

**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**

№8 (134) август 2016

Зарегистрирован
Министерством информации
Республики Беларусь

Регистрационный №71
от 19 августа 2014 года

Главный редактор:
Любарская Марина Александровна
m.lybarskaia@afk-m.com

Редактор технический:
Бокач Павел Викторович
p.bokach@afk-m.com

Редакционная коллегия:

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

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

Члены редакционной коллегии:
Беляев Борис Илларионович, д.ф.-м.н.
Борздов Владимир Михайлович, д.ф.-м.н.
Голеньков 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.
Мулярчик 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
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:
Тираж 500 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 25.08.2016 г.
Заказ №

НОВОСТИ.....2

МОНИТОРИНГ

ЧАСТОТНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ РОССИЙСКОГО И ЗАРУБЕЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА	6
ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ. КЛАССИФИКАЦИЯ	10
КАК ВЫБРАТЬ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ? Олег Николаев	11
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА	14
ТЕНЗОДАТЧИКИ – ТЕНЗОМЕТРИЧЕСКИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ	16
МОНИТОРИНГ РЫНКА ЭЛЕКТРОНИКИ	19

ОБЗОР РЫНКА

МОДУЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ Игорь Стецко	20
СЛОЖНОСТЬ ПРОСТОГО ВЫБОРА Алексей Телегин	24
ЦИФРОВЫЕ СЧЕТЧИКИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ. ВИД ИЗНУТРИ	28
ВЫБИРАЕМ ОСЦИЛЛОГРАФ Андрей Антонов	31

ДЛЯ СПЕЦИАЛИСТА

КЛАССИФИКАЦИЯ ДАТЧИКОВ Сергей Никулин	36
ПРОВЕРКА ТРАНСФОРМАТОРА ТОКА	40
ГАРМОНИЧЕСКИЕ ИСКАЖЕНИЯ ПРИ РАБОТЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЧАСТОТЫ И.Б. Барутсков, С.А. Вдовенко, Е.В. Цыганков.....	42
ПОГРУЖНЫЕ ДАТЧИКИ КОНТРОЛЯ ПРЕДЕЛЬНОГО УРОВНЯ ЖИДКОСТИ.....	50
MICROCHIP АНОНСИРУЕТ НОВОЕ ПОКОЛЕНИЕ РЕШЕНИЙ BLUETOOTH® LOW ENERGY С ПРОСТЫМ В ИСПОЛЬЗОВАНИИ ИНТЕРФЕЙСОМ И ВОЗМОЖНОСТЯМИ СОЗДАНИЯ СЦЕНАРИЕВ.....	53

НАУКА

ДВУХСЛОЙНЫЙ ГРАФЕН – ОСНОВА ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ТУННЕЛЬНЫХ ТРАНЗИСТОРОВ НОВОГО ТИПА.....	54
МОДИФИЦИРОВАННЫЕ БАКТЕРИИ МОГУТ СТАТЬ ПРОИЗВОДИТЕЛЯМИ НАНОЭЛЕКТРОНИКИ	54
ОПТИМАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ БЕСПРОВОДНОЙ СЕТЕВОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ В УЧРЕЖДЕНИЯХ ОБРАЗОВАНИЯ В.П. Кочин	55
ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ELLIPS ДЛЯ РЕШЕНИЯ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ ЭЛЛИПСОМЕТРИИ Д.С. Белявский, А.В. Леонтьев, Ю.А. Леонтьев, Н.А. Крекотень	58

ВЫСТАВКИ

ВЫСТАВКИ ПО ТЕМЕ «ЭЛЕКТРОНИКА. КОМПОНЕНТЫ». СЕНТЯБРЬ 2016	63
---	----

ПРАЙС-ЛИСТ.....64

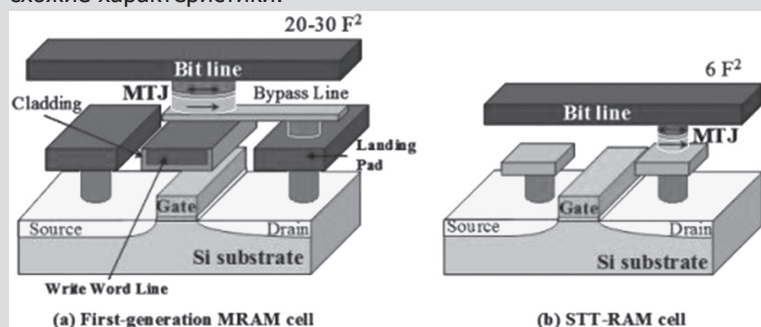
СПИСОК РЕКЛАМОДАТЕЛЕЙ

Автоматикацентр.....	64	Обложки, цветные вставки
Алнар.....	64	Microchip..... II вст.
Альфачип Лимитед.....	31, 64	Альфачип Лимитед..... I обл., I вст.
Альфалидер компонент.....	64	ОмегаКомпонент..... IV обл.
БелПлата.....	15	Профессиональные сетевые системы ... II обл.
БелСканти.....	64	Рифтек-СМТ..... I обл.
ГорнТрейд.....	21	СветТрейдИнгСервис..... I обл.
Минский часовой завод.....	36	ФЭК..... I обл.
Приборостроительная компания.....	64	Элтикон..... III обл.
СветЛед решения.....	64	ЭнергоСоюз
ФЭК.....	64	
Чип электроник.....	64	
Электромодуль.....	36	
Элконтракт.....	30	



IBM И SAMSUNG РАЗРАБАТЫВАЮТ НОВУЮ ПАМЯТЬ STT-MRAM, КОТОРАЯ МОЖЕТ ЗАМЕНИТЬ ФЛЭШ-ПАМЯТЬ

Ученые и инженеры компании IBM совместно с их коллегами из компании Samsung опубликовали работу, в которой описываются их достижения в области разработки компьютерной памяти нового типа STT-MRAM (spin-transfer torque (STT) magnetic random-access memory (MRAM)). Созданный ими опытный образец чипа STT-MRAM емкостью 4 килобита продемонстрировал время записи информации на уровне 10 наносекунд, при этом потребление тока одной ячейкой составило всего 7,5 микроампера. На кристалле опытного чипа были в целях эксперимента созданы STT-MRAM ячейки различных размеров, от 50 до 11 нанометров, но все они продемонстрировали схожие характеристики.



«Используя уникальные материалы и вещества, мы добились работы ячеек STT-MRAM памяти с уровнем ошибок 7×10^{-10} при записи информации. Время переключения составляет всего 10 наносекунд, потребляемый ток – 7,5 микроампер, а суммарная энергия – 100 фемтоджоулей» – пишут исследователи. «Таких показателей невозможно добиться при использовании обычных ячеек магнитной памяти. Но для того, чтобы поставить память нового типа на промышленные рельсы, нам предстоит проделать немало работы и провести множество дополнительных исследований. Но вы твердо уверены в том, что обязательно придет время, когда память Spin Torque MRAM станет заменой традиционной флэш-памяти».

Согласно имеющейся информации, память STT-MRAM минимум в 100 тысяч раз быстрее традиционной флэш-памяти. Кроме этого, она имеет еще несколько значительных преимуществ, главным из которых является то, что информация, записанная в STT-MRAM ячейках, никогда не сотрется, не исказится и не потеряется. Вторым преимуществом является то, что данный тип памяти потребляет энергию только в моменты записи или считывания информации, в моменты, когда память неактивна, чип памяти не потребляет энергию вообще.

Столь очевидные преимущества STT-MRAM памяти перед другими типами памяти, которые являются кандидатами на замену традиционным типам, делают ее предметом повышенного интереса со стороны ведущих производителей компьютерной памяти. А то, что разработкой занялись такие гиганты, как IBM и Samsung, вселяет уверенность в том, что разработка будет доведена до логического конца.

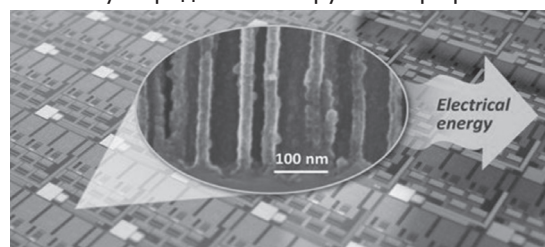
Память STT-MRAM может использоваться в качестве универсальной памяти в устройствах с низким энергопотреблением, к примеру, устройствах из разряда «Интернета вещей» и в мобильных устройствах. К сожалению, не стоит рассчитывать, что память STT-MRAM придет на смену флэш-памяти в самое ближайшее время. Как уже было сказано выше, ученым потребуется еще некоторое время на доведение технологии до уровня крупномасштабного промышленного производства.

dailytechinfo.org

СУПЕРКОНДЕНСАТОРЫ, ВСТРАИВАЕМЫЕ В КРИСТАЛЛЫ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ЧИПОВ, МОГУТ СТАТЬ ИСТОЧНИКОМ ЭНЕРГИИ

Исследователи из финского Технического Научно-исследовательского центра VTT разработали метод создания крайне высокоэффективных миниатюрных источников энергии на основе суперконденсаторов. Такие устройства аккумулирования энергии можно встраивать прямо в структуру чипов кремниевых интегральных микросхем, и это открывает путь созданию сетей автономных датчиков, носимой электроники и мобильных устройств из разряда «Интернета вещей».

Суперконденсаторы – устройства хранения энергии большой емкости, которые хранят ее в виде электростатического заряда, а не в виде химической энергии, как это делается в традиционных аккумуляторах. Ключевым компонентом новых суперконденсаторов является гибридный нанозлектрод толщиной всего несколько нанометров, изготовленный из обычного кремния, покрытого слоем нитрида титана методом атомарного осаждения. Конструктивные особенности нанозлектродов определяют значение его эффективной площади по отношению к занимаемому объему. Микроканалы, сформированные в промежутках между электродами, заполняются проводящей ионной жидкостью, что превращает структуру в высокоэффективное устройство накопления энергии. Такие особенности позволяют микроконденсатору получить более высокий показатель плотности хранения энергии, большую скорость накопления и отдачи электрического заряда, чем аналогичные параметры суперконденсаторов, изготовленных на базе углеродных нанотрубок и графена.



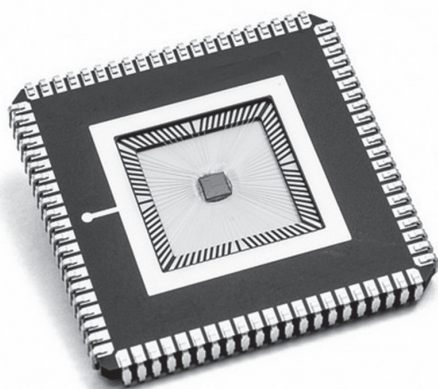
Каждый крошечный суперконденсатор способен накопить 0,22 Джоуля (55 микроватт×ч), а энергии, накапливаемой матрицей площадью 1 см², хватает для работы активно потребляющих интегральных схем и датчиков. Микро-суперконденсаторы могут быть размещены на кристаллах чипов рядом с устройствами преобразования в электричество тепловой энергии, энергии солнечного света и энергии механических колебаний, что позволит электронным устройствам черпать энергию отовсюду, откуда возможно, включая энергию радиоволн, излучаемых теле-, радиопередатчиками и другими устройствами беспроводных коммуникаций.

dailytechinfo.org



АНАЛОГОВЫЙ ЧИП ДЛЯ ДАТЧИКОВ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФА

Компания Имес и исследовательский центр Holst Centre анонсировали миниатюрный аналоговый чип для датчиков электрокардиографа, выполненный по 40 нм технологическому процессу. Решение, интегрирующее технологию и схему обработки сигналов во временной области (time domain), обладает низким энергопотреблением и поддерживает возможность определения последовательности биений даже в движении, что открывает путь к разработке бюджетных маломощных многосенсорных систем-на-кристалле (СНК) для носимых медицинских приборов.



Представленный чип датчика электрокардиографа, выполненный по 40-нм технологическому КМОП процессу, занимает площадь 0,015 мм². Он может работать с АС-сигма электродами (размах напряжения сигнала 40 мВ) и ДС электродами (до 300 мВ), потребляя в активном режиме 3,3 мкВт при напряжении питания 0,6 В. Система стабильно работает и выделяет ЭКГ сигнал в условиях «шумового стресса» и способна детектировать последовательные удары сердца даже при энергичных движениях человека. Это было достигнуто за счет внедрения архитектуры обработки данных во временной области, которая использует последние достижения технологий и позволяет избежать необходимости использования массивных аналоговых схем, например, усилителей с большим коэффициентом усиления, и дополнительных пассивных компонентов.

Со слов представителей компании Имес, представленный инновационный чип датчика ЭКГ прокладывает путь к разработке дешевых, маломощных мультисенсорных систем для амбулаторных медицинских приложений. Более того, он открывает дополнительные инновационные пути разработки аналоговых интерфейсных схем по 40-нм технологическому процессу, используя все преимущества масштабируемых технологий, используемых в цифровых архитектурах.

rlocman.ru

САМЫЙ ЕМКИЙ В МИРЕ SSD-НАКОПИТЕЛЬ

В калифорнийской Санта-Кларе, на конференции Flash Memory Summit, компания Seagate представила твердотельный накопитель рекордного объема – 60 ТБ. Подобным достижением пока не может похвастаться больше ни один производитель электронных накопителей.

Современные пользователи откровенно избалованы теми скоростями обмена данных, которых позволяют достичь SSD-накопители. Во времена HDD-накопителей такой комфорт нам и не снился, а сегодня операционная система загружается с нуля за секунды, SSD не шумит и занимает гораздо меньше места внутри корпуса компьютера. Остается лишь одно неудобство: как правило, твердотельные накопители жестко ограничены в объеме. Но технологии стремительно развиваются, и вот компания Seagate представила свою новинку – твердотельный накопитель с суммарным объемом в 60 терабайт.

По словам производителя, это самый вместительный SSD, который когда-либо демонстрировался на нашей планете. Он вдвое превышает показатели по плотности и в четыре раза по емкости по сравнению с самым емким SSD, доступным в настоящее время. Накопитель способен вместить 400 миллионов фото или 12 тысяч DVD-фильмов. Кроме того, новый SSD от Seagate заявлен как самый доступный флеш-накопитель в пересчете стоимости за 1 ГБ.

Новинка Seagate в один миг заткнула за пояс все потуги конкурентов создать максимально вместительный SSD-накопитель. До этого рекордсменом считалась компания Samsung со своим SSD на 16 ТБ. Скорость чтения находится на отметке 1,5 ГБ/с, а скорость записи – 1 ГБ/с. Накопитель поддерживает интерфейс SAS (Serial Attached SCSI) и предназначен для использования в дата-центрах. Он получил стандартный 3,5-дюймовый форм-фактор, что упрощает его использование. Продажи нового SSD на 60 ТБ должны начаться в течение 2017 года.



Seagate разрабатывала SSD с учетом возможного расширения его объема в будущем. Это значит, что дата-центрам не придется что-либо менять в серверных стойках, когда выйдет, например, модель накопителя вместительностью 100 ТБ и выше.

**Seagate.com
hi-news.ru**



БЛОКИ ПИТАНИЯ СМОГУТ ИЗБАВЛЯТЬСЯ ОТ ПЫЛИ САМОСТОЯТЕЛЬНО

Компания Enermax, занимающаяся производством блоков питания, анонсировала выпуск новой серии устройств Platimax DF. Они смогут самостоятельно стряхивать пыль с лопастей кулера, благодаря особой технологии. Подобный механизм уже используется в современных видеокартах.

Серия Platimax DF в данный момент включает в себя только 2 модели устройств. Каждая из них принадлежит категории 80+ Платинум. Они относятся к верхнему классу и обладают мощностью 500 Вт или 600 Вт, чего будет вполне достаточно для большинства игровых платформ. Значительным достоинством этих блоков питания является их модульность. Корпус Platimax DF изготовлен из качественных материалов. В комплекте также предоставляются кабели SLEEMAX, которые имеют черно-белую оплетку.



Блоки питания охлаждаются с помощью подшипникового кулера размером 140 мм. Производитель гарантирует до 160 000 часов «моторесурса». Новая серия Platimax DF использует практически все доступные в данный момент технологии защиты и поддерживает системы энергосбережения. Это гарантирует долгую и бесперебойную работу комплектующих.

Размеры блоков питания этой серии составляют 150x160x86 мм. Благодаря таким габаритам, они совместимы с большинством корпусов для ПК. Дизайн является классическим для подобных устройств. Оформление корпуса Platimax DF выполнено в фирменной черной раскраске.

Технология удаления пыли с лопастей вентилятора довольно проста. Включив устройство, его кулер будет работать в реверсивном режиме на протяжении десяти секунд, обеспечивая очистку лопастей от пыли. После этого охлаждение блока питания перейдет в штатный режим.

tehnobzor.com

УНИКАЛЬНЫЙ ПРИБОР ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ СУСТАВОВ И КОСТНОЙ ТКАНИ

Холдинг «Швабе» готовится к серийному производству биоадекватного электромагнитного аппарата, который не имеет мировых аналогов. Он создан для ускорения сращения костных тканей после переломов, а также для лечения заболеваний суставов и мягких тканей.



Разработкой аппарата занимались специалисты Национального центра лазерных систем «Астрофизика» и ученые из НИИ биомедицинской технологии МГТУ имени Баумана. В серийное производство биоадекватный электромагнитный аппарат планируют запустить в первом полугодии следующего года.

Принцип работы нового аппарата заключается в воздействии электромагнитного поля, формирующегося в блоке индукторов. При этом электромагнитное поле изменяется в зависимости от режима работы. Аппарат способен оказывать стимулирующие воздействия на метаболические процессы, происходящие в организме человека.

Дмитрий Жидков, заместитель генерального директора компании «Швабе», отмечает: «Новый аппарат для каждого конкретного заболевания обеспечивает оптимальный режим работы. В зависимости от клинической картины аппарату можно задавать «артериальный режим», который способствует притоку крови, и «венозный режим», направленный на снятие отека. Такая многофункциональность существенно расширяет область применения аппарата».

shvabe.com

РОССИЯ ЗАПУСТИЛА ПИЛОТНЫЙ СЕГМЕНТ ПЕРВОЙ МНОГОУЗЛОВОЙ КВАНТОВОЙ СЕТИ

В Казани запущен пилотный сегмент первой в России многоузловой квантовой сети. Проект реализован совместно с петербургским университетом ИТМО и станет основой для разворачивания масштабируемой инфраструктуры квантовых коммуникаций в национальном масштабе. Также отмечается, что сеть в Казани полностью основана на российских разработках, не имеющих мировых аналогов.

Сеть объединит квантовым каналом четыре узла, расположенные на расстоянии 30-40 км друг от друга. В пилотном сегменте сети достигнута скорость генерации просеянных квантовых последовательностей 117 кбит/с на линии длиной 2,5 км. Это на порядок быстрее аналогичных европейских проектов. В сети продемонстрировали передачу квантовых бит в оптическом канале с потерями 20 дБ, что эквивалентно расстоянию 100 км.

Проект использует действующую стандартную оптоволоконную линию с использованием телекоммуникационной инфраструктуры «Таттелеком». Новая сеть обладает повышенной безопасностью при передаче данных. В качестве носителей информации выступают одиночные фотоны, которые необратимо изменяются при попытке перехвата данных. В результате о любом вторжении в канал становится сразу же известно. Как ожидается, квантовые сети смогут использоваться финансовыми структурами, государственными ведомствами, промышленными предприятиями, везде, где важна конфиденциальность при обмене информацией.

[Новостная служба ferra.ru](http://новостная.служба.ferra.ru)



РЕКОРД ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ МИКРОВОЛНОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Электромагнитные волны микроволнового диапазона используются достаточно широко в различных областях науки и техники. При их помощи мы разогреваем еду в микроволновых печах, микроволновые лучи обеспечивают работу высокочувствительных камер, они управляют состоянием кубитов в некоторых квантовых вычислительных системах и делают многое другое. Естественно, что при реализации множества технологий, связанных с микроволновым излучением, требуется улавливать (детектировать) эти волны с максимальной возможной чувствительностью. И серьезных успехов в этом деле удалось добиться ученым из университета Аальто (Aalto University). Разработанный ими датчик микроволнового излучения имеет в четырнадцать раз большую чувствительность, нежели все подобное, что было создано ранее.

Ключевым моментом нового датчика является сверхпроводимость и уникальная новая конструкция этого датчика. Датчик состоит из крошечных алюминиевых деталей, материал которых находится в сверхпроводящем состоянии. А соединены между собой эти детали при помощи золотых нанопроводников. Конструктивные особенности нового датчика позволяют ему поглощать микроволновые фотоны с максимальной возможной на сегодняшний день эффективностью, а собственно активная часть датчика имеет размеры, не превышающие размеров человеческой кровяной клетки.

Новый датчик функционирует при температуре в одну сотую градуса выше абсолютного нуля. Тепловые шумы в таком случае настолько слабы, что датчик позволяет уловить всплеск излучения, энергия которого составляет единицы зептоджоуля (зепто – это 10^{-21}), для сравнения такое количество энергии способно переместить кровяную клетку всего на расстояние в 1 нанометр.

Вторым ключевым моментом нового датчика является технология усиления полезного сигнала, который появляется в результате воздействия крошечных энергетических пакетов, фотонов. Для этого исследователи использовали достаточно широко распространенную в электронике технологию положительной обратной связи, которая за счет энергии из внешнего источника усиливает изменение температуры, вызванное поглощением фотона поверхностью датчика.

Помимо области телекоммуникаций, где новый датчик может быть использован для детектирования информационных сигналов, его можно будет использовать в качестве измерительного устройства и для устройства, определяющего состояние квантовых битов, кубитов, которые являются основой любой квантовой вычислительной системы.

dailytechinfo.org

ФЕРРИТОВАЯ ТКАНЬ ЗАЩИТИТ ОТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ОРУЖИЯ



Электромагнитное оружие многим из нас все еще кажется чем-то из научной фантастики и в полевых условиях применяется не очень часто. Тем не менее, данная область военной промышленности стремительно развивается, и уже очень скоро мы станем свидетелями активного использования подобного рода техники в военных действиях. Российские ученые не сидят на месте и работают над тем, чтобы защитить нашу военную технику от вражеских электромагнитных атак. Одной из новинок в данной области стало особое ферритовое полотно, способное спасти электронные приборы российской бронетехники от воздействия средств радиоэлектронной борьбы.

Пресс-служба государственной корпорации «Ростех» опубликовала материал, в котором приоткрыла завесу тайны над совместной разработкой российского холдинга «Росэлектроника» и компании «Феррит-Домен» в области защиты от электромагнитного оружия. Специалистам предприятий удалось создать первый в мире защитный материал столь малой удельной массы (всего 0,2 кг/м²) и со столь высокими поглощающими свойствами. За рубежом аналогов российской «ферритовой ткани» на сегодняшний день не существует. Материал защищает от электромагнитных излучений в диапазоне от 0,5 ГГц до 50 ГГц, а также снижает уровень электромагнитного поля конкретного образца военной техники до 10-30 дБ (отраженное от материала излучение) и до 100 дБ (прошедшее через материал излучение). Разработка впервые будет представлена публике в рамках международного военно-технического форума «Армия-2016», который пройдет с 6 по 11 сентября в подмосковной Кубинке.

Ферритовая ткань обладает высочайшей гибкостью, что позволяет покрыть ею практически все, что угодно, как во время боевых действий, так и на этапе создания техники. Кроме того, такой материал можно использовать не только в оборонной промышленности, но и в медицине, а также для защиты сотрудников производств, где люди сталкиваются с мощными электромагнитными полями. Материал способен исправно справляться со своей главной задачей в температурном диапазоне от -50 до +110 градусов Цельсия. При помощи такого материала можно сделать как стационарные, так и подвижные объекты на поле боя практически неразличимыми для высокоточного оружия, наведение которого происходит по различным физическим полям. Кроме того, электроника станет невосприимчива к попыткам вывести ее из строя при помощи электромагнитных импульсов. На сегодняшний день уже запущено производство полотен размером 500x500 миллиметров.

hi-news.ru



ЧАСТОТНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ РОССИЙСКОГО И ЗАРУБЕЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА:

ОБЗОР БРЕНДОВ И СТОИМОСТЬ ОБОРУДОВАНИЯ

Современные электродвигатели, используемые в разных отраслях промышленности, в транспортной и энергетической сферах, в коммунальном хозяйстве требуют новых энергосберегающих методов управления. В настоящее время управляющие системы строятся на основе частотных преобразователей, обеспечивающих автоматическую регулировку напряжения и скорости вращения ротора в зависимости от нагрузки и потребностей технологического процесса.



Частотные преобразователи успешно применяются в различном технологическом оборудовании, в том числе в подъемно-транспортном и лифтах. Используются также в станциях управления насосами, выполняя функцию системы контроля и управления по давлению или уровню. Благодаря им электродвигатели насосов работают в экономичном режиме, что позволяет снизить затраты на электроэнергию, ремонт и обслуживание двигателей, электропривода и оборудования в целом.

Низковольтные и высоковольтные преобразователи частоты (частотники, инверторы, регуляторы частоты и оборотов) традиционно выполняются на тиристорах и получивших в последнее время широкое распространение IGBT-модулях. Преобразователь частоты электродвигателей служит для плавного пуска/остановки, а также для управления скоростью приводов, использующих асинхронные двигатели переменного тока.

Частотные преобразователи подбирают по мощности электродвигателя, учитывая также точность и диапазон регулировки скорости вращения ротора. Немаловажен и вопрос стоимости «частотника», поскольку, в зависимости от производителя, цены могут различаться при одних и тех же характеристиках в несколько раз.

Рынок частотных преобразователей для асинхронных двигателей

Теоретические основы метода векторного регулирования скорости асинхронного электродвигателя были

сформулированы еще в 1970-х годах в России, Японии и Германии. Первой на практике их применила компания Siemens, разработавшая систему «трансектор». В Европе и США аналоги последней получили широкое распространение. Интересно, что в конце концов мировым «законодателем мод» в сфере разработки и производства частотных преобразователей стала датская компания Danfoss.

Несовершенство советской элементной базы долгое время не позволяло догнать Запад, и в настоящее время на постсоветском рынке можно назвать совсем немного компаний, выпускающих частотные преобразователи, в то время как выбор иностранной продукции довольно богат. И если американские «частотники» у нас практически не используются, то европейские, японские и тайваньские крайне популярны.

Какой частотный преобразователь купить?

К настоящему моменту сложились идеальные условия для встречи потребителя с отечественным производителем частотных преобразователей. Выгодное соотношение «цена-качество» и отсутствие проблем с поставками позволяют быстро решить проблемы приобретения нужного оборудования для производственных или частных нужд. Импортные преобразователи принято считать более простыми в настройке, но по большому счету это не более чем стереотип. Документация, разработанная для отечественного потребителя, ясные



схемы подключения и возможность получить подробную консультацию непосредственно в отделе технической поддержки производителя снимают эту проблему. Ниже приведены данные о производителях наиболее востребованных в СНГ отечественных и зарубежных частотных преобразователей.

ООО «Эффективные Системы»

Российский производитель, располагающий собственным отделом разработки электронных систем, линией техподдержки, сервисным центром. Выпускает опытные партии оборудования, занимается серийным производством. В спектр продукции входят несколько серий частотных преобразователей, устройства плавного пуска, а также уникальные контроллеры «ЭнерджиСейвер», отмеченные международными призами Конвенции BID в Нью-Йорке за превосходство и качество продукции в 2008, 2010 и 2011 годах. На сегодняшний день по совокупности потребительских качеств и цены аналогов контроллерам «ЭнерджиСейвер», частично сочетающим возможности устройств плавного пуска и частотных преобразователей, на рынке нет. Продукция компании «Эффективные Системы» широко востребована не только крупными промышленными заказчиками, но и малым бизнесом, а также частными лицами, решающими проблемы управления электроприводом бытовых устройств, например, насосов, а также эффективного энергопотребления домов и земельных участков.

Помимо прочего, компания осуществляет разработку, проектирование, монтаж, пусконаладку, гарантийное и послегарантийное обслуживание силовой электроники и приводной техники, обучение обслуживающего персонала, а также ремонт преобразователей частоты и устройств плавного пуска любого производителя.

ООО «Веспер автоматика»

Производитель силовой преобразовательной техники, успешно работающий на рынке с 1992 года. Выпускает семь серий частотных преобразователей, среди которых есть многофункциональные, применимые в большинстве существующих промышленных механизмов. Изготавливает и поставляет оборудование, проводит обследование объектов и проектирование систем, осуществляет гарантийное, послегарантийное обслуживание и ремонт. При необходимости возможно обучение обслуживающего персонала.

Danfoss

Датская промышленная компания, выпускающая преобразователи частоты для использования в системах водоснабжения и водоотвода, отопления, вентиляции и кондиционирования. Мировой эксперт в вопросах энергосбережения. По данным РБК, подмосковный офис Danfoss является самым энергоэффективным в России. Продукция компании часто используется иностранными строительными концернами.

ABB

Международный электротехнический концерн, образовавшийся при слиянии компаний из Швеции и Швейцарии. Выпускает низковольтные преобразователи частоты для массового применения во всех областях промышленности и в коммунальной сфере. В России продукция ABB широко применяется в нефтегазовой отрасли.

Schneider Electric

Немецкий электротехнический концерн, известный в странах СНГ уже 40 лет. Оборудование компании установлено в Кремле, на объектах «Газпрома», на серийных трансформаторных подстанциях, распределительных пунктах и других объектах инфраструктуры городов России, а также в обычных жилых домах. Частотные преобразователи выпускаются также под брендом Telemecanique.

Delta Electronics

Эта тайваньская компания производит частотные преобразователи Delta уже 20 лет. В настоящее время выпускается восемь серий для двигателей мощностью от 40 Вт до 220 кВт. В России эта продукция используется в системах центрального водоснабжения жилых домов и промышленных объектов.

Vacon

Известная финская компания, в 2014 году ставшая частью концерна Danfoss. Особенностью преобразователей частоты Vacon является модульность, благодаря чему заказчик может выбрать удобную конфигурацию, не переплачивая за ненужные компоненты. Оборудование Vacon в России можно увидеть на крупных водоканалах.

* * *

До недавнего времени выбор производителя частотных преобразователей осуществлялся компаниями один раз и в дальнейшем не менялся. Однако в нынешних реалиях многим приходится экономить не только электроэнергию, но и бюджеты на автоматизацию и энергосберегающие технологии. Это веский повод пересмотреть свои взгляды на поставщиков, ведь отечественные решения для предприятия способны окупиться буквально за несколько месяцев.

Цены на частотные преобразователи

Прежде всего цена будет зависеть от мощности двигателя, поэтому предварительно рассчитывать ее можно по киловаттам. Ведущие мировые производители (Danfoss, ABB, Schneider Electric) предлагают частотные преобразователи по следующим ценам:

– для маломощных двигателей (до 2,2 кВт) – 450-650 €/кВт;





– для двигателей средней мощности (до 50 кВт) – 150-450 €/кВт;

– для мощных двигателей (свыше 50 кВт) – 90-150 €/кВт.

Речь идет о низковольтном оборудовании. Высоковольтные частотные преобразователи обойдутся в несколько раз дороже. Иностранные производители второго эшелона — такие как Vacon и Delta — предлагают цены на 20–25% ниже, чем лидеры рынка.

Российская продукция по состоянию на 2016 год в связи с колебаниями курсов валют не имеет конкурентов по цене. Возьмем, например, частотные преобразователи для систем вентиляции и кондиционирования, рассчитанные на 11 кВт, и сравним цены:

– Danfoss VLT HVAC Basic Drive FC — €1250;

– Delta VFD110E43A — \$806;

– ES025-04-0250F/U производства компании «Эффективные Системы» — 53 400 рублей.

В среднем российские частотные преобразователи можно приобрести на 10–50 % дешевле, чем импортные аналоги.

Где можно купить преобразователи частоты?

В СНГ приобретение необходимого частотного преобразователя через посредников может затянуться надолго. Изъяны отечественной логистики и недостаточная квалификация менеджеров по закупкам — вот лишь небольшая часть проблем, с которыми приходится сталкиваться покупателю. Однако всегда есть возможность обратиться напрямую к производителю, чтобы получить развернутую консультацию и приобрести товар без переплаты.

kp.ru

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Начало продаж преобразователей частоты нового поколения серии FR-F840 для насосов и вентиляторов

С 2016 г. Mitsubishi Electric (Япония) объявили о начале продаж преобразователей частоты (ПЧ) нового поколения серии FR-F840 на насосно-вентиляторную нагрузку. Многим специалистам хорошо знакомы преобразователи частоты FR-F740, которые успешно продавались в течение длительного времени и теперь постепенно будут замещены своим преемником. Новая серия FR-F840 обладает улучшенными характеристиками с множеством полезных функций, лучшей производительностью и более низкой стоимостью. По информации Mitsubishi Electric, склад будет полностью переориентирован на поставку новых преобразователей частоты.

Новые преобразователи FR-F840 наилучшим образом подходят для использования с насосами, вентиляторами, компрессорами, в системах отопления, вентиляции и кондиционирования.

Обладают следующими особенностями:

- Диапазон мощностей от 0,4 кВт до 110 кВт с напряжением питания: 200-240 В, 3-х фазное, AC; от 0,75 кВт до 630 кВт с напряжением питания: 380-500 В, 3-х фазное, AC;

- Встроенный ПЛК с часами реального времени, который может управлять функциями, не связанными с приводом, например, управление световой сигнализацией, клапанами, нагревателями и т.д.;

- Оптимизированы энергопотребление и эксплуатационные расходы;

- Один привод может управлять несколькими агрегатами;

- Функция предпускового прогрева электродвигателя (сушка обмоток перед включением) и функция очистки насоса;

- Предотвращение гидравлического удара при останове;

- Улучшенное регулирование благодаря расширенной функциональности ПИД регулятора (два встроенных независимых ПИД-регулятора, автонастройка ПИД, доступ к заданному значению ПИД на дисплее, удержание выхода ПИД (включая мультинасос) и т.д.;

- Автоматический перезапуск после сбоя;

- Обнаружение механических неисправностей в системе привода:

- При насосной нагрузке: распознавание повреждения трубы или защита от работы без жидкости в трубах,

- При вентиляторной нагрузке: диагностирование разрыва ремня вентилятора;

- Встроенные функции безопасности (двухканальный аварийный останов для надежного отключения и безопасное снятие момента — STO);

- Автонастройка работы с двигателями на постоянных магнитах;

- Размеры и установочные позиции FR-F800 совпадают с FR-F700;

- Через FR-Configurator 2 параметры из ПЧ FR-F700 легко можно перенести на FR-F800;

- С помощью стандартного USB накопителя можно переносить параметры с одного преобразователя на другой;

- Поддержка сетей ProfiNET, EtherNet/IP, CC-Link, Profibus DPV1/DPV0, LonWorks®, CAN и DeviceNet и др.

Преобразователь ULC сертифицирован для канадского рынка

Частотные преобразователи NORD DRIVESYSTEMS с уровнем мощности до 90 кВт прошли сертификацию UL для Канады (ранее они уже были сертифицированы для США).





Это позволяет еще эффективнее проектировать приводы для североамериканского рынка, так как отпала необходимость в дополнительных сетевых фильтрах, которые требовались для применения в Канаде. Это дает пользователю новые преимущества: снижение стоимости, сокращение трудозатрат на электроподключение, уменьшение занимаемого пространства и упрощение проектирования. NORD предлагает серию преобразователей, монтируемых в электрошкаф, для двигателей мощностью до 160 кВт, и две децентрализованные серии до 22 кВт как универсальную гамму приводной электроники для любых условий применения и отраслей. Интеллектуальные регуляторы снабжены встроенным ПЛК, масштабируемыми функциями и гибкими опциями интерфейсов.

Новый контроллер движения IMC Danfoss в частотном преобразователе заменяет сервопривод

Инженеры компании «Данфосс» разработали новый встроенный контроллер движения IMC. Он существенно расширяет возможности привода VLT AutomationDrive FC 302, обеспечивая выполнение функций сервопривода. Применение опции позволяет преобразователю частоты переменного тока выполнять операции высокоточного позиционирования и синхронизации без дополнительных модулей и оборудования.

