

Тиристорные преобразователи частоты для индукционных нагревательных и закалочных установок

(В.И. Лузгин, А.Ю. Петров, С.Ю. Кропотухин, И.Е. Лопатин)
«РЭЛТЕК» г. Екатеринбург

Научно – производственная компания «РЭЛТЕК» является ведущим производителем в России тиристорных преобразователей частоты (ТПЧ) большой мощности (от 100 до 10 000 кВт) с широким частотным диапазоном (от 150 до 10 000 Гц).

Большое разнообразие индукционных нагревателей, работающих в кузнечно-прессовых и штамповочных производствах по мощности, рабочей частоте тока, диапазону регулирования параметров нагрева и режимам работы требует создания широкого ряда типоразмеров ТПЧ легко адаптируемых в действующих установках и свободно интегрируемых в системах автоматического управления производством. Как правило, условия работы ТПЧ в кузнечно-прессовых производствах отличаются исключительно тяжелой экологической обстановкой: высокая температура окружающего воздуха и наличие в нем масло-графитовой воздушно-капельной взвеси; низкое качество охлаждающей воды в водооборотной системе предприятия; значительные колебания напряжения питающей сети с возможными перенапряжениями и провалами большой кратности. Эти обстоятельства безусловно должны учитываться при разработке конструкции ТПЧ, проектировании их систем управления и диагностики, а также должны предусматриваться средства защиты от неблагоприятно воздействующих факторов.

Компания «РЭЛТЕК» освоила производство среднечастотных тиристорных преобразователей на основе параллельного инвертора тока в диапазоне частот от 150 до 4 000 Гц и мощностей от 160 до 10 000 кВт. Модельный ряд преобразователей серии ТПЧП содержит десять базовых моделей, отличающихся уровнем номинальной мощности и рабочим напряжением. При этом каждая базовая модель имеет несколько исполнений по номинальной частоте выходного тока. Параметры модельного ряда ТПЧП приведены в таблице 1.

Конструктивно преобразователи этой серии выполнены в пылевлагозащищенных электротехнических шкафах собственного производства, соответствующих степени защиты IP54. Специально разработанная рамная конструкция сборных шкафов допускает большую механическую нагрузку до 2 тонн на одну секцию. Преобразователи строятся по модульному принципу: на разные мощности каждый преобразователь набирается из определенного количества выпрямительных и инверторных секций. При этом каждая секция представляет собой функционально заверченный шкаф с собственной системой подвода и отвода электроэнергии, силовой схемой, системой управления, системой охлаждения, системой кондиционирования воздуха и системой контроля элементов оборудования. Силовая схема преобразователей серии ТПЧП имеет двухзвенную функциональную схему: выпрямитель – инвертор, между которыми включен фильтровой дроссель.

Таблица 1. Технические характеристики тиристорных преобразователей частоты параллельных серии ТПЧП

