



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ
Директор ИЭиАС
В.Р. Храмшин

04.02.2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

***СОВРЕМЕННЫЕ МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ УСТРОЙСТВА В
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ И ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ***

Научная специальность

2.4.2. Электротехнические комплексы и системы

Уровень высшего образования - подготовка кадров высшей квалификации

Форма обучения
очная

Институт/ факультет	Институт энергетики и автоматизированных систем
Кафедра	Электроники и микроэлектроники
Курс	2
Семестр	3

Магнитогорск
2025 год

Рабочая программа составлена на основе ФГТ (приказ Минобрнауки России от 20.10.2021 г. № 951)

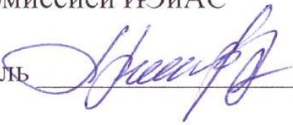
Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Электроники и микроэлектроники

30.01.2025 г., протокол № 4

Зав. кафедрой  Д.Ю. Усатый

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭиАС

04.02.2025 г., протокол № 3

Председатель  В.Р. Храмшин

Согласовано:

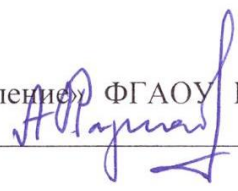
Зав. кафедрой Электроснабжения промышленных предприятий

 А.В. Варганова

Рабочая программа составлена:

профессор кафедры ЭиМЭ, д-р техн. наук  М.Ю. Петушков

Рецензент:

Заведующий кафедрой «Автоматика и управление» ФГАОУ ВО «Московский политехнический университет», д-р техн. наук  А.А. Радионов

Лист актуализации рабочей программы

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2026 - 2027 учебном году на заседании кафедры Электроники и микроэлектроники

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ Д.Ю. Усатый

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2027 - 2028 учебном году на заседании кафедры Электроники и микроэлектроники

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ Д.Ю. Усатый

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2028 - 2029 учебном году на заседании кафедры Электроники и микроэлектроники

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ Д.Ю. Усатый

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2029 - 2030 учебном году на заседании кафедры Электроники и микроэлектроники

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ Д.Ю. Усатый

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Целями освоения дисциплины (модуля) «Современные микропроцессорные устройства в электроэнергетике и электротехнике» являются: формирование у студентов знаний по принципам построения, техническому и программному обеспечению программируемых логических контроллеров, по методологии их применения в различных устройствах обработки, контрольно-измерительной аппаратуре, аппаратах защиты. В процессе изучения дисциплины студент должен усвоить особенности архитектуры и программного обеспечения контроллеров и микроконтроллеров, изучить типовые контроллеры

2 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Современные микропроцессорные устройства в электроэнергетике и электротехнике» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

КНС-3	Способен широко использовать методы математического и IT-моделирования при разработке и эксплуатации электротехнических и электроэнергетических комплексов и систем в нормальных и аварийных режимах работы
КНС-4	Способен разрабатывать новые методы исследования и применять их в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области электроэнергетики и электротехники применительно к объектам электроснабжения и электропривода

3. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единиц 72 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 42 акад. часов;
- аудиторная – 42 акад. часов;
- внеаудиторная – 0 акад. часов;
- самостоятельная работа – 30 акад. часов;

Форма аттестации - зачет

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)		Самостоятельная работа студента	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации
		Лек.	практ. зан.		
1. Элементы микропроцессорных систем					
1.1 Таймеры	3	2	2		проверка заданий по итогам самостоятельной работы
1.2 Интерфейс системы		2	2		проверка заданий по итогам самостоятельной работы
1.3 Блок сопряжения с внешней памятью		2	2	4	проверка заданий по итогам самостоятельной работы
1.4 Системная шина и координаторы		4	4	6	
Итого по разделу		10	10	10	
2. Диагностика и отладка					
2.1 Оценочная плата TE5xx	3	2	2	2	проверка заданий по итогам самостоятельной работы
2.2 Система отладки		4	4	6	проверка заданий по итогам самостоятельной работы
2.3 Система тактирования		2	2	6	проверка заданий по итогам самостоятельной работы
2.4 Технология системного проектирования с использованием систем на кристалле		3	3	6	проверка заданий по итогам самостоятельной работы
Итого по разделу		11	11	20	
Итого за семестр		21	21	30	зачёт
Итого по дисциплине		21	21	30	зачет

4 Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестации

Представлены в приложении 1.