Инновационная разработка обеспечивает управление асинхронными двигателями и двигателями на постоянных магнитах в режимах с энкодером и без него. IMC актуален для различных применений, когда не требуется поддержание высоких динамических характеристик. Среди преимуществ – работа со всеми традиционными двигателями, автоматическая адаптация двигателя, бездатчиковое обнаружение положения ротора.

Новая опция расширяет сферу применения частотного преобразователя, заменяя использование сервопривода в конвейерах и металлорежущих станках, в упаковочном оборудовании и машинах по нанесению этикеток, поворотных столах и экструдерах.

Традиционно точное позиционирование и синхронизация выполняются только с помощью сервопривода. Данное оборудование имеет высокую стоимость, требует прокладки дополнительных кабелей, сложно при введении в эксплуатацию. Встроенный контроллер движения



IMC предоставляет эффективную альтернативу сервоуправлению. Преобразователи частоты настраиваются с помощью простых параметров, не требуется знание сервотехнологии или языков программирования. Они удобны и надежны в эксплуатации. Данное решение позволяет значительно уменьшить время на монтаж и сократить затраты на дополнительное оборудование.

Преобразователь частоты для экстремальных условий эксплуатации

Серия VACON® NXP Liquid Cooled с жидкостным охлаждением дополнила функциональный ряд преобразователей частоты компании «Данфосс».

На рынке частотно-регулируемых приводов нового поколения VACON® NXP Liquid Cooled с жидкостным охлаждением занимает особое место. Данный преобразователь частоты актуален для применений в ограниченном пространстве, когда невозможно организовать воздушное охлаждение.

Уникальная разработка способна работать в экстремальных условиях эксплуатации – на море, в шахтах, на предприятиях тяжелой промышленности. Устройство устанавливается на компрессоры, экструдеры, насосы, вентиляторы, транспортеры, дробилки, пропульсивные системы судна, испытательные стенды, крановые системы и системы лебедок. Высокая степень защиты (IP54 или выше) позволяет применять частотный преобразователь практически в любом месте. Функции Safe Torque Off (STO) и Safe Stop 1 (SS1) обеспечивают безопасность, а печатные платы с защитным покрытием повышают надежность работы.

Компактность конструкции сочетается с высокой производительностью. Преобразователи частоты VACON® NXP Liquid Cooled имеют оптимальное соотношение «мощность/размер» среди аналогов. Жидкостное охлаждение не создает нагрузку на систему кондиционирования воздуха в щитовых. Это снижает потребность в дополнительном оборудовании, сокращает инвестиционные и эксплуатационные затраты и делает приводы идеальными для проведения модернизации.

Привод использует весь функционал семейства VACON NXP и имеет такой же пользовательский интерфейс, что позволяет добиваться модульности и масштабируемости. Данный преобразователь доступен для широкого диапазона напряжения и мощности: 380–500 В / 7,5–5150 кВт, 525–690 В / 110–5300 кВт.

**chastotnik.pro, esspb.ru,
nord.com, danfoss.ru**





ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ. КЛАССИФИКАЦИЯ.

Измерительное преобразование определяется как преобразование одной физической величины в другую физическую величину либо сигнал, связанные с ней функционально, удобные для дальнейшего преобразования, обработки и хранения. Любое измерение, по сути, сводится к совокупности нескольких отдельных измерительных преобразований.

Измерительный преобразователь – это техническое устройство, построенное на определенном физическом явлении, и которое предназначается для выполнения одного и того же частого преобразования.

В понятие «измерительное преобразование» вкладывается существенно более широкий смысл, чем в термин «измерительный преобразователь», поскольку одно и то же измерительное преобразование может быть осуществлено множеством различных преобразователей.

Измерительные преобразователи *по функциональному признаку* могут быть разделены на следующие группы:

- Измерительные преобразователи переменного тока;
- Измерительные преобразователи постоянного тока;
- Измерительные преобразователи напряжения переменного тока;
- Измерительные преобразователи напряжения постоянного тока;
- Измерительные преобразователи активной и реактивной мощности;
- Измерительные преобразователи унифицированных электрических сигналов;
- Измерительные преобразователи частоты переменного тока;
- Измерительные преобразователи многофункциональные.

По виду физической величины (ФВ) на входе измерительного преобразователя (ИП) и физической величины на выходе существуют:

- преобразователи электрических величин в электрические (трансформаторы, усилители, резистивные делители, шунты и т.п.);
- преобразователи неэлектрических величин в неэлектрические (редукторы, рычаги, пружины, мембраны);
- преобразователи электрических величин в неэлектрические (электрические нагреватели, осветители, электромоторы, двигатели, холодильники);
- преобразователи неэлектрических величин в электрические.

По признаку вида зависимости ФВ величин от времени на входе и на выходе:

- аналоговые — входные и выходные величины, будучи аналоговыми сигналами, изменяются гладко и непрерывно;
- цифровые (дискретные) — входные и выходные величины изменяются дискретно;

– аналого-цифровые (АЦП) — входной сигнал является аналоговым, выходной — дискретным;

– цифро-аналоговые (ЦАП) — входной сигнал является цифровым, выходной — аналоговым).

По признаку наличия или отсутствия энергии в измеряемом сигнале:

– генераторные преобразователи – это преобразователи одного вида энергии в другой вид энергии (тепловой, звуковой, световой) (источники тока, источники ЭДС, термопары, акустоэлектрические, пьезоэлектрические, оптоэлектрические). Они преобразуют только активные физические величины;

– параметрические преобразователи – такие преобразователи не могут работать без источника энергии. Выходной сигнал этих преобразователей обусловлен изменением пассивных измеряемых ФВ на входе. То есть параметрические преобразователи преобразуют пассивные физические величины в активные;

– масштабные преобразователи – такие преобразователи изменяют только величину ФВ, поступающую на их вход (делители, усилители).

По виду модуляции сигнала на выходе ИП:

- амплитудные или амплитудно-модулированные;
- фазовые;
- частотные.

По виду протекающих в ИП в процессе преобразования динамических процессов:

– статические преобразователи – измеряемая физическая величина на выходе ИП выражается через статическую характеристику, называемую коэффициентом преобразования;

– динамические преобразователи – измеряемая физическая величина на выходе ИП выражается через динамические характеристики измерительного преобразователя. Динамические характеристики отражают процессы превращения кинетической энергии либо энергии магнитного поля в потенциальную энергию либо энергию электрического поля;

– модуляционные преобразователи как частный случай динамических преобразователей – здесь статический входной сигнал преобразуется в периодический сигнал или изменяется частота периодического входного сигнала при помощи специального устройства – модулятора.

e854.ru



КАК ВЫБРАТЬ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ?

При автоматическом управлении технологическими процессами в сетевых и генерирующих компаниях, а также на промышленных предприятиях с развитой системой электроснабжения широко применяются информационно-измерительные системы, осуществляющие сбор, обработку, хранение, передачу и представление в удобной форме измерительной информации. Получение информации от контролируемого объекта и ее первичную обработку осуществляют измерительные преобразователи.

■ **ОЛЕГ НИКОЛАЕВ**, ведущий специалист по маркетингу ОАО «Электроприбор», г. Чебоксары

В данной статье речь идет о тех измерительных преобразователях, которые являются средствами измерения с нормированными метрологическими характеристиками, и служат для преобразования электрических величин в унифицированный сигнал постоянного тока или в цифровой код, используемые для дальнейшей передачи или индикации. По своей сути они являются промежуточным звеном между объектом измерений и собственно измерительным прибором или системой телемеханики.

Классификация

По виду измеряемого и преобразуемого входного сигнала самыми распространенными и массово применяемыми измерительными преобразователями в энергетике и у производителей шкафного оборудования являются преобразователи:

- переменного тока и напряжения,
- постоянного тока и напряжения,
- активной и реактивной мощности переменного тока;
- частоты.

Основными производителями указанных преобразователей, представленных на рынке в СНГ, являются: ОАО «Электроприбор» (г. Чебоксары), ООО «Алекто» (г. Омск), МНПП «Электроприбор», ООО «ЭнергоСоюз» и ОДО «Энергоприбор» (г. Витебск).

При выборе измерительного преобразователя перед потребителями всегда стоит ряд вопросов, которые мы и постараемся рассмотреть в данной статье.

«Аналоговый» или «цифровой» выход?

На сегодняшний день все производимые преобразователи по форме обработки входного сигнала можно разделить на две большие группы:

- преобразование входного сигнала в аналоговый выходной сигнал,
- преобразование входного сигнала в цифровой сигнал.

Аналоговые измерительные преобразователи – это тип изделий, которые широко применялись раньше и применяются сегодня во многих областях промышленности и энергетики. Большинство энергообъектов

вводилось в строй в 70 - 80-х годах прошлого века. Системы телемеханики в то время строились на приеме и обработке аналоговых сигналов. Измерительные преобразователи в таких системах преобразовывают входной сигнал в унифицированный выходной сигнал постоянного тока и обеспечивают возможность дистанционной передачи выходного сигнала или подключения щитового прибора для визуальной индикации результата преобразования. Время установления выходного аналогового сигнала этих преобразователей составляет до 1 сек.

Измерительные преобразователи с аналоговым выходным сигналом наиболее дешевы и очень распространены, однако современным требованиям не соответствуют. Принятая в ОАО «ФСК ЕЭС» и ОАО «Россети» политика предусматривает передачу данных от вторичных приборов и датчиков только в цифровом формате с использованием стандартных интерфейсов.

Измерительные преобразователи с цифровым выходным сигналом более дороги, но обладают достаточно серьезными преимуществами:

- высокая точность, быстродействие и скорость передачи данных;
- простота реализации линии передачи (например, для интерфейса RS485 – это витая пара);
- возможность подключения дополнительных модулей индикации для отображения измеряемых (преобразуемых) параметров;
- расширенный ряд напряжений питания (+12 В, +24 В, 220 ВУ, ~230 В);
- повышенный уровень электробезопасности за счет трехуровневой гальванической развязки: по входным измерительным цепям, по выходным цепям и по цепи питания.

Современные измерительные преобразователи нередко оснащаются и цифровыми и аналоговыми выходными цепями.

Примерами таких преобразователей являются Е854ЭЛ, Е856ЭЛ и Е849ЭЛ (рисунок 1).

Применение в цифровых измерительных преобразователях современной элементной базы (комплектующих элементов) позволяет резко сократить габаритные размеры, улучшить технические характеристики, ввести дополнительные сервисные функции.

Первый шаг был сделан при разработке измерительных преобразователей типа Е854ЭЛ, Е856ЭЛ, Е849ЭЛ,



Цифровые ИП Е854ЭЛ, Е1854ЭЛ
с интерфейсами RS485 ModBus RTU



Цифровые ИП Е856ЭЛ, Е1856ЭЛ
с интерфейсами RS485 ModBus RTU



Цифровые ИП Е849ЭЛ
с интерфейсами RS485 ModBus RTU



Система сбора и передачи
данных, АСУ ТП



Аналоговый выходной сигнал

RS485 ModBus RTU

Отображение преобразуемого
входного сигнала



Рисунок 1 – Схема подключения цифровых измерительных преобразователей

где кроме аналогового выходного сигнала появился и интерфейс RS485 с универсальным протоколом передачи данных ModBusRTU.

Вторым шагом стало уменьшение габаритных размеров измерительного преобразователя по ширине до 24 мм. Появились преобразователи Е1854ЭЛ, Е1856ЭЛ, Е1858ЭЛ (так называемые «узкие» преобразователи). В «узких» преобразователях есть два цифровых семисегментных индикатора для отображения процентной шкалы входного сигнала и отображения меню при выборе кнопками управления параметра выходного аналогового сигнала. Единичные светодиодные индикаторы информируют о работе интерфейса и напряжении питания, а наличие дискретного выхода у измерительных преобразователей дает возможность потребителю организовать телеуправление коммутационным устройством. Имеющееся программное обеспечение позволяет по RS485 проводить конфигурацию всех приведенных выше типов измерительного преобразователя.

Появилась возможность объединения преобразователей в единую сеть с другими средствами измерения и передачи информации посредством интерфейсов RS485, а также наличие выходных унифицированных сигналов постоянного тока позволяет использовать преобразо-

ватели на объектах энергетики и в автоматизированных системах различного назначения (ССПИ, АСУ ТП). Преобразователи с цифровым выходом выполняются с передним расположением винтовых подпружиненных клеммных разъемов, которые надежно фиксируют присоединительные провода и облегчают монтаж. Преобразователи допускают установку как на стандартную DIN-рейку 35 мм, так и на плоскую поверхность. В последнее время в энергетике планомерно проводятся работы по реконструкции старых и строительству новых подстанций с применением современных систем телемеханики. Цифровые измерительные преобразователи легко интегрировать в любую систему телеизмерения в силу целого ряда присущих им преимуществ (таблица 1).

Проверка или калибровка?

Нормативные документы не слишком четко разграничивают понятия поверки и калибровки средств измерений. Поверка – это совокупность операций и процедур, направленных на определение и подтверждение соответствия средств измерения и приборов установленным законодательством требованиям.

Таблица 1 – Преимущества цифровых измерительных преобразователей перед аналоговыми

Характеристики	Цифровой преобразователь	Аналоговый преобразователь
Напряжения питания	Расширенный ряд +12 В, +24 В, 220 ВU, ~230 В	Измерительная цепь, ~220 В
Интерфейс	до 2-х RS485	Нет
Конфигурирование параметров и аналогового выходного сигнала	Да. Через интерфейс RS485	Нет
Высокая точность передаваемых данных	По интерфейсу RS485 без искажений до 1000 м (витая пара проводов)	По аналоговому выходу классом точности 0,5 (сечение провода выбирается по сопротивлению и длине линии)
Расширение возможностей отображения показаний и точности	Передача информации по RS485 на модули индикации без искажений	Отображение информации на аналоговом приборе классом точности 1,5
Дополнительные модули индикации (МИ)	До 15 шт. МИ на 1000 м.	Один щитовой прибор
Дискретный выход	Да (1 выход)	нет



Таблица 2 – Основные параметры измерительных преобразователей

Параметры					
	Тип	Интерфейс	Питание	Входной сигнал	Выходной сигнал
Переменный ток и напряжение	E854ЭЛ	до 2-х RS485	+12В, +24В, 220ВУ, ~230В	I _{вх} =0,5А, 1А, 2,5А, 5А U _{вх} =125В, 250В, 500В, 75-125В, 150-250В I _{вх} =25А; 50А; 100А (преобразователи без RS485)	до 2-х : 0...5мА, 4...20мА, 0...20мА
	E1854ЭЛ	1 RS485	+12В, +24В, 220ВУ, ~230В	I _{вх} =0,5А; 1А; 2,5А; 5А; U _{вх} =125В; 250В; 500В; 75...125В; 150...250В	1 аналоговый выход: 0...5 мА, 0...20 мА, 4...20 мА 1 дискретный выход
Постоянный ток и напряжение	E856ЭЛ	до 2-х RS485	+12В, +24В, 220ВУ, ~230В	I _{вх} =0...5мА, 4...20мА, 0...20мА, -5...0...5мА, U _{вх} =0...75мВ, -75...0...75мВ U _{вх} =60В, 100В, 150В, 250В, 500В, 1000В	до 2-х: 0...5мА, 4...20мА, 0...20мА, -5...0...5мА, 0...2,5...5мА, -5...0...5мА, 4...12...20мА, 0...10...20мА
	E1856ЭЛ	1 RS485	+12В, +24В, 220ВУ, ~230В	I _{вх} =0...5мА, 4...20мА, 0...20мА, -5...0...5мА U _{вх} =0...75мВ; -75...0...75мВ; 60В; 100В; 150В; 250В; 500В	1 аналоговый выход: 0...5мА; 0...20мА; 4...20мА; -5...0...+5мА; 0...2,5...5мА; 4...12...20мА; 0...10...20мА
Мощность активная, реактивная 3-х фазная	E849ЭЛ	до 2-х RS485	+12В, +24В, 220ВУ, ~230В	3-проводная: I _{вх} =1А, 5А U _{вх} =100В, 220В, 380В 4-проводная: I _{вх} =1А, 5А U _{вх} =57,7В, 127В, 220В	до 2-х: 0...5мА, 4...20мА, 0...20мА, -5...0...5мА, 0...2,5...5мА, -5...0...5мА, 4...12...20мА, 0...10...20мА
Частоты	E1858ЭЛ	1 RS485	+12В, +24В, 220ВУ, ~230В	Г _ц = 45-65; 300-500 U _{вх} =50...500В	1 аналоговый выход: 0...5 мА, 0...20 мА, 4...20 мА; -5...0...5 мА; 0...2,5...5мА, 4...12...20 мА, 0...10...20 мА.

В свою очередь калибровка представляет собой только установление зависимости между размерами измеряемых величин и показаниями приборов. Не все производители предлагают потребителям изделия с первичной поверкой, некоторые обходятся только калибровкой. При получении от таких изготовителей калиброванного измерительного преобразователя потребитель перед вводом его в эксплуатацию обязан провести поверку изделия в центре стандартизации и метрологии (ЦСМ).

Межповерочный интервал

Межповерочный интервал аналоговых измерительных преобразователей составляет 1 год. Межповерочный интервал цифровых преобразователей увеличен до 4 - 6 лет. На этот параметр производители шкафного оборудования и проектировщики обычно не обращают внимания, он для них не столь важен. Однако с этим сталкивается служба метрологии, обслуживающая приборный парк. Именно ей каждое средство измерения приходится поверять с указанной в технических условиях периодичностью. При увеличенном межповерочном интервале снижаются затраты на обслуживание приборного парка, в т.ч. за счет снижения объема обменного фонда и затрат на его поддержание.

Условия эксплуатации

Практически все измерительные преобразователи рассчитаны на работу при температурах от -40°C до +50°C, однако в технической документации предел

допускаемого значения основной приведенной погрешности преобразователей приведен для работы в нормальных условиях эксплуатации (20 ± 2)°C и при относительной влажности 30 – 80 %. При изменении этих условий вводится дополнительная погрешность ±0,4 % на каждые 10°C. Дополнительная погрешность преобразователей, вызванная влиянием внешнего магнитного поля и других влияющих факторов, определена требованиями ГОСТ 24855 и не превышает половины предела допускаемой основной погрешности.

В конечном итоге при выборе типа измерительного преобразователя для решения конкретных задач потребителю необходимо определить критерий, по которому может быть выбран преобразователь из множества предлагаемых типов. В первую очередь, это основные технические характеристики, которые требуются в данном случае (функциональное назначение, способ передачи преобразованной величины, быстродействие, погрешность измерения, напряжение питания, рабочий температурный диапазон, первичная поверка).

ОАО «Электроприбор» г. Чебоксары предлагает линейку цифровых измерительных преобразователей. Это преобразователи для линейного преобразования силы тока и напряжения в цепях переменного (E854ЭЛ, E1854ЭЛ) и постоянного (E856ЭЛ, E1856ЭЛ) тока, частоты (E1858ЭЛ), активной и реактивной мощности в трехфазных электрических сетях (E849ЭЛ). Выходные сигналы преобразователей: цифровые сигналы RS485 (протокол ModBus RTU), а также унифицированные сигналы постоянного тока.

Основные параметры преобразователей приведены в таблице 2.

elpribor.ru



СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Преобразователи электроэнергии выполняются в настоящее время на базе полупроводниковых силовых элементов в виде управляемых выпрямителей, автономных инверторов напряжения и тока, инверторов, ведомых сетью, и преобразователей частоты с непосредственной связью с сетью.

Силовые полупроводниковые приборы и преобразователи на их основе развиваются в следующих приоритетных направлениях:

- улучшение характеристик силовых полупроводниковых приборов;
- расширение применения «интеллектуальных» силовых модулей;
- оптимизация схемотехники и параметров преобразователей, позволяющая обеспечить требуемые технические характеристики и экономические показатели электроприводов;
- совершенствование алгоритмов прямого цифрового управления преобразователями.

Виды преобразователей

Виды применяемых преобразователей и фильтрокомпенсирующих устройств определяются типом электродвигателя, задачами управления, мощностью, требуемым диапазоном регулирования координат, необходимостью рекуперации энергии в сеть, влиянием преобразователей на питающую сеть.

Схемотехнические решения преобразователей остаются традиционными в электроприводах постоянного и переменного тока. Учитывая возрастание требований к энергетическим характеристикам электроприводов и необходимостью снижения их отрицательного влияния на питающую сеть, получают развитие преобразователи, обеспечивающие экономичные способы управления технологическим оборудованием.

Изменения силовых схем полупроводниковых преобразователей главным образом связаны с появлением и широким распространением новых приборов – мощных полевых транзисторов (MOSFET), биполярных транзисторов с изолированным затвором (IGBT), запираемых тиристоры (GTO).

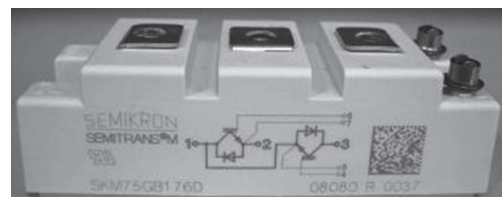
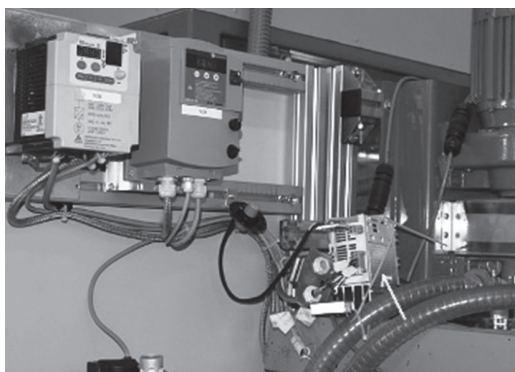
В настоящее время можно выделить следующие направления развития статических преобразователей:

- расширение границ применения полностью управляемых полупроводниковых приборов (транзисторов – до 2 МВт, тиристоры – до 10 МВт);
- распространение методов широтно-импульсной модуляции (ШИМ)
- применение блочных принципов построения преобразователей на основе унифицированных гибридных модулей, выполняемых на базе транзисторов и тиристоры;
- возможность выполнения преобразователей постоянного и переменного тока и их комбинаций на единой конструктивной основе.

В электроприводах постоянного тока кроме управляемых выпрямителей для получения высокого быстродействия находят применение системы с неуправляемыми выпрямителями и широтно-импульсными преобразователями. В этом случае можно обходиться без фильтрокомпенсирующего устройства.

Преобразователи, используемые для управления вентильными электродвигателями, содержат регулируемый выпрямитель и автономный инвертор, управляемый сигналами, поступающими от датчика положения ротора.

В системах частотного управления асинхронными двигателями преимущественное применение получили





инверторы напряжения. В этом случае при отсутствии рекуперации энергии в сеть можно применять неуправляемый выпрямитель, что приводит к наиболее простой схеме преобразователя. Возможность применения полностью управляемых приборов и ШИМ делает эту схему широко используемой в большом диапазоне мощностей.

Преобразователи с инверторами тока, считавшиеся до недавнего времени наиболее простыми и удобными для управления электродвигателями, имеют в настоящее время ограниченное применение по сравнению с другими видами преобразователей.

Преобразователи частоты, содержащие неуправляемый выпрямитель и ведомый сетью инвертор и составляющие основу асинхронно-вентильного каскада, находят применение в приводах большой мощности при ограниченном диапазоне регулирования скорости.

Определенную перспективу имеют мощные преобразователи частоты с непосредственной связью с сетью в машинах двойного питания и при управлении низкоскоростными асинхронными или синхронными двигателями.

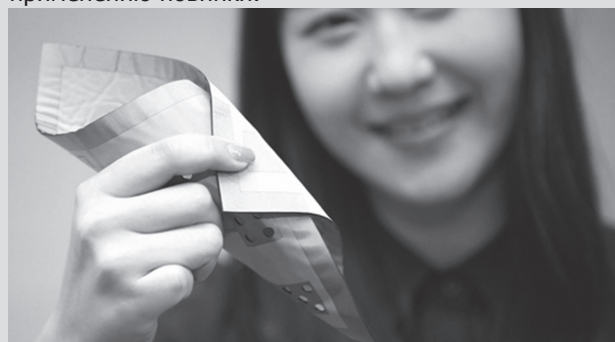
Современные полупроводниковые преобразователи, используемые в системах автоматизированного электропривода, охватывают диапазон мощностей от сотен ватт до нескольких десятков мегаватт.

electricschool.info

ГИБКИЙ ДАТЧИК ДАВЛЕНИЯ ДЛЯ ШИРОКОГО СПЕКТРА УСТРОЙСТВ

Компания LG Innotek объявила о разработке датчика давления нового поколения, обладающего гибкостью и высокой износостойкостью.

Сенсор выполнен на основе полиуретанового материала, характеризующегося высокой эластичностью. Данные о давлении могут сниматься со всей поверхности датчика, что вкупе с возможностями по деформации открывает широчайшие возможности по применению новинки.



В частности, в качестве возможных областей использования сенсора называются медицина, спорт и автомобильная промышленность. К примеру, интеграция гибких датчиков давления в перчатки и одежду позволит получать информацию о процессе реабилитации пациентов или эффективности тренировок спортсменов. Сенсоры могут быть вшиты в автомобильные кресла: в этом случае электроника сможет определить вес и положение водителя или пассажира и оптимизировать регулировки сиденья для достижения максимального комфорта.

Разработка LG может использоваться в широком температурном диапазоне – от - 40 до + 80 градусов Цельсия. Кроме того, говорится о долговечности: по заявлениям LG, датчик продолжит функционировать даже после 100 000 циклов измерения давления, создаваемого человеком массой в 70 кг.

О сроках появления новых сенсоров на коммерческом рынке пока ничего не сообщается.

3dnews.ru



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



ТЕНЗОДАТЧИКИ – ТЕНЗОМЕТРИЧЕСКИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ

Тензометрический измерительный преобразователь – параметрический резистивный преобразователь, который преобразует деформацию твердого тела, вызванную приложенным к нему механическим напряжением, в электрический сигнал.

Резистивный тензодатчик представляет собой основание с закрепленным на нем чувствительным элементом. Принцип измерения деформаций с помощью тензометрического преобразователя состоит в том, что при деформации изменяется активное сопротивление тензорезистора.

В современном виде тензометрический измерительный преобразователь конструктивно представляет собой тензорезистор, чувствительный элемент которого выполнен из тензочувствительного материала (проволоки, фольги и др.), закрепленный с помощью связующего (клея, цемента) на исследуемой детали (рисунок 1). Для присоединения чувствительного элемента в электрическую цепь в тензорезисторе имеются выводные проводники. Некоторые конструкции тензорезисторов для удобства установки имеют подложку, расположенную между чувствительным элементом и исследуемой деталью, а также защитный элемент, расположенный поверх чувствительного элемента.

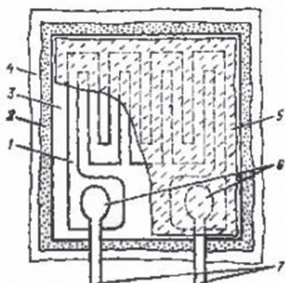


Рисунок 1 – Схема тензопреобразователя: 1 – чувствительный элемент; 2 – связующее; 3 – подложка; 4 – исследуемая деталь; 5 – защитный элемент; 6 – узел пайки (сварки); 7 – выводные проводники

При всем многообразии задач, решаемых с помощью тензометрических измерительных преобразователей, можно выделить две основные области их использования:

- исследования физических свойств материалов, деформаций и напряжений в деталях и конструкциях;
- применение тензодатчиков для измерения механических величин, преобразуемых в деформацию упругого элемента.

Для первого случая характерно значительное число точек тензометрирования, широкие диапазоны изменения параметров окружающей среды, а также невозможность градуировки измерительных каналов. В данном случае погрешность измерения составляет 2-10 %.

Во втором случае датчики градуируются по измеряемой величине и погрешности измерений лежат в диапазоне 0,5-0,05 %.

Наиболее ярким примером использования тензометров являются весы. Тензометрическими датчиками

оснащены весы большинства российских и зарубежных производителей весов. Весы на тензодатчиках применяются в различных отраслях промышленности: цветная и черная металлургии, химическая, строительная, пищевая и другие отрасли.

Принцип действия электронных весов сводится к измерению силы веса, воздействующей на тензодатчик, посредством преобразования возникающих изменений, например, деформации, в пропорциональный выходной электрический сигнал.

Широкое распространение тензодатчиков объясняется целым рядом их достоинств:

- малые габариты и вес;
- малоинерционность, что позволяет применять тензодатчики как при статических, так и при динамических измерениях;
- обладают линейной характеристикой;
- позволяют дистанционно и во многих точках проводить измерения;
- способ установки их на исследуемую деталь не требует сложных приспособлений и не искажает поле деформаций исследуемой детали.

А их недостаток, заключающийся в температурной чувствительности, можно в большинстве случаев компенсировать другими свойствами.

Типы преобразователей и их конструктивные особенности

В основе работы тензопреобразователей лежит явление тензоэффекта, заключающееся в изменении активного сопротивления проводников при их механической деформации. Характеристикой тензоэффекта материала является коэффициент относительной тензочувствительности K , определяемый как отношение изменения сопротивления к изменению длины проводника:

$$k = \epsilon_r / \epsilon_l$$

где $\epsilon_r = \Delta r / r$ - относительное изменение сопротивления проводника; $\epsilon_l = \Delta l / l$ - относительное изменение длины проводника.

При деформации твердых тел изменение их длины связано с изменением объема, кроме того, изменяются и их свойства, в частности, величина удельного сопротивления. Поэтому значение коэффициента тензочувствительности в общем случае должно быть выражено как

$$K = (1 + 2\mu) + m.$$

Все существующие преобразователи можно разделить на три основных типа:

- проволоочные;
- фольговые;
- пленочные.



Проволочные тензодатчики в технике измерений неэлектрических величин используются по двум направлениям.

Первое направление – использование тензоэффекта проводника, находящегося в состоянии объемного сжатия, когда естественной входной величиной преобразователя является давление окружающего его газа или жидкости. В этом случае преобразователь представляет собой катушку провода (обычно манганинового), помещенную в область измеряемого давления (жидкости или газа). Выходной величиной преобразователя является изменение его активного сопротивления.

Второе направление – использование тензоэффекта растягиваемой проволоки из тензочувствительного материала. При этом тензопреобразователи применяются в виде «свободных» преобразователей и в виде наклеиваемых.

«Свободные» тензопреобразователи выполняются в виде одной или ряда проволок, закрепленных по концам между подвижной и неподвижной деталями, и, как правило, выполняющих одновременно роль упругого элемента. Естественной входной величиной таких преобразователей является весьма малое перемещение подвижной детали.

Устройство наиболее распространенного типа наклеиваемого проволочного тензодатчика изображено на рисунке 2. На полоску тонкой бумаги или лаковую пленку наклеивается уложенная зигзагообразно тонкая проволока диаметром 0,02–0,05 мм. К концам проволоки присоединяются выводные медные проводники. Сверху преобразователь покрывается слоем лака, а иногда заклеивается бумагой или фетром.

Датчик обычно устанавливается так, чтобы его наиболее длинная сторона была ориентирована в направлении измеряемой силы. Такой преобразователь, будучи приклеенным к испытываемой детали, воспринимает деформации ее поверхностного слоя. Таким образом, естественной входной величиной наклеиваемого преобразователя является деформация поверхностного слоя детали, на которую он наклеен, а выходной – изменение сопротивления преобразователя, пропорциональное этой деформации. Обычно наклеиваемые датчики используются много чаще ненаклеиваемых.

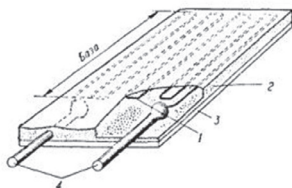
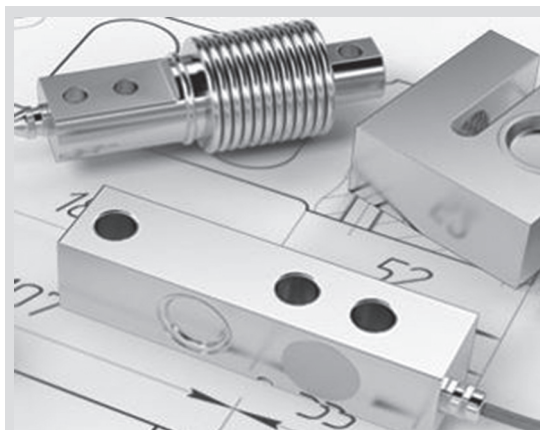


Рисунок 2 – Наклеиваемый проволочный тензопреобразователь: 1 – тензочувствительная проволока; 2 – клей или цемент; 3 – целлофановая или бумажная подложка; 4 – выводные проводники

Измерительной базой преобразователя является длина детали, занимаемая проволокой. Наиболее часто используются преобразователи с базами 5 – 20 мм, обладающие сопротивлением 30 – 500 Ом.

Кроме наиболее распространенной петлевой конструкции проволочных тензодатчиков существуют и другие. При необходимости уменьшения измерительной базы преобразователя (до 3–1 мм) его изготавливают витковым способом, который заключается в том, что на оправке круглого сечения на трубку из тонкой бумаги наматывается спираль из тензочувствительной проволоки. Затем эта трубка проклеивается, снимается с оправки, расплющивается и к концам проволоки прикрепляются выводы.

Когда надо получить от цепи с тензопреобразователем ток большой величины, часто используют «мощные» проволочные



Современные тензометрические датчики, в которых применяется проверенная тензорезисторная технология, используются в компактных и точных приборах с широким диапазоном измерения и очень низким уровнем погрешности.

Все тензодатчики работают на элементарных принципах механики. Когда на механическую конструкцию оказывает воздействие внешняя сила, конструкция изменяет свою форму для того, чтобы противостоять воздействию силы. Эти изменения могут быть значительные (например, удочка, которая изгибается под весом пойманной рыбы), а могут оставаться незамеченными глазу (мост, который прогибается под весом проезжающего по нему автомобиля). Если в конструкции создать небольшое отверстие, то при изменении оно будет деформироваться с остальным материалом, принимая форму эллипса. Пленочный тензорезистор, вклеенный в это отверстие, позволит максимально точно измерить эту нагрузку.

Для каждой области применяются различные типы тензодатчиков. Самые распространенные области применения:

- Прокатные станы
- Штамповочные прессы
- Автопогрузчики
- Контроли уровня износа промышленного оборудования
- Охранные системы
- Измерения нагрузок в различных строительных конструкциях
- Измерения моментов
- Взвешивание емкостей с жидкостями
- Мониторинговые весовые системы.

Точность прибора будет зависеть в первую очередь от типа его конструкции. Современные тензодатчики способны проводить измерения в диапазоне от одного грамма до сотен тысяч тонн. Последние модели тензодатчиков используют в своей конструкции двойной мост, который еще называют «мостом Кельвина»; этот двойной мост значительно снижает ошибки погрешности, нелинейности и гистерезиса. Избежать серьезных погрешностей и увеличить точность измерения можно только при грамотной установке датчиков в общую конструкцию. Обычно на сайтах, на которых реализуются тензодатчики, в продаже можно найти и другие смежные товары, например, весовые индикаторы, что значительно облегчает выбор и позволяет подобрать наиболее подходящую для определенных производственных целей модель.

Срок службы таких датчиков также может быть различен. Например, тензодатчики, которые применяются в производстве бетона, изготавливаются в особо прочном корпусе из нержавеющей стали и являются полностью герметичными, благодаря чему их можно эксплуатировать в любых условиях.

welding.su



тензопреобразователи. Они состоят из большого числа (до 30–50) параллельно соединенных проволок, отличаются большими габаритами (длина базы 150–200 мм) и дают возможность значительно увеличить пропускаемый через преобразователь ток (рисунок 3).

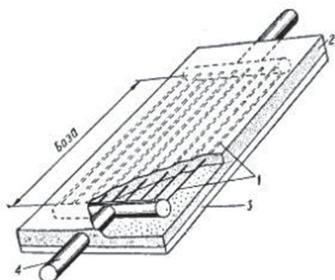


Рисунок 3 – Низкоомный («мощный») проволочный тензопреобразователь: 1 – тензочувствительная проволока; 2 – клей или цемент; 3 – целлофановая или бумажная подложка; 4 – выводной проводник

Проволочные датчики имеют малую поверхность связи с образцом (основанием), что уменьшает токи утечки при высоких температурах и дает большее напряжение изоляции между чувствительным элементом и образцом.

