

УДК [62-83: 621.65]:[658.26:621.31]

*А. И. Надеев, Н. Г. Романенко, А. И. Мащенко, Г. Ю. Кузьмин,
О. Н. Кладов, А. В. Арапов*

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЕ УПРАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДАМИ НАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ

*A. I. Nadeev, N. G. Romanenko, A. I. Mashchenko, G. Yu. Kuzmin,
O. N. Kladov, A. V. Arapov*

POWER SAVING MANAGEMENT OF ELECTRIC DRIVES OF PUMP UNITS

Моделирование и отладка различных режимов работы насосных агрегатов проводились на насосной станции, действующей на базе полигона энергосбережения Астраханского государственного технического университета. Круглосуточный мониторинг работы и потребления электроэнергии насосной станцией, своевременный анализ данных и сведение их в архив позволили построить графики потребления электроэнергии и графики выходного давления в трубопроводе при прямом пуске и пуске с помощью преобразователя частоты. Подтверждено, что частотно-регулируемый привод позволяет не только повысить надежность той системы, в которой он используется, но и экономить энергоресурсы. Применение результатов испытаний на водном транспорте означает экономию топливных ресурсов, что снижает объемы выбросов CO₂ в атмосферу.

Ключевые слова: преобразователь частоты, энергосбережение.

Modeling and debugging of different modes of pump units' work took place at the pump station operating on the basis of Astrakhan state technical university power saving range. Twenty-four-hour monitoring of the work and power consumption of the pump station, opportune analysis of data and their reduction to the archive helped to make diagrams of power consumption and schedules of output pressure in the pipeline at direct start and start using frequency converter. It is proved that frequency regulated drive allows not only increasing the stability of the system where it is used, but power resource saving. The application of the results of the water transport tests leads to fuel resources saving, that decreases CO₂ emission into the atmosphere.

Key words: the frequency converter, the power savings.

В настоящее время энергосбережение – одно из семи приоритетных направлений экономического развития России. Основным источником энергосбережения (50 % потенциала) – исполнительные электроприводы с диапазоном мощности от единиц ватт до 200 кВт. Этим обусловлено большое внимание к проблеме энергосбережения в электроприводе, в котором расходуется около 60 % всей электроэнергии [1].

Немаловажной, в условиях современной экономики, эта проблема является и для флота.

На всех судах существует необходимость управления насосами различных систем судна: грузовыми, балластными, откачки воды, пожаротушения и т. д.

На рис. 1 показано типовое расположение важнейших насосных агрегатов на судне.

Оптимальным энергосберегающим решением является управление с помощью преобразователя частоты.

Для моделирования и отладки различных режимов работы насосных агрегатов целесообразно воспользоваться оборудованием полигона энергосбережения на базе насосной станции 2-го подъёма Астраханского государственного технического университета (АГТУ).

Насосная станция располагается на территории АГТУ между 5-м и 4-м учебными корпусами. В помещении насосной станции располагается три насосных агрегата (1-й и 2-й – основные, 3-й – резервный), которые используются для поддержания давления воды в магистрали водоснабжения 9-этажного жилого дома.

В установке используются асинхронные электродвигатели типа 5АИ 112М2У3: $U = 220/380$ В, $n = 2860$ об/мин, $P_n = 7,5$ кВт, $I_n = 14,9$ А, $\eta = 87$ %, $\cos \varphi = 0,88$.

