



Краткое описание



ПЕТРА-0117, 0119

тиристорные преобразователи частоты

Уфа 2009г.



Научно-конструкторское внедренческое предприятие "ПЕТРА"

450071, г. Уфа, а/я 87, тел. (347) 292-15-17, т/ф (347) 292-50-39, E-mail: petra@bashnet.ru, www.nkvp-petra.ru

ООО НКВП «Петра» образовано в 1990 году. Специализируется на разработке, производстве и внедрении преобразователей частоты для индукционного нагрева. Внедрено более 280 установок с маркой ПЕТРА. География поставок - от Смоленска до Уссурийска, всего более 80 городов России, Китая.

Тиристорные преобразователи частоты серий ПЕТРА-0117, ПЕТРА-0119

Общие сведения

Тиристорные преобразователи частоты серии ПЕТРА-0117, ПЕТРА-0119 предназначены для преобразования трёхфазного тока промышленной частоты в переменный ток средней частоты. Применяются для питания индукционных плавильных электропечей, кузнечных индукционных нагревателей и других индукционных установок.

Структура условного обозначения

ПЕТРА-0117 ПЧ-Х-Х-УХЛ4:

ПЕТРА-0117 – наименование серии;

ПЧ – преобразователь частоты;

Х – номинальная мощность, кВт;

Х – номинальная выходная частота, кГц;

УХЛ4 – климатическое исполнение и категория размещения по ГОСТ 15150-69.

Тиристорные преобразователи частоты изготавливаются в соответствии с требованиями ТУ3416-001-03716963-97.

Принцип действия

Преобразователи состоят из трёхфазного выпрямителя и мостового последовательного инвертора с закрытым входом и обратными диодами, к выходу которого подключается нагрузка (рис.1).

Напряжение на выпрямитель подаётся через автоматический выключатель QF1 и магнитный пускатель KM1. Предохранители F1-F3 и автоматический выключатель QF1 обеспечивают защиту преобразователя при аварии в выпрямителе.

Выпрямитель выполнен по мостовой трёхфазной схеме с использованием неуправляемых диодов VD1...VD6, что обеспечивает простоту, надёжность и высокий коэффициент мощности преобразователя при подключении к промышленной сети переменного тока. Схема выпрямителя не требует фазировки вводного кабеля. Проходной тиристор VS1 осуществляет бесконтактный пуск преобразователя и быстродействующее отключение его от сети при возникновении аварий.

Автоматический выключатель QF1, оснащённый независимым расцепителем, и проходной тиристор VS1 являются исполнительными элементами системы защиты. Система защиты вырабатывает сигнал защитного отключения (СЗО) и вызывает срабатывание QF1 и VS1 в следующих аварийных ситуациях:

- превышение тока потребления (MTЗ);
- перенапряжение на выпрямителе (ВЗВ);
- перенапряжение в инверторе (ВЗИ);
- нарушение изоляции в нагрузке (ДТУ);

Работа преобразователя блокируется в следующих случаях:

- открыты двери или отсутствует контакт в разъёмных соединениях преобразователя;

- разрыв цепи блокировки в оборудовании Заказчика;
- отсутствие достаточного давления охлаждающей воды на входе преобразователя;
- засорение сливного коллектора преобразователя;
- превышение температуры воды на входе системы охлаждения преобразователя;
- превышение температуры воды на выходе каналов системы охлаждения преобразователя;
- отсутствие напряжения в любой из фаз вводного кабеля.
- понижение сетевого напряжения на 10% от номинального.
- превышение сетевого напряжения на 10% от номинального.

Силовые диоды и тиристоры преобразователя защищены от пиковых сетевых перенапряжений подключёнными параллельно варисторами.

Работа инвертора

В состав инвертора входят (рис. 1): входной дроссель L1 с двумя силовыми магнитосвязанными обмотками, дроссель коммутирующий L2, коммутирующий конденсатор C2, четыре блока силовых вентилей (БСВ) VS3-VD8, VS4-VD9, VS5-VD10, VS6-VD11 и нагрузочный резонансный контур состоящий из компенсирующей ёмкости C3 и индуктора.