Фольговые тензодатчики являются наиболее популярной версией наклеиваемых тензодатчиков. Фольговые преобразователи представляют из себя ленту из фольги толщиной 4–12 мкм, на которой часть металла выбрана травлением таким образом, что оставшаяся его часть образует показанную на рисунке 4 решетку с выводами.

При изготовлении такой решетки можно предусмотреть любой рисунок решетки, что является существенным достоинством фольговых тензопреобразователей. На рисунке 4а показан внешний вид преобразователя из фольги, предназначенного для измерения линейных напряженных состояний, на рисунке 4б – фольговый преобразователь, наклеиваемый на вал, для измерения крутящих моментов, а на рисунке 4в – наклеиваемый на мембрану.

Серьезным преимуществом преобразователей из фольги является возможность увеличивать сечение концов преобразователя; приваривание (или припаивание) выводов можно в этом случае осуществить значительно надежнее, чем в преобразователях из проволоки.

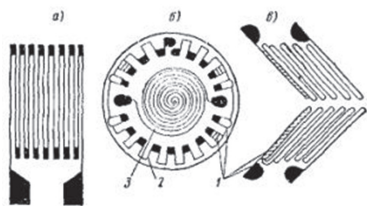


Рисунок 4 – Фольговые преобразователи: 1 – подгоночные петли; 2 – витки, чувствительные к растягивающим мембрану усилиям; 3 – витки, чувствительные к сжимающим мембрану усилиям

Фольговые тензодатчики по сравнению с проволочными имеют большее отношение площади поверхности чувствительного элемента к площади поперечного сечения (чувствительность) и более стабильны при критических температурах и длительных нагрузках. Большая площадь поверхности и малое поперечное сечение

также обеспечивает хороший температурный контакт чувствительного элемента с образцом, что уменьшает саморазогрев датчика.

Для изготовления фольговых тензопреобразователей используются те же металлы, что и для проволочных датчиков (константан, нихром, сплав никеля с железом и т.д.), а также применяются еще и другие материалы, например, титаноалюминиевый сплав 48Т-2, обеспечивающий измерение деформаций до 12 %, а также целый ряд полупроводниковых материалов.

Пленочные тензодатчики. В последние годы появился еще один способ массового изготовления приклеиваемых тензосопротивлений, заключающийся в вакуумной возгонке тензочувствительного материала и последующей конденсации его на подложку, напыляемую непосредственно на деталь. Такие тензопреобразователи получили название пленочных. Малая толщина таких тензопреобразователей (15–30 мкм) дает существенное преимущество при измерениях деформаций в динамическом режиме в области высоких температур, где измерения деформации представляют собой специализированную область исследований.

Целый ряд пленочных тензопреобразователей на основе висмута, титана, кремния или германия выполняется в виде одной проводящей полоски (рисунок 5). Такие преобразователи не имеют недостатка, заключающегося в уменьшении относительной чувствительности преобразователя по сравнению с чувствительностью материала, из которого выполнен преобразователь.

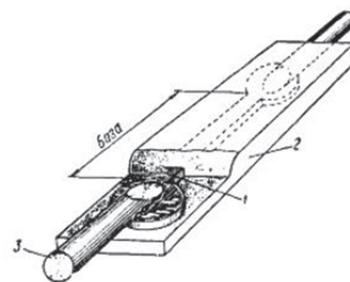


Рисунок 5 – Пленочный тензопреобразователь: 1 – тензочувствительная пленка; 2 – пленка лака; 3 – выводной проводник

Тензометрический коэффициент преобразователя, выполненного на основе металлической пленки, равен 2–4, а его сопротивление колеблется в диапазоне от 100 до 1000 Ом. Преобразователи, выполненные на основе полупроводниковой пленки, имеют коэффициент порядка 50–200, и поэтому они более чувствительны к прикладываемому напряжению. При этом нет необходимости использовать усилительные схемы, поскольку выходное напряжение полупроводникового тензометрического моста составляет примерно 1 В.

К сожалению, сопротивление полупроводникового преобразователя изменяется в зависимости от прикладываемого напряжения и является существенно нелинейным во всем диапазоне напряжений, а также сильно зависит от температуры. Таким образом, хотя при работе с тензометром на основе металлической пленки требуется усилитель, его линейность весьма высока, а температурный эффект можно легко компенсировать.

electricschool.info



МОНИТОРИНГ РЫНКА ЭЛЕКТРОНИКИ

• Ведущий глобальный дистрибьютор **AVNET** сделал предложение о покупке каталожного дистрибьютора **PREMIER FARNELL** за цену, на 12,1 % превышающую аналогичное июньское предложение от компании **DATWYLER GROUP**. **DATWYLER** уже получил требуемые разрешения от американских властей, но теперь изменилась позиция совета директоров **FARNELL**. Интересно, что 16 % (или £125 млн.) в обороте **PREMIER FARNELL** занимают продажи проприетарного¹ одноплатного компьютера **Raspberry PI**.

• 10 лет тюремного заключения и \$500 тыс. штрафа – таков приговор суда Нью-Йорка в отношении Александра Фищенко, признанного виновным в сентябре 2015 г. 50-тилетний Фищенко, глава хьюстонской компании **Arc Electronics**, обвинялся в нелегальном экспорте в Россию высокотехнологической электроники на сумму более \$30 млн. Одним из основных российских партнеров **Arc Electronics** являлась, несуществующая более компания **Апекс**.

• По информации **Financial Times**, японская инвестиционная компания **SoftBank** договорилась о покупке за \$30,9 млрд английского разработчика IP-ядер компании **ARM Holding**. Основанная в 1990 году **ARM** утверждает, что за эти годы было выпущено более 60 млрд микроконтроллеров с ее ядрами, и они используются в 35 % всех электронных устройств. Японцы выбрали удачный момент – после Brexit'a обменный курс йена/фунт понизился почти на 15 %.

• Спустя пять лет после открытия своего офиса в Брно (Чехия) компания **MOUSER** существенно инвестирует в персонал и инфраструктуру. Причина тому – двузначный (+24 %) рост продаж в зоне ответственности офиса – 12 стран Восточной Европы, включая Россию. В целом же рост продаж **MOUSER'a** в регионе EMEA составляет +16 % год к году, что тоже впечатляет.

• По оценке аналитической компании **IC INSIGHTS** мировой рынок полупроводников потеряет в 2016 г. 1 %, что связано в первую очередь с продолжающимся спадом в мировой экономике и неопределенностью с последствиями Brexit'a. Еще одним «драйвером» спада на рынке ЭК называется эрозия цен на динамическую память, которая является крупнейшим сегментом микросхем – объем продаж в 2015 г. составил \$45 млрд. Ожидается, что в 2016 г. этот сегмент сократится до \$36,5 млрд., т.е. на 19 %. По прогнозу ASP на DRAM-микросхемы понизится с \$3,03 в 2015 г. до \$2,25 в 2016 г.

• Лидер глобальной дистрибуции ЭК, компания **AVNET**, определилась с окончательным названием своего европейского подразделения, образованного летом 2015 г., путем объединения **AVNET MEMEC** и **SILICA**. С настоящего момента объединенная компания будет именоваться **AVNET SILICA**.

• В июле было объявлено о четырех M&A-сделках:

– Австрийская компания **AMS** продолжила политику расширения своего портфеля датчиков и договорилась о покупке немецкого разработчика оптических датчиков,

¹ Проприетарное программное обеспечение (англ. proprietary software; от proprietary – частное, патентованное, в составе собственности и software – программное обеспечение) – программное обеспечение, являющееся частной собственностью авторов или правообладателей и не удовлетворяющее критериям свободного ПО (ист. – Википедия).

компании **MAZET**. **MAZET** была основана в 1992 году как spin-off компании **Carl Zeiss** и, имея штат в 80 сотрудников, специализируется на разработке заказных ИС для датчиков цвета и спектральных анализаторов. Это уже четвертое приобретение **AMS** в сфере оптических датчиков за последние 3 года. Сумма сделки не раскрывается.

Двумя днями позже **AMS** сообщила о продаже своего бизнеса NFC и RFID считывателей компании **STM** за \$79,3 млн. Производство собственно RFID-меток компания оставила у себя и планирует создать подразделение wireless-датчиков для IoT рынка.

– Объявлено о крупнейшей сделке на рынке аналоговых микросхем. Один из самых известных производителей аналоговых ИС, массачусетская компания **ANALOG DEVICES**, за рекордную сумму в \$14,8 млрд приобретает не менее известного калифорнийского производителя таких же микросхем, компанию **LINEAR TECHNOLOGY**. **LINEAR TECHNOLOGY** возникла на «второй волне» электроники США в 1981 г., в то время как **ANALOG DEVICES** ведет свою историю с 1965 г. Важнейшим следствием этой сделки является получение **ADI** очень широкой номенклатуры микросхем преобразователей питания, гораздо большей, чем та, от которой она в свое время избавилась. И неизбежным следствием сделки станет перемещение на вторую строчку рейтинга производителей аналоговых ИС следом (правда, с большим отставанием) за основным конкурентом, компанией **TEXAS INSTRUMENTS**.

По всей вероятности, не следует ожидать существенных перемен на сформировавшемся стабильном рынке официальных поставок микросхем **ADI** и **LTC** в Россию. Скорее всего, существующие и активно взаимодействующие с представительствами **ADI** франчайзинговые дистрибьюторы просто расширят свою линейку поставок. Появление нового игрока, или условно нового, как это было в случае с **HITTITE**, маловероятно.

– Продолжая политику «наращивания мышц» в сфере дискретных полупроводников, компания **INFINEON** обратила свой взгляд на перспективные ВЧ-материалы: карбид кремния (SiC) и нитрид галлия (GaN), и приобрела за \$850 млн специалиста в этой области, компанию **WOLFSPEED**. **WOLFSPEED** образовалась совсем недавно, будучи до сентября 2015 г. просто подразделением Power & RF компании **CREE**, лидера в области светодиодных технологий на основе карбида кремния.

По словам Рейнхарда Пlossa, CEO компании **INFINEON**, это приобретение позволит компании стать лидером на рынке силовых SiC-полупроводников. Ведь в IP-портфеле **WOLFSPEED** около 2 000 патентов, и ее 550 сотрудников очень компетентны в своей области. Чук Свобода, CEO компании **CREE**, тоже доволен – он давно хочет сосредоточиться на светодиодной тематике.

Вероятно уже в начале следующего года (локальные дистрибьюторы **INFINEON'a** (**Компэл**, **Симметрон** и **Эфо**) объявят о расширении линейки поставляемой продукции.

– Датский производитель мощных резисторов (проволочных и толстопленочных), компания **DANOTHERM ELECTRIC**, приобрела итальянского производителя аналогичной продукции, компанию **ATE-ELECTRONICS**. И бренд, и номенклатура итальянской компании, созданной в 1970 году, сохранятся.

Официальными дистрибьюторами продукции **DANOTHERM** в России являются компании **Вест-Эл** и **Микро ЭМ** – номенклатура поставляемых ими мощных резисторов теперь неизбежно расширится.

© Г.Келл



МОДУЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

В последние годы нарастающими темпами происходят взаимозависимые процессы автоматизации измерений и проникновения измерений во все сферы жизнедеятельности человека. Собственно, именно автоматизация измерений, внедрение компьютерных технологий в измерительную технику, использование новых грандиозных возможностей, предоставляемых компьютерными аппаратными и программными средствами, и позволяет сегодня осуществлять эту «измерительную экспансию».

■ **ИГОРЬ СТЕЦКО**, заведующий НИЛ информационно-измерительных систем БГУ

Измерение – это процесс определения значения измеряемой величины путем ее сравнения с такой же по природе величиной, значение которой принято за эталон.

Первичным и важнейшим элементом для осуществления измерений является измерительный преобразователь (датчик, сенсор) – устройство, позволяющее преобразовать одну природную величину (измеряемую) в другую (более удобную для обработки). Множество датчиков различных физических, химических, биологических и прочих величин было придумано людьми уже давно – десятки, сотни и даже тысячи лет назад. Но в последние десятилетия бурное развитие электроники сделало целесообразным создание и развитие именно электронных датчиков, то есть преобразователей измеряемой величины в электрический сигнал, который затем обрабатывается тем или иным способом специализированным электронным устройством – измерителем.

Классификация датчиков – предмет отдельной статьи. Но важно понимать, что исходно (первично) все электронные датчики являлись аналоговыми. Причем, как правило, получаемый на выходе датчика электрический сигнал является слабым, требующим предварительного усиления перед дальнейшей аналоговой (в аналоговых измерителях) либо цифровой обработкой. Большинство современных электронных измерительных устройств – цифровые. Это обеспечивает лучшие метрологические характеристики (точность и повторяемость измерений), стабильность измерительных данных, возможность их сохранения, дальнейшей программно-математической обработки и многое другое. Для того, чтобы получаемый на выходе электронный измерительный сигнал превратить в цифровые измерительные данные, применяется различные устройства аналого-цифрового преобразования (АЦП). Развитие электронной элементной базы и ее миниатюризация позволяют сегодня выполнить АЦП в одном небольшого размера корпусе с датчиком. Такие датчики со встроенным АЦП (а часто и микроконтроллером) называют цифровыми. Для «чисто аналоговых» же датчиков, как уже было сказано выше, требуются специальные электронные цифровые измерительные устройства (средства измерений). Они могут быть различного типа.

Широкое распространение в последнее десятилетие получили компьютерно-ориентированные средства

измерений, часто называемые «виртуальными приборами». Основные достоинства таких приборов – относительная низкая стоимость, высокая мобильность, органичная интегрированность в компьютерные технологии, возможность легкой адаптации и развития программного обеспечения под измерительные задачи. Это – следствие непосредственного и разнообразного использования аппаратно-программных ресурсов управляющего компьютера, что позволяет ограничиться аппаратной реализацией только измерительно-интерфейсной части прибора. Причем для пользователя виртуального прибора отмеченные ресурсы являются фактически «бесплатными», поскольку компьютер сегодня имеется практически у каждого сотрудника. Кроме того, и аппаратные, и программные ресурсы компьютеров постоянно совершенствуются (причем очень высокими темпами), что приводит к автоматическому улучшению технических и потребительских характеристик виртуального измерительного прибора уже в процессе эксплуатации.

Особую популярность в последние годы приобрели виртуальные приборы, выполненные в виде приставки к компьютеру с интерфейсом USB, поскольку такие устройства могут работать в тандеме как со стационарными, так и с переносными компьютерами. Все большую популярность приобретают также измерительные виртуальные приборы с интерфейсом Ethernet (LAN). Они позволяют обеспечить «безболезненное» подключение к управляющему компьютеру сразу нескольких отдельных измерительных устройств, их удаленную работу (хоть на другом краю Земли), организовывать распределенные измерения (например, на промышленных предприятиях, крупногабаритных установках).

Кроме того, в последние годы наблюдается устойчивая тенденция к серьезной трансформации компьютерных платформ – они становятся все более мобильными и автономными. Вначале «классические» офисные компьютеры (стационарная компьютерная платформа) были постепенно оттеснены на второй план «ноутбуками» (переносная платформа). Затем, по настоящее время, волнообразно нарастает популярность все более мобильных платформ – так называемых «нетбуков», «планшетников», «смартфонов» и их промежуточных, «гибридных вариантов».



Измерительный комплекс Alma Meter

В Белорусском государственном университете разработан измерительный комплекс Alma Meter. Он работает в режиме дистанционного управления от компьютера через интерфейс Ethernet (LAN). Компьютер в комплексе с программным обеспечением, реализованным в системе Microsoft Windows, выполняет функции устройства управления, накопления, обработки и отображения измерительной информации.

Многофункциональный измерительный комплекс Alma Meter (далее – комплекс) представляет собой оригинальный измерительный инструмент, органично вписывающийся в компьютерные информационные технологии. Образует универсальную станцию, позволяющую формировать, измерять и обрабатывать аналоговые и цифровые электрические сигналы в широких амплитудных, временных и частотных диапазонах, преобразовывать и регистрировать сигналы от разнообразных датчиков физических величин.

Внешний вид комплекса представлен на рисунке 1. Комплекс имеет гибкую блочную структуру. В его состав входят измерительные блоки различного назначения и базовый блок со встроенными источниками питания (включая лабораторный) и модулем интерфейса. Комплекс обеспечивает совместную работу до семи измерительных блоков, при этом каждый из них может работать отдельно, как самостоятельный прибор.



Рисунок 1 – Измерительный комплекс Alma Meter

Базовый комплект измерительных блоков включает в себя следующие приборы:

- цифровой осциллограф В-320;
- генератор сигналов произвольной формы В-330;
- анализатор-генератор цифровых сигналов В-340;
- АЦП В-380 с изолированными каналами общего назначения;
- АЦП В-360-S для сигналов от полномостовых и полумостовых схем включения датчиков;
- АЦП В-360-I для сигналов от датчиков ICP-типа;

– АЦП В-390 для сигналов от термопар J-, K-типа и датчиков температуры типа РТ100.

Область применения комплекса – оснащение лабораторий научно-исследовательских и учебных учреждений, испытательных центров и метрологических служб промышленных предприятий.

Серийный выпуск комплекса Alma Meter осуществляет УП «Унитехпром БГУ». Комплекс зарегистрирован в Государственном реестре средств измерений Республики Беларусь. Он завоевал золотую медаль в номинации «Лучший инновационный проект в области приборостроения, искусственных органов чувств» на 20-ой Международной выставке-конгрессе «Высокие технологии. Инновации. Инвестиции» (12–14 марта 2014 г., Санкт-Петербург).

Цифровой осциллограф В-320

Цифровой осциллограф В-320 предназначен для исследования однократных и периодических электрических сигналов, проведения автоматических, маркерных измерений и математической обработки сигналов. Дополнительно осциллограф обеспечивает работу в режимах анализатора спектра и частотомера.



Рисунок 2 – Цифровой осциллограф В-320

Основные технические характеристики В-320:

- Число входных измерительных каналов – 2.
- Полоса пропускания входного тракта – 0...150 МГц.
- Вертикальное разрешение – 10 бит.
- Основная погрешность – $\pm 1\%$.
- Коэффициенты отклонения по вертикали – от 5 мВ/дел до 5 В/дел, (от 50 мВ/дел до 50 В/дел с делителем 1:10).
- Максимальная частота дискретизации – 200 Мвыб/с (для однократных сигналов), 20 Гвыб/с (для повторяющихся сигналов).
- Максимальная длина памяти – 64 Мвыборок/канал.
- Интерфейс с компьютером – Ethernet (LAN).
- Питание / размеры / масса – 5 В / 115х35х225 мм / 0,6 кг
- Дополнительные функции: спектроанализатор (БПФ), цифровой вольтметр, частотомер, автоматические и маркерные измерения 22 параметров сигналов, режим самописца параметров.

Генератор сигналов произвольной формы В-330

Генератор сигналов произвольной формы В-330 предназначен для генерации электрических сигналов



в диапазоне частот от 0,1 Гц до 10 МГц в диапазоне напряжений от минус 8 В до плюс 8 В, задаваемых аналитически и программно.



Рисунок 3 – Генератор сигналов произвольной формы В-330

Основные технические характеристики:

- Число выходных каналов – 2.
- Выходное сопротивление каналов – 50 Ом.
- Диапазон выходного напряжения формируемых сигналов: ± 8 В (при работе на нагрузку 1 кОм), ± 4 В (при работе на нагрузку 50 Ом).
- Разрядность ЦАП – 14 бит.
- Разрешение по напряжению: 1 мВ (для диапазона ± 8 В), 0,5 мВ (для диапазона ± 4 В).
- Частота дискретизации сигналов – до 150 МГц.
- Диапазон частот формирования сигналов – от 0,1 Гц до 10 МГц.
- Режимы генерации: однократный, непрерывный.
- Источники запуска: внутренний, внешний (с настройкой уровня запуска).
- Интерфейс с компьютером: Ethernet (LAN).
- Питание / размеры / масса – 5 В / 115x35x225 мм / 0,6 кг.
- Автоматическая калибровка и подстройка амплитуды сигнала в зависимости от активного входного сопротивления нагрузки.
- Дополнительная функция: 4-х каналный цифровой вольтметр (16-битный АЦП).
- Формирование стандартных сигналов (постоянный; синус; треугольный; прямоугольный; экспоненциальный).
- Способы формирования сигналов: параметрический; аналитический; графический, с помощью «мыши»; зарегистрированный цифровым осциллографом).
- Имитация на экране реального генерируемого сигнала с учетом сопротивления подключенной нагрузки, частоты дискретизации.

Анализатор-генератор цифровых сигналов В-340

Анализатор-генератор цифровых сигналов В-340 предназначен для исследования цифровых электрических сигналов с частотой дискретизации в диапазоне от 1 МГц до 200 МГц и для генерации последовательностей цифровых сигналов.

Основные технические характеристики:

- Число цифровых каналов – 16 (к прибору может быть подключено два 8-канальных пробника анализатора либо реверсивного цифрового адаптера).

- Входные параметры каналов пробника анализатора – 100 кОм / 10 пФ.
- Диапазон входного напряжения для пробника анализатора – от минус 15 В до 15 В.
- Программная установка уровня дискриминации входных сигналов в диапазоне ± 5 В с точностью 150 мВ.
- Диапазон входного напряжения для реверсивного цифрового адаптера – от 0 до 3,3 В.
- Максимальная частота дискретизации сигнала – 200 МГц.
- Максимальная глубина памяти – 16 Мвыборок/канал.
- Регистрация предыстории и задержка запуска регистрации.
- Режимы запуска развертки – автоматический (немедленный запуск без дополнительных условий) / ждущий (запуск по наступлению предварительно заданного условия синхронизации).
- Интерфейс с компьютером – Ethernet (LAN).
- Питание / размеры / масса – 5 В / 115x35x110 мм / 0,4 кг.



Рисунок 4 – Анализатор-генератор цифровых сигналов В-340

Измерительный преобразователь (АЦП) В-380

Многоканальный аналого-цифровой преобразователь (АЦП) В-380 предназначен для исследования и регистрации периодических и однократных электрических сигналов.



Рисунок 5 – Аналого-цифровой преобразователь В-380

Основные технические характеристики:

- Число измерительных каналов – 4.
- Разрядность – 16 бит.
- Частота дискретизации – до 1 Мвыб/с.
- Входной диапазон измеряемых сигналов – ± 10 В.
- Гальваническая развязка измерительных каналов друг от друга и от интерфейса – до 500 В.
- Глубина встроенной памяти – 1 Мвыборок/канал.
- Интерфейс с компьютером – Ethernet (LAN).
- Питание / размеры / масса – 5 В / 115x35x210 мм / 0,5 кг.



Измерительный преобразователь (АЦП) В-360-S

Многоканальный аналого-цифровой преобразователь (АЦП) В-360-S предназначен для измерения и регистрации электрических сигналов от полностовых и полумостовых схем включения датчиков.



Рисунок 6 – Аналого-цифровой преобразователь В-360-S

Основные технические характеристики:

- Число измерительных каналов – 4.
- Разрядность – 16 бит.
- Частота дискретизации – от 1 выб/с до 250 Квыб/с.
- Диапазоны входных сигналов – от 10 до 40 мВ.
- Пределы приведенной погрешности измерения напряжения постоянного тока – $\pm 0,2\%$.
- Гальваническая развязка измерительных каналов друг от друга и от интерфейса – до 500 В.
- Глубина встроенной памяти – 1 Мвыб/канал.
- Интерфейс с компьютером – Ethernet (LAN).
- Питание / размеры / масса – 5 В / 115x35x155 мм / 0,4 кг.

Измерительный преобразователь (АЦП) В-360-I

Многоканальный аналого-цифровой преобразователь (АЦП) В-360-I предназначен для измерения и регистрации сигналов от датчиков ICP-типа.



Рисунок 7 – Аналого-цифровой преобразователь В-360-I

Основные технические характеристики:

- Число измерительных каналов – 4.
- Разрядность – 16 бит.
- Быстродействие канала – от 1 выб/с до 250 Квыб/с.
- Значения величины тока питания датчика типа ICP на выходе канала (в диапазоне напряжений от 0,5 до 22 В) – 4 мА; 10 мА.
- Диапазон входного сигнала – $\pm 2,5$ В.
- Пределы приведенной погрешности измерения напряжения переменного тока – $\pm 0,2\%$.

- Гальваническая развязка измерительных каналов друг от друга и от интерфейса – до 500 В.
- Глубина встроенной памяти – 1 Мвыб/канал.
- Интерфейс с компьютером – Ethernet (LAN).
- Питание / размеры / масса – 5 В / 115x35x170 мм / 0,45 кг.

Измерительный преобразователь (АЦП) В-390

Многоканальный аналого-цифровой преобразователь (АЦП) В-390 предназначен для измерения и регистрации сигналов от термопар J-, K-типа и датчиков температуры типа РТ100.



Рисунок 8 – Аналого-цифровой преобразователь В-390

Основные технические характеристики:

- Число измерительных каналов – 4.
- Разрядность – 16 бит.
- Быстродействие канала – от 1 выб/с до 100 Квыб/с.
- Диапазон измерения температуры: $-50...+250\text{ }^{\circ}\text{C}$ (для датчика РТ100); $-10...+50\text{ }^{\circ}\text{C}$ (для термопар типа К и типа J).
- Пределы погрешности измерения температуры: $\pm 0,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ (для датчика РТ100); $\pm 1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (для термопар типа К и J).
- Гальваническая развязка измерительных каналов друг от друга и от интерфейса – до 500 В.
- Интерфейс с компьютером – Ethernet (LAN).
- Питание / размеры / масса – 5 В / 115x35x110 мм / 0,4 кг.

Базовый блок В-300

Количество подключаемых измерительных модулей – до 7. Интерфейс с компьютером – Ethernet (LAN). Питание комплекса – 230 В/50 Гц. Напряжение питания измерительных модулей – 5 В. Мощность – 150 Вт. Размеры комплекса – 240 x 230 x 300 мм. Масса базового комплекса – 7 кг.

Характеристики лабораторного источника постоянного тока (напряжение / максимальный выходной ток нагрузки): $\pm 12\text{ В} / 1\text{ А}$; $5\text{ В} / 2\text{ А}$; $24\text{ В} / 0,5\text{ А}$; коммутация на передней панели комплекса, отдельный тумблер питания.

Интеллектуально наполненное и эргономически проработанное программное обеспечение, реализовано для операционных систем Windows XP/7/8/10. ■



СЛОЖНОСТЬ ПРОСТОГО ВЫБОРА

КАКОЙ ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ ИСПОЛЬЗОВАТЬ В ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ – ИМПУЛЬСНЫЙ ИЛИ ЛИНЕЙНЫЙ?

Журнал с помощью российских коллег продолжает знакомить вас с материалами, посвященными базовым понятиям и подходам в использовании источников питания, современным решениям в этой области и уникальным функциям, помогающим решить самые сложные задачи при тестировании. В этом номере менеджер по развитию бизнеса и ведущий блога по источникам питания Keysight Technologies Алексей Телегин расскажет об основных аспектах, влияющих на выбор импульсного или линейного источника для питания тестируемого устройства.

■ **АЛЕКСЕЙ ТЕЛЕГИН**, ведущий блога по источникам питания Keysight Technologies

Обсуждение основных аспектов, влияющих на выбор импульсного или линейного источника питания тестируемого устройства, лучше начать с рассмотрения структурной схемы и достоинств линейных источников питания постоянного тока, поскольку я неоднократно слышал рассуждения о том, что для измерений подходят только линейные источники питания, в основном из-за присущих им малых шумов. Конечно, нам вовсе не хочется, чтобы шум источника питания оказал воздействие на результаты измерений.

И хотя я полностью согласен с тем, что линейные источники питания постоянного тока обладают очень низким уровнем шумов, тщательно спроектированный импульсный источник питания также может обладать на удивление хорошими характеристиками. Так что выбор может быть не таким уж и простым. Но в этом есть и положительная сторона, поскольку мы получаем больше вариантов выбора в соответствии с общими потребностями, включая, помимо всего прочего, габариты и цену.

Структурная схема линейных источников питания постоянного тока

Линейный источник питания постоянного тока (рисунок 1) имеет сравнительно простую концепцию и базовую реализацию:

1. Трансформатор понижает входное переменное напряжение до значения, соответствующего необходимому уровню выходного постоянного напряжения.
2. Переменное напряжение выпрямляется в постоянное напряжение.
3. Электролитический конденсатор большой емкости отфильтровывает большую часть пульсаций нестабилизированного постоянного напряжения.
4. Последовательно регулирующей силовой транзистор управляет разностью между нестабилизированным постоянным напряжением на выходе выпрямителя и стабилизированным выходным напряжением.

Для нормальной работы на регулирующем транзисторе обязательно должно падать некоторое напряжение.

5. Усилитель ошибки сравнивает выходное напряжение с опорным значением и подает регулирующий

сигнал так, чтобы получить заданное напряжение.

6. Выходной фильтрующий конденсатор подавляет шумы и пульсации и снижает выходное сопротивление, позволяя приблизиться к характеристикам идеального источника питания.

Конструкция линейного источника питания постоянного тока уже стала традиционной, и немногочисленные возможные улучшения касаются в основном повышения КПД и оптимизации тепловых режимов. При правильной реализации его простая конструкция обладает следующими характерными преимуществами:

- малое время отклика на переходные процессы в сети переменного тока и на изменение нагрузки;
- низкий уровень выходных шумов и пульсаций, по определению лежащих в низкочастотной части спектра;
- очень малый синфазный шум;
- конкурентоспособная цена при малой выходной мощности (до 500 Вт).

Но линейному источнику питания присущи и недостатки:

- малый КПД (обычно не более 60 % при максимальном выходном напряжении), который снижается при уменьшении выходного напряжения;

- сравнительно большие размеры и масса;
- высокая цена при больших мощностях (более 500 Вт).

Обобщая сказанное, можно говорить, что линейные источники питания одерживают победу, особенно на малых мощностях. Или нет? Чтобы сделать осознанный выбор, нужно изучить структурную схему и преимущества импульсных источников питания.

Характеристики импульсных источников питания постоянного тока

Импульсный источник питания (рисунок 2) устроен немного сложнее линейного:

1. Входное переменное напряжение выпрямляется и затем фильтруется, результирующее нестабилизированное высокое постоянное напряжение используется для питания инверторного преобразователя постоянного напряжения.

2. Силовые транзисторы коммутируют высокое напряжение с частотой от десятков до сотен килогерц,

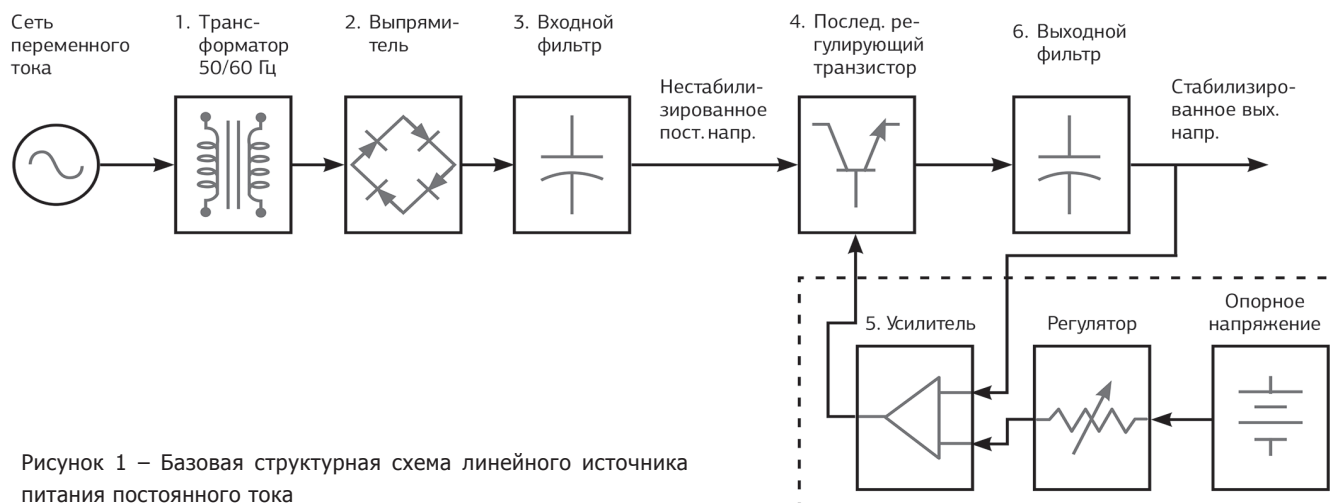


Рисунок 1 – Базовая структурная схема линейного источника питания постоянного тока

преобразуя его в высоковольтные высокочастотные импульсы, которые подаются на первичную (входную) обмотку трансформатора.

3. Трансформатор понижает импульсное напряжение до значения, соответствующего необходимому уровню выходного постоянного напряжения.

4. Выходное напряжение вторичной обмотки трансформатора выпрямляется в импульсы постоянного тока.

5. Выходной LC-фильтр сглаживает импульсное напряжение, преобразуя его в постоянное выходное напряжение источника питания.

6. Как и в линейном источнике питания, усилитель ошибки сравнивает выходное напряжение с опорным и подает регулирующий сигнал так, чтобы получить заданное напряжение.

7. Схема широтно-импульсного модулятора преобразует сигнал усилителя ошибки в высокочастотный сигнал с широтно-импульсной модуляцией, который используется для управления коммутирующими силовыми транзисторами.

Основной особенностью этой схемы является более высокая рабочая частота, которая на несколько порядков превышает частоту линейного источника питания. Это позволяет значительно уменьшить размер трансформаторов и фильтрующих компонентов. В результате традиционные импульсные источники питания постоянного тока получают следующие характерные преимущества:

- высокий КПД преобразования с типовым значением 85 %, практически не зависящий от выходного напряжения;
- малые размеры и масса (особенно на высоких мощностях);
- сравнительно низкая цена (особенно на высоких мощностях).

Однако у традиционных импульсных источников питания постоянного тока есть и недостатки:

- большой уровень выходных шумов и пульсаций;
- большой синфазный шум;
- большое время отклика на изменение сетевого напряжения и нагрузки.

