

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

Институт – Энергетический
Направление подготовки – Электроэнергетика и электротехника
Кафедра – Электропривода и электрооборудования

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
«РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ЦИФРОВОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СИНХРОННЫМ ДВИГАТЕЛЕМ БЕЗ ДАТЧИКА ПОЛОЖЕНИЯ РОТОРА»

УДК 621.313.323:681.513.2-047.74

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Г2А	Ширяев С.Ю.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Каракулов А.С.	К.Т.Н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Трофимова М.Н.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Дашковский А.Г.	К.Т.Н., доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭПЭО	Дементьев Ю.Н.	К.Т.Н., доцент		

Томск – 2016

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Энергетический институт

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Кафедра ЭПЭО

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

(Подпись)

(Дата)

Дементьев Ю.Н.
(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
5Г2А	Ширяеву Сергею Юрьевичу

Тема работы:

Разработка и исследование асинхронного электропривода с наблюдателем состояния	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№966/с от 10.02.2016

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

(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.).

Синхронный электродвигатель с возбуждением от постоянных магнитов ДСМ Г-2,2-1500-1-Д-УХЛ-3 IM3281 IC49 380 В:

- Мощность двигателя: 2,2 кВт;
- Частота вращения двигателя: 1500 об/мин;
- Количество пар полюсов: 8;
- Номинальный ток: 4,2 А;
- Напряжение питания: 380 В;
- КПД: 90%;
- Момент номинальный 14 Н·м.

	Преобразователь частоты MBS – FC01. Тип микропроцессора – TMS320F2833х. Руководство по эксплуатации на среду программирования MexBIOS™ Development Studio.
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>	Разработать цифровую систему управления без датчика положения ротора синхронным электродвигателем с постоянными магнитами ДСМ Г-2,2-1500-1-Д-УХЛ-3 IM3281 IC49 380 В в режимах контроля тока, скорости с необходимыми защитами. Перерегулирование скорости не должно превышать 10%, максимальное время пуска – 0,1 с. Исследовать разработанную систему на модели и на экспериментальном оборудовании с двигателем ДСМ Г-2,2-1500-1-Д-УХЛ-3 IM3281 IC49 380 для получения рабочих характеристик. Использовать среду графического программирования MexBIOS™ Development Studio.
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Социальная ответственность	Доцент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности Дашковский Анатолий Григорьевич
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент кафедры менеджмента Трофимова Маргарита Николаевна

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Каракулов Александр Сергеевич	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Г2А	Ширяев Сергей Юрьевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
5Г2А	Ширяеву Сергею Юрьевичу

Институт	Энергетический	Кафедра	ЭПЭО
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Электропривод и автоматика

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость материальных ресурсов определялась по средней стоимости по г. Томску Оклады в соответствии с окладами сотрудников НИ ТПУ
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	30 % премии 20 % надбавки 16% накладные расходы 13% районный коэффициент
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	27,1 отчисления на социальные нужды

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Анализ конкурентных технических решений. Оценки перспективности проекта по технологии QuaD.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Формирование плана и графика разработки: -определение структуры работ; - определение трудоемкости работ; - разработка графика Ганта. Формирование бюджета затрат на научное исследование: - материальные затраты; -заработная плата (основная и дополнительная); - отчисления на социальные цели; - накладные расходы.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Оценочная карта QuaD
3. График Ганта
4. График проведения и бюджет НИ
5. Определение ресурсоэффективности проекта

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Трофимова М.Н.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Г2А	Ширяев Сергей Юрьевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5Г2А	Ширяеву Сергею Юрьевичу

Институт	Энергетический	Кафедра	ЭПЭО
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Электропривод и автоматика

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	1. Описание рабочего места на предмет: Разработка системы управления на пользовательском компьютере в помещении площадью 52м². Проведение экспериментов на стенде с электрооборудованием напряжением до 220 вольт.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	1. Анализ вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности: – Расчет освещения рабочей зоны, которое должно соответствовать СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03, не снижающее зрение человека. – Уменьшение уровня шума. – Проверка уровня воздействия электромагнитного излучения и статического электричества. 2. Анализ опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности: – Составление правил работы с исследуемым оборудованием для предотвращения травматизма от движущихся механизмов. – Мероприятия для уменьшения вибрации. – Электробезопасность. 3. Охрана окружающей среды: – Правила утилизации твердых отходов. – Анализ влияния электромагнитного и теплового излучения. Меры уменьшения влияния данных факторов. 4. Защита в чрезвычайных ситуациях: – Наиболее вероятным ЧС при разработке и проверке систем управления синхронными двигателями с возбуждением от постоянных магнитов являются пожар на рабочем месте. Составление плана эвакуации из лаборатории. 5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – Перечень законодательных и нормативных документов в порядке их цитирования по пунктам раздела.
Перечень расч-го и граф-го материала:	Расчет искусственного освещения для помещения; Составление плана эвакуации из помещения.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Дашковский А.Г.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Г2А	Ширяев С.Ю.		

АННОТАЦИЯ

Выпускная квалификационная работа содержит с., рис., табл., источника.

Ключевые слова: Цифровая система управления, бездатчиковая, синхронный двигатель с постоянными магнитами, математическая модель, MexBIOS Development Studio.

В выпускной квалификационной работе, путём графического программирования в среде MexBIOS Development Studio произведена разработка и исследование цифровой системы управления синхронным двигателем с постоянными магнитами без датчика положения ротора.

Разработанная система управления исследована на стенде. По итогам работы составлено методическое пособие для создания систем управления для синхронных двигателей с постоянными магнитами.

Проведена проверка безопасности и экологичности проекта, рассчитана экономическая эффективность использования приводов на базе синхронных двигателей с постоянными магнитами без датчика положения ротора.

Работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2016; обработка формул велась в программе MathType 6.9; построение рисунков, диаграмм, функциональных и принципиальных схем осуществлялось в программе Microsoft Visio 2016; программная реализация системы управления и её моделирование реализовано в графической программной среде MexBIOS Development Studio.

Введение

Задачей каждого приводчика является выбор типа двигателя, на данный момент основной выбор лежит между двигателями постоянного тока, асинхронными двигателями и синхронными двигателями. Первый тип используется всё реже, так как имеет в своём составе ненадёжный щеточно-коллекторный узел. Наиболее распространенный класс векторно-управляемых электроприводов – это приводы, имеющие в своем составе синхронный двигатель с постоянными магнитами на роторе. По сравнению с асинхронными двигателями, такие двигатели дороже, но зато имеют меньшие габариты, больший КПД и легче управляются.

Синхронные двигатели с постоянными магнитами (СДПМ), в которых коммутация фаз обмотки осуществляется полупроводниковой схемой по сигналам от датчика положения ротора или наблюдателя, определяют собой быстро и эффективно развивающиеся научно-техническое направление. Электропривод на основе СДПМ все более широко используется в приборной автоматике, станкостроении и робототехнике, автоматизированных технологических линиях транспорте, аэрокосмической технике, насосном и компрессорном оборудовании и т.д.

Начало разработок в данной области приходится на 30-е года XX века и связано у нас в стране с именами Д.А. Завалишина, О.Г. Вегнера, Б.Н. Тихменова, а за границей с именами И. Александерсона, С. Виллиса, Е. Керна. Но ограниченные возможности коммутационных приборов (ртутных вентилей, тиратронов) не позволяли добиться серьёзных успехов в промышленном использовании приводов на базе СДПМ. Однако, основы теории СДПМ и понимание принципов их работы были заложены именно тогда.

При появлении компактных полупроводниковых приборов (тиристоров и транзисторов), которые имели достаточно большую надёжность, идея создания приводов на базе СДПМ возродилось вновь, что пришло на середину 60-х годов прошлого века. В те и последующие годы большой вклад в разработке приводов на базе СДПМ был внесён отечественными (И.А. Вевюрко, А.А. Дубенский, Н.И. Лебедев, В.К. Лозенко, И.Е. Овчинников) и зарубежными (Н. Брейлсфорд, В. Хайсерман – США, Каварадо Матасаро – Япония, Б. Цаубитцер, Х. Моцала – ФРГ) учеными и инженерами.

К недостаткам синхронного двигателя относится то, что для его управления мы должны знать положение ротора, для чего нужно применять какой-либо датчик положения ротора, однако на данный момент есть алгоритмы, позволяющие избавиться от него, что существенно удешевляет привод. Поэтому данное направление является наиболее актуальным.

Объектом исследования является синхронные двигатель с постоянными магнитами.

Предметом исследования является цифровая система управления синхронного двигателя с постоянными магнитами без датчика положения ротора.

Целью работы является создание простой, удобной, универсальной и надёжной цифровой системы управления синхронным двигателем с постоянными магнитами без использования датчика положения ротора.

Методы исследования. Для выполнения поставленной цели применялись теоретические и экспериментальные методы исследований.

Практическая значимость результатов ВКР. По результатам выполненной работы составлена методика исследования синхронного двигателя с постоянными магнитами без датчика положения ротора, создано программное обеспечение цифровой системы управления синхронного двигателя с постоянными магнитами без датчика положения ротора, а также написана глава в методическом пособии для ООО «НПФ Мехатроника-Про».

SENSORLESS CONTROL ALGORITHM (Equivalent BACK EMF APPROACH) FOR INTERIOR PERMANENT MAGNET SYNCHRONOUS MOTOR

General PM Motor Equations in α - β Frame .

