

УДК 621.396.6.001.63

СХЕМОТЕХНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМ СИГНАЛИЗАЦИИ**А.С. ЛЕПОТЕНКО***(Представлено: канд. техн. наук, доц. Д.А. ДОВГЯЛО)*

Рассмотрен принцип работы автоматизированной охранной системы. Определены основные задачи при проектировании охранных систем сигнализации. Приведены возможности модернизации охранной системы А6-04.

В настоящее время большое распространение получили системы охраны и пожарной безопасности. С каждым годом благосостояние человека увеличивается, что требует дополнительных устройств для защиты от посягательств. Для этого и разрабатываются охранные системы. Самые первые системы охраны зародились еще в Древних Египте и Японии и не имели ничего общего с нынешними системами безопасности [1]. Современные системы сигнализации представляют собой очень мощные устройства, способные не только обнаруживать и информировать, а так же, в случае необходимости, обезвреживать источник нарушения. Фундаментальным открытием, ставшим залогом всех будущих систем охраны, стал переход к цифровой обработке информации. Это дало возможность повысить быстродействие систем и увеличить защищенность от помех. Открытие фотоэлемента позволило автоматизировать систему сигнализации – стать ее “глазами”. Немаловажную роль в развитии систем охраны сыграла разработка датчиков различных физических величин, которые непосредственно встраиваются в системы охраны и расширяют их функциональные возможности. Основными датчиками, которые входят в типовую охранную систему можно считать следующие[2]:

- датчик движения, который может быть реализован на различных принципах преобразования (ИК-датчик, определяющий нарушение неприкосновенности объекта по излучаемому тепловому потоку; УЗ-датчик, определяющий время необходимое ультразвуковой волне для движения от датчика до объекта и назад; микроволновый датчик);
- датчик разбития стекла, как правило, акустический;
- датчик открытия и закрытия дверей, реализуемый бесконтактно, т.е. с использованием гальваномагнитных преобразователей или герконов;
- датчик дыма.

В настоящее время развитие систем сигнализации не стоит на месте. Для управления системами охраны подключают удобные пульты управления, через которые можно перепрограммировать данные устройства на определенные области защиты.

В последние годы появились множество систем охраны, которые устанавливают в жилых домах, их называют системами «умный дом». Эти системы могут управляться со смартфона хозяина через канал Wi-Fi. Передачу данных о нарушениях защищаемой области можно передавать по каналам GSM или GPRS.

Рассмотрим схемотехнические особенности систем сигнализации. Проанализируем их работу на примере весьма распространенной системы охраны А6-04 компании “АЛАРМ”. На рис. 1 показана обобщенная структурная схема А6-04.

Подобные структурные схемы реализованы и в других системах охраны. На схеме можно выделить следующие блоки и модули: модуль обмена информацией между терминалами (интерфейсы), блок управления - обработки информации, блок питания с системой защиты по питанию, блок управления шлейфами или зонами охраны (блок контроля датчиков), модуль формирования извещений на различные внешние устройства. Рассмотрим специфику этих устройств.

Для повышения быстродействия в блоке обработки информации применен микроконтроллер семейства ATmega 8, отличающийся своей функциональностью, гибкостью и удобством в обращении. Для «облегчения» процесса обработки и связи с другими устройствами к микроконтроллеру подключена пара регистров. Так же присутствует отдельная микросхема памяти для хранения основных команд, которые могут поступать из различных источников, например, программирование можно осуществлять с помощью пульта ПР-1, командно-управляемой панели или специализированных программаторов[3]. За счет применения в системе микроконтроллера ATmega 8 уменьшена задержка на обработку сигналов. Однако повышение скорости обработки сигнала зависит не только от аппаратной части блока обработки, но и от его программной части.

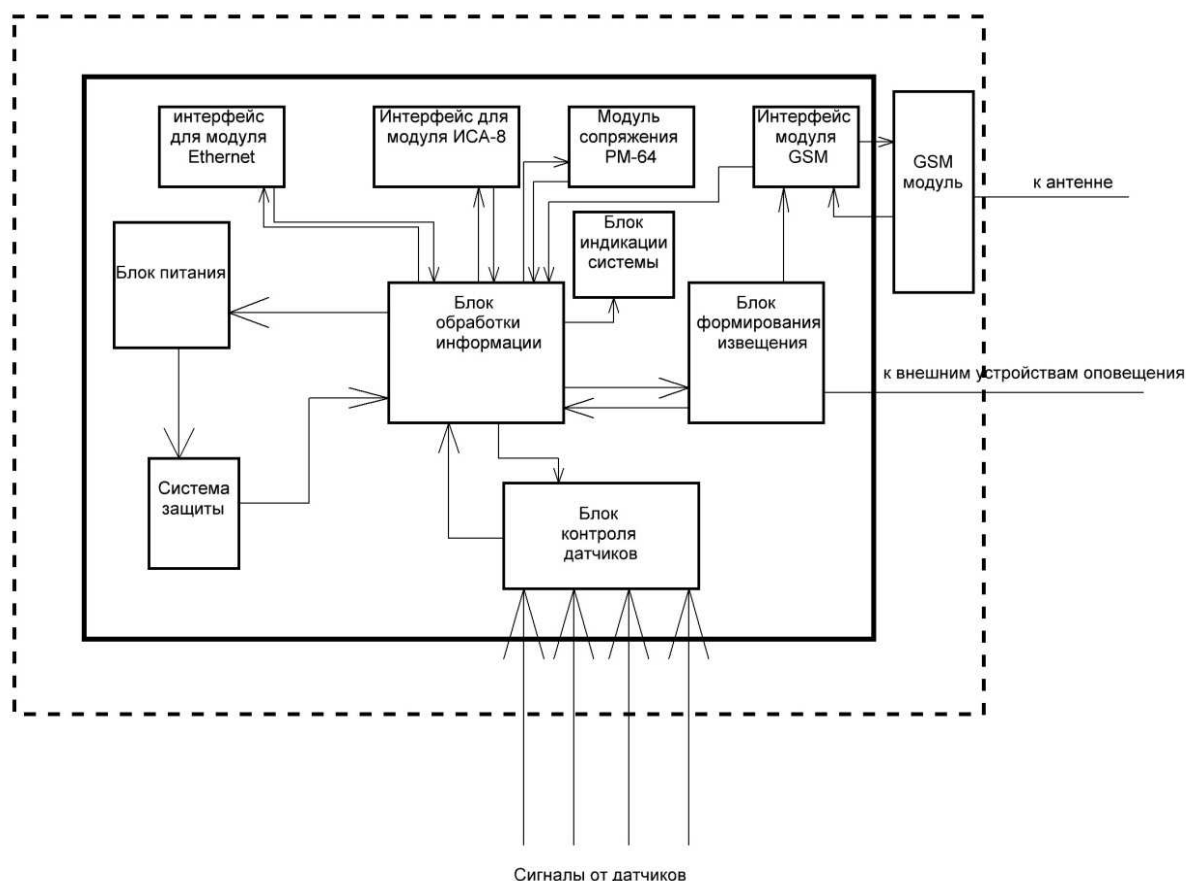


Рис. 1. Структурная схема системы сигнализации А6-04

Блок питания представляет собой источник, который формирует определенные питающие напряжения на все узлы охранной системы. Весьма важным является поддержание необходимого уровня питающих напряжений при скачках напряжения в сети или при его отсутствии. Для этих целей вводят специальные высокоточные каскады стабилизаторов напряжения, используют бестрансформаторные блоки питания, что позволяет значительно сократить габаритные размеры центрального модуля системы сигнализации. Для подавления высокочастотной составляющей в блок питания включают LC-фильтр. Так же в блок питания входит система защиты от высокого напряжения и тока – наборы специально подобранных плавких предохранителей.

Часто бывает, что в сети пропадает питающее напряжение, в результате чего охраняемая зона может быть подвержена атакам. Поэтому к системе подключают опорный источник питания, представляющий собой аккумулятор. Емкость аккумулятора составляет обычно 7000 мА/ч, чего хватает для обеспечения непрерывной работы в течении нескольких часов.

Важной частью системы сигнализации являются каналы оповещения. К ним относятся звуковые, световые и информационные системы. В последнее время весьма популярной среди информационных систем оповещения является GSM-система. Основная особенность GSM-модуля – возможность управления и получения информации от охранной сигнализации по каналу GSM-связи сотового оператора.

Главным управляющим элементом устройства является микроконтроллер ATmega 168 компании Atmel. С блока формирования извещения на GSM-модуль поступает сигнал о нарушении режима безопасности (нарушения периметра охраняемой зоны). Дальнейшие действия связаны с отсылкой SMS-сообщения, данное действие производится модулем SIM900[4]. В схеме используется несколько контрольных светодиодов: LED1 – контроль работы модуля GSM (при наличии связи и работы модуля моргает с частотой одна вспышка в течении 2-3 секунд, в остальных случаях имеются проблемы со связью или с самим модулем); LED2 – контроль работы системы (в рабочих режимах моргает с частотой 3 – 5 раз в секунду, в режиме программирования горит постоянным светом)[5]. Программирование GSM-модуля может осуществляться непосредственно сотовым телефоном посредством набора специальных команд, которые записывают в память sim-карты и впоследствии используют для управления системой охраны.

Как бы не были совершенны современные GSM-модули, но и у них есть ряд недостатков, основным из которых является обеспечение защиты информации. Сегмент передачи данных от GSM-модуля к базовой станции имеет следующие слабые стороны:

- активные атаки (GSM-оборудование может подвергаться атакам устройств, имитирующих работу базовых станций);
- невозможность определения достоверности данных;
- слабые алгоритмы шифрования.

Таким образом, локальный интерфейс GSM-модуля и область передачи данных до базовой станции нельзя считать полностью защищенными.

Одним из самых распространенных методов повышения защиты является использование SSL-протокола [6]. SSL-протокол - криптографический протокол, обеспечивающий безопасную передачу данных по сети. Создаются определенные SSL-туннели, которые обеспечивают защиту от посягательств - рис. 2.



Рис. 2. Структурная схема передачи данных с SSL-шифрованием

С учетом этого, незащищенным остается только канал связи от базовой станции к клиенту. Однако SSL-шифрование можно использовать и в данном канале, но для этого необходимо обращаться к оператору сотовой связи и договариваться о подключении данной функции.

GSM-модули постоянно улучшаются и их функциональные возможности также расширяются. Одной из очень удобных функций является управление всей системой безопасности по GSM-каналу. В результате получается двунаправленный канал передачи и приема информации. Следует отметить, что для включения данной функции необходимо привлекать дополнительные как программные, так и аппаратные средства, что значительно повышает функциональную сложность устройства и его стоимость.

Для повышения функциональных возможностей системы сигнализации А6-04 используют в основном программные методы, например, улучшение алгоритма прошивки. В последнее время очень широкое распространение получило использование определенных платформ, которые за счет реализации алгоритма своего функционирования повышают быстродействие системы и ее стабильность. Одной из веток развития GSM-модулей являются GSM-модули на J2ME. Java ME (J2ME) - это мощная встраиваемая платформа, предназначенная для мобильных устройств и систем безопасности. Она позволяет расширить функциональные возможности GSM-модулей. К основным ее преимуществам можно отнести:

- высокий уровень безопасности и защищенности системы в соответствии с сертификатами X.509;
- наличие встроенных средств отладки;
- высокую стабильность, отсутствие перезагрузок системы;
- внедрено средство затруднения восприятия кода.

Однако остаются несколько проблемных вопросов, требующих решения. Во-первых, для функционирования JAVA платформы необходим высокопроизводительный аппаратный комплекс, который сочетал бы в себе миникомпьютер. На рынке имеется множество вариантов одноплатных компьютеров, которые миниатюрны и при этом практически не теряют своей функциональности, например PC-G03 компании Intel. Вторым немаловажным аспектом является обеспечение связи модуля А6-04 и миникомпьютера. Этот нюанс решается достаточно легко, т.к. у модуля охранной системы есть большое количество интерфейсов, которые поддерживают персональные компьютеры, например Ethernet, RS-485 и многие другие [7].

Таким образом, можно считать, что, владея определенным уровнем знаний языка программирования можно проектировать и реализовать свои собственные программы для охранных систем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коверзин, Д. Особенности охранных систем [Электронный ресурс] / Д. Коверзин. – Режим доступа: <http://sigadoma.ru/oxrannaya-signalizaciya/istoriya-razvitiya-oxrannoj-signalizacii.html>. – Дата доступа: 10.03.2015.
2. Охранные системы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.sob.by/safe.php>. – Дата доступа: 12.04.2015.
3. ОАО "АЛАРМ", a6_operating_manual_part 1/ОАО"АЛАРМ" [Электронный ресурс]. – Минск, 2012. – Режим доступа: http://www.rovalant.com/download/a6_operating_manual_part1.pdf-c.19-25, 39-45.
4. SimCom, datasheet Sim 900 [Electronic resource]. – 2012. – Mode of access : [http://amigalounge.com/files/SIM900_HD_V1.01\(091226\).pdf](http://amigalounge.com/files/SIM900_HD_V1.01(091226).pdf). – Date of access : 04.05.2015.
5. Дмитренко, Д. Прибор сигнализации GSM на основе модуля SIM900 [Электронный ресурс] / Д. Дмитренко. – 2009. – <http://ddn.radioliga.com/cnt/11.htm>. – Дата доступа: 03.03.2015.
6. Нестеров, В. Вопросы безопасности передачи данных [Электронный ресурс] / В. Нестеров, О. Пушкарев. – 2010. – Режим доступа: http://www.wireless-e.ru/assets/files/pdf/2008_4_32.pdf. – Дата доступа: 19.03.2015.
7. Робль, Р. Прогрессивные GSM-модули на J2ME [Электронный ресурс] / Р. Робль, З. Марич. – 2013. –Режим доступа: http://www.wireless-e.ru/assets/files/pdf/2010_02_12.pdf. – Дата доступа: 25.03.2015.

УДК 004.051

УВЕЛИЧЕНИЕ СКОРОСТИ ЗАГРУЗКИ ВЕБ-САЙТОВ

Ю.В. ЛАПТЕВ

(Представлено: канд. техн. наук, доц. Р.П. БОГУШ)

Рассматриваются наиболее полезные советы по оптимизации скорости загрузки веб-сайтов на стороне клиента.

С каждым годом Интернет растет очень быстро. Увеличивается пропускная способность каналов, а вместе с ними и количество передаваемого трафика. Сайты становятся больше по размеру и сложнее во взаимодействии. Размеры загружаемых файлов увеличиваются многократно, а время ожидания пользователей не уменьшается. За последние 5 лет средний размер веб-страниц вырос в 5 раз, а за последний год – в два раза. При этом каждая страница использует много различных объектов, что негативно сказывается на общем времени загрузки. Только около 5-10% от общего времени загрузки приходится на серверную часть. Все остальное составляет именно клиентская архитектура. Что обычно видит пользователь, заходя на сайт, и как долго он это видит? 70% посетителей уйдут после 10 секунд пребывания на сайте. При этом наиболее характерным временем ожидания будет 4 секунды: если за это время сайт загружается у 90% пользователей, то это считается быстрым веб-ресурсом. Однако многие компании пытаются выжать из своего сайта максимум по скорости работы. Недаром высоконагруженные проекты типа Google, Amazon, Вконтакте, Facebook и Одноклассники очень серьезно подходят к вопросу скорости загрузки своих сайтов. За каждым потерянным моментом времени кроется определенная сумма денег [1].

При помощи различных способов оптимизации загрузки веб-страниц удастся в разы уменьшить время ожидания полной загрузки страницы, а также сохранить больше активных пользователей, особенно среди тех, кто испытывает различные проблемы сетевого соединения.

Основной раздел. Клиентская оптимизация — это оптимизация процесса загрузки клиентским приложением содержимого веб-страниц. Основная цель такого процесса — достижение максимальной скорости загрузки страниц сайта браузером клиента. При построении высокопроизводительных сайтов должен присутствовать и серверный, и клиентский подход, они много в чем дополняют друг друга. Главное отличие клиентского подхода состоит в том, что в качестве объекта оптимизации рассматриваются страницы сайта, состоящие из HTML-документа, содержащего вызовы внешних объектов, а также сами внешние объекты (чаще всего это файлы стилей, скрипты и изображения). Различные технологические решения клиентской области сайта при одинаковой нагрузке на сервер могут обеспечивать совершенно разные характеристики клиентского быстрогодействия. При исключении из рассмотрения всех факторов, относящихся к серверному программному обеспечению и каналу передачи данных, можно заключить, что увеличение скорости загрузки страницы на различных стадиях загрузки принципиально возможно за счет ограниченного количества методов. Об этих методах и пойдет речь далее[1].

Одним из основных способов по увеличении скорости загрузки является уменьшение количества HTTP-запросов. Около 80% загрузки страницы ориентировано на загрузку компонентов страницы: скриптов, изображений, стилей, flash. Спецификация HTTP/1.1 советует, чтобы браузеры параллельно загружали не более 2-х компонентов веб-страницы с одного хоста. Уменьшив количество этих компонентов мы уменьшаем количество HTTP-запросов к серверу и как результат увеличиваем скорость за-

грузки страницы. Для уменьшения количества запросов используют следующие способы: объединение нескольких файлов в один, использование Inline-картинок или CSS-спрайтов. Однако если на сайте слишком много графической информации, то следует использовать параллельное скачивание. Загружаемый контент выносится на отдельный поддомен. Это может быть один и тот же сервер, но браузер будет считать, что они разные. Чем больше поддоменов будет создано, тем больше файлов браузер сможет одновременно загрузить и тем быстрее загрузится вся страница сайта.

Все подключаемые стили и скрипты должны быть минимизированы. Минимизация файла – это удаление из кода всех несущественных символов с целью уменьшения объема файла и ускорения его загрузки. В минимизированном файле удаляются все комментарии и незначимые пробелы, переносы строк, символы табуляции. Чем меньше объем файла, тем меньше времени понадобится браузеру на его загрузку. Существует множество различных онлайн сервисов которые могут сделать сжатие и оптимизацию стилей и скриптов. Также можно уменьшить размера кода самой страницы, используя способы верстки, которые требуют минимум тегов HTML и правил CSS. Например, семантическая верстка с применением независимых блоков более предпочтительна, чем верстка вложенными таблицами с использованием избыточных тегов.

Многие разработчики производят подключение CSS стилей в конце страницы и это не позволяет многим браузерам рендерить страницу постепенно. Это объясняется тем, что браузер «не хочет» перерисовывать элементы, у которых после загрузки страницы может измениться стиль. Так что все свои файлы стилей всегда подключайте в верхней части страницы в секции HEAD. Помещая подключение к css-файлам в хедере страницы мы получаем постепенную загрузку — сначала заголовок, потом логотип наверху, навигация и другие элементы. Это в свою очередь служит отличным индикатором загрузки страницы для пользователя и улучшает общее впечатление от сайта.

Подключать js-файлы следует в отличие от стилей внизу страницы, что позволит браузеру загрузить страницу с контентом в первую очередь, а уже потом начать загрузку js-файлов. Это особенно важно, если сайт содержит все возможные интерактивные «примочки», то различных скриптов может быть много и весить они могут несколько сотен килобайт, поэтому перед загрузкой страницы заставляя пользователя ждать пока загрузятся все скрипты губительно.

Браузеры и прокси-серверы обычно стремятся сохранить максимум информации в своих хранилищах, для того чтобы ускорить повторную загрузку ранее загруженных объектов. Важно помнить, что при этом возможна потеря актуальности представляемых данных, поэтому политика кэширования должна быть организована с учетом всех возможных ситуаций. Кэширование – это один из наиболее мощных механизмов для уменьшения объема передаваемых по сети данных, притом внедряется этот механизм очень просто. Когда HTTP-сервер отправляет объект браузеру, он может дополнительно с ответом отправить специальный заголовок с меткой времени. Браузеры обычно хранят ресурс вместе с информацией об истечении его срока действия в локальном кэше. При последующих запросах к тому же объекту браузер сравнивает текущее время и метку времени у находящегося в кэше ресурса. Если метка времени указывает на дату в будущем, браузер загружает ресурс из кэша, не запрашивая его с сервера.

У всех браузеров существует ограничение на количество соединений на один хост, находящееся в интервале от 2 до 8 соединений на хост. Для увеличения скорости загрузки внешних объектов можно применить распределенную систему хранения и доставки контента CDN. CDN – это множество веб-серверов, разнесенных географически для достижения максимальной скорости отдачи контента клиенту. Сервер, который непосредственно будет отдавать контент пользователю, выбирается на основании некоторых показателей. Например, выбирается сервер с временем отклика. Стоит отметить, что браузер кэширует даже js-файлы, и если пользователи посещали сайты на которых используется такой метод, то эта библиотека уже есть в кэше браузера, и он не будет загружать ее снова. Одним из таких CDN является Google Libraries.

Многие известные ресурсы делают оптимизацию изображений. Оптимизировать изображение можно двумя способами: используя программы или специальные онлайн сервисы для сжатия. В первом случае потребуются определенные знания для работы с той или иной программой, а вот воспользоваться онлайн сервисами может каждый. Также не нужно изменять размер изображения при помощи стилей. Это тоже негативно влияет на скорость загрузки страницы. Если имеется изображение размером 500x500px, а вставить на сайт нужно изображение с размером 100x100px, то лучше изменить размер оригинальной картинке при помощи графического редактора. Чем меньший вес картинке, тем меньше времени потребуется для ее загрузки.

И последним полезным способом увеличения загрузки будет использование gzip-сжатия. Как показали проведенные исследования, gzip-сжатие текстового файла «на лету» в 95–98% случаев позволяет сократить время на передачу файла браузеру. Если хранить архивированные копии файлов на сервере, то соединение в общем случае удастся освободить в 3-4 раза быстрее. Начиная с версии протокола

HTTP/1.1, веб-клиенты указывают, какие типы сжатия они поддерживают, устанавливая заголовок Accept-Encoding в HTTP-запросе. Если веб-сервер видит такой заголовок в запросе, он может применить сжатие ответа одним из методов, перечисленных клиентом. При выдаче ответа посредством заголовка Content-Encoding сервер уведомляет клиента о том, каким методом сжимался ответ. Переданные таким образом данные меньше первоначальных примерно в 5 раз, и это существенно ускоряет их доставку. Однако здесь есть один недостаток: увеличивается нагрузка на веб-сервер. Но вопрос с сервером всегда можно решить[2].

В последние годы мир веб-разработки стал существенно тяготеть к клиентским приложениям. Браузеры стали настолько быстрыми и приобрели такое феноменальное количество возможностей, что клиентская сторона стала не проще, а даже иногда намного сложнее, чем серверная составляющая. Именно на фоне увеличившегося внимания к клиентской составляющей веб-сайтов и зародилась ее оптимизация, оптимизация скорости загрузки, отображения и функционирования веб-сайтов в браузерах конечных пользователей. На данный момент направление это новое и весьма перспективное для изучения и прикладного использования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мацневский, Н.С. Реактивные веб-сайты. Клиентская оптимизация в алгоритмах и примерах : учеб. пособие / Н.С. Мацневский, Е.В. Степанищев, Г.И. Кондратенко. – М. : Интернет-Университет Информационных Технологий : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. – 336 с. – Режим доступа: <http://inethub.olvi.net.ua/ftp/pub/books/programming/web/html/reactivewebsites.v1.4.pdf>. – Дата доступа: 29.09.2015.
2. Хабрахабр [Электронный ресурс] / Топ-10 советов о том, как увеличить скорость загрузки страницы. – Режим доступа: <http://habrahabr.ru/post/137239/>. – Дата доступа: 29.09.2015.

УДК 004.75

СПОСОБЫ ПОСТРОЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ВЕБ-СИСТЕМ

Ю.В. ЛАПТЕВ

(Представлено: канд. техн. наук, доц. Р.П. БОГУШ)

Рассматриваются некоторые ключевые вопросы, которые следует учитывать при проектировании больших веб-сайтов, а также некоторые базовые компоненты, используемые для достижения этих целей. Основное внимание в статье уделяется анализу веб-систем.

Открытое программное обеспечение стало основным элементом при создании некоторых крупнейших веб-сайтов в последнее время. Создание и управление масштабируемого веб-сайта на примитивном уровне является простым соединением пользователей с удаленными ресурсами через Интернет. А доступ к ресурсам, которые рассредоточены на множестве серверов и являются звеном, обеспечивающим масштабируемость веб-сайта. Время, потраченное на планирование построения веб-службы на начальном этапе может помочь в дальнейшем. На проектирование крупномасштабных веб-систем могут влиять следующие принципы: производительность, стоимость, надежность, доступность, масштабируемость и управляемость.

Скорость работы веб-сайта влияет на удовлетворенность пользователей, а также ранжирование поисковыми системами. В результате нужно стремиться к созданию системы, которая оптимизирована для быстрых ответов. Система должна быть надежной. Это означает, что определенный запрос на получение данных должен возвращал эти данные, а в случае изменения данных должен возвращать новые данные. Пользователи должны быть уверенным, что данные не будут потеряны. Разработка доступных к отказу систем является фундаментальным технологическим требованием. Высокая доступность в распределенных системах требует внимательного рассмотрения избыточности для ключевых компонентов, а также быстрого восстановления после системных отказов. Для крупных онлайн-магазинов недоступность даже в течении небольшого времени может привести к огромным потерям дохода. Очень важными являются усилия, направленные на увеличение пропускной способности для обработки больших объемов информации, что и является масштабируемостью. Также к масштабируемости относятся наращение емкости запоминающих устройств и увеличение количества транзакций, обрабатываемых в единицу времени. Проектирование системы, которая проста в эксплуатации еще один важный фактор. Для обеспечения управляемости необходимо рассмотреть вопросы диагностики возникающих проблем, легкости проведения обновлений или модификаций [1].

