

УДК 621.314

*к.т.н. Калюжный С. В.,
Харченко Д. А.
(ДонГТУ, г. Алчевск, ЛНР)*

ОРИГИНАЛЬНАЯ КОНСТРУКЦИЯ ТОКОПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ДЛЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ МОСТОВОГО КРАНА

Описывается оригинальная конструкция силовой части токопараметрического вентильного преобразователя, содержащего два диодных моста и один тиристорный, позволяющая получить высокие массогабаритные показатели. Рекомендуется для питания электроприводов перемещения и подъёма мостовых кранов.

Ключевые слова: *вентильный преобразователь, диодные и тиристорные модули, асинхронный двигатель с фазным ротором, система согласованного вращения.*

Проблема и её связь с научными и практическими задачами. При конструировании полупроводниковых преобразовательных устройств (ППУ), как известно, необходимо уделять надлежащее внимание всему комплексу технических, эксплуатационных, конструктивно-технологических и экономических требований [1, 2].

К конструктивным требованиям относятся: качество обеспечения основных технических характеристик ППУ, надёжность, простота обслуживания, ремонтпригодность, обеспечение габаритных размеров и массы.

К конструктивно-технологическим требованиям относятся: конструктивная преемственность, технологичность конструкции и защиты от воздействия внешних факторов.

Экономические требования учитывают затраты труда, времени, материальных средств на разработку, изготовление и эксплуатацию ППУ.

Все перечисленные требования тесно взаимосвязаны между собой. При этом в зависимости от назначения и условий эксплуатации преобразователя одни из них имеют важное значение, другие — второстепенное.

Постановка задачи. Необходимость разработки новой, компактной и достаточно мощной конструкции преобразователя продиктована тем, что на мосту крана нет больших свободных пространств, особенно при реконструкции кранов, построен-

ных 25–30 лет назад, то есть ещё в советские годы, когда могли строить добротно и надёжно.

Краностроительные заводы металл не сэкономили, поэтому механические узлы кранов сохранили хорошую работоспособность, однако электрооборудование, особенно механизма перемещения моста крана, уже морально и физически устарело. Релейно-контакторные панели в шкафом исполнении типа ДК производства московского завода «Динамо» не выпускаются промышленностью, собственно, и указанного завода уже давно нет.

Изложение материала и его результаты. Выпускаемые промышленностью в настоящее время преобразователи, предназначенные для различного применения, не отличаются большим разнообразием конструкций силовых узлов, поэтому авторами разработана и изготовлена собственная оригинальная конструкция преобразователя (рис. 1).

Приведённая конструкция токопараметрического вентильного преобразователя (ТПВП) предназначена для электромеханических систем согласованного вращения, например, механизмов перемещения мостовых кранов, построенных на базе двух асинхронных двигателей с фазным ротором. В состав ТПВП входят: 1 — панель с двумя мостами на диодных модулях МДЗ-580-26-А2; 2 — защитные RC-цепочки; 3 — мост на тиристорных модулях МТЗ-540-18-А1; 4 — па-

нель охлаждения тиристорного моста (листовой алюминий толщиной 12 мм). На другой стороне панели привинчены ребристые охладители для таблеточных тиристорных на 1000 А; 5 — система управления преобразователем; 6 — амперметр наладочный.

С целью значительного снижения габаритных размеров преобразователя было принято решение для двух силовых диодных и одного тиристорного мостов использовать, соответственно, диодные и тиристорные силовые модули типа МДЗ-580-26-А2 и МТЗ-540-18-72-А1, производства АО «Протон-Электротекс» (Россия, г. Орёл). На рисунке 2 приведены габаритные и установочные размеры модулей, а на рисунке 3 даются две проекции стойки ТППП для питания двигателей механизма перемещения крана.

Согласно техническим условиям ЮКГИ 2605.001–12 ТУ на «Электропривод согласованного вращения переменного тока ЭСВ-380-xxx» [3], конструктивное исполнение токопараметрического преобразователя (см. рис. 3) представляет собой стойку, сваренную из стального уголкового проката.

