

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Свидов Артур Денисович

Совавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Модернизация энергопотребления электроприводов на базе системы «умный дом» от компании «Хайт Про»

Научный руководитель: Амангельды Бекбаев

Коэффициент Подобия 1: 1.8

Коэффициент Подобия 2: 0.7

Микропробелы: 48

Знаки из других алфавитов: 11

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

- Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.
- Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.
- Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.
- Обоснование:

Дата

проверяющий эксперт



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Саидов Артур Денисович

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Модернизация энергопотребления электроприводов на базе системы «умного» дома от компании «Хайт Про»

Научный руководитель: Амангельды Бекбаев

Коэффициент Подобия 1: 1.8

Коэффициент Подобия 2: 0.7

Микропробелы: 48

Знаки из здругих алфавитов: 11

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

- Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.
- Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.
- Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.
- Обоснование:

Дата

Заведующий кафедрой *Эмергерчи*
Сарсеитов Б.А.



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный исследовательский
технический университет имени К.И.Сатпаева»

ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на дипломную работу

**«Модернизация энергопотребления электроприводов на базе системы «умного»
дома от компании «Хайт Про»»**

Саидова Артура Денисовича

6В07101 – «Энергетика»

В своей выпускной квалификационной работе студент Саидов Артур рассмотрел важную и актуальную тему: «Модернизация энергопотребления электропривода на базе “умного” дома от компании “Хайт Про”». В процессе выполнения работы Артур продемонстрировал высокий уровень профессиональной подготовки, способности к аналитическому мышлению и самостоятельному решению инженерных задач.

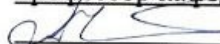
В дипломе представлен анализ существующего состояния энергопотребления, предложены технические решения по его оптимизации, разработана схема модернизации с использованием технологий “умного” дома. Проведены необходимые технические расчёты, включая подбор электроприводов, оценку режимов работы, расчет энергопотребления до и после модернизации, а также технико-экономическое обоснование проекта.

Особое внимание в работе уделено повышению энергоэффективности и внедрению интеллектуальных систем управления. Результаты расчётов представлены в виде схем, таблиц и графиков, что способствует лучшему восприятию информации.

Саидов А. проявил ответственность, инициативность и умение применять теоретические знания на практике. Работа выполнена в полном объеме, тема раскрыта полностью, замечания носят незначительный характер и не снижают общей положительной оценки.

Работа Саидова Артура заслуживает оценки «хорошо» В (80 баллов), а автор — присвоения академической степени бакалавра по образовательной программе 6В07101 – «Энергетика».

Научный руководитель
доктор технических наук,
профессор кафедры «Энергетика»

 А.Б.Бекбаев
(подпись)

« 3 » Июня 2025 г.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный исследовательский
технический университет имени К.И.Сатпаева»

РЕЦЕНЗИЯ

на дипломную работу

(наименование вида работы)

Саидова Артура Денисовича

(Ф.И.О. обучающегося)

6В07101 - Энергетика

(шифр и наименование специальности)

На тему: **Модернизация энергопотребления электроприводов на базе
системы «умного» дома от компании «Хайт Про»**

В дипломной работе рассматривается модернизация энергопотребления электропривода на базе «умного» дома фирмы «Хайт Про». Выполнен анализ существующей схемы, произведён расчёт энергопотребления, подобрано оборудование и предложено техническое решение по повышению энергоэффективности.

В экономической части рассчитаны затраты и оценена эффективность предложенной модернизации. Работа актуальна с точки зрения внедрения современных энергосберегающих технологий в бытовой сектор.

Замечания к работе

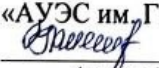
Имеются отдельные недочёты в оформлении схем и таблиц. Не везде подробно обоснован выбор оборудования.

Оценка работы

Работа соответствует предъявляемым требованиям, тема раскрыта. Дипломная работа Саидова Артура заслуживает оценки «хорошо» (80 баллов). Рекомендуются к присвоению степени бакалавра по программе 6В07101 – «Энергетика».

Рецензент

к.т.н, ассоциированный профессор
кафедра «Электроэнергетика» НАО
«АУЭС им. Г. Даукеева»

 Л.Ш. Утешкалиева

(подпись)

« 5 » Июня 2025 г.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный исследовательский
технический университет имени К.И.Сатпаева»

Институт энергетики и машиностроения им.А. Буркитбаева

Кафедра «Энергетика»

Саидов Артур Денисович

Модернизация энергопотребления электроприводов на базе системы «умного» дома от
компании «Хайт Про»

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

6B07101– Энергетика

Алматы 2025

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Каззахский национальный исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева»

Институт энергетики и машиностроения им.А. Буркитбаева

Кафедра «Энергетика»

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой «Энергетика»
ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
Научный сотрудник
НАО «КазНТУ им.К.И.Сатпаева» ассоциированный профессор
Институт энергетики и машиностроения Е. А.Сарсенбаев
20__ г.

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

На тему: «Модернизация энергопотребления электроприводов на базе системы «умного» дома от компании «Хайт Про»»

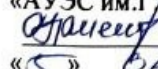
6B07101– Энергетика

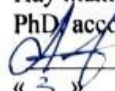
Выполнил:

Саидов А.Д



Рецензент

к.т.н, ассоциированный профессор
кафедры «Электроэнергетика» НАО
«АУЭС им.Г.Даукеева»
 Л.Ш.Утешкалиева
«5» 06 2025 г.

