

УДК 629.5:064.5

А. О. Дранкова, Н. И. Муха, кандидаты техн. наук,  
А. И. Шестака

### ЛАБОРАТОРИЯ МИКРОКОНТРОЛЛЕРНОГО УПРАВЛЕНИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

**Аннотация.** Рассматриваются возможности и методы использования в учебном процессе Одесской национальной морской академии лабораторного оборудования на базе программируемых логических контроллеров, преобразователей частоты и графических панелей оператора Mitsubishi Electric в целях повышения качества подготовки судовых инженеров-электромехаников и инженеров-механиков в соответствии с растущими требованиями работодателей. Современные тенденции автоматизации судовых энергетических систем требуют нового уровня подготовки специалистов, способных справляться с усложняющимися задачами эксплуатации и обслуживания систем управления и автоматики.

**Ключевые слова:** программируемый логический контроллер, частотный электропривод, графическая панель оператора, сети, модель, электромеханические системы, подготовка специалистов

A. Drankova, PhD., N. Mucha, PhD.,  
A. Shestaka

### PLC-CONTROL AND MODELING LABORATORY OF ELECTROMECHANICAL SYSTEMS

**Abstract.** The article focuses on the possibilities and methods of usage of laboratory equipment, based on Mitsubishi Electric programmable logic controllers, inverters and graphic operation terminals, in the Odessa national maritime academy's educational process in order to improve the quality of marine electrical and mechanical engineers to meet the growing demands of employers. Modern tendencies in automation of ship power systems require a high level of cadet training to ensure the successful solution of complex tasks of control and automation systems operation and maintenance.

**Keywords:** programmable logic controller, inverter, graphic operation terminal, networks, model, electromechanical systems, training

A. O. Drankova, M. I. Muxa, кандидаты техн. наук,  
А. И. Шестака

### ЛАБОРАТОРІЯ МІКРОКОНТРОЛЕРНОГО КЕРУВАННЯ ТА МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ

**Анотація.** Розглядаються можливості та методи застосування в навчальному процесі Одеської національної морської академії лабораторного обладнання на базі програмованих логічних контролерів, частотних перетворювачів, графічних панелей оператора Mitsubishi Electric з метою підвищення якості підготовки судових інженерів-електромеханіків та інженерів-механіків відповідно до зростаючих вимог роботодавців. Сучасні тенденції автоматизації судових енергетичних систем потребують нового рівня підготовки спеціалістів, здатних розв'язувати складні задачі експлуатації та обслуговування систем керування і автоматики.

**Ключові слова:** програмований логічний контролер, частотний електропривод, графічна панель оператора, мережі, модель, електромеханічні системи, підготовка фахівців

#### Введение

Компания Mitsubishi Electric в рамках сотрудничества с ведущими техническими высшими учебными заведениями Украины и зарубежья активно содействует формированию современной базы технических средств автоматизации различных областей промышленности для практической подготовки будущих инженерно-технических работников. Одесская национальная морская академия (ОНМА) стала первым вузом в Украине, в котором появилась учебная лаборатория на базе оборудования Mitsubishi Electric.

#### Цель и задачи учебной лаборатории

Это часть инновационного тренажерного комплекса, оборудованная самыми передовыми средствами промышленной автоматизации, а именно программируемыми логическими контроллерами (PLC),

частотными преобразователями, панелями оператора и сетевым коммуникационным оборудованием (рис. 1).

Лаборатория в полном объеме обеспечивает подготовку судовых электромехаников и механиков в части практических навыков эксплуатации современного электрооборудования и средств автоматизации в соответствии с Международной Конвенцией по подготовке, дипломированию моряков и несению вахты, а также Манильскими поправками 2010 года к ней.