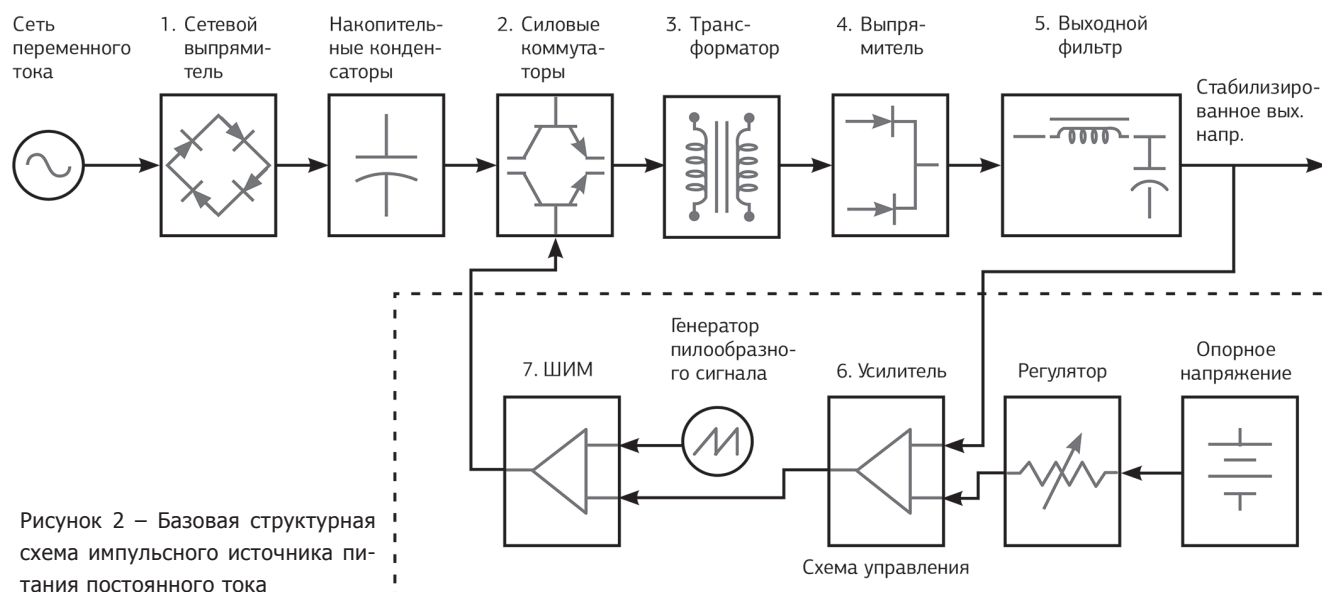


Рисунок 2 – Базовая структурная схема импульсного источника питания постоянного тока



Таблица 1 – Качественное сравнение источников питания постоянного тока

Тип ИП	Преимущества	Недостатки
Линейный источник питания	1. Малое время отклика на переходные процессы 2. Низкий уровень выходных шумов и пульсаций 3. Конкурентоспособная цена при малой выходной мощности (<500 Вт)	1. Низкий КПД (обычно не более 60 % при максимальном выходном напряжении), снижающийся при уменьшении выходного напряжения 2. Большие размеры и масса 3. Высокая цена при большой мощности (>500 Вт)
Традиционный импульсный источник питания	1. Высокий КПД (обычно 85 %), практически не зависящий от выходного напряжения 2. Небольшие размеры и масса 3. Сравнительно небольшая цена, особенно при большой мощности	1. Высокий уровень выходных шумов и пульсаций 2. Высокий уровень синфазных шумов 3. Большое время отклика на изменение сетевого напряжения и нагрузки
Высококачественный импульсный источник питания	1. Высокий КПД (обычно 85 %), практически не зависящий от выходного напряжения 2. Небольшие размеры и масса, особенно при большой мощности 3. Малое время отклика на переходные процессы 4. Низкий уровень выходных шумов и пульсаций	1. Более высокая цена

Таблица 2 – Сравнение параметров источников питания постоянного тока

Параметр	Линейный ИП	Традиционный импульсный ИП	Высококачественный ИП
Время отклика на изменение нагрузки на 0,15% от конечного значения	50–199 мкс	1–2 мс	<100 мкс
Периодические и случайные шумы и пульсации, 20 Гц — 20 МГц (при выходном напряжении 50 В)	0,3–1 мВ ср. кв. 3–15 мВ пик-пик	10–20 мВ ср. кв. 75–100 мВ пик-пик	1 мВ ср. кв. 6 мВ пик-пик
Синфазный шум, 20 Гц — 20 МГц	До нескольких десятков мкА пик-пик	До нескольких сотен мА пик-пик	< нескольких мА пик-пик

Преимущества традиционных импульсных источников питания постоянного тока в основном представляют собой результат оптимизации традиционных ключевых схем по цене, эффективности и размеру — то есть по тем параметрам, по которым линейные источники питания явно проигрывают. Электрические характеристики, как правило, имеют для импульсных источников питания второстепенное значение. Сейчас ситуация изменилась в лучшую сторону с учетом более жестких требований к параметрам, необходимым для измерения характеристик электронных устройств. За счет применения улучшенных ключевых схем, тщательно проработанной конструкции и лучшей фильтрации высококачественные импульсные источники питания по многим параметрам приблизились к линейным источникам, сохранив все основные преимущества импульсных преобразователей.

Как видим, теперь выбор между линейным и импульсным источником питания не столь очевиден. Но важным параметром, из-за которого по-прежнему различаются эти источники питания, остается синфазный шум, достойный отдельного рассмотрения.

Синфазный шум источников питания постоянного тока

Синфазный шум — неизбежный негативный фактор, проявляющийся в измерительных системах множеством разных способов. Существуют различные механизмы, образующие паразитные цепи для протекания синфаз-

ного тока на «землю». Эти механизмы надо учитывать и при выборе источников питания постоянного тока для измерительных систем, поскольку они являются источниками синфазного шума. По данному параметру линейные источники питания все еще превосходят импульсные источники. В некоторых очень чувствительных к шуму приложениях это может стать решающим фактором. Как показано на рисунке 3, синфазный шумовой ток ICM представляет собой шумовой сигнал, вытекающий из обоих выходных полюсов и возвращающийся через цепь заземления. По своей природе этот сигнал является сигналом тока, поскольку он циркулирует в контуре с высоким сопротивлением ZCM. Обычно в традиционных импульсных источниках питания синфазный шумовой ток значительно больше, чем в линейных источниках. Высокая скорость изменения импульсного напряжения (dv/dt), коммутируемого ключевыми транзисторами, приводит к проникновению этого сигнала на выход, причем его значение в крайних случаях может достигать сотен миллиампер от пика до пика. Для сравнения: правильно сконструированные линейные источники питания обычно генерируют синфазный ток, измеряемый единицами микроампер. Впрочем, следует отметить, что даже линейный источник питания способен генерировать несколько миллиампер синфазного шумового тока, если сконструировать его неправильно. Высококачественные импульсные источники питания приближаются по своим параметрам к линейным. При их создании принимаются специальные меры по снижению синфазного шумового тока, который обычно измеряется

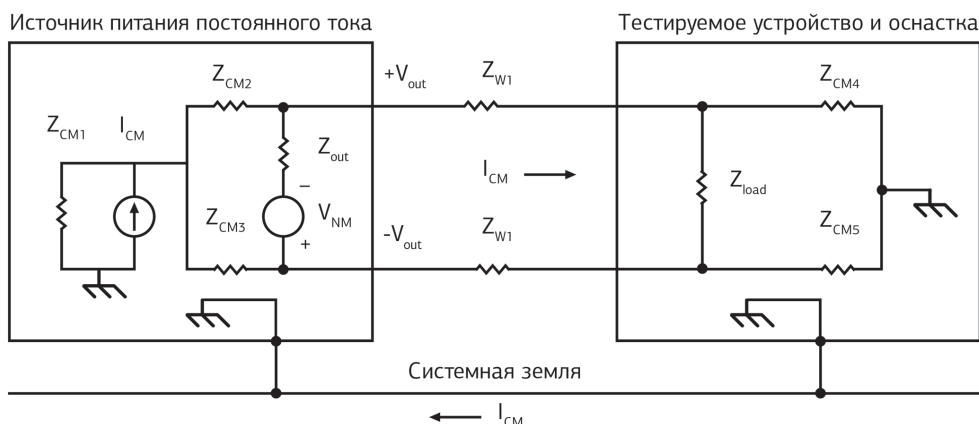


Рисунок 3 – Цепь протекания синфазного тока

несколькими миллиамперами.

Синфазный шумовой ток может стать серьезной проблемой, если он проявляется в виде коротких высокочастотных импульсов напряжения, накладывающихся на постоянное выходное напряжение. Величина этих импульсов зависит от амплитуды тока и рассогласования сопротивлений в тракте тестируемого устройства. При достаточно большой амплитуде они становятся более серьезной проблемой, чем шумовое дифференциальное напряжение. Как правило, микроамперными синфазными токами линейного источника питания можно пренебречь, тогда как сотни миллиампер традиционного импульсного источника питания оказываются неприемлемыми. Поскольку синфазный шумовой ток часто воспринимается неправильно или вообще упускается из виду, пользователи иногда приходят к неверному выводу, что все импульсные источники питания непригодны для измерений. Причем этот вывод делается на основе собственного отрицательного опыта применения импульсного источника питания без учета синфазного шумового тока.

На практике типичные уровни синфазного шумового тока не создают больших проблем. Во-первых, многие приложения сравнительно нечувствительны к такому типу шумов. Например, многие телекоммуникационные и цифровые информационные системы питаются от традиционных импульсных источников питания, и им это не мешает. Во-вторых, когда синфазный шум более критичен, современные высококачественные импульсные источники питания обеспечивают значительно меньший уровень синфазного шума, что делает его пренебрежимо малым для большинства приложений.

В тех редких ситуациях, когда синфазный шум все-таки создает проблемы (например, в очень чувствительных аналоговых цепях), хорошим решением может быть дополнительная фильтрация.

Это позволяет воспользоваться преимуществами, свойственными импульсным источникам питания. Высококачественные импульсные источники питания обладают достаточно малым синфазным шумом и обычно применяются в очень чувствительных к шуму

приложениях при соответствующей фильтрации, подавляющей высокочастотные составляющие синфазного шумового тока. К тому же подобная фильтрация эффективно подавляет и другие типы высокочастотных шумов, включая помехи от сети питания и помехи, наводящиеся на цепи заземления. Эти дополнительные источники шумов могут присутствовать независимо от типа источника питания.

Сравнение и выбор

Мы рассмотрели структуру и преимущества линейных источников питания, традиционных и высококачественных импульсных источников питания, а также обсудили присущие им синфазные шумы. Осталось провести объективное сравнение и выбор. В таблицах 1 и 2 приведены основные качественные и количественные характеристики таких источников питания постоянного тока.

Какой же тип источника питания постоянного тока окажется лучшим для измерительной системы? В прошлом выбор почти всегда останавливался на линейном источнике, который позволял удовлетворить требования почти для всех конфигураций с большой и малой мощностью, кроме очень высоких мощностей. Однако современные высококачественные импульсные источники питания постоянного тока почти догнали по характеристикам линейные источники. И для больших мощностей выбор может ограничиться лишь несколькими разными импульсными источниками благодаря их малой цене, компактности и доступности. Поэтому окончательный выбор нужно делать с учетом таких требований, как характеристики, занимаемое пространство и цена, а не только на основе принципа действия. За исключением очень требовательных маломощных приложений, для которых необходимы характеристики, присущие источникам/измерителям (SMU), высок шанс того, что для своей следующей измерительной системы вы выберете импульсный источник питания.

www.dipaul.ru



ЦИФРОВЫЕ СЧЕТЧИКИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ. ВИД ИЗНУТРИ

Контроль потребления электроэнергии и ее экономия каждый год становится все актуальнее. Десятилетие назад цены на электроэнергию, да и система ее учета, всех устраивали. При развитии рыночных отношений перед поставщиками электроэнергии обострились требования к контролю и управлению потреблением. Потребители, со своей стороны, не хотят переплачивать и пытаются экономить. На стыке этих интересов появились новые виды приборов учета электрической энергии.

До недавнего времени повсеместно, а кое-где и сейчас, единственным прибором, учитывающим использование электроэнергии, был электромеханический (или индукционный) счетчик, в котором подсчитывалось число оборотов диска, вращающегося в бегущем магнитном поле. Частота вращения пропорционально соответствовала потребляемой мощности, а количество оборотов показывало количество потребленной энергии. Просто. Надежно. Недорого.

Но те времена уже прошли, теперь как поставщику, так и потребителю, понадобились новые сервисные возможности электросчетчиков. Поставщикам жизненно необходимо оперативно получать данные о количестве проданной электроэнергии на каждый момент времени, что позволяет более гибко реагировать на суточные изменения нагрузки на электросети. Остро необходима возможность дистанционного контроля за потреблением – это позволяет снизить накладные расходы компаний-поставщиков.

У потребителя в этой схеме есть свои интересы, например, возможность платить меньше при использовании разных тарифов в разное время суток. Дневной тариф от ночного может отличаться весьма значительно. Удобство оплаты – тоже важный фактор для потребителя. От оплаты в банковских учреждениях постепенно акценты сместились до электронных платежей, а в дальнейшем возможна установка картридера для оплаты банковской картой на самом счетчике.

Естественно, от механических счетчиков, даже современных, ожидать таких возможностей не приходится. Новые подходы к учету электроэнергии потребовали перехода на электронные приборы, способные обеспечить необходимый уровень функциональности. Стремительное развитие микроэлектроники, появление широкого спектра недорогих микроконтроллеров привело к тому, что цифровые приборы успешно вытеснили аналоговые.

Главное преимущество цифровых систем управления и учета от аналоговых – гибкая многофункциональность, поскольку возможности управления достигаются не за счет аппаратных решений, а программно. Следовательно, любые изменения в политике учета электроэнергии могут пройти без материальных затрат на переосна-

щение. Применение микроконтроллеров в счетчиках дает значительное повышение точности измерений и надежности системы.

Современные цифровые счетчики способны оперативно передавать показатели по каналам беспроводной связи, используя возможности Wi-Fi и LoRa, на диспетчерский пульт снабжающей организации, где проводится оперативный контроль и расчеты потребленной энергии.

Расчет потребляемой за измеряемый период электроэнергии стал более сложным процессом, нежели при использовании электромеханических приборов. Появилась возможность интегрировать во времени мгновенные показатели активной мощности.

Мощность вычисляется произведением напряжения на ток в сети в данный момент времени. По этому принципу работает любой счетчик энергии. Но даже «продвинутой» электромеханический счетчик (рисунок 1) не в состоянии отслеживать, в какой именно момент времени потребляется та или иная мощность, а значит, способен учитывать лишь общее потребление, которое будет исчисляться по не самому выгодному тарифу для потребителя.

В цифровом счетчике (рисунок 2) подсчет производится несколько иначе. Специализированная интегральная схема проводит предварительные вычисления, перемножая напряжение на ток, а затем переводит полученный результат в понятную для микроконтроллера форму сигнала. Например, активная мощность соответствует частоте импульсов. Контроллер подсчитывает количество полученных импульсов и оно будет пропорционально потребленной энергии. Но помимо простого подсчета импульсов, контроллер производит их привязку к определенному времени, таким образом можно точно вычислить, в какое время суток потреблялось это количество энергии. Поставщику, получая такие данные, становится проще прогнозировать нагрузки в электросетях, а потребитель оплачивает услуги по разным тарифам.

Реализованные в цифровых счетчиках сервисные функции позволяют не только поставщику получать данные дистанционно. Потребитель тоже в состоянии



Нагрузка

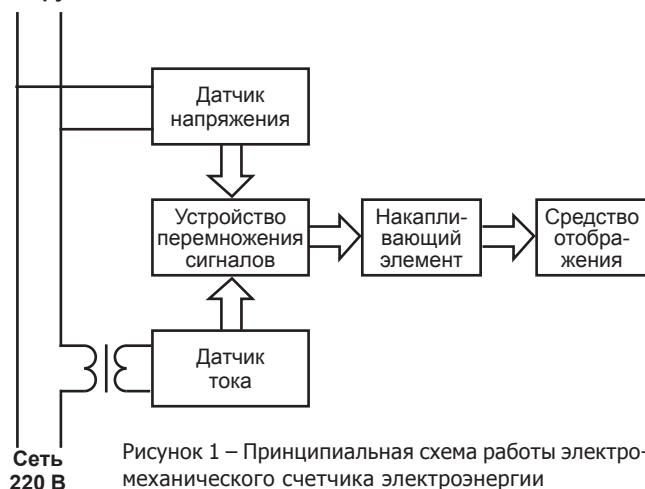


Рисунок 1 – Принципиальная схема работы электро-механического счетчика электроэнергии

контролировать свой расход электроэнергии, выводя на цифровой дисплей информацию от контроллера. Можно ознакомиться с количеством потребленной энергии в различные периоды времени, по месяцам, по разным тарифам и т.д. Анализируя эти показатели, можно оптимизировать свое потребление и уменьшить расходы. Особенно хорошие результаты это приносит на небольшом, но энергоемком производстве, где цена электроэнергии в стоимости конечного продукта может составлять значительную часть.

Справедливости ради стоит отметить, что анализ показателей расхода электроэнергии в обычной квартире тоже может принести свои результаты. Например, во время рабочего дня, когда тарифы на электроэнергию максимальные, но дома никого нет – все на работе, единственным потребителем электроэнергии становится холодильник. И если помимо него в розетках «по привычке» остается несколько блоков питания и зарядников – отличие в показателях электронного счетчика можно заметить. А перемножив эту разницу на 365 дней – узнать, сколько денег будет потрачено впустую.

Многие производители микроконтроллеров предлагают специализированные микросхемы, предназначенные для работы в приборах учета электроэнергии. Рассмотрим простой вариант построения цифрового счетчика на базе распространенного преобразователя мощности в частоту импульсов КР1095ПП1 и 8-разрядного микроконтроллера МС68НС05КJ1 (рисунок 3). Такая структура позволяет микроконтроллеру подсчитывать количество импульсов и выводить на дисплей показатели, а также обеспечивать защиту данных в аварийном режиме.

С датчиков поступают данные замеров напряжения и силы тока, поступают на вход преобразователя, где перемножаются. Получаемый показатель мгновенной потребляемой мощности поступает в микроконтроллер, преобразующий в измеряемую величину (Вт·ч), а также меняющего показания счетчика. Возможность скачков

Нагрузка

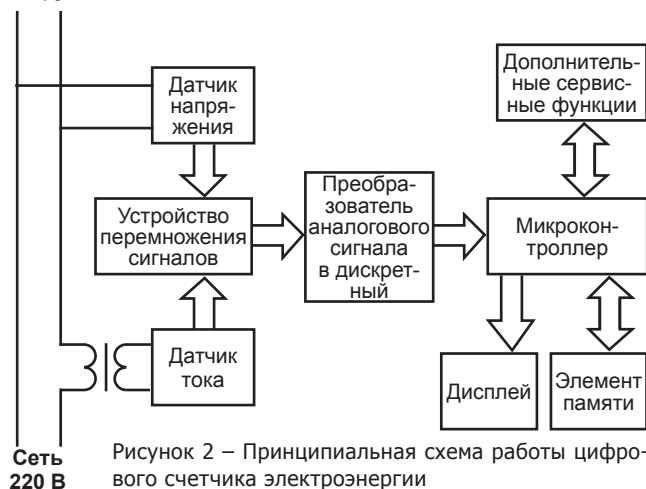


Рисунок 2 – Принципиальная схема работы цифрового счетчика электроэнергии

напряжения делает необходимым использование микросхемы EEPROM, куда сохраняются показания. Сбой по питанию – это типовая аварийная ситуация и подобная защита предусмотрена в каждом цифровом счетчике.

При сбое питания, а затем его восстановлении, микроконтроллер конфигурируется по заданной программе, затем считывает из EEPROM последние сохраненные данные и выводит их на дисплей. После этого контроллер переводится в режим учета импульсов, поступающих от преобразователя, а по накоплению каждой единицы измерений (Вт·ч) меняет показания счетчика.

Значение накопленных показателей может быть потеряно, если момент отключения напряжения совпал с записью данных в EEPROM. Поэтому в памяти хранится не одна сессия записи данных, а несколько, циклически через определенное число изменений. Эта величина может программироваться в зависимости от точности замеров. При включении напряжения микроконтроллер перечитывает все значения, записанные в EEPROM, и выбирает самое свежее. Минимизация потерь достигается при записи каждых 100 Вт·ч.

Нагрузка

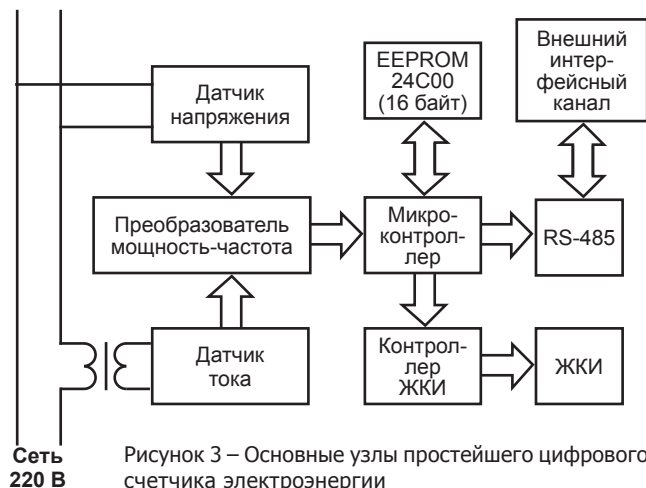


Рисунок 3 – Основные узлы простейшего цифрового счетчика электроэнергии



Для хранения данных о количестве потребленной энергии часто применяется EEPROM малого объема 24C00 (16 байт) производства Microchip. В качестве дисплея может быть установлен любой 8-разрядный 7-сегментный ЖКИ, контроллер которого поддерживает обмен данными по протоколу SPI или I2C.

Описанных возможностей достаточно, чтобы создать прибор учета и добавить необходимые сервисные функции, например, возможно объединение нескольких счетчиков в сеть посредством интерфейса RS-485. Такая схема позволяет не только получать данные о потребленной энергии, но и отключать электричество в случае отсутствия оплаты. Подобными сетями счетчиков оборудуются жилые многоквартирные дома. Все показания по служебной сети поступают в диспетчерский центр, откуда происходит управление.

В качестве основы для счетчика может быть применен любой 8-разрядный микроконтроллер с размещенной на кристалле FLASH-памятью. Такой элемент можно программировать уже на собранной плате и обновлять ПО без дополнительных монтажных работ. В таком варианте можно обойтись без внешней EEPROM и энергонезависимой ОЗУ. При аварийных ситуациях показания и служебная информация будет фиксироваться во внутренней FLASH-памяти микроконтроллера. Такой подход увеличивает защищенность информации от несанкционированного доступа по сравнению с записью на внешний носитель. Подобные счетчики имеют несколько большую стоимость и ориентированы на бизнес-сегмент.

Подведем итог

1. Переход на цифровые системы учета состоялся. Если где-то до сих пор еще сохранились электромеханические счетчики – это ненадолго. Их эксплуатация невыгодна как поставщикам электроэнергии, так и потребителям.

2. Преимущества цифровых систем очевидны, а цена будет в дальнейшем только снижаться, поскольку на рынке появляется все больше конкурирующих предложений как по готовым изделиям, так и по электронным компонентам для них.

3. Даже при использовании простейшего микроконтроллера цифровой счетчик электроэнергии имеет существенные преимущества перед электромеханическим:

- высокую надежность по причине отсутствия подвижных элементов;
- компактность;
- корпус может быть изготовлен с учетом требований современного интерьера;
- увеличение межповоротного периода в несколько раз;
- ремонтпригодность и простота эксплуатации.

4. Даже простейший цифровой счетчик обладает сервисными функциями, недоступными во всех конструкциях механических: многотарифная оплата услуг и возможность автоматизированного учета и контроля потребляемой электроэнергии.

**Статью подготовил Павел Бокач
по материалам электронного портала katus.ru**

Контрактное производство электроники



Группа компаний Rainbow состоит из нескольких компаний, расположенных в Российской Федерации, Украине и Республике Беларусь, имеющих огромный опыт разработки и производства электроники.

Компания «Элконтракт» входит в Rainbow Group of Companies, расположена в Беларуси, выполняет все основные технологические операции по контрактному производству электроники:

- ручной монтаж DIP-компонентов;
- поверхностный монтаж на системах для автоматической установки smd-компонентов;
- нанесение паяльной пасты с использованием специальных трафаретных установок;
- пайка плат с использованием полно-конвекционных конвейерных печей с электронным поддержанием температурных профилей пайки;
- оптический контроль готовых изделий после монтажа;
- отмычка печатных плат после монтажа при помощи УЗ-ванн с последующей сушкой или использование безотмывочных паяльных материалов;
- наладка и регулировка готовых изделий согласно программам и методикам заказчика;
- изготовление кабельной продукции;
- сборка изделий в корпуса;
- упаковка готовых изделий в соответствии с требованиями КД заказчиков в картонную гофротару.

Комплексная подготовка производства электроники производится нами на всех этапах, от технологического контроля КД, разработки техпроцессов изготовления изделий и до изготовления трафаретов и специальной оснастки. При необходимости мы готовы поставить комплектующие изделия для электронных плат, включая печатные платы, то есть полностью укомплектовать и изготовить изделие.

Опыт и современное оборудование позволяют нам давать безусловную гарантию на свои работы.

rainbow.by, elcontract.com

211440, Республика Беларусь, Витебская область,
г. Новополоцк, проезд Заводской, д.24, оф.8,

тел.: 8-0214-55-05-42, тел./факс: 8-0214-55-17-91,
elcontract@gmail.com, smd@rainbow.by

УНП 391481965



ВЫБИРАЕМ ОСЦИЛЛОГРАФ

В статье представлены основные типы цифровых осциллографов и описано их функциональное предназначение, а также особенности архитектуры, на основе которой реализован тот или иной тип измерительного прибора.

■ **АНДРЕЙ АНТОНОВ**

Типы осциллографов

Осциллограф – это графическое устройство, формирующее график электрического сигнала, как правило, временную зависимость напряжения. По горизонтальной оси такого графика мы можем наблюдать время, по вертикальной оси – напряжение или, как говорят, осциллограф формирует временную развертку сигнала. Используя различную яркость изображения на экране осциллографа, можно графически выразить еще одну величину исследуемого сигнала – его интенсивность, как показано на рисунке 1.

Осциллограф – это измерительный прибор, который позволяет:

- наблюдать форму исследуемого сигнала и динамику ее изменения;
- определять временные параметры сигнала и значения напряжения;
- определять частоту осциллирующего сигнала;
- наблюдать сдвиг фаз, возникающий при прохождении различных участков изучаемой электрической цепи;
- наблюдать искажения сигнала, вносимые каким-то участком цепи;
- выяснять постоянную (DC) и переменную (AC) составляющие сигнала;
- выяснять соотношение сигнал/шум и то, является ли шум стационарным, или же он изменяется с течением времени.

Все электронные устройства можно условно разделить на две категории: аналоговые и цифровые. Аналоговое оборудование работает с непрерывно изменяющимися физическими величинами, например, напряжениями, в то время как цифровые устройства работают с дискретными двоичными числами, представляющими значения напряжения.

Аналогично на два типа можно разделить осциллографы: аналоговый и цифровой. Исторически появившись раньше, аналоговые осциллографы постепенно уходят в прошлое. Но, тем не менее, нельзя не отметить преимущества аналогового прибора, в котором отсутствуют шумы, имеющие цифровую природу, к примеру, шум аналого-цифрового преобразователя, проявляющийся в ступенчатости осциллограммы. Аналоговые приборы наиболее точно передают форму исследуемого сигнала.

В отличие от аналогового, цифровой осциллограф использует аналого-цифровой преобразователь для получения значения напряжения в виде цифровой информации. Цифровой осциллограф захватывает сигнал, производя выборку из него и тем самым создавая ряд образцов (сэмплов) сигнала, которые накапливаются и запоминаются, пока не будет получено достаточное их количество для формирования формы сигнала на экране. Пример цифрового осциллографа показан на рисунке 2.

Если осциллограф выполнен в виде портативного устройства, то зачастую он совмещается с мультиметром. Такие приборы называют скопметрами. Пример такого прибора показан на рисунке 3. Неоспоримыми преимуществами таких устройств являются независимость от питающей сети, компактность, мобильность и универсальность.

Зачастую цифровые осциллографы могут содержать в одном корпусе дополнительные устройства, расширяющие их функциональные возможности. Это могут быть, например, цифровой анализатор, функциональный генератор или же генератор цифровых последовательностей.

Осциллографы на базе ПК, или как их еще называют, USB-осциллографы (рисунок 4), становятся все более популярными, поскольку они дешевле традиционных.

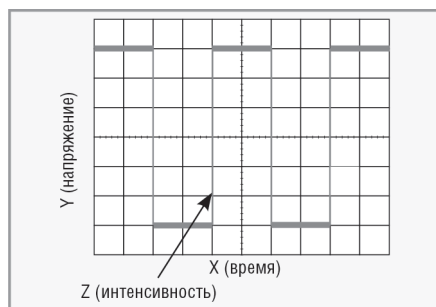


Рисунок 1 – Электрический сигнал на экране осциллографа

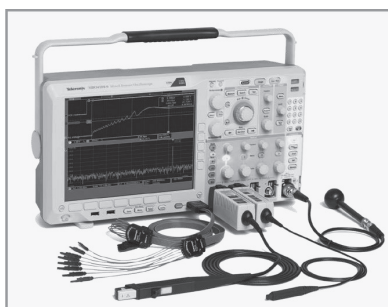


Рисунок 2 – Цифровой осциллограф



Рисунок 3 – Скопметр



Рисунок 4 – Осциллограф-приставка к ПК

Используя компьютер, они получают большой цветной дисплей, быстрый процессор, возможности сохранения данных на диск и работы на клавиатуре. Другим большим их преимуществом является возможность быстрого экспорта данных в электронные таблицы. Среди USB-приставок часто попадаются настоящие «комбайны», совмещающие несколько устройств в одном корпусе: осциллограф, цифровой анализатор, генератор сигналов произвольной формы и генератор цифровых последовательностей. За удобство и универсальность «комбайнов» приходится расплачиваться худшими характеристиками, нежели у их автономных собратьев.

Большинство современных цифровых осциллографов позволяют задать автоматические параметрические измерения, упрощая тем самым процесс измерения.

Преимущества цифровых осциллографов перед аналоговыми собратьями:

- портативность и небольшой вес;
- возможность измерения одиночного сигнала;
- возможность проведения измерений «на экране»;
- цветной дисплей;
- возможность хранения, печати данных;
- возможность цифровой обработки данных;
- возможность обработки данных с использованием внешнего компьютера;
- возможность применения к сигналам цифровых фильтров.

Цифровые осциллографы могут быть классифицированы как:

- цифровые запоминающие осциллографы,
- осциллографы с цифровым люминофором,
- осциллографы смешанных областей,
- осциллографы смешанных сигналов,
- цифровые стробоскопические осциллографы.

Цифровые запоминающие осциллографы

Цифровые запоминающие осциллографы (Digital Storage Oscilloscope) часто называют просто цифровыми осциллографами. Они, как правило, содержат растровый дисплей, в отличие от экранов с люминофором в аналоговых предшественниках.

Цифровые осциллографы позволяют захватывать и просматривать события, которые могут произойти только однажды, как в случае переходных процессов. Поскольку информация о сигнале преобразуется в цифровой вид как последовательность двоичных значений, она может быть проанализирована, сохранена, показана визуально, распечатана на физическом носителе и обработана как самим осциллографом, так и при помощи внешнего компьютера. Сигнал не обязательно должен быть непрерывным – он может отображаться на экране, даже когда пропадает. В отличие от аналоговых приборов, цифровые осциллографы обеспечивают постоянное хранение сигнала и дают возможности для его расширенной обработки. Однако цифровые осциллографы обычно не отражают градации интенсивности в реальном времени.

Цифровые осциллографы содержат некоторые блоки, которые можно встретить и в аналоговых приборах, но в них дополнительно имеются и блоки обработки данных, используемые для накопления и отображения данных осциллограммы.

Архитектура последовательной обработки

Цифровые запоминающие осциллографы используют архитектуру последовательной обработки для захвата и отображения сигнала на экране, как это показано на рисунке 5.

Так же, как и в аналоговых устройствах, первым (входным) контуром цифрового осциллографа является усилитель вертикального отклонения. Этот блок позволяет регулировать диапазон амплитуды. Далее идет аналого-цифровой преобразователь (АЦП) в системе горизонтальной развертки, который производит выборку образцов сигнала в дискретные моменты времени и преобразует напряжение сигнала в эти моменты в цифровые значения, называемые точками выборки. Этот процесс еще называют оцифровкой сигнала.

Схема синхронизации системы горизонтальной развертки определяет, как часто АЦП производит вы-



Рисунок 5 – Архитектура последовательной обработки цифрового запоминающего осциллографа

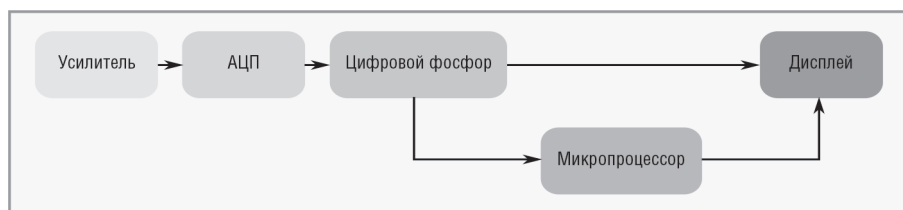


Рисунок 6 – Архитектура параллельной обработки в осциллографе с цифровым люминофором

бору. Эта скорость называется частотой выборки и выражается числом выборок в секунду (выб/с). Точки выборки, полученные АЦП, сохраняются в памяти выборок (Acquisition Memory) как точки формы сигнала. Несколько точек выборки могут являться одной точкой сигнала. Все вместе точки сигнала составляют одну запись сигнала. Число точек сигнала, используемое для создания записи сигнала, называется длиной записи. Система запуска определяет начальную и конечную точки записи. Сигнальный тракт цифрового осциллографа включает в себя микропроцессор, который обрабатывает сигнал, управляет отображением на экране, считывает параметры, задаваемые органами управления прибора, и выполняет еще множество различных функций. Затем сигнал поступает в память дисплея и отображается на экране осциллографа.

В зависимости от характеристик конкретной модели осциллографа, возможна дополнительная обработка точек выборки, улучшающая отображение. Также возможно наличие в устройстве претриггера, позволяющего наблюдать события до момента запуска.

Осциллографы с цифровым люминофором

Осциллограф с цифровым люминофором (Digital Phosphor Oscilloscope) использует новый принцип в архитектуре осциллографа. Эта архитектура дает уникальные возможности захвата и отображения для точного воспроизведения сигнала.

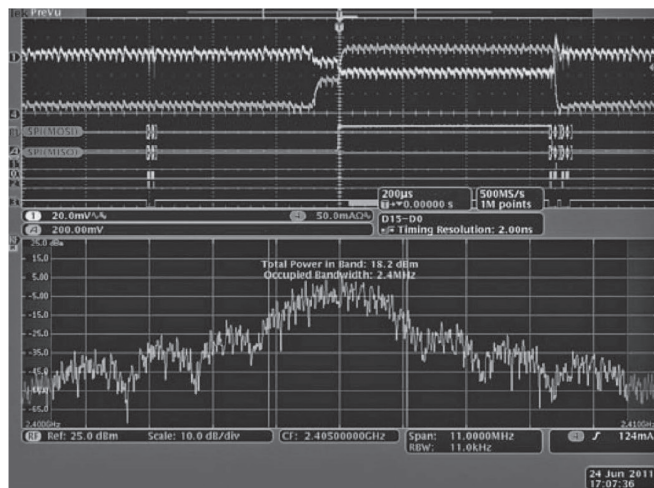


Рисунок 7 – Изображение на экране осциллографа смешанных областей

В то время как цифровой запоминающий осциллограф использует архитектуру последовательной обработки для захвата, отображения и анализа сигналов, осциллограф с цифровым люминофором использует параллельную архитектуру обработки для выполнения этих функций, как это показано на рисунке 6.

Эта архитектура использует специализированную ПЛИС для получения изображений форм сигналов, обеспечивая высокую скорость захвата, которая приводит к более высокому уровню визуализации сигнала. Такая реализация увеличивает вероятность обнаружения переходных процессов, происходящих в цифровых системах (маленькие импульсы, выбросы), а также дает дополнительные возможности для анализа.

Архитектура параллельной обработки

Первый узел осциллографа с цифровым люминофором идентичен узлу аналогового прибора – это усилитель вертикального отклонения. Второй контур аналогичен контуру цифрового запоминающего осциллографа – это АЦП. Существенные отличия от предшественников можно увидеть после аналого-цифрового преобразования.

Для любого осциллографа – аналогового, цифрового запоминающего или с цифровым люминофором – всегда существует время задержки, в течение которого прибор обрабатывает последние запомненные данные, возвращает систему в исходное состояние и ожидает следующего события запуска. В течение этого времени осциллограф «слеп» к любым изменениям входного сигнала. Вероятность обнаружить редкое событие уменьшается по мере роста времени задержки.

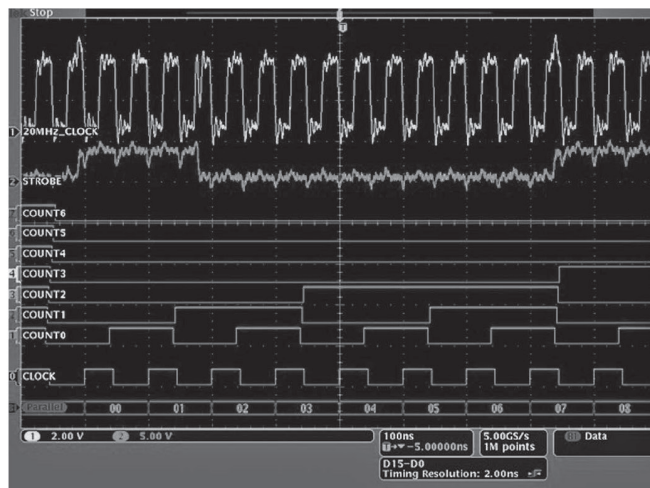


Рисунок 8 – Одновременное исследование аналоговых и цифровых сигналов на экране осциллографа смешанных сигналов



Необходимо отметить, что невозможно определить вероятность захвата, основываясь на скорости обновления изображения на дисплее. Если полагаться только на скорость обновления, то легко ошибиться, полагая, что осциллограф захватывает всю необходимую информацию о сигнале, когда в действительности это не так.