Научный руководитель
PhD, ассоциированный профессор
 А.Б.Бекбаев
«3» 06 2025 г.

Алматы 2025

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

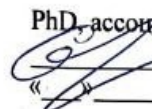
Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный исследовательский
технический университет имени К.И.Сатпаева»

Институт энергетики и машиностроения им.А. Буркитбаева

Кафедра «Энергетика»

Заведующий кафедрой «Энергетика»

PhD, ассоциированный профессор

 Е. А.Сарсенбаев

20__ г.

6B07101– Энергетика

УТВЕРЖДАЮ

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломной работы

Обучающемуся Саидову Артуру Денисовичу

Тема: Модернизация энергопотребления электроприводов на базе системы «умного» дома от компании «Хайт Про»

Утверждена приказом Проректора по академическим вопросам №26п– от "29"января 2025г.
Срок сдачи законченной работы «19»Мая 2025г.

Исходные данные к дипломной работе: Компания «Хайт Про»

Краткое содержание дипломной работы: Модернизация умного дома на базе электропривода

а) Анализ существующих систем энергопотребления электроприводов

б) Принципы и технологии энергосбережения

в) Описание системы «умного» дома от «Хайт Про»

г) Методы модернизации энергопотребления

д) Экономическая и экологическая эффективность модернизации

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):
представлены 11 слайдов презентации работы


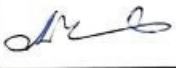


Рекомендуемая основная литература: из 14 наименований учебных материалов

ГРАФИК
подготовки дипломной работы


Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Анализ существующих систем энергопотребления электроприводов	13.02.2025	нет
Принципы и технологии энергосбережения	24.03.2025	нет
Описание системы «умного» дома от «Хайт Про»	15.04.2025	нет
Методы модернизации энергопотребления. Экономическая и экологическая эффективность модернизации	22.04.2025	нет

Подписи

консультантов и нормоконтролера на законченную дипломную работу с указанием относящихся к ним разделов работы

Наименования разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Расчетная часть	А.Б.Бекбаев д.т.н., профессор	03.06.2025	
Экономическая часть	А.Б.Бекбаев д.т.н., профессор	03.06.2025	
Технологическая часть	А.Б.Бекбаев д.т.н., профессор	03.06.2025	
Нормоконтролер	А.О. Бердибеков, магистр, старший преподаватель	30.05.2025	

Научный руководитель  _____ А.Б.Бекбаев

Задание принял к исполнению обучающийся  _____ Саидов А.Д

Дата " 5 " Июня 25г.

АНДАТПА

Дипломдық жұмыс «Hight Pro» компаниясының смарт-үй жүйесі негізінде электр жетектерінің энергия тұтынуын жаңғыртуға арналған. Зерттеудің мақсаты – High Pro технологияларын пайдалана отырып, энергияны тұтынуды оңтайландыру әдістерін әзірлеу және олардың экономикалық және экологиялық тиімділігін бағалау. Қолданыстағы энергия тұтыну жүйелері талданады, энергия үнемдеу технологиялары, соның ішінде жиілік түрлендіргіштері мен автоматика қарастырылады. «Hight Pro» ұсынған «ақылды» үйдің мүмкіндіктері және оның электр жетектерін басқаруға арналған қолданбасы сипатталған. Есептеулері бар нақты жаңғырту әдістері ұсынылған. Нәтижелер энергия шығындарының 60–70%-ға қысқарғанын, инвестицияның 4 жылға қайтарылғанын және жылына 1 тоннадан астам CO₂ шығарындыларының азайғанын көрсетеді. Жұмыстың практикалық маңызы бар және оны Қазақстанның күнделікті өмірінде қолдануға болады.

АННОТАЦИЯ

Дипломная работа посвящена модернизации энергопотребления электроприводов на базе системы «умного» дома от компании «Хайт Про». Цель исследования – разработка методов оптимизации энергопотребления с использованием технологий «Хайт Про» и оценка их экономической и экологической эффективности. Анализируются существующие системы энергопотребления, рассматриваются технологии энергосбережения, включая частотные преобразователи и автоматизацию. Описываются особенности «умного» дома от «Хайт Про» и его применение для управления электроприводами. Предложены конкретные методы модернизации с расчетами. Результаты показывают сокращение энергозатрат на 60–70%, окупаемость вложений за 4 года и снижение выбросов CO₂ более чем на 1 тонну в год. Работа имеет практическую значимость и может быть применена в бытовых условиях Казахстана.