#### Назначение и состав учебно-лабораторных стендов

Учебно-лабораторные стенды по составу, функциональным возможностям, учебно-лабораторным задачам могут быть разделены на две, до определенной степени, автономные части с условными названиями «Автоматика и привод» и «Сети, НМІ, SCADA» (рис. 2):

© Дранкова А. О., Муха Н. И., Шестака А. И., 2014

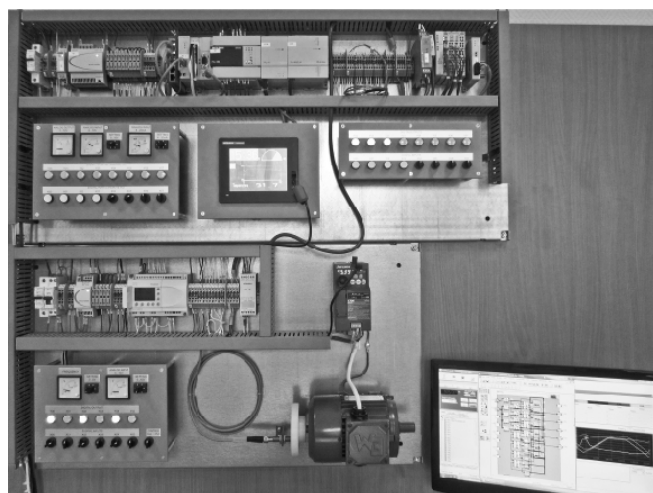


Рис. 1. Учебно-лабораторные стенды Mitsubishi

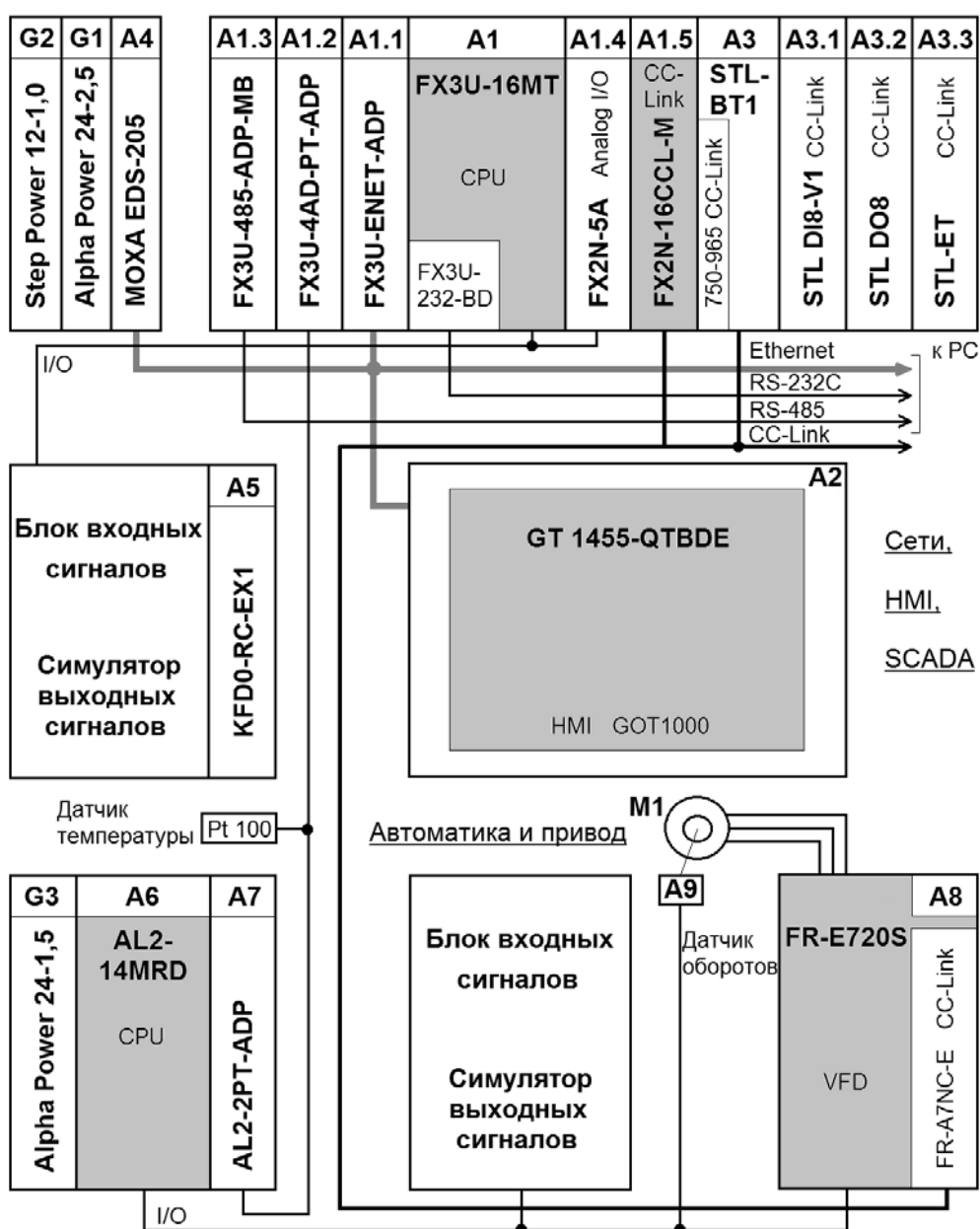


Рис. 2. Функциональная схема учебно-лабораторного стенда

– простой моноблочный PLC Mitsubishi Alpha 2 и частотный электропривод (VFD), включающий в себя преобразователь частоты Mitsubishi серии E700 с асинхронным двигателем;

– компактный модульный PLC Mitsubishi FX3U с сетевыми модулями Ethernet и CC-Link, модулем обработки температурного датчика, комбинированным аналоговым модулем ввода/вывода и графической панелью оператора GOT 1000.

Для построения иерархической структуры обе части стенда связываются между собой посредством сети Ethernet. Кроме того, предусмотрена непосредственная связь FX3U и преобразователя частоты по сети CC-Link.

В состав части учебно-лабораторного стенда «Автоматика и привод» входит:

– программируемый логический контроллер Mitsubishi AL2-14-MRD, содержащий восемь дискретно-аналоговых входов и шесть дискретных выходов контактного типа;

– блок питания Mitsubishi Alpha Power-24-0,75;

– преобразователь частоты Mitsubishi FR-E720S-030SC-EC;

– асинхронный двигатель АИРМ 63И4У2;

– панель ручного ввода входных и выходных сигналов контроллера.

Вторая часть учебно-лабораторного стенда «Сети, HMI, SCADA» включает в себя:

– программируемый логический контроллер Mitsubishi FX3U-16MT/DSS с интерфейсной платой FX3U-232-BD и шестнадцатью дискретными каналами ввода/вывода;

