

# ВЫСОКОВОЛЬТНЫЙ ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМЫЙ ПРИВОД ВЧРП –

## ВАЖНОЕ ЗВЕНО В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕПИ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯМИ МАГИСТРАЛЬНЫХ НАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ НА НЕФТЕПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ СТАНЦИЯХ

**Д. А. ТОКМАКОВ** – Технический директор ЗАО «ЧЭАЗ», генеральный директор ООО «ЧЭАЗ-ЭЛПРИ»

**А. В. ШЕПЕЛИН** – к.т.н., Технический директор ООО «ЧЭАЗ-ЭЛПРИ»

**Оснащение мощных высоковольтных двигателей магистральных агрегатов нефтеперекачивающих станций частотно-регулируемыми приводами (с учетом специфики технологических процессов нефтегазовой отрасли и тяжелых условий эксплуатации) открывает ряд неоспоримых положительных результатов.**

**В**сем известные преимущества – это возможность изменения производительности установки для согласования с запросами потребителей и характеристики трубопроводной сети, увеличение межремонтного периода за счет плавных пусков и остановок. И самый распространенный заявленный эффект – это экономия электроэнергии до 20–40%.

### ■ В качестве примера:

Для обеспечения транспортировки нефти в системе ОАО «АК «Транснефть» в течение года потребляется более 12 млрд кВт·ч электроэнергии, из которых потребление высоковольтными электродвигателями составляет более 80%, или 9,6 млрд кВт, что требует затрат в размере 28,8 млрд руб. Эта сумма затрат ложится на 1800 высоковольтных двигателей (из них синхронные электродвигатели – 53% и асинхронные электродвигатели – 47%, основной парк синхронных машин – это двигатели мощностью 2,0; 2,5; 4,0; 5,0; 6,3 и 8 МВт). Для технологического участка трубопровода из трех нефтеперекачивающих станций установлено, что при частотном регулировании одного из трех магистральных агрегатов экономия электроэнергии по сравнению с циклической перекачкой может составить 1500 МВт·ч в год. При стоимости электроэнергии 1,5 руб./кВт·ч и тарифе за мощность 700 руб./кВт годовая экономия может составить до 2,0 млн руб. в год. Аналогичные расчеты можно провести и для других предприятий нефтегазовой промышленности (ОАО «Газпром», ОАО «Роснефть», ОАО «Лукойл» и т.д.).



Типичные кривые потребления энергии для насосов

### ■ Силовая схема ВЧРП

ВЧРП – это универсальный частотно-регулируемый электропривод переменного тока для промышленных нагрузок мощностью до 12 МВА с номинальным выходным напряжением 3/3,3 кВ, 6/6,6 кВ и 10/11 кВ. Силовая схема ВЧРП состоит из входного трансформатора и однофазных ячеек ШИМ-инверторов, включенных последовательно в каждой фазе.



**Необходимо отметить особенности конструкции ВЧРП и, соответственно, преимущества, которые позволяют обеспечить переход на новый качественный уровень производственного цикла:**

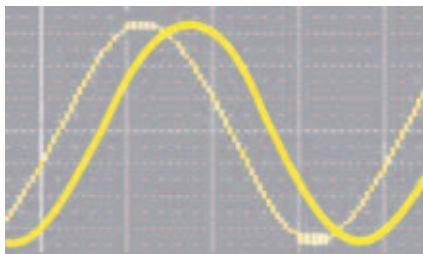
- **Применение многоуровневой схемы включения низковольтных силовых ячеек с использованием IGBT транзисторов на напряжение 1700 В** обеспечивает высоконадежное функционирование с расчетной средней наработкой на отказ привода 100000 часов (12 лет) (такой вывод сделан на основе практического опыта эксплуатации обширного мирового парка установленного оборудования с технологией ВЧРП).
- **Более высокий КПД, чем у традиционных приводов.** Заводские испытания на реальную нагрузку показывают, что КПД привода составляет приблизительно 97% (расчетное значение). Высокий КПД является результатом меньшего количества полупроводниковых приборов за счет использования IGBT на напряжение 1700 В, снижения частоты переключений при многоуровневом ШИМ управлении, что уменьшает потери на переключение каждого IGBT транзистора, а также прямого подключения высоковольтного двигателя без выходного трансформатора. Указанное преимущество обеспечивает значительное снижение потребления электроэнергии, в особенности за счет регулирования расхода/потока.

