

# ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И АВТОМАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

УДК 621.314

## ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ ПНЧ-4М ДЛЯ ПИТАНИЯ ПРИВодОВ ОРГАНОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И ЗАЩИТЫ РЕАКТОРА ВВЭР-440

М.А. Смирнитский, Р.Н. Ельшин, С.В. Захаров  
(ФГУП «НПП ВНИИЭМ»)

Разработан преобразователь низкой частоты ПНЧ-4М, который предназначен для питания органов регулирования системы управления и защиты (СУЗ) реактора. Приведены основные требования к преобразователю. Представлена структурная схема ПНЧ-4М с описанием составных ее частей. Перечислены основные функции, выполняемые блоком управления, а также панельным компьютером. Приведены технические характеристики ПНЧ-4М.

**Ключевые слова:** АЭС, преобразователь низкой частоты ПНЧ-4М, система управления и защиты (СУЗ), водо-водяной энергетически реактор (ВВЭР).

Преобразователь ПНЧ-4М разработан для питания двигателей регулирующей группы органов регулирования системы управления и защиты (ОР СУЗ) реакторов ВВЭР-440 первого и второго энергоблоков Кольской АЭС. Приводной механизм группы ОР СУЗ, в зависимости от номера группы, включает в себя шесть или семь синхронных реактивных двигателей типа РД42-4Р. Работа производилась в рамках проекта «Реконструкция систем регулирования и защиты с заменой АКНП».

Необходимость разработки обусловлена истечением срока эксплуатации используемых до настоящего времени ПНЧ-4, введением в действие ряда новых требований к СУЗ в области безопасности и отсутствием готового изделия, удовлетворяющего поставленным требованиям.

ПНЧ должен обеспечивать:

- формирование режима фиксации ОР;
- формирование режима перемещения ОР;
- подхват;
- включение при АВР;
- работу при коммутациях в цепях нагрузки и питания в режимах перемещения и фиксации;
- электромагнитную совместимость и помехоустойчивость;
- внутреннюю диагностику;
- сопряжение с эксплуатируемым электрооборудованием СУЗ.

Преобразователь низкой частоты ПНЧ-4М обеспечивает преобразование энергии для питания электродвигателей типа РД42-4Р приводов ОР.

Структурная схема ПНЧ-4М, разработанная на базе классической схемы инвертора напряжения с

промежуточным звеном постоянного тока, приведена на рис. 1. Преобразователь содержит:

- согласующий трансформатор  $T1$  для согласования параметров напряжения питания преобразователя и напряжения питания двигателей РД42;
- силовой блок БС100 для преобразования энергии и формирования режимов работы двигателей ОР СУЗ посредством широтно-импульсной модуляции напряжения промежуточного звена постоянного тока;
- блок управления (БУ) для обеспечения формирования сигналов, управляющих силовым блоком, индикации