Все вышеперечисленные принципы являются основой для принятия решений в проектировании распределенной веб-архитектуры. Однако они могут находиться в противоречии друг с другом, потому что достижение целей одного происходит за счет пренебрежения другими. При разработке любого веб-приложения важно рассмотреть эти ключевые принципы, чтобы найти наиболее подходящее решение конкретно для каждой задачи.

При рассмотрении архитектуры системы есть несколько вопросов, которые необходимо раскрыть, например, какие компоненты необходимо использовать, как они будут совмещаются друг с другом, и на какие компромиссы можно пойти. Изначальное планирование системы существенно экономит время и ресурсы в будущем. Рассмотрим пример хостинга для загрузки изображений. Представим систему, где пользователи могут загрузить свои изображения на сервер, и при этом изображения могут запрашиваться через ссылку на сайт. Количество хранимых изображений может быть безграничным, необходима надежность хранения данных, а также должны быть быстрыми выполнения операций загрузки и запросов изображений. Кроме этого система должна быть простой в обслуживании и экономически эффективной.

При рассмотрении масштабируемой системы полезно разделить функциональность и подумать о каждой части системы как об отдельной службе с четко определенным интерфейсом. У каждой службы существует свой функциональный контекст, и взаимодействие с чем-либо за пределами этого контекста происходит через абстрактный интерфейс. При простом проектировании архитектуры все запросы загрузки и получения изображения обрабатываются одним сервером, но поскольку система должна масштабироваться, целесообразно выделить эти две функции в отдельные сервисы. Другая проблема проектирования состоит в том, что у веб-сервера обычно существует предел количества одновременных соединений, которые он может обслуживать. Поскольку процессы чтения информации могут быть асинхронными, или будет использоваться gzip-сжатие, или передача с делением на порции, то веб-сервер может переключить чтения подачи быстрее и переключиться между клиентами, обслуживая гораздо больше запросов, чем максимальное число соединений. А вот процессы записи обычно поддерживают открытое соединение на протяжении всего времени загрузки, в результате чего веб-сервер не сможет обрабатывать новых клиентов, пока не будут завершены другие процессы записи информации. Предвидение подобной потенциальной проблемы свидетельствует о необходимости разделения чтения и записи изображений в независимые службы. Это позволит не только масштабировать каждую из них по отдельности, но и быть в курсе того, что происходит в каждой службе. Это разграничит проблемы способные возникнуть в будущем, что упростит диагностику и оценку проблемы медленного доступа на чтение.

Чтобы справиться с отказом, у веб-архитектуры должна быть избыточность ее служб и данных. Например, если существует только одна копия файла на сервере, то потеря этого сервера будет означать потерю и файла. Обычно эту проблему можно избежать путем создания резервных копий. Этот же принцип применим и к службам. Создание избыточности в системе позволяет избавиться от слабых мест и обеспечить резервную или избыточную функциональность на случай критической ситуации. Например, в случае наличия двух экземпляров одной службы, при выходе из рабочего состояния одного экземпляра системы, отказ может быть обойден за счет переключения на исправный экземпляр. Другая ключевая роль избыточности службы — создание архитектуры, не предусматривающей разделения ресурсов. С этой архитектурой каждый узел в состоянии работать самостоятельно. Она способствует масштабируемости, так как добавление новых узлов не требует специальных условий или знаний. Также в этих системах не найдется критически уязвимой точки отказа, что делает их намного более устойчивыми к отказу [1].

Наборы данных могут быть настолько большими, что их невозможно будет разместить на одном сервере. Может также случиться, что вычислительные операции потребуют слишком больших компьютерных ресурсов. В любом случае есть два варианта: вертикальное или горизонтальное масштабирование. Вертикальное масштабирование предполагает добавление большего количества ресурсов к отдельному серверу. Для очень большого набора данных это означало бы добавление большего количества жестких дисков, и таким образом весь набор данных мог бы разместиться на одном сервере. В случае вычислительных операций это означало бы перемещение вычислений в более крупный сервер с более быстрым ЦП или большим количеством памяти. Горизонтальное масштабирование в отличие от вертикального предполагает добавление большего количества узлов. В случае большого набора данных это означало бы добавление второго сервера для хранения всего объема данных, а для вычислительного ресурса это означало бы разделение работы или загрузки через некоторые дополнительные узлы. В нашем примере единственный файловый сервер, используемый для хранения изображения, можно заменить множеством файловых

серверов, содержащих уникальный набор изображений. Такая архитектура позволит системе заполнять каждый файловый сервер изображениями, добавляя дополнительные серверы, по мере заполнения дискового пространства.

Конечно, есть трудности в распределении данных на множество серверов. Один из ключевых вопросов является местоположение данных. В распределенных системах, чем ближе данные к месту проведения операций, тем лучше производительность системы. Следовательно, распределение данных на множество серверов проблематично, поскольку в любой момент появляется риск того, что данных может не оказаться по месту требования и серверу придется выполнить затратную выборку необходимой информации по сети. Другая потенциальная проблема возникает, когда различные сервисы выполняют считывание и запись на совместно используемом ресурсе. Например, если бы один клиент отправил запрос обновления заголовка изображения в тот момент, когда другой клиент считывал это изображение. В такой ситуации неясно, какой заголовок был бы получен вторым клиентом.

Теперь рассмотрим вопрос масштабирования доступа к данным. Самые простые приложения работают по следующему принципу: пользователь через Интернет обращается к серверу приложений, а тот в свою очередь взаимодействует с сервером базы данных. С ростом приложения возникают две основных сложности: масштабирование доступа к серверу приложений и к базе данных. Большинство систем может быть упрощено к виду, когда пользователи напрямую обращаются к данным. Предположим, что имеется огромный объем данных, и пользователи могут получать доступ к небольшим частям этих данных в произвольном порядке. Получить доступ к конкретным данным особенно трудно, потому что загрузка большого объема данных в память может быть очень накладной и непосредственно влияет на количество дисковых операций ввода-вывода. Кроме того, даже с уникальными идентификаторами, решение проблемы нахождения местонахождения небольшой порции данных может быть очень трудной задачей. К счастью существует много подходов, которые можно применить для упрощения, из них четыре наиболее важных подхода — это использование кэшей, прокси, индексов и балансировщиков нагрузки.

Кэширование дает выгоду за счет базового принципа: недавно запрошенные данные вполне вероятно потребуются еще раз. Кэши используются почти на каждом уровне вычислений: аппаратные средства, операционные системы, веб-браузеры, веб-приложения. Кэш походит на кратковременную память: ограниченный по объему, но более быстрый, чем исходный источник данных, и содержащий элементы, к которым недавно получали доступ. Кэши могут существовать на всех уровнях в архитектуре, но часто находятся на самом близком уровне к фронтэнду, где они реализованы, чтобы вернуть данные быстро без значительной нагрузки бэкэнда.

На базовом уровне прокси-сервер — промежуточная часть аппаратных средств программного обеспечения, которые получают запросы от клиентов и передают их к серверам. Как правило, прокси используются, чтобы фильтровать, преобразовывать и протоколировать запросы. Прокси также очень полезны при координировании запросов, поступающих от большого количества серверов, что дает возможность оптимизировать трафик запроса в масштабе всей системы. Один из способов использования прокси для ускорения доступа к данным заключается в объединении одинаковых или схожих запросов и передачи единого ответа клиентам запроса.

Использование индекса для получения быстрого доступа к данным — известная стратегия для того, чтобы эффективно оптимизировать доступ к данным. Наиболее широкое применение индексирование находит в различных базах данных. Индекс делает взаимные уступки, используя издержки объемов хранения данных и снижая скорости операций записи, позволяя получить выигрыш в виде более быстрых операций чтения.

Балансировщики нагрузки являются важной частью любой архитектуры, поскольку их роль заключается в распределении нагрузки между узлами, ответственными за обслуживание запросов. Их основная цель состоит в том, чтобы обрабатывать много одновременных соединений и направлять эти соединения к одному из запрашиваемых узлов, позволяя системе масштабироваться, просто добавляя узлы, чтобы обслужить большее количество запросов. В распределенной системе балансировщики нагрузки часто находятся на первом этапе обработки информации системой, так что все входящие запросы проходят непосредственно через них. Балансировщики нагрузки также обеспечивают критическую функцию проверки работоспособности узлов. Если по результатам такой проверки узел не отвечает или перегружен, то он может быть удален из пула обработки запросов, и, благодаря избыточности системы, нагрузка будет перераспределена между оставшимися рабочими узлами [2].

Разработка эффективных систем с быстрым доступом к большому количеству данных является очень интересной темой, и существует большое количество различных подходов, которые позво-

ляют правильно сформировать архитектуру систем на ранних стадиях разработки. При проектировании распределенных веб-систем всегда возникает ряд трудностей, при решении которых придется жертвовать одними принципами для наиболее полного использования других. Полезными способом при разработке масштабируемой системы будут: разделение функциональности на сервисы, использование избыточности для решения проблем отказов, использование сегментирования данных. С ростом приложений часто прибегают к подходам упрощения систем, основными из которых являются: использование прокси, индексов, кэшей и балансировщиков нагрузки.

ЛИТЕРАТУРА

1. The Architecture of Open Source Applications [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.aosabook.org/en/>. – Дата доступа: 29.09.2015.
2. Хабрахабр [Электронный ресурс] / Масштабируемая веб-архитектура и распределенные системы. Режим доступа: <http://habrahabr.ru/post/185636/>. – Дата доступа: 29.09.2015.

УДК 621.396.69

ДАТЧИКИ ОХРАНЫ ПОМЕЩЕНИЙ

В.С. ЗЫБАЙЛО

(Представлено: канд. техн. наук, доц. Д.А. ДОВГЯЛО)

Рассмотрены принципы действия датчиков, применяемых в охранных системах, приведена их сравнительная характеристика. Показаны способы повышения их функциональности.

Человек глазами воспринимает форму, размеры и цвет окружающих предметов, ушами слышит звуки, носом чувствует запахи. Для формирования ощущений человеку необходимо внешнее раздражение определенных органов – "датчиков чувств" [1]. Датчики играют ту же роль для аппаратуры, что и органы чувств для человека – они помогают непосредственно общаться аппаратуре с внешним миром. В настоящее время датчики являются неотъемлемой частью технических устройств.

В последнее время в связи с удешевлением электронных систем все чаще применяются датчики со сложной обработкой сигналов, возможностями настройки и регулирования параметров, стандартным интерфейсом системы управления. Имеется определенная тенденция расширительной трактовки и перенесения этого термина на измерительные приборы, появившиеся значительно ранее массового использования датчиков, а также по аналогии - на объекты иной природы, например, биологические[2]. Датчики используются во всех отраслях промышленности и жизнедеятельности человека, так же не стали исключением и охранные системы. Немаловажную роль в развитие систем охраны сыграло и развитие датчиков различных физических величин, которые, включаясь в системы охраны, расширяют их функциональные возможности.

Рассмотрим типичные датчики, входящие в системы охранной сигнализации. Датчики могут строиться на различных принципах работы, но наиболее широкое распространение в охранных системах получили только некоторые типы датчиков. В стандартный комплект датчиков охранных систем входят: датчик разбития стекла, датчик движения и датчик открытия и закрытия дверей. Датчик движения представляет собой пироэлемент, при воздействии на чувствительный элемент которого теплого потока от движущегося объекта, на электродах датчика появляется разность потенциалов. Инфракрасный датчик движения SWAN QUAD имеет широкую диаграмму направленности, что позволяет охватывать обширные зоны размером до 15 м, однако необходимо использовать специальные фильтрующие линзы ("широкий угол")[2]. За счет хорошо отлаженной системы обработки данных центральным процессором охранной системы практически исключаются ошибки считывания информации с охраняемой зоны, например ошибки связанные с нарушением охраняемой зоны домашними питомцами. Однако иногда ошибки считывания неизбежны, именно поэтому целесообразно подключение еще одного датчика движения для сравнения данных. Весьма перспективными в последнее время стали так называемые комбинированные датчики движения, которые сочетают в себе сразу несколько принципов работы, что позволяет повысить точность измерения. Одним из таких датчиков является комбинированный цифровой датчик PARADOX 525D (рис. 1).

Наличие в системе охраны комбинированных датчиков влечет повышение функциональных возможностей, избежание ложных срабатываний и повышения точности измерений.

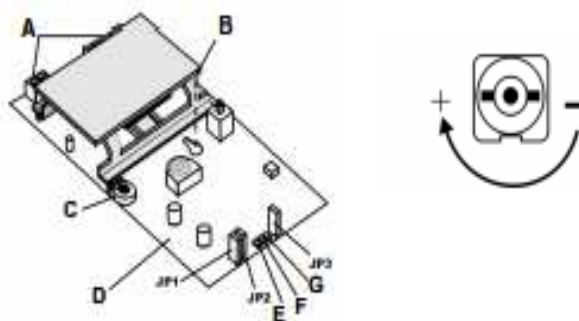


Рис. 1. Компоновка комбинированного датчика движения:
 А – выход датчика; В – болт печатной платы; С – регулятор чувствительности микроволн;
 D – печатная плата; E, F, G – светодиоды обнаружения тревоги

Рассмотрим самое уязвимое устройство, входящее в систему охранной сигнализации, – датчик открытия и закрытия дверей. Данное устройство в охранных сигнализациях реализуется, как правило, с помощью геркона и расположенного рядом магнита. Принцип действия герконов очень прост: при приближении магнита к паре контактов, последние под воздействием магнитного поля соприкасаются, в результате они проводят электрический ток. Если магнит и геркон с контактами разнесены на определенное расстояние, то контакт не образовывается, вследствие чего на центральный охранной модуль поступает сигнал о том, что дверь открыта. Из принципа работы герконового датчика вытекает ряд его недостатков:

- Дребезг контактов, который может происходить при вариации магнитного поля, в результате за одну секунду контакты геркона могут десятки раз смыкаться и размыкаться.
- Сравнительно невысокая надежность, так как имеются механические части в паре контактов, в начальный момент времени через контакт могут протекать большие токи, т.е. возникают так называемые броски тока.
- В промышленных помещениях, где работает мощная аппаратура, могут возникать мощные магнитные поля, которые будут воздействовать на геркон и замыкать или размыкать контакты, что приведет к ложным срабатываниям.

Для устранения данных недостатков следует модернизировать конструкцию геркона, например, ставить соответствующие экраны, усиливать контакты геркона, подбирать материалы с улучшенными механическими и физико-химическими свойствами.

Одними из самых распространенных типов датчиков, обнаруживающих факт вторжения злоумышленника на охраняемый объект, являются извещатели разрушения стекла. Такие датчики работают по принципу улавливания определенной звуковой волны на расстоянии. В этих датчиках встроенный микрофон звукового извещателя преобразует звук разбития стекла в электрический сигнал. Электронная схема звукового датчика осуществляет обработку и анализ этого сигнала. Исполнительное устройство акустического извещателя формирует сигнал тревоги и другие служебные сигналы.

Для повышения точности срабатывания акустического датчика и уменьшения количества ложных срабатываний алгоритм обработки полученного извещателем звукового сигнала предусматривает анализ двух акустических составляющих - низкочастотной и высокочастотной. Низкочастотная составляющая звукового сигнала образуется в момент удара по стеклу, а высокочастотная - результат его разрушения, то есть не что иное, как хорошо всем знакомый звон разбития стекла[3].

Чувствительным элементом в данном случае является либо электретный микрофон, либо пьезоэлектрический модуль, который улавливает звуковые колебания. Приведем особенности датчиков разбития стекла:

- Схема фазо-частотного разделения реагирует на инфранизкие частоты и звон разбиваемого стекла.
- Чувствительность каналов калибруется отдельно.
- Реализована функция памяти.

Таким образом, можно выделить два направления для модификации датчика разбития стекла. Первое заключается в разработке новых алгоритмов обработки данных, за это, в основном, отвечает центральный модуль охранной системы. Второе направление заключается в модернизации конструкции датчика. Во всех датчиках разбития стекла существует вероятность ложных срабатываний. Для их сокращения следует устанавливать специальный звуковой поглотитель (фильтр), который будет пропускать звуковой сигнал, относящийся к разбитию стекла, а все прочие сигналы должны затухать.

Следует остановиться на особенностях работы охранных систем на больших площадях. Датчики, входящие в охранной комплекс, могут обеспечивать зону слежения порядка 13-15 м, но если встает вопрос работы на более широких территориях, то возникает ряд затруднений. Для этого рекомендуется внедрять периметрическую систему, например оптико-электронную систему, состоящую из нескольких приемников и передатчиков оптического излучения (рис. 2).

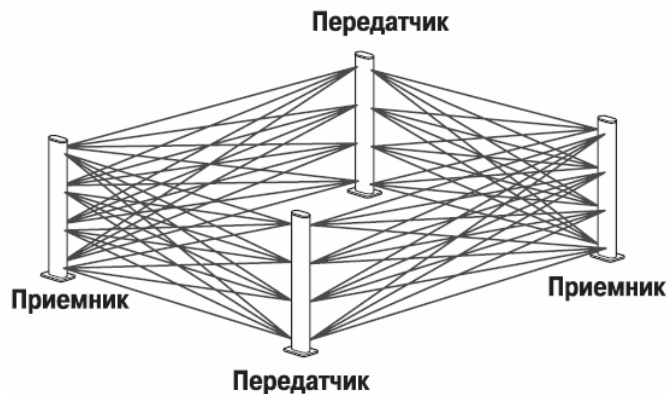


Рис. 2. Принцип действия периметрической системы

Формирование сигнала тревоги происходит при прерывании двух световых сигналов. Однако для подключения данного устройства к охранной сигнализации необходимо дополнительные выходы на центральном модуле обработки сигналов с датчиков. Следует отметить, что существуют датчики, которые могут работать автономно, независимо от центрального модуля. Например, периметрический датчик 2PH-100BQ[4] имеет несколько релейных выходов, которые можно соединить с релейными входами центрального блока охранной системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. История создания и совершенствования датчиков [Электронный ресурс]. – 2011. – Режим доступа: http://www.laserportal.ru/content_707. – Дата доступа: 03.08.2015.
2. SWAN QUAD, datasheet [Electronic resource]. – 2012. – Mode of access: http://www.rovalant.com/download/swan-quad_passport.pdf. – Date of access: 09.09.2015.
3. ELECTRONIC ENGINEERING, datasheet GBD-PLUSS [Electronic resource]. – 2013. – Mode of access: <http://www.sirius.kiev.ua/images/documents/instrukcii/signalizacii/datchik/Rozbitie/gbd%20plus.pdf>. – Date of access: 22.04.2015.
4. SENGATE, datasheet 2PH-100BQ [Electronic resource]. – 2014. – Mode of access: <http://www.e-pas.gr/files/HDES-IL010.pdf>. – Date of access: 12.09.2015.

УДК 621.3(075.8)

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ГЕОРАЗВЕДКИ

Е.Р. АДАМОВСКИЙ

(Представлено: канд. техн. наук, доц. В.Ф. ЯНУШКЕВИЧ)

Рассматриваются современные методы обнаружения углеводородных залежей с помощью радиолокации и их возможности. Раскрываются преимущества и недостатки каждого метода. Рассматриваются технологии инфразвукового метода АНЧАР и радиоволнового метода «Рэдойл».

На сегодняшний день существует множество методов обнаружения углеводородных залежей (УВЗ), основанных на их взаимодействии с радиосигналами. Рассмотрим самые эффективные из них:

1) Аэро – и космические съемки.

Один из методов – ландшафтное и структурно-геоморфологическое дешифрование, которые основаны на закономерности отражения антиклинальных структур в рельефе земной поверхности. Антиклиналь – форма залегания горных пород, выпуклый изгиб последовательно напластованных слоёв. Интерес представляет потому, что может служить ловушкой для углеводородов.

При соблюдении определенных геологических условий аэросъемка в диапазонах 3-5 мкм и 8-14 мкм позволяет обнаружить нефтегазовые залежи. Пример устройства обнаружения, работающего в таких диапазонах волн – прибор ЕТМ+, мультиспектральный сканирующий радиометр, который установлен на спутнике Landsat-7. Аппаратура ЕТМ+ обеспечивает съемку в семи спектральных каналах:

Таблица 1
Спектральные каналы прибора ЕТМ+

Номер канала	Длина волны, мкм	Разрешение, м
1	0,45 - 0,52	30
2	0,52 - 0,6	30
3	0,63 - 0,69	30
4	0,76 - 0,9	30
5	1,55 - 1,75	30
6	2,08 - 2,35	30
7	11,35 - 12,5	30

2) Метод альтернативных частот.

В диапазоне 1-2 МГц реальная составляющая комплексного значения поверхностного импеданса над углеводородной залежью преобладает над мнимой, что соответствует его фазовой компоненте $\varphi_z < 45^\circ$. В области 10-100 МГц анизотропная поверхность имеет индуктивный характер, так как фаза поверхностного импеданса $\varphi_z < 45^\circ$.

На границе пород и УВЗ напряженность поля, определенная на частоте из диапазона 1-2 МГц резко уменьшится. Использование альтернативной частоты в пределах 10-100 МГц позволяет зарегистрировать на границе УВЗ аномалию напряженности поля, противоположную первой.

3) Метод сравнения входных импедансов антенн с ортогональными поляризациями.

Для пояснения метода возьмем элементарный электрический вибратор, расположенный над однородной средой на определенной высоте h . При вертикальной и горизонтальной ориентациях устройство будет обладать определенными значениями входных сопротивлений:

$$z_B = (\varepsilon_r, h, f_0) = const, \quad (1)$$

$$z_\Gamma = (\varepsilon_r, h, f_0) = const. \quad (2)$$

Тогда коэффициент отношения входных сопротивлений, определяемый как

$$\delta = \frac{z_B}{z_\Gamma}, \quad (3)$$

при определенной высоте также будет постоянен.

Увеличение или уменьшение данного коэффициента при постоянной высоте будет свидетельствовать о наличии УВЗ под вибратором.

4) Метод измерения отношения коэффициента отражения.

Теоретическое исследование свойств зондирующего СВЧ-сигнала указывает на наличие контрастов коэффициента отражения между средой над УВЗ и подстилающей средой. УВЗ идентифицируется по отличию коэффициентов частоты и поляризации. Для оценки контраста используются следующие отношения:

$$\delta_\Pi = \frac{\Gamma_E}{\Gamma_H}, \quad (4)$$

$$\delta_f = \frac{\Gamma_{f2}}{\Gamma_{f1}}, \quad (5)$$

где Γ_E и Γ_H – коэффициенты отражения в Е- и Н-плоскостях поляризации;

Γ_{f1} и Γ_{f2} – коэффициенты отражения на двух частотах при нормальном и скользящем распространении радиоволн.

5) Инфразвуковой метод «АНЧАР».

Технология основана на явлении генерации углеводородной залежью инфразвуковых волн при ее возбуждении полем упругих колебаний. Над залежами регистрируются аномалии из-за возникновения дополнительного фона в потоке инфразвуковых волн.

Метод позволяет определить наличие углеводородов в пластах и коллекторах на глубине от 5 метров до 1 километра. Для природных резервуаров и техногенных скоплений эти цифры составляют 0.7 – 5 километров.

Геофизический комплекс АНЧАР представляет собой ряд технологических установок и транспортное средство. Техническое оснащение специалистов при работе по технологии АНЧАР:

- сейсмодатчик;
- легкий вездеход, включающий в себя блоки управления и средства навигации;
- многоканальная инфразвуковая станция;
- телеметрические регистрирующие установки.

6) Радиоволновый метод «Рэдойл».

Данный метод основан на явлении дифракции радиоволны в местах соприкосновения нефти и воды. Границы залежей регистрируются по аномалиям кривых электрической напряженности поля поверхностной электромагнитной волны в узком диапазоне 1.5 – 2 МГц.

Решение задачи выделения этих границ связано с использованием резонансного взаимодействия ЭВМ со средой над залежью, которая проявляет анизотропные свойства в слабом геомагнитном поле.

Данный метод обладает рядом недостатков:

- технические сложности обеспечения глубинности и получения отклика для волн данного диапазона;
- низкая точность при классификации аномалий по породам.

В данной статье были рассмотрены самые эффективные и часто используемые методы георазведки. Представленные методы отличаются большим разнообразием технических средств и способов их реализации. Все они обладают определенными достоинствами и недостатками, а также ограничениями, которые были рассмотрены в данной научной работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гололобов, Д.В. Радиотехнические системы поиска и идентификации углеводородных залежей в режиме двух-частотного взаимодействия / Д.В. Гололобов, В.Ф. Янушкевич // Весці НАН Беларусі. Сер. фіз.-тэхн. навук. – 2002. – № 1. – С. 49 – 54.
2. Гололобов, Д.В. Взаимодействие электромагнитных волн и углеводородных залежей / Д.В. Гололобов. – Минск : Бестпринт, 2009. – 186 с.
3. Москвичев, В.Н. Исследование взаимодействия электромагнитных волн с углеводородной залежью / В.Н. Москвичев // Радиотехника и электроника. – Минск : Выш. шк., 1989. – Вып. 18. – С. 91 – 96.

