

научно-практический журнал

№7 2015
ИЮЛЬ

ЭЛЕКТРОНИКА ИНФО

ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ




РИФТЭК СМТ
 АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ МОНТАЖ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

e-mail: smt@riftek.com
 тел.: +375 17 281 86 57

ЧУП «РИФТЭК-СМТ»
 Республика Беларусь,
 220090, г. Минск,
 Логойский тракт, 22
 УНП 192241041


ANALOG DEVICES **Hittite**
Honeywell **SICK**


ТУП «Альфачип ЛТД»

Поставка электронных компонентов,
 средств автоматизации, компонентов
 для светодиодного освещения

220012, г. Минск, ул. Сурганова 5а, 1-й этаж
 Тел./факс: +375 17 366 76 01, +375 17 366 76 16
 факс: +375 17 366 78 15
www.alfa-chip.com
www.alfacomponent.com
 УНП 191754457

e-mail: info@radioapтека.by
 тел./факс: (017) 268-43-34

РАДИОАПТЕКА
 ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ



УНП 191126375
www.radioapтека.by

ISSN 1999-7515



9 771999 751006

Amphenol

Amphenol – один из крупнейших мировых производителей соединительной продукции.

Amphenol производит соединители и соединительные системы для применения в областях: телекоммуникация, аэрокосмическая и военная электроника, автомобильный и железнодорожный транспорт, и другие отрасли промышленности.

В линейку продукции Amphenol входят цилиндрические разъемы, D-Sub разъемы, керамические, оптоволоконные, радиочастотные соединители, прямоугольные соединители, соединители с фильтрами, защищенные RJ разъемы для жестких условий эксплуатации, системы передачи данных для жестких условий применения.

Основные области применения: авионика, радары, средства связи, боеприпасы, ракеты, двигатели, наземные транспортные средства и танки, авиастроение.

Amphenol – это инновационные технологии, которые создают решения для самых требовательных клиентов и их приложений.



Axon Cable – мировой лидер по производству разъемов и кабельных узлов. Компания специализируется на разработке и производстве проводов, кабелей, терминированных жгутов, разъемов и комплексных систем для передовых технологий в области авиационной, космической и оборонной промышленности.

Прочные, надежные, оптимизированные и защищенные от ЭМИ, компактные и легкие – вот те качества кабелей, кабельных сборок и разъемов, предлагаемых Axon Cable для военного применения. Защита от электромагнитных помех (EMI) также является ключевым вопросом для электронной военной техники. Не только кабели, но и соединения должны быть защищены от электромагнитных помех, так как системы связи и навигации играют важную роль на поле боя.

Концерн TE Connectivity является ведущим технологическим лидером быстро растущего рынка электронных компонентов в мире: от автомобильной и аэрокосмической отрасли, широкополосной связи, бытовой энергетики, вплоть до тяжелой промышленности. Основной продукцией TE Connectivity являются пассивные электронные компоненты, включая разъемы и системы подключения, реле, переключатели, сенсорные экраны, датчики и фильтры.



Для аэрокосмической, оборонной промышленности компания TE поставяет широчайший спектр изделий, отличающихся высоким уровнем качества и высокой производительностью, малыми габаритами и весом.



Компания NICOMATIC основана в 1976 году. Сегодня компания является лидером на рынке металлических мембран для пленочных клавиатур, обладает уникальной технологией смешанных соединителей для военной, авиа и космической промышленности, обладает широким спектром решений для межплатных соединений.

Новый тип разъемов для соединения платы с гибким кабелем (card-to-flex) разработан на основе объединения технологий гибкого кабеля и разъемов серии CMM. Технология MICROFLEX™ экономически эффективнее многих других систем соединения, надежна и может быть использована в военной технике. Соединители для печатных плат включают в себя штыревые соединители с шагом 2-2,54 мм в один, два и три ряда, колодки для штыревых соединителей и DIP-корпусов, шунты и тестовые контакты.

Группа компаний Schlemmer – это всемирно известный производитель и разработчик систем защиты кабелей и кабельных жгутов, применяемых как в автомобильной, так и в других областях промышленности. Ассортимент продукции охватывает широкий спектр групп товаров, начиная от гофрированной трубы различных исполнений, гладких трубок и защитных трубок, разветвителей, адаптеров, заглушек, вплоть до индивидуальных решений по кабель-каналам. Кроме вышеперечисленного, компания Schlemmer выпускает хорошо известные разъемы, кабельные вводы в пластиковом и металлическом исполнении.



Компания Raychem с начала своего основания в 1957 году является лидером в технологии радиационной химии и материаловедении, что отражается в имени компании – название образовано от RAY CHEMistry – радиационная химия. С 1999 года и по настоящее время входит в состав концерна TE Connectivity.

Технологии, применяемые в радиационной химии в сочетании со знаниями материалов, которыми обладали создатели компании, позволили разработать новую продукцию, такую, как провода для специального применения и термоусаживаемые компоненты. Позднее, компания Raychem использовала эти базовые технологии для разработки другой продукции, в том числе инновационных устройств защиты цепей, которые автоматически восстанавливаются после устранения сбоев в цепи.

В СНГ компания Raychem известна как поставщик материалов для изоляции кабелей и жгутов, используемых в экстремальных условиях эксплуатации: в авиационной и космической технике, судостроении, транспорте, энергетике, медицинской технике. Продукция компании имеет соответствующие сертификаты для применения в каждой из этих областей, включая сертификаты: UL, MIL, SAE, Defense, DNV, Lloyd's Register и др.

Компания Deutsch имеет почти семидесятилетний опыт работы и зарекомендовала себя как высокотехнологичный производитель соединителей для жестких условий эксплуатации. В линейку поставки соединителей для специального применения входят цилиндрические и прямоугольные соединители в герметичном исполнении и с расширенным температурным диапазоном.

Компания DEUTSCH в 2012 году вошла в корпорацию TE Connectivity. Объединение двух лидеров в производстве электрических соединителей, клемм, клеммных блоков и электромонтажного инструмента позволило значительно увеличить перечень предлагаемой продукции и ее качество.



ESSENTRA

Essentra Components – торговая марка компании Moss Plastics Parts (Великобритания).

Ассортимент включает более 25 тысяч наименований: кабельная оснастка, различные промышленные комплектующие, фурнитура, фиксаторы и крепежные детали. Оснастка для проводов: кабельные стяжки, скобы, зажимы, хомуты для проводов, обмотки для жгутов, короба. Оснастка для прокладки волоконно-оптических систем: трубки для оптического волокна с ограничением радиуса изгиба, защитные приспособления, плоские распределительные коробки, защитные трубки, пылезащитные колпачки, заглушки и др.

Molex Incorporated – мировой лидер в производстве электронных, электромеханических и волоконно-оптических компонентов. Несомненные преимущества Molex – качество, конкурентоспособная цена, огромная номенклатура (более 100 тысяч наименований), возможность изготовления заказных изделий. Компания предлагает решения для эксплуатации в тяжелых условиях систем управления, связи, компьютерных систем, систем наблюдения и контроля, управления пусковыми установками ракет, наземных транспортных средств, беспилотных средств, систем управления воздушными судами и навигации. Все изделия компактные, высокого качества и соответствуют стандартам MIL. Кроме того, компания дополнила портфолио технологиями от FCT Electronics Group и предлагает ориентированные на конкретного клиента решения в авиакосмической и оборонной промышленности.





ЭЛЕКТРОННЫЕ
КОМПОНЕНТЫ

Источники питания - энергия для ответственных задач



WAGO
INNOVATIVE CONNECTIONS

TURCK
Industrial
Automation

220015, Республика Беларусь, г. Минск, пр-т Пушкина, 29 Б
Тел./факс: +375 (17) 210-21-89 (многоканальный), +375 (29) 370-90-92, +375 (29) 274-17-13
E-mail: info@fek.by
www.fek.by

МК со сверхнизким энергопотреблением Увеличивает срок службы батарей



Малый ток потребления в режиме сна

- ▶ Ток потребления в режиме сна до 9 нА
- ▶ Ток потребления модуля детектирования провалов напряжения до 45 нА
- ▶ Ток потребления часов реального времени до 400 нА

Малый ток потребления при работе

- ▶ Ток потребления всего лишь 30 мкА/МГц
- ▶ Энергоэффективное выполнение кодов

Широкий портфолио МК технологии XLP

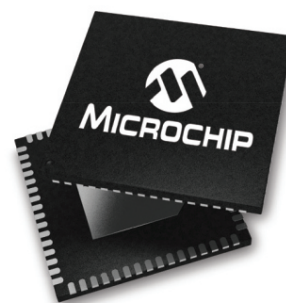
- ▶ 8–100-выводные корпуса, объем флэш: 4–128 Кбайт
- ▶ Широкий выбор корпусов, в том числе, корпуса по размеру кристалла

Оптимальный выбор для систем с батарейным питанием

- ▶ Срок службы батареи > 20 лет
- ▶ Напряжение питания 1,8 В
- ▶ Супервизор (BOR, WDT) для безопасной работы с низким энергопотреблением

Гибкое конфигурирование периферии

- ▶ Интегрированы USB, LCD, RTC и управление сенсорной клавиатурой
- ▶ Уменьшение стоимости внешних компонентов



microchip
DIRECT
www.microchipdirect.com

 **MICROCHIP**

www.microchip.com/xlp

**ЖУРНАЛ ИЗДАЕТСЯ ПРИ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКЕ
ФАКУЛЬТЕТА РАДИОФИЗИКИ И КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ БЕЛГОСУНИВЕРСИТЕТА.
ЖУРНАЛ ВКЛЮЧЕН В СПИСОК НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДАНИЙ ВАК РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

ЭЛЕКТРОНИКА
научно-практический журнал
ИНФО

**International magazine
of amateur and professional electronics**

№7 (121) июль 2015

Зарегистрирован
Министерством информации
Республики Беларусь

Регистрационный №71
от 19 августа 2014 года

Главный редактор:
Асмоловская Ирина Михайловна
i.asmalouskaya@electronica.by

Редактор технический:
Бортник Ольга Викторовна

Редакционная коллегия:

Председатель:
Чернявский Александр Федорович
академик НАН Беларуси, д.т.н.

Секретарь:
Садов Василий Сергеевич, к.т.н.
e-mail: sadov@bsu.by

Члены редакционной коллегии:
Беляев Борис Илларионович, д.ф.-м.н.
Борзов Владимир Михайлович, д.ф.-м.н.
Голенков Владимир Васильевич, д.т.н.
Гончаров Виктор Константинович, д.ф.-м.н.
Есман Александр Константинович, д.ф.-м.н.
Ильин Виктор Николаевич, д.т.н.
Кугейко Михаил Михайлович, д.ф.-м.н.
Кучинский Петр Васильевич, д.ф.-м.н.
Мулярич Степан Григорьевич, д.т.н.
Петровский Александр Александрович, д.т.н.
Попечиц Владимир Иванович, д.ф.-м.н.
Рудницкий Антон Сергеевич, д.ф.-м.н.

Отдел рекламы и распространения:
Антоневич Светлана Геннадьевна
тел./факс: +375 (17) 388-44-71
e-mail: s.antonovich@electronica.by

Учредитель:
ЗАО «Финансово-аналитическое агентство
«Эф энд Ка»
220015, Республика Беларусь,
г. Минск, ул. Пономаренко,
д. 35А, пом. 302, каб. 47,
тел./факс: +375 (17) 388-44-71

© Перепечатка материалов, опубликованных
в журнале «Электроника инфо», допускается
с разрешения редакции

За содержание рекламных материалов редакция
ответственности не несет

Подписной индекс в Республике Беларусь:
00822 (индивидуальная),
008222 (ведомственная)

Цена свободная

Подготовка, печать:
180 экз. отпечатано
Унитарное предприятие «Типография ФПБ»
г. Минск, пл. Свободы, д. 23, офис 90
Лицензия №02330/54 от 12.08.2013 г.
Подписано в печать 29.07.2015 г.
Заказ №

НОВОСТИ.....	2
ОБОЗР РЫНКА	
ПРИМЕНЕНИЕ ИСТОЧНИКОВ ПОСТОЯННОГО ТОКА Н. Никитенко.....	5
ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ СРЕДНЕЙ И БОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ С ЦИФРОВЫМ УПРАВЛЕНИЕМ И ВСТРОЕННЫМИ ИЗМЕРИТЕЛЯМИ НАПРЯЖЕНИЯ И ТОКА.....	7
НОВЫЕ ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ СЕРИИ R&S HMC ОТ КОМПАНИИ RONDE & SCHWARZ.....	10
ПРОГРАММИРУЕМЫЕ ЛАБОРАТОРНЫЕ ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ С ФУНКЦИЕЙ ПАМЯТИ СЕРИИ EA-PS 8000 T/DT МОЩНОСТЬЮ 320–1500 BT.....	11
НОВОЕ СЕМЕЙСТВО DSPIC3ЗЕР «GS» ОТ MICROCHIP ОПТИМИЗИРОВАНО ДЛЯ ЦИФРОВОГО УПРАВЛЕНИЯ ПИТАНИЕМ.....	12
МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ MICROCHIP В ИМПУЛЬСНЫХ ИСТОЧНИКАХ ПИТАНИЯ.....	13
ВАРИСТОРЫ КОМПАНИИ KEKO VARICON ДЛЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРИМЕНЕНИЙ К. Верхулевский.....	19
SNIVIOS/RT – ОПЕРАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ. ЧАСТЬ 2 Р.А. Шуленков.....	23
МИКРОМОЩНЫЙ СТАБИЛИЗАТОР НАПРЯЖЕНИЯ 1342EN5T.....	27
МЕДИЦИНСКИЕ РАЗДЕЛИТЕЛЬНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ С СИСТЕМОЙ КОНТРОЛЯ ИЗОЛЯЦИИ И ТЕМПЕРАТУРЫ Н.Н. Судник.....	28
ПРОСТОЕ ЗАРЯДНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ СВИНЦОВО-КИСЛОТНЫХ АККУМУЛЯТОРОВ НА ОСНОВЕ КОНТРОЛЛЕРА BQ2031, РЕАЛИЗУЮЩЕЕ ПРИНЦИП MPP Л.Гухляни.....	31
ОБОЗР НОВИНОК КОМПАНИИ AIMTEC.....	33
LED-ДРАЙВЕРЫ.....	34
ПИТАНИЕ	
СРЕДСТВА И СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ.....	36
ТРЕБОВАНИЯ К МОНТАЖУ ИМПУЛЬСНЫХ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОМЕХИ.....	38
СПОСОБЫ ОХЛАЖДЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ.....	40
РЕЦЕНЗИРУЕМЫЕ СТАТЬИ.....	42-62
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	
ИНФОРМАЦИОННЫЙ КЛАСТЕРНЫЙ ПОДХОД В ПРОЕКТИРОВАНИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ А.В. Гулай, В.М. Зайцев.....	42
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕНТИЛЬНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА, РАБОТАЮЩЕГО В ЗАДАННОМ ДИАПАЗОНЕ ЗНАЧЕНИЙ ВЫХОДНЫХ КООРДИНАТ А.Г. Стрижнев, А.А. Шихов, А.Н. Русакович.....	47
ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЖИВУЧЕСТИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ С ОДНОРОДНОЙ ПРОГРАММИРУЕМОЙ МАТРИЧНОЙ СТРУКТУРОЙ Н.А. Коротаяев, В.И. Попечиц, А.Е. Василевич, А.А. Василевич.....	55
НАНО- И МИКРОЭЛЕКТРОНИКА	
ПАССИВАЦИЯ ПОЛЕВЫХ ТРАНЗИСТОРОВ С БАРЬЕРОМ ШОТТКИ НА АРСЕНИДЕ ГАЛЛИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИОННО-ЛУЧЕВОГО РАСПЫЛЕНИЯ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МИШЕНЕЙ Е.В.Телеш.....	59
ПРАЙС-ЛИСТ.....	64

СПИСОК РЕКЛАМОДАТЕЛЕЙ

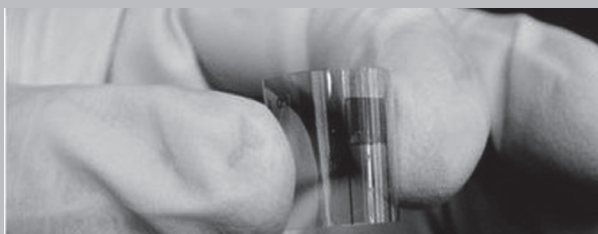
«Автоматикацентр».....	64
«Алнар».....	64
«Альфаидер».....	64
«БелПлата».....	54
«БелСКАНТИ».....	64
«БЭК-эксперт».....	63
«ГорнТрейд».....	6
«Минский часовой завод».....	58
«Приборостроительная компания».....	64
«Промтехсервиснаб».....	39
«СветЛед решения».....	64
«ФЭК».....	64
«Чип электроникс».....	64

Обложки, цветные вставки

Microchip.....	II вст.
«Альфачип ЛТД».....	I обл., III вст.
«БЭК-эксперт».....	II обл.
«Профессиональные сетевые системы».....	IV обл.
«Радиоаптека».....	I обл.
«РИФТЭК-СМТ».....	I обл.
«Фаворит-ЭК».....	III обл.
«ФЭК».....	I вст.
«Элтикон».....	IV вст.
«Энерджи».....	IV вст.

УЧЕНЫЕ СОЗДАЛИ КРОШЕЧНЫЙ ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ ДЛЯ СВЕРХМИНИАТЮРНОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ БУДУЩЕГО

Группа ученых из Института твердого тела и исследований материалов Лейбница в Дрездене, Германия, возглавляемая профессором Оливером Г. Шмидтом, разработала достаточно мощный микросуперконденсатор, толщиной всего в несколько нанометров. Применение таких суперконденсаторов в качестве источника электропитания в электронике позволит разработать и начать производство мобильных телефонов, портативных компьютеров, камер значительно меньших размеров, веса и толщины, нежели они имеют в настоящее время. Крошечный суперконденсатор имеет размеры менее половины сантиметра с каждой стороны и сделан из гибкого материала, что открывает возможность его применения в гибкой и эластичной электронике.



В качестве альтернативного материала электродов немецкие исследователи использовали диоксид марганца – материал, безвредный для окружающей среды, достаточно распространенный в природе и потому менее дорогой, нежели другие материалы. Однако диоксид марганца имеет достаточно низкую электропроводность, в его естественном виде он достаточно хрупок и недостаточно прочен. Ученые преодолели все эти проблемы, испаряя материал с помощью электронного луча и осаждая его на поверхность основания в виде тончайшей гибкой пленки. Затем, для улучшения электропроводности, в эти пленки были включены очень тонкие слои золота, хотя допускается использование для этого и других металлов.

Испытания получившихся суперконденсаторов показали, что этот крошечный гибкий источник электропитания может эффективно и быстро запасать и отдавать энергию, обеспечивая значение плотности хранения энергии, превышающее значения аналогичных показателей других современных суперконденсаторов.

«Наша технология может быть использована совместно со многими другими технологиями, применяемыми для миниатюризации электронных устройств, а процесс производства суперконденсаторов с электродами из диоксида марганца полностью совместим с существующими технологиями изготовления полупроводниковых приборов. Это позволит, в случае необходимости, встраивать источники питания прямо в чипы микросхем, делая эти микросхемы или системы-на-чипе полностью энергонезависимыми» – рассказывает доктор Ченглин Ян, глава исследовательской группы.

«Создавая наши суперконденсаторы, мы преследовали цель получения миниатюрного устройства с высокой плотностью хранения энергии при крайне низкой его стоимости. Использование золота делает эту технологию более дорогой, но мы сейчас рассматриваем вариант его замены более дешевым металлом, к примеру, чистым марганцем. Такая замена позволит нашему устройству проникнуть на широкий рынок и выдержать жесткую конкуренцию со стороны других технологий производства миниатюрных источников энергии для электроники».

ЭЛОН МАСК И TESLA ПРЕДСТАВЯТ НОВЫЙ ПРОДУКТ. И ЭТО НЕ АВТОМОБИЛЬ

Tesla и ее харизматичный руководитель Элон Маск собираются сделать громкий анонс. Сообщается, что компания представит совершенно новую линейку продукции. Учитывая способности Маска превращать невероятные вещи из области научной фантастики в реальность, будь то полностью электрический автомобиль, многоразовая космическая ракета или «гиперпетля», слухов о грядущем продукте предостаточно.

Аккумуляторная батарея для дома

Пользователи больше всего склоняются к тому, что Tesla представит аккумулятор энергии для питания дома. На одной из конференций в феврале Элон Маск анонсировал скорый релиз аккумуляторной батареи, способной обеспечить потребности в электричестве домохозяйств и предприятий.

«Сейчас мы решаем, как будет выглядеть стационарный батарейный блок, – заявил Маск, отметив, что некоторые хотят, чтобы он выглядел как плоский настенный шкафчик с красивой крышкой, встроенным двунаправленным инвертором и функционировал по принципу «Включай и работай».

Как ранее сообщало издание Bloomberg, батарея Tesla для дома поступит в производство примерно через полгода.

Это не новая сфера деятельности для Элона Маска. Еще он руководит компанией SolarCity, которая сотрудничает с Tesla в вопросе аккумуляторных источников питания. Разработанная этой компанией батарея способна обеспечить питанием целое домохозяйство. На полном заряде она может снабдить электричеством бытовую и кухонную технику, осветительные приборы и систему сигнализации.

На сайте SolarCity говорится, что в середине 2015 года компания сделает своим покупателям новое предложение. Судя по всему, оно будет как-то связано с будущим заявлением Элона Маска.

Резервный аккумулятор для Model S

Промежуточным шагом между созданием батареи для питания всего дома может стать выпуск устройства, которое позволит владельцам Model S использовать автомобильную батарею в качестве резервного источника электропитания в случае возникновения чрезвычайной ситуации. Примером такого устройства может служить батарея автомобиля Toyota Mirai на водородных топливных элементах. Toyota заявляет, что полностью заряженная батарея способна покрыть недельную потребность в электричестве для одного домохозяйства.

Компания Tesla также может выпустить аналог системы, предложенной Nissan. Ее электромобиль Leaf может использоваться в качестве временного генератора электричества для бытовых нужд в непредвиденных ситуациях.

hi-news.ru

ПРОГРАММИРУЕМЫЙ ЛИНЕЙНЫЙ ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА Б5-80

- Высокая стабильность, малые пульсации.
- Защита от перенапряжения, перегрузки, перегрева.
- Режимы стабилизации тока и напряжения.
- Самодиагностика и автокалибровка.
- Звуковая сигнализация аварийных режимов.
- Электронное отключение нагрузки.
- Подключение нагрузки по четырехпроводной схеме.
- Последовательно е или параллельное соединение двух однотипных приборов.
- Интерфейс RS – 232, RS – 485.
- Условия эксплуатации:
 - группы 1.3 ГОСТ Р 20.39.304 по механическим воздействиям;
 - группы 1.1 ГОСТ Р 20.39.304 по климатическим воздействиям.

ajax.by

ОДНО- ИЛИ ДВУХКАНАЛЬНЫЙ АНАЛИЗАТОР/ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ R&S®NGMO

Анализатор/источник питания R&S®NGMO – это больше, чем просто источник питания для контрольно-измерительных приложений. В этом можно убедиться, взглянув на расширенный набор его функций:

- точный быстродействующий источник напряжения;
- программируемая электронная нагрузка;
- высокоточный цифровой вольтметр;
- регистратор переходных процессов;
- генератор прямоугольных импульсов с высокой выходной мощностью.

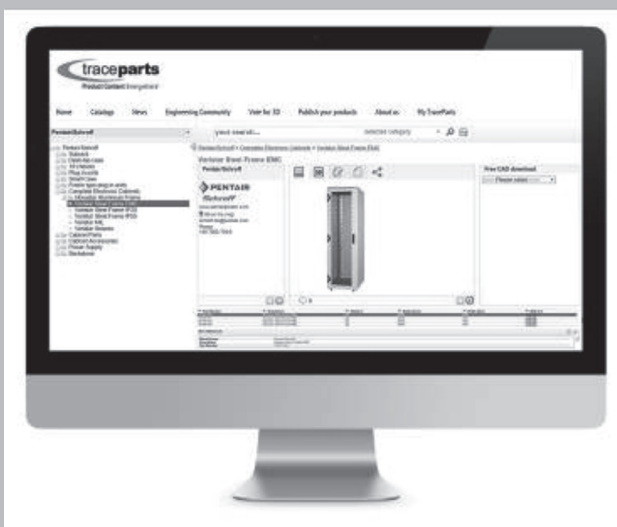
Выпускаются две модели R&S®NGMO: одноканальный анализатор/источник питания R&S®NGMO1 и двухканальный анализатор/источник питания R&S®NGMO2. В источнике R&S®NGMO2 реализован двойной набор описанных выше функций, причем без каких-либо ухудшений характеристик во втором канале. Оба канала полностью равнозначны. Два независимых канала (R&S®NGMO2), смонтированные в корпусе шириной в половину 19-дюймового стандарта и высотой всего в две единицы, в настоящем и будущем обеспечат простым и точным источником питания возимые средства радиосвязи, работающие от аккумуляторных батарей. Внешний вид и технические характеристики каналов источников R&S®NGMO1 и R&S®NGMO2 одинаковы.

rohde-schwarz.ru

КОМПАНИЯ PENTAIR ПРЕДЛАГАЕТ НОВЫЕ ТРЕХМЕРНЫЕ ЧЕРТЕЖИ И УСЛУГИ ДЛЯ КОНСТРУКТОРОВ НА ПОРТАЛЕ TRACEPARTS

На данный момент, с известного портала ресурсов CAD – TracePartsOnline.net – уже можно бесплатно скачать трехмерные чертежи приблизительно 2750 изделий Schroff. Теперь компания Pentair предлагает еще 1600 чертежей: детали шкафов для электроники, встраиваемых систем, источников питания и объединительных плат. Разработчики оборудования могут скачать файлы в одном из 32 форматов и сразу начать работать с ними в используемой программе CAD. Благодаря этому не возникает проблем с импортом данных, а работа конструкторов становится намного проще и удобнее.

Теперь пользователям доступна новая функция: можно выбрать чертежи, которые нужно скачать, и узнать их стоимость, нажав в корзине для загрузки кнопку «Сделать запрос цены». Кроме того, на портале Tracereparts компания Pentair предоставляет данные о более чем 30 сериях фиксаторов Card Lok и Wedge Lok Calmark торговой марки Schroff (а это более 10 000 чертежей). С помощью инструмента выбора, пользователь может задать необходимую длину, ширину, высоту, поверхность и прочие параметры этих изделий, и получить соответствующий артикульный номер. Используя его, можно загрузить чертежи соответствующего фиксатора в зажатом или разжатом виде.



В 2015 году компания Pentair предоставит еще 450 чертежей шкафов для электроники, 19" вентиляторных блоков, а также передних панелей и плат-носителей AdvancedTCA и AMC. Таким образом, на портале CAD-ресурсов можно будет скачать трехмерные чертежи практически всех изделий Schroff. Также он будет пополняться при появлении новых разработок или усовершенствовании существующих изделий.

О корпорации Pentair plc

Pentair plc (www.pentair.com) – поставщик передовых продуктов, услуг и решений для разнообразных сфер применения в области обработки воды и прочих жидкостей, терморегулирования и защиты оборудования. В 2014 году доход Pentair составил 7 млрд долл. США, а штат сотрудников по всему миру насчитывал около 30 тыс. человек.

pentairprotect.de

ЛАБОРАТОРНЫЙ ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ PSL-3604

Лабораторный источник питания (блок питания, БП) PSL-3604 представляет собой стабилизированный источник питания с регулируемым выходным напряжением и регулируемым ограничением выходного тока. Источник подходит для питания радиоэлектронной аппаратуры в процессе разработки, при лабораторных исследованиях или в составе различного оборудования. Управление по интерфейсу USB позволяет встраивать источник в автоматизированные измерительные системы или системы управления. Источник питания полностью линейный, что обеспечивает низкий уровень помех и пульсаций выходного напряжения, а также хорошие динамические характеристики. Для уменьшения рассеиваемой мощности применен выходной каскад с многоуровневым питанием. Источник имеет высокий коэффициент стабилизации выходного напряжения и высокую температурную стабильность, что позволяет использовать его при проведении прецизионных измерений.



Технические характеристики:

- выходное напряжение: 0...36 В;
- выходной ток: 0...4 А;
- максимальная выходная мощность: 100 Вт;
- шаг установки напряжения: 10 мВ;
- шаг установки тока: 1 мА;
- режимы стабилизации: напряжение (CV), ток (CC);
- погрешность установки и измерения напряжения: 0,02 % + 10 мВ;
- погрешность установки и измерения тока: 0,02 % + 1 мА;
- нестабильность при колебаниях сети: <0,05 %;
- нестабильность при изменении тока нагрузки: <0,05 %;
- шум и пульсации, rms: <1 мВ (CV), <0,5 мА (CC);
- время восстановления при скачке тока нагрузки: <100 мкс;
- температурная нестабильность: <100 ppm/°C;
- долговременная нестабильность: <0,05 %;
- тип интерфейса: USB (изолированный);
- питание: сеть 220 В ±10 %, 50 Гц;
- потребляемая мощность: < 150 Вт;
- габариты: 150×90×220 мм;
- вес: 1,5 кг.

Программное обеспечение

Вместе с источником питания поставляется программное обеспечение, которое работает под Win98, WinME, WinNT, Win2K, WinXP, win7.

digit-el.com

ХОЛДИНГ «ШВАБЕ» ИЗОБРЕЛ НОВЫЙ ВТОРИЧНЫЙ ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ ДЛЯ НОЧНЫХ ПРИБОРОВ

Холдинг «Швабе» запатентовал новый вторичный источник питания для приборов ночного видения, разработанный предприятием холдинга – АО «Швабе-Оборона и Защита». По сравнению с существующим аналогом, он обладает более высокими КПД и нагрузочной способностью встроенного преобразователя напряжения, а также сниженными габаритно-весовыми характеристиками. Изделие обеспечивает хорошую яркость свечения сетки и требуемое время работы прибора от первичного элемента питания.

shvabe.com

ПРОГРАММИРУЕМЫЙ ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ ELEMENT 305DB

Лабораторные блоки питания представляют собой стабилизированные регулируемые источники питания, обеспечивающие высокую точность выходного сигнала при изменении параметров нагрузки и питающего напряжения в широких пределах.

Регулируемый блок питания ELEMENT 305DB серии DA/DB – это источник питания постоянного тока, созданный для научных исследований, разработки оборудования, проектирования электроники, лабораторий, университетов и ремонтных мастерских. Обладает высокой точностью, высокой надежностью и имеет цепи защиты от перегрузок.

Спецификация:

- регулирование выходного напряжения;
- регулирование выходного тока;
- электронный дисплей текущих параметров;
- регулировка производится отдельно и плавно для тока и напряжения;
- защита от замыкания и перегрузки;
- конвертор отображения тока мА/А;
- мощность: 150 Вт;
- напряжение на выходе: 0–30 В;
- ток нагрузки: 0–5 А;
- отображение напряжения и тока: имеет четырехзначный LED дисплей;
- точность отображения: ±1 %;
- тип защиты: защита от перегрузки и перегрева.

chipdip.ru

ПРИМЕНЕНИЕ ИСТОЧНИКОВ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Ника Никитенко, «ПРОФКОН»

Параллельная схема работы

Если вам необходим большой выход постоянного тока, то для этого используют более чем один источник питания, который можно подключить параллельно в схему. Компания АМТЕК использует выделенную контрольную шину (внешний интерфейс) управления для параллельного подключения своих источников питания. Преимуществом использования этой шины является то, что общая производительность системы устройств в параллельном подключении удовлетворяет параметрам и настройкам однокомпонентной системы источника питания. Эта система имеет режим автоматической настройки, сама определяет первичные и вторичные устройства. Иногда рекомендуется с быстро переходными тестируемыми устройствами применять блокировочную защиту диодами с позитивным выходом на каждый источник питания.

При параллельном подключении источников питания можно использовать источники с разными параметрами тока, но все они должны иметь одинаковое выходное напряжение. Все настройки и управление устанавливаются через первичный источник питания. Нет смысла подключать только один источник питания в такую систему. Общий ток системы является суммой значений токов от каждого источника питания. Усовершенствованные модели серии Sorensen SGI могут вычислять и отображать общий ток системы.

Последовательная схема работы

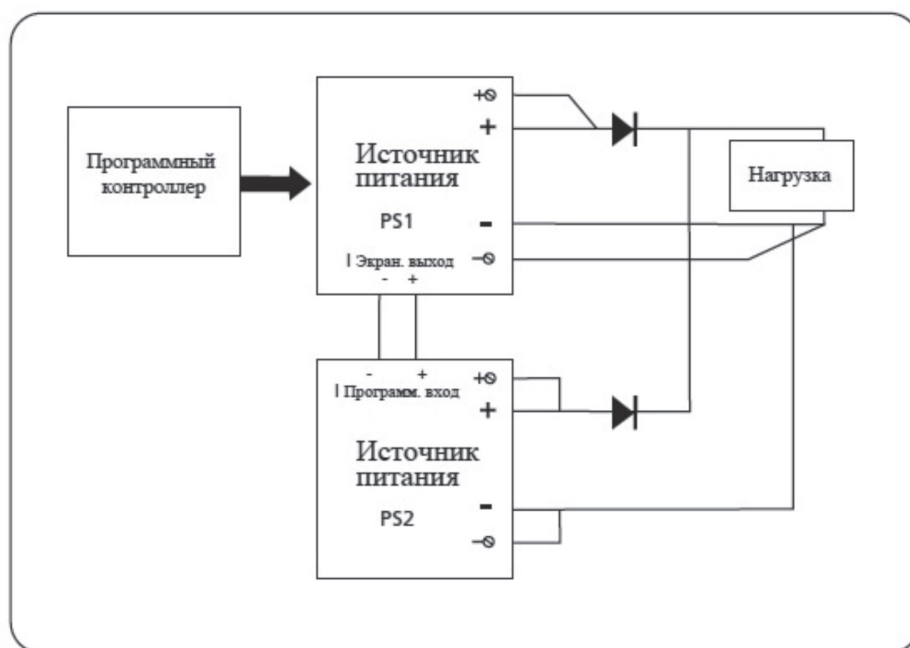
Чтобы установить более высокое выходное напряжение с одним источником, можно подключить последовательно несколько источников постоянного тока. Все, что необходимо сделать, это подключить положительную клемму одного источника питания к отрицательной клемме другого.

Существуют важные аспекты. Первый – каждый программируемый источник питания имеет параметр «напряжения изоляции»: позитивное и негативное заземление изоляции. Убедитесь, что они в пределах нормы.

Второй – в последовательной схеме подключения нет первичного или вторичного устройства. Это означает, что источники питания должны быть запрограммированы каждый отдельно. При использовании пульта дистанционного управления все устройства должны быть гальванически развязаны через оптопары (оптроны). Большинство источников питания имеют изолированные разъемы интерфейсов: аналоговый, RS-232, RS-485 и Ethernet.

Аналоговое программирование

Программируемые источники постоянного тока обычно обеспечивают изолированные аналоговые интерфейсы. Через аналоговый разъем можно установить выходное напряжение постоянного тока, сам ток и защиту от максимального напряжения. Эта величина контролируется



путем подачи сигнала напряжения, токового сигнала или подключения сопротивления к аналоговому входу.

Например, можно использовать аналоговый выход контроллера с программируемой логикой (ПЛК) для управления выходным напряжением источника питания. Или можно использовать полупроводник для управления выходным сигналом источника. Еще существует возможность обеспечить напряжение или ток для измерения времени реакции сигналов и цепи управления в миллисекундах, включив или отключив источник питания.

Локальное и удаленное считывание

Большинство источников постоянного тока можно настраивать для локального и удаленного считывания. Для настройки более точного выходного напряжения можно использовать удаленный режим измерений. В этом режиме измеряется напряжение, которое возникает при подключении нагрузки к источнику питания. Этот способ компенсирует падения напряжения на выходах.

Если длина шины считывания большая, тогда рекомендуется использовать экранированный кабель, чтобы исключить наложение сигналов на основном выходе постоянного тока. Часто удаленное считывание может компенсировать падение напряжения значительно большего, чем номинальное. Одной из проблем, которые могут возникнуть при использовании удаленного считывания, является замедление переходного процесса: падение напряжения в проводах высокого напряжения. Это случается крайне редко.

Режим стабилизации

Большинство источников питания работают в режиме постоянного напряжения, существует много вариантов использования источников постоянного тока в таком режиме стабилизации. В режиме стабилизации тока некоторые функции и параметры не используются. Например, удаленное считывание в режиме постоянного тока. Точность и разрешение выходного напряжения значительно влияют на точность постоянного тока. Выходное напряжение пульсаций и шумов менее значимо, чем выходной ток пульсаций и шумов.

В режиме стабилизации аналоговое управление может влиять на изменение тока в 100 раз быстрее, чем на выходное напряжение. Переход от напряжения к току происходит в автоматическом режиме. Как только требуемый ток достигает большего значения, чем номинальный, источник питания начнет понижать напряжение до граничной величины установленного тока и будет сохранять его постоянное выходное значение.

Ток включения

Ток включения является одним из основных параметров. Входной ток включения является мгновенным для начального включения электрического устройства. Такие устройства, как электродвигатели и трансформаторы, имеют высокие пусковые токи. Можно рассчитать требуемый источник питания для тока включения.

Цифровое управление и контроль

Настройка выходного напряжения и выходного тока программируемого источника питания производится наиболее точно через цифровой интерфейс. Как упоминалось ранее, источники постоянного тока имеют много разнообразных разъемов подключения, включая RS-232, RS-485, USB, GPIB,



Modbus-TCP, Modbus-RTU и Ethernet. Большинство компаний, которые производят источники постоянного тока, поставляют интегрированное программное обеспечение для системы. Источники питания AMETEK поставляются с комплектом драйверов и могут программироваться на основе языка программирования приборов SCPI. Это делает систему программирования и интеграции более легкой в управлении.

Поддержка и аксессуары

Выбирая источник питания, необходимо обратить внимание на доступность аксессуаров. Если вы планируете монтировать источник питания в 19-дюймовую телекоммуникационную стойку, убедитесь, что эта опция доступна для выбранного источника.

Покупка аксессуаров является более бюджетным вариантом по сравнению с самостоятельным изготовлением дополнений.

В заключение

Выбирая источник постоянного тока, необходимо учитывать много параметров и характеристик приборов и подключаемых устройств. Электрические характеристики являются важными, но также не стоит забывать о внешнем виде, особенностях управления и доступности аксессуаров для устройства. С учетом вышеизложенного необходимо выбрать максимально подходящий прибор для вашей работы.

ate-m.by



поставка электронных компонентов

контрактное производство

тел.: +375 17 290 0082

факс: +375 17 290 0084

e-mail: info@horntrade.net

УНП 190491237

ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ СРЕДНЕЙ И БОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ С ЦИФРОВЫМ УПРАВЛЕНИЕМ И ВСТРОЕННЫМИ ИЗМЕРИТЕЛЯМИ НАПРЯЖЕНИЯ И ТОКА

Сегодня в мире практически любое электронное оборудование питается от источника постоянного тока. Этим источником может быть или гальванический элемент (аккумулятор), или сетевой источник питания. Необходимые потребителю конкретные значения напряжений и токов могут быть самыми произвольными. Поэтому постоянно возникает потребность в их преобразовании, которое сегодня чаще всего выполняется с помощью специальных импульсных электронных устройств.

Источники питания за годы своего развития прошли путь от больших стоек, использующих электровакуумные лампы и опасные высокие напряжения, к сегодняшним компактным блокам питания, выдающим более низкие и относительно безопасные напряжения постоянного тока. Так как источники питания очень широко используются в электронном оборудовании, то они составляют значительную долю мирового рынка электроники – более 8 млрд долл. ежегодно. Кроме того, эта доля возрастает вместе с общим увеличением мирового рынка электроники. Технология преобразователей питания вылилась не только в получение компактных твердотельных устройств, но, в основном, продвинулась от использования линейных источников питания к современным импульсным источникам питания, которые не только меньше и легче, но также намного эффективнее.

Линейные источники питания используют обычный трансформатор питания 50/60 Гц совместно с выпрямителем, фильтром и линейным стабилизатором. Эти все еще широко используемые источники имеют КПД приблизительно 40..55 %. Импульсные источники питания непосредственно выпрямляют и фильтруют напряжение сети переменного тока без использования первичного 50/60 Гц трансформатора. Полученный в результате этого постоянный ток фильтруется и коммутируется мощным ключом, а затем преобразуется высокочастотным трансформатором, и, наконец, выпрямляется и фильтруется снова. Из-за высокой частоты переключения, которая составляет от 20 кГц до 1 МГц, трансформатор и конденсаторы фильтров имеют намного меньшие размеры, чем их 50/60 Гц эквиваленты. Импульсные источники имеют КПД 60..80 % и выше.

Сравнение импульсных и линейных источников питания

Хотя линейные источники питания имеют много полезных свойств, таких как простота, низкие выходные пульсации и шум, превосходящие значения нестабильности по напряжению и току и быстрое время восстановления, главным их недостатком является невысокая эффективность (КПД). Импульсные источники питания становятся популярными из-за высоких эффективности и удельной мощности. В таблице сравниваются некоторые из основных особенностей линейных и импульсных источников питания. Нестабильность по напряжению и току обычно лучше у линейных источников питания, иногда на

порядок величины, но в импульсных источниках питания часто используются линейные выходные стабилизаторы, улучшающие стабильность выходного напряжения.

Пиковые значения выходных пульсаций импульсных источников питания находятся в диапазоне 25..100 мВ, что значительно больше, чем у линейных источников питания. Необходимо заметить, что для импульсных источников питания значения пульсаций выходного напряжения нормируются от пика до пика, в то время как для линейных источников – в среднеквадратичных значениях. Импульсные источники питания имеют также большую длительность переходных процессов, чем линейные, и значительно большее время удержания, что является очень важным в компьютерных применениях.