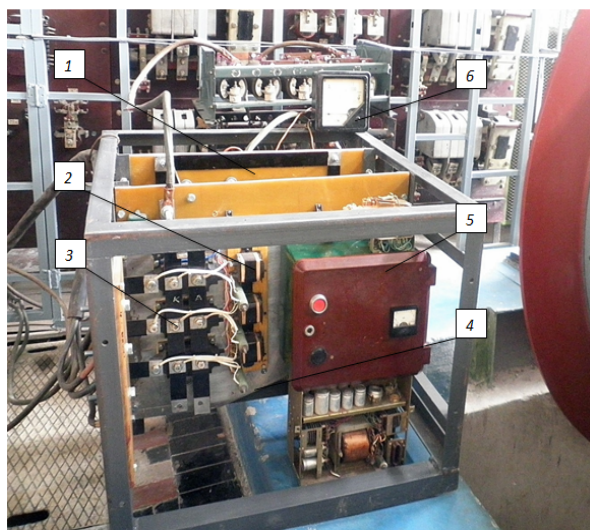


Рисунок 1 Токопараметрический вентильный преобразователь для двухдвигательного электропривода перемещения моста крана

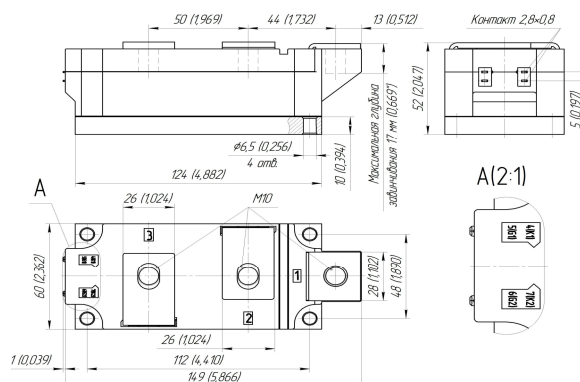


Рисунок 2 Габаритные и установочные размеры модулей типа МДЗ-580-26-А2 и МТЗ-540-18-72-А1

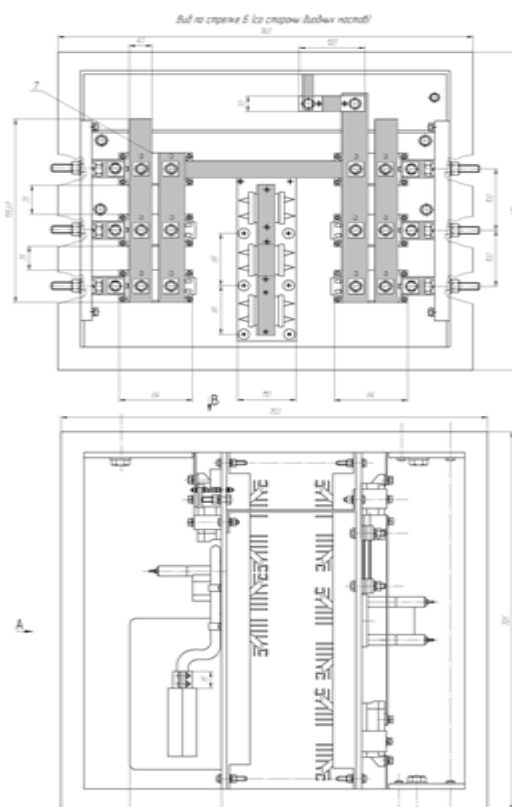


Рисунок 3 Две проекции стойки токопараметрического преобразователя

Состоит электропривод, по указанным выше ТУ, из двух совмещаемых по вертикали стоек шкафного исполнения и командоконтроллера, выполненного в виде джойстика и размещаемого в кабине крана. Шкаф № 1 содержит типовую релейно-

контакторную аппаратуру для подключения к сети статорных цепей двигателей с фазным ротором краново-металлургической серии 4МТФ, 380 В, 50 Гц, ПВ — 40 %. В состав шкафа № 2 входит ТПВП для согласования вращения и регулирования скорости двигателей. При реконструкции электроприводов перемещения кранов, работающих с релейно-контакторными панелями типа ДК, шкаф № 1 может не заказываться, если силовые электромагнитные контакторы, подключающие статорные цепи двигателей — линейный (КМЛ), направления вращения (КМВ; КМН) — и контакторы (КМТ) двух тормозов, а также реле максимального тока (КА) и реле нулевое (КН) находятся в удовлетворительном состоянии.