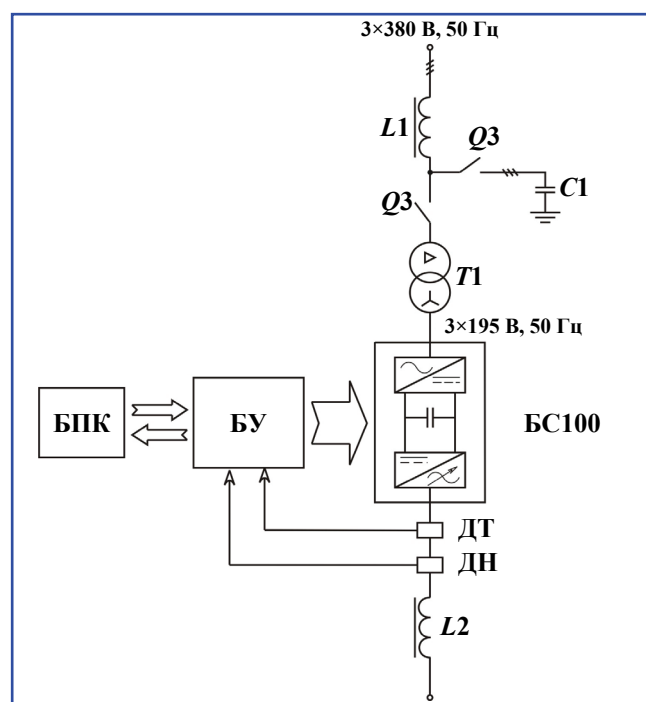


Рис. 1. Структурная схема ПНЧ-4М

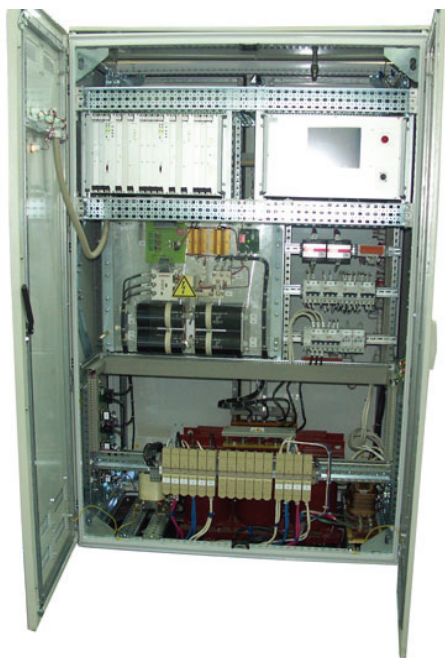


Рис. 2. Внешний вид ПНЧ-4М

онной и коммутационной аппаратурой, входящей в состав ПНЧ-4М, а также внешней информационной аппаратурой, в зависимости от состояния управляющих сигналов, коммутируемых внешними устройствами;

- блок панельного компьютера БПК для индикации и протоколирования режимных параметров и диагностической информации;
- входной фильтр (дроссель  $L1$  и конденсатор  $C1$ ) для обеспечения электромагнитной совместимости ПНЧ-4М по цепям питания;
- выходной фильтр (дроссель  $L2$ ) для обеспечения электромагнитной совместимости ПНЧ-4М по цепям нагрузки;
- датчики тока ДТ для контроля токов на выходе преобразователя с необходимой гальванической развязкой, и датчики напряжения ДН для обеспечения контроля напряжения на выходе преобразователя.

**Технические характеристики**

|  |   |
|--|---|
| Напряжение силового питания  | $\sim 3 \times 380 \text{ В} +10\%, -15\%$ ;<br>$50 \pm 2 \text{ Гц}$ |
| Напряжение питания блока управления                                  | $220 \text{ В} +10\%, -15\%$  |
| Напряжение на выходе преобразователя в режиме движения               | $\sim 3 \times 146 \text{ В} \pm 5\%$ ;<br>$4,1 \pm 0,05 \text{ Гц}$  |
| Напряжение на выходе преобразователя в режиме фиксации по двум фазам | $57 \text{ В} \pm 5\%$  |
| Напряжение в звене постоянного тока на холостом ходу                 | $280 \text{ В} +10\%, -15\%$  |
| Несущая частота модулируемого напряжения                             | $2400 \text{ Гц}$   |

На рис. 2 представлен внешний вид ПНЧ-4М.

В состав блока управления входят два микроконтроллера.

Контроллеры имеют одинаковое схемотехническое и конструктивное исполнение, но различное программное обеспечение. Один из контроллеров, именуемый «рабочий контроллер», обеспечивает формирование задаваемого режима работы двигателей ОР СУЗ.

Второй контроллер, именуемый «диагностический контроллер», обеспечивает контроль (диагностику) соответствия реального режима работы преобразователя режиму, задаваемому управляющими сигналами. ДК имеет приоритет в определении исполнения (формирования) режима работы двигателя ОР СУЗ.

При выявлении несоответствия режима работы двигателя привода ОР СУЗ, ДК вырабатывает сигналы, обеспечивающие блокирование (отключение) РК и переключение двигателей ОР СУЗ на резервный ПНЧ.

Основные функции, выполняемые блоком управления:

- формирование режимов работы по управляющим сигналам: «Фиксация» (по двум фазам), «Движение вверх», «Движение вниз»;
- автоматическое поддержание задаваемых значений напряжений (АРН) и токов (АРТ);
- диагностирование и защита при нарушении задаваемых режимов;
- контроль входного напряжения питания силового блока ПНЧ-4М;
- контроль напряжения в звене постоянного тока силового блока ПНЧ-4М;
- контроль исправности датчиков тока;
- контроль превышения тока;
- контроль корректности команды;
- защита от искажения входной команды;
- контроль сигнала «ошибки» драйвера силовых ключей;
- контроль времени переходного процесса;
- контроль соответствия режима;
- ведение протокола АЦП и протокола отказа.

