

Преобразователи частоты производства ОАО «Электровыпрямитель»

для высоковольтного асинхронного электропривода переменного тока

В статье описывается серия высоковольтных преобразователей частоты типа ВПЧА для асинхронного электропривода переменного тока, осваиваемая в серийном производстве ОАО «Электровыпрямитель».

**Владимир Чибиркин,
Георгий Шестоперов,
Геннадий Минаев,
Николай Артаев**

nicpi@mail333.com

**Георгий Мустафа,
Юрий Сенов,
Сергей Демчук**

gmm@vei.ru

В течение ряда последних лет ОАО «Электровыпрямитель» совместно с НТЦ Электротехники и транспорта (Москва) ведет работы по освоению промышленного производства преобразователей для высоковольтного асинхронного электропривода переменного тока. Преобразователи разрабатываются на основе отечественных материалов и комплектующих, в том числе на силовых приборах, выпускаемых ОАО «Электровыпрямитель», — тиристорах, диодах, ограничителях напряжения, полупроводниковых резисторах, IGBT-транзисторах.

Преобразователи частоты для асинхронного электропривода (ВПЧА) предназначены для установки

на действующих объектах с асинхронными и синхронными двигателями класса напряжений 6 и 10 кВ для обеспечения энергосбережения и повышения эффективности применения за счет плавного регулирования скорости, а также для установки на новых объектах. Кроме энергосбережения использование преобразователей частоты обеспечивает также оптимизацию технологических процессов и ресурсосбережение, устранение пусковых токов двигателей, механических ударов в нагрузке, гидравлических ударов в трубопроводах, увеличение срока службы оборудования.

В состав серии ВПЧА входят преобразователи с выходной мощностью от 500 до 2000 кВт (возможна разработка и более мощных преобразователей).

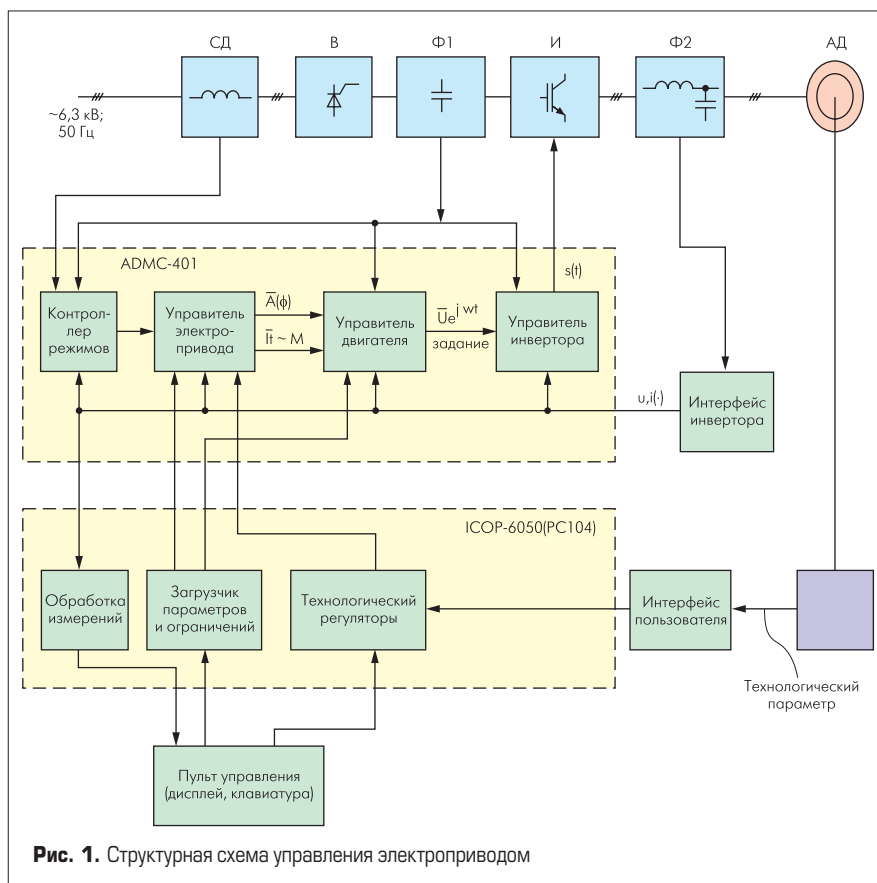
ВПЧА выполнены по структуре прямого бестрансформаторного преобразования электрической энергии трехфазной сети 6,3 (10) кВ, 50 Гц в трехфазное напряжение регулируемой частоты 0–55 Гц и содержат следующие основные узлы:

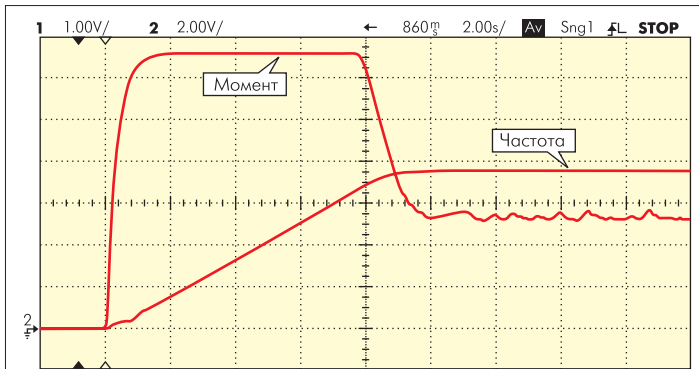
- узел ввода с ограничением перенапряжений;
- тиристорный выпрямитель;
- фильтр звена постоянного тока;
- ШИМ-инвертор на IGBT-приборах;
- фильтр выходного переменного тока.

ВПЧА обеспечивают плавное регулирование выходной частоты с одновременным регулированием выходного напряжения в диапазоне от 5% до 105% номинальной частоты. Система регулирования ВПЧА осуществляет векторное бездатчиковое управление двигателем и обеспечивает устойчивую работу электропривода при работе на вентиляторы (воздуходувки, насосы и компрессоры) (рис. 1). В переходных режимах амплитуда и частота выходного напряжения формируется по принципу векторного управления, обеспечивая оптимальный режим двигателя в процессе пуска (осциллограммы 1, 2), наброса нагрузки (осциллограммы 3, 4), кратковременного пропадания напряжения питающей сети (осциллограммы 5, 6).

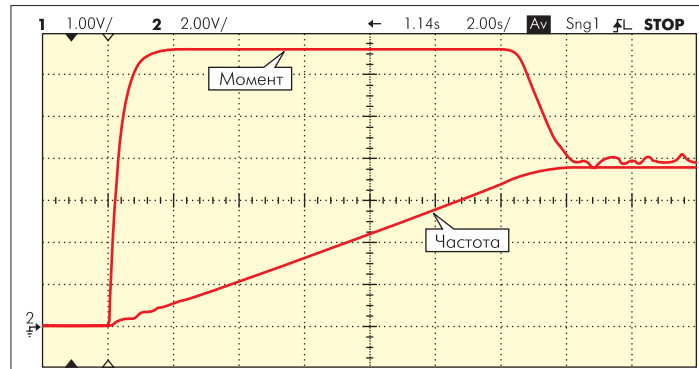
Точность поддержания установленного значения частоты из рабочего диапазона не хуже 0,5%.

Синусоидальное (в среднем) напряжение формируется при помощи трехфазного мостового инвертора (на IGBT-приборах) с широтно-импульсной мо-

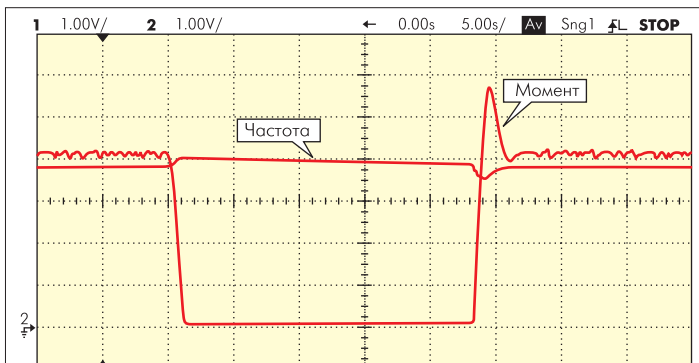




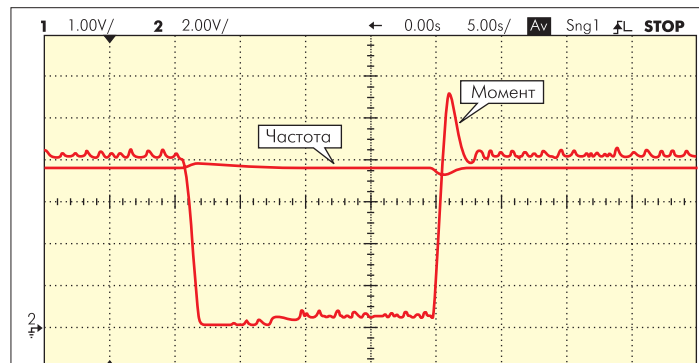
Осциллограмма 1. Момент и частота напряжения статора при разгоне от 0 до 50 Гц при нагрузке 220 кВт двигателя мощностью 500 кВт от ВПЧА-630-6,3/6,0-50