Габаритные размеры стойки преобразователя, как указывалось выше, были приняты для размещения на мосту кранов средней грузоподъёмности. В данной статье произведём расчёт мощности электродвигателей, которые могут быть подключены к двум выходам преобразователя, исходя из максимально допустимой тепловой загрузки диодных и тиристорных модулей.

Наиболее распространённым видом охлаждения является воздушное, естественное, т. к. оно не требует установки вентилятора для принудительного обдува, а это значительно уменьшает габариты при ограниченном пространстве на мосту крана. Используем для крепления модулей алюминиевую пластину, с обратной стороны которой монтируем стандартные цельно-металлические охладители для воздушных систем охлаждения типа О243 из прессованных профилей, материал — алюминиевый сплав АД-31 (см. рис. 4). Оребренные поверхности указанных охладителей увеличивают площадь охлаждения принятого комплексного охладителя в несколько раз по сравнению с площадью теплового контакта отдельного модуля с алюминиевой пластиной охладителя.

Главным эксплуатационным параметром охладителей является установившееся

тепловое сопротивление «контактная поверхность охладителя — охлаждающая среда» (тепловое сопротивление охладителя) — R_{thh-cf} , поскольку именно оно определяет теплоотводящую способность охладителя.

Расчёт выполняем в соответствии с методикой, изложенной в [4].

На общей алюминиевой пластине установлены три части половинных охладителей типа О243. Определяем температуру контактной поверхности охладителя:

$$T_h = T_c - T_j \cdot \left(\frac{R_{thch}}{R_{thjc}} \right) + T_c \cdot \left(\frac{R_{thch}}{R_{thjc}} \right) =$$

$$= 60 - 150 \cdot \left(\frac{0,02}{0,65} \right) + 60 \cdot \left(\frac{0,02}{0,65} \right) = 57,4 \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (1)$$

где T_h — температура контактной поверхности охладителя, $^\circ\text{C}$; R_{thch} — установившееся тепловое сопротивление «корпус прибора — контактная поверхность охладителя» (контактное тепловое сопротивление), $^\circ\text{C}/\text{Вт}$; T_j — температура структуры прибора, $^\circ\text{C}$; T_c — температура корпуса прибора, $^\circ\text{C}$.

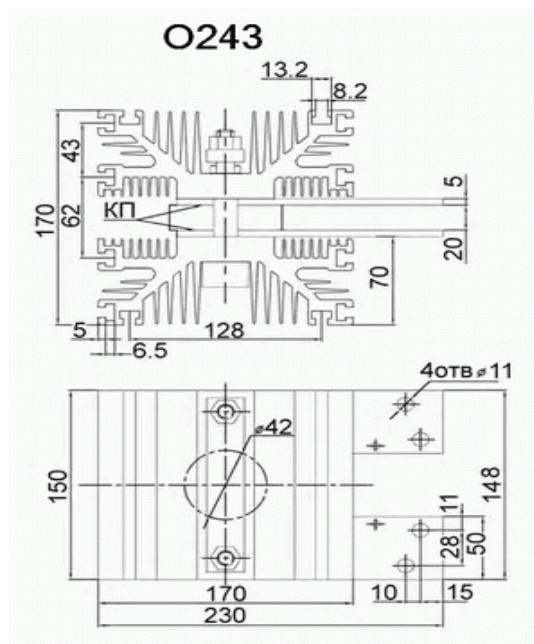


Рисунок 4 Габаритные и установочные размеры охладителя О243

Мощность тепловых потерь силовых полупроводниковых приборов, отводимая тремя охладителями типа О243, определяется следующим образом:

$$P_{AV} = \frac{(T_h - T_{cf})}{R_{thh-cf}} \cdot n = \frac{(57,4 - 40)}{0,42} \cdot 6 = 248 \text{ Вт}, \quad (2)$$

где P_{AV} — мощность тепловых потерь, отводимая охладителями, Вт; T_h — температура контактной поверхности охладителя, °С; T_{cf} — температура охлаждающей среды, °С; R_{thh-cf} — установившееся тепловое сопротивление «переход – корпус прибора» (внутреннее тепловое сопротивление прибора), °С/Вт; n — количество силовых модулей.