УДК 621.3(075.8)

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СРЕД

Е.Р. АДАМОВСКИЙ

(Представлено: канд. техн. наук, доц. В.Ф. ЯНУШКЕВИЧ)

Рассматриваются основные электромагнитные характеристики сред, их взаимосвязь между собой и свойства. Приводится система уравнений Максвелла, а ее компоненты анализируются.

Электромагнитное поле (ЭМП) – особый вид материи, который взаимодействует с электрически заряженными телами. ЭМП представляет собой совокупность магнитного и электрического полей.

В любой точке своего существования, электромагнитное поле характеризуется напряженностью электрического поля \vec{E} и электрической индукцией \vec{D} , а также напряженностью магнитного поля \vec{H} и магнитной индукцией \vec{B} . Эти величины были объединены в систему уравнений Д.К. Максвеллом. Данная система показывает взаимосвязь между основными электромагнитными величинами, устанавливает связь электромагнитного поля с электрическими зарядами и токами:

$$\nabla * D = \rho, \quad (1)$$

$$\nabla * B = 0, \quad (2)$$

$$\nabla \times E = -\frac{\partial B}{\partial t}, \quad (3)$$

$$\nabla \times H = j + \frac{\partial D}{\partial t} \quad (4)$$

где ρ – плотность стороннего электрического заряда,

j – плотность электрического тока,

∇ – дифференциальный оператор набла.

Напряженность электрического поля \vec{E} измеряется в [В/м] и равна отношению силы \vec{F} , действующей на неподвижный точечный заряд q , к величине этого заряда:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}. \quad (5)$$

Электрическая индукция \vec{D} измеряется в Кл/м², равна сумме вектора напряженности поля \vec{E} и вектора поляризации \vec{P} :

$$\vec{D} = \varepsilon_0 * \vec{E} + \vec{P}, \quad (6)$$

где ε_0 – электрическая постоянная, численно равная $8.85 * 10^{-12}$ Ф/м.

Напряженность магнитного поля \vec{H} измеряется в [А/м] и равна разности вектора магнитной индукции \vec{B} и вектора намагниченности \vec{M} :

$$\vec{H} = \frac{1}{\mu_0} * \vec{B} - \vec{M}, \quad (7)$$

где μ_0 – магнитная постоянная, численно равная $4\pi * 10^{-7}$ Гн/м.

Магнитная индукция \vec{B} измеряется в [Тл] и определяет, с какой силой F магнитное поле действует на заряд q , движущийся с определенной скоростью u :

$$F = q * u * B * \sin \alpha, \quad (8)$$

где α – угол между векторами скорости и магнитной индукции.

Электрическая постоянная ε_0 и магнитная постоянная μ_0 , которые связывают между собой электрические поле и индукцию, а также магнитные поле и индукцию соответственно:

$$\vec{D} = \varepsilon_0 * \vec{E}, \quad (9)$$

$$\vec{B} = \mu_0 * \vec{H}. \quad (10)$$

Между μ_0 и ε_0 существует взаимосвязь через скорость света:

$$\varepsilon_0 = \frac{1}{\mu_0 * c^2} \quad (11)$$

где $c = 299792458$ м/с – скорость света.

В свою очередь, магнитная постоянная среды также выражается через другие величины:

$$\mu_0 = \frac{\mu}{\mu_r}, \quad (12)$$

где μ_r – относительная проницаемость среды;

μ – абсолютная проницаемость среды.

Магнитная проницаемость в зависимости от своего значения, разделяет вещества на диамагнетики ($\mu < 1$) и парамагнетики ($\mu > 1$).

Относительная магнитная проницаемость связана с магнитной восприимчивостью χ :

$$\mu_r = 1 + \chi. \quad (13)$$

Магнитная восприимчивость характеризует связь между магнитным моментом вещества J и магнитным полем в этом веществе:

$$\chi = \frac{J}{H}. \quad (14)$$

И магнитная проницаемость, и магнитная восприимчивость зависят от других свойств вещества, а также действующего магнитного поля и температуры.

Заключение. В статье были рассмотрены основные электромагнитные характеристики сред и их взаимосвязь между собой. Данные были компактно сгруппированы, а все величины – подписаны и пояснены. Данный материал может быть полезен при изучении курса «Электродинамика» как справочное пособие. Георазведка занимается поиском углеводородных залежей в слоистых средах, обладающих приведенными в статье электромагнитными характеристиками, которые играют важную роль в расчетах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федоров, Н.Н. Основы электродинамики : учеб. пособие для вузов / Н.Н. Федоров. – М. : Высш. шк., 1980. – 399 с.
2. Марков, Г.Т. Электродинамика и распространение радиоволн : учеб. пособие для вузов / Г.Т. Марков, Б.М. Петров, Г.П. Грудинская. – М. : Сов. радио., 1979. – 376 с.
3. Никольский, В.В. Электродинамика и распространение радиоволн : учеб. пособие для радиотехн. вузов и факультетов / В.В. Никольский, Т.И. Никольская. – М. : Наука., 1989. – 544 с.
4. Красюк, Н.П. Электродинамика и распространение радиоволн: учеб. пособие для радиотехн. вузов и факультетов / Н.П. Красюк, Н.Д. Дымович. – М. : Высш. школа., 1974. – 576 с.

УДК 53.043

ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ЯВЛЕНИЯ КВАНТОВОЙ ЗАПУТАННОСТИ

Д.И. ШИШКОВ

(Представлено: канд. техн. наук, доц. В.Ф. ЯНУШКЕВИЧ)

Рассмотрены способы применения явления квантовой запутанности, существующие и изучаемые на сегодняшний день. Предложена концепция и найдено новое применение данному явлению.

Введение. Квантовая запутанность — квантовомеханическое явление, при котором квантовые состояния двух или большего числа объектов оказываются взаимозависимыми. Такая взаимозависимость сохраняется, даже если эти объекты разнесены в пространстве за пределы любых известных взаимодействий, что находится в логическом противоречии с принципом локальности. Например, можно получить пару фотонов, находящихся в запутанном состоянии, и тогда если при измерении спина первой частицы спиральность оказывается положительной, то спиральность второй всегда оказывается отрицательной, и наоборот.

Применение. «Сверхсветовой коммуникатор» Херберта. В 1982 году американский физик Ник Херберт предложил журналу «Foundations of Physics» статью с идеей своего «сверхсветового коммуникатора на основе нового типа квантовых измерений» FLASH (First Laser-Amplified Superluminal Hookup). По позднему рассказу Ашера Переса, бывшего в тот момент одним из рецензентов журнала, ошибочность идеи была очевидной, но, к своему удивлению, он не нашел конкретной физической теоремы, на которую мог бы кратко сослаться. Поэтому он настоял на публикации статьи, так как это «пробудит заметный интерес, а нахождение ошибки приведет к заметному прогрессу в нашем понимании физики». Статья была напечатана, и в результате развернувшейся дискуссии Вуттерсом, Зуреком и Диксом была сформулирована и доказана теорема о запрете клонирования. Так излагается история у Переса в его статье, опубликованной 20 лет спустя после описываемых событий.

Теорема о запрете клонирования утверждает невозможность создания идеальной копии произвольного неизвестного квантового состояния. Весьма упрощая ситуацию, можно привести пример с кло-

нированием живых существ. Можно создать идеальную генетическую копию овцы, но нельзя «клонировать» жизнь и судьбу прототипа.

Квантовая коммуникация. Теория квантовой механики запрещает передачу информации со сверхсветовой скоростью. Это объясняется принципиально вероятностным характером измерений и теоремой о запрете клонирования. Представим разнесенных в пространстве наблюдателей А и Б, у которых имеется по экземпляру квантово-запутанных ящиков с котами Шредингера, находящимися в суперпозиции «жив-мертв». Если в момент t_1 наблюдатель А открывает ящик, то его кот равновероятно оказывается либо живым, либо мертвым. Если живым, то в момент t_2 наблюдатель Б открывает свой ящик и находит там мертвого кота. Проблема в том, что до исходного измерения нет возможности предсказать, у кого именно что окажется, а после один кот жив, другой мертв, и назад ситуацию не повернуть.

Обход классических ограничений был найден в 2006 году А. Коротковым и Э. Джорданом из Калифорнийского университета за счет слабых квантовых измерений (англ. weak quantum measurement). Продолжая аналогию, оказалось, что можно не распахивать ящик, а лишь чуть-чуть приподнять его крышку и подсмотреть в щелку. Если состояние кота неудовлетворительно, то крышку можно сразу хлопнуть и попробовать еще раз. В 2008 году другая группа исследователей из Калифорнийского университета объявила об успешной экспериментальной проверке данной теории. «Реинкарнация» кота Шредингера стала возможной. Наблюдатель А теперь может приоткрывать и закрывать крышку ящика, пока не убедится, что у наблюдателя Б кот окажется в нужном состоянии.

Квантовые вычисления. Идея квантовых вычислений была впервые предложена Ю. И. Маниным в 1980 году. На сентябрь 2011 года полномасштабный квантовый компьютер является пока гипотетическим устройством, построение которого связано со многими вопросами квантовой теории и с решением проблемы декогеренции. Ограниченные (в несколько кубитов) квантовые «миникомпьютеры» уже создаются в лабораториях. Первое удачное применение с полезным результатом продемонстрировано международным коллективом ученых в 2009 году. По квантовому алгоритму была определена энергия молекулы водорода. Впрочем, некоторыми исследователями высказывается мнение, что для квантовых компьютеров запутанность является, наоборот, нежелательным побочным фактором.

Квантовая криптография используется для пересылки зашифрованных сообщений по двум каналам связи, квантовому и традиционному. Первый протокол квантового распределения ключа BB84 был предложен Беннетом и Brassardом в 1984 году. С тех пор квантовая криптография являлась одним из бурно развивающихся прикладных направлений квантовой физики, и к 2011 году несколькими лабораториями и коммерческими фирмами были созданы работающие прототипы передатчиков и приемников.

Идея и привлекательность квантовой криптографии базируется не на «абсолютной» криптостойкости, а на гарантированном уведомлении, как только кто-либо попытается перехватить сообщение. Последнее же базируется на известных к началу разработок законах квантовой физики и в первую очередь на необратимости коллапса волновой функции. В связи с открытием и успешным тестированием обратимых слабых квантовых измерений основы надежности квантовой криптографии оказались под большим вопросом. Возможно, квантовая криптография войдет в историю как система, для которой прототип «абсолютно надежного» передатчика и прототип перехватчика сообщений были созданы почти одновременно и до начала практического использования самой системы.

Вывод. Внимательно изучив области применения квантовой запутанности, предлагаем новое применение.

Для начала нужно сделать несколько допущений:

1. Мы умеем запутывать сколь угодно много частиц любого вещества.
2. Мы можем свободно манипулировать квантовозапутанными атомами и молекулами выстраивая из них домены вещества, создавая из них полупроводниковые структуры.

В итоге мы можем получить устройство для устранения аддитивных помех по фотонному каналу, то есть помех обусловленных квантовым состоянием частиц.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баргатин, И.В. Запутанные квантовые состояния атомных систем / И.В. Баргатин, Б.А. Гришанин, В.Н. Задков // Успехи физических наук. – 2001. – Т. 171, № 6.
2. Валиев, К.А. Квантовые компьютеры: надежды и реальность / К.А. Валиев, А.А. Кокин. – М. : R&C, 2001.
3. Килин, С.Я. Квантовая информация / С.Я. Килин // Успехи физ. наук. – 1999. – Т. 169, № 5.
4. Квантовая криптография. Идеи и практика / под ред. С.Я. Килина, Д.Б. Хорошко, А.П. Низовцева. – Минск : Белорус. наука, 2007.
5. Нильсен, М. Квантовые вычисления и квантовая информация = Quantum Computation and Quantum Information / М. Нильсен, И. Чанг. – М. : Мир, 2006.

УДК 621.376.9

ПРИНЦИП УСТРАНЕНИЯ ДЕТЕРМИНИРОВАННЫХ ПОМЕХ ПУТЕМ КОМПЕНСАЦИИ

Д.И. ШИШКОВ

(Представлено: канд. техн. наук, доц. В.Ф. ЯНУШКЕВИЧ)

Рассмотрен один из методов борьбы с помехами. Данный метод является эффективным, но при этом далеко не всегда возможным, потому как детерминировать помехи – довольно сложная задача.

Помехой называется стороннее возмущение, действующее в системе передачи и препятствующее правильному приему сигналов.

Источники помех могут находиться как вне, так и внутри самой системы передачи.

В общем виде влияние помехи k на передаваемый сигнал s может быть выражено оператором

$$x = f(s, k). \quad (1)$$

В том частном случае, когда этот оператор вырождается в сумму

$$x = s + k, \quad (2)$$

помеха k называется аддитивной. Аддитивную помеху часто называют шумом.

Если же x может быть представлен в виде

$$x = vs, \quad (3)$$

где случайный процесс $v(t)$ неотрицателен, то помеху v называют мультипликативной. Если v медленный (по сравнению с s) процесс, то явление, вызываемое мультипликативной помехой, носит название фединг).

В более общем случае оператор f не может быть приведен к основным формам (2) и (3). При одновременном наличии шума и мультипликативной помехи удобно ввести два случайных процесса, выражающих оба вида помехи:

$$x = vs + k. \quad (4)$$

С физической точки зрения случайные помехи порождаются различного рода флуктуациями. Флуктуациями в физике называют случайные отклонения тех или иных физических величин от их средних значений. Так, источником шума в электрических цепях постоянного тока могут являться флуктуации тока около среднего значения, обусловленные дискретной природой носителей заряда (ионов и электронов). Это явление носит название дробового эффекта

Наиболее универсальной причиной шума являются флуктуации, обусловленные тепловым движением. Случайное тепловое движение носителей заряда в любом проводнике вызывает случайную разность потенциалов на его концах. Эта разность потенциалов флуктуирует около среднего значения, равного нулю; ее средний квадрат пропорционален абсолютной температуре. Возникающая помеха называется тепловым шумом.

Из сказанного видно, что флуктуации и обусловленные ими помехи заложены глубоко в природе вещей.

Флуктуации есть результат дискретного строения вещества и статистической природы ряда физических величин. Многие физические величины представляют результат усреднения по большому числу индивидуальных частиц, поведение и действие которых подчиняется законам случая. Поэтому флуктуации этих физических величин принципиально неустранимы, и можно лишь ставить вопрос о том, какова относительная величина флуктуации и каким образом мы можем на нее повлиять находящимися в нашем распоряжении средствами.

Имеется еще один источник принципиально неустранимого шума, возникающего из-за дискретной природы электромагнитного излучения. Согласно современным воззрениям излучение совершается дискретными порциями – квантами, энергия которых равна $h\nu$, где h – постоянная Планка, ν – частота. Квант электромагнитного излучения называется фотоном. В настоящее время в технике имеются две ясные тенденции: к увеличению расстояний и к повышению частоты. Увеличение расстояний означает уменьшение потока энергии, а повышение частоты – укрупнение фотонов. Таким образом, при определенных условиях не только начинает ощущаться дискретная фотонная структура излучения, но обусловленный этой причиной шум может превзойти все остальные помехи. Канал, работающий при таких условиях, получил название фотонного канала.

Выше перечисленные шумы являются аддитивными, но имеется обширный класс мультипликативных помех.

Результаты, и их обсуждение. В данной статье рассматривается простейший способ устранения аддитивных помех. Предположим, что существует полезный сигнал искаженный аддитивными помехами: $S(t)$, и шумовой сигнал, состоящий из тех же аддитивных помех $Z(t)$, тогда неискаженный помехами

сигнал будет иметь следующий вид, что по сути является сложением искаженного сигнала с инвертированным шумовым сигналом или вычитанием этих сигналов соответственно:

$$Ch(t) = S(t) + (-Z(t)) = S(t) - Z(t) \quad (5)$$

Графически результаты данного процесса изображены на рис. 1.

Так же данный метод можно использовать для спектральной компенсации. Принцип действия заключается в следующем, сначала принимается только шумовой сигнал, затем принятый сигнал спектрально анализируют, а после выстраивают фильтры таким образом, что бы их передаточная характеристика была схожа с обратной к спектральной характеристике шумового сигнала. Такой подход применяется в современном программном обеспечении для пост-обработки звука.

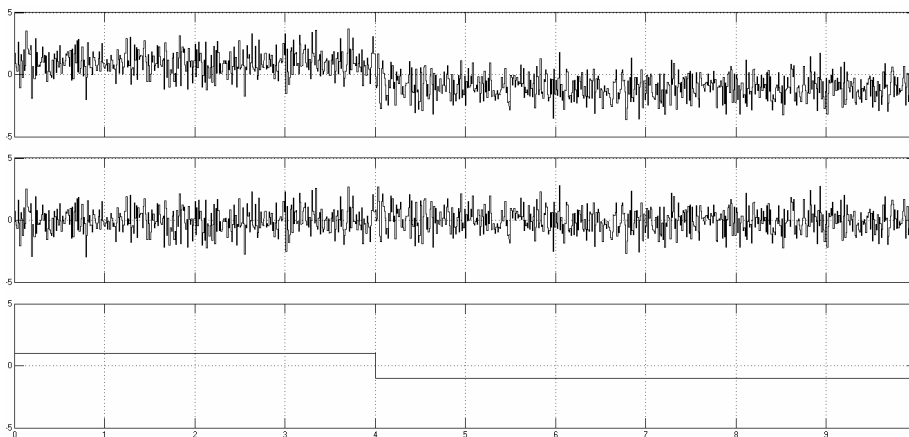


Рис. 1. Осциллограммы полезного искаженного сигнала, шумового сигнала и полезный неискаженный сигнал

На данный момент тема является весьма актуальной.

Не смотря на простоту компенсационного метода, его применение возможно далеко не всегда, а потому не стоит, при сооружении высокоточных систем, рассчитывать только на этот метод, а использовать его в комплексе с другими методами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бойерле, Х. Коммуникация в технике автоматизации / Х. Бойерле, П. Беценар, Г. Бах ; пер. с нем. – Берлин, Мюнхен : АО Siemens, 1991. – 155 с.
2. Варакин, Л.Е. Теория систем сигналов / Л.Е. Варакин. – М. : Совет. радио, 1978. – 375 с.
3. Гоноровский, И.С. Радиотехнические цепи и сигналы : учеб. для вузов / И.С. Гоноровский. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Радио и связь, 1986. – 512 с.
4. Гук, М. Аппаратные средства локальных сетей : энцикл. / М. Гук. – Спб. : Питер, 2000. – 576 с.

УДК 621.375.018.756

МОСТОВОЙ УСИЛИТЕЛЬ КЛАССА D

В.В. ЛОВКИС

(Представлено: канд. физ.-мат. наук, доц. С.А. ВАБИЩЕВИЧ)

Рассматривается мостовой усилитель низкой частоты класса D. Изучены основные характеристики усилителя: коэффициент полезного действия, коэффициенты усиления и искажения, мощность, коэффициент демпфирования. Установлено, что мостовой усилитель класса D обладает высоким коэффициентом полезного действия, имеет малые гармонические искажения, достаточно большой коэффициент демпфирования и небольшие размеры печатной платы.

В течение последних нескольких лет, отмечается рост рыночного спроса на аудио усилители с высокой выходной мощностью и большим количеством каналов. Это является результатом увеличения динамического диапазона аудио оборудования и движение в сторону многоканальных звуковых систем. Это потребовало комплексных аудио усилителей с небольшим количеством внешних компонентов и

низким энергопотреблением. Традиционные усилители класса АВ, которые еще в значительной степени используются, не подходят для удовлетворения этих требований. Все это привело к быстрому развитию технологических процессов для изготовления на одном кристалле аналоговых и цифровых схем, мощных полевых транзисторов и схем управления ими [1].

В этом режиме усилительный элемент переключает выходную линию то на одну шину питания, то на другую со сверхзвуковой частотой, при этом продолжительность выходных импульсов и паузы между ними подбирается таким образом, чтобы среднее выходное напряжение соответствовало уровню усиливаемого сигнала. Иначе говоря, речь идет о широтно-импульсной модуляции (ШИМ). Несмотря на перспективность такого подхода, этот режим еще мало применяется в аудиотехнике из-за трудности магнитной совместимости, ведь мощные прямоугольные импульсы частотой 500 кГц являются источником электромагнитных помех.

По принципу работы усилители класса D похожи на импульсные стабилизаторы и блоки питания. На выходной каскад подается последовательность ШИМ-прямоугольных импульсов, скважность которых пропорциональна амплитуде усиливаемого сигнала. На выходе таких усилителей устанавливаются сглаживающие фильтры. Усилители такого типа могут работать в режиме усиления аналоговых или цифровых сигналов (без их предварительного преобразования).

Усиление аналоговых сигналов происходит следующим образом. Встроенный генератор вырабатывает последовательность прямоугольных импульсов постоянной частоты (называемой несущей), и интегратор превращает ее в последовательность треугольных импульсов. Частота несущей задается внешней RC-цепью, резонатором или внешним генератором. Полученная последовательность и входной сигнал поступают на компаратор, выступающий в роли модулятора. С выхода компаратора снимается последовательность прямоугольных импульсов, скважность которых пропорциональна мгновенным значениям амплитуды входного сигнала (взятым через промежутки времени, соответствующие периоду несущей частоты). Эта последовательность поступает на усилитель мощности, работающий в ключевом режиме. После усиления сигнал поступает на фильтр нижних частот (ФНЧ), который подавляет несущую частоту, ее гармоники и побочные составляющие спектра модуляции (рис. 1, а). Основное условие работы такой схемы – несущая частота должна быть как минимум вдвое больше максимальной частоты усиливаемого сигнала. Это гарантирует отсутствие помех в усиливаемом сигнале. Обычно частота дискретизации выбирается в пределах от 250 до 500 кГц (что обусловлено простотой фильтрации) [2].

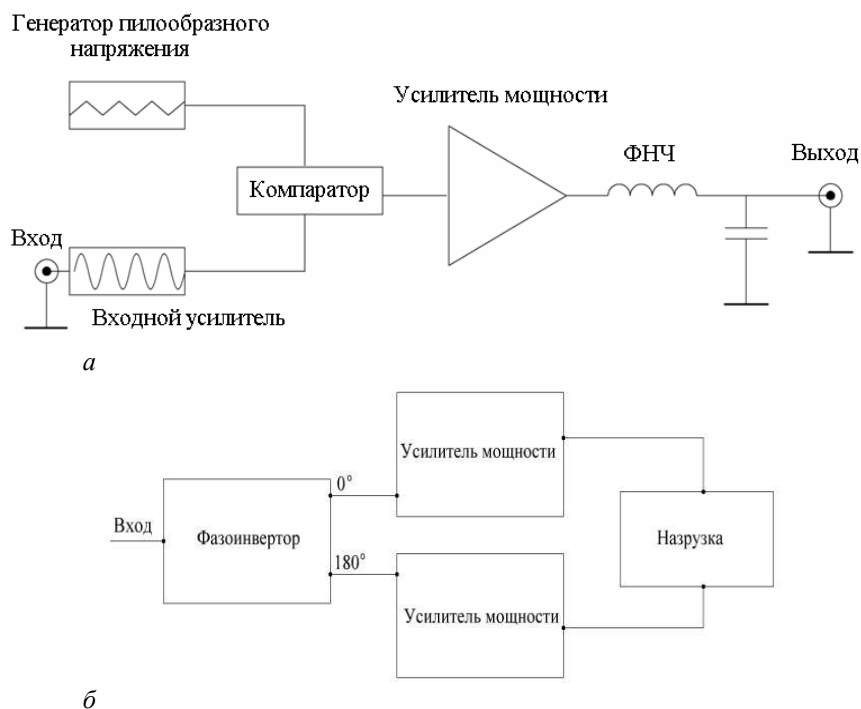


Рис. 1. Блок-схемы усилителя мощности (а) и мостового усилителя класса D (б)

На основе двух блок-схем был реализован опытный образец мостового усилителя низкой частоты класса D, принципиальная схема которого представлена на рис. 2.

