

УДК 65.011.56:621.879.38

П.Ю. Щелков

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ СЕТЕВОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕМ МОЩНОГО ШАГАЮЩЕГО ЭКСКАВАТОРА-ДРАГЛАЙНА

Рассмотрена имитационная модель сетевой системы управления электрооборудованием мощного шагающего драглайна, позволяющая проверить разработанные алгоритмы управления и технические решения по применению сетевых технологий при решении задачи автоматизации управления электрооборудованием мощного шагающего экскаватора-драглайна.

Ключевые слова: сетевая система управления, силовое электрооборудование, мощный шагающий экскаватор-драглайн, сетевые технологии, имитационная модель.

Одним из способов повышения эффективности эксплуатации мощного шагающего экскаватора-драглайна, является создание новых эффективных систем управления электрооборудованием, обладающих лучшими эксплуатационными характеристиками — надежностью, ремонтопригодностью, эргономичностью, лучшими массо-габаритными показателями и лучшей функциональностью.

Разработками в этом направлении занимались специалисты кафедры «Автоматики и управления» МГТУ, ГУА, ИГД им. А.А. Скочинского, МЭСИ, МЭИ, ВНИИЭлектропривод, НИИ-тяжмаш Уралмаш. Работы по созданию новых систем и алгоритмов управления электрооборудованием мощного шагающего экскаватора-драглайна ведутся и в настоящее время.

Мощный шагающий экскаватор-драглайн является сложной электро-механической системой. Сложность электрооборудования экскаватора определяется большим количеством элементов релейно-контактной аппаратуры и сложной кабельной системой. Общая протяженность кабельных коммуникаций экскаватора ЭШ20-90,

приблизительно 15 км в пересчете на одну жилу, количество элементов релейно-контактной аппаратуры — несколько сотен в пересчете на количество элементов коммутации (под элементом коммутации подразумевается контакт реле, выключателя, контактора или автомата защиты, обмотка реле или контактора).

При создании систем управления электрооборудованием мощных шагающих драглайнов долгие годы большое внимание уделялось системам регулирования главных приводов, автоматизации основных и вспомогательных операций технологического процесса, при этом методы создания систем управления в части релейно-контактной аппаратуры, больших изменений не претерпели. Причина этого в том, что отсутствовала необходимая элементная база технических средств автоматизации. В настоящее время такая элементная база есть. Это промышленные контроллеры, интеллектуальные датчики и модули УСО, а также современные компоненты силовой электроники. Поэтому есть возможность создания систем управления электрооборудова-

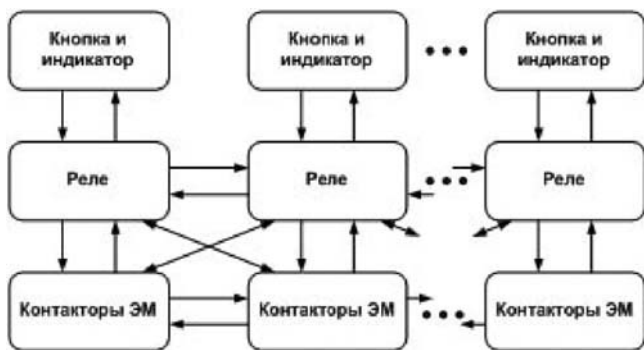


Рис. 1. Обобщенная структура системы управления электрооборудованием, выполненной на релейно-контактной аппаратуре

нием мощных драглайнов, обладающих лучшими свойствами.

Система управления электрооборудованием мощного шагающего драглайна, выполненная на релейно-контактной аппаратуре по структуре, представленной на рис. 1, характеризуется большой протяженностью кабельных коммуникаций и большим

количеством элементов релейно-контактной аппаратуры. В ней для согласования между элементами коммутации в составе силового электрооборудования и органами управления, используется промежуточный слой контактных элементов.