ABSTRACT

The thesis is devoted to the modernization of energy consumption of electric drives based on the smart home system from the company "Hight Pro". The purpose of the study is to develop methods for optimizing energy consumption using Hight Pro technologies and assessing their economic and environmental efficiency. Existing energy consumption systems are analyzed, energy saving technologies are considered, including frequency converters and automation. The features of the smart home from "Hight Pro" and its application for controlling electric drives are described. Specific modernization methods with calculations are proposed. The results show a reduction in energy costs by 60-70%, a payback of investments in 4 years and a reduction in CO₂ emissions by more than 1 ton per year. The work is of practical importance and can be applied in everyday life in Kazakhstan.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	7
1 Анализ существующих систем энергопотребления электроприводов	9
1.1 Принципы работы электроприводов в бытовых системах	9
1.2 Недостатки традиционных подходов к энергопотреблению	10
1.3 Принципы и технологии энергосбережения	16
1.4 Основные методы повышения энергоэффективности	17
1.5 Современные технологии управления электроприводами	18
1.6 Роль автоматизации и интеллектуальных систем	19
1.7 Описание системы «умного» дома от «Хайт Про»	24
1.8 Обзор системы и её ключевых компонентов	25
1.9 Возможности интеграции с электроприводами	28
1.10 Преимущества использования в бытовых условиях	29
2 Методы модернизации энергопотребления	37
2.1 Этапы проектирования и внедрения модернизации	38
2.2 Применение частотных преобразователей и систем «Хайт Про»	39
2.3 Практические примеры модернизации	40
3 Экономическая и экологическая эффективность модернизации	42
3.1 Расчет экономической выгоды от внедрения	42
3.2 Экологическая эффективность модернизации	44
3.3 Сравнение параметров до и после модернизации	45
Заключение	47
Список использованной литературы	51

ВВЕДЕНИЕ

Современный этап развития общества характеризуется стремительным ростом потребления электроэнергии, что обуславливает необходимость поиска новых подходов к повышению энергоэффективности. Электроприводы, являющиеся ключевыми элементами бытовых и промышленных систем, занимают значительную долю в общем энергопотреблении. В условиях повышения тарифов на электроэнергию и ужесточения экологических стандартов их традиционное использование становится экономически и экологически нецелесообразным. Отсутствие интеллектуального управления в большинстве существующих систем приводит к избыточным потерям энергии, снижению срока службы оборудования и увеличению углеродного следа. В этом контексте технологии «умного» дома открывают перспективы для модернизации энергопотребления, позволяя адаптировать работу электроприводов к реальным потребностям пользователей.

Во-первых, рост цен на электроэнергию в Казахстане вынуждает искать пути сокращения затрат в бытовом секторе. Во-вторых, глобальные экологические вызовы, такие как изменение климата, требуют минимизации выбросов парниковых газов, значительная часть которых связана с производством электроэнергии на угольных станциях. В-третьих, развитие технологий автоматизации зданий, представленных такими компаниями, как «Хайт Про», предоставляет доступные и эффективные инструменты для оптимизации энергопотребления. Интеграция электроприводов с системами «умного» дома позволяет не только снизить эксплуатационные расходы, но и повысить комфорт и надежность бытовых систем.

Целью данной дипломной работы является разработка подхода к модернизации энергопотребления электроприводов на основе системы «умного» дома от компании «Хайт Про», направленного на снижение затрат и улучшение экологических показателей. Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи:

Задача: провести анализ существующих систем энергопотребления электроприводов, выявив их недостатки и потенциал для улучшения.

1) Изучить современные принципы и технологии энергосбережения, применимые к электроприводам.

2) Рассмотреть особенности системы «умного» дома от «Хайт Про» и её возможности в управлении электроприводами.

3) Разработать методы модернизации энергопотребления с использованием предложенной системы.

4) Оценить экономическую выгоду и экологическую эффективность внедрения предложенных решений.

Объектом исследования выступают электроприводы, используемые в бытовых системах, таких как насосы, вентиляторы и кондиционеры. Предмет исследования – процесс их модернизации с применением технологий «умного» дома. В работе используются методы теоретического анализа, математического моделирования и экономических расчетов. Особое внимание уделено практической применимости решений в условиях Казахстана, где климатические и экономические факторы накладывают дополнительные требования к энергоэффективности.

Компания «Хайт Про», специализирующаяся на разработке систем автоматизации зданий, предлагает модульные решения, которые могут быть адаптированы для управления электроприводами. Их продукция отличается простотой интеграции, надежностью и поддержкой современных протоколов связи, что делает её перспективной основой для модернизации. Данная работа направлена на демонстрацию того, как использование таких технологий может изменить подход к энергопотреблению в быту, обеспечив баланс между экономией, комфортом и заботой об окружающей среде. Результаты исследования могут быть полезны как для индивидуальных пользователей, так и для специалистов в области электроэнергетики, стремящихся внедрять инновационные решения.

1 Анализ существующих систем энергопотребления электроприводов

Электроприводы широко применяются в бытовых системах – насосах, вентиляторах, кондиционерах – для преобразования электроэнергии в механическую. Однако традиционные системы энергопотребления часто неэффективны, что приводит к избыточным затратам. Этот раздел анализирует их работу и основные недостатки.

1.1 Принципы работы электроприводов в бытовых системах

Электропривод включает электродвигатель и систему управления, чаще всего – асинхронный двигатель переменного тока. Его энергопотребление определяется активной мощностью:

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi, \quad (1.1)$$

где P – мощность (Вт),

U – напряжение (В),

I – ток (А), $\cos \varphi$ – коэффициент мощности (обычно 0,7–0,9).

Низкий $\cos \varphi$ увеличивает потери из-за реактивной мощности.

