

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Электронного обучения

Специальность Информационно-измерительная техника и технологии

Кафедра Физических методов и приборов контроля качества

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ/РАБОТА

Тема работы	
Разработка измерителя емкости электрического одножильного провода	

УДК 621.3.08

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1401	Власова И.В.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Вавилова Г.В.			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Петухов О.Н.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Кырмакова О.С.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Физических методов и приборов контроля качества	Суржиков Анатолий Петрович	д. ф.- м. н., профессор		

Томск – 2016 г.

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт – Электронного обучения
Специальность – Информационно-измерительная техника и технология
Кафедра – Физических методов и приборов контроля качества

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой
_____ Суржиков А.П.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Дипломного проекта
(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
3-1401	Власова Ирина Валерьевна

Тема работы:

Разработка измерителя емкости электрического одножильного провода
Утверждена приказом директора (дата, номер) № 277/с от 22.01. 2016

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2016
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Объект исследования - одножильный электрический провод диаметром до 10 мм с погонной емкостью от 50-500 пФ/м. Изменение электропроводности воды в диапазоне соответствующем изменению концентрации соли NaCl в диапазоне от 0 до 4 г/л.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	Обзор методов измерения емкости, выбор метода применимого для контроля емкости провода. Выбор конструкции преобразователя для технологического контроля емкости. Определение функции преобразования. Разработка структурной схемы измерителя емкости, разработка конструкторской документации. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. Социальная ответственность.
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Печатная плата, печатная плата как сборочная единица, внешний вид корпуса.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
По разделу «Финансовый	Петухов О.Н.

менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	
По разделу «Социальная ответственность»	Кырмакова О.С.
По разделу «Расчет надежности»	Степанов А.Б.
По разделу «Конструкторская часть»	Степанов А.Б.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Заключение	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	10.09.2015
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Вавилова Г.В.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-1401	Власова И.В.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа состоит из с.95, рис. 22 , табл. 19, источников 45, прил. 4.

Цель работы – разработка средства для измерения погонной емкости электрического одножильного провода в процессе производства, на стадии нанесения изоляции на токопроводящую жилу.

В процессе исследования проводились изучение методов измерения емкости. Выбор метода применимого для контроля емкости провода. Выбор конструкции преобразователя применимый для технологического контроля емкости. Определение функции преобразования для электроемкостного измерительного преобразователя. Разработка структурной схемы измерителя емкости.

В результате исследования были выбраны метод контроля емкости, конструкция измерительного преобразователя, определены основные технические характеристики разрабатываемого средства измерения.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: измерение погонной емкостью одножильного электрического провода диаметром до 10 мм в диапазоне 50-500 пФ/м, в условиях значительного изменения электропроводности воды в диапазоне соответствующем изменению концентрации соли NaCl в диапазоне от 0 до 4 г/л.

Степень внедрения: разработана структурная схема измерителя.

Область применения: кабельное производство.

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

электрический кабель: Кабельное изделие, содержащее одну или более изолированных жил (проводников), заключенных в металлическую или неметаллическую оболочку, поверх которой в зависимости от условий прокладки и эксплуатации может иметься соответствующий защитный покров, в который может входить броня, и пригодное, в частности, для прокладки в земле и под водой.

электрический провод: Кабельное изделие, содержащее одну или несколько скрученных проволок или одну или более изолированных жил, поверх которых в зависимости от условий прокладки и эксплуатации может иметься легкая неметаллическая оболочка, обмотка и (или) оплетка из волокнистых материалов или проволоки, и не предназначенное, как правило, для прокладки в земле

токопроводящая жила: Элемент кабельного изделия, предназначенный для прохождения электрического тока.

кабельный экран: Элемент из электропроводящего немагнитного и (или) магнитного материала либо в виде цилиндрического слоя вокруг токопроводящей или изолированной жилы, группы, пучка, всего сердечника или его части, либо в виде разделительного слоя различной конфигурации.

защитный кабельный покров: Элемент, наложенный на изоляцию, экран, оболочку или упрочняющий покров кабельного изделия и предназначенный для дополнительной защиты от внешних воздействий.

сплошная изоляция: Изоляция в виде сплошного слоя диэлектрика (пластмассы, резины и др.)

емкость электрическая: Характеристика проводника, количественная мера его способности удерживать электрический заряд.

погонная (удельная) емкость: Емкость, отнесенная к единице длины кабеля или провода [8] .

электропроводность: Способность тела проводить электрический ток под воздействием электрического поля.

удельная электропроводность: Физическая величина s , равная электропроводности цилиндрического проводника единичной длины и единичной площади сечения [11].

Оглавление

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ.....	5
Оглавление.....	7
ВЕДЕНИЕ	10
1.МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ЕМКОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПРОВОДА.....	12
1.1 Основные понятия.....	12
1.2 Обзор методов измерения емкости	13
1.2.1 Метод вольтметра-амперметра.....	13
1.2.2 Мостовой метод	15
1.2.3 Резонансный метод.....	16
1.2.4 Метод переходного процесса	18
1.2.5 Метод фазового сдвига.....	20
1.2.6 Методы измерения емкости одножильного провода	21
2.ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПРОИЗВОДСТВА КАБЕЛЯ.....	22
3. ВЫБОР ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ, ПРИМЕНИМОГО ДЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ЕМКОСТИ ПРОВОДА	26
3.1 Контактный измерительный преобразователь	27
3.2 Бесконтактные измерительные преобразователи	29
3.3 Измерительные преобразователи с использованием.....	30
жидкостного электрода	30
4. КОНСТРУКЦИЯ ЭЛЕКТРОЕМКОСТНОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ (ЭЕИП)	33
4.1 Алгоритм преобразования измерительного сигнала	34
5. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НА ФУНКЦИЮ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ВОДЫ.....	35
5.1 Методы отстройки от влияния изменения электропроводности	37
воды.....	37
5.1.1 Отстройка от влияния изменения электропроводности воды на основе измерения фазы тока измерительного электрода	38
5.1.2 Отстройка от влияния изменения электропроводности воды на основе измерения тока генератора.....	41
6. СТРУКТУРНАЯ СХЕМА ИЗМЕРИТЕЛЯ ЕМКОСТИ.....	45
7. КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	47
7.1 Общие технические требования к ПП.....	47
7.2 Расчет конструктивных и электрических параметров печатной платы	48
7.3 Технология изготовления платы	50

7.4 Общие положения при монтаже ПП.....	52
8. РАСЧЕТ НАДЕЖНОСТИ	53
9. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	59
9.1 Техногенная безопасность.....	61
9.1.1 Анализ вредных факторов	61
9.1.2 Недостаточная освещенность рабочей зоны.....	62
9.1.3 Электромагнитное поле.....	62
9.1.4 Электростатическое поле.....	64
9.1.5 Микроклимат	64
9.1.6 Шум.....	65
9.2 Анализ опасных факторов	66
9.2.1 Термическая опасность.....	66
9.2.2 Поражение электрическим током	67
9.3 Региональная безопасность	68
9.4 Возникновение и действия при ЧС	69
9.4.1 Действия при землетрясении.....	69
9.4.2 Действия при пожаре.....	69
10. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	71
10.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	72
10.1.2 Технология QuaD	72
10.2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	73
10.3 Планирование научно-исследовательских работ.....	74
10.3.1 Структура работ в рамках научного исследования	74
10.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ	75
10.3.3 Бюджет научно-технического исследования	76
10.3.4 Расчет материальных затрат НТИ.....	76
10.3.4.1 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ.....	77
10.3.4.2 Основная и дополнительная заработная плата исполнителей.....	78
темы.....	78
10.3.4.3 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	79
10.3.5 Накладные расходы	80
10.3.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского	80
проекта	80
10.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой,	81
бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	81

ЗАКЛЮЧЕНИЕ	84
CONCLUSION	85
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	86
ПРИЛОЖЕНИЕ А. ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА	92
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. ПЕЧАТНАЯ ПЛАТА	93
ПРИЛОЖЕНИЕ Г. ВНЕШНИЙ ВИД	95

ВЕДЕНИЕ

В настоящее время широкое применение в различных сферах получили кабельные изделия, в большинстве случаев качество кабельного изделия определяет стоимость оборудования и изделий, в которых они используются. Для повышения качества выпускаемых кабельных изделий, на стадии нанесения изоляции на токопроводящую жилу в ходе технологического процесса, осуществляется контроль параметров по всей длине изделия.

Для соблюдения качества кабельных изделий необходимо контролировать геометрические размеры, такие как диаметр жилы, диаметр внешней оболочки, толщину изоляции, смещение центра жилы от центра кабеля. Немаловажным фактором является отсутствие в конструкции кабельного изделия дефектов изоляции (трещин, порезов, инородных включений в изоляции).

Одной из основных величин, определяющих качество кабельного изделия, является погонная емкость. Емкость между токопроводящей жилой и другим электродом и есть емкость кабельного изделия. Electroдами могут быть вторая жила, экран или металлическая оплётка.

Емкость провода зависит в большинстве своем от электрических свойств изоляции и его геометрических размеров. Следовательно, изменение погонной емкости говорит об отклонении электрических свойств в изоляции или наличие дефектов (трещины, порезы и т.д.), либо геометрических параметров провода.

Исходя из этого, можно с уверенностью сказать, что при неизменности погонной емкости, электрические свойства изоляции и геометрические параметры провода будут также неизменны.

Все это приводит к необходимости контролировать емкость провода непосредственно в процессе производства на стадии нанесения изоляции.

Цель данной работы заключается в разработке измерителя емкости.

Для этого необходимо выбрать метод контроля, конструкцию преобразователя. Также проанализировать факторы, влияющие на результат контроля.

1. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ЕМКОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПРОВОДА

1.1 Основные понятия

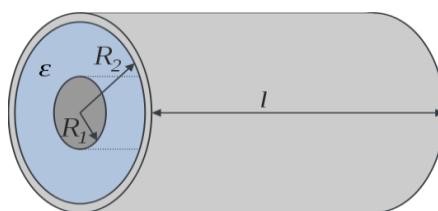
Особое внимание в данной работе уделено кабелям связи, которые предназначены для передачи сигналов информации токами различных частот.

Одной из основных нормируемых величин, определяющих качество кабелей связи, является его емкость C , Ф. Емкость электрическая – это характеристика проводника, количественная мера его способности удерживать электрический заряд [9], равная отношению заряда q , Кл, накопленного проводником, к его потенциалу φ , В:

$$C = \frac{q}{\varphi} \quad (1)$$

В системе СИ емкость измеряется в фарадах (Ф).

Емкость одножильного электрического провода с металлическим экраном или оболочкой, а также емкость кабеля с отдельно экранированными жилами определяется по такой же формуле, как и емкость цилиндрического конденсатора, где одной из обкладок является электропроводящая жила провода, а другой – металлический экран (оболочка) [9]:



$$C = \frac{2\pi\epsilon\epsilon_0 l}{\ln\left(\frac{R2}{R1}\right)} \quad (2)$$

ϵ – диэлектрическая проницаемость диэлектрика

$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ – электрическая постоянная, Ф/м;

R_1 – радиус центральной жилы, мм

R_2 – радиус внутренней проводящей оболочки, мм

l – длина, м [14]

Из формулы (2) следует, что емкость провода определяется его геометрическими параметрами, его формой и электрическими свойствами материала диэлектрика (его диэлектрической проницаемостью ϵ) и не зависит от материала проводника. Емкость кабелей связи измеряется и нормируется в пФ или нФ.

1.2 Обзор методов измерения емкости

Существует большое количество методов измерения емкости. Из них наибольшее распространение получили метод вольтметра-амперметра, мостовой метод, резонный метод, метод переходного процесса, метод фазового сдвига.

1.2.1 Метод вольтметра-амперметра

Метод вольтметра-амперметра достаточно прост в реализации и сводится к измерению тока и напряжения в цепи с измеряемым объектом и последующему расчету его параметров по закону Ома.

Схема для измерения емкости методом вольтметра-амперметра представлена на рисунке 1.

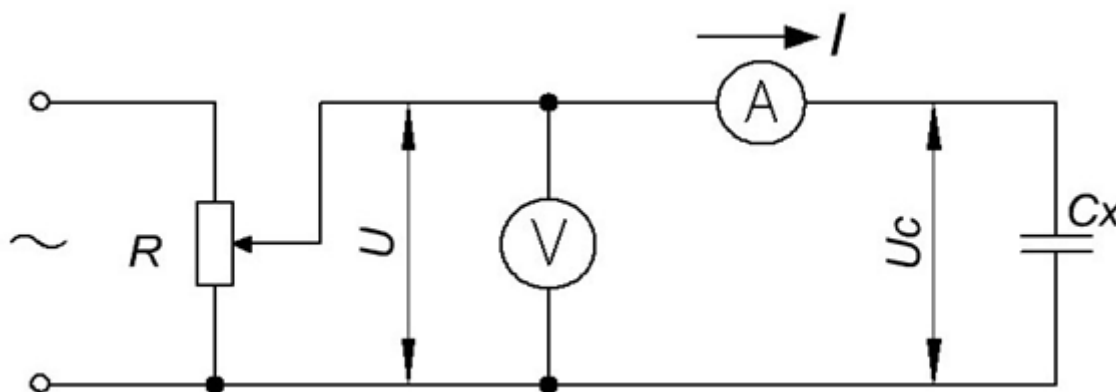


Рисунок 1 – Схема измерения емкости методом вольтметра-амперметра

Емкостное сопротивление конденсатора X_C , Ом

$$X_C = \frac{U_C}{I} = \frac{1}{\omega C_x}, \quad (3)$$

где U_C – падение напряжение на конденсаторе, В;

I – ток в цепи конденсатора, А;

$\omega = 2 * \pi * f$ – угловая частота источника питания, Гц.

Преобразовав формулу (3), емкость конденсатора можно определить по формуле [35]

$$C_x = \frac{I}{\omega U_C}. \quad (4)$$

С использованием схемы, изображенной на рисунке 1, можно измерять только высокочастотные емкости. Реальный конденсатор обладает активным и реактивным сопротивлением. Схема замещения реального конденсатора обычно приводится в виде параллельной схемы (рисунок 2). Для определения параметров конденсатора (активного r , Ом и емкостного сопротивления X_C , Ом) необходимо измерять по отдельности токи, протекающие через активную составляющую объекта измерения I_r и емкостную составляющие I_C .

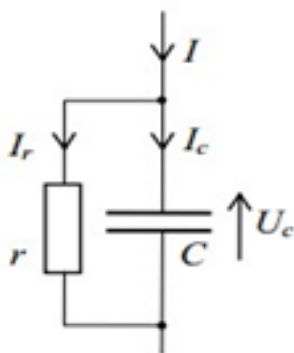


Рисунок 2 – Схема замещения емкости конденсатора

Тогда емкость конденсатора C_x определяется реактивным током I_C по формуле (4), а эквивалентное активное сопротивление конденсатора – по формуле

$$r = \frac{U_C}{I_r}. \quad (5)$$

Наличие тока I_r , протекающего через эквивалентное активное сопротивление r , приводит к отклонению фазового сдвига между суммарным током I и напряжением на конденсаторе U_C от 90° . Угол δ , образованный векторами емкостного и суммарного тока, называется углом потерь. Тангенс угла потерь при параллельной схеме замещения определяется выражением

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{1}{\omega r C} \quad (6)$$

Величина, обратная $\operatorname{tg} \delta$, называется добротностью Q и вычисляется по формуле

$$Q = \omega r C. \quad (7)$$

Погрешность измерения указанным методом составляет 0,5–5 % на низких частотах и возрастает при увеличении частоты, но ее легко устранить с помощью настройки. Недостатком данного метода является ограниченный диапазон по частоте.

К преимуществам метода относится возможность через измеряемый объект пропускать такой же ток, как и в реальных условиях его эксплуатации. Немаловажным также является линейность функции преобразования. Кроме того, метод обладает высоким быстродействием и малой погрешностью измерения.

1.2.2 Мостовой метод

Мостовой метод получил широкое распространение при измерении емкости, так как мостовые схемы обладают высокой точностью и чувствительностью, способны работать в широком диапазоне измеряемых значений. Для измерения емкости конденсаторов с малыми потерями используют мостовую схему, изображенную на рисунке 3.

Условие равновесия моста для схемы (рисунок 3) имеет вид:

$$\left(R_x - \frac{j}{\omega C_x}\right) R_4 = \left(R_3 - \frac{j}{\omega C_3}\right) R_2. \quad (8)$$

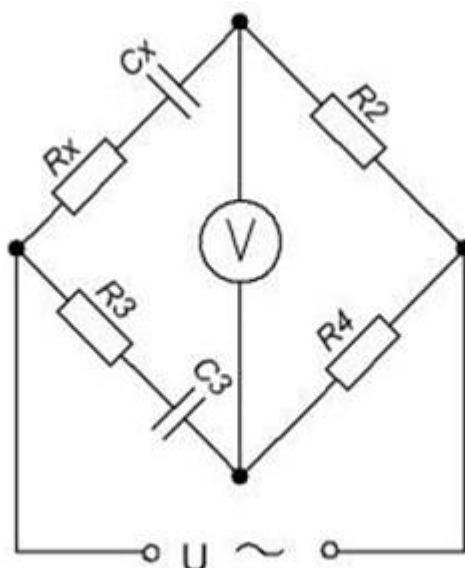


Рисунок 3 – Схема моста для измерения емкости конденсатора

Разделив в уравнении (8) вещественную и мнимую части, получим:

$$R_x = \frac{R_3 R_2}{R_4}, \quad C_x = \frac{C_3 R_4}{R_2} \quad (9)$$

Уравновешивание мостовой схемы производится поочередным изменением сопротивления R_3 и емкости C_3 . Для расширения пределов измерения необходимо изменить отношение $\frac{R_2}{R_4}$ (или $\frac{R_4}{R_2}$).

К достоинствам мостового метода относят высокую точность измерения, так как данный метод относится к методам непосредственной оценки. Однако он очень сложен для реализации: возникают сложности с подготовкой мер, особенно в широком диапазоне измерения.

1.2.3 Резонансный метод

Резонансный метод измерения применяется в высокочастотных измерителях емкостей, так как в области низких частот резонансные явления проявляются слабо, что не обеспечивает достаточной точности измерения. Одна из разновидностей метода – генераторный резонансный метод – основана на использовании образцового генератора G_0 и индикатора равенства частот ИРЧ, который служит для контроля частоты колебательного контура, питае-

мого от своего генератора G. Схема измерителя емкостей приведена на рисунке 4.