Цифровой запоминающий осциллограф обрабатывает захваченные сигналы последовательно. Скорость работы его микропроцессора ограничивает скорость захвата сигнала, и поэтому является узким местом в этом процессе. Осциллограф с цифровым люминофором записывает оцифрованные данные сигнала в базу данных цифрового люминофора. Каждую 1/30 секунды, так же быстро, как человеческий глаз может это воспринимать, снимок изображения сигнала, который хранится в базе данных, передается прямо и систему отображения. Эта прямая растеризация сигнальных данных и прямое копирование в память дисплея из базы данных позволяют избежать узкого места в обработке данных, присущего другой архитектуре. Результатом этого является обновление изображения в реальном времени. Детали сигнала, скачкообразные события и динамические характеристики сигнала захватываются в реальном времени. Микропроцессор осциллографа с цифровым люминофором работает параллельно с его интегрированной системой захвата для управления отображением, автоматизации измерений и управления прибором, так что он не влияет на скорость захвата осциллографа.

Осциллограф с цифровым люминофором обладает лучшим свойством аналогового осциллографа – отображает сигнал в трех измерениях:

- время,
- амплитуда,
- распределение амплитуды с течением времени.

И все это в реальном времени.

В отличие от аналогового осциллографа, использующего физический люминофор, осциллограф с цифровым люминофором использует чисто электронный цифровой люминофор, который, на самом деле, является постоянно обновляемой базой данных. Эта база данных имеет отдельную информационную «ячейку», сопоставленную с каждым отдельным пикселем на экране осциллографа. Каждый раз, при запуске осциллографа, сигнал записывается в базу данных цифрового люминофора. Интенсивность накапливается в ячейках, где сигнал проходит чаще всего.

Когда база данных цифрового люминофора выводится на экран осциллографа, дисплей показывает интенсивность области осциллограмм, пропорционально частоте возникновения сигнала



Рисунок 9 – Архитектура стробоскопического осциллографа

в каждой точке – так же, как изменяется яркость в аналоговом осциллографе. Осциллограф с цифровым люминофором также позволяет выделить события в зависимости от частоты их появления, используя для этого контрастные цвета на экране, что процессов и для наблюдения за изменением сложных сигналов в реальном времени. Только осциллограф с цифровым люминофором обеспечивает визуализацию интенсивности в режиме реального времени – возможность, которая отсутствует у обычных цифровых запоминающих осциллографов.

Такой тип осциллографов идеально подходит для задач, связанных с поиском неисправностей в электронных устройствах, а также для тестирования различных устройств с целью поиска редко возникающих явлений.

Осциллографы смешанных областей

Осциллографы смешанных областей (Mixed Domain Oscilloscope) совмещают в себе радиочастотный анализатор спектра с осциллографом смешанных сигналов или осциллографом с цифровым люминофором, позволяя получать коррелированные картинки цифровых, аналоговых и радиочастотных сигналов. Например, осциллограф смешанных сигналов дает возможность наблюдать коррелированные по времени изображения сигнала протокола, состояние логики, модулируемый аналоговый и радиочастотный сигналы в проектах встраиваемых систем. Это помогает лучше понять суть происходящих явлений при наблюдении различных аспектов одного и того же процесса. Понимание временной задержки между командой микропроцессора и событием радиочастотного сигнала во встраиваемом устройстве упрощает тестовые настройки и позволяет производить сложные измерения на лабораторном столе. Для встраиваемых радиомодулей, таких как Zigbee, можно производить запуск при появлении радиочастотного события и наблюдать задержку командной строки микроконтроллера, декодирующего управляющие строки SPI, токопотребление и напряжение в момент включения и результирующие спектральные изменения (рисунок 7).

На одном экране имеются коррелированные по времени виды всех областей радиосигнала: цифровой (протокол), аналоговой и радиочастотной.



Осциллографы смешанных сигналов

Осциллографы смешанных сигналов (Mixed Signal Oscilloscope) сочетают в себе возможности цифровых запоминающих осциллографов или осциллографов с цифровым люминофором с функциональностью многоканального (как правило, 16-канального) логического анализатора, включая возможности декодирования протоколов последовательных/параллельных шин и расширенными возможностями триггера.

Цифровые каналы такого осциллографа рассматривают сигнал в виде высоких и низких логических уровней, точно так, как это делают цифровые схемы. Это означает, что пока колебания, выбросы и «дрожание» сигнала на уровне земли не вызывают логических переключений, эти аналоговые эффекты прибором не рассматриваются. Так же, как и логический анализатор, осциллограф смешанных сигналов использует пороговое значение напряжения для определения того, представляет ли сигнал высокий или низкий логический уровень.

Широкие возможности наблюдения и анализа как аналоговых, так и цифровых представлений сигнала (рисунок 8), а также расширенные функции триггера делают осциллограф смешанных сигналов идеальным средством для проверки и отладки цифровых схем.

Цифровой стробоскопический осциллограф

В отличие от архитектур цифрового запоминающего осциллографа и осциллографа с цифровым люминофором, архитектура цифрового стробоскопирующего осциллографа использует перестраиваемый аттенюатор/усилитель и стробоскопический смеситель (мост сэмпирования), как это показано на рисунке 9. Выборка входного сигнала осуществляется до того, как производится его ослабление или усиление. После моста дискретизации может использоваться узкополосный усилитель, поскольку сигнал уже преобразован в каскаде сэмпирования, в результате чего значительно повышается пропускная способность прибора.

Платой за высокую пропускную способность является ограниченность динамического диапазона стробоскопического осциллографа из-за отсутствия аттенюатора/усилителя в сэмплирующем каскаде на входе прибора. Стробоскопический смеситель должен обладать возможностью постоянно обрабатывать динамический диапазон входного сигнала. Поэтому динамический диапазон большинства стробоскопических осциллографов ограничен величиной размаха амплитуды в 1 В в отличие от цифровых запоминающих осциллографов и осциллографов с цифровым люминофором, которые могут обрабатывать сигналы с размахом 50–10 В.

К тому же перед сэмплирующим мостом нельзя установить защитные диоды, поскольку это ограничит пропускную способность. Также это уменьшает величину безопасного входного напряжения для стробоскопического осциллографа примерно до 3 В, по сравнению с 500 В для других типов осциллографов.

При измерении высокочастотных сигналов запоминающий осциллограф или осциллограф с цифровым люминофором не в состоянии собрать достаточно элементов выборки сигнала за одно его колебание. Цифровой стробоскопический осциллограф является идеальным инструментом для точного захвата сигналов, частотные составляющие которых намного превышают скорость выборки осциллографа. Этот тип осциллографа способен работать с гораздо более быстрыми сигналами, чем любой другой осциллограф. Для периодических сигналов этого достигают за счет высокой пропускной способности и на порядок более высокоскоростного тактирования, чем у других осциллографов. Последовательные стробоскопические осциллографы обладают полосой пропускания до 80 ГГц.

Литература

1. www.robotosha.ru/electronics/why-need-oscilloscope.html.
2. www.tektronix.com/oscilloscopes.
3. www.tek.com

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

**Срок
изготовления
от 2 дней
до двух
недель
12 дней**

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-V
- Формирование контура любой формы
- Материалы: FR-4, Rogers, Duroid, алюминий, лавсан

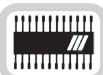
Качество

- Сертификат соответствия ВУ/112 05.01.0030030

electronica.by

№8-2016

35



КЛАССИФИКАЦИЯ ДАТЧИКОВ

Автоматизация технологических процессов, управление различными машинами, механизмами требуют многочисленных измерений разнообразных физических величин. Информацию о параметрах контролируемой системы или устройства получают с помощью датчиков (сенсоров).

■ **СЕРГЕЙ НИКУЛИН**, преподаватель УО «Гомельский государственный политехнический колледж»

Датчик – это устройство, преобразующее входное воздействие какой-либо физической величины в сигнал (чаще всего в электрический), удобный для дальнейшего использования. Преобразованный сигнал можно передавать, обрабатывать, выводить на дисплей и т.п.

Используемые датчики весьма разнообразны и могут быть классифицированы по различным признакам:

1) В зависимости от **вида входной (измеряемой) величины** различают:

- датчики механических перемещений (линейных и угловых),
- пневматические,
- электрические,
- расходомеры,
- датчики скорости,
- ускорения,
- усилия,
- температуры,
- давления и др.

Существует приблизительно следующее распределение доли измерений различных физических величин в промышленности: температура – 50 %, расход (массовый и объемный) – 15 %, давление – 10 %, уровень – 5 %, количество (масса, объем) – 5 %, время – 4 %, электрические и магнитные величины – менее 4 %.

2) По **виду выходной величины**, в которую преобразуется входная величина, различают неэлектрические и электрические датчики. Большинство датчиков являются электрическими.

3) По **принципу действия** датчики можно разделить на два класса: генераторные и параметрические (датчики-модуляторы).

Генераторные датчики осуществляют непосредственное преобразование входной величины в электрический сигнал. При этом используется энергия вращения – ЭДС индукции, тепла – термоЭДС, света – фотоЭДС и т.п. Параметрические датчики входную величину преобразуют в изменение какого-либо электрического параметра (R , L или C) датчика, поэтому для работы требуют источник питания.

Различают **три класса** датчиков:

- аналоговые датчики, вырабатывающие аналоговый сигнал пропорционально изменению входной величины;

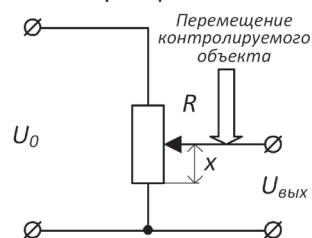


Рисунок 1 – Потенциометрическая схема включения реостатного датчика

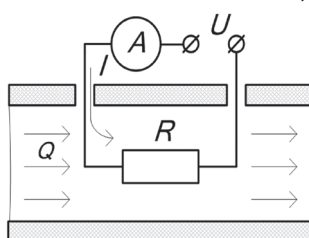


Рисунок 2 – Применение самонагревающегося резистора в качестве датчика расхода

- цифровые датчики, генерирующие последовательность импульсов или цифровой код;

- бинарные (двоичные) датчики, которые вырабатывают сигнал только двух уровней: «включено/выключено» (иначе говоря, 0 или 1).

Классификация датчиков по принципу действия

По принципу действия параметрические датчики делятся на омические, индуктивные и емкостные.

1. Омические (резистивные) датчики – принцип действия основан на изменении их активного сопротивления при изменении длины l , площади сечения S или удельного сопротивления ρ , т.е. $R = \rho l/S$. Кроме того, используется зависимость величины активного сопротивления от температуры, контактного давления и освещенности. В соответствии с этим омические датчики делят на: контактные, потенциометрические (реостатные), тензорезисторные, терморезисторные, фоторезисторные.

Контактные датчики – это простейший вид резисторных датчиков, которые преобразуют перемещение первичного элемента в скачкообразное изменение сопротивления электрической цепи. С помощью контактных датчиков измеряют и контролируют усилия, перемещения, положение, температуру, размеры объектов и т.д. К контактными датчикам относятся путевые и концевые выключатели, контактные термометры и так называемые электродные датчики, используемые в основном для измерения предельных уровней электропроводных жидкостей.

Недостатком контактных датчиков является ограниченный срок службы контактной системы, но благодаря простоте этих датчиков они находят широкое применение.

Реостатные датчики представляют собой резистор с изменяющимся активным сопротивлением. Входной величиной датчика является перемещение контакта, а выходной – изменение его сопротивления. Подвижный контакт механически связан с объектом, перемещение (угловое или линейное) которого необходимо преобразовать.

Наибольшее распространение получила потенциометрическая схема включения реостатного датчика, в которой реостат включают по схеме делителя напряжения (рисунок 1). Переменный резистор, включаемый по схеме делителя напряжения, называют потенциометром. Выходной величиной $U_{\text{вых}}$ такого датчика является падение напряжения между подвижным и одним из неподвижных контактов. Зависимость выходного напряжения от перемещения « x » контакта $U_{\text{вых}} = f(x)$ соответствует закону изменения сопротивления вдоль потенциометра.

Обычно реостатные датчики применяют в механических измерительных приборах для преобразования их показаний в электрические величины (ток или напряжение), например, в поплавковых измерителях уровня жидкостей, различных манометрах и т. п.



Термометрические датчики (терморезисторы) – сопротивление зависит от температуры. Терморезисторы в качестве датчиков используются двумя способами:

а) Температура терморезистора определяется окружающей средой; ток, проходящий через терморезистор, настолько мал, что не вызывает нагрева терморезистора. При этом условии терморезистор используется как датчик температуры.

б) Температура терморезистора определяется степенью нагрева постоянным по величине током и условиями охлаждения. В этом случае установившаяся температура определяется условиями теплоотдачи поверхности терморезистора (скоростью движения окружающей среды – газа или жидкости – относительно терморезистора, ее плотностью, вязкостью и температурой), поэтому терморезистор может быть использован как датчик скорости потока, теплопроводности окружающей среды, плотности газов и т. п.

Например, для измерения объема потребляемого воздуха в автомобильных двигателях в воздухопроводе устанавливается самонагревающийся резистор. Сопротивление такого резистора изменяется вследствие охлаждения потоком воздуха, в результате чего резистор действует как датчик расхода (рисунок 2).

Тензометрические датчики служат для измерения механических напряжений, небольших деформаций, вибрации. Действие тензорезисторов основано на тензоэффекте, заключающемся в изменении активного сопротивления проводниковых и полупроводниковых материалов под воздействием приложенных к ним усилий.

2. Индуктивные датчики служат для бесконтактно-го получения информации о перемещениях рабочих органов машин, механизмов.

Принцип действия датчика основан на изменении электромагнитного поля при попадании в зону действия датчика металлических объектов (на немагнитные материалы датчик не реагирует). В основном индуктивные датчики применяются в качестве бесконтактных выключателей (не требуют механического воздействия) для определения положения (конечные и путевые выключатели).

На рисунке 3 представлены примеры применения индуктивных датчиков в качестве датчика положения, угла, скорости.

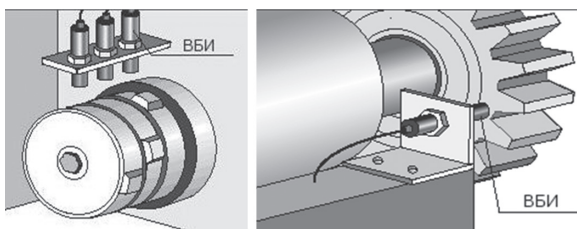


Рисунок 3 – Примеры использования индуктивного датчика (ВБИ – выключатель бесконтактный индукционный)

Недостатками индуктивных датчиков является малое расстояние срабатывания и сравнительно небольшая чувствительность.

3. Емкостные датчики – принцип действия основан на зависимости электрической емкости конденсатора от размеров, взаимного расположения его обкладок и от диэлектрической проницаемости среды между ними.

Для двухобкладочного плоского конденсатора электрическая емкость определяется выражением:

$$C = \epsilon_0 \epsilon S / h$$

где ϵ_0 – диэлектрическая постоянная;

ϵ – относительная диэлектрическая проницаемость среды между обкладками;

S – активная площадь пластин;

h – расстояние между пластинами конденсатора.

Зависимости емкости от площади пластин и расстояния между ними используется для измерения угловых перемещений, очень малых линейных перемещений, вибраций, скорости движения и т. д.

Широко емкостные датчики применяются для контроля уровня жидкостей и сыпучих материалов. При этом возможно располагать датчики вне резервуара или бункера. Материал, попадая в рабочую зону датчика, вызывает изменение диэлектрической проницаемости ϵ , что изменяет емкость и вызывает срабатывание датчика (рисунок 4).

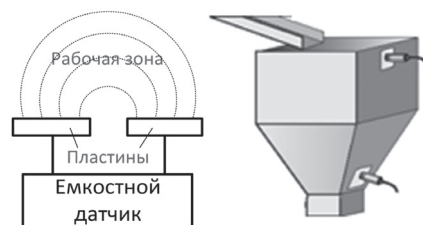


Рисунок 4 – Емкостной датчик: а) распределение электрического поля конденсатора, б) пример контроля минимального и максимального уровня

Кроме того, на измерении значения диэлектрической проницаемости ϵ работают датчики толщины слоя непроводящих материалов (толщиномеры) и контроля влажности и состава вещества.

Достоинства емкостных датчиков – простота, высокая чувствительность и малая инерционность. Недостатки – влияние внешних электрических полей, относительная сложность измерительных устройств.

Иные виды датчиков

Индукционные датчики преобразуют измеряемую величину в ЭДС индукции. К этим датчикам относятся тахогенераторы, у которых выходное напряжение пропорционально угловой скорости вращения вала генератора. Используются как датчики угловой скорости.

Тахогенератор (рисунок 5) представляет собой электрическую машину, работающую в генераторном режиме. Контролируемый объект механически связан с ротором тахогенератора и приводит его во вращение. При этом вырабатываемая ЭДС пропорциональна скорости вращения и величине магнитного потока. Кроме того, с изменением скорости вращения изменяется частота ЭДС.

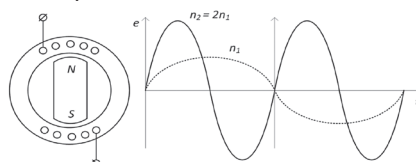
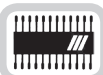


Рисунок 5 – Тахогенератор: а) конструкция, б) диаграммы входной и выходной ЭДС



Для определения положения и скорости используются инкрементные датчики. Датчик состоит из штрихованной линейки или диска и двух оптопар. Фотодиоды смещены относительно друг друга на расстояние, соответствующее половине шага между отверстиями (штрихами). Это позволяет при перемещении линейки (диска) получить на выходе датчика две последовательности импульсов (рисунок 6). Счет импульсов происходит по обоим фронтам, что позволяет определить направление движения (вращения).

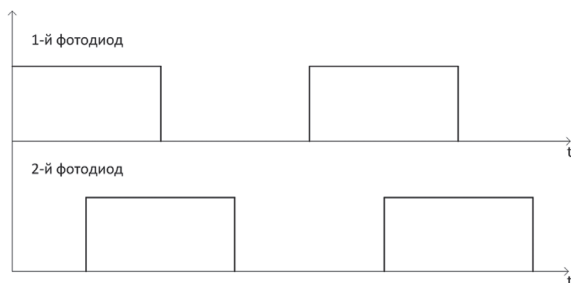


Рисунок 6 – Выходной сигнал инкрементного датчика

Для определения скорости используются также **датчики радиолокационных сигналов**. Принцип действия датчика основан на изменении частоты радиосигнала, отраженного от движущегося объекта – «эффект Доплера», что применимо для дистанционного измерения скорости.

Так как уровень сигнала зависит от свойств отражающего объекта, датчики движения могут использоваться для того, чтобы сигнализировать об обрыве цепи (ленты), наличии на конвейерной ленте каких-либо предметов или материалов. По длительности выходного импульса можно на значительном расстоянии судить о размере перемещаемых предметов, производить селекцию и т.д.

Температурные датчики

Температурные датчики являются наиболее распространенными; широкий диапазон измеряемых температур, разнообразие условий использования средств измерений и требований к ним определяют многообразие применяемых средств измерения температуры.

Приборы для измерения температуры можно разделить на две группы:

- **контактные** (имеет место тепловой контакт чувствительного элемента прибора с объектом измерения);
- **бесконтактные** (отличаются тем, что чувствительный элемент термометра в процессе измерения не имеет непосредственного соприкосновения с измеряемой средой).

Основные классы датчиков температуры для промышленного применения: биметаллические датчики, жидкостные и газовые термометры, термопары, терморезисторы, инфракрасные датчики.

Биметаллический датчик представляет собой пластину из двух разнородных металлов, имеющих различный температурный коэффициент линейного расширения. При нагревании или охлаждении пластина изгибается, размыкая (замыкая) электрические контакты или перемещая стрелку индикатора. Диапазон работы биметаллических датчиков $-40...+550\text{ }^{\circ}\text{C}$. Используются для измерения поверхности твердых тел и температуры жидкостей. Ос-

новные области применения – системы отопления и нагрева воды.

Терморезисторы основаны на изменении электрического сопротивления проводников и полупроводников в зависимости от температуры. С ростом температуры сопротивление металлов возрастает. Для изготовления металлических терморезисторов используется медь, никель, платина. Платиновые терморезисторы позволяют измерять температуры в пределах от -260 до $+1100\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Полупроводниковые терморезисторы имеют отрицательный или положительный температурный коэффициент сопротивления. В отличие от металлических, полупроводниковые терморезисторы обладают высоким сопротивлением. Применяются для изменения температур в диапазоне от -100 до $+200\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Термопары представляет собой соединение (спай) двух разнородных металлов. Работа основана на термоэлектрическом эффекте – при наличии разности температур спаев T_1 и концов термопары T_0 возникает электродвижущая сила, называемая термоэлектродвижущей (сокращенно термоЭДС). В определенном интервале температур можно считать, что термоЭДС прямо пропорциональна разности температур $\Delta T = T_1 - T_0$.

Термопары позволяют измерять температуру в диапазоне от -200 до $+2200\text{ }^{\circ}\text{C}$. Наибольшее распространение для изготовления термоэлектрических преобразователей получили платина, платинородий, хромель, алюмель. Термопары дешевы, простоты в изготовлении и надежны в эксплуатации. Измерительные мультиметры комплектуются именно термопарами.

Инфракрасные датчики (пирометры) – используют энергию излучения нагретых тел, что позволяет измерять температуру поверхности на расстоянии. Пирометры делятся на радиационные, яркостные и цветковые. Позволяют измерять температуру в труднодоступных местах и температуру движущихся объектов, высокие температуры, где другие датчики уже не работают. Например, цветковые пирометры, основанные на зависимости отношения интенсивностей излучения на двух длинах волн от температуры тела, имеют пределы измерения – от 200 до $+3800\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Пьезоэлектрические датчики основаны на пьезоэлектрическом эффекте (пьезоэффекте), заключающегося в том, что при сжатии или растяжении некоторых кристаллов на их гранях появляется электрический заряд, величина которого пропорциональна действующей силе.

Используются для измерения сил, давления, вибрации и т.д.

Пьезоэлектрические кристаллы применяются в ультразвуковых датчиках. Принцип действия этих датчиков основан на измерении времени возврата передаваемых импульсов. Используются для определения уровня заполнения различных резервуаров, в автомобильных системах парковки, в робототехнике.

Оптические (фотоэлектрические) датчики работают либо на основе внутреннего фотоэффекта – изменении сопротивления при изменении освещенности, либо вырабатывают фотоЭДС, пропорциональную освещенности.

Различают аналоговые и дискретные оптические датчики. У аналоговых датчиков выходной сигнал изменя-



ется пропорционально внешней освещенности. Основная область применения – автоматизированные системы управления освещением.

Датчики дискретного типа изменяют выходное состояние на противоположное при достижении заданного значения освещенности.

Датчики оптоэлектронного типа регистрирует изменение светового потока в контролируемой области, связанное с изменением положения в пространстве каких-либо движущихся частей механизмов и машин, отсутствия или присутствия объектов. Датчик состоит из двух функциональных узлов: приемника и излучателя. Данные узлы могут быть выполнены как в одном, так и в различных корпусах.

Выделяют два метода обнаружения объекта фотоэлектрическими датчиками:

1) Пересечение луча – в этом методе передатчик и приемник разделены по разным корпусам, что позволяет устанавливать их напротив друг друга на рабочем расстоянии. Принцип работы основан на том, что передатчик постоянно посылает световой луч, который принимает приемник. Если световой сигнал датчика прекращается вследствие перекрытия сторонним объектом, приемник немедленно реагирует, меняя состояние выхода.

2) Отражение от объекта – в этом методе приемник и передатчик находятся в одном корпусе. Во время рабочего состояния датчика все объекты, попадающие в его рабочую зону, становятся своеобразными рефлекторами (отражателями). Как только световой луч, отразившись от объекта, попадает на приемник датчика, тот меняет состояние выхода.

Фотоэлектрические дискретного действия используются как своеобразные бесконтактные выключатели для подсчета, обнаружения, позиционирования и других задач (рисунок 7).

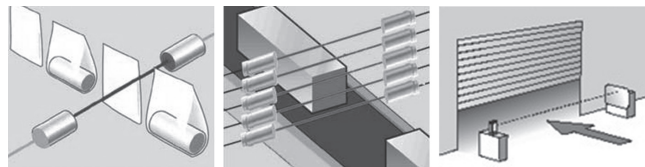


Рисунок 7 – Примеры использования фотоэлектрических датчиков

Бинарными (двоичными) датчиками, которые выработывают сигнал только двух уровней: «включено/выключено», называют также бесконтактные выключатели. В основном используются бесконтактные выключатели индуктивного, емкостного и оптоэлектронного типа.

Выход датчика может быть релейный и транзисторный. Последний отличается высоким быстродействием переключения.

Контакт датчика может быть нормально разомкнутым, замкнутым и переключающим (рисунок 8).

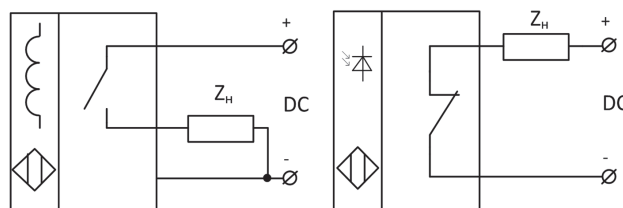


Рисунок 8 – Схемы включения бесконтактных выключателей

VECTOR OF A TECHNOLOGIES

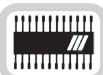
Акция
на YASKAWA
V1000



Это серия компактных, высокоэффективных частотных преобразователей, с низким уровнем шума, высокой точностью поддержания скорости и большим пусковым моментом, со скалярным и векторным управлением без обратной связи, подходящий для управления как асинхронных, так и синхронных двигателей, мощностью от 0,2 до 18,5 кВт со встроенным контроллером.

УНП 191250454

Наши специалисты с радостью помогут решить ваши задачи.
Tel: +375-17-265-60-15, fax: +375-17-265-60-16, mob: +375-29-685-60-15.
info@vec-tech.by, web: <http://www.vec-tech.by>



ПРОВЕРКА ТРАНСФОРМАТОРА ТОКА

Устройства для пропорционального преобразования переменного тока до значений, безопасных для его измерений, называют трансформаторами тока. Такие трансформаторы находят широкое применение в сфере электроснабжения и электроэнергетики и изготавливаются в различных конструктивных исполнениях, — от небольших моделей, размещаемых непосредственно на электронных платах, до сооружений внушительных размеров, устанавливаемых на специальные строительные конструкции.

Проверка ТТ проводится с целью выявления его работоспособности, при этом не производится оценка метрологических характеристик, которые определяют класс точности и сдвига фаз между вектором первичного и вторичного токов.

Причины возможных неисправностей

Ниже приведены наиболее распространенные причины неисправностей ТТ:

- механические повреждения магнитопровода;
- повреждения изоляции корпуса;
- механические повреждения обмоток;
- обрывы обмоток;
- снижение изоляции проводников обмотки, создающее межвитковые замыкания;
- механический износ выводов обмотки и контактов.

Методы проверок

Для оценки работоспособности трансформатора проводится внешний визуальный осмотр и проверка электрических характеристик.

Внешний визуальный осмотр. С него начинается каждая проверка, и она позволяет оценить:

- состояние внешних поверхностей деталей;
- наличие сколов и трещин на изоляции;
- состояние клеммных или болтовых соединений;
- наличие видимых дефектов.

Испытание изоляции. В случае установки в составе высоковольтного оборудования трансформатор тока смонтирован в линии нагрузки, при этом он входит в линию конструктивно, и в таком случае испытания изоляции проводятся при проведении совместных высоковольтных испытаний отходящей линии сотрудниками службы изоляции. По результатам проведенных испытаний оборудование может быть допущено в эксплуатацию.

Сопrotивление изоляции. Для проведения измерения сопротивления изоляции следует использовать мегомметр с $U_{\text{вых}}$, соответствующий требованиям документации на ТТ. Для большинства существующих

высоковольтных устройств проверку сопротивления изоляции следует проводить прибором с $U_{\text{вых}}$ в 1 Кв.

Мегомметром проводят измерения сопротивления изоляции между:

- корпусом и обмотками (каждой из обмоток);
- каждой из обмоток и всеми остальными.

К эксплуатации могут быть допущены собранные токовые цепи с величиной сопротивления изоляции не менее 1 МОм.

Оценка работоспособности трансформатора тока

Прямой метод проверки

Прямая проверка — наиболее достоверный способ, также называемый проверкой схемы под нагрузкой.

Для проведения следует использовать штатную цепь включения трансформатора в цепи первичного и вторичного оборудования или же собрать новую цепь для проверки, при которой ток величиной от 20 до 100 % от номинальной величины проходит по первичной обмотке трансформатора и замеряется во вторичной.

Численное значение замеренного первичного тока нужно разделить на численное значение замеренного тока вторичной обмотки. Полученное значение и будет коэффициентом трансформации, которое следует сравнить с паспортным значением, что позволит судить об исправности трансформатора.

Трансформатор тока может содержать не одну, а несколько вторичных обмоток. До начала испытаний все обмотки должны быть надежно подключены к нагрузке или же закорочены. В противном случае, в разомкнутой вторичной обмотке, при условии появления тока в первичной обмотке, возникнет напряжение в несколько КВ, опасное для жизни человека и могущее привести к повреждению оборудования.

Магнитопроводы большинства высоковольтных трансформаторов тока нуждаются в заземлении. Для этого в их конструкции предусмотрена специальная клемма, которая маркируется буквой «З».

На практике очень часто возникают какие-либо ограничения по проверке трансформаторов под нагрузкой, обусловленные особенностями эксплуатации и безопас-



ности испытаний. В связи с этим часто используются иные способы проверки.

Косвенные методы

Каждый из перечисленных ниже способов проверки может предоставить лишь частичную информации о состоянии трансформаторов. Поэтому эти способы необходимо применять в комплексе.

Определение правильности маркировки выводов обмоток. Целостность обмоток ТТ и их выводов следует определять замером их активных сопротивлений с проверкой или последующим нанесением маркировки.

Определение начала и конца каждой из обмоток следует проводить способом, позволяющим установить полярность.

Проверка полярности выводов обмоток. Для проведения испытаний к вторичной обмотке присоединить амперметр или вольтметр магнитоэлектрического типа с определенной полярностью на его выводах.

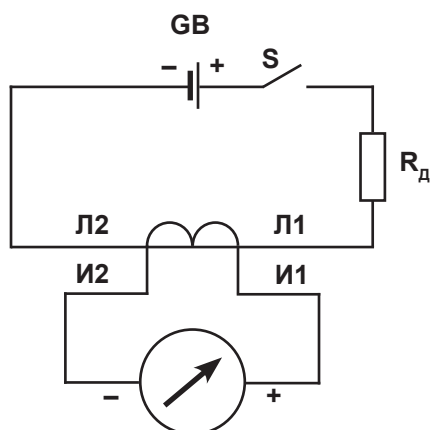


Рисунок 1 – Определение полярности выводов обмоток трансформатора тока.

Рекомендуется использовать прибор с нулем посередине шкалы, однако допускается использовать и с нулем, расположенным в начале шкалы.

Все остальные вторичные обмотки трансформатора необходимо из соображений безопасности зашунтировать.

К первичной обмотке ТТ необходимо подключить источник постоянного тока, затем последовательно подключить к нему сопротивление для ограничения тока разряда. Достаточно использовать обыкновенный элемент питания (батарейку) с лампочкой накаливания. Вместо выключателя можно просто коснуться проводом от лампочки клеммы первичной обмотки ТТ и затем отвести его.

При совпадении полярности стрелка сдвинется вправо и возвратится назад. Если прибор подключен с обратной полярностью, то стрелка будет сдвигаться влево.

При отключении питания у однополярных обмоток стрелка сдвигается толчком влево, а в противном случае – толчком вправо.

Таким же образом следует проверить полярность подключения других обмоток трансформатора.

Снятие характеристики намагничивания. Зависимость напряжения на клеммах вторичных обмоток от протекающего по ним тока намагничивания называется вольт-амперной характеристикой, сокращенно ВАХ. Она свидетельствует о правильности работы обмотки и магнитопровода, позволяет оценить их исправность.

Для того, чтобы исключить влияние помех со стороны расположенного рядом силового оборудования, характеристику ВАХ следует снимать, предварительно разомкнув цепь первичной обмотки.

Для построения характеристики ВАХ необходимо пропускать переменный ток различных величин через обмотку ТТ и измерять напряжение на входе обмотки. Такие испытания можно проводить любым лабораторным стендом с блоком питания, имеющим выходную мощность, позволяющую нагружать обмотку до насыщения магнитопровода трансформатора, при котором кривая насыщения обратится в горизонтальное положение.

Полученные по замерам данные нужно занести в таблицу протокола. По табличным данным строятся графики ВАХ.

Перед началом проведения замеров и после их окончания следует в обязательном порядке производить размагничивание магнитопровода методом нескольких постепенных увеличений тока в обмотке и последующим снижением тока до нуля.

Важно

Для измерения значений токов и напряжений следует использовать приборы электромагнитной или электродинамической систем, которые могут воспринимать действующие значения тока и напряжения.

Наличие в обмотке короткозамкнутых витков уменьшает величину выходного напряжения в обмотке и снижает крутизну ВАХ. В связи с этим, при первом использовании исправного ТТ необходимо сделать замеры и построить график ВАХ, а при последующих проверках ТТ через определенное нормативами время следует контролировать состояние выходных параметров.

transformatory-toka.ru



поставка электронных компонентов

контрактное производство

тел.: +375 17 290 0082

факс: +375 17 290 0084

e-mail: info@horntrade.net

УНП 190491237



ГАРМОНИЧЕСКИЕ ИСКАЖЕНИЯ ПРИ РАБОТЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЧАСТОТЫ

Представленный в статье материал по гармоническим искажениям носит практический, прикладной характер. Он базируется на многолетнем опыте работы компании «Веспер» в области производства, поставки и обслуживания преобразователей частоты. В статье приведены примеры расчета коэффициентов гармоник при работе преобразователей частоты и выбора дополнительных устройств для снижения гармонических составляющих.

И.Б. БАРУТСКОВ, С.А. ВДОВЕНКО, Е.В. ЦЫГАНКОВ

Что такое гармонические искажения электросети

Параметры промышленной питающей электросети должны соответствовать требованиям российского ГОСТ 13109-97 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электроэнергии в системах электроснабжения общего назначения». Реальная электрическая сеть и ее параметры отличаются от идеальных. Влияние различных факторов приводит к отклонению параметров сети от норм и ухудшению качества электроэнергии.

Параметры питающей сети, не соответствующие нормам (повышенное или пониженное напряжение, всплески и провалы напряжения, искажение синусоидальной формы напряжения и др.), воздействуя на подключенных электропотребителей, могут нарушать их нормальную работу и даже выводить их из строя.

Среди показателей качества электроэнергии (КЭ) стандартом определены два параметра, характеризующие степень искажения формы синусоиды напряжения в электросети:

– коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения¹ K_u

$$K_u = \frac{\sqrt{U_{(2)}^2 + U_{(3)}^2 + \dots + U_{(40)}^2}}{U_{(1)}} \times 100, \%$$

где: $U_{(1)}$ – действующее значение междуфазного (фазного) напряжения 1-ой гармоники (основной частоты); $U_{(2)}, U_{(3)} \dots U_{(40)}$ – действующие значения междуфазного (фазного) напряжения высших гармоник, кратных по частоте основной гармонике (при определении коэффициента искажения синусоидальности K_u стандарт предписывает учитывать гармоники только от 2-ой до 40-й и не учитывать гармоники, уровень которых менее 0,1 %);

– коэффициент n-ой гармонической составляющей напряжения

$$K_{U(n)} = U_{(n)} / U_{(1)} \times 100, \%$$

где: n – номер гармонической составляющей, кратной основной частоте, в спектре сетевого напряжения.

В результате сложения основной (1-ой) гармоники номинальной частоты питающей сети с появившимися по разным причинам высшими гармониками форма синусоиды искажается.

