

СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

3

2025



Электронная
версия этого
журнала



НА ВСЕ РУКИ МАСТЕР:
новые профессии
мультикоптера

В НОМЕРЕ:

МЕЖДУ ПОЛЮСАМИ:
современная
магнитотерапия

ГОСТ – И ТОЧКА:
как Delta Design 4.0
помогает в выпуске КД

СДЕЛАЙ САМ:
простые конструкции
на микроконтроллерах

ПРОИЗВОДСТВО
МИРОВОГО УРОВНЯ

ЕВГЕНИЙ
ЛИПКИН

ПРОИЗВОДСТВО МИРОВОГО УРОВНЯ

ЕВГЕНИЙ
ЛИПКИН

ПУТЬ К ЭФФЕКТИВНОСТИ
РОССИЙСКОГО
ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

АКАДЕМИЯ
ТЕХНОЛОГИЙ
ОСТЕК-СМТ



НОВИНКА



22-31
десятилетие
науки и технологий

22–25 апреля 2025

СВЯЗЬ

37-я Международная
выставка «Информационные
и коммуникационные технологии»

Экспозиция «Навитех» —
«Навигационные системы, технологии и услуги»

www.sviaz-expo.ru



Россия, Москва,
ЦВК «ЭКСПОЦЕНТР»



12+
Реклама

Организатор

Под патронатом

В рамках





Здравствуйте, уважаемые друзья!

Команда разработчиков отечественной САПР Delta Design 4.0 продолжает радовать пользователей долгожданными новинками, расширяющими функциональность продукта. Уже не в первый раз мы возвращаемся к обзору новых возможностей этой системы, и наш нынешний рассказ – о модуле для автоматической генерации комплекта конструкторской документации в соответствии с ГОСТ.

Дроны-беспилотники в связи с военной операцией сейчас на слуху буквально у всех. Но их боевое применение – далеко не единственно возможное. Где только ни пытаются использовать дроны: при доставке еды и посылок, и в сельском хозяйстве, и для контроля транспортных потоков, и даже для мытья окон небоскрёбов. Многие сферы их применения открылись благодаря прогрессу в создании компактных и технологичных захватов и манипуляторов различного назначения, о которых мы и расскажем вам в одной из статей.

Этот выпуск журнала неожиданно для нас самих оказался насыщен описаниями довольно простых для повторения, но в то же время полезных и функциональных конструкций. Читайте о системе пожарной и охранной сигнализации, о системе мониторинга микроклимата на основе панели Weintek, об оригинальном контроллере мониторинга электропроводки, об интересном и нетривиальном способе позиционирования датчиков температуры с интерфейсом 1wire на шлейфе, о сигнализаторах для охранных систем, о простой программной реализации управления с импульсной модуляцией, а также о многом другом.

Не забывайте заходить на информационный портал www.cta.ru, где для вас всегда найдутся свежие новости со всего мира, а также последние выпуски наших журналов. Подписывайтесь на наши каналы в Телеграм, ВК, на RuTube, YouTube и на Дзене!

Спасибо, что остаётесь с нами, читайте с удовольствием. Всего вам доброго!

Юрий Широков, главный редактор

Журнал «Современная электроника»
Издаётся с 2004 года

Главный редактор Ю. В. Широков
Заместитель главного редактора А. В. Малыгин
Редакционная коллегия А. Е. Балакирев, В. К. Жданкин,
С. А. Сорокин, Р. Х. Хакимов
Вёрстка М. Ю. Соколов
Обложка Д. В. Юсим
Распространение Ю. А. Фенчева (shop@cta.ru)
Реклама Н. А. Антипов +7 (968) 567-30-06 (antipov.n@cta.ru)

Учредитель и издатель ООО «СТА-ПРЕСС»

Генеральный директор К. В. Седов

Адрес учредителя и издателя:

117279, г. Москва, ул. Профсоюзная, д. 108,
пом/ком/эт I/67/тех

Почтовый адрес: 117437, г. Москва,

Профсоюзная ул., 108

Тел.: (495) 232-00-87

shop@cta.ru • www.cta.ru

Производственно-практический журнал

Выходит 9 раз в год. Тираж 10 000 экз.

Цена свободная

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия (свидетельство ПИ № ФС77-18792 от 28 октября 2004 г.)

Отпечатано: ООО «МЕДИАКОЛОР».

Адрес: Москва, Сигнальный проезд, 19,
бизнес-центр Вэлдан.

Тел./факс: (499) 903-69-52

Перепечатка материалов допускается только с письменного разрешения редакции.

Ответственность за содержание рекламы несут рекламодатели.

Ответственность за содержание статей несут авторы.

Материалы, переданные редакции, не рецензируются и не возвращаются.

Мнение редакции не обязательно совпадает с мнением авторов.

Все упомянутые в публикациях журнала наименования продукции и товарные знаки являются собственностью соответствующих владельцев.

© СТА-ПРЕСС, 2025

Мы в соцсетях!



СОДЕРЖАНИЕ 3/2025

РЕКЛАМОДАТЕЛИ

EREMEX	4-я стр. обл.
GRAYHILL	41
LITEMAX	50
YONGGUI	3-я стр. обл.
Выставка «СВЯЗЬ-2025»	1
Выставка «ЭКСПОЭЛЕКТРОНИКА-2025»	15
Компонента	9
Остек-СМТ	2-я стр. обл.
ПРОСОФТ	45
Элеконд	13

ЭФФЕКТИВНОЕ ПРОИЗВОДСТВО: А ЧТО, ТАК МОЖНО БЫЛО?



Евгений Липкин,
генеральный директор Остек-СМТ
и Остек-Умные технологии

СМОТРИТЕ
НА КАНАЛЕ
СЭТА



СЛУШАЙТЕ
В ПОДКАСТЕ
СЭТА



ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ

4 Документация в Delta Design 4.0 – это просто!

Олег Сысоев, Анастасия Чекманова

ФОРМУЛА УСПЕХА

8 Kingtech: дисплейные решения на острие современных технологий

Алексей Кузнецов

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

10 Новые разработки роботизированных приставок-манипуляторов NDT к мультикоптерам для разных сфер применения

Дмитрий Пурпурсевич

16 Новые технологии для энергонезависимости и РЭА: опыт Китая

Андрей Кашкаров

ИНЖЕНЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ

21 Программная реализация импульсной модуляции сигналов регулирования

Олег Вальпа

24 Мигающие сигнализаторы для охранных систем

Александр Одинец

28 Позиционирование датчиков температуры интерфейса 1wire сканированием индуктивно-ёмкостных параметров линии

Андрей Шабронов

34 Система пожарной и охранной сигнализации для производственных помещений на базе программируемого реле ПР100 и панели ИПП120

Сергей Шишкин

42 Система мониторинга микроклимата

Олег Вальпа

46 Контроллер мониторинга электропроводки в помещении

Валерий Жижин

РЫНОК

52 Магнитотерапевтические установки и комплексы: обзор отечественного рынка и перспективы развития

Сергей Шишкин

Документация в Delta Design 4.0 – это просто!

Олег Сысоев, Анастасия Чекманова

Создание и согласование комплекта конструкторских документов (КД) может быть весьма рутинной и длительной задачей. Комплект КД на печатный узел (ПУ) по своей сложности занимает особое место в силу того, что ПУ является достаточно сложной сборочной единицей по своему составу и структуре. Чтобы максимально упростить процесс оформления комплекта КД на ПУ, в новой версии Delta Design 4.0 был основательно переработан набор инструментов для создания КД (Модуль КД), о котором и пойдёт речь в данной статье.

Подготовка элементной базы

Успешное создание комплекта КД во многом зависит от уровня подготовки библиотечных компонентов. Помимо соблюдения требований ГОСТ по оформлению УГО, следует также внимательно относиться к графическому наполнению посадочного места (ПМ) такими элементами, как контуры, маркировки на слое (Assembly), а также определённой на ПМ 3D-модели. Связано это с тем, что виды на чертеже можно размещать, используя как элементы из документа «Печатная плата», так и из 3D-вида на печатную плату (ПП) (рис. 1).

Кроме графической информации большую роль играет наполненность атрибутивной информации для ком-

понента. В Delta Design предусмотрены наборы атрибутов, которые могут быть как общими для всех семейств компонентов, так и уникальными для каждого. Список атрибутов определяется в стандартах Delta Design, а их заполнение происходит непосредственно в библиотечном компоненте. Особую важность играют атрибуты пассивных компонентов, применяемых по техническим условиям (ТУ) или ГОСТам. Значения атрибутов участвуют в формировании условного обозначения при заказе, которое, в свою очередь, попадает в автоматически формируемые отчёты (рис. 2).

Таким образом, можно сделать вывод, что для адекватного срабатывания алгоритмов генерации КД

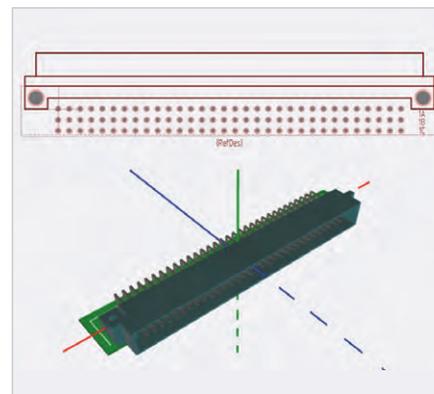


Рис. 1. Оформление посадочного места

необходимо ответственно подойти к наполнению данными библиотечных компонентов.

Наборы шаблонов для оформления КД

Автоматизация создания любого документа во многом зависит от набора шаблонных данных, содержащихся в системе проектирования. Возможность создавать, переопределять и применять такие шаблоны в разы ускоряет процесс разработки. В Delta Design местом хранения таких шаблонов являются «Стандарты».

Создание шаблона имен ✕

Результат:

Добавить атрибуты

Радиодеталь	Артикул	Посадочное место	Масса	ТУ	Раздел специф...	Номинал	ТКЕ	Точность	Напряжение
K10-90-50 B-10 пФ-±5-МПО	K10-90	САР10X05X07	0,1	ШУКР.673511.002	Прочие изделия	10 пФ	МПО	±5	50 В
K10-90-50 B-11 пФ-±5-МПО	K10-90	САР10X05X07	0,1	ШУКР.673511.002	Прочие изделия	11 пФ	МПО	±5	50 В
K10-90-50 B-12 пФ-±5-МПО	K10-90	САР10X05X07	0,1	ШУКР.673511.002	Прочие изделия	12 пФ	МПО	±5	50 В
K10-90-50 B-13 пФ-±5-МПО	K10-90	САР10X05X07	0,1	ШУКР.673511.002	Прочие изделия	13 пФ	МПО	±5	50 В
K10-90-50 B-15 пФ-±5-МПО	K10-90	САР10X05X07	0,1	ШУКР.673511.002	Прочие изделия	15 пФ	МПО	±5	50 В
K10-90-50 B-16 пФ-±5-МПО	K10-90	САР10X05X07	0,1	ШУКР.673511.002	Прочие изделия	16 пФ	МПО	±5	50 В
K10-90-50 B-18 пФ-±5-МПО	K10-90	САР10X05X07	0,1	ШУКР.673511.002	Прочие изделия	18 пФ	МПО	±5	50 В
K10-90-50 B-20 пФ-±5-МПО	K10-90	САР10X05X07	0,1	ШУКР.673511.002	Прочие изделия	20 пФ	МПО	±5	50 В
K10-90-50 B-22 пФ-±5-МПО	K10-90	САР10X05X07	0,1	ШУКР.673511.002	Прочие изделия	22 пФ	МПО	±5	50 В
K10-90-50 B-24 пФ-±5-МПО	K10-90	САР10X05X07	0,1	ШУКР.673511.002	Прочие изделия	24 пФ	МПО	±5	50 В

Рис. 2. Шаблон имён и набор параметров компонентов

При оформлении КД достаточно часто приходится сталкиваться с применением шаблонов, таких как форматы и штампы листов чертежей; форматы и штампы различных отчётов, в которые уже заложены программные механизмы по распределению и упорядочиванию данных, заполняемых в отчёте; шаблоны технических требований и шаблоны, в которых predetermined стили линий и текстов, отображаемых на чертежах.

В версии 4.0 стандарты были дополнены следующими шаблонными данными.

1. Раздел «Форматы и штампы» был дополнен разделом «ГОСТ Р 2023», в котором хранятся форматы, выполненные в соответствии с ГОСТ Р 2.104. В соответствии с этим же ГОСТом были добавлены форматы для отчётов.
2. Добавлен новый раздел «Шаблоны КД», в котором хранятся шаблоны текстов технических требований для таких документов, как схема электрическая принципиальная, сборочный чертёж, чертёж ПУ и чертёж многослойной ПП.
3. В настройках таблиц стилей добавлен новый раздел «Чертёж», в котором можно определить стили отображения линий, фигур и текста, применимых по умолчанию в редакторе чертежей.
4. В разделе «Материалы» для материалов, применяемых в стеке слоёв ПП, добавлены разделы «ТУ» и «Производитель», которые автоматически применяются при заполнении спецификации для многослойных ПП.

Оформление схемы электрической принципиальной

Основной набор настроек для оформления схемы уже был реализован в ранних версиях Delta Design. Среди этих настроек стоит выделить возможность выбора форматки и штампа, переход в режим редактирования форматки на схеме, выставление сетки выводов и проводников, редактирование УГО на схеме, возможность автоматически перенумеровать элементы на схеме, размещение встроенных блоков и т.д.

Однако существовал ряд задач, для решения которых необходимо было использовать обходные решения или выполнять ручное редактирование. Одной из таких задач было размещение таблицы силовых контактов. Известно, что на схеме допускается не отображать силовые выводы. При создании УГО для таких микросхем выводы отмечаются типом «Power», и это является признаком того, что такой вывод допускается не показывать на УГО. В редакторе схемы для подключения этих выводов используется настройка «Выводы питания», позволяющая назначить конкретные цепи для скрытых выводов. В версии Delta Design 4.0 добавилась возможность автоматически сформировать таблицу силовых выводов и разместить её на поле схемы. Пример оформления таблицы силовых контактов показан на рис. 3.

Как и в случае с любыми табличными данными, в данной таблице можно отредактировать текст в ячейках

Цепь	Контакт
GND	DD3-7, VT1-1, DD18, DD2-10, DD4-7
VCC	DD3-14, DD1-16, DD4-14
VCC+	DD2-5

Рис. 3. Таблица силовых контактов

и дополнить колонками и строками для указания дополнительных комментариев.

Для небольших схем с точки зрения количества компонентов в новой версии добавлена возможность размещения перечня элементов на поле схемы. При размещении перечня элементов на схему срабатывает механизм, который автоматически оценивает возможность размещения перечня на листе схемы. Если размеры листа недостаточны для того, чтобы целиком вместить перечень элементов, система об этом предупредит. В случае, если размеры листа позволяют разместить перечень, он будет автоматически размещён над основной надписью схемы.

Ранее в статье упоминалось о наличии в стандартах шаблонов технических требований для схемы. В редакторе схемы добавилась отдельная кнопка «Тех. требования для схемы (ТТ для ЭЗ)», позволяющая разместить текстовый блок, заполненный по умолчанию техническими требованиями из шаблона в стандартах.

В наборе инструментов «Рисование» добавилась возможность размещать таблицу. Например, это может быть полезно, если на схеме необходимо указать режимы работы при пере-

Допуск на габаритный размер: h12	
<input type="checkbox"/> Включать пустые разделы	
Имя раздела	Кол-во резервных строк
<input checked="" type="checkbox"/> Документация	0
<input type="checkbox"/> Комплексы	0
<input checked="" type="checkbox"/> Сборочные единицы	0
<input checked="" type="checkbox"/> Детали	0
<input checked="" type="checkbox"/> Стандартные изделия	0
<input checked="" type="checkbox"/> Прочие изделия	0
<input type="checkbox"/> Материалы	0
<input type="checkbox"/> Комплекты	0

Рис. 4. Настройки спецификации

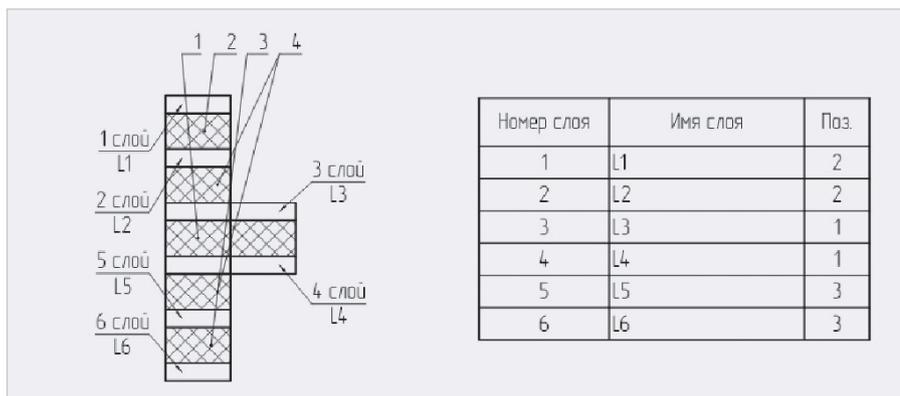


Рис. 5. Стек и таблица структуры слоёв печатной платы

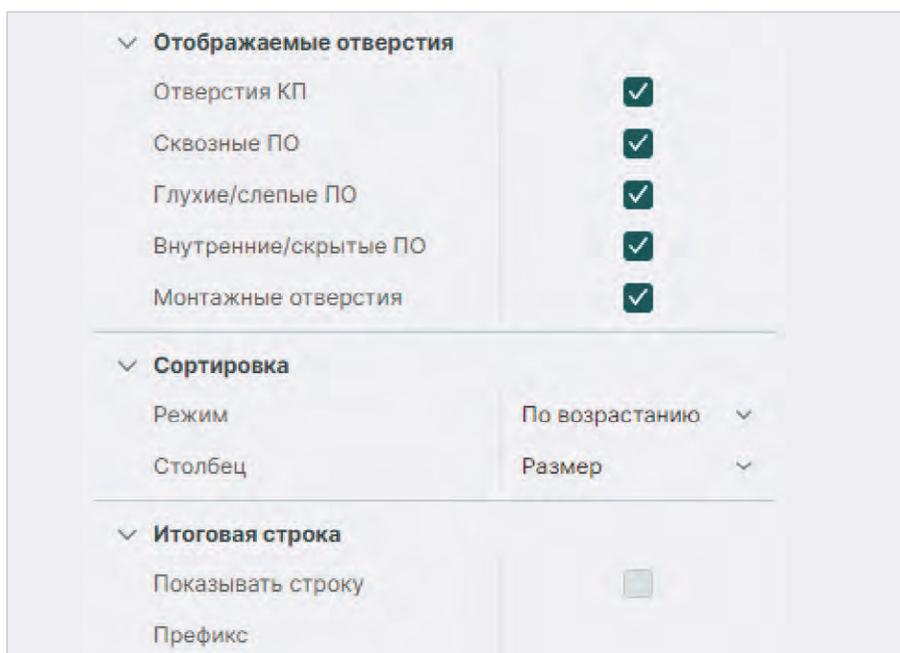


Рис. 7. Управление содержимым таблицы

ключении джампером, управляющим режимами загрузки на разъёме.

Для схем, выполненных на больших листах, например, формата A1, A0, добавилась возможность разбиения поля на зоны. При разбиении схемы на зоны создаётся перечень элементов с графой «Зона», в которой зоны заполняются автоматически.

Оформление отчётов

В ранних версиях Delta Design была возможность создания отчётов, таких как перечень элементов (плоский и иерархический) и ведомость покупных изделий. Новая версия была дополнена настройками отчётов, а также добавился отчёт «Спецификация».

Основной задачей настроек отчётов является формирование требований, которые должны быть выполнены при автоматической генерации или обновлении отчёта. Так как отчёты «Перечень элементов», «Ведомость покупных изде-

лий» и «Спецификация» являются текстовыми документами, разбитыми на графы, настройки позволяют автоматически задать правила заполнения граф. Формально настройки отчётов можно разбить на три группы: настройки отображения элементов отчёта, настройки формата данных, заполняемых в отчётах, настройки форматок и заполнения атрибутов форматок. В зависимости от типа отчёта содержание настроек может меняться.

Общими для всех отчётов являются настройки для управления отображением элементов отчёта. Такие настройки позволяют задать количество пустых строк, необходимых для разделения групп или разделов, правила переноса групп записей на другой лист, правила размещения текста в записях и заголовках. В версии Delta Design 4.0 добавилась возможность управления форматом записи «Разделителя элементов». Например, пере-



Рис. 6. Свойства отверстий в настройках таблицы сверловки

числение резисторов в колонке «Поз. Обозначение» может выглядеть так:

R18, R19	P1-12-250 мВт-12 кОм±5%-А АБШК.434110.023	2
----------	---	---

В данном случае разделитель элементов – только запятая. Если необходимо, чтобы при автоматическом формировании перечня последовательность разделялась пробелом и запятой, можно воспользоваться настройкой «Разделитель элементов» и изменить в нём формат разделителя.

R18, R19	P1-12-250 мВт-12 кОм±5%-А АБШК.434110.023	2
----------	---	---

Для настроек формата данных, которыми будут заполнены отчёты, существует набор настроек «Колонки». Данный набор настроек доступен для отчётов «Перечень элементов» и «Ведомости покупных изделий». Для записи условного обозначения компонента в отчёт можно воспользоваться набором атрибутов, которые были заполнены на этапе создания библиотечного компонента. Данные атрибуты можно комбинировать в различном порядке, используя различные разделители между ними. Важной особенностью данных настроек является указание компонентов с параметрами подбора. Если на схеме принципиальной у компонента в свойствах указаны параметры подбора, то их можно использовать для заполнения колонки «Примечание».

Спецификация

Среди прочих отчётов в Delta Design появилась возможность сформировать

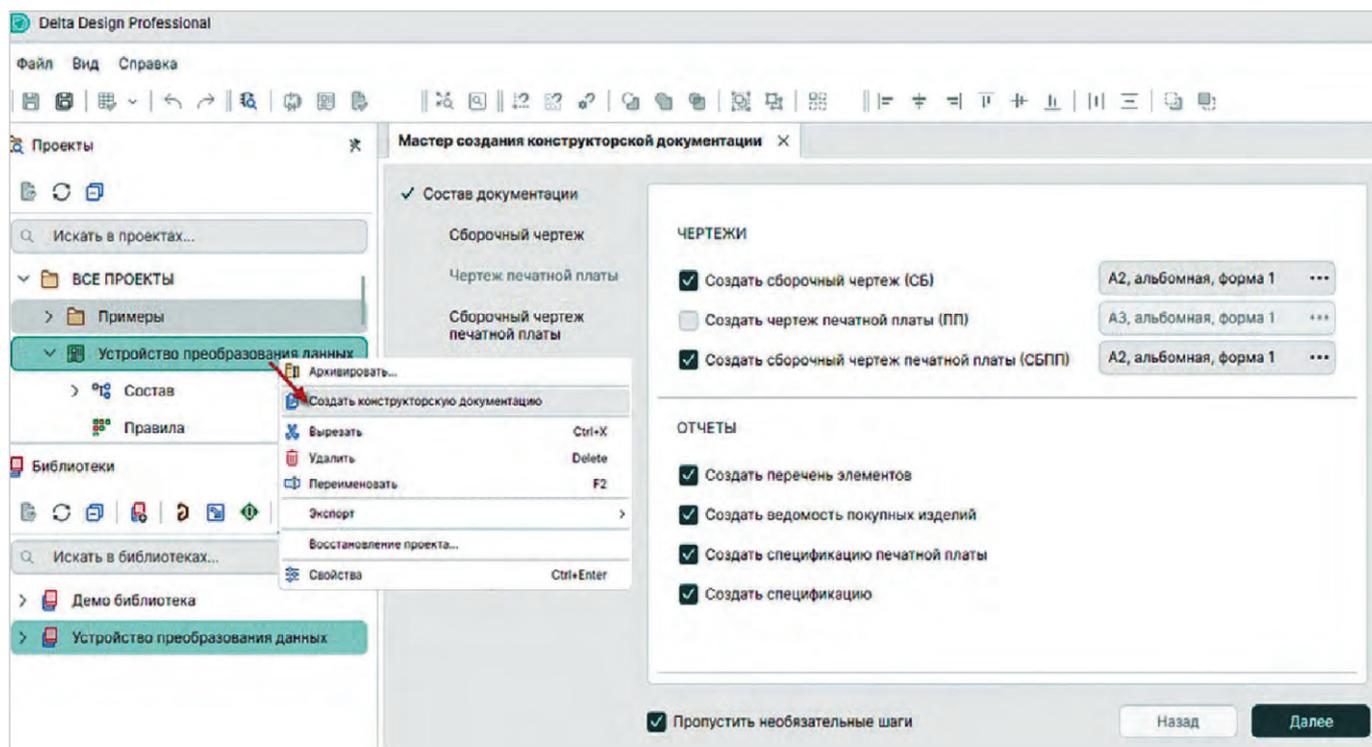


Рис. 8. Мастер создания комплекта КД

отчёт «Спецификация». Автоматическое формирование спецификации доступно как для сборочного чертежа печатного узла, так и для сборочного чертежа многослойных печатных плат.

У отчёта «Спецификация» есть ряд характерных настроек, показанных на рис. 4.

С помощью настроек можно управлять отображением разделов спецификации, а также указать количество зарезервированных строк после каждого раздела. Настройка допуска на габаритные и присоединительные размеры актуальна для спецификации на многослойную ПП.

При формировании спецификации программа анализирует состав проекта и состав ПУ. Из состава проекта автоматически заполняется раздел «Документация». Элементы ПУ попадают в разделы «Прочие изделия» или «Стандартные изделия». Решение о том, в какой раздел попадёт радиодеталь, принимается исходя из заполненных атрибутов. Если у радиодетали заполнен атрибут «ТУ», то такая радиодеталь попадает в раздел «Прочие изделия», если заполнен атрибут «ГОСТ», то в раздел «Стандартные изделия». В спецификацию на многослойную печатную плату попадает информация о размере печатной платы, о материалах, которые были указаны на этапе формирования стека слоёв печатной платы.

Разделы спецификации, которые нельзя сформировать автоматически, могут быть заполнены вручную.

Чертёж печатной платы

Для формирования чертежа на печатную плату стал доступен инструмент для отображения на чертеже структуры слоёв ПП. Структуру слоёв можно отразить как в виде стека слоёв печатной платы, так и в виде таблицы. Наиболее наглядно данные функции продемонстрированы на рис. 5, где показаны стек и таблица слоёв для гибко-жесткой платы (рис. 5).

В новой версии основательно переработаны настройки таблицы сверловки. В настройках увеличился набор свойств отверстий, которые можно отразить в таблице, а также появилась возможность установить ширину колонок по умолчанию (рис. 6).

Также можно управлять наполнением таблицы, исключая те или иные типы отверстий, выполняя сортировку и отображая итоговую строку для указания суммарного количества отверстий (рис. 7).

Для упрощения работы с техническими требованиями доступна возможность разместить шаблон технических требований из «Стандартов». Для чертежа на печатный узел и на многослойную печатную плату предусмотрены разные шаблоны технических требований.

Мастер создания комплекта КД

Для реализации концепта «КД по одной кнопке» был разработан и продолжает активно развиваться мастер создания КД. Слово «мастер» предполагает набор шагов, по которым необходимо последовательно пройти. В каждом шаге мастера указываются настройки, в соответствии с которыми будут получены документы (рис. 8).

Исходными данными для работы мастера являются схема электрическая принципиальная, библиотечные компоненты с заполненными атрибутами, документ «Плата» и 3D-модель платы. На основе данных документов мастером могут быть сгенерированы такие документы, как перечень элементов, ведомость покупных изделий, спецификация, спецификация на печатную плату, сборочный чертёж, сборочный чертёж на печатную плату, чертёж печатной платы.

Развитие функционала модуля КД в версии Delta Design 4.0 дало возможность получать основной комплект КД в автоматическом режиме. Добавление новых видов документов и развитие инструментов для оформления КД позволит завершать процесс оформления КД в одной программе, сокращая участие других САПР.

Kingtech: дисплейные решения на острие современных технологий

Алексей Кузнецов (info@komponenta.ru, www.komponenta.ru)

Компания Kingtech Group Co., Ltd. на протяжении более двух десятилетий уверенно занимает лидирующие позиции в сегменте OEM/ODM-производства дисплеев. С момента основания в 2003 году Kingtech прошла длинный путь от дистрибьютора ЖК-панелей и драйверов до высокотехнологичного производителя комплексных решений в области TFT LCD, AMOLED и сенсорных дисплеев.

О компании

Первоначально компания занималась дистрибуцией ЖК-панелей и драйверных микросхем, что создало ей репутацию эксперта в области жидкокристаллических технологий. Однако уже в 2006 году было принято стратегическое решение начать разработку собственных модулей дисплеев. Свой отдел исследований и разработок (R&D) позволил Kingtech перейти к самостоятельному производству и экспорту изделий, соответствующих международным стандартам.

Kingtech постоянно инвестирует в развитие новых технологий, совершенствует производственные процессы и выстраивает долгосрочные стратегические партнёрства с ведущими мировыми поставщиками матриц, такими как Samsung, Innolux, HannStar, BOE, TIANMA и SHARP. Такой подход позволяет компании адаптироваться к требованиям динамично развивающегося рынка микроэлектроники и сохранять лидерство в своей нише.

Разнообразие – ключ к успеху

Одной из сильных сторон Kingtech является широкая продуктовая линейка. Ассортимент изделий варьируется от модулей размером менее одного дюйма до дисплеев с диагональю свыше 27" и включает в себя следующее.

- **Модули TFT LCD.** Характеризуются высокой яркостью, широкими углами обзора и точной цветопередачей.

Благодаря технологиям трансфлективного и IPS-исполнения обеспечивается отличная читаемость как при ярком солнечном свете, так и в условиях низкой освещённости.

- **AMOLED/OLED дисплейные модули.** Благодаря отсутствию подсветки такие дисплеи имеют сверхтонкий профиль и низкое энергопотребление. Они применяются в носимой электронике, умных часах, а также в портативных устройствах, где важны высокие контрастность и насыщенность цветов.
- **Дисплеи с сенсорными экранами.** Kingtech производит как резистивные, так и ёмкостные сенсорные панели, что позволяет учитывать специфические требования заказчиков. Технологии интеграции защитного стекла, антиотпечатков и антибликовых покрытий позволяют обеспечить надёжную работу сенсорных интерфейсов даже в экстремальных условиях.
- **Комплексные решения с платой управления.** Помимо базовых модулей, компания предлагает сборки, включающие HDMI-выход, поддержку операционных систем Linux и Android, а также различные интерфейсы (UART, LVDS, MIPI). Это готовые решения для широкого спектра применений: от POS-терминалов до промышленных панелей управления. Такой ассортимент позволяет учитывать специфику применения дис-

плеев в разных отраслях. Например, для медицинской электроники важна высокая точность цветопередачи и стабильность работы при широком диапазоне температур. В промышленности и в автомобильном сегменте требуется высокая надёжность и стабильность в жёстких условиях, а для умного дома – энергосбережение и элегантный дизайн. Благодаря гибкому подходу Kingtech всегда предложит лучшее решение с учётом требований.

Примеры актуальных изделий

Для иллюстрации высокого уровня инженерного мастерства и технологических возможностей компании приведём несколько примеров продукции Kingtech.

1,39" круглый AMOLED-дисплей

Это изделие сочетает в себе ультратонкий профиль, высокую яркость и насыщенную цветопередачу благодаря технологии AMOLED. С разрешением 454×454 пикселя дисплей обеспечивает идеальное качество изображения даже при низком энергопотреблении. Благодаря компактным размерам и поддержке мультитач этот модуль применяется в носимых устройствах, таких как умные часы и фитнес-браслеты, а также в медицинских приборах, где требуется высокая точность отображения информации в минимальных габаритах.

10,1" TFT LCD-модуль с IPS-матрицей

Данный дисплей характеризуется разрешением 1280×800 пикселей и высокой яркостью – до 1000 нит. IPS-технология обеспечивает широкие углы обзора и стабильную цветопередачу, что особенно важно для использования в POS-терминалах, промышленных системах управления и информационных киосках. Наличие различных интерфейсов, таких как LVDS и MIPI, позволяет интегрировать этот модуль в сложные информационные системы и приборы, требующие надёжной и долговременной



работы даже в экстремальных температурных условиях.

Модуль дисплея с интегрированной платой управления и сенсорным экраном

Компания Kingtech предлагает дисплеи в комплекте с платой управления, поддерживающей операционные системы Linux или Android. Такие изделия широко используются в системах безопасности, умном доме и в портативных устройствах. Наличие ёмкостного сенсорного экрана, а также возможности подключения через HDMI или UART позволяют создавать интуитивно понятные интерфейсы для управления сложными системами. Высокая степень индивидуализации позволяет адаптировать устройство под конкретные требования заказчика, включая особенности корпуса, интерфейсы подключения и программное обеспечение.

Дисплеи Innolux, адаптированные под нужды специализированного оборудования

Kingtech является официальным агентом по ряду моделей дисплеев

Innolux. Например, 10,1" TFT-модуль с разрешением 1280×800, выполненный по технологии Innolux, применяется в медицинском оборудовании, где требуется высокая точность цветопередачи и надёжная работа в течение длительного времени. Такие дисплеи также применяются в автомобильной электронике, где критически важны высокая устойчивость к вибрациям и температурным колебаниям.

Специализированные решения для умного дома и IoT

Для рынка IoT Kingtech предлагает дисплеи с интегрированными сенсорными функциями и поддержкой беспроводных интерфейсов, что позволяет создавать компактные и энергоэффективные панели управления для систем умного дома. Продукты, рассчитанные на работу в широком температурном диапазоне, обеспечивают отображение информации даже при неблагоприятных климатических условиях.

Заключение

Kingtech успешно объединила экспертные компетенции, технологич-

ный подход и гибкость в отношениях с заказчиком. Компания делает ставку на инновации и расширение ассортимента продукции, включающего TFT LCD- и AMOLED-дисплеи, модули с сенсорными экранами и комплексные решения с платами управления. Это помогает ей занимать ключевую нишу на рынке микроэлектроники и оперативно удовлетворять потребности самых требовательных заказчиков по всему миру.

Гибкость в заказе малых и средних серий, индивидуальный подход к проектированию и комплексная техническая поддержка делают компанию идеальным партнёром для тех, кто стремится к внедрению передовых технологий в своих продуктах.

Специалисты АО «Компонента» – официального дистрибьютора дисплейной продукции Kingtech в России хорошо знают рынок электронных компонентов и помогают клиентам на всех этапах – от подбора оптимальных решений до организации поставок продукции. Сотрудничая с нами, вы получаете не только качественную продукцию, но и надёжного партнёра в сфере микроэлектроники.