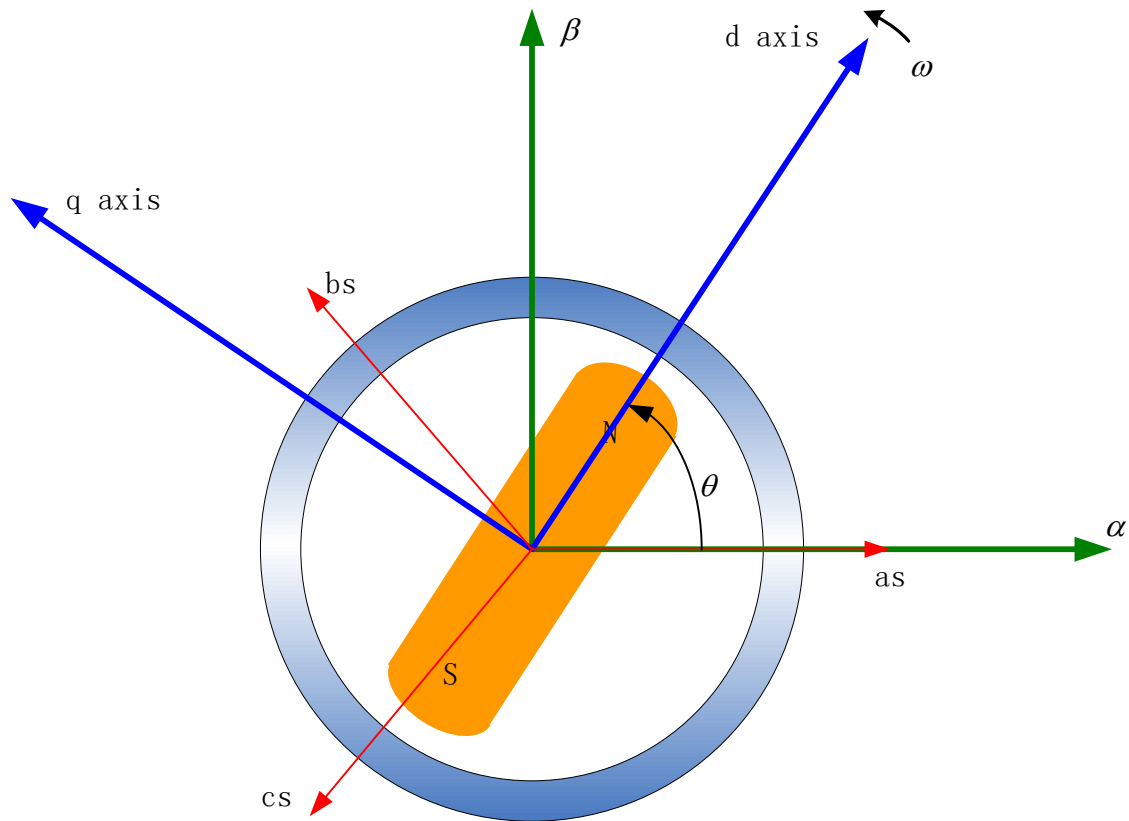


Fig. 1 Salient PM Synchronous Motor and related coordinates

Assumption:

- Iron permeability equal to infinity (no saturation).
- The windings are assumed to be sinusoidally distributed that is mmf space harmonics and slot harmonics are neglected.
- The winding's fields are assumed to be sinusoidally distributed, so that considers the first harmonic only.
- The windings are symmetric, so winding's turns, resistance, and inductances are equal.
- We will consider the lumped-parameter circuit model.

Very general voltage equation for an AC motor is:

$$V_x = R \cdot i_x + \frac{d\psi_x}{dt} \dots\dots\dots(1)$$

where: V_x - is a phase “x” stator voltage

i_x - is a phase “x” stator current

Ψ_x - is a per-phase “x” stator flux linkage

The voltage equations may be written in stationary (α - β) frame for any PM synchronous motor as follows:

$$\begin{bmatrix} V_\alpha \\ V_\beta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R + \frac{d}{dt} [L_0 + L_1 \cdot \cos(2\Theta)] & \frac{d}{dt} L_1 \cdot \sin(2\Theta) \\ \frac{d}{dt} L_1 \cdot \sin(2\Theta) & R + \frac{d}{dt} [L_0 - L_1 \cdot \cos(2\Theta)] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_\alpha \\ i_\beta \end{bmatrix} + \omega \cdot \lambda_{pm} \cdot \begin{bmatrix} -\sin(\Theta) \\ \cos(\Theta) \end{bmatrix} \dots\dots\dots(2)$$

Where: $L_0 = \frac{L_d + L_q}{2} \dots\dots\dots(3)$ $L_1 = \frac{L_d - L_q}{2} \dots\dots\dots(4)$

V_α, V_β - α, β axis stator voltages

i_α, i_β - α, β axis stator currents

R - stator resistor of one phase

L_d, L_q - d and q axis stator self inductances

λ_{pm} - per phase permanent magnet flux linkage

Θ - rotor position angle related to α -axis

The first item on the right side of (2) contains unknown variables 2Θ caused by motor saliency. That makes the mathematical model of a salient (IPM) motor much more complicated than non-salient (SPM) motor.

Non-salient Permanent Magnet Motor (SPM) Model in α - β Frame.

Equations for a non-salient (SPM) synchronous motor in stationary (α - β) reference frame (according to (2)) are:

$$\begin{bmatrix} V_\alpha \\ V_\beta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R + L \frac{d}{dt} & 0 \\ 0 & R + L \frac{d}{dt} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_\alpha \\ i_\beta \end{bmatrix} + \omega \cdot \lambda_{pm} \cdot \begin{bmatrix} -\sin(\Theta) \\ \cos(\Theta) \end{bmatrix} \dots\dots\dots(5)$$

where $L_d = L_q = L$

The first item on the right side of (5) contains known variables. The only unknown variables are in the EMF term (second term on the right side) contains the rotor position.

According to (1) and (5) we can define per-phase flux linkage in α, β reference frame as follows:

$$\begin{aligned}\Psi_{\alpha} &= \int (V_{\alpha} - i_{\alpha} \cdot R) dt - i_{\alpha} \cdot L \\ \Psi_{\beta} &= \int (V_{\beta} - i_{\beta} \cdot R) dt - i_{\beta} \cdot L \dots\dots\dots(6)\end{aligned}$$

On the other hand:

$$\begin{aligned}\Psi_{\alpha} &= \int [-\omega \cdot \lambda_{pm} \cdot \sin(\Theta)] dt = \lambda_{pm} \cdot \cos(\Theta) \\ \Psi_{\beta} &= \int [\omega \cdot \lambda_{pm} \cdot \cos(\Theta)] dt = \lambda_{pm} \cdot \sin(\Theta) \dots\dots\dots(7)\end{aligned}$$

From (6) and (7) we can derived:

$$\tan(\Theta) = \frac{\Psi_{\beta}}{\Psi_{\alpha}} = \frac{\int (V_{\beta} - i_{\beta} \cdot R) dt - i_{\beta} \cdot L}{\int (V_{\alpha} - i_{\alpha} \cdot R) dt - i_{\alpha} \cdot L} \dots\dots\dots(8)$$

or:

$$\Theta = \arctan \left[\frac{\int (V_{\beta} - i_{\beta} \cdot R) dt - i_{\beta} \cdot L}{\int (V_{\alpha} - i_{\alpha} \cdot R) dt - i_{\alpha} \cdot L} \right] \dots\dots(9)$$

Salient Permanent Magnet Motor (IPM) Model in α - β Frame.

According to (2) we can write for IPM motor the following equations:

$$V_{\alpha} = i_{\alpha} \cdot R + \frac{d}{dt} \{ [L_0 + L_1 \cdot \cos(2\Theta)] \cdot i_{\alpha} \} + \frac{d}{dt} \{ [L_1 \cdot \sin(2\Theta)] \cdot i_{\beta} \} - \omega \cdot \lambda_{pm} \cdot \sin(\Theta) \dots\dots\dots(10)$$

$$V_{\beta} = i_{\beta} \cdot R + \frac{d}{dt} \{ [L_0 - L_1 \cdot \cos(2\Theta)] \cdot i_{\beta} \} + \frac{d}{dt} \{ [L_1 \cdot \sin(2\Theta)] \cdot i_{\alpha} \} + \omega \cdot \lambda_{pm} \cdot \cos(\Theta) \dots\dots\dots(11)$$

Let's re-arrange equations (10 – 11) by adding and subtracting the term $\frac{d}{dt}(L_1 \cdot i_{\alpha})$ for equation (10) and $\frac{d}{dt}(L_1 \cdot i_{\beta})$ for equation (11), then:

$$V_{\alpha} = i_{\alpha} \cdot R + \frac{d}{dt} \{ [L_0 - L_1 + L_1 \cdot \cos(2\Theta)] \cdot i_{\alpha} \} + \frac{d}{dt}(L_1 \cdot i_{\alpha}) + \frac{d}{dt} \{ [L_1 \cdot \sin(2\Theta)] \cdot i_{\beta} \} - \omega \cdot \lambda_{pm} \cdot \sin(\Theta) \dots\dots\dots(12)$$

$$V_{\beta} = i_{\beta} \cdot R + \frac{d}{dt} \{ [L_0 - L_1 - L_1 \cdot \cos(2\Theta)] \cdot i_{\beta} \} + \frac{d}{dt}(L_1 \cdot i_{\beta}) + \frac{d}{dt} \{ [L_1 \cdot \sin(2\Theta)] \cdot i_{\alpha} \} + \omega \cdot \lambda_{pm} \cdot \cos(\Theta) \dots\dots\dots(13)$$

According to (3) and (4) we can derived:

$$L_0 - L_1 = \frac{L_d + L_q}{2} - \frac{L_d - L_q}{2} = L_q \dots\dots\dots(14)$$