Например, насос мощностью 500 Вт при 220 В и $\cos \varphi = 0,85$ потребляет ток:

$$I = \frac{P_1}{P_2 + \cos \varphi} \quad (1.2)$$

$$I = \frac{500}{220 \cdot 0,85} = 2,67 \text{ А}, \quad (1.3)$$

За 10 часов работы в сутки:

$$E = P \cdot t., \quad (1.4)$$

$$E = 500 \cdot 10 = 5 \text{ кВт} \cdot \text{ч}., \quad (1.5)$$

Традиционное управление (реле, выключатели) не регулирует мощность, что вызывает перерасход энергии при переменной нагрузке.

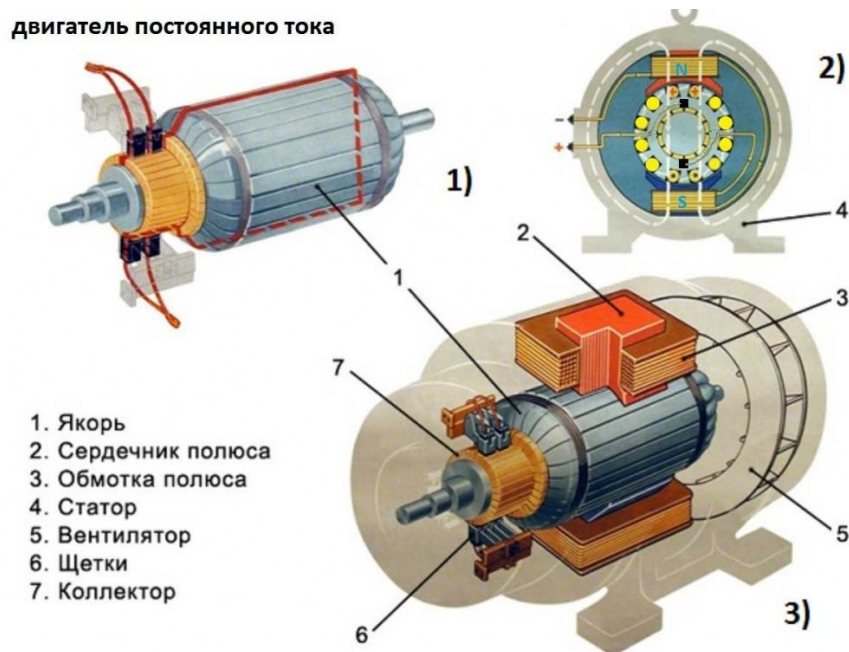


Рисунок 1 - Электрический двигатель постоянного тока (принцип работы синхронного электродвигателя)

1.2 Недостатки традиционных подходов к энергопотреблению

Существующие системы имеют следующие проблемы:

1) Низкая адаптивность. Электроприводы работают на фиксированной мощности, даже если потребность ниже. Для вентилятора 300 Вт при 8 часах работы в сутки потребление:

$$E = P \cdot t \cdot (30 \text{ дней}) = 7,2 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{мес.} \quad (1.6)$$

$$E = 300 \cdot 8 \cdot 30 = 7,2 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{мес.} \quad (1.7)$$

При необходимости 50% мощности потери составляют 3,6 кВт·ч.

- 2) Низкий cosφ. Реактивная мощность увеличивает нагрузку на сеть без полезной работы.
- 3) Отсутствие автоматизации. Ручное управление или таймеры не учитывают внешние условия, что приводит к избыточной работе оборудования.
- 4) Высокие пусковые токи. Они перегружают сеть и изнашивают двигатель.
- 5) Низкий КПД. Устаревшие двигатели (КПД 75–85%) теряют до 20% энергии против современных (90–95%).

Пример: двигатель 1 кВт при 12 часах работы в сутки потребляет 36 кВт·ч/мес. С КПД 80% потери – 7,2 кВт·ч, плюс избыточная работа добавляет до 14,4 кВт·ч потерь.

Таким образом, традиционные системы неэффективны из-за отсутствия гибкости и автоматизации, что требует их модернизации с использованием современных технологий.

Электроприводы играют важную роль в бытовых системах, обеспечивая преобразование электрической энергии в механическую для выполнения таких функций, как циркуляция воды, вентиляция или управление механизмами. В домашних условиях они применяются в насосах отопления, вентиляторах, кондиционерах и приводах ворот. Понимание принципов их работы необходимо для анализа энергопотребления и выявления возможностей модернизации.

Электропривод состоит из электродвигателя, системы управления и, при необходимости, преобразователя энергии. В быту чаще всего используются асинхронные двигатели переменного тока благодаря их надежности, простоте конструкции и доступной стоимости. Принцип действия основан на создании вращающегося магнитного поля в статоре, которое приводит в движение ротор. Скорость вращения зависит от частоты питающего напряжения и числа полюсов двигателя, что выражается формулой:

$$n = \frac{60 \cdot f}{p}, \quad (1.8)$$

где n – частота вращения (об/мин),
 f – частота сети (Гц, обычно 50 Гц в Казахстане),
 p – число пар полюсов.