Входной дроссель отделяет цепь постоянного тока от цепи ТВЧ и является фильтром, препятствующим проникновению в сеть ТВЧ.

Коммутирующий конденсатор C2 и дроссель L2 образуют последовательный колебательный контур - так называемый коммутирующий контур, который при периодическом включении диагональных БСВ формирует квазисинусоидальные импульсы выходного тока, одновременно обеспечивая в каждом такте работы выключение, т.е. коммутацию тиристорно-диодных ключей.

В установившемся режиме инвертор работает следующим образом (рис. 2).

Пусть в установившемся режиме в момент времени t_0 тиристоры VS4 и VS5 открыты, тиристоры VS3, VS6 закрыты, конденсатор C2 заряжен напряжением, полярность которого показана на рисунке, ток выпрямителя замыкается по цепи: дроссель L1.1, T1.1, VS5, L2, C2, контур нагрузки C3-индуктор, VS4, T1.2, L1.2. Ток выпрямителя равен выходному току инвертора. В момент времени t_1 тиристоры VS3, VS6 открываются импульсами управления i_{y3} , i_{y6} .

Конденсатор C2 начинает перезаряжаться колебательным током по цепи: контур нагрузки C3-индуктор, индуктивность L2, два параллельных контура VS3, T1.1., VS5 и VS4, T1.2., VS6.

В момент времени t_2 ток в вентильных парах VS4-VD9 и VS5-VD10, определяемый разностью возрастающего

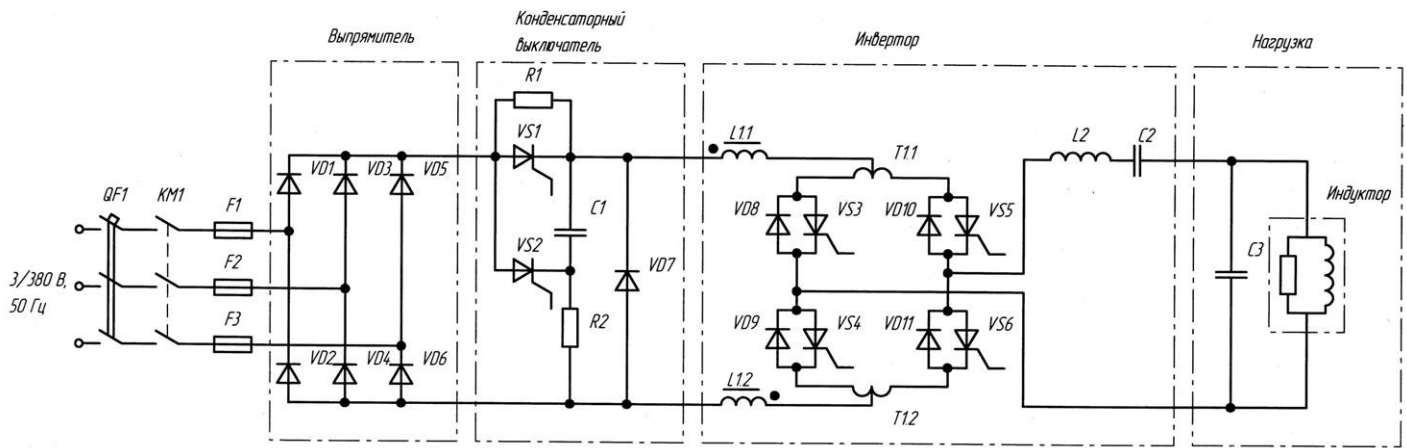


Рис.1.

VD1...VD6 – диоды выпрямителя; C1 – защитный конденсатор; VS1 – проходной тиристор; VS2 – защитный тиристор; VD7 – обратный диод выпрямителя; L1 – дроссель входной; VS3...VS6 – тиристоры БСВ; VD8...VD11 – обратные диоды БСВ; L2 – дроссель коммутирующий; C2 – конденсатор коммутирующий; C3 – ёмкость компенсирующая.