Анализ электрооборудования экскаватора ЭШ20.90, проведенный по источникам [1, 2], показал, что улучшение эксплуатационных характеристик системы управления электрооборудованием мощного шагающего экскаватора-драглайна может быть достигнуто созданием сетевой системы управления электрооборудованием мощного шагающего экскаватора-драглайна.

В этой системе управления в качестве элементов коммутации используются полупроводниковые си-

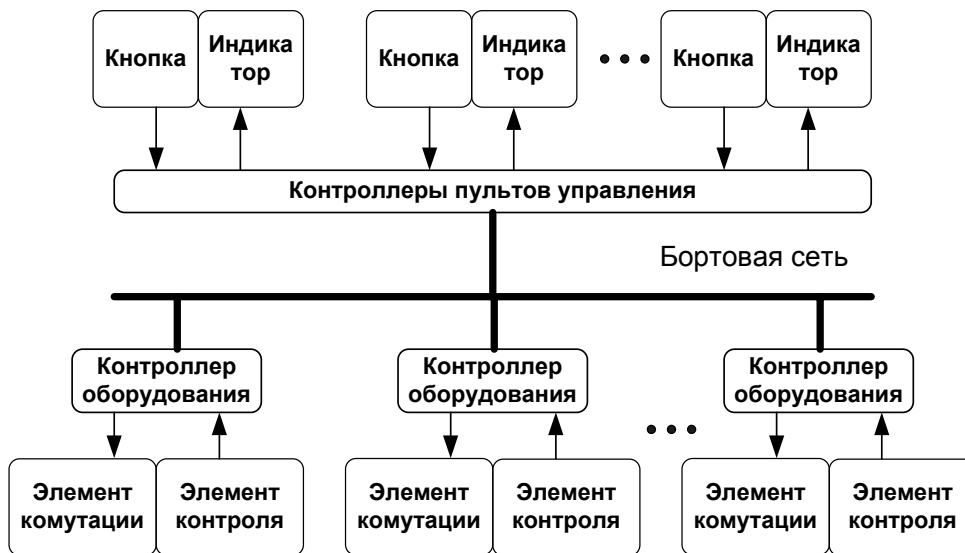


Рис. 2. Обобщенная структура сетевой системы управления электрооборудованием мощного шагающего экскаватора-драглайна

ловые ключи и твердотельные реле. Кроме этого, для передачи управляющих воздействий от органов управления к электрооборудованию, для передачи информации о состоянии силового электрооборудования к средствам индикации, используется бортовая вычислительная сеть. Подобные технические решения применяются в автомобилях, в авиации, космических летательных аппаратах и в промышленности. Структура такой системы управления, представлена на рис. 2.

Так как от изделия к изделию и после модернизаций, структура и состав электрооборудования мощного шагающего экскаватора-драглайна могут меняться, то сетевая система управления электрооборудованием, является масштабируемой, надстраиваемой и обладает открытой архитектурой. Кроме этого, современная промышленность требует эффективной поддержки изделий на протяжении всего жизненного цикла с использованием CALS-технологий. Ранее к системам управления электрооборудованием мощных шагающих драглайнов, такие требования не предъявлялись.

При создании сетевой системы управления электрооборудованием мощного шагающего экскаватора-драглайна, достигаются:

- улучшение массо-габаритных параметров электрооборудования системы управления экскаватора-драглайна;
- повышение надежности электрооборудования системы управления электрооборудованием мощного драглайна.

Эти улучшения достигаются заменой релейных схем их программной реализацией в виде программного обеспечения контроллеров, заменой

релейно-контактной аппаратуры на компоненты силовой электроники, применением сетевых технологий для передачи управляющих воздействий и данных о состоянии объекта управления.