Таблица – Сравнение импульсных и линейных источников питания

Параметр	Линейные	Импульсные
Нестабильность по входному напряжению	0,02...0,05 %	0,05...0,1 %
Нестабильность по току нагрузки	0,02...0,1 %	0,1...1,0 %
Выходные пульсации	0,5...2 мВ	25...100 мВ
Диапазон входных напряжений	10 %	20 %
КПД	40...55 %	60...80 %
Средняя удельная мощность	30 Вт/Дм	140 Вт/Дм
Время восстановления	50 мкс	300 мкс
Время удержания	2 мс	32 мс

Наконец, импульсные источники питания имеют более широкий диапазон входных напряжений. Диапазон выходных напряжений линейных источников питания обычно не превышает 10 % от номинального значения, что оказывает прямое влияние на КПД.

У импульсных источников питания влияние на КПД диапазона входного напряжения очень незначительное



или вообще отсутствует, а диапазон входных напряжений 20 %, обычно выбираемый пользователем, дает возможность работать при сильных изменениях напряжения сети.

Последние достижения в построении ИП

Одной из главных тенденций развития источников питания является увеличение удельной мощности (выходная мощность единицы объема источника). Удельная мощность источника питания, выполненного на линейных компонентах, достигает 30 Вт/дм³. К середине 80-х годов, благодаря использованию импульсных технологий, это значение удалось поднять до 180 Вт/дм³, а удельная мощность более поздних изделий достигает 1000 Вт/дм³. Удельная мощность изделий, выполненных по новейшим технологиям, достигает 2300 Вт/дм³. Эти впечатляющие достижения были достигнуты при помощи комбинации различных методов:

- повышение частоты переключения, позволяющее уменьшить размеры элементов, сохраняющих энергию, типа катушек индуктивности и конденсаторов. Размеры трансформаторов и фильтров также уменьшаются с увеличением частоты переключения;

- использование технологии поверхностного монтажа и современных материалов подложек типа толстых пленок, керамических гибридных материалов и IMS (изолированных металлических подложек). Компоненты, предназначенные для технологии поверхностного монтажа, значительно меньше по размерам, чем их варианты для монтажа в отверстия. Использование новых типов подложек решает проблемы отвода тепла от источников высокой температуры;

- улучшение качества компонентов, например, использование конденсаторов, имеющих лучшие значения удельной емкости, использование в качестве ключей полевых транзисторов вместо биполярных и использование новейших ферритовых материалов, подходящих для работы на высоких частотах;

- использование более высоких частот переключения предполагает некоторые проблемы. Они связаны с паразитными элементами схемы и другими явлениями, которые становятся более заметными при увеличении частоты переключения.

Также ключевым аспектом при разработке и производстве современных источников питания является применение технологии коррективки коэффициента мощности (ККМ-PFC). Это связано с необходимостью соблюдения правил мировых положений по максимуму коэффициента нелинейных (гармонических) искажений (КНИ) для устройств с питанием от сети. После принятия стандартов, таких как китайский «3Cs» (China Compulsory Certificate – китайский обязательный сертификат), европейский, японский и американские стандарты института IEEE, коррективка коэффициента мощности стала обязательным условием при изготовлении изделий, предназначенных для продажи и использования во всем мире. ККМ предоставляет ряд преимуществ, как производителю, так и конечному потребителю. Например, при питании устройств, оснащенных электродвигателем, увеличение коэффициента мощности позволяет получить более мощные системы питания без возрастания ограничений пикового тока. В то же время, каскад ККМ

генерирует очень стабильное постоянное напряжение на шине, и необходимость в защите от всплесков компонентов исключается, что позволяет использовать более рентабельные и низковольтные компоненты в последующих за ККМ каскадах.

Так как страны СНГ постепенно переходят на международные стандарты (МЭК), то в ближайшей перспективе реализация систем питания без ККМ-PFC будет невозможна.

Таким образом, потребитель при выборе из богатого разнообразия источников питания на рынке должен руководствоваться следующим:

1. При выборе мощного ИП между линейным и импульсным, естественно, нужно останавливаться на импульсном ИП с обязательным линейным стабилизатором на выходе. Такие приборы имеют характеристики по нестабильностям и пульсациям не хуже линейных аналогов, а цена данных ИП на треть ниже, не говоря уже о массе и габаритах.

2. Если ИП будет питать удаленную динамически меняющуюся нагрузку, то необходимо иметь в ИП вынесенные обратные связи, иначе, питание нагрузки с клемм на передней панели будет некорректным и может привести к выходу из строя питаемого устройства. Например, при сопротивлении питающих проводов даже 0,3 Ом при токе 10 А падение на проводах составит 3 В, которые нужно добавить в устанавливаемое значение напряжения, т.е. если питается нагрузка 5 В, то нужно установить 8 В при токе 10 А, а если нагрузка динамически изменяется на 100 мА, то питание подскочит до 8 В и не каждое устройство выдержит перенапряжение больше 50 %. Вынесенные обратные связи позволяют автоматически отслеживать изменение нагрузки, и если для питания необходимо 5 В, то на приборе и вводится 5 В. Единственное неудобство – это четырехпроводная схема подключения нагрузки (силовой провод на + вместе с тонким проводом обратной связи и аналогично на –).

3. Если нужен мощный ИП (200 Вт и выше), то в нем должен быть PFC-корректор мощности, иначе, неизбежны искажения в сети при пиковых бросках тока. В мире такие устройства не сертифицируются.

4. В ИП должен быть встроенный измеритель напряжения и тока с погрешностью не более 1 %, позволяющий обходиться без дополнительных измерительных приборов, тестеров и т.д., тем более, что он, как правило, не стоит дополнительных денег покупателю.

5. Если предполагается использование прибора в удаленном управлении от ПЭВМ, то с прибором должно быть и полное программное обеспечение. Иначе, наличие всевозможных разъемов ДУ, RS-232, IEEE, USB и т.д. с перечнем команд в коде в инструкции приводит к тому, что пользователю придется самому писать драйвер управления и программу управления, что не для всех возможно.

6. И последний пункт – это цена изделия. Естественно, если в приборе нет ничего из описанного выше, то и цена на него должна быть ниже. А если цена «навороченного» прибора будет сопоставима с ценой «голового», то вряд ли найдется потребитель, который откажется от более «навороченного», даже если на данный момент все опции ему и не нужны. Ведь прибор покупается не на один день.

Унитарное предприятие «Элатек» разрабатывает, производит и реализует мощные ИП (Б5-80М, Б5-80/1М – выходная мощность 360 Вт) с PFC-корректором и ИП средней мощности (Б5-80, Б5-80/1 – выходная мощность 160 Вт) без корректора. Во всех приборах есть опции, описанные выше, а цены на приборы не выше аналогов, в которых этих опций нет. При этом оптовым покупателям и дилерам предлагается широкий спектр скидок.



Рисунок 2 – Общий вид прибора с ручкой подставкой



Рисунок 3 – Вид прибора сзади



Рисунок 4 – Фиксированное положение ручки-подставки

Предприятие «Элатек» было создано в 1994 году. Основным видом деятельности была разработка диагностического стендового оборудования для ремонта электронных модулей (ТЭЗ) и тест-программ для тестирования и ремонта этих модулей. Специалисты компании Элатек разработали и внедрили на предприятиях электросвязи серию стендов под именем «Карат». В настоящее время последней моделью является шестая модификация стенда «Карат-М».

С 2005 года для стенда «Карат-М» были разработаны и запущены в производство программно-управляемые (USB) источники питания средней мощности 40 В 4 А и 80 В 2 А. Эти приборы послужили в дальнейшем прототипом для серии Б5-80 и Б5-80/1, которые были сертифицированы, занесены в Госреестры РБ и РФ как средства измерения.



Рисунок 5 – Источник питания Б5-80



Рисунок 6 – Источник питания Б5-80/1

С 2007 года было произведено около 200 приборов этой серии, которые с успехом эксплуатируются на таких предприятиях, как ОАО «Эталон», ООО «Спецприборсервис», ООО «Связьинформсервис», ОАО «Гипросвязь», ОАО «Промсвязь», ОАО «Связьинвест», УП «БелГИМ», различных филиалах ОАО «Белтелеком».

В конце 2009 года ИП были модифицированы в более мощные приборы Б5-80М (40 В 10 А) и Б5-80/1М (80 В 5 А).



Рисунок 7 – Источник питания Б5-80/1М

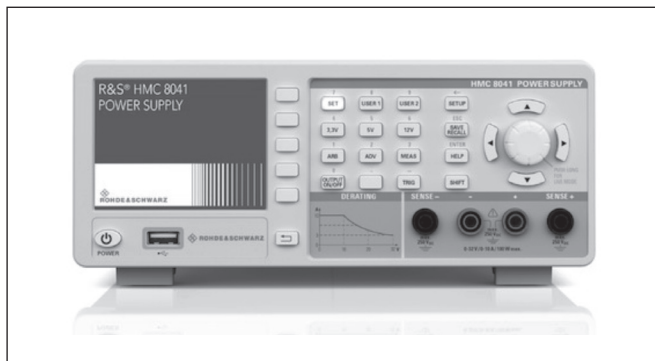
Предприятие «Элатек» приглашает к сотрудничеству дилеров.

www.elatek.by

НОВЫЕ ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ СЕРИИ R&S HMC ОТ КОМПАНИИ ROHDE & SCHWARZ

Слежение, последовательное включение, FuseLink – эти названия функций говорят о чрезвычайно привлекательной дополнительной функциональности, которой обладают новые источники питания R&S HMC804x от компании Rohde & Schwarz. Регистрация данных и встроенный счетчик электроэнергии – это абсолютно новые дополнительные функции для приборов в ценовом диапазоне до 1000 евро.

Источники питания R&S HMC804x, разработанные компанией HAMEG Instruments (филиалом компании Rohde & Schwarz), оснащены одним (R&S HMC8041), двумя (R&S HMC8042) или тремя (R&S HMC8043) каналами. Все модели этой серии способны выдавать мощность до 100 Вт и имеют возможность установки напряжения в диапазоне от 0 до 32 В с шагом 1 мВ. Приборы также характеризуются набором привлекательных дополнительных функций.



Функция слежения доступна в двух многоканальных моделях и обеспечивает объединенную параллельную или последовательную работу. При этом сохраняется возможность независимого питания нескольких цепей. Изменения значений тока и напряжения в объединенных каналах выполняются синхронно.

Функция FuseLink основана на аналогичной идее. Функция объединяет безопасные значения токов отключения для нескольких каналов. Если в отдельном канале происходит превышение его предела, объединенные каналы также отключаются. Функция будет особенно полезна в случае, когда для подключенных к источнику двух цепей с разными напряжениями питания требуется обеспечить защиту от перегрузки, а третья цепь в это время должна продолжать свою работу (например, цепь вентилятора, которая должна обеспечивать непрерывное охлаждение).

Функция последовательного включения позволяет включать несколько каналов последовательно во времени с интервалом до 10 секунд. Время включения каждого отдельного канала может задаваться с разрешением до 1 мс.

Функция регистрации данных служит для сохранения всех значений тока, напряжения и времени. Функция счетчика электроэнергии непрерывно отображает мощность в ваттах, потребляемую подключенной нагрузкой. Это осо-

бенно привлекательная функция, учитывая тот факт, что постоянное уменьшение потребления энергии приобретает все большее значение при разработке электрических схем.

К другим функциям источников питания R&S HMC804x относятся также функции EasyRamp и Arbitrary. Функция линейно нарастающего сигнала EasyRamp используется для моделирования пусковых кривых установленного выходного напряжения. Нарастание может быть задано во временном окне размером 10 секунд с разрешением 10 мс. Функция произвольного сигнала Arbitrary позволяет программировать заданные пользователем кривые тока-напряжения (V/I). Ввод соответствующих значений может выполняться вручную или с помощью дистанционного управления. Может быть задано до 512 точек и до 255 циклов повторения. Несмотря на исключительно широкий диапазон обеспечиваемых функций, цены на источники серии R&S HMC804x не выходят за трехзначный диапазон.

Функций больше – цена меньше

«Большое число функций – то, из чего мы исходили при разработке серии R&S HMC804x», – говорит руководитель HAMEG Instruments Андре Вандер Стичелен (André Vander Stichelen), описывая преимущества новых источников питания. «Безопасное, гибкое и высокоточное питание током и напряжением обеспечивают и другие источники питания. Наши приборы отличаются тем, что содержат ряд полезных инструментов, которые облегчают практическую работу и открывают много новых вариантов применения для этих устройств, несмотря на их очень доступные цены».

Источники питания R&S HMC804x расширяют ассортимент изделий Value Instruments, представляющих собой общую линейку высококачественного универсального контрольно-измерительного оборудования по привлекательным ценам от компании Rohde & Schwarz и ее филиала HAMEG.

О компании Rohde & Schwarz

Компания Rohde & Schwarz является одним из ведущих мировых лидеров рынка измерительного оборудования и радиокommunikаций. Rohde & Schwarz основана в 1933 году учеными Физико-технического Университета в Йене (Германия) Лотаром Роде и Германом Шварцем. Будучи независимой семейной компанией, не связанной с ежеквартальным планированием, Rohde & Schwarz может реализовывать долгосрочные программы. В настоящее время 8700 сотрудников во всем мире вносят свой вклад в успех компании Rohde & Schwarz.

Группа компаний Rohde & Schwarz работает в следующих направлениях:

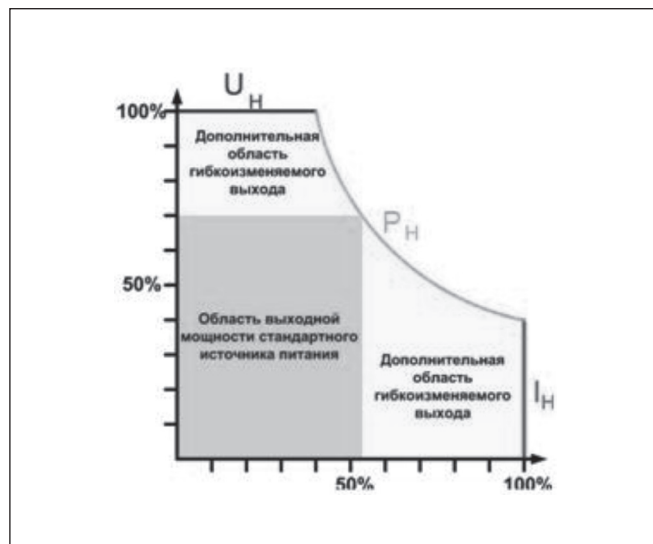
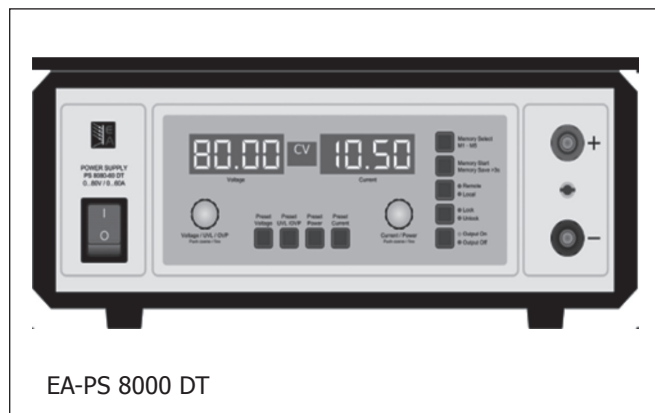
- контрольно-измерительное оборудование;
- радиомониторинг и пеленгование;
- цифровое и аналоговое теле- и радиовещание;
- системы радиосвязи;
- защита информации и безопасность связи;
- специальные технические средства.

pentairprotect.de

ПРОГРАММИРУЕМЫЕ ЛАБОРАТОРНЫЕ ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ С ФУНКЦИЕЙ ПАМЯТИ СЕРИИ EA-PS 8000 T/DT МОЩНОСТЬЮ 320–1500 Вт

Немецкая компания Elektro-Automatik предлагает управляемые лабораторные источники питания серии EA-PS 8000 T/DT, имеющие широкий выбор функций и характеристик для эмуляции различных процессов в сетях питания приборов, делая использование этого оборудования простым и эффективным для тестирования и испытаний.

Блоки имеют функцию памяти на пять последних предустановленных значений с возможностью их сохра-

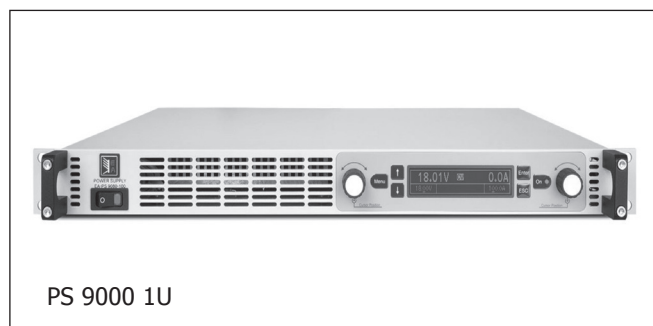


нения и вызова нажатием кнопки, обеспечивая быстрый выбор часто используемых значений, тем самым экономя время пользователей.

Источники питания мощностью от 1 кВт имеют автодиапазонный выход, что позволяет модулю выдавать более высокое напряжение при низком токе или более высокий ток при низком напряжении, имея ограничение только по общей номинальной мощности блока.

Модули EA-PS 8000 спроектированы в настольном корпусе (DT), опционально дополняемом ручкой для переноса, которую можно использовать в качестве опорной стойки и в корпусе (T-tower).

Новая серия источников питания



– Регулируется, программируется, ультракомпактный 19" стоечный формат 1U.

– Автодиапазонный выход, 3 интерфейса (аналоговый/USB/Ethernet).

– До 750 В, до 100 А, 1,5 кВт или 3 кВт.

elektroautomatik.de

НОВОЕ СЕМЕЙСТВО DSPIC33EP «GS» ОТ MICROCHIP ОПТИМИЗИРОВАНО ДЛЯ ЦИФРОВОГО УПРАВЛЕНИЯ ПИТАНИЕМ

Основные особенности:

- цифровые контроллеры с большей степенью интеграции, повышенной производительностью, меньшим энергопотреблением, занимающие меньше места на печатной плате;
- при автоматическом обновлении флеш система подерживается в активном состоянии;
- доступны более сложные нелинейные прогностические и адаптивные алгоритмы управления при более высоких частотах коммутации;
- наименьший в отрасли корпус UQFN, 4×4 мм.

Microchip анонсирует семейство цифровых сигнальных контроллеров (DSCs) dsPIC33EP «GS» family. В состав семейства вошли 14 микросхем. Контроллеры семейства dsPIC33EP «GS» обладают производительностью, необходимой для реализации сложных нелинейных прогностических и адаптивных алгоритмов управления, работающих при более высоких частотах коммутации. Подобные алгоритмы управления дают возможность разработать более энергоэффективные, с улучшенными параметрами. Повышенная частота коммутации позволит создавать источники питания с большей плотностью мощности, с меньшими габаритами и стоимостью. По сравнению с предыдущим поколением DSCs, контроллеры нового семейства dsPIC33EP «GS» обеспечивают вдвое меньшую задержку при использовании петли управления с тремя полюсами и тремя нулями и в любом приложении потребляют на 80 % энергии меньше.

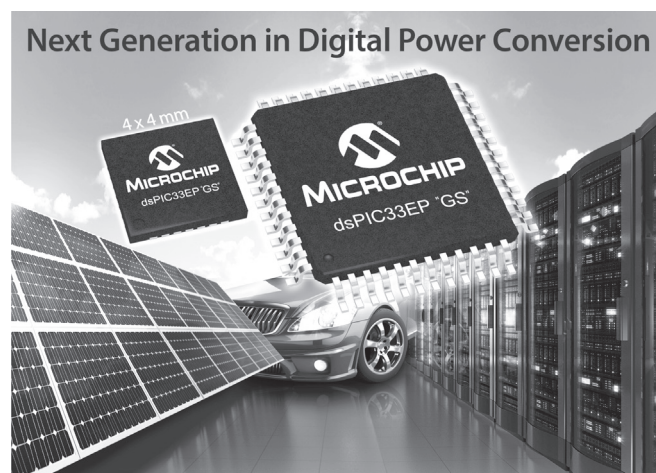
В микросхемах семейства dsPIC33EP «GS» реализовано автоматическое обновление флеш, что особенно полезно для систем, обеспечивающих бесперебойную работу или высокую степень готовности. Автоматическое обновление может быть использовано для изменения встраиваемого ПО управления источниками питания, в том числе, для активного кода расчета регуляторов, при этом процесс регулирования не будет прерываться. Микросхемы нового семейства dsPIC33EP «GS» доступны, в том числе, и в самых миниатюрных в отрасли корпусах UQFN, 4×4 мм.

Другой основной особенностью нового семейства является наличие до 5 АЦП с 22 входными каналами. Суммарная производительность АЦП достигает 16 Мвыб/с, а задержка преобразования не превышает 300 нс. В dsPIC33EP «GS» в схему каждого аналогового компаратора входит 12-разрядный ЦАП, что позволяет создавать проекты, требующие прецизионной точности. Два интегрированных усилителя с программируемыми коэффициентами усиления могут быть использованы, например, для измерения тока или других прецизионных измерений. Наличие усилителей в составе контроллеров позволяет уменьшить число внешних компонентов, следовательно, уменьшить стоимость решения и место, занимаемое на плате.

Перечисленные выше особенности семейства контроллеров dsPIC33EP «GS», а также их высокая производительность делают их подходящими для широкого ряда приложений: AC/DC- и DC/DC-преобразователи для

вычислительных комплексов и телекома; инверторы, применяемые в промышленности и солнечной энергетике; светодиодное освещение; освещение газоразрядными лампами; зарядные устройства; прожекторы и сварочные аппараты; DC/DC-преобразователи для автомобильного светодиодного и газоразрядного освещения и многие другие.

Семейство dsPIC33EP «GS» поддерживается инструментами Microchip MPLAB® – начальный комплект для цифрового управления питанием (DM330017-2) стоимостью 129,99 долл. США. Комплект позволяет пользователю изучить использование dsPIC33EP «GS» в популярных топологиях силовых преобразователей.



Новый инструмент проектирования цифровых регуляторов (Digital Compensator Design Tool) поможет вычислить оптимальные коэффициенты регулятора, что позволит максимально улучшить параметры проектируемого преобразователя. Этот инструмент, а также библиотеки ПО цифровых регуляторов и множество исходных проектов dsPIC33 Microchip выложены в свободный доступ. Их использование сделает проектирование цифровых систем управления питанием как никогда простым.

Microchip в партнерстве с компанией Biricha Digital предлагает участие в тренингах digital-power design workshops, которые помогут разработчикам источников питания с аналоговым управлением и программистам встраиваемых систем приобрести необходимые знания и навыки для проектирования источников питания с цифровым управлением.

Микросхемы семейства dsPIC33EP «GS» производятся в 28-...64-выводных корпусах. Для получения более полной информации об опциях и модификациях микросхем семейства пройдите по ссылке product variant table. Все микросхемы, которые вы найдете по этой ссылке, доступны для приобретения.

microchip.com

МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ MICROCHIP В ИМПУЛЬСНЫХ ИСТОЧНИКАХ ПИТАНИЯ

Введение

Импульсные источники вторичного электропитания практически вытеснили линейные и занимают порядка 90 % рынка. В данной статье дается описание возможностей использования независимой от ядра периферии младших семейств микроконтроллеров компании Microchip Technology для построения импульсных источников питания на примере драйвера светодиодной лампы. Статья ориентирована на специалистов в области создания преобразователей энергии и дает представление о возможностях современных цифровых программируемых микроконтроллеров в традиционно аналоговой сфере.

Традиционно импульсные источники питания (ИИП) строятся на импульсных ШИМ-контроллерах и имеют аналоговую обратную связь, а при необходимости добавления интеллекта ставятся микроконтроллеры (МК), которые выполняют минимальные функции управления: вкл/выкл, плавный пуск, контроль работоспособности, индикация режимов и т.п.

Такой принцип построения ИИП отработан годами и разработчики аналоговых схем допускают минимальное вмешательство «цифровых» инженеров в свою вотчину.

Недостатком аналоговых ИИП является малая универсальность и гибкость – для изменения параметров нужен паяльник или подстроечные элементы. При выпуске однотипных источников с близкими параметрами необходимо иметь набор решений, что затрудняет настройку, усложняет логистику и увеличивает складские расходы.

Режимы работы и топология аналоговых импульсных контроллеров определены применяемыми микросхемами. Производители микросхем при их разработке ориентируются на распространенные топологии, чтобы новая микросхема сразу попала в свою нишу. Разработка новых топологий и решений в ИИП и требуемых для этого микросхем напоминает проблему «курица или яйцо»: новые ШИМ-контроллеры не появляются пока для них нет рынка, но рынок не хочет разрабатывать новые типы ИИП на нескольких микросхемах, пока не появится одна специализированная микросхема.

Программируемые решения помогают решить эту проблему. Изменения параметров цифрового источника не требуют изменения компонентов – достаточно изменить код в памяти программ. Параметры цифровых ИИП имеют лучшие показатели по эффективности, параметры легко корректируются, возможно снижение номенклатуры решений и выпуск одинаковых плат с разными параметрами, изменяемыми программно. Цифровые ИИП сложно скопировать, так как интеллектуальная собственность заключена не в топологии платы, а в алгоритмах прошивки микроконтроллера.

Но цифровое построение ИИП, с одной стороны, требует знаний и опыта создания силовой и/или высоковольтной электроники, а с другой – программирования цифровых сигнальных контроллеров или микроконтроллеров. Также полностью цифровой ИИП требует наличие высокоскоростной периферии, чтобы свести к минимуму ошибки и задержки петли обратной связи (необходим быстрый и точный АЦП, высокочастотный ШИМ, высокопроизводительное ядро и др.). Под такие источники питания Microchip выпускает

специализированные контроллеры цифровой обработки сигналов серии dsPIC33xxGS.

Промежуточный уровень интеграции микроконтроллера в ИИП подразумевает аналоговое построение петли обратной связи, но с большим влиянием МК на контроль и управление параметрами источника: выходным напряжением и током, устанавливать ограничения по току, напряжению, температуре.

Теория

Рассмотрим пример классической реализации обратногоходового (Flyback) преобразователя (рисунок 1). Несмотря на то, что обратногоходовая топология отличается несколько меньшей эффективностью, она остается весьма популярной из-за обеспечения электрической изоляции и возможности формирования нескольких выходных напряжений.

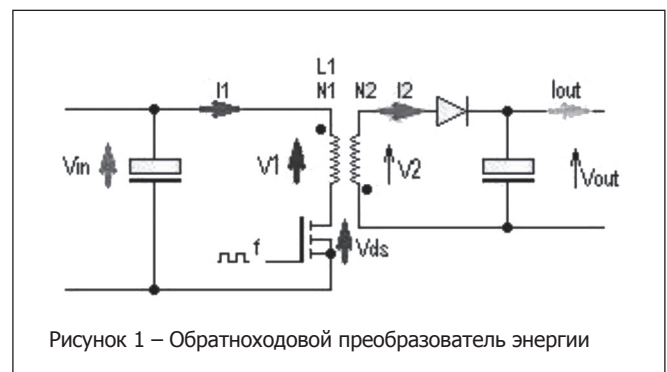


Рисунок 1 – Обратногоходовой преобразователь энергии

Транзистор работает в ключевом режиме и управляется широтно-модулированными импульсами (ШИМ). При открытии транзистора ток в первичной обмотке начинает линейно нарастать (рисунок 2). В этой фазе происходит накопление энергии в трансформаторе. Во вторичной обмотке нет тока, так как диод блокирует протекание тока.

При выключении транзистора прекращается протекание тока в первичной обмотке, напряжение на вторичной обмотке V_2 равно напряжению в первичной обмотке V_1 (по закону электромагнитной индукции Фарадея). Накопленная энергия передается во вторичную обмотку трансформатора. Диод начинает проводить ток и энергия вторичной обмотки передается в выходной конденсатор. Ток вторичной обмотки I_2 линейно уменьшается.

Трансформатор в обратногоходовых источниках выполняет функцию накопления энергии и сердечник должен быть с зазором.

Обратногоходовой преобразователь может работать в режимах прерывистой или непрерывной проводимости в зависимости от того, есть ли моменты времени, когда одновременно отсутствует ток через первичную и вторичную обмотку трансформатора (рисунок 2). В режиме критической проводимости транзистор управляется таким образом, чтобы транзистор открывался, как только ток во вторичной обмотке становится равен нулю и в трансформаторе нет накопленной энергии. В этом режиме преобразователи имеют меньше потери в силовом ключе.

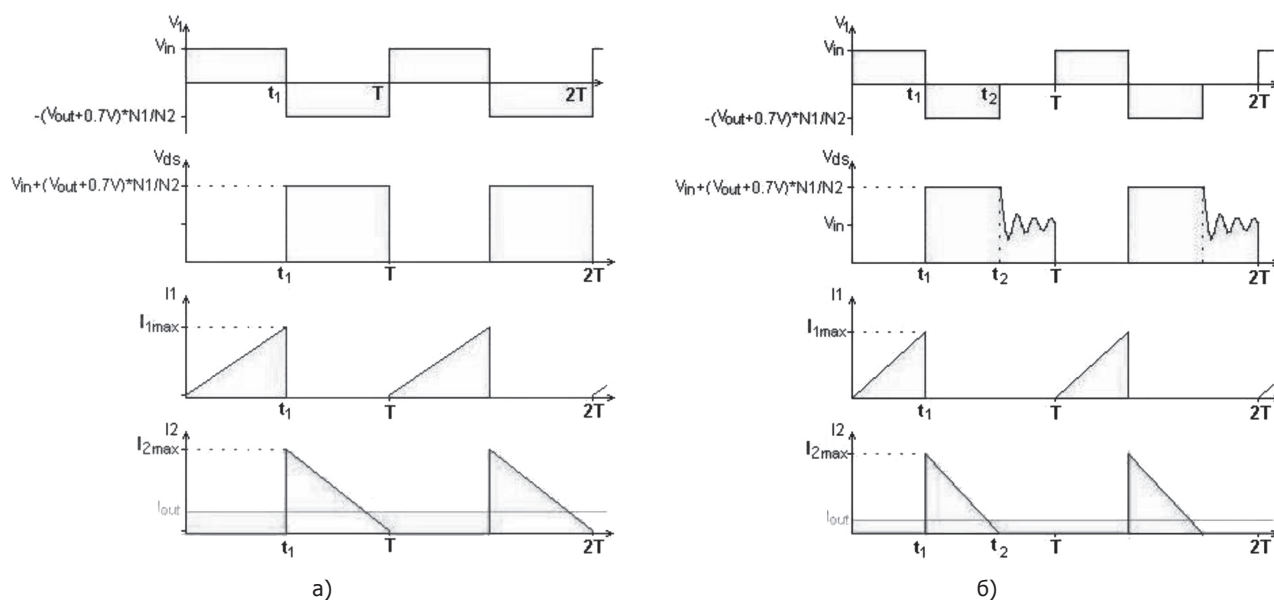


Рисунок 2 – а) обратноходовой преобразователь в режиме непрерывной (критической) проводимости; б) обратноходовой преобразователь в режиме прерывистой проводимости

Существует масса специализированных аналоговых ШИМ-контроллеров различных производителей, позволяющих построить обратноходовой преобразователь. Но для введения интеллектуальных функций управления необходим внешний микроконтроллер. Так, в схеме, приведенной на рисунке 3, можно управлять источником с помощью ШИМ-сигнала на входе PWM.

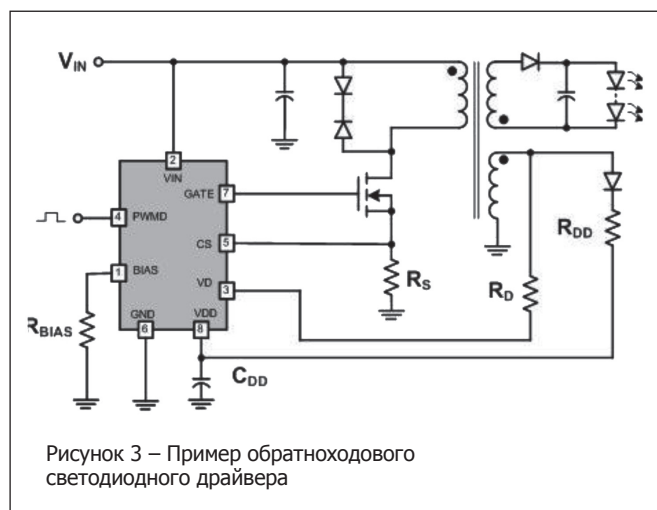


Рисунок 3 – Пример обратноходового светодиодного драйвера

Возможно ли совместить интеллект микроконтроллера и аналоговый ШИМ-контроллер в одной микросхеме? – Да.

Микроконтроллеры Microchip младших семейств (PIC12, PIC16) позволяют синтезировать необходимую конфигурацию независимой от ядра периферии для создания ИИП. Первоначально программа микроконтроллера конфигурирует работу периферийных модулей, которые в дальнейшем работают без вмешательства программы, но, при необходимости, программа может управлять параметрами преобразователя.

К независимой от ядра периферии, помогающей построить ИИП, относятся:

- генератор комплементарных сигналов (Complementary Output waveform Generator – COG);
- детектор перехода через ноль (Zero Cross Detect – ZCD);
- формирователь корректирующего напряжения (Slope Compensator и Ramp Generator);
- таймер ограничений (Hardware Limit Timer – HLT);
- операционный усилитель;
- быстрые аналоговые компараторы;
- модули конфигурируемой логики (CLC – Configurable Logic cell).

Другая периферия, такая как порты ввода/вывода, источник фиксированного напряжения (Fixed Voltage Reference – FVR), ЦАП, АЦП, таймеры, модуль сравнения/захвата/ШИМ позволяют микроконтроллеру управлять ИИП с минимальными программными издержками.

Рассмотрим реализацию диммируемого обратноходового светодиодного AC/DC драйвера с активным корректором мощности на микроконтроллере PIC12F752, рисунок 4, полная схема приведена в [TB3108].

В предлагаемом решении используется традиционный обратноходовой преобразователь, за исключением отсутствия высоковольтного электролитического конденсатора после выпрямителя. Такое решение дешевле, компактнее, и позволяет аппарату следить за входным напряжением и за счет этого обеспечить две функции:

- определять наличие внешнего симисторного диммирования и соответственно регулировать выходной ток преобразователя;
- использование формы входного напряжения для управления током и обеспечения высокого коэффициента мощности преобразователя.

Микроконтроллер PIC12HV752 является основой драйвера и обеспечивает работу преобразователя. Генератор

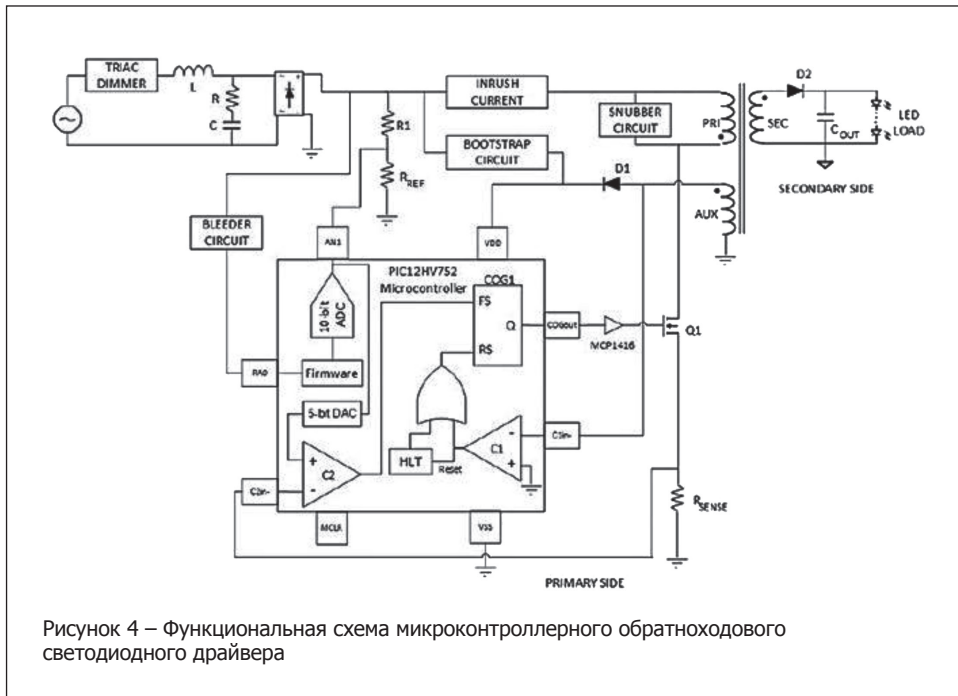


Рисунок 4 – Функциональная схема микроконтроллерного обратноходового светодиодного драйвера

комплементарных сигналов формирует импульсный сигнал (ИС), который управляет включением и выключением силового MOSFET Q1. Фронт ИС контролируется компаратором C1 и аппаратным ограничительным таймером (HLT), а спад формируется вторым компаратором C2. На вход компаратора C1 поступает напряжение с вспомогательной обмотки (AUX) трансформатора T1 и компаратор детектирует переход через ноль напряжения V_{aux} . На вход компаратора C2 подается напряжение с токового шунта R_{SENSE} , которое сравнивается с напряжением выхода ЦАП. Напряжение на выходе ЦАП определяется его опорным напряжением V_{ref} (вывод AN1), которое берется с делителя выпрямленного напряжения. Ключевое достоинство такой схемы – это аппаратная реализация корректора коэффициента мощности, так как огибающая тока (сигнал с R_{SENSE}) будет повторять форму входного напряжения (опора ЦАП представляет собой полуволны сетевого напряжения).

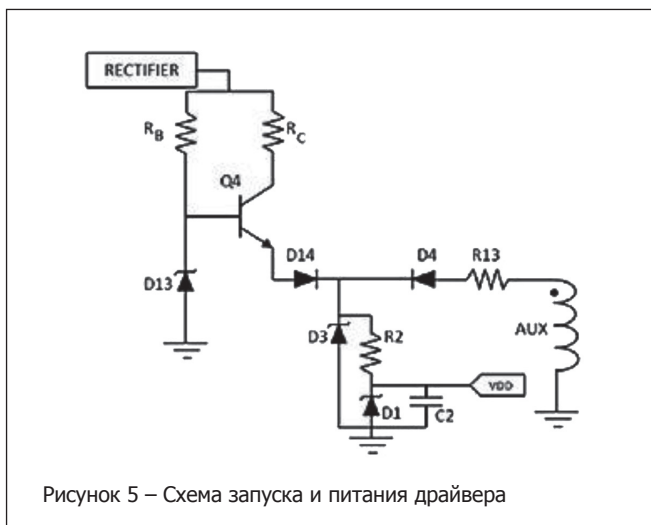


Рисунок 5 – Схема запуска и питания драйвера

Схема запуска

При подаче внешнего переменного напряжения, напряжение на базе транзистора Q4 увеличивается, транзистор открывается и питание МК осуществляется через диод D14 (рисунок 5).

Напряжение на базе Q4 удерживается на уровне 10 В с помощью стабилитрона D13. Когда транзистор открывается, то появляется напряжение питания микроконтроллера V_{dd} (микроконтроллеры серии PIC12HV имеют встроенный шунт-регулятор и позволяют питаться от высокого напряжения). При запуске микроконтроллера стартует программа, инициализируется независимая от ядра периферия (HLT, COG, ЦАП, АЦП и компараторы). После инициализации HLT инициирует импульсы управления силовым

ключом Q1. Это приводит к накачке трансформатора T1 и формированию напряжения V_{aux} . Как только выпрямленное с помощью D4 напряжение V_{aux} превысит 10 В, диод D14 будет обратно смещен и транзистор Q4 закроется, что прекратит потребление тока схемы запуска и питания от высокого напряжения. Теперь напряжение питания микроконтроллера будет поступать от вспомогательной обмотки трансформатора.

Важно, чтобы при работе источника формируемое напряжение V_{aux} было больше, чем на эмиттере Q4, чтобы транзистор Q4 был закрыт и схема запуска источника не потребляла ток.

Работа в установившемся режиме

Как отмечалось ранее в описании принципа работы обратноходовых преобразователей, когда транзистор Q1 открыт и ток в обмотке ILP увеличивается линейно, этот ток вызывает падение напряжения на резисторе R_{SENSE} . Напряжение R_{SENSE} сравнивается компаратором C2 с напряжением на выходе ЦАП (задается точка срабатывания по пиковому току).

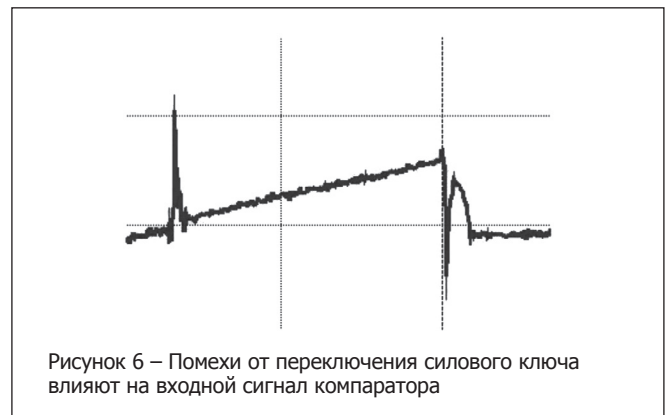


Рисунок 6 – Помехи от переключения силового ключа влияют на входной сигнал компаратора

Переключение транзистора Q1 обычно сопровождается импульсными помехами, которые влияют на форму напряжения V_{SENSE} (рисунок 6). Для предотвращения влияния этих помех на работу модуля COG за счет ложных срабатываний компаратора используется таймер гашения (маскирования) сигнала компаратора (comparator blanking timer) на программируемое число циклов после переключения.

Когда напряжение V_{SENSE} достигает уровня VDAC, компаратор сбрасывает COG и таймер ограничения HLT. Если же по какой-то причине сигнал обратной связи не поступает вовремя, то срабатывает ограничительный таймер и выключает силовой ключ.