5 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля) а) Основная литература:

1. Миронов, Б. М. Микроконтроллеры серии 8051 : практикум : учебное пособие / Б. М. Миронов. — Иркутск : ИрГУПС, 2018. — 77 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/117563> (дата обращения: 30.04.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

б) Дополнительная литература:

1. Одинец, А. И. Цифровые устройства и микроконтроллеры: практикум : учебное пособие / А. И. Одинец, Д. М. Четтер. — Омск : ОмГТУ, 2023. — 86 с. — ISBN 978-5-8149-3734-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/421589> (дата обращения: 30.04.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Пузырёв, И. П. Микроконтроллеры : учебное пособие / И. П. Пузырёв, А. И. Одинец, К. В. Семенов. — Омск : ОмГТУ, 2022. — 116 с. — ISBN 978-5-8149-3533-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/343826> (дата обращения: 30.04.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

в) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
NI MultiSim Education	К-68-08 от 29.05.2008	бессрочно
NI Developer Suite	К-118-08 от 20.10.2008	бессрочно

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	https://host.megaprolib.net/MP0109/Web
Национальная информационно-аналитическая система — Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp
Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО «ИВИС»	https://dlib.eastview.com/

Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестации

В соответствии с особенностями профессиональной подготовки аспирантов направленность (профиль) программы Электротехнические комплексы и системы зачет по дисциплине **«Современные микропроцессорные устройства в электроэнергетике и электротехнике»** проводится в форме конференции, где студенты выступают с докладами по темам своих проектных работ, дополнительно преподавателем (и студентами) задаются вопросы по теме работы. Кроме того, аспирант готовит к зачету обязательное проектно-графическое приложение в виде пояснительной записки.

Примерная тематика проектных работ по дисциплине "Современные микропроцессорные устройства в электроэнергетике и электротехнике":

1. Цифровые фильтры. КИХ-фильтры. БИХ-фильтры (часть 2).
2. Регуляторы ПИД, ПИ, П их передаточные функции. Z преобразования. Интегрирующее звено. Дифференцирующее звено(часть 2).
3. Пропорциональное звено. (часть 2).
4. FFT быстрые преобразования Фурье(часть 2).
5. Контроллер клавиатуры. (часть 2).
6. Контроллер ЖК дисплея. (часть 2).
7. ШИМ регуляторы. (часть 2).
8. Милли. (часть 2).
9. Автоматы Мура. (часть 2).

Министерство науки и высшего образования и науки РФ
ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет
имени Г.И. Носова»

Институт Энергетики и Автоматизированных Систем
Кафедра электроники и микроэлектроники

Контрольная работа
«Ветроэнергетические установки. Расчет параметров компонентов»

Магнитогорск 2025

СОДЕРЖАНИЕ

ЗАДАЧА 1	3
ЗАДАЧА 2	4
ЗАДАЧА 3	5
ЗАДАЧА 2.1	6
ЗАДАЧА 6.1	9
ЗАДАЧА 7.1	13
ЗАДАЧА 8.1	16
ЗАДАЧА 8.2	17
ЗАДАЧА 8.3	18
ЗАДАЧА 8.4	19

ЗАДАЧА 1

Исходные данные:

- радиус ветроколеса $R = 30$ м;
- скорость ветра до колеса $V_0 = 8$ м/с;
- скорость ветра после колеса $V_2 = 3$ м/с;
- плотность воздуха $= 1.2$ кг/м³.

Найти:

- скорость ветра в плоскости ветроколеса V_1 ;
- мощность ветрового потока P_0 ;
- мощность ветроустановки P ;
- силу F , действующую на ветроколесо.

