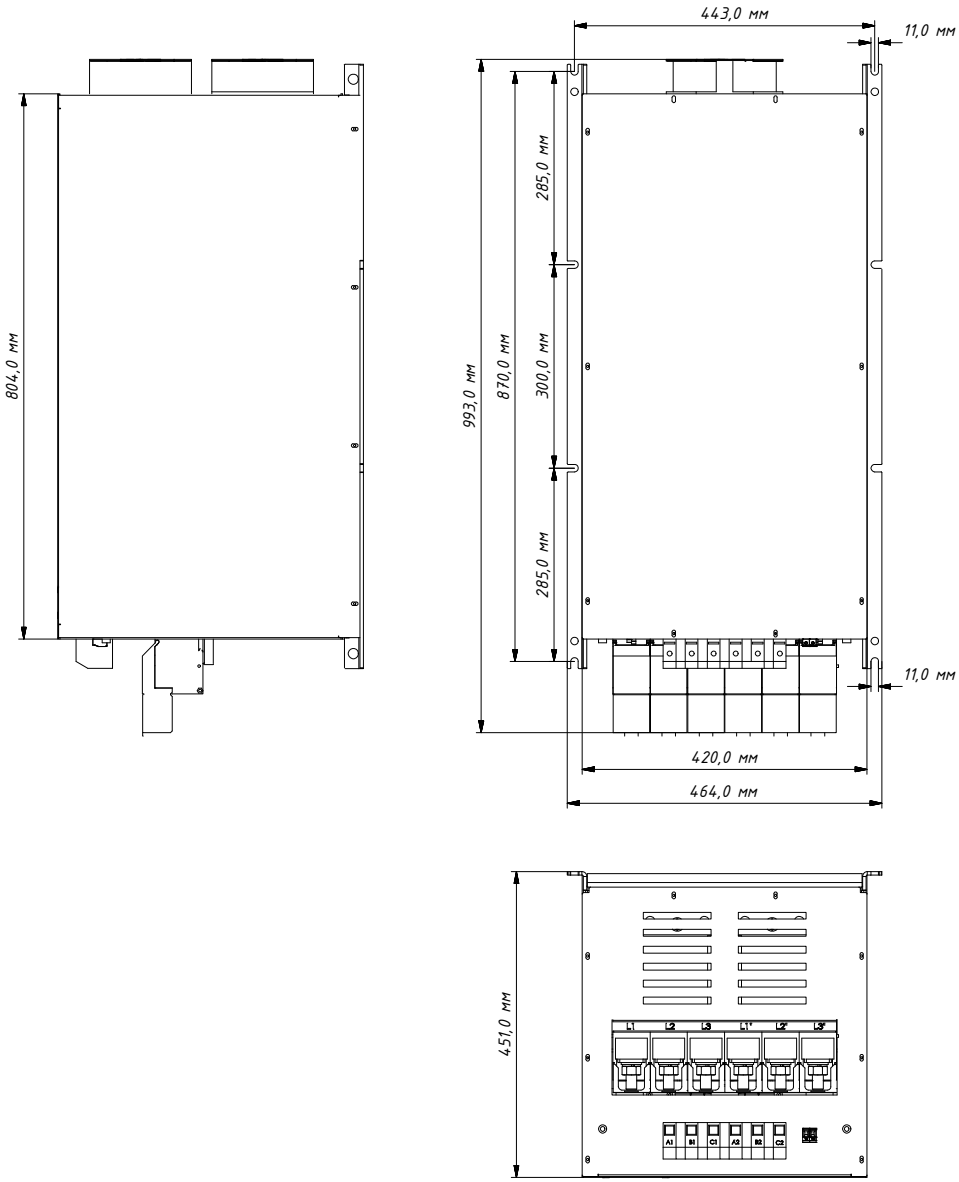


Рисунок 4.3.9. Типоразмер X7

© 2025 ВЕДА МК

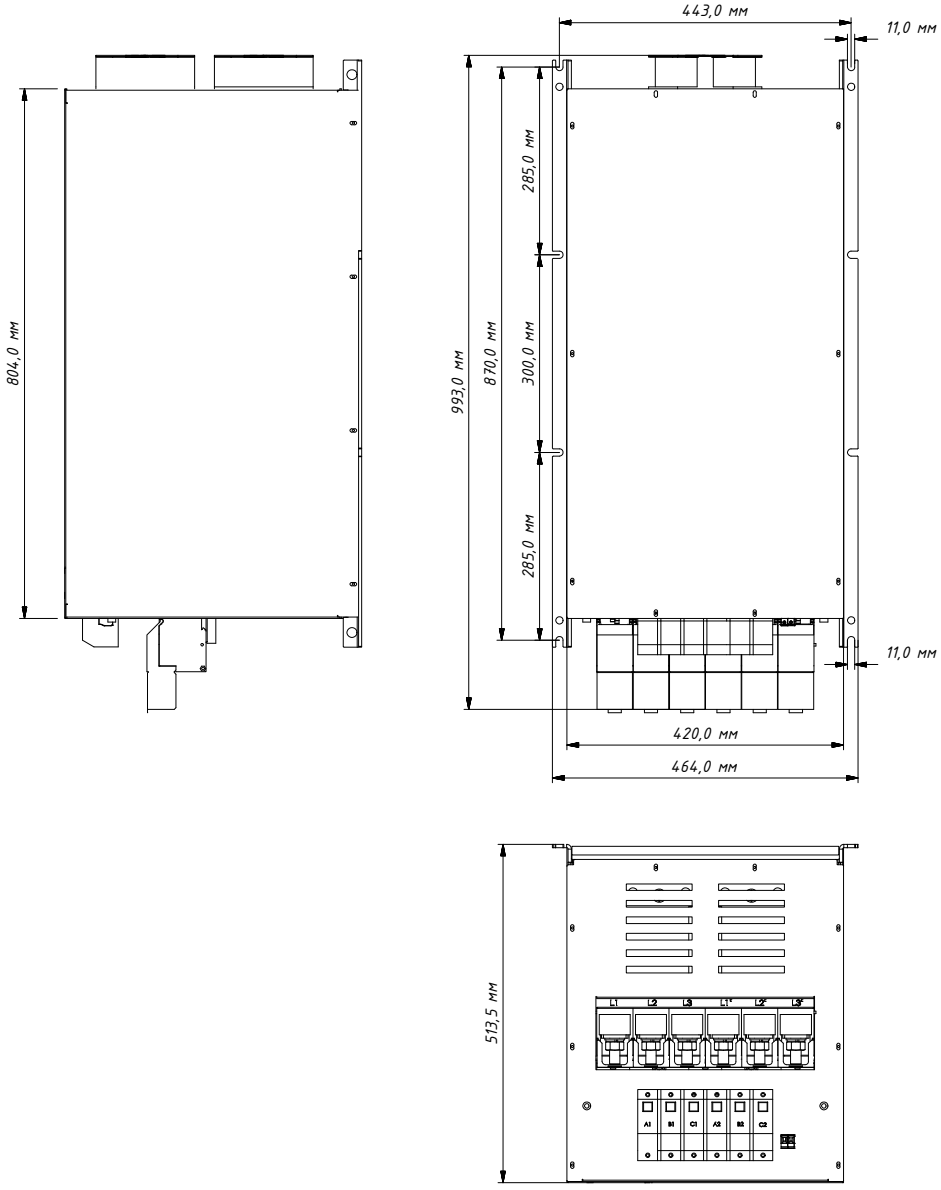


Рисунок 4.3.10. Типоразмер X8

4.4. Требования к вентиляции и охлаждению

Компактная конструкция фильтров требует принудительного охлаждения циркулирующим воздухом. Поэтому следует обеспечить беспрепятственную циркуляцию воздуха над и под фильтром; для этого соблюдайте минимальные требования к расстояниям между блоками оборудования. Фильтры охлаждаются встроенными вентиляторами, регулируемыми по скорости, а в корпусе фильтра имеются вентиляционные каналы. Вентиляторы и вентиляционные каналы обеспечивают воздушный поток, необходимый для предотвращения перегрева фильтров.

Направление потока воздуха должно осуществляться через зазор между стеной и фильтром как показано на *рисунке 4.4.1*

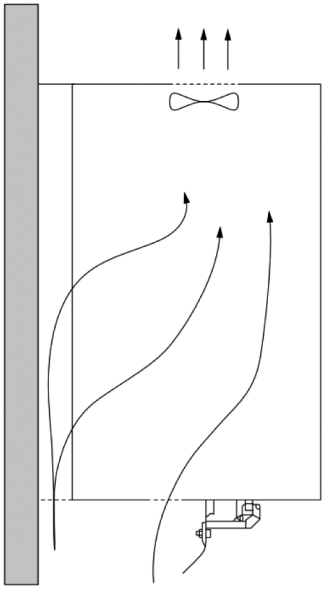


Рисунок 4.4.1. Правильные воздушные потоки

При установке фильтров в щитах или других промышленных корпусах убедитесь, что через щит проходит достаточный поток воздуха, позволяющий снизить риск перегрева фильтра и окружающих компонентов. Если в том же корпусе устанавливаются другие источники тепла (например, преобразователи частоты), при проектировании охлаждения корпуса также учитывайте их тепловыделение.