Когда транзистор Q1 закрыт, ток вторичной обмотки ILS линейно уменьшается. Как говорилось ранее, режим критической проводимости характеризуется меньшими потерями в силовом ключе и обладает большей эффективностью. Для удержания преобразователя в этом режиме транзистор Q1 должен быть снова открыт, когда ток ILS достигнет нуля. Этот момент можно определить с помощью компаратора C1 по значению напряжения VAUX на дополнительной обмотке. На рисунке 7 показаны временные диаграммы, поясняющие работу источника питания.

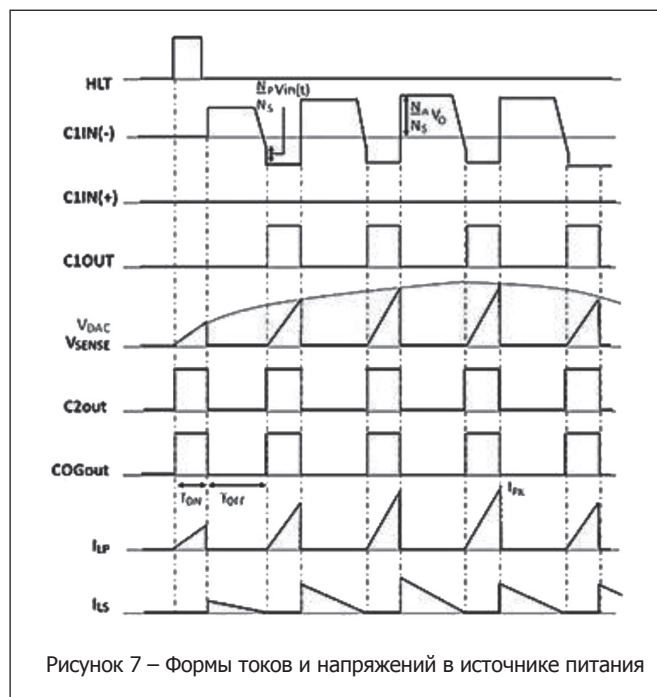


Рисунок 7 – Формы токов и напряжений в источнике питания

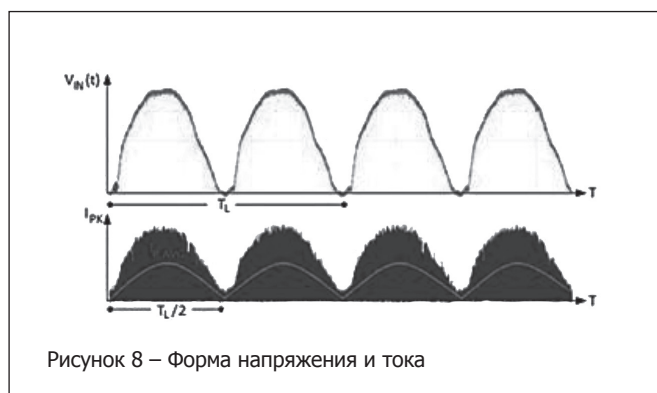


Рисунок 8 – Форма напряжения и тока

Активный корректор мощности

Средний входной ток может быть рассчитан как площадь под формой тока ILP. Этот ток синусоидальный и находится в фазе с входным напряжением VIN за счет того, что порог срабатывания компаратора задается с помощью ЦАП, опорой которого берется от входного напряжения. Как результат, светодиодный драйвер выглядит как резистивная нагрузка и имеет коэффициент мощности, близкий к единице (рисунок 8).

Внешнее диммирование

Если питание драйвера осуществляется с тиристорного диммера, то микроконтроллер с помощью АЦП (вход AN1) может определить этот факт и осуществить регулировку выходного тока драйвера светодиодов с помощью изменения коэффициента передачи ЦАП, подключать нагрузку, создающую необходимый удерживающий ток симистора для предотвращения мерцания светодиодной лампы при малой скважности диммера.

Вспомогательные схемы

На рисунке 4, помимо основных, присутствуют дополнительные блоки, призванные улучшить параметры драйвера и надежность схемы:

- схема ограничения пускового тока (Inrush current circuit) защищает компоненты первичной цепи от выбросов тока. Эти всплески тока возникают, когда закрывается внешний диммирующий симистор (при его наличии);

- схема утечки (bleeder circuit) необходима для потребления дополнительного тока для удержания в открытом состоянии внешнего симистора при низком входном напряжении. Симистору необходим небольшой ток в нагрузке для удержания его в открытом состоянии и предотвращения самовыключения. Схема состоит из резистора и биполярного транзистора, который открывается микроконтроллером только тогда, когда напряжение после диодного моста мало (определяется с помощью АЦП). Когда напряжение выше определенного порога, то транзистор закрывается и схема не потребляет. При отсутствии данной схемы и малой скважности диммированного сетевого напряжения из-за малого потребления схемы светодиодного светильника симистор будет неконтролируемо выключаться, и светодиодная лампа будет «моргать».

Демпфирующая цепь (snubber circuit) используется для защиты транзистора Q1 от бросков напряжения. Индуктивность рассеяния трансформатора приводит к существенному выбросу напряжения на разомкнувшемся силовом ключе. Демпфирующая цепь призвана рассеять энергию и уменьшить выброс напряжения. Схема содержит быстрый переключающий диод, последовательно соединенный с параллельно включенными резистором и конденсатором. Иногда используют дополнительный стабилитрон для минимизации потерь мощности при малых нагрузках.

Программа микроконтроллера, обеспечивающая работу преобразователя, весьма проста (рисунок 9). При использовании независимой от ядра периферии, основная цель программы – это инициализация. Выводы микроконтроллера конфигурируются в соответствии с выполняемыми функциями. После конфигурации портов ввода-вывода конфигурируется и включается необходимая периферия, устанавливаются внутренние связи

между периферией.

АЦП определяет наличие внешнего симисторного димирования. Если напряжение превышает минимальное значение для удержания симистора – отключается цепь утечки, иначе – включается.

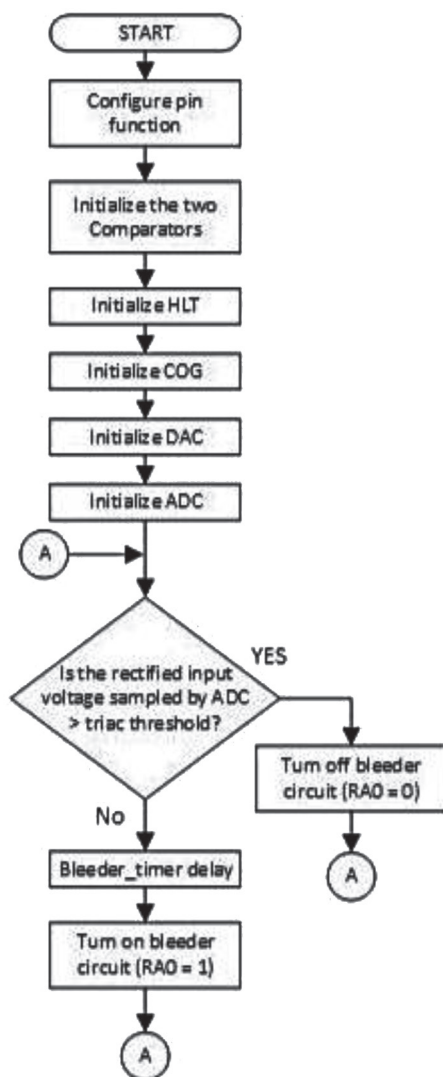


Рисунок 9 – Структура программы микроконтроллерного светодиодного драйвера

Используемые периферийные модули микроконтроллера

Основная цель формирователя комPLEMENTАРНЫХ сигналов (Complementary Output Generator, COG) – это преобразование нескольких внешних событий в один ШИМ-выход. Модуль COG использует различные входные, выходные или внутренние события для формирования импульсного сигнала. Событиями выступают фронт, спад или логические состояния сигналов. В качестве входных сигналов COG могут выступать сигналы модулей захвата/сравнения/ШИМ, компараторов, таймеров или входы микроконтроллера. COG

может формировать одиночный, пушпульный или комPLEMENTАРНЫЕ сигналы с отдельным регулированием мертвого, маскирующего времени и фазовых сдвигов.

Для выбранной топологии источника для управления силовым ключом с помощью COG используются сигналы двух компараторов и ограничительный таймер HLT.

Во время переключения силового ключа возникают помехи, которые могут привести к ложным срабатываниям компаратора. Для предотвращения этого используется возможность маскирования – невосприимчивость COG к событиям в течение заданного времени после переключения состояния. Внутренний генератор микроконтроллера PIC12HV752 работает на частоте 8 МГц, что дает возможность регулировать время бланкирования с шагом в 125 нс отдельно для включения и выключения COG.

Основное назначение таймера ограничений (Hardware Limit Timer, HLT) – ограничить время ожидания события, что может использоваться в приложениях с асинхронной аналоговой обратной связью. Например, если приложение ожидает внешнее событие, но оно не наступает в заданном временном интервале, то HLT может являться источником сброса события.

Применительно к нашей задаче, если нет сигнала обратной связи от компаратора, то HLT ограничивает время открытого состояния силового MOSFET и предотвращает выход силовой части из строя. Если же источник работает в нормальном режиме, то сигнал компаратора появляется раньше срабатывания HLT и меняет состояние модуля COG.

Можно привести аналогию со сторожевым таймером микроконтроллера, только HLT ограничивает не программный цикл выполнения кода, а время ожидания входного сигнала для периферии и сбрасывает эту периферию в predetermined состояние.

Компараторы используются для связи аналоговой части схемы с цифровой и выдачи сигналов управления для COG – генератора, тем самым, компараторы служат для замыкания петли обратной связи в нашем преобразователе энергии. Посредством модуля COG выходы компараторов формируют управляемый аналоговыми сигналами ШИМ-подобный сигнал. Выход компаратора C1 управляет включением MOSFET, а выход компаратора C2 управляет его выключением. Два компаратора в рассматриваемом решении выступают в роли детектора пикового тока и детектора перехода через ноль. Также выход компаратора C1 сбрасывает HLT при работе источника.

Модуль цифро-аналогового преобразователя (ЦАП) используется для преобразования напряжения с выхода диодного моста (опора ЦАП подключена к входу AN1) и управлением огибающей формы тока. Выход ЦАП соединен с входом компаратора C2 внутри МК, таким образом, огибающая пиков тока будет повторять форму входного напряжения и данная схема будет обеспечивать близкий к единице коэффициент мощности. Изменение коэффициента передачи (ЦАП представляет собой резистивный делитель с отводами) будет изменять выходной ток источника. Поэтому программа микроконтроллера может регулировать яркость лампы в зависимости от различных условий.

Аналого-цифровой преобразователь (АЦП) преобразует аналоговое входное напряжение в цифровой вид. В рассматриваемом источнике АЦП измеряет напряжение на выходе диодного моста и позволяет удерживать ток симистора

(при наличии внешнего диммирования) при малых уровнях входного напряжения (около моментов перехода сетевого напряжения через ноль) с помощью переключения состояния вывода RA0 (рисунок 4).

Возможные улучшения дизайна

Применение микроконтроллера в качестве основного компонента источника питания позволяет добавить интеллектуальные функции и совместить ШИМ-контроллер источника питания с управляющим микроконтроллером. В одной микросхеме можно реализовать плавное включение, добавить управляющие интерфейсы, диагностические режимы, обработку сигналов внешних датчиков, режимы энергосбережения.

Если для решения конкретных задач не хватает выводов микроконтроллера, то схема легко расширяется: микроконтроллер PIC12F752 можно заменить на 14-выводную версию PIC16F753 – увеличивается размер памяти, добавляются 6 портов входа/выхода, операционный усилитель, число каналов АЦП и разрядность ЦАП.

При необходимости, алгоритм и независимая от ядра периферия перестраиваются под другую топологию ис-

точника питания без замены микросхемы. Выходной ток регулируется не внешними элементами схемы, а программно.

Энергонезависимая память микроконтроллера позволяет хранить и использовать настроечные параметры под разные варианты источника (варианты выходного тока и пр.).

Микроконтроллеры PIC12F752/PIC16F753 – не единственные представители младшего семейства, периферия которых предназначена, в том числе, для использования в преобразователях энергии. В таблице 1 приведены некоторые PIC микроконтроллеры, периферия которых может облегчить построение преобразователей энергии.

В простейшем случае, импульсный контроллер можно синтезировать с помощью программируемых логических ячеек из набора элементов комбинационной логики и триггеров (рисунок 10).

Недавно начато массовое производство микроконтроллеров семейства PIC16(L)F1769, представители которых имеют периферию, позволяющую создавать два независимых или двухстадийных преобразователей энергии.

Независимая от ядра периферия позволяет применять микроконтроллеры в различных задачах преобразования энергии. На сайте компании Microchip представлены несколько дизайн-проектов: цифровой балласт электролюминесцентных ламп с интерфейсом DALI, контроллер солнечной панели с контролем точки максимальной мощности (Maximum Power Point Tracking, MPPT), контроллер сигнала пешеходного перехода с питанием от солнечных батарей, светодиодный фонарь и др. Применение микроконтроллеров позволяет добавить новые качества в импульсные преобразователи энергии – гибкость управления, интеллектуальность, интерфейсы связи, диагностики и другие возможности, недоступные или сложно реализуемые в полностью аналоговых решениях. Конфигурируемая и независимая от ядра периферия позволяет создавать и исследовать новые топологии ИИП, под которые еще не созданы специализированные микросхемы.

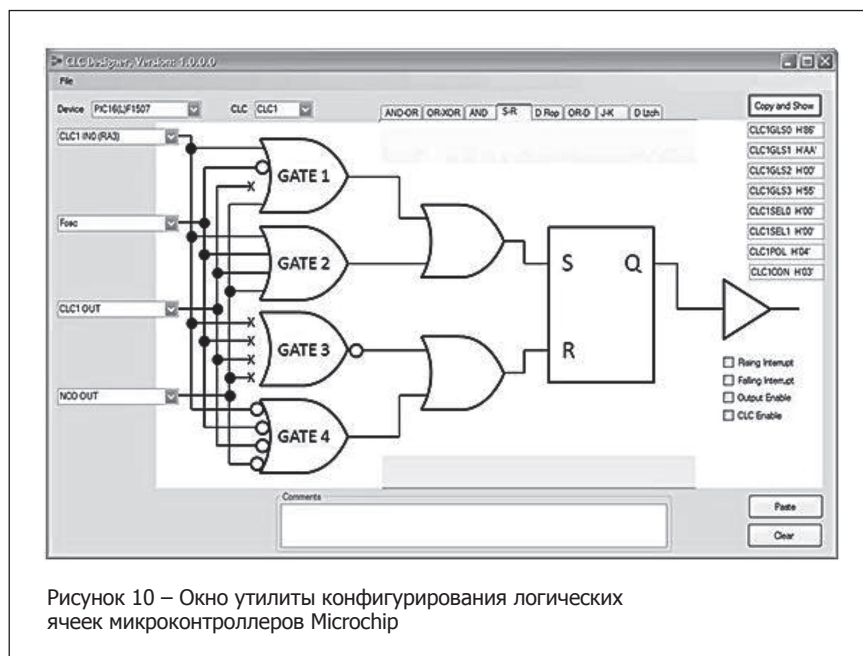


Рисунок 10 – Окно утилиты конфигурирования логических ячеек микроконтроллеров Microchip

Таблица 1 – Некоторые PIC микроконтроллеры с периферией, пригодной для использования в преобразователях энергии

Семейство	АЦП, бит	Компаратор	Оп. усил.	ЦАП, бит	I/O (mA)	Slope Comp.	ZCD	ШИМ, бит	PSMC	COG	HLT	CLC (лог. ячейки)
PIC1x(L)F150x	10	+		5	25			10				+
PIC1x(L)F157x	10	+		5	25			16				
PIC1x(HV)F752/753	10	Быстр.	+	5/9	50	+		10		+	+	
PIC16(L)F161x	10	+		8	100		+	10			+	+
PIC16(L)F170x/1x	10	Быстр.	+	5/8	25		+	10		+		+
PIC16(L)F176x	10	Быстр.	+	5/10	100	+	+	16		++	+	+
PIC16(L)F177x	10	Быстр.	+	5/10	100		+	16		+	+	+
PIC16(L)F178x	12	Быстр.	+	5/8	25			10	+			

Все указанные в статье микроконтроллеры можно приобрести у компании Альфакомпонент, позвонив по тел. (017) 366-76-16.

ВАРИСТОРЫ КОМПАНИИ KEKO VARICON ДЛЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРИМЕНЕНИЙ

Константин Верхулевский,
инженер технической поддержки ООО «Квест»

Словенская компания Keko Varicon производит варисторы, отличающиеся высоким качеством изготовления и широкой номенклатурой. В статье, помимо обзора ключевых характеристик и конструктивных особенностей варисторов, приведены рекомендации по выбору устройств, нашедших применение в различных областях промышленности и автомобилестроении.

Введение

Импульсные перенапряжения, вызванные электростатикой, грозовыми разрядами либо электромагнитными всплесками при коммутации в мощных индуктивных и емкостных элементах цепи, а также соответствующими им переходными процессами, являются частой причиной выхода из строя электронного оборудования. Защита схем от их воздействия традиционно осуществляется путем применения RC- и LC-фильтров, ограничительных диодов, стабилитронов или газонаполненных (искровых) разрядников, а целесообразность того или иного способа зависит от множества влияющих факторов: уровня рабочих напряжений, быстродействия схем, стоимости и т.д. Одним из наиболее популярных в настоящее время методов является использование варисторов, обладающих рядом достоинств и подходящих для широкого спектра применений [1]. Рассмотрим, почему это так.

Газонаполненные разрядники характеризуются наиболее широким диапазоном напряжений срабатывания и высокими рабочими токами (десятки кА), но есть у них и недостатки:

- ярко выраженная зависимость напряжения срабатывания от скорости нарастания импульса;
- связанное с предыдущим пунктом низкое быстродействие;
- длительный период восстановления, возникающий из-за необходимости рассеивания запасенной энергии и уменьшения числа ионизированных электронов после снятия воздействующего импульса;
- ограниченный срок службы. Возникновение дуги в обязательном порядке приводит к разрушению электродов, ухудшению параметров используемого газа.

Допустимый импульсный ток кремниевых ограничительных диодов отличается небольшой величиной из-за малого объема р-п перехода. Кроме того, вследствие несимметричной вольт-амперной характеристики (ВАХ), диоды имеют свойство однополярности. Поэтому для устранения импульсных напряжений любой полярности приходится включать два диода, что в комбинации с резисторами для ограничения тока и конденсатором для фильтрации приводит к увеличению стоимости и необходимой площади на печатной плате.

Вариант с одним многослойным варистором является более дешевым и конструктивно простым, при этом снижается общая вероятность сбоев в данном узле схемы. Применение варистора позволяет уменьшить количество компонентов (1 вместо 4) и затраты по монтажу, что приводит к экономии до 30 % стоимости и до 75 % площади на печатной плате (рисунок 1).

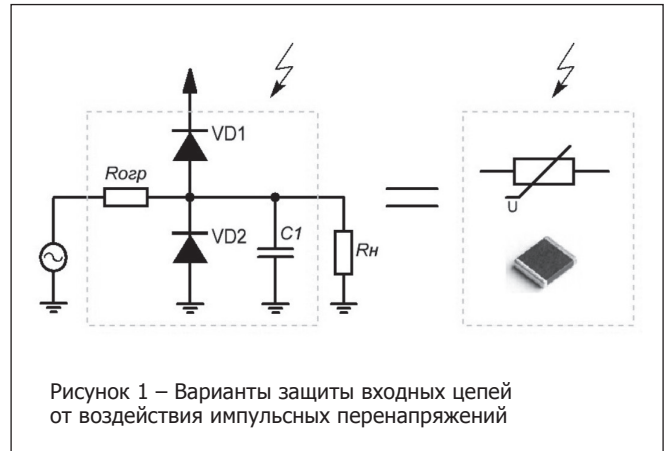


Рисунок 1 – Варианты защиты входных цепей от воздействия импульсных перенапряжений

Кратко о варисторах

Варисторы (Variable Resistors – изменяющиеся сопротивления) представляют собой нелинейные полупроводниковые резисторы, подключаемые параллельно защищаемому оборудованию и последовательно с внутренним сопротивлением источника помех (имеется в виду сопротивление линии передачи данных с учетом омического импеданса кабеля). Типовая ВАХ варистора имеет ярко выраженную нелинейную симметричную форму, за счет которой они позволяют просто и эффективно решать задачи защиты различных устройств от воздействия помех (рисунок 2).

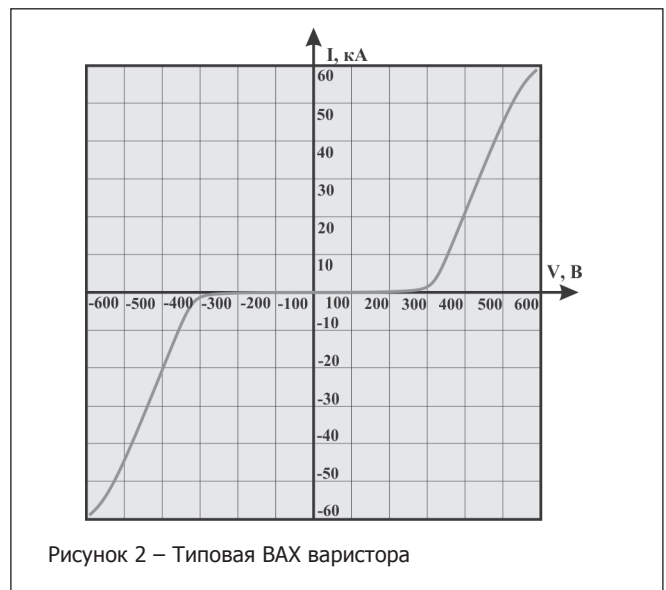


Рисунок 2 – Типовая ВАХ варистора



Рисунок 3 – Основные сферы применения устройств компании Keko Varicon

При отсутствии импульсных напряжений они обладают высоким сопротивлением порядка 1000 МОм и пренебрежительно малым током, поэтому в этих условиях их можно считать диэлектриками. При броске входного напряжения варисторы, в силу нелинейности своей характеристики, резко уменьшают свое сопротивление до долей Ома, и шунтируют нагрузку, так что основной ток помехи протекает через них, а не через защищаемую аппаратуру. Поглощенная энергия помехи при этом рассеивается в виде тепла.

По сравнению с ограничительными диодами варисторы допускают значительно больший ток за счет рассеивания энергии в объеме кристалла, его величина может

составлять от 80 до 30 000 пФ. Впрочем, для некоторых применений это может быть и достоинством, например, в фильтрах, совмещающих в себе функцию ограничения напряжения (для таких применений существует отдельный класс варисторов с повышенной емкостью). Вторым недостатком является меньшая максимальная допустимая рассеиваемая мощность по сравнению с разрядниками [2].

Основные параметры варисторов Keko Varicon

Словенская компания Keko Varicon ведет свою историю с 60-х годов прошлого века, когда она входила в корпорацию Iskra Group в качестве подразделения, занимающегося

Таблица 1 – Основные характеристики варисторов Keko Varicon

Серия	Рабочее напряжение		V_n , В (при 1 мА)	W_{max} , Дж (для 10/1000 мкс)	P_{max} , Вт	I_{max} , А (для 8/20 мкс)	C , пФ (на $f = 1$ кГц)	Типоразмер
	V_{rms} , В	V_{dc} , В						
ZOV	60–680	85–900	100–1100	90–4140	1–1,6	18000–80000	460–12 000	23, 25, 32, 40, 60
ZOVR	60–680	85–900	100–1100	90–2590	1–1,4	15000–40000	460–12 000	25, 32, 40
ZV	2–40	3–56	4–68	0,1–37,8	0,005–0,02	100–2000	315–17 000	5, 7, 10, 14, 20
ZV SMD	2–130	3–170	4–205	0,1–12,2	0,003–0,02	30–1200	160–19 500	0603, 0805, 1206, 1210, 1812, 2220
AV	14–40	16–56	24–68	1,6–76	0,01–,3	400–2000	1100–29 000	6, 8, 11
AV SMD	14–40	16–56	24–68	0,3–21	0,008–0,04	120–2000	440–16 000	0805, 1206, 1210, 1812, 2220, 3225
CV	50–680	65–895	82–1100	2,7–620	0,1–1	400–6500	150–5000	5, 7, 10, 14, 20
CV+	60–550	85–745	100–910	9–627	0,25–1	1750–15000	170–4100	7, 10, 14, 20, 23
SV	60–550	85–745	100–910	4–815	0,1–1	600–15000	90–3400	5, 7, 10, 14, 20, 23
PV	11–300	14–385	18–470	0,6–30	0,01–0,25	100–1200	70–2500	3225, 4032
DV	11–300	14–385	18–470	0,6–30	0,01–0,25	100–1200	85–4300	2220, 3225, 4032
ZVX	2–30	3–38	4,1–51,7	0,1	0,003–0,008	30, 40	80–840	0603, 0805, 1206
ZVE	2–30	< 18	22–28	0,05–0,1	0,003–0,004	20, 30	75–400	0603, 0805, 1206, 1210
OV	14–40	16–56	24–68	2,4–10,5	0,015–0,03	800–1200	470 000– 4 700 000	8, 9, 1812, 2220
MV	2–130	3–170	4–150	0,1–2,5	0,01	150	10 000–1 000 000	5, 1210

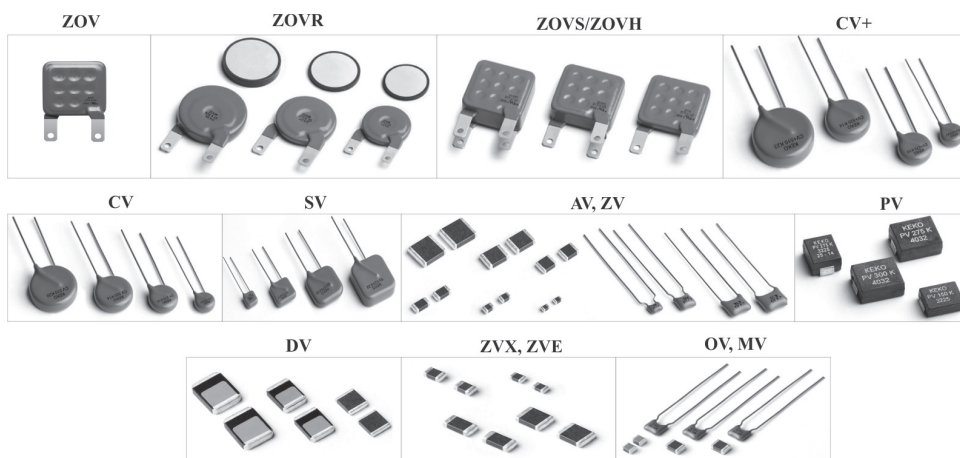


Рисунок 4 – Внешний вид отдельных серий варисторов Keko Varicon

разработкой и производством варисторов. С учетом своего многолетнего опыта в данной области, компания в настоящее время предлагает самый широкий ассортимент электронных компонентов, обеспечивающих защиту от перенапряжения [3]. Развитая техническая инфраструктура позволяет повысить гибкость разработки новых устройств и обеспечить технические характеристики в соответствии с требованиями заказчика. Диапазон напряжений от 2 до 680 В, высокий уровень поглощения энергии и защита от импульсных токов перегрузки (от 20 до 150 000 А, 8/20 мс) позволяют использовать продукцию компании в самом широком спектре приложений, от низковольтных схем, телекоммуникационного оборудования и автомобильной электроники до сетевых фильтров, устройств подавления выбросов напряжения и высокоэнергетического промышленного оборудования (рисунок 3).

Каждая серия состоит из множества компонентов с небольшим шагом рабочего напряжения, при отсутствии подходящего решения можно использовать ближайшие номиналы из ряда в сторону увеличения напряжения, а в случае необходимости можно заказать изготовление нестандартных изделий. Многие варисторы Keko Varicon являются полноценными аналогами продукции известных мировых производителей, таких как Epcos и Vishay. С основными техническими параметрами варисторов можно ознакомиться в таблице 1, а их внешний вид представлен на рисунке 4.

Всю линейку варисторов Keko Varicon можно условно разделить на следующие группы:

- дисковые варисторы;
- многослойные варисторы для поверхностного монтажа;
- варисторы с двойной функцией (варисторы-конденсаторы);
- высокоэнергетические варисторы.

Для тестирования высокоэнергетических варисторов серий ZOVS и ZOVH в качестве устройств защиты от перенапряжений используется международный стандарт IEC-61643-1 (1998-02): «Устройства защиты от перенапряжений для низковольтных систем распределения электроэнергии. Требования к эксплуатационным характеристикам и методы испытаний», согласно которому все приборы, в

зависимости от места установки и способности пропускать через себя различные импульсные токи, относятся к I, II или III классу. ZOVS и ZOVH варисторы по своим характеристикам принадлежат к первому классу, позволяющему устанавливать их для защиты от прямых ударов молнии в здания, антенно-мачтовые сооружения и ЛЭП.

Выпуск многослойных чип-варисторов обусловлен необходимостью уменьшения времени срабатывания для надежной защиты электроники от статического электричества, при которой данный показатель не должен превышать 5 нс. Благодаря минимальной индуктивности контактов и применения многослойной структуры у SMD варисторов Keko Varicon удалось добиться времени срабатывания менее 2 нс, что значительно меньше, чем у однослойных дисковых (25 нс). Из других преимуществ чип варисторов компании можно отметить расширенный температурный диапазон от -55 до +125 °C и возможность автоматического монтажа.

Относящаяся к группе варисторов автомобильного назначения серия AV адаптирована для работы со стандартными шинами питания 12, 24 и 42 В и сертифицирована на соответствие требованиям стандарта AEC-Q200.

Ключевой особенностью изделий семейства ZVX является малое время срабатывания – менее 1 нс. Тестирование ESD защиты осуществляется на основе методов, описанных в стандартах IEC1000-4-2, MIL-STD 883C и AEC-Q200-002.

В модельном ряду Keko Varicon присутствуют также и изделия двойной функциональности – варисторы-конденсаторы [7]. Эти модели имеют характеристики варисторов и повышенную до 4,7 мкФ емкость, что позволяет им устранять не только импульсные перенапряжения, но и высокочастотные шумы. Применяемые в фильтрах они выступают в качестве замены конденсаторам и осуществляют функцию преобразования частоты сигнала, одновременно защищая цепи от импульсных воздействий.

Рекомендации по выбору варисторов Keko Varicon

При необходимости выбора оптимального варистора, в первую очередь, следует обратиться к рекомендациям самой компании по применению различных серий. В боль-

Таблица 2 – Типовые области применения варисторов Keko Varicon

Сегмент рынка	Типовые применения	Серии
Низковольтная электроника	Портативные устройства	ZVE
	Компьютеры и системы сбора данных	
	Порты ввода/вывода, интерфейсы	
	Контроллеры	ZV
	Промышленное оборудование	
	Медицинская электроника	
	Интегрированные схемы и транзисторы	PV
	Устройства мобильной связи	
	Микроконтроллеры	
	Реле и двигатели постоянного тока	MV
	Клавиатуры, модемы	
	Датчики, системы сигнализации	
	Оптические устройства и LCD мониторы	CV, CVF
	Пьезоэлектроника	
Автомобильная электроника	Система зажигания и АБС	AV
	Система контроля подушек безопасности	
	Система кондиционирования	
	Схема центральной автоблокировки	OV, MV
	Управление стеклоочистителями и стеклоподъемниками	
	Регулятор положения сидения	
Телекоммуникационные устройства	Банкоматы	ZV, ZVE, MV, PV, CV, CVF, CV+, CVF+, SV, ZOV
	Мобильные телефоны и телефонные станции	
	Антенны	
Устройства переменного тока	Бытовая техника	PV, CV, CVF, CV+, CVF+, SV, ZOV
	Концертное оборудование	
	Системы освещения	
	Защита двигателей	
Промышленная электроника	Системы контроля моторов	CV+, CVF+, ZOV
	Источники питания для транспорта	
	Линии электропередач	
	Лифты и эскалаторы	

шинстве случаев каждая серия имеет вполне определенные области применения (таблица 2).

Стоит отметить один важный момент. Для увеличения суммарной рассеиваемой мощности зачастую используют параллельное соединение варисторов. Но, поскольку 100 % одинаковых варисторов не существует (даже из одной партии они разные), всегда один из них окажется самым слабым звеном и выйдет из строя при импульсе перенапряжения. При последующих же импульсах выйдут из строя цепочной остальные варисторы, поскольку они уже не будут обеспечивать требуемую мощность рассеяния. Поэтому лучше отказаться от применения такого способа.

Заключение

Применение варисторов компании Keko Varicon позволяет эффективно и просто реализовать функции ограничения перенапряжений и импульсных помех, сократить габаритные размеры устройств в целом и обеспечить длительный срок безаварийной эксплуатации оборудования. Широкий спектр типов выпускаемых варисторов поможет сделать обоснован-

ный выбор с учетом как энергетических показателей, так и необходимого типа корпусного исполнения.

Литература:

1. Трегубов, С.В. Общие принципы выбора варисторов для защиты от импульсных напряжений / С.В. Трегубов, В.А. Пантелеев, О.Г. Фрезе. – <http://www.komi.com/progress/product/varistor/manual/index>.
2. Шелестов, И.П. Радиолюбителям: полезные схемы: книга 2 / И.П. Шелестов. – 1998.
3. Keko Varicon. Protective devices. Catalogue 2015. – <http://www.keko-varicon.si/solutions/catalogue>.
4. High energy varistors. Catalogue 2015. – <http://www.keko-varicon.si>.
5. Leaded varistors. Catalogue 2015.– <http://www.keko-varicon.si>.
6. SMD varistors. Catalogue 2015. – <http://www.keko-varicon.si>.
7. Dual function varistors. Catalogue 2015. – <http://www.keko-varicon.si>.

ene.su

А л в ф а ч и п л т д

Новые возможности ваших идей

- СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ
- ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ
- ДАТЧИКИ
- СЕНСОРЫ
- УСТРОЙСТВА ИНДИКАЦИИ
- СВЕТОДИОДЫ

ПРЯМЫЕ ПОСТАВКИ ОТ МИРОВЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

РАЗРАБОТКА И ТЕХНИЧЕСКАЯ ПОДДЕРЖКА НОВЫХ ПРОЕКТОВ



УНП 191754457

E-MAIL: ANALOG@ALFA-CHIP.COM
WWW.ALFACOMPONENT.COM
WWW.ALFA-CHIP.COM

БЕЛАРУСЬ, МИНСК, УЛ. Я.КОЛАСА, 3, ОФИС 8
ТЕЛ.: +375(17) 209-80-45
ФАКС: +375(17) 209-80-47

20-я Международная специализированная выставка | 20th International Specialized Exhibition

ENERGY EXP

"Энергетика. Экология. Энергосбережение. Электро" | "Energy. Ecology. Energy Saving. Electro"



**XX БЕЛОРУССКИЙ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ И
ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ
ФОРУМ**

13-16.10.2015

г. Минск, пр. Победителей 20/2
(Футбольный манеж)



11-я специализированная выставка
светотехнического оборудования "ЭкспоСВЕТ"



10-я специализированная выставка
"Водные и воздушные технологии"



7-я специализированная выставка
"Атомэкспо-Беларусь"

ЗАО "ТЕХНИКА И КОММУНИКАЦИИ"
тел.: (+375 17) 306 06 06, www.tc.by, energy@tc.by



ENERGY EXP

УНП 100663012

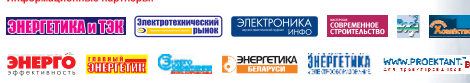
Генеральные информационные партнеры



Генеральные интернет-партнеры



Информационные партнеры:



ВСЁ НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ВСТРАИВАЕМЫХ СИСТЕМ

Группа компаний **ЭЛТИКОН**

- Промышленные компьютеры, серверы, центры обработки и хранения данных;
- Встраиваемые и бортовые вычислительные системы, в т.ч. для жестких условий эксплуатации;
- ПЛК и микроконтроллеры, распределенные системы управления и сбора данных;
- Средства операторского интерфейса: мониторы, панели оператора, консоли управления, клавиатуры, трекболы, указательные устройства, информационные табло и мониторы для уличных применений;
- Устройства локального и удаленного ввода-вывода сигналов, АЦП, ЦАП, решения для управления движением, нормализаторы сигналов;
- Сетевое и коммуникационное оборудование для различных сетей, шлюзы данных, коммутаторы Ethernet, медиа-конвертеры, сетевые контроллеры, модемы, удлинители сетей, преобразователи интерфейсов, протоколов и т.п.;
- Датчики для различных применений;
- Источники вторичного электропитания для промышленных, медицинских, бортовых и специальных применений, инверторы электропитания, программируемые источники питания;
- Решения на основе полупроводниковых источников света для уличного освещения и архитектурной подсветки;
- Специализированные датчики, контроллеры и устройства для «умного дома»;
- Корпуса, конструктивы, субблоки в стандарте евромеханика, шкафы, стойки, компьютерные корпуса;
- Крепежные элементы, клеммы, монтажный инструмент, провода и кабели, кабельные вводы, соединители;
- Программное обеспечение всех уровней АСУТП, SCADA-система Genesis, OPC-серверы и средства их разработки

ADVANTECH



УНП 191092652

- ✓ Более 50 вендоров в программе поставок
- ✓ Широкий диапазон продукции "из одних рук"
- ✓ Сервисный центр и послегарантийное обслуживание продукции

- ✓ Компетентный анализ технических решений с гарантией совместимости и работоспособности конфигурации
- ✓ Наличие сертификатов и ГТД

- ✓ Развитая система логистики, нестандартные схемы поставок, склады в Минске, Москве и Гамбурге
- ✓ Производство промышленных компьютеров, шкафов автоматизации, сборки телекоммуникационных шкафов

220125 Минск, пр-т Независимости, 183 • Тел. (017) 289-6333 • Факс (017) 289-6169 • E-mail: info@elticon.ru • Web: www.elticon.ru

CHIBIOS/RT – ОПЕРАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ. ЧАСТЬ 2

Р.А. Шуленков, ассистент кафедры АППиЭ, БГТУ, инженер-программист НИИТЗИ,
postmaster@mcu.by

Начало статьи в №5 2015 «CHIBIOS/RT – операционная система для микроконтроллеров».

Каждый поток имеет свой собственный стек, структуру потока и некоторые области вытеснения. Все структуры были отнесены в «потоки рабочей области» (рисунок 1), поток собственной кучи, как правило, статически объявляются в коде. Потоки не используют другую память за пределами выделенной рабочей зоны, кроме случаев, когда осуществляется общий доступ к статическим данным.

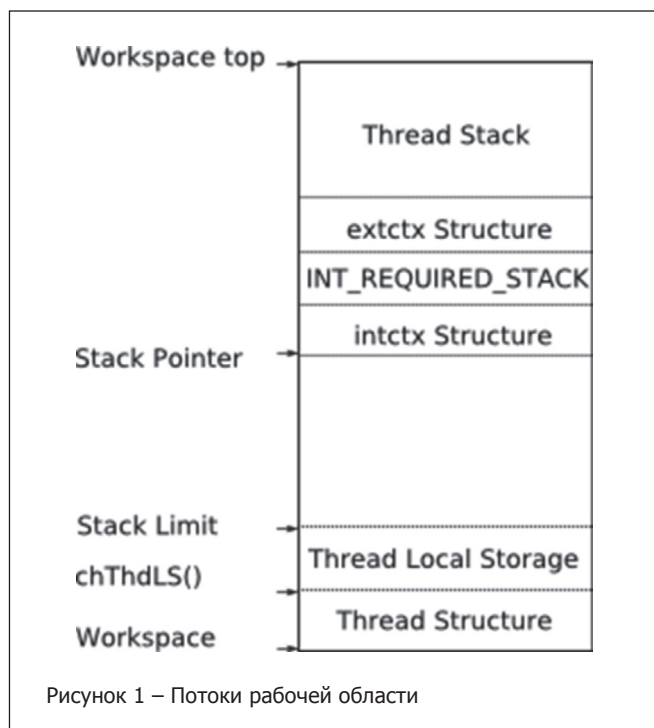


Рисунок 1 – Потоки рабочей области

Обратите внимание, что область вытеснения присутствует только, когда поток не работает (включается выход), переключение контекста осуществляется выбором регистра в стеке коммутируемого выходного потока. Появляющиеся регистры включаются в поток от его стека. Область опережения можно разделить на три структуры:

- внешний контекст;
- прерывание стека;
- внутренний контекст.

Поток – абстракция независимого потока инструкций. В ChibiOs/RT поток представляет собой функцию на языке «С», владеющую контекстом процессора, использующую системную информацию, а также имеющую специальную зону стека. В этом случае, статические переменные являются общими для всех потоков, а автоматические переменные являются локальными для обработки данных.

Создание потока – поток запускается для заданной функции потока. Эта операция доступна в нескольких вариантах, как статически, так и динамически. Выход из потока – поток завершается по возвращении из своей функции верхнего уровня или вызова конкретного API, поток может возвращать значение, которое можно получить из других потоков. Ожидание потока – поток ожидает прекращения работы другого потока и получает возвращаемое значение. Резюме потока – происходит запуск потока, созданного в подвешенном состоянии. Спящий режим потока – выполнение потока приостанавливается в течение указанного времени или достигнуто указанное абсолютное время. SetPriority, установка приоритета потока – поток изменяет свой уровень приоритета. Выход потока – поток добровольно может отказаться от своего временного интервала работы и закончить свое выполнение. Для потока характерно наследование, список потоков наследует свойства и методы от очереди потоков, очередь потоков наследует свойства и методы от базового класса потока.