Let's substitute (14) into (12 – 13), then:

$$V_\alpha = i_\alpha \cdot R + \frac{d}{dt} \{ [L_q + L_1 \cdot \cos(2\Theta)] \cdot i_\alpha \} + \frac{d}{dt} (L_1 \cdot i_\alpha) + \frac{d}{dt} \{ [L_1 \cdot \sin(2\Theta)] \cdot i_\beta \} - \omega \cdot \lambda_{pm} \cdot \sin(\Theta) \dots\dots(15)$$

$$V_\beta = i_\beta \cdot R + \frac{d}{dt} \{ [L_q - L_1 \cdot \cos(2\Theta)] \cdot i_\beta \} + \frac{d}{dt} (L_1 \cdot i_\beta) + \frac{d}{dt} \{ [L_1 \cdot \sin(2\Theta)] \cdot i_\alpha \} + \omega \cdot \lambda_{pm} \cdot \cos(\Theta) \dots\dots(16)$$

Defining position dependent variables gives:

$$V_\alpha = i_\alpha \cdot R + \frac{d}{dt} (L_q \cdot i_\alpha) + \left\langle \frac{d}{dt} \{ [L_1 \cdot \cos(2\Theta)] \cdot i_\alpha \} + \frac{d}{dt} (L_1 \cdot i_\alpha) + \frac{d}{dt} \{ [L_1 \cdot \sin(2\Theta)] \cdot i_\beta \} - \omega \cdot \lambda_{pm} \cdot \sin(\Theta) \right\rangle \dots\dots(17)$$

$$V_\beta = i_\beta \cdot R + \frac{d}{dt} (L_q \cdot i_\beta) + \left\langle \frac{d}{dt} \{ [-L_1 \cdot \cos(2\Theta)] \cdot i_\beta \} + \frac{d}{dt} (L_1 \cdot i_\beta) + \frac{d}{dt} \{ [L_1 \cdot \sin(2\Theta)] \cdot i_\alpha \} + \omega \cdot \lambda_{pm} \cdot \cos(\Theta) \right\rangle \dots\dots(18)$$

Let's call expressions in brackets “ $\langle \rangle$ ” equivalent back EMF or derivative of equivalent flux linkage, then:

$$e_\alpha^1 = \frac{d}{dt} \Psi_\alpha^1 = \frac{d}{dt} \{ [L_1 \cdot \cos(2\Theta)] \cdot i_\alpha \} + \frac{d}{dt} (L_1 \cdot i_\alpha) + \frac{d}{dt} \{ [L_1 \cdot \sin(2\Theta)] \cdot i_\beta \} - \omega \cdot \lambda_{pm} \cdot \sin(\Theta) \dots\dots\dots(19)$$

$$e_\beta^1 = \frac{d}{dt} \Psi_\beta^1 = \frac{d}{dt} \{ [-L_1 \cdot \cos(2\Theta)] \cdot i_\beta \} + \frac{d}{dt} (L_1 \cdot i_\beta) + \frac{d}{dt} \{ [L_1 \cdot \sin(2\Theta)] \cdot i_\alpha \} + \omega \cdot \lambda_{pm} \cdot \cos(\Theta) \dots\dots\dots(20)$$

It is known that:

$$\begin{aligned} \cos(2\Theta) &= \cos^2(\Theta) - \sin^2(\Theta) \\ \sin(2\Theta) &= 2 \cdot \sin(\Theta) \cdot \cos(\Theta) \dots\dots\dots(21) \\ \cos^2(\Theta) + \sin^2(\Theta) &= 1 \end{aligned}$$

Let's do some manipulation with (19 – 20).

$$e_\alpha^1 = \frac{d}{dt} \Psi_\alpha^1 = \frac{d}{dt} \{ [L_1 \cdot i_\alpha \cos(2\Theta)] + (L_1 \cdot i_\alpha) \} + \frac{d}{dt} \{ [L_1 \cdot \sin(2\Theta)] \cdot i_\beta \} - \omega \cdot \lambda_{pm} \cdot \sin(\Theta) \dots\dots\dots(22)$$

$$e_\beta^1 = \frac{d}{dt} \Psi_\beta^1 = \frac{d}{dt} \{ [-L_1 \cdot i_\beta \cos(2\Theta)] + (L_1 \cdot i_\beta) \} + \frac{d}{dt} \{ [L_1 \cdot \sin(2\Theta)] \cdot i_\alpha \} + \omega \cdot \lambda_{pm} \cdot \cos(\Theta) \dots\dots\dots(23)$$

The term in the equation (22) “ $\frac{d}{dt} \{ [L_1 \cdot \cos(2\Theta)] \cdot i_\alpha + (L_1 \cdot i_\alpha) \}$ ” can be re-arranging with the help of (21) as follows:

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} \{ [L_1 \cdot i_\alpha \cdot \cos(2\Theta)] + (L_1 \cdot i_\alpha) \} &= \frac{d}{dt} \{ L_1 \cdot i_\alpha \cdot [\cos(2\Theta) + 1] \} = \\ \frac{d}{dt} \{ L_1 \cdot i_\alpha \cdot [\cos^2(\Theta) - \sin^2(\Theta) + \cos^2(\Theta) + \sin^2(\Theta)] \} &= \frac{d}{dt} \{ L_1 \cdot i_\alpha \cdot 2 \cdot \cos^2(\Theta) \} \end{aligned} \quad \text{.....(24)}$$

The term in the equation (22) “ $\frac{d}{dt} \{ [L_1 \cdot \sin(2\Theta)] \cdot i_\beta \}$ ” can be re-arranging with the help of (21) as follows:

$$\frac{d}{dt} \{ [L_1 \cdot \sin(2\Theta)] \cdot i_\beta \} = \frac{d}{dt} [L_1 \cdot i_\beta \cdot 2 \cdot \sin(\Theta) \cdot \cos(\Theta)] \quad \text{.....(25)}$$

Let's substitute (24 – 25) into (22), then:

$$e_\alpha^1 = \frac{d}{dt} \Psi_\alpha^1 = \frac{d}{dt} [L_1 \cdot i_\alpha \cdot 2 \cdot \cos^2(\Theta)] + \frac{d}{dt} [L_1 \cdot i_\beta \cdot 2 \cdot \sin(\Theta) \cdot \cos(\Theta)] - \omega \cdot \lambda_{pm} \cdot \sin(\Theta) \quad \text{.....(26)}$$

or:

$$e_\alpha^1 = \frac{d}{dt} \Psi_\alpha^1 = \frac{d}{dt} \{ L_1 \cdot 2 \cdot \cos(\Theta) \cdot [i_\alpha \cdot \cos(\Theta) + i_\beta \cdot \sin(\Theta)] \} - \omega \cdot \lambda_{pm} \cdot \sin(\Theta) \quad \text{.....(27)}$$

It is well known that:

$$i_\alpha \cdot \cos(\Theta) + i_\beta \cdot \sin(\Theta) = I_d \quad \text{.....(28)}$$

Let's substitute (28) into (27), and take into account that $\Theta = \omega \cdot t$, then:

$$\begin{aligned} e_\alpha^1 &= \frac{d}{dt} \Psi_\alpha^1 = \frac{d}{dt} \{ L_1 \cdot 2 \cdot \cos(\Theta) \cdot I_d \} - \omega \cdot \lambda_{pm} \cdot \sin(\Theta) = -2 \cdot L_1 \cdot \omega \cdot I_d \cdot \sin(\Theta) - \omega \cdot \lambda_{pm} \cdot \sin(\Theta) \\ &\quad \text{.....(29)} \end{aligned}$$

Finally equivalent EMF of an alpha axis is equal to:

$$\underline{e_\alpha^1 = \frac{d}{dt} \Psi_\alpha^1 = -[2 \cdot L_1 \cdot \omega \cdot I_d + \omega \cdot \lambda_{pm}] \cdot \sin(\Theta) \quad \text{.....(30)}}$$

Now, let's do the similar manipulation with the equation (23).

The term in the equation (23) “ $\frac{d}{dt} \{ [-L_1 \cdot i_\beta \cdot \cos(2\Theta)] + (L_1 \cdot i_\beta) \}$ ” can be re-arranging with the help of (21) as follows:

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} \left\{ \left[-L_1 \cdot i_\beta \cdot \cos(2\Theta) \right] + (L_1 \cdot i_\beta) \right\} &= \frac{d}{dt} \left\{ (L_1 \cdot i_\beta) \cdot [1 - \cos(2\Theta)] \right\} = \\ \frac{d}{dt} \left\{ (L_1 \cdot i_\beta) \cdot [\sin^2(\Theta) + \cos^2(\Theta) - \cos^2(\Theta) + \sin^2(\Theta)] \right\} &= \frac{d}{dt} \left\{ (L_1 \cdot i_\beta) \cdot 2 \cdot \sin^2(\Theta) \right\} \end{aligned} \quad \text{.....(31)}$$

The term in the equation (23) " $\frac{d}{dt} \{ [L_1 \cdot \sin(2\Theta)] \cdot i_\alpha \}$ " can be re-arranging with the help of (21) as follows:

$$\frac{d}{dt} \{ [L_1 \cdot \sin(2\Theta)] \cdot i_\alpha \} = \frac{d}{dt} [L_1 \cdot i_\alpha \cdot 2 \cdot \sin(\Theta) \cdot \cos(\Theta)] \quad \text{.....(32)}$$