© 2025 ВЕДА МК

4.4.1. Потери мощности

Таблица 4.4-1. Потери мощности для фильтров VEDAHF с напряжением 400 В

Номинальный ток VEDAHF, А	Заказной код		Потеря мощности, Вт	
	VEDAHF-05	VEDAHF-10	VEDAHF-05	VEDAHF-10
3	BHE10019	BHE10044	58	48
5	BHE10020	BHE10045	60	40
8	BHE10021	BHE10046	82	84
10	BHE10022	BHE10025	118	87
14	BHE10023	BHE10026	151	144
22	BHE10024	BHE10027	201	181
29	BHE10001	BHE10028	212	191
34	BHE10002	BHE10029	299	249
40	BHE10003	BHE10030	325	268
55	BHE10004	BHE10031	410	299
66	BHE10005	BHE10032	415	330
82	BHE10006	BHE10033	432	375
96	BHE10007	BHE10034	661	555
133	BHE10008	BHE10035	853	638
171	BHE10009	BHE10036	849	751
204	BHE10010	BHE10037	1015	840
251	BHE10011	BHE10038	1041	928
304	BHE10012	BHE10039	1233	1081
352	BHE10013	BHE10040	1322	1135
381	BHE10014	BHE10041	1475	1190
438	BHE10015	BHE10042	1677	1299
480	BHE10016	BHE10043	1878	1503

© 2025 ВЕДА МК

4.5. Электрический монтаж

Фильтры гармоник VEDAHF-05 и VEDAHF-10 имеют следующие клеммы:

- L1, L2, L3 — входные клеммы для подключения фильтра к сети;
- L1′, L2′, L3′ — выходные клеммы для подключения преобразователя частоты;
- A1, B1, C1/A2, B2, C2 — дополнительные клеммы для подключения разъединителя конденсаторов[1];
- TA, TB — выходные клеммы встроенного термореле[2];
- PE — защитное заземление.

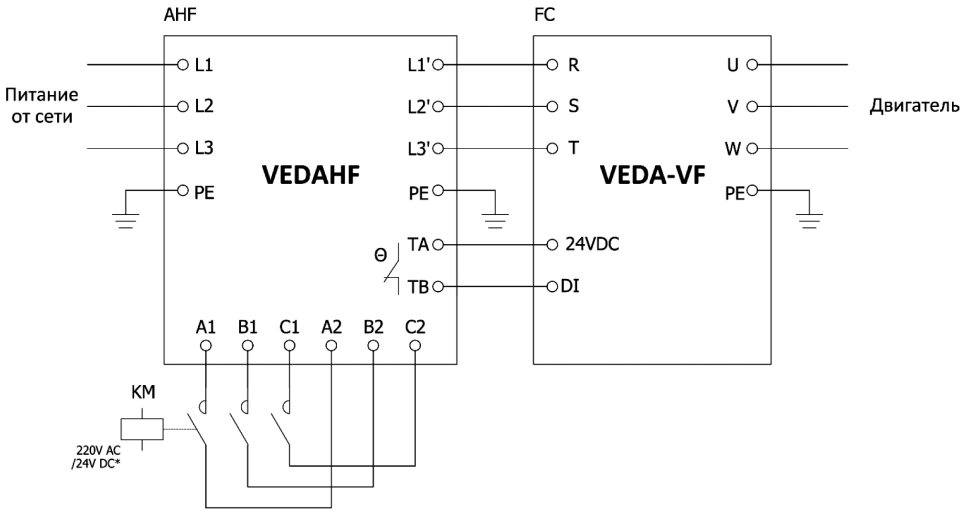


Рисунок 4.5.1. Схема подключения

Примечания:

1 При поставке с завода клеммы для разъединителя конденсаторов шунтированы или закорочены с помощью перемычек. Для реализации функции разъединения конденсаторов с использованием преобразователей частоты VEDA VF-101 необходимо обратиться к сотрудникам технический поддержки компании VEDA MC.