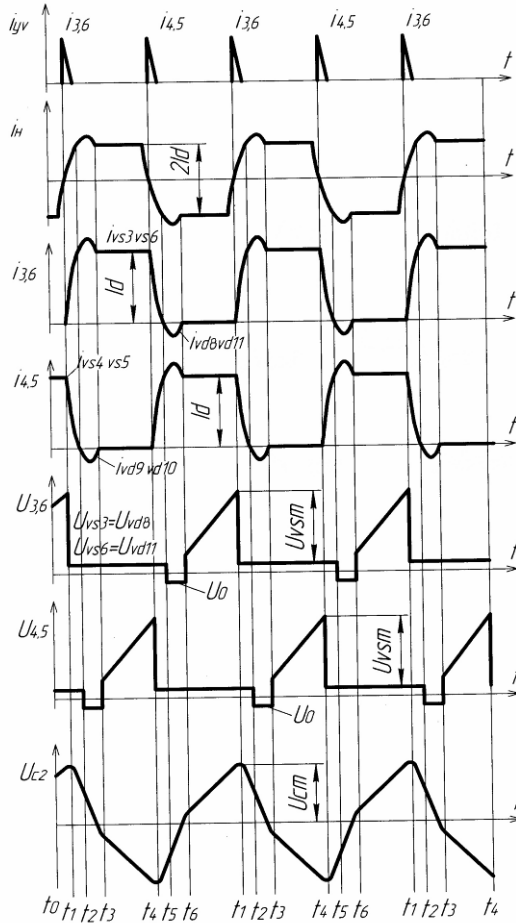


Рис.2.

тока колебательного перезаряда и тока входного дросселя I_d , изменяет направление и коммутируется с тиристора каждой пары на диод. Тиристоры VS4, VS5 закрываются обратным напряжением U_0 , равным прямому падению напряжения на диодах VD9, VD10. В момент времени t_3 , когда ток колебательного перезаряда спадет до величины I_d встречного тока, диоды VD9, VD10 запираются. В течение интервала времени t_3-t_4 конденсатор C2 дозарядается до величины $U_{ск} = -U_{см} \approx U_{см}$ практически постоянным током I_d . Напряжение $-U_{см}$ полярностью противоположной указанной на рис.2 прикладывается через открытые тиристоры VS3 и VS6 к тиристорно-диодным парам VS4-VD9 и VS5-VD10. В момент времени t_4 тиристоры VS4, VS5 открываются импульсами управления i_{y4} , i_{y5} и рассмотренные про-

цессы в схеме повторяются, приводя к выключению в момент времени t_5 тиристоров VS3 и VS6, а в момент времени t_6 диодов VD3 и VD6. Конденсатор C2 к моменту времени t_7 перезарядается до напряжения $U_{см}$ полярностью, указанной на рис.2, и схема возвращается в состояние, аналогичное моменту времени t_0 .

Последовательная смена рассмотренных коммутаций в схеме формирует в нагрузке переменный ток, частота которого равна частоте управляющих импульсов тиристоров одной вентильной пары.

Настройка инвертора на заданный частотный режим (частота выходного тока инвертора и длительность тока перезаряда t) производится совместным подбором емкости батарей коммутирующих конденсаторов C3 и коммутирующего конденсатора C2.

Благодаря резонансным свойствам нагрузки, настроенной на первую гармоническую составляющую выходного тока, электромагнитные колебания в нагрузке продолжают непрерывно и имеют форму, близкую к синусоиде.

Автономный инвертор тока работает в последовательном резонансном режиме. Это обеспечивает его работоспособность в широком диапазоне изменения эквивалентного сопротивления нагрузки.

Инвертор может работать на активную и резонансную нагрузку. Регулирование мощности в нагрузке происходит за счёт изменения частоты импульсов управления тиристорами инвертора i_{yv} (УТИ). Рабочей частотной областью инвертора является индуктивная сторона АЧХ нагрузки, включая резонансную частоту. Двухканальная система автоматического регулирования следит за изменением резонансной частоты нагрузки в процессе нагрева (сигналы ДВТ и ДТК), не допуская перехода частоты импульсов управления на ёмкостную сторону АЧХ, и поддерживает постоянным заданный ток индуктора.