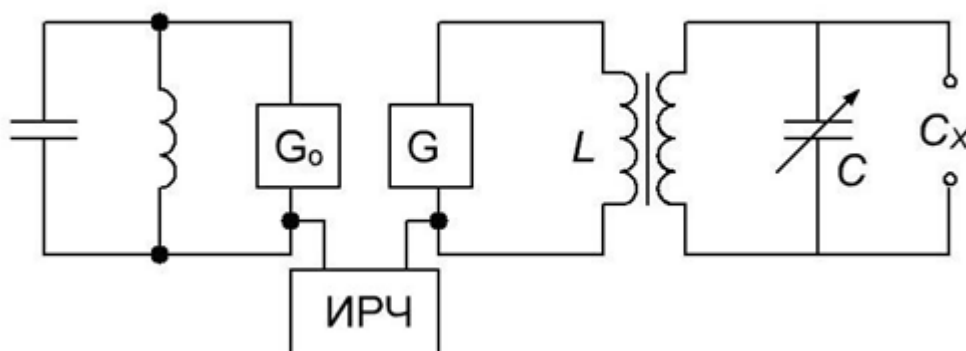


Рисунок 4 – Схема измерения емкости резонансным методом

Первоначально колебательный контур генератора G без подключения измеряемой емкости C_x , Φ , настраивается в резонанс на частоту образцового генератора G_0 путем изменения емкости C. При равенстве частот обоих генераторов (определяется с помощью ИРЧ) значение емкости C (C_1) фиксируется. Затем в колебательный контур генератора G включается измеряемая емкость C_x параллельно емкости C и контур снова настраивается в резонанс на ту же частоту. Новое значение емкости переменного конденсатора C (C_2) фиксируется. Емкость образца C_x определяется по формуле

$$C_x = C_1 - C_2. \quad (10)$$

К преимуществам генераторного метода можно отнести достаточную простоту схемотехнического решения и, как следствие этого, низкую стоимость измерителей. Индикация равенства частот обеспечивает высокую разрешающую способность метода, что позволяет использовать его для измерения малых изменений параметров компонентов. Погрешность измерения указанным методом может достигать 0,5%.

Основным недостатком метода является зависимость частоты измерения от значения емкости измеряемого объекта, т. е. невозможность измерения на какой-либо заранее выбранной фиксированной частоте, а также слабая

защищенность от паразитных параметров, присущая всем двухзажимным измерителям.

1.2.4 Метод переходного процесса

В основу метода положен апериодический процесс, возникающий при подключении заряженного конденсатора к образцовому резистору. При измерении сопротивления обеспечивают разряд конденсатора через измеряемый образцовый резистор.

Структурная схема измерителя емкости, реализующая метод переходного процесса, приведена на рисунке 5.

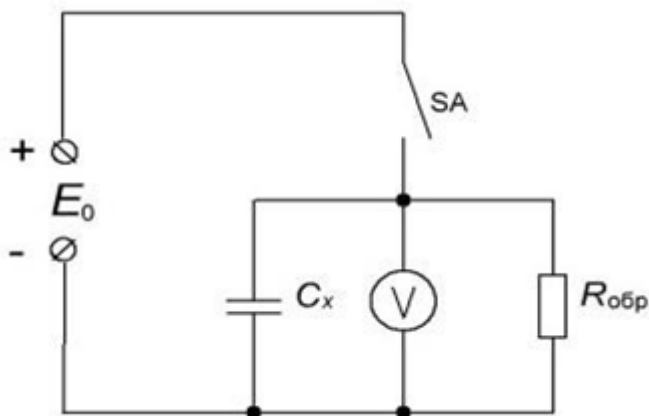


Рисунок 5 – Структурная схема измерителя емкости, реализующая метод переходного процесса

При замыкании ключа SA конденсатор C_x заряжается до напряжения E_0 . При размыкании ключа SA конденсатор C_x начинает разряжаться через образцовый резистор $R_{обр}$ по экспоненциальному закону (рисунок 6), который описывается выражением

$$U_c = E_0 e^{\frac{-t}{\tau}}, \quad (11)$$

где E_0 – напряжение на конденсаторе в момент времени $t = 0$, В;

$\tau = R_{обр} C_x$ – постоянная времени цепи разряда, с.

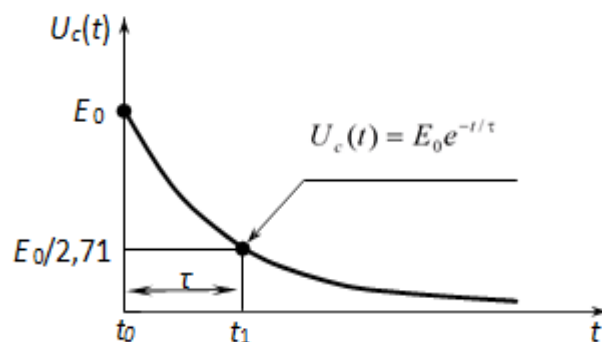


Рисунок 6 – Временная диаграмма разрядка конденсатора C_x

Если $t=\tau$, то из (11) получим

$$e^{-\frac{t}{\tau}} = e^{-1} = \frac{1}{2,718} = 0,3679. \quad (12)$$

Следовательно, за время τ напряжение между обкладками конденсатора уменьшится до $0,3679E_0$ (рисунок 6). Зная сопротивление резистора $R_{обр}$, Ом, через который разряжается конденсатор, и экспериментально определив время t , с разрядки конденсатора, легко рассчитать емкость конденсатора по формуле

$$C_x = \frac{t}{R_{обр}}. \quad (13)$$

Если сопротивление резистора $R_{обр}$ много меньше внутреннего сопротивления вольтметра, то его можно не учитывать. В противном случае, в формулу (13) вместо значения $R_{обр}$ подставляется общее сопротивление параллельно соединенных резистора и вольтметра [35].

Погрешность измерений методом переходного процесса составляет 0,1-0,2 % и зависит, главным образом, от нестабильности сопротивлений резисторов $R_{обр}$, а также неточности определения времени t .

К достоинствам метода можно отнести достаточно высокую точность измерений, а к недостаткам – невозможность измерения параметров на рабочей частоте[44].

1.2.5 Метод фазового сдвига

Фазовым сдвигом φ называется модуль разности начальных фаз двух гармонических сигналов одной частоты. Известно, что для схемы, представленной на рисунке 7 а, разность фаз сигналов напряжение на резисторе U_R и конденсаторе U_C составляет 90° (рисунке 7 б), а фаза напряжения на входе RC-цепи будет отличаться от фазы напряжения на конденсаторе на величину φ , зависящую от параметров R и C .

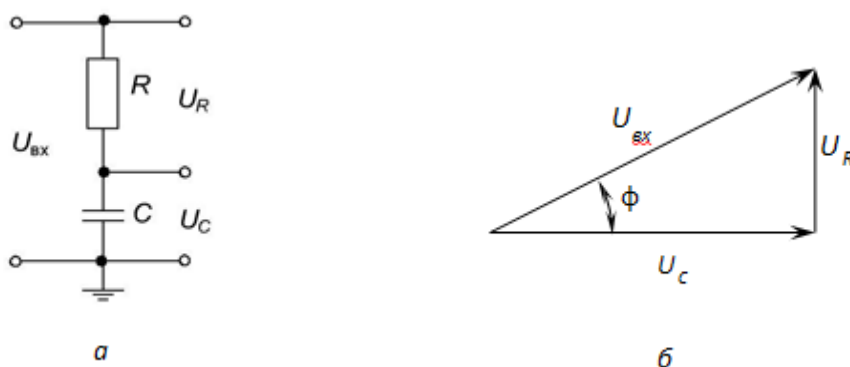


Рисунок 7 – Схема (а) и векторная диаграмма напряжения (б) при измерении емкости конденсатора C_x методом фазового сдвига

Значение фазового сдвига можно определить по формуле:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{U_R}{U_C} = \frac{R \cdot I}{X_C} = \omega C_x R. \quad (14)$$

Отсюда емкость конденсатора в последовательной RC – цепи можно определить по формуле

$$C_x = \frac{\operatorname{tg} \varphi}{\omega R}. \quad (15)$$

Данный метод обладает высокой нелинейностью, изменение чувствительности, в связи с этим не удобен для измерения емкости при значительном диапазоне ее изменения.

1.2.6 Методы измерения емкости одножильного провода

На основе обзора существующих методов измерения емкости для осуществления контроля емкости провода в процессе его производства выбран наиболее простой и легко реализуемый метод амперметра-вольтметра, позволяющий по значению тока в цепи судить о значении емкости одножильного электрического провода (см. раздел 1.2.1) .

Данный метод позволяет осуществлять измерение емкости в широком диапазоне, характеризуется линейной функцией преобразования, что позволяет обеспечить погрешность измерения не более 0,5 %. Кроме того этот метод обладает высоким быстродействием, что очень важно при технологическом процессе производства провода, так как провод может двигаться со скоростью до 2000 м/мин.

Влияние внешних факторов легко скорректировать. Поэтому данный метод является наиболее подходящим для решения поставленной задачи.

2.ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПРОИЗВОДСТВА КАБЕЛЯ.

На рисунке 8 изображен процесс скрутки, она может быть как однонаправленной и разнонаправленной, так и повивной и пучковой[18].



Рисунок 8 – Этап скрутки

Следующий этап - это нанесение изоляции (рисунок 9, рисунок 10). Существует несколько методов изоляции:

- метод обмотки лентами (бумажными, пластмассовыми, синтетическими) или нитями (из бумаги, натурального или искусственного волокна);
- метод экструзии, т.е. выпрессования (пластмассы или резины);
- метод наложения лака из раствора или расплава, а также бумажной массы из водной суспензии волокон целлюлозы.

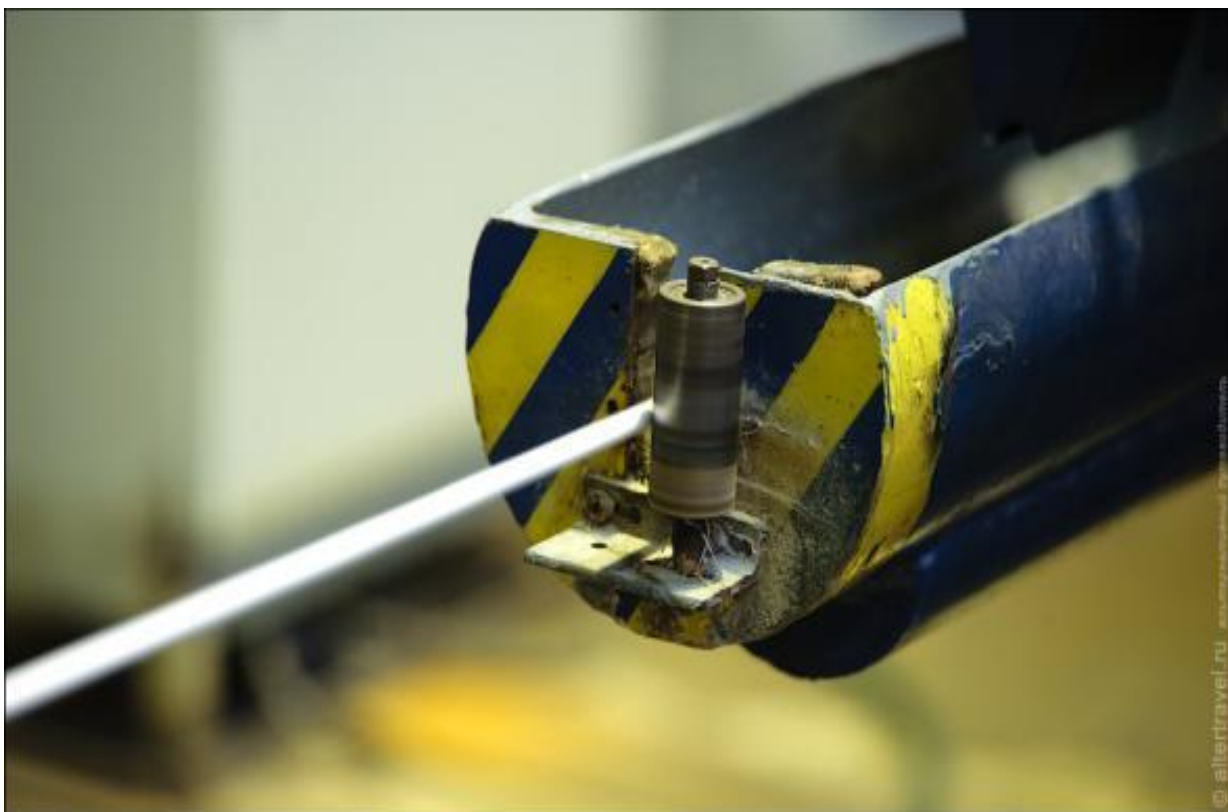


Рисунок 9 – Этап нанесения изоляции

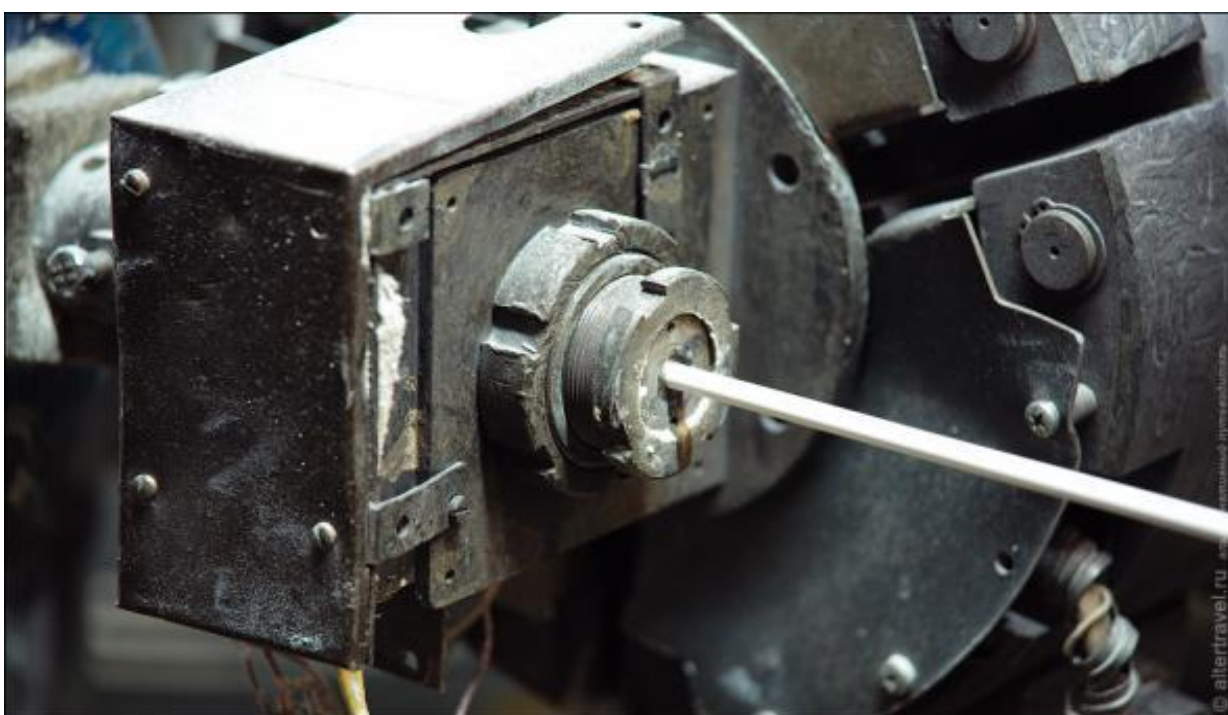


Рисунок 10 – Этап нанесения изоляции

Охлаждающая ванна с водопроводной водой, находящаяся за головкой экструдера, в которую попадает провод или кабель после наложения пласт-

массовой оболочки, должна иметь такую длину, чтобы при выбранном режиме охлаждения и скорости прессования изоляция или оболочка успевала по всей толщине охладиться до 60-70°C. Недостаточное охлаждение приводит к смещению жилы либо смятию изоляции и оболочки [2]. Далее происходит сушка изоляции производят методом нагрева при атмосферном давлении или в сочетании с вакуумированием.

На следующем этапе происходит экранирование, выполняется либо методом обмотки металлическими или металлизированными лентами, либо методом оплетки прядями из проволок.

Далее идет пропитка, она осуществляется либо путем простого контакта заготовки с пропиточным компаундом, либо путем ввода последнего в заготовку под давлением.

Следующий процесс - это наложение оболочки (рисунок 11). Существует 3 вида наложения оболочки: экструзия (пластмассы, резины); прессования (свинца, алюминия); сварка (алюминиевой и стальной ленты).

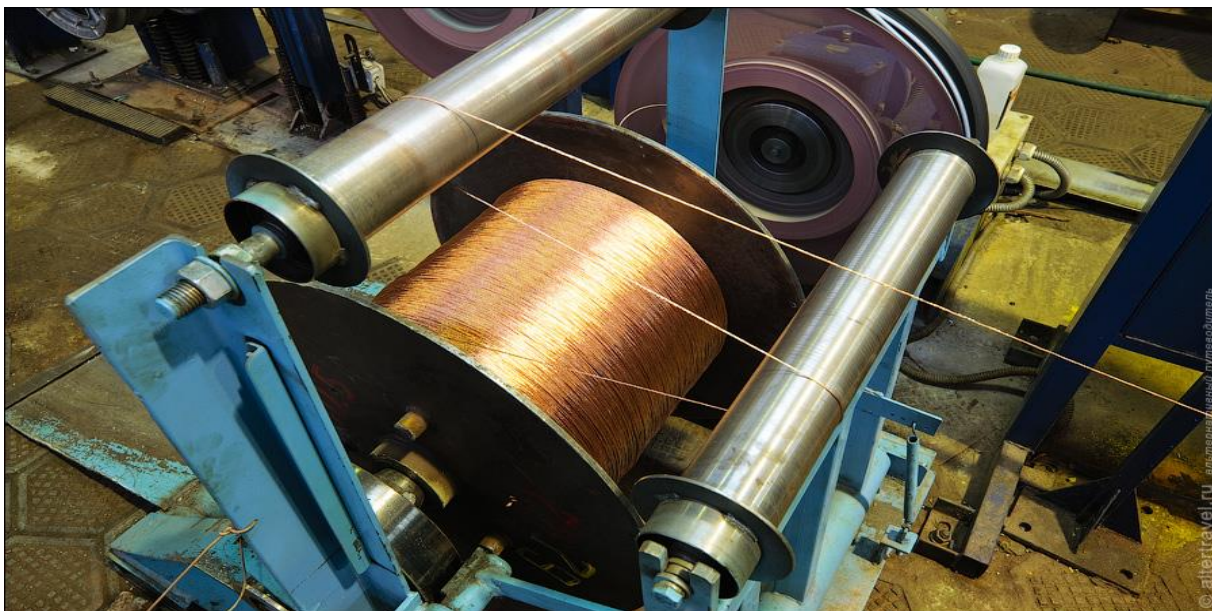


Рисунок 11 – Процесс наложения оболочки

Завершающий этап – это процесс наложения защитных покровов (рисунок 12). На данном этапе используются многие из уже перечисленных ме-

тодов: обмотка бронелентами, крепированной бумагой, кабельной пряжей, стекловолокном; оплетка волокнистыми материалами; пропитка методом поливки компаундами. Смешанный обмоточно-крутильный процесс используется для наложения брони из стальных круглых или фасонных проволок.[1] Применяется также экструдирование защитного пластмассового шланга или покрытия на основе резиновой смеси.