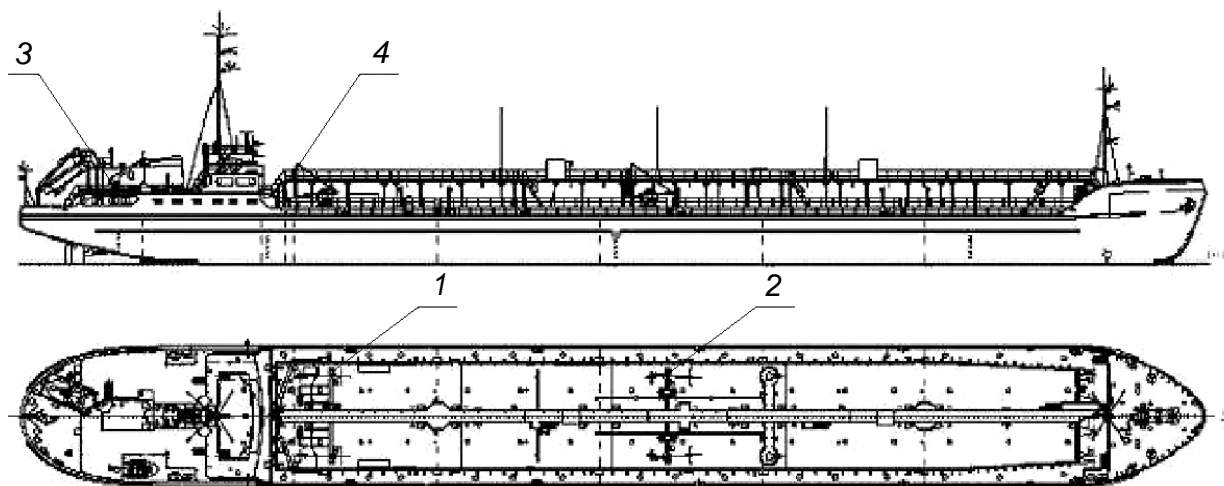


Рис. 1. Схема расположения насосных агрегатов на судне:
1 – грузовые; 2 – балластные; 3 – откачки воды; 4 – пожаротушения

Сравнительный анализ преобразователей частоты для управления насосными агрегатами, проведённый в [2], показал, что наилучшими обобщёнными характеристиками обладают преобразователи частоты семейства Altivar компании Schneider Electric, предназначенные специально для насосного оборудования.

Нами использовался преобразователь частоты Altivar 61 фирмы «Schneider Electric» ATV61HU75N4 ($U_n = 380$ В, $f = 50$ Гц, $I_n = 17,5$ А, $P_n = 7,5$ кВт), который реализует частотное управление электроприводом.

Система управления насосной станцией представлена на структурной схеме насосной установки (рис. 2).

Данная установка предусматривает три режима пуска двигателей:

- 1) пуск с применением преобразователя частоты;
- 2) пуск с применением устройства плавного пуска;
- 3) прямой пуск электродвигателя.

Система управления насосной станцией – это система поддержания необходимого давления в выходном водоводе за счёт изменения скорости вращения насосных агрегатов при внедрении в систему управления преобразователя частоты и устройства плавного пуска. Насосная станция имеет систему диспетчеризации, которая обеспечивает круглосуточный контроль за расходом воды, электроэнергией, входного и выходного давления.

Полигон энергосбережения предоставляет следующие возможности:

- настройка оптимальных режимов работы, обеспечивающих максимальную экономию электроэнергии;
- попеременное управление тремя насосами по наработке насосов или по заданному интервалу времени, что продлевает ресурс механического оборудования;
- круглосуточный мониторинг работы системы, интегрированной в локальную вычислительную сеть АГТУ;
- имитация аварийных режимов (исчезновение напряжения питания, уменьшение давления в сетевом водопроводе);
- круглосуточное поддержание давления в системе пожаротушения, что повышает пожаробезопасность объекта;
- исключение гидравлических ударов в системе, обеспечиваемое плавным пуском электродвигателей насосов;
- экономия расхода воды в системе;
- ручное управление насосными группами при ремонтных работах и аварийных ситуациях.