Решение:

1. Скорость ветра V_1 в плоскости ветроколеса:

$$V_1 = (V_0 + V_2) / 2 = (8 + 3) / 2 = 5,5 \text{ м/с}$$

2. Мощность ветрового потока:

$$S = \pi * R^2 = 3.14 * 30^2 = 2826 \text{ м}^2$$

$$P_0 = \rho * S * V_0^3 / 2 = 1,2 * 2826 * 8^3 / 2 = 868147,2 \text{ кг*м}^2/\text{с}^2 = 868147,2$$

$$\text{Дж/с} = 868147,2 \text{ Вт} = 868,15 \text{ кВт}$$

3. Масса воздуха, проходящего через ометаемую поверхность:

$$m = \rho * S * V_0 = 1,2 * 2826 * 8 = 27129,6 \text{ кг/с}$$

4. Сила, действующая на ветроколесо:

$$F_A = m * (V_0 - V_2) = 27129,6 * (8 - 3) = 135648$$

5. Мощность ВЭУ равна той мощности, которую теряет ветер при прохождении ветроколеса:

$$P = m * (V_0^2 - V_2^2) = 27129,6 * (8^2 - 3^2) = 1492128 \text{ кг*м}^2/\text{с}^3 = 1492128 \text{ Вт} \\ = 1492,13 \text{ кВт}$$

ЗАДАЧА 2

Исходные данные:

- диаметр лопастей $d = 9$ м;
- расчетная скорость ветра $V = 12$ м/с;
- номинальная частота вращения $n = 1700$ об/мин;
- коэффициент использования мощности потока $C_p = 0,3$;
- количество лопастей $N = 2$ шт;
- плотность воздуха $= 1,3$ кг/м³.

Найти:

- оптимальную быстроходность $Z_{\text{опт}}$;
- оптимальную частоту вращения ветроколеса $W_{\text{опт}}$;
- передаточное отношение редуктора для привода синхронного генератора i .

Решение:

1. Номинальная мощность:

$$P = C_p \cdot \rho \cdot S \cdot (V^3 / 2) = 0,3 \cdot 1,3 \cdot (3,14 \cdot 9^2 / 4) \cdot (12^3 / 2) \cdot 10^{-3} = 21,42 \text{ кВт}$$

2. Оптимальная быстроходность:

$$Z_{\text{опт}} = 4\pi / N = 4 \cdot 3,14 / 2 = 6,28$$

3. Оптимальная частота вращения:

$$W_{\text{опт}} = Z_{\text{опт}} \cdot (V / R) = 6,28 \cdot (12 / 4,5) = 16,7 \text{ рад/с}$$

$$n_{\text{опт}} = (W_{\text{опт}} \cdot 60) / 2\pi = (16,7 \cdot 60) / 2 \cdot 3,14 = 159,5 \text{ об/мин}$$

4. Передаточное отношение редуктора:

$$i = n_{\text{опт}} / n = 159,5 / 1700 = 1 / 10,65$$

ЗАДАЧА 3

Исходные данные:

- диаметр лопастей $d = 41$ м;
- расчетная скорость ветра $V = 12$ м/с;
- номинальная частота сети $f = 49$ Гц;
- коэффициент использования мощности потока $C_p = 0,35$;
- КПД генератора $\eta_n = 17$ %;
- количество лопастей $N = 3$ шт;
- плотность воздуха $= 1,3$ кг/м³.

Найти:

- оптимальную быстроходность $Z_{\text{опт}}$;
- частоту вращения генератора n ;
- номинальную мощность генератора P_n ;
- число пар полюсов генератор p .