Например, для двигателя с двумя парами полюсов ($p=2$) скорость составит:

$$n = \frac{60 \cdot 50}{2} = 1500 \text{ об}, \quad (1.9)$$

Энергопотребление электропривода определяется активной мощностью, которая рассчитывается как:

$$P = U \cdot I \cdot \cos\varphi, \quad (1.10)$$

где P – мощность (Вт),
 U – напряжение (В),
 I – сила тока (А),
 $\cos\varphi$ – коэффициент мощности.

Этот коэффициент показывает, какая часть энергии используется для полезной работы, а какая теряется на реактивную мощность. В бытовых системах $\cos\varphi$ обычно находится в диапазоне 0,7–0,9, что указывает на значительные потери. Например, для насоса мощностью 500 Вт при $U=220$ В и $\cos\varphi=0,85$:

$$I = \frac{P}{U \cdot \cos \varphi} = \frac{500}{220 \cdot 0,85} = 2,67 \text{ А.} \quad (1.11)$$

Ежедневное потребление при работе 10 часов:

$$E = P \cdot t \quad (1.12)$$

$$E = 500 \cdot 10 = 5000 \text{ Вт} \cdot \text{ч} = 5 \text{ кВт} \cdot \text{ч}. \quad (1.13)$$

Традиционные системы управления электроприводами в быту просты: они включают двигатель через выключатель или реле, обеспечивая работу на полной мощности. Это удобно для стабильной нагрузки, но неэффективно при переменных условиях. Например, насос отопления может работать на максимальной скорости, даже если требуется лишь частичная циркуляция воды, что приводит к избыточному потреблению энергии. КПД таких двигателей обычно составляет 75–85%, а пусковые токи, достигающие 5–7 номинальных значений, увеличивают нагрузку на сеть и износ оборудования.

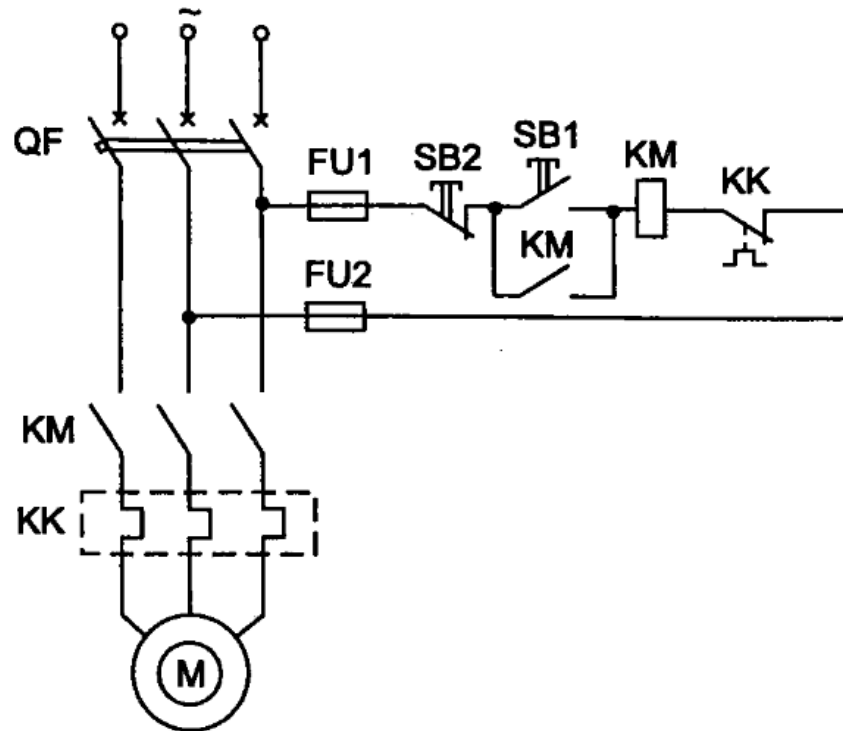


Рисунок 2 - Схема управления асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором

На схеме изображен статор с обмотками, подключенными к сети 220 В, и ротор, вращающийся внутри магнитного поля. Указаны основные элементы: клеммы питания, корпус двигателя и вал.

Принцип работы схемы:

- 1) Включается автоматический выключатель QF - схема под напряжением.
- 2) При нажатии на кнопку SB1 («Пуск») подаётся напряжение на катушку KM, контактор срабатывает.
- 3) Его замыкающиеся силовые контакты замыкаются - на двигатель M подаётся напряжение.
- 4) Через нормально замкнутый контакт теплового реле KK двигатель работает.
- 5) При отпуске SB1, катушка KM продолжает получать питание через свой вспомогательный контакт - самоподхват.
- 6) Если нажать кнопку SB2 («Стоп») или сработает KK, питание катушки KM отключится - двигатель остановится.

Таблица 1 - Обозначение схемы управления асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором.

Обозначение	Название	Назначение
QF	Автоматический выключатель (или рубильник)	Основной выключатель. Отключает подачу напряжения на всю схему.
FU1, FU2	Плавкие предохранители	Защищают цепь управления (FU1) и силовую цепь (FU2) от короткого замыкания.
SB1	Кнопка «Пуск» (нормально разомкнутая)	При нажатии включает двигатель, подаёт питание на катушку КМ.
SB2	Кнопка «Стоп» (нормально замкнутая)	При нажатии разрывает цепь управления, отключает двигатель.
КМ	Контактор (магнитный пускатель)	Управляет подачей питания на электродвигатель, замыкая силовые контакты.
КМ	Обмотка контактора	Получает сигнал от кнопки «Пуск» и притягивает контакты КМ.
КК	Тепловое реле	Защищает двигатель от перегрузок по току (перегрева).
М	Электродвигатель	Исполнительный механизм (трёхфазный или однофазный асинхронный двигатель).