Let's substitute (31 – 32) into (23), then:

$$e_\beta^1 = \frac{d}{dt} \Psi_\beta^1 = \frac{d}{dt} [L_1 \cdot i_\beta \cdot 2 \cdot \sin^2(\Theta)] + \frac{d}{dt} [L_1 \cdot i_\alpha \cdot 2 \cdot \sin(\Theta) \cdot \cos(\Theta)] + \omega \cdot \lambda_{pm} \cdot \cos(\Theta) \quad \text{.....(33)}$$

or:

$$e_\beta^1 = \frac{d}{dt} \Psi_\beta^1 = \frac{d}{dt} \{ L_1 \cdot 2 \cdot \sin(\Theta) \cdot [i_\alpha \cdot \cos(\Theta) + i_\beta \cdot \sin(\Theta)] \} + \omega \cdot \lambda_{pm} \cdot \cos(\Theta) \quad \text{.....(34)}$$

Let's substitute (28) into (34), and take into account that $\Theta = \omega \cdot t$, then:

$$e_\beta^1 = \frac{d}{dt} \Psi_\beta^1 = \frac{d}{dt} \{ L_1 \cdot 2 \cdot \sin(\Theta) \cdot I_d \} + \omega \cdot \lambda_{pm} \cdot \cos(\Theta) = 2 \cdot L_1 \cdot \omega \cdot I_d \cdot \cos(\Theta) + \omega \cdot \lambda_{pm} \cdot \cos(\Theta) \quad \text{.....(35)}$$

Finally equivalent EMF of a beta axis is equal to:

$$\underline{e_\beta^1 = \frac{d}{dt} \Psi_\beta^1 = [2 \cdot L_1 \cdot \omega \cdot I_d + \omega \cdot \lambda_{pm}] \cdot \cos(\Theta)} \quad \text{.....(36)}$$

Let's find equivalent flux linkage by integrated (30) and (36).

$$\underline{\Psi_\alpha^1 = \int \{ -\omega \cdot [2 \cdot L_1 \cdot I_d + \lambda_{pm}] \cdot \sin(\Theta) \} dt = [2 \cdot L_1 \cdot I_d + \lambda_{pm}] \cdot \cos(\Theta)} \quad \text{.....(37)}$$

$$\underline{\Psi_\beta^1 = \int \{ \omega \cdot [2 \cdot L_1 \cdot I_d + \lambda_{pm}] \cdot \cos(\Theta) \} dt = [2 \cdot L_1 \cdot I_d + \lambda_{pm}] \cdot \sin(\Theta)} \quad \text{.....(38)}$$

Let's find ratio:

$$\frac{\Psi_\beta^1}{\Psi_\alpha^1} = \frac{[2 \cdot L_1 \cdot I_d + \lambda_{pm}] \cdot \sin(\Theta)}{[2 \cdot L_1 \cdot I_d + \lambda_{pm}] \cdot \cos(\Theta)} = \tan(\Theta) \quad \text{.....(39)}$$

Equations (17) and (18) can be rewritten as follows;

$$V_{\alpha} = i_{\alpha} \cdot R + \frac{d}{dt}(L_q \cdot i_{\alpha}) + \frac{d}{dt}(\Psi_{\alpha}^1) \dots \dots \dots (40)$$

$$V_{\beta} = i_{\beta} \cdot R + \frac{d}{dt}(L_q \cdot i_{\beta}) + \frac{d}{dt}(\Psi_{\beta}^1) \dots \dots \dots (41)$$

or:

$$\Psi_{\alpha}^1 = \int (V_{\alpha} - i_{\alpha} \cdot R) dt - L_q \cdot i_{\alpha} \dots \dots \dots (42)$$

$$\Psi_{\beta}^1 = \int (V_{\beta} - i_{\beta} \cdot R) dt - L_q \cdot i_{\beta} \dots \dots \dots (43)$$

Finally, if we will take into account (39), angle Θ can be found as follows:

$$\arctan(\Theta) = \arctan \left[\frac{\int (V_{\beta} - i_{\beta} \cdot R) dt - L_q \cdot i_{\beta}}{\int (V_{\alpha} - i_{\alpha} \cdot R) dt - L_q \cdot i_{\alpha}} \right] \dots \dots \dots (44)$$

Rotor position observer block diagram is shown on fig. 2.

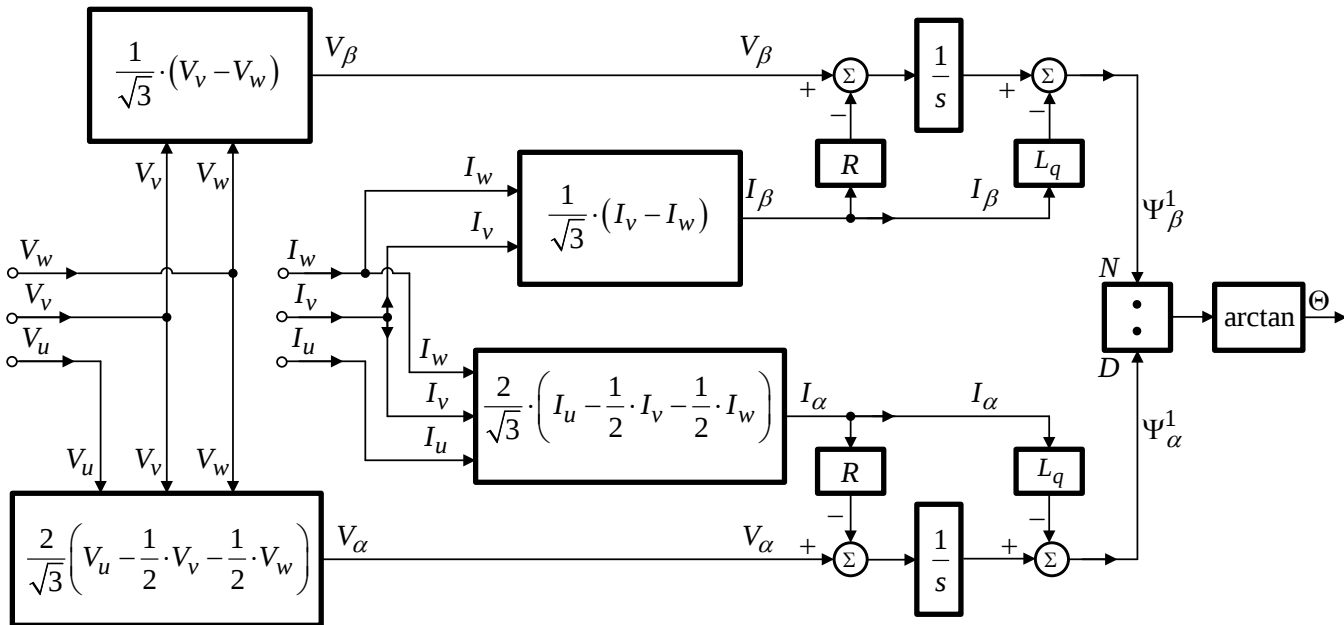


Fig. 2 Observer of rotor position block diagram with phase-to neutral voltage measurement

If voltage is made base on phase-to-phase measurement then rotor position observer block diagram will be according to fig.3.

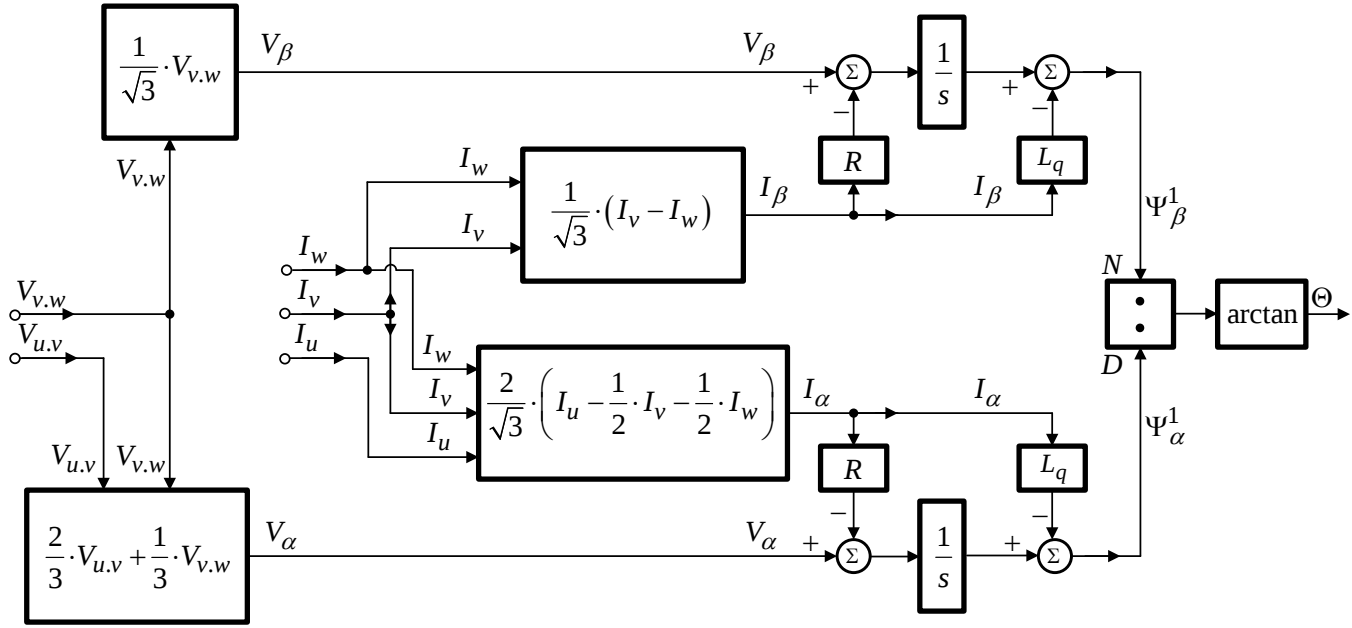


Fig. 3 Observer of rotor position block diagram with phase-to-phase voltage measurement

Conclusion.