При активной нагрузке используется один канал системы автоматического регулирования. Он поддерживает постоянным заданный ток инвертора.

Применение частотного метода регулирования позволяет, не прибегая к регулируемому выпрямителю, изменять мощность в резонансной нагрузке с $Q \geq 3$ (большинство применений) - от 10 до 100%. При этом коэффициент мощности преобразователя по отношению к питающей сети во всех режимах равен 1.

Конструкция

Шкаф

Преобразователи выполнены в двустороннем шкафу, рассчитанном на двустороннее обслуживание – спереди и сзади (рис.3). Конструкция шкафов - сварная с массивным основанием для обеспечения прочности при транспортировании и перемещениях. Секции шкафа – Блок выпрямителя и Блок инвертора - устанавливаются на общую раму, положение которой должно обеспечивать вертикальность установки шкафа. Зажимы для подключения кабеля 380В, 50Гц расположены на крыше. Клеммы для подключения нагрузки установлены на боковой стенке преобразователя. Разъём для подключения кабеля дистанционного пульта управления расположен внутри шкафа. Кабель управления проходит через специальное отверстие в боковой стенке шкафа.

Панель управления расположена в нише на удобном эргономичном уровне и содержит органы управления работой преобразователя, приборы индикации напряжения и тока выпрямителя

Выпрямитель и конденсаторный выключатель

Состоит из шести диодов Д133 (Д143), которые стянуты парно в виде трёх вертикальных «столбов» заодно с медными водоохлаждаемыми радиаторами. Прямой тиристор VS1 и обратный диод конденсаторного выключателя VD7 включены в конструкцию выпрямителя. Остальные элементы конденсаторного выключателя расположены на отдельной панели. Конструкция выпрямителя обеспечивает двойную изоляцию токоведущих частей схемы от корпуса преобразователя. Диоды, используемые в выпрямителе, выбраны с запасом по номинальному току и имеют большую перегрузочную способность, что обеспечивает живучесть выпрямителя при авариях. Выпрямитель защищён от пиковых сетевых перенапряжений варисторами.

Инвертор

Дроссель входной L1

Выполнен в виде двух катушек установленных на шихтованном магнитопроводе, стянутом с помощью шпилек и ярмовых балок. Катушки дросселя – охлаждаемые, из медной трубы. Изоляция трубы - двухслойная с вакуумной пропиткой. Магнитопровод дросселя снабжён радиатором для водяного охлаждения.

Дроссель коммутирующий L2

Выполнен в виде цилиндрической катушки намотанной медной трубой. Изоляция трубы - двухслойная с вакуумной пропиткой. Является универсальным для всех мощностей преобразователей. Имеет отпайки для перенастройки в зависимости от исполнения преобразователя. Снабжён экранирующим магнитопроводом, что позволяет исключить нагрев конструкций шкафа.

Блок силовых вентилях (БСВ)

Инвертор включает в себя четыре блока силовых вентилях (четыре плеча). Каждое плечо состоит, в зависимости от исполнения преобразователя, из 3-х или 4-х тиристоров ТБ143-320-10. Тиристоры выбраны с большим запасом по рабочему напряжению, что обуславливает надёжность работы инвертора и его живучесть при возникновении аварийных ситуаций. Система защиты инвертора следит за напряжением на каждом тиристоре. Она не допускает опасных пиковых перенапряжений на них и срыва инвертирования. Тиристоры

стянуты с помощью шпилек в виде вертикального «столба» заодно с медными охладителями к ним параллельно подключены обратные диоды ДЧ261. Вертикальная конструкция исключает электрический пробой по поверхности корпусов тиристоров при накоплении пыли. Конструкция БСВ универсальна для всех мощностей преобразователей. Свойства силовой схемы инвертора позволяют использовать одни и те же тиристоры и диоды для всех мощностей и частот без специального подбора. Это упрощает эксплуатацию и ремонт преобразователя. Управление тиристорами инвертора производится с помощью импульсных трансформаторов. Испытательное напряжение изоляции обмоток трансформаторов – 10 кВ. Это исключает возможность попадания высокого напряжения в схему управления.