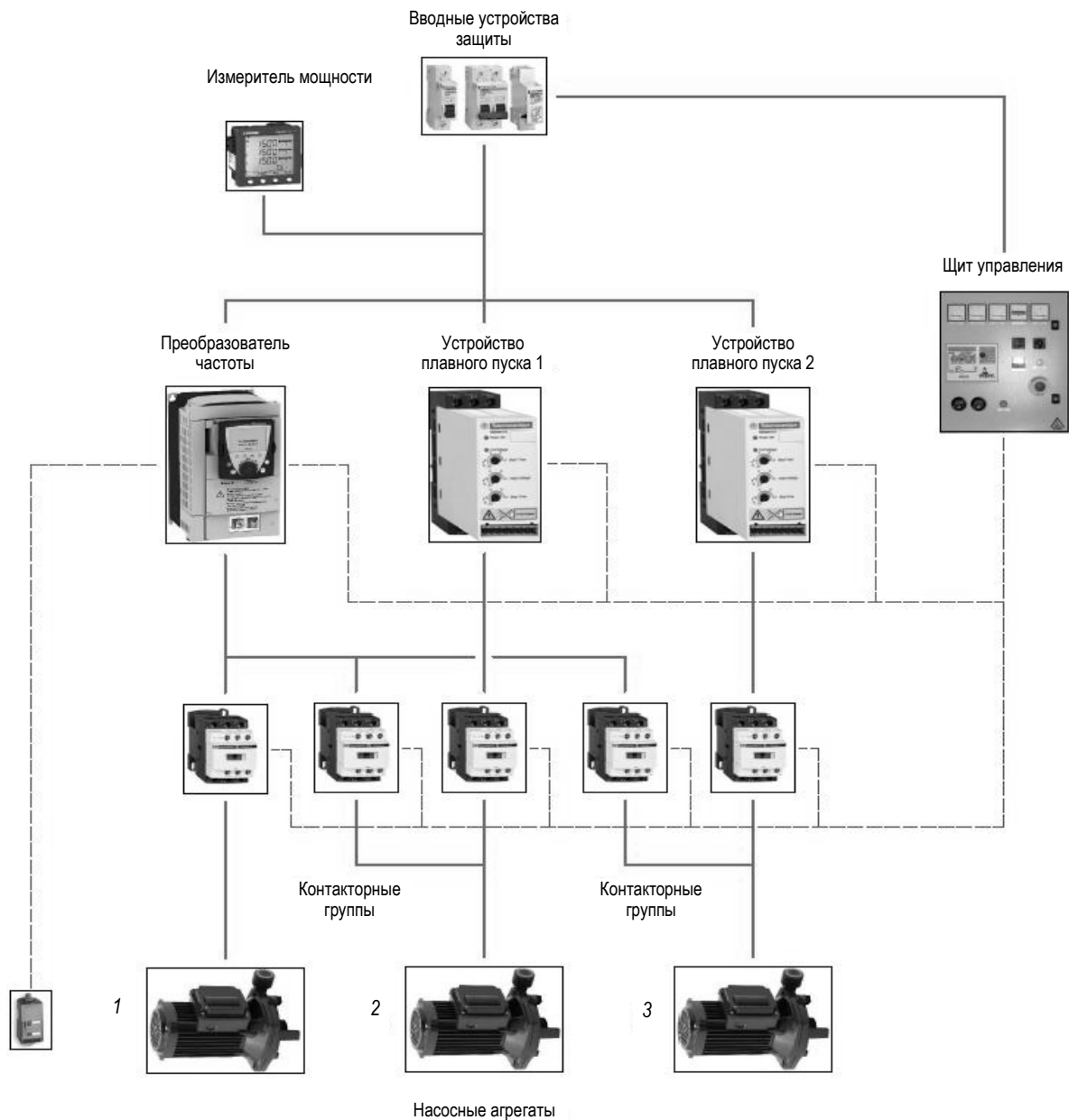


Рис. 2. Структурная схема насосной установки

При проведении пробных пусков электроприводов насосов, по системе «асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором – преобразователь частоты», на полигоне энергосбережения АГТУ были выявлены неудовлетворительные режимы работы электропривода при поддержании заданного давления в трубах холодного водоснабжения. Основными неудовлетворительными факторами были значительные колебания выходной частоты преобразователя и аналогичные колебания давления в трубопроводах. Частота колебаний составляла несколько секунд, амплитуда по выходной частоте – $5 \div 7$ Гц и по давлению – 0,5 кг.

Анализ работы электропривода показал, что причиной является заводская настройка параметров ПИД-регулятора преобразователя частоты, которая не подходила к данным параметрам нагрузки – центробежный насос с изменяемым разбором воды и переменным давлением на входе.

Для устранения недостатков в режиме работы электропривода были изменены коэффициенты по составляющим ПИД-регулятора. По сравнению с заводскими настройками был увеличен коэффициент усиления при дифференциальной составляющей и уменьшены коэффициенты по пропорциональной и интегральной составляющим.

Новые пробные испытания электропривода насосов показали практическое отсутствие колебаний частоты и повышение точности поддержания давления в трубопроводах.

Дальнейшее направление в работе с данной системой электропривода связано с повышением эффективности работы электропривода, особенно в ночные часы, когда расход воды является минимальным и отсутствует значительное снижение электропотребления.