Пример: Привод 6,6 кВ 6000 кВА, 50 Гц			
Ток	100%	75%	50%
КПД	97,1%	97,2%	97,5%

- **Высокий входной коэффициент мощности.** Каждая ячейка инвертора имеет диодный мостовой выпрямитель. В результате входной коэффициент мощности превышает 95% во всем диапазоне рабочих частот вращения, даже при управлении многополюсным асинхронным двигателем с низким коэффициентом мощности. При столь высоком коэффициенте мощности не требуется конденсатор для повышения коэффициента мощности.

Коэффициент мощности в % (*) - интерполированное значение		Процент от максимальной скорости и запаздывающий коэффициент мощности, %				
		20	40	60	80	100
Процент от полной нагрузки	20	94,7%	95,5%	*95,6%	*95,7%	95,8%
	40		96,6%	96,7%	*96,4%	96,2%
	60			96,3%	96,4%	96,4%
	80				96,1%	96,8%
	100					97,1%

• **Чистая синусоида на выходе** является результатом применения многоуровневого ШИМ-регулирования. Форма кривой выходного напряжения и тока близка к чистой синусоиде, а тепловые потери, вызванные гармониками, весьма незначительны. Сверх того, гармонические токи в двигателе сведены к минимуму, поэтому пульсации момента на выходном валу малы, и очень мала вероятность резонансных крутильных колебаний нагрузки. Таким образом, в результате благоприятной формы выходного напряжения привода ограничения эксплуатационных характеристик двигателя по изоляции обмоток или по перегреву не требуется.



• **Входной разделительный трансформатор,** встроенный в конструкцию корпуса привода обеспечивает повышенную защиту двигателя, удешевляет стоимость установки, подавление гармоник на первичной стороне. За счет применения многообмоточного входного трансформатора ВЧРП имеет многопульсный выпрямитель и превосходит требования стандарта ГОСТ 13109. Это позволяет снизить гармонические искажения тока в питающей сети и защищает другое оборудование на промышленном объекте.

- Конструкция ВЧРП **обеспечивает продолжение работы при перебоях в электроснабжении – до 300 мсек.**, что гарантирует бесперебойную эксплуатацию электродвигателя в случае критически важных нагрузок.
- **Опция синхронизированного переключения на сеть без прерывания тока двигателя** позволяет управлять многодвигательной системой от одного привода. Таким образом вероятность бросков тока и момента двигателя при переходе двигателя на сеть исключена.

■ **Конфигурирование привода**

Все приводы ВЧРП сконфигурированы и введены в эксплуатацию с использованием навигатора привода на основе системы Windows. Интеллектуальный мастер настройки проводит пользователя через требуемые этапы. Включены также блок-схемы в реальном времени, высоко-интегрированная помощь и эффективная диагностика. Несколько электроприводов могут быть объединены с использованием связи Ethernet. Включенный дисплей блока управления показывает функции управления главного привода вместе со значениями важных параметров в реальном времени.

В случае производственной необходимости ВЧРП могут быть установлены в блочно-модульном здании контейнерного типа полной заводской готовности, предназначенные для эксплуатации в условиях умеренного и холодного климата.

Внутреннее помещение модуля оборудовано освещением, штатными системами отопления и вентиляции, которые в автоматическом режиме поддерживают необходимый температурный режим. При необходимости модуль может оборудоваться системами охранной и

пожарной сигнализации, автоматическими огнетушителями. Модуль, при монтаже на объекте устанавливается на эстакаду.



На производственных площадях ЗАО «ЧЭАЗ» организован серийный выпуск высоковольтных (напряжением до 10 КВ для двигателей мощностью до 12 МВА) частотно-регулируемых приводов для эксплуатации с повышенными требованиями по надежности и сейсмической стойкости, в том числе с увеличенным диапазоном рабочих температур; с повышенными требованиями по электромагнитной совместимости.

В целях определения оптимального алгоритма режимов работы регулируемых электроприводов создана лабораторная физическая модель технологического участка нефтепровода, содержащая: электродвигатели с частотными преобразователями; насосы и трубопровод с задвижками и обратными клапанами; контроллеры; блоки управления частотными преобразователями и т.д. Лабораторная физическая модель технологического участка дает возможность проводить испытание частотно-регулируемых электроприводов в любом режиме работы нефтепровода, что значительно снижает затраты на испытания и отладку ВЧРП, готового к поставке на объект. ■

**ЗАО «ЧЭАЗ»**

428000, Чувашская Республика, г. Чебоксары, пр. И. Яковлева, 5

тел. (8352) 39-56-90, 62-20-99, 62-04-61  
факс (8352) 62-72-67, 62-73-24, 62-73-52

e-mail: [cheaz@cheaz.ru](mailto:cheaz@cheaz.ru)  
[www.cheaz.ru](http://www.cheaz.ru)