Блок управления

Состоит из шести плат, установленных в корпусе субблока по МЭК 60297. На лицевой панели тестовой платы расположен разъём, на который выведены контрольные точки сигналов блока управления и датчиков. Таким образом, контроль сигналов можно проводить, не останавливая работы преобразователя. Блок управления обеспечивает полную функциональность преобразователя. При этом он не содержит импульсных блоков питания, сложных микропроцессорных устройств, дефицитных деталей, прост и удобен в обслуживании.

Разъём для подключения пульта управления

Преобразователи имеют разъём для подключения дистанционного пульта управления или других измерительных и управляющих устройств. На разъём выведены сигналы, позволяющие осуществлять следующие операции:

- пуск и выключение преобразователя;
- индикацию ГОТОВ/НЕ ГОТОВ;
- индикацию НАГРЕВ;
- управление мощностью преобразователя с помощью сигнала пропорционального измеряемому параметру (температуре, мощности и т.д.);
- управление мощностью с помощью внешнего регулятора (потенциометра);
- ступенчатый, от минимального до установленного значения, сброс и набор мощности с помощью внешнего управляющего контакта (педали, контакта КСП и т.д.)
- индицирование в относительных единицах мощности выделяемой в нагрузочном контуре;
- запрет работы преобразователя при разрыве контакта в цепи блокировок в оборудовании Заказчика.

Система охлаждения

Охлаждение силовых элементов преобразователя – водяное. Максимальное рабочее давление – 0,6 МПа. Штуцеры охлаждаемых элементов и коллекторы ввода и слива воды выполнены из нержавеющей стали. Это делает систему охлаждения устойчивой к электрохимической коррозии, особенно при нарушении Заказчиком требований к качеству охлаждающей воды. Хомуты, применяемые для герметизации мест соединения, более устойчивы к усаживанию материала шланга в процессе длительной эксплуатации, чем соединения с помощью накидных гаек и не допускают ослабления затяжки. Для обеспечения хорошего протока охлаждающей воды и эффективного охлаждения индуктивные элементы силовой схемы преобразователя выполнены из медной трубы с сечением канала для протока воды не менее 77 мм².

Элементы защиты системы охлаждения

Для защиты от засорения каналов протока воды на входе коллектора ввода устанавливается фильтр грязевой. Система охлаждения включает в себя следующие элементы, блокирующие работу преобразователя при нарушениях в её работе:

- датчик-реле разности давлений - измеряет перепад давлений между коллекторами ввода и слива воды

и отключает преобразователь, если этот перепад ниже уставки;

- термостат на входном коллекторе исключает работу преобразователя при температуре воды на входе более 30°C.
- блок термодатчиков – контролирует температуру воды на сливе каждого канала и отключает преобразователь, если температура выше 60±70° С.

Технические данные

	ПЕТРА-0117					ПЕТРА-0119	
	250-1,0	250-2,4	320-0,5	320-1,0	320-2,4	500-0,5	500-1,0
Р _{ВЫХ} , кВт	250	250	320	320	320	500	500
F _{НАГР} , кг/с	1,0	2,4	0,5	1,0	2,4	0,5	1,0
U _{ПИТ} , В	380 В, 50 Гц					570 В, 50 Гц	
U _{ВЫХ} , В	800					1000	
U _{НАГР} , В	800, 1600					1000, 1600	
ΔP _{ВЫХ} , %	10...100%						
КПД	0,93					0,96	
Расход воды, м ³ /ч	2,0	2,0	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8
Масса, кг	500	500	600	600	600	600	600