Применение сетевых технологий, микропроцессорных устройств и компонентов силовой электроники в составе технических средств сетевой системы управления электрооборудованием мощного шагающего драглайна требует разработки и проверки новых, а также проверки старых алгоритмов управления электрооборудованием. Кроме того, введение в состав системы управления сетевых микропроцессорных устройств, требует подтверждения, что показатели качества управления будут удовлетворительными для решаемой задачи. Показатели качества управления сетевой системы управления электрооборудованием зависят от производительности микропроцессорных устройств и скорости передачи данных по сети между этими устройствами. Эти параметры должны быть достаточными для обеспечения требуемых показателей качества, но в ту же очередь они должны быть минимально-возможными.

Инструментом, который служит для проверки алгоритмов управления и других технических решений, используемых в процессе создания сетевой системы управления электрооборудованием мощного шагающего экскаватора-драглайна, является ее имитационная модель.

Имитационная модель сетевой системы управления электрооборудованием мощного драглайна обеспечивает:

- исследование поведения электрооборудования шагающего драг-

лайна, управляемого сетевой системой в ходе выполнения операций технологического процесса и в аварийных режимах;

- проверку структурной целостности сетевой системы управления электрооборудованием мощного шагающего драглайна;
- проверку логической целостности и связности алгоритмов управления;
- подтверждение правильности принятых технических решений.

Модель построена по результатам анализа электрооборудования экскаватора ЭШ20.90 [2, 3].

В результате анализа электрооборудования экскаватора ЭШ20.90, определен состав функций сетевой системы управления электрооборудованием. Выявлено 19 функциональных групп:

- функции управления высоковольтным электрооборудованием;
- функции управления электрооборудованием привода подъема;
- функции управления электрооборудованием привода тяги;
- функции управления электрооборудованием привода поворота;
- функции управления электрооборудованием вентиляционных установок;
- функции управления электрооборудованием систем смазки;
- функции управления электрооборудованием компрессоров;
- функции управления электрооборудованием шагания;
- функции управления устройствами подогрева;
- функции управления электрооборудованием освещения;
- функции управления электрооборудованием резервного электропитания потребителей;

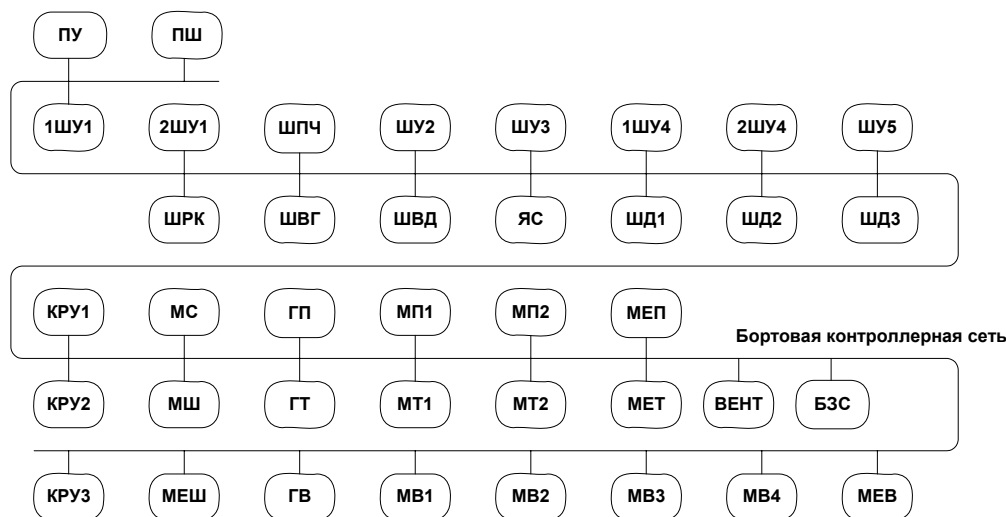
• функции управления электрооборудованием систем связи и сигнализации;

- функции управления распределением электроэнергии;
- функции управления микроклиматом;
- функции управления системным временем;
- функции регистратора событий;
- функции информационного обеспечения;
- функции собственных нужд программно-технического комплекса сетевой системы управления;
- функции супервизорного управления.