Rotor position can be determined using equation (44). It is necessary to know voltage on the motor terminal, motor current, stator resistor and q-axis inductance.

Q-axis inductance can change its value due to saturation. Therefore it is very important to know q-inductance as a function of motor current.

Remarks.

There is a two possibility how we will estimate rotor position with a presence of transformer and cable. The most easy way is neglected cable capacitor and lamp together all resistors and all inductances (transformer, cable and motor). It will be some error due to capacitor current but according to a frequency range (30 – 90 Hz) this error should be relatively small and probably

1. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов. Это важно для разработчиков, которые должны представлять состояние и перспективы проводимых научных исследований.

Необходимо понимать, что коммерческая привлекательность научного исследования определяется не только превышением технических параметров над предыдущими разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сумеет найти ответы на такие вопросы – будет ли продукт востребован рынком, какова будет его цена, каков бюджет научного проекта, какой срок потребуется для выхода на рынок и т.д.

Таким образом, целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является проектирование и создание конкурентоспособных разработок, технологий, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Достижение цели обеспечивается решением задач:

- оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований;
- определение возможных альтернатив проведения научных исследований, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
- планирование научно-исследовательских работ;
- определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

С учетом решения данных задач была сформирована структура и содержание раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение».

1.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

1.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования

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

В данном случае сегментирования целесообразно провести по критерию эффективности.

А также следует выделить сегменты рынка:

- по разработке, проектированию и производству;
- по установке и пуско-наладке;
- по дальнейшему обслуживанию и ремонту.

Исходя из сегмента рынка, будет произведено сегментирование коммерческих организаций по отраслям. Сегментирование приведено в табл.1.

Таблица 1. Карта сегментирования рынка разработок для ЭП

	Электропривода постоянного тока с датчиками скорости	Асинхронные электропривода с датчиками скорости	Бездатчиковые синхронные электропривода
Проектирование и производство			
Установка и пуско-наладка			
Обслуживание и ремонт			
Фирма А		Фирма Б	

Результаты сегментирования:

- Основными сегментами рынка являются все виды деятельности для электроприводов постоянного тока и асинхронных электроприводов с датчиками скорости
- Наиболее сильно предприятие должно быть ориентировано на сегменты рынка связанные с проектированием и производством, установкой и пуско-наладкой бездатчиковых синхронных электроприводов;
- Наиболее привлекательными сегментами рынка являются отрасли, связанные с проектированием и производством, установкой и пуско-наладкой бездатчиковых синхронных электроприводов.

1.2.Технология QuaD

Технология QuaD (QQuality ADvisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект.

В основе технологии QuaD лежит нахождение средневзвешенной величины следующих групп показателей:

1) Показатели оценки коммерческого потенциала разработки:

- влияние нового продукта на результаты деятельности компании;
- перспективность рынка;
- пригодность для продажи;
- перспективы конструирования и производства;
- финансовая эффективность.
- правовая защищенность и др.

2) Показатели оценки качества разработки:

- динамический диапазон;
- вес;
- ремонтпригодность;
- энергоэффективность;
- долговечность;
- эргономичность;
- унифицированность;
- уровень материалоемкости разработки и др.

Показатели оценки качества и перспективности новой разработки подбираются исходя из выбранного объекта исследования с учетом его технических и экономических особенностей разработки, создания и коммерциализации.

Для упрощения процедуры проведения QuaD оценка проводится в табличной форме (табл. 2).

В соответствии с технологией QuaD каждый показатель оценивается экспертным путем по столбальной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 100 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Таблица 2. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (5x2)x100
1	2	3	4	5	
Показатели оценки качества разработки					
1. Повышение производительности труда пользователя	0,07	95	100	0,95	6,65
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,12	87	100	0,87	10,44
3. Помехоустойчивость	0,03	90	100	0,9	2,7
4. Энергоэкономичность	0,11	90	100	0,9	9,9
5. Надежность	0,06	97	100	0,97	5,82
6. Уровень шума	0,03	80	100	0,8	2,4
7. Безопасность	0,01	80	100	0,8	2,4
8. Потребность в ресурсах памяти	0,02	75	100	0,75	1,5
9. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,04	85	100	0,85	3,4
10. Простота эксплуатации	0,04	98	100	0,98	3,92
11. Качество интеллектуального интерфейса	0,05	96	100	0,96	4,8

12. Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,06	100	100	1	6
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
1. Конкурентоспособность продукта	0,04	90	100	0,9	3,6
2. Уровень проникновения на рынок	0,04	70	100	0,7	2,8
3. Цена	0,1	65	100	0,65	6,5
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,07	95	100	0,95	6,65
5. Послепродажное обслуживание	0,03	90	100	0,9	2,7
6. Финансирование научной разработки	0,05	78	100	0,78	3,9
7. Срок выхода на рынок	0,03	71	100	0,71	2,13
8. Наличие сертификации разработки	0,04	80	100	0,8	3,2
Итого	1				91,41

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$П_{ср} = \sum B_i \cdot B_i = 0,07 \cdot 95 + 0,12 \cdot 87 + \dots + 0,04 \cdot 80 = 91,41,$$

где $П_{ср}$ – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки; B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – средневзвешенное значение i -го показателя.

Значение $П_{ср}$ получилось равным 91,41. По такой же методике рассчитано для асинхронного двигателя, которое получилось равным 85,67, что говорит о том, что данная разработка является перспективной.

1.3.SWOT-анализ проекта

SWOT-анализ является инструментом стратегического менеджмента. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

SWOT-анализ позволит оценить сильные и слабые стороны проекта, а также его возможности и угрозы.

Для проведения SWOT-анализа составляется матрица SWOT, в которую записываются слабые и сильные стороны проекта, а также возможности и угрозы.

При составлении матрицы SWOT удобно использовать следующие обозначения:

С – сильные стороны проекта;

Сл – слабые стороны проекта;

В – возможности;

У – угрозы;

Матрица SWOT приведена в таблице 1.

Таблица 1

	Сильные стороны проекта:	Слабые стороны проекта:
	С1. Высокая энергоэффективность и энергосбережение технологи.	Сл1. Трудность монтажа системы
	С2. Экологичность технологии.	Сл2. Дороговизна оборудования
	С3. Квалифицированный персонал.	Сл3.Сложность эксплуатации электрооборудования
	С4. Повышение безопасности производства	
	С5. Уменьшение затрат на ремонт оборудования	

Возможности: В1. Увеличение производительности электрооборудования В2. Появление дополнительной автоматизированной системы управления В3. Снижение таможенных пошлин на сырье и материалы, используемые на производстве В4. Появление более простых универсальных электрических систем внутризаводской сети	В1С1С2С3С4; В2С1С5; В3С5; В4С1С4С5;	В2Сл1Сл2; В3Сл2; В4Сл1Сл2Сл3;
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на технологии производства У2. Ограничения на экспорт технологии У3. Введения дополнительных государственных требований к стандартизации и сертификации продукции	У1С3; У3С5;	У1Сл1Сл2; У3Сл2;

На основании матрицы SWOT строятся интерактивные матрицы возможностей и угроз, позволяющие оценить эффективность проекта, а также надежность его реализации.

При построении интерактивных матриц используются следующие обозначения:

С – сильные стороны проекта;

Сл – слабые стороны проекта;

В – возможности;

У – угрозы;

«+» – сильное соответствие;

«-» – слабое соответствие;

Анализ интерактивных матриц, приведенных в таблицах 2 и 3, показывает, что сильных сторон у проекта значительно больше, чем слабых. Кроме того, угрозы имеют низкие вероятности, что говорит о высокой надежности проекта.

Таблица 2

Возможности	Сильные стороны проекта					
		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	+	+	+	+	-
	B2	+	-	-	+	-
	B3	-	+	-	-	+
	B4	+	+	-	+	+
	Слабые стороны проекта					
		Сл1	Сл2	Сл3		
	B1	-	-	-		
	B2	+	+	+		
	B3	-	+	-		
	B4	-	-	-		

Таблица 3

Угрозы	Сильные стороны проекта					
		C1	C2	C3	C4	C5
	Y1	-	-	+	-	-
	Y2	+	-	-	+	-
	Y3	-	-	-	+	+
	Y4	+	-	+	-	+
	Слабые стороны проекта					
		Сл1	Сл2	Сл3		
	Y1	+	+	-		
	Y2	-	-	+		
	Y3	-	+	+		
	Y4	-	-	+		

1.4. Планирование научно-исследовательских работ

1.4.1. Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

В данном разделе составлен перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования и произведено распределение исполнителей по видам работ. Порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 4.

Таблица 4

Основные этапы	№ раб.	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель
Выбор направления технического проектирования завода	2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
Расчеты и проектирование системы регулируемого электропривода	3	Проектирование системы регулируемого электропривода	Инженер, научный руководитель
	4	Выбор оборудования	Инженер, научный руководитель

	5	Проведение графических построений и обоснований	Инженер, научный руководитель
Обобщение и оценка результатов	6	Оценка эффективности полученных результатов	Инженер совместно с научным руководителем
Оформление отчета по техническому проектированию	7	Составление пояснительной записки	Инженер
	8	Проверка выпускной квалификационной работы руководителем	Научный руководитель

1.4.2. Определение трудоемкости выполнения технического проекта

Трудовые затраты в большинстве случаях образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5}$$

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

t_{mini} – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

t_{maxi} – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

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

$$T_{pi} = \frac{t_{oji}}{Ч_i}$$

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

t_{oji} – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

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

1.4.3. Разработка графика проведения научного исследования

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}},$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 52 - 14} = \frac{365}{299} = 1,22$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе T_{ki} необходимо округлить до целого числа.