Рисунок 12 – Процесс наложения защитных покровов

3. ВЫБОР ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ, ПРИМЕНИМОГО ДЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ЕМКОСТИ ПРОВОДА

При выборе конструкции измерительного преобразователя для измерения емкости в технологическом процессе изготовления провода следует учитывать ряд особенностей:

- провод относится к длинномерным изделиям;
 - при производстве провод постоянно движется с достаточно высокой скоростью, иногда до 2000 м/мин;
- на стадии нанесения изоляции на токопроводящую жилу провод не имеет второго электрода, в качестве которой у готового кабеля (провода) может быть экран, металлическая оболочка или жила второго провода.

Одножильный провод при центральном расположении токопроводящей жилы можно рассматривать как цилиндрический конденсатор, одной обкладкой которого служит токопроводящая жила, а другой – металлический элемент готового кабеля (провода). Емкость такого конденсатора можно рассчитать по формуле (2).

Для упрощения расчётов возможен ряд допущений, которые незначительно повлияют на точность измерения емкости:

пренебречь наличием неровности поверхности многопроволочной токопроводящей жилы;

не учитывать некоторую овальность поверхности изоляции, возникающую при изготовлении провода.

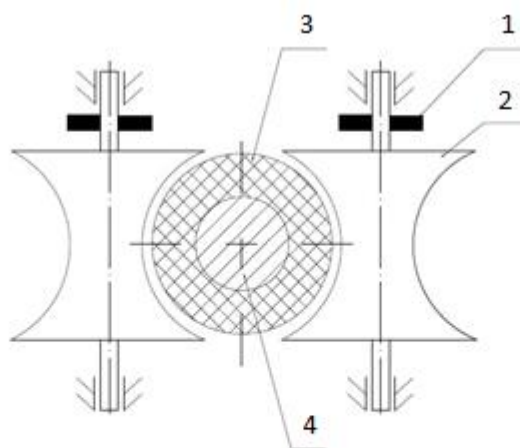
Изделия с некруговым сечением жилы, например изделия, имеющие секторную жилу, в этом случае не рассматриваются.

Для своевременного контроля и качественного регулирования производственного процесса измерения емкости стоит производить сразу же на выходе из экструдера. Но на данной стадии производства провод не имеет второго электрода, поэтому для проведения измерения у провода необходимо

сформировать второй электрод. Вариант формирования второго электрода цилиндрического конденсатора определяет конструкцию измерительного преобразователя. Возможные конструкции измерительных преобразователей, применяемые для измерения емкости электрического провода, условно можно разделить на контактные, бесконтактные и жидкостные. Рассмотрим названные конструкции преобразователей.

3.1 Контактный измерительный преобразователь

Второй электрод можно реализовать в виде обжимных вращающихся роликов. Число этих роликов выбирается исходя из диаметра контролируемого провода для обеспечения полного обхвата провода по всей длине окружности его изоляции. Предложенный метод представлен на рисунке 13.

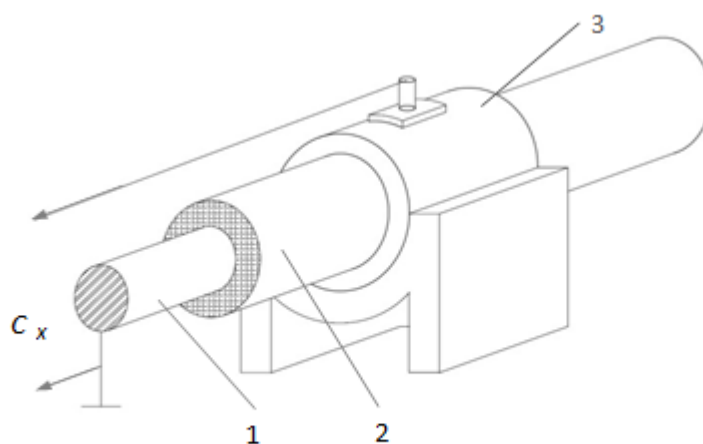


1 – токосъемник; 2 – вращающиеся ролики контакты; 3 – изоляция провода;
4 – жила провода

Рисунок 13 – Электрод в виде обжимных роликов

Данный способ достаточно прост в реализации, но при этом возникает довольно значительная погрешность измерения за счет наличия неплотного контакта между изоляцией провода и электродами (по причине шероховатости поверхности изоляции).

Поскольку для уменьшения погрешности измерения емкости второй электрод должен иметь плотный контакт с изоляцией провода, целесообразно сформировать его в виде полого, проводящего ток, цилиндра, диаметр которого равен наружному диаметру изоляции провода. Реализация контактного измерительного преобразователя в виде полого цилиндра представлена на рисунке 14. В этом случае в конструкции отсутствуют подвижные элементы, что значительно увеличивает точность измерения емкости.



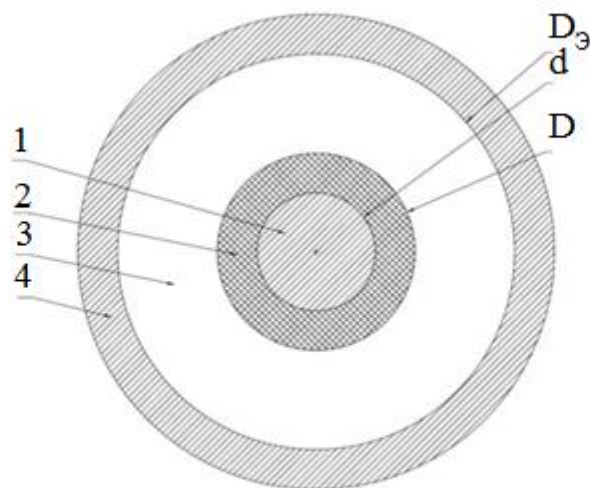
1 - жила провода, 2 - изоляция провода, 3 - электрод в виде полого цилиндра

Рисунок 14 – Измерительный преобразователь в виде полого цилиндра

Отметим, что на выходе из экструдера поверхность изоляции еще мягкая, вязкая [40]. Даже при незначительном прикосновении, давлении возможна деформация изоляции, что приводит к образованию дефекта и, как следствие, изменению емкости провода, а контактные измерительные преобразователи для обеспечения точности измерения должны иметь достаточно плотный контакт с только что нанесенной изоляцией. Поэтому использование контактных преобразователей может привести к деформации изоляции, а высокая скорость движения провода усугубляет ситуацию. Поэтому использование контактных преобразователей при контроле емкости сразу после нанесения изоляции нежелательно.

3.2 Бесконтактные измерительные преобразователи

Чтобы избежать непосредственного контакта, а значит деформации не-затвердевшей изоляции провода, можно использовать бесконтактные измерительные преобразователи. Для этого измерительный преобразователь формируется в виде цилиндрического трубчатого электрода, описанного выше (рисунок 14), но заведомо большего диаметра, чем диаметр изолированного провода. В этом случае провод с мягкой изоляцией свободно перемещается внутри измерительного электрода, не соприкасаясь с его стенками [21]. При соосном размещении провода и электрода конструкция представляет собой цилиндрический конденсатор с двухслойной изоляцией – воздухом и изоляцией провода (рисунок 15) .



1 – жила провод, 2 – изоляция провода, 3 – воздушный промежуток, 4 – трубчатый электрод

Рисунок 15 – Расположение провода внутри трубчатого электрода

Емкость конденсатора C , Φ , представленного на рисунке 15, определяется формулой:

$$C = \frac{2\pi\epsilon_{из}\epsilon_0 l}{\epsilon_{из} \ln\left(\frac{D_э}{D}\right) + \ln\left(\frac{D}{d}\right)}, \quad (16)$$

где $\epsilon_{из}$ – диэлектрическая проницаемость изоляционного материала;

ϵ_0 – относительная диэлектрическая проницаемость, Ф/м;

l – длина зоны контроля, м;

$D_{\text{э}}$ – внутренний диаметр электрода, мм;

D – диаметр изоляции, мм;

d – диаметр жилы, мм.

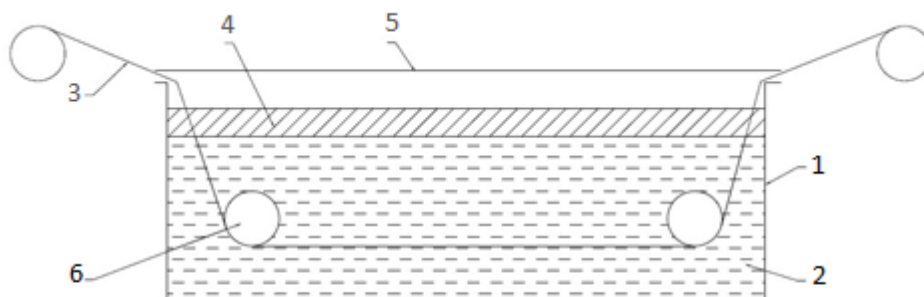
В результате контроля измеряется емкость описанного конденсатора, зная геометрические размеры которого, можно вычислить искомую емкость провода. Формула (16) справедлива только при соосном расположении жилы и измерительного преобразователя. Во время контроля провод движется с достаточно большой скоростью, поэтому избежать вибрации практически невозможно. Вибрация приводит к постоянному отклонению центра провода от оси измерительного электрода, что вызывает погрешность измерения емкости. Недостаток данного метода состоит в том, что постоянно необходимо обеспечивать соосность расположения жилы провода и измерительного преобразователя.

3.3 Измерительные преобразователи с использованием жидкостного электрода

Промежуточным вариантом между контактными и бесконтактными измерительными преобразователями является жидкостный датчик. Для этого в качестве электрода, соприкасающегося с наружной поверхностью изоляции провода, используется токопроводящая жидкость. Жидкость не оказывает сильного давления на поверхность изоляции. Трение между жидкостью и изоляцией значительно меньше, чем в случае использования контактных электродов.

На рисунке 16 приведена схема жидкостного датчика. Датчик представляет собой латунную ванну 1, в которую наливается электропроводящая жидкость 2, например, ртуть. Для измерения емкости контролируемый провод 3 пропускается через ванну, заполненную ртутью или другой токопрово-

дующей жидкостью. Для устранения испарения из ванны поверхность ртути заливается слоем спирта 4 или другого жидкого диэлектрика. Ванна закрывается крышкой 5. Контролируемый провод проходит через ртуть по роликам 6.



1 – ванна, 2 – электропроводящая жидкость, 3 – контролируемый провод,
4 – слой диэлектрика, 5 – крышка, 6 – ролики

Рисунок 16 – Жидкостный датчик

К недостаткам жидкостного ртутного датчика следует отнести сложность устройства, значительные неудобства при эксплуатации измерительного преобразователя из-за токсичности ртути, а также повышенные требования к технике безопасности [40]. Для устранения необходимости соосного расположения контролируемого провода и трубчатого электрода можно пространство между поверхностью изоляции и внутренней поверхностью электрода заполнить проводящей жидкостью. Как было рассмотрено выше применение для данных целей ртути нежелательно. Наиболее подходящим веществом для решения этой задачи является вода. Так как вода за счет растворенных в ней кислот, солей и оснований является электролитом, то она обеспечивает электрический контакт между электродом и внешней поверхностью изоляции провода. Кроме того в технологическом процессе производства провода уже задействована вода, которая используется для охлаждения нагретого во время нанесения изоляции провода.

Этот метод наиболее приемлем, так как нет необходимости вводить дополнительные вещества в технологический процесс, вода есть при любом

производстве кабельных изделий. Охлаждающая ванна, заполненная водой, располагается рядом с экструдером. С выхода экструдера производимый провод сразу же попадает в воду охлаждающей ванны, что обеспечивает требование своевременности контроля. Вода нетоксична и при ее использовании нет жестких требований к обеспечению соосности расположения контролируемого провода и измерительного электрода.

Для уменьшения влияния паразитной емкости окружающей среды на результат измерения емкости провода нужно уменьшать диаметр измерительного электрода. Но подобное решение повышает требования к соосности расположения контролируемого провода и измерительного преобразователя.

4. КОНСТРУКЦИЯ ЭЛЕКТРОЕМКОСТНОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ (ЭЕИП)

Конструкция электроемкостного измерительного преобразователя (ЭЕИП), используемого для реализации выбранного метода измерения емкости провода, схематично представлена на рисунке 17. Преобразователь состоит из измерительного 1 и двух дополнительных 2 и 3 трубчатых электродов, размещенных в металлическом корпусе 4, изолированном от электродов изоляционным материалом 5. Контролируемый электрический провод, имеющий электропроводящую жилу 6 и изоляционную оболочку 7, непрерывно движется внутри электродов измерительного преобразователя. Электроды преобразователя подключаются к генератору 8 гармонического напряжения $U_m \sin t$ с известными амплитудой U_m , В и частотой, Гц.

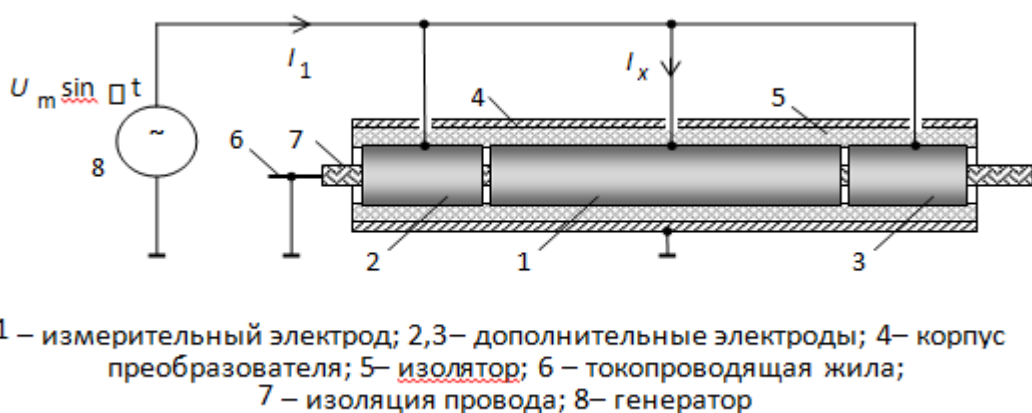


Рисунок 17 – Конструкция электроемкостного измерительного преобразователя

Измерительный преобразователь и провод погружаются в воду охлаждающей ванны (на рисунке не показана). Электропроводящая жила провода 6 и корпус преобразователя 4 соединены с общим проводом (металлическим корпусом охлаждающей ванны).

Для обеспечения максимальной достоверности контроля емкости провода необходимо подобрать оптимальные значения конструктивных параметров ЭЕИП. К основным конструктивным параметрам измерительного преобразователя относятся: внутренний диаметр трубчатых электродов, длина измерительного и дополнительных электродов, расстояние (зазор) между измерительным и дополнительными электродами, внутренний диаметр цилиндрического корпуса преобразователя.

4.1 Алгоритм преобразования измерительного сигнала

Выше описан выбранный метод измерения емкости электрического провода, основанный на использовании трубчатого электрода, погруженного в воду охлаждающей ванны экструзионной линии. При реализации данного метода осуществляется измерение силы тока I_x , мА в электрической цепи измерительного электрода, связанной линейной зависимостью с погонной емкостью $C_{\text{п}}$, пФ/м участка провода, взаимодействующего с электрическим полем измерительного электрода. Соответственно, погонная емкость $C_{\text{п}}$, пФ/м может быть определена по результатам измерения силы тока I_x , мА при использовании линейной функции преобразования вида:

$$C_{\text{п}} = C_0 + k \cdot I_x, \quad (17)$$

где C_0 , пФ/м, и k , пФ/(м·А) – постоянная составляющая и коэффициент пропорциональности, значения которых зависят от амплитуды и частоты напряжения генератора 8 (рисунок 16), а также конструктивных параметров преобразователя и определяются экспериментально при первичной настройке измерителя емкости.

5. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НА ФУНКЦИЮ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ВОДЫ

Электрическая проводимость воды зависит в основном от концентрации и химического состава растворенных в ней солей, кислот и оснований, а также температуры воды. Для определения степени влияния изменения электропроводности воды на функцию преобразования емкости контролируемого провода в выходной сигнал ЭЕИП проведено исследование, для которого использовались образцы одножильных проводов с наружным диаметром до 4 мм со значениями погонной емкости, находящимися в интервале от 180 до 460 пФ/м и близкими значениями тангенса угла диэлектрических потерь изоляции. Действительное значение погонной емкости провода определялось путем ее измерения в соответствии с ГОСТ 27893-88 при комнатной температуре $+(22 \pm 1)^\circ\text{C}$ и при использовании чистой водопроводной воды той же температуры.

Изменение электропроводности воды производилось за счет растворения в изначально пресной (водопроводной) воде поваренной соли NaCl, чем обеспечивалось изменение весовой концентрации соли λ в диапазоне (0...4) г/л. Использование соли NaCl объясняется доступностью, безвредностью и простотой утилизации данного вещества. Кроме того, соль NaCl – наиболее распространенная примесь в технической воде. Температура раствора и амплитуда переменного напряжения в процессе эксперимента поддерживались постоянными. Эксперименты производились при комнатной температуре воздуха и воды $+(22 \pm 1)^\circ\text{C}$.

На рисунке 18 приведены полученные в результате эксперимента годографы относительного значения тока I_x от изменения погонной емкости провода C_n , пФ/м (сплошные линии) и весовой концентрации соли λ , г/л (пунктирные линии).

Анализ зависимостей (рисунок 18) показывает, что при изменении погонной емкости провода и при изменении концентрации соли наблюдаются изменения, как амплитуды, так и фазы измеряемого тока I_x .