KINGTECH

Высокотехнологичные дисплеи Kingtech для зарядных станций электромобилей



На правах рекламы

Решение с высокой яркостью
Широкий диапазон рабочих температур

Яркость: 1000 нит
Рабочая температура: -30...+80°C
Защита от ультрафиолета



 **Komponenta**® АО «Компонента» — официальный дистрибутор KINGTECH в России

 8 495 150 2 150
 www.komponenta.ru
 info@komponenta.ru

Новые разработки роботизированных приставок-манипуляторов NDT к мультикоптерам для разных сфер применения

Дмитрий Пурпуревич

Возможности дронов (мультикоптеров, БПЛА) постоянно расширяются. В статье рассматриваются новейшие разработки иностранных и отечественных компаний в области электронных роботизированных устройств-манипуляторов как элементов инспекционных беспилотников NDT. Главное в инновационных разработках – неразрушающее действие с очень серьёзными перспективами развития направления.

Электронные управляемые «руки» из Италии

В 2023 году итальянская технологическая компания Neabotics представила мультикоптер с электронным манипулятором, снабжённый сферическим «запястьем», который можно использовать для обслуживания высоковольтных линий электропередач без риска поражения электрическим током и падения с высоты для человека. Среди новейших разработок компании, действующей на международном рынке с 2018 года (Via Coroglio 57, 80124, Неаполь, Италия), производство промышленного оборудования.

Беспилотник NDT с роботизированной рукой-манипулятором в режиме реального времени обеспечивает высококачественные измерения, сопоставимые с теми, что выполняются специализированными опера-

торами-людьми. Устройство полезно в геометрически сложных условиях, где другие системы беспилотников, способные выполнять измерения только через ортогональный доступ, не справляются. Тем не менее уже созданы модели для разного назначения, и созданы они не только в Италии, но также в России и других странах. Что касается инноваций от Neabotics, их отличает, кроме прочего, сверхлёгкий корпус из карбонового материала, который оказался полезен и для замкнутых пространств.

Дроны-манипуляторы от Neabotics

С помощью специализированного БПЛА NDT можно упростить проверки в опасных средах, таких как высотные конструкции или замкнутые пространства. Теперь не нужно строить

«леса со стропилами» и отправлять на них оператора с оборудованием: электронный БПЛА с манипулятором обеспечит выполнение задачи быстрее и качественнее. Устройство весит чуть более 4 кг и поднимает нагрузку лишь немного меньшего значения – 3,5 кг. Оно позволяет устанавливать устройства для отпугивания птиц, монтировать на линии электропередач (ЛЭП) габаритные световые огни (для безопасности полёта малой авиации и обозначения ЛЭП), менять электроизоляторы и небольшие элементы конструкции ЛЭП с меньшим риском и затратами, чем когда действуют люди. Такие устройства также могут окрашивать защитным слоем (или иной краской) опоры, предотвращая их коррозию. Подробнее об этом в [1]. На рис. 1 представлен дрон для регламентных работ на ЛЭП.

В мае 2024 года стало известно о беспилотном летательном аппарате, который использует ультразвуковую (УЗ) технологию для проверки бетонных конструкций (рис. 2). Компания Neabotics работала над созданием управляемого электронного манипулятора – «механической руки» – с 2020 года. Компания – один из лидеров в области разработок индивидуальных автоматизированных решений для разных целей, исходя из потребностей заказчиков. Наклоняемый дрон – испытатель бетона с ультразвуковыми чувствительными датчиками, оснащённый прочным экраном для работы в закрытых и особо сложных условиях, представлен на рис. 2.

Устройство предназначено для выполнения косвенных измерений УТ для определения качества бетона. Дрон может достигать и поддерживать стабильный контакт с измеряемыми поверхностями, гарантируя силу притяжения (давления на поверхность) до 1 кг, измеряемую и контролируруемую в режиме реального времени. Благодаря роботизированной системе пози-



Рис. 1. Дрон-манипулятор для регламентных работ на ЛЭП



Рис. 3. БПЛА для надводных и подводных исследований [6]



Рис. 4. Внешний вид дрона-манипулятора для забора проб воды

ционирования уже созданные модели дронов могут автоматически позиционировать 2-3 зонда формата UT с размещением (отстоянием) на расстоянии от 25 до 100 см с выбираемым шагом [7, 8].

Управляемый многоразовый БПЛА, оснащённый роботизированной «рукой» и миниатюрным 6-осевым датчиком силы и момента, способным контактировать с различными датчиками измерения неразрушающего контроля (УТ, EMat, вихревые токи), поможет во многих сферах. Контроль параметров (измерение) притяжения устройства к опоре обеспечивается с помощью датчиков с частотой опроса 500 Гц. Подробнее об этом можно прочитать в [9]. Вот почему такой БПЛА может применять стабильную силу контакта и одновременно гарантировать идеальное прилегание и выравнивание измерительной системы даже в сложных рабочих условиях. БПЛА с изменяемой траекторией полёта, с возможностью наклонов в разных угловых форматах и изменения угловой скорости, оснащённый прочным (устойчивым к воздействиям среды – песка, пыли, влажности и воды) дисплеем, востребован для работы в токсичных средах и особо сложных условиях.

Роботизированный комплекс состоит из БПЛА, который может наклоняться под разными углами, а также специального измерительного инструмента, устанавливаемого опционально спереди или сверху основной конструкции. Предусмотрено несколько датчиков (датчик нагрузки, УЗ-сенсоры для измерения качества бетона и др.) и камера Time-Of-Flight (ToF), формирующая изображение в формате «уда-

лённого портрета». Расчёт глубины и расстояний обеспечивается с помощью технологии измерения времени полёта (ToF) в соответствии с алгоритмами, используемыми в радарах. Благодаря этому формируется изображение, подобное радиолокационным портретам, за исключением того, что для его построения задействован световой импульс вместо радиочастотного сигнала.

Глубоководный дрон

Беспилотный летательный аппарат, способный выполнять многоспектральные исследования, а также задачи по обследованию в видимом поле, может приземляться на воду, двигаться не только по поверхности акватории даже при волнах высотой до 1,5 м, а также нести и выпускать измерительный зонд для проведения исследований на месте в толще воды на глубине до 250 м. Внешний вид конструкции представлен на рис. 3.

Измерительный зонд может быть с разными техническими параметрами, главное, что он передаёт данные дистанционно и обладает высоким метрологическим быстродействием. В соответствии с оснащением и датчиками устройство обеспечивает одновременное измерение pH, хлорофилла, PAR, солёности, температуры, давления или наличия углеводов, CO₂ и других параметров. Полезная нагрузка специализирована до 5 кг, что в соответствии с параметрами АКБ гарантирует дальность полёта и время проведения работ (измерений) до 40 минут (рис. 4).

Беспилотник доступен для удалённого программирования и выполнения автономных миссий [6]. Ранее «Современная электроника» писала об особенностях влаго-, взрыво- и пылезащищённого электронного оборудования [2, 3].

На рис. 5 представлен вид на печатную плату дрона.

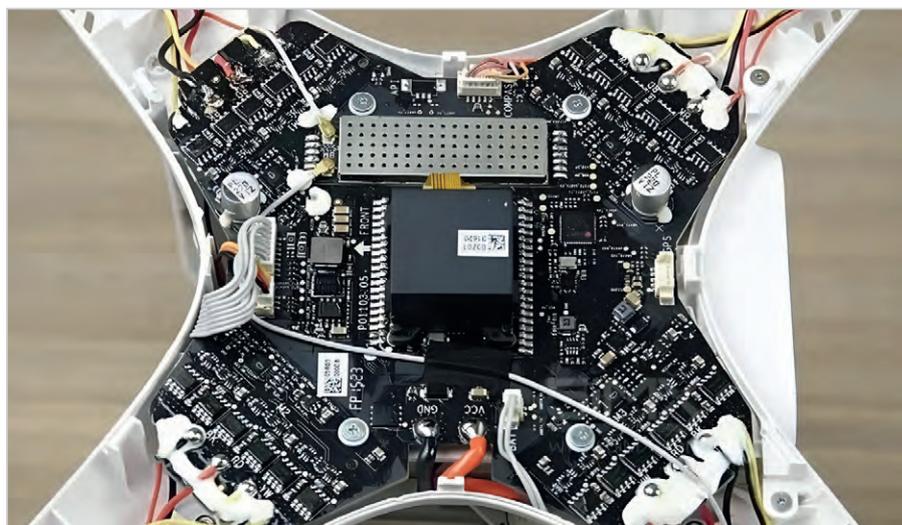


Рис. 5. Вид на печатную плату дрона

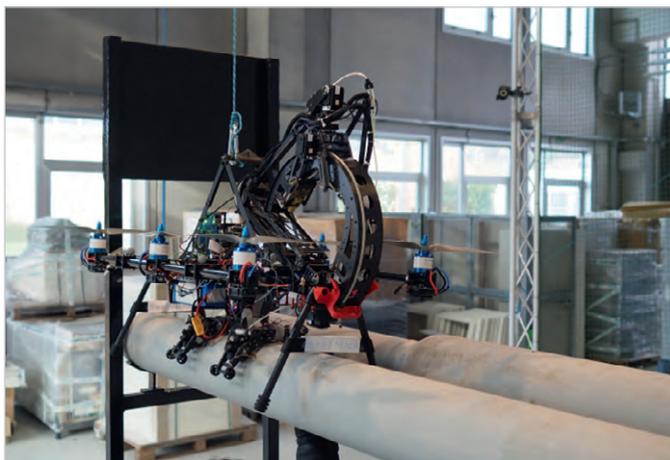


Рис. 6. Беспилотник NDT для инспекции трубопроводов [8]



Рис. 7. Роботизированный комплекс от Neabotics

Беспилотник для инспекции труб NDT

Многофункциональный дрон с гибридным способом управления и манипуляций оснащён специально разработанной всенаправленной мобильной базой с возможностью приземления на трубопроводы для установки электронных систем измерения неразрушающего контроля (УТ, eMat, вихревые токи, измерение магнитного поля, прецизионная тепловая съёмка и измерение других параметров). Устройство представлено на рис. 6.

Благодаря запатентованной базе после приземления можно проводить измерения почти в любом месте с функцией энергосбережения, экономя потребление электроэнергии от АКБ. Аппарат оснащён небольшой роботизированной рукой для работ по техническому обслуживанию или обследований в закрытых и очень сложных условиях [7, 8]. На рис. 7 представлен роботизированный комплекс от Neabotics для регламентных работ и поиска неисправностей в трубопроводах.

По фактору перемещения и траектории с учётом малых размеров и веса мультикоптера дистанционно управляемое летающее электронное устройство напоминает муху или осу с возможностью быстро перемещаться в разных направлениях. О дроне крайне малых размеров, разработанном в Голландии, можно прочесть в [4]. Это устройство (рис. 8) не только перемещается, как муха, и имеет возможность садиться на потолок, но также может рассчитывать маршрут, фиксировать его в электронной памяти и таким образом запоминать путь, подобно пчёлам и муравьям, обходя при этом любые физические препятствия.

Способы нейтрализации

Уместно упомянуть о возможности нейтрализации подобных электронных систем с непредсказуемой траекторией полета. Это аналог системы электронного поражения комаров, мух, пчел, почти всех летающих натуральных объектов – инципиентов. На рис. 9 представлен вид бытового устройства для поражения мух.

Таким же образом, как представляется автору, можно бороться и с микродронами. Речь идёт о защитной сетке широкого поля (размера), на элементы которой подаётся высокое напряжение в импульсном режиме при подлёте микродрона. И конечно, для нейтрализации дронов малого форм-фактора достаточно электронного устройства TG2000-121A для глушения радиосигналов даже небольшой мощности, действующего на соответствующих частотах (рис. 10) в радиусе 50 метров.

Примеры в проектировании мехатроники

Autonomous Pipe Inspection Robot (APIBOT) позиционируют как автономный робот для осмотра труб и трубопроводов, в том числе в токсичных условиях и опасных средах. В этом смысле электроника действительно творит чудеса, так как БПЛА с управляемыми манипуляторами буквально подменяют присутствие тестировщика или специалиста – человека, то есть позволяют решать задачи без привлечения человека непосредственно



Рис. 8. БПЛА миниатюрных размеров производства Голландии



Рис. 9. Вид бытового устройства для поражения мух

в опасной ситуации. Концепция дальнейшего развития этого направления оправдана: человеческая жизнь, особенно специально обученного (подготовленного) специалиста, бесценна, а потерять дрон в случае аварии или непредвиденных ситуаций не страшно.

Речь об инновационной роботизированной системе для измерения коррозии подвесных трубопроводов. Устройство представляет собой мобильный вездеход с возможностями стабилизировать состояние (в полёте – зависать, барражировать) над трубой и даже перемещаться по разным её участкам. Таким образом, малый БПЛА с условно небольшой себестоимостью может выполнять непрерывные измерения вокруг трубы и тестирования состояний трубопроводов, измерения фона, поиска протечек, повреждённых мест, благодаря ультразвуковым и ЕМАС-датчикам высокой и дистанционно управляемой чувствительности.

Коллектив AERIAL-CORE разрабатывает интегрированную когнитивную роботизированную систему, обладающую беспрецедентными возможностями по дальности действия и



Рис. 10. Пример устройства глушения радиочастот для нейтрализации дронов малого форм-фактора

безопасности при взаимодействии с объектами, в том числе в воздухе, для приложений с функционалом инспектирования и обслуживания крупных линейных инфраструктур. В этом смысле обслуживание ЛЭП без непосредственного участия оператора на месте – только один из примеров.

Реализация когнитивных возможностей для восприятия и объединения в единый командный формат определяет «воздушный морфинг» для обеспечения устойчивой работоспособности

устройств на больших расстояниях и зависаний для локальных наблюдений, манипуляций в силовых цепях энергоснабжения, взаимодействий с другими БПЛА и совместной работы с операторами.

Российские реалии и разработки

В Подмоскowie 1 июня 2024 года завершил работу юбилейный XV Международный салон «Комплексная безопасность 2024». Одним из крупнейших

РАЗРАБОТКА И ПРОИЗВОДСТВО КОНДЕНСАТОРОВ

<p>Оксидно-электролитические алюминиевые конденсаторы K50-... Номинальное напряжение, $U_{ном}$, В, Номинальная емкость, $C_{ном}$, мкФ, Диапазон температур среды при эксплуатации, $T_{ср}$, °С</p>	<p>3,2 ... 485 1,0 ... 470 000 -60 ... 125</p>	
<p>Объемно-пористые танталовые конденсаторы K52-... Номинальное напряжение, $U_{ном}$, В, Номинальная емкость, $C_{ном}$, мкФ, Диапазон температур среды при эксплуатации, $T_{ср}$, °С</p>	<p>3,2 ... 200 1,5 ... 60 000 -60 ... 175</p>	
<p>Оксидно-полупроводниковые танталовые конденсаторы K53-... Номинальное напряжение, $U_{ном}$, В, Номинальная емкость, $C_{ном}$, мкФ, Диапазон температур среды при эксплуатации, $T_{ср}$, °С</p>	<p>2,5 ... 63 0,033 ... 2 200 -60 ... 175</p>	
<p>Суперконденсаторы K58-... Номинальное напряжение, $U_{ном}$, В, Номинальная емкость, $C_{ном}$, Ф, Диапазон температур среды и эксплуатации, $T_{ср}$, °С</p>	<p>2,5 ... 2,7 1,0 ... 4 700 -60 ... 65</p>	
<p>Накопители электрической энергии на основе модульной сборки суперконденсаторов НЭЭ, МИК, МИЧ, ИТИ Номинальное напряжение, $U_{ном}$, В, Номинальная емкость, $C_{ном}$, Ф, Диапазон температур среды при эксплуатации, $T_{ср}$, °С</p>	<p>5,0 ... 48 0,08 ... 783 -60 ... 65</p>	

Россия, 427968, Удмуртская Республика, г. Сарапул, ул. Калинина, 3
 Тел.: (34147) 2-99-53, 2-99-89, 2-99-77, факс: (34147) 4-32-48, 4-27-53
 e-mail: elecond-market@elcudm.ru, www.elecond.ru

Реклама

экспонентов события стала «Национальная компьютерная корпорация» (НКК), где была представлена инновационная концепция комплексного обеспечения безопасности. Такое же название носит ИТ-решение, цифровые паспорт безопасности предприятий, управляющие информационно-аналитические системы, системы мониторинга и другие технические элементы [5]. Главный идеолог концепции (КОБ) Александр Петрович Чуприян – сегодня советник генерального директора «Национальной компьютерной корпорации» по комплексной безопасности – достаточно компетентен в новом бизнес-направлении. Ранее генерал-полковник Чуприян работал заместителем министра МЧС и исполнял обязанности главы ведомства длительное время после трагической гибели министра Е.Н. Зиничева 8 сентября 2021 года.

Кроме концепций есть и реальные достижения. Российская компания «Нейроботикс» разработала беспилотный летательный аппарат, который управляется силой мысли, сообщает «Ридус» со ссылкой на пресс-службу Национальной технологической инициативы (НТИ). Инженеры связали дрон с нейроинтерфейсом, благодаря чему электронное устройство может управляться с помощью мозговых импульсов, то есть нейроинтерфейса.

Разработчики связали нейрогартитуру NeuroPlay и квадрокоптер «Пионер Мини» компании «Геоскан». Пользователю доступны три команды: «Стоять» (необходимо нейтральное ментальное состояние), «Вперёд» (концентрация внимания), «Поворот» (расслабление). Скрипт, написанный на платформе Python, связывается с устройством и создаёт облачный http-сервер, к которому обращается приложение нейроинтерфейса. Причём команды можно подавать даже голосом, как собаке: интеллектуальная электронная система с помощью искусственного интеллекта распознаёт звуковые команды, поданные оператором, и преобразовывает их в управляющие импульсы. А они уже способствуют действию непосредственно БПЛА, то есть управляют траекторией полёта и посадки в нужном месте.

Перспективы развития направления

В перспективах уместно рассматривать несколько направлений развития технологий, в частности, остановимся на трёх. Это индивидуальное прототипирование

дистанционно управляемых человеком электронных конструкций: быстрое создание прототипов индивидуальных роботизированных и автоматизированных решений на основе требований заказчика. Второе – возможности соревнований дронов малого форм-фактора как новой дисциплины в спорте международного уровня. Уже запланированы состязания на нейрокоттерах. Участникам соревнований нужно будет натренировать свой мозг так, чтобы электронный управляемый аппарат летел быстрее всех и по заданной траектории.

Так, изобретения и разработки становятся полезным инструментом при проведении соревнований беспилотников и, что самое главное, могут помочь с реабилитацией людям с ограниченными возможностями здоровья, с парциальным (ненарушенным) интеллектом, к примеру тем, кто имеет подтверждённый диагноз ДЦП. Кроме того, подобные устройства можно использовать для улучшения навыков концентрации внимания и последующего восстановления после травм. Таким образом, разработки имеют перспективы и в медицинской сфере. Перспективы НИОКР в области робототехнических решений также достойны внимания. Благодаря разработкам в сервисной робототехнике и сотрудничеству с научно-исследовательскими институтами, университетами расширяются услуги по исследованиям и разработкам при внедрении инноваций с помощью полностью индивидуальных роботизированных решений.

Также к числу перспективных идей относятся комплексное обеспечение безопасности промышленных предприятий, неразрушающий контроль перемещения птиц, отбор проб воздуха и воды и другие возможности.

Выводы

Один из параметров для манипуляторов небольших электронных конструкций определяется как «степень свободы»: захват с датчиком силы/крутящего момента сверхлёгкой роботизированной руки с контролем пространства (DoF – параметр глубины пространства). Представленные в статье устройства имеют индекс DoF «5», а некоторые модели уже имеют сферические запястья. Следующие поколения будут иметь индекс от 6 и выше.

Сегодня как никогда важно предиктивное управление рисками, это ключевой принцип комплексного обе-

спечения безопасности (КОБ): возможность влиять на события безопасности задолго до того, как инцидент станет необратимым. Пока на промышленных предприятиях России задействованы только элементы КОБ без целостной системы превентивных мер. Для этого подходят электронные управляемые манипуляторы, совмещённые с мультикоптерами разного форм-фактора и БПЛА в целом.

Есть и другой аспект, важный для разработчиков современной РЭА. Можно ли называть достижениями и отдельными разработками то, что сделано на основе существующих решений? Однако патентная практика свидетельствует о том, что подобные разработки в зависимости от конкретной ситуации, технической новизны разработки могут позиционироваться и как самостоятельные изобретения, и как формальные рацпредложения по усовершенствованию уже ранее созданных конструкций. В любом случае они связаны как с работой технической мысли профильных специалистов, так и с новыми достижениями в области современной электроники.

Литература

1. Дрон Neabotics. URL: <https://www.tadviser.ru/a/811425>.
2. *Кашкаров А.* Конструктивные особенности антивандального и взрывозащитного оборудования // СТА. 2024. № 2. URL: <https://www.cta.ru/articles/cta/obzory/179886/>.
3. *Ласорла А.* Проблематика влагостойкости РЭА. Усиление защиты доступными способами // Современная электроника. 2023. № 9. URL: <https://www.cta.ru/articles/soel/2023/2023-9/169851>.
4. «Нейроботикс» создала беспилотный летательный аппарат, управляемый силой мысли. URL: <https://habr.com/ru/news/777608/>.
5. НКК: Комплексное обеспечение безопасности – новый взгляд на защиту промышленных предприятий. URL: <https://www.tadviser.ru/a/817270>.
6. URL: <http://www.neabotics.com/index.php/component/k2/item/4-deep-water-drone>.
7. URL: <http://www.neabotics.com/index.php/component/k2/item/2-ndt-inspection-drone>.
8. URL: <http://www.neabotics.com/index.php/component/k2/item/3-ndt-pipe-inspection-drone>.
9. URL: <http://www.neabotics.com/index.php/component/k2/item/1-ultrasonic-concrete-tester-drone>.





EXPO ELECTRONICA

МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА ЭЛЕКТРОНИКИ:
КОМПОНЕНТЫ И ТЕХНОЛОГИИ, МАТЕРИАЛЫ
И ОБОРУДОВАНИЕ, ВСТРАИВАЕМЫЕ
СИСТЕМЫ И КОНЕЧНЫЕ РЕШЕНИЯ

15–17.04.2025

МОСКВА, КРОКУС ЭКСПО

ПОСЕТИТЕ КРУПНЕЙШУЮ ВЫСТАВКУ ЭЛЕКТРОНИКИ!

ВЕКТОРЫ РАЗВИТИЯ 2025:

EXPOСIFRA - ВЫСТАВКА
ИНФОРМАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ
ДЛЯ ЦИФРОВОЙ
ТРАНСФОРМАЦИИ



СЕКТОР РОБОТОТЕХНИКИ

ПРЕМИЯ ELECTRONICA

ПОЛУЧИТЕ
БЕСПЛАТНЫЙ БИЛЕТ
ПО ПРОМОКОДУ

EE2025magazine
НА САЙТЕ EXPOELECTRONICA.RU

Electronica
CONNECT

УСТАНОВИТЕ ПРИЛОЖЕНИЕ
ELECTRONICA CONNECT
И ОБМЕНИВАЙТЕСЬ
КОНТАКТАМИ НА ВЫСТАВКЕ



Новые технологии для энергонезависимости и РЭА: опыт Китая

Андрей Кашкаров

В статье анализируются достижения Китая в сфере возобновляемой энергетики и технологий термоядерного синтеза, направленных на повышение энергонезависимости страны. Основное внимание уделено проектам токамаков, в частности, установке НН70, использующей высокотемпературные сверхпроводящие материалы для увеличения эффективности реакторов. Кроме того, рассматриваются разработки в области экологичного производства аккумуляторов, что способствует снижению затрат и повышению устойчивости энергетической системы.

Никакое устройство, способное давать полностью бесплатную энергию, никогда не будет допущено на рынок.

Н. Тесла

Уделяя внимание росту китайского производства в РЭА и смежных отраслях, уместно проанализировать инновационные разработки в материаловедении литий-ионных аккумуляторов и преобразователей возобновляемой электроэнергии, среди которых мощные термоядерные энергетические станции – токамаки.

Инвестиции в сферу возобновляемой энергетики (солнце, ветер, вода, иные источники и даже термоядерный синтез для электрогенераторных установок) обусловлены глобальной тенденцией ускорения развития экологических энергоустановок и экономическими преобразованиями. На глобальном уровне имеющиеся мощности не излишни, а скорее, недостаточны. Поэтому глобальный спрос на новые энергетические продукты постоянно растёт. По оценкам Международного энергетического агентства, со временем мировые продажи электроэнергии только вырастут, несмотря на уменьшение энергопотребления отдельными бытовыми устройствами и РЭА. Новые энергетические установки из возобновляемой энергии могут достичь суммарной мощности 627 ГВт в 2025 году и почти 880 ГВт к 2030 году. Это означает, что имеющиеся производственные мощности всё ещё далеки от удовлетворения потенциального рыночного спроса, особенно на новые энергетические продукты в развивающихся странах. Показатель потребления электроэнергии на душу

населения рассчитывается как отношение эквивалентной потреблённой электроэнергии в год к численности населения страны или региона. Данные приведены в кВт/ч. К сведению, лидером рейтинга с большим отрывом является островное государство Исландия с населением в 357 тысяч человек. Исландия опережает со значительным отрывом страны Евросоюза по произ-

водству электроэнергии. А в третью десятку входят ФРГ (7035 кВт/ч), Франция (6940 кВт/ч), Россия (6603 кВт/ч).

Несмотря на большое население, Китай находится только на 52 месте с показателем 3927 кВт/ч, а Бхарат (Индия) с населением в 1,5 млрд человек – на 108 месте с показателем всего в 810 кВт/ч. При этом доля от мирового производства электроэнергии в КНР велика и составляет 9,2%. То есть Китай преимущественно экспортирует электроэнергию. На рис. 1 представлена инфографика производства и потребления электроэнергии некоторых стран в мире.

Когда речь идёт об энергообеспечении, необходимо предусматривать вызовы завтрашнего дня. Это важно для энергетической независимости



Рис. 1. Инфографика производства и потребления электроэнергии



Рис. 2. Прогноз потребления электроэнергии в мире по данным Международного энергетического агентства

критической инфраструктуры и качества жизни людей. Имеет смысл обратиться к опыту европейских стран. К примеру, в Финляндии доля автономного обеспечения частных домохозяйств электроэнергией посредством возобновляемых источников достигает 55%, в Германии – до 80%. Этот сектор постоянно расширяется. Далее рассмотрим новации разработок в КНР, где энергонезависимости уделяют большое внимание. Прогноз потребления электроэнергии в мире до 2035 года, по данным Международного энергетического агентства, представлен на рис. 2.

Новые достижения в разработках термоядерной электростанции в КНР

В КНР (и не только) продолжают работы по созданию мощной термоядерной электростанции (токамака) на основе технологии термоядерного синтеза для чистой энергии – высокотемпературного сверхпроводящего генератора Honghuang 70 (HH70). Управляемый ядерный синтез – это передовая технология с выдающимися преимуществами, такими как безопасный доступ к природным и практически неисчерпаемым энергоресурсам. Технология считается самой перспективной среди способов решения глобальных энергетических и экологических проблем и содействия глобальному устойчивому развитию стран.

Искусственное солнце и его перспективы

Новые разработки КНР находятся в центре внимания глобальных исследований в области контролируемого ядерного синтеза с эффектом магнитного удержания. Они являются конкурентными в соревновании разработчиков основных мировых держав с развитой экономикой и интеллектуальным потенциалом, которое ведёт к внедрению инженерных инноваций в области энергетической независимости. Токамак не без оснований называют «искусственным солнцем» из-за оригинального метода генерации энергии, аналогичного солнечному. На фоне проблематики энергетического кризиса, актуальной в разных странах мира, термоядерный синтез в условиях естественных (природных) ограничений рассматривают как энергетическое решение, обеспечивающее



Рис. 3. Термоядерная электростанция HH70 (КНР)

человечеству почти неисчерпаемый, экологически чистый и условно недорогой источник энергии.

Отношение вырабатываемой электроэнергии к энергии потребляемой – важный технический параметр – коэффициент усиления для поддержания реакции синтеза (Q) термоядерной электростанции. Для термоядерных устройств значение Q является важнейшим показателем, прямо связанным с энергетической эффективностью термоядерного реактора. По этому параметру определяют прирост выработки электроэнергии или КПД термоядерной электростанции. Значение $Q > 1$ означает, что выходная энергия генератора больше, чем потребляемая им, необходимая для поддержания реакции. Пока максимальное уже достигнутое значение Q составляет 1,53. Напряжённость магнитного поля уже завершённой модели HH70 – 2,5 Тл. В качестве материала для сверхпроводящих катушек в HH70 применяется ReBCO (редкоземельный оксид бария-меди) – сравнительно недорогое в производстве соединение, позволяющее существенно сократить затраты на строительство термоядерных электрогенераторов. Достигнутые результаты показывают, что следующее поколение токамаков по занимаемому объёму будет на 98% меньше традиционных низкотемпературных предшественников. На рис. 3 представлен вид термоядерной электростанции HH70 (КНР). Фото из [1].

Разработчик устройства – шанхайская компания по термоядерной энергии Energy Singularity – не единственный коммерческий производитель сверхпроводящего токамака. Рабо-

ты по проектированию устройства начались в марте 2022 года. Тогда же были получены результаты научной проверки осуществимости технического решения. Окончание работ для усовершенствованной модели термоядерной электростанции запланировано на 2027 год. В 2018 году американская компания Commonwealth Fusion Systems (CFS) стала первой в мире, предложившей небольшое по размеру высокотемпературное сверхпроводящее устройство – токамак SPARC с $Q \geq 10$. Активное строительство SPARC началось в 2022 году, а завершение работ планируется в 2025 году. На рис. 4 представлен вид на строительную площадку демонстрационного комплекса термоядерной электростанции (фото из [5]).

Разрабатываются высокотемпературные сверхпроводящие D-образные магниты, чтобы достичь напряжённости магнитного поля в 25 Тл. Производственные испытания планируется завершить к концу 2024 года.

Компания Energy Singularity была основана в Шанхае в июне 2021 года и изначально сосредоточилась на исследовании коммерчески жизнеспособных высокотемпературных сверхпроводящих электростанций и программных систем управления ими. Акционерами являются компания miHoYo, разработчик китайской ролевой игры с открытым миром Genshin Impact, и китайский производитель электромобилей NIO. Промежуточная модель получила обозначение HH170, а после 2030 года Energy Singularity планирует строительство мощной термоядерной электростанции HH380.



Рис. 4. Вид на строительную площадку демонстрационного комплекса термоядерной электростанции, 2022 год

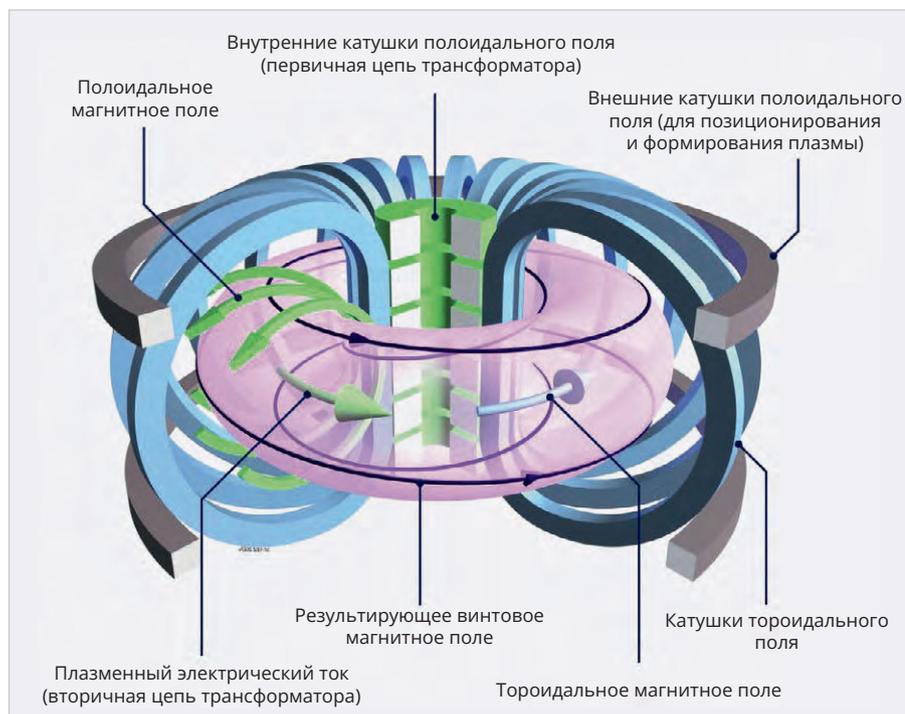


Рис. 5. Иллюстрация взаимодействия элементов токамака SPARS

Напряжённость магнитного поля генератора от Energy Singularity предполагает прирост в 110% относительно токамака SPARC, создаваемого MIT (Massachusetts Institute of Technology).

Термоядерный реактор SPARC

SPARC – это токамак, разрабатываемый концерном Commonwealth Fusion Systems (CFS) в сотрудничестве с Массачусетским технологическим институтом (MIT) – Центром науки о плазме и термоядерного синтеза (PSFC). Установка SPARC строится на территории кампуса института в штате Массачусетс (США). SPARC насыщен сверхпро-

водящими обмотками на основе высокотемпературного сверхпроводника YBCO (Yttrium Barium Copper Oxide). На рис. 5 показана иллюстрация взаимодействия элементов токамака SPARC.

Преимущество установки заключается в сверхпроводящих магнитах из условно нового материала – стальной ленты, покрытой оксидом меди, иттрия-бария (YBCO). Это высокотемпературные сверхпроводящие магниты, сохраняющие сверхпроводимость при температурах до 77К (оптимально при 10К). Прототип катушки высокого поля получился удачным: при испытаниях в 2021 году впервые постав-

лен рекорд для высокотемпературных сверхпроводящих магнитов с напряжённостью поля 20 Тл при температуре 20К [6]. Ожидается, что полученная в результате реакции плазма будет генерировать минимум в 2 раза больше энергии, чем требуется для поддержания работы энергоустановки при высоких температурах (200 млн К), что даёт коэффициент усиления при термоядерном синтезе $Q > 2$ при ожидаемом $Q \approx 11$ [6]. Создание магнитов стало возможным благодаря высокотемпературной сверхпроводящей технологии – HTS. В сравнении со SPARC у продукта компании Energy Singularity диаметр – 90% от SPARC, а объём – около 70% от SPARC, то есть меньше прежнего, что позволяет снизить производственные затраты. Интересно, что ещё 4 года назад специалисты осторожно высказывались на эту тему, прикрываясь словами «может быть, он когда-нибудь станет действующим» [4].

Термоядерный реактор SPARC – это полномасштабный прототип мощной электростанции. Конструкция создаётся на основе концепции дуговой термоядерной электростанции [6]. По расчётам разработчиков, устройство способно вырабатывать до 140 МВт термоядерной мощности за 10 секунд, несмотря на относительно компактные размеры. Название энергоустановки разработчиками выбрано по смыслу фразы «наименьшая возможная дуга», где ARC означает «доступный, надёжный, компактный».