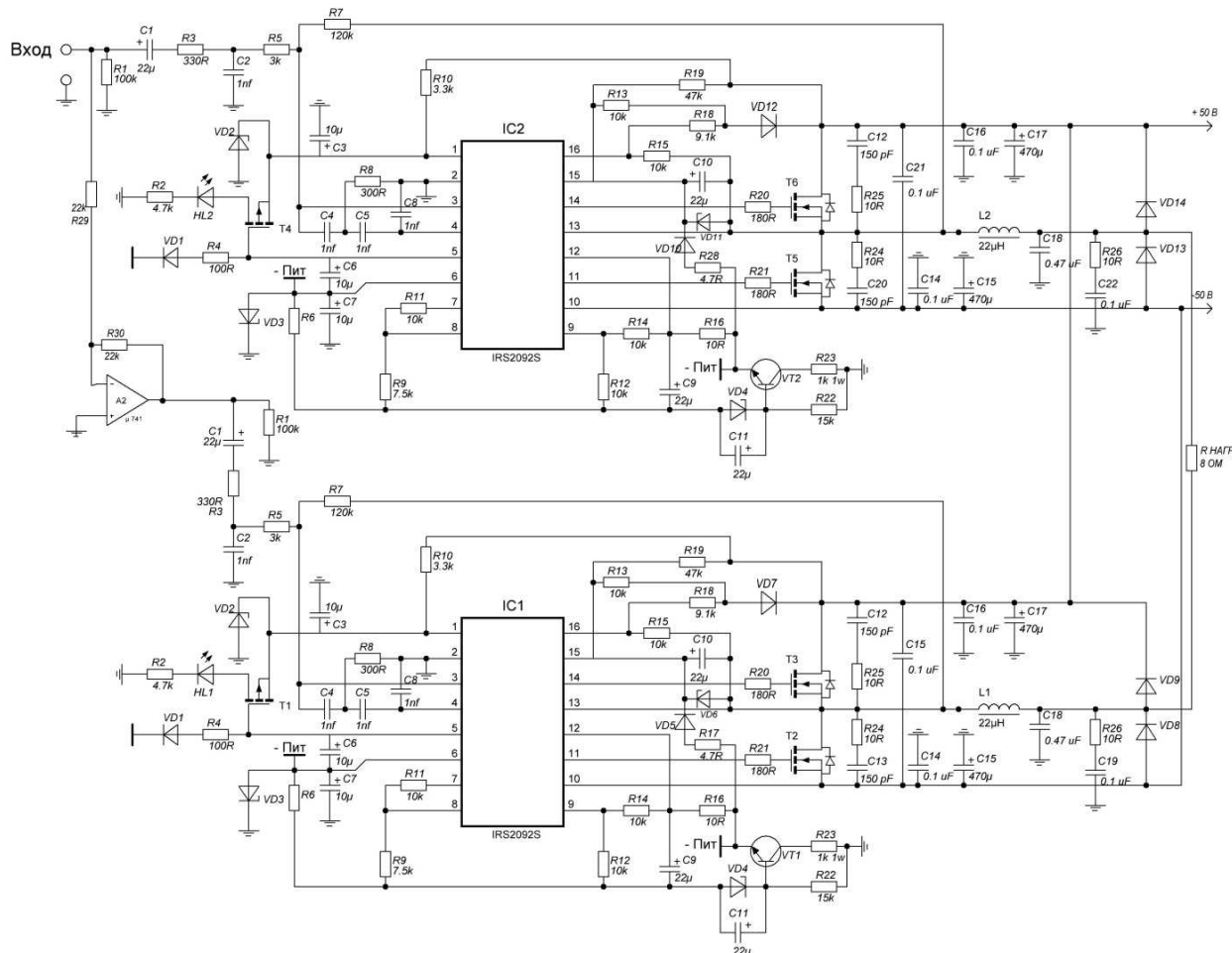


Рис. 2. Принципиальная схема мостового усилителя класса D

Из схемы видно, что незаземленная нагрузка подключается к выходам усилителя с противофазными выходными сигналами. К достоинствам такой схемы можно отнести учетверенную максимальную выходную мощность при том же напряжении питания, по сравнению с усилителями мощности с одиночным выходом и с заземленной нагрузкой. Кроме того, такая схема создает симметричные токовые пульсации по цепям питания с удвоенной частотой сигнала, что упрощает построение источников питания (соответствующей мощности), исключая возможные условия появления перекосов выходных двуполярных напряжений. Отметим, что мостовые усилители не вызывают появления сильноточных сигнальных токов по "общему" проводу, что намного улучшает совместимость узлов в многоканальной (например, стерео) аппаратуре [3].

При том, что мощность в нагрузке стала в 4 раза больше, ее нельзя выделять на сопротивление 4 Ом – это может привести к чрезмерно большому току через ключи и их выходу из строя. Поэтому данный усилитель лучше всего использовать на нагрузку в 8 Ом вместо 4, при этом его мощность составит 700 Вт вместо 1400 Вт, а демпфирующий фактор останется прежним, ведь сопротивление нагрузки возросло в два раза.

Еще одним важным требованием к настройке несущих частот усилителей является то, что поскольку они работают на общую нагрузку, необходимо согласование по частоте работы этих усилителей. При этом отклонения не должны были превышать $\pm 5\%$. Если пренебречь этим требованием, то будет резкое увеличение частотных искажений или даже выход усилителя из строя.

Преимуществами мостового усилителя класса D является хорошее соотношение размеров, КПД и выходной мощности. По приведенной выше схеме был построен усилитель размерами печатной платы 10×5 (см) при выходной мощности 700 Вт (сопротивление нагрузки 8 Ом). Значения КПД для этого класса составляют до 96%, так как рабочая точка транзистора очень короткое время находится на линейном участке характеристики, потери в закрытом или полностью открытом состоянии минимальны, а ток через транзисторы при отсутствии сигнала равен нулю.

Именно эти факторы позволяют экономить материалы на изготовление массивных радиаторов для охлаждения выходных транзисторов, а также снизить потребление электроэнергии. Усилитель изготовлен на двухсторонней плате (рис. 3), что повысило стабильность его работы. Нижний слой платы занимает микросхема, пассивные и активные элементы, работающие на высокой частоте (450 кГц). Дорожки сделаны везде тонкими и короткими для получения меньших помех и наводок. Ведь на высоких частотах любой длинный проводник будет работать, как антенна. Верхний слой платы служит «экраном», он защищает усилитель от влияния другой аппаратуры работающей вблизи его. В таблице приведены основные характеристики, разработанного мостового усилителя класса D.

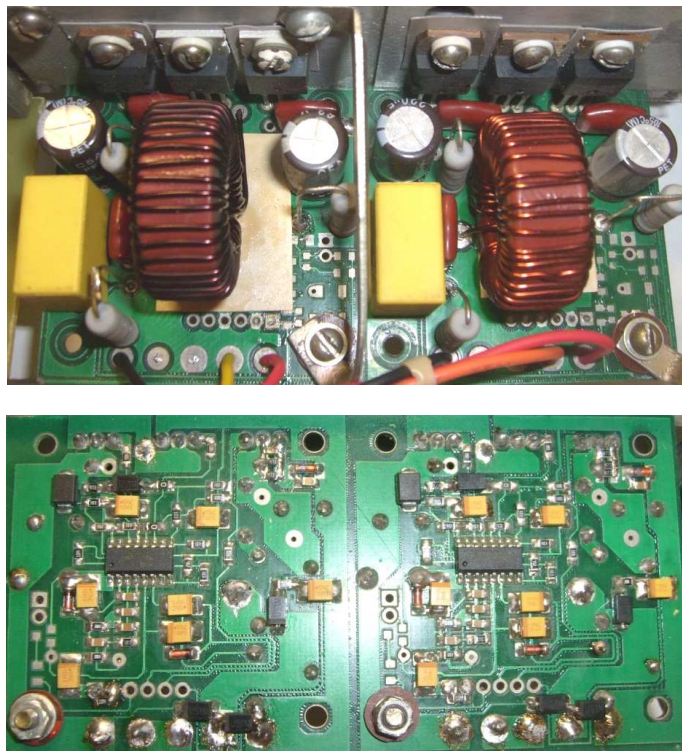


Рис. 3. Внешний вид платы мостового усилителя класса D

Таблица

Характеристики усилителя класса D

Мощность, Вт	Искажения, %	Коэффициент усиления, отн. ед.	кпд, %	Уровень шума, дБ	Коэффициент демпфирования, отн. ед.	Воспроизводимые частоты, Гц
700	0,001	60	90	- 85	100	20 – 25000

Таким образом, в результате исследования установлено, что мостовые усилители класса D обладают характеристиками, позволяющими говорить об их преимуществе над усилителями других классов: высокая выходная мощность обеспечивается устройством с малыми габаритами, высокий кпд (около 90%), малые искажения усиленного сигнала, хорошая нагрузочная способность, большой коэффициент демпфирования, малые шумы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Данилов, А.А. Прецизионные усилители низкой частоты / А.А.Данилов. – М. : Горячая линия – Телеком, 2004. – 352 с.
2. Дуглас, С. Проектирование усилителей мощности звуковой частоты / С. Дуглас. – 3-е изд. – ДМК Пресс, 2009. – 536 с.
3. Шкритек, П. Справочное руководство по звуковой схемотехнике / П. Шкритек. – Мир, 1991. – 446 с.

УДК 621.375.018.756

ИМПУЛЬСНЫЙ БЛОК ПИТАНИЯ ВЫСОКОЙ МОЩНОСТИ**В.В. ЛОВКИС***(Представлено: канд. физ.-мат. наук, доц. С.А. ВАБИЩЕВИЧ)*

Рассматривается импульсный блок питания высокой мощности. Изучены основные характеристики блока питания: коэффициент полезного действия, коэффициент пульсаций при номинальной мощности, мощность, температурная зависимость, нагрузочная характеристика. Установлено, что импульсный блок питания обладает высоким коэффициентом полезного действия, имеет малые пульсации, малое выходное сопротивление, устойчивую нагрузочную характеристику и небольшие размеры печатной платы.

Уменьшение массы и габаритов и повышение экономичности источников питания является одной из актуальных задач при конструировании современной радиоэлектронной аппаратуры. Наиболее просто эта задача решается заменой традиционного выпрямителя (с громоздким сетевым трансформатором и емкостным фильтром) высокочастотным преобразователем с последующим выпрямлением высокочастотного напряжения.

Сама идея создания импульсного блока питания (ИБП) связана с уменьшением массогабаритных характеристик и стоимости. Но при этом возникает ряд новых проблем: с увеличением частоты растут требования к частотным характеристикам применяемых деталей, увеличиваются уровень импульсных помех и переключательные потери. Оптимальным решением в этом случае будет выбор частоты преобразователя в районе 40 – 70 кГц. Поднятие частоты до 100 кГц немного снизит размеры трансформатора, но именно немного. А если учесть, что блок питания состоит не из одного трансформатора, то выигрыш в размере будет совсем не значительным.

Основными функциональными частями ИБП являются: входной помехоподавляющий фильтр; сетевой выпрямитель; сглаживающий емкостной фильтр; схема пуска; ключевой преобразователь напряжения с импульсным силовым трансформатором (силовой инвертор); схема управления; цепи формирования выходных напряжений, гальванически развязанные от питающей сети.

В зависимости от назначения ИБП может содержать различные дополнительные схемы, например: линейные стабилизаторы в интегральном или дискретном исполнении; помехоподавляющие цепи; схемы защиты от перегрузок по току.

Для получения постоянных напряжений с помощью ИБП с бестрансформаторным входом в нем осуществляется тройное преобразование напряжения. Переменное напряжение сети выпрямляется и сглаживается. Полученное постоянное напряжение преобразуется в импульсное прямоугольное напряжение частотой несколько десятков килогерц, которое трансформируется с соответствующим коэффициентом на вторичную сторону, выпрямляется и сглаживается. Определяющим узлом любого ИБП является ключевой преобразователь напряжения и, в первую очередь, его силовая часть (мощный выходной каскад).

Значения КПД для этого вида блоков составляют до 96%, так как рабочая точка транзистора очень короткое время находится на линейном участке характеристики, потери в закрытом или полностью открытом состоянии минимальны, а ток через транзисторы при отсутствии нагрузки почти равен нулю.

Высокочастотный преобразователь является источником импульсных помех, что предъявляет к его схеме высокие требования в части электромагнитной совместимости с потребителем, а также с другими бытовыми электронными устройствами. Кроме того, в бестрансформаторных ИБП нет гальванической развязки части схемы от напряжения сети, что требует принятия специальных мер безопасности при его эксплуатации [1].

Целью данной работы было проектирование и создание импульсного блока питания для снятия его основных электрических параметров. При проектировании была решена задача оптимальной намотки импульсного трансформатора, а также проблема разводки печатной платы.

Переменное напряжение сети выпрямляется диодным мостом и сглаживается конденсаторами большой емкости. В результате на выходе выпрямителя появляется постоянное положительное напряжение $U = +310$ В. Этим напряжением запитывается схема пуска, которая вырабатывает питающее напряжение для схемы управления сразу после включения ИБП. На выходе схемы управления вырабатывается управляющее напряжение в виде последовательности прямоугольных импульсов с частотой порядка несколько десятков килогерц. Эти импульсы управляют состоянием (открыт/закрыт) мощных ключевых высокочастотных транзисторов, нагрузкой которых является первичная обмотка импульсного высокочастотного трансформатора (ИВТ). В результате переключения транзисторных ключей во вторичных обмотках ИВТ наводятся импульсные ЭДС прямоугольной формы, которые затем выпрямляются и сглаживаются. На рисунке 1 представлена блок-схема ИБП.



Рис. 1. Блок-схема ИБП

Был изготовлен опытный образец импульсного блока питания, принципиальная схема которого представлена на рис. 2.

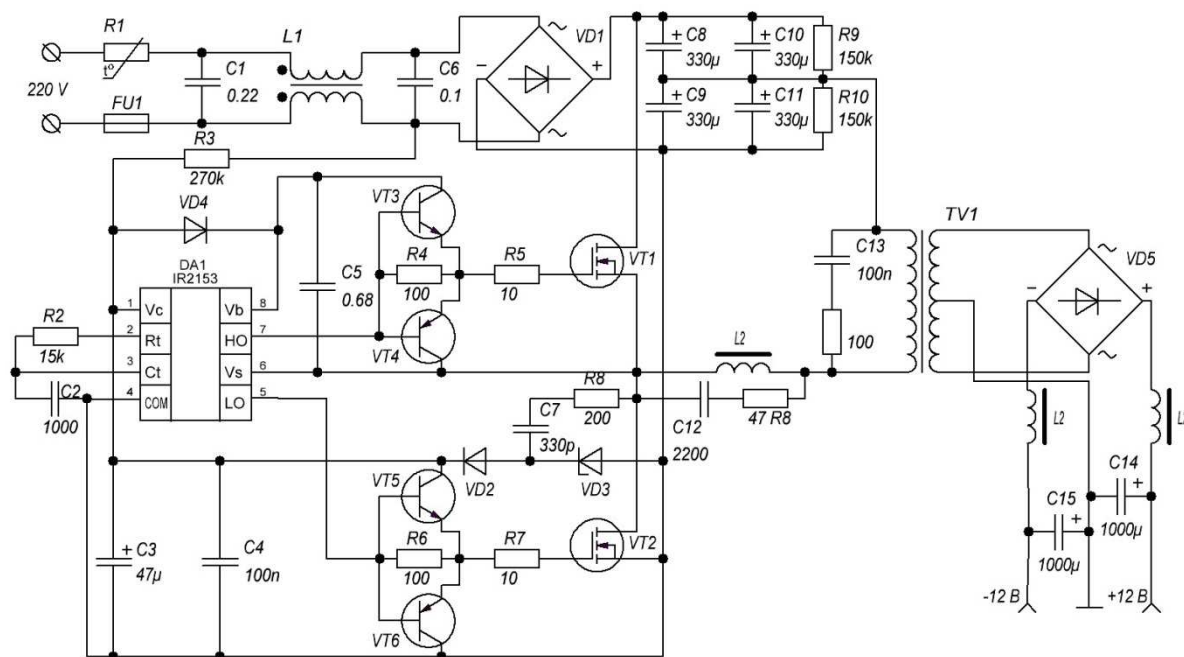


Рис. 2. Принципиальная схема ИБП

Для построения ИБП была выбрана микросхема IR2153 являющаяся драйвером управления полевыми и IGBT транзисторами полумоста. Разрабатывалась она для применения в схемах электронного балласта газоразрядных ламп. Микросхема позволяет создать простой блок питания, по своей сути это электронный трансформатор с выпрямителем [2].

Частота работы преобразователя определяется при расчете трансформатора. Здесь требовалось только определить номиналы R2 и C2 для задания частоты генерации микросхемы. Это удобно сделать с помощью программы «Freq2153» [3]. Исходя из этого была выбрана частота, равная 47 кГц. Для этой частоты был рассчитан трансформатор в программе «Ring Ferrite Extra Soft (1300)» [3].

Для поднятия КПД были использованы эмиттерные повторители верхнего ключа VT3 VT4 и нижнего ключа VT5 VT6. Они обеспечивают хорошее закрытие и открытие ключей, снижают нагрузку на драйверы микросхемы, уменьшают вероятность возникновения «сквозного» тока через выходные транзисторы.

Для уменьшения влияния скин-эффекта обмотки трансформатора были выполнены из нескольких проводов малого диаметра скученных в одну косу. Для уменьшения нагрева сердечника на холостом ходу была снижена индукция в нем, путем увеличения количества витков первичной обмотки. В результате всех этих действий удалось достичь высокой температурной стабильности блока питания в общем. Внешний вид собранного блока питания рисунок 3.

В таблице приведены основные характеристики, разработанного ИБП. Номинальная мощность 700 Вт была ограничена установленными ключевыми транзисторами, т.к. трансформатор и остальная часть схемы имеет запас по мощности еще на 50%. Выходное напряжение 24 В не стабилизированное,

ток до 24 А. КПД при номинальной мощности и частоте преобразования 47 кГц составил 90%. Малое выходное сопротивление не вынуждало делать выходные напряжения стабилизированными и коэффициент пульсаций составил 2 В, что не является критическим.



Рис. 3. Внешний вид платы усилителя класса D

Таблица

Характеристики усилителя класса D

Мощность, Вт	Выходное напряжение, В	Номинальный выходной ток, А	кпд, %	Частота преобразования, кГц	Выходное сопротивление, Ом	Коэффициент пульсаций, В
700	12+12	24	90	47	0.1	2

Таким образом, в результате исследования установлено, что импульсные блоки питания обладают характеристиками, позволяющими говорить об их преимуществе над обычными трансформаторными блоками питания: меньший вес, малые габариты, экономия на материалах, отсутствие больших и дорогостоящих накопительных конденсаторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Семян, А.А. 500 схем для радиолюбителей. Источники питания / А.А. Семян. – СПб. : Наука и Техника, 2005. – 408 с.
2. Баширов, С.Р. Современные интегральные микросхемы / С.Р. Баширов, А.С. Баширов. – М. : Эксмо, Радио-электроника. – 2008. – 176 с.
3. Программы расчета трансформаторов и дросселей [Электронный ресурс]. – 2010. – Режим доступа: <http://cxem.net/index.php?showtopic=70885&st=0>.

УДК 621.371.39

МЕТОДЫ ПОДПОВЕРХНОСТНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ СЛОИСТЫХ СРЕД

В.Н. ЛЕВОЩЕНКО

(Представлено: канд. техн. наук, доц. В.Ф. ЯНУШКЕВИЧ)

Представлены результаты исследования электромагнитной волны ее затухания и спектра отраженного от поверхности слоя толщиной h . Приведены графики частотной зависимости коэффициента затухания.

Метод георадиолокационного подповерхностного зондирования (в общепринятой терминологии – георадиолокация, в англоязычной литературе этот метод называется «Ground Penetrating Radar» или GPR.) основан на изучении распространения электромагнитных волн в среде. Идея метода в излучении импульсов электромагнитных волн и регистрации сигналов, отраженных от границ раздела слоев зонди-

руемой среды, имеющих различие по диэлектрической проницаемости. Такими границами раздела в исследуемых средах являются, например, контакт между сухими и влагонасыщенными грунтами (уровень грунтовых вод), контакты между породами различного литологического состава, между породой и материалом искусственного сооружения, между мерзлыми и тальми грунтами, между коренными и рыхлыми породами и т.д.

На рис. 1 показана обобщенная структурная схема радиолокатора (РЛ), включающего передатчик, вырабатывающий зондирующий сигнал и подключенный к передающей антенне, приемник, к которому подключена приемная антенна. Выход приемника соединен с осциллографическим индикатором и записывающим устройством. Эти устройства управляются от синхронизатора, входящего в состав передатчика. При радиолокационном зондировании слоя толщиной h на вход приемной антенны попадают три сигнала: прямой (просачивающийся), верхний сигнал, отраженный от верхней границы слоя и нижний сигнал, отраженный от нижней границы слоя, а также сигналы от промежуточных границ между верхней и нижней. Наиболее широко распространен импульсный метод радиолокации, основанный на использовании периодической последовательности зондирующих импульсов, формируемых передатчиком. Отраженные импульсы в пределах периода повторения (диапазон однозначного измерения дальности) запаздывают относительно излучаемых, и это время запаздывания позволяет измерить расстояние до цели. При формировании импульса передатчика приемник запирается (бланкируется), однако в приемнике все же имеется прямой просачивающийся сигнал, обычно растянутый за счет перегрузки входных каскадов. Поэтому лишь после окончания импульса передатчика становится возможным прием отраженного импульса. Для РЛ, расположенного на летательном аппарате, находящемся на высоте H , происходит естественная временная развязка прямого и отраженного сигналов, если интервал времени $2H/c$ превышает длительность прямого импульса. Если слой имеет четкие электромагнитные границы (т. е. заметное различие диэлектрических проницаемостей соответствующих сред), то отраженные от его границ сигналы сдвинуты друг относительно друга по времени. При дальнейшей обработке сигналов в приемнике используются либо сами эти сигналы, либо их огибающие, полученные в результате детектирования [1].

Радиолокационное измерение толщины слоя h основано на определении интервала времени Δt между сигналами, отраженными от его границ:

$$h = v\Delta t / 2, \tag{1}$$

где v – скорость распространения радиосигнала в слое.

Таким образом, минимально измеряемая толщина слоя определяется минимально измеряемым интервалом Δt_{\min} . Согласно критерию Рэлея, для радиоимпульсов одинаковой амплитуды разрешающая способность по дальности определяется длительностью радиоимпульсов $\tau_{0,5}$ на уровне 0,5 от максимальной амплитуды, т.е. $\Delta t_{\min} = \tau_{0,5}$, откуда

$$\Delta t_{\min} = v\tau_{0,5}. \tag{2}$$

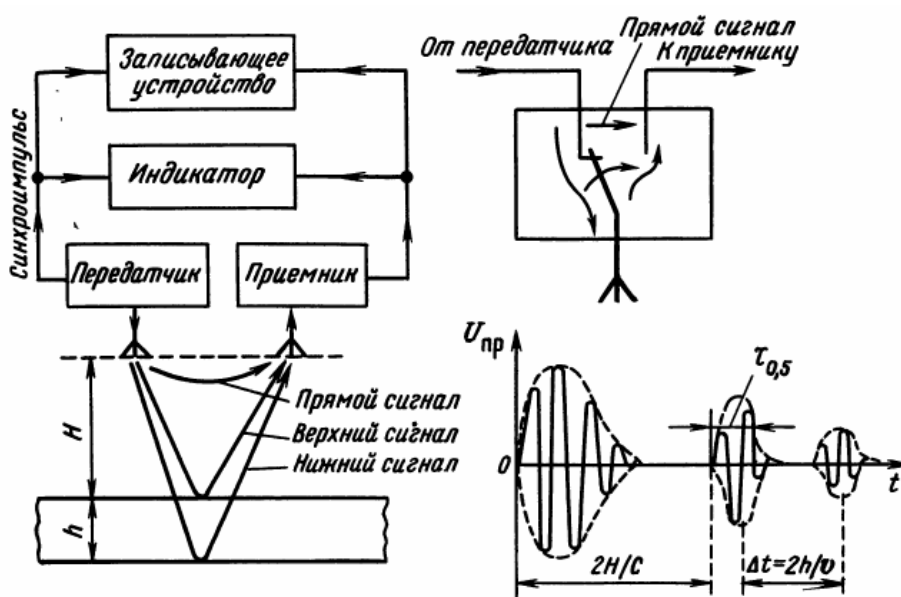


Рис. 1. Структурная схема импульсного радиолокатора, схема действия антенного переключателя и временные диаграммы сигналов на входе приемника

Другой важный параметр при радиолокационном зондировании – необходимый динамический диапазон, т.е. отношение максимальной и минимальной амплитуд сигналов на выходе приемника РЛ. Требуемый динамический диапазон определяется максимально возможным отношением амплитуд сигналов, отраженных от верхней и нижней границ слоя :

$$D = q_{\max} = 201 \lg \left(\frac{E_B}{E_H} \right) \approx 2 \Gamma_{\max} h_{\max} \dots \quad (3)$$

Если $\Delta t \gg \tau_{0,5}$, то теоретически при использовании средств борьбы с перегрузками, например временной автоматической регулировки усиления (ВАРУ) динамический диапазон РЛ может приблизиться к величине $D = 101 \lg \left(\frac{P_{\text{прос}}}{P_{\text{пр min}}} \right)$, где $P_{\text{прос}}$ – просачивающийся из передатчика прямой сигнал, а

$P_{\text{пр min}}$ – чувствительность приемника. Введем дополнительно понятие развязки между антеннами (или между выходами передатчика и входом приемника в одноантенном варианте) $l = \frac{P_n}{P_{\text{пр min}}}$. Тогда динами-

ческий диапазон (в дБ) $D = p - l$,

где p – так называемый потенциал РЛ.