2 Подключение встроенного термореле к преобразователю частоты VEDAVF-101 показано условно и может подключаться к любому устройству для сигнализации состояния фильтра.

© 2025 ВЕДА МК

4.5.1. Параллельное подключение фильтров

Если входной ток преобразователя частоты, поступающий из сети питания, превышает номинальный ток самого большого фильтра гармоник, несколько фильтров гармоник можно подключить параллельно для получения необходимого номинального тока.

1. Подключите напряжение питания к клеммам L1, L2 и L3 фильтров.
2. Подключите клеммы питания R, S и T преобразователя частоты к клеммам L1′, L2′ и L3′ фильтров.

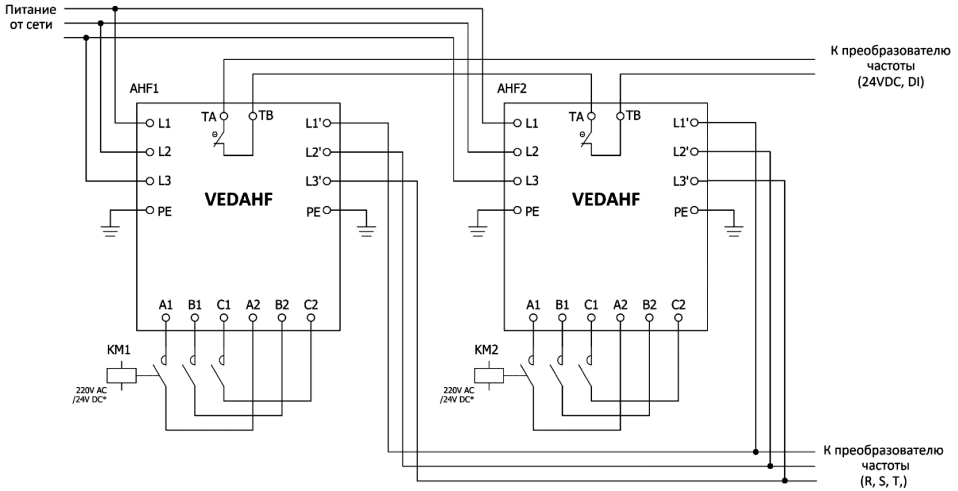


Рисунок 4.5.2. Схема параллельного подключения

4.5.2. Защита от перегрева

Фильтры гармоник VEDAHF-05 и VEDAHF-10 оснащены встроенными вентиляторами и контактом для сигнализации перегрева фильтра.

Вентиляторы

Встроенные вентиляторы оснащены переключателями контроля температуры. При нормальных условиях эксплуатации переключатель разомкнут. Если фильтр перегреется, выключатель замкнется и включится вентилятор. Каждый фильтр содержит термовыключатель, установленный во входном индукторе и подключенный последовательно к вентилятору. Когда температура превышает 75 °C, переключатель отключается.

Сигнализация

Для сигнализации перегрева в конструкции пассивного фильтра предусмотрен электрический изолирующий выключатель. При нормальных условиях эксплуатации выключатель замкнут. При перегреве фильтра выключатель разомкнется. Каждый фильтр содержит один термовыключатель, установленный во входной катушке индуктивности. Когда температура превышает 140 °C, выключатель размыкается.

УВЕДОМЛЕНИЕ

Во избежание повреждения фильтра, вызванного перегревом, необходимо использовать встроенное термореле. Чтобы предотвратить повреждение фильтра, запустите немедленный останов или контролируемое замедление в течение максимум 30 с.

УВЕДОМЛЕНИЕ. Возможный недостаточный воздушный поток

Если реле повторно активируется, то есть вероятность, что это вызвано недостаточным потоком воздуха через фильтр.

- Оцените воздушный поток и условия установки.
- Убедитесь, что впуск или выпуск вентилятора не заблокированы.
- Проверьте, исправен ли вентилятор.
- Проверьте, исправны ли средства управления вентилятором.

© 2025 ВЕДА МК

4.5.3. Защита фильтра от короткого замыкания и перегрузки по току

Чтобы защитить установку от опасности поражения электрическим током и пожара, все фильтры в установке должны иметь защиту от короткого замыкания и перегрузки по току в соответствии с государственными и международными правилами. Чтобы защитить преобразователь частоты и фильтр, выберите тип предохранителей, рекомендованный в руководстве по проектированию преобразователя частоты.