Некоторые технические характеристики энергоустановки (получены в [6]).

- Большой радиус 1,85 м.
- Малый радиус 0,57 м.
- Объём плазмы 20 м³.
- Магнитное поле 12,2 Тл.
- Мощность нагрева 25 МВт.
- Плазменный ток 8,7 млн лет.
- Температура плазмы 80×10^6 К.

Отличие SPARC от других токамаков в использовании «высоких» магнитных полей. Современные магнитные системы способны генерировать поле со значением около 21–25 Тл на их поверхности и примерно 12 Тл в центре плазмы (в реакторе). Это почти в 4 раза сильнее, чем в действующем и крупнейшем в мире экспериментальном термоядерном реакторе JET, и в 2 раза выше, чем в строящемся совместном проекте КНР и Франции ИТЭР – Международном термоядерном экспериментальном реакторе, о котором скажем далее. То есть новейшая

установка сможет производить больше энергии при меньшем размере – на четверть меньше конструкции ИТЭР. Особенность строящегося устройства в том, что реактор мощностью 140 МВт будет выдавать энергию импульсами по 10 секунд. Но уже для следующих моделей рассчитывают на более продолжительные периоды.

Теперь же предполагают, что к 2027 году новая термоядерная электростанция станет самым маленьким токамаком в мире, способным достичь 10-кратного прироста выработки эквивалентного дейтерий-тритиевого прироста энергии $Q > 10$. Использование высокотемпературных сверхпроводящих материалов может уменьшить объём устройства еще примерно до 2% относительно традиционных низкотемпературных сверхпроводящих устройств, когда будет построена термоядерная электростанция с $Q > 10$. Причём построить сразу несколько генераторов хотят всего за 3–4 года [1]. На этом основании разработчики утверждают, что SPARC будет значительно меньше аналогов, а выработка энергии обойдётся дешевле.

Прототипы и международное сотрудничество

Ранее Energy Singularity объявила о завершении строительства и вводе в эксплуатацию термоядерного реактора типа токамак Huanliu-3 (HL-3). Работы проводились под эгидой Китайской национальной ядерной корпорации (CNNC) в 2020 году. Токамак HL-3 (рис. 6, фото из [2]) – крупномасштабная научная разработка для управляемого ядерного синтеза, независимо спроектированная и разработанная Китаем. Так, в Поднебесной добились мирового прорыва в области повышения управляемости ядерного синтеза. Это не только китайское, но и международное достижение в разработке передовой структуры магнитного поля. В работах и исследованиях приняли участие 17 всемирно известных научно-исследовательских институтов и университетов, в том числе Французская комиссия по альтернативным источникам энергии и атомной энергии, а также Киотский университет в Японии.

В августе 2023 года HL-3 успешно доказал способность оборудования к высокому удержанию реакции (устойчивости и управляемости) при токе плазмы в 1 000 000 А, что и подтвердило значительный прогресс в эксплуа-



Рис. 6. Токамак Huanliu-3 (HL-3)

тационных возможностях китайских генераторов ядерного синтеза с магнитным удержанием и даже вывело страну на передовые позиции в мире. Китай активно участвует в строительстве крупнейшего и пока единственного в мире «искусственного солнца», известного как проект Международного термоядерного экспериментального реактора (ИТЭР), совместного проекта Китая и Франции. 29 февраля 2024 года ITER подписал новый контракт на сборку модуля вакуумной камеры производства концерна CNNC. По условиям достигнутого на уровне международного сотрудничества соглашения с французскими специалистами разработчики китайской компании будут отвечать за установку основного оборудования в проекте ITER [2]. В мае 2024 года китайский концерн CNNC и Electricite de France (Франция) совместно выпустили перспективную концепцию в формате рекомендаций по новым источникам энергии, что стало новой исторической вехой в двустороннем сотрудничестве в области ядерной энергетики. Благодаря схожести экспериментальных принципов эксплуатации токамака HL-3 стала платформой для решения ключевых технических проблем и для расширения исследований и разработок, а также для содействия развитию талантов разработчиков. Расширение международного сотрудничества в сфере развития электроэнергетики представляется важной идеей и перспективным направлением деятельности в создавшейся ситуации.

Экскурс в историю

Что касается новых разработок энергоустановок на основе термоядерного

синтеза в США и КНР, то, может быть, уместно вспомнить мифы об особенностях храмового комплекса божества Ранганатхи в Индии (Бхарат). До сего дня не утихают споры о том, что на стенах и потолке храма – в камне – изображены детали мощного энергетического реактора спиралевидной формы, отчасти напоминающего статор электродвигателя. Кроме того, в том же храмовом комплексе есть любопытный колодец с водой, насыщенной тяжёлыми химическими соединениями. В промышленности для получения тяжёлой воды (воды, обогащённой дейтерием) используют процессы ионного обмена. Не прибегая к конспирологическим теориям, по логике которых на территории храмового комплекса предполагается наличие термоядерного генератора с охлаждением и утилизацией отходов, можно предложить читателям самостоятельно изучить эту тему и возможную, хотя и бездоказательную связь между новейшими разработками термоядерных энергетических генераторов и изображениями на стенах и потолке храма Ранганатхи на острове Шрирангам. Подробнее об этом можно узнать в [7]. Речь идёт об устройствах свободной энергии, «вечных двигателях», к примеру, таких как «Колесо Бхаскары». Никола Тесла однажды сказал: «Никакое устройство, способное давать полностью бесплатную энергию, никогда не будет допущено на рынок». Это может означать, что такие устройства будут существовать или существовали. Также это может значить, что уже скоро мы приблизимся к тому, чтобы проверить эту гипотезу выдающегося изобретателя.

Причинно-следственная связь успеха

В КНР особенно внимательны к деталям процессов и аналитике. В смежных с производством радиоэлектроники отраслях накопили технические преимущества за счёт долгосрочных исследований и разработок, тем самым получив преимущества перед конкурентами и разработчиками из других стран. Упор сделан на производственные возможности, поддерживающие промышленные цепочки, маркетинг и логистическую сеть.

Глобальный спрос и предложение определяются свободным и регулируемым рынком. Разным мировым державам присущи свои сильные стороны в некоторых отраслях, которые определяют и соответствующие сравнительные преимущества. Пока торговое сотрудничество является взаимовыгодным, всё идёт хорошо. Конфронтация и спор не являются эффективными способами решения проблем. Поскольку мировая экономика находится в стадии восстановления, есть надежда, что в активном международном сотрудничестве удастся решить проблемы взаимовыгодным образом, чтобы достичь благоприятного технического и эволюционного развития.

Новое в силовых АКБ для электромобилей

Конкуренция стимулирует производителей не только разрабатывать новые типы мощных электрогенераторных установок, но и улучшать технологии производства на рынке электромобилей и аккумуляторов. Компании-конкуренты ведут работы над созданием «сухой» технологии покрытия электродов как для анода, так и для катода уже более 10 лет. Помимо LG Energy Solution, Tesla, LG, Samsung и Volkswagen, исследованиями в этой области занимаются разработчики из Panasonic, CATL, EVE Energy, Svolt Energy Technology и других компаний. Новая технология сделает тяговые аккумуляторы более доступными без смены их химического состава. Так производство аккумуляторов станет более эффективным и экологичным. Классический метод покрытия катодов и анодов в АКБ наносит вред окружающей среде, поскольку используются токсичные химикаты и материалы. Технология предусматривает нанесение химических реагентов в жидком виде на электроды, которые затем высушива-

ются в печи длиной почти 100 метров при температуре около +200°C. Технология исключает использование растворителей и необходимость в длительном процессе сушки при высоких температурах. Это позволяет сократить расходы на энергию и оборудование, а также освободить место на производственных линиях. Переход на «сухую» технологию позволит снизить затраты на производство аккумуляторов на 17–30% [3]. Это позволит сделать аккумуляторы более доступными без изменения химического состава. Наравне с невиданными перспективами коммерциализации технологии в этом видят потенциальный «переворот» благодаря экономической эффективности и экологической безопасности.

Компания Tesla получила доступ к подобной технологии в 2019 году после приобретения компании Maxwell Technologies. Попытки внедрить её при производстве аккумуляторных ячеек типоразмера 4680 на предприятии в Техасе к прорывному успеху не привели. Американский производитель смог внедрить «сухой» метод покрытия только при выпуске анодов, а катоды приходилось выпускать по прежней технологии, так как химический состав катодов до сих пор не позволял применить новый метод их покрытия.

Тем не менее сухой метод производства электродов не требует использования специальных печей и позволяет более гибко распоряжаться пространством в производственных помещениях. Восстанавливать отработанные химикаты, как в случае с «мокрым» методом, тоже не требуется. Так взаимосвязанные компании Volkswagen и PowerCo внедряют новую технологию для снижения энергозатрат на выпуск электродов на 30%, при этом потребность в производственных площадях сокращается почти на 50%.

Выводы

Разработки в области материаловедения, АКБ и термоядерных электростанций востребованы и конкурентны, их трудно переоценить на пути к ещё более совершенным энергоустановкам и в целом к низкоуглеродному, экологически безопасному будущему, чтобы поддержать устойчивое развитие энергетики и энергетической независимости государств на всех континентах. Вот почему высокотемпературная сверхпроводящая термоядерная энергоустановка значительно

повысит экономическую эффективность развития стран, качество жизни населения и ускорит коммерциализацию термоядерной энергии. Таким образом, пусть ещё не завтра, а через 10 лет, но мы и наши дети получим альтернативу условно небезопасным атомным электростанциям (АЭС) с сопоставимой мощностью отдачи электроэнергии потребителям и условно небольшими размерами, то есть в перспективе – мощные силовые энергетические установки для выработки электроэнергии посредством управляемого электронными средствами термоядерного синтеза и с возможностью полностью автономной работы, а также размещения на небольших территориях. Введение в эксплуатацию термоядерных реакторов как силовых установок мощных электростанций приведёт к тому, что SPARC будет значительно меньше аналогов, а выработка энергии обойдётся дешевле. Это путь к энерго-независимой от внешних условий и ресурсов жизни людей и стран. Так, Китай получил признание в области разработки устройств высокотемпературного сверхпроводящего магнитного удержания термоядерного синтеза с использованием высокотемпературных сверхпроводящих материалов.

Литература

1. China's commercial 'artificial sun' achieves first discharge. URL: <https://www.globaltimes.cn/page/202406/1314447.shtml>.
2. China achieves world-leading breakthrough in controlled nuclear fusion. URL: <https://www.globaltimes.cn/page/202406/1314078.shtml>.
3. LG намерено освоить экологичное производство батарей к 2028 году. URL: <https://sciencexxi.com/lg-namereno-osvoit-ekologichnoe-proizvodstvo-batarey-k-2028-godu/>.
4. MIT researchers confident their fusion reactor is “very likely to work». URL: <https://www.zmescience.com/science/mit-researchers-confident-their-fusion-reactor-is-very-likely-to-work/>.
5. Фото. URL: https://ic.pics.livejournal.com/verola/27372819/957724/957724_original.jpg
6. SPARC. URL: [https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.c7798420-668ed210-064913a0-74722d776562/https/en.wikipedia.org/wiki/SPARC_\(tokamak\)](https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.c7798420-668ed210-064913a0-74722d776562/https/en.wikipedia.org/wiki/SPARC_(tokamak)).
7. Тайны Индии. URL: https://www.youtube.com/watch?v=_49tdUc4j6Q.

Программная реализация импульсной модуляции сигналов регулирования

Олег Вальпа

Приведено описание программного способа импульсной модуляции сигналов для автоматических систем регулирования на примере программ, разработанных автором статьи.



Дополнительные материалы к этой статье можно скачать, перейдя по ссылке в QR-коде

Введение

Импульсная модуляция является одним из самых распространённых способов регулирования в автоматических системах. Поскольку импульсная модуляция применяется для ключевых режимов регулирования, она позволяет получить высокий коэффициент полезного действия и часто является единственно возможным способом регулирования. Это относится, например, к регуляторам мощных токовых установок или нагревательного оборудования. Многие микропроцессоры имеют встроенные аппаратные средства широтно-импульсной модуляции (ШИМ). Но в случае нехватки количества таких средств или их полном отсутствии можно воспользоваться программным способом импульсной модуляции. Данный способ позволяет сформировать не только необходи-

мое количество каналов регулирования, но и задать вид модуляции.

Широтно-импульсная модуляция

Рассмотрим несколько способов программной реализации импульсной модуляции регулирующего сигнала на основе конкретных примеров программ. Одним из самых распространённых видов модуляции является широтно-импульсная модуляция. Для её реализации программным путём потребуется один таймер для формирования регулярных отсчётов времени и несколько регистров. Пример такой программы на языке С с подробными комментариями для восьмиканального регулятора приведён в листинге 1.

Листинг 1. Программа широтно-импульсной модуляции

```
#include <iostream> //
```

Подключение библиотеки ввода-вывода

```
#include <string> // Подключение строковой библиотеки
```

```
#include <math.h> // Подключение математической библиотеки
```

```
unsigned short n, k; // Индексные регистры программы
```

```
unsigned short pwm_c=0; // Регистр счётчика импульсов
```

```
от 0 до 100%
```

```
unsigned short pwm_r[8]; // Регистры регуляторы
```

```
do[]={0,0,0,0,0,0,0,0}; // Регистры выходных сигналов
```

```
// Функция обработчика прерывания таймера
```

```
int irq_tim()
```

```
{
```

```
unsigned short i; // Индексный регистр прерывания ШИМ
```

```
for(i=0;i<=7;i++) // Организация
```

```

1 // Программа широтно-импульсной модуляции
2 #include <iostream> // Подключение библиотеки ввода-вывода
3 #include <string> // Подключение строковой библиотеки
4 #include <math.h> // Подключение математической библиотеки
5
6 unsigned short n, k; // Индексные регистры программы
7 unsigned short pwm_c=0; // Регистр счётчика импульсов от 0 до 100%
8 unsigned short pwm_r[8]; // Регистры регуляторы
9 unsigned short pwm_do[]={0,0,0,0,0,0,0,0}; // Регистры выходных сигналов
10 // Функция обработчика прерывания таймера
11 int irq_tim()
12 {
13 unsigned short i; // Индексный регистр прерывания
14 for(i=0;i<=7;i++) // Организация цикла каналов регулирования
15 {
16 if(pwm_r[i] > pwm_c) pwm_do[i]=1; else pwm_do[i]=0; // Модуляция выходных сигналов
17 }
18 pwm_c++; // Увеличение счётчика импульсов
19 if(pwm_c > 100) pwm_c=0; // Циклическое ограничение счётчика импульсов
20 return 0;
21 }
  
```

```

options compilation execution
pwm_do: 01234567
pwm_c=0 01111111
pwm_c=1 00111111
pwm_c=2 00011111
pwm_c=3 00001111
pwm_c=4 00000111
pwm_c=5 00000011
pwm_c=6 00000001
pwm_c=7 00000000
pwm_c=8 00000000
pwm_c=9 00000000
  
```

Рис. 1. Окно транслятора

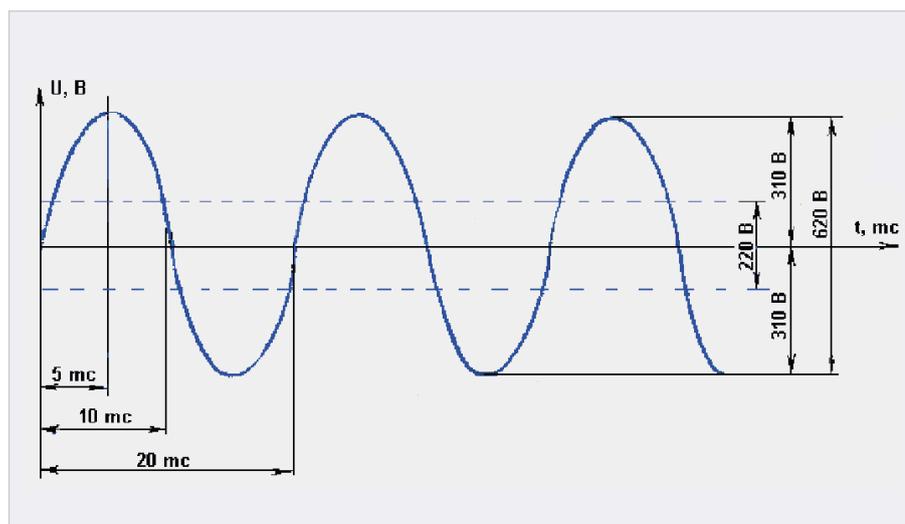


Рис. 2. График напряжения промышленной сети

```

цикла каналов регулирования
{
    if(pwm_r[i] > pwm_c) pwm_
do[i]=1; else pwm_do[i]=0; //
Модуляция выходных сигналов
}
pwm_c++; // Увеличение счетчика
импульсов
if(pwm_c > 100) pwm_c=0; //
Циклическое ограничение счётчика
импульсов
return 0;
}
// Главная функция программы
int main()
{
    // Код основной программы
    for(k=0;k<=7;k++) pwm_r[k]=k;
    // Задать значения регуляторов
ШИМ для всех каналов от 0 до 7 %
    std::cout << "pwm_do: 01234567"
<< '\n';
    for(n=0;n<=9;n++) //
Организовать цикл для
отображения ШИМ выходов
    {
        std::cout << "pwm_c=" << pwm_c
<< ' ';
        irq_tim(); // Эмуляция
прерывания таймера
        for(k=0;k<=7;k++) std::cout
<< pwm_do[k]; // Вывод каналов
регулирования
        std::cout << '\n';
    }
    return 0;
}

```

Для проверки работы программы и её редактирования можно использовать онлайн-редактор с транслятором языка C, например, C++Shell [1]. Окно этого транслятора показано на рис. 1.

В первое поле редактирования необходимо скопировать приведённую программу и нажать программную кнопку «Run». Программа автоматически транслируется, и результат её работы отобразится в окне вывода. Из результата видно значение всех восьми выходных сигналов для десяти значений внутреннего счётчика импульсов программы. Как и следовало ожидать, произошло заполнение сигналов регулирования единичными значениями в соответствии с их предварительно заданными значениями от 0 до 7 процентов.

Параметры таймера в приведённой программе должны определяться характером регулируемого устройства. Например, для систем нагрева от промышленной сети переменного тока с синусоидальной частотой 50 Гц длительность активной фазы нагрева составляет 10 мс, как показано на рис. 2.

Не рекомендуется задавать период таймера меньше 10 мс, поскольку при этом будет происходить коммутация нагрузки на активном участке напряжения, а не при переходе через ноль. Это приводит к формированию мощных высоковольтных импульсных выбросов напряжения в питающую сеть и электромагнитных импульсов, способных нарушить работу приборов, находящихся рядом. К таким приборам относятся радио- и телевизионные приёмники, процессорные системы и медицинское оборудование, сбой которого опасен для жизни пациентов.

Большинство твердотельных реле для переключения больших токов

```

pwm_do: 01234567
pwm_c=0 00000000
pwm_c=1 01111000
pwm_c=2 01100111
pwm_c=3 01001001
pwm_c=4 01010110
pwm_c=5 00101010
pwm_c=6 00101101
pwm_c=7 00110010
pwm_c=8 00011100
pwm_c=9 00000011

```

Рис. 3. Результат работы программы частотно-импульсной модуляции

имеют в своём составе схему коммутации при переходе через ноль, которая исключает формирование вредных и мощных импульсов перенапряжения.

Частотно-импульсная модуляция

Для формирования регулирующего ШИМ-сигнала в диапазоне от 0 до 100% минимальный период таймера составит: $T = 10 \text{ мс} \times 100 = 1 \text{ с}$. Получается, что для 50% сигнала ШИМ в течение половины секунды нагреватель будет включён на полную мощность, а вторую половину секунды полностью отключён. Такой режим нагрузки промышленной сети не всегда допустим. Например, для маломощных генераторов питающей сети это приводит либо к выходу этих генераторов из строя, либо к их нестабильной работе.

В таком случае рекомендуется применять частотно-импульсную модуляцию (ЧИМ) регулирующего сигнала. Основное отличие данного вида модуляции состоит в том, что заполнение всего периода регулирующего сигнала происходит равномерно. Поэтому для 50% сигнала ЧИМ время включения и отключения нагревателя будет чередоваться каждые 10 мс. Таким образом, нагрузка на питающую сеть будет более сбалансированной.

Для формирования ЧИМ-сигнала удобно использовать функцию синуса, задавая её период в соответствии с процентным значением и формируя импульсный выходной сигнал длительностью 10 мс при переходе функции через ноль.

Предыдущую программу легко преобразовать в программу частотно-импульсной модуляции путём замены функции обработчика прерывания таймера. Код такой функции приведён в листинге 2.

```

Листинг 2. Функция обработчика прерывания таймера ЧИМ
int irq_tim()
{
    unsigned short i; // Индексный регистр прерывания
    unsigned short b[]={0,0,0,0,0,0,0,0}; // Переменные прерывания
    float f[8], PI=3.14159265;
    for(i=0;i<=7;i++) // Организация цикла каналов регулирования
    {
        f[i]=sin((2.0*PI*pwm_r[i]*pwm_c)/100.0);
        if(f[i]>0 and b[i]==0) {pwm_do[i]=1; b[i]=1;} else {pwm_do[i]=0;} // Модуляция выходных сигналов
        if(f[i]<0) b[i]=0;
    }
    pwm_c++; // Увеличение счетчика

```

```

импульсов
if(pwm_c > 100) pwm_c=0;
// Циклическое ограничение счётчика импульсов
return 0;
}

```

Для наглядности результата необходимо также заменить в основной программе строку «pwm_r[k]=k;» на строку «pwm_r[k]=k*10;», увеличив тем самым заданные значения регуляторов ШИМ для всех каналов в 10 раз.

Теперь, после трансляции и выполнения новой программы, получится результат, представленный на рис. 3.

Как видно из результата, например, для пятого канала с заданным значением 50% выходной сигнал чередуется значениями 0 и 1. Суммарное количество единиц, соответствующих включению выходного ключа канала, будет равно 50 из 100 частей. Таким образом, регулирующий сигнал обеспечивает равномерную нагрузку на промышленную питающую сеть во время работы.

Заключение

Приведённые выше программы можно скачать с сайта редакции [2] и модернизировать их для реализации конкретной задачи автоматического регулирования.

Импульсные регулирующие сигналы легко преобразуются в аналоговые регулирующие сигналы при необходимости. Для этого они подключаются к RC-фильтру низких частот, на выходе которого будет сформирован аналоговый сигнал с амплитудой от 0 до физического значения напряжения логической единицы, обычно до 5 вольт. Таким образом, можно получить необходимое количество аналоговых сигналов регулирования без использования цифро-аналоговых преобразователей.

Это ещё одно из преимуществ программного способа модуляции, обеспечивающего сокращение аппаратных затрат.

Литература

1. URL: <https://cpp.sh>.
2. URL: <https://cta.ru>.



РЫНОК

«Совтест АТЕ» модернизирует производственные мощности

С целью повышения производительности и улучшения качества очистки электронных узлов на производственных мощностях ООО «Совтест АТЕ» завершена модернизация участка отмывки. Введена в эксплуатацию современная автоматическая установка струйной отмывки печатных плат SEIM DE ION 6052 с внешней системой деионизации воды.

Ранее используемая установка отмывки плат рамочного типа не обеспечивала необходимую производительность и была сложна в эксплуатации из-за долгого и трудоёмкого процесса установки плат в рамки. Новая система SEIM DE ION 6052, выполненная в формате корзиновой установки, позволяет значительно упростить процесс: печатные платы можно быстро расположить в двухуровневых корзинах, вмещающих большое количество плат различных размеров и форм. Для фиксации изделий не требуются дополнительные приспособления: металлические направляющие с силиконовой оболочкой на-

дёжно удерживают платы, предотвращая их повреждения.

Особенностью новой установки является уникальная конструкция распылительных сопел, устраняющая теневые зоны в рабочей камере, что обеспечивает равномерное и высококачественное отмывание.

Процесс полностью автоматизирован и включает несколько этапов:

- отмывка в отмывочной жидкости;
- ополаскивание в деионизированной воде с контролем уровня проводимости;
- сушка горячим воздухом.

SEIM DE ION 6052 позволяет использовать любые отмывочные жидкости на водной основе, предназначенные для струйной отмывки печатных плат. Установка оснащена системой автоматической подготовки отмывочной жидкости и контролем уровня проводимости воды для ополаскивания. Все параметры можно легко настроить посредством сенсорного дисплея с интуитивно понятным интерфейсом.

Такие установки уже успешно используются у наших клиентов и зарекомен-

довали себя как надёжное решение для различных условий производства.

<https://sovtest-ate.ru>
info@sovtest-ate.ru



На правах рекламы

Мигающие сигнализаторы для охранных систем

Александр Одинец

Сигнализаторы режима работы находят применение в самых разнообразных электронных устройствах, к примеру, для индикации режима работы охранного устройства или светодинамических устройствах (СДУ) для световой рекламы. Если подобный сигнализатор установить в салоне автомобиля, то у злоумышленника может сложиться впечатление, что автомобиль оборудован системой противоугонной сигнализации.

Принцип работы

Первый вариант сигнализатора (рис. 1) формирует по две вспышки каждого светодиода со скважностью, равной четырём. Это означает, что время свечения светодиода составляет 25% периода вспышки, что субъективно соответствует наиболее чёткому вспыхиванию светодиодов. Рассмотрим работу устройства, считая, что в начальный момент времени счётчики DD2.1 и DD2.2 находятся в «нулевом» состоянии. На элементах DD1.1 и DD1.2 выполнен генератор прямоугольных импульсов

с частотой следования около 10 Гц. Счётчик DD2.1 срабатывает по отрицательным перепадам счетных импульсов и при достижении «третьего» состояния формирует на выходах «1» и «2» (выводы 11 и 10 соответственно) уровни логических единиц, которые, поступая на входы элемента DD1.3, вызывают появление на его выходе уровня логического «нуля». Этот логический уровень поступает на вход элемента DD1.4 и, инвертируясь последним, вызывает зажигание светодиода HL2. Происходит это благодаря тому, что счётчик DD2.2,

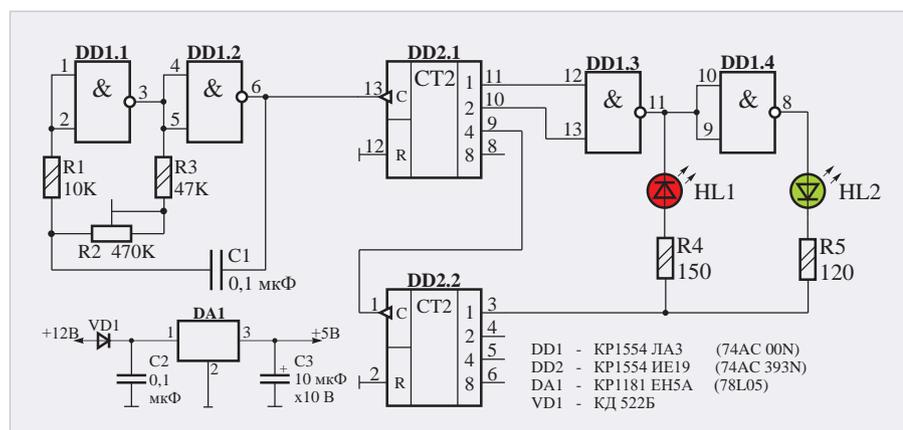


Рис. 1. Двухсветодиодный мигающий сигнализатор. Схема электрическая принципиальная

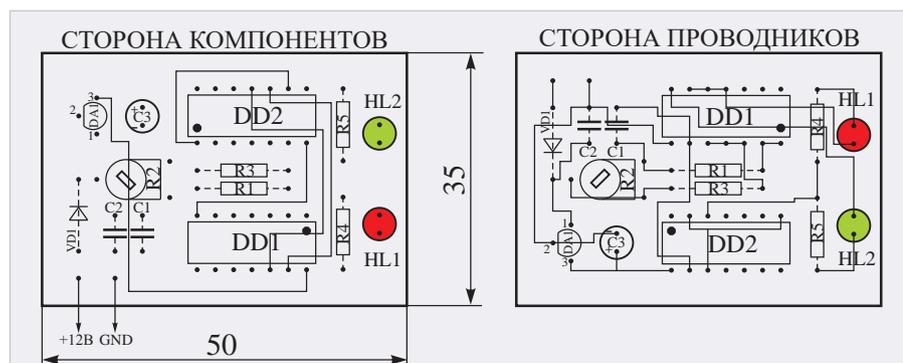


Рис. 3. Двухсветодиодный мигающий сигнализатор. Топология печатной платы



Все временные диаграммы (рис. 2, 5, 8, 11) в статье доступны для просмотра по ссылке в QR-коде.

как отмечено выше, находится в исходном «нулевом» состоянии, а на выходе элемента DD1.4 формируется уровень логической «единицы» (см. временную диаграмму в дополнительных материалах на рис. 2). Переход счётчика DD2.1 в «четвёртое» состояние приводит к погасанию светодиода HL2, а переход в «седьмое» – к его повторному зажиганию. Далее отрицательным перепадом очередного счётного импульса счётчик DD2.1 переводится в «восьмое» состояние, и отрицательный перепад с выхода его «третьего» разряда (вывод 4) приводит к увеличению состояния счётчика DD2.2 на единицу. Теперь в моменты появления уровня логического «нуля» на выходе элемента DD1.3 зажигается красный светодиод HL1. Таким образом, происходит по две последовательные вспышки каждого светодиода. Частоту вспышек можно изменять подстроечным резистором R2, а верхнюю границу частотного диапазона генератора можно изменить подбором резистора R3. Если нужно получить не по две, а по четыре вспышки каждого светодиода, необходимо счётные импульсы на вход DD2.2 подать с выхода четвёртого (вывод 8), а не третьего разряда (вывод 9) счётчика DD2.1 (рис. 3).

Схема электрическая принципиальная трёхсветодиодного сигнализатора приведена на рис. 4. Устройство формирует по три последовательные вспышки каждого светодиода также со скважностью, равной четырём. В отличие от первого варианта устройства, счётчик DD2.1 обнуляется коротким положительным импульсом с выхода элемента DD1.4 при достижении «двенадцатого» состояния. Если обнуление не производить, а соединить вход сброса «R» (вывод 12) с «общим» проводом, то будет происходить не по три, а по четыре вспышки каждого светодиода. Счётные импульсы с выхода старшего разряда DD2.1 поступают на вход DD2.2, который формирует кодовые комбинации для выбора одного из трёх мигающих светодиодов HL1...HL3. Скважность, равная четырём, достигается благодаря комбинации управляющих сигналов, поступающих с выходов млад-

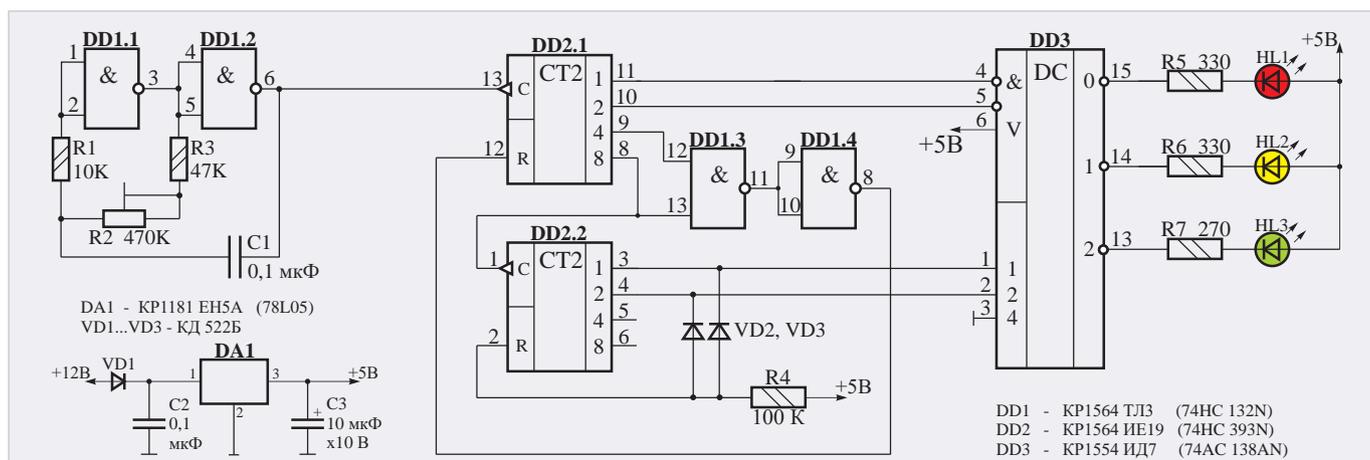


Рис. 4. Трёхсветодиодный мигающий сигнализатор. Вариант 1. Схема электрическая принципиальная

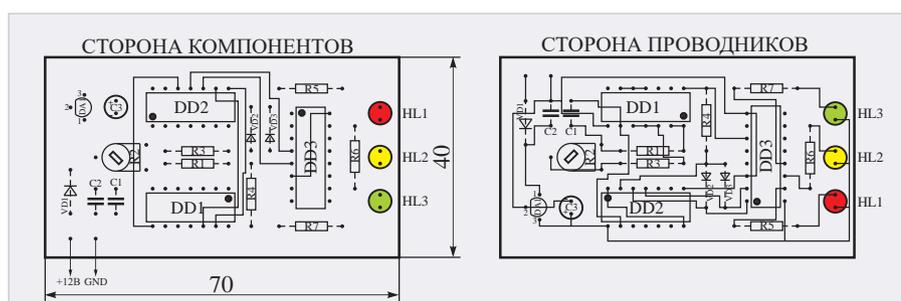


Рис. 6. Трёхсветодиодный мигающий сигнализатор. Вариант 1. Топология печатной платы

набором состояний, что позволяет сформировать отрицательные импульсы на четырёх выходах дешифратора DD3. Количество светодиодов по-прежнему равно трём, но подключены они не к выходам дешифратора непосредственно, а через элементы DD4.1...DD4.3. Уровень логического нуля появляется на их выходах, и, следовательно, происходит зажигание соответствующего светодиода при поступлении на любой из входов указанных элементов такого же логиче-

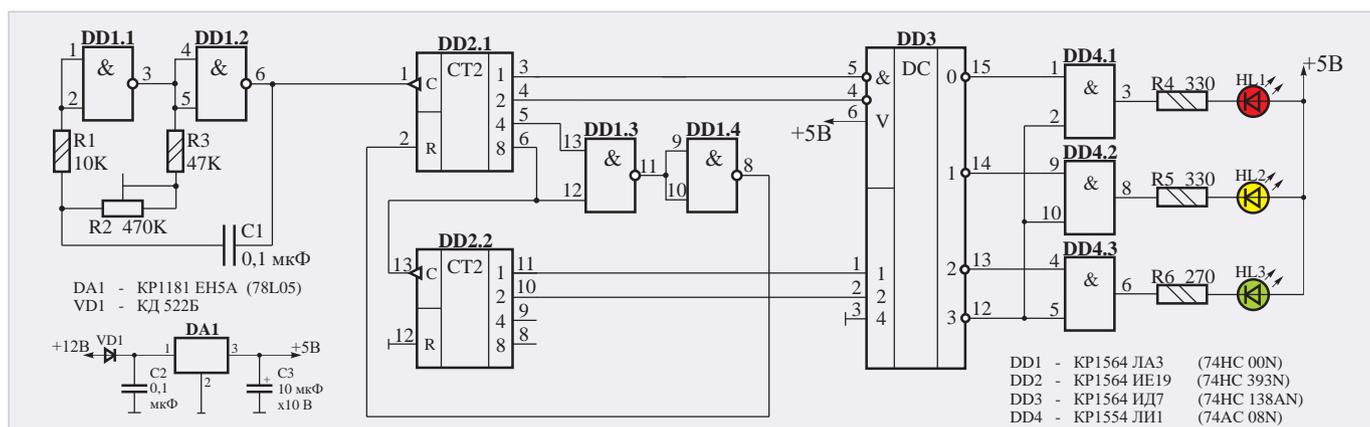


Рис. 7. Трёхсветодиодный мигающий сигнализатор. Вариант 2. Схема электрическая принципиальная

ских разрядов счётчика DD2.1 (выводы 11 и 10) на инверсные входы «разрешения» «V(&)» дешифратора DD3 (выводы 4 и 5). Его прямой вход «разрешения» «V» (вывод 6) подключён к шине питания, согласно логике работы. При этом зажигание одного из трёх светодиодов HL1...HL3 происходит только при совпадении на входах «V(&)» дешифратора DD3 (выводы 4 и 5) двух уровней логического «нуля», согласно временной диаграмме на рис. 5 (см. в дополнительных материалах).