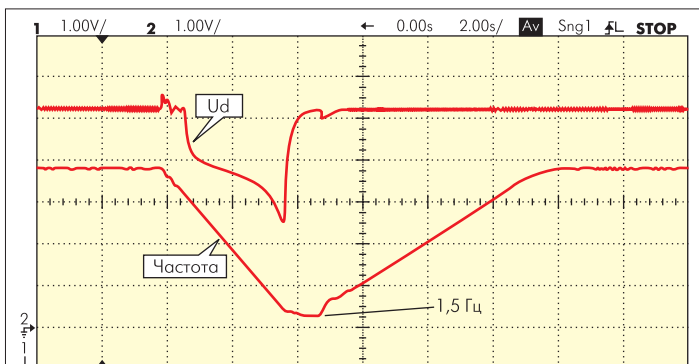
Осциллограмма 2. Момент и частота напряжения статора при разгоне от 0 до 50 Гц при нагрузке 400 кВт двигателя мощностью 500 кВт от ВПЧА-630-6,3/6,0-50



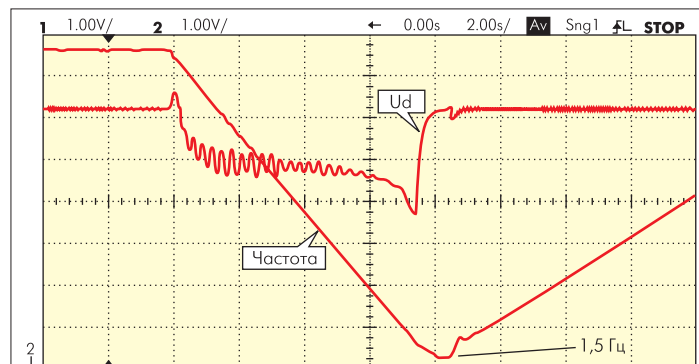
Осциллограмма 3. Момент и частота напряжения статора при изменении нагрузки с 220 кВт до 20 кВт и обратно до 220 кВт при частоте 25 Гц при питании двигателя мощностью 500 кВт от ВПЧА-630-6,3/6,0-50



Осциллограмма 4. Момент и частота напряжения статора при изменении нагрузки с 400 кВт до 20 кВт и обратно до 400 кВт при частоте 50 Гц при питании двигателя мощностью 500 кВт от ВПЧА-630-6,3/6,0-50



Осциллограмма 5. Напряжение в звене постоянного тока и частота выходного напряжения при отключении входной сети на ~3 секунды при частоте 25 Гц и нагрузке 220 кВт при питании двигателя мощностью 500 кВт от ВПЧА-630-6,3/6,0-50



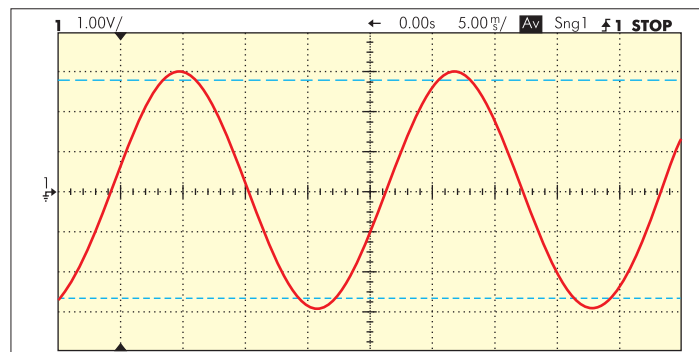
Осциллограмма 6. Напряжение в звене постоянного тока и частота выходного напряжения при отключении входной сети на ~6 секунд при частоте 50 Гц и нагрузке 400 кВт при питании двигателя мощностью 500 кВт от ВПЧА-630-6,3/6,0-50

дуляцией (ШИМ) с частотой около 1 кГц. Импульсы ШИМ сглаживаются выходным компенсирующим фильтром, поэтому напряжение на выходе ВПЧА чисто синусоидальное (осциллограмма 7). Содержание высших гармоник в нем не выше, чем в сетевом напряжении (не более 5% во всем диапазоне регулирования частоты), поэтому двигатель в установившемся режиме работает как при питании от сети — без добавочных потерь. Это позволяет использовать ВПЧА для регулирования серийных асинхронных и синхронных двигателей без снижения их загрузки. Кроме этого при синусоидальном выходном напряжении исключаются ограничения по длине кабеля между преобразователем частоты и двигателем.