Все рассчитанные значения сведены в таблицу 5.

Таблица 5

Название работы	Трудоёмкость работ						Исполните ли		Длительн ость работ в рабочих днях T_{pi}		Длительн ость работ в календар ных днях T_{ki}	
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел- дни		$t_{ожи}$, чел-дни							
	Науч. рук-ль	Инженер	Науч. рук-ль	Инженер	Науч. рук-ль	Инженер	Науч. рук-ль	Инженер	Науч. рук-ль	Инженер	Науч. рук-ль	Инженер
Составление и утверждение технического задания	1	-	2	-	1,4	-	1	-	1,4	-	1,7	
Подбор и изучение материалов по теме	-	3	-	6		4,2	1	1	-	4,2		5,12
Проектирование системы регулируемого электропривода	2	15	4	25	2,8	19	1	1	2,8	19	3,41	23,1 8
Выбор оборудования	2	15	4	25	2,8	19	1	1	2,8	19	3,41	23,1 8
Проведение графических построений и обоснований	1	10	2	14	1,4	10,8	1	1	1,4	10,8	1,7	13,1 7
Оценка эффективности полученных результатов	2	5	4	7	2,8	5,8	1	1	2,8	5,8	3,4	7,07
Составление пояснительной записки	-	6		10		7,6		1		7,6		9,27

Проверка выпускной квалификацион ной работы руководителем	3		5		3,8		1		3,8		4,6	
Итого											99,21	

Итого длительность работ – 100 календарных дней

На основе таблицы 5 строится календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования. При этом работы на графике следует выделить различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу.

Календарный план-график проведения НИОКР приведен в таблице 6.

Таблица 6

№ ра бо т	Вид работ	Исполнители	Т _{кј} , кал.д н	Продолжительность выполнения работ													
				Фев.		Март			Апр.			Май			Июн ь		
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
1	Составление ТЗ	Руководитель	2														
2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер	5														
3	Проектирование системы регулируемого электропривода	Инженер, Руководитель	23														
4	Выбор оборудования	Инженер, Руководитель	23														
5	Проведение графических построений и обоснований	Инженер, Руководитель	14														

1.5. Расчет бюджета для научно-технического исследования

1.5.1. Расчет материальных затрат НТИ

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта:

- приобретаемые со стороны сырье и материалы, необходимые для создания научно-технической продукции;
- покупные материалы, используемые в процессе создания научно-технической продукции для обеспечения нормального технологического процесса и для упаковки продукции или расходуемых на другие производственные и хозяйственные нужды (проведение испытаний, контроль, содержание, ремонт и эксплуатация оборудования, зданий, сооружений, других основных средств и прочее), а также запасные части для ремонта оборудования, износа инструментов, приспособлений, инвентаря, приборов, лабораторного оборудования и других средств труда, не относимых к основным средствам, износ спецодежды и других малоценных и быстроизнашивающихся предметов;
- покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, подвергающиеся в дальнейшем монтажу или дополнительной обработке;
- сырье и материалы, покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, используемые в качестве объектов исследований (испытаний) и для эксплуатации, технического обслуживания и ремонта изделий – объектов испытаний (исследований);

В материальные затраты, помимо вышеуказанных, включаются дополнительно затраты на канцелярские принадлежности, диски, картриджи и т.п. Однако их учет ведется в данной статье только в том случае, если в научной организации их не включают в расходы на использование оборудования или накладные расходы. В первом случае на них определяются соответствующие нормы расхода от установленной базы. Во втором случае их величина учитывается как некая доля в коэффициенте накладных расходов.

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi},$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расхi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Значения цен на материальные ресурсы могут быть установлены по данным, размещенным на соответствующих сайтах в Интернете предприятиями-изготовителями (либо организациями-поставщиками).

Величина коэффициента (k_T), отражающего соотношение затрат по доставке материальных ресурсов и цен на их приобретение, зависит от условий договоров поставки, видов материальных ресурсов, территориальной удаленности поставщиков и т.д. Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов. Материальные затраты, необходимые для данной разработки, приведены в таблице 12.

Таблица 8

Наименование	Ед. измерения	Количество		Цена за ед.,руб		Затраты на материалы, (Зм),руб.	
		Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер
Компьютер	Шт.	1	1	21000	18000	21000	18000
Принтер	Шт.	1	1	6000	4000	6000	4000
МехBIOS	Шт.	1	1	2500	2500	2500	2500
Бумага "Komus"	Шт.	1	1	250	250	250	250
Спец. ПО	Шт.	4	3	2000	500	8000	1500
Канцелярские принадлежности	-	-	-	-	-	1100	950
Итого	66050					38850	27200

1.5.2. Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада.

Полная заработная плата сотрудника ТПУ:

$$З_{полн} = З_{осн} + З_{доп},$$

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

$З_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12-15 % от $З_{осн}$).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн},$$

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

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Среднедневная заработная плата для сотрудника ТПУ рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_{тс} + З_{допл} + З_{р.к.}}{F_{д}}$$

где

$F_{д}$ – количество рабочих дней в месяце (26 при 6-дневной рабочей неделе), раб. дн.

$З_{тс}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$З_{допл}$ – доплаты и надбавки, руб.;

$З_{р.к.}$ – районная доплата, руб.;

Основная заработная плата $З_{осн}$ руководителя от предприятия рассчитывается по формуле:

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_p,$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата работника, руб.;

$З_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.;

T_p – продолжительность работ, выполняемых техническим работником, раб.дн;

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 9.

Таблица 9

Исполнители	$Z_{тс}$, руб.	$Z_{допл}$, руб	$Z_{р.к.}$, руб	Z_m , руб	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб. дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель	15584	2200	5036	21820	839,25	15	13479,25
Инженер	7522	4000	3607	15629	601	65	36359,0
Итого $Z_{осн}$, руб.							49838,25

Дополнительная заработная плата составляет 12 – 15% от основной, расчет дополнительной и полной заработной платы приведен в таблице 10.

Таблица 10

Исполнители	$k_{доп}$	$Z_{осн}$, руб.	$Z_{доп}$, руб.	$Z_{полн}$, руб.
Руководитель	0,15	13479,25	1888,26	14476,71
Инженер	0,12	36359,0	4688,73	43761,53
Итого $Z_{осн}$, руб.		49838,25	6576,99	58238,24

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

1.5.3. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}),$$

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 закона 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%.

Отчисления во внебюджетные фонды:

$$З_{\text{внеб}} = 0,271 \cdot (49838,25 + 6576,99) = 15288,53 \text{ руб.}$$

1.5.4. Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не включенные в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$З_{\text{накл}} = (\text{сумма статей}) \cdot k_{\text{нр}},$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

1.5.5. Формирование сметы технического проекта

Рассчитанная величина затрат технического проекта является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно технический проект приведен в таблице 11.

Таблица 11

Наименование статьи	Сумма, тыс. руб.	Доля, %
1. Материальные затраты	66050	46,1
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	49858,25	27,9
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	6576,99	3,56
4. Отчисления во внебюджетные фонды	15782,56	8,65
5. Накладные расходы	25455,32	13,79
6. Бюджет затрат на технический проект	163723,12	100

Исходя из представленной выше таблицы, можно сделать вывод, что общие затраты на реализацию технического проекта составят примерно 163

тысячи рублей, из которых большую часть составят затраты по основной з/п, и материальные затраты исполнителей. При необходимости снизить общие затраты на реализацию проекта, рекомендуется использовать в качестве выборки оборудования какое-либо другое исполнение.

1.5.6. Определение конкурентоспособности проекта

Определение конкурентоспособности проекта можно оценить с помощью интегрального критерия ресурсоэффективности:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент разработки;

b_i – бальная оценка разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

Расчет показателя конкурентоспособности приведен в таблице 12.

Таблица 12

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Бальная оценка разработки
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,15	4
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,1	4
3. Надежность	0,15	5
4. Безопасность	0,2	5
5. Простота эксплуатации	0,1	4
6. Конкурентоспособность продукта	0,1	4
7. Уровень проникновения на рынок	0,2	4
ИТОГО	1,0	30

$$I_{p-ucn1} = 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,2 = 4,6$$

Показатель конкурентоспособности проекта имеет достаточно высокое значение (по 5-бальной шкале), что говорит об эффективности использования технического проекта. Высокие баллы надежности и помехоустойчивости позволяют судить о надежности системы.

Производственная безопасность

Описание технологического процесса и рабочего места

Технологический процесс разработки и проверки системы управления синхронными двигателями с возбуждением от постоянных магнитов заключается в следующем:

- Ознакомление и анализ литературы (статьи, диссертации, учебные пособия и монографии) по данной тематике. На основании этого пункта создается и строится математическая модель синхронного двигателя с возбуждением от постоянных магнитов (СДПМ) в наиболее применимой форме для дальнейших исследований.
- Создание метода разработки системы управления для СДПМ.
- Компьютерное моделирование системы управления.
- Анализ полученных результатов моделирования.
- Проверка разрабатываемой системы управления на реальном двигателе.
- Анализ полученных результатов проверки.

В описанном технологическом процессе основным оборудованием является:

- исследуемый синхронный двигатель с возбуждением от постоянных магнитов;
- шкаф диагностики и управления;
- преобразователь частоты;
- пользовательский компьютер;
- монитор.