Был проведён эксперимент, во время которого мы получили данные с вычислителя (Карт М-110, который применяется в насосной в качестве главного устройства системы учёта расхода воды и электроэнергии) о расходе электроэнергии и давления на выходе из станции при прямом пуске и работе электродвигателя в течение 24 часов и при пуске и работе электродвигателя с применением преобразователя частоты в течение такого же временного отрезка. Результаты обработки показаны на рис. 3 и 4.

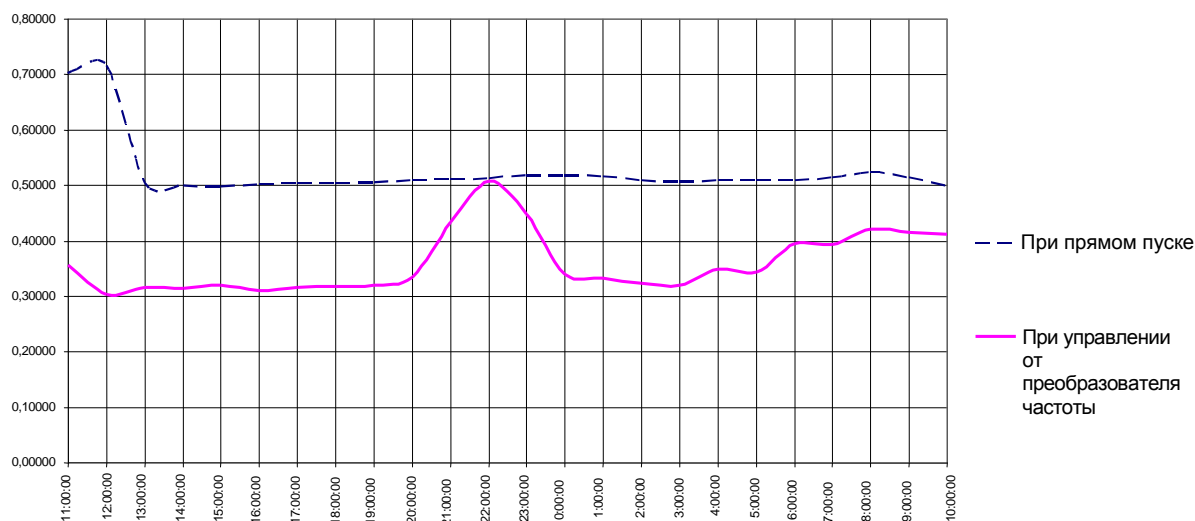


Рис. 3. Сравнительный график расхода электроэнергии

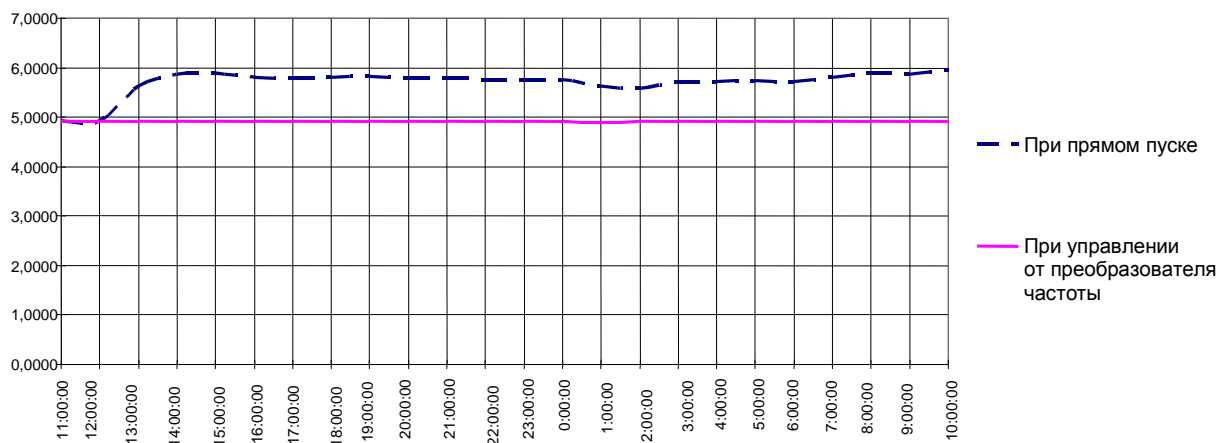


Рис. 4. Сравнительный график давления на выходе

Данные графиков позволяют сделать следующие выводы:

Расход электрической энергии:

при прямом пуске.....	12,622 кВт;
при пуске с преобразователем частоты.....	8,649 кВт;
экономия.....	3,973 кВт или 31,47 %
погрешность вычислений.....	± 6 %

Среднее давление на выходе:

при прямом пуске..... 5,69 кг

при пуске с преобразователем частоты..... 4,91 кг

Погрешность эксперимента возникает из-за невозможности достижения абсолютно одинаковых условий расхода воды, т. к. насосная станция снабжает водой жилой дом и расход постоянно меняется.

Для данной системы выходное давление равное или большее 5 кг является избыточным. Избыток давления регулируется выпускным клапаном, и часть воды попадает обратно в систему городского водоснабжения.

Данный эксперимент подтвердил тот факт, что применение частотно-регулируемого электропривода позволяет не только повысить надёжность той системы, в которой он используется, но и экономить энергоресурсы. Применительно к водному транспорту это означает экономию топливных ресурсов и, как следствие, снижение объемов выбросов CO₂ в атмосферу.

Следующий этап совершенствования работы полигона – организация SCADA-системы, которая, кроме удалённого управления процессами в насосной станции, позволит наблюдать за технологическим процессом и всеми его параметрами в режиме реального времени, а также анализировать и прогнозировать работу как отдельных агрегатов, так и всей системы в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Intelligent Energy*. – 2011. – № 2. – С. 12–16.
2. *Ильичёв А. С., Надеев А. И., Надеев М. А.* Эффективность применения частотно-регулируемого привода // Наука – производству. – 2001. – № 4. – С. 20–22.

Статья поступила в редакцию 12.07.2011

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Надеев Альмансур Измайлович – Астраханский государственный технический университет; г-р техн. наук, профессор; зав. кафедрой «Электрооборудование и автоматика судов»; тел.: 8 (8512) 614-196.

Nadeev Alimansur Izmailovich – Astrakhan State Technical University; Doctor of Technical Science, Professor; Head of the Department "Electrical Equipment and Automatics of Ships"; tel. 8 (8512) 614-196.

Романенко Николай Геннадьевич – Астраханский государственный технический университет; канд. техн. наук, доцент; доцент кафедры «Электрооборудование и автоматика судов»; тел.: 8 (8512) 614-196.

Romanenko Nickolay Gennadievich – Astrakhan State Technical University; Candidate of Technical Science; Assistant Professor; Assistant Professor of the Department "Electrical Equipment and Automatics of Ships"; tel. 8 (8512) 614-196.

Мащенко Андрей Иванович – Астраханский государственный технический университет; канд. техн. наук, доцент; доцент кафедры «Электрооборудование и автоматика судов»; тел.: 8 (8512) 614-196.

Mashchenko Andrey Ivanovich – Astrakhan State Technical University; Candidate of Technical Science, Assistant Professor; Assistant Professor of the Department "Electrical Equipment and Automatics of Ships"; tel. 8 (8512) 614-196.

Кузьмин Геннадий Юрьевич – Астраханский государственный технический университет; старший преподаватель кафедры «Электрооборудование и автоматика судов»; тел.: 8 (8512) 614-196.

Kuzmin Gennadiy Yurievich – Astrakhan State Technical University; Senior Lecturer of the Department "Electrical Equipment and Automatics of Ships"; tel. 8 (8512) 614-196.

Кладов Олег Николаевич – Астраханский государственный технический университет; аспирант кафедры «Электрооборудование и автоматика судов»; тел.: 8 (8512) 614-196.

Kladov Oleg Nickolaevich – Astrakhan State Technical University; Postgraduate Student of the Department "Electrical Equipment and Automatics of Ships"; tel. 8 (8512) 614-196.

Арапов Александр Владимирович – Астраханский государственный технический университет; аспирант кафедры «Электрооборудование и автоматика судов»; тел.: 8 (8512) 614-196.

Arapov Alexander Vladimirovich – Astrakhan State Technical University; Postgraduate Student of the Department "Electrical Equipment and Automatics of Ships"; tel. 8 (8512) 614-196.