Решение:

1. Номинальная мощность:

$$P = C_p \cdot \rho \cdot S \cdot (V^3 / 2) = 0,35 \cdot 1,3 \cdot (3,14 \cdot 41^2 / 4) \cdot (12^3 / 2) \cdot 10^{-3} = 518,75$$

кВт

2. Оптимальная быстроходность:

$$Z_{\text{опт}} = 4\pi / N = 4 \cdot 3,14 / 3 = 4,19$$

3. Оптимальная частота вращения:

$$W_{\text{опт}} = Z_{\text{опт}} \cdot (V / R) = 4,19 \cdot (12 / 20,5) = 2,43 \text{ рад/с}$$

$$n_{\text{опт}} = (W_{\text{опт}} \cdot 60) / 2\pi = (2,43 \cdot 60) / 2 \cdot 3,14 = 23 \text{ об/мин}$$

4. Передаточное отношение редуктора:

$$i = n_{\text{опт}} / n = 1$$

5. Частота вращения генератора:

$$n = n_{\text{опт}} = 23 \text{ об/мин}$$

6. Номинальная мощность генератора:

$$P_n = P \cdot \eta_n = 518,75 \cdot 0,17 = 88,18 \text{ кВт}$$

7. Число пар полюсов генератора:

$$p = (60f) / n = (60 * 49) / 23 = 128 \text{ шт.}$$

ЗАДАЧА 2.1

Исходные данные:

Таблица 1 – Таблица мощности и выработки энергии ВЭУ-3 (номинальная мощность ($P_{\text{ВЭУ-3}}=3\text{кВт}$))

Скорость ветра v, м/с	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Мгновенная мощность $P_{\text{мгнВЭУ}}$, Вт	60	200	400	799	1100	1700	2500	2900	3300	3400
Суточная выработка $E_{\text{сутВЭУ}}$, кВт*ч	1,4	4,8	9,6	16,8	26,4	40,8	60	69,6	79,2	81,6

Таблица 2 – Таблица мощности и выработки энергии ВЭУ-5 (номинальная мощность ($P_{\text{ВЭУ-5}}=5\text{кВт}$))

Скорость ветра v, м/с	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Мгновенная мощность $P_{\text{мгнВЭУ}}$, Вт	150	300	500	900	1500	2300	3300	4500	5500	5700
Суточная выработка $E_{\text{сутВЭУ}}$, кВт*ч	3,6	7,2	12	21,6	36	55,2	79,2	108	132	136,8

Таблица 3 – Таблица мощности и выработки энергии ВЭУ-30 (номинальная мощность ($P_{ВЭУ-30}=30\text{кВт}$))

Скорость ветра v , м/с	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Мгновенная мощность $P_{\text{мгнВЭУ}}$, кВт	0,6	2,0	4,0	7,0	11,0	17,0	25,0	29,0	44,0	57,0
Суточная выработка $E_{\text{сутВЭУ}}$, кВт*ч	14	48	96	168	264	408	600	696	1056	1368

- Среднесуточное энергопотребление = 18960 Вт*ч;
- Расчетный регион - г. Магнитогорск.

Найти:

Номинальную мощность ветроэнергетической установки для автономного энергоснабжения объекта.

Решение:

1. Определим среднюю скорость ветра в регионе:

$$V = 4,5 \text{ м/с}$$

2. Среднечасовое энергопотребление объекта:

$$E_{\text{ч}} = E_{\text{сут}}/24 = 18960/24 = 790 \text{ Вт*ч}$$

3. Найдем подходящую ветроэнергетическую установку из табл. 1-

3. Выбираем ВЭУ-5 в количестве 2 шт.

Выбор удовлетворяет условию: $2 \cdot P_{\text{мгнВЭУ}} \geq P_{\text{спец}}$:

$$2 \cdot 400 \geq 790$$

Проведем проверку. Общая суточная выработка каждой ВЭУ-5 будет:

$$E_{\text{сутВЭУ}} = 7,2 + (12 - 7,2) / 2 = 9,6 \text{ кВт*ч}$$

Суммарная выработка двух ВЭУ-5:

$$E_{\text{сут2ВЭУ}} = 9,6 \cdot 2 = 19,2 \text{ кВт*ч} = 19200 \text{ Вт*ч}$$

Это удовлетворяет условиям выражения, поскольку:

$$E_{\text{сутВЭУ}} \geq E_{\text{сут}}$$

$$19200 \text{ Вт*ч} \geq 18960 \text{ Вт*ч}$$

4. Таким образом, в процессе расчетов в качестве энергогенерирующего оборудования выбрана ветроэнергетическая установка ВЭУ-5 в количестве 2 шт. Номинальная (установленная) мощность каждой установки составляет 5 кВт.