ВПЧА обеспечивает перегрузочную способность до 1,2 на время до 5 минут для обеспечения повышенного пускового и пикового момента.

Преобразователи частоты ВПЧА также обеспечивают:

- режим точной синхронизации частоты и фазы напряжения на электродвигателе с сетью, на питание от которой необходимо переключить электродвигатель;



Осциллограмма 7. Фазное напряжение на выходе ВПЧА-630-6,3/6,0-50 при питании от него двигателя 500 кВт, выходной частоте 40 Гц и выходной мощности 400 кВт



Рис. 2. Фотография преобразователя частоты ВПЧА-1000-6,3/6,0-50



Рис. 3. Фотография преобразователя частоты ВПЧА-630-6,3/6,0-50

Таблица

Наименование параметра	Значение			
	ВПЧА-500	ВПЧА-630	ВПЧА-1000	ВПЧА-2000
Напряжение питающей сети (3-фазное), В	6300	6300	6300	6300
Частота питающей сети, Гц	50	50	50	50
Номинальная мощность, кВт	500	630	1000	2000
Номинальное выходное напряжение, В	6000	6000	6000	6000
Номинальный выходной фазный ток, А	60	75	120	230
Коэффициент полезного действия	0,93	0,94	0,95	0,96
Габаритные размеры (кол-во шкафов) (Д×Г×В), мм:				
Шкаф входных реакторов и системы управления (ШВРиСУ)	—	—	—	1000×1000×2000
Шкаф выпрямительный (ШВ)	—	—	—	1200×1000×2000
Шкаф выпрямительный и системы управления (ШВиСУ)	1200×1000×2100	1200×1000×2200	1200×1000×2200	—
Шкаф инверторный (ШИ)	1200×1000×2100	1200×1000×2200	1600×1000×2200	1000×1000×2000 (3шт)
Шкаф гашения поля (ШГП)	—	600×1000×2200	600×1000×2200	600×1000×2000
Шкаф выходного фильтра (ШВФ)	1000×1000×2100	800×1000×2200	1400×1000×2200	1400×1000×2200
Масса, кг	3350	4000	5400	8300

- беспоточковое переключение электродвигателя на питание от сети из режима точной синхронизации, независимо от характера и величины нагрузки, в том числе переключение насосного агрегата, работающего на открытый коллектор.
- В ВПЧА предусмотрены следующие защиты:
- защита от внешних коротких замыканий и перегрузок, при этом мгновенное значение тока короткого замыкания ограничивается допустимым значением;
- защита от внутренних повреждений (электронная защита путем отключения инверто-

- ра; отключение от питающей сети выключением внешнего коммутационного аппарата);
- защита от нарушений входной сети (защита от неполнофазных режимов; защита от импульсных перенапряжений — варисторы; защита от длительных перенапряжений — электронная и отключение входного напряжения);
- защита от нарушений функционирования (защита от исчезновения или изменения параметров сети собственных нужд; защита от пропадания сигнала задания частоты через вход 4–20 мА; защита от перегрева,

вызванного нарушениями в системе охлаждения);

- защита электродвигателя (максимальная токовая защита; защита от перегрузки; защита от работы при обрыве фазы двигателя; защита от работы при несимметрии фазных токов; защита от работы на заклиненный двигатель).

ВПЧА имеет местное управление и разъем для дистанционного управления.

Питание ВПЧА осуществляется от трехфазной сети с изолированной нейтралью с номинальным напряжением 6,3 или 10,5 кВ (в зависимости от исполнения). Питание собственных нужд ВПЧА от сети 0,4 кВ, 50 Гц и от сети оперативного постоянного тока 220 В.

Коэффициент полезного действия ВПЧА мощностью до 1000 кВт составляет не менее 0,93; мощностью более 1000 кВт — не менее 0,95.

В настоящее время изготовлены и отгружены заказчиком опытные образцы ВПЧА мощностью 500 и 1000 кВт на напряжение 6 кВ (ВПЧА-500-6,3/6,0-50; ВПЧА-1000-6,3/6,0-50 — рис. 2), изготовлен и испытан опытный образец ВПЧА мощностью 630 кВт на напряжение 6 кВ (ВПЧА-630-6,3/6,0-50 — рис. 3), изготовлен и испытывается опытный образец ВПЧА мощностью 2000 кВт на напряжение 6 кВ (ВПЧА-2000-6,3/6,0-50).

Основные параметры ВПЧА приведены в таблице.