Для индикации и протоколирования режимных параметров и диагностической информации, получаемой от контроллеров, ПНЧ-4М содержит панельный компьютер, входящий в состав блока панельного компьютера БПК.

Панельный компьютер работает под управлением операционной системы Linux.

Обмен происходит по принципу master-slave (контроллер получает запрос, выполняет соответствующие действия и отправляет ответ) по последовательному интерфейсу RS232. Для контроля

целостности данных информационный пакет содержит контрольную сумму, определяемую по алгоритму CRC16.

Основные функции панельного компьютера:

- периодический опрос состояний рабочего и диагностического контроллеров, отображение состояния в наглядном виде;

- получение и отображение результатов обработки сигналов с датчиков;
- получение и сохранение «протокола отказа» в базе данных;
- получение и сохранение протокола АЦП;
- корректировка выходного режима преобразователя.

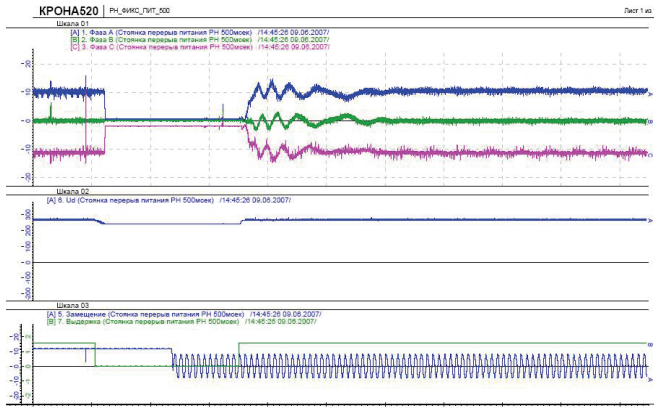


Рис. 3. Перерывы силового питания 380 В в режиме «фиксация»

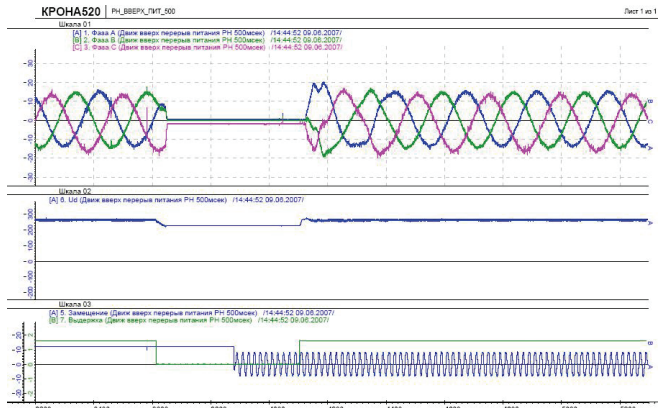


Рис. 4. Перерывы силового питания 380 В в режиме «движения»

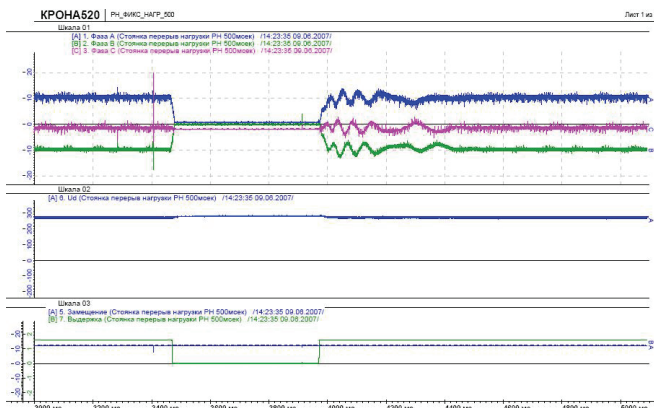


Рис. 5. Перерывы нагрузки в режиме «фиксация»