Каждый счётный импульс, поступающий на вход счётчика DD2.2 с выхода DD2.1, приводит к увеличению его

состояния на единицу. При достижении «третьего» состояния, благодаря цепочке VD2, VD3, R4, счётчик DD2.2 обнуляется, и далее цикл работы устройства полностью повторяется. Следует заметить, что указанная цепочка (VD2, VD3, R4) представляет собой полнофункциональный эквивалент двух последовательно включённых элементов DD1.3, DD1.4, т.е. выполняет функцию логического «умножения» сигналов (рис. 6).

Усовершенствованный вариант трёхсветодиодного сигнализатора приведён на рис. 7. Здесь обнуление счётчика DD2.2 не производится, поэтому он работает в циклическом режиме с полным

ского уровня, согласно временной диаграмме на рис. 8 (см. в дополнительных материалах).

При достижении счётчиком DD2.2 «третьего» состояния (на выходах «1» и «2» – уровни логических «единиц»), на выходе «3» (вывод 12) дешифратора DD3 появляется такой же уровень, но только при выполнении условия совпадения двух уровней логического «нуля» на входах его разрешения «V(&)» (выводы 4 и 5). Таким образом, после трёх последовательных вспышек каждого из светодиодов HL1...HL3 происходит трёхкратное одновременное зажигание всех светодиодов. Входы элемента

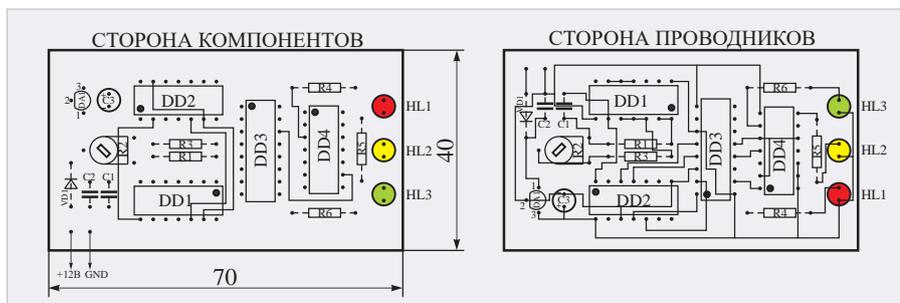


Рис. 9. Трёхсветодиодный мигающий сигнализатор. Вариант 2. Топология печатной платы

импульс, все RS-триггеры были установлены в «единичное» состояние, поэтому все светодиоды погашены. При переходе счётчика DD2.1 из «нулевого» в «первое» состояние уровнем логического «нуля» с выхода элемента DD1.3 разрешается дешифрация состояний DD3, и на его выходе «0» (вывод 15) появляется уровень логического «нуля». Этот уровень перебрасывает первый (верхний по схеме) RS-триггер, входящий в состав микросхемы DD4, в нулевое состояние

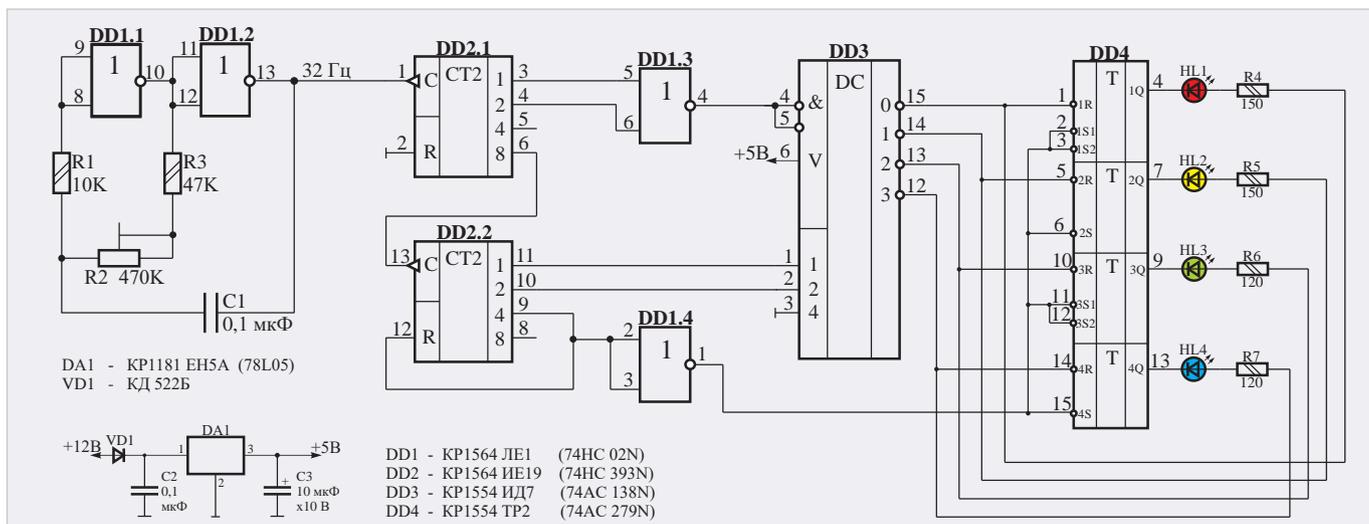


Рис. 10. Четырёхсветодиодный мигающий сигнализатор. Вариант 1. Схема электрическая принципиальная

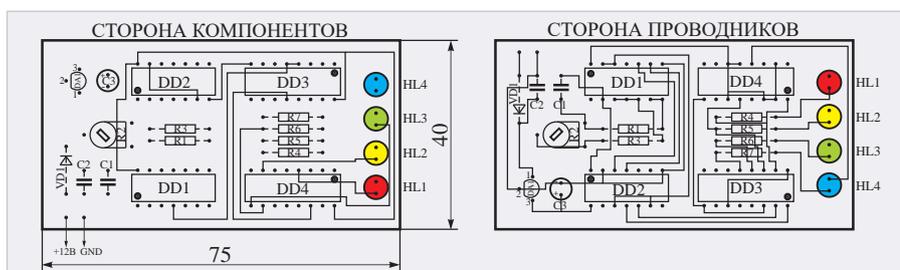


Рис. 12. Четырёхсветодиодный мигающий сигнализатор. Вариант 1. Топология печатной платы

DD4.4 (на схеме не показан) подключаются к шине питания (рис. 9).

Существенно изменить алгоритм работы устройства стало возможным благодаря применению микросхемы, содержащей в одном корпусе четыре одинаковых RS-триггера с инверсными входами управления (рис. 10). Это означает, что переход RS-триггера в соответствующее состояние происходит по уровню логического «нуля», поступающего на соответствующий вход «R» или «S». При этом на указанных входах перед подачей активного уровня логического «нуля» должны быть предварительно зафиксированы уровни логических «единиц». Такой режим работы обеспечивается с помощью дешифра-

тора DD3, активные выходные логические уровни которого как раз и являются «нулевыми».

В начальный момент времени счётчики DD2.1 и DD2.2 находятся в «нулевом» состоянии, поэтому на выходе элемента DD1.3 формируется уровень логической «единицы», который запрещает дешифрацию состояний счётчика DD2.2, выходные логические уровни которого поступают на адресные входы «1» и «2» дешифратора DD3. Таким образом, на всех его выходах формируются уровни логических единиц, что соответствует начальному состоянию устройства. Поскольку в конце предыдущего цикла на выходе элемента DD1.4 был сформирован короткий отрицательный

и одновременно поступает на анод светодиода HL1. Но зажигание светодиода в этот момент времени ещё не происходит, поскольку разность потенциалов на его выводах равна нулю. При достижении счётчиком DD2.1 четвёртого состояния дешифрация состояний DD3 будет вновь запрещена, и на его выходе «0» (вывод 15) сформируется уровень логической единицы. Поскольку на выходе «1Q» (вывод 4) первого по схеме RS-триггера DD4 был сформирован уровень «нуля», это приведёт к зажиганию светодиода HL1. Далее последуют три вспышки со скважностью, равной четырём, как и в предыдущих случаях, согласно временной диаграмме на рис. 11 (см. в дополнительных материалах). В данном случае отрицательные импульсы на выходе «0» (вывод 15) дешифратора DD3 приводят именно к погашению светодиода HL1, поэтому при переходе счётчика DD2.2 из нулевого в первое состояние на указанном выходе «0» (вывод 15) дешифратора DD3 формируется фиксированный уровень логической «единицы», и светодиод HL1 остаётся во включённом состоянии.

Каждый последующий счётный импульс с выхода генератора приво-

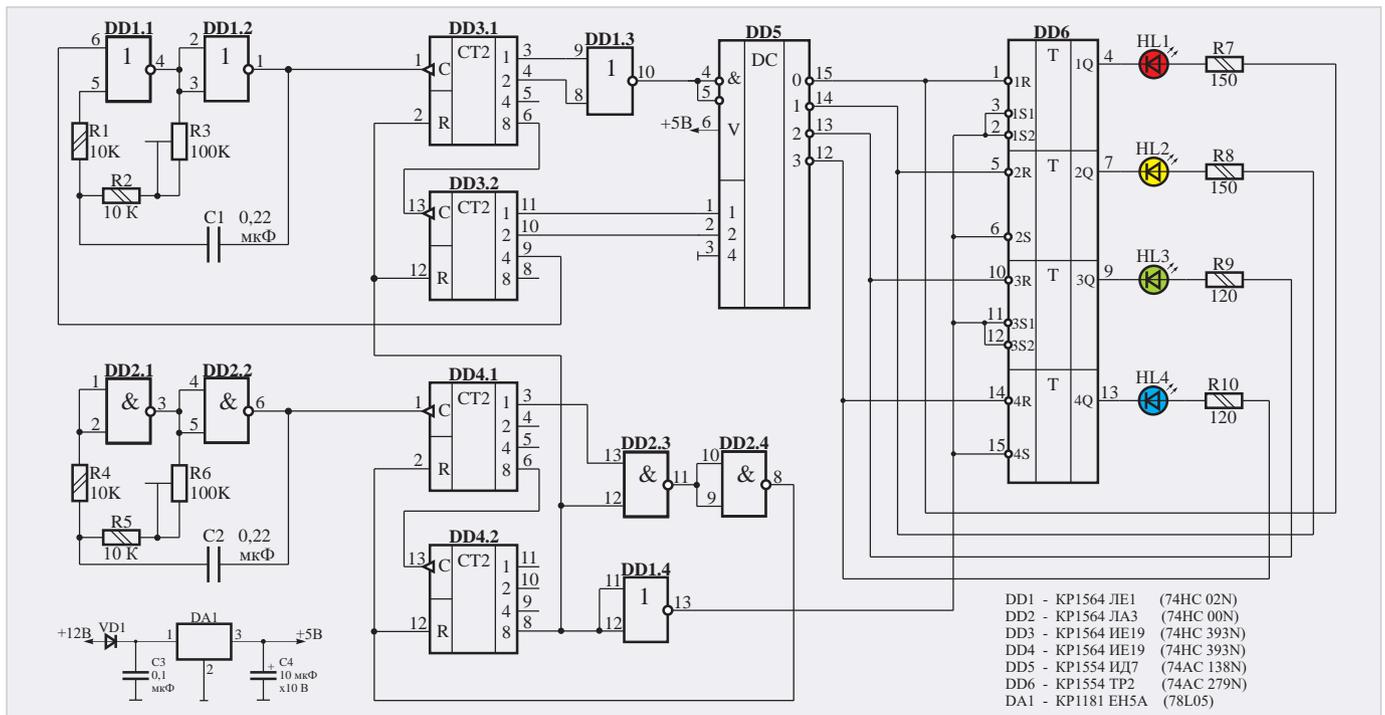


Рис. 13. Четырёхсветодиодный мигающий сигнализатор. Вариант 2. Схема электрическая принципиальная

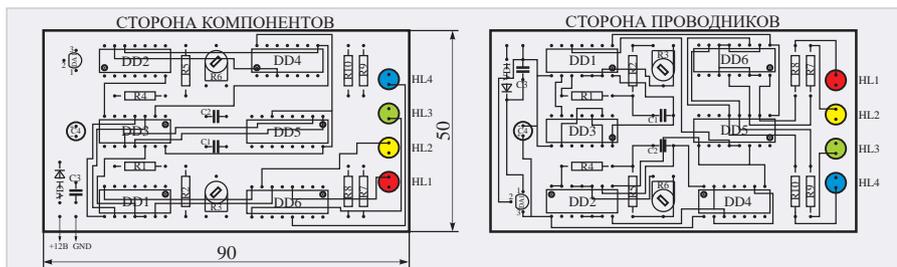


Рис. 14. Четырёхсветодиодный мигающий сигнализатор. Вариант 2. Топология печатной платы

дит к увеличению состояний счётчика DD2.1, а вслед за ним и DD2.2. При этом происходят трёхкратные последовательные вспышки светодиода HL1... HL4 с последующей их фиксации во включённом состоянии. При достижении счётчиком DD2.2 «четвёртого» состояния на его выходе «4» (вывод 9) формируется короткий положительный импульс, который, инвертируясь элементом DD1.4, приводит к установке всех RS-триггеров DD4 в «единичное» состояние и погашению светодиодов. Далее цикл работы устройства полностью повторяется (рис. 12).

Усовершенствованный вариант четырёхсветодиодного сигнализатора приведён на рис. 13. В его состав введён простейший таймер, состоящий из генератора прямоугольных импульсов, собранного на элементах DD2.1, DD2.2 и счётчиков DD4.1, DD4.2. Таймер значительно расширяет функциональные возможности светодиодного индикатора и позволяет выбирать практически

любую длительность цикла работы устройства, начиная от однократной вспышки светодиода HL1 и заканчивая некоторой временной задержкой свечения всех светодиодов после прохождения всего рабочего цикла. Логика работы устройства полностью соответствует временной диаграмме, приведённой на рис. 11, с тем отличием, что сигнал установки RS-триггеров микросхемы DD6 формируется счётчиком DD4.2 сверх введённого таймера. В отличие от предыдущего, в усовершенствованном варианте устройства работают два независимых генератора прямоугольных импульсов, частота которых выставляется независимо. Это позволяет отдельно изменять как частоту вспышек светодиодов (с помощью R3), так и длительность всего цикла работы (с помощью R6).

Конструкция и детали

Все устройства выполнены на печатных платах из двустороннего фольги-

рованного стеклотекстолита толщиной 1,5 мм. Размеры печатных плат: первый вариант (рис. 3) – 35×50 мм; второй вариант (рис. 6) – 40×70 мм; третий вариант (рис. 9) – 40×70 мм; четвёртый вариант (рис. 12) – 40×75 мм; пятый вариант (рис. 14) – 50×90 мм. В устройствах применены постоянные резисторы типа МЛТ-0,125, подстроечные СПЗ-386 в горизонтальном исполнении, конденсаторы неполярные типа К10-17, электролитические – К50-35 или импортные. Все микросхемы КМОП-серии KP1554 обладают высокой нагрузочной способностью (до 24 мА), что позволяет подключать светодиоды к их выходам непосредственно, без ключевых транзисторов.

В схемах генераторов прямоугольных импульсов на месте ИМС KP1564JA3 (74HC00N) можно использовать также ИМС KP1564TL3 (74HC132N), содержащую в своём составе четыре триггера Шмитта. Благодаря высокой нагрузочной способности КМОП-микросхем серий KP1564 и KP1554 возможно сочетание в одном устройстве микросхем КМОП (KP1564, KP1554, KP1594) и ТТЛШ (KP1533, K555) и даже ТТЛ (K155) серий. Неприменимы в устройствах только микросхемы серий K561 и KP1561, нагрузочная способность которых значительно меньше и не позволяет напрямую управлять светодиодами. Устройства, собранные из исправных деталей и без ошибок, в налаживании не нуждаются и работают сразу при включении. ☺

Позиционирование датчиков температуры интерфейса 1wire сканированием индуктивно-ёмкостных параметров линии

Андрей Шабронов

В статье описано устройство, позволяющее определить порядок подключения датчиков температуры на шине 1wire.

Подключённые в шине датчики DS18B20 определяются или читаются программой по уникальному MAC-адресу, который имеет каждый датчик. Заказчику потребовалось определить расстановку датчиков по шине, выполнить позиционирование и определить место ближайшего, следующего и так до крайнего датчика в линии.

Предлагаемый адаптер 1wire выполняет сканирование индуктивно-ёмкостных параметров линии для каждого датчика. Поскольку у каждого датчика в шине своя длина линии, то, соответственно, и свои индуктивно-ёмкостные параметры. Полученные данные индивидуальны для каждого датчика и, таким образом, определяют его расположение в линии.

Представленные схема и конструкция предназначены для позиционирования шины 1wire, состоящей из 14 датчиков, расставленных с интервалом 2 метра. Такое количество датчиков устанавливается в цифровых термоподвесках для силосов элеваторов.

Позиционирование датчиков увеличивает информативность сбора данных, обеспечивает диагностику и ремонтпригодность места измерения. Визуализация точек температурного измерения совместно с их позиционированием позволяет определять и другие физические данные, например, объёмы заполнения скла-

дов, уровни границ сред, исключает человеческий фактор ошибки.

Модель измерения

Линия интерфейса 1wire содержит три провода: общий провод, шина данных и питание +5 В. Через определённое расстояние подключаются датчики DS18B20. Количество датчиков и общая длина линии может быть очень разной, но в шинной структуре для каждого датчика всегда своя длина и, соответственно, своя «погонная» ёмкость и индуктивность линии, как показано на модели замещения линии индуктивно-ёмкостным эквивалентом на рис. 1.

Для определения размещения, управляя определённым датчиком, замыкаем на короткое время линию шины данных с общим проводом. На этот короткий интервал времени получаем возможность измерить индуктивно-ёмкостные свойства сформированной цепи. Модель индуктивно-ёмкостных распределений при измерении разных датчиков приведена на рис. 2. Цветными овалами выделены электронные ключи эквивалентов датчиков, которые замыкаются в разных местах шины.

Индуктивно-ёмкостные эквиваленты линии и замкнутый электронный ключ датчика образуют схему последовательно-параллельного LC-контура,

параметры которого строго индивидуальны для каждого датчика.

Если на «исследуемый LC-контур» выдавать синусоидальный сигнал с разной частотой, но постоянной амплитудой, то уровень выпрямленного напряжения на «контуре» позволяет определить амплитудно-частотные характеристики «контура», которые формируются от индуктивно-ёмкостных параметров линии. На рис. 3 показана модель схемы измерения. Подобная схема в курсе физики используется для изучения резонансных свойств простого LC-контура и показывает существование резонансов токов и резонансов напряжений [1]. Если контур один, то и показывается один резонанс.

В нашей модели измерения получаем сложные спектры, так как имеется много участков с разной ёмкостью и индуктивностью, и поэтому формируется много резонансов.

Синусоидальный сигнал для измерения может передаваться только в определённый момент работы интерфейса 1wire, т.е. только когда заданный по MAC-адресу датчик замыкает шину 1wire на землю. В остальное время синусоидальный сигнал мешает работе шины, и поэтому сигнал поступает через электронный ключ 1. Помехи работе интерфейса 1wire создаёт и диодно-интегрирующая цепь. Для устранения влияния RC-цепи используется электронный ключ 2.

Управляет всей схемой измерения МК, который, в свою очередь, управля-

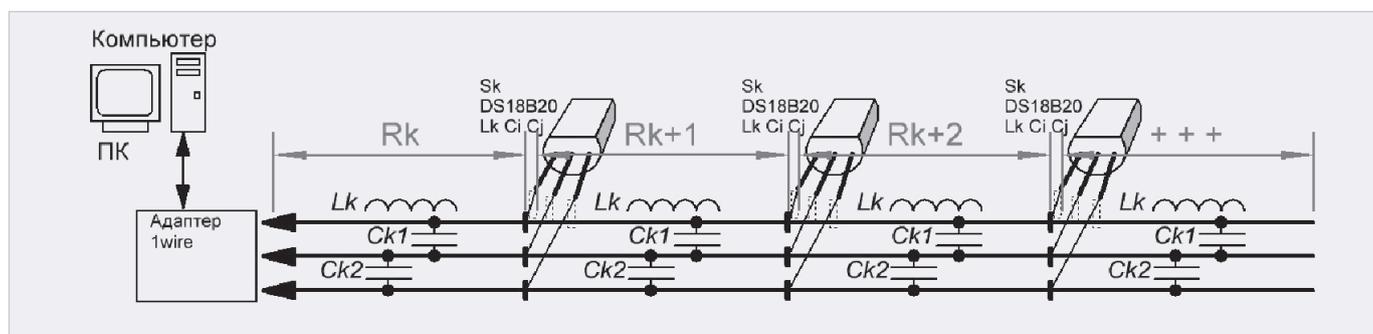


Рис. 1. Модель замещения линии индуктивно-ёмкостным эквивалентом

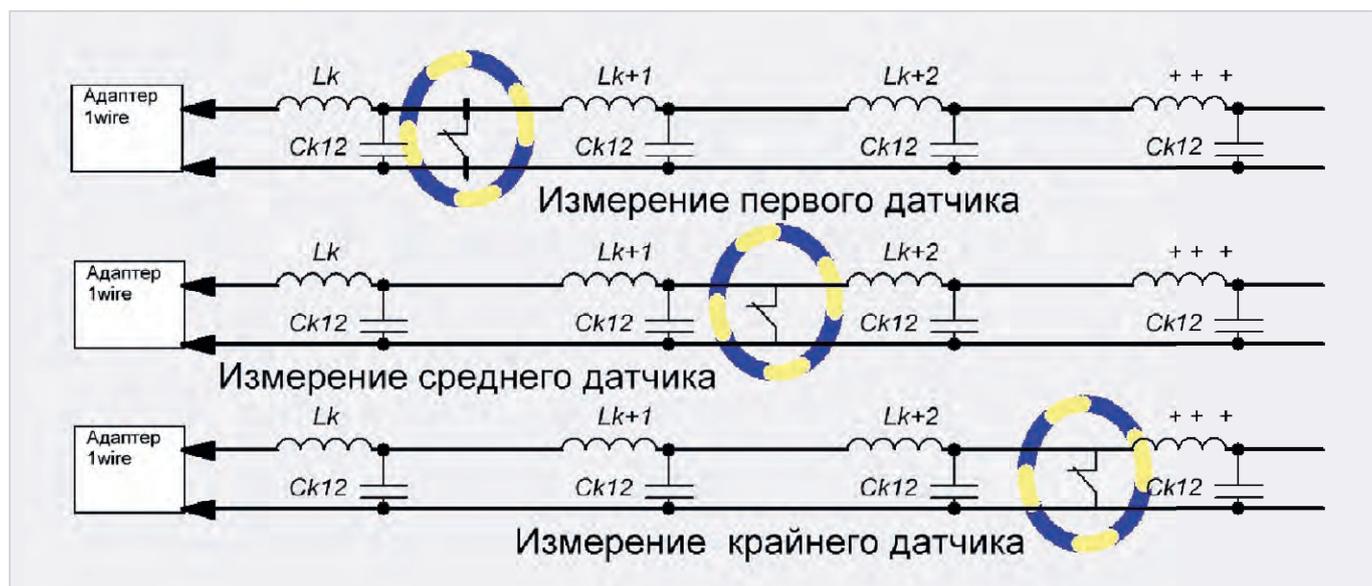


Рис. 2. Модель распределения индуктивно-ёмкостных эквивалентов при измерении

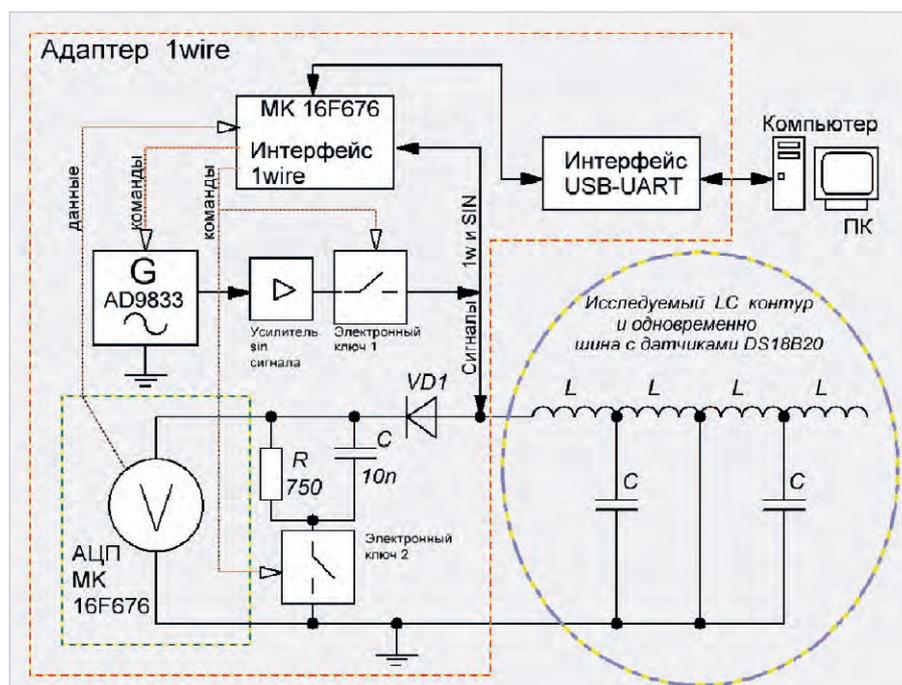


Рис. 3. Модель схемы измерения

ется персональным компьютером (ПК) через интерфейс USB-UART.

Требуемую частоту измерительного синусоидального сигнала формирует микросхема AD9833 [2], которая также управляется от микроконтроллера (МК) 16F676 [3]. Поскольку исследуемый LC-контур имеет малое сопротивление и «импульсное» подключение, используется усилитель, позволяющий увеличить и стабилизировать уровень сигнала и тем самым обеспечить необходимую дальность и точность измерения.

Время измерения определяется передачей сигнала «1» и ответа сигналом «0» для определённого

по MAC-адресу датчика. Оно составляет примерно 2/3 времени от длительности сигнала «1», т.е. примерно 12–18 микросекунд. Поскольку время на измерение формируется как «кусочно-импульсное», то общая задержка получения результата с большой точностью может оказаться достаточно долгой. Однако большая точность требуется при малых расстояниях между датчиками. В нашем случае для 14 датчиков при расстоянии в два метра достаточно сканирования с шагом 100 кГц на интервале 100...2500 кГц, что даёт результаты позиционирования примерно за 20 секунд.

Если уменьшить шаг в 10 раз – до 10 кГц, то время, соответственно, увеличится в 10 раз и составит 200 секунд. Это позволяет позиционировать датчики с интервалом размещения до 20 сантиметров. Необходимо также учитывать и окружающую электромагнитную обстановку, поскольку длинный провод – это антенна, и наведённые напряжения в ней создают помехи в измерении. Таким образом, чем длиннее линия, тем с меньшей точностью возможно определять позиции датчиков.

Принципиальная схема

Принципиальная схема сканирующего адаптера 1wire с фотографией основных элементов представлена на рис. 4.

Схема построена по блочно-шинной структуре и содержит следующие элементы.

- Блок USB-UART подключается через разъём J1. Он переводит интерфейс USB ПК в UART-сигналы. Передаются и принимаются команды для МК U1(16F676). Этот МК доступен и широко распространён, имеет подробную техническую документацию [3].
- МК U1 работает в режиме с кварцевым резонатором 20 мГц, поскольку требуется достаточно точно привязываться к сигналам интерфейса 1wire и формировать необходимый импульс включения генератора сигналов. Кроме того, требуется максимально быстрое получение данных от АЦП МК, чтобы не нарушать протокол работы 1wire.

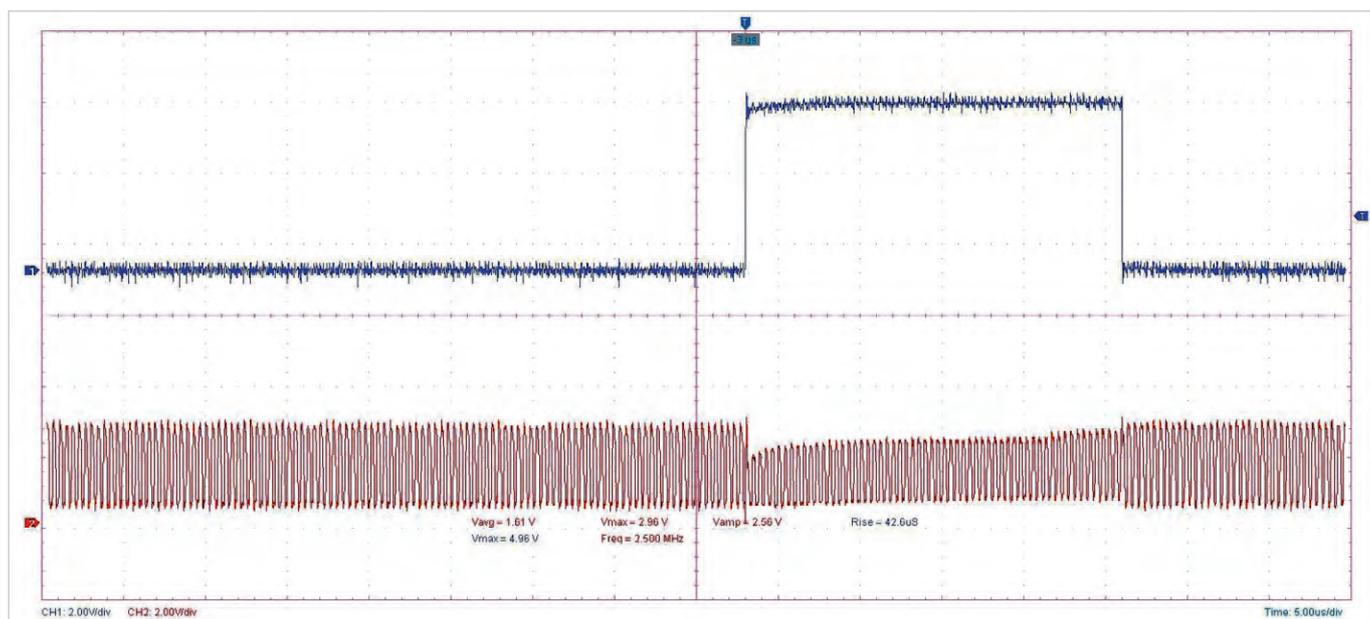


Рис. 5. Осциллограмма на резисторе R11 (красный) и выводе RC0 (синий) МК

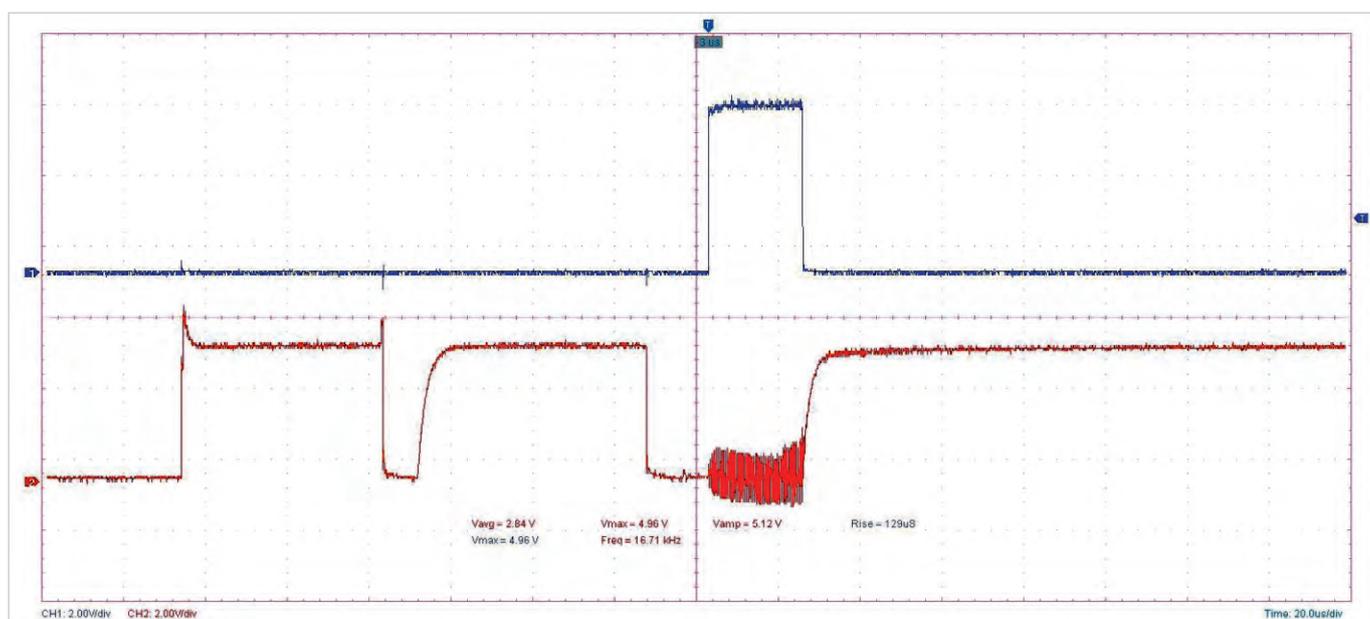


Рис. 6. Осциллограмма на шине данных 1wire (красный) и выводе RC0 (синий) МК

мыкания выводов шины с общим проводом.