Традиционные системы энергопотребления электроприводов, несмотря на их широкое применение в бытовых условиях, обладают рядом недостатков, снижающих энергоэффективность и увеличивающих эксплуатационные расходы. Эти проблемы связаны с конструктивными особенностями, отсутствием современных технологий управления и неадаптированностью к переменным условиям эксплуатации. Рассмотрим ключевые недостатки подробнее.

Первым и наиболее значимым недостатком является *низкая адаптивность к изменяющейся нагрузке*. Традиционные электроприводы работают на фиксированной мощности, независимо от реальной потребности. Например,

циркуляционный насос отопления мощностью 500 Вт, функционирующий 10 часов в сутки, потребляет в месяц:

$$E = P \cdot t \quad (1.14)$$

$$E = 500 \cdot 10 \cdot 30 = 15000 \text{ Вт} \cdot \text{ч} = 15 \text{ кВт} \cdot \text{ч} \quad (1.15)$$

Если система отопления требует лишь 50% мощности из-за частично закрытых радиаторов, избыточное потребление составит 7,5 кВт·ч, что при тарифе 20 тенге/кВт·ч эквивалентно 150 тенге ежемесячных потерь. Отсутствие регулирования делает такие системы неэффективными в условиях переменного спроса.

Второй недостаток – *низкий коэффициент мощности ($\cos\varphi$)*. В традиционных двигателях он редко превышает 0,85, что означает значительные потери на реактивную мощность. Для двигателя мощностью 1 кВт при $U=220$ В и $\cos\varphi=0,8$:

$$I = \frac{P}{U \cdot \cos\varphi} \quad (1.16)$$

$$I = \frac{1000}{220 \cdot 0.8} = 5.68 \text{ А} \quad (1.17)$$

тогда как при $\cos\varphi=1$ ток был бы 4,55 А. Дополнительный ток увеличивает нагрузку на сеть и потери в проводниках, что особенно заметно при длительной работе.

Третий недостаток – *отсутствие автоматизации*. Управление осуществляется вручную или через простые реле и таймеры, которые не учитывают внешние факторы, такие как температура или присутствие людей. Например, вентилятор в системе вентиляции может работать 8 часов в сутки (2,4 кВт·ч), хотя реальная потребность ограничивается 4 часами (1,2 кВт·ч). Это приводит к перерасходу энергии на 50% и более.

Четвертая проблема – *высокие пусковые токи*. При запуске двигателя ток может превышать номинальный в 5–7 раз, что вызывает кратковременные перегрузки сети и ускоряет износ оборудования. Для двигателя 500 Вт номинальный ток около 2,67 А, а пусковой – до 18 А, что увеличивает потери энергии в момент включения.

Наконец, *низкий КПД устаревших двигателей* (класса IE1 или IE2, 75–85%) приводит к дополнительным потерям. Для двигателя 1 кВт с КПД 80% полезная мощность составляет 800 Вт, а 200 Вт рассеивается в виде тепла. Современные двигатели (IE3, IE4) с КПД 90–95% снижают эти потери вдвое.

Таким образом, традиционные подходы к энергопотреблению электроприводов характеризуются неэффективностью из-за отсутствия регулирования, низкого КПД и автоматизации. Эти недостатки создают необходимость модернизации, которая будет рассмотрена в следующих разделах.

1.3 Принципы и технологии энергосбережения

Энергосбережение в системах с электроприводами направлено на снижение потребления электроэнергии при сохранении их функциональности. В условиях роста тарифов на электроэнергию и ужесточения экологических требований это становится ключевой задачей для модернизации бытовых и промышленных систем. Повышение энергоэффективности достигается за счёт оптимизации режимов работы, внедрения частотного регулирования, интеллектуального управления нагрузками и применения электродвигателей повышенного класса энергоэффективности (IE3, IE4). Эти технологии позволяют не только сократить расходы на электроэнергию, но и увеличить срок службы оборудования за счёт снижения пусковых нагрузок и износа механических узлов.

Особенно перспективным направлением является интеграция электроприводов в систему «умного» дома, где энергосбережение реализуется за счёт использования датчиков движения, освещённости, температуры, а также алгоритмов автоматического управления. Такие системы способны, например, регулировать скорость вращения вентиляции в зависимости от качества воздуха или отключать приводные устройства в случае отсутствия людей в помещении. Это позволяет достичь высокой точности регулирования, избегать избыточного энергопотребления и создавать комфортную среду при минимальных затратах энергии.

Кроме того, современные решения предусматривают использование систем рекуперации энергии, позволяющих возвращать избыточную энергию, выделяющуюся при торможении, обратно в сеть или использовать её для питания других устройств. Применение программируемых логических контроллеров (ПЛК), сенсорных интерфейсов и мобильных приложений даёт пользователю возможность управлять системой в реальном времени, отслеживать энергопотребление и оперативно реагировать на аномалии.