Для принятого охладителя типа О243 параметр R_{thh-cf} составляет 0,28 °С/Вт, согласно заводской информации [4]. Используем только одну часть охладителя, поэтому коэффициент R_{thh-cf} делим на два. В конструкции комплексной системы охлаждения используется три охладителя, в связи с этим в знаменатель формулы (2) подставляем число 0,42 °С/Вт.

Подставляя (1) в (2), получаем окончательное выражение для определения мощности тепловых потерь, отводимых конструкцией комплексного охладителя (см. рис. 5) при естественном охлаждении:

$$P_{AVsum} = \frac{1}{R_{thh-cf}} \cdot \left[T_c - T_j \cdot \left(\frac{R_{thch}}{R_{thjh}} \right) + T_c \cdot \left(\frac{R_{thch}}{R_{thjc}} \right) - T_{cf} \right] = \frac{1}{0,42} \cdot \left[60 - 150 \cdot \left(\frac{0,02}{0,65} \right) + 60 \cdot \left(\frac{0,02}{0,65} \right) - 40 \right] = 41,2 \text{ Вт}, \quad (3)$$

где P_{AVsum} — суммарная мощность тепловых потерь, отводимая охладителем, Вт;

T_{cf} — температура охлаждающей среды, °С; R_{thjc} — установившееся тепловое сопротивление «переход – корпус прибора» (внутреннее тепловое сопротивление прибора), °С/Вт.

Величины R_{thjc} , R_{thch} , T_j , T_c являются нормативно-эксплуатационными параметрами силовых полупроводниковых приборов и приводятся в технико-информационных документах. Температура окружающей среды T_{cf} является эксплуатационным параметром и обычно задается 40 °С, поэтому, исходя из (3), величина теплового сопротивления охладителя является определяющим параметром процесса отвода мощности тепловых потерь от СПИ к охладителю и далее в окружающее пространство.

Конструкция комплексной системы охлаждения представлена на рисунке 5 и состоит из: 1 — диодный модуль типа МД3-580-26-А2 или МТ3-540-18-72-А1; 2 — половина охладителя типа О243; 3 — общая панель комплексной системы охлаждения (листовой алюминий толщиной 12 мм).

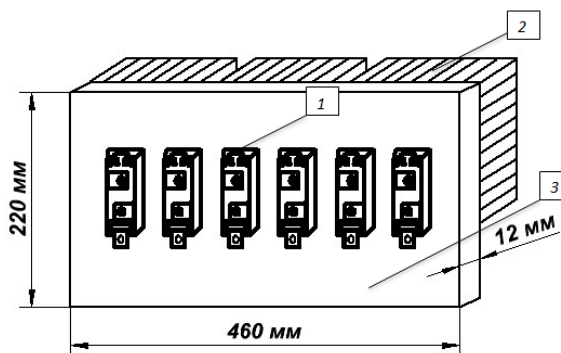


Рисунок 5 Конструкция комплексной системы охлаждения ТПВП

Известно, что массогабаритный показатель преобразователя любого типа характеризует, в определённой мере, эксплуатационные свойства и степень технического совершенства.

Объём ТПВП, определяющий его габарит, находим следующим образом:

$$V = a \cdot b \cdot h = 0,72 \cdot 0,6 \cdot 0,75 = 0,32 \text{ м}^3, \quad (4)$$

где V — объём; a, b, h — соответственно длина, ширина, высота корпуса конструкции преобразователя, м.

Необходимая мощность потерь, которую должна рассеять система охлаждения при номинальной нагрузке преобразователя, может быть определена по данным информационного листа на модули МДх-580-26-А2 (сертификат № E255404 фирмы «Протон-Электротекс»):

$$P_{\text{рас}} = \left(\frac{I_{FAV}}{3} \right)^2 \cdot R_T \cdot n \cdot q = \left(\frac{580}{3} \right)^2 \cdot 0,00035 \cdot 6 \cdot 2 = 157 \text{ Вт}, \quad (5)$$

где $P_{\text{рас}}$ — мощность потерь в модулях при номинальной нагрузке, Вт; I_{FAV} — предельно допустимый средний прямой ток силового п/п прибора в составе модуля, А; R_T — максимальное динамическое сопротивление, Ом; n — количество модулей на панели охлаждения; q — количество силовых вентилях в модуле.