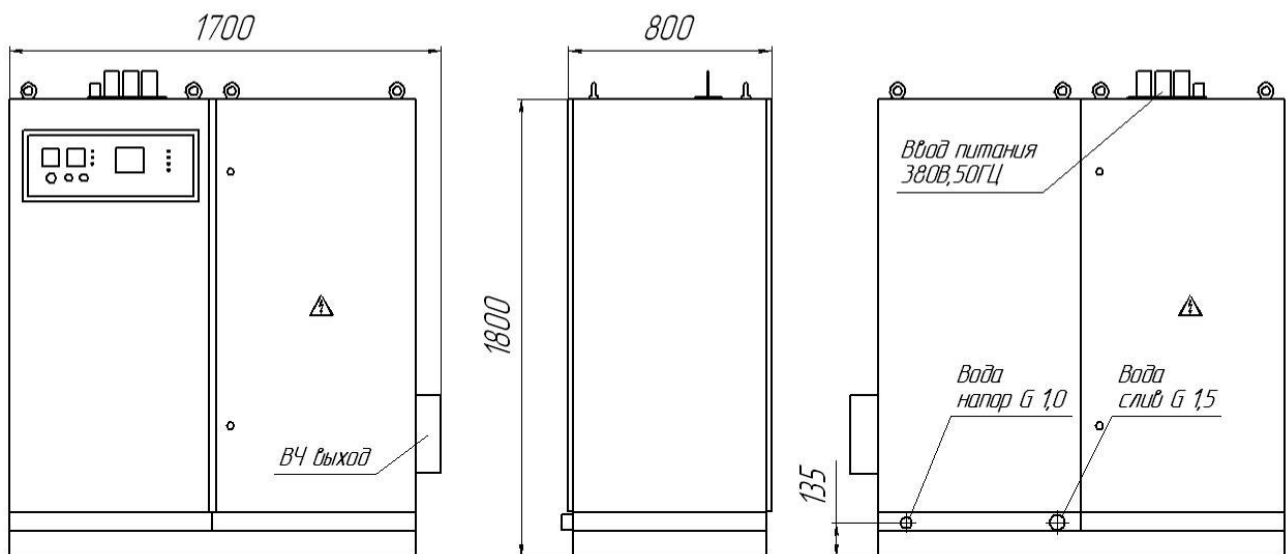


Рис.3 Габаритный чертёж преобразователей частоты серии ПЕТРА-0117, ПЕТРА-0119.

Комплектность поставки

В комплект поставки входят: преобразователь, фильтр грязевой, ключ для затяжки хомутов, запасные варисторы, комплект эксплуатационной документации. По согласованию с Заказчиком поставляются пульт управления с кабелем управления и станция теплообменная.

ОСНОВНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА ТПЧ «ПЕТРА»:

- по сравнению с машинными генераторами:

1. - не требуют для размещения специального помещения с кран-балкой;
- по отношению к сети всегда $\cos\varphi=1$;
- отсутствуют потери холостого хода;
- имеют более высокий КПД;
- при пуске не перегружают сеть (отсутствуют ударные пусковые токи);
- регулировка процесса нагрева ведётся без применения ВЧ-контакторов.
- по сравнению с другими ТПЧ:
2. Неуправляемый выпрямитель, поэтому:
- Отсутствует сложная схема управления выпрямителем.
- Коэффициент мощности по отношению к сети всегда равен 1.
- Не требуется фазировка вводного кабеля при подключении к сети.
3. Инвертор преобразователя имеет независимое возбуждение, поэтому его запуск не зависит от параметров нагрузки. Не требуется специального запускающего устройства.
4. Имеют быстродействующий электронный защитный выключатель, отключающий ТПЧ от сети при авариях за 150...250 мксек.
5. Вертикальная конструкция блоков выпрямителя и инвертора обеспечивает лучшие изоляционные свойства и позволяет преобразователю надёжно работать в условиях цеха с сильной загрязнённой токопроводящей пылью.
6. Схема управления обеспечивает функциональные возможности преобразователя соответствующие современному уровню, при этом не содержит сложных микропроцессорных устройств, удобна в обслуживании.
7. Высокая ремонтпригодность:
- конструкция шкафа обеспечивает удобный доступ ко всем блокам;
- нет уникальных комплектующих со специальными характеристиками, сделанными под заказ. Только общедоступные комплектующие.
8. Прочный сварной шкаф обеспечивает целостность при транспортировке и перемещениях, пониженный уровень шума.
9. Разветвлённая система защит и блокировок с индикацией каждого канала на панели блока управления.
10. Большой опыт применения в различных технологиях, в жёстких производственных условиях и при невысокой квалификации обслуживающего персонала.