Структура имитационной модели полностью отображает функциональную структуру и архитектуру сетевой системы управления.

Структура сетевой системы управления определена из того, что длины кабелей и проводов от датчиков и исполнительных устройств к контроллерам, должны быть минимальны. Кроме этого, количество контроллеров и модулей УСО должно быть минимальным, количество данных, передаваемых по сети между элементами сетевой системы управления, также должно быть минимальным.

Так, как при создании сетевой системы управления, расположение силового электрооборудования сетевой системы управления не изменяется, также не меняется расположение вводов силовых кабелей по шкафам электрооборудования экскаватора и элементов силового электрооборудования. Минимальная длина кабельных соединений датчиков и исполнительных устройств с контроллерами системы управления обеспечивается, если контроллеры системы управления расположены в шкафах с силовым электрооборудованием и в других ме-



КРУ1 - комплектное распределительное устройство 1; КРУ2 - комплектное распределительное устройство 2; КРУ3 - комплектное распределительное устройство 3; ШВГ - шкаф возбуждения генераторов; ШВД - шкаф возбуждения двигателей; ШРК - шкаф релейно-контактный; ШД1 - шкаф дросселей 1; ШД2 - шкаф дросселей 2; ШД3 - шкаф дросселей 3; ШПЧ - шкаф преобразователей частоты; БЗС - шкаф защиты стрелы; ЯС-3 - шкаф ячеек сопротивлений; 1ШУ1 - первый шкаф управления 1; 2ШУ1 - второй шкаф управления 1; ШУ2 - шкаф управления 2; ШУ3 - шкаф управления 3; 1ШУ4 - первый шкаф управления 4; 2ШУ4 - второй шкаф управления 4; ШУ5 - шкаф управления 5; ПУ - пульт управления; ПШ - пульт управления механизмом шагания; ГП - генератор механизма подъема; МП1 - двигатель 1 привода подъема; МП2 - двигатель 2 привода подъема; ГТ - генератор механизма тяги; МТ1 - двигатель 1 привода тяги; МТ2 - двигатель 2 привода тяги; ГВ - генератор привода поворота; МВ1 - двигатель 1 привода поворота; МВ2 - двигатель 2 привода поворота; МВ3 - двигатель 3 привода поворота; МВ4 - двигатель 4 привода поворота; МЕР - механизм подъема; МЕТ - механизм тяги; МЕВ - механизм поворота; ВЕНТ - оборудование вентиляции

Рис. 3. Обобщенная топология бортовой вычислительной сети сетевой системы управления электрооборудованием мощного драглайна

стах компактного размещения силового электрооборудования.

По результатам анализа электрооборудования экскаватора ЭШ20.90 [1, 2] определен перечень шкафов и других мест компактного размещения электрооборудования.

В связи с тем, что шкафы с электрооборудованием размещаются по одной линии вдоль бортов, принята за основу шинная топология бортовой вычислительной сети сетевой системы управления электрооборудова-

нием мощного шагающего экскаватора-драглайна (рис. 3).

Имитационная модель сетевой системы управления электрооборудованием мощного шагающего экскаватора-драглайна учитывает композицию элементов системы по функциональному признаку, а также временные задержки, возникающие в процессе передачи данных по сетевым интерфейсам между контроллерами и модулями УСО. На рис. 4 представлена обобщенная структура функциональной