Данный эффект подтверждает, что в электрическую цепь измерительного электрода кроме участка провода входят и другие элементы, электрические параметры которых зависят от электропроводности воды.

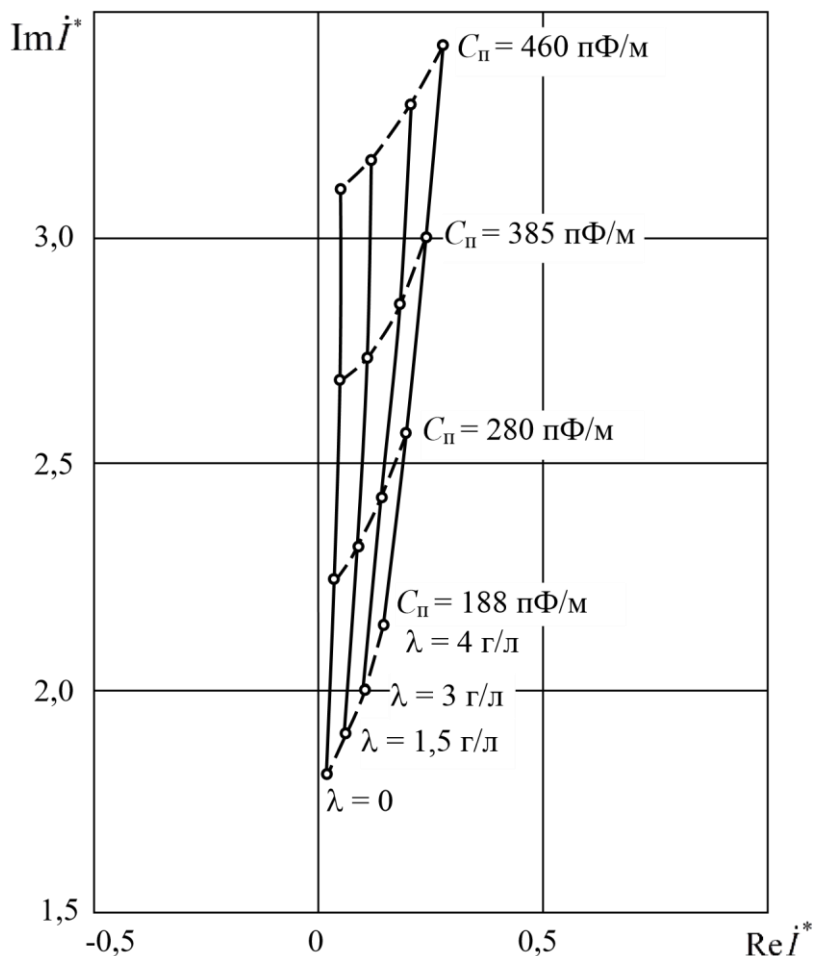


Рисунок 18 – Зависимость относительного амплитудного значения тока от погонной емкости провода и весовой концентрации соли в воде

В качестве нормирующего значения силы тока принималось его амплитудное значение для случая отсутствия провода в преобразователе (что соответствует значению погонной емкости $C_{\pi} = 0$) и использования дистиллированной воды с минимальной концентрацией примесей $\lambda \rightarrow 0$. При этом при-

нималось, что фаза действительной составляющей тока $\text{Re}I_x^*$ совпадает с фазой выходного напряжения генератора 8 (рисунок 16).

Таким образом, изменение весовой концентрации соли в исследуемом интервале (0...4) г/л вызывает изменение амплитуды тока от 10 % для больших значений $C_{\text{п}}$ до 20 % для малых значений $C_{\text{п}}$. Соответственно, проведение измерения погонной емкости без учета данного влияющего фактора обуславливает столь же высокую погрешность измерения [36].

5.1 Методы отстройки от влияния изменения электропроводности воды

В эксперименте изменение удельной электропроводности воды обеспечивалось за счет изменения концентрации примеси (солености). Изменение состава примеси и температуры воды оказывают такое же влияние на результаты контроля емкости, что и изменение солености. Соответственно, для отстройки от влияния всех трех перечисленных факторов применимы одинаковые методы отстройки. Для нахождения функции обратного преобразования измеренного значения тока в значение погонной емкости электрического провода с учетом влияния солености воды можно воспользоваться результатами экспериментальных исследований, приведенных на рисунке 19.

Анализ этих результатов показывает, что для определения величины погонной емкости провода $C_{\text{п}}$, пФ/м может быть использована линейная функция преобразования вида

$$C_{\text{п}} = C_{01}(\lambda) + k_1(\lambda) \cdot I_x^*, \quad (18)$$

где $C_{01}(\lambda)$ и $k_1(\lambda)$ - постоянная составляющая и коэффициент пропорциональности, являющиеся функциями концентрации соли в воде [48].

Функции $C_{01}(\lambda)$ и $k_1(\lambda)$ с достаточной степенью точности описываются полиномами второй степени, коэффициенты которых определяются конструктивными параметрами конкретного электроемкостного преобразователя. Значение весовой концентрации соли, необходимое для определения зна-

чений функций $C_{01}(\lambda)$, пФ/м и $k_1(\lambda)$, пФ/(м·А) может быть определено как прямыми, так и косвенными измерениями. В данной работе использован метод отстройки от влияния на результаты контроля изменения солености воды на основе косвенных измерений электропроводности воды.

5.1.1 Отстройка от влияния изменения электропроводности воды на основе измерения фазы тока измерительного электрода

Анализ зависимостей на рисунке 18 показывает, что с возрастанием весовой концентрации соли монотонно возрастает фазовый угол φ между вектором тока I^* и мнимой осью комплексной плоскости и соответственно возрастает отношение $t = \text{Re}I^*/\text{Im}I^*$, равное $\text{tg } \varphi$. Это дает возможность использовать результаты измерения комплексных составляющих тока I^* для отстройки от изменения электропроводности воды.

По аналогии с (18) уравнение обратного преобразования значения амплитуды тока I^* в значение погонной емкости описывается линейной зависимостью

$$C_{\pi} = C_{02}(t) + k_2(t) \cdot I_x^*, \quad (19)$$

где $C_{02}(t)$, пФ/м и $k_2(t)$, пФ/(м·А) - постоянная составляющая и коэффициент пропорциональности, являющиеся функциями величины t , отражающей текущее значение электропроводности воды.

Функции $C_{02}(t)$, пФ/м и $k_2(t)$, пФ/(м·А) также как и функции $C_{01}(\lambda)$, пФ/м и $k_1(\lambda)$, пФ/(м·А) с достаточной степенью приближения могут быть описаны полиномами второй степени, коэффициенты которых определяются конструктивными параметрами используемого электроемкостного преобразователя и находятся экспериментально при первичной настройке измерителя емкости. Экспериментально были определены коэффициенты полиномов второго порядка, используемых для аппроксимации функций $C_{02}(t)$ и $k_2(t)$:

$$\begin{aligned} C_{02}(t) &= (-13400 \cdot t^2 + 60 \cdot t - 170) \text{ Ф/м}; \\ k_2(t) &= (-27769 \cdot t^2 + 3083 \cdot t + 660) \text{ Ф/(м·А)}. \end{aligned} \quad (20)$$

Для оценки эффективности описанного метода отстройки от влияния изменения электропроводности воды на результаты контроля погонной емкости одножильного электрического провода был осуществлен численный эксперимент с использованием функции преобразования (20) для обработки массива экспериментальных данных, полученных для одножильных проводов со значениями погонной емкости в диапазоне (160...460) пФ/м при изменении весовой концентрации соли в воде в диапазоне (0...4) г/л.

На рисунке 19 представлены результаты данного исследования. Интервалы изменений результатов измерений погонной емкости C_x , пФ/м при изменении электропроводности воды для различных проводов (имеющих различные действительные значения погонной емкости C_d , пФ/м) без использования отстройки от влияния изменения электропроводности воды показаны на рисунке пунктирными линиями, а для случая использования отстройки – сплошными. Анализ этих результатов показывает, что без отстройки от влияния изменений электропроводности, относительная погрешность измерения может достигать 20 %, а при использовании отстройки значения погонной емкости не отличаются. Для указанных диапазонов изменения влияющих параметров от действительных значений более чем на 2,5 %. Ограничением диапазонов изменения влияющих параметров указанная погрешность измерения может быть кратно уменьшена.

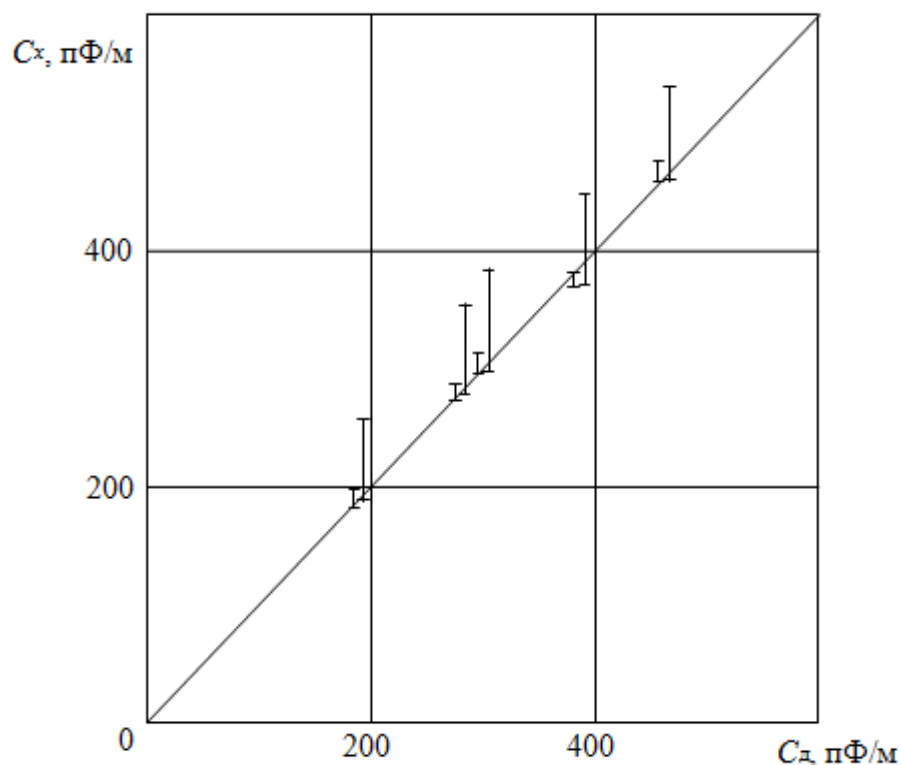
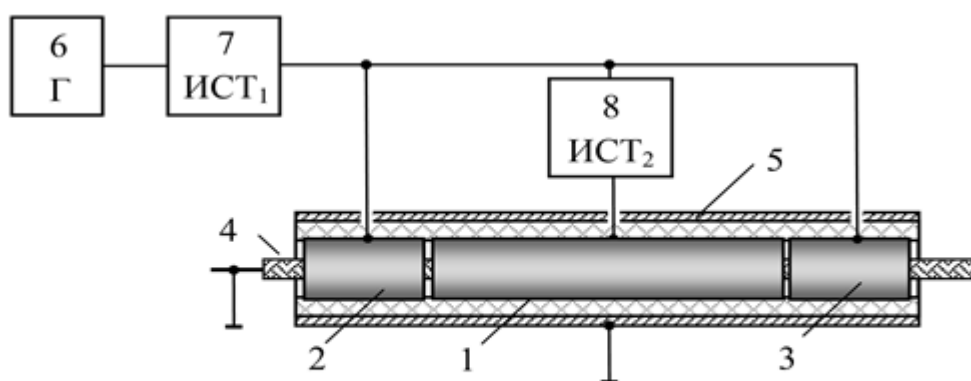


Рисунок 19 – Интервалы изменений результатов измерений погонной емкости C_x при изменении электропроводности воды для различных действительных значений погонной емкости

Таким образом, результатами эксперимента доказана высокая эффективность метода отстройки от влияния изменений электропроводности воды, основанного на измерении фазы измеряемого тока [32]. Однако данный метод отстройки может оказаться недостаточно эффективен при его использовании в случае, если в процессе контроля изменение фазы измеряемого тока происходит не только из-за изменения электропроводности воды, но и при изменении соотношения электрических параметров провода C_x , пФ/м и R_x , кОм/м. Кроме того, в этом случае невозможен отдельный контроль данных электрических параметров, что ограничивает информативность контроля.

5.1.2 Отстройка от влияния изменения электропроводности воды на основе измерения тока генератора

В случае, когда изменение фазы измеряемого тока происходит из-за изменении соотношения электрических параметров провода C_x , пФ/м и R_x , кОм/м, может быть использован другой метод отстройки от изменений электропроводности, заключающийся в получении информации об электропроводности воды путем измерения тока генератора I_1 , мА, нагрузкой которого являются все электроды измерительного преобразователя. Устройство, реализующее предлагаемый метод отстройки, работает аналогично предыдущему (рисунок 16). Отличительной особенностью данного устройства является наличие двух измерителей силы тока 7 (ИСТ₁) и 8 (ИСТ₂) (рисунок 20).



1 – измерительный электрод; 2,3 – дополнительные электроды; 4 – контролируемый провод; 5 – корпус; 6 – генератор; 7, 8 – измерители силы тока

Рисунок 20 – Схема устройства для реализации отстройки на основе измерения тока генератора

Измеритель силы тока 7 (ИСТ₁) включен между выходом генератора 6 и электрически соединенными дополнительными электродами 2 и 3. Измеритель силы тока 8 (ИСТ₂) включен между измерительным 1 и электрически соединенными дополнительными электродами 2 и 3. Электропроводящая жила провода 4 и корпус измерительного преобразователя 5 соединены с общим проводом (металлическим корпусом охлаждающей ванны). [32]

Измерителем силы тока 8 (ИСТ₂) осуществляют измерение тока I_x , мА в электрической цепи измерительного электрода 1, а измерителем силы тока 7 (ИСТ₁) – измерение силы тока I_1 , мА генератора 6 (Г). При реализации описанного метода измеряются амплитудные либо действующие значения токов, либо их комплексные составляющие. Значение тока I_x , мА связано с электрическими параметрами провода. Значение тока I_1 , мА практически линейно связано с электропроводностью воды и изменяется для используемого электроемкостного преобразователя и указанных ранее режимов контроля и диапазона изменений весовой концентрации соли в воде в диапазоне (3...35) мА.

Значение тока I_1 , мА, отражающее значение электропроводности воды, используется для корректировки функциональной зависимости, с помощью которой определяется значения погонной емкости участка провода C_{Π} , пФ/м по результатам измерения тока I_x , мА.

По аналогии с (18) и (19) уравнение обратного преобразования значения амплитуды тока I^* в значение погонной емкости описывается линейной зависимостью

$$C_{\Pi} = C_{03}(I_1) + k_3(I_1) \cdot I_x^*, \quad (21)$$

где $C_{03}(I_1)$, Ф/м и $k_3(I_1)$, Ф/(м·А) – постоянная составляющая и коэффициент пропорциональности, являющиеся функциями величины тока I_1 , отражающей электропроводность воды. Измеренное значение тока I_1 , мА, используют для определения значения функции $C_{03}(I_1)$ и $k_3(I_1)$, которые с достаточной степенью приближения могут быть описаны полиномами второй степени. Коэффициенты этих функций зависят от конкретных конструктивных параметров измерительного преобразователя и определяются экспериментально при первичной настройке измерителя емкости.

Экспериментально были определены коэффициенты полиномов второго порядка, используемых для аппроксимации функций $C_{03}(I_1)$ и $k_3(I_1)$:

$$\begin{aligned} C_0(I_1) &= (-1,810^2 \cdot I_1^2 + 3,75 \cdot I_1 - 0,23) \cdot 10^{-9} \text{ Ф/м}; \\ k(I_1) &= (25,2 \cdot I_1^2 - 1,25 \cdot I_1 + 0,19) \cdot 10^{-4} \text{ Ф/(м·А)} \end{aligned} \quad (22)$$

В данном случае использовались амплитудные значения токов в амперах. Далее значение емкости C_n , пФ/м вычисляется по формуле (21). Благодаря такой отстройке от изменений электропроводности воды их влияние на результаты измерения емкости может быть уменьшено в несколько раз. К факторам, несколько снижающим эффективность данного метода отстройки от влияния на результаты контроля изменений электропроводности воды, следует отнести возможное наличие повышенного уровня шума в цепи измерения тока генератора I_1 , мА ввиду распределенного характера этой цепи. На рисунке 21 для сравнения показаны в виде диаграммы интервалы изменений модулей абсолютных погрешностей измерения погонной емкости $|\Delta C|$, пФ/м при изменении электропроводности воды для различных проводов для трех случаев: без использования отстройки от изменения электропроводности воды – белый цвет заливки; с использованием отстройки по формуле (19) – серый цвет заливки и с использованием отстройки по формуле (21) – заливка косой штриховкой [45].