ЗАДАЧА 6.1

Исходные данные:

Таблица 4 – Мощность электроприборов и потребляемая мощность

Электроприбор	Установленная мощность $P_{\text{и}}$ Вт	Мгновенная потребляемая мощность $P_{\text{и}}$, Вт			
		Утро	День	Вечер	Ночь
Телевизор	300	300	0	300	0
Видеомагнитофон	120	0	0	120	0
Компьютер	400	0	0	400	0
DVD-плеер	120	0	0	120	0
Аудиоплеер	100	100	0	100	0
Посудомоечная машина	1500	0	0	1500	0
Стиральная машина	500	0	0	500	0
Электроплита	1500	1500	0	1500	0
Микроволновая печь	1500	1500	0	0	0
Пылесос	1300	0	0	1300	0
Факс-аппарат	100	100	0	0	100
Лампы накаливания	1000	1000	1000	1000	1000
Люстра	400	400	0	400	0
Синтезатор	100	0	0	100	0
Электрочайник	2000	2000	0	2000	0
Утюг	1800	0	0	1800	0
Кофеварка	300	300	0	300	0
Миксер	200	0	0	200	0
Тостер	300	300	0	0	0
Фен	200	0	0	200	0
Телефонный аппарат	20	20	20	20	20
Сигнализация	20	0	20	0	0
Другие приборы	1000	1000	1000	1000	1000
Система обогрева	300	300	300	300	300
ИТОГО в пике $P_{\text{п}}$	15080	8820	2340	13160	2420
		$P_{\text{у}}$	$P_{\text{д}}$	$P_{\text{в}}$	$P_{\text{н}}$

Таблица 5 – Энергопотребления приборов

Электроприбор	Установленная мощность P_i , Вт	Время использования T_i , ч				Потребление электрической энергии Вт*ч
		Утро 1 ч	День 10 ч	Вечер 4 ч	Ночь 8 ч	
Телевизор	300	0,5	0	2	0	750
Видеомагнитофон	120	0	0	2	0	240
Компьютер	400	0	0	1	0	400
DVD-плеер	120	0	0	1	0	120
Аудиоплеер	100	1	0	1	0	500
Посудомоечная машина	1500	0	0	0,5	0	750
Стиральная машина	500	0	0	1	0	500
Электроплита	1500	0,3	0	0,5	0	1200
Микроволновая печь	1500	0,2	0	0	0	300
Пылесос	1300	0	0	1	0	1300
Факс-аппарат	100	0,1	0	0	0,1	20
Лампы накаливания	1000	1	0,5	3	1	5500
Люстра	400	0,3	0	2	0	920
Синтезатор	100	0	0	1	0	100
Электрочайник	2000	0,1	0	0,2	0	600
Утюг	1800	0	0	0,5	0	900
Кофеварка	300	0,1	0	0,2	0	600
Миксер	200	0	0	0,1	0	20
Тостер	300	0,2	0	0	0	60
Фен	200	0	0	0,1	0	20
Телефонный аппарат	20	6	6	6	6	480
Сигнализация	20	0	6	0	0	120
Другие приборы	1000	0,5	0,5	0,5	0,5	2000
Система обогрева	300	2	2	2	2	2400
Итого	15080	13,3	16	26,5	10,6	18960

Найти:

Тип инвертора, который подходит для энергоснабжения объекта. Дать рекомендации по монтажу дополнительной проводки и снижения единичной мощности применяемых инверторов.

Решение:

1. Определим приборы, соответствующие возможности питания синусоидальным и квазисинусоидальным напряжением и разместим их в две таблицы.

Как видно из табл. 6 и 7, совокупная мощность электроприборов, которые можно питать квазисинусоидальным напряжением, преобладает над приборами, питающимися от синусоидального напряжения.