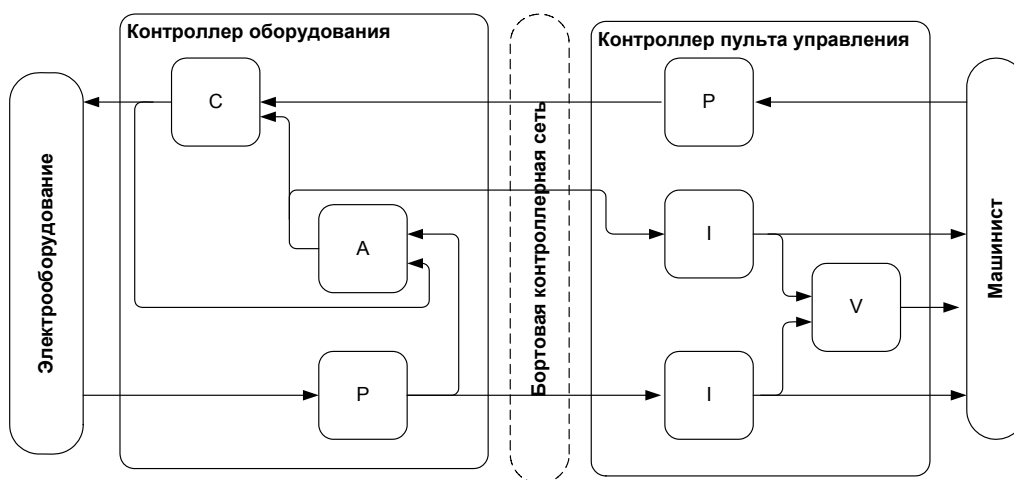


Рис. 4. Структура функциональной модели технологической операции дискретного управления

модели технологической операции дискретного управления элементом электрооборудования, реализуемой сетевой системой управления. Она представляет собой трехконтурную структуру подчиненного управления, реализованную на элементарных функциях пяти типов. Такая функциональная структура и такой метод реализации технологической операции позволяют обеспечить максимально возможное быстродействие при наименьшей загрузке бортовой контроллерной сети. Элементарные функции, реализующие программно технологическую операцию, размещены в

Таблица 1

Типы элементарных функций

Тип функции	Обозначение
Управление	С
Аварийная защита, защитная блокировка	А
Информационная	Р
Визуализация	У
Сигнализация	С
Индикация	И

двух местах, на контроллере оборудования и контроллере пульта управления.

Типы элементарных функций, определенные для функциональной структуры сетевой системы управления электрооборудованием мощного шагающего экскаватора-драглайна, определены в табл. 1.

Система управления, реализованная по структуре, представленной на рисунке 4, обеспечивает наилучшие показатели качества управления при передаче управляющих воздействий по сети, так как запаздывание, вносимое процессом передачи данных при управлении в аварийных режимах, отсутствует, а запаздывания вносимые процессом передачи данных, в нормальных режимах работы, не превышают 200 мс. Для выбранной функциональной структуры технологической операции, характерно, что воздействие на объект управления выполняет только функция управле-