Сравнивая (3) и (5), видим, что принятый комплексный охладитель при естественном охлаждении сможет обеспечить

отвод лишь 25 % тепловых потерь в преобразователе при номинальном токе в вентилях, составляющем 580 А. Следовательно, при линейном напряжении сети 380 В и принятых модульных СПП мощность ТПВП не может превышать 100 кВт для случая длительного режима эксплуатации.

При массе преобразователя 60 кг и его объёме 0,32 м³ массогабаритный показатель на единицу мощности составляет

$$60 \cdot 0,32 / 100 = 0,192 \text{ кг} \cdot \text{м}^3 / \text{кВт}.$$

Стандартные серийные преобразователи типа АТЕРЗ, ТПЧ, ВУТГД имеют аналогичный показатель в диапазоне от единиц до нескольких десятков [5].

Вывод. Рассмотренный ТПВП из-за применённой оригинальной конструкции комплексного охладителя для диодных и тиристорных модулей имеет массогабаритный показатель, рассчитанный на киловатт выходной мощности преобразователя, на несколько порядков улучшенный по сравнению с серийно выпускаемыми преобразователями. Компактность конструкции преобразователя позволяет свободно размещать его (при реконструкции крана) не только на мосту для согласования скоростей приводных двигателей, но также и на тележке с целью улучшения работы механизма подъёма.

Библиографический список

1. Гельман, М. В. Преобразовательная техника [Текст] : учебное пособие / М. В. Гельман, М. М. Дубкин, К. А. Преображенский. — Челябинск : Издательский центр ЮУрГУ, 2009. — 425 с.
2. Электротехнический справочник [Текст]. В 2-х томах / под ред. М. Г. Чиликина. — М. : Энергия, 1971. — 910 с. : ил.
3. Технические условия ЮКГИ 2605.001–12 ТУ. Электропривод согласованного вращения переменного тока ЭСВ–380-xxx [Текст] / ДонГТУ. — Алчевск, 2012. — 15 с.
4. Каликанов, В. М. Воздушное охлаждение силовых полупроводниковых приборов [Текст] / В. М. Каликанов, С. А. Панфилов, Ю. А. Фомин, ГОУ ВПО «Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева»; В. А. Мартыненко, С. И. Толкачев, Р. Ш. Биктиев, г. Саранск ОАО «Электровыпрямитель» // Электроника и информационные технологии : электронное научное издание [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://fetmag.mrsu.ru/2009-3/pdf/Air_cooling_power_device.pdf.
5. Справочник по преобразовательной технике [Текст] / под ред. И. М. Чиженко. — К. : Техніка, 1978. — 447 с. : ил.

© Калюжный С. В.

© Харченко Д. А.

Рекомендована к печати к.т.н., проф. каф. ММК ДонГТУ Ульяницким В. Н., гл. механиком Филиала № 12 ЗАО «ВНЕШТОРГСЕРВИС» АМК Молочек А. В.

Статья поступила в редакцию 03.06.19.

к.т.н. Калужний С. В., Харченко Д. О. (ДонДТУ, м. Алчевськ, ЛНР)

**ОРИГІНАЛЬНА КОНСТРУКЦІЯ СТРУМОПАРАМЕТРИЧНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА
ДЛЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ МОСТОВОГО КРАНА**

Описується оригінальна конструкція силової частини струмопараметричного вентиляного перетворювача, що містить два діодних моста і один тиристорний, яка дозволяє отримати високі вагогабаритні показники. Рекомендується для живлення електроприводів переміщення і підйому мостових кранів.

Ключові слова: *вентильний перетворювач, діодні та тиристорні модулі, асинхронний двигун з фазним ротором, система узгодженого обертання.*

PhD in Engineering Kaluzhniy S. V., Kharchenko D. A. (DonSTU, Alchevsk, LPR)

**ORIGINAL DESIGN OF CURRENT-PARAMETRIC CONVERTER FOR ELECTRICAL
DRIVE OF THE OVERHEAD CRANE**

The original design of power part of the current-parametric valve converter containing two diode bridges and one silicon-controlled rectifier is described, which allows to obtain high mass and dimensions parameters. It is recommended for power supply of electrical drives of movement and lifting of the overhead cranes.

Key words: *valve converter, diode and silicon-controlled rectifier units, wound-rotor induction motor, coordinated rotation system.*