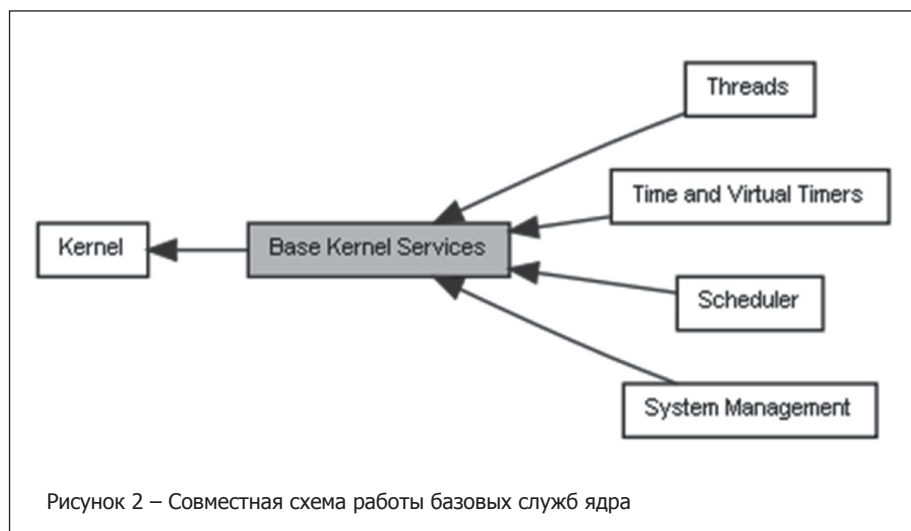


Рисунок 2 – Совместная схема работы базовых служб ядра

Структуры данных:
struct Thread – структура представляет поток.

Функции:

Thread* _thread_init(Thread* tp, tprio_t prio) – инициализация структуры потока.

void _thread_memfill(uint8_t* startp, uint8_t* endp, uint8_t v) – заполнение памяти.

Thread* chThdCreateI (void* wsp, size_t size, tprio_t prio, tfunc_t pf, void* arg) – создание нового потока в статической области памяти.

Thread* chThdCreateStatic (void *wsp, size_t size, tprio_t prio, tfunc_t pf, void *arg) – создание нового потока в статической области памяти.

tprio_t chThdSetPriority (tprio_t newprio) – изменяет уровень приоритета для текущего потока.

Thread* chThdResume (Thread *tp) – возобновляет работу приостановленного потока.

void chThdTerminate (Thread *tp) – запрос на прекращение работы потока.

void chThdSleep (systime_t time) – приостанавливает работу потока на указанный промежуток времени.

void chThdSleepUntil (systime_t time) – планировщик приостанавливает работу потока, до тех пор, пока система недосчитает до заданного времени.

void chThdYield (void) – функция вырабатывает временной интервал.

void chThdExit (msg_t msg) – завершение работы текущего потока.

void chThdExitS (msg_t msg) – завершение работы текущего потока.

msg_t chThdWait (Thread *tp) – блокирует выполнение вызывающего потока, пока заданный поток не завершит свою работу, функция имеет код возврата.

Прототип и описание функций находится в файлах chthreads.h и chthreads.c.

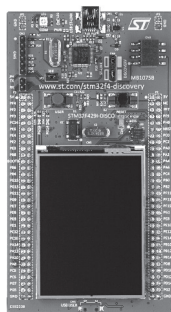


Рисунок 3 – Отладочная плата STM32F429I – DISCO

В данной статье разберем особенности создания вытесняющей многозадачности для отладочной платы SMT32429I – DISCO компании STMicroelectronics.

Многозадачность – свойство операционной системы или среды выполнения обеспечивать возможность параллельной (или псевдопараллельной) обработки нескольких процессов. Истинная многозадачность операционной системы возможна только в распределенных вычислительных системах. Вытесняющая многозадачность в ChibiOS/RT реализуется за счет работы планировщика Диспетчер (планировщик): каждый системный тик останавливает задачу (А) и передает управление другой задаче, задаче (В). Обеспечивая, тем самым, псевдопараллельное выполнение.

Для работы необходимо скачать дистрибутив ChibiOS/RT с официального сайта (chibios.org), на момент написания статьи последняя рабочая версия OCPB ChibiOS/RT 2.6.8. В июне 2015 года вышла обзорная версия, на новой 3-ей версии ядра, ChibiOS/RT 3.0.0p5.

Каталог с ChibiOS/RT 2.6.8. содержит следующие подкаталоги: boards, demos, docs, ext, os, test, testhal. В

каталоге boards содержится список поддерживаемых отладочных плат, для каждой отладочной платы присутствуют файлы конфигурации внешней периферии. Каталог demos содержит демонстрационные проекты под различные IDE и для различных компиляторов, в случае, если у Вас нет в наличии отладочной платы, проект можно собрать для Win32-MinGW. Каталог docs содержит описание ChibiOS/RT и результаты запуска тестов для различных платформ. Каталог ext содержит Middlewares для стека TCP/IP (lwip, uip) и файловую систему fatfs. Каталог os является основным каталогом, так как в нем располагаются подкаталоги ядра ChibiOS/RT, HAL (слой аппаратных абстракций), Middlewares (связующее программное обеспечение) и подкаталог для запуска под различные компиляторы (ports). Каталог test содержит тесты для оценки быстродействия работы ядра для различных платформ и отладочных плат. Каталог testhal содержит примеры работы со слоем аппаратной абстракции.

Процесс создания проекта для отладочной платы STM32F429I – DISCO в среде разработки keil uVision 5:

1. Запустите keil uVision 5, в главном меню выберите «Project» -> «New uVision Project...».

2. Создайте каталог для будущего проекта, например, ChibiOS_2.6.8\demos\STM32F429I_DISCO_KEIL (STM32F429I_DISCO_KEIL – название созданного каталога), введите название Имя файла: «template», нажмите на кнопку «Сохранить».

3. Появилось окно выбора микроконтроллера, на отладочной плате установлен STM32F429ZITx, выберите из списка соответствующий микроконтроллер, нажмите на кнопку «OK».

4. Появилось окно «Менеджер среды keil uVision», ничего не надо выбирать, нажмите на кнопку «OK».

5. Необходимо Настроить проект, для этого в главном меню необходимо выбрать «Project» -> «Options for Target ...».

6. Вкладка «Target», измените опорную частоту Xtal(МГц) на 8 МГц (данный пункт не является обязательным, а показывает правильный стиль дальнейшего сопровождения проекта).

7. Вкладка «Target», измените IRAM2, «start» установите 0x20030000, а «size» на 0x1 и затем выберите default для IRAM2, аналогично IRAM1 (начала области памяти для IRAM2 = IRAM1 + Size[IRAM1]).

8. Перейдите во вкладку «C/C++». В строке «Preprocessor Symbols»/Define напишите следующий текст «__heap_base__=Image\$\$RW_IRAM1\$\$ZI\$\$Limit __heap_end__=Image\$\$RW_IRAM2\$\$Base».

9. Вкладка «C/C++». Выставите 3 уровень оптимизации (-O3), выберите оптимизировать по времени.

10. Вкладка «C/C++». Нажмите на кнопку «...» Include Paths, в появившемся окне необходимо добавить весь список следующих каталогов, относительно родительского каталога:

```
..\STM32F429I_DISCO_KEIL
..\..\os\kernel\include
..\..\os\ports\common\ARMCMx
..\..\os\ports\common\ARMCMx\CMSIS\include
..\..\os\ports\RVCT\ARMCMx
..\..\os\ports\RVCT\ARMCMx\STM32F4xx
..\..\os\hal\include
```

```

..\..\os\hal\platforms\STM32
..\..\os\hal\platforms\STM32\GPIOv2
..\..\os\hal\platforms\STM32\SPiV1
..\..\os\hal\platforms\STM32\TIMv1
..\..\os\hal\platforms\STM32\USARTv1
..\..\os\hal\platforms\STM32F4xx
..\..\os\various
..\..\os\various\devices_lib\accel

```

11. Перейдите во вкладку «Asm». Вкладка «Asm». Необходимо добавить строку «--cpreproc» в строке ввода Misc Controls.

12. Вкладка «Asm». Нажмите на кнопку «...» Include Paths, в появившемся окне необходимо добавить весь список следующих каталогов, относительно родительского каталога:

```

..\STM32F429I_DISCO_KEIL
..\..\boards\ST_STM32F429I_DISCOVERY
..\..\os\ports\RVCT\ARMCMx\STM32F4xx

```

13. Перейдите во вкладку «Debug». В списке отладчиков выберите ST-Link Debugger.

14. После выбора отладчика нажмите на кнопку «Settings». В появившемся окне «Cortex – M Target Driver Setup» выберите Port: SW, Max Clock 4 Mhz, слева в окне отобразится текущий микроконтроллер.

15. В том же окне выберите вкладку «Flash Download». Нажмите на кнопку «Add» и добавьте «STM32F4xx 2 MB Flash». Затем нажмите на кнопку «OK».

16. Перейдите во вкладку «Utilities». В списке устройств загрузки прошивки выберите ST-Link Debugger и нажмите на кнопку «OK».

17. В главном меню выберите «Project» -> «Manage» -> «Components, Environment, Books...». В появившемся окне необходимо создать следующего вида архитектуру с вложенными файлами:

```

main
main.c
conf
board.c
os
chcond.c
chdebug.c
chdynamic.c
chevents.c
chheap.c
chlists.c
chmboxes.c
chmemcore.c
chmempools.c
chmsg.c
chmtx.c
chqueues.c
chregistry.c
chsched.c
shsem.c
shsys.c
chthreads.c
chvt.c
hal
pal.c

```

```

adc.c
pwm.c
serial.c
spi.c
hal.c
platform
hal_ild.c
adc_ild.c
pwm_ild.c
serial_ild.c
spi_ild.c
stm32_dma.c
pal_ild.c
port
chcore_v7m.c
chcore.c
nvic.c
cstartup.c
vectors.s
chcoreasm_v7m.s

```

18. В главный исходный файл (main.c) необходимо добавить приведенный ниже пример.

Пример реализации многозадачности в ChibiOS/RT.

```

//main.c
#include "ch.h"
#include "hal.h"

//Выделение памяти под Thread1
static WORKING_AREA(waThread1, 128);
//Выделение памяти под Thread2
static WORKING_AREA(waThread2, 128);

//Объявление прототипа функции Thread1
static msg_t Thread1(void *arg);
//Объявление прототипа функции Thread2
static msg_t Thread2(void *arg);

//Создаем структуры для отсчета промежутка времени
typedef struct TaskParam_t{
    signed long int period;
} Task;

Task p1, p2;

int main(void){
    //Пауза 1000мс
    p1.period = 1000;
    //Пауза 500мс
    p2.period = 500;
    //Инициализируем hal
    halInit();
    //Системная инициализация
    chSysInit();
    //Создание потока для Thread1
    chThdCreateStatic(waThread1, sizeof(waThread1),
NORMALPRIO, Thread1, (void *)&p1);
    //Создание потока для Thread2
    chThdCreateStatic(waThread2, sizeof(waThread2),
NORMALPRIO, Thread2, (void *)&p2);
    while(TRUE){

```



```

    }
}
//Описание первого потока
static msg_t Thread1(void *arg){
    Task *period;
    period = (Task *) arg;
    //Задаем начальное состояние для GPIO_LED4_RED,
    порт находится в логической 1.
    palSetPad(GPIOG, GPIOG_LED4_RED );
    while(TRUE){
        //Переключаем состояние работы выходного порта для
        GPIO_LED4_RED
        palTogglePad(GPIOG, GPIOG_LED4_RED);
        //Отправляем задачу в спящий режим
        chThdSleepMilliseconds(period->period);
    }
}
//Описание второго потока
static msg_t Thread2(void *arg){
    Task *period;
    period = (Task *) arg;
    //Задаем начальное состояние GPIO_LED3_GREEN,
    порт находится в логической 1.
    palSetPad(GPIOG, GPIOG_LED3_GREEN);
    while(TRUE){

```

```

        //Переключаем состояние работы выходного порта для
        GPIO_LED3_GREEN
        palTogglePad(GPIOG, GPIOG_LED3_GREEN);
        //Отправляем задачу в спящий режим
        chThdSleepMilliseconds(period->period);
    }
}

```

Thread *chThdCreateStatic(void *wsp, size_t size, tprio_t prio, tfunc_t pf, void *arg) – создание нового потока в статической области памяти.

wsp – указатель на выделенную память для текущей задачи.

size – размер памяти, сколько выделили память для задачи.

prio – уровень приоритета задачи.

pf – имя функции.

arg – данные передаваемые в функцию.

19. Необходимо скомпилировать и загрузить firmware на микроконтроллер.

После загрузки firmware на микроконтроллер Вы сможете наблюдать мигание светодиодов на отладочной плате STM32F429I – DISCO и проанализировать принцип работы вытесняющей многозадачности OCPB ChibiOS/RT.

mcu.by

НОВОСТИ

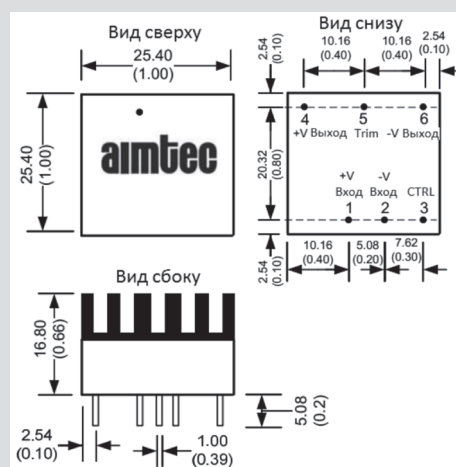
АМ20CW-FZ – СЕРИЯ 20 ВАТТНЫХ DC-DC ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ В МИНИАТЮРНОМ КОРПУСЕ ОТ AIMTEC

Компания ЭЛТЕХ предлагает 20-ваттные DC-DC преобразователи серии АМ20CW-FZ в миниатюрном корпусе размером 1×1 дюйм. Они имеют широкий диапазон входных напряжений 4:1 (9-36 В и 18-75 В). Установленный на корпус радиатор позволяет расширить рабочий диапазон температур.

Технические характеристики:

- номинальная мощность: 20 Вт;
- корпус: 1×1 дюйм (25,4×25,4 мм);
- есть непрерывная защита от короткого замыкания выхода;
- есть защита входной цепи от превышения напряжения;
- имеется функция дистанционного отключения преобразователя;
- имеется функция подстройки напряжения;
- диапазон входных напряжений: 9..36 В и 18..75 В (4:1);
- выходные напряжения с однополярным выходом: 3,3; 5; 12; 15 В;
- выходные напряжения с двухполярным выходом: ±12, ±15 В;
- рабочий диапазон температур: -40 °С..85 °С;
- напряжение изоляции по вход-выход: 1500 В.

Подробную техническую документацию можно посмотреть на сайте компании-производителя.



Области применения:

- цифровая и аналоговая техника;
- телекоммуникационное оборудование;
- оборудование с автономным питанием.

Заказать образцы для оценки возможности применения новых преобразователей в Вашей аппаратуре можно в любом офисе компании ЭЛТЕХ.

eltech.spb.ru

МИКРОМОЩНЫЙ СТАБИЛИЗАТОР НАПЯЖЕНИЯ 1342EH5T

Микросхема стабилизатора напряжения в малогабаритном металлокерамическом корпусе для поверхностного монтажа 4601.3-1 формирует положительное выходное напряжение $U_{OUT} = 5,0$ В и предназначена для применения в источниках питания радиоэлектронной аппаратуры специального назначения. Микросхема функционирует при температуре от -60°C до $+125^{\circ}\text{C}$.

Функциональный аналог микросхемы – ADM663A компании Analog Devices, США.

Технические условия – АЕЯР.431420.836 ТУ.

В состав микросхемы входят: источник опорного напряжения, усилитель сигнала ошибки, блок ограничения тока короткого замыкания, регулирующий элемент (в виде мощного выходного транзистора), обеспечивающий выходной ток до 100 мА, выходной резистивный делитель напряжения.

Схема стабилизатора напряжения представляет собой схему последовательного типа, включаемую последовательно между нагрузкой и нерегулируемым источником питания.

Внутренний источник опорного напряжения вырабатывает опорное напряжение U_{REF} очень слабо зависящее от температуры и входного напряжения питания. Для получения заданного выходного напряжения $U_{OUT} = 5,0$ В используется подгонка выходного напряжения путем

электрического пережигания металлических перемычек в выходном резистивном делителе напряжения.

Усилитель ошибки сравнивает опорное напряжение и часть выходного напряжения U_{OUT} , которое возвращается на его инвертирующий вход с выхода стабилизатора.

Последовательно включенный регулирующий элемент в виде мощного выходного PMOS-транзистора обеспечивает постоянство выходного напряжения и необходимый уровень выходного тока. Резисторы выходного резистивного делителя напряжения обеспечивают обратную связь, корректирующую рабочую точку усилителя сигнала ошибки.

Сочетание усилителя сигнала ошибки, последовательно включенного регулирующего элемента и резистивного делителя напряжения, с которого снимается часть выходного напряжения, образуют усилитель с обратной связью. В схеме стабилизатора усилитель с обратной связью работает так, чтобы поддерживать часть выходного напряжения, которое возвращается на его инвертирующий вход, равную опорному напряжению, поступающему на не инвертирующий вход.

Схема ограничения тока короткого замыкания предназначена для уменьшения уровня тока в нагрузке в случае КЗ. Датчиком тока ограничения является внутренний ПКС-резистор.

Таблица 1 – Значения электрических параметров микросхемы ($T_A = 25^{\circ}\text{C}$, $C_{IN} = 1$ мкФ, $C_{OUT} = 1$ мкФ)

Наименование параметра, единица измерения	Значение параметра
Диапазон входного напряжения, В	6.0 ÷ 16
Выходное напряжение, В	5.0 ± 2 %
Ток нагрузки, мА	0.01...100
Собственный ток потребления микросхемы, мкА (не более)	
– при отсутствии тока нагрузки	6.0
– при токе нагрузки 2.0 мА	15
– при токе нагрузки 100 мА	50
Температурный коэффициент выходного напряжения, мВ/°C (не более)	±1.0

Примечание. Нормы на электрические параметры приведены для условий $T_A = T_C = T_J = 25^{\circ}\text{C}$

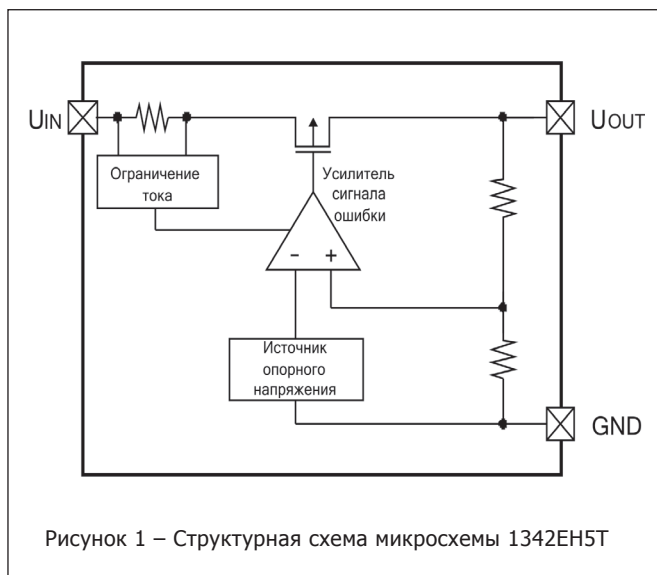


Рисунок 1 – Структурная схема микросхемы 1342EH5T

Таблица 2 – Назначение и нумерация выводов

Номер вывода	Наименование вывода	Назначение вывода
01	U_{OUT}	Вывод выходного напряжения
02	GND	Общий вывод
03	U_{IN}	Вывод входного напряжения

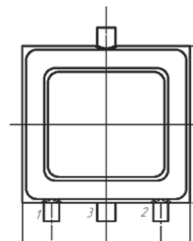


Рисунок 2 – Условное расположение выводов микросхемы в корпусе 4601.3-1

МЕДИЦИНСКИЕ РАЗДЕЛИТЕЛЬНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ С СИСТЕМОЙ КОНТРОЛЯ ИЗОЛЯЦИИ И ТЕМПЕРАТУРЫ

Н.Н. Судник, генеральный директор ООО «Энсбертех»

Медицинская система IT

Медицинская система IT – электрическая система IT, в которой соблюдены особые требования для медицинских помещений.

В медицинских помещениях для питающих цепей медицинского электрооборудования и систем обеспечения жизнедеятельности пациентов, хирургического назначения и другого электрооборудования, расположенного «в окружении пациента», должна использоваться медицинская система IT и должны применяться медицинские разделительные трансформаторы с системой контроля изоляции, температуры, величины нагрузки и регламентированной светозвуковой сигнализации.

Преимущества IT-сети (сети с изолированной нейтралью):

1. Повышенная электробезопасность IT-сети объясняется тем, что одновременное касание заземленного корпуса электрооборудования и любого из силовых выходов разделительного трансформатора является безопасным, так как не приводит к созданию токового контура и поражению человека электрическим током, т.е. однократное повреждение изоляции не создает опасности для пациента или персонала.

2. Повышенная надежность. Первичный пробой изоляции в IT-сети не является аварией. Короткое замыкание любого из выходов трансформатора на заземленный корпус переведет IT-сеть в TN-S сеть с глухозаземленной нейтралью (рисунок 1). Одновременно замыкание не вызывает сверхтоков и автоматическое отключение автоматических выключателей. Таким образом, опас-

ность поражения людей электрическим током и опасность повреждения оборудования отсутствует, потребители могут продолжать работать.

При первичном пробое изоляции ток замыкания ничтожно мал и нет опасности искрообразования. Это чрезвычайно важно в помещениях с медицинскими газами, горючими напольными покрытиями (операционные).

Суммируя вышесказанное, если сравнивать уровень безопасности, то IT-сеть обладает гораздо большей степенью безопасности по сравнению с TN-сетью. К пациенту во время процедур и операции подключены множество приборов. Повреждение изоляции в сети с глухозаземленной нейтралью может привести к поражению электрическим током или к отключению питания, что недопустимо для безопасности пациента и персонала. В то же время, первичное нарушение изоляции в IT-сети переводит ее в разряд сети с глухозаземленной нейтралью, но при этом не происходит поражение электрическим током и отключение питания.

В медицинских помещениях IT-сеть должна быть использована для цепей, питающих медицинское электрооборудование, предназначенное для поддержания жизненных функций пациента и проведения операции. При построении медицинской IT-сети должны соблюдаться следующие условия:

1. Для каждой группы помещений со схожими предназначениями необходима, как минимум, одна медицинская система IT.

2. Система IT должна быть оборудована устройством непрерывного контроля изоляции со следующими специальными требованиями:

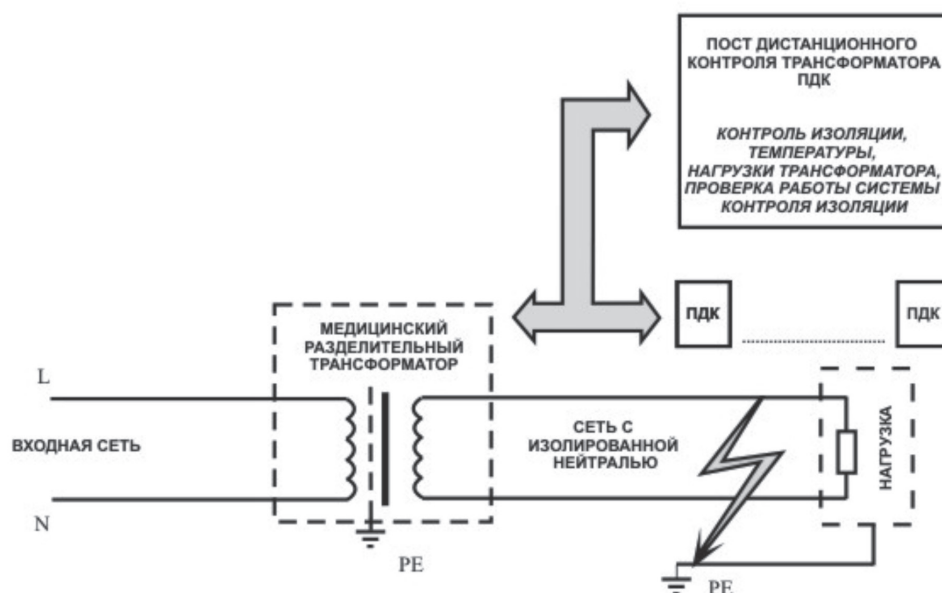


Рисунок 1

а) внутреннее сопротивление по переменному току должно быть не менее 100 кОм;

б) измерительное напряжение не должно превышать 25 В постоянного тока;

в) максимальное значение измерительного тока, даже при возникновении первичного повреждения, не должно превышать 1 мА;

г) система должна быть оборудована устройством для непрерывного контроля сопротивления изоляции с индикацией о понижении сопротивления ниже 50 кОм;

д) для каждой медицинской ИТ-системы требуется устройство для световой и звуковой аварийной сигнализации (с возможностью отключения последней).

3. Каждая медицинская система должна питаться от отдельного источника питания.

Медицинские разделительные трансформаторы

Инженерно-технической службой компании ООО «Эн-сбертех» было разработано ТУ ВУ 191326901.001-2013 на производство Трансформаторов разделительных серии ТР и ТРТ с устройством непрерывного контроля изоляции, предназначенные для электропитания медицинских помещений. На сегодняшний день, данное оборудование с успехом прошло сертификацию и устанавливается в медицинских учреждениях Республики Беларусь. Трансформаторы выполняют преобразование сетей с глухозаземленной нейтралью в сеть с изолированной нейтралью (ИТ-сеть). Одновременно, устройством непрерывного контроля изоляции осуществляется непрерывный контроль

сопротивления изоляции сети, температуры обмоток и величины подключенной нагрузки.

Трансформаторы разделительные серии ТР и ТРТ с устройством непрерывного контроля изоляции применяются с целью исключения опасности случайного прикосновения персонала или пациента к токоведущим частям оборудования или нетоковедущим частям, оказавшимся под напряжением (в случае повреждения изоляции). Применение медицинского разделительного трансформатора и сети с изолированной нейтралью не допускает, в указанной ситуации, появления токовой цепочки и поражение человека электрическим током. Это позволяет продолжать операцию и использовать операционное оборудование (в т.ч. системы жизнеобеспечения) без угрозы жизни и здоровью пациента и персонала даже в аварийных ситуациях.

Изделие представляет собой законченную щитовую конструкцию с разделительным трансформатором (с заземленными экранами между первичными и вторичными обмотками), системой ограничения пускового тока, автоматами защиты по входу и выходу, системой контроля изоляции, температуры и тока нагрузки. Изделие имеет выход для подключения постов дистанционного контроля (ПДК) позволяющего контролировать состояние трансформатора и отводных линий.

Технические характеристики ТР с устройством непрерывного контроля изоляции:

- сопротивление изоляции: не менее 300 МОм;
- КПД: не менее 98 %;
- максимальное допустимое фазное входное напряжение: 250 В;
- напряжение испытания изоляции между первичной и вторичной обмотками: -4 кВ;
- значение порога срабатывания сопротивления изоляции: менее 50 кОм;
- время срабатывания системы контроля изоляции: 1–3 с;
- температурный диапазон: -10\+50°C;
- исполнение: от IP20 до IP54;
- автоматы защиты по входу и выходу. Обеспечивают защиту от сверхтоков. Стоит отметить «В медицинских системах ИТ-защита от перегрузок не допускается в питающих линиях (фидерах) до и после разделительного трансформатора».

Есть два пути выполнения этого требования:

- установка автоматических выключателей с характеристикой «С», но с завышенным номиналом, не отключающих трансформатор при перегрузке в течение 1 часа;
- установка автоматических выключателей без теплового расцепителя (только с защитой от сверхтоков)

Система контроля температуры трансформатора выдает сигнал о перегреве трансформатора на пост дистанционного контроля (ПДК) и на красный индикатор на лицевой панели изделия «АВАРИЯ».

Система контроля рабочего тока непрерывно контролирует величину тока нагрузки по фазам, при этом пост ПДК отображает величину текущей нагрузки трансформатора в процентах от номинальной. В случае превышения номинального значения, система контроля выдает аварийный сигнал на пост ПДК и на красный индикатор на лицевой панели изделия «АВАРИЯ».



Рисунок 2

Система ограничения пускового тока трансформатора обеспечивает ограничение пусковых токов при включении.

Система контроля изоляции осуществляет непрерывный мониторинг сети нагрузки с целью контроля состояния изоляции ИТ-сети. В случае снижения изоляции ниже установленного уровня (50 кОм) выдает сигнал «НАРУШЕНИЕ ИЗОЛЯЦИИ» на ПДК и на красный индикатор на лицевой панели изделия «АВАРИЯ».

Разделительный трансформатор должен иметь повышенную перегрузочную способность. При этом необходим непрерывный контроль нагрузки и температуры разделительного трансформатора для своевременного принятия персоналом соответствующих мер выхода из аварийного режима (например, отключения части нагрузки).

Повышенное требование к изоляции разделительного трансформатора, применяемого в медицинских целях, заключается в испытательном напряжении контроля изоляции между первичной и вторичной обмотками (должно быть не менее 4 кВ). Обязательное наличие экранирующей обмотки между первичной и вторичной обмотками разделительного трансформатора для снижения возможности возникновения пробоя изоляции между входной и выходной сетью.

Размещение медицинских разделительных трансформаторов

Медицинские разделительные трансформаторы можно разместить непосредственно в помещениях операционных, предоперационных, в палатах и т.д., коридорных нишах, этажной щитовой, помещении ГРЩ или щитовой учреждения.

Последний вариант не оптимален и применяется крайне редко, т.к. ведет к большой протяженности (емкости) линий и затрудняет оперативное обслуживание оборудования.

Размещение трансформаторов в этажной щитовой также редкое решение, как по вышеуказанным причинам, так и из-за отсутствия в мед. учреждениях подобных помещений.



Рисунок 3

При размещении необходимо учитывать, что любой трансформатор издает определенный шум в силу физического принципа своей работы. Поэтому на практике медицинские трансформаторы размещают в выделенных коридорных нишах (с обязательным обеспечением естественной вентиляции для теплоотдачи) или в помещениях операционных, предоперационных, в палатах и т.д., с обеспечением шумоизоляции.

В случаях острого дефицита свободных площадей (например, при модернизации существующих учреждений) применяют экономящие место комплексные установки.

Медицинские разделительные трансформаторы, представляющие собой сборку нескольких трансформаторов в одном щите для обеспечения отдельных ИТ-сетей. Например, 2 трансформатора для создания 2-х ИТ-сетей для 2-х операционных или 4 трансформатора для 4-х операционных.

Пост дистанционного контроля трансформатора (ПДК)

Медицинские разделительные трансформаторы рекомендуется комплектовать постами дистанционного контроля разделительных трансформаторов (ПДК), которые устанавливаются непосредственно в зоне работы персонала и имеют степень защиты IP54 (для санитарной обработки).

ПДК представляет собой устройство световой и звуковой сигнализации состояния изоляции, температуры и тока нагрузки разделительного трансформатора.

ПДК обеспечивает вывод звуковой и световой сигнализации о состоянии ТР и обеспечивает удаленный мониторинг состояния ТР:

- зеленая сигнальная лампа, которая служит для индикации нормальной работы и при уровне сопротивления изоляции более 50 кОм;
- желтая сигнальная лампа загорается при снижении уровня изоляции менее 50 кОм;
- желтая сигнальная лампа загорается при превышении нормируемой температуры обмоток разделительного – трансформатора;
- желтая сигнальная лампа загорается при перегрузке трансформатора. Желтые сигнальные лампы аварийного режима могут отключаться только при восстановлении нормальных параметров и условий эксплуатации разделительного трансформатора;
- звуковая сигнализация включается при выходе любого из контролируемых параметров за пределы нормы. Данная звуковая сигнализация может отключаться. Однако если звук был выключен при выходе одного из параметров за пределы нормы, то при выходе за пределы другого параметра включается снова;

Примечание. Так как многие медицинские приборы обладают собственной звуковой сигнализацией, то включение звуковой сигнализации ПДК не должно создавать помех для действия медицинского персонала и мешать проведению операций.

– кнопка «ТЕСТ» служит для проверки системы контроля изоляции. При нажатии кнопки имитируется снижение изоляции сети до 50 кОм;

– кнопка «СБРОС» для отключения сигнала.

ensbertech.by

ПРОСТОЕ ЗАРЯДНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ СВИНЦОВО-КИСЛОТНЫХ АККУМУЛЯТОРОВ НА ОСНОВЕ КОНТРОЛЛЕРА BQ2031, РЕАЛИЗУЮЩЕЕ ПРИНЦИП МРРТ

Локеш Гхульяни

Статья адресована тем, кто занимается разработкой зарядных устройств для свинцово-кислотных аккумуляторов, основанных на технологии МРРТ (maximum power point tracking – слежение за точкой максимальной мощности), и построенных на базе контроллера bq2031. В статье описывается решение для зарядки свинцово-кислотного аккумулятора на 12 А·ч с использованием МРРТ, обеспечивающее максимальный КПД при применении в системах солнечной энергетики.

Введение

Простейшим способом зарядки аккумулятора от панели солнечных элементов является подключение аккумулятора напрямую к панели, но этот способ не самый эффективный. Предположим, панель имеет номинальную мощность 75 Вт и вырабатывает ток 4,65 А при напряжении 16 В в стандартных условиях испытания: при температуре 25 °С и инсоляции 1000 Вт/м². Свинцово-кислотный аккумулятор имеет напряжение 12 В. Подключение панели солнечных элементов к такому аккумулятору напрямую снижает напряжение панели до 12 В, и для зарядки от панели может быть получено только 55,8 Вт (напряжение 12 В и ток 4,65 А). Для эффективной зарядки требуется преобразователь постоянного тока. В статье описывается, как спроектировать устройство с использованием контроллера bq2031 для эффективной зарядки аккумулятора.

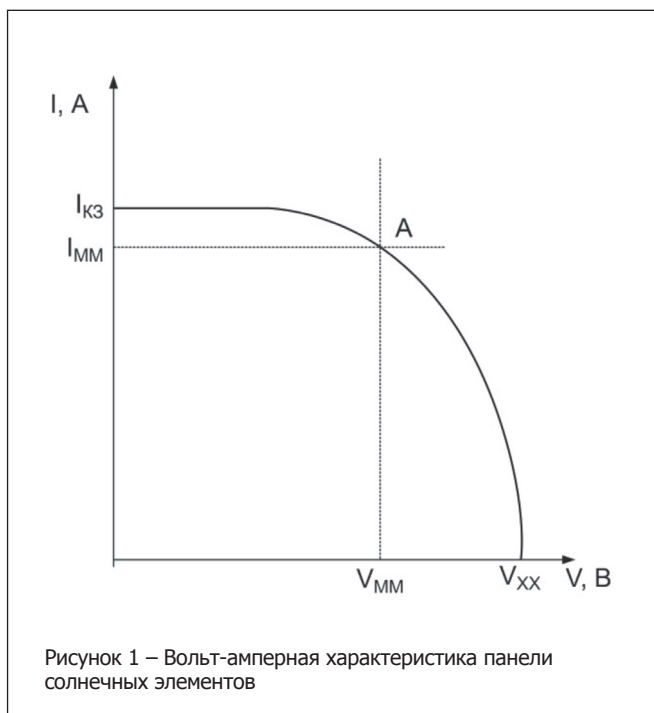


Рисунок 1 – Вольт-амперная характеристика панели солнечных элементов

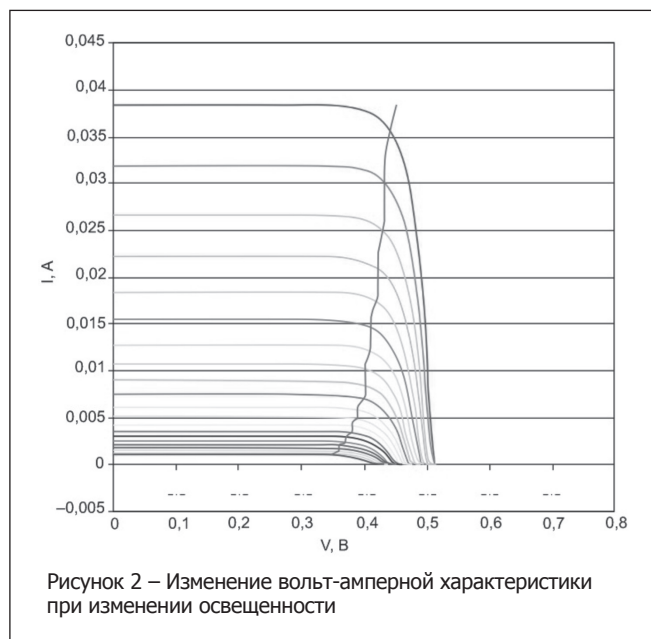


Рисунок 2 – Изменение вольт-амперной характеристики при изменении освещенности

Вольт-амперная характеристика панели солнечных элементов

На рисунке 1 показана типичная характеристика панели солнечных элементов. I_{K3} – это ток короткого замыкания, который протекает через панель при ее коротком замыкании. Это максимальный ток, который можно получить от панели. V_{XX} – это напряжение холостого хода (разомкнутой цепи) на клеммах панели. V_{MM} и I_{MM} – это напряжение и ток, при которых можно получить максимальную мощность от панели. По мере того, как засветка солнечным светом уменьшает максимальный ток (I_{K3}), который можно получить, максимальный ток от панели также уменьшается. На рисунке 2 показано изменение вольт-амперной характеристики в зависимости от освещенности солнечным светом. Кривая на рисунке 1 соединяет точки максимальной мощности при различных значениях инсоляции.

Назначение схемы МРРТ заключается в том, чтобы поддерживать рабочую точку панели в точке максимальной мощности при различных условиях освещенности. Как видно на рисунке 2, напряжение, при котором от панели передается максимальная мощность, не очень сильно меняется с изменением освещенности. Схема, спроектированная на основе контроллера bq2031, использует это свойство для реализации функции МРРТ. В схему добавлен дополнительный контур управления током для снижения зарядного тока по мере уменьшения освещенности и удержания напряжения панели вблизи значения напряжения в точке максимальной мощности.

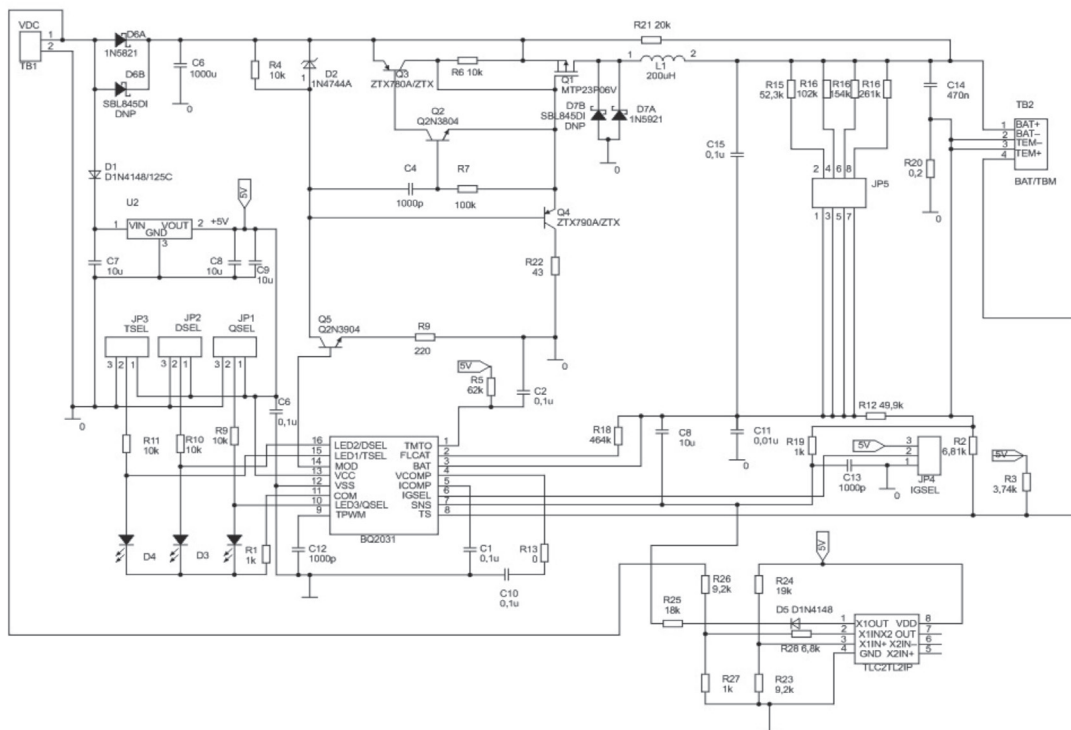


Рисунок 3 – Схема зарядного устройства, реализующего принцип MPPT, на основе контроллера bq2031

Зарядное устройство с MPPT на основе bq2031

На рисунке 3 показана схема платы DV2031S2 с дополнительным контуром управления током, добавленным для реализации функции MPPT, который выполнен на операционном усилителе TLC27L2. Контроллер bq2031 обеспечивает зарядный ток, поддерживая напряжение 250 мВ на измерительном резисторе R20. Опорное напряжение 1,565 В формируется из напряжения 5 В от U2. Входное напряжение сравнивается с опорным для формирования напряжения ошибки, которое подается на контакт SNS контроллера bq2031, чтобы уменьшить зарядный ток. Напряжение (VMM), при котором от панели можно получить максимальную мощность, программируется с помощью резисторов R26 и R27.

$$V_{MM} = 1,565(R_{26} + R_{27})/R_{27}$$

При $R_{27} = 1$ кОм и $R_{26} = 9,2$ кОм получается $V_{MM} = 16$ В. Операционный усилитель TLC27L2 имеет внутреннюю ком-

пенсацию с полосой частот 6 кГц при напряжении $V_{dd} = 5$ В. Поскольку ширина полосы TLC27L2 намного меньше частоты коммутации контроллера bq2031, дополнительный контур управления током остается устойчивым.

Контроллер bq2031 в вышеописанной схеме (рисунок 3) обеспечивает максимальный ток 1 А. Если панель солнечных элементов может обеспечить достаточную мощность для зарядки аккумулятора при токе 1 А, внешний контур управления не вступает в действие. Однако если освещенность уменьшается, и панель солнечных элементов не в состоянии обеспечить достаточную мощность для зарядки аккумулятора с током 1 А, внешний контур управления снижает зарядный ток, чтобы поддерживать входное напряжение в точке VMM. Результаты, показанные в таблице 1, подтверждают правильную работу схемы. Показания напряжения, выделенные жирным шрифтом, соответствуют состояниям, когда внешний контур управления уменьшает зарядный ток для поддержания входного напряжения вблизи точки VMM.