– пятиканальный комбинированный аналоговый модуль ввода/вывода с четырьмя входами и одним выходом Mitsubishi FX2N-5A;

– Ethernet адаптер Mitsubishi FX3U-ENET-ADP;

– специальный коммуникационный адаптер для RS485 и Modbus RTU/ASCII Mitsubishi FX3U-485ADP-MB;

– коммуникационный модуль сети CC-Link Mitsubishi FX2N-16CCL-M;

– модуль связи с объектом Mitsubishi STL-BT1 с расширительными модулями для входов и выходов;

– панель оператора графическую Mitsubishi GT1455-QTBDE;

– модуль измерения температуры Mitsubishi FX3U-4ADP-PT-ADD с датчиком температуры Pt 100;

– преобразователь положения потенциометра в сигнал уровня «токовая петля» Pepperl+Fuchs KFD0-RC-EX1;

– Ethernet коммутатор MOXA EDS-205;

– блоки питания Mitsubishi Alpha Power-24-2,5 и Phoenix Contact Step Power-12-1,0;

– панели ручного ввода входных и выходных сигналов контроллера.

Состав учебно-лабораторных стендов определяет базовые направления лабораторных и практических занятий, которые можно проводить с использованием перечисленного оборудования:

– автоматизация типовых технологических задач;

– управление частотным электроприводом;

– организация промышленных сетей обмена данными;

– взаимодействие управляющей системы и оператора через человеко-машинный интерфейс (HMI);

– организация интегрированной системы диспетчерского управления и сбора данных (SCADA).

#### **Программное обеспечение учебно-лабораторных стендов**

Отдельного внимания заслуживает современное программное обеспечение, которым укомплектованы учебно-лабораторные стенды. Это мощный программный комплекс Mitsubishi MELSOFT iQ Works, образующий единую среду для разработки решений в области автоматизации, охватывающий контроллеры, управление движением и графические панели управления.