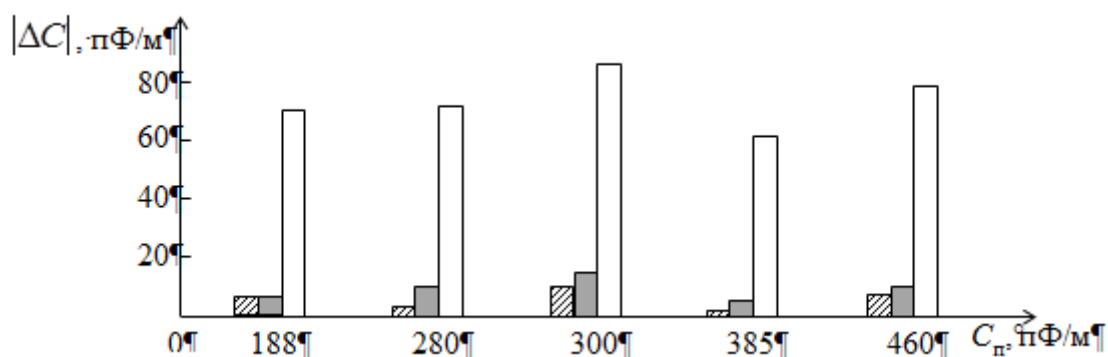


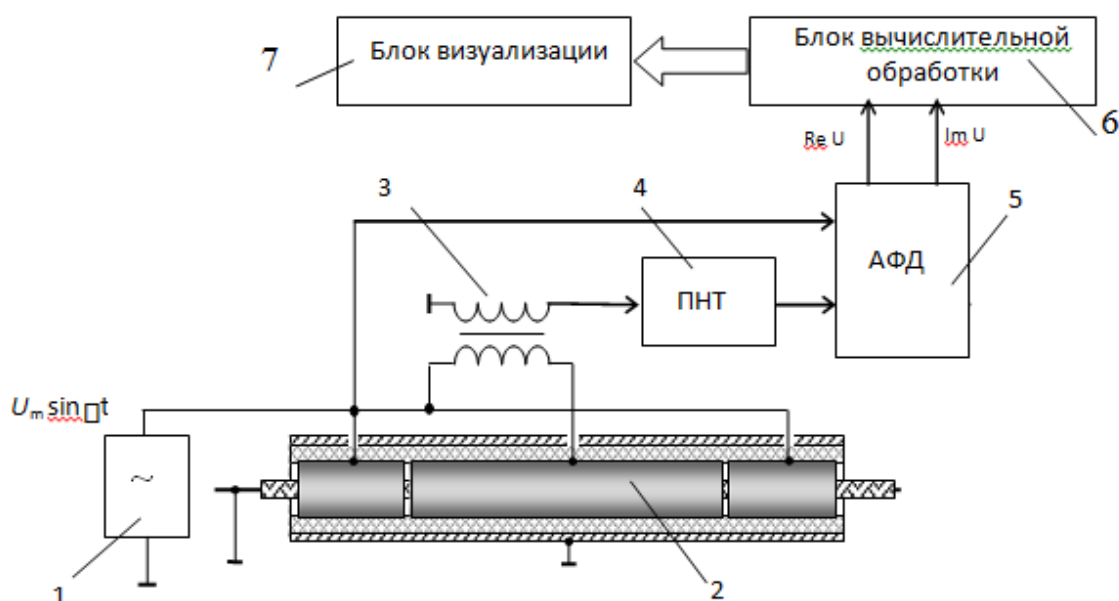
Рисунок 21 – Интервалы изменений абсолютных погрешностей измерения погонной емкости C_n в условиях изменения солёности воды от 0 до 4 г/л для различных образцов провода

Предложен алгоритм преобразования выходного сигнала измерительной информации, используемого ЭИП в значение емкости контролируемого провода.

Представлены результаты экспериментальных исследований, влияния изменения удельной электропроводности воды на результат измерения емкости провода. [36] Показано, что без учета данного влияния погрешность измерения емкости провода в диапазоне изменения емкости от 50 до 500 пФ/м и в условиях изменения солености воды от 0 до 4 г/л может достигать 20 %.

Предложены две методики отстройки от влияния изменения электропроводности на результат измерения емкости на основе измерения фазы тока измерительного электрода и на основе измерения тока генератора. Показана эффективность использования предложенных отстроек, позволяющих уменьшить погрешность измерения емкости провода в несколько раз.

6. СТРУКТУРНАЯ СХЕМА ИЗМЕРИТЕЛЯ ЕМКОСТИ.



1 – генератор; 2 – ЭЕИП; 3 – трансформатор тока; 4 – преобразователь ток-напряжение; 5 – амплитудно-фазовый детектор; 6 – блок вычислительной обработки; 7 – блок

Рисунок 22 - Структурная схема измерителя емкости визуализации.

На выходе генератора 1 формируется синусоидальное напряжение частотой 50 кГц и амплитудой 3,5 В. Благодаря оптимально подобранным параметрам элементов ЭЕИП внутри измерительного преобразователя 2 создается электрическое поле с высокой однородностью в продольном направлении. Измерение силы тока в цепи измерительного электрода осуществляется с использованием трансформатора тока 3. [34]

Измеряемый ток I_x ЭЕИП преобразовывается в напряжение, подаваемое на вход амплитудно-фазового детектора 5. Опорный вход АФД соединен с выходом генератора 1. В АФД выделяются мнимая и действительная составляющие входного напряжения, пропорциональные амплитудным значениям комплексным составляющим тока измерительной цепи. Выходные сигналы АФД подаются на блок вычислительной обработки 6 и далее в блок ви-

зуализации, который предназначен для представления измерительной информации в удобном для оператора виде [37].

Измеритель емкости САР-10 может реализовывать два вида отстройки от влияния изменения электропроводности воды: на основе определения фазы тока измерительного электрода ЭЕИП и на основе определения тока генератора. Основным видом отстройки при реализации измерителя емкости является отстройка на основе измерения фазы тока измерительного электрода ЭЕИП. Другую отстройку, основанную на измерении тока I_1 , мА генератора 6, целесообразно использовать только в случае, когда изменение фазы измеряемого тока происходит не только из-за изменения электропроводности воды, но и из-за изменения соотношения электрических параметров изоляции провода C_x , пФ/м, и R_x , кОм.

В приложении А приведена принципиальная схема части блока аналогового преобразования сигнала: ТТ и ПНТ.

Приведена лишь маленькая часть, разработанная автором.

Конструкторская часть реализована также для представленной части схемы. Разработана ПП, а также корпус для размещения этой платы. Предложенный корпус крепится к уже изготовленному ранее трубчатому электроду.

7. КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

7.1 Общие технические требования к ПП

Изготовление ПП должно производиться согласно всем требованиям чертежа и технических условий. К ПП предъявляются следующие требования:

На поверхности ПП не должна быть пузырей, вздутий, посторонних включений, трещин и расслоений материала основания, которые снижают электрическое сопротивление и прочность изоляции. Материал основания ПП должен быть таким, чтобы при его обработке (сверление, штамповка, распиловка), не образовывались трещины, отслоения и другие неблагоприятные явления, влияющие на эксплуатационные свойства, а также на электрические параметры плат.

Ширина печатных проводников и расстояние между ними устанавливаются требованиями чертежа. Печатные проводники должны быть с ровными краями. Цвет медного проводника может быть от светло-розового до темно-розового. Для повышения качества и надёжности проводников часто применяются гальванические покрытия, которые обеспечивают защиту проводников от коррозии, увеличивают сопротивление механическому износу, позволяют повысить предельно допустимые токи в схеме. На печатных проводниках недопустимы механические повреждения.

Толщина ПП ограничена. В соответствии с международными требованиями номинальными толщинами ПП являются следующие: 0.2; 0.5; 0.8; 1.6; 2.4; 3.2; 6.4 мм. Величина допуска на толщину платы определяется чертежом. Прочность сцепления печатных проводников с основанием ПП определяет качество и надёжность печатной схемы ПП, предназначенные для установки радиоэлементов с гибкими выводами (резисторы, конденсаторы и т.п.), должны выдерживать не менее 5 одиночных перепаек, а ПП, предназначенные для установки многовыводных элементов (микросхемы и т.п.), - не менее

3 перепаек. Устойчивость при механических воздействиях и прочность ПП обеспечивается конструкцией узла или блока.

7.2 Расчет конструктивных и электрических параметров печатной платы

Основной целью процесса конструирования является создание коммутационного устройства для объединения группы радиоэлементов в функциональный узел с обеспечением требуемых механических и электрических параметров в заданном диапазоне эксплуатационных характеристик при минимальных затратах. Для этого необходимо: выбрать тип печатной платы, определить класс точности, установить габаритные размеры и конфигурацию, выбрать материал основания для печатной платы, разместить навесные элементы, определить размеры элементов рисунка, разместить их на плате и осуществить трассировку, обеспечить автоматизацию процессов изготовления и контроля платы и процесса сбора, изготовить конструкторскую документацию. Размеры платы выбираются на основании некоторых конструктивных расчетов. Согласно ГОСТ 10317-79 «Платы печатные. Основные размеры» размеры каждой стороны ПП должны быть кратными:

- 2.5 при длине до 100 мм;
- 5.0 - 350 мм;
- 10.0 - более 350 мм.

Максимальный размер любой из сторон должен быть не более 470 мм. Допуски на линейные размеры платы должны соответствовать установленным стандартами ГОСТ 25346-82 и ГОСТ 25347-82. Стандарт ГОСТ 23751-86 устанавливает 5 классов точности ПП. Исходя из этого положения выбираем 3-й класс точности для изготовления нашей платы (ПП с микросборками и микросхемами, имеющими штыревые и планарные выводы при средней и высокой насыщенности поверхности ПП навесными элементами).

При компоновке элементов на плоских печатных платах оперируют

понятием установочной площади элемента, которую для большинства элементов вычисляют по формуле:

$$S_{\text{уст}} = 1.25 \cdot B \cdot L,$$

где B - ширина элемента;

L - длина элемента.

При определении полной площади платы вводят коэффициент ее увеличения, равный 2-3. В результате полная площадь будет в 2-3 раза больше суммы установленных на ней элементов.

Все электрические соединения на плате выполнены пайкой, обеспечивающей достаточное механическое крепление элементов и хорошее электрическое соединение выводов элементов с проводниками плат. Микросхемы устанавливаются на плате с учетом некоторых требований: учет электрических связей между микросхемами и другими элементами схемы; получение требуемой плотности компоновки монтажа; возможность замены микросхемы при изготовлении и настройке устройства.

Рекомендуется разрабатывать печатные платы с соотношением сторон не более 3:1. Разработанная плата с размерами 160x140 мм удовлетворяет ГОСТ 4.010.020-83, ограничивающего ГОСТ 10317-79.

Толщина печатной платы определяется исходным материалом, используемой элементной базой и воздействующими механическими нагрузками. В данном устройстве толщина печатной платы была выбрана равной 1.6 мм. Все монтажные отверстия располагают в зоне контактных площадок. Металлизированные отверстия должны иметь контактные площадки с двух сторон печатной платы. Контактные площадки должны быть круглой формы, а предназначенные под установку первого вывода микросхем должны иметь квадратную форму. Диаметры отверстий были выбраны равными 3,6 мм. Рассчитаем ширину печатных проводников платы. Выберем ширину проводников 0.9 мм. Чтобы нагрев печатного проводника не выходил за пределы допустимого необходимо выполнение неравенства:

$$b \geq \frac{I_{\text{max}}}{i \cdot h}, \quad (23)$$

где $I_{\max}$ - максимальное значение тока, А;

i - допустимая плотность тока, А/мм (в нашем случае равна 25 А / мм²);

h - толщина проводника, мм (в нашем случае равна 0.15 мм).

Проверим выполнение неравенства: $0.2 / (25 \cdot 0.15) = 0.053$. То есть $b = 0.9$ больше 0.005 - неравенство выполняется. Значит, нагрев печатного проводника не будет выше допустимого. С другой стороны ширина печатного проводника должна быть такой, чтобы допустимое падение напряжения на нём не превышало 1-2% номинального рабочего напряжения. Должно быть выполнено условие:

$$b \geq (50 \div 100) \cdot \frac{P \cdot I \cdot I_{\max}}{h \cdot U_{\text{НОМ}}}, \quad (24)$$

где I - длина печатного проводника, м;

P - удельная электропроводность меди, Ом/м² ;

$U_{\text{НОМ}}$ - номинальное рабочее напряжение.

Проверим это неравенство: $0.01 \cdot (75 \cdot 0.2 \cdot (15 \cdot 0.2) / (0.15 \cdot 15)) = 0.2$. То есть $b=0.9$ больше 0.2 - неравенство выполняется. Следовательно, допустимое падение напряжения не будет превышать допустимого, и выбранная ширина печатных проводников удовлетворяет нашим требованиям.

7.3 Технология изготовления платы

Разработанная плата имеет размеры 23х80 мм и изготовлена из стеклотекстолита СФ ГОСТ 10316-78.

Разводка платы выполнялась при помощи программы КОМПАС. Плата изготовлена химическим комбинированным методом.

Технология изготовления платы следующая:

1. Изготовление заготовок:

- а) нарезка гильотинными ножницами,
- б) зачистка заготовок,
- в) сверление отверстий.

2. Подготовка поверхности заготовок:

- а) окунание в раствор (1%) щавелевой кислоты,
- б) очистка поверхности,
- в) обезжиривание поверхности,
- г) промывка и сушка.

3. Нанесение эмульсии:

- а) равномерное распределение эмульсии,
- б) сушка в центрифуге.

4. Получение рисунка схемы на плате:

- а) экспонированное,
- б) проявление изображения в воде,
- в) окрашивание в метилофиолете,
- г) химическое задубливание промывка,
- д) сушка на воздухе, ретуширование,
- е) термическое задубливание.

5. Получение схемы платы:

- а) травление фольги,
- б) промывка и сушка заготовок,
- в) снятие ретуши и эмульсии,
- г) промывка,
- д) чистка электрокорцундом,
- е) промывка и сушка на воздухе,
- ж) удаление непротравленных мест.

6. Подготовка платы к металлизации:

- а) лакирование,

7. Металлизация платы:

- а) обезжиривание и сушка на воздухе,
- б) обработка платы в растворе двухлористого олова,
- в) промывка и сушка, химическое меднение,
- г) чистка наждаком.

7.4 Общие положения при монтаже ПП

Механический монтаж ПП производят в такой последовательности, чтобы при креплении деталей не были повреждены установленные ранее. Предназначенные для прибора детали должны быть обязательно проверены. Лучше устанавливать в прибор те детали, которые были испытаны на макете. Выводы деталей не должны быть слишком короткими, во избежание перегрева при пайке.

В целом, конструкция электронного блока отвечает конструктивно-технологическим требованиям, эксплуатационным и экономическим требованиям, оптимальное сочетание которых обеспечивает важнейшие характеристики устройства: надёжность, быструю сборку и разборку, доступность к элементам схемы, удобство обслуживания, хорошую ремонтпригодность. При его эксплуатации оператору не требуется специальной подготовки, достаточно изучение инструкций и правил техники безопасности.

В приложении Б представлен чертеж печатной платы, в приложении В сборочный чертеж печатной платы.

8. РАСЧЕТ НАДЕЖНОСТИ

Повышение надежности радиоэлектронной аппаратуры является одной из важнейших проблем радиоэлектроники и измерительной техники.

Надежность – одно из важнейших свойств изделий, которая определяет их эксплуатационную пригодность. Основными техническими параметрами изделия, являются именно показатели надежности, так же как и точность, массогабаритные характеристики и т.д.

Надежность – это свойство объекта сохранять значения всех параметров, в установленных пределах времени, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования в соответствии с ГОСТ 27.002-89.

Критериями надежности являются признаки, оценивающие надежность технического устройства. Основными критериями надежности являются:

- сохраняемость;
- безотказность;
- долговечность;
- ремонтпригодность.

Надежность является комплексным свойством технического устройства. На практике с количественной стороны надежность оценивается рядом критериев. Основные единичные и комплексные показатели приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Показатели надежности

Свойства	Показатель
Безотказность	-вероятность безотказной работы -интенсивность отказов -средняя наработка до отказа -параметр потока отказов -средняя наработка на отказ
Ремонтпригодность	-вероятность восстановления -интенсивность восстановления -среднее время восстановления

Безотказность и ремонт-топригодность	-коэффициент готовности -коэффициент простоя -коэффициент технического использования -коэффициент оперативной готовности
Долговечность	-назначенный ресурс -средний ресурс между капитальными (средними) ремонтами -средний срок службы
Сохраняемость	-средний срок сохраняемости

В основном, для любого технического устройства, понятие надежности связано с отказами. Отказ это событие, при котором нарушается работоспособное состояние объекта.

Работоспособностью называется состояние изделия или устройства, при котором оно может выполнять заданные функции с параметрами, которые установлены требованиями технической документации.

Отказы для радиоэлектронных устройств классифицируются следующим образом:

- характер возникновения отказа (внезапные и постепенные);
- времени существования отказа: постоянный, временной и перемежающийся (временные отказы, которые следуют один за другим);
- характер проявления отказа (явный и неявный);
- зависимость отказов между собой (зависимый и независимый);
- причина возникновения отказа (конструктивный, производственный, эксплуатационный и деградационный).

Расчёт надежности проектируемой технической системы заключается в определении показателей надежности системы по известным характеристикам надежности составляющих элементов конструкции и компонентов системы с учетом условий эксплуатации.

Вероятность безотказной работы $P(\tau)$ считается основным показателем безотказности изделия. Вероятность безотказной работы $P(\tau)$ – это безразмерная величина, которая зависит от времени наработки τ и изменяется в пределах от 0 до 1.

Для нерезервированных систем на основном временном участке работы, при окончании срока приработки изделия и устранении выявленных дефектов, вероятность безотказной работы вычисляется по формуле:

$$P(\tau) = \exp\left(-\sum_{i=1}^m (\lambda_i; \tau)\right) \quad ($$

где λ_i – интенсивность отказа i – элемента,

m – число элементов.

Таким образом, вероятность безотказной работы со временем уменьшается по экспоненциальному закону от значения 1. Тогда интенсивность отказа системы определяется по формуле:

$$\lambda_c = \sum_{i=1}^m \lambda_i$$

(26)

Интенсивность отказа элементов и компонентов проектируемой системы или устройства с можно определить по формуле:

$$\lambda_i = \lambda_{0i} * K1 * K2 * K3 * K4 * a_i(t_k, K_H) \quad (27)$$

где λ_{0i} – номинальная интенсивность отказа i -го элемента или компонента,

$K1, K2$ – поправочные коэффициенты на воздействие механических факторов,

$K3$ – поправочный коэффициент на воздействие влажности,

$K4$ – поправочный коэффициент на давление воздуха,

$a_i(t_k, K_H)$ – поправочный коэффициент на температуру поверхности компонента (t_k) и коэффициента электрической нагрузки (K_H).

Значения коэффициентов $a_i(t_k, K_H)$ определяют по графикам из справочников для соответствующих компонентов. В таблице 5 приведены значения отдельных поправочных коэффициентов K_1 и K_2 , учитывающих влияние механических воздействий.

Таблица 2 – Поправочные коэффициенты влияния механических воздействий

Условия эксплуатации аппаратуры	Вибрация, k_1	Ударные нагрузки, k_2	Суммарное воздействие, k_Σ
---------------------------------	--------------------	----------------------------	--------------------------------------

Лабораторные	1,0	1,0	1,0
Стационарные (полевые)	1,04	1,03	1,07

Для разрабатываемого прибора $K_{\Sigma} = 1$.

В таблице 3 приведены значения поправочного коэффициента K_3 , учитывающего влияние влажности.

Таблица 3 – Поправочный коэффициент на воздействие влажности

Влажность, %	Температура, °C	Поправочный коэффициент k_3
60...70	20...40	1,0
90...98	20...25	2,0
90...98	30...40	2,5

Для разрабатываемого прибора $K_3 = 2,5$.