Таблица 1 – Регулирование входного напряжения в системе

№	$V_{вх}$ – Входное напряжение, В	Предел входного тока, обусловленный панелью солнечных элементов, А	$V_{вых}$ – напряжение заряда, В	$I_{вых}$ – ток заряда, А
1	18,00	1,5	13,00	1,06
2	16,14	0,95	12,97	0,94
3	16,13	0,80	12,92	0,788
4	16,11	0,70	12,88	0,692
5	16,10	0,60	12,84	0,588
6	16,10	0,50	12,80	0,484
7	16,11	0,40	12,76	0,392

ОБЗОР НОВИНОК КОМПАНИИ АИМТЕС

Компания AIMTEC успела завоевать сердца многих разработчиков благодаря широкой номенклатуре, высокому качеству, техническим характеристикам и конкурентоспособным ценам продукции. Производство компании и продукция сертифицированы по стандартам ISO 9001:2000, UL, CE и RoHS, соответствуют Техническим Регламентам Таможенного Союза ТР ТС 004/2011 «О безопасности низковольтного оборудования» и ТР ТС 020/2011 «Электromагнитная совместимость технических средств».

AIMTEC предлагает широкий спектр DC-DC (0,25...60 Вт), AC-DC (1...40 Вт) преобразователей и драйверов светодиодов (до 150 Вт), большинство моделей работоспособно в промышленном диапазоне температур -40...+85°C. Электрическая прочность изоляции вход-выход до 6000 В DC.

Можно отметить следующие тенденции:

1. В сериях маломощных DC-DC (0,25...3 Вт) преобразователей введена долговременная (вместо кратковременной) защита от короткого замыкания с автовосстановлением после снятия перегрузки. Модели с этой опцией имеют дополнительную букву «S» в наименовании (например, AM2DS-1205D-NZ вместо AM2D-1205D-NZ). В новых сериях преобразователей (например, AM2B-NZ, AM2F-Z) долговременная защита от КЗ реализована изначально. Также появился входной диапазон 48 В (43,2–52,8 В) в сериях AM1/4S-Z, AM1D-Z, AM1P-Z, AM1S-Z, AM2D-Z, AM2D-RZ, AM2S-Z.

2. Появились преобразователи с расширенным температурным диапазоном вниз до -55°C (например, серия AM5E-FZ) и вверх до 125°C (например, серия AM1LE-NZ).

3. Компания Aimtec запустила в производство AM1A-Z – новую серию одноваттных DC/DC преобразователей со стабилизированным выходом в корпусе SIP6, совместимую по цоколевке со стандартными преобразователями в корпусе SIP7 и сертифицированную в соответствии с международным стандартом безопасности UL 60950-1 Second Edition. Данный стандарт применяется для оборудования обработки информации (Information Technology Equipment).

Технические характеристики:

- сертифицированы в соответствии со стандартом: UL 60950-1 Second Edition;
- есть непрерывная защита от короткого замыкания;
- нет ограничения на минимальный ток нагрузки;
- номинальная мощность: 1 Вт;
- корпус: SIP6 (17,0×10,9×7,6 мм);
- входные напряжения: 4,5...9 В, 9...18 В, 18...36 В, 36...75 В;
- выходные напряжения с однополярным выходом: 5, 12, 15, 24 В;
- выходные напряжения с двуполярным выходом: ±12, ±15 В;
- рабочий диапазон температур: -40...+85 °C;
- напряжение изоляции вход-выход: 1500 В (постоянное напряжение).

Еще одной новинкой от Aimtec стала модель одноваттного DC/DC преобразователя AM1LE-NZ в корпусе SMD8 с расширенным температурным диапазоном.

К отличительным особенностям данной модели можно отнести:

- напряжение изоляции 3500 МВс (60 сек.);
- расширенный рабочий температурный диапазон от -50 до +125°C.

Анонсированы DC-DC преобразователи мощностью 15 Вт в корпусе DIP24 (серии AM15T-Z и AM15TW-Z).

Продолжает развиваться серия AMSR – импульсные преобразователи без гальванической развязки, ориентированные на замену популярной серии линейных стабилизаторов 78xx, с к.п.д. до 97 %, мощностью до 13 Вт и выходным током до 2 А.

К широкому ряду AC-DC преобразователей Aimtec добавились ультракомпактные AC-DC преобразователи серий AME-AZ и AMEL-AZ, мощностью 1, 2 и 3 Вт. Они производятся в герметичном корпусе (защита от влаги и пыли, вибрации) и характеризуются исключительно малыми габаритами.

Преобразователи выдают на выходе напряжения 3,3...24 В DC, есть модели с одним и с двумя выходами. Максимальный КПД составляет 80 %, диапазон рабочих температур – -40...+85 °C.

Технические характеристики:

- герметичный корпус для монтажа в отверстия;
- габариты: 33,7×22,2×18 мм (AME1/2/3-AZ); 28×23×17 мм (AMEL1/2/3-AZ);
- диапазон входных напряжений: 90...305 В AC (90...528 с суффиксом В) / 47...440 Гц;
- потребление без нагрузки: менее 0,3 Вт;
- КПД: до 80 %;
- рабочий диапазон температур: -40...+75 °C (AME1/2/3-AZ); -40...+85 °C (AMEL1/2/3-AZ);
- электрическая прочность изоляции вход/выход: 3000 В AC.

Защита от: превышения выходного напряжения; короткого замыкания; перегрузки.

К огромной номенклатуре led-драйверов компании Aimtec добавились led-драйвера серии CAZ, рассчитанные на работу при температурах от -55°C до +80°C. Эта серия является логичным продолжением серии AZ, работающей при температурах от -40°C. Серия AZ полностью заменила предыдущее поколение корпусных led-драйверов компании Aimtec.

Отличительные особенности модельного ряда led-драйверов серии AZ:

- входное напряжение 90...305 VAC или 120...430 VDC;
- ККМ во всех моделях (до 0,99);
- Led-драйверы мощностью от 5 до 30 Вт с пыле-влагозащищенностью по стандарту IP20, IP67 работают при температурах 0...80°C (для моделей на 5 Вт) или -20...+80°C (10...30 Вт);
- модели мощностью от 30 до 150 Вт с пыле-влагозащищенностью по стандарту IP68 работают при температурах от -40°C до +80°C;
- модели на 5 Вт без диммирования. Для моделей 10...30 Вт возможен заказ с TRIAC диммированием. У всех драйверов выше 30 Вт диммирование по умолчанию предусмотрено;
- защита OTP, SCP, OCP, OVP (защита от перегрева, защита от короткого замыкания, защита от скачков тока, защита от превышения выходных напряжений);
- потребление без нагрузки равно нулю;
- драйверы мощностью 30 Вт и выше могут работать в режиме стабилизации тока или в режиме стабилизации напряжения.

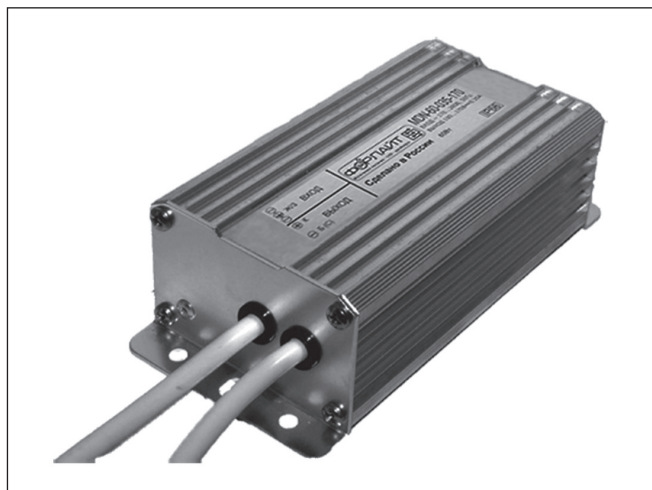
**Компания Альфакомпонент,
sensor@alfa-chip.com, +375(17) 3667601**

LED ДРАЙВЕРЫ

Для питания светодиода и поддержки постоянной яркости требуется постоянный ток. Поэтому для них используют особые светодиодные источники питания, называемые драйверами, которые следует отличать от стандартных блоков питания. Светодиодные драйверы обеспечивают стабильный ток на выходе, в то время как обычные источники питания – это источники напряжения.

Светодиодный драйвер трансформирует энергию питающей сети 220 В / 50 Гц в низковольтное напряжение, обеспечивая стабилизацию тока в подключенной светодиодной системе. При этом LED-драйвер защищает светодиоды от колебаний и скачков напряжения питающей сети, обеспечивая оптимальный режим работы LED-системы и предотвращая выход светодиодов из строя. Поддержка постоянного тока важна также и при изменении условий окружающей среды, когда повышение температуры может вызвать повышение уровня тока в нагрузке и, как следствие, выгорание дорогостоящего светодиода. А используя схему источника постоянного тока можно добиться высокоэффективного света с отличной долговечностью.

выходным током (для диммирования, регулировки яркости светодиода), они имеют суффикс -05 на конце маркировки.



Выделим некоторые преимущества использования светодиодных источников питания:

1) срок службы – 10 лет, гарантия производителя – 3 года. Как известно, светодиодные источники света отличаются долговечностью, их ресурс составляет до 50 тыс. часов, поэтому источник питания должен пережить светодиоды. При этом он должен иметь защиту от перегрева, перенапряжения и короткого замыкания;



Предлагаем модульные светодиодные драйверы отечественного производства в пластиковых (серия PDC) и алюминиевых корпусах (серия MDC) с классом защиты IP66. Драйверы могут быть использованы в электроустановках промышленного и бытового назначения, предъявляющих особые требования к величине пульсации светового потока. Корпуса источников полностью залиты теплопроводящим компаундом и могут использоваться в помещениях с влажностью до 100 %.

LED драйверы выпускаются мощностью от 20 до 60 Вт в пластиковом корпусе и от 100 до 150 Вт в алюминиевом. Доступны модели с выходным током на 150, 350, 400 и 700 мА. Также можно выбрать модели с регулируемым

2) высокая эксплуатационная стойкость. LED драйвер будет работать в той же среде, где работают светодиоды, поэтому он должен иметь соответствующий диапазон рабочих температур и работать в условиях повышенной влажности;

3) высокое КПД. Светодиодное освещение используется ради его низкого энергопотребления, поэтому источник питания также должен отвечать требованиям высокой эффективности работы;

4) минимальный уровень пульсаций. Поскольку яркость светодиода напрямую зависит от тока питания, то драйвер должен обеспечивать стабильное питание с минимальным током пульсаций (менее 1 %).

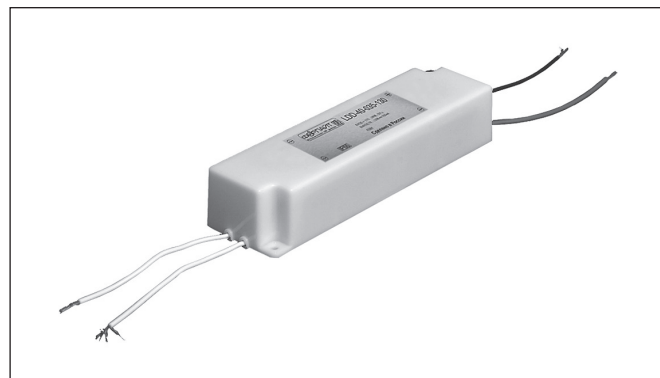


Таблица 1 – LED драйверы в алюминиевых корпусах

Наименование	Мощность, Вт	Вых. напр-е, В	Вых. ток, мА	Регулировка яркости	Габаритные размеры, мм
ADC-60-035-170-IP66-02	59,5	102-170	350		149x71x46
ADC-60-045-133-IP66-02	60	80-133	450		
ADC-60-070-085-IP66-02	59,5	51-85	700		
ADC-60-105-072-IP66-02	75,5	44-72	1050		
ADC-60-140-048-IP66-02	67	29-48	1400		
ADC-60-175-034-IP66-02	59,5	31-34	1750		
ADC-60-230-026-IP66-02	60	16-26	2300		
ADC-60-330-019-IP66-02	62,5	12...19	3300		
ADC-60-035-170-IP66-05	59,5	102-170	14-350	есть	149x71x46
ADC-60-070-110-IP66-05	77	66-110	28-700	есть	
ADC-60-070-085-IP66-05	59,5	51-85	28-700	есть	
ADC-60-140-048-IP66-05	67	29-48	56-1400	есть	
ADC-100-035-290-IP66-02	101,5	174-290	350		169x71x46
ADC-100-070-145-IP66-02	101,5	87-145	700		
ADC-100-070-170-IP66-02	119	102-170	700		
ADC-100-100-120-IP66-02	120	72-120	1000		
ADC-100-140-072-IP66-02	100	44-72	1400		
ADC-100-340-032-IP66-02	108,8	20-32	3400		
ADC-100-035-290-IP66-05	101,5	174-290	14-350	есть	
ADC-100-070-145-IP66-05	101,5	87-145	28-700	есть	
ADC-100-100-120-IP66-02	120	72-120	40-1000		
ADC-100-140-072-IP66-02	100	44-72	56-1400		
ADC-150-070-210-IP66-02	147	126-210	700		194x71x46
ADC-150-100-160-IP66-02	160	96-160	1000		
ADC-150-105-150-IP66-02	157,5	90-150	1050		
ADC-150-140-110-IP66-02	154	66-110	1400		
ADC-150-315-047-IP66-02	148	29-47	3150		
ADC-150-070-210-IP66-05	147	126-210	28-700	есть	194x71x46
ADC-150-100-160-IP66-05	160	96-160	40-1000	есть	
ADC-150-105-150-IP66-05	157,5	90-150	42-1050	есть	
ADC-150-140-110-IP66-05	154	66-110	56-1400	есть	
ADC-150-315-047-IP66-05	148	29-47	126-3150	есть	

Таблица 2 – LED драйверы в пластиковых корпусах

Наименование	Мощность, Вт	Вых. напр-е, В	Вых. ток, мА	Регулировка яркости	Габаритные размеры, мм
PDC-20-015-140-IP66-02	21	84-140	150		120x35x26
PDC-20-035-060-IP66-02	21	36-60	350		
PDC-20-035-048-IP66-02	21,6	29-48	450		
PDC-20-070-030-IP66-02	21	16-30	700		
PDC-40-018-180-IP66-02	41,5	108-180	230		147x41x28
PDC-40-030-130-IP66-02	39	78-130	300		
PDC-40-035-110-IP66-02	38,5	66-110	350		
PDC-40-035-130-IP66-02	45,5	78-130	350		
PDC-40-045-090-IP66-02	40,5	54-90	450		
PDC-40-070-056-IP66-02	39	34-56	700		
PDC-40-070-060-IP66-02	42	36-60	700		
PDC-40-100-042-IP66-02	42	26-42	1000		
PDC-40-100-034-IP66-02	35,5	21-34	1050		
PDC-40-018-130-IP66-05	39	78-130	12-300	есть	
PDC-40-035-130-IP66-05	45,5	78-130	14-350	есть	
PDC-60-035-170-IP66-02	59,5	100-170	350		162x43x32
PDC-60-070-085-IP66-02	59,5	50-85	700		
PDC-60-105-057-IP66-02	60	35-57	1050		
PDC-60-140-043-IP66-02	60	26-43	1400		
PDC-60-035-170-IP66-05	59,5	100-170	14-350	есть	162x43x32
PDC-60-070-085-IP66-05	59,5	50-85	28-700	есть	
PDC-60-105-057-IP66-05	60	35-57	42-1050	есть	
PDC-60-140-043-IP66-05	60	26-43	56-1400	есть	
PDC-60-250-024-IP66-05	60	14-24	100-2500	есть	

СРЕДСТВА И СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ

На сегодняшний день выпущены многочисленные узкоспециализированные труды, посвященные электрической защите источников питания. Рассмотрим лишь самые основные и часто используемые средства и системы защиты источников питания.

К важнейшему требованию, выдвигаемому техническим заданием к источнику питания, относится наличие системы защиты от перегрузок. Даже кратковременная перегрузка по току или короткое замыкание шин нагрузки способна привести к аварии, перегреву, воспламенению и, в итоге, – к пожару. Если в ключевом каскаде ток коллектора IGBT или стока MOSFET превысит предельное значение или если напряжение коллектор-эмиттер или сток-исток превысит максимальное допустимое в конкретном случае, рабочая точка транзистора покинет участок внутри области безопасной работы транзистора, и произойдет его выход из строя.

В случае отсутствия системы защиты от аварийного режима при насыщении магнитопровода трансформатора резко падает индуктивность обмоток, ток через которые во много раз возрастает. В результате, переключающий компонент и устройства, включенные последовательно с шиной питания (корректор коэффициента мощности, фильтр помех и пр.), вполне вероятно выйдут из строя. Аварийный режим возникает при «защелкивании» IGBT, при чрезмерном повышении напряжения питающей сети и во многих других случаях. Следовательно, системы защиты от перегрузки являются важными атрибутами современных источников питания. Они необязательны лишь в некоторых случаях.

Тепловые инерции работающих в ИИП диодов и транзисторов малы, и разрушения полупроводниковых кристаллов могут произойти в течение микросекунд, а в отдельных случаях – даже быстрее. По этой причине при использовании самоблокирующихся реле, герконов, плавких предохранителей или полупроводниковых самовосстанавливающихся предохранителей разрушение компонентов может произойти раньше, чем отработает система защиты ввиду несоразмерности быстродействия

средств защиты и тепловой инерционности защищаемых компонентов.

Другими словами, разработчик должен применять ту систему защиты, которая сообразна поставленной задаче. Любая система защиты должна отрабатывать всякую перегрузку, пока эксплуатируют источник питания, должна обладать требуемым быстродействием, в неактивном состоянии не должна влиять на качество электроэнергии, потребляемой нагрузкой. Она также, по возможности, не должна потреблять много энергии на собственные нужды и должна содержать минимальное число компонентов. К тому же, если это необходимо, система после срабатывания и устранения перегрузки должна автоматически возвращаться в исходное состояние.

Рассмотрим классификацию систем электрической защиты. Разнообразные варианты защиты подразделяют по принципу реализации на три типа:

- пассивные системы, компоненты которых получают энергию от возмущающего воздействия;
- активные системы, вырабатывающие сигнал о перегрузке, который отрабатывает система защиты, питающаяся от вспомогательного источника питания;
- схемотехнические системы, при использовании которых компоненты устройства автоматически регулируют свое состояние, самостоятельно предотвращая разрушение.

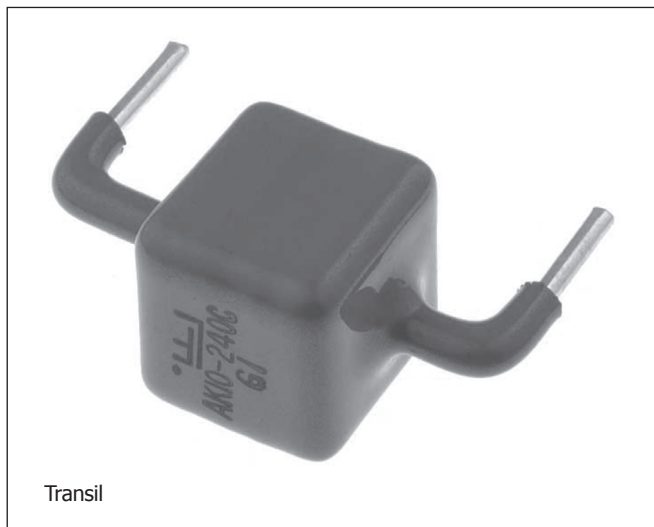
Аварийный режим может быть связан с отказом компонентов внутри источника питания или вызван внешними факторами, такими как нештатное изменение напряжения питающей сети.

К компонентам, которые осуществляют защитную функцию, относят стабилитроны, *transil*, запираемые и незапираемые тиристоры, IGBT, MOSFET, биполярные транзисторы, варисторы, термисторы, бареттеры, различные предохранители и автоматы с биметаллическими пластинками, реле, герконы, газовые разрядники и пр.

Контактные защитные устройства (например, контакторы, реле, предохранители) обладают низкой надежностью, и их быстродействие оставляет желать лучшего,



Самовосстанавливающиеся предохранители



Transil

однако, на замкнутых контактных устройствах защиты падает незначительное напряжение, а, значит, в них выделяется мало тепла.

Бесконтактные устройства защиты, выполненные на полупроводниковых компонентах, обладают, как правило, высокой надежностью и быстродействием, но на них падает повышенное напряжение относительно контактных устройств, следовательно, выделяется существенная мощность, часто вынуждающая применять охладители.

Для защиты от пробоя управляющего электрода недопустимо возросшим напряжением параллельно выводам затвор-исток MOSFET или затвор-эмиттер IGBT, работающим в ключевом режиме, включают стабилитроны и transil.

Для защиты ключевых IGBT и биполярных транзисторов от пробоя обратным напряжением, вызванным, например, действием ЭДС самоиндукции моточных компонентов, параллельно выводам коллектор-эмиттер также включают transil или стабилитроны.

Для уменьшения скорости нарастания напряжения на MOSFET, чересчур большая величина dU/dt которого способна привести к порче транзистора, между выводами сток-исток включают более быстродействующий оппозитный диод, чем паразитный р-п переход этого транзистора, или последовательно с выводами сток-исток MOSFET включают внешний диод. При этом падение напряжения на оппозитном диоде в прямом включении должно быть обязательно меньше, чем на паразитном диоде.

Параллельно обмотке трансформатора импульсного однотактного ИИП включают диод или стабилитрон, чтобы «срезать» индуктивный выброс напряжения. Во время включения бестрансформаторного источника питания для защиты диодов сетевого выпрямителя от импульса тока заряда конденсатора, который расположен в емкостном сглаживающем фильтре, последовательно

с питающей сетью устанавливают термистор, сопротивление которого велико в холодном состоянии и низко в разогретом.

Для защиты компонентов преобразователя импульсного источника питания от пробоя при аварийном повышении напряжения питающей сети последовательно с сетевым проводом монтируют плавкий предохранитель или автомат защиты по току, а после предохранителя параллельно подводящим сетевым проводам устанавливают варистор. Сопротивление варистора нелинейно.

Варистор – это специальный резистор, сопротивление которого резко уменьшается при увеличении приложенного к нему напряжения сверх лимитированного значения. Вольтамперная характеристика варистора симметрична. В случае кратковременного повышения сетевого напряжения внутреннее сопротивление варистора резко и многократно уменьшается, и он шунтирует входные шины источника питания, поддерживая напряжение на заданном уровне. Если перенапряжение будет длительным, то варистор очень быстро перегреется и выйдет из строя. При этом существенно возросший ток, протекающий через варистор, инициирует срабатывание предохранителя, который разомкнет цепь питания аппарата. Существуют варисторы с участком отрицательного сопротивления на вольтамперной характеристике. Такие приборы называют негисторами.

В качестве датчиков насыщения трансформаторов используют пояс Роговского, параметрические трансформаторы или датчики Холла. Датчики Холла посылают сигнал в задающий генератор на вывод ограничения скажности или запрета генерирования импульсов микросхемы.

Если необходимо измерить ток через ключевой транзистор однотактного ИИП малой или средней мощности, последовательно с выводом эмиттера IGBT или биполярного транзистора, или истока MOSFET, зачастую включают низкоомный постоянный резистор сопротивлением 0,05...2 Ом, служащий измерителем величины тока. При протекании тока через транзистор на резисторе будет падать напряжение, которое снимают и подают на устройство управления. В резисторе выделяется бесполезная мощность потерь, поэтому чаще используют трансформатор тока.

Последовательно с импульсным трансформатором преобразователя ИИП с целью защиты от перегрузки по току устанавливают трансформатор тока, служащий датчиком. Он выполнен на ферритовом сердечнике. Импульсное напряжение сигнала перегрузки с вторичной обмотки трансформатора тока выпрямляют, фильтруют и подают на вывод отключения управляющей микросхемы задающего генератора.

Для замедления переключения транзисторов, тиристоров и других компонентов параллельно их выводам анод-катод, сток-исток, коллектор-эмиттер и т.д. включают RC-цепи из резистора и конденсатора, включенных последовательно. При этом RC-цепочки снижают скорость нарастания напряжения, защищают компоненты от импульсов напряжения при переключениях, купируют затухающие колебательные процессы.

Системы защиты разнообразны, и решение о применимости определенных вариантов устройств защиты следует принимать сообразно конкретным задачам.

meandr.org



Варисторы

ТРЕБОВАНИЯ К МОНТАЖУ ИМПУЛЬСНЫХ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОМЕХИ

Монтаж источников питания должен быть выполнен в соответствии с частотой преобразования энергии. Так, монтаж линейных источников питания разительно отличается от монтажа высокочастотных импульсных источников питания. Если частота преобразования лежит выше звуковой, то несоблюдение требований к монтажу может привести к печальным последствиям в виде неустойчивой работы источника питания, вплоть до полной неработоспособности.

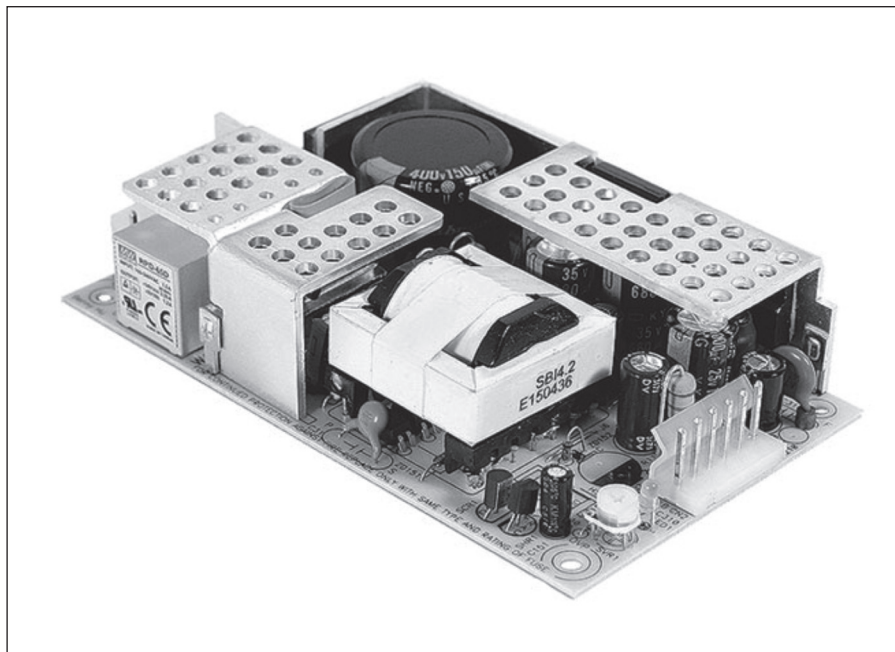
В зависимости от величины токов, протекающих по цепям, необходимо выбрать сечение монтажного провода, а также ширину дорожек печатной платы. Сила потребляемых токов некоторыми устройствами (например, цифровыми многопроцессорными системами обработки радиосигналов) может достигать сотен ампер при постоянных напряжениях в несколько вольт. На слишком тонком проводе может падать повышенное напряжение, что снизит КПД устройства и приведет к существенному образованию наводок, которые могут улавливаться чувствительными сигнальными цепями, в результате чего работа импульсного источника питания может быть нарушена.

помехи, проходящие через шины питания вне общего провода, – синфазными. Каждый из этих двух видов помех должен, если это требуется, подавляться соответствующим фильтром. В частности, для уменьшения синфазных помех на входе устройства между фазным проводом и заземленным устанавливают Y-конденсаторы, а для снижения дифференциальных помех используют X-конденсаторы, которые включают между фазными проводами. Данные конденсаторы должны обладать низкими показателями ESL и ESR. Кроме того, X-конденсатор должен выдерживать напряжение питающей сети и испытательное напряжение в 2,5 кВ, а Y-конденсатор, исходя из соображений техники безопасности, должен быть рассчитан на испытательное импульсное напряжение не менее 5 кВ, поскольку его пробой может привести к поражению электрическим током. Например, Y-конденсатор может быть керамическим дисковой формы, а X-конденсатор – пленочным.

Для лучшего подавления помех, кроме конденсаторов, в фильтрах используют дроссели, а сами фильтры могут состоять из двух каскадов. Дроссель синфазных помех обычно выполняют двухобмоточным, причем фази-

ровка обмоток должна быть такова, чтобы направление токов, текущих через обмотки, было противоположным. Обмотки желательно уложить на магнитопровод одновременно в два провода, а число витков обеих обмоток должно быть одинаковым.

Наведенные в магнитопроводе дросселя ЭДС обмоток одинаковы по величине и направлены встречно друг другу, благодаря чему синфазные помехи взаимно компенсируются. Такой дроссель синфазных помех еще называют симметрирующим. Для подавления дифференциальных помех используют один или два однообмоточных дросселя, включенных последовательно с фазным проводом. В качестве материалов магнитопроводов рассмотренных дросселей обычно используют порошковое железо, альсиферы, пресспермы или ферриты. Петля гистерезиса



Помехи распространяются от их источника как через поле в окружающее пространство, так и через электрические цепи. Для борьбы с помехами, распространяющимися через эфир, используют заземленные электромагнитные оплетки, соединенные с общим проводом экрана Фарадея; скручивают пары проводов, по которым текут противоположно направленные и равные по величине токи с целью частичной взаимной компенсации излучений.

Помехи, распространяющиеся через общий провод, называют симметричными или дифференциальными, а

магнитопроводов дросселей не должна заходить в область насыщения, для чего в их магнитные системы при необходимости следует ввести немагнитные зазоры.

Паразитную емкость между ключевым транзистором и охладителем можно снизить, поместив между ними экран-фольгу, электрически соединенную с общим проводом и изолированную с обеих сторон от транзистора и охладителя слюдяными или керамическими прокладками. Чувствительные цепи и компоненты следует размещать как можно дальше от источников излучений. Дорожки

печатной платы, по которым протекают большие импульсные токи, должны быть как можно короче и шире, поскольку дорожки такой конфигурации обладают минимальной паразитной индуктивностью.

При разводке печатной платы следует оставить как можно больше фольги, соединенной с общим проводом. Если плата двусторонняя, то фольгу желательно одной из сторон использовать в качестве экрана, электрически соединив ее с общим проводом.

Если транзисторы необходимо закрепить на охлаждающем, расположенном отдельно от платы, то пару проводов от коллектора и эмиттера или стока и истока следует скрутить между собой.

Монтажные провода и выводы компонентов должны быть по возможности минимальной длины. Следует избегать появления паразитных контуров, образованных дорожками и компонентами, по которым будут течь токи, и которые не были учтены при трассировке печатной платы, поскольку замкнутые паразитные контуры являются источниками электромагнитных излучений.

Если силовой импульсный трансформатор имеет Ш-образный магнитопровод, то для снижения поля рассеяния все три его керна целесообразно охватить снаружи витком из широкой и тонкой медной ленты, конец и начало которой необходимо спаять между собой для образования короткозамкнутого витка.

Электролитические алюминиевые конденсаторы с повышенными паразитной индуктивностью и паразитным сопротивлением, через которые протекают импульсные токи большой величины, следует шунтировать высокочастотными керамическими конденсаторами. Например, шунтировать следует электролитический алюминиевый конденсатор, входящий в первое звено фильтра выпрямителя импульсного напряжения, от которого получает энергию нагрузка. Электролитический алюминиевый конденсатор фильтра выпрямленного сетевого напряжения, от которого потребляет импульсный ток высокочастотный преобразователь, также следует шунтировать керамическим, полимерным или, что хуже, пленочным конденсатором с низкими показателями ESL и ESR.

Спектр наводок, генерируемых импульсным источником питания, тесно связан со скоростью нарастания напряжения во время работы в ключевом режиме компонентов. Этими компонентами могут быть, например, ключевые транзисторы и диоды выходного выпрямителя импульсного напряжения. Для снижения излучаемых наводок уменьшают скорость нарастания напряжения на ключевых транзисторах, для чего электроды стока и истока шунтируют RC-цепочками. Следует отметить, что образующие RC-цепь резистор и конденсатор должны обладать низкими паразитными индуктивностями.

Скорость нарастания напряжения на ключевых транзисторах зависит от их типа и марки. Например, высоковольтные ключи на MOSFET способны переключаться быстрее ключей на высоковольтных биполярных транзисторах. Следовательно, при отсутствии демпфирования и использовании MOSFET величина и спектр излучаемых помех будет больше и богаче. Для сужения спектра излучаемых полей можно использовать не ШИМ- или ЧИМ-преобразователь, а квазирезонансный или резонансный преобразователь, предпочтительно с переключением при нуле напряжения.

При использовании в выходном импульсном выпрямителе диодов, в которых велика скорость рекомбинации носителей заряда, в окружающее пространство будут излучаться высокочастотные помехи. Для их ослабления параллельно каждому диоду включают RC-цепочку или надевают на любой из выводов каждого диода маленькое ферритовое колечко, которое обладает индуктивностью, препятствующей быстрому изменению величины тока через диод.

Диоды сетевых выпрямителей для снижения помех иногда шунтируют керамическими конденсаторами емкостью 1...22 нФ, а RC-цепи допустимо не использовать в случае применения диодов, изготовленных по технологии FRED (обладают длительным периодом обратного восстановления, в течение которого происходит плавная рекомбинация носителей заряда).

При монтаже MOSFET и IGBT необходимо не допускать воздействия на них статического электричества, для чего монтажник должен воспользоваться заземляющим браслетом, паяльником с заземленным корпусом и антистатической одеждой.

Источники питания могут быть предназначены для эксплуатации в широком диапазоне климатических и механических воздействий. Например, на источник питания могут оказывать воздействие удары, вибрации, атмосферные осадки, перепады температур. Кроме того, изоляция проводов и корпуса некоторых компонентов могут стать объектом питания грибков и микроорганизмов, что особенно актуально в корабельной аппаратуре, эксплуатирующейся в тропических районах. Под влиянием дестабилизирующих факторов режимы работы компонентов могут измениться, а предельные режимы эксплуатации некоторых компонентов выйдут из регламентированных пределов. Все вредные воздействия должны быть отражены в требованиях технического задания и учтены разработчиком источника питания.

meandr.org

ТТСС ЗАО «Промтехсервисснаб»

г. Минск, ул. Богдановича, 120 Б, ком. 6,
e-mail: uslugi@zapservis.by,
www.zapservis.by

Тел.: 266-23-94; 266-23-92,
моб.: (029) 676-02-56,
моб.: (044) 773-72-04,
факс: 266-23-94.

Контрактное производство РЭА:

- ✓ Автоматизированный монтаж SMD-компонентов любой сложности.
- ✓ Комбинированный монтаж с использованием компонентов DIP (выводных), а также SMD (планарных).
- ✓ Сборка корпусных деталей и узлов.
- ✓ Ультразвуковая отмывка печатных плат и узлов высококачественными импортными растворами.
- ✓ Нанесение влагозащитных покрытий.

**Высокотехническое импортное оборудование обеспечивает высокое качество производимой продукции.*

Продажа неликвидов ПК для РЭА:

- ✓ Резисторы, конденсаторы, транзисторы, микросхемы и т.д.

УНН 690277564

СПОСОБЫ ОХЛАЖДЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ

Способы охлаждения компонентов типовых источников питания

При работе источника питания его компоненты нагреваются. Нагрев мощных компонентов может быть столь велик, что без дополнительного отведения тепла от их кристаллов использовать устройство невозможно. Для отвода тепла от компонентов используют теплоотводы, а для уменьшения температуры нагрева применяют охладители, называемые также радиаторами. Охлаждение компонентов источников питания может быть естественным и принудительным. Принудительное охлаждение осуществляют вспомогательными техническими средствами, например: вентиляторами для ускорения циркуляции воздуха, насосами систем жидкостного охлаждения, в которых тепло переносят вода или масло. При естественном охлаждении технические средства, увеличивающие интенсивность теплообмена, не используют.

Тепло может быть отведено от разогретых компонентов конвекцией, кондукцией, излучением или комбинацией этих способов. Теплообмен, при котором корпус компонента или охладитель нагревает более холодный окружающий воздух, и его нагретые массы поднимаются вверх, называют конвекцией. Конвекция тем интенсивнее, чем больше разность температур нагретого тела и воздуха, чем выше скорость циркуляции вещества, переносящего тепло, и чем эффективнее охладитель. Также она зависит от ориентации в пространстве.

Передача тепла через конструктивные элементы устройства – это кондукция. Теплообмен кондукцией может осуществляться через боковины, пластины, стенки.

Передачу энергии в окружающее пространство путем распространения волн от предмета называют излучением. Интенсивность излучения зависит от степени черноты охладителя. Так, например, темные матовые и черные поверхности имеют наибольшую степень черноты 0,92..0,98 и лучше всего излучают энергию. Светлые и полированные поверхности обладают степенью черноты 0,04..0,08 и хуже всех годятся для теплообмена путем излучения.

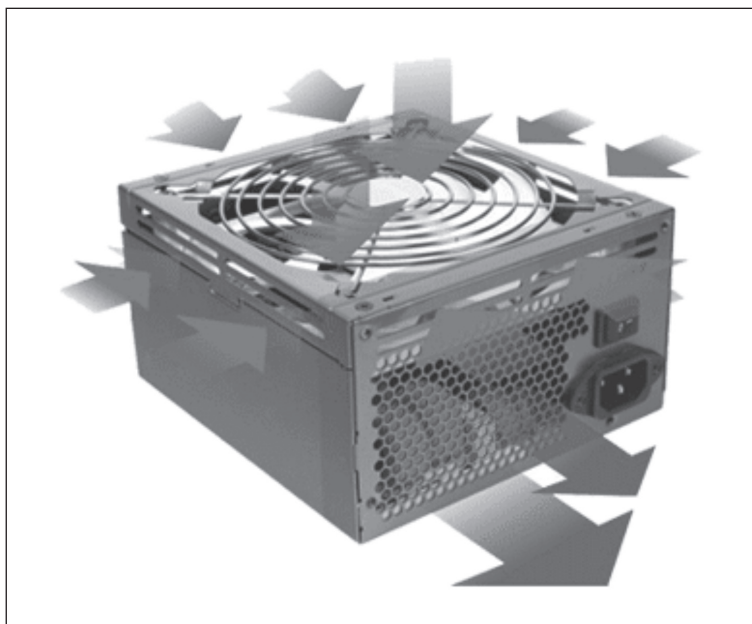
Охладители могут иметь различную форму и конструкцию. Широко распространены игольчатые, пластинчатые, ребристые, жалюзийные радиаторы, охладители типа «краб». Эффективность охладителя не прямо пропорциональна его габаритам. Иногда небольшой охладитель эффективнее несколько более крупного радиатора, а бывает и наоборот.

Для максимальной эффективности системы охлаждения должны быть соблюдены следующие правила:

- плита, к которой крепится корпус компонента, должна быть достаточно толстой, чтобы тепло распространилось к самым дальним участкам теплоотвода;
- под корпусом компонента в теплоотводе не должно быть лишних отверстий, а тепловое сопротивление между корпусом компонента и теплоотводом должно быть мини-

мальным, для чего используют теплопроводящие пасты, такие как КПТ-8;

- компонент должен быть прикреплен в том месте теплоотвода, при нахождении в котором все наиболее отдаленные части охладителя прогреты равномерно;
- ребра радиаторов должны быть параллельны направлению перемещения воздушных масс;
- для наилучшего излучения охладитель должен быть черным или темным матовым, для чего металл красят или покрывают лаком соответствующего цвета.



Теплообмен посредством одного вида передачи энергии встречается редко. Чаще всего используют сложный теплообмен, т.е. образованный всеми тремя видами передачи энергии. При этом общий поток отвода тепла равен сумме потоков от конвекции, кондукции и излучения.

Способы охлаждения компонентов специальных источников питания

Случается, что закреплять компонент непосредственно на охладителе неудобно (например, в случае отсутствия места для радиатора при плотной компоновке источника питания или если тепловыделяющий компонент – в бескорпусном исполнении).

Тогда между компонентом и охладителем размещают теплопровод, по которому передается тепло. В качестве теплопровода обычно используют тепловые трубы, что позволяет внести существенный вклад в микроминиатюризацию силовых устройств.

Тепловая труба – это замкнутый сосуд, стенки которого изнутри покрыты наполнителем с капиллярной структурой. Он заполнен жидким переносчиком тепла, имеющим зону испарения и зону конденсации. Тепловые трубы обладают в сотни раз большей теплопроводностью, чем металлы. В качестве капиллярной структуры могут выступать волокни-

стые вещества, порошки, металлические сетки и пр., а тепло может переноситься спиртом, эфиром, водой и некоторыми другими веществами.

В зоне нагрева происходит испарение переносчика тепла, по паровому каналу вещество переносится в зону охлаждения, в которой конденсируется в жидкость, а она, в свою очередь, по капиллярной структуре возвращается в зону нагрева. Зона переноса может быть теплоизолирована от окружающей среды. К металлизированному участку тепловой трубы в зоне испарения приклеивают или прижимают нагретый компонент, а к металлизированному участку трубы в зоне конденсации присоединяют охладитель.

В настоящее время тепловые трубы используют на материнских платах компьютеров для отвода тепла, а также в специальных импульсных источниках питания мощностью от сотен ватт до десятков киловатт.

Многие современные ракеты оснащены бортовым компьютером, прокладывающим оптимальный курс полета. Вычислительная система получает энергию от источника питания. Важнейшие требования к источнику питания такого летательного аппарата – это малые габариты и вес, высокая надежность в течение полета и обеспечение всех заданных параметров бортовой сети. При этом источник питания работает кратковременно, обычно – от нескольких

минут до нескольких часов. После попадания ракеты в цель повторное использование источника питания не требуется – он уже выполнил поставленную перед ним задачу.

Поскольку металлические охладители обладают крупными недостатками в виде большой массы и габаритов, то вместо них или совместно с миниатюрными радиаторами используют испаряющиеся вещества, поглощающие энергию при протекании химических реакций или физических преобразований. Капсула с веществом откупоривается при старте ракеты. Источник питания и летательный аппарат в целом будет нормально функционировать до тех пор, пока испаряющееся вещество полностью не исчерпает свои охлаждающие возможности, поэтому масса вещества должна быть достаточна и рассчитана на все время перелета.