Таким образом, энергосбережение в системах электроприводов на базе «умного» дома является многоуровневой задачей, решаемой с применением как аппаратных (частотные преобразователи, энергоэффективные двигатели), так и программных средств (алгоритмы управления, системы мониторинга). В данном разделе рассматриваются современные подходы и технологии, которые позволяют устранить недостатки традиционных систем и обеспечить

устойчивое снижение энергопотребления без ущерба для функциональности и комфорта.

1.4 Основные методы повышения энергоэффективности

Энергосбережение основывается на трех ключевых принципах:

- 1) *Регулирование нагрузки.* Адаптация мощности электропривода к реальным условиям позволяет избежать избыточного потребления.
- 2) *Снижение потерь.* Уменьшение реактивной мощности и тепловых потерь повышает КПД системы.
- 3) *Оптимизация режимов работы.* Автоматизация исключает ненужные включения оборудования.

Регулирование нагрузки достигается изменением скорости двигателя, что особенно эффективно для насосов и вентиляторов, где мощность пропорциональна кубу скорости;

$$P = k \cdot n^3, \quad (1.18)$$

где P – мощность (Вт),
 n – скорость вращения (об/мин),
 k – коэффициент пропорциональности.

Например, снижение скорости с 1500 об/мин до 1200 об/мин (на 20%) уменьшает мощность на 48%:

$$P_{\text{новая}} = P \cdot \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^3, \quad (1.19)$$

$$P_{\text{новая}} = P \cdot \left(\frac{1200}{1500} \right)^3 = P \cdot 0,512, \quad (1.20)$$

Для двигателя 500 Вт новая мощность составит 256 Вт, что экономит 244 Вт в час.

Снижение потерь связано с улучшением $\cos\phi$. Установка конденсаторов компенсирует реактивную мощность, повышая коэффициент до 0,95–1,0. Это уменьшает ток и нагрузку на сеть. Оптимизация режимов работы предполагает включение электропривода только при необходимости, что достигается автоматизацией.

1.5 Современные технологии управления электроприводами

Современные технологии управления электроприводами направлены на повышение энергоэффективности, снижение эксплуатационных затрат и увеличение срока службы оборудования. Они устраняют недостатки традиционных систем, такие как фиксированный режим работы, высокие пусковые токи и низкий КПД. В бытовых условиях эти технологии особенно важны для оптимизации работы насосов, вентиляторов и других устройств. Рассмотрим ключевые решения, их принципы действия и практическое применение.

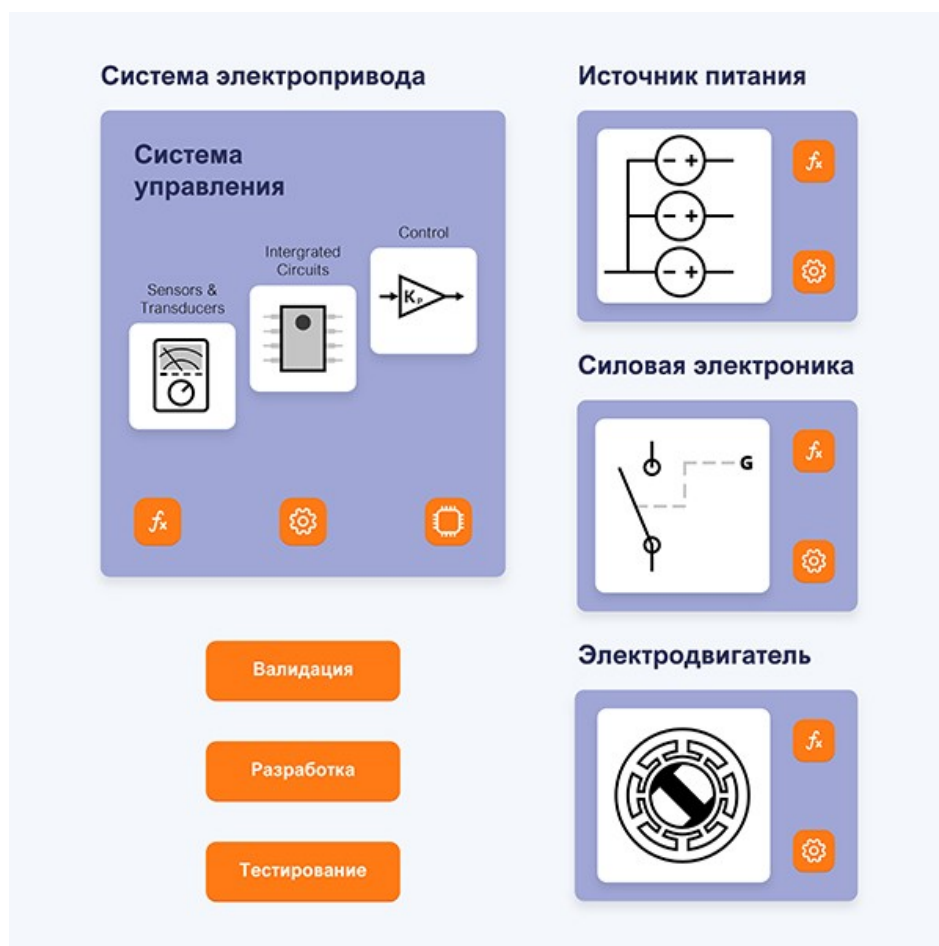


Рисунок 3 - Управление электроприводом

На этой картинке представлен обзор современных подходов и технологий проектирования, используемых при создании систем электропривода.