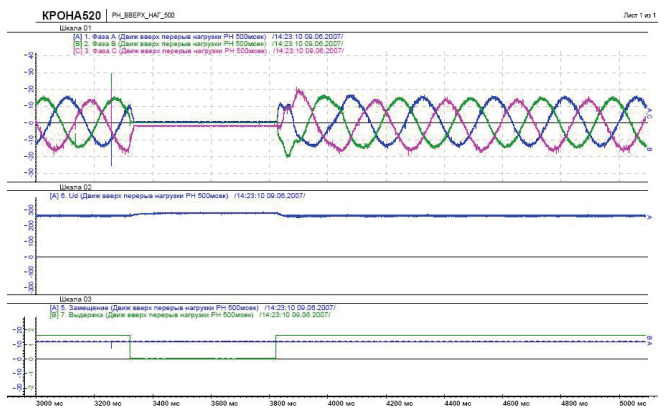


Рис. 6. Перерывы нагрузки в режиме «движения»

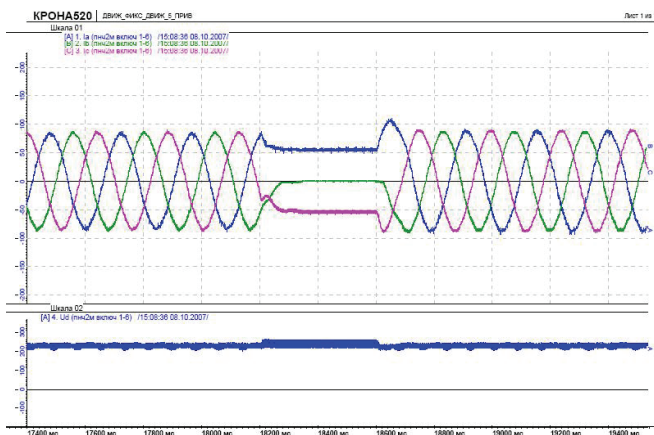


Рис. 7. Переход из движения в фиксацию и обратно с пятью двигателями

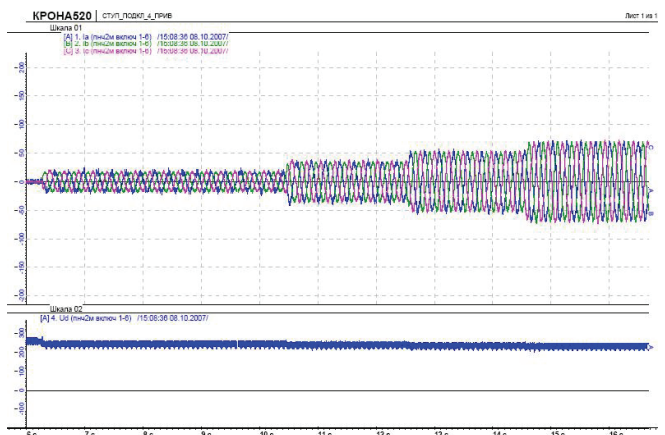


Рис. 8. Ступенчатое подключение нагрузки

По завершении производства восьми ПНЧ-4М, были проведены приемочные испытания. Испытания проводились в два этапа: первый этап во ВНИИЭМ на специально изготовленном стенде, второй в реальных условиях на Кольской АЭС.

Представленные на рис. 3 – 8 осциллограммы получены в ходе испытаний на Кольской АЭС. На осциллограммах зафиксированы токи на выходе преобразователя, напряжение в звене постоянного тока, сигнал разрешения замещения и сигнала перерыва.

Разработанный преобразователь прошел все испытания, предусмотренные действующими стандартами, и соответствует требованиям технического задания.

В настоящее время на Кольской АЭС введены в промышленную эксплуатацию восемь ПНЧ-4М. На первом энергоблоке ввод был произведен в сентябре 2008 г., на втором – в октябре 2008 г. За время, прошедшее с момента внедрения, преобразователь низкой частоты ПНЧ-4М показал надежную и устойчивую работу.

*Поступила в редакцию 14.05.2009*

*Михаил Александрович Смирнитский, нач. сектора.  
Роман Николаевич Ельшин, нач. лаборатории.  
Сергей Витальевич Захаров, инженер.  
Т. 366-22-00.  
E-mail: vniiem@vniiem.ru.*