Охлаждение иных специальных источников питания может быть организовано плавящимися веществами, которые после остывания восстанавливают свое исходное состояние, т.е. служат аккумуляторами тепла. В качестве плавящихся веществ обычно используют кристаллический азотнокислый никель, кристаллический углекислый натрий, кристаллический сернокислый натрий, гидрат окиси бария, пальмитиновую кислоту и пр.

meandr.org

НОВОСТИ

ВЫСТАВКА «ЭЛЕКТРОНИКА-УРАЛ 2015» СОСТОИТСЯ В ЕКАТЕРИНБУРГЕ

17–19 ноября 2015 года в Центре Международной Торговли Екатеринбург впервые откроет двери Международная специализированная выставка «Электроника-Урал 2015». Мероприятие состоится одновременно с XI Международной специализированной выставкой «Передовые Технологии Автоматизации. ПТА-Урал 2015» и VI Специализированной конференцией «АПСС-Урал 2015» (Автоматизация: Проекты. Системы. Средства). Организатор: ЗАО «ЭКСПОТРОНИКА».

Тематика выставки «Электроника-Урал 2015» охватывает разделы:

- электронные компоненты и комплектующие;
- полупроводниковые устройства;
- датчики и средства контроля;
- интегральные микросхемы и оптоэлектроника;
- печатные платы;
- СВЧ-компоненты;
- силовые компоненты;
- источники питания;
- программное обеспечение и услуги;
- оборудование и технологии для производства электроники.

Для Уральского региона выставка «Электроника-Урал 2015» станет уникальной возможностью ознакомиться с новинками продукции и выгодными предложениями в области промышленной электроники. Участниками выступят ведущие бренды, гибкие молодые компании, а также региональные производители, которые смогут достойно представить свои разработки в рамках экспозиции и деловой программы. Проведение мероприятия в Екатеринбурге

решит для заказчиков из числа промышленных предприятий задачу командирования сотрудников в другие регионы страны. Совмещение экспозиции с тематикой автоматизации расширит отраслевой и профессиональный охват посетителей, предоставив возможность найти решение нескольких задач за один визит.

В рамках деловой программы выставки состоится конференция «Электронные компоненты и технологии. Промышленная электроника». Тематические секции затрагивают вопросы контрактного производства электроники, импортозамещения, источников питания, беспроводных технологий и компонентов.

Официальную поддержку выставочным проектам «Электроника-Урал 2015» и «ПТА-Урал 2015» оказывают: Аппарат Полномочного представителя Президента РФ в Уральском федеральном округе, Администрация Екатеринбурга, Международное общество автоматизации (ISA), Уральская торгово-промышленная палата, Свердловский областной Союз промышленников и предпринимателей и другие структуры.

Посетителями Международной специализированной выставки «Электроника-Урал 2015» станут руководители, ведущие инженеры и главные специалисты приборостроительных, электротехнических, транспортных, ремонтных компаний, конструкторских бюро и других организаций Уральского региона.

Вход для специалистов отрасли бесплатный при предварительной регистрации на сайте.

pta-expo.ru

ИНФОРМАЦИОННЫЙ КЛАСТЕРНЫЙ ПОДХОД В ПРОЕКТИРОВАНИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ

УДК 681.5.09

А.В. Гулай, В.М. Зайцев,
БНТУ, г. Минск

Аннотация

Выполнен анализ влияния основополагающих информационных факторов на процесс проектирования интеллектуальной мехатронной системы с цифровым управлением. В качестве информационного критерия эффективности управления в каждом цикле функционирования системы выбрана степень соответствия параметров векторов управления и результатов идентификации текущих состояний. На основе формального представления закона У.Р. Эшби о необходимом системном разнообразии предложен комплексный информационный подход к выработке и принятию системотехнических проектных решений. Данные решения обеспечивают существенные ограничения возможных негативных отклонений в поведении объекта управления и мехатронной системы после отработки управляющих воздействий.

Введение

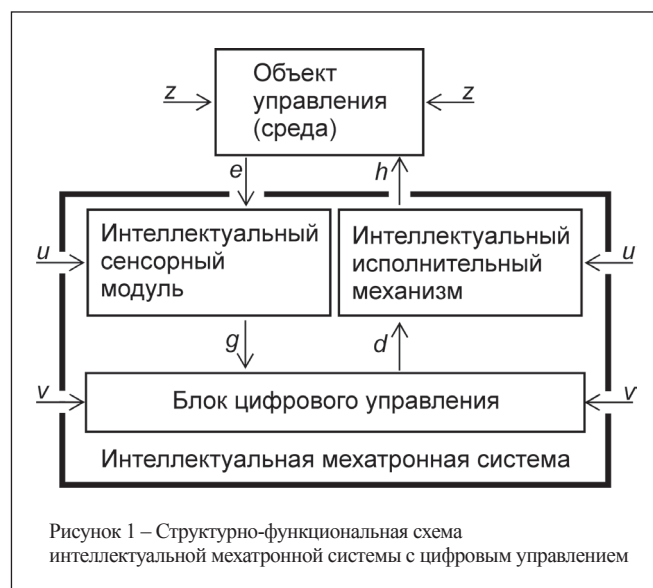
Эффективность функционирования интеллектуальных систем управления, в частности, интеллектуальных мехатронных систем, в существенной мере определяется корректностью и устойчивостью информационного взаимодействия всех ее компонентов и, следовательно, применяемыми информационными технологиями. В качестве основополагающего фактора, влияющего на процессы проектирования мехатронной системы с цифровым управлением, рассматривается общность информационных требований к ее интеллектуальным компонентам (подсистемам): сенсорному модулю, блоку цифрового управления, исполнительному механизму и системным каналам обмена данными. Технические характеристики основных компонентов такой системы должны обеспечивать их информационную совместимость на всех этапах осуществляемых преобразований: функционально-информационного; собственно информационного; информационно-функционального. Проблема информационной совместимости модулей мехатронной системы рассматривается при анализе всех видов сигналов, отображающих возможные состояния и воздействия в системе.

Достижение основного результата при функционировании интеллектуальной мехатронной системы предлагается оценивать получаемым информационным эффектом. При этом необходимо, в первую очередь, исследовать влияние информационных факторов на принятие проектных системотехнических решений при создании интеллектуальной мехатронной системы. Одной из первоочередных задач при разработке мехатронной системы является также определение параметров, которые способны достаточно полно и объективно характеризовать процессы получения и использования системной информации. Указанные положения выдвигаются на первый план в связи с усложнением логических структур и расширением функций востребованных практикой мехатронных систем с цифровым управлением, а также в связи с увеличением объемов циркулирующей в них и перерабатываемой ими системной информации.

Учет информационных факторов в проектировании интеллектуальных мехатронных систем

Анализируемая обобщенная структурно-функциональная схема интеллектуальной мехатронной системы с цифровым управлением представлена на рисунке 1. Направления передачи информации указаны стрелками. Здесь приняты следующие условные обозначения сигналов и воздействий: e – контролируемые сигналы состояний объекта управления и системы; g – информационный вектор параметров состояний объекта управления и системы; d – вектор параметров ответных системных воздействий (вектор управления); h – управляющие воздействия на объект (среду) и систему; z , u , v – возмущающие воздействия.

При проектировании интеллектуальной мехатронной системы необходимо выполнение всех частных требований, предъявляемых к ее компонентам и к основным аспектам их технической совместимости, что является обязательным условием обеспечения согласованного функционирования подсистем. Однако даже при полном соблюдении указанных требований в мехатронной системе возможно информационное рассогласование ее составных частей и модулей. В качестве причин, приводящих к непредсказуемому изменению информации, циркулирующей в интеллектуальной мехатронной системе, и, следовательно, к негативным отклонениям в поведении объекта управления и системы, выступают различные возмущающие воздействия. Противодействие отрицательным явлениям и достижение информационного согласования компонентов интеллектуальной мехатронной системы на различных уровнях структуры и на разных этапах ее функционирования может быть достигнуто за счет применения



специальных методов и приемов из арсенала современных интеллектуальных системных технологий.

Разнообразие возможных состояний XS^* объекта управления и мехатронной системы определяется комбинациями текущих состояний основных составных частей с учетом влияния на них различных возмущающих факторов. В числе таких факторов могут быть флуктуации параметров объекта управления, изменения электромагнитных и механико-климатических условий или параметров функционирования сенсорного и актюаторного оборудования интеллектуальных модулей, воздействия помех на электронные компоненты цифрового блока управления, а также на системные каналы передачи информационных векторов g и векторов управления d . Очевидно, что множество состояний XS^* по своей природе является бесконечным.

Для реализации процессов цифрового управления множество XS^* в соответствии с целевыми задачами системы нуждается в предварительной кластеризации, чтобы каждому выделенному кластеру состояний можно было поставить в соответствие более предпочтительное состояние, или обеспечить неизменным текущее состояние, а при необходимости осуществить требуемый переход с помощью тех или иных сигналов и команд управления. Такой подход предполагает в каждом цикле управления выполнение операций сопоставления фактической информации текущего вектора g с результатами предварительной кластеризации. Это, в принципе, обеспечивает фактическое дискретное преобразование возможных исходных состояний объекта управления и системы, а также использование полученного дискретного базиса для идентификации состояний и выработки параметров (координат) векторов управления d .

Допустим, что для некоторой мехатронной системы S выполнена предварительная экспертная кластеризация множества XS^* и в соответствии с целевыми задачами выделено дискретное подмножество наиболее существенных и практически осуществимых системных состояний:

$$XS = \{XS_i\}, i = 1, 2, \dots, n; \quad (1)$$

$$XS \in XS^*. \quad (2)$$

Кроме того, в этом же множестве на основе наборов целевых критериев, характерных для систем конкретного функционального назначения, априорно выделено дискретное подмножество наиболее предпочтительных (или благоприятных) состояний:

$$X = \{X_j\}, j = 1, 2, \dots, m; \quad (3)$$

$$X \in XS \in XS^*. \quad (4)$$

Разнообразие и параметры элементов структуры мехатронной системы с цифровым управлением должны, с одной стороны, обеспечивать полноценное отображение выделенных дискретных состояний, а с другой стороны, реализовать наиболее правдоподобную идентификацию состояний по текущим параметрам информационных векторов g [1]. В идеальном случае требуется, чтобы неопределенность относительно текущего состояния объекта управления и системы полностью отсутствовала, а оценка нахождения их в фактическом состоянии выполнялась с вероятностью, равной 1.

В качестве информационного критерия эффективности управления в каждом цикле работы системы целесообразно выбрать степень соответствия синтезированных параметров вектора управления d результатам идентификации текущего состояния. Управляемость и соответствующее ограничение возможного разнообразия в поведении объекта управления и системы может быть достигнуто исключительно за счет выработки системой достаточного количества различных векторов управления d , реализуемых с помощью наборов сигналов и команд.

Будем полагать, что мехатронная система управляема и при отработке очередного вектора управления d_t она целенаправленно переходит из текущего состояния XS_i в более предпочтительное состояние X_j или сохраняется в текущем состоянии. Векторы управления выбираются из допустимого множества $D = \{d_t\}; t = 1, 2, \dots, w$. В соответствии с формальным представлением закона У.Р. Эшби о необходимом разнообразии, системное управление осуществимо и действительно только при соблюдении условия энтропийного баланса [2]:

$$H(X) \geq H(XS) - H(D) + H(XS/D); \quad (5)$$

$$H(D) - H(XS/D) = I(D, XS). \quad (6)$$

Здесь, $H(X)$, $H(XS)$, $H(D)$ – значения безусловной энтропии, характеризующие, соответственно, разнообразие множества выборов наиболее предпочтительных состояний X , разнообразие множества возможных состояний объекта управления и системы XS и множество векторов управления D ; $H(XS/D)$ – условная энтропия, характеризующая неопределенность состояния объекта после выбора и отработки исполнительным механизмом вектора управления; $I(D, XS)$ – количество информации в цифровом блоке управления относительно множества XS .

Данное условие устанавливает тот факт, что при управлении энтропию состояний объекта можно понизить исключительно на величину содержащейся в блоке управления информации относительно возможных состояний. В информационном аспекте, это условие указывает на невозможность снижения энтропии при отсутствии управления, что, в определенной степени, соответствует второму началу термодинамики о невозможности невосполняемого кругового энергообмена. Для реализации управления необходимо принятие таких системных проектных решений, которые обеспечивают ограничения возможного разнообразия в поведении объекта управления, и, следовательно, минимизируют энтропию $H(X)$. Естественным путем уменьшения энтропии $H(X)$ является снижение безусловной энтропии $H(XS)$ объекта управления и системы.

Кластеризация системоразличимых состояний объекта управления в мехатронной системе

Обычно на основе предварительного моделирования процессов функционирования мехатронной системы S , последующего системного анализа и экспертной кластеризации могут быть выделены и специфицированы существенные системоразличимые состояния $\{XS_i\}; i = 1, 2, \dots, n$, а также оценены ожидаемые вероятности $\{PS_i\}; i = 1, 2, \dots, n$

нахождения в этих состояниях. Для функционально полного множества возможных состояний необходимо, чтобы

$$\sum_{i=1}^n PS_i = 1. \quad (7)$$

В этом вопросе важнейшее значение имеет схема кластеризации, которая активно влияет на построение алгоритмов функционирования цифрового блока в цепи управления системы. Анализ показывает, что эффективные результаты можно ожидать, прежде всего, при использовании эвристико-алгоритмических методов и приемов в интеллектуальных технологиях проектирования [1]. В настоящей работе для выполнения кластеризации состояний XS предлагается применить достаточно универсальный допусковый принцип, многократно апробированный в различных непрерывных (аналоговых) системах контроля электромеханического и электронного оборудования [3].

Состояние объекта управления и мехатронной системы в каждом цикле функционирования естественно оценивать по текущим значениям параметров (координат) информационных векторов:

$$g_v = (\alpha_{1v}, \alpha_{2v}, \alpha_{3v}, \dots, \alpha_{nv}), \quad (8)$$

которые формируются измерительными трактами системы на основании сигналов сенсоров. В состав вектора g должны включаться (в терминологии У.Р. Эшби) только «главные параметры» [2]. На стадии системного анализа целесообразно полагать координаты данного вектора взаимно независимыми, что соответствует наилучшим условиям оценки энтропии $H(XS)$. Для формирования возможных состояний XS необходим набор значений ожидаемых вероятностей нахождения каждого из параметров в пределах (границах) требуемых допусков $\pi_1, \pi_2, \pi_3, \dots, \pi_r$, где $\{\pi_i\}$; $z = 1, 2, \dots, r$ – вероятности благоприятных событий [3]. При этом, указанные параметры находятся в диапазоне $\alpha_{zv} \in (\alpha_{zn}, \alpha_{zv})$; α_{zn}, α_{zv} – требуемый нижний и верхний пределы допуска параметра α_z для $z = 1, 2, \dots, r$.

Состав «главных параметров» и пределы требуемых допусков задаются экспертами – высококвалифицированными системными аналитиками в области создания и использования мехатронных систем конкретного функционального назначения. Набор ожидаемых вероятностей нахождения каждого из параметров в пределах требуемых допусков устанавливается путем моделирования процессов формирования и получения блоком цифрового управления векторов $g_v = (\alpha_{1v}, \alpha_{2v}, \alpha_{3v}, \dots, \alpha_{nv})$. Существенными и определяющими факторами, которые влияют на вероятности $\pi_1, \pi_2, \pi_3, \dots, \pi_r$, являются чувствительность сенсоров, точностные параметры трактов измерения, достоверность передачи параметров векторов g по системным каналам в цифровой блок управления, техническая надежность аппаратуры, алгоритмы оцифровки и обработки измерительной информации.

При размерности r информационного вектора g максимальное количество дискретных состояний объекта управления и системы, которые могут быть выделены при использовании предлагаемой схемы кластеризации, равно 2^r . Первое состояние XS_1 множества XS задается как состояние нахождения всех параметров вектора g в пределах требуемых допусков. Такое состояние является единственным и в циклах управления реализуется с вероятностью

$$PS_1 = N \prod_{k=1}^r \pi_k, \quad (9)$$

где N – коэффициент нормирования, который определяется значением

$$N = 1 / \left[\prod_{k=1}^r \pi_k + \sum_{p=1}^r (1 - \pi_p) \prod_{\substack{k=1 \\ k \neq p}}^{r-1} \pi_k + \dots + \prod_{k=1}^r (1 - \pi_k) \right]. \quad (10)$$

Ко второй группе состояний $XS_2, XS_3, \dots, XS_{(r+1)}$ могут быть отнесены состояния нахождения всех параметров вектора g , за исключением любого одного параметра, в пределах требуемых допусков. Количество таких состояний r и вероятность их реализации равна

$$PS_i = N (1 - \pi_p) \prod_{\substack{k=1 \\ k \neq p}}^{r-1} \pi_k, \quad i = 2, 3, \dots, r, r+1 \quad (11)$$

К третьей группе относятся состояния $XS_{(r+2)}, XS_{(r+3)}, \dots, XS_{(r(r-1)/2+2)}$ нахождения всех параметров вектора g , за исключением любых двух параметров, в пределах требуемых допусков. Количество таких состояний равно $r(r-1)/2!$ и вероятность их реализации составляет

$$PS_i = N (1 - \pi_p) (1 - \pi_q) \prod_{\substack{k=1 \\ k \neq p, k \neq q}}^{r-2} \pi_k, \quad i = r+2, r+3, r(r-1)/2!+2 \quad (12)$$

для $p = 1, 2, 3, \dots, r$; $q = 1, 2, \dots, r$; $p \neq q$.

Аналогичным образом строятся остальные группы состояний с номерами 4, 5, ..., $(r-1)$, кроме последней. К последней группе с номером r может быть отнесено состояние нахождения всех параметров вектора g вне пределов требуемых допусков. Такое состояние является единственным и в циклах управления оно реализуется с вероятностью

$$PS_r = N \prod_{k=1}^r (1 - \pi_k). \quad (13)$$

Энтропия $H(XS)$, характеризующая разнообразие множества возможных состояний объекта управления и системы XS , задается следующим соотношением [4]:

$$H(XS) = - \sum_{i=1}^{n=2^r} PS_i \log PS_i. \quad (14)$$

Если координаты информационного вектора g составлены действительно из «главных параметров», а второстепенные, третьестепенные и другие малозначащие параметры экспертами отсеяны, то фактическое уменьшение энтропии $H(XS)$ принципиально возможно с использованием следующих способов:

- с помощью огрубления информации и искусственного уменьшения размерности r информационного вектора;
- за счет дополнительной иерархической кластеризации состояний на втором или на более высоких уровнях;
- путем введения иерархии уровней управляющих воздействий в нисходящем процессе ответных системных реакций.

Уменьшение размерности информационного вектора может быть реализовано путем установления практической границы системной различимости состояний, при этом специфицируется первое состояние, состояния второй группы, состояния третьей группы и так далее до границы различимости. Остальные состояния заменяются одним укрупненным состоянием с суммарной вероятностью реализации. Такой способ ведет к упрощению алгоритмов функционирования цифрового блока управления и к сокращению общего времени выработки ответных реакций. Правомочность указанного проектного решения определяется экспертами в зависимости от конкретного функционального назначения мехатронной системы. Однако этот прием уменьшения энтропии допустим не для всех классов и типов мехатронных систем.

Дополнительное введение иерархии состояний или управляющих воздействий ведет к усложнению структуры множества XS , и, следовательно, к неминусуемому усложнению мехатронной системы. Такой прием снижения энтропии сопровождается увеличением продолжительности (по времени) выработки управляющих воздействий.

Выбор информационных векторов управления в интеллектуальной мехатронной системе

Следует отметить, что принятие проектных решений по построению цифрового блока управления в рассматриваемом системном аспекте на основе строгих расчетно-аналитических методов в общем случае вряд ли возможно. Эффективными практическими направлениями использования предлагаемого информационного подхода являются:

- комплексное применение знаний экспертов, наиболее полное введение их знаний в процесс проектирования мехатронной системы;
- сопоставление расчетных оценок энтропии $H(XS)$ для возможных альтернативных решений в создании интеллектуальной мехатронной системы;
- моделирование с целью принятия окончательного системного варианта при построении цифрового блока управления создаваемой системы.

Моделирование процессов управления позволяет оценить вероятности $\{P_{ij}\}$; $i = 1, 2, \dots, n = 2^r$; $j = 1, 2, \dots, m$ выбора в циклах управления для различных исходных системных состояний XS_i , тех или иных, наиболее благоприятных, по мнению системных аналитиков, состояний

$$\sum_{j=1}^m P_{ij} = 1. \quad (15)$$

Достижение требуемых состояний может быть реализовано за счет целенаправленного применения различных вариантов системных решений и соответствующих им управляющих векторов и воздействий. При комплексном информационном описании процессов управления целесообразно использование для различных пар системных состояний $\{XS_i, X_j\}$ метода экспертного задания вероятностей $\{P_{t/ij}\}$; $t = 1, 2, \dots, w$; $i = 1, 2, \dots, n = 2^r$; $j = 1, 2, \dots, m$ выбора в циклах управления допустимых векторов управления $d_t \in D$, ко-

торые обеспечивают перевод системы в благоприятные состояния. Таким образом, может быть сформирован вероятностный параллелепипед, на основе которого порождаются основные компоненты энтропийного баланса процессов управления в системе (рисунок 2). При этом, число возможных управляющих воздействий определяется произведением $n = 2^r m w$.

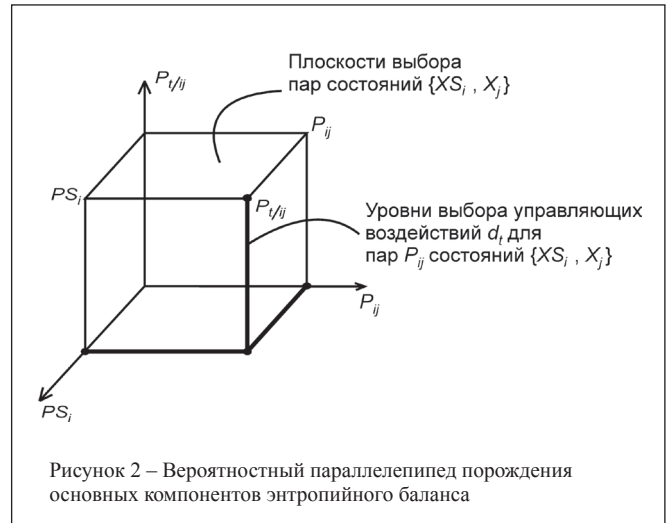


Рисунок 2 – Вероятностный параллелепипед порождения основных компонентов энтропийного баланса

Полная энтропия выбора управляющих воздействий из множества D для обеспечения всех пар состояний $\{XS_i, X_j\}$ требует сложения частных энтропий по всем элементам множества D, X, XS :

$$H(D) = - \sum_{t=1}^w \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n=2^r} P_{t/ij} \log P_{t/ij}, \quad (16)$$

где $P_{t/ij}$ – полная вероятность выбора управляющего воздействия d_t в точке $\{XS_i, X_j\}$.

В реальных условиях, для большинства систем вероятностные процессы выбора благоприятных системных состояний и вероятностные процессы выбора векторов управления с приемлемым уровнем приближения могут считаться статистически независимыми. Поэтому допустимо полагать, что $P_{t/ij} = P_{t/ij} P_{ij}$ в этом случае выражение (16) принимает следующий вид:

$$\begin{aligned} H(D) &= - \sum_{t=1}^w \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n=2^r} (P_{t/ij} P_{ij}) \log (P_{t/ij} P_{ij}) = \\ &= - \sum_{t=1}^w \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n=2^r} (P_{t/ij} P_{ij}) \log P_{t/ij} - \\ &\quad - \sum_{t=1}^w \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n=2^r} (P_{t/ij} P_{ij}) \log P_{ij}. \end{aligned} \quad (17)$$

Для минимизации энтропии $H(X)$ необходимо принятие проектных решений, при которых $H(D) \rightarrow H(XS)$. Следует учитывать тот факт, что при использовании предложенной схемы кластеризации наблюдается сужение области допустимого выбора более благоприятного состояния X_j для некоторого исходного состояния XS_i в

плоскостях $\{XS_i, X_j\}$. Данная область ограничивается номерами групп, к которым относятся состояния XS_i . Действенное и рациональное управление d_i должно сопровождаться переводом объекта и системы в состояния только тех групп, которые имеют меньшие номера. В связи с этим, в техническом отношении необходимо не простое формальное изменение уровня неопределенности в выборе векторов управления, а, прежде всего, планомерные системотехнические действия по расширению управленческого ресурса и, в первую очередь, спектра возможных приемов и способов управления объектом и системой.

Условная энтропия $H(XS/D)$ указывает на сохранение неопределенности в состоянии объекта и системы после выбора и отработки вектора управления. Значение условной энтропии определяется уровнем достоверности адекватной отработки управляющих воздействий на основе параметров вектора управления, который характеризуется энтропией $H(h/D)$, а также уровнем достоверности передачи параметров векторов управления d по каналам системы. Для указанного уровня достоверности характерна энтропия $H(\Delta d/d)$:

$$H(XS/D) = H(h/D) + H(\Delta d/d), \quad (18)$$

где

$$H(h/D) = - \sum_{i=1}^w \sum_{l=1}^L Q_{il} \log Q_{il}, \quad (19)$$

Q_{il} – вероятность адекватной отработки исполнительным механизмом параметра β_{il} вектора управления

$$d_i = (\beta_{i1}, \beta_{i2}, \dots, \beta_{iL_i}). \quad (20)$$

Применение эффективных корректирующих кодов в зависимости от типов системных каналов (волоконно-оптических, проводных или радиоканалов) позволяет существенно повысить достоверность передачи информационных векторов g и векторов управления d , но не обеспечивает абсолютной достоверности передаваемой информации – во всех случаях $H(\Delta d/d) \neq 0$ [5]. Следует подчеркнуть также, что составляющую $H(XS/D)$ энтропийного баланса необходимо рассчитывать для каждого альтернативного технико-алгоритмического решения и применять вариант, минимизирующий эту составляющую [5–8].

Заключение

Предлагается достижение основного результата при функционировании интеллектуальной мехатронной системы оценивать получаемым информационным эффектом. При этом, в качестве основополагающего информационного фактора, влияющего на процесс проектирования мехатронной системы с цифровым управлением, рассматривается общность информационных требований к ее интеллектуальным компонентам. Информационным критерием эффективности управления в каждом цикле функционирования мехатронной системы выбрана степень соответствия параметров векторов управления, синтезируемых системой, и результатов идентификации ее текущих состояний.

На основе формального представления закона У.Р. Эшби о необходимом системном разнообразии предложен информационный кластерный подход к разработке и принятию системотехнических проектных решений. Для формирования возможных состояний используется набор значений ожидаемых вероятностей нахождения каждого из параметров объекта управления и мехатронной системы в пределах требуемых допусков. Показано, что при информационном кластерном описании процессов управления целесообразно использование экспертной оценки вероятности выбора допустимых векторов управления, которые обеспечивают перевод системы в благоприятные состояния.

Литература:

1. Гулай, А.В. Интеллектуальные технологии синтеза стратегических решений при создании сложных систем / А.В. Гулай, В.М. Зайцев // Электроника инфо. – 2014. – № 5.
2. Эшби, У.Р. Введение в кибернетику / У.Р. Эшби. – М.: Иностранная литература, 1959.
3. Карибский, В.В. Основы технической диагностики / В.В. Карибский, П.П. Пахоменко, Е.С. Согомонян, В.Ф. Халчев. – М.: Энергия, 1976.
4. Вентцель, Е.С. Теория вероятностей / Е.С. Вентцель. – М.: Наука, 1969.
5. Шеннон, К. Работы по теории информации и кибернетике / К. Шеннон. – М.: Иностранная литература, 1963.
6. Смит, С. Цифровая обработка информации / С. Смит. – М.: Издательский дом «ДодЭка-XXI», 2008.
7. Феер, К. Беспроводная цифровая связь / К. Феер. – М.: Радио и связь, 2000.
8. Кларк, Д. Кодирование с исправлением ошибок в системах цифровой связи / Д. Кларк, Д. Клейн. – М.: Радио и связь, 1987.

Abstract

During mechatronic system functioning it is proposed to assess achievement of the main result by means of the obtained information effect. Being so, commonality of informational requirements to intellectual components of the system is considered to be the basic informational factor influencing the process of mechatronic system design with digital control. The degree of conformity of controlling vectors parameters, which are synthesized by the system, and the results of identifying its current states has been selected as the informational criterion of control efficiency in each cycle of informational system functioning.

On the basis of the formal representation of the W.R. Ashby's law on the required systematic variety the informational cluster approach is proposed for elaboration and adoption of systems engineering design solutions. In order to form possible states a set of values of expected probabilities is used for achievement of each parameter location in the control object and the mechatronic system within the required tolerances. It is shown that during informational cluster description of control processes the use of expert assessment of selecting the allowed control vectors is expedient for provision of system transfer to favorable states.

Поступила в редакцию 16.06.2015 г.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕНТИЛЬНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА, РАБОТАЮЩЕГО В ЗАДАННОМ ДИАПАЗОНЕ ЗНАЧЕНИЙ ВЫХОДНЫХ КООРДИНАТ

УДК 621.382.3

А.Г. Стрижнев, А.А. Шихов, НП ООО «ОКБ ТСП», г. Минск;
А.Н. Русакович, БГУИР, г. Минск

Аннотация

В статье приведены результаты исследования нелинейного объекта управления (ОУ), работающего в заданном диапазоне значений выходных координат. Для исследования использован авторский метод, а в качестве ОУ выбран электропривод (ЭП), содержащий вентильный двигатель. Осуществлено снятие, построение, нормирование и аппроксимация различных регулировочных характеристик (РХ) исследуемого ЭП. На основании полученных данных проведено снятие различными методами логарифмических амплитудно-фазовых частотных характеристик (ЛАФЧХ) и построение результирующих ЛАФЧХ. С использованием результирующих ЛАФЧХ, выполнена структурная и параметрическая идентификация и определена передаточная функция ЭП. Используя результаты идентификации и нормированные РХ, воспроизведены полная РХ и переменный коэффициент передачи ЭП. Получена модель ЭП и проведена проверка ее работы, которая показала высокую точность воспроизведения параметров реального ЭП. Результаты исследований подтверждают высокую эффективность авторского метода, что позволяет использовать его для исследования других нелинейных ОУ.

Введение

Ранее [1], авторами был разработан метод исследования нелинейных объектов управления (ОУ), работающих в заданном диапазоне выходных координат. Особенностью предложенного метода является возможность проведения исследований нелинейных технических ОУ, которые идентифицировать обычными (традиционными) методами сложно или невозможно. Для оценки эффективности данного метода требуется рассмотреть конкретные практические примеры идентификации ОУ, одним из которых является электропривод с вентильным двигателем. В дальнейшем, этот электропривод будет исследован с помощью разработанного метода.

Структурная схема электропривода

Для исследования выбран электропривод (рисунок 1), содержащий задающее устройство ЗУ, контролирующее устройство КУ, цифровое усилительно-преобразовательное устройство ЦУПУ, выполненное на основе контроллера EPOS2 50/5, вентильный двигатель (Махон EC-max 30) ВД, исполнительный механизм ИМ, нагрузку Н и цифро-

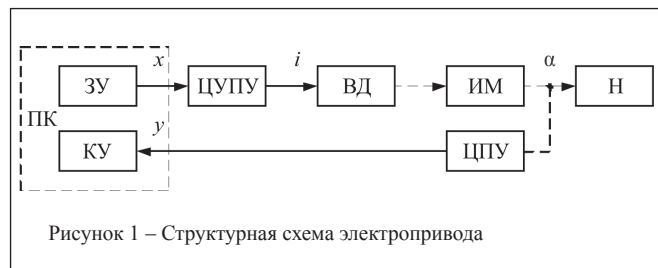


Рисунок 1 – Структурная схема электропривода

вой преобразователь угла ЦПУ типа Махон MR, Тип ML, 500 имп/об. В качестве устройств ЗУ и КУ использован персональный компьютер ПК со специальным программным обеспечением (СПО).

В данном электроприводе двигатель управляется током, который стабилизируется с помощью ПИД-регулятора, реализованного в ЦУПУ.

ЦУПУ представляет собой цифро-аналоговый преобразователь ЦАП с коэффициентом преобразования $K_{ЦАП} = i/x = 2 \text{ А}/2000 \text{ дел} = 0,001 \text{ А/дел}$, а преобразователь ЦПУ представляет собой аналого-цифровой преобразователь АЦП с коэффициентом преобразования $K_{АЦП} = y/\alpha = 76100 \text{ дел}/120^\circ \approx 634,16 \text{ дел/}^\circ$.

Электропривод (рисунок 1) может работать в диапазоне углов поворота $\alpha = \pm 60^\circ$, что соответствует изменению выходного цифрового сигнала y , снимаемого с ЦПУ, в пределах $\pm 38\,050$ дел. Величину входного цифрового сигнала x можно изменять в диапазоне ± 2000 дел, что соответствует диапазону токов $i = \pm 2 \text{ А}$.

Снятие и построение регулировочных характеристик

Для снятия РХ использовано СПО, разработанное в среде C++ Builder 6 [2, 3]. На вход ОУ подавались ступенчатые сигналы x_i равномерно изменяемой амплитуды 50...2000 дел с шагом изменения 100 дел. Для лучшей последующей обработки данных, количество повторений в течение цикла сканирования $T_{ЦС}$ было выбрано равным 10. Исходя из условия исключения ударов механизма ОУ об ограничители, автоматически определена точка $|D|$ реверсирования, величина которой составила $\pm 47^\circ$ и в процессе снятия РХ не изменялась. При снятии РХ определялись максимальные $\dot{y}_{\max}$ значения выходной скорости привода (дел/с), а также максимальные $\ddot{y}_{\max}$ значения выходного ускорения привода (дел/с²).

Примеры выходных сигналов $\dot{y}_i$ и $\ddot{y}_i$ при входном сигнале с амплитудой $x_i = \pm 300$ дел и периодом $T_i = 0,8$ с приведены на рисунке 2.

Для построения РХ было проведено дифференцирование и фильтрация полученных экспериментальных данных с помощью СПО, разработанного в среде MATLAB.

Экспериментально снятые данные РХ по скорости и ускорению представлены в таблице 1.

Используя данные таблицы 1, построены РХ по скорости и по ускорению, которые приведены на рисунке 3.

С использованием данных таблицы 1 и выражения приведенной погрешности $N = [(y_o - y_u)/y_{\max.\varepsilon}] \cdot 100\%$, где $y_o = \dot{y}_{\max}^+$, ($y_o = \dot{y}_{\max}^+$); $y_u = \dot{y}_{\max}^-$, ($y_u = \dot{y}_{\max}^-$); $y_{\max.\varepsilon} = \dot{y}_{\max.PX}^+$, ($y_{\max.\varepsilon} = \dot{y}_{\max.PX}^+$) проведена оценка несимметричности ветвей РХ (рисунок 3). Знак плюс указывает на положительную ветвь РХ, а знак минус – на отрицательную. Применительно к вращательному движению принято считать, что положительная ветвь РХ образуется при вращении ОУ по часовой

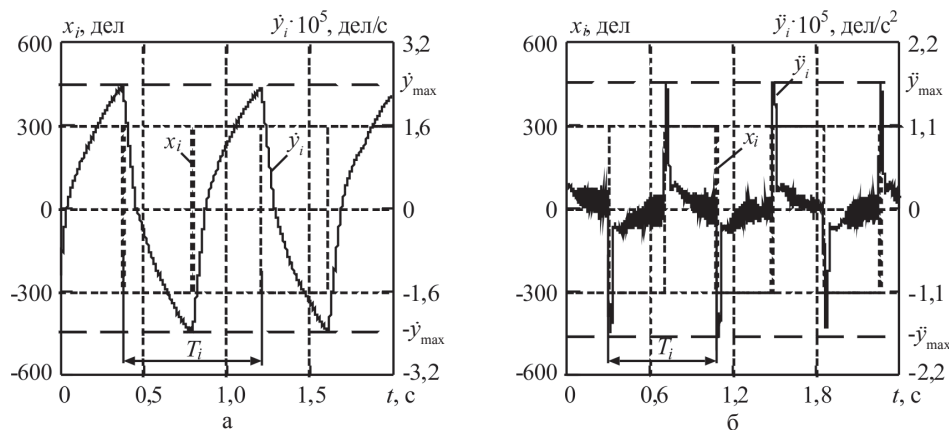


Рисунок 2 – Входные и выходные сигналы при снятии РХ: а – по скорости; б – по ускорению

Таблица 1 – Экспериментально снятые данные РХ по скорости и ускорению

x^+ , дел	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
$\dot{y}_{\max}^+$, дел/с	71 467	197 367	241 700	279 633	281 367	282 467	282 467	283 267	283 200	282 567
$\ddot{y}_{\max}^+ \cdot 10^4$, дел/с ²	810	1284	1728	2148	2586	3066	3614	3930	4376	4782
x^- , дел	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000
$\dot{y}_{\max}^-$, дел/с	282 600	282 800	283 167	282 267	282 533	282 667	283 033	280 933	281 433	283 233
$\ddot{y}_{\max}^- \cdot 10^4$, дел/с ²	5198	5608	5998	6346	6812	7182	7554	7936	8244	8716
x^+ , дел	-100	-200	-300	-400	-500	-600	-700	-800	-900	-1000
$\dot{y}_{\max}^-$, дел/с	-47 867	-177 200	-251 567	-280 033	-281 400	-281 933	-284 100	-282 900	-282 933	-282 133
$\ddot{y}_{\max}^- \cdot 10^4$, дел/с ²	-822	-1290	-1848	-2238	-2588	-3014	-3438	-3860	-4306	-4730
x^- , дел	-1100	-1200	-1300	-1400	-1500	-1600	-1700	-1800	-1900	-2000
$\dot{y}_{\max}^+$, дел/с	-282 500	-282 700	-283 567	-282 433	-282 500	-282 933	-282 633	-280 133	-282 467	-282 767
$\ddot{y}_{\max}^+ \cdot 10^4$, дел/с ²	-5132	-5544	-5928	-6374	-6712	-7100	-7538	-7894	-8304	-8634

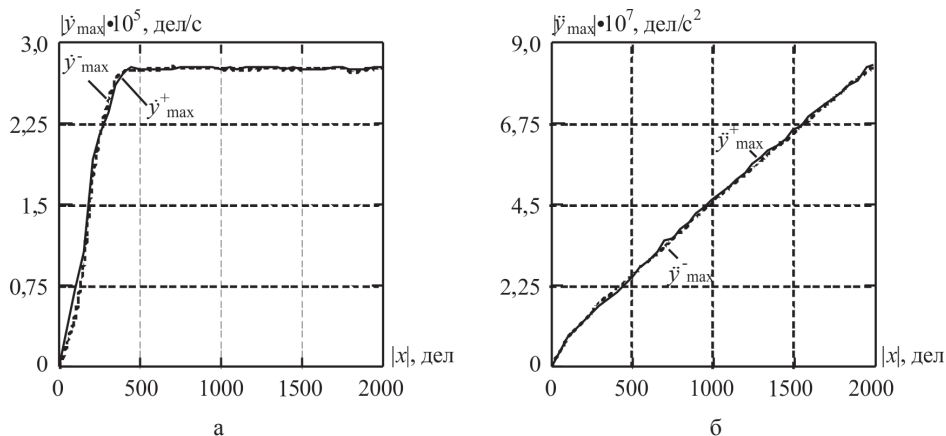


Рисунок 3 – Регулировочные характеристики: а – по скорости; б – по ускорению

стрелке, а отрицательная – при вращении ОУ против часовой стрелки. Для РХ по скорости максимальное значение приведенной погрешности $N_{\max}$ не превышает 8,3 %, а среднее квадратичное $N_{\text{СКВ}}$ отклонение составило 1,93 %. Для РХ по ускорению максимальное значение $N_{\max}$ не

превышает 2,02 %, а среднее квадратичное $N_{\text{СКВ}}$ отклонение составило 0,79 %. При вычислении среднее квадратичных отклонений использовано выражение: $N_{\text{СКВ}} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n N_i^2}$, где

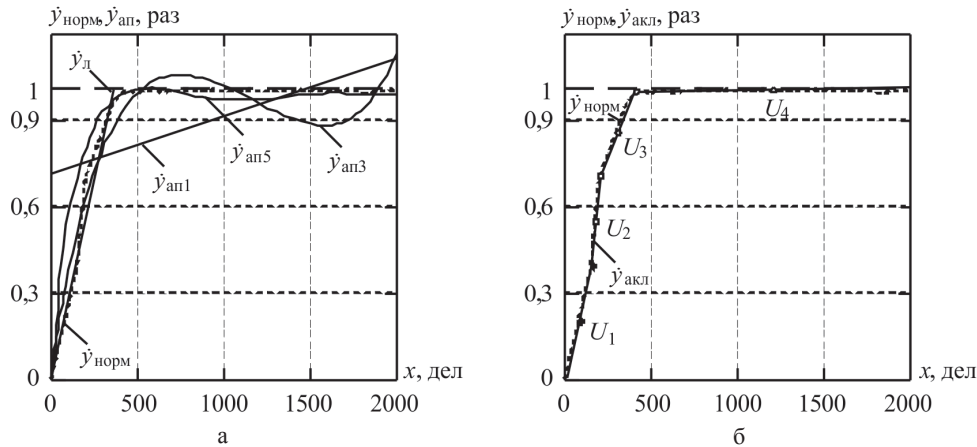


Рисунок 4 – Аппроксимация нормированной PX: а – полиномиальная; б – кусочно-линейная

Таблица 2 – Результаты полиномиальной аппроксимации

Параметры	c_5	c_4	c_3	c_2	c_1	c_0	$p_{\max}$	$p_{\text{скв}}$
Полином, $n=1$ ($y_{\text{ан}1}$)	–	–	–	–	0,0002	0,7037	70,37 %	17,80 %
Полином, $n=3$ ($y_{\text{ан}3}$)	–	–	$8,4 \cdot 10^{-10}$	-0,000003	0,0032	0	16,86 %	8,35 %
Полином, $n=5$ ($y_{\text{ан}5}$)	$4,355 \cdot 10^{-16}$	$-2,916 \cdot 10^{-12}$	$7,45 \cdot 10^{-9}$	-0,000008957	0,00497	0	19,01 %	4,21 %

N_i – текущее значение несимметричности; $i = 1 - 20$ – номер отсчета; $n = 20$ – объем выборки.