Для достаточно тонких слоев при $\Delta t_{\min} = \tau_{0,5}$ динамический диапазон определяется отношением амплитуд главного и первого бокового лепестков сигналов. Как известно, импульсная характеристика полосового фильтра с прямоугольной амплитудно-частотной характеристикой имеет вид $\sin \frac{x}{x}$, т.е. уро-

вень первого бокового лепестка ниже главного на 13 дБ. Практически путем скругления амплитудно-частотной характеристики, что связано с расширением главного лепестка, можно обеспечить $D = 15 \div 20$ дБ. Полагая, например, для $h_{\min} = 0,5$ значение $D = 15$ дБ, получим максимально допустимое удельное затухание $\Gamma_{\max} = 15$ дБ/м, что выполняется для влажного песчаника лишь при $f \leq 100$ МГц. Следует отметить, что практически увеличить D пропорционально толщине слоя h не всегда возможно. Поэтому для h в несколько метров может сохраниться тот же динамический диапазон, около 15 дБ, т.е. допустимое значение Γ_{\max} будет значительно меньше [2].

Из сказанного выше следует, что требования высокой разрешающей способности с целью разделения сигналов от границ тонких слоев и проникающей способности радиоволн в слой противоречивы. Например, если для влажного песчаника при длительности импульса $\tau = 8$ нс уменьшить число периодов колебаний до предельно возможного — одного периода (однопериодный импульс), то соответствующая частота $f = \frac{1}{\tau_{0,5}} = 125$ МГц не обеспечивает требуемый динамический диапазон $D = 15$ дБ даже для

минимальной толщины $h_{\min} = 0,5$ м. Приведенный пример, как и примеры с морским льдом и другими средами, показывает, что, в отличие от широко известных применений радиолокации для наблюдения за самолетами, кораблями, земной поверхностью и т.д., при подповерхностном радиолокационном зондировании осадочных и горных пород следует переходить от сантиметрового и дециметрового диапазонов волн к метровому и даже декаметровому, используя предельно короткие импульсы — однопериодные или близкие к ним [3].

ЛИТЕРАТУРА

1. Применение радиолокационного подповерхностного зондирования в инженерной геологии / М.И. Финкельштейн [и др.]. – М.: Недра, 1986.
2. Москвичев, В.Н. Исследование взаимодействия электромагнитных волн с углеводородной залежью / В.Н. Москвичев // Радиотехника и электроника. – Минск : Высш. шк., 1988. – Вып. 18. – С. 76.
3. Гололобов, Д.В. Радиотехнические системы поиска и идентификации углеводородных залежей в режиме двух-частотного взаимодействия / Д.В. Гололобов, В.Ф. Янушкевич // Весці НАН Беларусі. Сер. фіз.-тэхн. – 2002. – № 1. – С. 32 – 40.

УДК 621.371.39

МЕТОД УДАРНОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ АНТЕНН

В.Н. ЛЕВОЩЕНКО

(Представлено: канд. техн. наук, доц. В.Ф. ЯНУШКЕВИЧ)

Представлены результаты анализа методов ударного возбуждения антенн. В радиоэлектронике для измерения добротности резонансных цепей и других электронных приборов используют различные методы в зависимости от частоты колебаний и значения добротности (от единицы до многих тысяч). Один из них – метод ударного возбуждения. Он отличается тем, что не требует перестраиваемого генератора и частотомера; достаточно счетчика импульсов, следующих с частотой свободных колебаний в исследуемом контуре.

Как известно, в импульсном РЛ антенна подключена к передатчику, который преобразует видеоимпульс в радиоимпульс длительностью τ_n , несущая частота которого соответствует резонансной частоте антенны. При этом ширина полосы антенной системы больше частоты импульса. Однако при уменьшении τ_n они приблизительно равны, в результате чего параметры зондирующего радиоимпульса определяются частотной характеристикой передающей антенны. Надобность в специальном передатчике вообще отпадает, достаточно воздействовать на антенну видеоимпульсом длительностью $1/2f_0$ или перепадом напряжения с соответствующим фронтом. Такой метод предложен Дж. Куком. Он был применен для рупорных антенн и широко использован для вибраторных антенн как способ формирования коротких радиоимпульсов.

Рассмотрим частотную характеристику системы, включающей одинаковые передающую и приемную антенны. Проще всего это сделать для апертурных антенн. Для антенн, расположенных на расстоянии r друг от друга, плотность потока мощности у приемной антенны и принимаемая ею мощность соответственно равны:

$$P(\omega) = \frac{P_{II} G(\omega)}{4\pi r^2}, \quad (1)$$

$$P_{np} = P(\omega) \times A(\omega) = \pi \frac{c^2 G(\omega)}{\omega^2}. \quad (2)$$

Таким образом, амплитудно-частотные характеристики передающей и приемной антенн, построенные в программной среде, имеют соответственно вид, представленный на первом рисунке.

Определим частотную характеристику вибраторной антенны в режиме приема (в направлении, перпендикулярном к вибратору) как:

$$K_{np}(\omega) = \frac{U_n}{EI} = \frac{2h(\omega)R_n}{I[R_n + Z_{ex}(\omega)]}, \quad (3)$$

где E – напряженность поля у антенны; I – длина одного плеча вибратора; U_n – комплексная амплитуда напряжения на нагрузке; $h(\omega)$ – действующая полудлина вибратора; R_n – сопротивление нагрузки антенны; $Z_{ex}(\omega)$ – входное сопротивление вибратора.

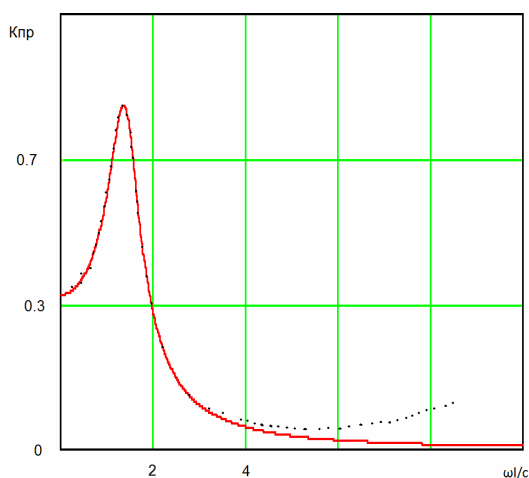


Рис. 1. Амплитудно-частотная характеристика вибраторной антенны, в режиме приема (точки) и простого колебательного контура (сплошная линия)

Форма частотной характеристики рассчитана для $R_n = 50$ Ом и $\Omega = 10$. Соответствующие фазочастотные характеристики показаны на рис. 2 для дискретных точек. Как видно, в широкой области частот, вплоть до области второго последовательного резонанса вибратора, характеристики модели и антенны весьма близки.

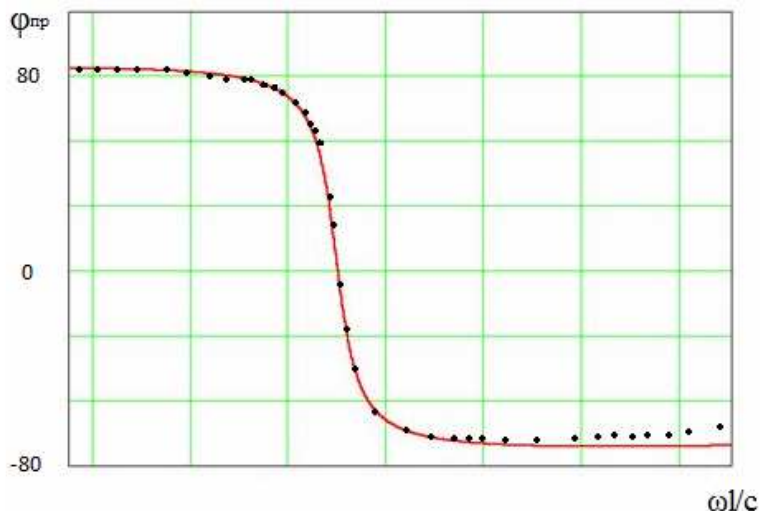


Рис. 2. Фазочастотная характеристика вибраторной антенны, в режиме приема (точки) и простого колебательного контура (сплошная линия)

ЛИТЕРАТУРА

1. Применение радиолокационного подповерхностного зондирования в инженерной геологии / М.И. Финкельштейн [и др.]. – М.: Недра, 1986. – С. 55 – 59.
2. Москвичев, В.Н. Исследование взаимодействия электромагнитных волн с углеводородной залежью / В.Н. Москвичев // Радиотехника и электроника. – Минск : Высш. шк., 1988. – Вып. 18. – С. 91 – 96.
3. Владов, М.Л. Введение в георадиолокацию / М.Л. Владов, А.В. Старовойтов. – М. : Изд - во МГУ, 2004. – 153 с.

УДК 621.371.39

МЕТОД ЦИФРОВОГО ФОРМИРОВАНИЯ ДИАГРАММ НАПРАВЛЕННОСТИ

В.Н. ЛЕВОЩЕНКО

(Представлено: канд. техн. наук, доц. В.Ф. ЯНУШКЕВИЧ)

Технологиям цифрового формирования луча (цифрового диаграммообразования или цифрового формирования диаграммы направленности антенны) отводится все более значимое место в современных системах связи, ими занимаются практически во всех технически развитых странах мира. Без них не обходятся концепции мобильной связи 5-го поколения. Цифровое формирование луча реализуется, как известно, посредством цифровых антенных решеток (ЦАР).

Цифровая антенная решетка - это антенная система, представляющая собой совокупность аналого-цифровых каналов с общим фазовым центром, в которой диаграмма направленности формируется в цифровом виде, без фазовращателей. Теоретические основы такого подхода к построению антенн были заложены еще в 60-70-е годы прошлого века. Но лишь теперь, с развитием микропроцессорной техники, стало возможным практически реализовать накопленный научный задел.

Современные технологии ЦАР своим массовым развитием обязаны интеграции процессоров цифровой обработки сигналов (в виде DSP или на ПЛИС) с аналого-цифровыми и цифроаналоговыми преобразователями (АЦП/ЦАП) в рамках одного модуля или даже чипа. Построение каналов ЦАР на такой основе позволяет унифицировать процедуры и аппаратные узлы обработки сигналов и упрощает их адаптацию к тому или иному протоколу работы. Технология ЦДО обеспечивает максимальную простоту реконфигурации и модификации систем связи, которая зачастую сводится лишь к замене их программного обеспечения. При этом архитектура РЭА может оптимизироваться (по ресурсам и функциональности)

под непосредственно выполняемые задачи. В этом смысле технологию ЦАР можно считать венцом развития столь популярной сегодня концепции программно-реконфигурируемого радио (Software Defined Radio) [1].

Ключевая особенность ЦАР ~ цифровое формирование лучей диаграммы направленности (ДН) антенны. В задачах связи это позволяет динамически оптимизировать обслуживаемую зону покрытия, оперативно перенацеливая цифровые приемопередающие лучи (рис.1) в зависимости от территориального распределения абонентов. Созвездие лучей, синтезируемое, например, по алгоритмам быстрого преобразования Фурье либо посредством классических процедур дискретного Фурье-анализа, является, по сути, совокупностью пространственно-частотных фильтров, каждый из которых селективирует строго определенный набор сигналов и подавляет остальные, воспринимаемые как помеховые.

Технология ЦДО существенно улучшает качество связи в условиях многолучевого распространения радиоволн, а также резко повышает помехозащищенность системы при интенсивном радиопротиводействии.

Разброс же характеристик фильтров приводит к тому, что при возникновении случайной помехи в каждом из каналов появляется мультипликативный помеховый сигнал, пропорциональный произведению амплитуды помехи на отклонение характеристик входного фильтра от номинального значения. Мультипликативные же помехи, проявляющиеся как замирания сигнала, гораздо неприятнее аддитивных. Действительно, от аддитивного шума, одинакового в каждом из каналов, можно избавиться, идентифицируя его как общую составляющую сигнала во всех каналах и вычитая его из сигнальной смеси. Мультипликативный же помеховый сигнал компенсировать невозможно. Однако благодаря ЦДО мультипликативные помехи удастся минимизировать [2].

Кроме того, ЦДО способствует и увеличению динамического диапазона приемных антенн. Действительно, при синфазном сложении сигналов в каждом из каналов антенной решетки в процессе ЦДО дисперсия (средняя мощность) шума растет пропорционально числу каналов антенной решетки R , а мощность сигнала (пропорциональная квадрату амплитуды) - пропорционально R^2 . Следовательно, отношение сигнал/шум после ЦДО возрастет в R раз, что повышает чувствительность системы, а значит, и динамический диапазон (отношение амплитуды максимального сигнала к минимальному). В результате "нули" ДН в направлениях источников помех формируются без "заплываний" провалов, обычных при недостаточном динамическом диапазоне приемного модуля. В ФАР качество подавления помех ограничено неидентичностью фазовращателей и малой разрядностью их схем управления (обычно 5 – 7 разрядов), тогда как в ЦАР уже используются 14-разрядные АЦП. Многочисленные эксперименты подтверждают возможность подавления активной шумовой помехи в 8-элементной ЦАР более чем на 30 дБ не только по боковым лепесткам, но и в главном луче ДН при среднеквадратическом отклонении коэффициентов усиления аналоговых приемных каналов 0,5 дБ [3]. Суть технологии представлена на рис. 1.

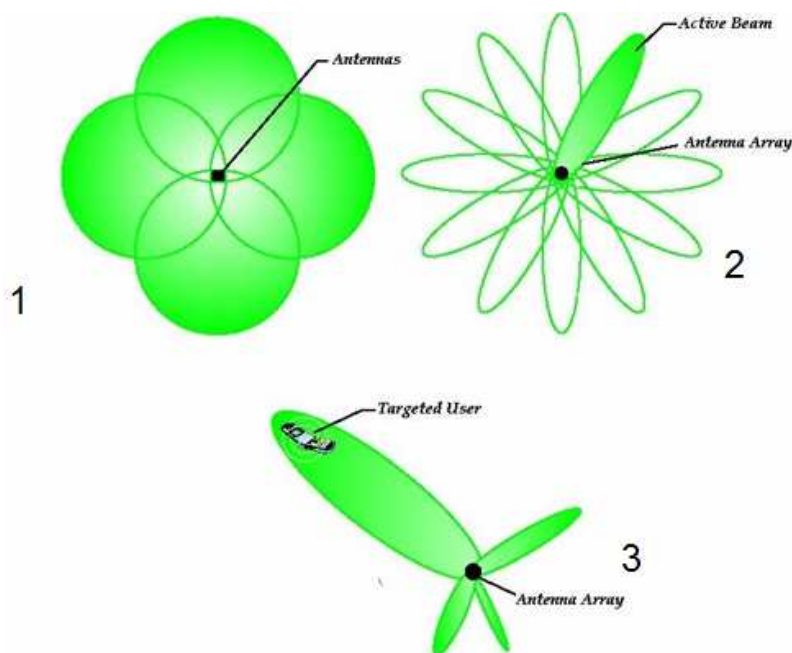


Рис. 1: 1 – ненаправленная антенна; 2 – переключение главного лепестка ДН; 3 – адаптивная антенна

ЛИТЕРАТУРА

1. Слюсар, В. Ультразвуковая техника на пороге третьего тысячелетия / В. Слюсар // ЭЛЕКТРОНИКА: НТВ. – 1999. – № 5. – С. 50 – 53.
2. Слюсар, В. Цифровое формирование луча в системах связи: будущее рождается сегодня // ЭЛЕКТРОНИКА: НТВ. – 2001. – № 1. – С. 6 – 12.
3. Слюсар, В. Цифровые антенные решетки: будущее радиолокации // ЭЛЕКТРОНИКА: НТВ. – 2001. – № 3. – С. 42 – 46.

УДК 628.972

СВЕТОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ОСВЕЩЕНИЯ ЦЕХА
В ПРОГРАММНОМ ПАКЕТЕ DIALUX

Ю.С. ТИМАШКОВА

(Представлено: канд. техн. наук, доц. А.Л. АДАМОВИЧ)

Приведено краткое описание и возможности программного пакета DIALux. Проведены светотехнические расчеты освещения цеха аналитическим методом и с применением программного пакета DIALux. Представлены результаты расчетов и проведено их сравнение.

DIALux – программа для планирования и дизайна освещения, разрабатываемая с 1994 года DIAL GmbH – Немецким институтом прикладной светотехники. В настоящее время, программа DIALux позиционируется как универсальный программный комплекс для проведения светотехнических расчетов искусственного освещения как внутреннего, так и наружного. При расчете в программе DIALux используются встроенные базы данных светильников от мировых производителей, которые постоянно обновляются и доступны для свободной загрузки в сети Интернет.

Цель данной работы – сравнение результатов аналитического и компьютерного расчета в программе DIALux светотехнического расчета общего рабочего освещения цеха. В результате светотехнических расчетов определяется мощность ламп в светильниках и их количество, а также размещение светильников на плане потолка для создания освещенности на рабочих поверхностях не ниже нормируемой.

Исходные данные: механический цех имеет длину $A = 48$ м, ширину $B = 30$ м и высоту потолка $H = 7,7$ м; коэффициенты отражения потолка, стен и пола 0,5, 0,3 и 0,1 соответственно, нормируемая освещенность 300 лк и коэффициент запаса 1,4 выбраны из [1], окружающая среда – нормальная, минимально допустимая степень защиты светильников в помещении – IP20.

Аналитический светотехнический расчет. При проведении данного расчета пользуемся методикой изложенной в [2]. Предварительно принимаем КПД светильника $\eta = 70\%$, тип кривой силы света – «Д».

Определяем расчетную высоту подвеса светильника:

$$H_p = H - h_c - h_p = 7,7 - 1,5 - 0,8 = 5,4 \text{ м}$$

h_c – расстояние от светильника до перекрытия (свес), м (принимается в диапазоне 0–1,5 м); h_p – высота расчетной поверхности над полом, м (принимается 0,8 м).

По табл. 7.1 [2, с. 104] по типу КСС «Д» светильника выбираем отношение $L/H_p = 1,5$.

Тогда наилучшее расстояние между соседними рядами светильников:

$$L = H_p \cdot 1,5 = 5,4 \cdot 1,5 = 8,1 \text{ м.}$$

Расстояния от стен до первого ряда:

$$l = 0,5 \cdot L = 0,5 \cdot 8,1 = 4,05 \text{ м.}$$

Число рядов светильников:

$$R = \frac{B - 2 \cdot l}{L} = \frac{30 - 2 \cdot 4,05}{8,1} = 2,7 \approx 3.$$

Число светильников в ряду:

$$N_R = \frac{A - 2 \cdot l}{L} = \frac{48 - 2 \cdot 4,05}{8,1} = 4,93 \approx 5.$$

Реальное расстояние между рядами:

$$L_B = \frac{B - 2 \cdot l}{R - 1} = \frac{30 - 2 \cdot 4,05}{3 - 1} = 11 \text{ м.}$$

Реальное расстояние между центрами светильников:

$$L_A = \frac{A - 2 \cdot l}{N_R - 1} = \frac{48 - 2 \cdot 4,05}{5 - 1} = 10 \text{ м.}$$

Для прямоугольных помещений проверяем условие:

$$1 \leq L_A / L_B \leq 1,5.$$

Так как $L_A / L_B = 10 / 11 = 0,9 < 1$ и условия не соблюдается, то согласно [2] увеличиваем число рядов на один. Принимаем $R = 4$.

$$L_B = \frac{B - 2 \cdot l}{R - 1} = \frac{30 - 2 \cdot 4,05}{4 - 1} = 7,3 \text{ м.}$$

$$1 \leq \frac{L_A}{L_B} = \frac{10}{7,3} = 1,37 \leq 1,5.$$

Общее число светильников:

$$N_{св} = R \cdot N_R = 4 \cdot 5 = 20 \text{ шт.}$$

Расчетное значение светового потока одной лампы в каждом светильнике:

$$\Phi_{лр} = \frac{E_H \cdot K_3 \cdot F \cdot z}{N \cdot \eta_{оу}} = \frac{300 \cdot 1,4 \cdot 30 \cdot 48 \cdot 1,15}{20 \cdot 0,67} = 51904 \text{ лм,}$$

где E_H – нормируемое значение освещенности, лк; K_3 – коэффициент запаса; F – освещаемая площадь, м²; z – отношение средней освещенности к минимальной и для ламп типа ДРЛ $z = 1,15$; $\eta_{оу}$ – коэффициент использования светового потока осветительной установки, о.е.

Определяем индекс помещения:

$$i_n = \frac{A \cdot B}{H_p \cdot (A + B)} = \frac{30 \cdot 48}{5,4 \cdot (30 + 48)} = 3,4.$$

По табл. 8.1 [2, с. 108] выбираем $\eta_{оу} = 0,67$ в зависимости от индекса помещения и коэффициентов отражения поверхностей.

По табл. 5.8 [2, с. 54] по полученному световому потоку выбираем лампы типа ДРЛ1000(6)-3 с ближайшим световым потоком $\Phi_{л} = 58000$ лм.

Отклонение светового потока лампы от расчетного:

$$\frac{\Phi_{л} - \Phi_{лр}}{\Phi_{лр}} \cdot 100\% = \frac{58000 - 51904}{51904} = +11,7 \%.$$

Таким образом, определено, что для освещения заданного механического цеха необходимо разместить 20 светильников марки РСП05-1000 с лампами ДРЛ1000 согласно плану, приведенному на рис. 1.

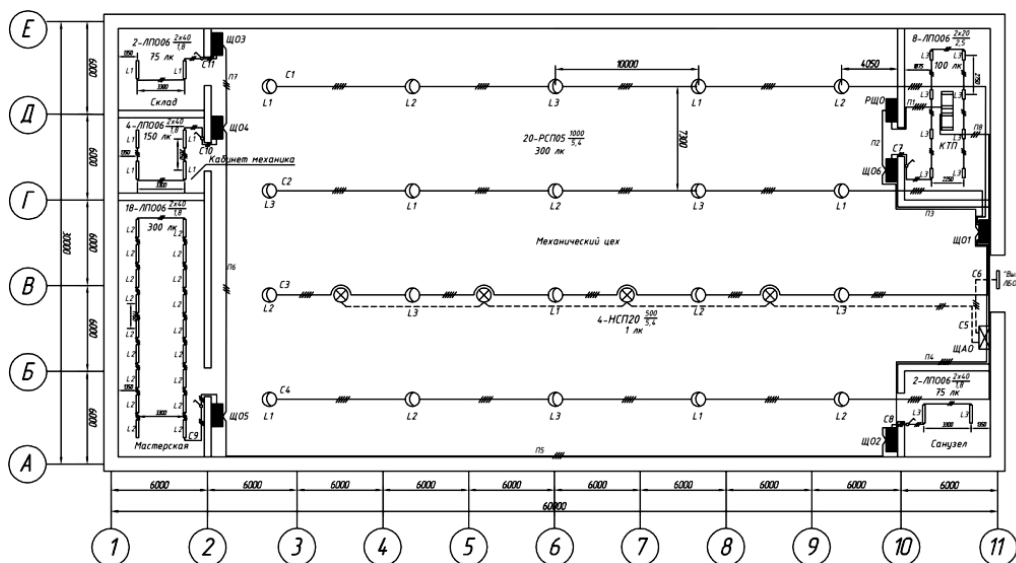


Рис. 1. План размещения светильников в цехе

Светотехнический расчет в программе DIALux. Порядок выполнения расчета:

1. В окне «Редактор помещения» задаем размеры помещения. Во вкладке «Поверхности» в помещении вводим коэффициенты отражения поверхностей.
2. Во вкладке «Метод плана технического обслуживания» задаем коэффициент уменьшения равный $1/K_3 = 0,7$. Далее в соответствующей вкладке задаем высоту рабочей поверхности 0,8 м, для которой будет определяться освещенность.
3. Из базы светильников предварительно выбираем светильник РСП05-1000-032 производства ОАО «Ардатовский светотехнический завод». Во вкладке «Монтаж» задаем нормированное значение освещенности 300 лк и величину свеса.
4. После нажатия кнопки «Предложить» происходит автоматическое размещение необходимого количества светильников по площади помещения, как показано на рис. 2.