¹ Другие названия K_u – «коэффициент гармоник», «коэффициент нелинейных искажений». В иностранной литературе он обозначается как THD (Total Harmonic Distortion – коэффициент суммарных гармонических искажений).

Таким образом, коэффициент искажения синусоидальности K_u определяет долю суммарного напряжения высших гармоник в питающем напряжении электросети по отношению к напряжению основной частоты, а коэффициент n-ой гармонической составляющей $K_{U(n)}$ характеризует вклад конкретной гармоники в общие искажения.

Согласно ГОСТ 13109-97, нормально допустимое значение коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения для сетей напряжения 0,38 кВ составляет 8 %, предельно допустимое значение составляет 12 %.

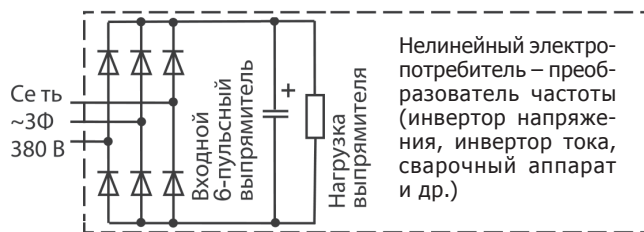


Рисунок 1 – Входной 6-пульсный выпрямитель электропотребителя трехфазной сети

Нормально допустимое значение коэффициента n-ой гармонической составляющей для каждой гармоники приведено в ГОСТ 13109-97, например, для 5-ой гармоники – 6,0 %, для 7-ой гармоники – 5 % и т.д. Предельно допустимое значение коэффициента n-ой гармонической составляющей для каждой гармоники в 1,5 раза больше нормально допустимого:

$$K_{U(n)пред} = 1,5 \times K_{U(n)норм.}$$

Причины и источники гармонических искажений

Причинами появления высших гармоник являются подключенные к электросети потребители, имеющие нелинейные входные цепи и вследствие этого потребляющие импульсный ток. Нелинейный характер цепи определяется наличием в ней полупроводниковых нелинейных элементов (выпрямительных мостов, диодов, тиристоров и т. д.).

Развитие производства современных силовых полупроводниковых приборов ведет к возрастающему количеству приборов, управляемых тиристорами, конверторами (инверторами) и др.

Примеры нелинейных электропотребителей, являющихся причинами гармонических искажений:

– статические преобразователи (выпрямители, источники бесперебойного питания, тиристорные регуляторы,



импульсные источники питания, преобразователи частоты, регулирующие скорость вращения электродвигателей переменного тока, и т.п.);

– газоразрядные осветительные устройства и электронные балласты;

- электродуговые печи постоянного и переменного тока;
- сварочные аппараты;
- устройства с насыщающимися электромагнитными элементами;
- специальные медицинские приборы и т.п.

Увеличивающаяся в последние годы тенденция широкого внедрения в самые разные отрасли промышленности нужных и полезных приборов – преобразователей частоты, являющихся для электросети нелинейными потребителями, – заставляет все больше обращаться к проблемам, связанным с гармоническими искажениями сетевого напряжения питания.

Искажение синусоиды и спектр питающего напряжения при работе нелинейных электропотребителей

Синусоидальное переменное напряжение источника электропитания подается на устройство с нелинейной входной цепью – входной выпрямитель. Функция выпрямителя – преобразовать переменное разнополярное напряжение источника питания в однополярное (или пульсирующее) для дальнейшего превращения его в постоянное напряжение.

В трехфазных цепях переменного тока могут использоваться различные выпрямительные схемы. В настоящее время наиболее применима 6-полупериодная (6-пульсная) схема (рисунок 1).

Другие схемы выпрямления, имеющие большее количество полупериодов выпрямления, например, 12-пульсная, 18-пульсная схемы, также могут применяться для выпрямления переменного напряжения. Несомненное положительное качество этих схем – существенно уменьшенный уровень высших гармоник, генерируемых в сеть. Однако для их реализации требуются дополнительные трансформаторы питания (или специальные трансформаторы), увеличенное количество выпрямительных вентилей (диодов), что делает такие схемы сложными и экономически нецелесообразными. Они нашли применение, например, в высоковольтных (6 кВ, 10 кВ и др.) мощных преобразователях частоты.

В устройствах, питающихся от трехфазных источников переменного тока 0,4 кВ, практически везде применяются 6-пульсные выпрямители. Такие выпрямители имеются в преобразователях частоты, инверторах напряжения, инверторах тока, сварочных аппаратах и других приборах.

Синусоида напряжения, подаваемая на вход 6-пульсного выпрямителя, искажает свою форму, так как в момент протекания импульса тока увеличивается падение напряжения на внутреннем сопротивлении сети (пример искаженной формы синусоиды приведен на рисунке 3).

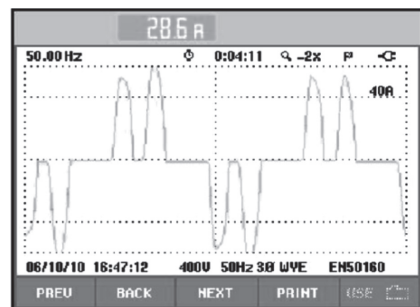


Рисунок 2 – Ток, потребляемый 6-пульсным выпрямителем преобразователя частоты (инвертора напряжения и др.) в трехфазной сети

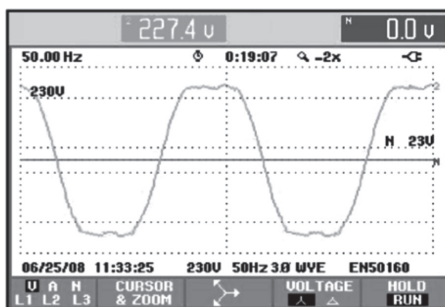


Рисунок 3 – Искажение формы синусоиды питающего напряжения при работе преобразователя частоты

Гармоника – гармоническое (совершаемое по синусоидальному закону с определенной частотой) колебание какой-либо физической величины, например, напряжения или тока. В большинстве случаев под названием «гармоника» подразумевают гармонические колебания в системе, частоты которых выше основной частоты (1-ой гармоники) и кратны ей.

Спектр гармоник – график, показывающий распределение энергии по частоте какого-либо периодического временного сигнала. Спектр периодического сигнала представляет набор дискретных гармонических сигналов (гармоник) с частотами, кратными основной частоте. Другое его название – линейчатый спектр.

Фильтр гармоник – устройство, имеющее неравномерный (избирательный) коэффициент передачи по частоте: пропускает со входа на выход определенные частоты (или полосу частот) и не пропускает или ослабляет другие частоты.

Симметричный режим трехфазной сети – режим, при котором соблюдаются условия симметрии фазных ЭДС источника $\dot{E}_A = E$, $\dot{E}_B = Ee^{-j120^\circ}$, $\dot{E}_C = Ee^{j120^\circ}$ и равенства сопротивлений фаз приемника $Z_A = Z_B = Z_C$.

Несимметричный режим трехфазной сети – режим, при котором нарушается хотя бы одно из условий симметрии фазных ЭДС источника $\dot{E}_A = E$, $\dot{E}_B = Ee^{-j120^\circ}$, $\dot{E}_C = Ee^{j120^\circ}$ и равенства сопротивлений фаз приемника $Z_A = Z_B = Z_C$.

Нормально допустимое значение – значение, которого не превышают измеренные с вероятностью 95 % значения коэффициента искажения синусоидальности и коэффициента n-ой гармонической составляющей в течение минимального интервала времени измерений по ГОСТ 13109-97.

Предельно допустимое значение – значение, которого не превышают наибольшие из измеренных значений коэффициента искажения синусоидальности и коэффициента n-ой гармонической составляющей в течение минимального интервала времени измерений по ГОСТ 13109-97.

Относительное индуктивное сопротивление дросселя $X_{дp}$, % – выражаемое в процентах отношение индуктивного сопротивления дросселя к входному сопротивлению нагрузки, перед которой включен дроссель.

К-фактор – коэффициент, характеризующий вклад высших гармоник в процесс нагрева трансформатора. Если К-фактор равен единице, то это означает, что нагрузка линейная и в цепи протекает синусоидальный ток. Значения К-фактора выше единицы указывают на дополнительные тепловые потери при нелинейных нагрузках, которые трансформатор способен безопасно рассеять.

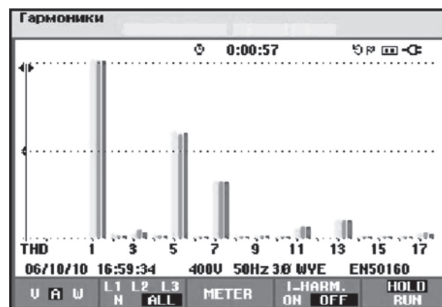
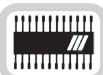


Рисунок 4 – Примерный вид спектра гармоник питающего напряжения при 6-пульсной выпрямительной схеме электропотребителя



Преобразователи частоты, имеющие входной трехфазный выпрямитель, выполненный по 6-пульсной схеме (рисунок 1), потребляют импульсный ток, форма которого приведена на рисунке 2.

Спектр гармоник питающего напряжения сети с нагрузкой, имеющей 6-пульсную схему выпрямителя, при симметричном режиме трехфазной сети содержит нечетные гармоники (четные гармоники при симметричном режиме взаимно компенсируются). Кроме того, при соединении фаз источника звездой линейное напряжение не содержит гармоник, кратных трем, так как эти гармоники, имеющиеся в фазных напряжениях, при вычитании также компенсируются [3].

Примерный вид спектра гармоник, создаваемого 6-пульсным выпрямителем в реальной трехфазной сети, приведен на рисунке 4. Основной вклад в искажение синусоидальности напряжения сети при работе преобразователя частоты вносят 5-я, 7-я, 11-я и 13-я гармоники (т.е. 250, 350, 550 и 650 Гц соответственно).

От чего зависит интенсивность гармонических искажений напряжения питания

Интенсивность гармонических искажений напряжения питания при работе в электросети нелинейной нагрузки зависит:

1) от соотношения мощности питающего трансформатора и суммарной мощности нелинейных потребителей. Чем мощнее сеть по отношению ко всем нелинейным потребителям, тем меньше уровень гармонических искажений.

В пределах допустимого значения коэффициента искажения синусоидальности K_u , определенного ГОСТ 13109-97, к трехфазной сети может быть подключено сколько угодно нелинейных потребителей с суммарной мощностью, не превышающей, как правило, 10–15 % от номинальной мощности источника питания.

Например, как это часто бывает, в начале модернизации производства на предприятии устанавливается несколько пробных преобразователей частоты, суммарная мощность которых не превышает нескольких процентов от номинальной мощности питающего трансформатора. Гармонические искажения, вносимые несколькими преобразователями в электросеть, при этом малы и не превышают допустимых значений. Приводы, оснащенные преобразователями частоты, теперь стали в электросети нелинейными потребителями. Другие потребители электросети и сама электросеть (подстанции, распределительные устройства и т. д.) практически не изменяют своих характеристик под воздействием появившихся высших гармоник ввиду их малого уровня. Осциллограф, подключенный к сети, показывает, что форма синусоиды напряжения также практически не искажена.

Для оценки уровня появившихся высших гармоник уже на этом этапе полезно подключить к электросети измеритель нелинейных искажений или анализатор качества электроэнергии (см. ниже).

После положительного опыта эксплуатации первых преобразователей частоты начинается их широкое внедрение в производство. Количество устанавливаемых и работающих одновременно преобразователей увеличивается. Подключение и ввод новых преобразователей частоты (новых нелинейных нагрузок) добавляет

искажений в питающую электросеть, и коэффициент гармоник увеличивается.

При превышении суммарной мощности установленных преобразователей 10–15 % от номинальной мощности питающего трансформатора уровень высших гармоник в сети увеличивается еще больше.

Уровень гармонических искажений может превысить допустимый уровень по ГОСТ 13109-97 (8 %), и уже возможно появление признаков влияния высших гармоник на других потребителей, например: сбои в работе приборов измерения и учета электроэнергии, наводки в телекоммуникационных и управляющих цепях и др. Форма синусоиды искажается, что может быть зафиксировано осциллографом.

В этих случаях рекомендуется проведение измерений гармонических искажений в электросети и принятие практических мер для снижения их уровня. Наибольший вклад в общие гармонические искажения вносят самые мощные преобразователи частоты. В этом можно убедиться, подключая поочередно каждый преобразователь к питающей электросети и измеряя создаваемый им коэффициент гармоник;

2) от протяженности и сечения линии питания от питающего трансформатора до потребителя.

Если бы сопротивление сети относительно зажимов каждого отдельного электропотребителя было равно нулю, то искажений синусоидальности напряжения не существовало бы.

В реальности сеть для любого электропотребителя представляет собой некое эквивалентное сопротивление, включающее выходное сопротивление питающего трансформатора и распределенное сопротивление питающей линии. Условия эксплуатации нелинейного потребителя на конкретном производстве, объекте, населенном пункте и др. могут увеличить сопротивление сети и тем самым ухудшить качество электроэнергии в части гармонических искажений.

Примером электросети с увеличенным сопротивлением может служить линия электропередачи ~380 В (~220 В) в сельской местности. Провода электропитания здесь имеют большую протяженность, в результате чего увеличивается их электрическое сопротивление. Несинусоидальные токи, потребляемые нелинейным потребителем, подключенным к линии электропитания, протекая по этому сопротивлению, вызывают падение напряжения на нем тем больше, чем длиннее провода.

В результате на зажимах нелинейного электропотребителя, а также на зажимах всех остальных электропотребителей, включенных параллельно ему, появляется несинусоидальное напряжение.

Способы снижения гармонических искажений

Проектно-конструкционные решения:

– **Выделение нелинейных нагрузок на отдельную систему шин** (разделение линейных и нелинейных нагрузок).

– **Снижение полного сопротивления распределительной сети.** Это один из эффективных методов снижения нелинейных искажений. Кабели и сборные шины имеют полное сопротивление, имеющее в значительной степени индуктивный характер. Увеличение сечения кабелей (проводов) снижает активное сопро-



тивление распределительной сети, но не снижает ее индуктивность. Максимальное эффективное сечение жил кабелей (проводов) составляет приблизительно 95 мм². С дальнейшим увеличением сечения кабелей их индуктивность остается относительно постоянной. Более эффективным является использование параллельно соединенных кабелей (проводов).

– **Применение 12-пульсного выпрямителя.** Например, для снижения величины коэффициента искажения синусоидальности токов трехфазных источников бесперебойного питания (ИБП) до уровня менее 10 % используют 12-полупериодные выпрямители. Применение 12-пульсного выпрямителя позволит полностью подавить 5-ю и 7-ю гармоники в питающем токе выпрямителя.

– **Подключение нелинейной нагрузки к системе с большей мощностью короткого замыкания.** Практически это означает замену трансформатора питания на более мощный.

– **Обеспечение симметричного режима работы трехфазной системы.** Необходимо добиться, насколько это возможно, сбалансированности нагрузок по фазам. При этом обеспечивается минимальный ток в проводнике нейтрали и минимальное содержание гармоник в выходном напряжении источника бесперебойного питания (в случае его применения, например, для питания компьютера).

Применение фильтрующих устройств подавления гармоник

– **Включение линейных дросселей.** Последовательное включение линейных дросселей переменного тока (рисунок 5) является простейшим способом снижения уровня генерируемых нелинейными нагрузками высших гармоник во внешнюю сеть. Дроссель имеет малое значение индуктивного сопротивления на основной частоте 50 Гц и значительные величины сопротивлений для высших гармоник, что приводит к их ослаблению.

Линейные дроссели переменного тока

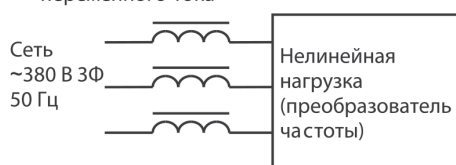


Рисунок 5 – Включение линейных дросселей

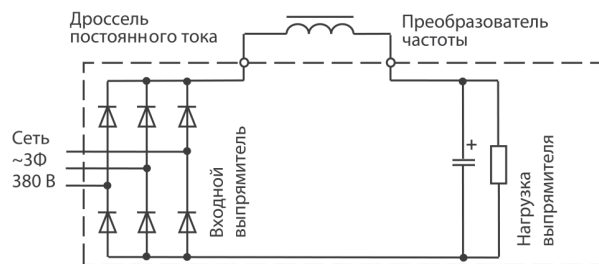


Рисунок 6 – Включение дросселя постоянного тока

Используя предыдущий пример, можно определить, что установленные двухпроцентные дроссели постоянного тока снизят уровень гармонических искажений, соответственно, до уровня:

– для ПЧ мощностью 315 кВт с 2 %-м дросселем постоянного тока – 6,3 %,

– для ПЧ мощностью 30 кВт с 2 %-м дросселем постоянного тока – 1,3 %.

Линейные дроссели переменного тока позволяют уменьшить коэффициент гармоник в несколько раз, в зависимости от соотношения мощности питающего трансформатора, мощности нагрузки и параметров дросселя. Для оценки уровня гармонических искажений можно воспользоваться средствами расчета, имеющимися в открытом доступе.

Так, при мощности питающего трансформатора 800 кВА подключенные к сети преобразователи частоты разной мощности внесут в нее разные гармонические искажения, например:

– ПЧ мощностью 315 кВт – 7,3 %,

– ПЧ мощностью 30 кВт – 2,9 %.

После установки линейных 2 % дросселей на входах ПЧ уровень гармонических искажений сети снизится и, соответственно, составит:

– для ПЧ мощностью 315 кВт с входным 2 %-м дросселем – 5,6 %,

– для ПЧ мощностью 30 кВт с входным 2 %-м дросселем – 0,8 %.

– **Включение дросселей постоянного тока в преобразователях частоты.** Дроссели постоянного тока в преобразователях частоты подключаются к специально выведенным клеммам в разрыв цепи постоянного тока (рисунок 6) – подключение может быть произведено пользователем самостоятельно. Некоторые модели преобразователей поставляются уже со встроенными дросселями постоянного тока.

Эффективность дросселей постоянного тока в части снижения гармонических искажений напряжения сети примерно такая же, как и линейных дросселей переменного тока.

– **Применение пассивных (резонансных) фильтров.** Применение последовательно включенных линейных дросселей (или дросселей постоянного тока в преобразователях частоты) в ряде случаев не позволяет уменьшить гармонические искажения до желаемых пределов. В этом случае целесообразно применение пассивных LC-фильтров, настроенных на определенную частоту гармоник (резонансных фильтров).

Для улучшения гармонического состава потребляемого тока такие фильтры нашли широкое применение, например, в системах с источниками бесперебойного питания (ИБП). Подключение фильтра на входе 6-пульсного выпрямителя при 100 % нагрузке ИБП обеспечивает снижение коэффициента искажения синусоидальности до величины 8–10 %. Значения этого коэффициента в системе без фильтра может достигать 30 % и более. На рисунке 7 приведен вариант трехфазного LC-фильтра, применяемого в трехфазных ИБП.

LC-фильтр (рисунок 7) содержит продольные индуктивности и поперечные цепи, состоящие из последовательно включенных индуктивности и емкости, которые образуют последовательный колебательный контур, настроенный на определенную гармонику.

Например, если фильтр настроен на 5-ю гармонику, то сопротивление поперечной LC-цепи на частоте 5-й гармоники близко к нулю. В результате напряжение 5-й гармоники будет близко к нулю, и 5-я гармоника в спектре гармоник напряжения будет отсутствовать.

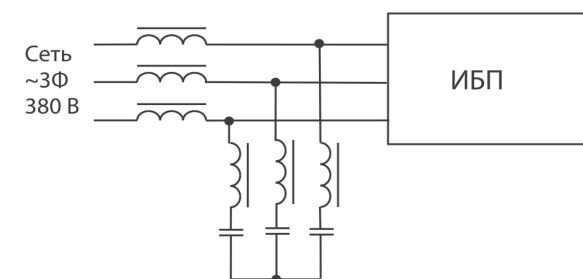
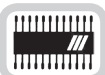


Рисунок 7 – Трехфазный LC-фильтр

Использование специальных устройств

– **Применение специальных разделительных трансформаторов.** Разделительный трансформатор с обмотками «треугольник-звезда» позволяет эффективно бороться с гармониками, кратными третьей, при сбалансированной нагрузке в трехфазной сети. Для ослабления влияния несимметрии нагрузки и уменьшения тока нейтрали дополнительно применяют «перекрестную» (зигзагообразную) систему обмоток, где вторичная обмотка каждой фазы разбита на две части и размещена на разных стержнях магнитопровода трансформатора.

Специальный К-фактор-трансформатор, будучи примененным вместо обычного трансформатора, позволяет выдерживать нагревание, вызванное высшими гармониками за счет того, что такие трансформаторы имеют дополнительную теплоемкость. Кроме того, специальная конструкция К-фактор-трансформаторов позволяет свести к минимуму потери на вихревые токи и потери из-за паразитной емкости.

– **Применение магнитных синтезаторов.** Магнитный синтезатор представляет собой устройство, получающее на вход трехфазное напряжение электросети и генерирующее на выходе стабилизированное трехфазное переменное напряжение, защищенное от высших гармоник в сети, вызывающих искажение синусоидальной формы входного напряжения, а также от провалов и выбросов электропитания, импульсных и высокочастотных помех.

Выходное напряжение магнитного синтезатора на каждом полупериоде основной частоты генерируется путем объединения шести прямоугольных импульсов от связанных между собой импульсных трансформаторов с насыщением, аналогично инверторам со ступенчатым (пошаговым) принципом управления. Принцип работы магнитного синтезатора обеспечивает точную регулировку формируемых импульсов по амплитуде и длительности. Магнитный синтезатор не содержит каких-либо силовых полупроводниковых элементов, выполняя функцию стабилизатора напряжения.

Коэффициент искажения синусоидальности выходного напряжения магнитного синтезатора не превышает 4 %, независимо от степени искажения напряжения сети на входе даже при полностью асимметричной нагрузке.

– **Применение активных фильтров гармоник (АФГ).** Другое название этих устройств – активные кондиционеры гармоник. В отличие от пассивных фильтров гармоник, которые требуют полного анализа электросети и производятся для подавления всего нескольких гармоник, активные фильтры гармоник электросети, напротив, подавляют весь спектр гармонических составляющих в сети и не

приводят к резонансу с существующим оборудованием: силовыми трансформаторами и косинусными конденсаторами.

Активный фильтр гармоник подключается параллельно нелинейной нагрузке (рисунок 8).

Принцип действия активного фильтра гармоник основан на анализе гармоник нелинейной нагрузки и генерировании в распределительную сеть таких же гармоник, но с противоположной фазой. В результате высшие гармонические составляющие нейтрализуются в точке подключения фильтра, не распространяются от нелинейной нагрузки в сеть и не искажают напряжения сети.

Активный фильтр гармоник может быть установлен в любой точке распределительной сети и способен компенсировать высшие гармоники от одной или нескольких нелинейных нагрузок.

Активный фильтр гармоник обеспечивает наилучшее подавление высших гармоник. Например, применение такого фильтра позволяет снизить коэффициент искажения синусоидальности напряжения с THD = 17 % (без фильтров) до THD = 2,5 %.

Применение активных фильтров для подавления высших гармоник однозначно необходимо в случае их большого уровня – THD > 50 %.

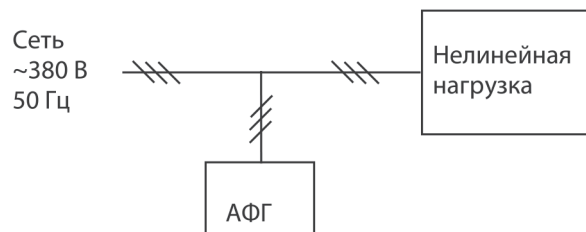


Рисунок 8 – Подключение активного фильтра гармоник

Практические действия по уменьшению гармонических искажений на предприятии (объекте эксплуатации)

Для уменьшения гармонических искажений напряжения питающей сети на предприятии (или на объекте эксплуатации, например, на насосной станции и т.п.) и приведения их к уровню, соответствующему требованиям ГОСТ 13109-97, рекомендуем следовать следующему алгоритму:

Выделить полную номенклатуру всех электропотребителей в схеме электроснабжения на предприятии (исследуемом объекте), относящихся к категории нелинейных, и определить их суммарную мощность.

Примечание. Как правило, если доля суммарной установленной мощности нелинейных потребителей в электросети не превышает 10–15 % от номинальной мощности трансформатора питания, каких-либо особенностей в эксплуатации системы электроснабжения не возникает и коэффициент искажения синусоидальности K_u не превышает допустимого уровня по ГОСТ 13109-97.

Но по мере развития предприятия производится дополнительная установка все большего количества новых нелинейных потребителей. Каждый из них привносит свой вклад в искажение синусоидальности напряжения, и общий коэффициент гармоник электросети растет.

При превышении доли суммарной мощности нелинейных потребителей 25 % могут наблюдаться влияния гармонических искажений на функционирование других электропотребителей сети и нарушение их нормальной работы.



Если обнаружены следующие признаки:

– значительные гармонические искажения напряжения питающей электросети при малой доле ($< 10 - 15\%$ от номинальной мощности сети) установленных нелинейных потребителей все же присутствуют,

– или гармонические искажения внезапно увеличились по неизвестным причинам,

– или увеличившееся количество установленных нелинейных потребителей вызвало рост гармонических искажений, то прежде, чем устанавливать дополнительные устройства для снижения коэффициента гармоник (см. выше), рекомендуется провести диагностику сети электропитания (см. ниже).

Провести диагностику сети электропитания с измерением параметров для оценки доли присутствующих в сети высших гармоник.

Примечание. Измерение коэффициента искажения синусоидальности напряжения K_U производится анализатором качества электроэнергии (например, FLuke 434, ЭРИС-КЭ.02 и др.) своими силами или сторонними организациями.

Зачастую цепи электропитания на конкретном объекте являются частью общей электросети, к которой подключены другие потребители (другие объекты), вносящие свой вклад в гармонические искажения.

1) Поэтому диагностику питающей сети на исследуемом объекте рекомендуется начинать с измерения коэффициента искажения синусоидальности ненагруженной электросети K_{U0} – при отключенных потребителях. Если коэффициент искажения синусоидальности ненагруженной сети K_{U0} имеет повышенное значение ($4-8\%$), то следует выяснить причины этого. Для этого, прежде всего, рекомендуется провести мероприятия, предусмотренные штатными регламентными работами электрослужбы предприятия, в том числе: проверить состояние питающих проводов, кабелей, клемм, переходных сопротивлений силовых соединений фазных и нейтральных проводов, качество соединений заземления корпусов электроприборов и т.д. Вполне возможно, что причиной высокого коэффициента гармоник может оказаться, например, ослабленное соединение силовых проводов.

После проведения регламентных работ необходимо заново проверить коэффициент гармоник K_{U0} ненагруженной сети.

Другой возможной причиной повышенного коэффициента гармоник может оказаться изначальная поставка электроэнергии от энергоснабжающей организации с заведомо ухудшенными параметрами.

2) Затем, последовательно подключая к сети потребителей с нелинейной нагрузкой, – измерить коэффициенты искажения синусоидальности $K_{U_{П1}}$, $K_{U_{П2}}$ и т.д. при каждом нелинейном электропотребителе П1, П2 и др., и, таким образом, определить вклад конкретного потребителя в общие гармонические искажения.

3) После этого необходимо измерить общий коэффициент искажения синусоидальности K_U при всех включенных нелинейных потребителях.

Если после выполнения диагностики сети и проведения штатных регламентных мероприятий измеренное значение общего коэффициента искажения синусоидальности напряжения K_U превышает нормально допустимый уровень, установленный в ГОСТ 13109-97 (8%), то к нелинейным потребителям, начиная с наиболее мощного, рекомендуется последовательно

подключить устройства, ослабляющие уровень высших гармоник (см. выше), – фильтры и т. п. – или выполнить изменения в конфигурации и конструкции составных частей сети.

Рекомендуемые варианты практических действий по снижению гармонических искажений (в зависимости от коэффициента гармоник ненагруженной электросети K_{U0} и вкладов каждого потребителя в гармонические искажения $K_{U_{П1}}$, $K_{U_{П2}}$ и т.д.) изложены в таблице и в примерах ниже.

Примечание. Действия, перечисленные в таблице, рекомендуется проводить только после того, как выполнены все штатные регламентные мероприятия в питающей сети, и если нет возможности для снижения коэффициента гармоник без дополнительных устройств.

Определить причину такого повышенного значения коэффициента искажения синусоидальности ненагруженной сети K_{U0} , близкого к нормально допустимому (8%). Возможно, проблема может заключаться в ослабленных соединениях силовых $6-8\%$ проводов или плохом качестве электроэнергии, поставляемой от энергоснабжающей организации.

В любом случае дальнейшее подключение дополнительных нелинейных потребителей к сети недопустимо, т.к. невозможно выполнить требования ГОСТ 13109-97.

Примеры

а) Задача. К питающему трансформатору мощностью 1000 кВА $6/0,4\text{ кВ}$ требуется подключить преобразователь частоты мощностью 315 кВт $0,4\text{ кВ}$ с входным выпрямителем, выполненным по шестиполупериодной схеме, и преобразователь частоты мощностью 37 кВт $0,4\text{ кВ}$ с таким же выпрямителем (оба ПЧ – без дросселей постоянного тока). Ненагруженная сеть имеет коэффициент гармоник $2,5\%$. Кроме того, от этого же трансформатора необходимо напрямую включать асинхронный электродвигатель мощностью 15 кВт $0,4\text{ кВ}$.

Необходимо определить, какой коэффициент гармоник будет в сети и нужны ли в данном случае устройства, уменьшающие гармонические искажения.

Трансформатор питания 1000 кВА $6/0,4\text{ кВ}$. Коэффициент искажения синусоидальности ненагруженной сети $K_{U0} = 2,5\%$.

Потребители: П1 – преобразователь частоты 315 кВт $0,4\text{ кВ}$; П2 – преобразователь частоты 37 кВт $0,4\text{ кВ}$; ПЗ – электродвигатель 15 кВт $0,4\text{ кВ}$.

Решение. Оценим, какие коэффициенты гармоник будут вносить в электросеть преобразователи частоты: 315 кВт – преобразователь частоты $K_{U_{П1}} = 7,0\%$;

37 кВт – преобразователь частоты $K_{U_{П2}} = 3,2\%$

(асинхронный электродвигатель мощностью 15 кВт считаем линейной нагрузкой).

Общий коэффициент гармоник составит:

$K_U = K_{U0} + K_{U_{П1}} + K_{U_{П2}} + K_{U_{П3}} = 2,5\% + 7,0\% + 3,2\% + 0\% = 12,7\%$, что превышает нормально допустимый уровень по ГОСТ 13109-97.

Очевидно, что для снижения коэффициента гармоник необходимо установить какие-либо фильтрующие устройства. Подключим к преобразователям частоты линейные (входные) 2% дроссели. Коэффициенты гармоник, вносимые в сеть преобразователями частоты, при этом составят:



– преобразователь частоты 315 кВт с линейным 2 %-м дросселем – $K_{U_{п1}} = 5,1 \%$;
– преобразователь частоты 37 кВт с линейным 2 %-м дросселем – $K_{U_{п2}} = 0,9 \%$.

Общий коэффициент гармоник будет равен:

$$K_U = K_{U_0} + K_{U_{п1}} + K_{U_{п2}} + K_{U_{п3}} = 2,5 \% + 5,1 \% + 0,9 \% + 0 \% = 8,5 \%$$

Полученное новое значение коэффициента гармоник (8,5 %) по-прежнему превышает нормально допустимое значение по ГОСТ 13109-97.

Установим вместо 2 %-ных дросселей линейные 4 % дроссели перед входными питающими цепями преобразователей частоты 315 кВт и 37 кВт. Теперь вносимые ими коэффициенты гармоник еще более уменьшатся и, соответственно, составят:

$$K_{U_{п1}} = 4,3 \%;$$

$$K_{U_{п2}} = 0,6 \%.$$

Общий коэффициент гармоник также уменьшится:

$$K_U = 2,5 \% + 4,3 \% + 0,6 \% + 0 \% = 7,4 \%,$$

что соответствует требованиям ГОСТ 13109-97.

б) Задача. В прокатном цехе установлены и работают несколько технологических линий, оснащенных преобразователями частоты – всего 15 преобразователей частоты по 30 кВт (в преобразователи уже встроены 2 %-е реакторы постоянного тока). Мощность питающего трансформатора – 1600 кВА. Коэффициент гармоник ненагруженной сети $K_{U_0} = 0,3 \%$. Планируется расширять производство и в этом же цехе дополнительно установить 20 преобразователей частоты по 3,7 кВт.

Определить коэффициент гармоник при работающих установленных преобразователях частоты. Насколько увеличится общий коэффициент гармоник при вводе в работу дополнительных преобразователей частоты? Нужны ли будут дополнительные фильтрующие устройства?

Трансформатор питания 1600 кВА 6/0,4 кВ. Потребители: P_1 – преобразователи частоты 15 x 30 кВт = 450 кВт; P_2 – преобразователи частоты 20 x 3,7 кВт = 74 кВт.

Решение. Определим, что общий коэффициент гармоник при работающих 15 преобразователях частоты по 30 кВт составит:

$$K_U = K_{U_0} + K_{U_{п1}} = 0,3 \% + 6,0 \% = 6,3 \%$$

Дополнительные преобразователи частоты (3,7 кВт 20 шт.) внесут в сеть коэффициент гармоник

$$K_{U_{п2}} = 4,1 \%$$

Общий коэффициент гармоник при всех установленных преобразователях частоты составит:

$$K_U = K_{U_0} + K_{U_{п1}} + K_{U_{п2}} = 0,3 \% + 6,3 \% + 4,1 \% = 10,7 \%,$$

что превышает допустимое значение по ГОСТ 13109-97.

Для снижения общего коэффициента гармоник необходимо установить дополнительные фильтры. Установим перед 30 кВт-ными и перед 3,7 кВт-ными преобразователями частоты 2 % линейные дроссели.

Новое значение коэффициента гармоник:

$$K_U = K_{U_0} + K_{U_{п1}} + K_{U_{п2}} = 0,3 \% + 5,0 \% + 1,3 \% = 6,6 \%,$$

что соответствует требованиям ГОСТ 13109-97.

в) Задача. К питающему трансформатору мощностью 160 кВА 6/0,4 кВ, от которого запитан поселок (20 частных домов), необходимо дополнительно подключить скважинный водяной насос, управляемый частотным преобразователем мощностью 5,5 кВт 0,4 кВ. Ненагруженная сеть имеет коэффициент гармоник 0,5 %.

Определить, какие гармонические искажения внесет преобразователь частоты в питающую сеть, и необходимо ли устанавливать дополнительные фильтрующие устройства.

Трансформатор питания 160 кВА 6/0,4 кВ. Коэффициент искажения синусоидальности ненагруженной сети $K_{U_0} = 0,5 \%$.

Потребители: P_1 – преобразователь частоты 5 кВт 0,4 кВ; P_2 – жилые дома 20 x 5 кВт = 100 кВт 0,4 кВ.

Решение. Считаем, что среднее потребление каждого дома составляет 5 кВт.

Определим общий коэффициент гармоник:

$$K_U = K_{U_0} + K_{U_{п1}} + K_{U_{п2}} = 0,5 \% + 1,9 \% + 0 \% = 2,4 \%,$$

что соответствует требованиям ГОСТ 13109-97. Дополнительные фильтрующие устройства не требуются.

Усложнение задачи в). После установки и подключения частотного преобразователя мощностью 5,5 кВт 0,4 кВ к электродвигателю скважинного насоса в той же электросети, с питающим трансформатором 160 кВА 6/0,4 кВ, наблюдается влияние высших гармоник на других потребителей: искажаются показания электросчетчиков в частных домах электропотребителей, подключенных в разных местах к питающей линии электропередачи 0,4 кВ на протяжении всего поселка.

Измеренное значение коэффициента гармоник на входных питающих зажимах преобразователя частоты составило 13,5 %.