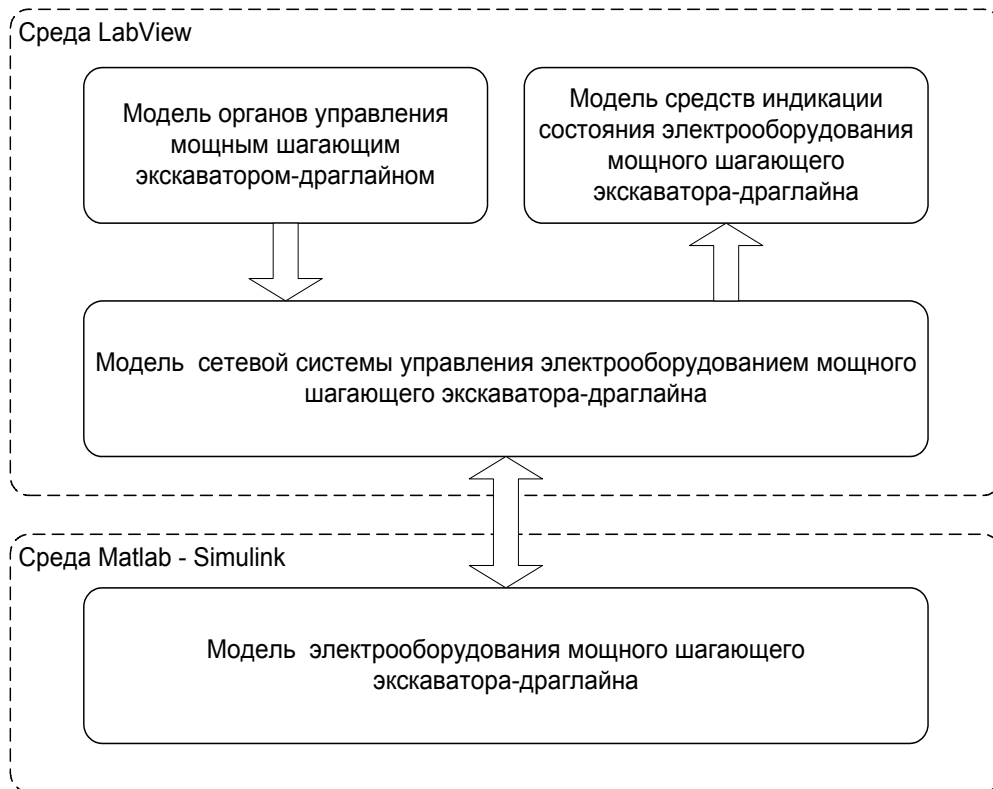


Рис. 5. Обобщенная структура имитационной модели для исследования поведения сетевой системы управления электрооборудованием мощного шагающего экскаватора-драглайна

ния С. Ввод команд управления и ввод параметров состояния объекта управления осуществляется только информационными функциями Р. Индикация состояния объекта управления выполняется функциями индикации I. Таким образом, легко определить входы и выходы сетевой системы управления. Входы для органов управления и параметров состояния электрооборудования — входы функций типа Р, а выходы системы управления — выходы функций типов С и I. Исходя из ранее определенных требований к сетевой системе управления электрооборудованием мощного шагающего

экскаватора-драглайна, нужно помнить, что ее функциональный состав на всем протяжении жизненного цикла системы, является переменным и может изменяться.

Имитационную модель нужно рассматривать в совокупности ее структуры, математического описания и технической реализации. Обобщенная структура описываемой имитационной модели представлена на рис. 5.

Имитационная модель сетевой системы управления электрооборудованием мощного шагающего экскаватора-драглайна, состоит из трех частей:

- имитатора органов управления и средств индикации;
- модели сетевой системы управления электрооборудованием мощного шагающего экскаватора-драглайна;
- моделей электрооборудования экскаватора, являющегося объектом управления для сетевой системы управления.

Программная реализация имитационной модели состоит из двух частей. Модели органов управления экскаватором, средств индикации состояния электрооборудования, самой сетевой системы управления, реализуются в среде LabVIEW. Такое решение позволяет в процессе модельного эксперимента выполнять отладку программного обеспечения создаваемой сетевой системы управления. Модели элементов электрооборудования реализуются в среде Matlab-Simulink. Основным электрооборудованием экскаватора-драглайна, задействованным в процессе экскавации горной массы, являются электроприводы основных механизмов, а все остальное электрооборудование предназначено для выполнения вспомогательных задач обеспечения его работы.

Сетевая система управления электрооборудованием мощного шагающего экскаватора-драглайна не включает в свой состав систем подчиненного регулирования главных приводов. По этому в составе моделей объекта управления кроме моделей электрических машин будут и модели систем импульсно-фазового управления. Для моделирования таких объектов, удобной является среда Matlab-Simulink.

Модели главных приводов шагающего экскаватора-драглайна, модели его технологического процесса, например, траекторного движе-

ния ковша на выгрузку, давно стали классикой современной прикладной науки [3, 4]. Математические модели электрических машин и других элементов силового электрооборудования хорошо известны [3, 4] и являются классическими. Для решаемой задачи это хорошо, так как необходимость проверки адекватности моделей объектов управления, использующихся в составе имитационной модели сетевой системы управления электрооборудованием мощного шагающего экскаватора-драглайна, отпадает.