- При работе МК с генератором контрольный светодиод кратковременно мигает, что также индицирует работоспособность схемы.
- Конденсаторы C1, 7, 9 выполняют фильтрацию импульсных помех по шине питания.

Осциллограмма выходного сигнала усилителя на резисторе R11 (красный цвет) и импульс управления RC0 (синий цвет) представлены на рис. 5.

В шине 1wire сигналы синусоидального сигнала «обрезаны» ЭК и передаются только в момент ответа заданного MAC-адреса датчика, что показано осциллограммой на рис. 6.

Заряд интегрирующей цепи виден по небольшому наклону синусоидального сигнала после начала фронта импульса измерения. Поэтому сам процесс измерения начинается с задержкой в 2 микросекунды, проводится 4 раза, и в отображении данные анализа усредняются. Кроме того, датчики выполняют ответ сигнала нуля с некоторой погрешностью, что надо учитывать при измерении. В данной реализации фиксированно задаётся время измерения, которое можно менять в файле инициализации настройки программы.

Напряжение питания сканирующий адаптер получает от USB-интерфейса

ПК, и потребляемый ток не превышает 20 миллиампер.

Конструкция

Все элементы сканирующего адаптера 1wire размещены на печатной плате. На рис. 7 показана 3D-модель печатной платы с установленными элементами.

Блоки UART и AD9833 устанавливаются через переходные колодки. На колодки DIP-14 устанавливаются МК 16F676 и микросхема 1533ЛА3, что позволяет перепрограммировать МК или заменить в случае неисправности DD1.

Принципиальная схема (файл **rastavaha_v2_skaner_v1.dch**), печат-



Рис. 7. 3D-модель печатной платы сканирующего адаптера 1wire



Рис. 9. Вид цифровых термоподвесок с 14 датчиками DS18B20 и длиной 28 метров

ная плата (файл `rastavaha_v2_skaner_v1.dip`) подготовлены в редакторе DIP-TRACE и находятся в каталоге [4] архива программы `uart_1wire_v2r.exe`. Извлекаются из программы при старте по клавише «4». Эта команда извлекает все составляющие программного обеспечения и сопутствующую документацию с печатными платами.

Программное обеспечение

Программное обеспечение подготовлено на языке Forht [5], находится в одном файле `uart_1wire_v2r.exe` и содержит все составляющие для своего развития или текущей работы. Первоначальный запуск программы вызовет стартовое меню, в котором необходимо выбрать требуемый режим работы и для этого нажать цифровые клавиши на выбор из четырёх: 1 – восстановить файл инициализации `uart_1wire_v2r.ini`, 2 – открыть файл помощи, 3 – восстановить всю информацию для дальнейшей модернизации, 4 – восстановить и скопировать новую программу.

Запуск программы в каталоге с наличием файла инициализации выполняется по опциям данного файла. Это текстовый файл, и он доступен для редактирования. Автор в файле `uart_1wire_v2r.ini` установил опции для автоматического определения порта USB-UART и дальнейшего открытия окна сканирования данных датчиков.

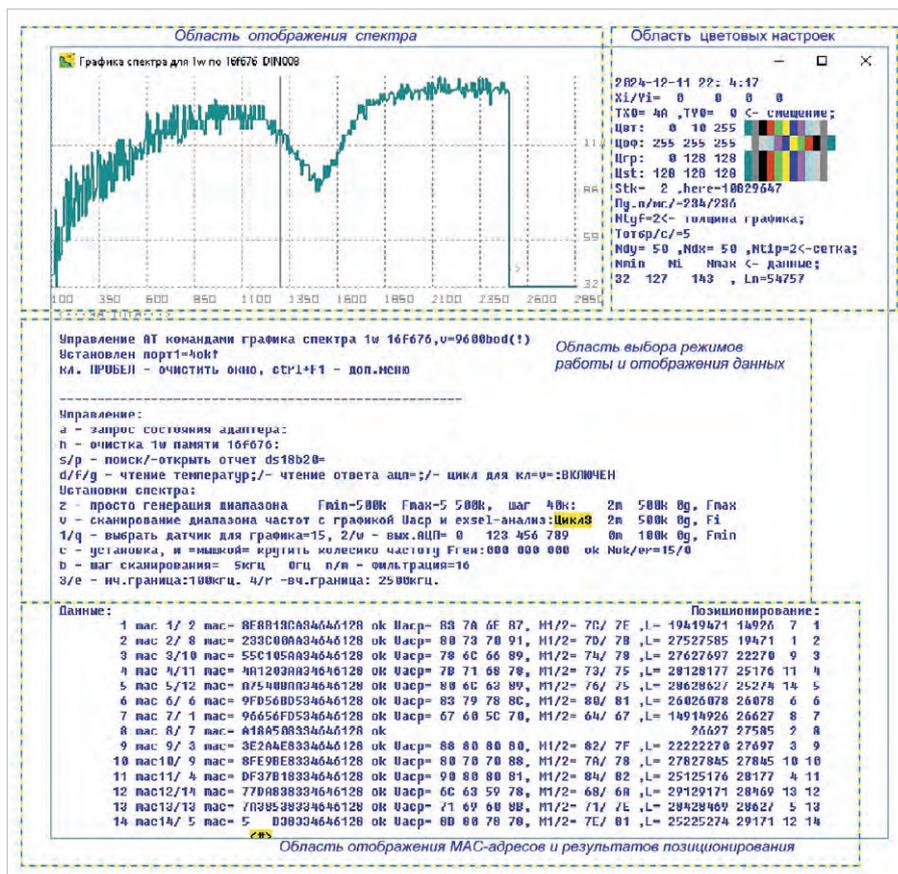


Рис. 8. Окно программы позиционирования датчиков

Ниже на рис. 8 приведено окно с данными датчика и спектром сканирования характеристик линии.

Программа подготовлена для установки датчиков в цифровых термоподвесках. Данные после позиционирования формируются в ini-файл для объекта с привязкой к названиям и требуемым спецификациям заказчика. Подробное описание термометрии с таким количеством датчиков приведено в [6]. Поскольку программа ориентирована на сравнительный анализ данных, выбрано отображение амплитуды спектра значениями отсчёта АЦП в 10-разрядной точности МК.

Перечислим действия, формирующие импульс включения ЭК для получения спектра индуктивно-ёмкостных характеристик.

- Первоначально сканируется всё адресное пространство 1wire и определяется доступное количество датчиков DS18B20. Это действие выполняет клавиша «s» на рис. 8 окна программы. Доступно при подключении определить до 78 датчиков, но позиционирование подготовлено только для 14.
- По умолчанию выбран диапазон от 100 до 2500 килогерц с заданным

интервалом шага 10 килогерц. Эти параметры можно изменить в программе словами FGMAX, FGMIN, A_DELTA_DIN008. Текст программы содержит подробное описание переменных и определяемых слов, и поэтому укажем только алгоритм действий программы.

- Перед сканированием диапазона ПК передаёт выбранный MAC-адрес в МК, который записывается в память МК.
- В процессе сканирования ПК передаёт команду на установку новой частоты сигнала, МК устанавливает частоту сигнала, а затем по записанному ранее MAC-адресу обращается к датчику для чтения температуры. Таким образом, отвечать будет только датчик с указанным MAC-адресом.
- Команда чтения температуры выполняется, и в процессе передачи МК фиксирует ответ с первым появившимся сигналом «0» при передаче запроса сигнала «1». Это и есть начало импульса сканирования, который выдаётся на RC0 МК, и, таким образом, включается ЭК1,2.
- После начала импульса сканирования МК включает АЦП и 4 раза записывает данные в свою память. Затем

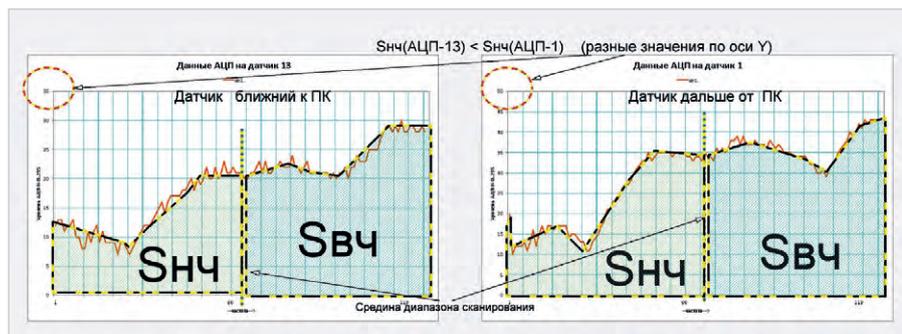


Рис. 10. Графики спектров двух датчиков в формате Excel

выключает импульс сканирования. Процесс измерения окончен.

- Полученные данные передаются от МК в ПК, где фиксируются, обрабатываются, и строится спектр ответа. Далее вновь передаётся команда на новую частоту, и получение данных для записанного MAC-адреса повторяется.
- После прохождения сканирования диапазона частот ПК передаёт следующий MAC-адрес в МК. И так цикл повторяется до последнего 14-го датчика температуры.

В каталоге **forth_asmb_pik12** находятся файлы на языке forth-ассемблера программы работы МК. При компиляции общей программы они также компилируются и формируют в каталоге **uart_1wire_v2r_16f676_v2_12m_sin_ad9833** HEX-коды для записи в МК. Файлы для МК имеют расширение hex и записываются в МК любым доступным программатором.

Работа с МК построена на структуре AT-команд. Например, для проверки связи МК с компьютером передаётся код AT и байт x88, в ответ должны получить байт кода, назначенного для данной ИМС, например, байт x31. Код назначения для МК определяется в названии сформированного HEX-файла. Например, файл **hex_16f676_ad9833_i1w_v2_3B012F675004315F.hex** содержит последние 3 байта: x04 x31 x5F. Байт x5F – серия данных микросхем автора для работы с термометрией. Код x04x31 и последующие цифры байт – это условный MAC-адрес данной микросхемы МК, где первая цифра и есть байт ответа при проверке связи. Автор лишь повторил размерность кодировки датчиков DS18B20 для микросхемы МК.

Другие команды AT подробно приведены в файле **uart_1wire_v2r_16f676_v2_12m_sin_ad9833.f** так, что доступно программировать и на других языках при обращении к МК.

Скорость обращения к МК выбрана в 9600 кбод в стандарте 8N1.

Предусмотрены ещё два окна: настройка, проверка генератора AD9833 и позиционирование датчиков в автоматическом режиме без отображения в работе спектра, но с записью данных в файл формата Excel.

Режим с записью данных спектра в файл Excel позволяет анализировать спектры, учитывать возможные помехи и проводить сравнительный анализ в спорных случаях измерения.

На рис. 9 приведено фото цифровых подвесок, для которых подготовлено это программное обеспечение.

Для позиционирования датчиков по полученным данным отсчёта АЦП индуктивно-ёмкостных значений выбран анализ «интегрального веса» участка данных спектра. Чем больше «интегральный вес», тем больше «частотных» откликов диапазона, т.е. больше значение индуктивности и ёмкости. Исходя из того, что значение квадратного корня произведения ёмкости и индуктивности обратно пропорционально частоте исследуемого LC-контура [1], получаем правило позиционирования датчиков. Чем ближе датчик, тем меньше «интегральный вес», или, наоборот, чем дальше датчик, тем больше «интегральный вес».

Другой вариант трактовки правила позиционирования: длиннее линия – больше индуктивность и ёмкость линии и, следовательно, меньше частота «исследуемого LC» контура. На рис. 10 приведён график «интегрального веса» для двух датчиков.

Снч и Свч – выделенная штриховым контуром площадь «интегрального веса» спектра. НЧ – низкая часть частоты спектра, ВЧ – высокая часть частоты спектра.

Вид графиков двух разных датчиков, на первый взгляд, одинаковый, но «интегральный вес» разный, поскольку

ку по шкале Y разное значение амплитуд. Для большей наглядности анализа использовался метод дихотомии, т.е. деление на два поддиапазона и сравнение соответствующих участков спектра.

Для быстрого построения графиков по данным окна без отображения спектра подготовлен файл макроса **uart_1wire_v2r_grafika.xls** для редактора Excel, который находится в папке **dot_files** в архиве.

Подробности практической работы с позиционированием датчиков термоподвесок выходят за рамки данного изложения, но доступны в тексте настройки и помощи программы.

Выводы

Возможность адаптера «привязать» уникальный MAC-адрес к «уникальному» месту установки позволяет снизить ошибки размещения датчиков. Размещение датчика можно проверить и способом его нагрева и тем самым убедиться в правильности позиционирования.

Но для датчиков, установленных в место измерения, возникает проблема их достоверной проверки без изъятия с места работы. Предлагаемый адаптер помогает проводить достоверную проверку датчиков на месте их постоянной работы.

Использование сканирующего адаптера повышает надёжность и ремонтопригодность цифровых термоподвесок на основе интерфейса 1wire и датчиков DS18B20.

Литература

1. Измерение индуктивности катушек резонансным методом. URL: <https://forum.cxem.net/index.php?blogs/entry/463-измерение-индуктивности-катушек-резонансным-методом/>.
2. Генератор AD9833. URL: <https://www.chipdip.ru/catalog/popular/ad9833-1>.
3. Описание МК 16F676. URL: <https://www.chipdip.ru/product/pic16f676-i-p>.
4. Каталог программы, платы. URL: http://90.189.213.191:4422/temp/uart_1wire_v2r/test/.
5. Описание языка Форт spf4.exe, автор версии А. Черезов. URL: <http://www.forth.org.ru/>.
6. «Тройник» для интерфейса 1wire // Современная электроника. 2023. № 6. С. 24–26. URL: <https://www.cta.ru/articles/soel/2023/2023-6/169584/>.

Система пожарной и охранной сигнализации для производственных помещений на базе программируемого реле ПР100 и панели ИПП120

Сергей Шишкин

В представленной системе базовый модуль выполнен на базе программируемого реле ОВЕН ПР100. Для контроля и управления задействована панель оператора ИПП120. Автор приводит развёрнутый алгоритм работы системы, схемотехнику, схему подключения первичных датчиков и исполнительных устройств.

В представленной системе пожарной и охранной сигнализации задействованы следующие основные базовые элементы:

- программируемое реле ОВЕН ПР100-24.1208.03.1 (далее ПР100 или реле ПР100);
- информационно-программируемая панель ИПП120 (далее ИПП120 или панель ИПП120).

Внешний вид реле ПР100 приведён на рис. 1. Внешний вид ИПП120 приведён на рис. 2.

ПР100 – «самое бюджетное» устройство из класса программируемых реле, выпускаемых компанией ОВЕН. ПР100 предназначено для построения локальных автоматизированных систем, управления технологическим оборудованием. ПР100 программируется в среде Owen Logic на языке FBD. Пользовательская программа записывается в энергонезависимую Flash-память прибора. Прибор поддерживает следующие функции:

- работа по программе, записанной в память;

- работа в сети RS-485 по протоколам Modbus RTU/Modbus ASCII в режиме Master или Slave;
- обработка входных сигналов от датчиков;
- управление подключёнными устройствами с помощью дискретных или аналоговых сигналов.

Более подробно работа ПР100 приведена в [1].

Панель ИПП120 предназначена для выполнения пользовательских программ в автоматизированных системах управления технологическим оборудованием. ИПП120 может поддерживать следующие функции:

- работа по программе, записанной в память;
- работа в сети RS-485 по протоколу Modbus RTU/Modbus ASCII в режиме Master или Slave;
- отображение данных на ЖКИ;
- ввод и редактирование данных с помощью кнопок на лицевой панели.

Панель ИПП120 так же, как и ПР100, программируется в среде OWEN Logic. Расширенный диапазон температу-

ры эксплуатации (–20...+55°C) со степенью защиты IP65 позволяет применять информационную панель ИПП120 в тяжёлых промышленных условиях, в неотапливаемых и пыльных помещениях. Более подробно работа ИПП120 приведена в [2]. Структурная схема системы приведена на рис. 3.

Подробнее остановимся на объекте автоматизации. Пусть это три помещения (№ 1–3) в складском комплексе. В каждом помещении должны быть установлены пожарная и охранная сигнализация. Кроме того, в помещениях № 1–3 имеются водопровод, приточно-вытяжная вентиляция и локальная система обогрева. Контроль осуществляется из центрального диспетчерского пункта (отдельное помещение). В центральном диспетчерском пункте должны быть установлены только пожарная и охранная сигнализация. ИПП120 А1 не имеет физических входов/выходов, поэтому в центральном диспетчерском пункте кроме ИПП120 А1 расположено реле ПР100 А2 для управления сигналами звуковой и световой сигнализации. Панель ИПП120 в режиме Master по сети RS-485 может управлять не более чем 16 устройствами. У каждого устройства может быть до 256 переменных. Допускается использование одинаковых имён для каждого устройства. В режиме Master ИПП120 поддерживает:

- чтение по таймеру;
- чтение/запись по событию;
- запись по изменению (используется по умолчанию).

Базовые модули в помещениях № 1–3 выполнены соответственно на ПР100 А3–А5. Принципиальная схема системы представлена на рис. 4.

На принципиальной схеме, приведённой на рис. 4, показано подключение составных частей, входящих в центральный диспетчерский пункт, и базового модуля № 1 в помещении № 1. Далее считаем, что базовый



Рис. 1. Внешний вид реле ПР100



Рис. 2. Внешний вид ИПП120

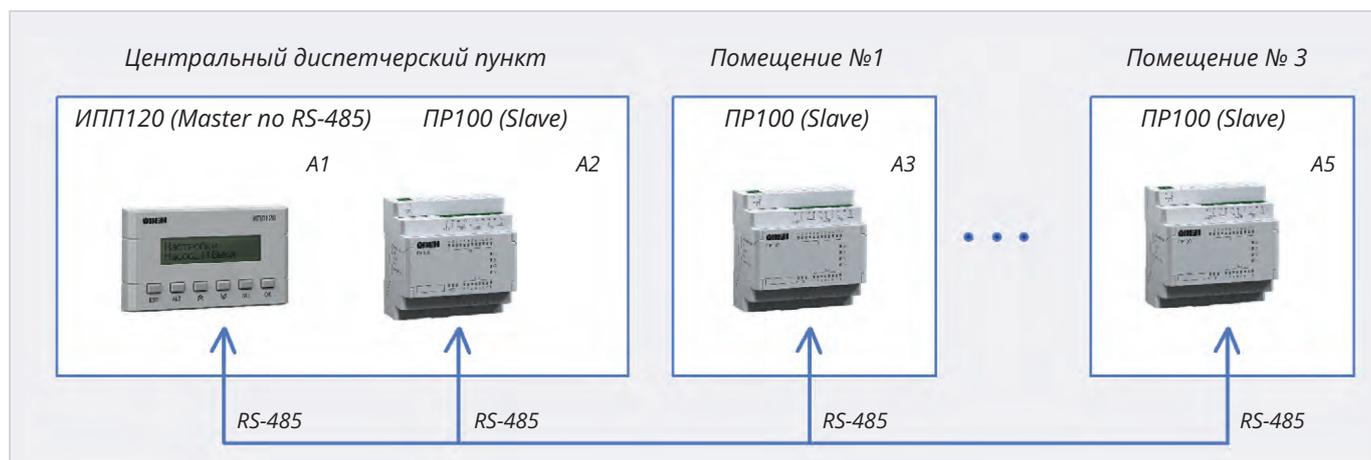


Рис. 3. Структурная схема системы пожарной и охранной сигнализации

модуль № 2 расположен в помещении № 2 и т.д. Принципиальные схемы базовых модулей № 1–3 с обвязкой в помещениях № 1–3 совершенно одинаковые. В программе для ПР100 базовых модулей будут разными только адреса устройств. Сразу отметим, что позиционные обозначения в структурной и принципиальных схемах – различные. Для подключения базовых модулей в помещениях № 2, № 3 нужно только подвести: сетевое напряжение ~220 В,

питающие напряжения постоянного тока +24 В, +12 В и линию связи RS-485.

Базовый модуль А1 в системе реализует следующие основные и дополнительные функции:

- охранная сигнализация (далее ОС);
 - пожарная сигнализация (далее ПС);
 - управление приточно-вытяжной вентиляцией;
 - система обогрева;
 - блок измерения температуры;
- а) канал измерения температуры

№ 1 (в помещении);

б) канал измерения температуры № 2 (температура вне помещения);

- контроль протечки воды.

ПР100 А2 и панель ИПП120 расположены в центральном диспетчерском пункте.

ПР100 А2 реализует следующие функции:

- управляет световыми сигналами пожарной сигнализации из помещений № 1–3 и центрального диспетчерского пункта;
- управляет световыми сигналами охранной сигнализации из помещений № 1–3 и центрального диспетчерского пункта.

Панель ИПП120 по сети RS-485 управляет всеми ПР100.

Сигналы пожарной и охранной сигнализации имеют приоритет по отношению к сигналам других функциональных блоков системы. Местоположение помещений в складском комплексе может быть разным. Если помещение находится в ангаре, то канал температуры № 2 контролирует температуру в ангаре. Если же помещение вынесено из складского комплекса, то канал температуры № 2 контролирует температуру на улице.

Основные элементы системы, приведенные на принципиальной схеме: реле ПР100 (позиционные обозначения А1, А2); панель ИПП120 А3; извещатель ВО2 типа «Астра 5»; извещатели магнитоконтактные ВО1, ВО3 типа ИО102-26; извещатели пожарные ВП1, ВП2 типа ИП212-4С; датчик потока воздуха ВВ1; автомат защиты QF1. Сетевое напряжение 220 В поступает на устройство с соединителя XP1. Питающие напряжения +12 В и +24 В поступают на составные части базового модуля № 1 с соединителя XP2. Питающие напряжения +12 В и

Таблица 1. Функциональное назначение аналоговых и дискретных входов реле ПР100 А1 базового модуля № 1 и ПР100 А3 в центральном диспетчерском пункте

Дискретный вход в ПР100	Обозначение в среде OWEN Logic	Функциональное назначение в устройстве. Логика работы	ПР100 А1	ПР100 А2
DI1	I1	Подключение кнопки для включения/выключения системы пожарной сигнализации	Кнопка S1	Кнопка S6
DI2	I2	Подключение датчика системы пожарной сигнализации	Датчик ВП1	Датчик ВП2
DI3	I3	Подключение кнопки для включения/выключения системы охранной сигнализации	Кнопка S2	Кнопка S7
DI4	I4	Подключение датчика системы охранной сигнализации. Датчик герконовый	Датчик ВО1	Датчик ВО3
DI5	I5	Подключение датчика системы охранной сигнализации. Датчик охранный, объёмный оптоэлектронный	Датчик ВО2	Не задействован
DI6	I6	Подключение кнопки для включения/выключения функционального блока, контролирующего утечку воды	Кнопка S3	Не задействован
DI7	I7	Подключение датчика системы контроля утечки воды	Датчик ВВ2	Не задействован
DI8	I8	Подключение кнопки для включения/выключения системы вентиляции	Кнопка S4	Не задействован
U1	A11	Подключение датчика потока воздуха. Контроль работы системы вентиляции	Датчик ВВ1	Не задействован
I2	A12	Подключение датчика температуры. Контроль температуры вне помещения	Датчик В2	Не задействован
U3	A13	Подключение кнопки для включения/выключения системы нагрева	Кнопка S5	Не задействован
I4	A14	Подключение датчика температуры. Контроль температуры в помещении. Датчик температуры системы нагрева	Датчик В1	Не задействован

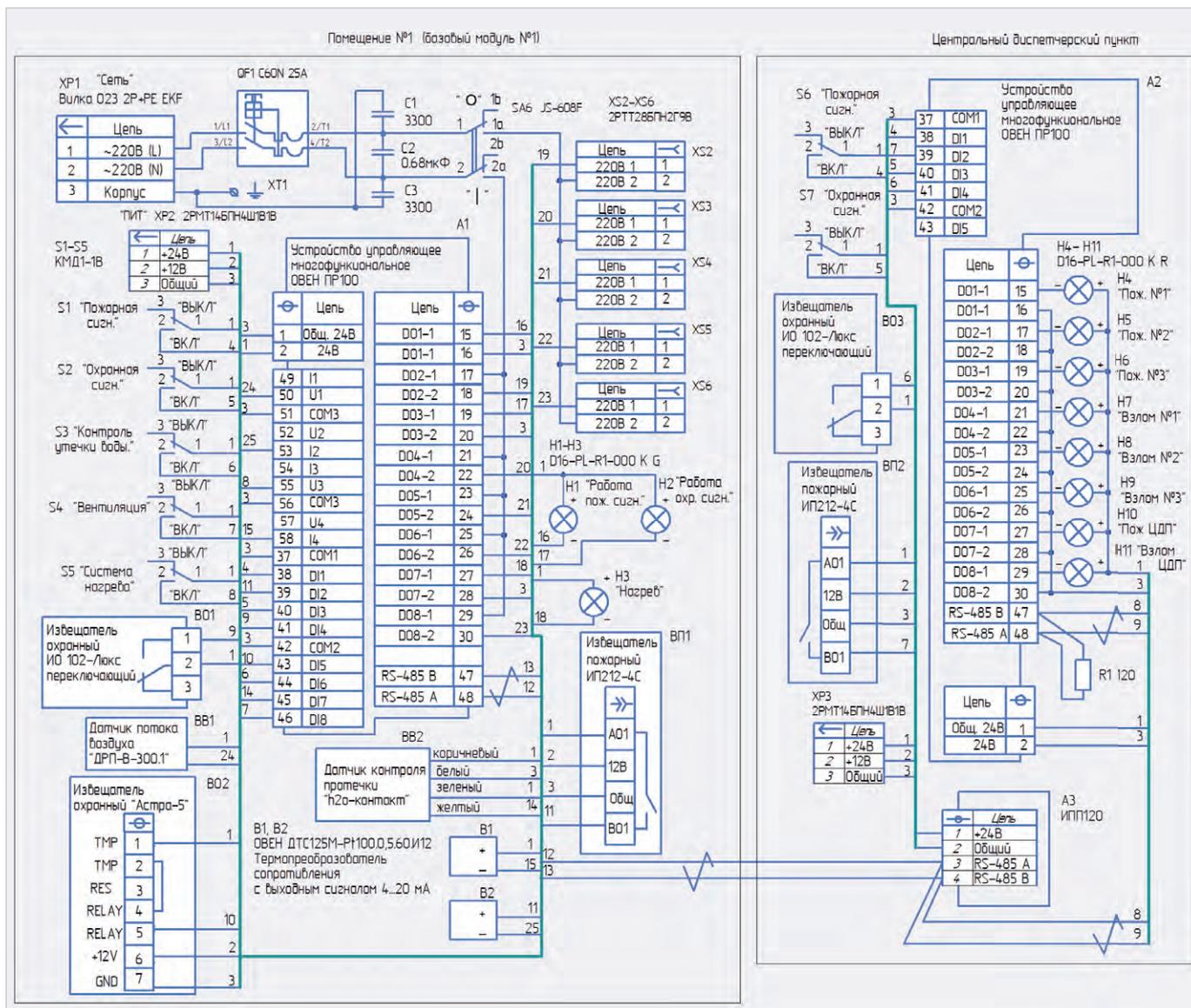


Рис. 4. Принципиальная схема системы

+24 В поступают на составные части, расположенные в центральном диспетчерском пункте, с соединителя XP3.

Аппаратная часть достаточно простая и не вызовет никаких трудностей при сборке и монтаже и эксплуатации. Разработка фактически сводится к разработке специального программного обеспечения СПО для ИПП120 А3, для PR-100 А2 в центральном диспетчерском пункте и для панели PR100 А1 в базовых модулях.

Рассмотрим работу базового модуля № 1. Предусмотрена одна независимая линия для подключения извещателя охранного объёмного оптико-электронного «Астра-5» исполнения А, ИО 409-10 (далее датчик охраны Астра-5) и независимая линия для подключения охранных точечных магнитоконтактных извещателей ИО 102-26 исполнения 4 (далее датчик охраны ИО 102-26), а также независимая линия для подключения пожарных извещателей ИП212-4С.

Все вышеуказанные извещатели являются внешними (выносными) элементами по отношению к PR100 А1.

В табл. 1 приведено функциональное назначение аналоговых и дискретных входов реле PR100 А1 базового модуля № 1 и PR100 А3 в центральном диспетчерском пункте. Аналоговые входы А11, А13 в PR100 А1 предварительно задаются (конфигурируются) как дискретные.

В табл. 2 приведено функциональное назначение дискретных выходов реле PR100 А1 в базовом модуле № 1 и PR100 А3 в центральном диспетчерском пункте.

Выходы DO2, DO4, DO5, DO6, DO8 реле PR100 А1 выведены в базовом модуле соответственно на соединители XS2–XS6 для управления исполнительными устройствами. Допустимый ток нагрузки для вышеуказанных выходов реле PR100: не более 5 А при напряжении

не более 250 В переменного тока. Для управления более мощными нагрузками необходимо задействовать мощные ключи (например, твердотельные реле). Понятно, что в данном случае выходы DO будут задействованы в цепи управления твердотельных реле. Выход DO2 целесообразно задействовать для управления световой или звуковой сигнализацией (ревун, сирена и пр.) или непосредственно для включения автоматической установки пожаротушения. Выход DO4 может быть задействован для управления такими исполнительными устройствами, как соленоиды блокировочных электромагнитных замков или актуаторов, необходимыми для дополнительной блокировки дверей, люков и пр. Выход DO5 управляет вентиляционной установкой. Выход DO6 может управлять электромагнитным запорным клапаном. Выход DO8 управляет нагревателем.

Таблица 2. Функциональное назначение дискретных выходов реле ПР100 А1 в базовом модуле № 1 и ПР100 А3 в центральном диспетчерском пункте

Дискретный выход в ПР100	Обозначение в среде OWEN Logic	Функциональное назначение выхода в ПР100 А1 в помещении № 1 (или ПР100 в помещениях № 3, № 4)	Функциональное назначение выхода в ПР100 А2
D01	Q1	Контроль работы системы пожарной сигнализации в контролируемом помещении. Подключена индикаторная лампа Н1. Работа: Н1 – горит постоянно. Пожар: Н1 – периодически мигает	Сигнал «Пожар» пожарной сигнализации в помещении № 1
D02	Q2	Включение исполнительного устройства системы пожарной сигнализации в контролируемом помещении	Сигнал «Пожар» пожарной сигнализации в помещении № 2
D03	Q3	Контроль работы системы охранной сигнализации в контролируемом помещении. Подключена индикаторная лампа Н2. Система активирована: Н2 – включена постоянно. Система ставится под охрану: Н2 – периодически мигает	Сигнал «Пожар» пожарной сигнализации в помещении № 3
D04	Q4	Включение исполнительного устройства системы охранной сигнализации в контролируемом помещении	Сигнал «Взлом» охранной сигнализации в помещении № 1
D05	Q5	Включение исполнительного устройства системы вентиляции в контролируемом помещении	Сигнал «Взлом» охранной сигнализации в помещении № 2
D06	Q6	Включение исполнительного устройства системы контроля утечки воды в контролируемом помещении	Сигнал «Взлом» охранной сигнализации в помещении № 3
D07	Q7	Контроль включения системы обогрева в контролируемом помещении. Подключена индикаторная лампа Н3	Сигнал «Пожар» пожарной сигнализации в центральном диспетчерском пункте
D08	Q8	Подключение нагревателя системы нагрева	Сигнал «Взлом» охранной сигнализации в центральном диспетчерском пункте
Индикаторы в ПР100			
F1	F1	Сигнал «Взлом» охранной сигнализации в контролируемом помещении. Взлом системы: F1 – периодически мигает с периодом 0,5 с	Световой сигнал системы охранной сигнализации в центральном диспетчерском пункте. Система ставится под охрану: F1 – периодически мигает с периодом 1 с. Взлом системы: F1 – периодически мигает с периодом 0,5 с
F2	F2	Не задействован	Световой сигнал системы пожарной сигнализации в центральном диспетчерском пункте. Система включена: F1 – горит постоянно. Пожар: F1 – периодически мигает с периодом 0,5 с

Датчик охраны «Астра-5» исполнения А предназначен для обнаружения проникновения в охраняемое пространство закрытого помещения и формирования извещения о тревоге путем размыкания выходных контактов сигнального реле. Принцип действия основан на регистрации изменений потока теплового излучения, возникающих при пересечении человеком зоны обнаружения, которая состоит из чувствительных зон. Назначение сигналов на колодке датчиком охраны «Астра-5» следующее: TMP – сигнал (выход реле, при снятой крышке контакты реле – разомкнуты), который при снятии крышки формирует извещение о тревоге независимо от включения питания датчика; RES – клемма для установки резистора; RELAY – выходы реле; +12V, GND – клеммы электропитания. Обозначение контактов на колодке дано условно. При выключенном электропитании, а также в дежурном режиме (одна минута после подачи электропитания) выходные контакты реле RELAY датчика охраны – разомкнуты. Более подробное описание датчика охраны «Астра-5» приведено в [3].

Датчики охраны ИО 102-26 исполнения 4 предназначены для блокировки дверных и оконных проёмов, организации устройств типа «ловушка», а также блокировки других конструктивных элементов зданий и сооружений на открывание или смещение с выдачей сигнала «Тревога». Извещатель каждого исполнения конструктивно состоит из датчика магнитоуправляемого (датчика) на основе геркона и задающего элемента (магнита), выполненных в корпусах из пластика.

В устройстве задействован датчик ИО102-26 исполнения 4, у которого тип геркона – переключающийся. Под действием магнита контакт 2 размыкается с контактом 3 и замыкается с контактом 1. Более подробное описание датчика ИО102-26 приведено в [4].

Извещатель ИП212-4С представляет собой автоматическое оптико-электронное устройство, осуществляющее сигнализацию о дежурном режиме работы (проблесковое свечение красного светодиода) и о появлении дыма в месте его установки, вызывающем срабатывание извещателя.

У извещателя ИП212-4С при появлении дыма в оптической камере импульсы инфракрасного излучения, отражаясь от дымовых частиц, попадают на фотоприёмник, усиленный сигнал которого сравнивается с пороговым уровнем, и, если превышение над порогом повторяется пять раз подряд, схема регистрирует состояние «Пожар». При этом вырабатывает сигнал, включающий оптореле, контакты которого замыкаются, контакты 1, 4 выходного соединителя датчика замыкаются. Более подробное описание данного извещателя приведено в [5].

Панель ИПП120 А3, реле ПР100 А2, ламповые индикаторы Н4-Н11 (рис. 4) целесообразно в центральном диспетчерском пульте разместить на отдельной панели управления. Автор не будет останавливаться на какой-то конкретной конструкции панели управления и устройства в целом. На рис. 5 приведён скриншот управляющей программы для реле ПР100 А1 базового модуля в среде OWEN Logic.