Тип базовой модели преобразователя	Исполнение преобразователя	Рвых., кВт	Fвых., кГц	Uпит., В	Uвых., В	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
ТПЧП-320-0,5		320	0,5	3x380	800	920×870 ×2130	750
	ТПЧП-320-1,0	320	1,0	3x380	800		
	ТПЧП-250-2,4	250	2,4	3x380	800		
	ТПЧП-160-4,0	160	4,0	3x380	800		
ТПЧП-500-0,5		500	0,5	3x380	800	1370×870 ×2130	1000
	ТПЧП-400-1,0	400	1,0	3x380	800		
	ТПЧП-320-2,4	320	2,4	3x380	800		
	ТПЧП-250-4,0	250	4,0	3x380	800		
ТПЧП-800-0,25		800	0,25	3x380	800	1560×870 ×2130	1250
	ТПЧП-800-0,5	800	0,5	3x380	800		
	ТПЧП-630-1,0	630	1,0	3x380	800		
ТПЧП-1000-0,5		1000	0,5	3x570	1000	1560×870 ×2130	1250
	ТПЧП-800-1,0	800	1,0	3x570	1000		
	ТПЧП-500-2,4	500	2,4	3x570	1000		
	ТПЧП-400-4,0	400	4,0	3x570	1000		
	ТПЧП-1200-0,5	1200	0,5	3x690	1300		
	ТПЧП-1200-1,0	1200	1,0	3x690	1300		
ТПЧП-1500-0,5		1500	0,5	3x570	1000	2500×1330 ×2130	2200
	ТПЧП-1500-1,0	1500	1,0	3x570	1000		
	ТПЧП-1000-2,4	1000	2,4	3x570	1000		
	ТПЧП-800-4,0	800	4,0	3x570	1000		
	ТПЧП-800-2,4	800	2,4	3x570	1000		
ТПЧП-1800-0,25		1800	0,25	3x900	1800	2500×1330 ×2130	2900
	ТПЧП-1800-0,5	1800	0,5	3x900	1800		
	ТПЧП-1400-0,25	1400	0,25	3x690	1500		
	ТПЧП-1400-0,5	1400	0,5	3x690	1500		
ТПЧП-2600-0,25		2600	0,25	3x900	1600	3740×1330 ×2130	5000
	ТПЧП-2600-0,5	2600	0,5	3x900	1600		
ТПЧП-3600-0,25		3600	0,25	6x900	1800	3740×1330 ×2130	5000
	ТПЧП-3600-0,5	3600	0,5	6x900	1800		
	ТПЧП-2500-0,25	2500	0,25	3x690	1500		
	ТПЧП-2500-0,5	2500	0,5	3x690	1500		
ТПЧП-5400-0,25		5400	0,25	6x900	3000	3840×1330 ×2130	8500
	ТПЧП-5400-0,5	5400	0,5	6x900	3000		
ТПЧП-10000-0,15		10000	0,15	12x900	3000	7700×1330 ×2130	17000
	ТПЧП-10000-0,25	10000	0,25	12x900	3000		
	ТПЧП-10000-0,5	10000	0,5	12x900	3000		

Выпрямитель в зависимости от мощности строится по 6-ти или 12-ти фазной мостовой схеме, а инвертор собирается по схеме однофазного мостового параллельного инвертора тока. В силовой схеме преобразователей используются российские комплектующие: тиристоры типа Т, ТБ, ТБИ (производства ЗАО «Протон-электротекс», фильтровые дроссели типа СР0В собственного

производства, автоматические выключатели серии ВА (производства завода «Контактор»). Применение отечественной элементной базы позволяет существенно снизить стоимость комплектующих, сократить сроки их поставки и обеспечить оперативный ремонт преобразователей.

Для управления преобразователями типа ТПЧП разработана унифицированная цифровая система управления с оптоволоконными каналами передачи управляющих сигналов, в которой используются программируемые цифровые контроллеры ATMEЛ и программируемые логические интегральные микросхемы ALTERA. Информация о режимах работы преобразователя отражается на жидкокристаллическом дисплее, установленном на панели управления и передается по оптоволоконному каналу в протоколе MOD BUS на верхний уровень управления. Внешнее управление преобразователями ТПЧП осуществляется от пульта дистанционного управления (ПДУ), который осуществляет связь преобразователя с периферийным оборудованием и с системами управления производством. Для реализации внешнего управления преобразователями серии ТПЧП разработаны ПДУ на базе промышленных контроллеров и компьютеров фирм Unitronics, Siemens, Alen Bradley.

В современном кузнечно-прессовом производстве возрастают требования к качеству нагрева заготовок перед пластической деформацией – прессованием, ковкой, штамповкой, прокаткой, волочением – выполнение которых возможно только с применением компьютерных информационно-управляющих систем. Управление нагревом кузнечных заготовок осуществляется, как правило, либо в системах с непосредственной обратной связью, использующих для контроля температуры нагрева пирометры или термопары, либо в системах управления нагревом по математическим моделям. Для реализации этих методов управления нагревом кузнечных заготовок в комплект поставки преобразователей серии ТПЧП входит инфракрасные пирометры, фотоэлектрические датчики положения детали, оптоволоконные кабели для передачи информации, электронные платы сопряжения интерфейсов входящих в систему блоков.