Пакет MELSOFT Navigator представляет собой центральную часть iQ Works. Он позволяет легко проектировать законченные системы верхнего уровня и органично интегрировать в них другие программы MELSOFT, входящие в iQ Works. Пакет обладает такими функциями, как проектирование конфигурации системы, пакетная настройка параметров, системные метки и пакетное чтение. Несколько проектов, включающих программируемые контроллеры разных уровней, контроллеры позиционирования и панели оператора, могут централизованно управляться из рабочей области MELSOFT Navigator, что позволяет сгруппировать проекты в управляемые модули: фабрика – линия – производственная ячейка; судно – технологический процесс – механизм; дизели – генераторы – ГРЩ – потребители и т.п. Такие функции, как редактирование программы, настройка параметров и пакетное чтение выполняются интуитивно и легко через графический интерфейс. Кроме того, минимизируется возможность внесения ошибок в настройки как оборудования, так и программ, так как вся система просматривается в режиме реального времени.

MELSOFT GX Works2 представляет собой среду для программирования и обслуживания собственно PLC, разработанную на основе хорошо зарекомендовавших себя пакетов для программирования и документирования GX Developer и GX IEC Developer, последний из которых является одной из составных частей GX Works2.

Современная среда GX IEC DEVELOPER разработана в соответствии с международным стандартом IEC 61131-3 для языков программирования PLC. Наиболее существенные особенности среды GX IEC DEVELOPER это:

– нисходящая архитектура;

– структурированное программирование;

– общий обзор проекта программируемого контроллера и ресурсов;

– возможность разработки больших и сложных проектов;

– единая среда программирования для модульных и компактных контроллеров;

– высокоуровневая технология в соответствии со стандартом IEC 61131-3;

– одновременная поддержка различных языков программирования, позволяющая параллельную раз-

работку различных программных модулей с использованием языка релейных схем (LD), функциональных блок-диаграмм (FBD), структурированного текста (ST), списка инструкций (IL) и последовательных функциональных схем (SFC);

- мощное автономное моделирование;
- использование библиотек функций;
- отладка и изменение программ on-line.

MELSOFT GT Works3 является комплексным программным обеспечением для программирования и технического обслуживания панелей оператора, а также создания экранов.

Разработка и отладка прикладных программ для моноблочных Mitsubishi PLC серии Alpha осуществляется в программном пакете AL-PCS/WIN-EU. Этот пакет просто незаменим на начальной стадии знакомства с PLC. Пакет позволяет быстро освоить приемы прикладного программирования на языке функциональных блок-диаграмм (FBD).

Для настройки, конфигурирования и отладки частотного электропривода предназначен пакет FR Configurator, позволяющий изменять настройки электропривода, управлять электроприводом в различных режимах непосредственно через компьютер, отслеживать изменение основных параметров электропривода и получать временные характеристики исследуемых величин в режиме реального времени. Характерные преимущества программного пакета следующие:

- FR Configurator позволяет управлять работой до 32 преобразователей одновременно благодаря сетевым возможностям преобразователя частоты;
- облегчена конфигурация различных параметров с помощью функций полного и группового обзора;
- удобны и понятны функции отображения, обеспечивающие вывод цифровых и аналоговых данных, сообщений о сбоях и осциллограмм;
- развитая система диагностики позволяет выработать и закрепить навыки быстрого и эффективного определения и устранения неисправностей;
- режим тестирования позволяет имитировать работу преобразователя частоты;
- функция автоматической настройки позволяет наиболее точно управлять различными двигателями;
- параметры настроек могут быть сохранены в специальном файле, выведены на печать и перемещены в качестве настроек на другие электроприводы.

#### **Учебные и научные задачи, решаемые на базе учебно-лабораторных стендов**

Наличие в учебно-лабораторных стендах достаточно разветвленной аппаратной части с мощным программным обеспечением, со всей очевидностью позволяет сфокусировать цели учебных дисциплин как на изучении аппаратной части, конфигурировании системы, совместной работе блоков, датчиков, исполнительных устройств, так и на приемах программирования PLC. Обучение на оборудовании Mitsubishi Electric способствует формированию навыков работы в самых современных программных оболочках, позволяет получать конечный продукт в виде испытанных и отлаженных под определенную аппаратную конфигурацию прикладных управляющих программ,

выполненных в полном соответствии с международным стандартом IEC 61131-3.