В скриншоте управляющей программы на рис. 5 можно выделить пять

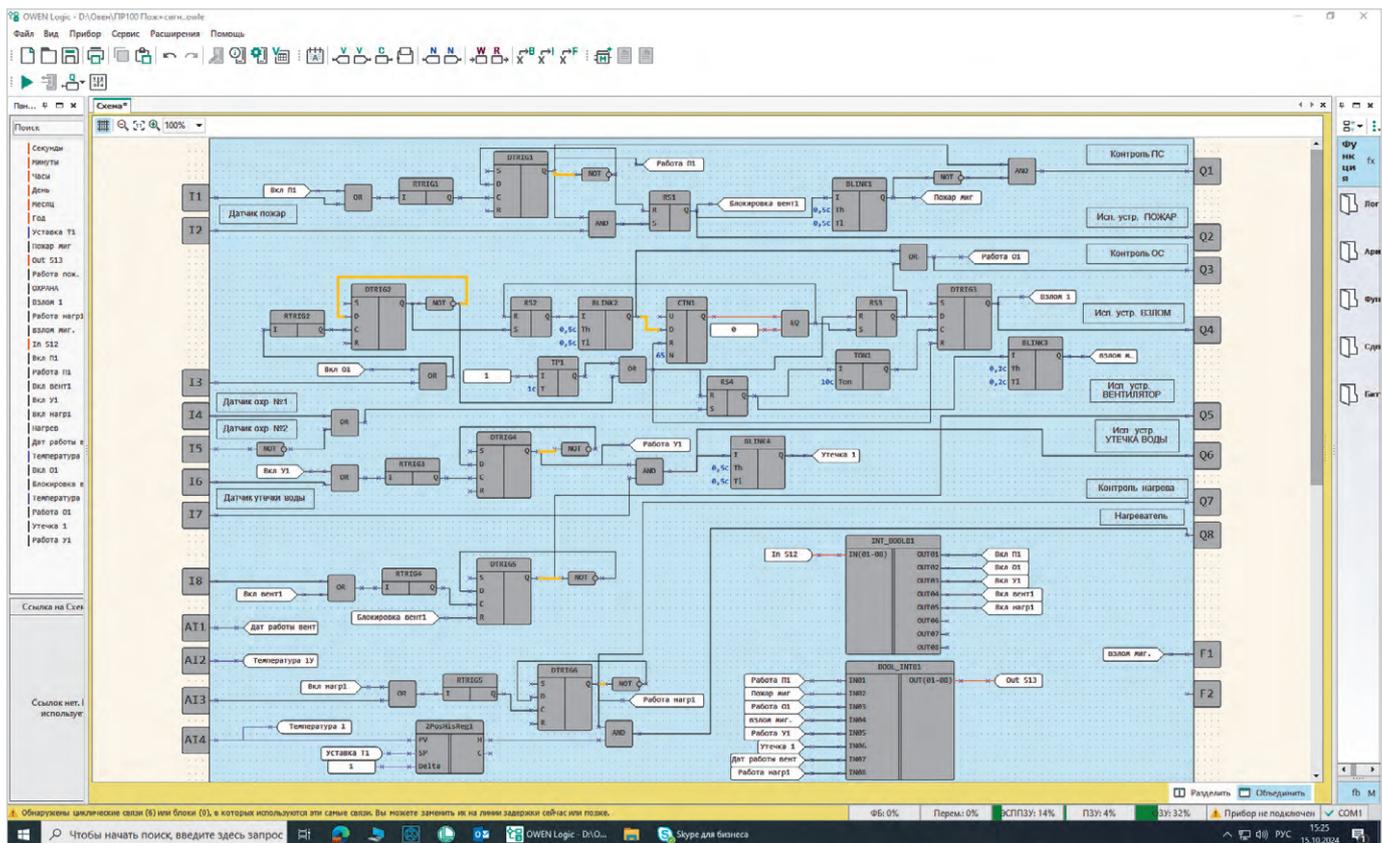


Рис. 5. Скриншот управляющей программы для PP100 базового модуля в среде OWEN Logic

функциональных блоков, которые реализуют пять функций системы:

- блок охранной сигнализации включает в себя следующие основные элементы: RS-триггер RS1, D-триггер DTRIG1, генератор импульсов BLINK1, детектор переднего фронта RTRIG1, а также логические элементы 2ИЛИ, НЕ, 2И;
- блок пожарной сигнализации включает в себя следующие элементы: RS-триггеры RS2–RS4, D-триггеры DTRIG2, DTRIG3, генераторы импульсов BLINK2, BLINK3, детектор переднего фронта RTRIG2, универсальный счётчик CTN1, таймер с задержкой включения TON1, модуль включения заданной длительности TP1, модуль операции сравнения на равенство EQ, а также логические элементы 2ИЛИ, НЕ;
- блок контроля утечки воды выполнен на: D-триггере DTRIG4, детекторе переднего фронта RTRIG3, генераторе импульсов BLINK4. Также задействованы логические элементы 2ИЛИ, НЕ;
- блок управления вентиляционной установкой выполнен на следующих элементах: D-триггере DTRIG5, детекторе переднего фронта RTRIG4, а также логических элементах 2ИЛИ, НЕ. При срабатывании пожарной сигнализации работа приточно-вытяжной вентиляции блокируется;

- система нагрева выполнена на следующих элементах: D-триггере DTRIG6, детекторе переднего фронта RTRIG5, макросе 2PosHisReg1 (двухпозиционный регулятор с гистерезисом), а также логических элементах 2ИЛИ, 3И, НЕ.

Для обмена по сети RS-485 задействованы макросы INT_BOOL81 и BOOL_INT81. Вышеуказанные функциональные блоки могут управляться (вкл./выкл.) как с кнопок S1–S5, так и с панели ИПП120 в центральном диспетчерском пункте.

На рис. 6 приведён скриншот управляющей программы для панели ИПП120 в среде OWEN Logic.

На рис. 6 в правом нижнем углу открыта вкладка «Настройка прибора». На ней приведены подключённые по сети RS-485 модули PP100 с сетевыми адресами. На рис. 7 приведён скриншот менеджера экранов ИПП120 А3 в среде OWEN Logic.

На рис. 8 приведён скриншот управляющей программы для PP100 А2 центрального диспетчерского пункта в среде OWEN Logic.

На скриншоте (рис. 8) можно выделить следующие основные составные части системы: пожарная сигнализация, охранная сигнализация, макрос INT_BOOL81. Аналогичные составные части

представлены в скриншоте управляющей программы для базового модуля на рис. 5.

После подачи питания на двухстрочном шестнадцатиразрядном ЖКИ ИПП120 отображаются первые две строки из пятнадцати представленных на рис. 7. Разряды в строках ЖКИ ИПП120 имеют следующее назначение (слева направо по рис. 7).

Первая строка:

- 1 разряд отображает «П» – составная часть системы – ПС;
- 2, 3 разряды отображают «№ 1» – номер помещения, где установлен базовый модуль № 1;
- 4 разряд отображает сигнал включения/выключения ПС для базового модуля № 1. Активный сигнал – «1». Сигнал устанавливается с клавиатуры ИПП120 на 2 с, после чего сигнал сам сбрасывается в «0»;
- 5 разряд отображает состояние ПС в базовом модуле № 1: «1» – включена, «0» – выключена. То есть активный сигнал в 4 разряде меняет состояние сигнала в 5 разряде;
- 6 разряд. После подачи питания в данном разряде устанавливается «0». После установки «1» в 5 разряде ПС базового модуля № 1 переходит в рабочий режим. При срабатывании пожарного извещателя в 6 разряде периодически

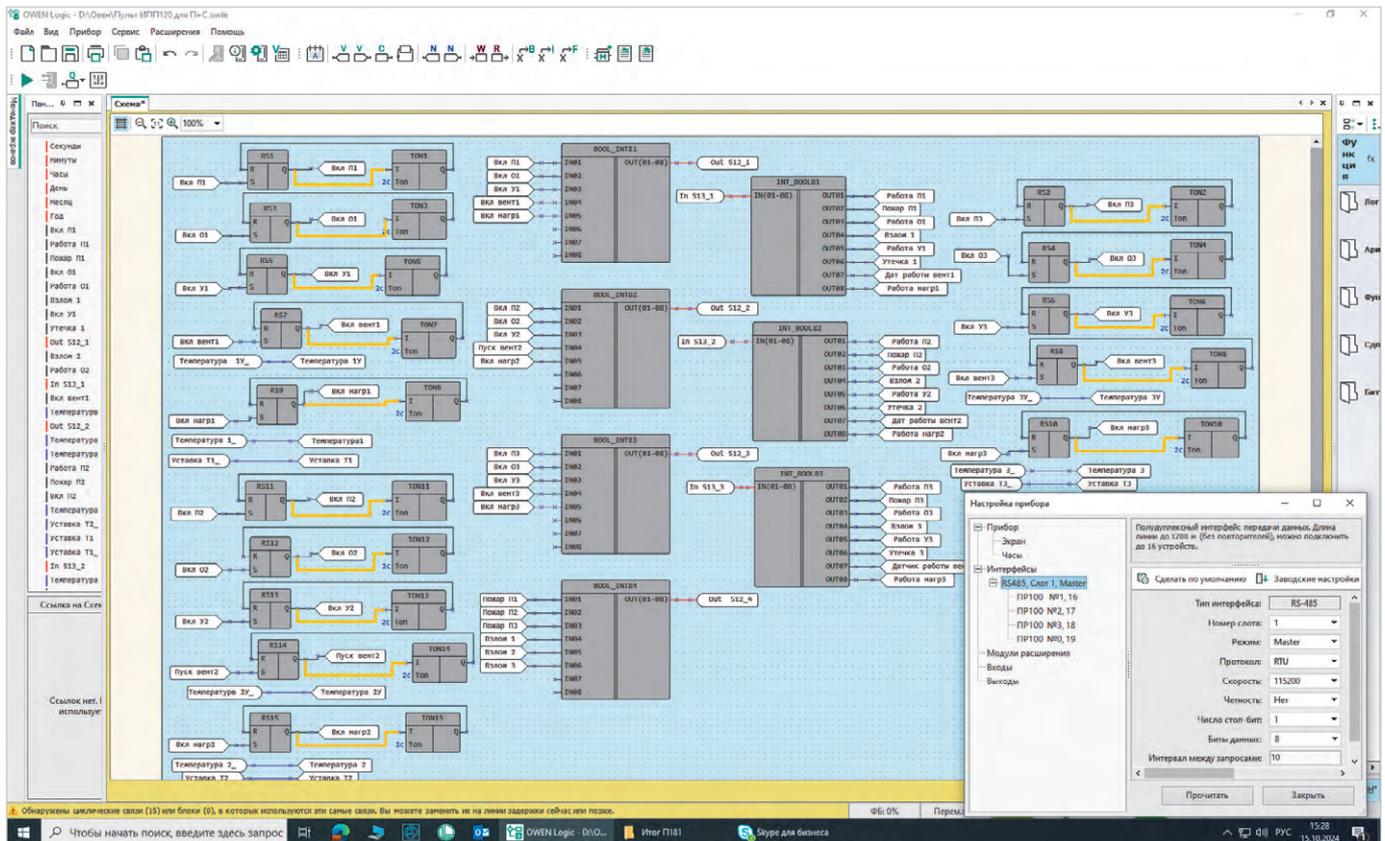


Рис. 6. Скриншот управляющей программы для ИПП120 в среде OWEN Logic

ски включается «1» – сигнал «Пожар» в помещении № 1;

- 7, 8 разряды отображает «№ 2» – номер помещения, где установлен базовый модуль № 2;
- 9 разряд аналогично разряду 4, но для ПС базового модуля № 2;
- 10 разряд аналогично разряду 5, но для ПС базового модуля № 2;
- 11 разряд аналогично разряду 6, но для ПС базового модуля № 2;
- 12, 13 разряды отображают «№ 3» – номер помещения, где установлен базовый модуль № 3;
- 14 разряд аналогично разряду 4, но для ПС базового модуля № 3;
- 15 разряд аналогично разряду 5, но для ПС базового модуля № 3;
- 16 разряд аналогично разряду 6, но для ПС базового модуля № 3.

Вторая строка:

- 1 разряд отображает «0» – составная часть системы – ОС;
- 2, 3 разряды отображают «№ 1» – номер помещения, где установлен базовый модуль № 1;
- 4 разряд отображает сигнал включения/выключения ОС для базового модуля № 1. Активный сигнал – «1». Сигнал устанавливается с клавиатуры ИПП120 на 2 с, после чего сигнал сам сбрасывается в «0»;
- 5 разряд отображает состояние ОС в базовом модуле № 1: «1» – включена, «0» –

выключена. То есть активный сигнал в 4 разряде меняет состояние сигнала в 5 разряде;

- 6 разряд. После подачи питания в данном разряде устанавливается «0». После установки «1» в 5 разряде ОС базового модуля № 1 переходит в рабочий режим. При срабатывании охранного извещателя в 6 разряде периодически включается «1» – сигнал «Взлом» в помещении № 1;
- 7, 8 разряды отображает «№ 2» – номер помещения, где установлен базовый модуль № 2;
- 9 разряд аналогично разряду 4 второй строки, но для ОС базового модуля № 2;
- 10 разряд аналогично разряду 5 второй строки, но для ОС базового модуля № 2;
- 11 разряд аналогично разряду 6 второй строки, но для ОС базового модуля № 2;
- 12, 13 разряды отображает «№ 3» – номер помещения, где установлен базовый модуль № 3;
- 14 разряд аналогично разряду 4 второй строки, но для ОС базового модуля № 3;
- 15 разряд аналогично разряду 5 второй строки, но для ОС базового модуля № 3;
- 16 разряд аналогично разряду 6 второй строки, но для ОС базового модуля № 3.

Третья строка – «подсказка» для соответствующих разрядов первой и второй строки: В – вкл./выкл.; Р – работа; С – сигнал тревоги.

Четвёртая строка. Аналогичные сигналы, приведённые для ПС и ОС, но для системы контроля утечки воды. То есть отображены сигналы для базовых модулей № 1–3: «ВКЛ»/«ВЫКЛ», «РАБОТА», «ТРЕВОГА».

Пятая строка. Аналогичные сигналы, приведённые для ПС и ОС, но для системы вентиляции. То есть отображены сигналы для базовых модулей № 1–3: «ВКЛ»/«ВЫКЛ», «РАБОТА». После включения системы сразу осуществляется контроль датчика потока воздуха (ВВ1 по рис. 4).

Шестая строка. Отображает: «СИСТЕМА ОБОГРЕВА». Начиная с данной строки и ниже отображается информация о системах обогрева помещений (далее СОП) базовых модулей № 1–3.

Седьмая строка (седьмая–девятая строки отображают параметры СОП для базового модуля № 1):

- 1, 2 разряды отображают «№ 1» – номер помещения, где установлен базовый модуль № 1;
- 3–6 разряды отображают функциональную группу, которая управляет СОП № 1 базового модуля № 1. 3 разряд отображает букву «В» (вкл./выкл.). 4 разряд отображает сигнал включения/выключения СОП для базового модуля № 1. Активный сигнал – «1». Данный сигнал устанавливается с кла-



Рис. 7. Скриншот менеджера экранов ИПП120 АЗ в среде OWEN Logic

виатуры ИПП120 на 2 с, после чего сам сбрасывается в «0»; 5 разряд отображает букву «Р» (работа). 6 разряд отображает состояние СН в базовом модуле № 1, «1» – включена, «0» – выключена. То есть в данной строке активный сигнал в 4 разряде меняет состояние сигнала в 6 разряде;

- 9–16 разряды отображают температуру в помещении № 1 в градусах (°C).

Восьмая строка. Отображает в помещении № 1 температуру задаваемой уставки для системы обогрева (канал измерения № 1 в базовом модуле № 1).

Девятая строка. Отображает температуру канала измерения № 2 в базовом модуле № 1.

Строки 10–12 отображают параметры СОП для базового модуля № 2.

Строки 13–15 отображают параметры СОП для базового модуля № 3.

Рассмотрим работу управляющей программы ИПП120 для базового модуля № 1 на примере пожарной сигнализации (рис. 6). После установки с клавиатуры значения «1» в четвёртом разряде первой строки на ЖКИ ИПП120 переменная «Вкл П1» устанавливается на входе S RS-триггера RS1 в лог. 1. При этом на выходе RS1 устанавливается лог. 1, которая запускает таймер с задержкой включения TON1. Через 2 с лог. 1 с выхода TON1 поступит на вход R триггера RS1

и «сбросит» его. То есть переменная «Вкл П1» будет установлена в лог. 0. За эти две секунды переменная «Вкл П1» поступит на макрос BOOЦNT81, и на его выходе будет сформировано соответствующее значение сетевой переменной OUT 5121 (первый бит посылки будет установлен в лог. 1). Сетевая переменная OUT 5121 будет распакована в макросе INT_VOOL81 программы для ПР100 базового модуля № 1 (рис. 5). В программе для ПР100 базового модуля данная переменная обозначена как «IN 512». При этом будет установлена в лог. 1 переменная «Вкл П1», и далее переменная «Работа П1» также будет установлена в лог. 1. Переменная «Работа П1» поступит на вход IN01 макроса BOOЦNT81. На его выходе будет сформировано соответствующее значение сетевой переменной OUT 513. Данная посылка будет распакована в макросе INT_VOOL81 (рис. 6). В итоге переменная «Работа П1» установит в пятом разряде первой строки ЖКИ ИПП120 – «1».

Нетрудно проследить, что при поступлении сигнала с пожарного извещателя в базовом модуле № 1 (вход DI4 в ПР100 А1 на рис. 4) начнёт с периодом 1 с мигать ламповый индикатор Н4 в центральном диспетчерском пункте (выход DO1 ПР100 А2). Разобраться в работе остальных систем не составит труда. Выходные сигналы пожарной

и охранных сигнализаций с базовых модулей № 1–3 выведены в центральном диспетчерском пункте на ПР100 А2 (ламповые индикаторы Н4–Н9 по рис. 4). В целом представленная система получается достаточно гибкой. Её легко можно масштабировать, вводить изменения в аппаратную часть, оперативно корректировать программное обеспечение на языке FBD.

Литература

1. Руководство по эксплуатации «Устройство управляющее многофункциональное ПР100».
2. Руководство по эксплуатации «Панель оператора ИПП120».
3. Руководство по эксплуатации «Извещатель охранный объёмный оптико-электронный ИО 409-10 «Астра-5». Исполнение А».
4. Руководство по эксплуатации «Извещатель охранный точечный магнитоконтактный. ИО 102 – «ЛЮКС» ПАШК.425119.080».
5. Руководство по эксплуатации «Извещатель пожарный ИП 212-4С ПАСПОРТ ЦФСК 425231.002-01 ПС».
6. Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (редакция 2023 г.).

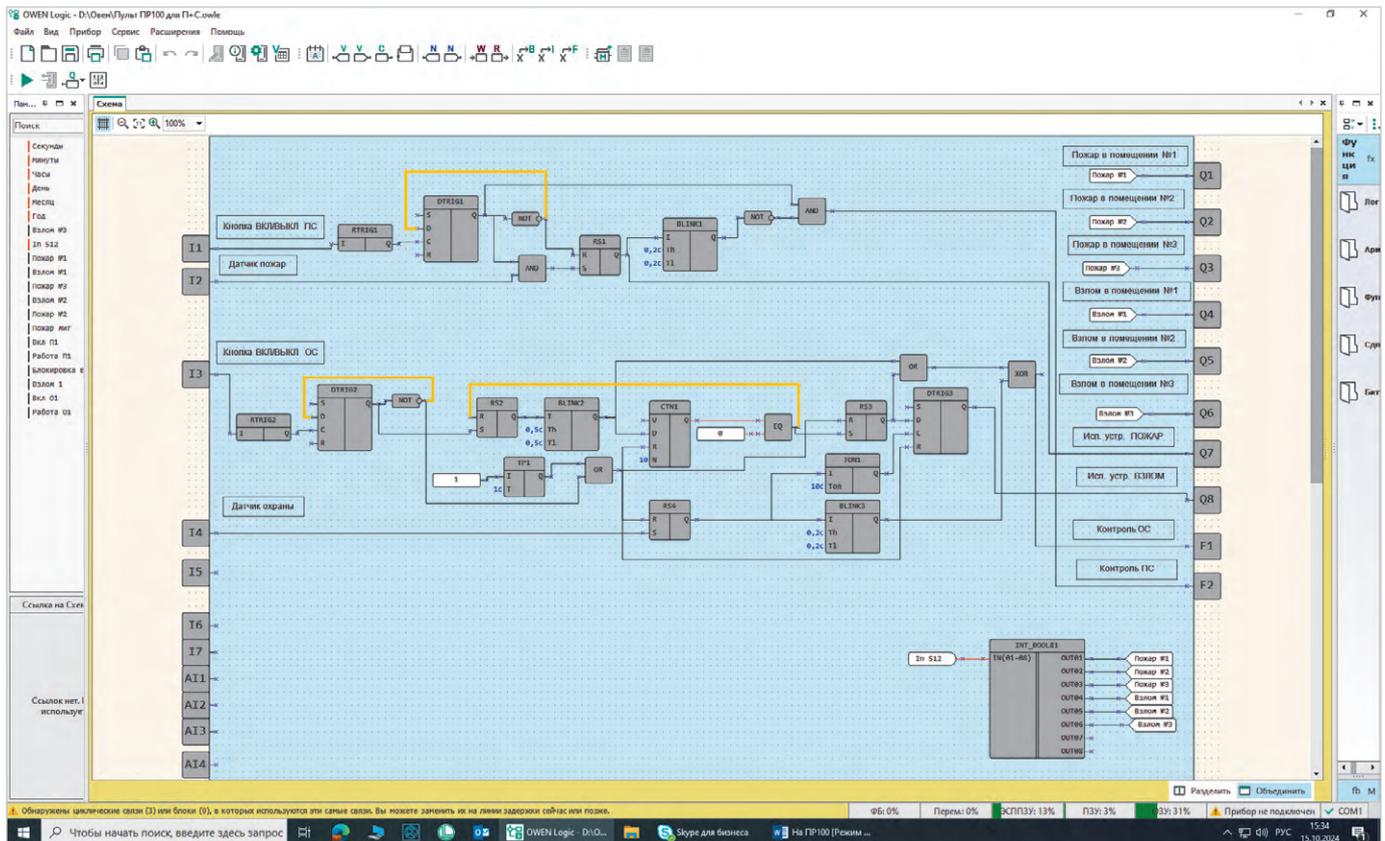


Рис. 8. Скриншот управляющей программы для ПР100 А2 центрального диспетчерского пункта в среде OWEN Logic





GRAYHILL

Инвестируйте в *лучшие* решения
для обеспечения надежности
в критические моменты

*Высокоточный оптический энкодер
Grayhill с полым валом*

- Центральное сквозное отверстие позволяет использовать подсветку ручки и выбирать дизайн ручки
- Выбор вариантов крутящего момента
- Монтаж на печатную плату
- Напряжение: 3,3 В и 5 В
- Низкое энергопотребление



ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА

+7 (495) 232-52-22 • INFO@PROCHIP.RU • WWW.PROCHIP.RU



Система мониторинга микроклимата

Олег Вальпа

Приведено описание разработанной автором статьи системы мониторинга микроклимата, построенной на базе панели оператора Weintek и датчика температуры и влажности воздуха XY-MD02.



Дополнительные материалы к этой статье можно скачать, перейдя по ссылке в QR-коде

Введение

Характеристики температуры и влажности воздуха играют огромную роль в жизни человека, животного и растительного мира. Эти параметры должны поддерживаться и контролироваться, например, в теплицах, вивариях, складских помещениях для хранения лекарственных препаратов. В специальных помещениях для сборки космических спутников также необходимо соблюдение особых требований и отслеживание граничных значений для температуры и параметров воздуха. Поэтому в мире создаются и совершенствуются устройства для мониторинга этих параметров и предупреждения персонала при их отклонении от нормы.

Проект

Рассмотрим вариант создания системы контроля температуры и влажности на базе панели оператора и цифрового датчика параметров воздуха.

В качестве панели оператора применена современная панель MT8071iE с сенсорным цветным графическим экраном от компании Weintek [1]. Описание среды разработки программ для таких панелей приведено в статье [2]. Поскольку панель оператора использует для связи с внешними устройствами последовательный интерфейс RS-485, целесообразно применение датчика температуры и влажности воздуха с таким же интерфейсом. В настоящее время выбор подобных датчиков достаточно широк. Например, можно применить датчики: XY-MD02, XY-MD03, XY-MD04, THM-D20E и др. Рассмотрим первый из этого списка датчиков.

Конструктивно датчик XY-MD02 выполнен в малогабаритном пластиковом решётчатом корпусе с размерами: 46×66×29 мм. Его внешний вид приведён на рис. 1.

Этот датчик можно крепить на DIN-рейку или на плоскую поверхность через два отверстия, предусмотренные в корпусе. Краткие технические характеристики датчика:

- питание: от 5 до 30 В постоянного тока;
- потребляемая мощность: не более 0,2 Вт;
- точность измерения температуры: $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$;
- точность измерения влажности: $\pm 3,0\%$;
- интерфейс: RS-485 с протоколом Modbus RTU;
- адрес на шине: устанавливается программой от 1 до 247, по умолчанию 1;
- скорость передачи данных: настраивается программой, по умолчанию 9600 бит/с;
- формат данных: 8-бит, 1 стоп-бит, без контроля чётности.

Датчик имеет два INPUT-регистра для чтения значений температуры и влажности воздуха и четыре HOLDING-регистра для изменения его параметров. Назначение регистров датчика приведено в табл. 1.

Из таблицы видно, что значения температуры и влажности хранятся в регистрах INPUT по адресам: 0x0001 и 0x0002, соответственно. Значения этих параметров увеличены в 10 раз с целью использования целочисленной арифметики для чисел с десятичными долями. Например, температура $21,5^{\circ}\text{C}$ будет храниться в регистре датчика в виде целого числа 215. Это необходимо учитывать при разработке программы.

Схема подключения всех устройств системы мониторинга показана на рис. 2.

Широкий допустимый диапазон питающего напряжения датчика XY-MD02 позволяет подключить его к источнику питания панели оператора с напряжением +24 В, не применяя дополнительного источника питания.

Программа

Программа панели оператора для системы мониторинга микроклимата должна отображать на своём экране значения температуры и влажности. Полезным будет отображение на экране календаря и текущего времени. Желательно, чтобы программа автоматически контролировала значения тем-

пературы и влажности, сравнивая их с максимальными и минимальными граничными величинами. При выходе значений измеряемых параметров за пределы установленных границ панель должна формировать предупреждающий звуковой сигнал и отображать на экране тревожное сообщение о выходе измеряемого параметра за пределы разрешённого диапазона.

С помощью среды разработки Easy Builder Pro необходимо разместить на главном экране панели оператора следующие элементы: сигнальную панель



Рис. 1. Внешний вид датчика XY-MD02

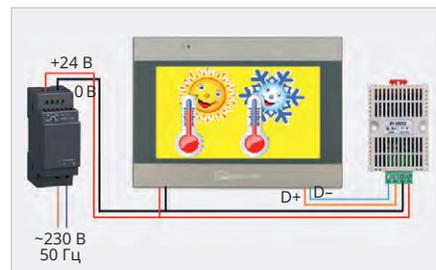


Рис. 2. Схема подключения устройств системы мониторинга

Таблица 1. Назначение регистров датчика

Назначение	Тип регистра	Адрес
Температура, $^{\circ}\text{C}\times 10$	INPUT	0x0001
Влажность, $\%\times 10$	INPUT	0x0002
Адрес датчика	HOLDING	0x0101
Скорость связи, бит/с: 0 – 9600 1 – 14 400 2 – 19 200	HOLDING	0x0102
Коррекция температуры, $^{\circ}\text{C}\times 10$	HOLDING	0x0103
Коррекция влажности, $\%\times 10$	HOLDING	0x0104

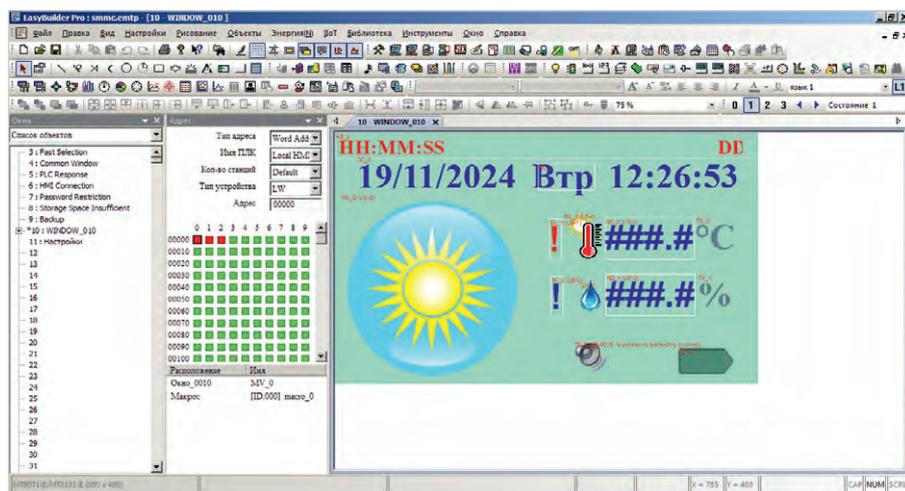


Рис. 3. Внешний вид среды разработки

для тревожных сообщений, календарь с часами, числовые индикаторы для температуры и влажности с текстовыми обозначениями их величин, функциональную клавишу для перехода на экран настроек и битовый тумблер отключения звука. Внешний вид среды разработки для главного окна показан на рис. 3.

Числовые индикаторы данного экрана привязаны к ячейкам памяти LW1 и LW2 с помощью редактирования атрибутов самих числовых индикаторов. Эти ячейки будут ежесекундно обновляться данными от датчика, опрашиваемого программой макроса панели оператора.

Дополнительно, для создания красочного и привлекательного интерфейса, на экране размещены битовые индикаторы с изображением термометра и капли воды, а также элемент движущейся фигуры с изображением времени суток. В зависимости от текущего времени программа будет записывать в ячейку памяти LW0 число от 0 до 3, назначая тем самым для этого элемента одно из четырёх изображений, хранимых в библиотеке проекта. Таким образом, картинка будет автоматически сменять друг друга утром, днём, вечером и ночью. Аналогично для индикатора с термометром будут меняться изображения в зависимости от того, какая температура получена от датчика – положительная или отрицательная. Эти дополнения сделают интерфейс динамично изменяющимся и нескучным.

Последними размещёнными на экране элементами являются битовые индикаторы, которые отображают предупреждающий восклицательный знак при выходе значений температуры и влажности за пределы установленных границ. Управление всеми элементами

осуществляет программа макроса, которая будет рассмотрена далее.

Второй экран создаётся для размещения на нём цифровых индикаторов с функцией ввода, позволяющих задать пользовательские границы температуры и влажности. Окно этого экрана показано на рис. 4.

Цифровые индикаторы данного экрана привязаны с помощью изменения их атрибутов к ячейкам энергонезависимой памяти RW1–RW4. Это позволяет сохранять введённые значения границ параметров даже при выключении панели оператора.

Также на этот экран помещена функциональная клавиша для возврата на главный экран. И наконец, для придания окну настроек красочного и привлекательного вида на него помещён элемент изображения с анимационным рисунком Солнца.

Макрос

Для завершения разработки программы необходимо создать макрос, который будет ежесекундно производить чтение значений температуры и влажности с датчика XY-MD02 и выполнять операции сравнения этих значений с заданными границами. Код программы макроса приведён в листинге 1.

```
Листинг 1. Код программы макроса
// Главный макрос
macro_command main()
short td, hd // Переменные значений температуры и влажности датчика
short hs, th, tl, hh, hl // Час суток и пороги температуры и влажности
unsigned short vs // Время суток
0-утро, 1-день, 2-вечер, 3-ночь
bool a // Битовая переменная, для
```



Рис. 4. Окно экрана настроек

сравнения порогов температуры и влажности

```
GetData(hs, "Local NMI", LW, 9019, 1) // Читать час суток
// Определить время суток
if hs>=7 then // Если утро
vs=0
end if
if hs>=11 then // Если день
vs=1
end if
if hs>=15 then // Если вечер
vs=2
end if
if hs>=23 or hs<7 then // Если ночь
vs=3
end if
SetData(vs, "Local NMI", LW, 0, 1)
// Сохранить время суток в ячейке LW0 памяти панели
GetDataEx(td, "MODBUS RTU", 3x, 1, 1) // Запросить значение температуры от датчика
SetData(td, "Local NMI", LW, 1, 1) // Сохранить значение температуры в памяти панели
GetDataEx(hd, "MODBUS RTU", 3x, 2, 1) // Запросить значение влажности от датчика
SetData(hd, "Local NMI", LW, 2, 1) // Сохранить значение влажности в памяти панели
// Оценить значение температуры
if td>0 then // Если температура выше нуля
a=1 // Установить бит
else
a=0 // Иначе ниже нуля
end if
SetData(a, "Local NMI", LB, 0, 1) // Сохранить бит контроля границ температуры
// Проверить границы температуры
GetData(th, "Local NMI", RW, 1, 1) // Читать верхнюю границу температуры
th=th*10 // Нормировать значение
GetData(tl, "Local NMI", RW, 2, 1) // Читать нижнюю границу температуры
```

```

t1=t1*10 // Нормировать значение
if td>th or td<t1 then // Если
температура выше или ниже границы
a=1 // Установить бит контроля
границ температуры
else
a=0 // Иначе норма
end if
SetData(a, "Local HMI", LB, 1, 1)
// Сохранить бит контроля границ
температуры
// Проверить границы влажности
GetData(hh, "Local HMI", RW,
3, 1) // Читать верхнюю границу
влажности
hh=hh*10 // Нормировать значение
GetData(hl, "Local HMI", RW, 4, 1)
// Читать нижнюю границу влажности
hl=hl*10 // Нормировать значение
if hd>hh or hd<hl then // Если
влажности выше или ниже границы
a=1 // Установить бит контроля
границ влажности
else
a=0 // Иначе норма
end if
SetData(a, "Local HMI", LB, 2, 1)
// Сохранить бит контроля границ
влажности
end macro_command

```

Код программы снабжён подробными комментариями, которые позволяют легко понять назначение всех её строк.

Номер ячейки памяти LW 9019 для внутренних часов времени панели оператора находится в библиотеке адресных меток через меню: **Библиотека** → **Адрес**. После копирования данного кода в макрос необходимо выполнить его сохранение и компиляцию соответствующей кнопкой редактора. Кроме того, требуется задать регулярную, ежесекундную периодичность выполнения макроса в виде записи 10×100 мс.

Загрузка

Теперь программа полностью готова к работе, и её можно загрузить в панель оператора. Загрузку можно осуществить с помощью USB-флеш-накопителя или через порт Ethernet. При загрузке программы в панель оператора можно задать отображение пользовательского стартового экрана, как показано на рис. 5.