4.5.4. Программирование цифровых входов для защиты от перегрева

Ниже приведен наиболее часто используемый пример программирования преобразователя частоты VEDA VF-101 для защиты фильтра от перегрева.

1. Подключите клемму TA фильтра гармоник к клемме внутреннего источника питания +24 V преобразователя частоты.
2. Подключите клемму TB к клемме свободного цифрового входа преобразователя частоты.
3. Запрограммируйте для клеммы цифрового входа значение «Выбег, инверсный». При обнаружении перегрева преобразователь частоты останавливает двигатель выбегом и, таким образом, снимает нагрузку с фильтра.

4.5.5. Характеристики клемм

В *таблицах 4.5-1* и *4.5-2* указаны типы клемм, сечение кабеля, усилия затяжки и т. д.

	**УВЕДОМЛЕНИЕ** Для подключения клемм встроенного теплового реле используйте кабель с сечение жил не более 1 мм^2

Таблица 4.5-1. Характеристики клемм для фильтров VEDAHF с напряжением 400 В

Номинальный ток VEDAHF, A	Типоразмер	Клеммы L1 L2 L3 L1′ L2′ L3′			Клеммы A1 B1 C1 A2 B2 C2		
		Поперечное сечение кабеля, мм²	Соединительная резьба	Усилие, Нм	Поперечное сечение кабеля, мм²	Соединительная резьба	Усилие, Нм
3	X1-1	1	M4	1,2–1,5	1	M4	1,2–1,5
5	X1-1	1	M4	1,2–1,5	1	M4	1,2–1,5
8	X1-1	1,5	M4	1,2–1,5	1	M4	1,2–1,5
10	X1-2	2,5	M4	1,2–1,5	1	M4	1,2–1,5
10	X1-2	2,5	M4	1,2–1,5	1	M4	1,2–1,5
14	X1	2,5	M4	1,2–1,5	1,5	M4	1,2–1,5
22	X2	4	M4	1,2–1,5	2,5	M4	1,2–1,5
29	X2	4	M4	1,2–1,5	2,5	M4	1,2–1,5
34	X3	6	M6	4,3–4,5	4	M5	2,5–2,8
40	X3	6	M6	4,3–4,5	4	M5	2,5–2,8
55	X3	10	M6	4,3–4,5	6	M5	2,5–2,8
66	X4	16	M6	4,3–4,5	6	M5	2,5–2,8
82	X4	25	M6	4,3–4,5	10	M5	2,5–2,8
96	X5	35	M10	5,6–6,8	16	M6	4,3–4,5
133	X5	50	M10	5,6–6,8	16	M6	4,3–4,5
171	X6	70	M10	5,6–6,8	25	M6	4,3–4,5
204	X6	95	M10	5,6–6,8	35	M6	4,3–4,5
251	X7	150	M16	25,5–59,9	50	M10	5,6–6,8
304	X7	150	M16	25,5–59,9	70	M10	5,6–6,8
352	X8	185	M16	25,5–59,9	70	M10	5,6–6,8
381	X8	185	M16	25,5–59,9	70	M10	5,6–6,8
438	X8	240	M16	25,5–59,9	95	M10	5,6–6,8
480	X8	240	M16	25,5–59,9	95	M10	5,6–6,8

© 2025 ВЕДА МК

Таблица 4.5-2. Характеристики клемм для фильтров VEDAHF с напряжением 400 В (*продолжение*)

Номинальный ток VEDAHF, А	Типоразмер	Клеммы PE	
		Соединительная резьба	Усилие, Нм
3	X1-1	M5	2,5–2,8
5	X1-1	M5	2,5–2,8
8	X1-1	M5	2,5–2,8
10	X1-2	M5	2,5–2,8
10	X1-2	M5	2,5–2,8
14	X1	M5	2,5–2,8
22	X2	M6	4,3–4,5
29	X2	M6	4,3–4,5
34	X3	M8	9–10,2
40	X3	M8	9–10,2
55	X3	M8	9–10,2
66	X4	M8	9–10,2
82	X4	M8	9–10,2
96	X5	M8	9–10,2
133	X5	M8	9–10,2
171	X6	M8	9–10,2
204	X6	M8	9–10,2
251	X7	M8	9–10,2
304	X7	M8	9–10,2
352	X8	M8	9–10,2
381	X8	M8	9–10,2
438	X8	M8	9–10,2
480	X8	M8	9–10,2

© 2025 ВЕДА МК