Из табл. 6 мощность приборов, работающих на квазисинусоиде, составляет по максимуму в вечернем пике **8,360 кВт**.

Из табл. 7 мощность приборов, работающих на синусоиде, составляет по максимуму в вечернем пике **3,700 кВт**.

Учитывая тот факт, что стоимость квазисинусоидального инвертора составляет 30–50 % от синусоидального, выгодно выбрать два типа инверторов с монтажом двух соответствующих сетевых проводок внутри объекта, с небольшим запасом по мощности:

- квазисинусоидальный инвертор – мощность $P_i = 9$ кВт;
- синусоидальный инвертор – мощность $P_i = 4$ кВт;

Таблица 6 – Электроприборы, работающие на любом напряжении (синусоида или квазисинусоида)

Электроприбор	Установленная мощность P_i , Вт	Мгновенная потребляемая мощность P_i , Вт			
		Утро	День	Вечер	Ночь
Телевизор	300	300	0	300	0
Видеомагнитофон	120	0	0	120	0
Компьютер	400	0	0	400	0
DVD-плеер	120	0	0	120	0

Аудиоплеер	100	100	0	100	0
Электроплита	1500	1500	0	1500	0
Микроволновая печь	1500	1500	0	0	0
Факс-аппарат	100	100	0	0	100
Лампы накаливания	1000	1000	1000	1000	1000
Люстра	400	400	0	400	0
Синтезатор	100	0	0	100	0
Электрочайник	2000	2000	0	2000	0
Утюг	1800	0	0	1800	0
Кофеварка	300	300	0	300	0
Миксер	200	0	0	200	0
Тостер	300	300	0	0	0
Телефонный аппарат	20	20	20	20	20
Сигнализация	20	0	20	0	0
ИТОГО	10280	7520	1040	8360	1120

Таблица 7 – Мощность электроприборов и мгновенная потребляемая мощность приборов, работающих на синусоидальном напряжении

Электроприбор	Установленная мощность P_b , Вт	Мгновенная потребляемая мощность P_i , Вт			
		Утро	День	Вечер	Ночь
Посудомоечная машина	1500	0	0	1500	0
Стиральная машина	500	0	0	1300	0
Пылесос	1300	0	0	1300	0
Миксер	200	0	0	200	0
Фен	200	0	0	200	0
ИТОГО	3700	0	0	3700	0

2. Определим тип инвертора и примем решение по использованию обоих типов. Рассчитаем мощность каждого из инверторов. Замечание.

Инверторы с выходом «модифицированный синус» (квазисинусоида) на 9 кВт на практике встречаются крайне редко. Можно установить три квазисинусоидальных инвертора по 3 кВт, проведя монтаж проводки, состоящей из трех независимых сетей.

ЗАДАЧА 7.1

Исходные данные:

$$E_{\text{веч}} = 26500 \text{ Вт} \cdot \text{ч}$$

$$U_{\text{рег}} = 48 \text{ В}$$

Найти:

Количество аккумуляторных батарей для обеспечения гарантированного энергоснабжения потребителя.

Решение:

1. Определим потребляемую мощность объекта в периоды максимального энергопотребления с помощью нахождения наибольшего энергопотребления объекта и продолжительности потребления.

Время потребления $T_{\text{веч}}$ примерно 4 ч. Тогда мощность потребления:

$$P_{\text{веч}} = E_{\text{веч}}/T = 26500/4 = 6625 \text{ Вт}$$

2. Найдем ток потребления $I_{\text{рег}}$:

$$I_{\text{рег}} = P_{\text{веч}}/U_{\text{рег}} = 6625/48 = 138 \text{ А}$$

3. Общая емкость блока АКБ должна быть получена из формул:

$$C_{\text{АКБреал}} = C_{\text{АКБ}} \cdot 2 = C_{\text{АКБ}} = I_{\text{рег}} \cdot T_{\text{веч}} \cdot 2 = 138 \cdot 4 \cdot 2 = 1104 \text{ А} \cdot \text{ч}$$