На рис. 6 изображена структурная схема реализации имитационной модели сетевой системы управления электрооборудованием мощного шагающего экскаватора-драглайна в среде LabView.

Имитационная модель сетевой системы управления электрооборудованием мощного шагающего экскаватора-драглайна по своей структуре полностью соответствует структуре технических средств системы управления. Каждому контроллеру сетевой системы управления соответствует отдельный файл программы в среде LabView. Программа контроллера взаимодействует с программами других контроллеров через виртуальный сетевой адаптер. Виртуальный сетевой адаптер имитирует работу сети стандарта MODBUS, выбранного в качестве основного для решения поставленной задачи.

Имитационная модель позволяет выполнить проверку разработанных алгоритмов управления электрооборудованием мощного шагающего экскаватора-драглайна и отладку программного обеспечения для сетевой системы управления электрооборудованием мощного шагающего драглайна в части программной реализации алгоритмов управления.

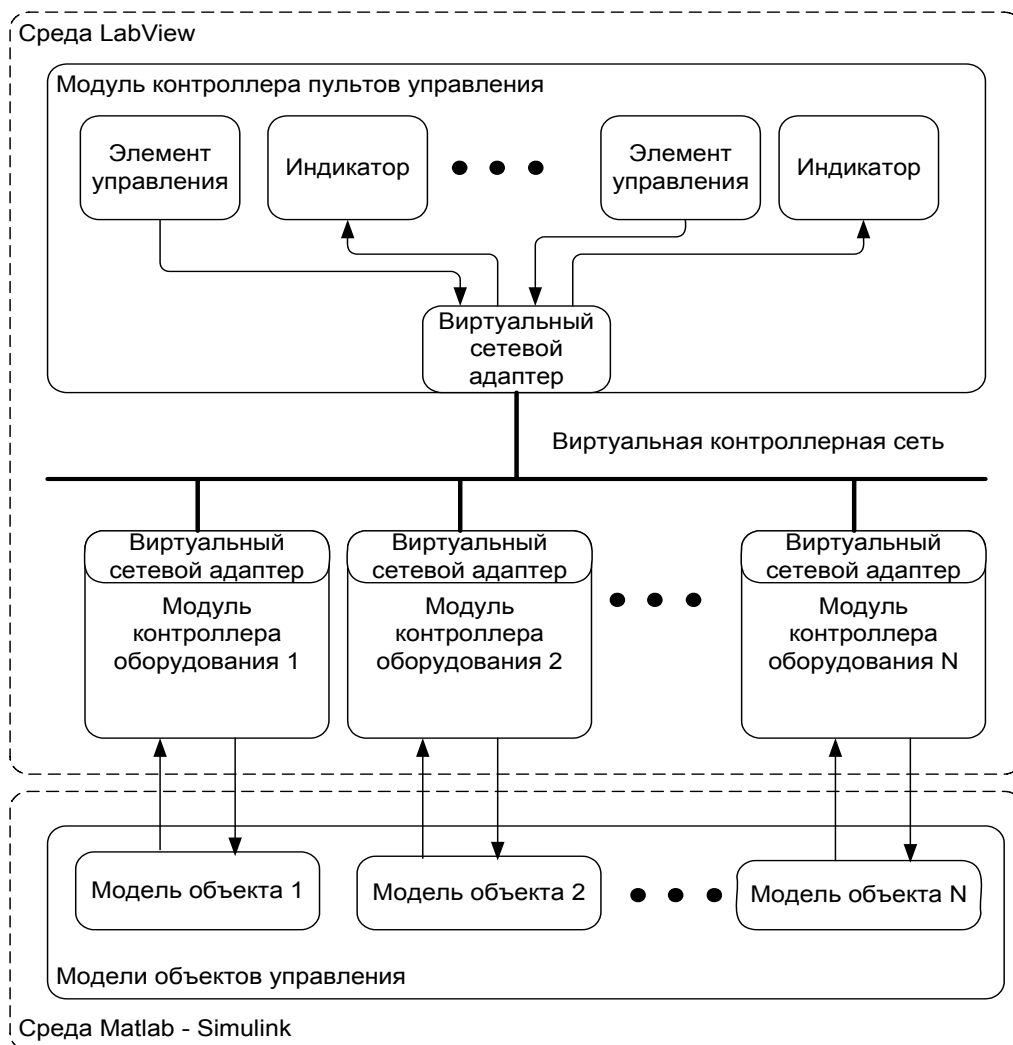


Рис. 6. Схема реализации имитационной модели в среде LabView

Совмещение этапов моделирования системы управления и разработки программного обеспечения, сокращает сроки проектирования, снижает вероятность ошибок проектирования,

тем самым повышает эффективность проектирования сетевой системы управления электрооборудованием мощного шагающего экскаватора-драглайна.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 1060.00-1 ТО НИИТяжмаш ОКГ ГМ
Экскаватор шагающий ЭШ 20.90 Оборудо-
вание основное и вспомогательное. Техни-

ческое описание и инструкция по эксплуа-
тации. 1980 г.

2. 44.51400ТО Экскаватор ЭШ20.90. Электророборудование. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. 1981 г.

3. Вуль Ю.Я., Ключев В.И., Седаков Л.В. Наладка электроприводов экскавато-

ров. Изд. 2 перераб. и доп. – М.: Недра, 1975. 312 с.

4. Ломакин М.С. Автоматическое управление технологическими процессами карьеров. – М.: Недра, 1978.. 280 с. **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Шелков Пётр Юрьевич — старший преподаватель кафедры «Автоматика и управление в технических системах», e-mail: pschl@msmu.ru