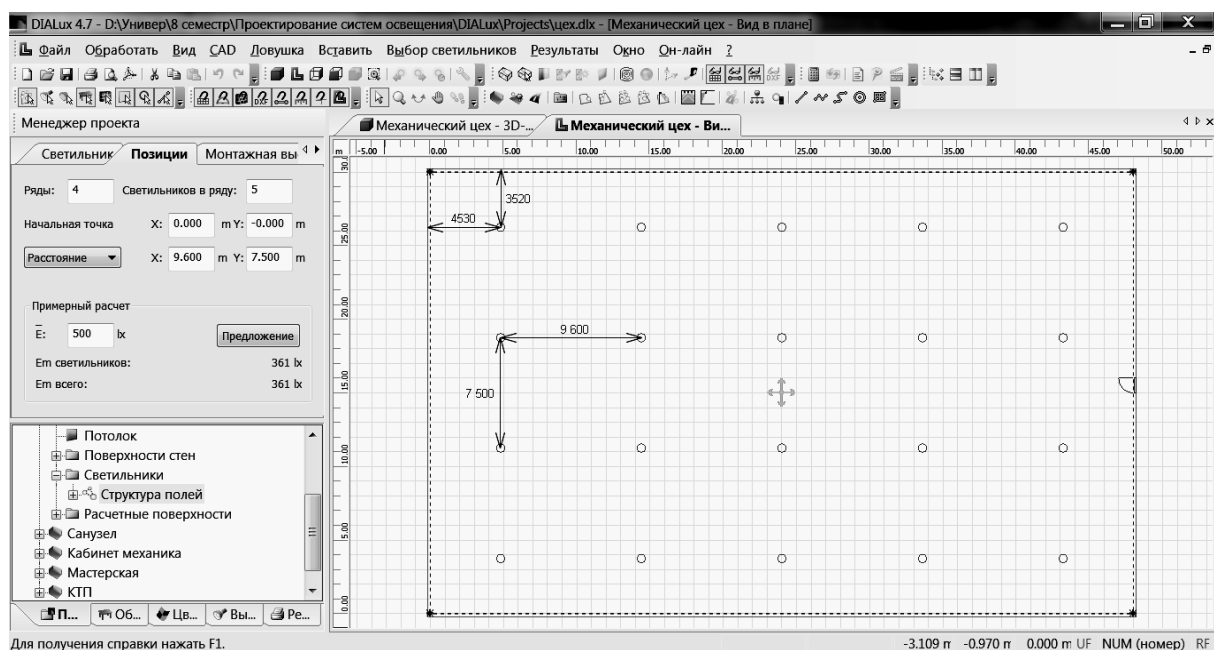


Рис. 2. План размещения светильников

Программа DIALux позволяет визуализировать значения освещенности, как показано на рис. 3, что позволяет проектировщику оценить степень равномерности освещения и сделать необходимые корректировки.

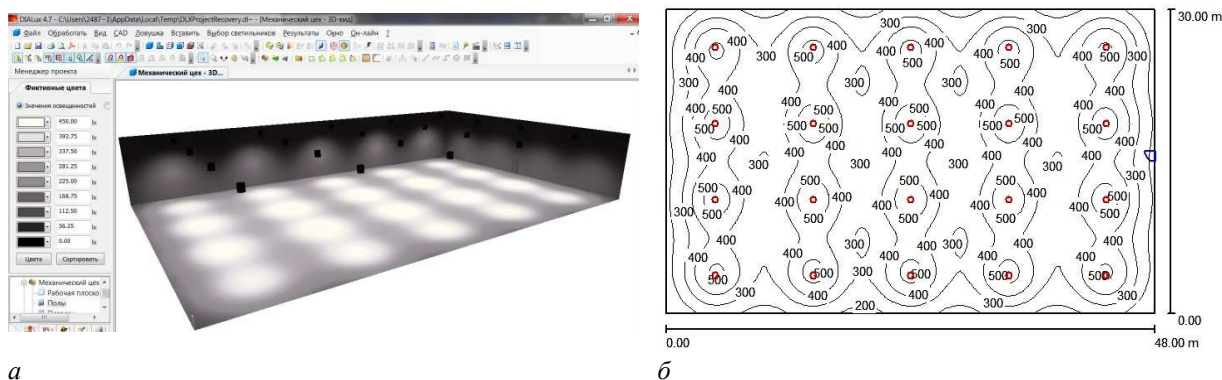


Рис. 3. Распределение освещенности в цехе на рабочей поверхности: 3D модель (а) и на плоскости (б)

Сравнение результатов светотехнических расчетов приведено в сводной табл. 1. Как видно, результаты светотехнического расчета двумя способами практически совпадают.

Таблица 1

Результаты расчета		
Параметр	Аналитический расчет	Расчет в DIALux
Тип светильников	РСП05-1000	РСП05-1000-032
Количество светильников	20	20
Количество рядов	4	4
Количество светильников в ряду	5	5
Расстояние между рядами	7,3 м	7,5 м
Расстояние между светильниками в ряду	10 м	9,6 м

Аналитический метод расчета внутреннего освещения хорошо разработан и дает достаточно точный результат. Данный метод рекомендован к использованию действующими стандартами. Однако применение программного пакета DIALux для выполнения светотехнических расчетов позволяет проектировщику не только ускорить расчет по сравнению с аналитическим методом, но и произвести визуальную оценку выбранного варианта светотехнического решения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Естественное и искусственное освещение. Строительные нормы проектирования : ТКП 45-2.04-153-2009 (02250). – Введ. 2010-01-01. – Минск : Минстройархитектуры, 2010. – 110 с.
2. Козловская, В.Б. Электрическое освещение : справ. / В.Б. Козловская, В.Н. Радкевич, В.Н. Сацукевич. – 2-е изд. – Минск : Техноперспектива, 2008. – 271 с.

УДК 628.972

РАСЧЕТ ОСВЕЩЕННОСТИ В ПРОГРАММНОМ ПАКЕТЕ DIALUX

Ю.С. ТИМАШКОВА*(Представлено: канд. техн. наук, доц. А.Л. АДАМОВИЧ)*

Проведен расчет освещенности в аудитории при помощи пакета прикладных программ DIALux. Получены значения освещенности в контрольных точках. Выполнены экспериментальные измерения освещенности. Представлены результаты сравнения расчетной и измеренной освещенности.

Цель данной работы – сравнение распределения освещенности полученного в программе DIALux с результатами экспериментальных измерений освещенности в помещении.

В качестве помещения была выбрана аудитория УО «ПГУ» с длиной 9,28 м, шириной 5,6 м и высотой потолка 4 м, со светлыми потолком и стенами и темным полом и нормальной окружающей средой. В соответствии с этим были выбраны коэффициенты отражения потолка, стен и пола 0,7, 0,6 и 0,3 соответственно, коэффициент запаса $K_z = 1,4$ [1]. В данной аудитории размещено 12 потолочных одноламповых светильников ЛПП-1х58с трубчатыми люминесцентными лампами мощностью 58 Вт каждая, как показано на рис. 1.

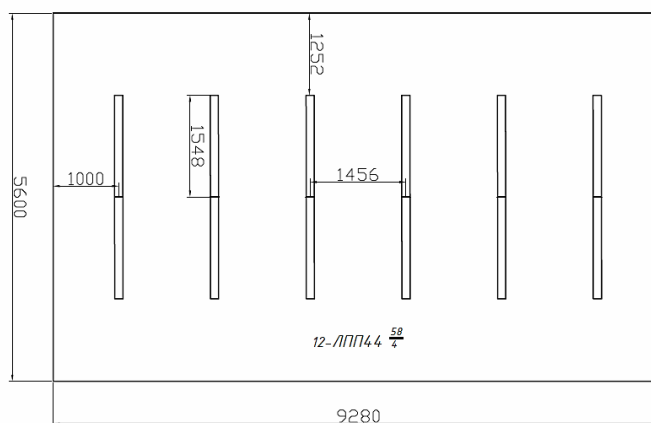


Рис. 1. План потолка в аудитории

Расчет освещенности в программе DIALux. Ход выполнения:

1. В окне «Редактор помещения» задаем размеры помещения. Во вкладке «Поверхности» в помещении вводим коэффициенты отражения поверхностей.

2. Во вкладке «Метод плана технического обслуживания» задаем коэффициент уменьшения равный $1/K_3 = 0,7$. Далее в соответствующей вкладке задаем высоту рабочей поверхности 0,8 м, для которой будет определяться освещенность.

3. Из базы светильников предварительно выбираем светильник ЛПП44-58-012 производства ОАО «Ардатовский светотехнический завод». На панели инструментов выбирается «Отдельный светильник» и размещается на необходимое место в соответствии с планом (рис.1). Аналогично размещаются все остальные светильники.

4. Выполняется расчет.

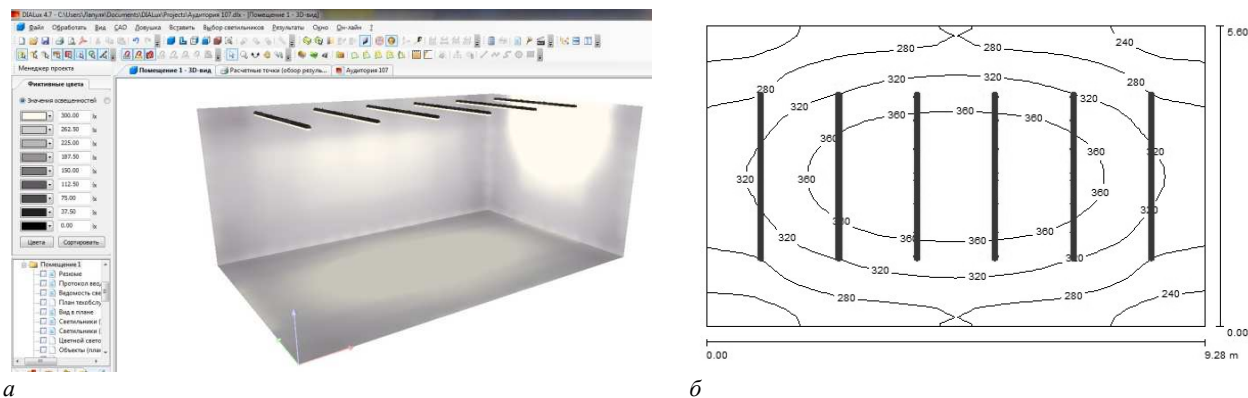


Рис. 2. Распределение освещенности в цехе: 3D модель (а) и на расчетной плоскости (б)

Экспериментальное измерение освещенности. Для измерения освещенности использовался люксметр типа ТКА–ПКМ-0.5, имеющий диапазон измерений освещенности 1,0 – 200 000 лк и предел допускаемой основной относительной погрешности измерения освещенности не более $\pm 8,0\%$. Измерения были произведены по методике [2] в вечернее время в отсутствии естественного освещения при плотно завешенных окнах. Контрольные точки располагались на высоте 0,8 м от пола: 3 точки вдоль рядов и 3 точки между рядами светильников. Результаты измерения и расчета представлены в табл.

Таблица

Результаты измерений и расчета освещенностей, лк, в контрольных точках
(рассчитано/измерено)

Номер ряда	Рассчитано			Измерено		
	Точка 1	Точка 2	Точка 3	Точка 1	Точка 2	Точка 3
Ряд 1	288	334	288	295	342	313
Между рядами	288	377	310	309	397	321
Ряд 2	324	310	377	344	316	400
Между рядами	324	334	389	343	342	403
Ряд 3	335	339	395	356	348	404
Между рядами	340	341	397	364	351	416
Ряд 4	342	339	395	365	356	410
Между рядами	340	334	389	349	348	416
Ряд 5	335	324	377	363	332	382
Между рядами	324	309	360	347	322	373
Ряд 6	310	287	334	322	303	359

Согласно результатам отличие рассчитанных и измеренных значений освещенностей оказывается небольшим: не более 10% на центральных и не более 20% на крайних контрольных точках аудитории. В соответствии с ТКП 45-2.04-153-2009 (02250) «Естественное и искусственное освещение. Строительные нормы проектирования» [1] освещенность рабочих поверхностей на уровне 0,8 м от пола для аудиторий высших учебных составляет 400 лк при общем искусственном освещении.

Расчет освещенности в DIALux с большой степенью достоверности отражает реальные значения освещенности в проектируемых помещениях. Кроме того DIALux позволяет экономить время проектировщика, учитывать расстановку оборудования в помещении, одновременное действие искусственного и естественного освещения, имеет базу данных светильников большинства производителей, а результаты такого автоматизированного расчета обладают наглядностью.

ЛИТЕРАТУРА

1. Естественное и искусственное освещение. Строительные нормы проектирования : ТКП 45-2.04-153-2009 (02250). – Введ. 2010-01-01. – Минск : Минстройархитектуры, 2010. – 110 с.
2. Здания и сооружения. Методы измерения освещенности : ГОСТ 24940-96. – Введ. 1997-01-01. – М. : Минстрой России, ГУП ЦПП, 1997. – 24 с.

УДК 004.45:519.178

**РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА
ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ НА ГРАФАХ****Т.С. РУДЬКОВА, А.В. ЛОБАНОВ, Е.И. ПОГРЕБНЯК***(Представлено: М.В. ДЕКАНОВА)*

Рассмотрен вопрос разработки программного обеспечения, созданного для обучения решению задач на графах.

Теория графов – это один из значимых разделов дискретной математики. Она имеет огромное практическое значение, к примеру, маршрутизация данных, замена оборудования, организация движения в динамической сети, распределение работ, памяти в компьютере и т.п. [1]. Поэтому в настоящее время актуальным является разработка программного продукта для обучения решению задач на графах.

В данной статье рассматривается вопрос разработки интуитивно понятного интерфейса и пошаговых подсказок, которые делают процесс обучения проще. Интерфейс в данном случае – одно из самых важных составляющих. Пользователь крайне заинтересован в высоком качестве интерфейса приложения и его интуитивно понятном построении. Главной задачей при разработке интерфейса является его проектирование.

При разработке программного продукта реализованы следующие функции: отображение узлов графа, отображения вершин графа, генерация графа, выбор алгоритма для решения, история последних действий, отображение подсказок.

При разработке интерфейса необходимо сделать его максимально понятным простому пользователю. Все кнопки и пункты меню должны находиться на привычных местах. Чтобы можно было эффективно использовать разработанное обеспечение, пользователь должен понимать, что оно из себя представляет, зачем его использовать, какие задачи можно выполнять, к чему приведет то или иное действие. Немаловажным является удобство интерфейса.

Расположение элементов не должно предоставлять затруднений при работе с приложением. Для создания удобного интерфейса необходимо придерживаться четкой визуальной иерархии, которая достигается путем расположения элементов на экране в определенном порядке, то есть одни и те же элементы должны отображаться в одном и том же порядке каждый раз. Плохо проработанная визуальная иерархия не приносит никакой пользы и только запутывает пользователей. Грамотная организация элементов интерфейса позволяет придать экрану менее загруженный вид. С помощью продуманной организации элементов продемонстрируем связи между ними, и освоить такой интерфейс пользователям будет намного проще. Схожие элементы сгруппируем и разместим их на экране таким образом, чтобы пользователям стало понятно, как они связаны между собой. Благодаря грамотной организации контента можно значительно снизить когнитивную нагрузку пользователей [2].

В качестве среды разработки приложения была выбрана среда Microsoft Visual C# 2015. Данный выбор можно обосновать свободным распространением этой среды разработки – в учебных целях, удобством использования, функциональностью [2].

При запуске появляется окно выбора характеристик графа, указывается алгоритм, с помощью которого производится решение, а также количество вершин и ребер, потом появляется главное окно программы, которое показано на рис. 1.

На главном окне в пункте меню «Файл», есть подпункты «Открыть», «Сохранить» и «Новый», которые позволяют открыть и просмотреть ход решения одной из предыдущих задач, сохранить текущую, либо начать новую. По нажатию на пункт «Граф», всплывает окно с параметрами генерации задачи, с возможностью выбора количества ребер. Пункт «Правка» включает в себя подпункты «Отменить» и «Повторить ввод», которые выполняют функции отмены или повтора последних действий. В настройках имеется возможность изменить язык программы. По нажатию на пункт меню «Результат» программа предлагает сохранить решение задачи в текстовый файл.

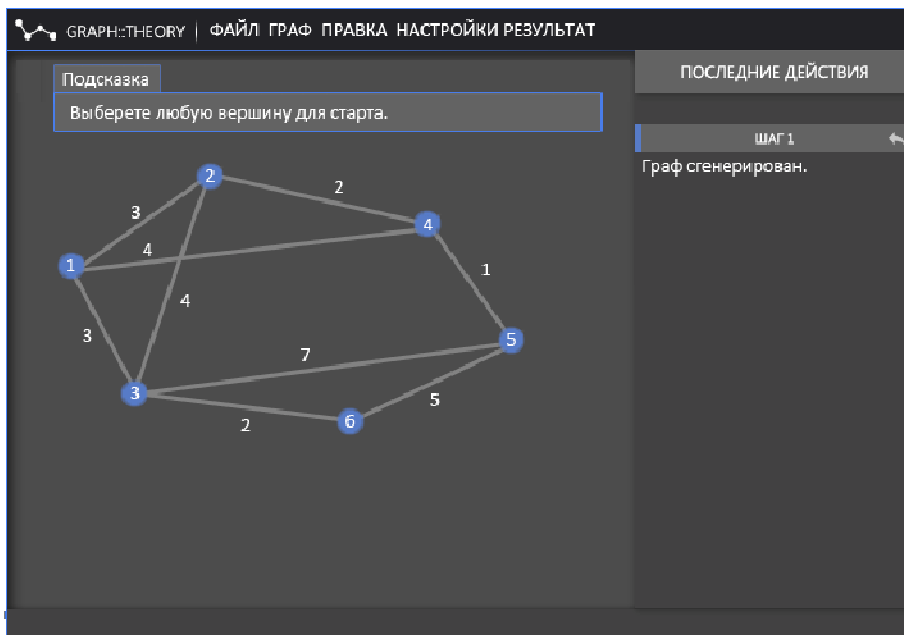


Рис. 1. Главное окно программы

Подсказки помогают пользователю сделать нужный выбор, в выборе вершины или ребра. Так же есть блок «INFO» – в котором выводятся вычисления по выбранному алгоритму. В блоке «Ошибка» – показываются ошибки в выборе вершины либо ребра, в случае если выбранный элемент не подходит под оптимальное решение выбранного алгоритма.

Пример работы программы показан на рис. 2.

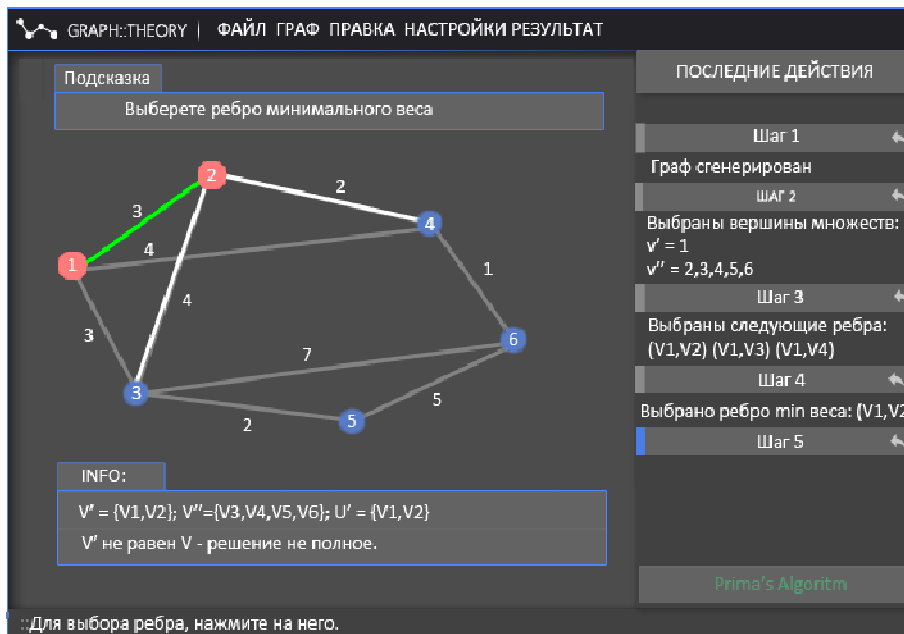


Рис. 2. Окно программы во время выполнения

Во время работы программы пользователь выбирает вершину либо ребро графа, которая была сгенерирована во время запуска программы. Для правильного выбора вершины либо ребра программа предоставляет помощь – подсказки и рекомендации показываются в блоке «Подсказки» и «Info». После каждой итерации, программа пересчитывает показатели, которые являются ключевыми в выбранном алгоритме, на рис. 2 указан пример решения по алгоритму «Прима» [1].

После выбора правильной вершины либо ребра, программа перерисовывает главное окно, в котором выбранный элемент подкрашивается розовым цветом, а правильное ребро – зеленым. На следующей итерации возможные элементы для выбора, подсвечиваются следующими цветами, синим для вершин, белым для ребер.

В результате перечисленных манипуляций, достигается правильное решение задачи. Тогда в данном случае выводится поздравление с окончанием решения и выводится отчет о проделанной работе (дерево решений), а также такая характеристика как «Остов графа минимального веса». Полученные значения и являются решением выбранного алгоритма.

В случае, если выбраны все вершины либо ребра, а правильное решение так и не получено, программа выдает результат о неправильных действиях и разъяснение ошибок. Существует возможность вернуться на любой из проделанных итераций, с помощью блока «Последние действия», в нем есть элемент «стрелка», которая переносит пользователя на выбранную итерацию.

С помощью этих действий, пользователи изучают структуру алгоритмов, представленных в программе и практическим путем изучают их. Разработанный интуитивно понятный интерфейс способствует этому.

Таким образом, разработанный программный продукт с интуитивно понятным интерфейсом позволит освоить выбранный алгоритм и получить практические знания в решении выбранных задач.

ЛИТЕРАТУРА

1. Graph_theory [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://en.wikipedia.org/wiki/Graph_theory.
2. Шилдт, Г. С# 3.0: полное руководство / Г. Шилдт. – М. : И.Д. Вильямс, 2010. – 992 с.
3. Johnsonbaugh, Richard. Discrete Mathematics / Richard Johnsonbaugh. – 7th edition. – Prentice Hall, 2008.
4. Конечная математика // Большая совет. энцикл. : в 30 т. / гл. ред. А.М. Прохоров. – 3-е изд. – М. : Совет. энцикл., 1969 – 1978.

УДК 004.9

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ НА ГРАФАХ

Т.С. РУДЬКОВА, А.В. ЛОБАНОВ, Е.И. ПОГРЕБНЯК
(Представлено: *М.В. ДЕКАНОВА*)

Рассматриваются основные программные продукты, для решения прикладных задач на графах и обоснование необходимости создания новой, которая оказывала помощь в усвоении материала по теории графов. В статье также содержится краткая информация о графах и некоторых алгоритмах в теории графов.

В настоящее время исследования в областях, традиционно относящихся к математике, занимают все более заметное место. Проблема выбора оптимального варианта решения различного рода прикладных задач, относится к числу наиболее актуальных технико-экономических проблем [1].

Развитие теории графов в основном обязано большому числу всевозможных приложений, таких как, составление расписания движения транспортных средств, размещение пунктов скорой помощи или телефонных станций, оптимальный подбор интенсивностей выполнения работ, задача о распределении работ, размещение диспетчерских пунктов городской транспортной сети, а также проектирование сетей телевизионного вещания и других [2, 4]. Поэтому графы нашли применение практически во всех отраслях научных знаний: физике, биологии, химии, математике, истории, лингвистике, социальных науках, технике и т.п. Наибольшей популярностью теоретико-графовые модели пользуются при исследовании коммуникационных сетей, систем информатики, химических и генетических структур, электрических цепей и других систем сетевой структуры. Например, структура ссылок веб-сайта может быть представлена в виде ориентированного графа, в котором вершины представляют веб-страниц и направленные ребра представляют ссылки с одной страницы на другую [2].

Вопрос использования теории графов можно разбить на несколько тесно связанных между собой задач. Первая: изучение элементов теории, ее основных понятий с целью получить математические знания. Вторая: использование графовых задач для развития математических и логических способностей и воображения. Третья: применение графов в служебных целях в качестве некоторого вспомогательного средства, позволяющего облегчить процесс обучения математике.

Рассмотрим более подробно, одну из этих задач. Так как в современной науке значительное место занимает структурный анализ больших систем, то с помощью графов можно описывать такие важные структурные понятия, как отношение и связь. Таким образом, задачи теории графов благодатная почва для обучения алгоритмическому мышлению. В тоже время, обучение абстрактному познанию тесно связано с внедрением одного из важнейших понятий современной науки – «модель». В силу своей наглядности графы – идеальное средство для знакомства с приемами построения моделей. Теория графов позволяет строить математические модели с различной степенью легализации, зависящей от необходимости исследования объекта, и очень важным является то, что с помощью графов можно строить математические модели не только материальных объектов, но и модели объектов, между частями которых существуют нематериальные отношения и связи [3].

Именно поэтому в данное время уже существуют множество программ, позволяющие осуществлять сложные математические расчеты для различных прикладных задач. Данные программы решают большинство заданий по арифметике, алгебре, задач линейной алгебры, операций над матрицами, построения графиков для любых функций, задач по теории графов и сетей, обработки логических функций, статистического анализа и визуализации данных и т.д.

Среди таких программ можно выделить самые популярные:

- программы для решения задач по высшей математике (UMS, Solver 1.1, Mat JV, Матричный вычислитель, Mathcad, SMath Studio, KSF MathJS, Master Function);
- программы для решения задач по дискретной математике (GGraph INterface (GRIN), Hungwin, LogiTable);
- программы для решения задач по математической статистике (STATISTICA, SCG).

Рассмотрим программы для решения задач по дискретной математике.

GGraph INterface (GRIN) – эта программа для решения задач по теории графов и сетей. Результаты работы многих алгоритмов можно сразу увидеть, что позволяет оценить полученное решение, понять существо задачи, однако программа не позволяет использовать ее в учебных целях, т.е. обучать решению таких задач.