4. Число параллельно соединенных каскадов определяется из того расчета, что чем меньше емкость аккумулятора, тем ниже его стоимость. Например, пусть $m = 4$ каскада по 4 соединенных последовательно аккумулятора. Тогда:

$$C_i = C_{\text{АКБреал}}/m = 1104/4 = 276 \text{ А} \cdot \text{ч}$$

Таким образом, необходимо подобрать аккумуляторные батареи в количестве 16 шт., емкостью не менее чем 276 А·ч каждая. Причем они соединяются в 4 параллельно включенных каскада, по 4 последовательно соединенных батареи в каскаде. Например, выбираем 16 аккумуляторных батарей по 300 А·ч.

5. Проведем проверку полученного результата, т. е. определим, сможет ли ВЭУ за предыдущий период зарядить аккумуляторные батареи при средней скорости ветра.

$$T_{\text{ден}} = 10 \text{ ч.}$$

Определяем мощность $P_{\text{мгнВЭУ-5}}$, выдаваемую ветроэнергетической установкой на скорости ветра 4,5 м/с:

$$P_{\text{мгнВЭУ-5}} = 200 + (400 - 200) / 2 = 0,3 \text{ кВт}$$

Тогда энергия $E_{\text{ВЭУ-ДЕН}}$, поступившая от одной ВЭУ-5 за период $T_{\text{ДЕН}}$:

$$E_{\text{ВЭУ-ДЕН}} = P_{\text{мгнВЭУ-5}} \cdot T_{\text{ДЕН}} = 0,3 \cdot 10 = 3 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

В задаче 2.1 для энергоснабжения было выбрано 2 установки ВЭУ-5. Тогда суммарная энергия, вырабатываемая в течение дневного периода $T_{\text{ДЕН}}$, должна быть удвоена и составит 6 кВт·ч.

Однако этого недостаточно для энергопотребления объекта $E_{\text{ВЕЧ}}$, которое составляет 26,5 кВт·ч.

Выводы. Первый вариант решения проблемы: необходимо увеличить количество ветроэнергетических установок до 9 шт., чтобы выработка энергии составила:

$$E_{\text{вэу-ден}} = P_{\text{мгнВЭУ-5}} \cdot T_{\text{ден}} \cdot K_{\text{вэу-5}} = 0,3 \cdot 10 \cdot 9 = 27 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

Второй вариант решения проблемы: необходимо увеличить номинальную мощность одной или обеих ветроэнергетических установок с соответствующим пересчетом параметров.

Третий вариант решения проблемы: необходимо снизить энергопотребления. Этот вариант является самым эффективным, так как одним из путей могут быть мероприятия по энергосбережению – замена ламп накаливания на светодиодное освещение, обогрев с помощью тепловых насосов, наличие датчиков присутствия с целью автоматического отключения освещения и снижения уровня отопления в помещениях, где это временно не требуется. Кроме мер по энергосбережению существует вероятность наличия более сильного ветра в предшествующем дневном периоде и тогда количество полученной от ВЭУ энергии будет больше.

ЗАДАЧА 8.1

Исходные данные:

Данные решения задачи 2.1.

Себестоимость компонентов и установки ВЭУ-1 в целом $C_{\text{вэу-1}}$ из табл 8.

Таблица 8 – Себестоимость компонентов и установки ВЭУ-1 в целом $C_{\text{вэу-1}}$

Компонент ВЭУ	Стоимость, руб
Мачта 12 м	30600
Ступица	48000
Система аэродинамического регулирования	15600
Дополнительные механизмы (мультипликатор или кольца)	12000
Лопасты	12000
Контроллер	18000
Инвертор	36000
Крепеж, руководство, погрузка	6000
ИТОГО	178200

Найти:

Себестоимость и цену реализации ВЭУ.