Учебные задачи, реализуемые на стендах, могут быть разделены по следующим направлениям:

- освоение программного обеспечения – освоение аппаратной части;
  - простые задачи программирования на базе PLC серии Alpha – продвинутое программирование с применением модульных PLC серии FX3U;
  - конфигурирование частотного преобразователя
- управление частотным преобразователем по сети CC-Link;
- знакомство с иерархическими управляющими структурами – использование панелей оператора и так далее.

Имеющееся в распоряжении лаборатории программное обеспечение, вообще, может выделяться в отдельную сферу учебных и практических задач, дополняющих уже имеющиеся в учебном плане дисциплины, такие как «Программируемые логические контроллеры», «Судовой электропривод», «Силовая электроника и преобразовательная техника», «Моделирование электромеханических систем», «Интеллектуальные системы управления». Помимо этого, оборудование и программное обеспечение учебно-лабораторных стендов позволяет расширить прикладные технические задачи, решаемые в процессе курсового и дипломного проектирования.

Наличие лаборатории такого уровня в ОНМА, позволяет проводить не только обучение курсантов в соответствии с учебными планами специальностей «Электрические системы и комплексы транспортных средств» и «Эксплуатация судовых энергетических установок», но и дает возможность полноценного возрождения научно-исследовательской работы курсантов. Наряду с этим, современное оборудование лаборатории, несомненно, становится катализатором процесса квалификационного роста преподавательского состава профилирующих кафедр.

Ниже приведены некоторые варианты базовых смысловых модулей (БСМ) с использованием оборудования и программного обеспечения учебно-лабораторных стендов по дисциплине «Программируемые логические контроллеры»:

#### **БСМ 1. Базовые сведения.**

Изучение архитектуры и принципов работы PLC, систем счисления и логических функций. Обзор линеек Alpha, FX и System Q. Описание возможностей линейки FX. Курсанты получают практические навыки программирования простейших функций ввода-вывода, работы с дискретной логикой и внутренними устройствами, а также способы работы с внешними модулями. При программировании учащиеся знакомятся со средой разработки AL-PCS/WIN-EU и получают навыки программирования на языке FBD.

#### **БСМ 2. Контроллеры FX3U.**

Курсанты знакомятся с возможностями GX IEC DEVELOPER, узнают назначение локальных и глобальных переменных, регистров PLC, практически осваивают работу со стандартными функциональными блоками и получают навыки программирования на

языке релейных схем (LD). Рассматриваются инструменты мониторинга и диагностики, общие принципы работы с внешними модулями ввода-вывода, работа с аналоговыми сигналами, датчиком температуры, расширенные функции, математические операции.

**БСМ 3. Коммуникационные возможности PLC.**

Учащиеся знакомятся со способами подключения к PLC различных устройств Mitsubishi: специального коммуникационного адаптера RS485 и Modbus, коммуникационного модуля сети CC-Link, модуля связи с объектом, панели оператора GOT 1000, преобразователя частоты FR-E720S, Рассматриваются практические примеры связи двух контроллеров и построения иерархической структуры с применением контроллеров Alpha и FX3U. Обзор возможностей связи по CC-link и Ethernet. Управление частотно-регулируемым приводом по сети CC-Link.

**БСМ 4. Панели оператора Mitsubishi Electric.**

Изучаются основные принципы программирования панелей оператора, достаточные для самостоятельного создания простых проектов для управляющих систем с HMI. Курсанты получают знания о способах визуализации данных, о создании простых элементов управления оборудованием и о различных вариантах интеграции панелей оператора в промышленные сети.

**БСМ 5. Практические аспекты работы с преобразователями частоты Mitsubishi Electric.**

Учащиеся знакомятся с общими принципами работы преобразователей частоты, проводится обзор и сравнение линеек преобразователей частоты Mitsubishi Electric, а также их коммуникационных возможностей с использованием промышленных полевых шин.

В качестве примеров курсантских работ, выполненных в лабораторном практикуме по дисциплине «Программируемые логические контроллеры» и в рамках дипломного проектирования, ниже приведены задача управления судовой автоматизированной электростанцией (рис. 3) и задача управления частотно-регулируемым электроприводом подруливающего устройства (рис. 4).