Значения номинальной интенсивности отказов компонентов λ_{0i} являются справочными, если они не указаны в характеристиках данного компонента. В таблице 4 приведены значения интенсивности отказов всех используемых компонентов.

Таблица 4 – Интенсивность отказов компонентов

Элемент	Обозначение	Номинальная интенсивность отказов, $\lambda_{0i} \cdot 10^{-6} \text{ 1/ч}$
Конденсаторы	C1-C3	0,2
Трансформатор	TI 1	3,2
Микросхема	DA1	0,03
Резисторы	R1	0,05
Паяные соединения		0,005

Коэффициенты электрической нагрузки K_n компонентов определяются исходя из отношения значений контролируемого параметра (тока, напряжения или мощности) к максимально возможному (допустимому) значению этого параметра по техническим условиям. Контролируемым параметром для конкретного компонента является тот, от которого надежность данного компонента зависит в наибольшей степени.

Результаты по определению коэффициента нагрузки сведены в таблице 5.

Результаты расчета надежности устройства представлены в таблице 6.

Таблица 5 – Коэффициенты электрической нагрузки элементов

Элемент	Обозначение элемента	Отношение параметров	Коэффициент нагрузки, k_n
Конденсаторы	C1- C3	$K_n = \frac{U_p}{U_{ном}}$	0,5
Микросхемы	DA1	-	1
Резисторы	R1	$K_n = \frac{P_p}{P_{ном}}$	0,8
Трансформатор	TI 1	$I_n = \frac{I_n}{I_{н доп}}$	0,8

Таблица 6 – Интенсивность отказов компонентов проектируемого устройства

Элемент	Обозначение	Кол-во элементов	Коэффициент нагрузки,	Поправочный коэффициент	Интенсивность отказов в рабочем режиме,	Суммарная интенсивность отказов,
			K_n	$a_i(t_k, K_n)$	$\lambda_i \cdot 10^{-5}$ 1/ч	$\lambda_{\Sigma i} \cdot 10^{-6}$ 1/ч
Конденсаторы	C1-C3	3	0,5	0,15	0,375	1,125
Микросхема	DA1	1	1	1	2,5	2,5
Резисторы	R1	1	0,8	0,75	1,875	1,875
Трансформатор	TI 1	1	0,8	0,5	1,25	1,25
Паяные соединения		30	1	1	2,5	7,5
Итого	14,25 $\cdot 10^{-6}$					

Среднее время наработки до отказа является обратной величиной λ_c и рассчитывается по формуле:

$$T_{cp} = \frac{1}{\lambda_c} \quad (28)$$

Произведя расчеты, среднее время безотказной работы:

$$T_{cp} = 70175 \text{ (час)}$$

Вероятность безотказной работы устройства в течение 1000 часов рассчитывается по формуле и будет составлять:

$$P_c(t) = e^{-\frac{t}{T_{cp}}} = e^{-\frac{1000}{70175}} = 0,986$$

Произведенные расчеты показывают, что разработанное устройство удовлетворяет условиям технического задания по требованиям к показателям надежности.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
З-1401	Власовой Ирине Валерьевне

Институт	Электронного обучения	Кафедра	ФМПК
Уровень образова- ния	Специалитет	Направление/специальность	ИИТТ

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Рабочим местом является аудитория кафедры информационно-измерительной техники, специально оборудованная для этих целей. Это помещение представляет собой аудиторию учебного корпуса. Состояние воздушной среды помещения определяется работой приборов. В данном помещении большое количество измерительной и другой техники. В этой аудитории могут работать восемь студентов и преподаватель.
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты; – (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства). 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).	При разработке ВКР к физическим вредным факторам относятся: - Недостаточная освещенность ; - Электростатическое поле; - Электромагнитное поле; - Повышенный уровень шума; - Неблагоприятные условия микроклимата. К физическим опасным производственным факторам относятся: - Термическая опасность; - Поражение электрическим током
2. Экологическая безопасность: – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.	При выполнении данной работы и разработке устройства был задействован флюс для пайки. При работе с которым происходило его испарение. Каких-либо негативных воздействий на окружающую среду эти пары не оказывали. Также при работе самого устройства, в окружающую среду ничего не выделяется.
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.	Наиболее вероятными ЧС, которые могут возникнуть в лаборатории, являются пожар и землетрясение. Действия при пожаре, для того, чтобы снизить риск возникновения пожара, в лаборатории имеются датчики дыма и температуры, у выход имеется огнетушитель. Действия при землетрясении, необходимо быстро покинуть здание, следуя плану эвакуации, который расположен в лаборатории.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	Под безопасностью понимаются защитные мероприятия и средства, обеспечивающие снижение опасности до минимальной степени риска, когда негативные факторы не превышают допустимой величины

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Кырмакова О.С.	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1401	Власова Ирина Валерьевна		

9. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

В данной выпускной работе проведен анализ контроля измерения погонной ёмкости кабеля. ВКР разрабатывалась в аудитории кафедры информационно–измерительной техники, специально оборудованной для этих целей. Это помещение представляет собой аудиторию учебного корпуса. Составление воздушной среды помещения определяются работой приборов. В данном помещении большое количество измерительной и другой техники. В этой аудитории могут работать восемь студентов и преподаватель.

9.1 Техногенная безопасность

9.1.1 Анализ вредных факторов

Согласно ГОСТ 12.0.003-99 опасный производственный фактор - фактор, воздействие которого на работающего, в определенных условиях, сводится к травмам или резкому ухудшению здоровья, возникновению хронических заболеваний или снижению работоспособности.

При работе с паяльником и измерительными устройствами можно столкнуться с воздействием таких физически опасных и вредных производственных факторов, как: повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны; повышенный уровень шума на рабочем месте; повышенный уровень статического электричества; повышенный уровень электромагнитных излучений; передвигающиеся изделия, заготовки, материалы; повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека, недостаточная освещенность рабочей зоны. Цветовое оформление помещений влияет на санитарно-гигиенические условия труда, производительность работающих. Окраска помещения оказывает влияние на нервную систему человека, его настроение, поэтому рекомендуется выбирать спокойную окраску для визуального восприятия.

При работе с паяльником происходит выделение вредных веществ. Согласно ПОТ Р М 022-2002 процесс пайки должен проходить по данным требованиям.

9.1.2 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Важное место в комплексе мероприятий по охране труда и создании условий труда работающих с измерительными приборами занимает освещенность помещения. Для этого должно быть создано рациональное естественное и искусственное освещение рабочего места и помещения.

Требования, которые должны учитываться при работе с измерительными приборами:

- Обеспечение уровня освещенности и контрастности экрана
- Соблюдение равномерной яркости в различных зонах зрительного пространства
- Исключение светящихся источников в поле зрения рабочего

На рабочем месте необходимо обеспечить равномерность яркости. Исключить блестящие и яркие предметы.

Для работы с измерительными приборами применяют комбинированное освещение (общее+ местное)

9.1.3 Электромагнитное поле

Электромагнитное поле создается магнитными катушками отклоняющей системы, которые находятся вблизи цокольной части электронно-лучевой трубки монитора осциллографа или магнито-электрического вольтметра. Электромагнитное поле воздействует на организм человека биологически, специфически и теплом.

Биологическое воздействие зависит от длины волны, интенсивности, продолжительности и режимов воздействия ЭМП, размеров, анатомического строения органа, подвергающегося воздействию ЭМП. Поверхностные слои

кожи поглощают ЭМП миллиметрового диапазона, кожа и прилегающие к ней ткани поглощают сантиметровый диапазон, а дециметровый диапазон – соответствует проникновению на глубину 8-10 см. Более длинные волны хорошо проникают через человека

Специфическое воздействие ЭМП объясняется биохимическими изменениями, которые происходят в клетках и тканях. Центральная и сердечно-сосудистая системы наиболее чувствительны к биохимическим изменениям. Наблюдаются изменение условно-рефлекторной деятельности, снижается биоэлектрическая активность мозга, изменяются межнейронные связи. Наблюдаются отклонения со стороны эндокринной системы. Из-за этого возникают головная боль, утомляемость, ухудшение самочувствия, гипотония, брадикардия, изменение проводимости сердечной мышцы. Так же могут наблюдаться незначительные и нестойкие изменения в крови.

В процессе перехода электромагнитного поля в тепловую энергию происходит повышение температуры тела, локальным нагревом клеток, тканей, органов. Интенсивность процесса нагрева происходит путем повышения скорости оттока тепла от облученных мест тела человека, а так же от количества поглощенной энергии телом. В органах с плохим кровообращением отток тепла затрудняется. Одним из таких органов является хрусталик глаза. Паренхиматозные органы (поджелудочная железа и печень) и половые органы, содержащие жидкость (мочевой пузырь и желудок) подвергаются электромагнитному излучению в большей степени, так как их нагревание может вызвать обострение хронических заболеваний (язв, кровотечений). Нормы параметров электромагнитного поля описаны в СанПиН 2.2.4.1191-03. Уровень поля не превышает в данной лаборатории максимально допустимого.

Таблица 7 – Предельно допустимые уровни постоянного магнитного поля

Время воздействия за рабочий день, минуты	Условия воздействия			
	Общее		Локальное	
	Напряженность, кА/м	Магнитная индукция, мТл	Напряженность, кА/м	Магнитная индукция, мТл

0-10	24	30	40	50
11-60	16	20	24	30
61-480	8	10	12	15

9.1.4 Электростатическое поле

Поле, возникающее в процессе облучения экрана потоком заряженных частиц, называется электростатическим полем. Сложности, которые оно вызывает, связаны с пылью, накапливающейся в электростатических заряженных экранах, которая попадает на человека при его работе за осциллографом. Электростатический потенциал, возникающий в теле человека при его работе за монитором, различен и варьируется в интервале $\pm 0,6$ кВ/м. Решающим фактором при осаждении частиц на тело человека служит потенциал человека. Это может являться причинами кожных заболеваний, порчи контактных линз, при катаракте развивается помутнение хрусталика глаза.

Допустимые уровни напряженности электростатических полей устанавливаются в зависимости от времени пребывания персонала на рабочих местах. Предельно допустимый уровень напряженности электростатических полей устанавливается равным 60 кВ/м в течение 1 ч. При напряженности электростатических полей менее 20 кВ/м время пребывания в электростатических полях не регламентируется.

Уровень электростатического поля не превышал максимального уровня согласно ГОСТ 12.1.045-84 .

9.1.5 Микроклимат

При разработке системы осуществлялась легкая работа (категория Ia), для которой согласно СанПиН 2.2.4.548-96 требуемые параметры микроклимата приведены в таблице 8. В соответствии с показаниями термометра и психрометра, имеющимися в лаборатории, микроклимат отвечает требованиям, приведенным в таблице 8.

На условия работы в помещении влияют такие параметры как температура, относительная влажность, скорость движения воздуха.

Таблица 8- Оптимальные параметры микроклимата для Ia категории работы

Период года	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с, более
Холодный (среднесуточная температура воздуха ниже +10 °С)	22-24	40-60	0,1
Теплый (среднесуточная температура воздуха выше +10 °С)	23-25	40-60	0,1

Перечисленные параметры оказывают огромное влияние на самочувствие и здоровье человека, его функциональную деятельность, надежность работы. В производственных условиях микроклимат устанавливается такими параметрами как: 1) температура воздуха $t(^{\circ}\text{C})$; 2) относительная влажность $\phi(\%)$; 3) скорость движения воздуха на рабочем месте $V(\text{м/с})$.

9.1.6 Шум

Шум на рабочих местах создается рабочим оборудованием, преобразователями напряжения, работающими осветительными приборами дневного света, а также проникает из вне. Шум оказывает влияние на организм человека, его органы и системы. Так же шум является источником общебиологического раздражения.

Главным образом, шум оказывает влияние на головной мозг человека. Шум действует на процессы нервной деятельности.[42] При изменении нормальных процессов у человека появляются жалобы на утомляемость, слабость, и т.д. При воздействии шума наступают изменения в органах зрения человека (понижается устойчивость, острота и чувствительность зрения), а также происходят нарушения в вестибулярном аппарате; возрастает внутри-

черепное давление; наступают изменения в обменных процессах организма; и т.п.

Из-за неблагоприятных условий, созданных шумом, человек занятый работой может испытывать недомогания организма, которые отразятся на его производительности труда, а также качестве выпускаемой продукции, что может привести к возникновению несчастных случаев. Поэтому в помещениях уровень шума не должен превышать 65дБ согласно СН 2.2.4/2.1.8.562-96, что выполняется в лаборатории.

В аудитории проводят влажную уборку два раза в день.

Шум на рабочих местах создается внутренними источниками — элементы питания осциллографа и других измерительных приборов, и внешними источниками - шум с улицы. Никаких мер защиты от шума в аудитории не предусмотрено.

9.2 Анализ опасных факторов

9.2.1 Термическая опасность

Опасность, возникающая при горении, повышенной температуре поверхности или повышенной температуре вдыхаемого газа согласно ГОСТ Р 52423-2005.

Термические опасности могут приводить к:

ожогам и ошпариванию из-за соприкосновения с предметами или материалами, имеющими чрезвычайно высокую или низкую температуру, вызванную, например, пламенем или взрывом, а также излучением источников тепла; ущерб здоровью из-за воздействия высокой или низкой температуры окружающей производственной среды. [ГОСТ Р ИСО 12100-1:2007] При не аккуратном обращении с паяльной станцией, есть большая вероятность получить сильные ожоги. Чтобы этого не произошло, паяльник оснащён специальной теплоизоляционной ручкой и подставкой с встроенной в саму станцию. Для предотвращения ожогов при контакте с токоведущими частями приборов или

при контакте с корпусом прибора во время короткого замыкания, все приборы должны быть заземлены.

9.2.2 Поражение электрическим током

Все помещения делятся на три класса в зависимости от условий, повышающих или понижающих опасность поражения человека электрическим током:

- помещения с повышенной опасностью;
- особо опасные помещения;
- помещения без повышенной опасности.

Помещение, в котором выполнялась работа, относится к категории помещений без повышенной опасности, поскольку оно характеризуется следующими признаками: нормальная температура воздуха, влажность не повышенная, отсутствие токопроводящей пыли.

Чтобы исключить опасность поражения электрическим током необходимо соблюдать следующие правила электрической безопасности:

- перед включением приборов в сеть должна быть визуально проверена его электропроводка на отсутствие возможных видимых нарушений изоляции, а также на отсутствие замыкания токопроводящих частей на корпус;
- при появлении признаков замыкания необходимо немедленно отключить от электрической сети приборы общим выключателем и устранить неисправность;
- запрещается при включенном технике одновременно прикасаться к приборам имеющим естественное заземление (например, радиаторы отопления, водопроводные краны и др.).

Существуют следующие способы защиты от поражения электрическим током в электроустановках:

- защитное заземление;
- зануление;

- защитное отключение;
- защитное разделение сетей;
- предохранительные устройства;
- защита высотой.

Самый распространенный способ защиты от поражения электрическим током при эксплуатации измерительных приборов и устройств - защитное заземление, которое предназначено для превращения “замыкания на корпус” в “замыкание на землю”, для уменьшения напряжения прикосновения и напряжение шага до безопасных величин.[41]

Также для защиты от поражения электрическим током применяют предупреждающие надписи.

9.3 Региональная безопасность

При выполнении данной работы и разработке устройства был задействован флюс для пайки, при работе с которым происходило его испарение. Каких-либо негативных воздействий на окружающую среду эти пары не оказывали [20]. Также при работе самого устройства, в окружающую среду ничего не выделяется. Единственное что может оказывать вредное влияние на окружающую среду, это сама кабельная промышленность. В данной промышленности перерабатывается и используется большое количество продуктов химии, металлургии и других сырьевых материалов, что оказывает огромное влияние на окружающую среду. Материалы кабельной продукции делятся на 3 категории по воздействию на окружающую среду: низкий уровень, средней уровень, высокий уровень воздействия. В таблице. 3 представлена классификация не которых материалов по категориям.

Таблица 9 - Классификация некоторых материалов по категориям.

Уровень воздействия окружающую среду	Низкий	Средний	Высокий
Материалы кабельного производства	Алюминий, хлопок, сухая бумага	Полиэтилен ПЭ, полипропилен,	Кабельные масла, ПВХ, эмальлаки, хлорсодержа-

	га, джут, стек- лянная оплетка.	медь, полиамид, сталь, цинк, сши- тый ПЭ, силико- новые покрытия	щие ПЭ, фторопласты, сви- нец
--	------------------------------------	---	----------------------------------

9.4 Возникновение и действия при ЧС

Наиболее вероятными ЧС, которые могут возникнуть в лаборатории, являются пожар и землетрясение.

9.4.1 Действия при землетрясении

При землетрясении в лаборатории, ощутив колебания, увидев перемещение предметов, услышав громкий гул, необходимо быстро покинуть здание. При возможности взяв документы, деньги и предметы первой необходимости. Остерегаться оголенных и порванных проводов, так же предметов, которые падают.

Если лестницы переполнены людьми - лучше остаться в здании. Входную дверь следует открыть, так как она может стать перекошенной или заклиненной. Необходимо быстро занять такое место, чтобы наиболее себя обезопасить в помещении: дверные проемы капитальных стен, место у капитальной стены, опорной колонны, в углу лаборатории и как можно дальше от окон, тяжелых предметов, которые могут причинить вред здоровью.

9.4.2 Действия при пожаре

При возникновении пожара необходимо позвонить по телефону 01 в пожарную службу, сообщить адрес здания, место возникновения пожара или признаки возникновения пожара, возможную угрозу людям и другие данные, которые необходимы диспетчеру. Важно сообщить номер телефона, с которого совершается звонок, и назвать свои контактные данные.