В рамках проводимых исследований, полученные значения несимметричности являются несущественными, и в дальнейшем все расчеты будут проводиться только для положительных ветвей PX. Следует заметить, что в связи с тем, что PX по ускорению практически линейная (рисунок 3 б), то в дальнейшем будет использоваться только PX по скорости. При необходимости проведения дополнительных исследований может быть использована и PX по ускорению.

Используя выражение $y_{\text{норм}} = y/y_{\text{макс. PX}}$ (где $y_{\text{макс. PX}} = y_{\text{макс. PX}}^+ = 283233$ дел/с, из таблицы 1), проведено нормирование положительной ветви PX (рисунок 4 а), а также осуществлена аппроксимация нормированной PX полиномами $y_{\text{ап}} = c_0 x^0 + c_1 x^1 + c_2 x^2 + \dots + c_n x^n$ различной степени. Полиномиальная аппроксимация проводилась с помощью расширения Curve Fitting Toolbox пакета программ MATLAB [4, 5]. Параметры полиномов, максимальные и среднеквадратичные отклонения приведены в таблице 2, а результаты нормирования и аппроксимации представлены на рисунке 4 а. При вычислении отклонений использовано выражение $p = [(y_i - y_{\text{ап}})/y_{\text{и. макс}}] \cdot 100 \%$, где $y_{\text{и}} = y_{\text{норм}}$ – текущее значение нормированной PX; $y_{\text{и. макс}} = 1$. Среднеквадратичские значения отклонений вычислялись по выражению, аналогичному $N_{\text{СКВ}}$.

Как видно из рисунка 4 а, аппроксимация полиномом 1-й степени не может использоваться, т.к. имеет ненулевое значение при нулевом входном сигнале. В случае необходимости, выражение 1-й степени $y_{\text{д}}$, аппроксимирующее PX, можно получить, соединив начальную и конечную точки PX, как на рисунке 4 а.

Используя выражение

$$y_{\text{акл}} = \frac{1}{2} \left[y_0 + \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} (x - x_0) + y_{n-1} + \frac{y_n - y_{n-1}}{x_n - x_{n-1}} (x - x_{n-1}) \right] + \frac{1}{2} \sum_{k=1}^{n-1} \left(\frac{y_{k+1} - y_k}{x_{k+1} - x_k} - \frac{y_k - y_{k-1}}{x_k - x_{k-1}} \right) x - x_k,$$

осуществлена кусочно-линейная аппроксимация нормированной PX четырьмя участками (рисунок 4 б), определены координаты линейных участков, максимальное $p_{\max}$ и среднеквадратичное $p_{\text{скв}}$ приведенные отклонения (таблица 3).

Таблица 3 – Результаты кусочно-линейной аппроксимации

Координаты линейных участков (x , дел, $y_{\text{акл}}$, раз)	$p_{\max}$	$p_{\text{скв}}$
(0, 0); (150, 0,3784); (200, 0,6968); (400, 0,9873); (2000, 1)	1,88%	0,68%

Выражение $y_{\text{акл}}$ кусочно-линейной аппроксимации PX, имеет вид: $y_{\text{акл}}$.

Линеаризация $y_{\text{акл}}$ четырьмя участками с высокой точностью ($p_{\max}$ не превышает 1,88 %, $p_{\text{скв}} = 0,68$ %) аппроксимирует нормированную PX (рисунок 4 б) и в даль-

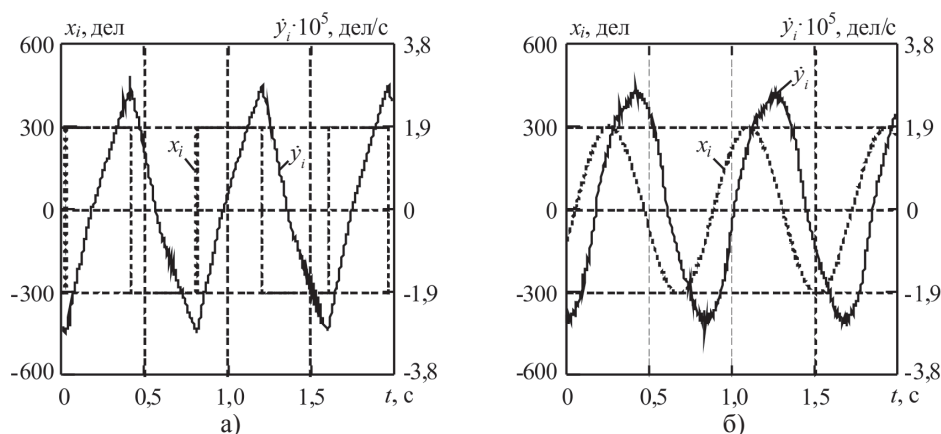


Рисунок 5 – Входные и выходные сигналы при снятии ЛАФЧХ различными методами: а – авторским; б – классическим

нейшем будет использоваться для моделирования. При линейаризации с меньшим количеством участков точность значительно ниже.

Определены амплитуды тестовых входных сигналов ($U_1 = 75$ дел, $U_2 = 175$ дел, $U_3 = 300$ дел и $U_4 = 1200$ дел), равные средним значениям линейных участков (рисунок 4 б), которые в дальнейшем были использованы для снятия ЛАФЧХ.

Снятие и построение ЛАФЧХ

Путем программного изменения координаты точки D_i реверсирования, для ранее определенных амплитуд U_i тестовых входных сигналов, получены различные рабочие частоты ω привода и построены ЛАФЧХ (K_1, φ_1). Максимальное значение точки D_i составило $\pm 16\,384$ дел, что, в зависимости от амплитуды входного сигнала, позволило получить минимальную частоту $\omega_{\min}$ входного сигнала в пределах 5–13 рад/с. Минимальное значение точки D_i составило ± 1 дел, что в зависимости от амплитуды входного сигнала, позволило получить максимальную частоту $\omega_{\max}$ входного сигнала в пределах 25–45 рад/с. Для построения ЛАФЧХ (K_2, φ_2) на более высоких частотах был применен классический метод [6]. Примеры выходных сигналов y_i

при амплитуде $U_3 = 300$ дел входного сигнала и различных методах снятия ЛАФЧХ приведены на рисунке 5.

Формирование входных сигналов, изменение точки D_i , дифференцирование и фильтрация выходных сигналов, а также определение параметров первых гармоник входного и выходного сигналов и построение ЛАФЧХ осуществлялось с помощью СПО, разработанного в среде MATLAB [4, 5]. Примеры частотных характеристик (K_1, φ_1) и (K_2, φ_2) по скорости для входного сигнала амплитудой $U_3 = 300$ дел приведены на рисунке 6.

Характеристики (K_1, φ_1) и (K_2, φ_2) на частотах наложения практически совпадают (рисунок 6), поэтому результирующая ЛАФЧХ, может быть получена как сумма этих характеристик. Семейство результирующих ЛАФЧХ снятых с различными амплитудами входных тестовых сигналов, представлено на рисунке 7.

Совпадение ЛАФЧХ «среднего диапазона», полученных при входных сигналах с амплитудами $U_{2,3} = 175, 300$ дел, достаточно высокое (рисунок 7). При сигнале $U_1 = 75$ дел, выходной сигнал привода имеет искаженную форму (вследствие малости амплитуды U_1), поэтому ЛАФЧХ не совпадает с характеристиками «среднего диапазона». При сигнале $U_4 = 1200$ дел наблюдается дополнительный резонанс (рисунок 7), который приводит к сильным колебаниям механизма ЭП. В соответствии с рекомендациями [7, 8], амплитуда для снятия ЛАФЧХ должна выбираться по возможности большей при условии работы ОУ в линейной зоне РХ. Исходя из этого, для дальнейших исследований выбрана результирующая ЛАФЧХ, полученная при входном сигнале амплитудой $U_3 = 300$ дел. В случае, когда требуется более точная модель ЭП, необходимо использовать все семейство ЛАФЧХ.

Определение передаточной функции ЭП и восстановление полной РХ

Проведена идентификация [9–11] исследуемого электропривода по ЛАФЧХ и получена передаточная функция:

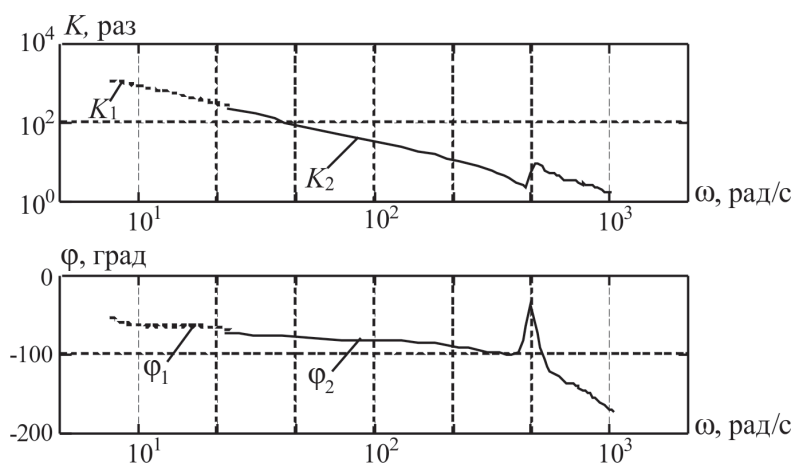


Рисунок 6 – ЛАФЧХ, полученные различными методами

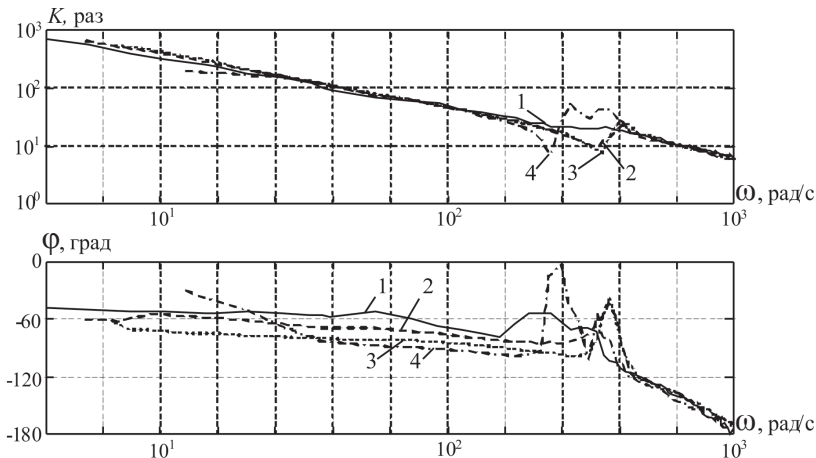


Рисунок 7 – Семейство результирующих ЛАФЧХ, снятых с различными амплитудами входных тестовых сигналов: 1 – $U_1 = 75$ дел; 2 – $U_2 = 175$ дел; 3 – $U_3 = 300$ дел; 4 – $U_4 = 1200$ дел

$$G_3(s) = \frac{K(T_1^2 s^2 + 2\xi_1 T_1 s + 1)}{s(T_2 s + 1)^3(T_3 s + 1)(T_4^2 s^2 + 2\xi_2 T_4 s + 1)}$$

где $K = 1927,5$ – коэффициент передачи по скорости, c^{-1} ; $T_1 = 1/360$, $T_2 = 1/2090$, $T_3 = 1/2,2$, $T_4 = 1/403$ – постоянные времени, с; $\xi_1 = 0,088$, $\xi_2 = 0,07$ – коэффициенты демпфирования.

Следует заметить, что по данным таблицы 1 коэффициент усиления $K_{PX} = \dot{y}_{\max}^+ / U_3 = (241700 \text{ дел/с}) / (300 \text{ дел}) = 805,7 \text{ с}^{-1}$ и отличается в 2,39 раза.

С использованием коэффициента $K = 1927,5 \text{ с}^{-1}$ была восстановлена полная РХ по скорости. Для ее восстановления использовано выражение $y_v = y_{\text{норм}}(y_{\text{уст}, U_3} / y_{\text{норм}, U_3})$, где $y_{\text{норм}}$ – текущее значение нормированной РХ ($\dot{y}_{\text{норм}}$, рисунок 4); $y_{\text{уст}, U_3} = KU_3 = 578250 \text{ дел/с}$ – установившееся значение РХ при входном сигнале $U_3 = 300$ дел; $y_{\text{норм}, U_3} = 0,8515$ – значение нормированной РХ ($\dot{y}_{\text{норм}}$, рисунок 4) при входном сигнале $U_3 = 300$ дел. Восстановленная y_v и измеренная y_i РХ (таблица 1), представлены на рисунке 8 а.

С использованием восстановленной РХ (рисунок 8 а), был восстановлен переменный коэффициент передачи ЭП

во всем диапазоне регулирования. Для его восстановления использовано выражение $K_v = y_v / x$, где y_v – текущее значение восстановленной РХ; x – текущее значение входного сигнала. Измеренный K_i и восстановленный K_v коэффициенты передачи ЭП приведены на рисунке 8 б.

Моделирование работы ЭП

Для проверки работы ЭП в среде Simulink пакета MATLAB была составлена схема моделирования [12–14], которая приведена на рисунке 9 а.

Схема (рисунок 9 а) содержит: задающее устройство, состоящее из генератора импульсов Pulse Generator, генератора гармонического сигнала Sine Wave и двухканального переключателя Manual Switch; блок Subsystem в качестве ОУ и блок Scope

для отображения результатов моделирования. Детализированная схема ОУ представлена на рисунке 9 в и состоит из блока Saturation с параметрами Upper limit = 2000 и Lower limit = -2000 для ограничения входного сигнала, блока переменного коэффициента передачи Subsystem 1 и блоков Transfer Fcn 1–6 для реализации звеньев передаточной функции $G_3(s)$. Модель блока переменного коэффициента передачи (рисунок 9 б) содержит блок вычисления модуля Abs, функциональный блок Fcn для вычисления $y_{\text{акл}}$, три источника постоянного сигнала Constant 1–3, блок определения знака Sign, блок умножения и деления Product. Источник Constant 1 имитирует ввод K , источник Constant 2 имитирует ввод $y_{\text{норм}, U_3}$, источник Constant 3 имитирует ввод U_3 , а блок Product решает уравнение $y_v = y_{\text{норм}}(KU_3 / y_{\text{норм}, U_3})$.

Схема моделирования (рисунок 9 а) позволяет получить различные временные и частотные характеристики, в том числе и без ограничения сектора выходных координат. В данном случае, для получения характеристики, аналогичной измеренной y_i (рисунок 8 а), на вход модели нужно подавать такие же сигналы, как при снятии РХ реального ЭП, т.е. с ограниченной координатой точки $|D_1|$ реверсиро-

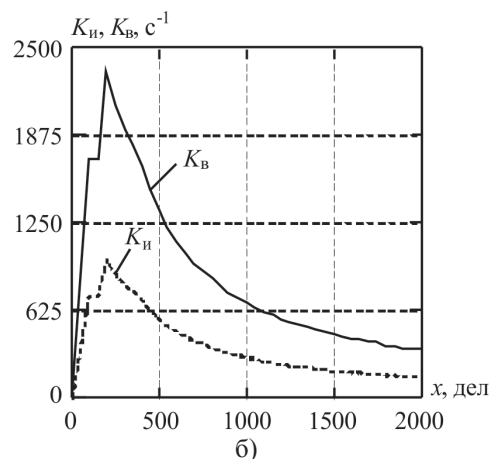
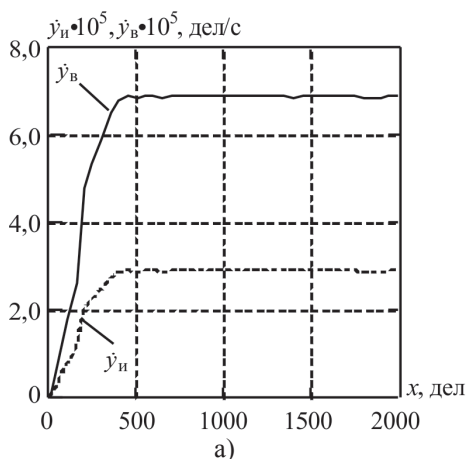


Рисунок 8 – Восстановленные характеристики: а – РХ; б – переменный коэффициент передачи

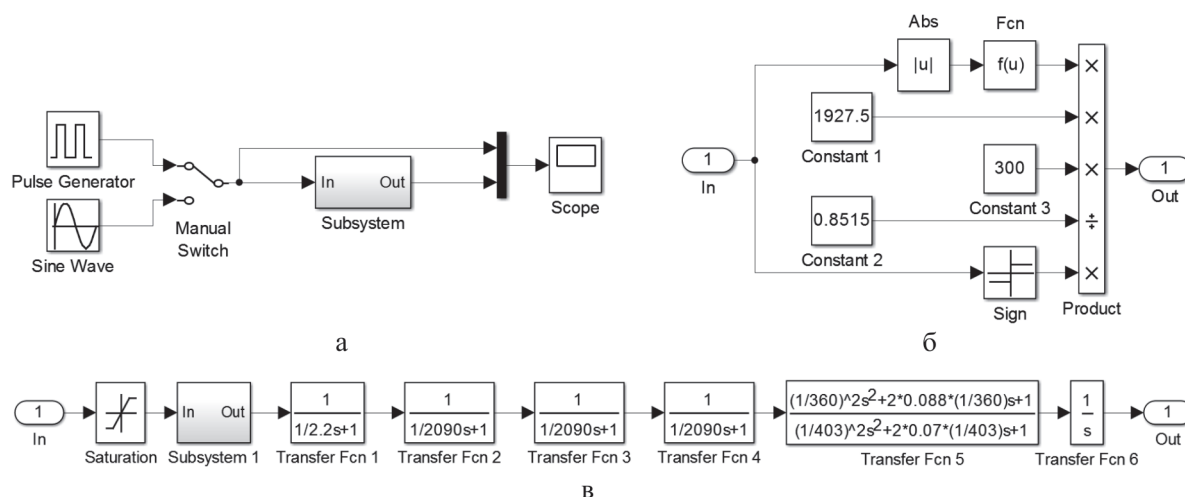


Рисунок 9 – Схемы моделирования: а – ЭП; б – блок вычисления переменного коэффициента передачи; в – ОУ

вания. Для построения РХ, аналогичной восстановленной $\dot{y}_v$ (рисунок 8 а), на вход модели с помощью блока Pulse Generator подаются ступенчатые сигналы x_i равномерно изменяемой амплитуды 50...2000 дел с шагом изменения 100 дел. В данном случае, период T_i входного сигнала не ограничивается, а выбирается, исходя из условия достижения выходным сигналом $\dot{y}_i$ установившегося значения.

Примеры выходных сигналов модели $\dot{y}_{iM}$ и реального ЭП $\dot{y}_{iN}$, при входном сигнале амплитудой $x_i = \pm 300$ дел для периода $T_i = 0,8$ с (ограниченный диапазон) приведены на рисунке 10 а. Пример выходного сигнала модели $\dot{y}_{iM}$ при входном сигнале амплитудой $x_i = \pm 300$ дел для периода $T_i = 7$ с (неограниченный диапазон) приведен на рисунке 10 б.

Построены ограниченные (при ограниченном секторе выходных координат) РХ модели $\dot{y}_{maxM}$ и реального ЭП $\dot{y}_{maxN}$, которые приведены на рисунке 11 а. Также построена полная (при неограниченном секторе выходных координат)

РХ модели $\theta_{устM}$ и восстановленная РХ реального ЭП $\dot{y}_{устN}$, которые приведены на рисунке 11 б.

Путем программного моделирования различных форм входных сигналов с амплитудой $U_3 = 300$ дел были получены ЛАФЧХ для авторского и классического методов, которые приведены на рисунке 12. ЛАФЧХ модели и комбинированная ЛАФЧХ ЭП в полосе средних и высоких частот имеют хорошее совпадение.

Проведена проверка точности воспроизведения параметров ЭП (РХ и ЛАФЧХ) при моделировании и определены максимальные и среднеквадратичные отклонения, которые представлены в таблице 4.

Анализируя рисунки 10–12 и таблицу 4, можно сделать следующие выводы. Среднеквадратичные отклонения РХ реального ЭП и его модели не превышают 0,94 %, что согласуется с рекомендациями [1]. Величина рскв ЛАФЧХ составляет 2,49 %, что также не превышает рекомендуемое значение в 3–5 %. Вместе

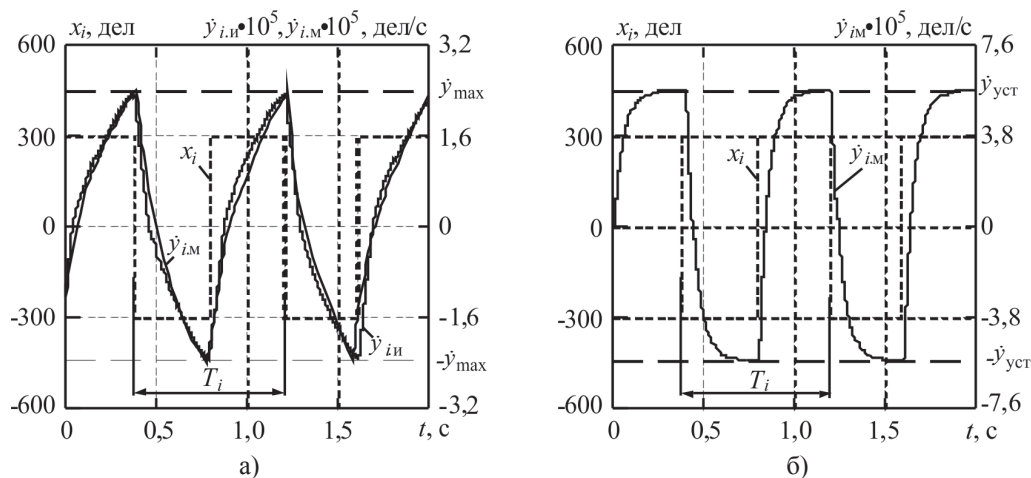


Рисунок 10 – Входные и выходные сигналы при моделировании для различных диапазонов выходных координат: а – ограниченного; б – неограниченного

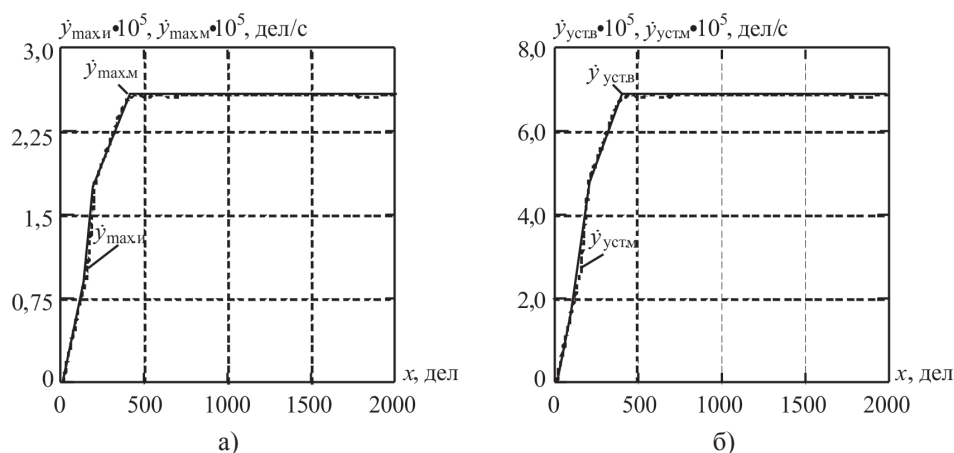


Рисунок 11 – РХ модели и реального ЭП: а – ограниченная; б – полная

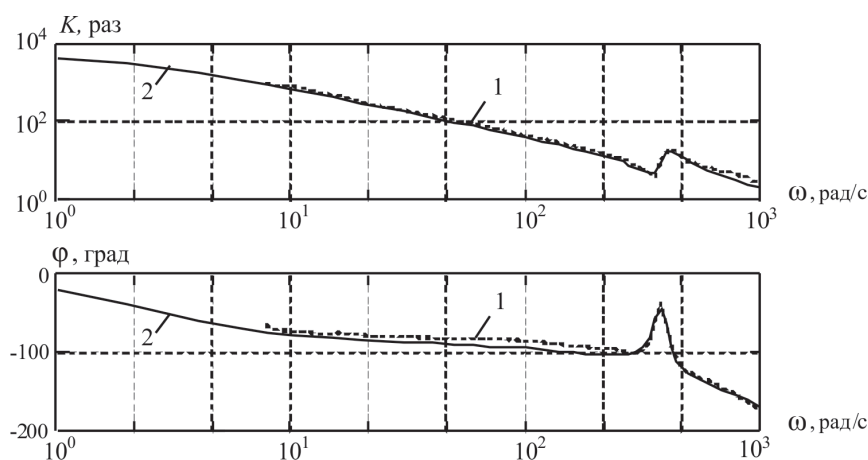
Рисунок 12 – ЛАФЧХ для амплитуды входного сигнала $U_3 = 300$ дел: 1 – комбинированная для реального ЭП; 2 – модели ЭП

Таблица 4 – Отклонения характеристик реального ЭП и его модели

РХ				ЛАФЧХ			
с огр. вых. диапазоном		с неогр. вых. диапазоном		ЛАЧХ		ЛФЧХ	
P_{max}	$P_{скв}$	P_{max}	$P_{скв}$	P_{max}	$P_{скв}$	P_{max}	$P_{скв}$
2,23 %	0,94 %	1,55 %	0,65 %	10,34 %	2,49 %	12,13 %	9,82 %

с тем, следует заметить, что величина $p_{скв}$ ЛФЧХ составляет 9,82 %, что превышает рекомендуемое 3–5 %, однако, при идентификации ее величина не является определяющей и объясняется временными задержками при снятии ЛАФЧХ. Таким образом, можно отметить, что точность воспроизведения параметров ЭП является достаточно высокой. Полученная модель (рисунок 9) позволяет построить РХ и ЛАФЧХ как для ограниченного, так и неограниченного секторов выходных координат. Кроме того, ее можно использовать для синтеза

корректирующих устройств, на этапах проектирования и моделирования работы замкнутой САУ, содержащей исследуемый привод.

Выводы

Применение авторского метода исследования ЭП с вентильным двигателем делает возможным снять и построить различные РХ, определить параметры нелинейностей, характеризующих исследуемый привод, работающий в заданном диапазоне выходных координат,

получить аналитические выражения нормированных РХ и провести их аппроксимацию. Полученные РХ позволяют вычислить значения амплитуд тестовых сигналов, необходимых для снятия различных ЛАФЧХ и определения передаточной функции ЭП. Параметры нормированной РХ и передаточной функции ЭП позволяют аналитически воспроизвести полную РХ и восстановить текущие значения переменного коэффициента передачи ЭП при регулировании. Результаты исследований использованы для создания модели ЭП, адекватной по поведению реальному приводу. Экспериментальные и полученные путем моделирования параметры ЭП для ограниченного диапазона выходных координат дел/с, достаточно хорошо совпадают (среднеквадратичные отклонения для РХ не превышают 0,94 %, а для ЛАЧХ – 2,49 %) и, тем самым, стало возможным приблизить поведение модели к поведению реального ЭП. Используемый метод реализован с применением современных информационных технологий, доведен до инженерного уровня и проверен экспериментально. Результаты моделирования подтверждают высокую эффективность данного метода исследования нелинейного ЭП, в связи с чем, делается вывод о возможности его применения для исследования других нелинейных ОУ.

Литература:

1. Стрижнев, А.Г. Метод исследования нелинейных объектов управления, работающих в заданном диапазоне выходных координат / А.Г. Стрижнев, А.А. Шихов, А.Н. Русакович // Информатика. – 2015. – №3. С.94–102.
2. Архангельский, А.Я. C++ Builder 6 : справ. пособие в 2 ч. / А.Я. Архангельский. – М. : Бином-Пресс, 2002.
3. Hollingworth, J. Borland C++ Builder 6 Developer's Guide: 2nd edition. / J. Hollingworth. – Indianapolis: Sams, 2002. – 1128 p.
4. Дьяконов, В.П. MATLAB7.* / R2006/R2007: Самоучитель / В.П. Дьяконов. – М. : ДМК Пресс, 2008. – 768 с.
5. Curve Fitting Toolbox: User's Guide [Electronic resource] / Mathworks, 2015. – Mode of access: http://www.mathworks.com/help/pdf_doc/curvefit/curvefit.pdf. – Date of access: 21.03.2015.
6. Пупков, К.А. Методы классической и современной теории автоматического управления: в 5 т. / К.А. Пупков, Н.Д. Егупов. – М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. – Т. 2: Статистическая динамика и идентификация систем автоматического управления. – 640 с.
7. Гроп, Д. Методы идентификации систем / Д. Гроп. – М. : Мир, 1979. – 302 с.
8. Красовский, А.Я. Локальные системы автоматики / А.Я. Красовский. – Минск : БГУИР, 2007. – 181 с.
9. Марков, А.В. Параметрическая идентификация динамических объектов по фазочастотным характеристикам / А.В. Марков, В.И. Симаньков // Доклады БГУИР. – 2015. – №3(89). – С. 29–35.
10. Ljung, L. System Identification: Theory for the User / L. Ljung. – New Jersey: Prentice Hall, 1999. – 672 p.
11. Ljung, L. System Identification Toolbox : User's Guide / L. Ljung. – Natick: Mathworks, 2005. – 886 p.
12. Терехин, В.В. Основы моделирования в MATLAB. Simulink: учеб. пособие в 2 ч. / В.В. Терехин. – Ново-кузнецк: Кузбассвуиздат, 2004. – Ч. 2. – 376 с.
13. Tewari, A. Modern control design with MATLAB and Simulink / A. Tewari. – Weinheim: Wiley, 2002. – 503 p.
14. Nuruzzaman, M. Modeling and Simulation in Simulink for Engineers and Scientists / M. Nuruzzaman. – Bloomington: AuthorHouse, 2005. – 240 p.

Abstract

This article presents findings of investigation for nonlinear plant operating within the specified range of output coordinates values. The investigation has been conducted for BLDC drive using novel author's approach. Various regulating characteristics have been obtained for the plant and then they have been plotted, normalized and approximated. Bode plots have been obtained using different methods of measurement and result decibel-log frequency responses based on these plots also have been plotted. With reference to obtained frequency characteristics structural and parametric system identification has been realized. Further to above, variable gain and full regulation characteristic of the plant have been recovered. Mathematical simulation has been done to verify high coincidence of model and real BLDC drive. The findings of investigation confirm high efficiency of the novel method and allow to apply it for different nonlinear plants.

Поступила в редакцию 17.06.2015 г.



БелПлата

тел. +375 17 287 85 66

факс +375 17 287 85 65

тел. моб. +375 29 684 43 09

220068, г. Минск, ул. Некрасова, 114,

оф. 238, 2 этаж, e-mail: info@belplata.by

Разработка и поставка печатных плат:

любой класс точности, широкий спектр покрытий, изготовление образцов от 5 дней.

Поставка фотошаблонов

Поставка трафаретов:

из нержавеющей стали и латуни.

Материалы для печатных плат:

защитные маски, маркировочные краски, фоторезисты, паяльные пасты.

Поставка изделий из феррита:

любые виды сердечников CI, EE, EEM, EP, EER, ETD, EC, EF, ED, EFD, EI, EPO, EPX, EPC и т.д.

Поставка электронных компонентов:

STMicroelectronics, NXP Semiconductors, Vishay, Holtek Semiconductor.

www.belplata.by

УНП 190533632

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЖИВУЧЕСТИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ С ОДНОРОДНОЙ ПРОГРАММИРУЕМОЙ МАТРИЧНОЙ СТРУКТУРОЙ

УДК 681.518.54

Н.А. Коротаев, В.И. Попечиц, БГУ, г. Минск;
А.Е. Василевич, А.А. Василевич, ГрГУ, г. Гродно

Аннотация

Рассмотрены вопросы построения живучей вычислительной системы с однородной программируемой матричной структурой на основе программируемых логических интегральных схем при наличии и отсутствии резервных процессорных элементов, связей и дефектов (неисправностей). Разработан и программно реализован алгоритм реконфигурации рассматриваемой структуры, на основе которого исследованы характеристики ее живучести. Полученные результаты исследований позволяют сделать вывод о количестве необходимых резервных процессорных элементов и числе допустимых дефектов (неисправностей) для восстановления и обеспечения достаточной живучести вычислительной системы с однородной программируемой матричной структурой.

Введение

Необходимость обеспечения живучести вычислительных систем с однородной программируемой матричной структурой, построенных на новой элементной базе – программируемых логических интегральных схемах [1], обусловлена высокими требованиями к их быстродействию, точности, надежности и безотказности [2, 3]. Одним из перспективных путей обеспечения живучести таких систем является разработка и исследование эффективных алгоритмов их реконфигурации при наличии и отсутствии резервных элементов, связей и дефектов (неисправностей). Решение этой задачи в заданной постановке в известных работах авторами не найдено, поэтому, учитывая перспективность и интерес к проектированию различных средств вычислительной техники и цифровой микроэлектроники в виде живучих однородных программируемых матричных структур, данная задача является актуальной и важной.

Однородная программируемая матричная структура

Однородная программируемая матричная структура представляет собой прямоугольную $n \times m$ матрицу (рисунок 1), состоящую из множества идентичных процессорных элементов (ПЭ) на программируемых логических интегральных схемах (ПЛИС) типа программируемой логической матрицы (ПЛИМ), где вдоль каждой из четырех сторон расположены резервные ПЭ (РПЭ). На рисунке 2 показан один из вариантов расположения информационных связей при использовании одноканальных переключателей. Рассматриваемая матричная структура является одноканальной в том смысле, что в ней допустим лишь один тракт связи вдоль каждого горизонтального/вертикального канала, что позволяет значительно сократить площадь на кристалле, занимаемую информационными связями. Кроме

того, реализация ПЭ на ПЛИС типа ПЛИМ объясняется рядом причин [4–6]:

- в связи с усложнением программного обеспечения наблюдается тенденция выполнять многие функции современных компьютеров аппаратным способом;
- существенное увеличение информационной емкости ПЛИС на основе новых схмотехнических решений в интегральной технологии;
- созданы системы автоматизированного проектирования ПЛИС;
- ПЛИС применяются в устройствах различного назначения, благодаря возможности их программирования и перепрограммирования пользователем;
- ПЛИС имеют регулярную структуру и однородный состав, что позволяет строить на их основе систолические матрицы и вычислительные среды, обеспечивающие гибкость и высокую производительность соответствующих систем обработки информации;
- ПЛИС значительно лучше, чем микропроцессор, реализует сложные алгоритмы управления, когда не-

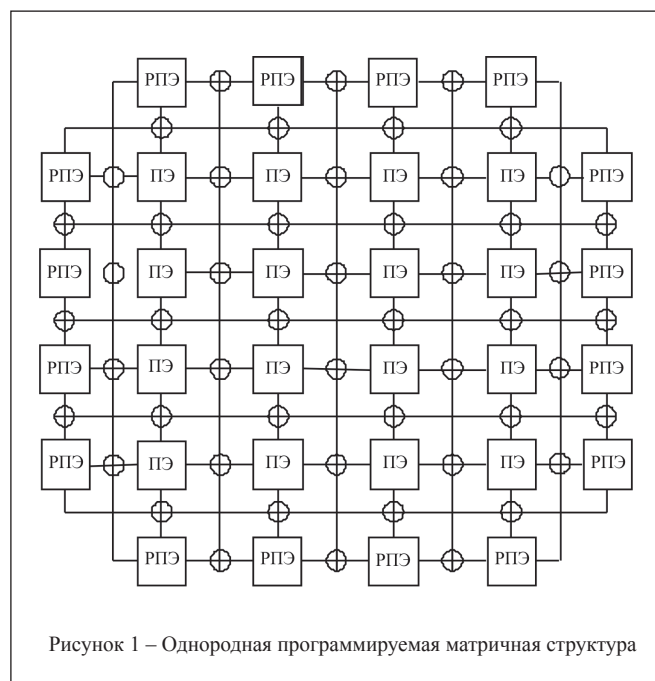
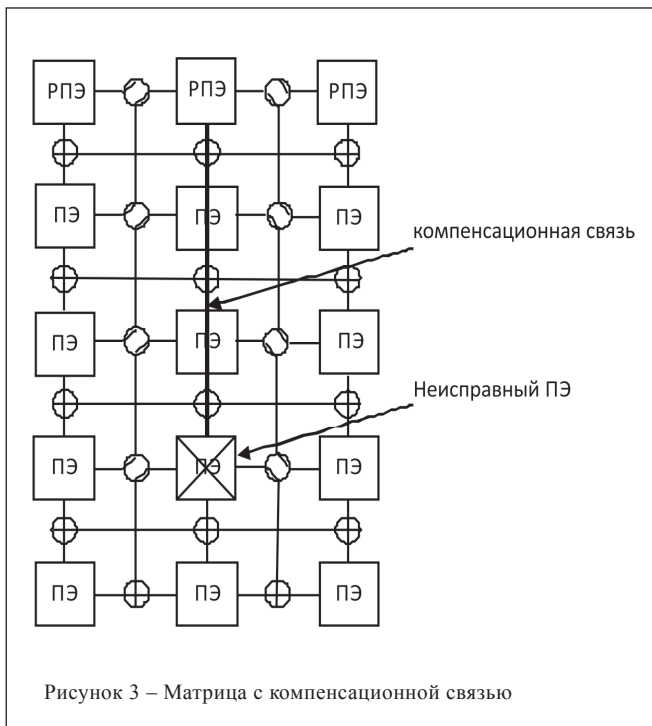


Рисунок 1 – Однородная программируемая матричная структура



Рисунок 2 – Состояние переключателя



обходимо обеспечить высокое быстродействие и не требуется запоминания большой промежуточной информации.

Замещение одного неисправного ПЭ на РПЭ в матрице производится с помощью перебрасывания информационных связей посредством изменения состояний переключателей и построения связи от неисправного ПЭ до РПЭ, которая называется компенсационной связью (рисунок 3). При этом достаточно, чтобы компенсационная связь была непрерывной и непересекающейся. Кроме того, эта связь не обязательно прямая и может иметь изгибы.