Что необходимо предпринять для снижения коэффициента гармоник в электросети до уровня, допустимого ГОСТ 13109-97, и таким образом устранить влияние ра-

Таблица 1 – Действия, рекомендуемые для снижения гармонических искажений

Коэффициент гармоник ненагруженной сети K_{U_0}	Рекомендуемые действия для снижения коэффициента гармоник в нагруженной сети (при измеренном значении K_U)		
	$K_U = 8,5-10 \%$	$K_U = 11-25 \%$	$K_U \geq 30-35 \%$
2–3 %	Установить линейные дроссели и/или дроссели постоянного тока	Установить пассивные (резонансные) фильтры	Установить пассивные (резонансные) или активные фильтры гармоник (АФГ) либо выполнить мероприятия по п. 5.1 (см. выше)
4–5 %	Установить пассивные (резонансные) фильтры	Установить пассивные (резонансные) или активные фильтры гармоник (АФГ)	Установить активные фильтры гармоник (АФГ) либо выполнить мероприятия по п. 5.1 (см. выше)
6–8 %	Определить причину такого повышенного значения коэффициента искажения синусоидальности ненагруженной сети K_{U_0} , близкого к нормально допустимому (8 %). Возможно, проблема может заключаться в ослабленных соединениях силовых проводов или плохом качестве электроэнергии, поставляемой от энергоснабжающей организации. В любом случае дальнейшее подключение дополнительных нелинейных потребителей к сети недопустимо, т.к. невозможно выполнить требования ГОСТ 13109-97.		



боты преобразователя частоты на других потребителей электросети в поселке?

Решение. В приведенной выше оценке ожидаемых гармонических искажений ($K_u = 2,4 \%$) не учтено электрическое сопротивление линии электропередачи 0,4 кВ, имеющей значительную протяженность вдоль всего поселка. Электропотребители в частных домах, подключенные вдоль всей линии электропередачи, подвергаются влиянию наведенного напряжения высших гармоник на значительном сопротивлении линии (см. выше) от преобразователя частоты, включенного в эту же линию электропередачи.

Приведенные выше расчеты в примерах а) и б) показывают, что простейшие решения по снижению коэффициента гармоник – установка линейных дросселей и дросселей постоянного тока – позволят снизить значение коэффициента гармоник с 13,5 % примерно до 10–11,5 %, но не решат поставленную задачу – довести уровень гармонических искажений до требований ГОСТ 13109-97 (не более 8 %).

Поэтому в данном примере для снижения гармонических искажений, возможно, потребуется более сложное решение, например:

- прокладка отдельной линии электропередачи с увеличенным сечением проводов от питающего трансформатора до скважины, где установлен преобразователь частоты;

- или установка пассивного резонансного фильтра;
- или установка активного фильтра гармоник (АФГ);
- или одновременно с применением фильтрующих устройств установка в домах электропотребителей других моделей электросчетчиков, нечувствительных к воздействию высших гармоник.

Для выбора экономически обоснованного решения необходимо инструментальное обследование электросети поселка в части гармонических искажений, включая трансформатор питания, линию электропередачи, потребителей.

Заключение

Задача уменьшения влияния гармонических искажений электросети, возникающих при работе нелинейных потребителей, в частности преобразователей частоты, может быть решена.

Сложность и содержание выбранного решения зависят от степени вносимых преобразователями частоты гармонических искажений и их отклонений от требований ГОСТ 13109-97.

При небольшом увеличении общего коэффициента гармоник сети сверх допустимого значения ($K_u = 8,0$ – $10,0 \%$) достаточно установить перед преобразователями частоты линейные дроссели или дроссели постоянного тока (или одновременно те и другие). При этом для предварительной оценки эффективности установки фильтрующих устройств рекомендуется воспользоваться методиками расчета.

В случаях большого превышения гармонических искажений (K_u более 10,0 %) нужен более тщательный анализ гармонических искажений сети и распределения энергии высших гармоник с использованием измерителя нелинейных искажений или анализатора качества электроэнергии. Соответствующие технические реше-

ния могут быть направлены на подавление какой-то одной доминирующей высшей гармоники (например, пассивные резонансные фильтры) или же на подавление высших гармоник во всем спектре (например, активные фильтры гармоник).

В любом случае для снижения гармонических искажений рекомендуется предварительное обследование питающей электросети для определения:

- параметров источника электропитания (мощности, конфигурации питающего трансформатора и т. д.);

- характеристик подключенных нелинейных потребителей (их количества и распределения по фазам, мощности, мест подключения и т. д.);

- линий электропередачи (протяженности, сечения проводов, распределительных устройств и т. д.);

- локализации и классификации влияния гармонических искажений (кратковременные сбои или необратимые нарушения в работе приборов, воздействие на всех линейных потребителей сети или влияние только на локальном участке и т. д.);

- коэффициента нелинейных искажений ненагруженной электросети (для оценки качества электроэнергии, получаемой от энергоснабжающей организации).

Регулярно проводя штатные профилактические мероприятия в электросети предприятия и последовательно выполняя действия по установке дополнительных фильтрующих устройств, начиная с самых простых, можно добиться снижения уровня гармонических искажений в электросети при работе преобразователей частоты до уровня, допустимого по ГОСТ 13109-97.

Литература:

1. ГОСТ 13109-97 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.

2. Григорьев О., Петухов В., Соколов В., Красилов И. Высшие гармоники в сетях электроснабжения 0,4 кВ // Новости электротехники. – 2002. – № 6.

3. Климов В. П., Москалев А. Д. Проблемы высших гармоник в современных системах электропитания // Практическая силовая электроника. – 2003. – № 6.

4. Климов В. П., Москалев А. Д. Способы подавления гармоник тока в системах электропитания. – Режим доступа: www.tensy.ru.

5. Климов В., Карпиленко Ю., Смирнов В. Компенсаторы реактивной мощности и мощности искажения в системах гарантированного электропитания промышленного назначения // Силовая электроника. – 2008. – № 3.

6. Активный фильтр гармоник электросети. Компания «Матик-электро», г. Москва. www.matic.ru.

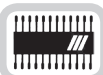
7. Harmonic Calculator. <http://www.ab.com/support/abdrives/documentation/techpapers/page8.htm>.

8. Шишкин С. Защитные антирезонансные дроссели низковольтных конденсаторных батарей // Силовая электроника. – 2007. – № 4.

9. Hazem Z. Lowpass Broadband Harmonic Filter Design. M.S., Department of Electrical and Electronics Engineering, 2005.

10. Кузьмина О. О совместной работе ИБП и ДГУ. – Режим доступа: <http://www.power-machines.ru/>.

nst.na.by
веспер.бел



ПОГРУЖНЫЕ ДАТЧИКИ КОНТРОЛЯ ПРЕДЕЛЬНОГО УРОВНЯ ЖИДКОСТИ

Закрытое акционерное общество НПК «ТЕКО» (представительство в Республике Беларусь – ЗАО НПК «ТС Автоматика») занимается созданием и производством аналогов импортных и отечественных датчиков. Кроме типовых изделий промышленной автоматики и аналогов импортных датчиков, ЗАО предлагает качественную разработку и производство нестандартной автоматики и технических устройств согласно ТУ Республики Беларусь. В материале содержится информация о датчиках для контроля сточных вод, жировых эмульсий, раздела сред.

Емкостный погружной датчик серии CSN ZG81

НПК «ТЕКО» регулярно пополняет линейку датчиков, предназначенных для контроля уровня жидкости. Вниманию покупателей в начале представим емкостный погружной датчик серии CSN ZG81.



CSN ZG81 – сигнализатор уровня зондового типа. Последовательность его использования такова: прибор погружается в резервуар (скважину) на необходимую для контроля глубину. Датчик вывешивается непосредственно на собственном усиленном кабеле. Утяжеленная конструкция самого датчика обеспечивает вертикальную вытяжку. Функция датчика (сигнализатора) – контроль предельного уровня жидкости с относительной диэлектрической проницаемостью $\epsilon \approx 80$ (вода, водные растворы, сточные воды, водно-масляные и жировые эмульсии, тосол, антифриз и др.) в металлических и неметаллических резервуарах. Он также может использоваться как датчик раздела сред: вода – масло (жир), вода – воздух. Под заказ возможно взрывобезопасное исполнение.

Особенности нового прибора:

- элементы уплотнения и герметичный кабельный ввод обеспечивают герметичность на уровне IP68. Датчик надежно функционирует в течение длительного времени даже при полном погружении в воду;
- чувствительная поверхность датчика имеет гладкую коническую форму. Это обеспечивает стекание остатков контролируемой жидкости и позволяет использовать датчик даже в вязких средах;
- задержка переключения исключает ложное срабатывание при колебании жидкости;

Область применения датчика уровня CSN ZG81:

- резервуары систем пожаротушения;

- водонапорные башни;
- системы водозабора питьевой воды;
- установки по очистке ливневых вод;
- емкости городских очистных сооружений;
- установки опреснения воды;
- скважины (защита насоса от сухого хода);
- септики;
- колодцы кабельной связи
- жируловители;
- нефтеуловители.

Для управления и оповещений о срабатывании возможно подключение датчиков к сигнализатору уровня СУ1-Р1Щ или к релейному модулю MR0-24.

Оптический датчик с высоким световым резервом

Оптический щелевой выключатель OU N31P5-31P-24-LZ предназначен для обнаружения непрозрачных объектов и позиционирования механизмов в сложных условиях, в частности, если присутствуют пыль, дым и пар, а также в редко обслуживаемых установках и помещениях. Типовое применение – позиционирование кабины в шахте лифта, а также контроль положения дверей кабины. Принцип действия таков: датчик имеет излучатель и приемник инфракрасного спектра, встроенные в корпус и расположенные друг против друга. Контролируемый объект прерывает оптическое излучение и вызывает изменение выходного сигнала датчика. Выключатель OU N31P5-31P-24-LZ взаимозаменяем с выключателем GLS 126 NT производства «CEDES», который применяется в лифтах производства Otis, Kone и др.

Датчик влажности и температуры

Датчики SHT Z51P5 созданы для измерения относительной влажности и температуры в помещениях типа:

- животноводческих ферм, птичников, индюшатников;
- зернохранилищ, грибных хозяйств, овощных и цветочных теплиц;



- музеев, библиотек, подвалов домов, складов стройматериалов;
- контейнеров и фур с мебелью, обувью, семенами, пищевыми продуктами;
- систем контроля микроклимата офисов, больниц и чистых помещений;
- котловых систем, систем отопления, бань, бассейнов.

Чувствительный элемент датчика защищен от повреждения и засорения съемным фильтром. При дезинфекции помещения он прикрыт специальным колпачком. Указанные датчики являются аналогами DOL 14, DOL 14HQ, DOL 114.

Программируемый емкостный датчик

Датчик емкостный бесконтактный CSN E41P5-02-10-L предназначен для контроля уровня диэлектрических и электропроводящих сред (твердых, сыпучих, жидких) в емкостях, как в контакте со средой, так и через диэлектрическую стенку емкости. Эти датчики широко применяются, к примеру, на птицефабриках для контроля уровня комбикорма в бункерах и в кормушках линии кормораздачи. Датчик не требует блока питания, поскольку может быть запитан от сети 220 В AC и подключается по двухпроводной схеме последовательно с нагрузкой. Регулировка чувствительности позволяет настраивать расстояние срабатывания датчика на различные материалы.

Датчики для контроля поворотной запорно-регулирующей арматуры

Для контроля привода поворотного клапана или задвижки компания «ТЕКО» разработала и запустила в производство датчики положения поворотных задвижек ISN IC18P и ISN IT18P. Приборы оснащены индикацией срабатывания и созданы не только в общепромышленном исполнении, но и во взрывобезопасном, с разъемом (ISN IC18P) и клеммником (ISN IT18P). Под заказ доступно исполнение с кабелем или фитингом. Датчиками ISN IC18P и ISN IT18P вы можете заменить:

- датчики IFM: IND3007DBPKG, IND3004DBPKG, IND2004DARKG, IND3004UBPKG, IND2004DN/BS, IND2004DN/US, IND2004DN/10M/1D/1G/2G, IND2004DN/1D/1G/2G;
- датчики TURCK: NI4-DSU35TC, NI4-DSU35, NI4-DSC26.

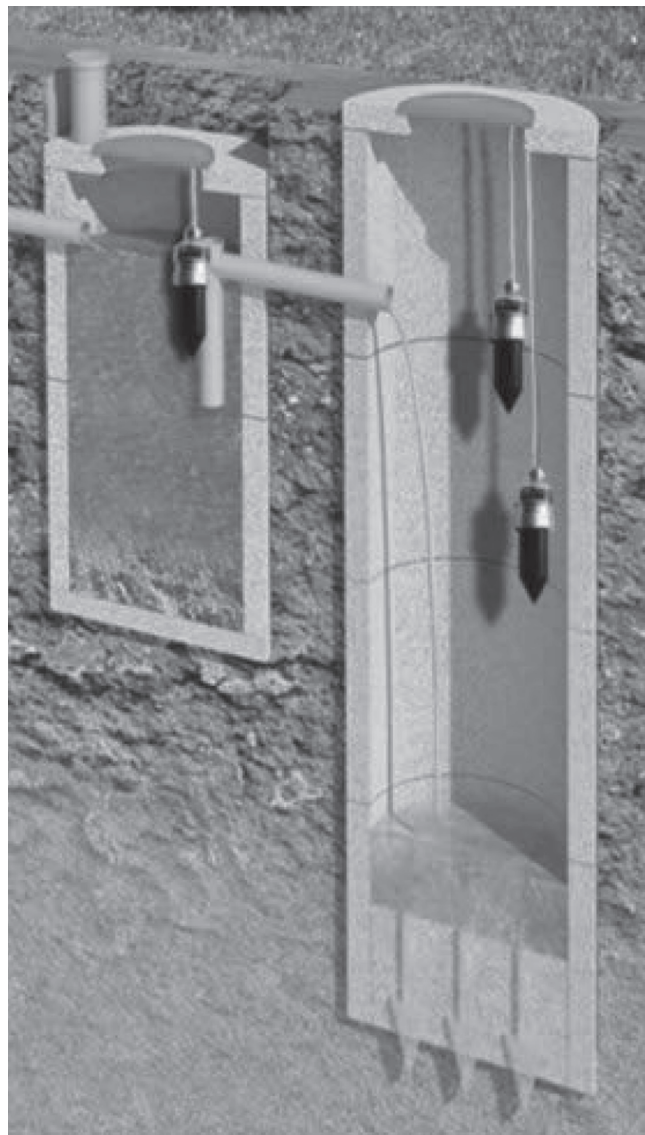
Стойкий к агрессивным жидкостям и растворителям датчик уровня

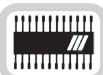
Взрывозащищенный магниточувствительный датчик MS DUG2S-N-C-0,3 служит для контроля уровня жидкостей в емкостях. Допускается к использованию в

контакте с агрессивными и легковоспламеняющимися жидкостями, такими, как ацетон, скипидар, керосин, кислоты, щелочи, хлориды, технологические жидкости. Датчик обеспечивает замыкание контактов при снижении уровня жидкости. Прибор предназначен для работы в шахтах и рудниках, а также во взрывоопасных условиях в наземных объектах, используется в оборудовании группы II и имеет маркировку взрывозащиты (PO Ex ia ma I Ma X/ 0Ex ia ma IIC T6 Ga X). Может комплектоваться барьером искрозащиты «ТЕКО».

Оптический датчик для работы с прозрачными материалами

Оптический датчик OPR AC81A-43P-R1000-LZS4 с поляризованным излучением предназначен для контроля объектов, которые стандартный оптический датчик с трудом или вообще не выявляет. С помощью поляризованного оптического датчика можно про-





изводить обнаружение и подсчет полупрозрачных и прозрачных объектов, объектов с блестящей поверхностью:

- пластиковые или стеклянные предметы;
- металлические предметы;
- проверка упаковочных материалов на предмет разрывов.

Бесконтактный выключатель эффективен также в условиях, когда требуется контроль близко расположенных к источнику излучения объектов.

Датчик-реле температуры

Датчики-реле температуры ТТ ZG71P8-94U-01-P-C-0,9 служат для контроля и управления системами поддержания температуры. Преимущественным отличием датчиков-реле температуры является высокая точность реагирования и стабильность срабатываний. В температурном диапазоне от минус 55°C до минус 35°C типовая ошибка составляет +1°, -2°. В диапазоне от минус 35°C до плюс 125°C - ±1°. Температурные пороги могут быть установлены любыми (в рабочем диапазоне температур), исходя из потребностей заказчика для решения конкретной задачи. Пороги

срабатывания задаются на этапе производства датчика и не меняются в процессе эксплуатации. Задача поддержания температуры в нужном диапазоне востребована в коммунальном хозяйстве, в химической, пищевой промышленности, в железнодорожной отрасли. Аналоги датчиков-реле температуры – TO1-NO/NC-R, ЖЛТК.468213.002.

Датчики уровня для сильно загрязненных жидкостей

Датчики серии DUT E47S8 — новая серия устройств для контроля уровня жидкости. Принцип действия датчика основан на различии теплопроводности воздушной и жидкой среды. В воздушной среде температура чувствительного элемента максимальна, а при погружении в жидкость — снижается. Такой принцип позволяет игнорировать посторонние частицы на чувствительном элементе датчика и исключить ложные срабатывания. Решена проблема налипания, что выгодно отличает новую серию датчиков от емкостных и поплавковых бесконтактных выключателей. Датчики DUT востребованы в системах автоматизации биотуалетов, септиков, при производстве моющих средств, контроле уровня сиропов, безалкогольных напитков, а также в химическом производстве.

Датчики угла наклона

Датчик угла наклона NI I82P-4P32-P-C (инклинометр) предназначен для высокоточного измерения угла наклона различных объектов по двум независимым осям относительно вектора силы тяжести. Инклинометр может применяться как автономно, так и в составе систем автоматической стабилизации положения промышленного оборудования. В частности, датчик угла наклона может применяться для контроля положения:

- стрелы автокрана или башенного крана;
- отвала снегоуборочной машины;
- ковша экскаватора;
- заслонок и люков.

Датчики угла наклона просты в установке. Корпус датчиков разработан для крепления на наружной поверхности устройств и механизмов, имеет степень защиты от внешних факторов IP67 и способен выдерживать значительные вибрационные нагрузки. Инклинометры работоспособны в широком температурном диапазоне от -40°C до + 55°C, что позволяет применять его как в условиях Крайнего севера, так и в южных широтах. На данный момент популярны следующие модификации: NI I82P-4P12-P-C, NU I82P-41P12-T-C.

teko.by



**ЗАО «Финансово-аналитическое
агентство «Эф энд Ка» –
эффективная и качественная
поддержка ваших достижений**

Услуги на основе аутсорсинга:

- ведение, постановка бухгалтерского и налогового учета;
- восстановление бухгалтерского учета;
- бухгалтерское обслуживание, сопровождение;
- налоговое планирование, оптимизация;
- управленческий учет;
- расчет зарплат;
- предоставление статистической отчетности;
- разработка и внедрение иных локальных нормативных правовых актов.

Стоимость услуг определяется исходя из:

- объема документооборота;
- системы налогообложения;
- видов деятельности;
- количества сотрудников.

**Стоимость наших услуг в полном объеме
учитывается в составе затрат и уменьшает
налогооблагаемую прибыль вашего предприятия**

Контактная информация:

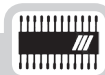
+ 375 17 388 44 70

buh@afk-m.com

220015, Республика Беларусь,

г. Минск, ул. Пономаренко, д. 35 А, пом. 302, каб. 47

УНП 192263557



MICROCHIP АНОНСИРУЕТ НОВОЕ ПОКОЛЕНИЕ РЕШЕНИЙ BLUETOOTH® LOW ENERGY С ПРОСТЫМ В ИСПОЛЬЗОВАНИИ ИНТЕРФЕЙСОМ И ВОЗМОЖНОСТЯМИ СОЗДАНИЯ СЦЕНАРИЕВ

Ключевые особенности:

- модули RN4870 и RN4871 поддерживают последний стандарт Bluetooth 4.2;
- встроенный стек Bluetooth с обработчиком сценариев позволяет работать в автономном режиме;
- пропускная способность по сравнению с модулями предыдущего поколения увеличена до 2,5 раз;
- защищенное соединение FIPS поддерживает различные Beacon-форматы;
- экранированные версии сертифицированы и отвечают требованиям мировых стандартов.

Microchip анонсирует новое поколение решений Bluetooth® Low Energy с простым в использовании интерфейсом типа ASCII-команд, это упрощает конфигурацию и уменьшает сложность компиляции кода. Модули RN4870 и RN4871 поддерживают последнюю спецификацию Bluetooth 4.2 и стек Bluetooth с обработчиком сценариев, что позволяет работать в автономном режиме и не использовать микроконтроллер (МК) в простых приложениях. Новое поколение модулей ускорит вывод изделия на рынок и снизит общую себестоимость.



Пропускная способность RN4870 и RN4871 увеличена до 2,5 раз по сравнению с модулями предыдущего поколения, базирующихся на стандарте Bluetooth 4.0. В новых модулях, помимо расширенных возможностей, предусмотрено защищенное соединение, соответствующее требованиям Federal Information Processing Standards (FIPS). Модули упрощают передачу последовательных данных через устройства BLE и могут поддерживать раз-

личные форматы, такие как iBeacon™ или Eddystone™ с помощью одной команды. Оба модуля могут производиться в экранированном исполнении. В этом случае они отвечают всем мировым стандартам и сертифицированы. Модули производятся в компактном корпусе размером вплоть до 6×8 мм, что в сочетании с удобным интерфейсом Microchip поможет ускорить выход изделия на рынок.

Оба модуля имеют встроенный программный стек и могут работать в паре с любым МК Microchip с низким энергопотреблением или с интерфейсом UART. Модули RN4870 и RN4871 дополняют продукты Microchip с низким энергопотреблением и могут использоваться в интернете вещей IoT.

Экранированные модули RN4870-V/RM118 с антенной на плате доступны для приобретения опытных образцов и для серийного производства, размер модуля 12×22 мм. Неэкранированные модули RN4870U-V/RM118 с внешней антенной доступны для приобретения опытных образцов и для серийного производства, размер модуля 12×15 мм.

Экранированные модули RN4871-V/RM118 с антенной на плате доступны для приобретения опытных образцов, размер модуля 9×11,5 мм. Неэкранированные модули RN4871U-V/RM118 с внешней антенной доступны для приобретения опытных образцов, размер модуля 6×8 мм.

Также доступна дочерняя плата от Microchip RN4870 Bluetooth 4.2 Low-Energy PICtail™/PICtail Plus Daughterboard с датчиком на плате (RN-4870-SNSR). Эту плату уже можно приобрести.

Модулями RN4870 и RN4871 будут поддерживаться расширенные интерфейсы с платой PIC18 Explorer Board (DM183032), с платой Explorer 16 Board (DM240001/2) и платой PIC32 Expansion Board (DM320002).

microchip.com



ТУП «АЛФАЧИП ЛИМИТЕД»

Официальный представитель мировых производителей



MICROCHIP



ANALOG DEVICES



Hittite

SICK

Honeywell

LED life

NEW LIGHT FOR LIFE

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

УНП 192525135



ДВУХСЛОЙНЫЙ ГРАФЕН – ОСНОВА ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ТУННЕЛЬНЫХ ТРАНЗИСТОРОВ НОВОГО ТИПА

Исследователи из Московского физико-технического института (МФТИ) разработали структуру нового туннельного транзистора, основу которой составляют два слоя графена, формы углерода, кристаллическая решетка которого имеет одноатомную толщину. Произведенные учеными расчеты математических моделей показывают, что новые транзисторы имеют высокую эффективность с точки зрения расходуемой энергии и могут обеспечить работу на тактовых частотах, превышающих тактовые частоты используемых в современных микропроцессорах транзисторов на один-два порядка величины.

Потребляя меньше энергии, электронные компоненты нагреваются меньше и они в состоянии работать на более высоких тактовых частотах. Не в один гигагерц, а на десятки или даже ста гигагерцах.

Туннельные транзисторы, транзисторы, работающие за счет эффекта квантового туннелирования электронов, считаются одними из главных кандидатов на замену обычным транзисторам, которые работают за счет электронных барьеров, блокирующих прохождение электронов через канал транзистора. Основная проблема с обычными транзисторами заключается в том, что при попытках дальнейшего уменьшения их габаритных размеров эти барьеры получаются настолько узкими, что электроны без помех проходят сквозь них за счет другого явления – квантового туннелирования.

Туннельные транзисторы всегда работают только за счет явления туннелирования, а управление работой такого транзистора заключается в изменении вероятности того, что электрон успешно «перескочит» с одного электрода устройства на другой. Создавая но-

вые транзисторы, ученые из МФТИ разработали специализированную математическую модель туннельного перехода, состоящего из двух слоев графена. Этот материал был выбран из-за того, что характеристики его валентной зоны и зоны проводимости имеют уникальную форму, коренным образом отличающуюся от формы этих характеристик всех полупроводниковых материалов.

Моделирование показало, что электроны, сгруппировавшиеся «на краях» характеристик графена, под воздействием небольшого электрического потенциала, приложенного к управляющему электроду транзистора, совершают «массовый» туннельный переход, вызывая резкое увеличение тока через транзистор. Именно это резкое увеличение при низком управляющем напряжении определяет высокое быстродействие и эффективность новых транзисторов.

Следующим шагом будет изготовление опытного образца полевого (FET) туннельного транзистора, измерение его основных параметров и сравнение экспериментальных данных с данными, полученными в результате расчетов математической модели.

Ученые из МФТИ уже владеют технологией выращивания двойного слоя графена на основании из нитрида бора и технологией создания 10-нм промежутков между металлическими электродами транзистора. Тем не менее, для изготовления первых опытных образцов новых транзисторов им придется решить ряд проблем технического плана. И еще большее количество проблем им надо будет решить прежде, чем такие транзисторы пойдут в массовое производство.

dailytechinfo.org

МОДИФИЦИРОВАННЫЕ БАКТЕРИИ МОГУТ СТАТЬ ПРОИЗВОДИТЕЛЯМИ НАНОЭЛЕКТРОНИКИ

Если человеку ввести вещество под названием триптофан, то он почувствует сонливость и быстро заснет. Но если дать это же самое вещество бактериям, специально модифицированным на генетическом уровне специалистами из Массачусетского университета в Амхерсте (University of Massachusetts Amherst), то они начнут производить крошечные электрические проводники, которые однажды смогут стать элементами не менее крошечных нанoeлектронных схем.

Около пятнадцати лет назад ученые заметили, что бактерии вида *Geobacter*, которые живут в почве, под влиянием некоторых факторов начинают производить белковые нанонити, богатые железосодержащими веществами. Из-за такого состава эти нити являются электрическими проводниками, пусть и имеющими достаточно высокое электрическое сопротивление.

Ученые вырастили особый штамм бактерий *Geobacter*, в клетках которых содержался триптофан в достаточно высокой концентрации. Это вещество, молекулы которого способны транспортировать электроны, будучи включенным в белковые цепочки, существенно увеличило электрическую проводимость материала, производимого бактериями.

При наличии достаточного количества триптофана бактерии *Geobacter* производят нанопроводники, удельная электрическая проводимость которых была

в 2 тысячи раз выше, нежели у нанопроводников, произведенных не модифицированными бактериями. Каждый нанопроводник имеет диаметр около 1,5 нанометров, и это в 60 тысяч раз тоньше человеческого волоса.

Для получения нанопроводников со схожими размерами и электрическими параметрами требуются сложные технологические процессы, в которых используются весьма и весьма токсичные материалы. Новый биологический способ изготовления нанопроводников является экологически чистым и не наносит окружающей среде ни малейшего урона. Для удовлетворения растущих потребностей радиоэлектронной промышленности требуются более современные источники материалов высокой чистоты. Модифицированные бактерии имеют большой шанс выступить в роли таких источников.

Если ученым удастся разработать технологию, позволяющую использовать на практике нанопроводники, созданные модифицированными бактериями, из этих нанопроводников можно будет изготавливать электрические проводники, транзисторы, конденсаторы и прочие компоненты электронных схем, вычислительных устройств, солнечных батарей и датчиков. При этом вся электроника такого типа будет полностью биологически совместима и ее можно будет использовать в устройствах медицинского назначения.

dailytechinfo.org



ОПТИМАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ БЕСПРОВОДНОЙ СЕТЕВОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ В УЧРЕЖДЕНИЯХ ОБРАЗОВАНИЯ

УДК 004.725

В.П. Кочин, БГУ, г. Минск

Аннотация

В статье описаны основные этапы проектирования беспроводных сетей учреждений образования. Дается описание особенностей построения Wi-Fi инфраструктуры учреждений образования. Приведен пример построения участка беспроводной сети БГУ.

Введение

В XXI веке информационно-коммуникационные технологии стали важнейшим фактором, определяющим развитие общества. Информатизация государственного управления, экономической и социальной сфер, общественной и индивидуальной жизни граждан является необходимым условием для вхождения в современную цивилизацию. Успешность на этом пути в первую очередь зависит от интеллектуального потенциала нации, от качества национальной системы образования, ее способности эффективно функционировать в условиях информационного общества и удовлетворять его потребностям [1].

Информатизация системы образования является существенным условием ее реформирования, модернизации, и рассматривается как одна из наиболее важных стратегических проблем развития информационного общества как в Республике Беларусь, так и во многих других странах мирового сообщества [2]. Внедрение в учреждениях образования современных информационных технологий предполагает развертывание и использование ими корпоративных информационно-телекоммуникационных систем (далее – КИТС) как проводных, так и беспроводных.

Этапы проектирования беспроводной сетевой инфраструктуры в учреждениях образования

В последнее время при создании и развитии научно-образовательных КИТС широко применяются беспроводные технологии. Эти технологии позволяют эффективно использовать в учебном процессе мобильные устройства обучаемых и педагогических работников, обеспечивать внедрение электронных образовательных услуг. Проблема проектирования беспроводной инфраструктуры КИТС является частным случаем общей задачи проектирования КИТС, имеющей своей целью получение эффективно работающей системы с требуемым уровнем качества предоставляемых услуг.

При решении задач оптимизации и проектирования КИТС на основе беспроводных технологий

следует учитывать особенности их использования в учреждениях образования. Во-первых, – это неравномерное распределение пользователей. При использовании в учебном процессе беспроводных устройств студентов и сотрудников необходимо обеспечить одновременное подключение всех пользователей. При этом количество одновременно подключенных пользователей для различных аудиторий и кабинетов неодинаково. Во-вторых, места размещения и излучаемый уровень сигнала точек доступа Wi-Fi в учреждениях образования должны соответствовать установленным санитарным нормам и правилам.

Различные подходы к проектированию беспроводной инфраструктуры КИТС разрабатываются с конца 90-х годов. Предложенные в это время варианты, в основном, были основаны на экспертных оценках и заключались в выборе мест установки точек доступа путем опроса экспертов. Далее с помощью измерительных приборов оценивалась зона покрытия и на основе полученных данных проводилась корректировка расположения точек доступа.

При проектировании беспроводной инфраструктуры корпоративных информационно-телекоммуникационных систем главным вопросом является выбор оптимального решения. В связи с этим встает вопрос о выборе количественных критериев оптимальности функционирования компьютерных сетей. В качестве таких критериев можно выделить:

- Стоимость;
- Безопасность;
- Пропускная способность;
- Качество предоставляемых услуг.

Рассматривая КИТС как совокупность подсетей с различными технологиями построения, объединенных магистральной сетью, к основным признакам следует добавить критерии оптимальности, которые учитывают специфику построения различных подсетей. Например, для беспроводных подсетей можно добавить следующие критерии:

- Величина зоны покрытия;
- Максимальное количество одновременно подключаемых пользователей;
- Размер зон бесшовного роуминга.

Существенной проблемой проектирования беспроводной сети является построение модели распространения радиоволн в помещениях.

При разработке модели распространения радиоволн необходимо учитывать следующие факторы:



- Радиосигнал ослабляется с расстоянием и при прохождении препятствий;
- Радиоволны отражаются от препятствий, в результате чего интерференция волн в точке приема может привести к замиранию сигнала;
- Сигнал искажается помехами от различных электрических устройств;
- Препятствия и приемник радиосигнала могут находиться как в ближней, так и в дальней зоне излучения.

Таким образом, точный расчет ослабления в конкретной точке помещения является трудно-выполнимой задачей. Так, некоторые исследователи ослабление радиоволны при прохождении через стены принимали за константу и брали ее из табличных данных. В некоторых работах ослабление сигнала измерялось экспериментально специализированным прибором.

Следующей проблемой проектирования беспроводной сети является рост вычислительной сложности задач оптимизации при увеличении размеров инфраструктуры Wi-Fi. Одним из способов преодоления этой трудности является возможность распараллеливания вычислительных процессов.

При проектировании беспроводной инфраструктуры КИТС одной из главных задач является выбор численных методов оптимизации. При этом необходимо учитывать, что задача проектирования беспроводной инфраструктуры КИТС является многокритериальной задачей оптимизации, решение которой предполагает наличие множества альтернатив, оптимальных по принципу Парето. Окончательный выбор решения из этого множества производится путем свертки векторных критериев оптимальности или введения дополнительного критерия. Для оптимизации беспроводной инфраструктуры КИТС целесообразно использовать генетические алгоритмы, позволяющие учесть многокритериальную специфику задачи, вести одновременный поиск в различных областях пространства решений для предотвращения сходимости к локальному экстремуму и эффективно распараллеливать вычислительный процесс [3].

В результате проведенного анализа для оптимизации беспроводных сетей учреждений образования целесообразно использовать следующие критерии: пропускная способность, величина зоны покрытия и количество одновременно подключаемых пользователей. Методика оптимального проектирования беспроводных сетей, ориентированная на учреждения образования, должна учитывать неравномерность территориального распределения большого числа пользователей, ограничения на уровень сигнала и допустимые места размещения точек доступа, установленные действующими санитарными нормами и правилами. При этом варьируемыми параметрами являются координаты и уровень сигнала точек доступа Wi-Fi.

Таким образом, задача оптимизации беспроводной инфраструктуры научно-образова-

тельных корпоративных информационно-телекоммуникационных систем должна включать в себя: разработку требований к беспроводной инфраструктуре КИТС, разработку критериев функционирования беспроводной инфраструктуры КИТС, разработку методики оптимизации, разработку численных методов оптимизации, разработку программных средств оптимизации, численный расчет и получение множества решений, оптимальных по принципу Парето, выбор окончательного решения на основе дополнительного критерия. На каждом из этапов может возникнуть необходимость возврата к предыдущим для уточнения сделанных ранее допущений. Основные этапы решения задачи оптимизации беспроводной инфраструктуры научно-образовательных корпоративных информационно-телекоммуникационных систем показаны на рисунке 1.

Программный комплекс оптимизации размещения точек доступа Wi-Fi

Основные подходы, которые использовались автором для реализации программного комплекса, рассмотрены в работах [4-7]. Выбранные в качестве оптимизационно-поисковой процедуры генетические алгоритмы требуют многократного вычисления целевых критериев для множества индивидов популяции [4].

Программный комплекс размещения беспроводных точек доступа корпоративной информационно-телекоммуникационной системы состоит из шести модулей:

- модуль задания стен и их характеристик;
- модуль задания помещений;
- модуль размещения пользователей по комнате;
- модуль генерации начальной популяции;
- модуль подключения пользователей к точкам доступа;
- модуль выбора лучших особей.

Первых два модуля являются предварительными и служат для формирования входных данных программного комплекса.

Программный комплекс оптимизации размещения точек доступа Wi-Fi внутри локальных подсетей позволяет организовать вычисления как на суперкомпьютерных кластерных вычислительных системах, так и в сети персональных компьютеров и не предполагает априорного наличия на вычислительных узлах необходимого системного и прикладного программного обеспечения.

Апробация программных средств оптимизации беспроводной инфраструктуры научно-образовательных КИТС проводилась в процессе проектирования участка беспроводной сети Белорусского государственного университета. Результатом работы программного комплекса является схема размещения точек доступа Wi-Fi, как показано на рисунке 2.