Оборудование находится в помещении площадью 52 м², имеющим один выход и 4 окна.

Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению

Проведем анализ опасных производственных факторов в вышеописанном технологическом процессе разработки и проверки системы управления СДПМ.

В связи с тем, что основные работы при проверке метода проводятся с рабочими электрическими установками, таким как двигатель и преобразователь частоты, то основным опасным фактором является

возможность поражения человека электрическим током. Для снижения уровня опасности проводится заземление электроустановок и полное или частичное ограждение токоведущих частей. Данные операции должны производиться на основании [1-5].

Следующая опасность заключается в том, что работа проводится с рабочим синхронным двигателем в режиме холостого хода и при нагрузке, соответственно вал двигателя находится в движении, что может привести к механическим повреждениям частей тела человека. Для снижения риска получения травмы устанавливают кожухи или защитные экраны в местах открытых движущихся механических частей.

Опасность может представлять повышенный уровень вибрации, который возникает во время работы исследуемого двигателя при нагрузках выше номинальной. Для избегания влияния вибраций на человека необходимо осуществить жесткую фиксацию рабочих механизмов на своих местах с использованием виброгасящих материалов [6].

Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению

Часть технологического процесса разработки и проверки системы управления СДПМ основана на работе с двигателями, которые в свою очередь являются источниками повышенного уровня шума, что является вредным фактором производственной среды [7]. Для уменьшения влияния данного фактора применяются технологические и конструктивные меры, такие как: замена подшипников качения на подшипники-скольжения, проверка и своевременная замена смазочных материалов у подшипников. Однако такие меры слишком затратные и трудоемкие. Другими решениями проблемы являются: использование звукопоглощающих материалов ограждения и отдельных частей установки, в нашем случае защитного кожуха. Также возможно закрытие звукоизолирующими кожухами всей установки. Последнее мероприятие является эффективным, но может плохо сказаться на всем технологическом процессе, так как необходим постоянный и легкий способ контакта с установкой.

Еще одними вредоносными факторами, оказывающими влияние на окружающую среду при работе системы, являются излучения, связанные с функционированием аппаратных модулей работающего компьютера и преобразователя. В основном это электромагнитное излучение и статическое электричество.

Для защиты от вредного воздействия излучений возможно применение различных защитных экранов. Так же используются мониторы, которые соответствуют спецификации MPR II, которая разработана Шведским Национальным Советом по измерению и тестированию. В нашем случае

уровень электромагнитного излучения для нижней полосы (5 Гц – 2 кГц) не превышает 25 В/м, так же и для верхней полосы (2 – 400 кГц) превышения 2,5 В/м нет. Соответственно напряженность магнитного поля не превышает 2,5 нТл [12].

Напряженность электростатического поля менее 20 кВ/м, так как источники имеют заземление [13, 14].

Так как оборудование установлено в помещении, то излучения гасятся конструктивными элементами (стенами, окнами) и не выходят за пределы здания, и, соответственно, не оказывают вредное экологическое воздействие на окружающую среду.

Следующий вредный фактор – недостаток естественного света [1], в связи с расположением рабочего места в подвальном помещении. Данный фактор более психологический, чем физиологический, соответственно решение – это набор сотрудников с высоким психоустойчивым порогом или с опытом работы в таких условиях.

Однако, недостаток освещенности рабочей зоны и лаборатории в целом плохо сказывается на здоровье работника [1,8]. Для улучшения ситуации, необходимо установить светильники на основании следующего расчета:

Данные, необходимые для расчета искусственного освещения:

- | | |
|---------------------------------|-----------------------------------|
| • длина помещения | $A_{\text{пом}} = 8 \text{ м};$ |
| • ширина | $B_{\text{пом}} = 6,5 \text{ м};$ |
| • высота | $H_{\text{пом}} = 3 \text{ м};$ |
| • коэффициент отражения стен | $R_c = 30\%;$ |
| • высота рабочей поверхности | $h_p = 0,5 \text{ м};$ |
| • коэффициент отражения потолка | $R_n = 50\%;$ |
| • коэффициент запаса | $k = 1,5;$ |
| • коэффициент неравномерности | $Z = 1,1.$ |

Требуется создать освещенность $E = 300$ люкс.

Рассчитаем систему общего освещения (люминесцентного).

Выбираем светильники типа ОД с $\lambda = 1,4$.

Принимаем свес $h_c = 0,1$ метр, тогда расчётная высота светильника над рабочей поверхностью:

$$h = H_{\text{пом}} - h_c - h_p = 3 - 0,1 - 0,5 = 2,4 \text{ м.}$$

Расстояние между соседними светильниками:

$$L = \lambda \cdot h = 1,4 \cdot 2,4 = 3,36 \text{ м.}$$

Расстояние от несущих стен до светильников:

$$\frac{L}{3} = \frac{3,36}{3} = 1,12 \text{ м.}$$

Светильники размещаем в два ряда. В каждом из рядов будет установлено 4 светильника типа ОД. Мощность светильника 40 ватт, длина 1,230 метра. Разрывы между светильниками, которых будет 3 в ряду, составят 28 сантиметров. План размещения светильников представлен на рисунке 1. В каждом светильнике установлено по две лампы, соответственно общее число ламп в помещении $n = 16$.

Найдем индекс помещения:

$$i = \frac{S}{h \cdot (A + B)} = \frac{8 \cdot 6,5}{2,4 \cdot (8 + 6,5)} = 1,49.$$

Тогда, коэффициент использования светового поток равен $\eta = 0,5$.

Рассчитаем световой поток:

$$\Phi = \frac{E_H \cdot S \cdot k \cdot Z}{n \cdot \eta} = \frac{300 \cdot 52 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{16 \cdot 0,5} = 3217,5 \text{ лм.}$$

Определим потребный световой поток ламп в ряду. Для этого выбираем ближайшую стандартную лампу – ЛД 65 Вт со световым потоком 3750 люмен. Делаем проверку условия:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{л.станд}} - \Phi_{\text{л.расч}}}{\Phi_{\text{л.станд}}} \cdot 100\% = \frac{3750 - 3218}{3750} \cdot 100 \leq 20\%$$

Получаем:

$$-10\% \leq 14,19\% \leq +20\% - \text{условие выполнено.}$$

Определяем электрическую мощность осветительной установки:

$$P = 16 \cdot 40 = 640 \text{ Вт.}$$

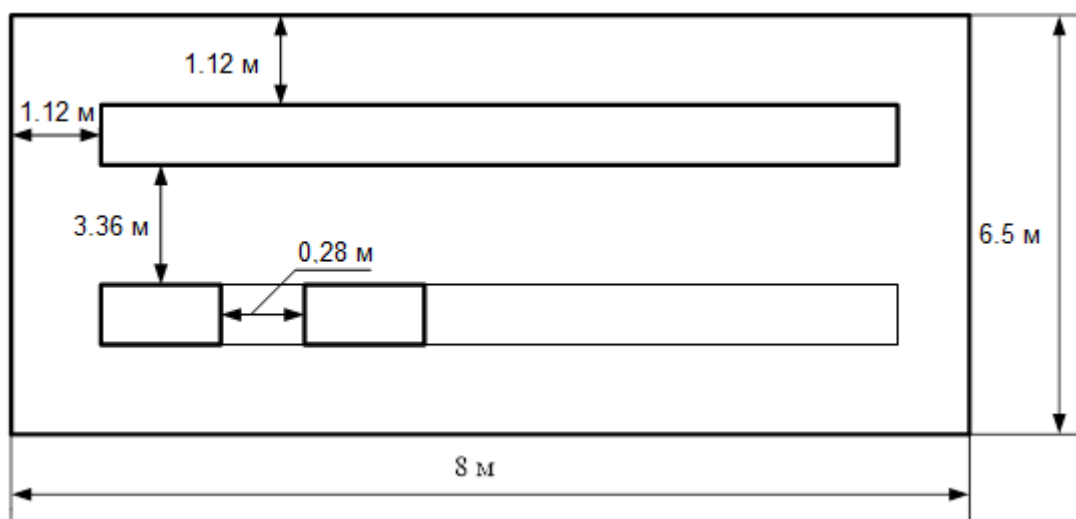


Рисунок 1 – План размещения светильников с люминесцентными лампами

Пониженная контрастность в взаимодействии с плохой освещенность является наиболее опасным для зрительных органов работника и может привести к травмам, при работе с движущимися частями установки [1]. Простым решением для снижения риска является покраска отдельных частей установки в различные отчетливо видные цвета.

Последствие наличия теплоотдающих элементов установки будет повышенная температура воздуха рабочей зоны [9], которая пагубно влияет на состояние человека. Выход – установка вентиляционной системы и системы кондиционирования.

Экологическая безопасность

При работе самых разных устройств имеет место загрязнение окружающей среды. Все эти приборы могут оказывать влияние на атмосферу и гидросферу, выделять тепло и разного рода излучения.

Рассмотрим факторы загрязнения при использовании установок, применяемых при работе данного проекта:

- тепловое загрязнение;
- твердые отходы.

Тепловое излучение

В персональных компьютерах нового поколения выбросы тепловой энергии значительно меньше, чем в самых первых ЭВМ, но все же имеют место. Основными источниками теплового загрязнения при работе персональных компьютеров являются:

- кристалл центрального процессора;

- кристаллы микросхем ОЗУ;
- кристаллы контроллеров материнской платы;
- кристалл графического процессора видеокарты;
- блок питания;
- винчестер.

Значительное тепловое излучение производит и преобразователь частоты.

Для уменьшения тепловых выделений установлены вентиляторы и радиаторы.