Решение:

1. Из решения задачи 2.1 следует, что выбраны 2 ветроустановки ВЭУ-5 номинальной мощностью 5 кВт. Расчет себестоимости каждой ВЭУ-5 производится по формуле:

$$C_{\text{вэу-5}} = 178200 * (1 + 0,3 * (5 - 1)) = 392040 \text{ руб.}$$

2. Расчет цены реализации ВЭУ=5 производится по формуле:

$$\Pi_{\text{вэу-N}} = C_{\text{вэу-N}} * 1,5, \text{ руб.}$$

$$\Pi_{\text{вэу-5}} = C_{\text{вэу-N}} * 1,25 = 392040 * 1,5 = 588060 \text{ руб.}$$

3. Дилерское вознаграждение D рассчитывается по формуле и составляет:

$$D = \Pi_{\text{вэу-N}} * 0,1, \text{ руб}$$

$$\Pi_{\text{вэу-5}} * 0,1 = 588060 * 0,1 = 58806 \text{ руб.}$$

ЗАДАЧА 8.2

Исходные данные:

- средняя скорость в регионе $V_{\text{ср}} = 4,5 \text{ м/с}$;
- данные решения задачи 2.1, значение табл. 1-3;
- данные решения задачи 8.1 – $\Pi_{\text{вэу-N}}$;
- стоимость кВт*ч – 5 руб.

Найти:

Срок окупаемости ветроэнергетической установки.

Решение:

1. В задаче 2.1 номинальная мощность ВЭУ была определена 5 кВт (соответственно выбрана ВЭУ-5). Определим среднегодовую выработку $E_{\text{годВЭУ-5}}$ по табл. 1 исходя из средней скорости ветра в регионе $V_{\text{ср}} = 4,5 \text{ м/с}$:

$$E_{\text{годВЭУ-5}} = 7,2 + (12 - 7,2) \div 2 * 360 = 3456 \text{ кВт*ч}$$

2. Из задачи 8.1 цена реализации установки $\Pi_{\text{вэу-5}}$:

$$\Pi_{\text{вэу-5}} = 588060 \text{ руб.}$$

3. Стоимость кВт*ч $С_{\text{кВт*ч}}$ по условию задачи составляет 5 руб.

4. Срок окупаемости ВЭУ $T_{\text{вэу-5}}$ вычисляется по формуле:

$$T_{\text{вэу-N}} * (\Pi_{\text{вэу-N}} + \text{Ио} + \text{Ир}) / (E_{\text{годВЭУ}} * С_{\text{кВт*ч}}) = (588060 + 588060 * 20\%) / (3456 * 5) = 40,8 \text{ лет.}$$

Полученный срок окупаемости ВЭУ является достаточно высоким. Как правило, максимальный срок окупаемости, принимаемый к рассмотрению, составляет 20 лет. Таким образом, данную установку нельзя рассматривать, как коммерческую. Однако при условии ее внедрения в регионе с отсутствием ЛЭП речь может идти об улучшении условий проживания и труда, развитии местной инфраструктуры и обеспечения комфорта местных жителей в связи с получением электроэнергии.

ЗАДАЧА 8.3

Исходные данные:

- данные табл.1;
- данные решений задач 8.1 и 8.2.

Найти:

Тариф за электроэнергию, поступающую от ВЭУ.

Решение:

1. Найдём из таблицы 2 удельную энергию, вырабатываемую ВЭУ-5 за год на средней скорости ветра 4,5 м/с:

$$E_{5\text{-год}} = 3456 / (0,3 + (0,5 - 0,3) / 2) = 3456 / 0,4 \text{ кВт} \cdot \text{ч/год}$$

2. Из задачи 8.1 возьмём цену реализации ВЭУ $\Pi_{\text{вэу-N}}$, из задачи 8.2 возьмём срок окупаемости ВЭУ Io . Вычислим тариф $С_{\text{кВт}\cdot\text{ч}}$:

$$С_{\text{кВт}\cdot\text{ч}} = (\Pi_{\text{вэу-N}} + Io) / (T_{\text{ок}} \cdot E_{\text{N-год}}) = (588060 + 588060 \cdot 20\%) / (40,8 \cdot 3456) = 5 \text{ руб./кВт}\cdot\text{ч}$$

Это и есть тариф, который необходимо выставить потребителю энергии для оплаты.