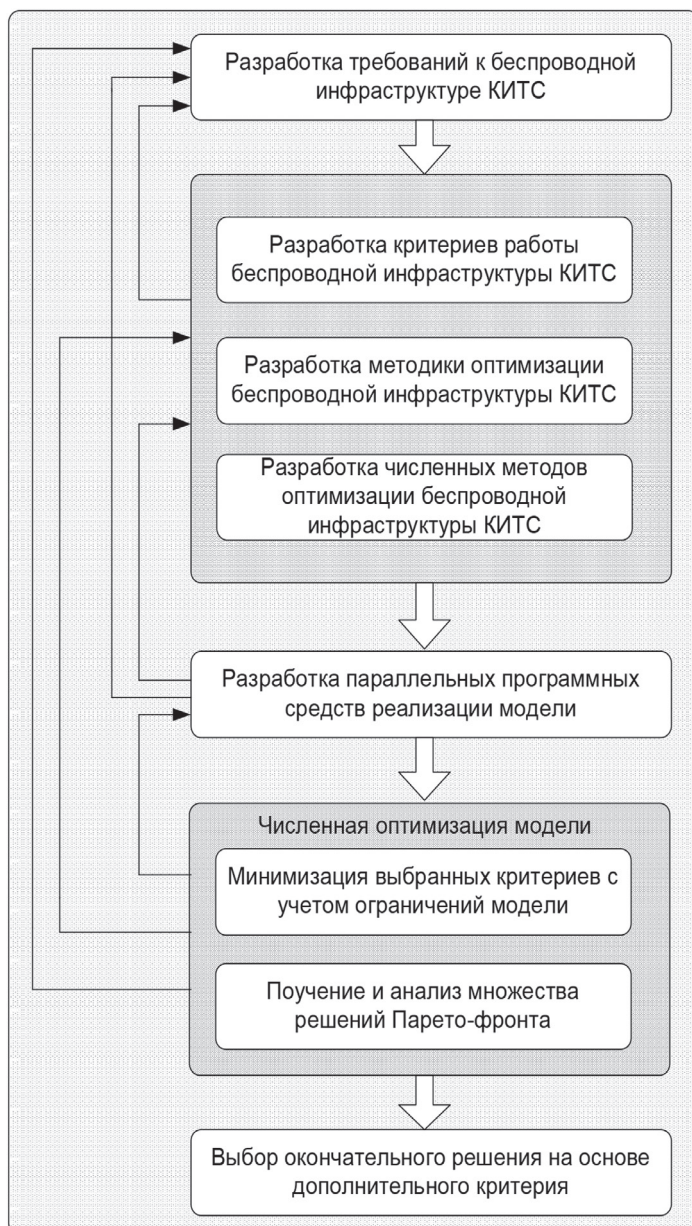


Рисунок 1 – Структура задачи оптимизации беспроводных КИТС

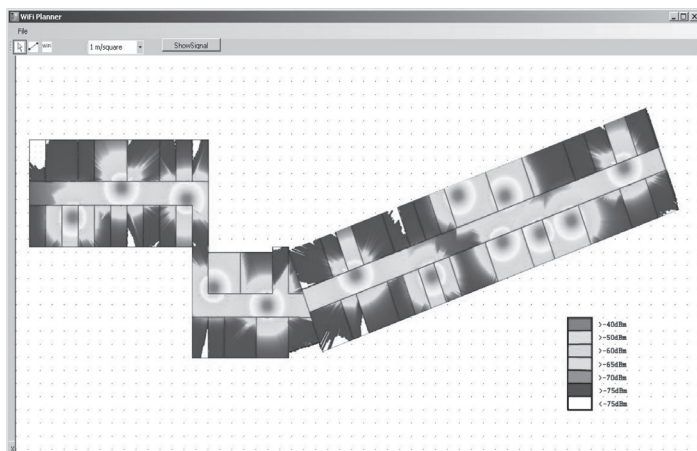


Рисунок 2 – Результат работы программного комплекса

Заключение

Задача оптимизации беспроводной инфраструктуры научно-образовательных корпоративных информационно-телекоммуникационных систем должна включать в себя: разработку требований к беспроводной инфраструктуре КИТС, разработку критериев функционирования беспроводной инфраструктуры КИТС, разработку методики оптимизации, разработку численных методов оптимизации, разработку программных средств оптимизации, численный расчет и получение множества решений, оптимальных по принципу Парето, выбор окончательного решения на основе дополнительного критерия. На каждом из этапов может возникнуть необходимость возврата к предыдущим для уточнения сделанных ранее допущений.

Литература:

1. Листопад, Н. И. Электронные средства обучения: состояние, проблемы и перспективы / Н.И. Листопад, Ю.И. Воротницкий // Высшая школа. – 2008. – № 6. – С. 6-14.
2. Стратегия развития информационного общества в Республике Беларусь на период до 2015 года: утверждена Постановлением Совета Министров Республики Беларусь 09.08.2010 № 1174 // Национальный правовой портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – 2012. – Режим доступа: <http://www.pravo.by/webnpa/text.asp?RN=C21001174>. – Дата доступа: 10.04.2016.
3. Кочин, В.П. Методы проектирования корпоративных информационно-телекоммуникационных систем, использующих беспроводные технологии. / В.П. Кочин // Электроника инфо. – 2014. – № 12 (114). – С. 15 – 26.
4. Воротницкий, Ю.И. Генетический алгоритм для оптимизации структуры беспроводной сети с заданным качеством обслуживания. / Ю.И. Воротницкий, В.П. Кочин, Д.А. Стрикелев // Информатика. – 2014. – № 2. – С. 115 – 121.
5. Воротницкий, Ю.И. Оценка пропускной способности информационного канала беспроводной связи с заданной мощностью сигнала. / Ю.И. Воротницкий, В.П. Кочин, Д.А. Стрикелев // Информатизация образования. – 2013. – № 3. – С. 26 – 33.
6. Кочин, В.П. Быстрая оценка мощности Wi-Fi-сигнала при прохождении препятствий в пределах здания. / В.П. Кочин, Ю.И. Воротницкий, Д.А. Стрикелев // Вестник БГУ. Серия 1. – 2013. – №1 – С. 45-50.
7. Кочин, В.П. Модель трансляции качества сервиса при передаче мультимедийных данных через беспроводные сети / В.П. Кочин // Электроника инфо. – 2014. – № 7. – С. 44-46.

Abstract

The article describes the main stages of the design of wireless networks of educational institutions. A description of features of the construction of Wi-Fi infrastructure of educational institutions. An example of the construction site of BSU wireless network.

Поступила в редакцию 6.07.2016 г.



ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ELLIPS ДЛЯ РЕШЕНИЯ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ ЭЛЛИПСОМЕТРИИ

УДК 535.3; 535.5; 535.015

Д.С. Белявский¹, А.В. Леонтьев¹, Ю.А. Леонтьев¹, Н.А. Крекотень²¹Беларусь, Белорусский государственный университет,²ОАО «ИНТЕГРАЛ», филиал «Белмикросистемы»

Аннотация

Целью настоящей работы являлось создание и тестирование программного обеспечения для решения обратной задачи лазерной эллипсометрии. Программа ELLIPS написана на языке программирования Borland Delphi и содержит пополняемую пользователем базу данных оптических констант основных материалов электронной техники.

Введение

Развитие современной микро- и нанoeлектроники во многом определяется разработкой новых материалов, обладающих уникальными электрофизическими, оптическими, сегнетоэлектрическими и другими свойствами. Для проблем, стоящих перед интегральной оптикой и оптоэлектроникой, определяющими являются оптические свойства материалов.

Основу способов определения оптических свойств диэлектрических пленочных покрытий составляют явления отражения, пропускания, поглощения, а также интерференции и поляризации в тонких пленках, которые находят практическую реализацию в двух методах измерений: спектрофотометрическом и эллипсометрическом. Эти методы обеспечивают возможность прецизионного, неразрушающего контроля оптической толщины и показателя преломления пленок, а также дают возможность оценить их однородность, потери на поглощение и другие свойства, присущие используемым в микроэлектронике пленкам [1-2]. Наиболее высокими метрологическими параметрами характеризуется метод лазерной эллипсометрии, широко используемый в микроэлектронике [3]. Для применения названного метода на практике необходимо иметь программное обеспечение, позволяющее решать прямую и обратную задачу эллипсометрии [3-4]. На текущий момент в Интернете представлены только демоверсии такого программного обеспечения [5].

Цель настоящей работы – разработка и тестирование быстродействующего программного обеспечения с интуитивно-понятным интерфейсом для решения обратной задачи эллипсометрии.

Программа ELLIPS для решения обратной задачи эллипсометрии

Основное уравнение эллипсометрии, связывающее между собой эллипсометрические параметры дельта (Δ) и пси (Ψ) и комплексные значения коэффициентов отражения по амплитуде R_p и R_s для p - и s -поляризованного света записывается в виде [6]:

$$\operatorname{tg} \varphi e^{i\Delta} = \rho = R_p/R_s. \quad (1)$$

По определенным из экспериментальных значений углов гашения поляризатора и анализатора величинам Δ и Ψ при решении обратной задачи эллипсометрии на основе выбранной модели рассчитываются оптические параметры (n, k) анализируемого образца. Для решения обратной задачи эллипсометрии использован подход, описанный в [7-8]. Для расчета оптических констант для однослойных тонкопленочных систем (SiO_2 -Si, Si_3N_4 -Si и др.), представляющих собой плоскопараллельные прозрачные пленки на поглощающей подложке, применялся метод, предложенный в [4], обеспечивающий быструю сходимость и хорошую точность.

Для решения обратной задачи эллипсометрии на языке программирования Borland Delphi была разработана программа ELLIPS, позволяющая при проведении многоугловых эллипсометрических измерениях одновременно определять основные параметры исследуемых образцов, такие как величины показателя преломления n , коэффициента экстинкции k и толщины d тонкопленочного покрытия. Следует отметить, что функциональные возможности выбранного языка программирования, использованного при написании данной программы, достаточны для реализации описанного ранее метода, что в первую очередь сказывается на быстродействии, стабильности и точности работы программы.

Широкий функционал разработанной программы предоставляет пользователю следующие возможности, которые в значительной степени выделяют ее среди ряда аналогичных программ:

- решение обратной задачи эллипсометрии для определения оптических констант (n, k) и толщины тонких диэлектрических и полупроводниковых пленок;
- пересчет измеренных значений углов (в градусах) поляризатора и анализатора (в системе с фиксированным компенсатором), в значения Ψ и Δ при усреднении по 1, 2, 3 или 4 эллипсометрическим зонам;
- формирование удобного, доступного для редактирования отчета о результатах произведенных вычислений, а также возможность экспортирования полученного отчета в документ формата txt, для дальнейшей работы с ним;
- наличие базы данных материалов электронной техники, что обеспечивает пользователю более быстрое и эффективное построение модели многослойного покрытия;
- сохранение экспериментальных данных и параметров исследуемой модели многослойной системы для последующего возобновления работы с возможностью внесения новых корректирующих значений;

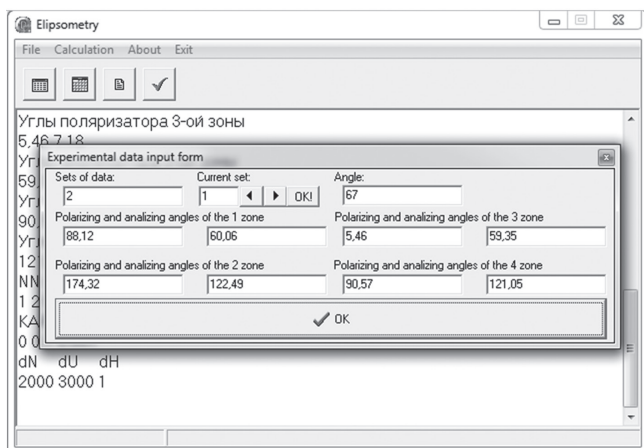


Рисунок 1 – Ввод экспериментальных данных

– наличие возможности рассчитывать оптические параметры (n , k) и толщину d последнего слоя в многослойной структуре (до шести слоев) при известных параметрах нижних слоев.

Весь функционал разработанной программы ELLIPS (основные меню и окна для ввода данных) специально ориентирован для работы с наиболее часто применяемой на практике четырехзонной схемой измерений [3].

Программа ELLIPS представляет пользователю удобный и интуитивно понятный интерфейс с минимальным количеством настроек и не требует специального обучения для начала работы с программой. Процесс решения обратной задачи эллипсометрии начинается с ввода экспериментальных данных в соответствующие для каждого из них окна для последующего нахождения требуемых неизвестных параметров (рисунок 1).

Данное окно программы позволяет задавать следующие параметры экспериментальных измерений, полученных на эллипсометре:

- количество наборов данных, то есть число различных углов падения лазерного излучения;
- текущий угол падения лазерного излучения на образец;
- углы анализатора и поляризатора в градусах для всех четырех зон.

Следующее функциональное окно ввода данных предоставляет пользователю возможность задавать граничные условия для поиска решения обратной задачи эллипсометрии (рисунок 2). Пользователем задаются следующие параметры:

- минимальное N_{min} и максимальное N_{max} значения коэффициента преломления, а также шаг ΔN ;
- минимальное K_{min} и максимальное K_{max} значения коэффициента экстинкции, а также шаг ΔK ;
- минимальное d_{min} и максимальное d_{max} значения толщины исследуемого слоя, а также шаг d .

При первоначальном задании граничных условий для решения обратной задачи эллипсометрии рекомендуется устанавливать достаточно большой диапазон для поиска решения. В дальнейшем изменение этих границ позволит повысить точность находений решения.

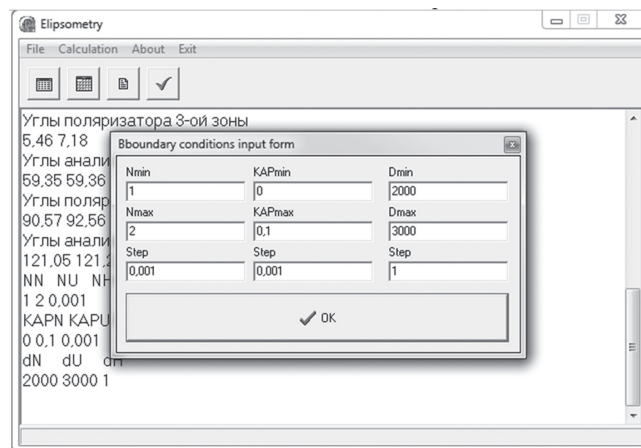


Рисунок 2 – Меню задания граничных условий поиска решения обратных уравнений эллипсометрии

Далее в аналогичном окне вводятся оптические параметры подложки для однослойной структуры или параметры нижележащих слоев при многослойной анализируемой структуре. При введении параметров подложки (n , k) ее толщина полагается равной нулю.

Для облегчения работы с многослойными структурами программа содержит базу данных (БД) оптических констант материалов электронной техники (рисунок 3), таких как длина волны λ , показатель преломления n , коэффициент экстинкции k .

Данная БД сохраняется в папке программы в формате документа Microsoft Access Database (.mdb), что позволяет пользователю с легкостью пополнять базу данных новыми наборами данных. После нажатия кнопки «Расчет!» программа начинает вычисления и выводит его результат в виде подробного отчета, который в свою очередь можно экспортировать в достаточно удобной форме в документе формата txt. Время вычисления программы зависит от сложности задачи: числа углов падения лазерного излучения, а также числа шага поисков решений. В качестве рекомендаций для оптимизации времени вычисления мы предлагаем сначала задавать достаточно крупный шаг сеток. Затем, после получения

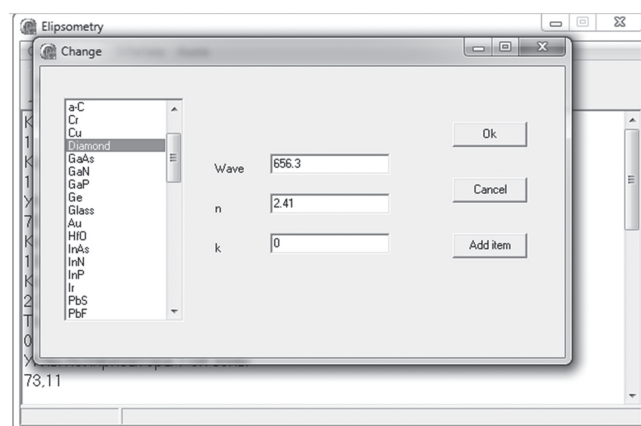


Рисунок 3 – БД оптических констант материалов электронной техники



Таблица 1 – Результаты измерений тестовых образцов оксида кремния

$d_{\text{контр.}}, \text{нм}$	$d_{\text{экспр.}}, \text{нм}$	$\Delta d, \text{нм}$	$\Delta d \cdot 100\% / d_{\text{контр.}}$
104,8	106,4	1,6	1,5267
130,5	132,4	1,9	1,4559
418,3	417,3	1,0	0,2390
687,7	687,1	0,6	0,0872

приблизительных значений искомых параметров, шаг сетки можно уменьшить до получения заданной точности вычислений. В целом расчет не превышает нескольких минут даже при большом количестве углов падения лазерного излучения.

Тестирование программы ELLIPS

Тестирование программы ELLIPS проводилось на контрольных образцах фирмы VLSI Standards, Inc. [9], а также на тестовых структурах, изготовленных на ОАО «ИНТЕГРАЛ». Контрольные образцы представляли собой кремниевые пластины диаметром 100 мм с тестовой областью (SiO_2 или Si_3N_4) в центре, с прилагаемыми техническими паспортами для каждого из тестовых образцов (рисунок 4).

Измерения оптических параметров исследуемых тонкопленочных покрытий проводились на эллипсометре ЛЭФ 3М-1 с использованием 4-х зонной схемы. При измерении контрольных образцов SiO_2 определялась только толщина d пленки. Показатель преломления n полагался равным 1,461 в соответствии с техническим паспортом тестовых образцов. Коэффициент экстинкции задавался равным нулю. Измерения проводились при одном угле падения 70° , рекомендованном техническими инструкциями, прилагаемыми к контрольным образцам.

Средняя погрешность измерений для 4 тестовых образцов пленки SiO_2 с толщинами 104, 130, 418 и 687 нм составила 1,275 нм, т.е. – 0,8272 %. Это говорит о хорошей точности проведенных измерений и корректности произведенных программой вычислений. Результаты анализа точности работы программы ELLIPS представлены в таблице 1.

Более сложные расчеты проводились с использованием контрольного образца со структурой нитрида

кремния Si_3N_4 на кремниевой подложке. Исследуемый образец имел следующие параметры: толщина $d = 102,4$ нм, показатель преломления $n = 2,014$. В этом случае значения показателя преломления n и коэффициента экстинкции k сильно зависят от метода нанесения тестовых пленок. Поэтому мы использовали высокоточную трехугольную схему. Эллипсометрические измерения проводились при углах падения: $70^\circ, 71^\circ, 73^\circ$, при этом были получены следующие результаты: $d = 103,5$ нм, $n = 2,00$, $k = 0,05$.

Следует отметить, что при введении в вычисления значения коэффициента экстинкции k , отличного от нуля, достигается более высокая точность вычислений, чем при нулевом значении коэффициента экстинкции. В этом случае точность определения коэффициентов преломления и экстинкции составила около 0,5 %, толщины – 1 %.

Заключение

Основываясь на результатах проделанной работы, можно сделать следующие основные выводы, характеризующие функциональные возможности и точность работы программы ELLIPS:

1. Программа ELLIPS, написанная на языке Borland Delphi, позволяет решать обратную задачу эллипсометрии. Программа ELLIPS может одновременно определять значения показателя преломления, коэффициента экстинкции и толщины пленки.

2. Разработанная программа ELLIPS содержит базу данных (БД) оптических констант материалов электронной техники, включающую значения показателей преломления и коэффициентов экстинкции для пятидесяти материалов. Данная БД может в дальнейшем пополняться пользователем и в значительной степени облегчать работу с программой.

3. Тестирование программы ELLIPS на контрольных образцах показало, что она работает адекватно, и для выбранной модели (системы однородной пленки на подложке) определяет реальную толщину пленок с определенной погрешностью, связанной с погрешностью измерений на лазерном эллипсометре ЛЭФ-3М-1. Анализ измерения оптических констант (n , k) и толщины контрольных образцов с пленками Si_3N_4 и SiO_2 подтвердил высокие метрологические характеристики 4-х зонной схемы метода лазерной эллипсометрии. Ошибка определения толщины на контрольных образцах не превышала 2 %.

4. Программа ELLIPS имеет возможность рассчитывать оптические параметры (n , k) и толщину последнего слоя в многослойной структуре (до шести слоев) при известных параметрах нижних слоев.



Рисунок 4 – Контрольный образец оксида кремния (SiO_2) с толщиной 130 нм

**Литература:**

1. Азам, Р. Эллипсометрия и поляризованный свет / Р. Азам, Н. Башара. – М.: Мир, 1981. – 548 с.
2. Ржанов, А.В. Эллипсометрия-метод исследования поверхности / А.В. Ржанов. – М.: Наука, 1983. – 182 с.
3. Резвый, Р.Р. Эллипсометрические методы исследования и контроля в полупроводниковой микроэлектронике / Р.Р. Резвый, М.С. Финарев // Обзоры по электронной технике. – 1977, № 2. – С. 7-16.
4. Азам, Р. Эллипсометрия и поляризованный свет / Р. Азам, Н. Башара. – М.: Мир, 1981. – 360 с.
5. <http://itdmitrov.ru/download-filmelli-v2-16> – Дата доступа: 20.01.2016.
6. Пшеницын, В.И. Эллипсометрия в физико-химических исследованиях / В.И. Пшеницын [и др.]. – Л.: Химия, 1986.
7. Крылова, Т.Н. Измерение прозрачных пленок на поверхности стекла эллипсометрическим и спек-

трофотометрическим методами // Т.Н. Крылова, И.Ф. Бохонская, Г.А. Карапетян // Опт. и спектр. – 1980., т. 49, вып. 4., – С. 802 - 808.

8. Толмачев, В.А. Адсорбционно-эллипсометрический метод исследования оптического профиля, толщины и пористости тонких пленок / В.А. Толмачев // Опт. журнал – 1999, т. 66, № 7, – С. 20-34.

9. <http://www.vlsistandards.com/> – Дата доступа: 20.01.2016.

Abstract

The aim of this study was to develop and test software for solving the inverse problem of ellipsometry. The program ELLIPS is written in the programming language Borland Delphi and contains updated daily user database optical constants of materials for electronics.

Поступила в редакцию 18.03.2016 г.

ТРЕБОВАНИЯ К НАУЧНЫМ СТАТЬЯМ, ПУБЛИКУЕМЫМ В РАЗДЕЛЕ «РЕЦЕНЗИРУЕМЫЕ СТАТЬИ»

1. Научная статья – законченное и логически цельное произведение по раскрываемой теме – должна соответствовать одному из следующих научных направлений: информационные технологии и системы, оптоэлектроника, микро- и нанoeлектроника, приборостроение.

2. Объем научной статьи не должен превышать 0,35 авторского листа (14 тысяч печатных знаков, включая пробелы между словами, знаки препинания, цифры и другие), что соответствует 8 страницам текста, напечатанного через 2 интервала между строками (5,5 страницы в случае печати через 1,5 интервала).

3. Статьи в редакцию представляются в двух экземплярах на бумаге формата А4 (220092, г. Минск, проспект Пушкина, 33, помещ. 612), а также в электронном виде (e-mail: sadov@bsu.by). К статье прилагаются сопроводительное письмо организации за подписью руководителя и акт экспертизы. Статья должна быть подписана всеми авторами.

Статьи принимаются в формате doc, rtf, набранные в текстовом редакторе Word, включая символы латинского и греческого алфавитов вместе с индексами. Каждая иллюстрация (фотографии, рисунки, графики, таблицы и др.) должна быть представлена отдельным файлом и названа таким образом, чтобы была понятна последовательность ее размещения. Фотографии принимаются в форматах tif или jpg (300 dpi). Рисунки, графики, диаграммы принимаются в форматах tif, cdr, eps или jpg (300 dpi, текст в кривых). Таблицы принимаются в форматах doc, rtf или Excel.

4. Научные статьи должны включать следующие элементы: аннотацию; фамилию и инициалы автора (авторов) статьи, ее название; введение; основную часть, включающую графики и другой иллюстративный материал (при их наличии); заключение; список цитированных источников; индекс УДК; аннотацию на английском языке.

5. Название статьи должно отражать основную идею выполненного исследования, быть по возможности кратким, содержать ключевые слова, позволяющие индексировать данную статью.

6. Аннотация (100–150 слов) должна ясно излагать содержание статьи и быть пригодной для опубликования в аннотациях к журналам отдельно от статьи.

В разделе «Введение» должен быть дан краткий обзор литературы по данной проблеме, указаны не решенные ранее вопросы, сформулирована и обоснована цель работы.

Основная часть статьи должна содержать описание методики, аппаратуры, объектов исследования и подробно освещать содержание исследований. Полученные результаты должны быть обсуждены с точки зрения их научной новизны и сопоставлены с соответствующими известными данными. Основная часть статьи может делиться на подразделы (с разъяснительными заголовками).

Иллюстрации, формулы, уравнения и сноски, встречающиеся в статье, должны быть пронумерованы в соответствии с порядком цитирования в тексте.

В разделе «Заключение» должны быть в сжатом виде сформулированы основные полученные результаты с указанием их новизны, преимуществ и возможностей применения.

Список цитированных источников располагается в конце текста, ссылки нумеруются согласно порядку цитирования в тексте. Порядковые номера ссылок должны быть написаны внутри квадратных скобок (например: [1], [2]).

В соответствии с рекомендациями ВАК Республики Беларусь от 29.12.2007 г. №29/13/15 научные статьи аспирантов последнего года обучения публикуются вне очереди при условии их полного соответствия требованиям, предъявляемым к рецензируемым научным публикациям.



ВЫСТАВКИ ПО ТЕМЕ «ЭЛЕКТРОНИКА. КОМПОНЕНТЫ». АВГУСТ 2016

ONS Norway 2016

Норвежская нефтегазовая выставка континентального шельфа
29-08-2016 – 01-09-2016
Норвегия, Ставангер

NEPCON South China 2016

Международная выставка
«Электроника, электрооборудование»
30-08-2016 – 01-09-2016
Китай, Шэньчжэнь

Проектирование и эксплуатация систем электроснабжения напряжением до 1000 В – 2016

30-08-2016 – 02-09-2016
Россия, Санкт-Петербург

Качество электроэнергии в системах электроснабжения – 2016

30-08-2016 – 02-09-2016
Россия, Санкт-Петербург

Национальная выставка Республики Беларусь в Грузии

Белорусские предприятия представят свою продукцию в рамках Национальной выставки Республики Беларусь
01-09-2016 – 04-09-2016
Грузия, Тбилиси

IFA 2016

56-я Международная выставка потребительской электроники Телекоммуникации, ИТ, связь, игрушки, подарки, сувениры, электроника и электроэнергетика
02-09-2016 – 07-09-2016
Германия, Берлин

Cambodia Phar-Med Expo

Вторая международная выставка-конференция фармацевтической и медицинской промышленности
04-09-2016 – 05-09-2016
Камбоджа, Пномпень

Дефектоскопия / NDT Ekaterinburg

17-я Международная специализированная выставка приборов и оборудования для промышленного неразрушающего контроля
06-09-2016 – 08-09-2016
Россия, Екатеринбург

«БУДПРАГРЭС-2016»

24-я Международная специализированная выставка
06-09-2016 – 09-09-2016
Беларусь, Минск

CIOE 2016 – Optoelectronics Expo

Международная выставка оптоэлектроники в Шэньчжэне, Китай
06-09-2016 – 09-09-2016
Китай, Шэньчжэнь

Optical Communications Sub-expo 2016

Международная выставка оптической связи в Шэньчжэне, Китай
06-09-2016 – 09-09-2016
Китай, Шэньчжэнь

Энергетика. Энергосбережение 2016

VII Всероссийская специализированная выставка
06-09-2016 – 09-09-2016
Россия, Ижевск

ЖКХ. Инженерные сети – 2016

II Всероссийская специализированная выставка
06-09-2016 – 09-09-2016
Россия, Ижевск

24th International Defence Industry Exhibition MSPO

Международная выставка оборонной промышленности
06-09-2016 – 09-09-2016
Польша, Кельце

Нефть, газ. Нефтехимия – 2016

23-я Международная специализированная выставка
07-09-2016 – 09-09-2016
Россия, Казань

International Smart Grid Expo 2016

5-я Международная специализированная выставка «Электроника, электрооборудование»
07-09-2016 – 09-09-2016
Япония, Токио

INTERNATIONAL SMART GRID EXPO OSAKA 2016

Международная специализированная выставка «Электроника, электрооборудование»
07-09-2016 – 09-09-2016
Япония, Осака

SEMICON Taiwan 2016

Международная выставка «Электроника, электрооборудование»
07-09-2016 – 09-09-2016
Тайвань, Тайбэй

Rebuild Syria 2016

Вторая международная выставка «Восстановление Сирии 2016»
07-09-2016 – 11-09-2016
Сирия, Дамаск

Jet Expo 2016

Международная выставка деловой авиации
08-09-2016 – 10-09-2016
Россия, Москва

Нефтегазопереработка 2016

Модернизация производств для переработки нефти и газа
VI Ежегодная конференция
13-09-2016 – 13-09-2016
Россия, Москва

ACUUS

Специализированная выставка по подземному строительству и проектированию
13-09-2016 – 15-09-2016
Россия, Санкт-Петербург

ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ

2-я Международная специализированная выставка
13-09-2016 – 15-09-2016
Россия, Москва

ENERGETAB 2016

Выставка, посвященная сфере энергетики
13-09-2016 – 15-09-2016
Польша, Бельско-Бяла

«EXPO TRANSPORTE»

Продукция автомобилестроения, эксплуатация автомобилей, перевозки
13-09-2016 – 16-09-2016
Аргентина, Буэнос-Айрес

MIOF 2016

Московская международная оптическая выставка
13-09-2016 – 17-09-2016
Россия, Москва


Электроника. Энергетика – 2016

Международная выставка
14-09-2016 – 16-09-2016
Украина, Одесса

LED EXPO

Международная выставка
светодиодных решений
14-09-2016 – 16-09-2016
Украина, Киев

Electric & Power Vietnam 2016

6-я международная
выставка электроустановок,
технологий передачи и распре-
деления электроэнергии,
освещения
14-09-2016 – 16-09-2016
Вьетнам, Хошимин

CEDIA EXPO 2016

Международная выставка
«Электроника, электро-
оборудование»
14-09-2016 – 17-09-2016
США, Даллас

**Лучший инновационный
продукт – 2016**

15-09-2016 – 15-09-2016
Россия, Санкт-Петербург

FUTURA 2016

Специализированная выставка
«Электроника, электро-
оборудование»
15-09-2016 – 17-09-2016
Австрия, Зальцбург

COMP EXPO 2016

Выставка компьютерных технологий
и программного обеспечения
16-09-2016 – 18-09-2016
Армения, Ереван

AD: Tech Tokyo 2016

Международная выставка
и конференция по развитию
интерактивного маркетинга
20-09-2016 – 21-09-2016
Япония, Токио

InfoSecurity Russia 2016

Международная выставка
«Информационная
безопасность в России»
20-09-2016 – 22-09-2016
Россия, Москва

**Нефть и газ. Топливо-
энергетический комплекс – 2016**

23-ая Специализированная
выставка
20-09-2016 – 23-09-2016
Россия, Тюмень

«ЭКСПО «КИТАЙ-ЕВРАЗИЯ»

5-я Международная выставка
20-09-2016 – 25-09-2016
Китай, Урумчи

CW & CIEMME 2016

Международная выставка
индукционных обмоток, изоляции
и электротехники, электромоторов
21-09-2016 – 23-09-2016
Китай, Шэньчжэнь

Electronica India 2016

Международная выставка
компонентов, систем и приложений
электронной промышленности
21-09-2016 – 23-09-2016
Индия, Бангалор

Productronica India 2016

Международная конференция-
выставка электронных компонентов,
монтажа и производства
электроники в Индии
21-09-2016 – 23-09-2016
Индия, Бангалор

**LASER World of PHOTONICS
INDIA 2016**

Международная специализирован-
ная выставка компонентов, систем
и приложений сферы оптических
технологий
21-09-2016 – 23-09-2016
Индия, Бангалор

«UzEnergyExpo» – 2016

21-09-2016 – 23-09-2016
Узбекистан, Ташкент

**Российский
промышленник – 2016**

20-ый Юбилейный
международный форум
21-09-2016 – 23-09-2016
Россия, Санкт-Петербург

Central Asia Electricity World – 2016

8-ая Международная выставка
21-09-2016 – 23-09-2016
Казахстан, Астана

Secure World 2016

8-я Международная выставка
по Охране, Безопасности,
Противопожарной защите,
Автоматизации и Полицейскому
оборудованию
21-09-2016 – 23-09-2016
Казахстан, Астана

SecuTech Vietnam 2016

Международная выставка
безопасности, противопожарной
защиты и охраны
21-09-2016 – 24-09-2016
Вьетнам, Хошимин

Medbaltica 2016

9-я международная выставка
медицины
22-09-2016 – 24-09-2016
Латвия, Рига

**IAA COMMERCIAL
VEHICLES 2016**

66-я международная выставка
коммерческого автотранспорта
22-09-2016 – 29-09-2016
Германия, Ганновер

Power Expo 2016

Шестая международная
выставка оборудования
энергетики и электротехники
26-09-2016 – 28-09-2016
Китай, Гуанчжоу

PV Guangzhou 2016

Международная выставка
фотоэлектрической
солнечной энергии
26-09-2016 – 28-09-2016
Китай, Гуанчжоу

«МЕДИЦИНА И ЗДОРОВЬЕ»

24-я международная
специализированная выставка
«Медицина и здоровье»
27-09-2016 – 29-09-2016
Беларусь, Минск

IFAT India 2016

4-я Международная выставка
по водоподготовке, водоочистке,
переработке, утилизации
отходов и энергосбере-
жению Индии
28-09-2016 – 30-09-2016
Индия, Мумбай



НАИМЕНОВАНИЕ ТОВАРА	ЦЕНА	НАЗВАНИЕ КОМПАНИИ	АДРЕС, ТЕЛЕФОН
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКАЯ ПРОДУКЦИЯ			
Датчики и средства автоматики производства фирмы TURCK (Германия) и Banner Engineering (США)	Договор	ООО «ФЭК»	Тел. +375 17 210-21-89, +375 29 370-90-92. E-mail: info@fek.by www.fek.by
Индукционные лампы фирмы LVD 40, 80, 120, 150, 200, 300 W	Договор		
Комплексная поставка электронных компонентов	Договор	ТУП «Альфачип Лимитед»	Тел./ф.: +375 17 366-76-16. E-mail: analog@alfa-chip.com www.alfa-chip.com
Датчики, сенсоры и средства автоматизации			
Светодиодные индикаторы, TFT, OLED и ЖК-дисплеи и компоненты для светодиодного освещения			
Дроссели, ЭПРА, ИЗУ, пусковые конденсаторы, патроны и ламподержатели для люминесцентных ламп	Договор	Группа компаний «Альфалидер»	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»	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 1 W до 100 W ARLIGHT			
Источники тока DC/DC для мощных светодиодов (вход 12-24V) ARLIGHT			
Источники напряжения AC/DC (5-12-24-48V/ от 5 до 300 W) 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»	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 И ПАВ ИЗДЕЛИЯ			
Любые кварцевые резонаторы, генераторы, фильтры (отечественные и импортные)	Договор	УП «Алнар»	Тел./ф.: +375 17 227-69-97, тел.: +375 17 227-28-10, тел.: +375 17 227-28-11, тел.: +375 29 644-44-09. E-mail: alnar@tut.by www.alnar.net
Кварцевые резонаторы Jauch под установку в отверстия и SMD-монтаж			
Кварцевые генераторы Jauch под установку в отверстия и SMD-монтаж			
Термокомпенсированные кварцевые генераторы			
Резонаторы и фильтры на ПАВ			
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»	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»	Тел./ф.: +375 17 391-02-22, тел.: +375 17 391-03-33. www.alider.by
Мультиметры, осциллографы, вольтметры, клещи, частотомеры, генераторы отечественные и АК ИП, APPA, GW, LeCroy, Tektronix, Agilent	1-й поставщик	ООО «Приборо-строительная компания»	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, Huawei, EM-Marin, COTO, Gruner, COMUS, Micro Crvstal, RENATA, PKCELL, XENO, SAURIS и др.	От дистри-бьютора	ЧНПУП «БелСКАНТИ»	Тел./ф.: +375 17 256-08-67, тел.: +375 17 398-21-62. E-mail: nab@scanti.ru www.scanti.ru