Московский государственный горный университет, e-mail: ud@msmu.ru



UDC 65.011.56:621.879.38

IMITATING MODEL OF THE NETWORK CONTROL SYSTEM OF THE ELECTRIC EQUIPMENT OF THE POWERFUL WALKING DREDGE-DRAGLAINA

P.J.Shchelkov, Senior lecturer, Moscow State Mining University, Russia, e-mail: ud@msmu.ru

In article the imitating model of a network control system by an electric equipment powerful walking dragline is considered, allowing to check up the developed algorithms of management and technical decisions on application of network technologies at the decision of a problem of automation of management of an electric equipment of a powerful walking dredge-dragline.

From the analysis of the electrical equipment group installed on shoveling machine model ESH 20.90, it has been found that it is possible to improve the control of the heavy-duty walking dragline by creation of an electrical equipment control network to be scalable, completable, with an open architecture.

The imitation model of the heavy-duty dragline electrical equipment control network has been constructed for validation of control algorithms and other engineering designs involved in the control network creation.

The article presents structural flowchart of the electronic equipment control network imitation model in the LabView environment.

Key words: *the Network control system, a power electric equipment, a powerful walking dredge-dragline, network technologies, imitating model.*

REFERENCES

1. 1060.00-1 TO. Walking Shoveling Machine ESH 20.90. Primary and Auxiliary Equipment. Technical Manual and Engineering Instruction. 1980.

2. 44.51400 TO. Walking Shoveling Machine ESH 20.90. Electrical Equipment Group. Technical Manual and Engineering Instruction. 1981.

3. Вул Ю.Я., Ключев В.И., Седаков Л.В., 1975. Tune-Up of Electric Drive of Shoveling Machines. Moscow: Nedra. P. 312. с.

4. Lomakin M.S., 1978. Automated Control of Open Mining Process Flows. Moscow: Nedra. P. 280.