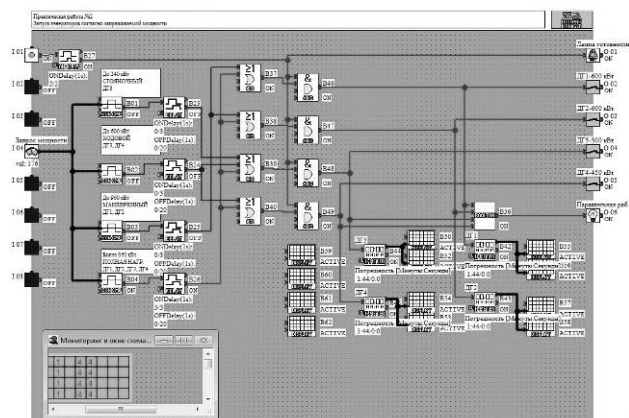


Рис. 3. Функциональная диаграмма процесса запуска генераторов согласно запрашиваемой мощности

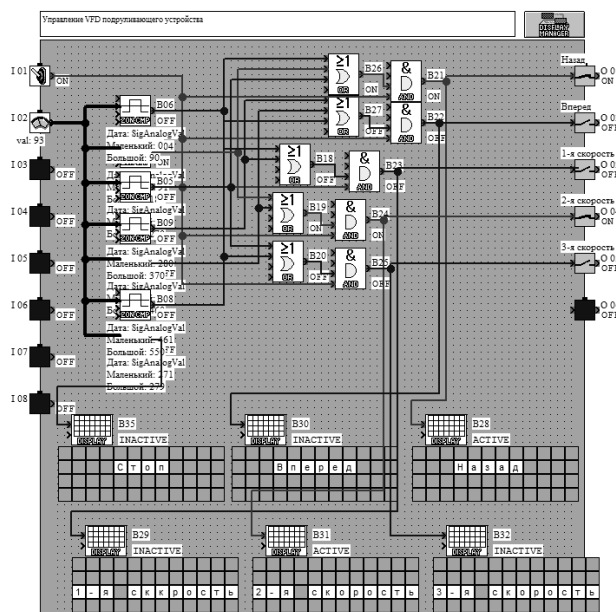


Рис. 4. Решение задачи управления частотным электроприводом подруливающего устройства

**Выводы**

В заключение необходимо отметить, что современное высшее образование должно быть направлено на обучение студентов в соответствии с постоянно обновляющейся технической базой и с растущими потребностями работодателей. Для решения этих задач необходимо внедрение новых технологий в процесс обучения и подготовки специалистов, что не только способствует повышению уровня подготовки, но и ориентированию учебного процесса на реальные проблемы промышленности.

Использование новейшего оборудования Mitsubishi Electric в учебном процессе, а также в научно-исследовательской работе курсантов, безусловно, сохраняет высокие позиции и заслуженный авторитет ОНМА среди морских университетов мира. При этом большой плюс получают преподаватели и аспиранты профилирующих кафедр, которые вовлекаются в обсуждение современных прикладных проблем автоматизации и электропривода, благодаря чему получают доступ к широкому полю актуальных практических задач для реализации своих проектов и научных работ.

Новая, современная учебная лаборатория на базе оборудования Mitsubishi Electric позволит в стенах Одесской Национальной Морской Академии проводить последиplomную переподготовку и проверку компетентности судовых электромехаников и механиков не только из Украины, но и из других морских государств.

**Список использованной литературы**

1. Integrated FA Software GX Works 2 Version 1. Operation Manual. Structured Project; 252 p. SN(HA)-080781ENG-K, 09-2011; Mitsubishi Electric Europe B.V., European Business Group, Gothaer Straße 8, D-40880, Ratingen, Germany.

2. GX IEC Developer 7.01. IEC Programming and Documentation System. Reference Manual; 740 p., Art. No. 43597K, 12-2006; Mitsubishi Electric Europe B.V., European Business Group, Gothaer Straße 8, D-40880, Ratingen, Germany.