Grin является полезной для студентов и преподавателей университетов компьютерной программой, которая полезна не только для математиков, но и для экономистов, социологов, всех тех, кто, так или иначе, интересуется дискретными моделями. Программа легка в освоении, если пользователь имеет навыки работы с компьютером. Однако ее интерфейс не придерживается четкой визуальной иерархии, что затрудняет работу с приложением и только запутывает пользователей.

С помощью программы Grin можно создавать, интерактивно редактировать и исследовать графы. Результаты работы над задачами можно как сохранять, так и загружать из файла. Справочная система содержит информацию не только по самой программе, но и подробную справку по теории графов и оптимизационным задачам теории сетей.

Данная программа позволяет решать задачи с помощью следующих алгоритмов:

- Метрические характеристики графа (радиус, диаметр, плотность и некоторые другие);
- Пути и циклы (эйлеровы и гамильтоновы);
- Мосты и точки сочленения;
- Вершинная раскраска (минимальная вершинная раскраска);
- Группа автоморфизмов;
- Минимальное стягивающее дерево;
- Кратчайшие пути;
- Путь максимальной пропускной способности;
- Задача коммивояжера (классическая постановка и ее обобщение на несколько коммивояжеров);
- Задача о максимальном потоке;
- Задача о критическом пути (с вычислением резервов времени для событий и работ проекта);
- Построение иерархии доминирования в социальной сети;
- Алгоритмы вычисления характеристик центральности для социальных сетей.

Hungwin – это программа для решения задачи о назначениях венгерским методом (на минимум и на максимум). Недостаток – узкое применение, только для одного типа задач. Не содержит справочную информацию, интерфейс программы неудобен в обращении и интуитивном понимании метода.

LogiTable – это программа, предназначенная для решения задач по математике: обработки логических функций, а именно для расчета «таблиц истинности» для них.

Логические функции задает сам пользователем с использованием простого синтаксиса схожего с синтаксисом побитовых (bitwise) выражений в языке программирования C. В выражениях, которые используются в программе LogiTable можно использовать до 26 различных переменных и скобки практически неограниченного уровня вложенности. На данный момент в выражениях можно использовать че-

тыре операции: отрицания (NOT), исключающего ИЛИ (XOR) включающего ИЛИ (OR), а также операцию И (AND). Более подробная информация по написанию выражений для LogiTable и интерфейсу программы приведена во встроенной системе помощи [4].

Недостатком программы является узкое применение, а также в программе используется только четыре операции над логическими выражениями. Справочная система раскрыта не полностью, т.к. содержит информацию только по самой программе, и не содержит справку по теории логических функций.

Таким образом, каждая из этих программ нацелена на конкретный раздел дискретной математики, что не дает возможность сравнить их между собой, однако все же самый значительных недостаток этих программ – они сами решают задачи, а не помогают в обучении методов решения.

Поэтому для повышения качества обучения, развития математических и логических способностей, улучшения воображения и повышения интеллекта, необходимо разработать программный продукт, который будет не только включать все достоинства рассмотренных программ для решения задач по теории графов, но и выполнять функцию обучения решению и наглядному представлению таких задач. Данная тема является актуальной, т.к. в настоящее время подобных программ не существует.

ЛИТЕРАТУРА

1. Конечная математика // Большая совет. энцикл. : в 30 т. / гл. ред. А.М. Прохоров. – 3-е изд. – М. : Совет. энцикл., 1969 – 1978.
2. Дискретная математика и комбинаторика / под. ред. Джеймс А. Андерсон ; пер. с англ. – М. : Вильямс, 2004. – 960 с.
3. Дискретная математика : учеб. для вузов / под ред. В.С. Зарубина, А.П. Крищенко. – 3-е изд. – М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. – 744с.
4. Дискретная математика: Графы, алгоритмы : учеб. пособие / М.О. Асанов, В.А. Баранский, В.В. Расин / под. ред. М.О. Асанова. – 2-е изд. – М. : Лань, 2010. – 368 с.

УДК 681.586.773:624.072.233.5

ЭХО-МЕТОД УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ДЕФЕКТΟΣКОПИИ РЕЛЬСОВ

А.В. ШЛЯХТЕНОК

(Представлено: канд. техн. наук, доц. Д.А. ДОВГЯЛО)

Рассмотрены практические аспекты выявления дефектов железнодорожных рельсов. Определены ключевые моменты, способные оказать существенное влияние на интерпретацию результатов контроля. На основании практических исследований разработаны рекомендации по проведению контроля.

В рельсовой дефектоскопии наиболее широкое применение нашел эхо-метод. В отличие от ряда других методов он не требует двухстороннего доступа к изделию и обеспечивает высокую чувствительность ко внутренним дефектам.

Основопологающим условием проведения контроля с помощью эхо-метода является наличие акустического контакта между преобразователем и контролируемым изделием. Для обеспечения акустического контакта применяются различные жидкости. При контроле поверхности катания головки рельса применяется вода (при отрицательных температурах – спиртосодержащая контактирующая жидкость), а для контроля боковых граней, из-за быстрого стекания воды, – техническое масло.

Вторым обязательным условием, обеспечивающим достоверность результатов контроля, является правильная настройка чувствительности преобразователя. Чувствительность настраивается на стандартном образце так, чтобы пьезоэлектрический преобразователь (ПЭП) выявлял дефекты минимально возможных размеров и не реагировал на помехи. Качественная настройка чувствительности ПЭП обеспечивает точное определение параметров дефекта. Необоснованное увеличение чувствительности ПЭП на 3 дБ искажает результаты измерений практически в полтора раза. Это явление объясняется расширением диаграммы направленности ПЭП с увеличением чувствительности.

Особенности эхо-метода при выявлении дефектов. Степень дефектности рельса определяется исходя из условных размеров дефекта, измеренных в процессе дефектоскопирования объекта. К данным размерам (рис. 1) относятся:

- условный размер по длине ΔL ;
- условная высота ΔH ;
- условная ширина ΔX .

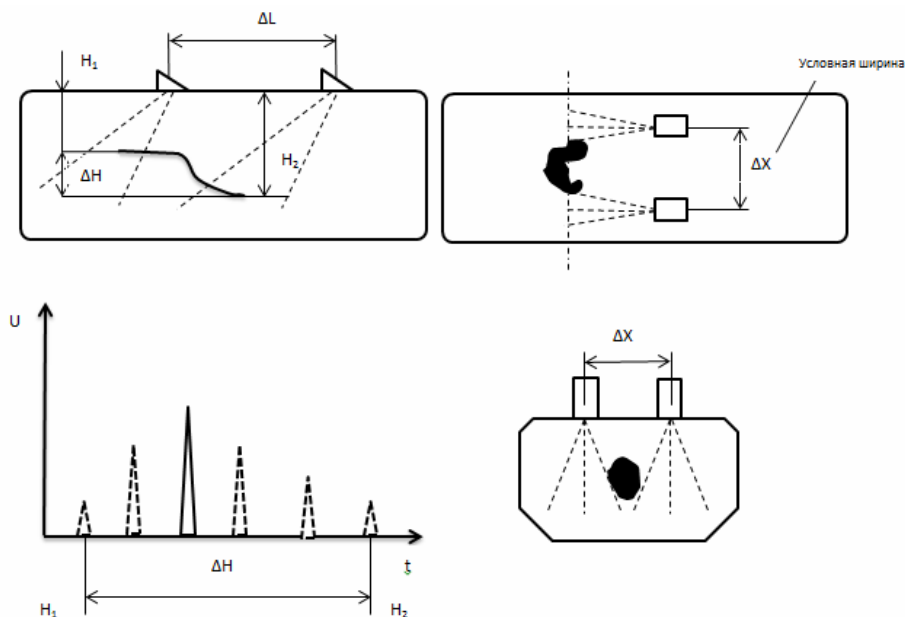


Рис. 1. Принципы измерения условных размеров дефекта

В прямой зависимости с шириной диаграммы направленности стоит и угол ввода ПЭП (угол ввода ультразвука в контролируемое изделие относительно нормали). С увеличением угла ввода увеличивается ширина диаграммы направленности и, как следствие, размеры, снятые с дефекта. При измерении условных размеров отверстия на стандартном образце СО-3Р [1] 42-/50-/55-/70-градусные ПЭП показали результаты, представленные в табл. 1.

Таблица 1

Зависимость условных размеров от угла ввода ультразвука

Угол ввода	ΔH , мм	ΔL , мм
42°	7,5	6,7
50°	11,2	16,1
55°	13	17,3
70°	15,4	20,1

Таким образом, чем больше угол ввода, тем более большими будут размеры дефекта, снятые при помощи ПЭП. Однако не значит, что ПЭП с большими углами ввода являются бесполезными. ПЭП с различными углами ввода ориентированы на выявление различно ориентированных относительно продольной оси рельса дефектов. Например, дефект кода 30Г.2, выявлен ПЭП с углом ввода ультразвука в сталь 0°, но не был выявлен другими ПЭП с отличными 0° от углами ввода. Это связано с тем, что сигнал максимальной интенсивности будет принят в том случае, когда акустическая ось ПЭП будет образовывать с плоскостью дефекта перпендикуляр. В противном случае ультразвуковая волна либо огибает дефект, либо отражается от него и не приходит обратно на приемник. Поэтому возникает необходимость реализации различных схем, ориентированных на выявление всех дефектов рельсов, вне зависимости от их ориентации. К таким схемам относятся:

– контроль головки рельса при помощи ПЭП с углом ввода ультразвука 70° (рис. 2).

Данная схема является наиболее эффективной для выявления дефектов второй группы (поперечные трещины головки рельса), скрытых под дефектами третьей группы (горизонтальные расслоения головки рельса). Она позволяет обнаружить дефект, расположенный под горизонтальным расслоением протяженностью до 70 мм, чего, в виду конструктивных особенностей, невозможно сделать ПЭП с меньшими углами ввода;

– контроль головки рельса схемой «ЗМЕЙКА»;

Эта схема представляет собой 55/58-градусные ПЭП, развернутые вдоль продольной оси рельса на 34°. В отличие от схемы с углом ввода ультразвука 70°, которая позволяет выявить дефекты, расположенные в центральной части головки, данная схема позволяет обнаруживать дефекты как в рабочей, так и в нерабочей частях рельса;

– контроль поверхности катания рельса при помощи ПЭП с углом ввода ультразвука 0°.

Данная схема позволяет уверенно выявлять горизонтальные расслоения головки рельса, горизонтальные трещины в шейке рельса, горизонтально ориентированные дефекты подошвы рельса.

Конкретная схема прозвучивания выбирается исходя из задач контроля, особенностей профиля рельса в контролируемом сечении, предполагаемой группы дефекта и выбирается оператором, проводящим контроль.

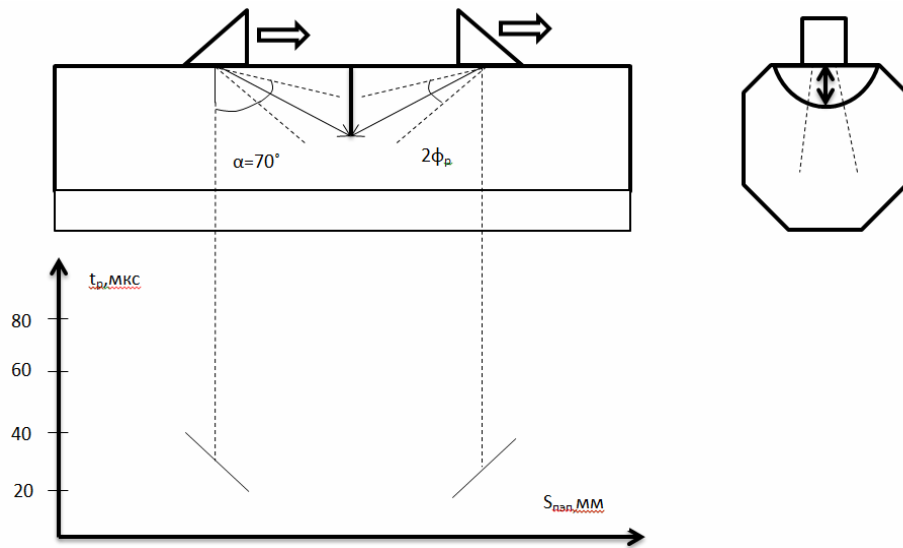


Рис. 2. Контроль поверхности катания 70-м ПЭП

Реальные дефекты рельсов. На рис. 3 показаны реальные дефекты рельсов [2], возникшие в процессе их эксплуатации и выявленные различными ПЭП с использованием эхо-метода ультразвукового дефектоскопия рельсов.

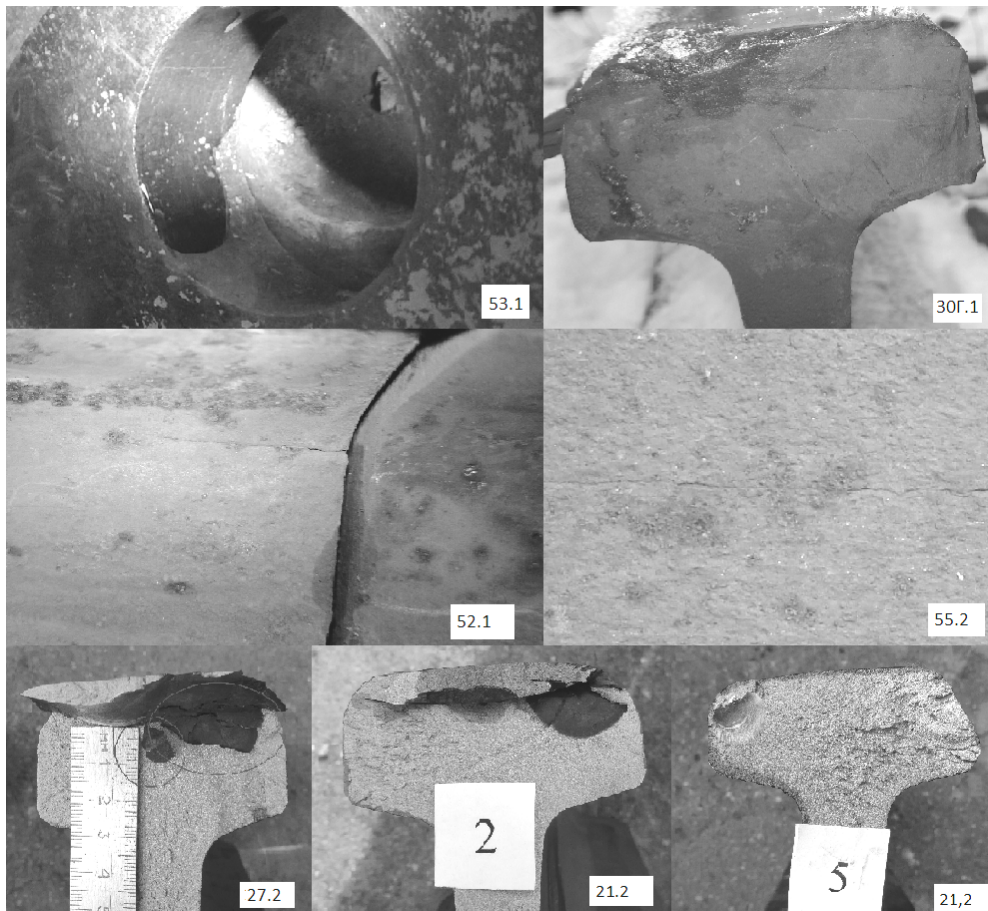


Рис. 3. Дефекты кодов: 53.1; 30Г.1; 52.1; 55.2; 27.2; 21.2

Дефекты кодов 53.1; 30Г.1; 52.1; 55.2 помимо дефектоскопирования, можно обнаружить и визуально. Однако, существуют также и дефекты, которые, кроме как дефектоскопированием, зачастую ничем обнаружить нельзя – это дефекты второй группы – 27.2; 21.2 (дефекты головки рельса). Наличие этих дефектов подтверждается в результате контрольных доломов, которые производятся на специально оборудованных прессах. В результате доломов, помимо наличия/отсутствия дефекта определяется также нагрузка, при которой произошел долом, а также стрела прогиба рельса. На рис. 3 (нижний ряд) приведены фотографии контрольных доломов рельсов, в результате которых были обнаружены дефекты второй и третьей групп.

Эхо-метод акустической дефектоскопии с использованием ПЭП позволяет практически обнаруживать различные нарушения структуры рельсов, выявлять дефекты, расположенные как на поверхности, так и в объеме контролируемых образцов. Наибольшие сложности представляют глубинные дефекты, маскируемые приповерхностными. Поэтому следует использовать ПЭП с различными углами ввода ультразвука в контролируемый объект.

ЛИТЕРАТУРА

1. Национальная система подтверждения соответствия Республики Беларусь. Порядок декларирования соответствия продукции. Основные положения: Дефектоскоп ультразвуковой УДС2-РДМ-22. Руководство по эксплуатации.
2. Национальная система подтверждения соответствия Республики Беларусь. Порядок декларирования соответствия продукции. Основные положения: НТД/ЦП 1-2-3-93 Классификация дефектов рельсов. Каталог дефектов рельсов. Признаки дефектных и остродефектных рельсов
3. Дефектоскопия рельсов. Формирование и анализ сигналов. Кн. 2. Расшифровка дефектограмм : практ. пособие в 2 кн. / А.А. Марков, Е.А. Кузнецова. – СПб. : Ультра принт, 2014. – С. 157 – 160.

УДК 681.513.3

ПРОБЛЕМЫ И ИХ РЕШЕНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ СОЛНЕЧНОГО ТРЕКЕРА

В.А. КРИШТОПА

(Представлено: канд. физ.-мат. наук, доц. С.А. ВАБИЩЕВИЧ)

Рассматривается устройство солнечных трекеров, их разновидности и особенности. Изучены основные характеристики трекеров: тип схемы управления, способ позиционирования. Проведен анализ принципа работы различных схем трекеров, выбрана оптимальная схема. Установлено, что трекер позволяет существенно увеличить КПД солнечной батареи.

Солнце является неисчерпаемым источником энергии. В прошлом веке люди научились преобразовывать энергию солнечного света в электричество, что стало прорывом в альтернативной энергетике. Не исключено, в будущем солнечная энергетика сможет потеснить привычные для нас способы выработки электроэнергии, что поможет сохранить нам не возобновляемые энергоресурсы, наносящие вред экологии при их использовании. Пока КПД солнечных элементов на основе кремниевых пластин по разным оценкам составляет лишь 14 – 24% и 40% для опытных непромышленных образцов [1]. На данный момент рекордом является КПД, достигнутый группой специалистов из Института систем солнечной энергии общества Фраунгофера – 44,7% [2]. Такой невысокий КПД связан со строением пластин и материалом их изготовления. В настоящее время ведутся разработки солнечных элементов на основе наноантенн, что позволит увеличить КПД до 85% [3]. На коэффициент полезного действия солнечных элементов так же влияет то, под каким углом на них падают солнечные лучи. При прямых солнечных лучах КПД максимален.

Анализ необходимости применения солнечного трекера. Солнечный трекер – это устройство для определения положения солнца с последующим позиционированием рабочей части относительно его. Рабочей частью при этом может являться солнечная батарея или зеркало, входящее в комплекс солнечных концентраторов для гелиоустановки. В данной работе описывается солнечный трекер, предназначенный для позиционирования солнечной батареи. Вращаясь, он позволяет увеличить выработку электроэнергии в течении дня, что увеличивает КПД солнечной батареи в целом. Из графика (рис. 1) иллюстрирующего зависимость потерь электроэнергии от отклонения угла падения солнечных лучей на солнечный элемент можно заметить, что при углах больше 45 градусов потери превышают 30%.

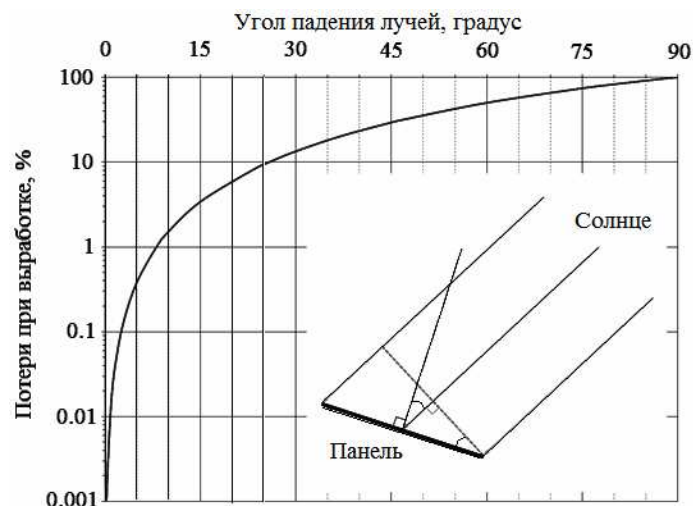


Рис. 1. График зависимости потерь при выработке электроэнергии от отклонения угла падения солнечных лучей

Взяв во внимание тот факт, что солнечная батарея, установленная статично на юг освещается прямыми лучами всего раз в сутки, то КПД такой установки невелик. Утром же, как минимум в течение часа, потери энергии не меньше 70%, в течении последующих двух часов потери плавно уменьшатся до 20%. Таким образом, чтобы свести к минимуму потери энергии солнечную батарею следует установить на подвижную установку, позволяющую позиционировать ее относительно солнца. Позиционирование может происходить по вертикали, горизонтали, по вертикали и горизонтали одновременно (рис.2), а так же по полярному углу [4].



Рис.2. Трекер с двумя осями вращения (вертикальной и горизонтальной)

Позиционирование рабочей части трекера. Рассмотрим способы построения трекеров. Основной его частью является устройство, определяющее положение трекера относительно солнца, чтобы затем скорректировать его. Для определения положения можно выделить несколько основных способов. Рассмотрим преимущества и недостатки каждого из них в отдельности. Первым способом, является способ определения положения по фотодатчику (одному или нескольким). Чаще всего для определения наиболее яркой точки используется 2 датчика, установленных под прямым углом относительно друг друга и под углом в 45 градусов относительно солнечного элемента. Принцип действия интуитивно прост. Он заключается в том, чтобы схема обработки сравнивала сигналы с датчиков (рис. 3, а) и поворачивала их вместе с солнечным элементом до тех пор, пока они не сравняются (рис. 3, б), иначе говоря, пока свет на оба датчика не станет падать под одним углом.

У датчиков есть несколько недостатков. Первым является их очень частое засорение, из-за чего происходят ошибки в управлении трекером. Вторым недостатком является их большая стоимость. Кроме этого, 2 датчика не дают возможности корректировать положение трекера по вертикали, а, следовательно, требуется дополнительная пара датчиков.

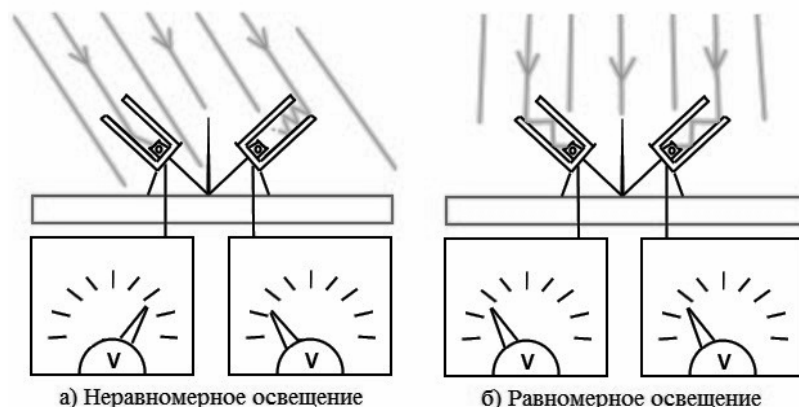


Рис. 3. Иллюстрация, поясняющая принцип работы трекера на датчиках

Принимать данные с датчиков и управлять трекером можно как с помощью компаратора с усиленным выходом для подключения электродвигателя, так и с помощью микроконтроллера [5].

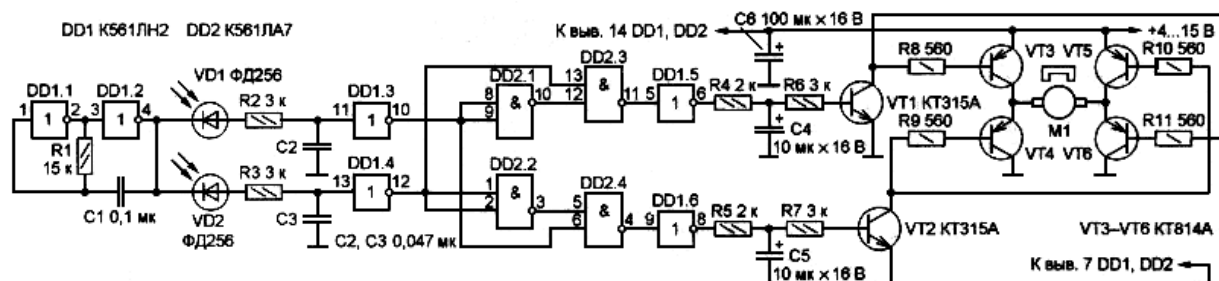


Рис. 4. Принципиальная схема аналогового трекера

Первый вариант реализации трекера является наименее затратным с финансовой точки зрения, поскольку не требует дорогостоящих микросхем. Вторым способом является микроконтроллерное управление. Для его реализации требуется наличие программатора, знания языков программирования, а так же программного обеспечения для разработки программ и последующей прошивки. Однако такой вариант имеет свои плюсы. Микроконтроллер позволяет подключить к себе практически любую периферию, что расширяет список деталей, которые возможно использовать для построения трекера. Помимо этого, применяя микроконтроллер можно расширить общую функциональность устройства: ввести возможность коррекции, подсчитывать мощность выработанной электроэнергии, ввести возможность автоматического отключения устройства в ночное время суток. А так, как солнечная батарея очень часто требует инвертора для преобразования напряжения, то возможно использование свободных ножек (пинов) микроконтроллера для выработки ШИМ сигнала управления силовыми ключами, что миниатюризирует всю систему. Еще одним главным достоинством микроконтроллера является его сверхмалое потребление. К примеру, минимальное потребление микроконтроллера Atmega8 фирмы Atmel в активном режиме составляет 15мА, при том, что максимальный ток питания этой микросхемы не превышает 200мА [6]. Для батарей, площадью более 1м² выработка электроэнергии в разы превышает потребление микроконтроллера.