Оповестить о возгорании или о возникновении пожара людей, находящихся рядом, следует принять меры для эвакуации людей из здания и зоны возгорания. При появлении дыма необходимо эвакуироваться в безопасное место. При возможности оповестить руководителя или другое должностное лицо, а также всех лиц, находящихся в здании. Руководитель или другое должностное лицо, прибывшее или находящееся на месте возникновения пожара должно: передать все необходимые данные о возникновении пожара в пожарную службу по телефону 01; начать эвакуацию людей и, по возможности, имущества, находящегося в здании; при возможности отключить электроэнергию, системы общеобменной вентиляции, выполнить действия, которые способствуют уменьшению развития пожара и задымления; так же прекратить все работы, не относящиеся к ликвидации пожара.[43]

Для того, чтобы снизить риск возникновения пожара, в лаборатории имеются датчики дыма и температуры, у выход имеется огнетушитель, и также стены покрыты специально не воспламеняющимся веществом, что воспрепятствует распространению огня. Согласно СП 12.13130.2009, лаборатории присваивается уровень пожарной безопасности категория Г.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСО-
СБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
З-1401	Власовой Ирине Валерьевне

Институт	Электронного обучения	Кафедра	ФМПК
Уровень образования	специалитет	Направление/специальность	ИИТТ

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно методическое пособие 1.2 Технология оценки бизнеса QuaD 1.3 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

2. Планирование научно исследовательских работ 3. Определение ресурсной(ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	2.1. Структура работ в рамках научного исследования 2.2. Определение трудоемкости выполнения работ 2.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ) Финансовые ресурсы - 2845459,64 руб. Человеческие ресурсы - 2 чел.
--	---

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. «Портрет» потребителя результатов НТИ 2. Сегментирование рынка 3. Оценка конкурентоспособности технических решений 4. Диаграмма FAST 5. Матрица SWOT 6. График проведения и бюджет НТИ 7. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ 8. Потенциальные риски

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Петухов О.Н.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-1401	Власова Ирина Валерьевна		

10. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

10.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

Целевым рынком выполненной работы является компании занимающиеся производством и продажей кабелей.

Сегментом данного рынка являются мелкие коммерческие организации, имеющие отношение к производству кабелей. Значимыми критериями являются продукция выпускаемая предприятием и его размер.

10.1.2 Технология QuaD

Таблица 10 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (3x2)
1	2	3	4	5	6
Показатели оценки качества разработки					
1. Энергоэффективность	0.09	90	100	0.9	8.1
2. Помехоустойчивость	0.07	65	100	0.65	4.55
3. Надежность	0.09	95	100	0.95	8.55
4. Унифицированность	0.01	60	100	0.6	0.6
5. Уровень материалоемкости разработки	0.03	70	100	0.7	2.1
6. Уровень шума	0.07	87	100	0.87	6.09
7. Безопасность	0.079	84	100	0.84	6.64
8. Потребность в ресурсах памяти	0.001	98	100	0.98	0.098
9. Функциональная мощность	0.02	50	100	0.50	1
10. Простота эксплуатации	0.08	100	100	1	8

11. Ремонтпригодность	0.07	85	100	0.85	5.95
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
12. Конкурентоспособность продукта	0.1	69	100	0.69	6.9
13. Уровень проникновения на рынок	0.07	79	100	0.79	5.53
14. Перспективность рынка	0.055	91	100	0.91	5
15. Цена	0.08	74	100	0.74	5.92
16. Послепродажное обслуживание	0.025	68	100	0.68	1.7
17. Финансовая эффективность научной разработки	0.065	75	100	0.75	4.88
Итого	1				80.5

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$P_{CP} = \sum B_i \cdot B_i = 20.3 \quad (27)$$

где P_{CP} – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – средневзвешенное значение i -го показателя.

После расчёта средневзвешенного показателя, который составил 20.3, можно судить о том, что перспективность данного продукта крайне низкая. Необходимо повышать некоторые характеристики устройства.

10.2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

Таблица 11 - Морфологическая матрица для измерителя ёмкости кабеля

	1	2	3	4
А. Электрический сигнал	Ток	Напряжение	Частота	Фаза
Б. Источник питания	Сеть	Аккумулятор	Батарейки	
В. Способ монтажа элементов	Поверхностный монтаж	Пайка на весу	Вставка в панели	Пайка в отверстия

Г. Корпус	Сталь	Дюраль	Пластик	Дерево
Д. Управление	Автоматическое	Ручное	Комбинированное	
Е. Первичный преобразователь	Цифровой	Аналоговый	Комбинированный	

Из данной матрицы следует, что наиболее удачными вариантами являются:

1. А1В3В2Г1Д3Е3 – является самым дешёвым вариантом исполнения, т.к. монтаж элементов происходит на «весу», используются дешёвые материалы для корпуса. Также в роли источника питания выступают батарейки типа АА, что значительно снижает цену на данное устройство.
2. А3В2В1Г2Д1Е1 - считается компактным вариантом устройства. Т.к. для изготовления будут применены SMD-компоненты, которые занимают очень малое пространства в корпусе и на плате. Применяемый вид элемента питания, так же даёт возможность изготавливать данный прибор не разборным (монолитным).
3. А2В1В4Г3Д2Е2 - самый универсальный способ изготовления прибора. В нём применяются стандартные электронные компоненты и будет использоваться сеть в качестве источника питания.

10.3 Планирование научно-исследовательских работ

10.3.1 Структура работ в рамках научного исследования

Таблица 12 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя	$t_{ожі}$	$T_{рі}$
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	1.4	1.4
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Студент	6.8	6.8
	3	Проведение патентных исследований	Руководитель	5.2	5.2
	4	Выбор направления исследований	Руководитель, студент	0.7	0.35

	5	Календарное планирование работ по теме	Руководитель	1.2	1.2
Теоретические и экспериментальные исследования	6	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Руководитель, студент	9.8	4.9
	7	Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	Студент	29.8	29.8
	8	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Студент	2.6	2.6
Обобщение и оценка результатов	9	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, студент	0.7	0.35
	10	Определение целесообразности проведения ОКР	Руководитель, студент	2.2	1.1
Проведение ОКР					
Разработка технической документации и проектирование	11	Разработка блок-схемы, принципиальной схемы	Руководитель	3.8	3.8
	12	Выбор и расчет конструкции	Руководитель, студент	3.6	1.8
	13	Оценка эффективности производства и применения проектируемого изделия	Руководитель	3.32	3.32
Изготовление и испытание макета (опытного образца)	14	Конструирование и изготовление макета (опытного образца)	Студент	32.6	32.6
	15	Лабораторные испытания макета	Студент	8.4	8.4
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	16	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Студент	12.6	12.6
	17	Оформление патента	Руководитель	9.8	9.8

10.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев являются основной частью стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается в человеко-днях экспертным путем и носит вероятностный характер, зависящий от множества тяжелых факторов. Ожидаемая трудоемкость $t_{ожи}$ рассчитывается по формуле:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{min}i} + 2t_{\text{max}i}}{5} \quad (28)$$

где $t_{\text{ож}i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

$t_{\text{min}i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн.;

$t_{\text{max}i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , которая учитывает параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Данное вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как в общей сметной стоимости научных исследований она составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{\text{ож}i}}{ч_i} \quad (29)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{\text{ож}i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

$ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Все рассчитанные данные были занесены в таблицу 12.

10.3.3 Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета НТИ обеспечивается полное и достоверное отражение всех расходов, необходимых для его исполнения.

10.3.4 Расчет материальных затрат НТИ

Материальные затраты рассчитываются по следующей формуле:

$$З_m = (1 + k_T) * \sum_{i=1}^m Ц_i * N_{\text{рас}xi} \quad (30)$$

где: m – количество разновидностей материальных ресурсов, используемых при выполнении научного исследования;

$N_{расхi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, m^2 и т.д.);

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./ m^2 и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов.

Таблица 13 - Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., руб.			Затраты на материалы, (З _м), руб.		
		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Лампа УФ	шт.	0	1	1	0	350	350	0	402.5	402.5
Текстолит	шт.	0	1	1	0	150	150	0	172.5	172.5
Радио элементы	шт.	120	120	120	15	3	15	2070	414	2070
Припой	см	95	135	155	1	1	1	109.3	155.3	178.3
Фоторезистор	см ²	0	400	550	0	0.5	0.5	0	230	316.3
Эл. Энергия	Вт	95	450	130	1.5	1.5	1.5	163.9	776.3	224.3
Итого								2343	2543	3364

10.3.4.1 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ

В данной статье отображены все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме.

Приобретая спецоборудование учтем затраты для его доставки и монтажа в размере 15% от цены.

Таблица 14 - Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
-----	---------------------------	----------------------------	--------------------------------------	---

		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Осциллограф	1	1	1	15000	15000	15000	17250	17250	17250
2	Паяльная станция	1	1	1	2000	2000	2000	2300	2300	2300
3	Генератор	1	1	1	10000	10000	10000	11500	11500	11500
4	Источник питания	1	1	1	18000	18000	18000	20700	20700	20700
Итого:								51750	51750	51750

10.3.4.2 Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы

В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20–30 % от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы приведен в таблице .

Таблица 15 - Расчет основной заработной платы

п/п	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудоемкость, чел.- дн.			Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн. тыс. руб.			Всего заработная плата по тарифу, тыс. руб.		
			Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Составление и утверждение темы проекта	Руководитель	2	2	2	3,6			8	8	8
2	Анализ актуальности темы	Рук.-студ.	1	1	1	4,4			5	5	5
3	Поиск и изучение материала по теме	Студ.-рук.	1	1	1	4,4			5	5	5
4	Выбор направления исследований	Руководитель	1	2	2	3,6			4	8	8
5	Календарное планирование работ	Руководитель	2	2	2	3,6			8	8	8
6	Изучение литературы по теме	Студент	10	10	10	0,8			8,9	8,9	8,9
7	Подбор нормативных документов	Студ.-рук.	3	4	4	4,4			14,8	19,7	19,7
8	Изготовление рабочего образца	Студент	4	6	6	0,8			3,6	5,4	5,4
9	Снятие метрологиче-	Студент				0,8			1,8	2,7	3,6

	ских характеристик		2	3	4				
10	Изучение результатов	Студент	2	3	3	0,8	1,8	2,7	2,7
11	Анализ результатов	Студ.- рук.	2	2	2	4,4	9,8	9,8	9,8
12	Вывод по цели	Студент	3	3	3	0,8	2,7	2,7	2,7
Итого:							73,4	85,9	86,8

Проведем расчет заработной платы относительно того времени, в течение которого работал руководитель и студент. Принимая во внимание, что за час работы руководитель получает 450 рублей, а студент 100 рублей (рабочий день 8 часов).

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп} \quad (31)$$

где: $З_{осн}$ – основная заработная плата;

$З_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $З_{осн}$).

Максимальная основная заработная плата руководителя (доктора наук) равна примерно 48000 рублей, а студента 31700 рублей.

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{доп} = k_{доп} * З_{осн} \quad (32)$$

где: $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

Таким образом, заработная плата руководителя равна 53760 рублей, студента – 35504 рублей.

10.3.4.3 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{внеб} = k_{внеб} * (З_{осн} + З_{доп}) \quad (33)$$

где: $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На 2015 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2015 году водится пониженная ставка – 27,1%.

Таблица 16 - Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб			Дополнительная заработная плата, руб		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Руководитель проекта	48000	57000	57000	5760	6840	6840
Студент-дипломник	31700	27200	28100	3804	3264	3372
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271					
Итого						
Исполнение 1	24190,5 руб.					
Исполнение 2	25556,4 руб.					
Исполнение 3	25829,5 руб.					

10.3.5 Накладные расходы

Величина накладных расходов определяется по формуле:

$$З_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 7) * k_{\text{нр}} \quad (34)$$

где: $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%. Таким образом, наибольшие накладные расходы при первом исполнении равны:

$$З_{\text{накл}} = 3745306,5 \cdot 0,16 = 599249,2 \text{ руб.}$$

10.3.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Таблица 17 - Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	

Материальные затраты НТИ	2852	2219,5	2135,5	Пункт 3.3.1
Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	3629000	4550000	2330000	Пункт 3.3.2
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	79700	84200	85100	Пункт 3.3.3
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	9564	10104	10212	Пункт 3.3.3
Отчисления во внебюджетные фонды	24190,5	25556,4	25829,5	Пункт 3.3.4
Накладные расходы	599249,2	747532,7	392182,64	16 % от суммы ст. 1-5
Бюджет затрат НТИ	4344555	5419612	2845459,64	Сумма ст. 1- 6

10.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^i = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} \quad (35)$$

где $I_{\text{финр}}^i$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i-го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно- исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп1}} = \frac{4344555,7}{5419612,6} = 0,8; I_{\text{финр}}^{\text{исп2}} = \frac{5419612,6}{5419612,6} = 1; I_{\text{финр}}^{\text{исп3}} = \frac{2845459,64}{5419612,6} = 0,52.$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i * b_i \quad (36)$$

где: I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i-го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы (18).

Таблица 18 - Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Надежность	0,2	5	5	4
2. Универсальность	0,2	4	4	5
3. Уровень материалоемкости.	0,15	4	4	5
4. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,20	5	5	4
5. Ремонтопригодность	0,1	5	5	5
6. Энергосбережение	0,15	4	4	5
ИТОГО	1	4,65	3,15	3,8

$$I_{p-исп1} = 5 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,15 = 4,5;$$

$$I_{p-исп2} = 5 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,15 = 4,5;$$

$$I_{p-исп3} = 4 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,1 = 4,55.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{испi}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{испi} = \frac{I_{p-испi}}{I_{финр}} \quad (37)$$

$$I_{исп1} = \frac{4,5}{0,8} = 5,625; I_{исп2} = \frac{4,5}{1} = 4,5; I_{исп3} = \frac{4,55}{0,52} = 8,75.$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность про-

екта (см. таблицу ??) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{\text{ср}}$):

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп}i}}{I_{\text{исп}max}} \quad (38)$$

Таблица 19 - Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,8	1	0,52
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,5	4,5	4,55
3	Интегральный показатель эффективности	5,625	4,5	8,75
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	0,64	0,51	1

Сравнив значения интегральных показателей эффективности можно сделать вывод, что реализация технологии в третьем исполнении является более эффективным вариантом решения задачи, поставленной в данной работе с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной выпускной квалификационной работе была показана важность технологического контроля емкости одножильного электрического провода, на этапе нанесения изоляции на токопроводящую жилу.

Был произведен обзор методов измерения емкости и выбран метод амперметра-вольтметра, так как данный метод позволяет осуществлять измерение емкости в широком диапазоне, характеризуется линейной функцией преобразования, что позволяет обеспечить погрешность измерения не более 0,5 %.

Патентный обзор показал, что единственным возможным вариантом реализации измерительного преобразователя для проведения технологического контроля емкости является использование трубчатого электрода, погруженного в воду охлаждающей ванны экструзионной линии.

Отстройка от влияния изменения электропроводности воды позволяет уменьшить погрешность измерения емкости в несколько раз.

Предложена структурная схема измерителя емкости, представлены его технические характеристики.

Также в работе представлены все необходимые разделы: «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение», «Социальная ответственность», «Расчет надежности», «Конструкторско-технологическая часть».

В целом работа соответствует техническому заданию и выполнена в полном объеме.

CONCLUSION

In this final qualifying work was shown the importance of the technological capacity control single core electric wire, the step of applying insulation on the conductor.

Was the methods for capacity measurement and the selected method of the ammeter-voltmeter, as this method allows to perform the capacitance measurement in a wide range, characterized by linear conversion function, which allows to ensure the accuracy of Dimension is not more than 0.5 %. Patent review has shown that the only possible option is that the implementation of the transmitter for conducting technological capacity control is the use of a tubular electrode, immersed in water cooling bath extrusion lines. The detuning from the influence of the changes of electrical conductivity of water makes the FPC to improve the accuracy of capacitance measurement several times. The proposed block diagram of the capacitance meter , represented by its technical characteristics.

The work also includes all required sections: Financial management, resource efficiency, and resource saving", "Social responsibility", "reliability", "Engineering part". In General, the work meets the technical specification and fully implemented.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Городецкий С.С. Испытания кабелей и проводов: учебное пособие/ С.С. Городецкий, Р.М. Лакерник. – Москва: Энергия, 1971. – 272 с.: ил.
2. Саакян А.Е. Технический контроль производства кабелей, проводов и шнуров с резиновой и полихлорвиниловой изоляцией: учебное пособие/ А.Е. Саакян. – М.: Госэнергоиздат, 1957. – 239 с.: ил.
3. Основы кабельной техники: учебное пособие/
Под ред. В.А. Привезенцева. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергия, 1975. – 472 с.
4. Балашов А.И. Кабели и провода. Основы кабельной техники/ А.И. Балашов, М.А. Боев, А.С. Воронцов и др. – М.: Энергоатомиздат, 2009. – 468 с.
5. ГОСТ 27893-88 (СТ СЭВ 1101-87). Кабели связи. Методы испытаний [Электронный ресурс]. – Введ. 1990.01.01. – с измен. 2015-01-16. – Режим доступа: URL: <http://meganorm.ru/Index/11/11797.htm>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. (дата обращения 01.01.2015).
6. <http://www.zumbach.com/ru/products/product-finder/capac-fft-srl/capacoverview.html/>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. англ. (дата обращения 20.04.2015).
7. NDC Technologies [Электронный ресурс]/ CapScan – Режим доступа: URL: <http://www.betalasermike.com/index.php/en/betalasermikeproducts-en/capacitance-en/>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. англ. (дата обращения 20.04.2015).
8. ГОСТ 15845-80 (СТ СЭВ 585-77). Изделия кабельные термины и определения [Электронный ресурс]. – Введ. 1981.06.30 – с измен. 2015.01.16 – Режим доступа: URL:

<http://meganorm.ru/Index/23/23800.htm>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. (дата обращения 20.07.2015).

9. Физический энциклопедический словарь [Электронный ресурс]/ под ред. А.М. Прохоров. – М.: Советская энциклопедия, 1983. – 928 с.:

10. Большой энциклопедический политехнический словарь [Электронный ресурс]/ Сопротивление электрическое.– Режим доступа: URL: <http://enc-dic.com/polytech/Soprotivlenie-jelektricheskoe-9478.html>, свободный. Загл. с экрана. – Яз. рус. (дата обращения 10.08.2015).

11. Каганов М.И. Электропроводность (физич.) [Электронный ресурс]// Большая Советская Энциклопедия: в 30 т./ гл. ред. А. М. Прохоров. – М.: Советская энциклопедия, 1970 – Режим доступа: URL: <http://bse.scilib.com/article126142.html>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. (дата обращения 10.08.2015).

12. ГОСТ 25315-82. Контроль неразрушающий электрический.

13. Термины и определения. [Электронный ресурс] – Введ. 1983.06.30. – с измен. 2015.01.16. – Режим доступа: URL: <http://www.internet-law.ru/gosts/gost/21777/>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. (дата обращения 01.08.2015).

14. ГОСТ 8.417-2002. Государственная система обеспечения единства измерений. Единицы величин. [Электронный ресурс] – Введ. 2003.08.31. – Измен. 2015.01.16 – Режим доступа: URL: <http://www.internetlaw.ru/gosts/gost/8435>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. (дата обращения 20.01.2015)

15. ГОСТ 15467-79. Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения. [Электронный ресурс] – Введ. 1979.07.01. с измен. 2015.05.21. – Режим доступа: URL: <http://meganorm.ru/Index2/1/4294851/4294851954.htm>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. (дата обращения 01.08.2015).