3. MELSEC FX Series. Programmable Controllers FX3U. User's Manual (Hardware Edition); 496 p., Art. No. 168590, 11-2009, JY997D16501, Version G.

4. MELSEC FX Series. Programmable Controllers FX3G/FX3U/FX3UC. Programming Manual (Basic & Applied Instructions Eddition); 936 p., Art. No. 168591, 11-2009, JY997D16601, Version G.

5. Graphic Operation Terminal GOT 1000 Series. User's Manual (Extended Functions, Option Functions)n for GT Works 3; 864 p, SH(NA)-080863-ENG-O, 02-2013.

6. Integrated FA Software GT Designer 3 Version 1. Screen Design Manual (Functions); 1304 p., SN(HA)-080867-ENG-K2/2, 01-2012.

7. Alpha 2. Simple Applications Controllers. Programming Manual; 190 p., Man. No. JY992D97101-F, 03-2008.

8. Alpha 2. Simple Applications Controllers. Hardware Manual; 190 p., Man. No. JY992D97301-H, 03-2008.

9. Mitsubishi Inverters FR-E700. Instruction Manual. FR-E720 SSC EC, FR-E740 SC EC; 538 p., Art. No. 10052011, 05-2011.

10. MELSOFT FR Configurator SW 3. Instruction Manual. Inverter Setup Software FR-SW3-SETUP-WE. CC-Link Seamless4 105 p., IB(NA)-0600439-ENG-B, 01-2012.

Получено 18.07.2014

#### References

1. Integrated FA Software GX Works 2 Version 1. Operation Manual. Structured Project; 252 p., SN(HA)-080781ENG-K, 09-2011; Mitsubishi Electric Europe B.V., European Business Group, Gothaer Straße 8, D-40880, Ratingen, Germany.

2. GX IEC Developer 7.01. IEC Programming and Documentation System. Reference Manual; 740 p., Art. No. 43597K, 12-2006; Mitsubishi Electric Europe B.V., European Business Group, Gothaer Straße 8, D-40880, Ratingen, Germany.

3. MELSEC FX Series. Programmable Controllers FX3U. User's Manual (Hardware Edition); 496 p., Art. No. 168590, 11-2009, JY997D16501, Version G.

4. MELSEC FX Series. Programmable Controllers FX3G/FX3U/FX3UC. Programming Manual (Basic & Applied Instructions Eddition); 936 p., Art. No. 168591, 11-2009, JY997D16601, Version G.

5. Graphic Operation Terminal GOT 1000 Series. User's Manual (Extended Functions, Option Functions)n for GT Works 3; 864 p., SH(NA)-080863-ENG-O, 02-2013.

6. Integrated FA Software GT Designer 3 Version 1. Screen Design Manual (Functions); 1304 p., SN(HA)-080867-ENG-K2/2, 01-2012.

7. Alpha 2. Simple Applications Controllers. Programming Manual; 190 p., Man. No. JY992D97101-F, 03-2008.

8. Alpha 2. Simple Applications Controllers. Hardware Manual; 190 p., Man. No. JY992D97301-H, 03-2008.

9. Mitsubishi Inverters FR-E700. Instruction Manual. FR-E720 SSC EC, FR-E740 SC EC; 538 p., Art. No. 10052011, 05-2011.

10. MELSOFT FR Configurator SW 3. Instruction Manual. Inverter Setup Software FR-SW3-SETUP-WE. CC-Link Seamless4 105 p., IB(NA)-0600439-ENG-B, 01-2012



Дранкова  
Алла Олеговна,  
канд. техн. наук, доц. каф.  
судовой электромеханики и  
электротехники Одесской  
нац. морской академии.  
Тел.: +380503917390.  
E-mail:  
drankova64@hotmail.com



Муха  
Николай Иосифович,  
канд. техн. наук, доц. каф.  
судовой электромеханики и  
электротехники Одесской  
нац. морская академии.  
Тел.: +380503338502.  
E-mail:  
mykola\_mukha@hotmail.com



Шестака  
Анатолий Иванович,  
ст. преподаватель каф. судо-  
вой электромеханики и элек-  
тротехники Одесской нац.  
морской академии.  
Тел.: +38(050)3368216.  
E-mail:  
a.shestaka@gmail.com