Самым главным достоинством микроконтроллера является его вычислительная способность. Зная текущую дату и время, а так же координаты точки трекера можно рассчитать текущее местоположения солнца относительно этой точки, что дает возможность полностью избавиться от датчиков и их недостатков. Сложность такого устройства заключается в математическом расчете положения солнца, что требует некоторых знаний в области астрономии и сферической геометрии. Но просто знать положение солнца относительно панели, установленной на трекер недостаточно. Требуется повернуть несущую конструкцию, а для этого нужно знать какова текущая позиция трекера и рассчитать угол поворота. Идеальным решением этой задачи является применение сервопривода – электродвигателя с понижающим редуктором, имеющего обратную связь в виде потенциометра или энкодера [7]. Он имеет шину, состоящую из трех проводов: два провода питания и один управления. На провод управления подается ШИМ-сигнал с периодом, чаще всего, 50 Гц. Ширина импульса этого сигнала определяет, на какой угол должен

повернуться вал сервопривода. Вместо сервопривода допускается использование шагового двигателя, однако, он является менее надежным, так как не имеет устройства позиционирования и требует в 4 раза больше выводов микроконтроллера, чем сервопривод. Подытожив все вышесказанное, была спроектирована схема (рис. 5).

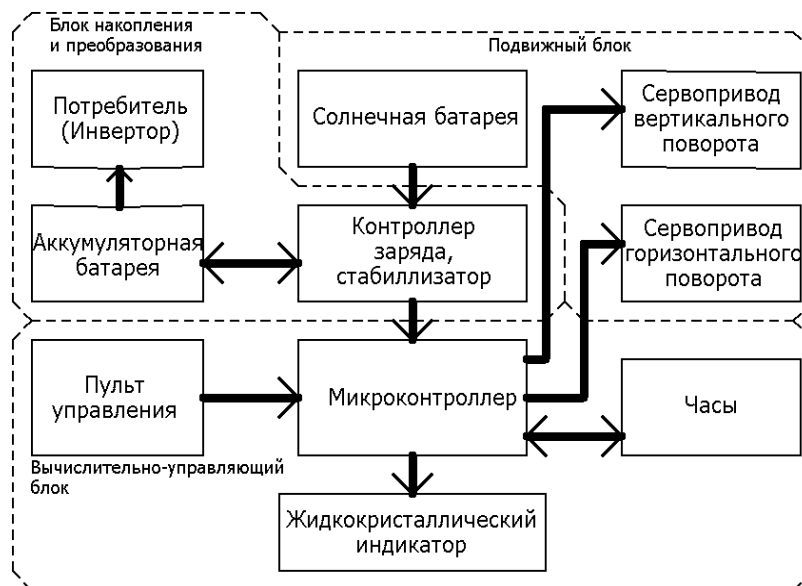


Рис. 5. Структурная схема трекера на микроконтроллере

Одним из самых важных критериев служит расчет мощности, потребляемой системой трекера и вырабатываемой самой солнечной батареей. Чтобы действительно увеличить КПД, стоит брать двигатели такой мощности, чтобы они потребляли минимальное количество энергии и могли повернуть установку на заданный угол. Притом, стоит избегать лишних движений, тратящих электроэнергию. Вдобавок, двигатели можно оснастить линейными приводами, которые будут связаны с комплексом из нескольких установок. Так, при помощи одного мощного привода можно управлять сразу несколькими установками, что является выгодным в экономическом плане.

Таким образом, самым точным способом управления трекером является цифровое управление с применением микроконтроллера и сервопривода. Важным критерием при разработке такого трекера является выбор сервопривода и написание программы для управления им. Использование трекера позволяет добиться максимального КПД в выработке электроэнергии солнечными батареями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воронин, С.М. Пути повышения конкурентоспособности солнечных фотоэлектростанций [Электронный ресурс] / С.М. Воронин, Н.С. Овсянников / Науч. журнал КубГАУ. – Краснодар : КубГАУ, 2012. – № 76 (02). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2012/02/pdf/50.pdf>.
2. Мировой рекорд – солнечные батареи с эффективностью 44,7% [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://alternativenergy.ru/solnechnaya-energetika/590-solnechnye-elementy-s-vysokim-kpd.html>.
3. Берланд, Б. Фотоэлементы уходят за горизонт: Оптические ректенны солнечных батарей [Электронный ресурс] / Национальная лаборатория возобновляемых источников энергии США – 2003. – Режим доступа: <http://www.nrel.gov/docs/fy03osti/33263.pdf>.
4. Классификация трекеров [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ust.su/solar/media/section-inner79/2866/>.
5. Цаплин, И. Гелиостат / И. Цаплин // Радио. – 2002. – № 5.
6. Компания Atmel [Электронный ресурс]. – 2013. – Режим доступа: http://www.atmel.com/images/atmel-2486-8-bit-avr-microcontroller-atmega8_1_datasheet.pdf.
7. Васютенский, А.В. Исследование микропроцессорных позиционируемых сервоприводов [Электронный ресурс]. – 2013. – Режим доступа: <http://masters.donntu.org/2009/eltf/vasutinsky/diss/index.htm>.
8. Трамперт, В. AVR-RISC микроконтроллеры / В. Трамперт // Практика инженерной электроники. – 2006. – 460 с.

УДК 681.118

ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОСХЕМЫ ЧАСОВ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ DS1307 В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ

В.А. КРИШТОПА

(Представлено: канд. физ.-мат. наук, доц. С.А. ВАБИЩЕВИЧ)

Рассматривается микросхема DS1307, ее характеристики, а так же сферы ее применения. Проведен сравнительный анализ часов на микроконтроллере с применением микросхемы DS1307 и без нее. Выявлено, что безотказность этой микросхемы часов дает возможность ее широкого применения в устройствах, чья работа тесно связана с отсчетом времени.

Введение. Работоспособность многих современных устройств напрямую зависит от знания текущего времени: спутники, цифровые счетчики ампер-часов, автоматические системы, ориентирующиеся по часам. Ответственным узлом за безотказность и точность их работы являются часы, работоспособность которых повышается при внедрении в схему устройства DS1307 – микросхемы часов реального времени (Real time clock). Это достаточно доступная и дешевая микросхема в своем классе, чем и заслужила свою популярность у разработчиков радиоэлектронной аппаратуры. Применение этой микросхемы оправдывает себя в устройствах автоматики, в которых могут происходить перебои с питанием. Выпускается в 8 выводных корпусах DIP и SMD исполнения (рис. 1).

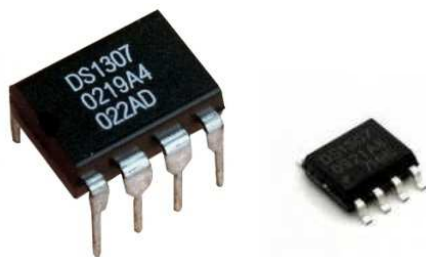


Рис. 1. Фотография DS1307 в DIP и SMD корпусах

Характеристики микросхемы. Проанализируем основные характеристики DS1307. Батарейное питание этой микросхемы включается автоматически при обнаружении перебоев в основном питании. Микросхема характеризуется широкой функциональностью в плане установки времени и даты. Она работает как в 24-часовом, так и в 12-часовом режимах с индикатором AM/PM, а так же имеет коррекцию високосного года и последней даты месяцев, в которых менее 31 дня. У DS1307 присутствует вывод SQW/OUT, который используется для вывода прямоугольных импульсов с частотами 1Гц, 4096Гц, 8192Гц, 32768Гц. Микросхема имеет 64 байта энергонезависимой статической ОЗУ, из которых 56 байт отведены для хранения пользовательских данных и всего лишь 8 байт непосредственно под установку часов. При этом, 7 первых байт используется непосредственно для установки часов, а 8 байт используется для настройки конфигурации вывода SQW/OUT [1].

Таблица 1

Регистры часов реального времени

АДРЕСА	БИТЫ							
	7	6	5	4	3	2	1	0
0x00	CLOCK HALT	ДЕСЯТКИ СЕКУНД			СЕКУНДЫ			
0x01	–	ДЕСЯТКИ МИНУТ			МИНУТЫ			
0x02	–	24/12	AM/PM ДЕСЯТКИ ЧАСОВ	ДЕСЯТКИ ЧАСОВ	ЧАСЫ			
0x03	–	–	–	–	–	ДЕНЬ НЕДЕЛИ		
0x04	–	–	ДЕСЯТКИ ДАТЫ		ЕДИНИЦЫ ДАТЫ			
0x05	–	–	–	ДЕСЯТКИ МЕСЯЦА	ЕДЕНИЦЫ МЕСЯЦА			
0x06	–	ДЕСЯТКИ ЛЕТ			ГОД			
0x07	OUTPUT	–	–	SQWE	–	–	RS1	RS0

Микросхема почти не требует внешних дополнительных устройств, ей требуется лишь часовой кварцевый резонатор и батарея на 3 В. Микросхема DS1307 подключается по средствам шины I²C. В связи с особенностями передачи данных по этой шине, выводы SDA и SCL должны быть обязательно подключены к питанию через резисторы для подтяжки к линии высокого уровня [2].

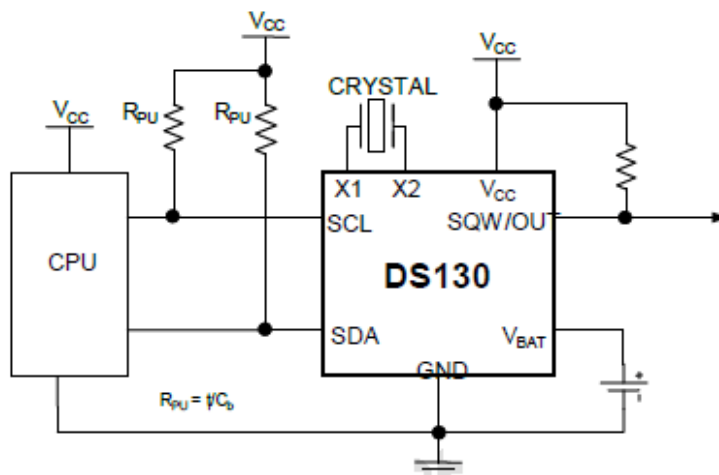


Рис. 2. Схема подключения DS1307

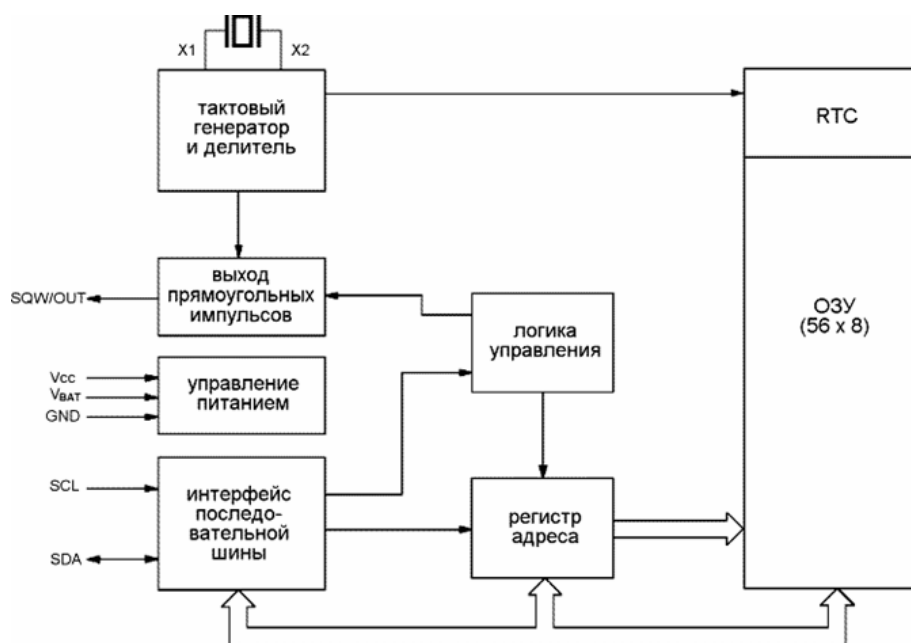


Рис. 3. Структурная схема DS1307

Программная часть. Данные о текущем времени хранятся в регистрах микросхемы в двоично-десятичном виде, то есть, старший тетрада хранит информацию о десятках, а младшая о единицах десятичного числа. Например, число 25 кодируется таким образом: сначала оно разбивается на двойку и пятёрку, двойка заносится в старший ниббл, что соответствует коду 0010, а пятёрка в младший, что соответствует коду 0101, затем нибблы нужно соединить в байт, и получится код 00100101. После передачи этого кода в микросхему, она его распознает как число 25. Пример кода на Си:

```
MINUTE=0x01;
minute = 25;
DS1307Write(MINUTE,((minute/10)<<4)|(minute % 10));
```

Здесь функция DS1307Write подразумевает, что по шине I²C передаются следующий цикл выражений:

- условие старта передачи;
- передача адреса микросхемы DS1307, ожидание отклика;
- передача адреса в памяти микросхемы;
- передача данных по адресу;
- завершение передачи.

В функцию передаются 2 аргумента. Выражение-аргумент $((\text{minute}/10) \ll 4) | (\text{minute} \% 10)$ преобразует число 25 в двоично-десятичный вид. Первым действием $(\text{minute}/10)$ от числа 25 отделяется разряд десятков, то есть результатом этой операции будет число 2 в десятичном коде или же 00000010 в двоичном. Затем это число сдвигается на 4 разряда влево операцией сдвига \ll , после чего получается код 00100000. Затем от числа отделяют разряд единиц, то есть число 5 операцией $(\text{minute} \% 10)$. В результате получается два кода 00100000 и 00000101, которые затем «склеиваются» операцией побитового «или». Переменная MINUTE отвечает за адрес регистра, в который записывать преобразованное число. При чтении данных нужно провести обратную операцию – перевод из двоично-десятичного кода в десятичное число.

Сравнение с обычными часами. Для сравнения были сконструированы часы без применения микросхемы DS1307, на базе одного лишь микроконтроллера (рис. 4, а).

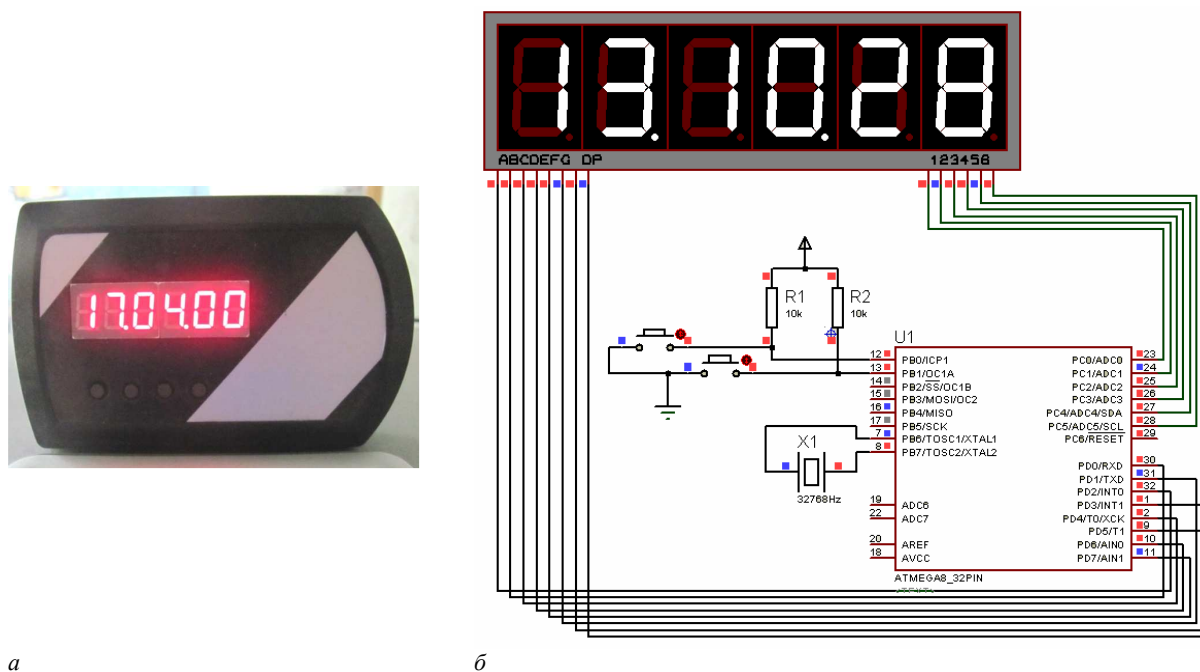


Рис. 4. Часы: а – вид; б – схема

Как видно из схемы (рис. 4, б), часовой кварцевый резонатор с частотой 32,768 кГц напрямую подключен к выводам микроконтроллера для управления асинхронным таймером. Эти выводы так же отвечают за тактирование микроконтроллера от внешнего высокостабильного кварца. Если к микроконтроллеру не подключен такой кварцевый резонатор (обычно 8 – 12 МГц), то тактирование будет обеспечено внутренним нестабильным RC-генератором. Это, в свою очередь, уменьшит стабильность работы и точность часов, а так же не даст воспользоваться всеми возможностями микроконтроллера в полную силу. Микросхема DS1307 полностью исключает эти нежелательные эффекты.

По результатам проведения сравнительного анализа я выявил массу достоинств этой микросхемы: точность, безотказность, функциональность, и применил ее в конструкции трекера для безошибочного определения реального времени.

ЛИТЕРАТУРА

1. Техническое описание DS1307 [Электронный ресурс] / пер. с англ. – 2007. – Режим доступа: <http://piclist.ru/>.
2. Трамперт, В. AVR-RISC микроконтроллеры / В. Трамперт // Практика инженерной электроники. – 2006. – 460 с.

УДК 621.3(075.8)

ВХОДНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ СРЕДЫ НАД УГЛЕВОДОРОДНЫМИ ЗАЛЕЖАМИ**Е.Р. АДАМОВСКИЙ***(Представлено: канд. техн. наук, доц. В.Ф. Янушкевич)*

Представлено собственное исследование на тему обнаружения углеводородных залежей радиолокационными методами, приведены расчеты и результаты в числовой и графической форме.

В рамках научной работы по курсам «Электродинамика» и «Распространение радиоволн» были исследованы вопросы распространения радиоимпульса в слоистой среде, в частности, зависимость входного сопротивления определенной среды от ее глубины и частоты зондирующего радиоимпульса.

Суть научной работы заключалась в том, что в землю посылался зондирующий радиоимпульс, который, отражаясь обратно, сообщал определенную информацию о среде на различных глубинах. Исследуемым параметром было принято сопротивление среды над углеводородной залежью, и его зависимость от глубины и частоты зондирующего радиоимпульса.

Основная формула расчета входного сопротивления слоистой среды:

Основная формула расчета входного сопротивления слоистой среды:

$$Z_{вх} = \frac{(Z_2 + Z_1) + (Z_2 - Z_1) * \exp(-2 * j_2 * h)}{(Z_2 + Z_1) - (Z_2 - Z_1) * \exp(-2 * j_2 * h)} * Z_1, \quad (1)$$

где h – глубина среды.

Значения Z_1 , Z_2 и j_2 определяются как:

$$Z_2 = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_3 * E_0}} \quad (2)$$

$$Z_1 = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_2 * E_0}} \quad (3)$$

$$j_2 = j * 2 * \pi * f * \frac{\sqrt{\epsilon_2}}{c} \quad (4)$$

где $j = \sqrt{-1}$;

$c = 3 * 10^8$ м/с – скорость света;

$\mu_0 = 4 * \pi * 10^{-7}$ - магнитная постоянная;

$\epsilon_3 = 2.5$ - диэлектрическая проницаемость, соответствующая нефти;

$\epsilon_0 = 8.85 * 10^{-12}$ - электрическая постоянная;

$\epsilon_2 = 10$ - диэлектрическая проницаемость, соответствующая песчано-алевритовым фракциям;

f – частота зондирующего радиоимпульса.

Для расчетов входного сопротивления среды были взяты определенные параметры h и f , которые отражали бы реальные возможности современной технологии радиолокации и добычи полезных ископаемых. Так, например, подсчет сопротивления среды на глубинах свыше 5000 метров нецелесообразно из-за труднодоступности располагающихся там углеводородных залежей. Диапазон частот взят в радиодиапазоне дециметровых волн 5 – 15 МГц.

Расчеты были произведены в программе MatLab, удобной для работы с сигналами и их графиками. В программу были введены вышеприведенные формулы и заданы диапазоны глубины h и частоты f . В результате был получен трехмерный массив, количественно отображающий сопротивление среды над углеводородной залежью для глубин 1000-5000 метров с шагом в 1000 метров для частот 5-15 МГц с шагом в 1 МГц (таблица 1). Для массива был построен график, наглядно отображающий результаты исследования (рис. 1).

Анализ представленного графика показал, что наибольшее сопротивление, до 200 Ом, среда, по параметрам соответствующая песчано-алевритовым фракциям, оказывает на частотах 11-13 МГц по всем глубинам. Пики сопротивления данной среды также наблюдаются на координатах:

- 2 км – 6 МГц;
- 3 км – 8 МГц;
- 4 км – 6 и 9 МГц.

Таблица 1

Зависимость сопротивления среды от глубины и частоты зондирующего радиоимпульса, Ом

f, МГц / h, м	1000	2000	3000	4000	5000
5	63	127	104	69	224
6	60	236	60	230	60
7	62	150	85	82	158
8	71	78	229	66	87
9	91	60	112	220	77
10	127	69	60	87	191
11	186	117	81	64	60
12	236	230	220	207	194
13	213	163	121	93	76
14	150	82	61	63	89
15	104	60	77	194	155

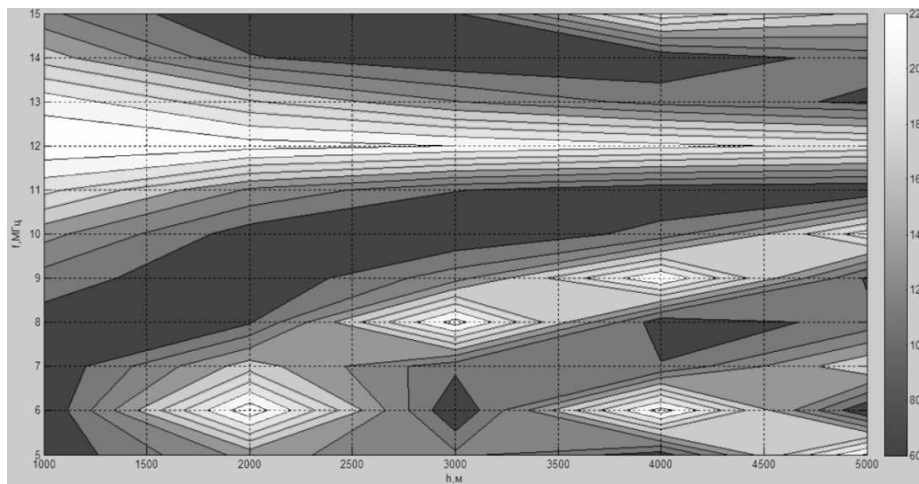


Рис. 1. Карта зависимости сопротивления среды от глубины и частоты зондирующего радиоимпульса, Ом

В остальных областях частот и глубин данной среды результаты показывают в среднем сопротивление порядка 100 Ом.

Заключение. Проведенное исследование может быть полезно для детектирования углеводородных залежей при сравнении значений входного сопротивления слоистой среды над ними, которое было рассчитано в ходе данной научной работы, относительно полученных на практике, что может оказаться полезным в условиях реальной георазведки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гололобов, Д.В. Радиотехнические системы поиска и идентификации углеводородных залежей в режиме двухчастотного взаимодействия / Д.В. Гололобов, В.Ф. Янушкевич // Весці НАН Беларусі. Сер. фіз.-тэхн. навук. – 2002. – № 1. – С. 49 – 54.
2. Фролов, А.Д. Поиски нефтегазовых месторождений радиоволновыми методами / А.Д. Фролов, В.Д. Озеров // Региональная разведка и промысловая геофизика. – М.: ВИЭМС, 1969. – № 19. – С. 32.