В качестве стартового экрана используется предварительно подготовленный файл картинки в формате «bmp» с размерами рисунка 800×480 пикселей. Содержимое картинки может быть произвольным. После загрузки пользовательского экрана панель оператора будет отображать его как заставку программы в

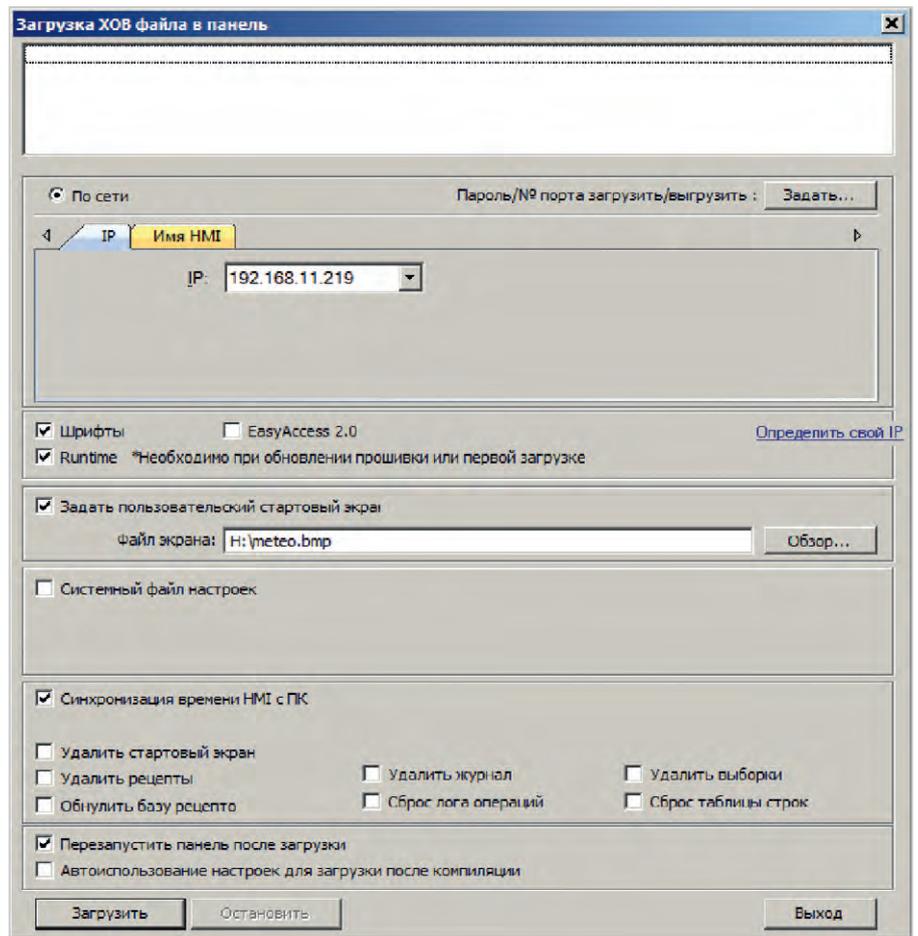


Рис. 5. Окно загрузки программы

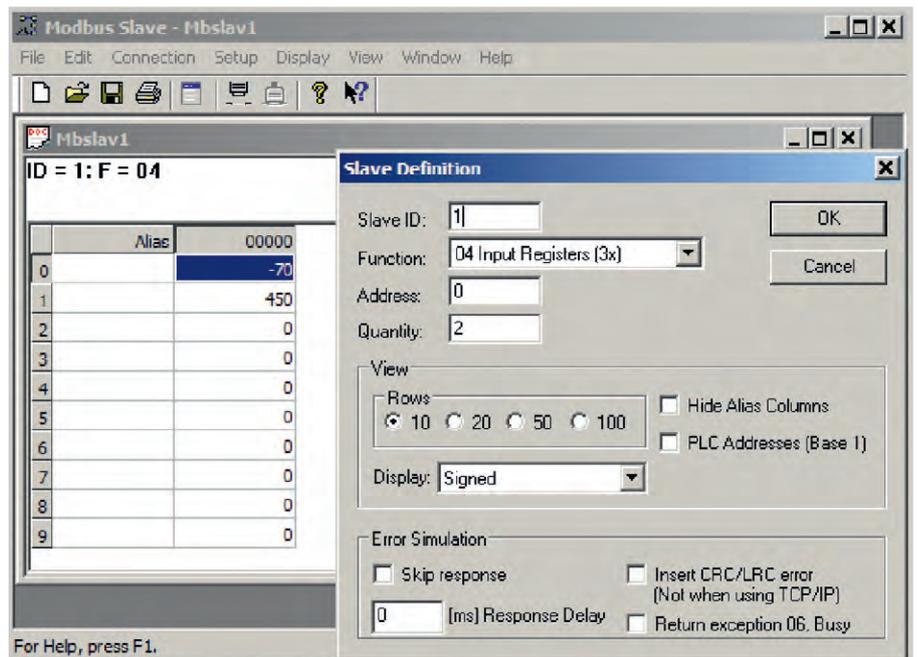


Рис. 6. Окно отладочной программы

течение нескольких секунд при каждом включении.

Отладка

Первичную проверку работы программы можно проверить путём её запуска с помощью меню:

Инструменты → **Офлайн-симуляция** или клавишами **Ctrl+T**. При этом на экране монитора появится главное окно программы и появятся предупреждающие сообщения в связи с нулевыми значениями отсутствующих данных от датчика.



Рис. 7. Окно удалённого управления

Отладку проекта можно выполнить без датчика, предварительно загрузив программу в панель оператора. Для отладки используется компьютер, который подключается к панели оператора вместо датчика температуры и влажности через USB-порт и конвертер USB-RS-485. На компьютере устанавливается и запускается программа Modbus Poll или аналогичная ей. Окно этой программы показано на рис. 6.

В окне программы устанавливается адрес Modbus Slave ID = 1, поддержка функций чтения INPUT-регистров, адрес первого регистра и количество регистров. В полях значений регистров вводятся произвольные данные

для температуры и влажности. Панель оператора будет считывать эти значения и отображать на главном экране.

Диспетчеризация

Наличие Ethernet-порта в панели оператора и поддержка встроенного протокола Modbus TCP позволяют подключить её к системе диспетчеризации. Для этого назначается IP-адрес для панели оператора через её системное меню.

Кроме того, для удалённого доступа к панели оператора по сети Ethernet можно использовать встроенную в неё функцию Virtual Network Computing (VNC). Данная функция активируется в системном меню панели оператора. На удалённый компьютер устанавливается и запускается программа поддержки VNC, например, Ultra VNC Viewer. Пароль для подключения к панели оператора по умолчанию: 111111. После ввода пароля на компьютере появится окно панели оператора, и можно будет вести наблюдение и управлять системой мониторинга микроклимата дистанционно. На рис. 7 показано окно удалённого управления системой мониторинга.

С целью продления рабочего ресурса экрана панели оператора в среде разработки Easy Builder Pro предусмотрена системная настройка времени до отключения подсветки в закладке «Общие».

Спустя заданное в этих настройках время панель оператора автоматически переключится на заставку, а затем, спустя заданное для заставки время, совсем погасит экран. Активация экрана осуществляется касанием в любом месте. При необходимости режим энергосбережения можно полностью отключить.

Архив

Файл проекта размещен на сайте журнала [3] и может быть использован для дальнейшего развития. Данный проект можно развивать, например, с помощью добавления новых окон с графиками параметров, журналом событий и т.п.

Литература

1. URL: <https://www.weintek.com/globalw/>.
2. Вальна О. Интеллектуальное освещение // Современная электроника. 2025. № 1.
3. URL: <https://www.cta.ru>.





ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОТОБРАЖЕНИЯ

Серия **сМТ X**





Высокопроизводительные панели оператора с системой контроллера CODESYS ПЛК

- Визуализация с помощью EasyBuilder Pro
- Поддержка протоколов IIoT: MQTT и OPC UA
- Поддержка CANopen, Modbus TCP/IP, EtherCAT, EtherNet/IP
- Поддержка удалённого ввода/вывода



Панели оператора серии сМТх одобрены Российским морским регистром судоходства



(495) 234-0636
INFO@PROSOFT.RU

WWW.PROSOFT.RU



Контроллер мониторинга электропроводки в помещении

Валерий Жижин

Данная статья является продолжением темы, начатой в статье «Мониторинг состояния шлейфов силовой и осветительной электропроводки в помещении», опубликованной в журнале «Современные технологии автоматизации» (СТА), № 3, 2024 г. [1]. В работе были подробно рассмотрены концепция и методы реализации системы мониторинга состояния шлейфов электропроводок в помещении с целью своевременного обнаружения коротких замыканий и перегрузок в подключённых нагрузках с последующим быстродействующим обесточиванием аварийных шлейфов. Настоящая статья посвящена описанию характеристик конкретного реализованного габаритного прототипа устройства.

Введение

Напомним, что одной из самых частых причин пожаров в квартирах и промышленных помещениях является возгорание электропроводки. Возгорание электропроводки может возникать по нескольким причинам:

- использование старых шлейфов электропроводки и автоматических выключателей приводит к короткому замыканию (далее – КЗ) и к нагреву компонентов шлейфов;
- наличие слабых контактов соединений приводит к перегреву изоляции шлейфов;
- длительная перегрузка в электросети или некачественное оборудование также приводит к недопустимому нагреву шлейфов и распределительных коробок.

Указанные деструктивные факторы могут привести к воспламенению даже после срабатывания автоматов защиты и УЗО. Наибольшую пожароопасность представляет короткое замыкание в шлейфе. Вероятность возгорания электропроводки из-за перегрузки значительно ниже, поскольку в современных электроустановках зданий для защиты от сверхтоков в обязательном порядке (Правила устройства электроустановок (ПУЭ), актуальная версия на 2024 год – глава 7.1) должны применяться устройства защиты от импульсных помех и перенапряжений (УЗИПы) и автоматы выключения. Для раннего обнаружения и блокирования ситуаций короткого замыкания, перегрузки по напряжению, нагрева проводов в шлейфах электропроводки необходим быстродействующий кон-

троллер мониторинга тока, сетевого напряжения, температуры изоляции проводников с последующим отключением повреждённых шлейфов.

При разработке контроллера мониторинга был проведён анализ типовых схем разводки электропроводки в квартирах, частных домах и складских помещениях с учётом требований документа «Правила устройства электроустановок (ПУЭ), актуальная версия на 2024 год».

Данное устройство является дополнением, а не заменой существующего оборудования, размещается в электрощкафу последовательно с центральным автоматом защитного выключения и может быть интегрировано в систему Умный дом, Интернет вещей (IoT) по интерфейсу Wi-Fi.

Техническое описание устройства

С целью минимизации ложных срабатываний алгоритм работы устройства должен учитывать характеристики современного подключаемого оборудования.

Современное подключаемое оборудование, как то: AC/DC-модули светодиодных осветительных приборов, встроенные электродвигатели различных устройств, компьютерные бестрансформаторные блоки питания обладают значительным реактивным импедансом нагрузки (ёмкостным или индуктивным), что приводит к искажению гармонической формы тока в шлейфе и импульсным броскам тока и напряжения. Электродвигатели свыше 1 кВт обладают значительным

начальным пусковым током, порядка 30–35 А, и в момент запуска двигателя это приводит к возникновению ударных токов свыше 100 А.

Принципы функционирования и состав устройства

В основу работы контроллера мониторинга электропроводки в помещении заложено следующее техническое решение.

1. Используется алгоритм обнаружения КЗ и токовых перегрузок, основанный на непрерывном, с интервалом 0,002 с, отслеживании скоростей изменения (производных) токовых характеристик в контролируемых шлейфах и сравнении полученных величин с пороговыми значениями. При превышении этих значений выдаётся команда на выключение быстродействующего (время отключения не более 0,01 с) силовоточного твердотельного оптореле переменного тока, входящего в состав устройства мониторинга. Текущие значения производных токовых характеристик рассчитываются программным обеспечением (ПО) микроконтроллера, входящего в состав устройства, на основе сигналов, поступающих с внешних бесконтактных датчиков тока, закреплённых на фазных проводах шлейфов.
 2. В составе устройства применяется специальный защитный дроссель, ограничивающий скорость нарастания тока в шлейфе при КЗ и токовых перегрузках.
 3. В шлейфах производится непрерывный температурный мониторинг изоляции проводов с помощью контактных температурных датчиков.
 4. Осуществляется мониторинг сетевого напряжения на входе контроллера. При выходе значений величин сетевого напряжения из диапазона 197–254 В переменного тока контроллер генерирует сообщение «Перегрузка по напряжению».
- Функциональная схема контроллера мониторинга электропроводки представлена на рис. 1.

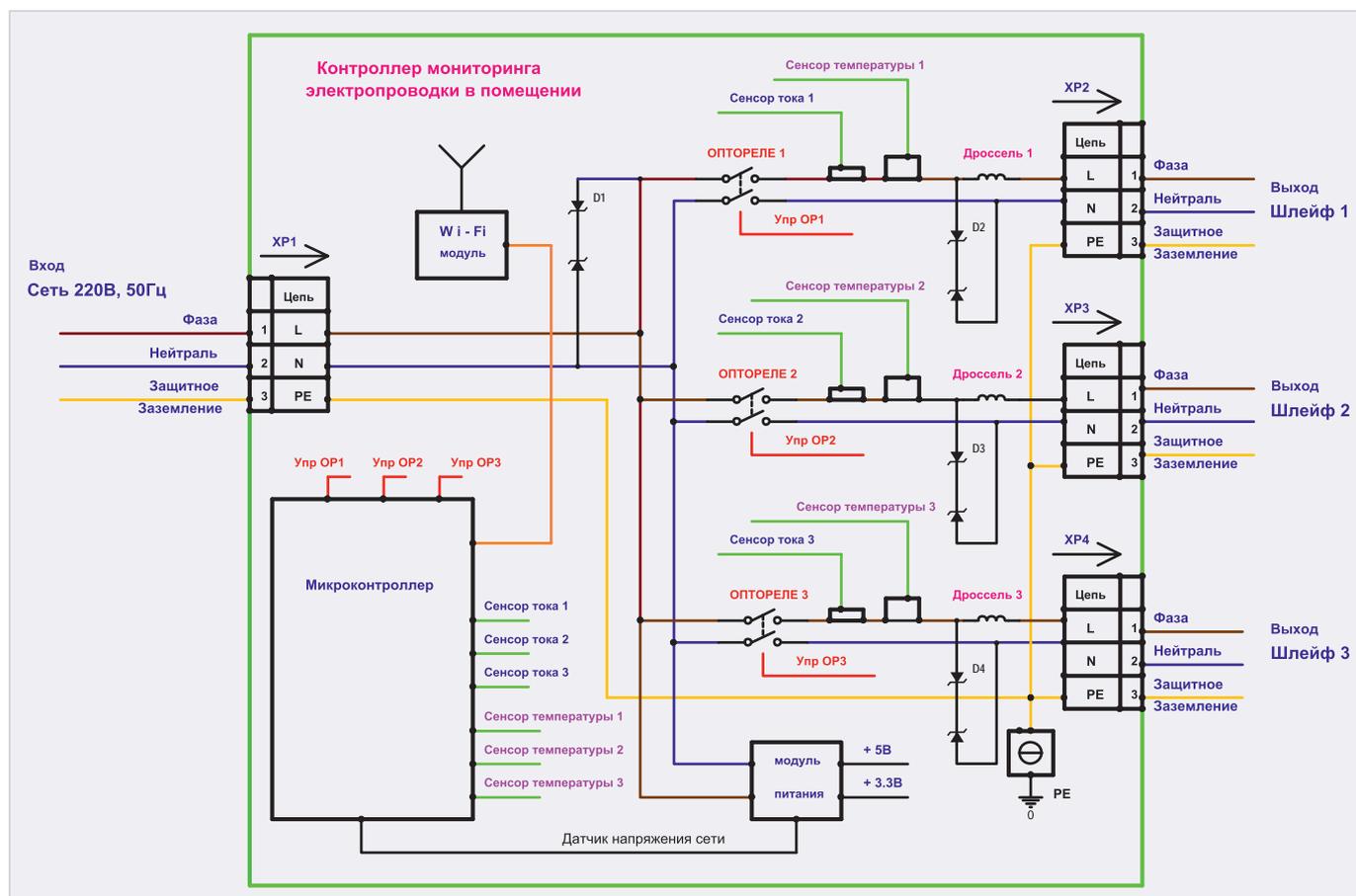


Рис. 1. Функциональная схема контроллера мониторинга электропроводки

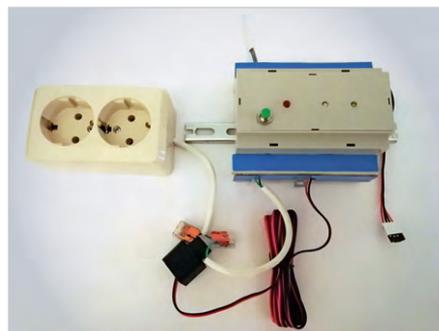


Рис. 2. Внешний вид контроллера мониторинга электропроводки

Конструктивно аппаратура контроллера размещена в стандартном корпусе D4MG размерами 90×71×57 мм с креплением на DIN-рейке. Внешний вид контроллера мониторинга показан на рис. 2.

Данная реализация устройства (версия 1) поддерживает подключение до 3 шлейфов. В последующих версиях предполагается реализовать расширение с помощью сетевого объединения контроллеров.

Как видно из представленной схемы, ядром устройства мониторинга является микроконтроллер с прошитой в нём программой, реализующей алгоритм работы устройства.

При мониторинге бесконтактными токовыми сенсорами производятся измерения токов в шлейфах. Сенсоры закреплены с помощью клипс непосредственно на кабелях шлейфов (на фото рис. 2 датчик тока в корпусе чёрного цвета).

Выходы сигналов с токовых, температурных сенсоров и датчика сетевого напряжения, размещённого в блоке питания, подключены к портам АЦП микроконтроллера «Сенсор тока 1», «Сенсор тока 2», «Сенсор тока 3» и «Сенсор температуры 1», «Сенсор температуры 2», «Сенсор температуры 3», «Датчик напряжения сети» соответственно.

Модифицированная передаточная характеристика датчика тока выражается формулой:

$$U(t) = 0,033 \times I(t) + 1,8 (1),$$

где $U(t)$ – напряжение на выходе датчика; $I(t)$ – регистрируемый ток.

Модификация передаточной характеристики токового сенсора относительно исходной $U(t) = 0,033 \times I(t)$ необходима для согласования диапазона выходных сигналов датчика ± 2 В, соответствующих диапазону токов ± 60 А, с входным диапазоном $0...3,6$ В канала АЦП микроконтроллера. Для всех

3 каналов модификация осуществляется схмотехническим методом.

При возникновении аварийных ситуаций в шлейфе (короткое замыкание, длительное импульсное перенапряжение) происходит резкое, в 4–5 раз, повышение скоростей изменения токов относительно номинальных. При этом ПО микроконтроллера на линии Упр ОР вырабатывает сигнал выключения соответствующего оптореле (ОР), осуществляет фиксацию номера повреждённого шлейфа, температуры проводников и даты события в формате месяц-день-час-минута.

Период измерения тока составляет 0,002 с. Время выключения аварийного шлейфа при обнаружении токовой перегрузки или короткого замыкания не превышает 0,005–0,007 с, что в 3–4 раза быстрее времени реакции на это событие стандартных автоматов выключения электропитания.

Температурный мониторинг изоляции проводов шлейфов осуществляется с периодом 2 с (контактные температурные сенсоры 1–3). При температуре изоляции свыше 75 градусов (при максимально допустимой температуре нагрева 100°C) происходит аварийное отключение соответствующего шлейфа.

Дроссели 1–3 позволяют ограничить скорость нарастания ударных токов при коротком замыкании и тем самым снижают вероятность разрушения и оплавления токоведущих жил, а также предотвращают ложные выключения устройства мониторинга из-за воздействия кратковременных импульсных помех и пусковых токов при включении электроинструмента.

Рассмотрим физический механизм работы дросселей на примере.

Пусть шлейф электропроводки содержит проводники сечением $1,5 \text{ мм}^2$ (диаметр $0,7 \text{ мм}$). В этом случае его погонная индуктивность составляет $1,6 \text{ мкГн/м}$. Оценку проведём для длины шлейфа, равной 30 м . Предположим, что при КЗ сопротивление нагрузки снизилось до $0,5 \text{ Ом}$, а напряжение электропитания подаётся на изначально короткозамкнутый шлейф. Начальная фаза подачи напряжения равна 0 .

Численные оценки характеристики переходного процесса для тока были выполнены в среде MicroCap 12.

С учётом суммарного $L = 48 \text{ мкГн}$ за интервал выключения оптореле 5 мс ток в цепи достигнет максимальной амплитудной величины 620 А . При последовательном включении в линию дросселя величиной 5 мГн за это же время ток достигнет величины порядка 270 А . Индуктивность дросселя выбиралась из компромиссных соображений: ограничение нарастания сверхтока при КЗ и минимальное влияние на характеристики нагрузок электрооборудования.

Таким образом, при наличии защитного дросселя на электропроводку при КЗ воздействует значительно меньший сверхток, что снижает риски повреждения электропроводки и электрооборудования.

Для подавления индуктивных выбросов при выключении оптореле в схеме устройства по входу и выходу предусмотрены быстродействующие (время срабатывания порядка 1 нс) двуполярные защитные диоды D1–D4.

Главными отличительными особенностями представляемого устройства от аналогичных по назначению являются анализ производной токовой характеристики и применение защитного дросселя. В устройстве также предусмотрена светодиодная индикация состояния шлейфов: индикатор синего цвета – «норма», индикатор красного цвета – «авария».

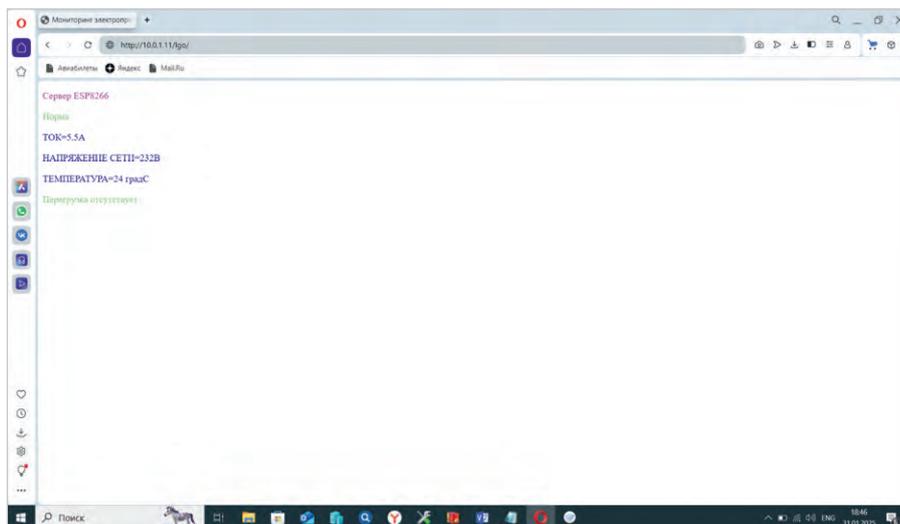


Рис. 3. Отображение результата мониторинга электропроводки в рабочем режиме

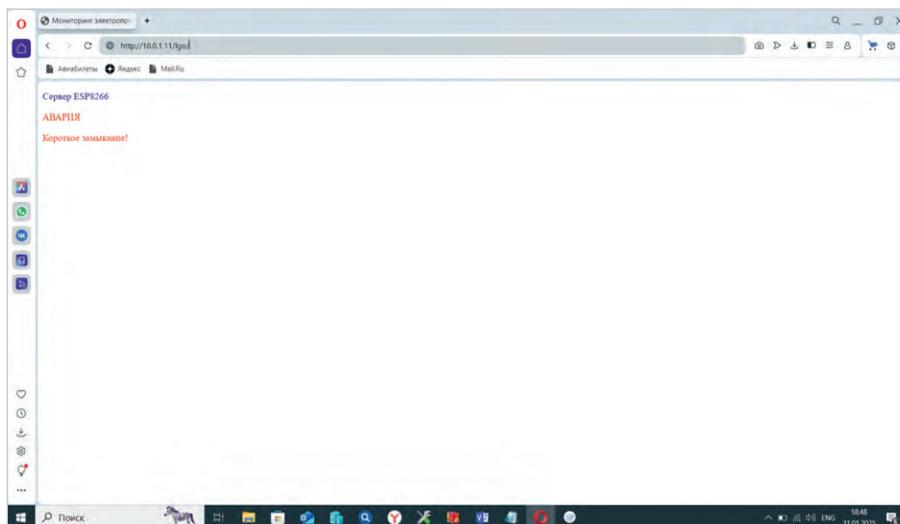


Рис. 4. Отображение результата мониторинга электропроводки при КЗ

Для минимизации ложной диагностики состояния КЗ при подключении сильноточных нагрузок, имеющих значительные пусковые токи (свыше 30 А), например, мощного электроинструмента, предусмотрен режим блокирования мониторинга КЗ. Этот режим запускается пользователем с помощью подачи специальной команды. При работе в этом режиме с частотой 1 Гц мигает индикатор синего цвета.

Элементная база контроллера

В изделии применены следующие широкодоступные и недорогие компоненты:

- микроконтроллер STM32F103C8T6;
- быстродействующие оптосимисторные реле переменного тока SSR-60DA с временем выключения не более 10 мс ;

- бесконтактные датчики тока CSCT.60, имеющие диапазон измерений $-60...+60 \text{ А}$ и чувствительность $0,033 \text{ В/А}$. Преимуществами данного датчика на основе электромагнитной индукции перед интегральными токовыми сенсорами на эффекте Холла являются: бесконтактность, надёжность, простота монтажа, отсутствие электропитания;
- температурные сенсоры MF52A103F-3950 $10\text{k} - 1\%$. Температурный диапазон $-55...+125^\circ\text{C}$;
- быстродействующие двуполярные защитные диоды 1.5KE440CA.

Взаимодействие с пользователем

Как было сказано выше, контроллер мониторинга может быть интегрирован в систему Умный дом, Интернет вещей по интерфейсу Wi-Fi. С этой целью в нём предусмотрен модуль

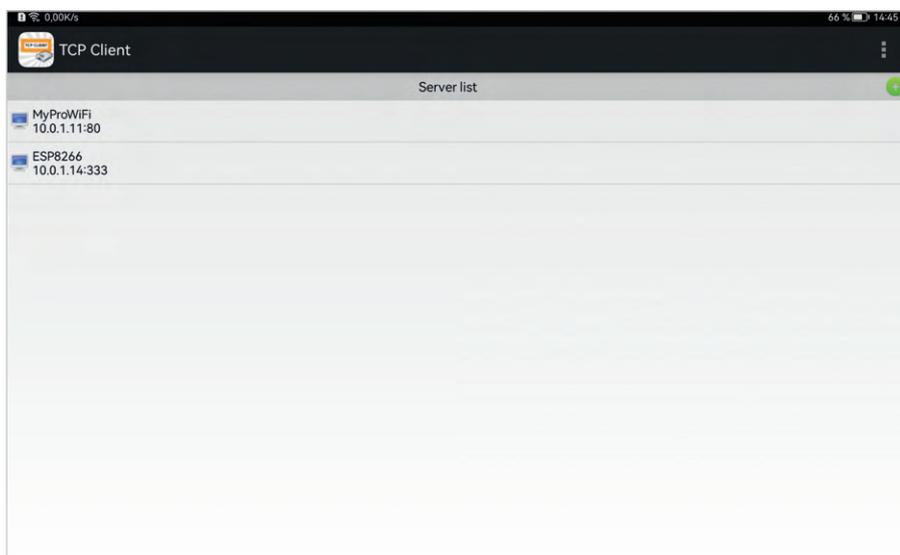


Рис. 5. Скриншот окна приложения TCP client

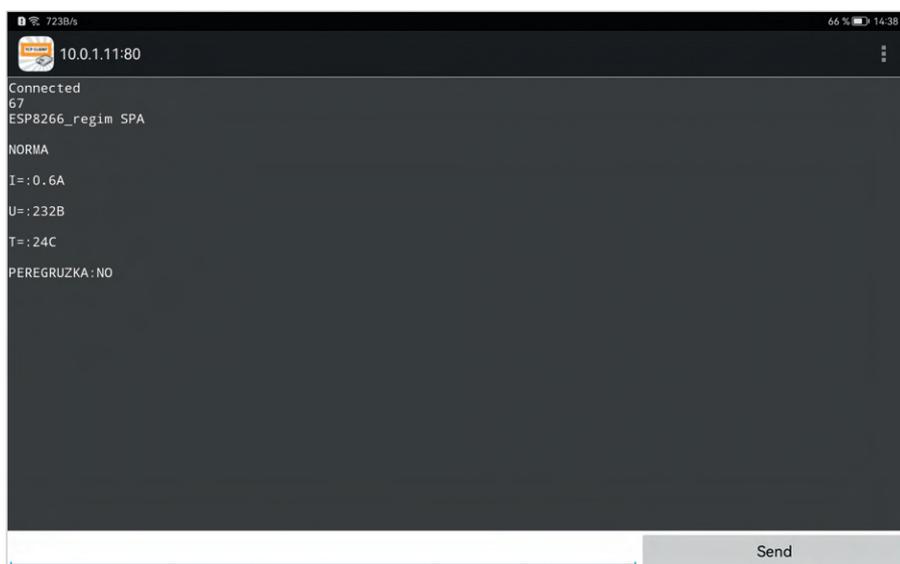


Рис. 6. Скриншот окна приложения TCP client при отображении результатов мониторинга в рабочем режиме

Wi-Fi ESP-01 – один из самых популярных модулей серии ESP8266 [2] китайского производителя Espressif Systems.

Данный компонент поддерживает стандарт 802.11b/g/n, имеет рабочую частоту 2,4 ГГц и выходную мощность 20 дБм. Радиус действия на открытой местности составляет примерно 500 м.

Основанием для выбора данной модели является и то, что для неё существуют бесплатные программные средства разработки и большой выбор библиотек и готовых решений, представленных в Интернете.

Модуль ESP-01 может быть сконфигурирован как точка доступа (soft-AP) или как станция (soft-STA). В первом случае он выступает как роутер в локальной сети без выхода в Интернет. Во второй конфигурации модуль

подключается к роутеру Wi-Fi домашней сети с выходом в Интернет.

Для получения информации от контроллера о результатах мониторинга в online-режиме наиболее предпочтительен последний вариант.

В данном устройстве реализован протокол TCP. В последующих версиях изделия планируется использовать набирающие популярность в IoT-системах экономичные протоколы MQTT или CoAP [3].

В ПО контроллера мониторинга заложена возможность управлять включением/выключением подачи электропитания на шлейфы, а также предоставлять информацию о состоянии шлейфов электропроводки: величине протекающего тока, напряжении в сети, наличии/отсутствии перегрузок по напряжению, наличии состоя-

ния КЗ. С этой целью на базе микроконтроллера устройства создаётся небольшой веб-сервер.

Связь пользователя с сервером может быть обеспечена двумя способами.

Способ 1 – по HTTP-протоколу передачи данных с использованием «клиент-серверной» модели. При обращении к веб-серверу клиент должен послать с любого браузера HTTP-запрос, в котором должен указать IP-адрес устройства и команду для совершения конкретного действия, например, `http://10.0.1.11/lon/` – включить контроллер мониторинга с IP-адресом 10.0.1.11.

IP-адрес устройства назначается Wi-Fi-роутером домашней сети. Информацию о нём можно получить при подключении ПК к USB-порту (виртуальный COM-порт) в любой терминальной программе. Данное действие, а также мнемоника запросов при различных командах приведены в Руководстве по эксплуатации.

В контроллере предусмотрены 4 вида команд:

- «lon» – включение;
- «lof» – выключение;
- «lgo» – запрос результатов мониторинга;
- «ofkz» – отключить режим обнаружения КЗ.

Далее представлены скриншоты отображения информации, когда к контроллеру подключён один шлейф с нагрузкой. Скриншоты окон браузера Opera при запросе клиентом результатов мониторинга для рабочего и аварийного режима показаны на рис. 3 и рис. 4 соответственно.

В окне представлена информация о токе в шлейфе, температуре проводников, напряжении в электросети и отсутствии перегрузок по напряжению.

Способ 2 – с помощью установленного на смартфоне, ПК или планшете бесплатного приложения TCP-client.

Скриншот окна приложения показан на рис. 5. В первой строке указано имя домашней сети, например, MyProWiFi, во второй строке – IP-адрес контроллера 10.0.1.11 и номер порта TCP-соединения (80). Скриншот приложения при отображении результатов мониторинга в рабочем режиме показан на рис. 6. Содержание окна аналогично показанному на рис. 3.

Электропитание контроллера

При мониторинге в нормальном рабочем режиме электропитание осу-

ществляется от сети переменного тока 220 В, 50 Гц – с выхода внешнего общего автомата выключения. При возникновении аварийной ситуации возможно размыкание внешнего автомата. В этом случае аппаратура контроллера автоматически переходит на работу от встроенной АКБ. Для этой цели модуль питания содержит схему подзарядки АКБ. При размещении устройства в неотапливаемом помещении рекомендуется использовать морозостойкие литий-полимерные АКБ LP383454LC

фирмы EEMB с возможностью работы при температуре от -40°C , ёмкостью 720 мА·ч и номинальным напряжением 3,7 В. Для устройства, предназначенного для работы в отапливаемом помещении, возможно использование более дешёвых обычных литий-полимерных АКБ ёмкостью 2000...3000 мА·ч. Назначение автономного электропитания – обеспечивать функционирование Wi-Fi-модуля для связи с пользователем при отсутствии напряжения в электросети.

Требования к программному обеспечению

При разработке ПО микроконтроллера учитывалось несколько важных требований, среди которых:

- быстрое действие изделия. Определение аварийной ситуации и её блокирование должны выполняться за минимальный интервал времени. Для этого в данной разработке применяются решения, позволяющие использовать возможности аппаратного ускорения операций;
- автономность изделия. Контроллер мониторинга должен самостоятельно и без участия оператора выполнять весь рабочий цикл. Для выполнения этого требования связь с клиентом поддерживается исходя из следующих принципов:

- мониторинг осуществляется на основе вырабатываемых внутренних критериев;
- обмен данными с клиентом выполняется только по инициативе клиента;
- информационные сигналы посылаются клиенту только при его подключении к изделию;

- взаимодействие с модулем Wi-Fi.

Базовая конфигурация модуля ESP-01 должна производиться с помощью AT-команд и храниться в ПО микроконтроллера. Пример конфигурации модуля в режиме станции приводится ниже.

«AT» – проверка правильности подключения и работы модуля. Модуль ответит подтверждением.

«AT+RESTORE» – сброс настроек модуля Wi-Fi.

«AT+SLEEP=0» – перевод модуля в рабочий режим из SLEEP-режима.