16. Кабели и провода. Основы кабельной техники/ А.И. Балашов,
17. М.А. Боев, А.С. Воронцов и др. Под редакцией И.Б. Пешкова. – М.: Энергоатомиздат, 2009. – 470 с.
18. Производство кабелей и проводов: учебник/ под ред. Н.И. Белоруссова, И. Б. Пешкова. – М.: Энергоиздат, 1981. – 632 с.: ил.
19. o8ode.ru [Электронный ресурс]/ Расчет электропроводности воды Режим доступа: <http://www.o8ode.ru/article/answer/method/>
20. ГОСТ 17.1.1.04-80 Охрана природы. Гидросфера. Классификация подземных вод по целям водопользования [Электронный ресурс]. – Введ. 1981.06.30. – с измен. 2015.01.16.– Режим доступа: URL: <http://www.internetlaw.ru/gosts/gost/14373/>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. (дата обращения 01.06.2015).
21. Пешков И.Б. Материалы кабельного производства/ И.Б. Пешков. М.: Машиностроение. 2013. – 456 с.
22. Канискин В.А. Основы кабельной техники: учебное пособие / В.А. Канискин, Б.И. Сажин; Ленинградский политехнический институт им. М. И. Калинина (ЛПИ). – Ленинград: Изд-во Ленинградского технологического ин-та, 1990. – 86 с.: ил.
23. Патент № 3812424 US, МПК G01R27/26. Capacitive wire gauge [Электронный ресурс]/ Robert C. Abbe; заявл. 15.05.1973; опубл. 21.05.1974. – № 341543. – Режим доступа: URL: http://www.worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?DB=EPODOC&II=0&N=D=3&adjacent=true&locale=en_EP&FT=D&date=19740521&CC=US&NR=3812424A&KC=A, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. англ. (дата обращения 11.04.2015).
26. Патент № 0394525 EP, МПК G01R31/02. Method and apparatus for the contactless checking of the insulation of insulated electric conductors and for the detection and classification of insulation faults [Элек-

тронный ресурс]/ Martin Richter; заявл. 27.04.1989; опубл. 31.10.1990. – № 89107227.5. – Режим доступа: URL:

<http://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/originalDocument?CC=EP&N>

27. R=0394525A1&KC=A1&FT=D&ND=3&date=19901031&DB=EPODOC&locale=en_EP, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. англ. (дата обращения 11.04.2015).

28. Пат. № 2358928 GB, МПК G01B 7/06. A system for monitoring fluctuations in the thickness of a cable insulating sheath [Электронный ресурс] / Patrick Fleming, Lee Robert Coleman.; заявл. 04.02.2000; опубл. 08.08.2001. - № 0002487.7. – Режим доступа: URL: http://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?DB=EPODOC&II=4&ND=3&adjacent=true&locale=en_EP&FT=D&date=20010808&CC=GB&NR=2358928A&KC=A, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. англ. (дата обращения 17.04.2015).

29. Пат. № 20030128038 US, МПК G01R 27/26. Capacitance monitoring systems [Электронный ресурс]/ Patrick Fleming, Lee Robert Coleman.; заявл. 25.01.2001; опубл. 10.07.2003. - № 10/182766. – Режим дступа:URL:http://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?DB=EPODOC&II=2&ND=3&adjacent=true&locale=en_EP&FT=D&date=20030710&CC=US&NR=2003

30. 128038A1&KC=A1, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. англ. (дата обращения 17.04.2015).

31. Пат. № 6498499 US, МПК G01R 27/26. Device for measuring the capacitance of electrical wires [Электронный ресурс]/ Harald Sikora; заявл. 19.02.1999; опубл. 24.12.2002. – № 09/253188. – Режим доступа: URL:http://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=US&NR=6498499B1&KC=B1&FT=D&ND=3&date=20021224&DB=EPODOC&locale=en_EP, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. англ. (дата обращения 17.04.2015).

32. Гольдштейн А.Е. Отстройка от влияния изменения электропроводности воды на результаты технологического контроля погонной емкости электрического кабеля/ А.Е. Гольдштейн, Г.В. Вавилова// Ползуновский вестник. – 2013. – № 2. – с. 146-150.

33. Гольдштейн А.Е. Технологический контроль погонной емкости электрического кабеля в условиях значительных изменений солености воды/ А.Е. Гольдштейн, Г.В. Вавилова// Контроль. Диагностика: научнотехнический журнал / Российское общество по неразрушающему контролю и технической диагностике. – 2013. – № 9. – с. 57-60.

34. Гольдштейн А.Е. Емкостный измерительный преобразователь для технологического контроля погонной емкости электрического кабеля в процессе производства/ А.Е. Гольдштейн, Г.В.

35. Детлаф А.А. Курс физики [Электронный ресурс]: учебник в электронном формате/ А.А. Детлаф, Б.М. Яворский. – 9-е изд. стер. – Мультимедиа ресурсы (10 директорий; 100 файлов; 740MB). – Москва:

36. Чапайкина А.В. Исследование влияния концентрации соли на результат измерения погонной емкости кабеля [Электронный ресурс]/ А.В. Чапайкина, Г.В. Вавилова // Вестник науки Сибири: электронный научный журнал/ Томский политехнический университет. – 2013. – № 4 (10). – с. 72-76. – Режим доступа: URL: <http://sjs.tpu.ru/journal/article/view/815/573>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. Рус. (дата обращения 01.08.2015).

37. Гольдштейн А.Е. Измеритель погонной емкости одножильного провода для технологического контроля/ А.Е. Гольдштейн, Г.В. Вавилова// Ползуновский вестник. – 2015. – № 3. – с. 38-42.

38. Goldstein A. Device CAP-10 for in-process measurement of the single-core wire capacitance per unit length/ A. Goldstein, G. Vavilova //Recent advances on systems, Signals, control, communications and computers: proceedings of the 7th international conference on sensors and sig-

nals (SENSIG '15)», Budapest, Hungary, 12-14 декабря 2015. – WSEAS Press, 2015 – с. 272-277.

39. . Пат. № №2578658 RU МПК G01R27/26 Способ измерения погонной емкости одножильного электрического провода/ Гольдштейн А.Е., Вавилова Г.В., Редько В.В.; заявл. 29.12.2014; опубл. 15.04.2016.

40. Физический энциклопедический словарь. – М.: Советская энциклопедия. Главный редактор А. М. Прохоров. 1983]
<http://studopedia.org/4-114872.html>

41. РД 34.45-51.300-97 Объем и нормы испытаний электрооборудования http://snipov.net/c_4691_snip_103956.html

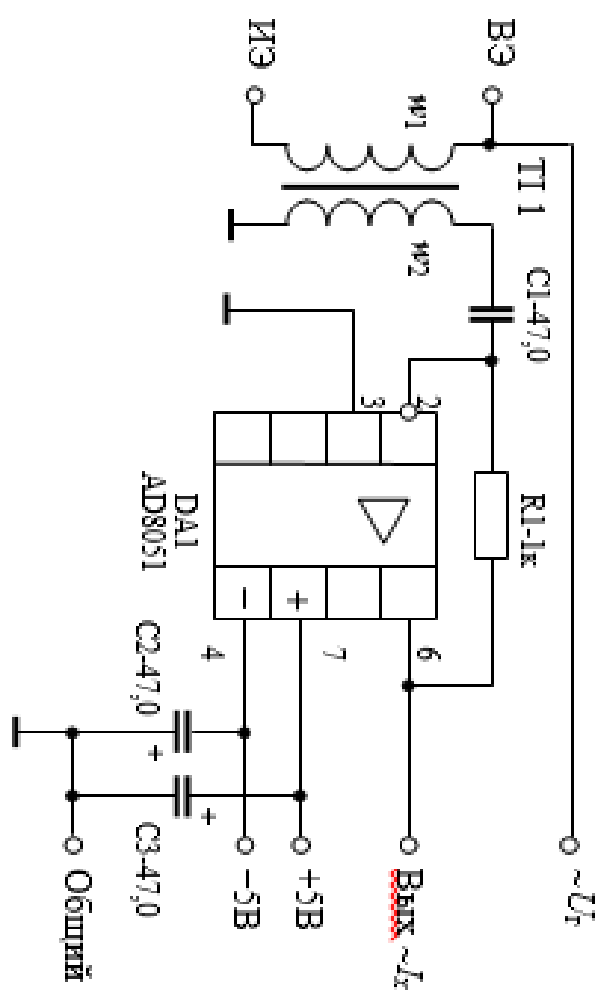
42. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки СН 2.2.4/2.1.8.562-96
http://www.rosteplo.ru/Npb_files/npb_shablon.php?id=711

43. СП 12.13130.2009 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности <http://docs.cntd.ru/document/1200071156>

44. Иноземцев В.А. Введение в электронику [Электронный ресурс]/ В.А. Иноземцев, С.В. Иноземцева. – Брянск: Издательство БГПУ, 2001. – 150 с. – Режим доступа: URL:
http://ivatv.narod.ru/vvedenie_v_elektroniku/tit_list.htm, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. (дата обращения 10.08.2015).

45. Пат. № №2578658 RU МПК G01R27/26 Способ измерения погонной емкости одножильного электрического провода/ Гольдштейн А.Е., Вавилова Г.В., Редько В.В.; заявл. 29.12.2014; опубл. 15.04.2016.

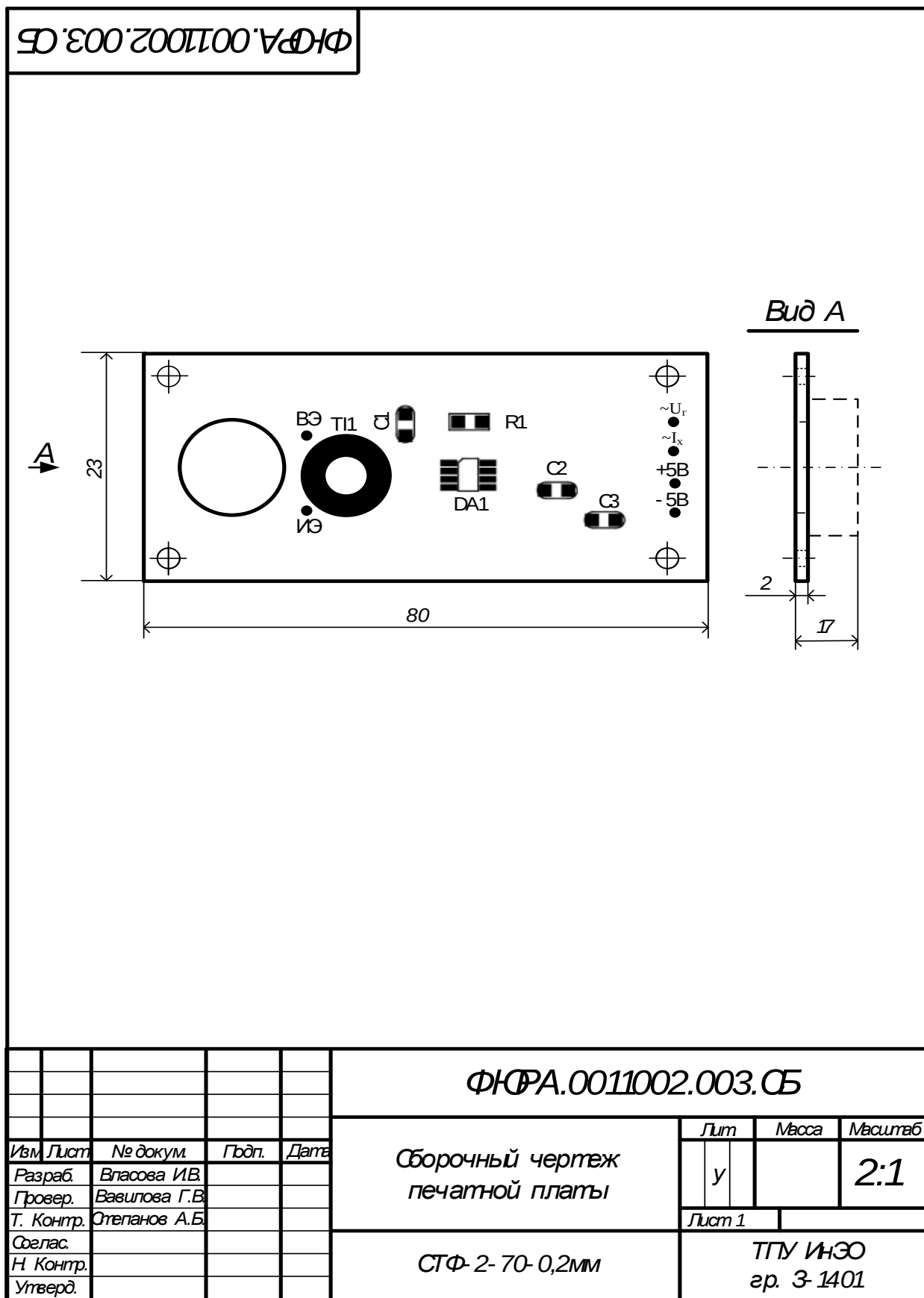
ПРИЛОЖЕНИЕ А. ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА



ПРИЛОЖЕНИЕ Б. ПЕЧАТНАЯ ПЛАТА

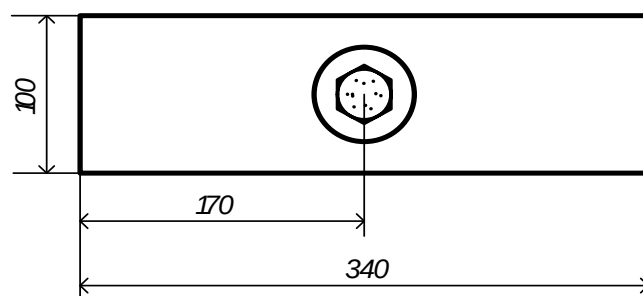
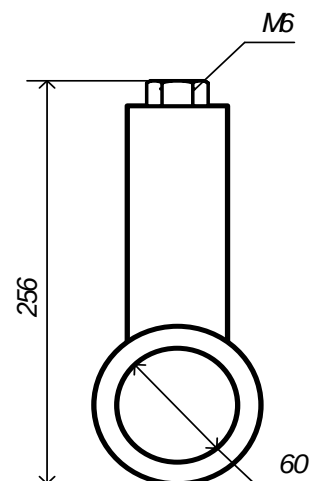
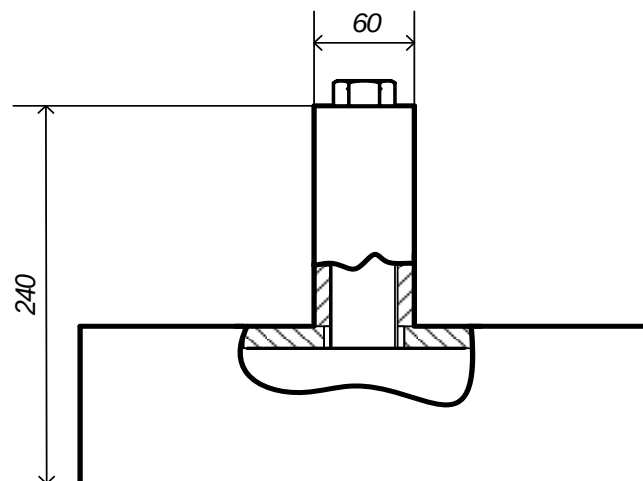
Стор. №	Перв. примен.		ФЮРА.01101.002	Rz20/ (✓)																													
1. Плату изготовить комбинированным методом. 2. Плата должна соответствовать ГОСТ 23751-86 3. Проводники условно обозначенные сплошными линиями, выполнить шириной 0,25 мм, и расстояние между проводниками 0,3 мм.																																	
Инв. №	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">Условное обозначение отверстия.</th> <th style="width: 15%;">Диаметр отверстия, мм</th> <th style="width: 15%;">Диаметр зенковки с двух сторон, мм</th> <th style="width: 15%;">Наличие металлизации а отв.</th> <th style="width: 15%;">Диаметр контактной площадки.</th> <th style="width: 15%;">Количество отверстий.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">✦</td> <td style="text-align: center;">0,5</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">метал.</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">15</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">✦</td> <td style="text-align: center;">0,3*0,5</td> <td style="text-align: center;">1*70°</td> <td style="text-align: center;">метал.</td> <td style="text-align: center;">15</td> <td style="text-align: center;">12</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">⊙</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">метал.</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">4</td> </tr> </tbody> </table>						Условное обозначение отверстия.	Диаметр отверстия, мм	Диаметр зенковки с двух сторон, мм	Наличие металлизации а отв.	Диаметр контактной площадки.	Количество отверстий.	✦	0,5	-	метал.	-	15	✦	0,3*0,5	1*70°	метал.	15	12	⊙	3	-	метал.	3	4
Условное обозначение отверстия.	Диаметр отверстия, мм	Диаметр зенковки с двух сторон, мм	Наличие металлизации а отв.	Диаметр контактной площадки.	Количество отверстий.																												
✦	0,5	-	метал.	-	15																												
✦	0,3*0,5	1*70°	метал.	15	12																												
⊙	3	-	метал.	3	4																												
			Подп. и дата	ФЮРА.01101.002																													
			Инв. № подл.	Изм. Лист			№ докум.			Подп.			Дата			Плата печатная Лит. у Масштаб 2:1																	
			Разраб.	Власова И.В.			Пров.			Вавилова Г.В.			Т.контр.						Степанов А.Б.														
			Н.контр.	Утв.			СТФ-2-70-0,2мм			Лист			Листов 1			ТПУ ИНЭО гр.3-1401																	
			Копировал						Формат А4																								

ПРИЛОЖЕНИЕ В. СБОРОЧНЫЙ ЧЕРТЕЖ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ



ПРИЛОЖЕНИЕ Г. ВНЕШНИЙ ВИД

ФЮРА.001002.001



					ФЮРА.001002.001				
					Измеритель емкости. Чертеж общего вида	Лит	Масса	Масштаб	
Изм	Лист	№ докум.	Год.	Дата					
Разраб.	Власова И.В.					у		1:4	
Провер.	Василова Г.В.								
Т. Контр.	Отепанов А.Б.					Лист 1			
Соглас.					От 5 ГОСТ 16523-89	ТПУ ИНЭО			
И Контр.						зр. 3-1401			
Утверд.									