Исследование параметров живучести матричной структуры

Разработан и программно реализован алгоритм реконфигурации однородной программируемой матричной структуры и на его основе исследованы ее параметры живучести:

– вероятность безотказной работы:

$$P_B(t) = e^{-\lambda t}, \quad \lambda = \frac{1}{T_{\text{отк}}}, \quad \overline{T_{\text{отк}}} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n},$$

где λ – интенсивность отказов ПЭ; t_i – наработка ПЭ между отказами, т.е. время от начала работы ПЭ до момента очередного отказа, n – число отказов, $\overline{T_{\text{отк}}}$ – средняя наработка на отказ;

– достоверность функционирования:

$$P_D(t) = e^{-\mu t}, \quad \mu = \frac{1}{T_{\text{сб}}}, \quad \overline{T_{\text{сб}}} = \frac{\sum_{j=1}^n t_j}{n},$$

где μ – интенсивность сбоев; t_j – наработка ПЭ между сбоями, т.е. время от начала работы ПЭ до момента очередного сбоя; n – число сбоев; $\overline{T_{\text{сб}}}$ – средняя наработка на сбой;

– потенциальная живучесть при наличии и отсутствия резервных ПЭ, информационных связей и дефектов (неисправностей) [3, 7]:

$$N(i, t) = \frac{M(i, t)}{N\omega},$$

где $M(i, t)$ – математическое ожидание производительности вычислительной системы (ВС) в момент $t \geq 0$ при условии, что в момент начала функционирования было работоспособных ПЭ; $N\omega$ – суммарная производительность всех ПЭ ВС; N – общее число ПЭ системы; ω – показатель производительности одного ПЭ. Показатель производительности:

$$\omega = \frac{\sum_{j=1}^K t_j}{K},$$

где t_j – время выполнения j -ой операции; K – число операций ПЭ. $M(i, t)$ может быть представлено в виде $n(i, t)\omega$, где $n(i, t)$ – среднее число работоспособных ПЭ в момент времени t при условии, что ВС начала функционировать в состоянии i . Тогда

$$N(i, t) = \frac{n(i, t)}{N}.$$

Алгоритм предусматривает следующее: если дана $n \times m$ матрица с резервными по ее краям ПЭ, то, в случае выхода из строя одного, двух или трех ПЭ одновременно, восстанавливается работа матрицы при условии, что для всех дефектных ПЭ имеется ряд непрерывных компенсационных связей, среди которых нет пересечений. При этом алгоритм находит для заданных дефектных ПЭ (задаются вручную или программно случайным образом) непересекающиеся компенсационные связи и перестраивает матрицу путем замены неисправных ПЭ вдоль компенсационных связей. В случае невозможности нахождения требуемых компенсационных связей, происходит деградация матрицы, т.е. потеря соответствующих функций. При этом в матрице последовательно задается по одному, затем по два и далее по три ПЭ с отказами, которые не будут восстановлены. Процесс продолжается до тех пор, пока не будут найдены компенсационные связи с требуемыми свойствами. Следует заметить, что современные ПЭ, как правило, являются высоконадежными, кроме того, могут быть снабжены самопроверяемыми схемами встроенного контроля (ССВК), поэтому наибольшую вероятность могут иметь одиночные ошибки. Исследование живучести матриц в этом случае наиболее актуально и предположение, что после локализации неисправного ПЭ и реконфигурации матрицы неисправный ПЭ будет заменен, вполне реально. Кроме того, эта задача актуальна

Таблица 1 – Значения $P_b(t)$ и $P_d(t)$ для матрицы 5×5 с 20 РПЭ

Время (t)	$P_b(t)$	$P_d(t)$
0	1,00	1,00
200	1,00	1,00
400	1,00	1,00
600	1,00	1,00
800	1,00	1,00
1000	1,00	1,00

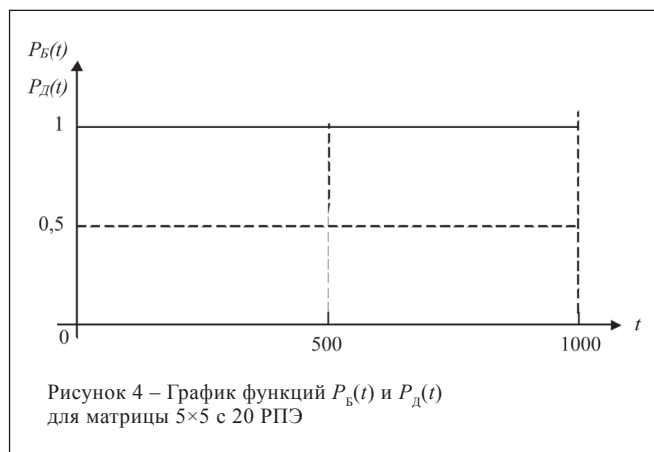


Таблица 3 – Значения $N(i, t)$ для матрицы 5×5 с 20 РПЭ

Время (t)	$N(i, t)$
0	1,00
200	1,00
400	1,00
600	1,00
800	1,00
1000	1,00

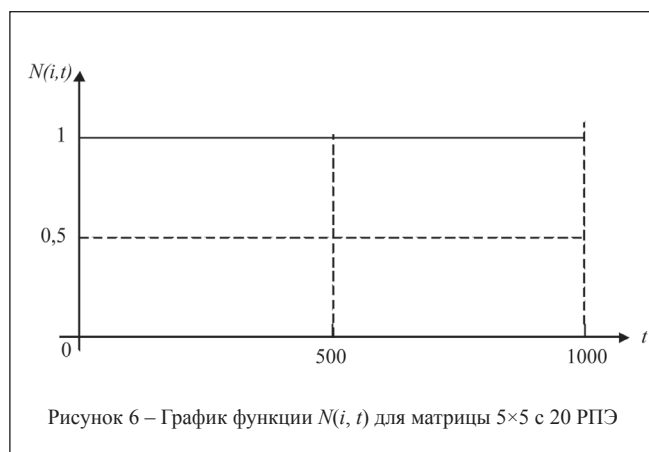


Таблица 2 – Значения $P_b(t)$ и $P_d(t)$ для матрицы 3×3 с 12 РПЭ

Время (t)	$P_b(t)$	$P_d(t)$
0	1,00	1,00
200	1,00	0,80
400	1,00	0,62
600	1,00	0,55
800	1,00	0,43
1000	0,89	0,38

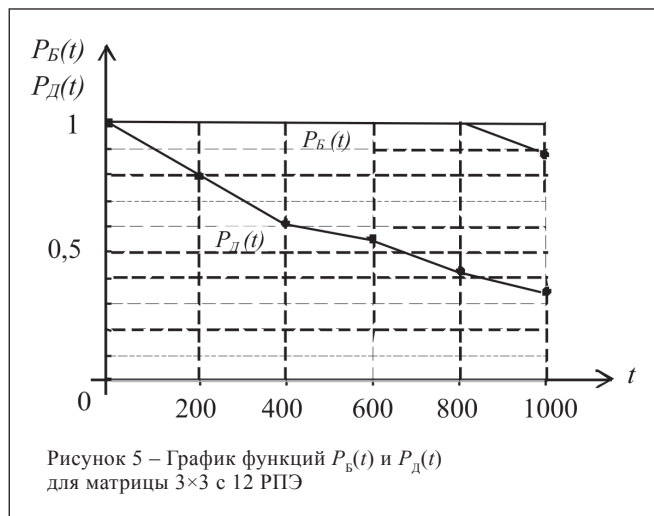
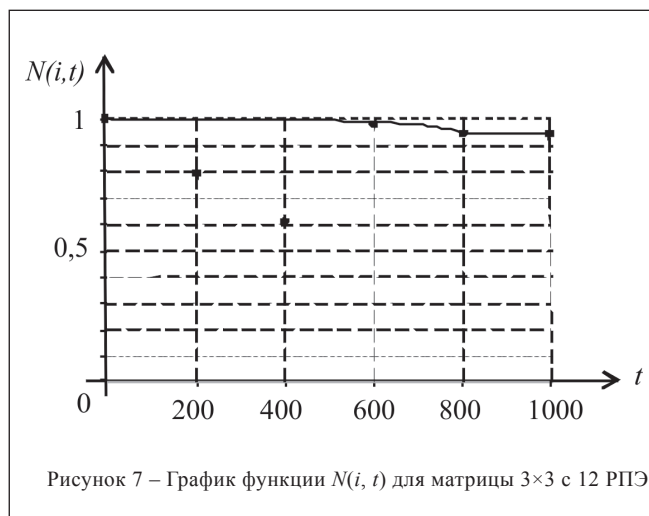


Таблица 4 – Значения $N(i, t)$ для матрицы 3×3 с 12 РПЭ

Время (t)	$N(i, t)$
0	1,00
200	1,00
400	1,00
600	1,00
800	0,96
1000	0,96



для закрытых систем, доступ к ПЭ которой извне невозможен или элементы которой заменить или починить нельзя. С помощью алгоритма получены следующие экспериментальные результаты для рассматриваемой матричной структуры в зависимости от размеров матрицы и числа резервных ПЭ при случайном внесении неисправностей – одиночных, двойных и тройных с экспоненциальным распределением, представленные в таблицах 1–4 и на рисунках 4–7.

В результате исследования характеристик живучести различных конфигураций однородных программируемых матричных структур, в зависимости от числа резервных ПЭ, можно сделать вывод, что для данной матричной структуры с $n \times m$ основными ПЭ при одновременном внесении не более трех неисправностей достаточно $n+m$ резервных ПЭ, чтобы обеспечить необходимую живучесть матрицы.

Заключение

Рассмотрены вопросы построения живучей вычислительной системы с однородной программируемой матричной структурой на основе ПЛИС типа ПЛИМ при наличии и отсутствии резервных ПЭ, связей и дефектов (неисправностей).

Разработан и программно реализован алгоритм реконфигурации рассматриваемой структуры, на основе которого исследованы характеристики ее живучести: вероятность безотказной работы, достоверность функционирования и потенциальная живучесть.

Полученные результаты исследований позволяют сделать вывод о количестве необходимых резервных ПЭ и числе допустимых дефектов (неисправностей) для восстановления и обеспечения достаточной живучести вычислительной системы с однородной программируемой матричной структурой.

Аналогично могут быть вычислены и проанализированы характеристики живучести для линейных программируемых матричных структур на ПЛИС типа ПЛИМ.

Актуальность и важность рассматриваемой задачи в области построения живучих вычислительных систем с однородной программируемой матричной структурой требуют проведения дальнейших исследований, особенно с учетом применения для ПЭ на ПЛИС самопроверяемых схем встроенного контроля.

Литература:

1. Соловьев, В.В. Проектирование цифровых систем на основе программируемых логических интегральных схем / В.В. Соловьев. – М. : Горячая линия-Телеком, 2001. – 636 с.
2. Виноградов, В.И. Микро- и нанoeлектронные технологии компактных и масштабируемых компьютерных систем высокого быстродействия / В.И. Виноградов // Электроника инфо. – 2007. – №9. – С. 44–46.
3. Додонов, А.Г. Введение в теорию живучести вычислительных систем / А.Г. Додонов, М.Г. Кузнецов, Е.С. Горбачик. – Киев : Наукова думка, 1990. – 236 с.
4. Баранов, С.И. Автоматы и программируемые матрицы / С.И. Баранов, В.И. Синев. – Минск: Высшая школа, 1980. – 96 с.
5. Согомонян, Е.С. Самопроверяемые устройства и

отказоустойчивые системы / Е.С. Согомонян, Е.В. Слабаков. – М. : Радио и связь, 1989. – 208 с.

6. Na, D.S. On the design of high-yield reconfigurable PLA'S / D.S. Na, Y.P. Kumar // IEEE Trans. Comput. – 1990 – Vol. ED 39, № 4. – P. 470–479.

7. Хорошевский, В.Г. Инженерный анализ функционирования вычислительных машин и систем / В.Г. Хорошевский. – М. : Радио и связь, 1987. – 280 с.

Abstract

The questions of construction of survivable computer system with a homogeneous programmable matrix structure based on programmable logic integral circuits in presence and absence of reserve processing elements, connections and defects (faults) are considered. Designed and implemented software reconfiguration algorithm considered structure on which to investigate the characteristics its vitality. The obtained results allow us to conclude about the number of required reserve processing elements and the number of allowable defects (faults) to restore and ensure sufficient survivability computer system with homogeneous programmable matrix structure.

Поступила в редакцию 10.06.2015 г.



ОАО «Минский часовой завод»

**Качество и компетентность
в мире печатных плат**

ВАШ НАДЕЖНЫЙ ИЗГОТОВИТЕЛЬ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

220095, г. Минск,
пр. Независимости, 95,
т./ф. +375 (17) 280-49-55
моб. +375 (29) 750-45-50
bogdashich@mail.ru

Типы плат

- ДПП, МПП (до 24 слоев) любого класса точности
- Гибкие печатные платы
- Платы для ВЧ/СВЧ
- Платы на алюминиевой подложке
- Платы для смарт-карт

Возможности

- Проектирование плат
- Технологическая поддержка
- Покрyтия: HASL, иммерсионное золото, иммерсионное олово, ПОС, NI-B
- Формирование контура любой формы
- Материалы: FR-4, Rogers, Duroid, алюминий, лавсан

Качество

- Сертификат соответствия ВУ/112 05.01.0030030

Срок изготовления от 2 дней до двух недель

УНП 100230391

ПАССИВАЦИЯ ПОЛЕВЫХ ТРАНЗИСТОРОВ С БАРЬЕРОМ ШОТТКИ НА АРСЕНИДЕ ГАЛЛИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИОННО-ЛУЧЕВОГО РАСПЫЛЕНИЯ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МИШЕНЕЙ

УДК 621.382.002

Е.В. Телеш, БГУИР, г. Минск

Аннотация

Проведено исследование процессов пассивации полевых транзисторов с барьером Шоттки на GaAs с применением ионно-лучевого распыления мишеней из кварца, оксида алюминия и нитрида алюминия. Установлено влияние режимов распыления на ток заряженных частиц в области подложки. Изучено влияние режимов нанесения на адгезию пассивирующего слоя к GaAs. Установлено, что с ростом тока разряда происходит увеличение адгезии диэлектрического слоя. Диэлектрические слои, сформированные ИЛР, обладают адгезией, которая в 2–4 раза выше, чем у слоев, полученных низкотемпературным окислением и электронно-лучевым испарением. Проведено исследование границы раздела AlN/GaAs. Показано что, свойства границы раздела во многом определяются параметрами процесса формирования диэлектрика. Показано, что ионно-лучевое распыление диэлектрических мишеней является перспективным для формирования пассивирующих слоев для активных структур на GaAs.

Введение

Важным резервом повышения качества микроэлектронных устройств на арсениде галлия является совершенствование таких технологических процессов, как формирование диэлектрических покрытий. Одним из главных недостатков GaAs, по сравнению с кремнием, является сложность получения качественного собственного оксида [1]. В связи с этим, наиболее приемлемым является формирование диэлектрических покрытий без использования материала подложки. В арсенид-галлиевой технологии очень важно правильно выбрать тот или иной метод нанесения диэлектрического покрытия. Это связано с тем, что GaAs является сложным полупроводником, и сильное влияние на параметры будущих приборов оказывает степень сохранения стехиометрии полупроводника. Из-за высокой летучести мышьяка процесс нанесения диэлектрика нельзя проводить при температурах выше 673...723 К. Энергия образования объемных дефектов у GaAs составляет всего

0,35–2,59 эВ. Энергия осаждаемых частиц определяет степень генерации дефектов в приповерхностном слое GaAs, параметры границы раздела, свойства диэлектрических покрытий (плотность, пористость), а также адгезию к подложке. В таблице 1 приведены данные по энергиям осаждаемых частиц для различных методов нанесения, а также энергии ионов рабочих газов при процессах диодного, магнетронного распыления и плазмохимического осаждения (ПХО).

Анализ данных, приведенных в таблице, показывает, что только термическое испарение позволяет осаждать диэлектрики без генерации дефектов в полупроводнике. В то же время можно отметить невысокую энергию частиц при ИЛР, что делает этот метод приемлемым для формирования пленок диэлектриков на GaAs [2, 3]. Это объясняется преимуществами ионно-лучевых систем: пространственное разделение областей генерации плазмы и области непосредственной конденсации материала, более высокая чистота пленок из-за снижения давления рабочих газов, высокая адгезия покрытий к подложкам, минимальное воздействие вторичных электронов на подложку, а, следовательно, уменьшение степени радиационных повреждений и нагрева.

Пассивирующие покрытия служат для защиты поверхности активных структур от воздействия окружающей среды. Они должны иметь высокую адгезию к GaAs и низкую плотность заряда на границе раздела с полупроводником. Задачей исследований являлось изучение влияния режимов ИЛР диэлектрических мишеней на характеристики границы раздела «диэлектрик/n-GaAs» и на параметры полевых транзисторов с барьером Шоттки.

Основная часть

Важным условием процесса ИЛР диэлектрических мишеней является нейтрализация объемного заряда, накапливающегося на поверхности мишени и подложки. Объемный положительный заряд на мишени снижает скорость нанесения, а заряд на подложке приводит к пробое пленки диэлектрика. Эти процессы ухудшают качество диэлектрических слоев и границы раздела.

Проведено исследование характеристик заряженных частиц на подложке при распылении кварцевой мишени. При этом варьировалось ускоряющее напряжение U_a , ток разряда I_r , ток термокомпенсатора I_k , состав рабочего газа. Схема проведения эксперимента приведена на рисунке 1.

Термоэлектронный компенсатор был изготовлен из вольфрамовой проволоки диаметром 0,3 мм. В качестве подложки использовался специальный датчик-коллектор, который представлял собой металлический диск диаметром 70 мм. На одной из поверхностей диска были просверлены глухие отверстия глубиной 10 мм и диаметром 3 мм. Это необходимо для предотвращения запыления металла

Таблица 1 – Энергии осаждаемых частиц и ионов

Метод нанесения	Энергия, эВ
Термическое испарение	0,05–0,2
Химическое осаждение из газовой фазы	0,1–1,0
Ионно-лучевое распыление (ИЛР)	2–4 с хвостом 20–30
Диодное распыление	10–2000
Магнетронное распыление	10–2000
Плазмохимическое осаждение (ПХО)	10–500

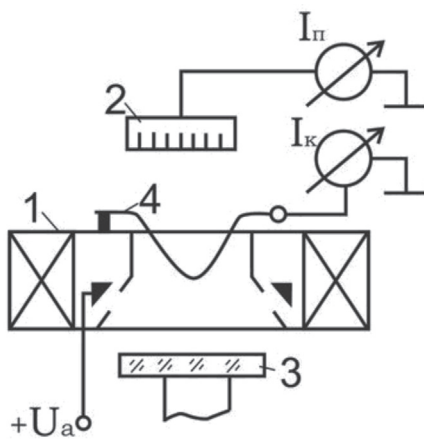


Рисунок 1 – Схема проведения эксперимента: 1 – ионный источник; 2 – коллектор; 3 – мишень; 4 – термокомпенсатор

слоем диэлектрика. Расстояние «мишень-подложка» составляло 90 мм, «термокомпенсатор-подложка» – 60 мм. В таблице 2 приведены результаты исследований.

Без плазменного разряда в ионном источнике подложка облучается слабым ($\leq 1,0$ мкА) потоком термоэлектронов. При отсутствии термоэлектронов подложка подвергается воздействию положительно заряженных частиц с I_p до 1,1 мА. При $U_a = 2,0$ кВ I_p снижается до 100 мкА, а при $U_a = 4,0$ кВ – до 150 мкА. Добавка кислорода позволила снизить I_p в 9 раз, что можно связать с эффективной ионизацией кислорода и образованием свободных электронов в разряде. При наличии компенсации происходит снижение I_p , а при $I_k = 10$ А наблюдается небольшой ток отрицательно заряженных частиц.

Таблица 2 – Результаты исследований

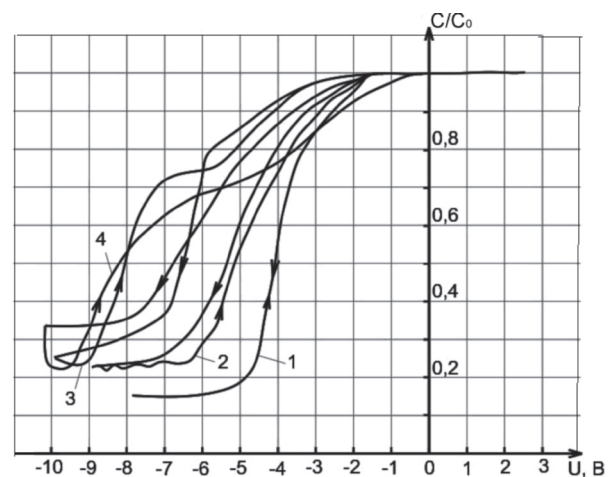
№ опыта	U_a , кВ	I_p , мА	I_k , А	I_n , мкА	Газ
1	–	–	6	0	–
2	–	–	8	–0,5	–
3	–	–	9	–0,5	–
4	–	–	10	–1,0	–
5	3,0	20	–	130	Ar
6	3,0	40	–	70	Ar
7	3,0	60	–	200	Ar
8	3,0	80	–	900	Ar
9	3,0	100	–	1100	Ar
10	3,0	80	7	200	Ar
11	3,0	80	8	400	Ar
12	3,0	80		400	Ar
13	3,0	80	10	–5,0	Ar
14	2,0	80	–	100	Ar
15	4,0	80	–	150	Ar
16	3,0	80	–	100	Ar + 50%O ₂

Проведено исследование влияния U_a , I_p , I_k и температуры подложки T_n на адгезию пассивирующего слоя к арсениду галлия. В качестве подложки применялись эпитаксиальные структуры GaAs, выращенные на полупроводниковой подложке i-n типа АГЭ ЕТО.035.026 ТУ. Слои из SiO₂ формировались ИЛР мишени из кварца. Толщина диэлектрического слоя составила около 200 нм.

Перед напылением контактных слоев осуществлялась стандартная химическая очистка поверхности GaAs. Ионная очистка проводилась непосредственно перед нанесением пассивирующего слоя. Напряжение на аноде при очистке U_0 составляло 1,5 кВ, ток ионов аргона I_0 – 40 мкА. Адгезия слоев Р измерялась методом нормального отрыва. Результаты измерений приведены в таблице 3.

Установлено, что с ростом I_p происходит увеличение адгезии диэлектрического слоя. Влияние U_a на адгезию неоднозначно. Метод ИЛР, как правило, обеспечивает отличную адгезию из-за более высокой энергии осаждаемых частиц по сравнению с термическим испарением, пиролизом и другими методами. Диэлектрические слои, сформированные ИЛР, обладают адгезией, которая в 2–4 раза выше, чем у слоев, полученных низкотемпературным окислением и электронно-лучевым испарением.

Проведено исследование границы раздела AlN/GaAs, сформированной ИЛР мишени из нитрида алюминия. Образцы для измерений представляли собой МДП-структуры на эпитаксиальных слоях n-типа с концентрацией электронов $1 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$. Исследовалось влияние U_a и I_k на характер вольт-фарадных характеристик (ВФХ) и на плотность поверхностных состояний N_{ss} . На рисунке 2 приведены ВФХ полученных структур. Обращает на себя внимание полное отсутствие гистерезиса ВФХ структуры, сформированной при $U_a = 4$ кВ и $I_k = 4,5$ А. Плотность поверхностных состояний (N_{ss}) для этого образца составила $3,3 \cdot 10^{12} \text{ см}^{-2}$. Уменьшение ускоряющего напряжения до 2 кВ приводит к появлению петли гистерезиса переменного знака, что

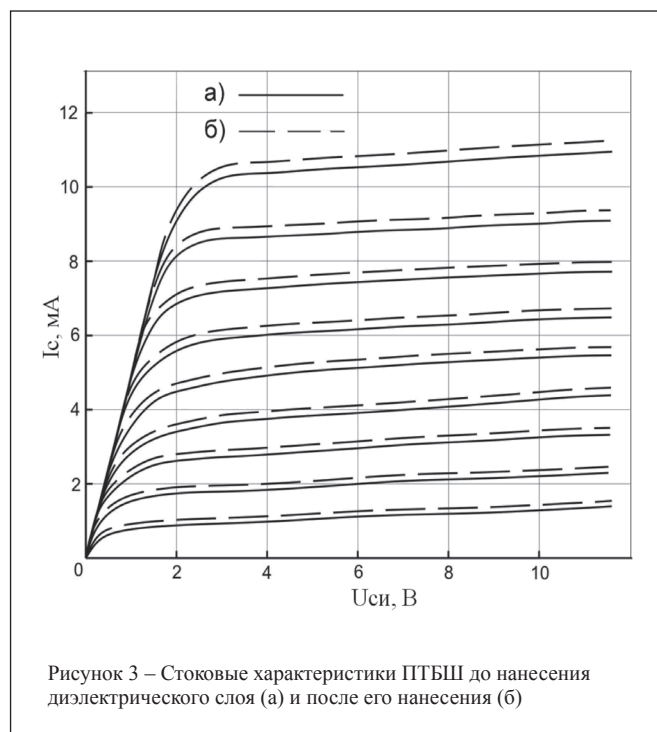


1 – $U_a = 4$ кВ, $I_k = 4,5$ А; 2 – $U_a = 3$ кВ, $I_k = 6$ А;
3 – $U_a = 2$ кВ, $I_k = 4,5$ А; 4 – $U_a = 3$ кВ, $I_k = 2$ А

Рисунок 2 – Вольт-фарадные характеристики структур Al/AlN/n-GaAs

Таблица 3 – Результаты исследования адгезии слоя из SiO_2 от режимов нанесения

№	U_a , кВ	I_p , мА	I_k , А	U_o , кВ	I_o , мкА	T_n , К	P , МПа
1	3,0	60	9,5	1,5	30	343	2,1
2	3,0	100	9,5	–	–	348	2,9
3	2,0	60	9,5	–	–	343	2,4
4	4,0	60	9,5	–	–	348	2,2
5	3,0	100	–	–	–	313	2,4



может быть связано с перезарядкой состояний на границе раздела. Диэлектрический слой, сформированный при таких условиях, обладает невысоким качеством, о чем свидетельствует вид характеристики в области инверсии. Плотность состояний N_{ss} составляла $4,6 \cdot 10^{12} \text{см}^{-2}$.

Аналогичные результаты были получены и для МДП-структур, сформированных при $U_a = 3$ кВ и $I_k = 2,5$ А, т.е. при низкой степени компенсации. В этом случае наблюдается еще более выраженный гистерезис переменного знака и значительные токи утечки в области инверсии. Расчеты показали, что N_{ss} для таких образцов были около $5,7 \cdot 10^{12} \text{см}^{-2}$. Структуры, полученные при $U_a = 3$ кВ и $I_k = 6$ А, имели незначительный гистерезис и $N_{ss} = 5,3 \cdot 10^{12} \text{см}^{-2}$.

Таким образом, свойства границы раздела во многом определяются параметрами процесса формирования диэлектрического слоя. При высоких энергиях распыляющих ионов и эффективной компенсации заряда на мишени можно формировать границу раздела с низким значением концентрации поверхностных состояний и со стабильным зарядом в диэлектрике.

В связи с этим, является перспективным использование ионно-лучевого распыления для формирования пассивирующих слоев для активных структур на GaAs. Одним из показателей пригодности технологического процесса

Таблица 4 – Влияние процесса пассивации на характеристики ПТБ

Материал покрытия	Режимы напыления			Характеристики ПТБШ до пассивации			Характеристики ПТБШ после пассивации			Метод нанесения пассивации
	U_a , кВ	I_p , мА	I_k , А	I_c , мА	$U_{си}$, В	I_y , нА	I_c , мА	$U_{си}$, В	I_y , нА	
SiO_2	3,0	80	4,8	9,5	2,0	0	10,5	1,5	5	ИЛР
SiO_2	2,5	75	4,5	12	2,5	7	13	2,0	50	ИЛР
SiO_2	3,0	100	4,8	12	2,0	20	12,5	2,0	50	ИЛР
AlN	2,0	75	4,5	10	2,0	20	10	2,0	10	ИЛР
AlN	4,0	75	4,5	10	1,5	20	10	1,8	20	ИЛР
AlN	3,0	75	2,5	10	4,0	20	10	4,0	25	ИЛР
AlN	3,0	75	6,0	12	2,0	5	10	2,0	10	ИЛР
Al_2O_3	2,0	75	4,5	12	2,0	15	11	2,0	20	ИЛР
Al_2O_3	4,0	75	4,5	10	2,0	15	10	2,0	25	ИЛР
Al_2O_3	–	–	–	14	2,0	20	14	2,0	40	ЭЛИ
SiO_2	–	–	–	11	3,5	15	10	3,5	100	НТО

пассивации является степень его воздействия на характеристики сформированных до этого активных элементов интегральных схем.

Исследовалось влияние параметров процесса ИЛР на такие характеристики полевых транзисторов с барьером Шоттки (ПТБШ), как ток стока I_{cs} , напряжение насыщения стоковых характеристик U_{cs} , а также на ток утечки затвора I_y при $U_{обр} = 10$ В. Результаты исследований представлены на рисунке 3 и в таблице 4. Для сравнения приведены результаты измерений характеристик ПТБШ после нанесения слоев SiO_2 низкотемпературным окислением (НТО) и Al_2O_3 , полученных электронно-лучевым испарением (ЭЛИ). Изменение характеристик ПТБШ после ИЛР оказалось незначительным, практически тем же, как и при использовании электронно-лучевого испарения. Результаты измерений показывают, что в диэлектрической пленке накапливается, в основном, положительный заряд, приводящий к обогащению приповерхностной области полупроводника и, как следствие, к возрастанию токов насыщения и утечки. Резкое увеличение токов утечки ПТБШ, пассивированных пленкой SiO_2 , нанесенной методом НТО, можно объяснить деградацией затвора из Ti/Au при высоких температурах (623–923 К) [4].

Таким образом, ИЛР диэлектрических мишеней является приемлемым процессом для формирования качественных пассивирующих слоев.

Заключение

Таким образом, результаты исследований показывают, что использование ИЛР диэлектрических мишеней позволяет сформировать пассивирующие покрытия для ПТБШ на GaAs с высокой адгезией и низкой степенью воздействия на их стоковые характеристики.

Литература:

1. Коротченков, Г.С. Барьеры Шоттки, собственные окислы и МОП структуры на арсениде галлия / Г.С. Коротченков, И.П. Молодян. – Кишинев, Штиинца. 1984. – 115 с.: ил.
2. Телеш, Е.В. Формирование покрытий ионно-лучевым распылением диэлектрических мишеней / Е.В. Телеш, Н.К. Касинский, В.С. Томаль // Вестник ПГУ. Серия физическая. – 2012. – №4. – С. 121–127.
3. Интегрированные технологии микро- и наноструктурированных слоев: монография / А.П. Достанко [и др.] ; под ред. акад. НАН Беларуси А.П. Достанко, д.т.н., профессора В.Л. Ланина. – Минск : Бестпринт, 2013. – 189 с. : ил.
4. Стриха, В.И. Физические основы надежности контактов металл-полупроводник в интегральной электронике / В.И. Стриха, Е.В. Бузанева // М. : Радио и связь. – 1987. – 256 с.: ил.

Abstract

Research of processes of passivation field transistors with Schottky barrier on GaAs with application of ion-beam sputtering of targets from quartz, aluminium oxide and aluminium nitride is carried out. Influence of deposition modes on a current of the charged particles in the field of a substrate is established. Influence of deposition modes on adhesion passivation layer to GaAs is studied. It is established, that to growth of a charge current there is an increase in adhesion of a dielectric layer. The dielectric layers generated IBS, possess adhesion, which in 2-4 times above, than at the layers received low temperature oxidation and electron beam evaporation. Research of border of section AlN/GaAs is carried out. It is shown that, properties of border of section in many respects are defined by parameters of process of dielectric formation. It is shown, that ion-beam sputtering of dielectric targets is perspective for passivation layers formation for active structures on GaAs.

Поступила в редакцию 12.06.2015 г.

НОВОСТИ

КАК МОДУЛИ ПИТАНИЯ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ УПРОЩАЮТ РАЗРАБОТКУ СИСТЕМ ПИТАНИЯ

DC/DC-модули питания компании Maxim Integrated обеспечивают создание более миниатюрных эффективных, совместимых по выводам решений, позволяющих сократить затраты и ускорить вывод конечной продукции на рынок.

Новый информационно-технический документ компании Maxim Integrated Products, Inc. (NASDAQ: MXIM) посвящен новому поколению гибких, простых в использовании модулей питания, которые упрощают разработку систем питания. Готовые модули питания позволяют разработчикам систем ускорить вывод конечной продукции на рынок и решить проблемы нехватки места на печатной плате.

В документе «Модули питания нового поколения дополнительно упрощают разработку систем питания» рассказывается, как высокоэффективные модули питания интегрируют в себе все ключевые компоненты,

необходимые для реализации миниатюрного решения для питания типа «система в корпусе» (SiP). С помощью новых DC/DC-модулей питания компании Maxim заказчики смогут объединить пассивные компенсационные компоненты для стабилизатора напряжения, создав единое, миниатюрное решение для питания в корпусе ИС.

О компании Maxim Integrated

Компания Maxim Integrated – лидер в области интеграции аналоговых устройств. Разрабатывая широкий спектр решений – от мобильных до промышленных, – компания делает аналоговые устройства все более компактными, интеллектуальными и энергоэффективными. Для получения более подробной информации обращайтесь на сайт <http://www.maximintegrated.com>.

goo.gl



тел./факс: +375 172 510 353; + 375 172 071 264; + 375 172 042 722;
 моб.: +375 296 559 005;
 e-mail: v.yatseiko@bek.by

Соединители и кабельная продукция для оборонно-промышленного комплекса	Провода	Кабельные сборки	Плоские шлейфы	Крепёжные элементы	Термоусадочные трубки	Гофрированные трубки	Экранирующие оплетки	D-sub разъем (Micro, Nano)	Миниаторные цилиндрические	ВЧ разъемы	Разъемы MIL-DTL-38999	Байонетные разъемы MIL-C-26482	Силовые и сигнальные разъемы MIL-DTL-5015	Коухи для цилиндрических	Разъемы для ВОЛС	Защищенные разъемы RJ45, USB	Слаботочные разъемы MIL-DTL-55116	Фильтры	Соединители MIL-STD-1760	Коухи	Кнопки, переключатели	Реле	Мехплатные соединители	Инструменты	Герметичные разъемы
Amphenol		*	*	*			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*				*	*
Axon' Cable	*	*	*	*			*	*	*		*						*	*	*	*				*	*
Deutsch									*		*			*	*			*	*		*			*	*
C&K Components								*													*				
Glenair	*	*				*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*				*	*
Essentra Components				*																	*		*		
Molex	*	*				*		*	*	*					*			*	*	*	*		*	*	*
TE Connectivity	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
NICOMATIC		*	*					*	*	*							*	*	*	*		*	*	*	*
Raychem	*		*		*		*																		
Schlemmer						*																			
Souriau						*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*			*	*	*
ITT CANNON							*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*			*	*	*
Samtec	*							*	*	*			*	*	*		*	*	*	*	*		*	*	*
SCHURTER				*													*	*	*	*	*	*	*	*	*
Marquardt																		*	*	*	*	*	*	*	*
Harting		*		*											*		*	*	*	*	*	*	*	*	*

Электронные компоненты для оборонно-промышленного комплекса	Дискретные активные компоненты	Аналоговые микросхемы	АЦП / ЦАП	Управление электропитанием	DSP	Микроконтроллеры	Микропроцессоры	ПЛИС	Компоненты для беспроводных решений	Интерфейсы	Синхронизация	Память	Компоненты для датчиков	Передача данных	Дисплей и мониторы	ASIC	Системы на кристалле	Встраиваемые системы	Резисторы	Конденсаторы	Индуктивность	Оптические компоненты	Трансформаторы
Actel								*								*	*						
Analog Devices		*	*	*	*	*	*		*	*	*		*	*									
Axiomtek															*			*					
AVX										*										*	*		
Bourns	*																		*		*		*
Cirrus Logic		*	*		*					*	*			*			*						
Coilcraft																					*		*
Cypress Semiconductor						*	*		*		*	*		*									
Diodes	*	*		*								*										*	
D3CI		*	*	*	*	*	*			*	*	*				*	*						
E2V		*	*			*	*	*		*	*	*										*	
EPCOS											*		*							*	*		
Freescall Semiconductor		*		*	*	*	*		*				*	*									
Finisar																						*	
GSI Technology												*											
Gigalight																						*	
Halo Electronics				*										*							*		*
Infineon Technologies	*			*		*	*						*	*								*	
International Rectifier	*			*																			
Intersil		*		*						*	*												
Maxim Integrated		*		*		*		*	*	*	*		*	*	*								
Microsemi	*	*					*	*			*	*	*	*		*	*						
Microtips															*			*					
Murata				*							*			*					*	*	*		
NXP	*	*	*	*		*	*		*	*	*	*	*	*	*								
ON Semiconductor	*	*	*	*	*			*	*	*	*	*	*	*									
STMicroelectronics	*	*	*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*									
Texas Instruments	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*									
Vishay											*								*	*	*		
Xilinx					*	*	*	*				*											

НАИМЕНОВАНИЕ ТОВАРА	ЦЕНА	НАЗВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ	АДРЕС, ТЕЛЕФОН
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКАЯ ПРОДУКЦИЯ			
Инкрементальные, абсолютные, круговые агнитные энкодеры фирмы Lika Electronic (Италия)	80-380 у.е.	ООО «ФЭК»	г. Минск. Тел./ф.: +375 17 200-34-23, тел.: +375 17 200-04-96. E-mail: lighting@fek.by
Индукционные лампы Smart Dragon 40, 80, 120, 150, 200, 300W	80-380 у.е.		
Дроссели, ЭПРА, ИЗУ, пусковые конденсаторы, патроны и ламподержатели для люминесцентных ламп	Договор	Группа компаний «Альфалидер»	г. Минск. Тел./ф.: +375 17 391-02-22, тел.: +375 17 391-03-33. www.alider.by
AC/DC источники тока, LED-драйвера, источники напряжения для светодиодного освещения и мощных светодиодов			
Мощные светодиоды (EMITTER, STAR), сборки и модули мощных светодиодов, линзы ARLIGHT	Договор	ООО «СветЛед решения»	г. Минск. Тел./ф.: +375 17 214-73-27, +375 17 214-73-55. E-mail: info@belaist.by www.belaist.by
Управление светом: RGB-контроллеры, усилители, диммеры и декодеры			
Источники тока AC/DC для мощных светодиодов (350/700/100-1400 мА) мощностью от 1W до 100W ARLIGHT			
Источники тока DC/DC для мощных светодиодов (вход 12-24V) ARLIGHT			
Источники напряжения AC/DC (5-12-24-48V/ от 5 до 300W) в металлическом кожухе, пластиковом, герметичном корпусе ARLIGHT, HAITAIK			
Светодиодные ленты, линейки открытые и герметичные, ленты бокового свечения, светодиоды выводные ARLIGHT			
Светодиодные лампы E27, E14, GU 5.3, GU 10 и др.			
Светодиодные светильники, прожектора, алюминиевый профиль для светодиодных изделий			
Индуктивные, емкостные, оптоэлектронные, магнитные, ультразвуковые, механические датчики фирмы Balluff (Германия)	Договор	ООО «Автоматикацентр»	г. Минск. Тел./ф.: +375 17 218-17-98, тел.: +375 17 218-17-13. E-mail: sos@electric.by www.electric.by
Блоки питания, датчики давления, разъемы, промышленная идентификация RFID, комплектующие фирмы Balluff (Германия)			
Магнитострикционные, индуктивные, магнитные измерители пути, лазерные дальномеры, индуктивные сенсоры с аналоговым выходом, инклинометры фирмы Balluff (Германия)			
Инкрементальные, абсолютные, круговые магнитные энкодеры фирмы Lika Electronic (Италия)			
Абсолютные и инкрементальные магнитные измерители пути, УЦИ (устройство цифровой индикации), тросиковые блоки, муфты, угловые актуаторы фирмы Lika Electronic (Италия)			
Преобразователи частоты, устройства плавного пуска, сервопривода, ПЛК, интеллектуальные реле, сенсорные панели, линейные и шаговые приводы фирмы Schneider Electric (Франция)			
Автоматические выключатели, УЗО, дифавтоматы, УЗИП, выключатели нагрузки фирмы Schneider Electric (Франция)			
Контакты, промежуточные реле, тепловые реле перегрузки, реле защиты, автоматические выключатели защиты двигателя фирмы Schneider Electric (Франция)			
Кнопки, переключатели, сигнальные лампы, посты управления, джойстики, выключатели безопасности, источники питания, световые колонны фирмы Schneider Electric (Франция)			
Универсальные шкафы, автоматические выключатели, устройства управления и сигнализации, УЗО и дифавтоматы, промежуточные реле, выключатели нагрузки, контакты, предохранители, реле фирмы DEKraft			
КВАРЦЕВЫЕ РЕЗОНАТОРЫ, ГЕНЕРАТОРЫ, ФИЛЬТРЫ, ПЬЕЗОКЕРАМИЧЕСКИЕ ИЗДЕЛИЯ			
Любые кварцевые резонаторы, генераторы, фильтры (отечественные и импортные)	от 0,10 у.е.	УП «Алнар»	г. Минск. Тел./ф.: +375 17 209-69-97, тел.: +375 29 644-44-09. E-mail: alnar@alnar.net www.alnar.net
Кварцевые резонаторы Jauch под установку в отверстия и SMD-монтаж	от 0,10 у.е.		
Кварцевые генераторы Jauch под установку в отверстия и SMD-монтаж	от 0,50 у.е.		
Термокомпенсированные кварцевые генераторы	от 2,20 у.е.		
Резонаторы и фильтры на ПАВ	от 0,04 у.е.		
Пьезокерамические резонаторы, фильтры, звонки, сирены			
СПЕЦПРЕДЛОЖЕНИЕ			
Большой выбор электронных компонентов со склада и под заказ. Микросхемы производства Xilinx, Samsung, Maxim, Atmel, Altera, Infineon и пр. Термоусаживаемая трубка, диоды, резисторы, конденсаторы, паяльная паста, кварцевые резонаторы и генераторы, разъемы, коммутация и др.	Договор	ЧТУП «Чип электроникс»	г. Минск. Тел./ф.: +375 17 269-92-36. E-mail: chipelectronics@mail.ru www.chipelectronics.by
Широчайший выбор электронных компонентов (микросхемы, диоды, тиристоры, конденсаторы, резисторы, разъемы в ассортименте и др.)	Договор	Группа компаний «Альфалидер»	г. Минск. Тел./ф.: +375 17 391-02-22, тел.: +375 17 391-03-33. www.alider.by
Мультиметры, осциллографы, вольтметры, клещи, частотомеры, генераторы отечественные и АКИП, APPA, GW, LeCroy, Tektronix, Agilent	1-й поставщик	ООО «Приборостроительная компания»	г. Минск. Тел./ф.: +375 17 284-11-18, тел.: +375 17 284-11-16. E-mail: 4805@tut.by
Поставка электронных компонентов и отладочных средств (микросхемы, реле, герконы, батарейки, кварцевые резонаторы) по проектным ценам: Texas Instruments, Intersil, Cypress, MXIC, Huawey, EM-Marin, COTO, Gruner, COMUS, Micro Crystal, RENATA, PKCELL, XENO, SAURIS и др.	Дистрибьютора	ЧНПУП «БелСКАНТИ»	г. Минск. Тел./ф.: +375 17 256-08-67, тел.: +375 17 398-21-62. E-mail: nab@scanti.ru www.scanti.ru



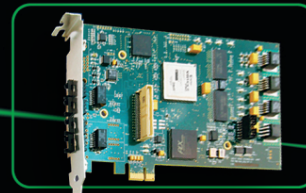
Great River
Technology

Advanced Video and Data Systems

Мировой лидер в разработке систем на основе стандарта ARINC 818 — базового стандарта Интегрированной Модульной Авионики

GRT предлагает следующие решения:

- Платы захвата кадра и генераторы видеосигнала
- Отдельно устанавливаемые высокоскоростные модули генерации сигнала
- Модули преобразования видеосигнала в защищенном исполнении
- Системы записи и воспроизведения
- Коммутаторы



ЭКСКЛЮЗИВНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР GREAT RIVER TECHNOLOGY



«Фаворит — Электронная Компания»

WWW.FAVORIT-EC.RU тел./факс: +7(495) 627-76-24, г. Москва

УИН 7719058323

МОСКВА
+7 (495) 627-76-24
info@favorit-ec.ru

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
+7 (812) 449-92-15 (16)
spb@favorit-ec.ru

МИНСК
+375 (17) 207-01-85
info@favorit-ec.ru



- « Кабели и аксессуары
- « Оборудование для СКС
- « Оборудование для ЦОД
- « Электротехника и автоматизация
- « Инструменты и расходные материалы
- « Приборы: измерения, диагностика, обслуживание
- « Оборудование для мобильных операторов
- « Оборудование для эфирно-кабельного телевидения
- « Программное обеспечение и программно-аппаратные комплексы



**ПРЕИМУЩЕСТВА
НАДЕЖНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА**

ЗАО «Профессиональные сетевые системы»

220035, г. Минск, ул. Тимирязева, 656, офис 308
+ 375 (17) 290-83-72, + 375 (17) 290-83-73
факс: + 375 (17) 254-78-28; моб.: + 375 (29) 688-84-78
www.pns.by info@pns.by

ЗАО «Профессиональные сетевые системы» УНН-190490917