Кроме этого, преобразователи большой мощности с повышенным питающим напряжением комплектуются индивидуальным сетевым трансформатором, шкафом ввода высокого напряжения, станцией двухконтурного водяного охлаждения.

На рисунке 1 приведены фотографии базовой модели преобразователя частоты ТПЧП-3600-0,25 и входящих в систему электропитания индукционной установки элементов оборудования.



Рисунок 1. Комплекс оборудования системы электропитания среднечастотных установок индукционного нагрева.

При поставках системы электропитания для конкретного индукционного нагревателя заказчику предлагается проект размещения оборудования, комплект шинопроводов и сигнальных кабелей, а также программное обеспечение компьютерной информационно-управляющей системы, обеспечивающей управление технологическими процессами нагрева заготовок и осуществляющей мониторинг оборудования.

Компания «РЭЛТЕК» производит серию высокочастотных тиристорных преобразователей ТПЧР в частотном диапазоне 4-10 кГц мощностью 63-320 кВт. Эти преобразователи используются в качестве источников питания установок для нагрева заготовок и прутков относительно небольшого диаметра (до 30 мм), тонких слябов и полос, а также для закалки поверхности деталей. Силовая схема ТПЧР строится аналогично преобразователям предыдущей серии, но в качестве звена переменного тока используется автономный резонансный инвертор с диодами встречного тока, работающий в режиме удвоения частоты выходного тока. Эти преобразователи предназначены для подключения к цеховой сети с питающим трехфазным напряжением 0,4 кВ и имеют относительно низкое выходное напряжение (0,35 кВ), поэтому они комплектуются для согласования параметров нагрузки, либо согласующим высокочастотным трансформатором, либо закалочным трансформатором. Система управления ТПЧР унифицирована с системами управления ТПЧП, но имеют другое программное обеспечение, реализующее специальные для данной схемы резонансного инвертора алгоритмы управления.

Технические характеристики преобразователей серии ТПЧР для трех базовых моделей и их исполнений приведены в таблице 2.

Таблица 2. Технические характеристики тиристорных преобразователей частоты резонансных серии ТПЧР

Тип базовой модели преобразователя	Исполнение преобразователя	Р _{вых.} , кВт	ƒ _{вых.} , кГц	U _{пит.} , В	U _{вых.} , В	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
ТПЧР-100-8		100	8,0	3х380	350	1430×600 ×2070	580
	ТПЧР-63-10	63	10,0	3х380	350		
ТПЧР-160-10		160	10,0	3х380	350	925×860 ×2105	800
	ТПЧР-160-4	160	4,0	3х380	500		
ТПЧР-320-10		320	10,0	3х380	350	1325×860 ×2130	1000
	ТПЧР-250-8	250	8,0	3х380	350		

Комплект поставки преобразователей этой серии, как правило, включает преобразователь ТПЧР конкретного исполнения, согласующий или закалочный высокочастотный трансформатор, станцию двухконтурного водяного охлаждения, пульт дистанционного управления, ИК пирометры. На рисунке 2 приведены фотографии ТПЧР-320-10 с комплектом поставляемого оборудования.

Тиристорный
преобразователь частоты
резонансный
ТПЧР - 320 - 10



Пульт
дистанционного
управления



Пирометр
APIR - 3



Станция охлаждения
СО - 40



Трансформатор
Т34 - 800М1

Рисунок 2. Комплекс оборудования системы электропитания высокочастотных установок индукционного нагрева.

Новые серии тиристорных преобразователей частоты, собранные на современных быстродействующих тиристорах большой мощности, и снабженные цифровыми системами управления с оптоволоконной развязкой управляющих каналов, позволяют значительно увеличить надежность систем электропитания установок индукционного нагрева кузнечных заготовок и существенно улучшить их технико-экономическую эффективность, а в сочетании с внешними компьютерными информационно-управляющими системами делают их незаменимыми при решении задач повышения точности нагрева заготовок и повышения качества продукции кузнечно-прессового производства.

Литература:

1. Лузгин В.И., Петров А.Ю., Шипицын В.В., Якушев К.В. Многоинверторные среднечастотные преобразователи в системах электропитания индукционных установок. // Электротехника. – 2002. - №9. – С.57-63.