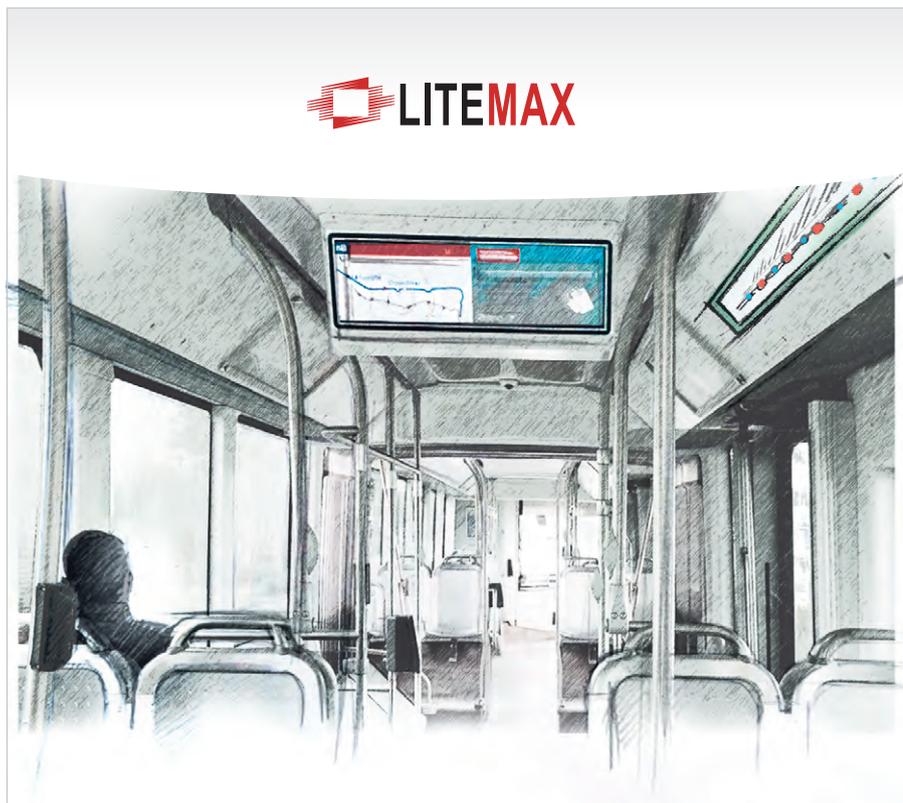
«AT+CWLAP» – определение точек доступа и уровень их сигнала в зоне действия.

«AT+CWMODE=1» – устанавливает режим станции STA.

«AT+CWJAP»="SSID","PASSWORD" – подключение ESP-01 к домашнему роутеру с именем SSID и паролем PASSWORD.

«AT+CIPSTA?» – отображение полученного IP-адреса для контроллера мониторинга, значения маски и шлюза. По этому адресу осуществляется запрос в поисковой строке браузера клиента.

«AT+CIPMODE=0» – включение сквозного режима передачи данных.



ВАШ ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПОПУТЧИК!

Полосковые дисплеи для транспорта

- ЖК-дисплеи серии SPANPIXEL™ с яркостью до 3000 кд/м²
- Размеры по диагонали от 6,2 до 65"
- Разрешение до 4K2K
- Угол обзора 178° (во всех плоскостях)
- Диапазон рабочих температур (некоторых моделей) $-30...+85^{\circ}\text{C}$
- Возможна разработка под заказ
- Ресурс до 100 000 часов

ProCHIP
POWERED BY ProSOFT

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА
(495) 232-2522 • INFO@PROCHIPRU • WWW.PROCHIPRU



ProCHIP

«AT+CIPMUX=1» – включение возможности множественного подключения.

«AT+CIPSERVER=1,80» – запуск сервера с указанием номера порта (80).

«AT+CIPSTO=180» – тайм-аут сервера в секундах.

«AT+PING="ua.ru"» – проверка пинга с Интернетом. Дальнейшие настройки не приводятся, так как это уже в меньшей степени относится к ПО устройства и в большей степени к разбору логики работы веб-сети и протокола HTTP.

Испытание изделия

Были проведены предварительные испытания устройства, целью которых являлось подтверждение правильности выбора алгоритмов работы, схемотехнических решений и достоверности обнаружения аварийных ситуаций «короткое замыкание», «перегрузка по напряжению». Испытания в целом подтвердили правильность выбранных технических решений. По результатам проведённых испытаний были оптимизированы характеристики защитных дросселей и топология размещения

компонентов на материнской плате изделия.

Выводы

Проведена разработка, и на её основе создан недорогой контроллер мониторинга электропроводки в помещении.

Основное назначение устройства – своевременное обнаружение аварийных ситуаций в шлейфах электропроводки, таких как короткое замыкание, перегрузка по току с последующим быстрым отключением аварийных шлейфов, тем самым предотвращая возгорание электропроводки и подключённого к ней электрооборудования.

Время обесточивания аварийного шлейфа в 2–2,5 раза меньше времени срабатывания стандартного автоматического выключателя при перегрузке по току или КЗ. Данное изделие является дополнением, а не заменой существующего оборудования, размещается в электрошкафу последовательно с центральным автоматом защитного выключения и может быть интегрировано в систему Умный дом, Интернет вещей по интерфейсу Wi-Fi.

Информацию о результатах автоматического мониторинга через установленное приложение TCP-client или с использованием любого веб-браузера пользователь может получать на ПК, смартфон или планшет.

Главными отличительными особенностями представляемого устройства от аналогичных по назначению являются анализ производной токовой характеристики и применение защитных дросселей для ограничения нарастания тока при КЗ.

Контроллер мониторинга может выпускаться в двух исполнениях: для работы в отапливаемом помещении и для работы в неотапливаемом помещении. В настоящее время идёт подготовка к выпуску РКД на изделие с последующим выпуском опытной партии и сертификацией устройства.

В следующей модификации контроллера мониторинга для гибкой интеграции в сеть IoT планируется использование протокола MQTT или CoAP, а также улучшение дизайна веб-страницы пользователя.

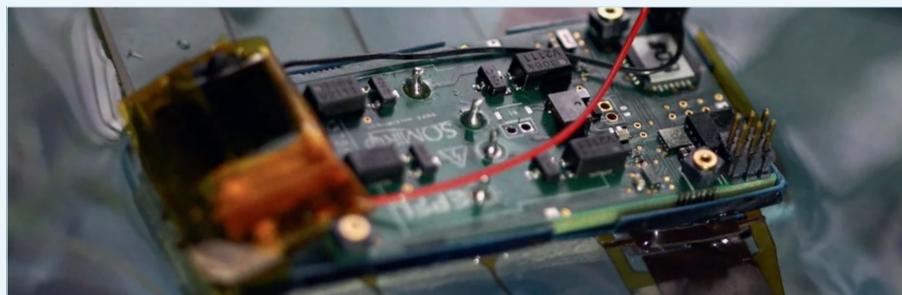
Ожидаемая себестоимость производства изделия при объёме выпуска 200 шт. в месяц – 900...1000 рублей. ☺

НОВОСТИ МИРА. ЧИТАЙТЕ НА ПОРТАЛЕ WWW.CTA.RU

Учёные разработали крошечного 6-граммового робота, способного плавать и маневрировать в воде с невероятной точностью

Этот миниатюрный робот использует бесшумные волнообразные движения плавников для передвижения в узких и сложных водных пространствах. Его создание может произвести революцию в таких областях, как экологический мониторинг, точное земледелие и исследование водных экосистем. Разработка принадлежит инженерам из Лаборатории мягких преобразователей (LMTS) и Лаборатории диагностики нестационарного потока Инженерной школы EPFL в сотрудничестве с Институтом интеллектуальных систем Макса Планка.

Современные плавательные роботы, используемые для мониторинга окружающей среды, часто оснащены пропеллерами, которые создают шум и могут разрушать хрупкие экосистемы, например коралловые рифы или прибрежные зоны. Кроме того, такие устройства не всегда способны эффективно маневрировать среди естественных препятствий, таких как водоросли,



рыбы или мусор. Новый робот EPFL решает эти проблемы благодаря своей уникальной конструкции, которая имитирует движения морских плоских червей. Он бесшумно скользит по воде, не нарушая природного баланса, и способен перемещаться в ограниченных пространствах, таких как рисовые поля или узкие каналы.

Особенности робота

- **Миниатюрные размеры и вес.** Робот меньше кредитной карты и весит всего 6 граммов, что делает его идеальным для работы в труднодоступных местах.
- **Высокая маневренность.** Используя четыре искусственные мышцы, робот может двигаться вперед, назад, вбок и поворачивать с высокой точностью.
- **Скорость.** Благодаря волнообразным

движениям плавников, которые могут совершать до 10 колебаний в секунду, робот развивает скорость до 12 сантиметров в секунду (2,6 длины тела в секунду).

- **Автономность.** Робот оснащён датчиками света, которые позволяют ему автономно следовать за источниками света, что делает его независимым от внешнего управления.
- **Энергоэффективность.** Электронная система управления робота работает при напряжении до 500 вольт, но потребляет всего 500 милливатт – это в четыре раза меньше, чем у электрической зубной щётки. При этом низкие токи и экранированная схема делают устройство безопасным для окружающей среды.

Магнитотерапевтические установки и комплексы: обзор отечественного рынка и перспективы развития

Сергей Шишкин

В статье представлен обзор отечественного рынка магнитотерапевтических установок и аппаратов с номинальной потребляемой мощностью более 100 Вт и воздействием магнитного поля на всё тело человека.

Введение

Лет 40 назад магнитобиология считалась лженаукой, а через некоторое время из лженауки выросло целое научное направление. Благодаря инициативным исследованиям, которые проводились Институтом высшей нервной деятельности в Москве (Ю.А. Холодов), Институтом биофизики в Москве (Ю.Г. Григорьев), Институтом биофизики клетки в Пущино (В.В. Леднёв) и другими «отцами» магнитобиологии, она получила признание и развитие в дальнейшем. Утвердилась и одна из её значимых ветвей – магнитотерапия. Широкое распространение магнитотерапии на практике сопровождается созданием большого числа различных технических средств, создающих переменное вращающееся магнитное поле, и методов их применения. В настоящее время отечественная промышленность выпускает достаточно большую номенклатуру магнитотерапевтических аппаратов в различных классах и, что очень важно, в достаточном количестве, необходимом для оснащения лечебных и медицинских учреждений. Подходы к разработке аппаратов и систем для магнитотерапии, методики разработ-



Рис. 2. Внешний вид блока управления

ки отдельных узлов магнитотерапевтической аппаратуры приведены в работах Ю.М. Райгородского, Ю.В. Малкова, Г.Р. Соловьевой, Д.А. Сеницкого и др. Одной из первых областей, где для лечения начали использовать магнитное поле, была онкология. Базируясь на исследованиях влияния магнитного поля на экспериментальные опухоли, профессор Д.А. Сеницкий предложил способ лечения злокачественных опухолей и магнитотерапевтическую установку, обеспечивающую программированное и дозированное по амплитуде воздействие на организм вращающимся магнитным полем.

Современная магнитотерапия – безболезненный и безопасный для пациентов способ лечения. В настоящее время накоплен значительный опыт научных исследований в области воздействия слабых магнитных полей на биологические структуры и организм человека, а также опыт лечебной практики при эксплуатации магнитотерапевтических установок в медицинских учреждениях. В последние годы (в последнее десятилетие) наблюдается усиление интереса врачей-физиотерапевтов к общей магнитотерапии ОМТ, которая в структуре физических методов лечения занимает всё более значимое место. ОМТ воздействует магнитным полем порядка 1–3,5 мТл на всё тело человека или большую его часть за счёт размещения пациента внутри индуктора большого диаметра. Такое воздействие позволяет одновременно влиять на основные системы организма, на различные виды обмена и окислительно-восстановительные процессы.

Магнитотерапия в лечебных целях достаточно давно и успешно используется в лечебной практике. Магнитотерапевтические установки и аппараты



Рис. 1. Внешний вид установки УМТИ-3Ф

уже не являются чем-то экзотичным. Современные физиотерапевтические аппараты создают низкочастотное переменное магнитное поле (или вращающееся и бегущее магнитные поля). Лечебный эффект ОМТ связывают с развитием реакций организма на действие магнитного поля как в виде физико-химических изменений в первичных механизмах гомеостаза, так и путём неспецифических адаптационных реакций систем общего реагирования (иммунная, нервная, гуморальная), изменяющих реактивность организма, его резистентность, активирующих компенсаторно-приспособительные механизмы.

Опыт клинического применения магнитотерапевтических установок свидетельствует о целесообразности их применения как в сочетании с традиционными методами лечения, так и самостоятельно. Низкочастотное магнитное поле действует практически на все системы регуляции организма, что зачастую недоступно медикаментозными средствами. Важно подчеркнуть – это не допинг. В комбинации с большинством лекарственных препаратов оно усиливает лечебный эффект, что существенно для снижения применяемых доз препаратов. Важно учитывать, что параметры магнитного поля,



Рис. 3. Внешний вид УВМП-2,5/100 «АВАНГАРД»



Рис. 4. Внешний вид установки «Магнитотурботрон PRO»

схемы и режимы воздействия для каждого конкретного человека нужно подбирать строго индивидуально. Имеются противопоказания к применению.

Обзор отечественного рынка

Автор опустит все медицинские аспекты применения представленных в статье установок. Обратим внимание на их функционал, технические особенности, на вопросы функционирования и эксплуатации. До 2016 года завод «Авангард» (г. Саров, Нижегородская обл.) выпускал магнитотерапевтические установки двух типов. Это УМТИ-3Ф и УВМП-2,5/100 «АВАНГАРД». Они оказались настолько удачными, что аналогичные установки или их модификации до сих пор серийно выпускают другие отечественные предприятия. УМТИ-3Ф предназначена для лечения и профилактики различных заболеваний перемещающимся в пространстве импульсным магнитным полем в условиях медицинских учреждений, больниц, клиник, лечебно-профилактических и реабилитационных центров, а также в амбулаторных условиях.

Магнитотерапевтическая установка УМТИ-3Ф предназначена для лечения различных заболеваний путём воздействия на пациента охватывающими его перемещающимися в пространстве магнитными полями. Установка состоит из блока управления и индуктора. Индуктор представляет собой три кольца-соленоида диаметром 800 мм. Причём кольца могут компоноваться либо в призму для создания вращающегося электромагнитного поля, либо в цилиндр для создания линейно перемещающегося в пространстве поля. Установка обе-

спечивает возможность создания импульсов затухающего трёхфазного переменного магнитного поля с возможностью вариации следующих его параметров: индукции, длительности воздействия, конфигурации, с соблюдением требований по электробезопасности, предъявляемых к установкам подобного типа как к изделиям медицинской техники.

Внешний вид установки УМТИ-3Ф представлен на рис. 1. Соленоиды индуктора на этом рисунке скомпонованы в цилиндр.

Внешний вид блока управления (лицевая панель) представлен на рис. 2.

УМТИ-3Ф отличают мобильность, малые габариты и простота в применении. Индуктор можно легко отключить её от блока управления и скомпоновать в виде призмы или цилиндра на другом рабочем месте. Автор как инженер-электроник принимал участие в разработке данной установки. Установка выполнена исключительно на отечественной элементной базе. Основные технические характеристики УМТИ-3Ф представлены в табл. 1.

В отличие от УМТИ-3Ф, установка УВМП-2,5/100 «АВАНГАРД» является стационарной и состоит из следующих составных частей:

- лечебная камера;
- блок трансформатора;
- блок выпрямителя;
- генератор.

Внешний вид УВМП-2,5/100 «АВАНГАРД» представлен на рис. 3.

На рис. 3 приведена установка в работе. Пациент размещается в лечебной камере. Справа расположены блоки управления.

Основные технические характеристики установки УВМП-2,5/100 «АВАНГАРД» представлены в табл. 2.

Установка обеспечивает возможность модуляции амплитуды индукции магнитного поля по квазилинейному закону в цикле от нуля до заданного значения и от заданного значения до нуля с периодом модуляции $120 \pm 10\%$. Алгоритм работы установки предусматривает:

- ручную установку и регулировку необходимой для процедуры амплитуды модуляции магнитной индукции и квазилинейное автоматическое изменение индукции (модуляцию) в цикле от нуля до заданного значения и от заданного значения до нуля;
- автоматическую отработку заданного вручную с помощью переключателей необходимого количества циклов модуляции;
- возможность ручной остановки цикла модуляции в любой момент цикла;
- изменение вручную направления вращения поля.

Время установления рабочего режима с момента включения установки – не более 10 мин.

ГК «Мадин» (г. Нижний Новгород) уже 20 лет выпускает оборудование для физиотерапии. В настоящее время ГК «Мадин» выпускает следующее оборудование для магнитотерапии: «Магнитотурботрон PRO», «КОЛИБРИ-ЭКСПЕРТ» и «Аван Про» – систему экстракорпоральной магнитной стимуляции ЭМС мышц тазового дна и органов малого таза. По информации, предоставленной ГК «Мадин», только аппаратов типа «Магнитотурботрон» (разных исполнений) было выпущено более 1000. Внешний вид установки, которая выпускается в настоящее время, представлен на рис. 4.

Конструкция данной установки воплощает последние тренды меди-

Таблица 1. Основные технические характеристики УМТИ-3Ф

Технические характеристики	Параметр
Сетевое напряжение питания, В	220 ±20%, 50 Гц
Потребляемая мощность, В·А, не более	150
Количество соленоидов в индукторе, шт.	3
Диаметр соленоида, мм, не более	800
Максимальная индукция (B_{\max}), мТл: • в центре соленоида; • вблизи соленоида	4 ±0,7 26 ±6
Рекомендуемое расстояние между индукторами, м	2
Диапазон регулировки индукции в центре соленоида	от $B_{\max} / 8$ до B_{\max}
Дискретность задания индукции, мТл	0,5
Частота колебаний тока в соленоиде, Гц	100 ±15
Частота повторений импульсов тока в соленоиде, Гц	1 ±0,1
Количество соленоидов, шт.	3
Максимальная длительность сеанса, мин	99
Дискретность задания сеанса, мин	1
Вид поля при компоновке соленоидов: • цилиндр • призма	Бегущее поле Вращающееся поле
Время непрерывной работы, ч	Не ограничено
Габаритные размеры блока управления, мм	300×250×140
Масса блока управления, кг, не более	8
Масса индуктора, кг, не более	11
Условия эксплуатации: • температура окружающей среды, °С • давление, мм. рт. ст. • влажность, %	+15...+35 645...795 45...75
Режимы воздействия	Перемещение поля по соленоидам 1-2-3 (вращение или перемещение в одну сторону)

цинского приборостроения и дизайна: дружелюбный интерфейс и широкий функционал приложения, в котором предусмотрено ведение базы пациентов и запись процедур. Можно работать как с предустановленными процедурами, так и создавать собственные, меняя настройки вручную. Отличительные особенности аппарата «Магнитотурботрон PRO»: беспроводное компактное устройство управления – сенсорный планшет; удобное пользовательское программное обеспечение: предустановленные программы лечения, возможность ручной индивидуальной настройки, создание и ведение базы пациентов, статистика использования. Внешний вид установки «КОЛИБРИ-ЭКСПЕРТ» вместе со специализированной кушеткой для пациента представлен на рис. 5.

Технические характеристики установки «КОЛИБРИ-ЭКСПЕРТ» сопоставимы с УМТИ-3Ф. Имеются различия в части режимов воздействия. Они приведены в табл. 2.

Низкочастотные магнитные поля со сложной пространственно-

временной структурой генерируются немногими аппаратными. Одним из них является комплекс аппаратно-программный восьмиканальный постоянных, переменных, импульсных и бегущих магнитотерапевтических полей «МУЛЬТИМАГ» (КАП-МТ/8 – «МУЛЬТИМАГ») производства «КАСИМОВСКИЙ ПРИБОРНЫЙ ЗАВОД» – ФИЛИАЛ АО «ГРПЗ». Внешний вид комплекса КАП-МТ/8 – «МУЛЬТИМАГ» представлен на рис. 6.

Основные технические характеристики приведены в табл. 3.

В комплексе можно выделить следующие функциональные конструктивные и функциональные особенности:

- наличие сенсорного экрана, размещённого на поворотной консоли;
- трёхмерная визуализация воздействия магнитным полем на пациента в реальном масштабе времени;
- наличие режима «биотехнической связи»;
- регистрация ЧСС и SpO_2 пациента.

Определение основных показателей variability сердечного ритма пациента;

Таблица 2. Технические характеристики установки «КОЛИБРИ-ЭКСПЕРТ»

Технические характеристики	Параметры	
	УМТИ-3Ф	«КОЛИБРИ-ЭКСПЕРТ»
Тип установки	УМТИ-3Ф	«КОЛИБРИ-ЭКСПЕРТ»
Режимы воздействия	Перемещение поля по соленоидам 1-2-3 (вращение или перемещение в одну сторону)	1. Перемещение поля 1-2-3 (вращение или перемещение в одну сторону) 2. Перемещение поля 3-2-1 (вращение или перемещение в обратную сторону) 3. Чередувание через 1 цикл перемещения поля 1-2-3, затем 3-2-1 (прямое-обратное-прямое и т.д.) 4. Скачкообразное перемещение неперекрывающихся полей



Рис. 5. Внешний вид установки «КОЛИБРИ-ЭКСПЕРТ» вместе со специализированной кушеткой для пациента

- регистрация ритма дыхания пациента с помощью системы ультразвуковой локации;
- наличие магнито-музыкального воздействия;
- антропометрическая электромагнитная кушетка, адаптация к габаритам пациента, автоматизация загрузки/выгрузки пациента;
- обширная база лечебных методик;
- наличие дружелюбного интерфейса, позволяющего создавать лечебные методики.

Процедуры сложно модулированной магнитотерапии пациентам проводят посредством формирования искусственной магнитной среды, согласно заданной методике, адаптивной электромагнитной кушеткой, представляющей собой набор полеформирующих источников магнитного поля, управляемых от компьютера и распределённых в кушетке, в ложементе и верхних замыкающих рабочее пространство крыльях. В электромагнитной кушетке формируются постоянные, переменные, импульсные, бегущие, сложно модулированные магнитные поля

Таблица 3. Основные технические характеристики комплекса КАП-МТ/8 – «МУЛЬТИМАГ»

Технические характеристики	Параметры
Сетевое напряжение питания, В	220 В, 50 Гц
Потребляемая мощность, В·А, не более	800
Величина магнитной индукции, мТл	(2×3 ^{-1,5})
Число каналов с независимой дозировкой по каждому каналу	8
Время непрерывной работы комплекса в сутки, ч, не более	6
Масса комплекса, кг	170 ±10%
Режим работы	Время процедуры – до 20 мин, пауза – 10 мин
Габаритные размеры магнитоскана (комплекса в сборе), Ш×Г×В, мм	2004×1226×950
Средний срок службы, лет, не менее	5
Вид магнитных полей	Постоянные, переменные, импульсные, сложномодулированные, бегущие, перемещающиеся в пространстве и времени по заранее заданной программе
Время непрерывной работы комплекса в сутки, ч	Не более 6

Таблица 4. Основные технические характеристики Magnetomed 8400

Технические характеристики	Параметры
Сетевое напряжение питания, В	220 В, 50 Гц
Потребляемая мощность, В·А, не более	410
Величина магнитной индукции, мТл	От 0 до 20
Число независимых каналов	4
Частота магнитного поля	От 1 до 100 Гц
Масса комплекса, кг	27
Излучатели	Кушетка, оснащённая одним или двумя соленоидами; цилиндры, диаметром 50 и 30 см; полуцилиндры; локальные аппликаторы
Габаритные размеры, мм	390×310×870
Средний срок службы, лет, не менее	5
Вид магнитных полей	Постоянные, переменные, импульсные, сложномодулированные, бегущие, перемещающиеся в пространстве и времени, по заранее заданной программе
Время непрерывной работы комплекса в сутки, ч	Не более 6



Рис. 6. Внешний вид комплекса КАП-МТ/8 – «МУЛЬТИМАГ»

низкой частоты (от 0,3 до 100 Гц) и малой амплитуды магнитной индукции (до 5 мТл) по всем каналам.

На рис. 7 приведены экранные формы управляющей программы «МУЛЬТИМАГ».

Внешний вид аппарата итальянской компании ЕМЕ для магнитотерапии Magnetomed 8400 приведён на рис. 8.

На рис. 9 показано размещение пациента на кушетке (из состава Magnetomed 8400). На кушетке установлено два соленоида.

Основные технические характеристики Magnetomed 8400 приведены в табл. 4.

Магнитное поле данного аппарата не воздействует на всё тело человека. Установка предназначена прежде всего для проведения локальной магнитотерапии. Специальная кушетка, созданная из немагнитных сплавов и оснащённая подвижным соленоидом с большим диаметром, позволяет эффективно лечить заболевания груди и тазовых органов. Большинство базовых программ аппарата предназначено именно для данного вида излучателя. Прочие излучатели, в том числе отдельные соленоиды с малым диаметром и плоские аппликаторы, нужны для локальной терапии головы, конечностей и локальных

зон. То есть благодаря широкому ассортименту аксессуаров можно подобрать оптимальные, позволяющие эффективно лечить разнообразные заболевания. Magnetomed 8400 установлен в мобильном корпусе с колёсами, что облегчает его передвижение в помещении. Данный аппарат по своему функционалу очень похож на отечественный аппарат «Полнос-2М» производства завод «ЭМА» (г. Екатеринбург).

Кроме представленных в статье, магнитотерапевтическую аппаратуру выпускают следующие отечественные предприятия: ПК «Солнышко» (г. Бор, Нижегородская обл.), «Мед ТеКО» (г. Мытищи, Московская обл.), «ЕЛАМЕД» (г. Рязань), завода «ЭМА» (г. Екатеринбург) и другие.

Заключение

У современных магнитотерапевтических установок с воздействием магнитного поля на всё тело человека можно выделить следующие конструктивные и функциональные особенности:

- наличие дружелюбного интерфейса, в котором предусмотрены ведение базы пациентов, возможность трёхмерной визуализации магнитного поля в реальном масштабе времени, запись процедур и пр.;
- возможность проводить процедуры по имеющимся или формируемым с помощью дружелюбного интерфейса методикам, что значительно облегчает работу медицинского персонала;

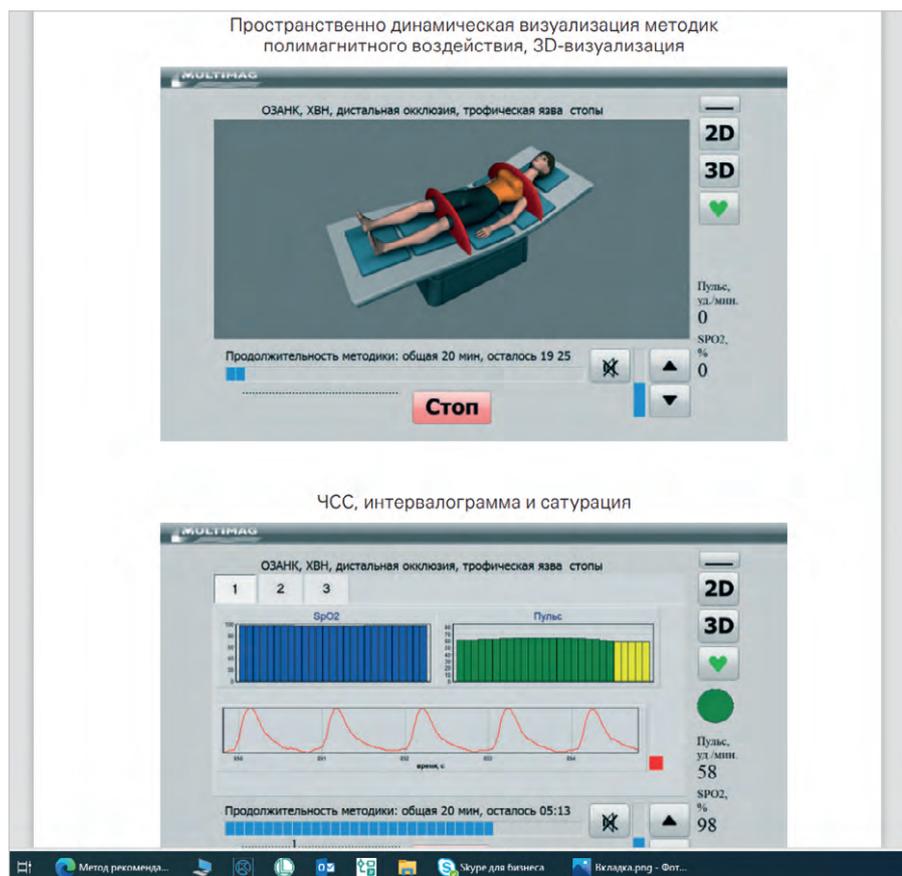


Рис. 7. Экранные формы управляющей программы «МУЛЬТИМАГ»



Рис. 9. Размещение пациента на кушетке (из состава Magnetomed 8400)

- синхронизация динамики магнитного поля с основными биоритмами пациента при наличии датчика пульсоксиметра;
- беспроводные устройства управления, как правило, это сенсорный планшет;
- современный дизайн лечебной камеры, индукторов, аппликаторов и блоков управления.

Все представленные в публикации магнитотерапевтические установки, пожалуй, можно отнести к установкам

2-го или 3-го поколения. (Если условно вести отсчёт от аппарата «Полус-101» завода «ЭМА», выпускавшегося в 80-х годах прошлого века. Всё это, конечно, очень субъективно.)

По основным параметрам, таким как частота электромагнитного поля, амплитуда магнитной индукции, время воздействия на пациента, все представленные в статье аппараты (в том числе и зарубежные) работают схожим образом и со схожими характеристиками. Это понятно и научно обосновано. Здесь



Рис. 8. Внешний вид аппарата Magnetomed 8400

ничего нового не придумаешь. Но в установках отсутствует контроль измерения сверхмалого магнитного поля с биообъекта, то есть в аппарате нет обратной связи с объектом. Веление времени (как бы пафосно это ни звучало) – необходимость ввода в алгоритм работы установки сверхпроводящего квантового интерферометрического датчика СКВИД для измерения сверхмалого магнитного поля (или аналогичного). Подобный датчик позволит получить при проведении сеанса магнитотерапии магнитоэнцефалограмму и магнитокардиограмму, по которым можно будет получить значительно больше информации о функционировании головного мозга и сердца, чем при обычных электроизмерениях. Это будет принципиально новый аппарат, который откроет новые возможности, новые горизонты в магнитотерапии. Всё это потребует колоссальных фундаментальных исследований, экспериментов и финансовых затрат.

Отметим, что ещё лет 10 назад отечественные магнитотерапевтические установки безоговорочно занимали монопольное положение на отечественном рынке. В настоящее время аналогичные зарубежные аппараты итальянского, южнокорейского и др. производства медленно, но верно проникают на российский рынок.

Литература

1. Синуцкий С.Д., Синуцкий Д.А. Магнитотерапевтическая установка «Магнитотурботрон». Патент SU 1588425.
2. Масалов Ю.А., Свириденко С.А., Свириденко А.С. Патент РФ № 2088278.
3. Шишкин С.В. Силовой модуль магнитотерапевтической установки с трёхфазным индуктором // Силовая электроника. 2016. № 4. С. 10–12.



Yonggui – ведущий
производитель соединителей
для ж/д транспорта в Китае



Силовые прямоугольные соединители



Соединители для энергетики и промышленности



Соединители для телекома и автоматизации



100% замена известным
европейским брендам,
теперь доступен в России

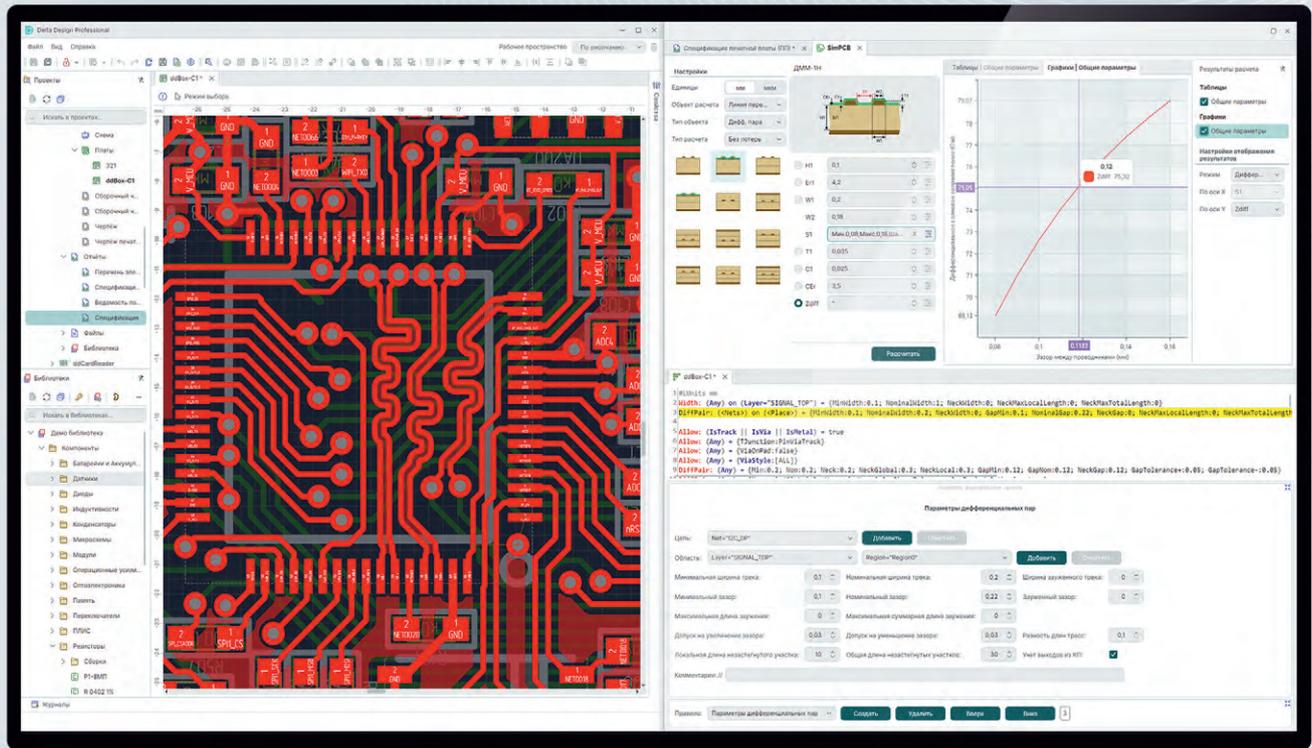
Срок поставки от 6 недель





DeltaDesign 4.0

Новая кроссплатформенная версия российской САПР электроники



Поддержка отечественных операционных систем, в том числе Astra Linux



SimPCB – новый модуль анализа целостности сигналов



Многопользовательское редактирование



Поддержка отечественных процессоров Эльбрус (Эльбрус Линукс)



Расширенные возможности подготовки конструкторской документации по ГОСТ



Сервисы для обеспечения коллективной работы

Чтобы получить консультацию по новой версии и внедрить САПР Delta Design на вашем предприятии, обратитесь к специалистам ЭРЕМЕКС