Утилизация твердых отходов

Разработанный проект предусматривает применение вычислительных устройств. Данные устройства предусматривают в среднем 7 лет работы, после чего они подвергаются списыванию и утилизации. Утилизация ЭВМ является обязательным условием, которое прописано в российском законодательстве. Под него попадают как организации, так и физические лица. Необходимость в профессиональной утилизации оргтехники возникает в связи с тем, что внутри микросхем содержатся драгоценные металлы.

Выброс компьютеров на свалки приводит к повреждению экологии и окружающей среды. Поэтому необходимо обратиться к лицензированным компаниям, представляющим услуги по утилизации отходов.

При утилизации ЭВМ происходит разделение частей на фракции: металлы, пластмассы, стекло, провода, штекеры. Применяются следующие методы переработки компьютеров:

- сортировка печатных плат по доминирующим материалам;
- дробление и измельчение;
- гранулирование; сепарация;
- обжиг полученной массы для удаления сгорающих компонент;
- расплавление полученной массы;
- рафинирование;
- прецизионное извлечение отдельных материалов;
- создание экологических схем переработки компьютерного лома;
- создание экологически чистых компьютеров.

В Томске можно обратиться в компанию РУСУТИЛИТ, занимающуюся утилизацией ЭВМ, которая работает на основании лицензии Федеральной

службы по надзору в сфере природопользования 066 № 00329 от 04 февраля 2016 г. на деятельность по сбору, транспортированию, обработке, утилизации, обезвреживанию размещению отходов I-IV классов опасности [15].

Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Наиболее вероятной чрезвычайной ситуацией при разработке и проверке системы управления является пожар на рабочем месте [10,11]. Потенциальное возникновение пожара связано с наличием промышленного компьютера, накоплением токоведущей пыли внутри, и, как следствие, возможно короткое замыкание и быстрое возгорание пыли, что и приведет к пожару. Также наличие нагреваемых в ходе работы элементов установки, в симбиозе с плохой теплоотдачей, может привести к воспламенению материалов вблизи с установкой.

В связи с возможной угрозой возникновения пожара был разработан план действий:

- в случае обнаружения возгорания необходимо сообщить руководителю и попытаться потушить очаг возгорания своими силами с помощью средств первичного пожаротушения, а именно: огнетушитель порошковый, углекислотный О-1П0 (з)-АВСЕ;
- в случае, если потушить очаг возгорания не удастся, привести в действие ручной пожарный извещатель;
- немедленно сообщить о чрезвычайной ситуации в пожарную охрану по телефону 01 (сотовый 010), назвать адрес объекта, место и причины возникновения пожара;
- принять меры по эвакуации людей, материальных ценностей;
- приступить к тушению пожара, отключив электроэнергию;
- встретить подразделения пожарной охраны и, при необходимости, оказать помощь при выборе наилучшего пути для подхода к очагу возгорания.

План эвакуации персонала представлен на рисунке 2.

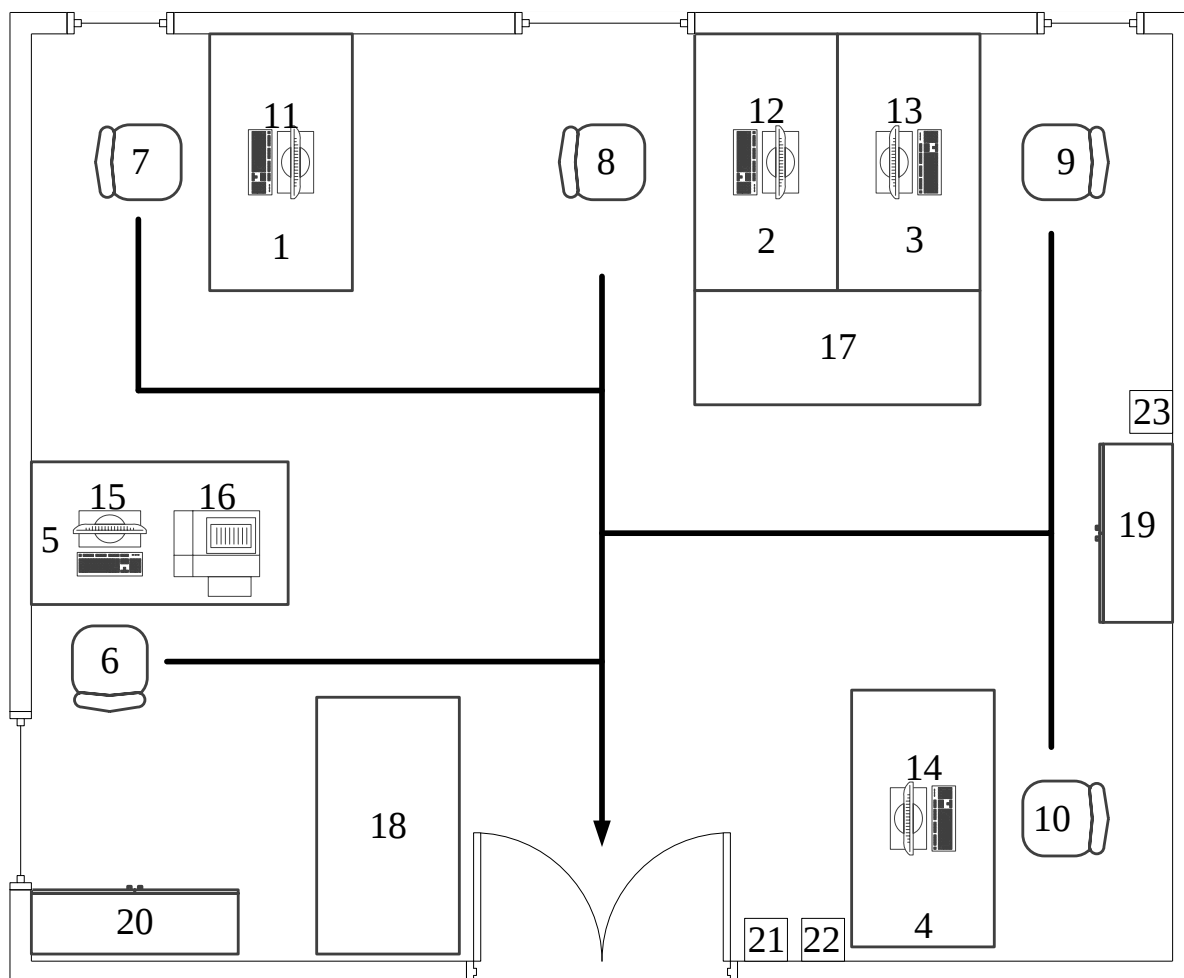


Рисунок 2 – План эвакуации сотрудников из лаборатории №230 в случае возникновения чрезвычайной ситуации

1– рабочее место разработчика СУ; 2, 3, 4, 5 – рабочие места программистов; 6– стол разработчика СУ; 7, 8, 9, 10 – столы программистов; 11,12,13,14,15 – ПК; 16 – МФУ; 17, 18– экспериментальное оборудование; 19, 20 - шкафы инструментов; 21 – общее питание лаборатории; 22– пожарный извещатель; 23 - огнетушитель.

Возникновение других видов ЧС маловероятно, соответственно рассмотрению не подлежат.

Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

В соответствии с Трудовым кодексом РФ, в целях обеспечения требований охраны труда осуществляется контроль за их выполнением, в каждой организации численностью более 100 сотрудников создается служба охраны труда. Либо заключается договор со специалистами. Служба охраны труда подчиняется руководителю предприятия. На должность специалиста по охране труда назначаются имеющие квалификацию инженера по охране труда или прошедшие специальное обучение.

В нашем случае на предприятии 20 человек, поэтому, в соответствии с Трудовым кодексом, на производстве с численностью более десяти человек должны создаваться комитеты по охране труда, в состав которых входят представители работодателя и профсоюзов. Задачами комитета являются: организация по обеспечению выполнения работниками требований по охране труда, контроль за соблюдением охраны труда, информация о состоянии охраны труда. Комитет по охране труда ведет учет и анализ производственного травматизма и профессиональных заболеваний, измерение величин опасных и вредных факторов, оценку травмобезопасности, аттестацию рабочих мест, приемку в эксплуатацию производственных объектов, согласование документации в области охраны труда, участие в расследовании несчастных случаев, обучение по охране труда в соответствии со следующими документами:

- Трудовой кодекс РФ;
- ГОСТ 12.0.003–74 ССБТ;
- ГОСТ 12.1.019-79 ССБТ;
- ГОСТ 12.0.004-90 ССБТ;
- ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ;
- ГОСТ 12.1.045-84 ССБТ;
- СНиП П-12-77;
- СанПиН 1757-77;
- СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03;
- СНиП 2.04. 05-91.

Список используемой литературы:

1. ГОСТ 12.0.003–74. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
2. ГОСТ 12.1.019–79 (с изм. №1) ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
3. ГОСТ 12.0.004–90 ССБТ. Обучение работающих безопасности труда.
4. ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Защитное заземление, зануление.
5. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.
6. ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования.
7. СНиП П-12-77. Защита от шума.
8. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.
9. СНиП 2.04. 05-91. Отопление, вентиляция и кондиционирование.

10. ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.
11. ППБ 01-03. Правила пожарной безопасности в Российской Федерации. – М.: Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, 2003.
12. Регулирующий стандарт по электромагнитным полям MPR II.
13. ГОСТ 12.1.045-84. Электростатические поля.
14. СанПиН 1757-77. Допустимая напряженность электростатического поля.
15. Федеральная служба по утилизации компьютеров и оргтехники [Электронный ресурс]. URL: <http://rusutilit.ru>. (Дата обращения: 11.05.2016г).