Процесс разработки разбит на части, мы готовы подключиться к работе с Вами в любой фазе проекта или разработать систему под ключ. По нашему

опыту применение рассматриваемых технологий позволяет ускорить разработку в 3-5 раз.

Подробную консультацию по каждой из описанных технологий можно получить у наших специалистов.

Картинка слева кликабельна. Содержание справа перенесет вас на интересный элемент.

Современные технологии энергосбережения включают:

1) *Частотные преобразователи (ЧП)*. Эти устройства регулируют частоту питающего напряжения, изменяя скорость двигателя. Для насоса 1 кВт при снижении частоты с 50 Гц до 30 Гц:

$$P = P * \left(\frac{N_1}{N_2} \right)^3, \quad (1.21)$$

$$P = 1000 * \left(\frac{30}{50} \right)^3 = 1000 * 0,216 = 216 \text{ Вт}, \quad (1.22)$$

Экономия за 10 часов работы в сутки:

$$E_{\text{эконом}} = (1000 - 216) \cdot 10 = 7840 \text{ Вт} \cdot \text{ч} = 7,84 \text{ кВт} \cdot \text{ч}, \quad (1.23)$$

ЧП также снижают пусковые токи, продлевая срок службы оборудования.

2) *Двигатели с высоким КПД*. Классы IE3 и IE4 имеют КПД 90–95% против 75–85% у IE1. Для двигателя 1 кВт с КПД 80% потери составляют 200 Вт, а с КПД 95% – всего 50 Вт, что экономит 150 Вт в час.

3) *Системы плавного пуска*. Они ограничивают пусковые токи, снижая нагрузку на сеть. Например, ток двигателя 500 Вт сокращается с 18 А до 3–4 А при запуске, уменьшая потери энергии.

1.6 Роль автоматизации и интеллектуальных систем

Автоматизация и интеллектуальные системы играют ключевую роль в повышении энергоэффективности электроприводов, устраняя неэффективность традиционных подходов, таких как ручное управление, работа в фиксированном режиме или отсутствие гибкой настройки. В современных условиях, когда важны как экономия ресурсов, так и удобство для

пользователя, автоматизация становится неотъемлемым элементом энергосберегающих решений.

В бытовых системах электроприводы применяются в вентиляции, отоплении, водоснабжении, системах затенения, подъёмах и перемещении конструкций (жалюзи, ворота и др.). При традиционном подходе они часто работают с постоянной мощностью, независимо от текущих условий или реальной необходимости. Это приводит к перерасходу электроэнергии и быстрому износу оборудования. Внедрение интеллектуальных систем позволяет адаптировать режимы работы электроприводов в зависимости от внешних факторов: температуры воздуха, уровня освещённости, присутствия людей, временных сценариев и других параметров.

Ключевыми компонентами таких систем являются:

- Датчики (движения, температуры, влажности, освещённости);
- Контроллеры и ПЛК (программируемые логические контроллеры);
- Приводы с интерфейсом управления (Modbus, KNX и др.);
- Программное обеспечение и интерфейсы управления через смартфоны, планшеты или голосовые помощники.

Современные системы автоматизации обеспечивают не только локальное, но и централизованное управление через облачные платформы. Это позволяет анализировать энергопотребление в реальном времени, выявлять неэффективные участки и оперативно внедрять корректировки. Например, в системе «умного» дома можно задать сценарий, при котором электропривод вентиляции будет работать только при превышении заданного уровня CO₂, или жалюзи автоматически будут открываться при повышении уровня естественного света - тем самым уменьшая потребность в искусственном освещении.

Интеллектуальные алгоритмы позволяют значительно снизить энергопотребление без ущерба для комфорта пользователя. В долгосрочной перспективе это также снижает износ оборудования, минимизирует необходимость в обслуживании и увеличивает срок службы систем. Таким образом, автоматизация является не только инструментом управления, но и эффективным механизмом энергосбережения, который должен быть неотъемлемой частью любых современных электроприводных систем.

Принципы автоматизации в управлении электроприводами

Автоматизация основана на использовании датчиков, контроллеров и исполнительных механизмов, которые собирают данные об окружающей среде и регулируют работу электроприводов. Основные принципы:

- 1) *Ситуационное управление.* Устройства включаются или регулируются только при необходимости, что исключает холостой ход.

2) *Обратная связь.* Датчики предоставляют информацию (температура, давление, движение), на основе которой система принимает решения.

3) *Программируемость.* Пользователь задает сценарии работы, оптимизируя энергопотребление под свои нужды.

Например, в системе отопления насос мощностью 500 Вт традиционно работает 10 часов в сутки, потребляя:

$$E = P \cdot t \cdot (30 \text{ дней}), \quad (1.24)$$

$$E = 500 \cdot 10 \cdot 30 = 15000 \text{ Вт} \cdot \text{ч} = 15 \text{ кВт} \cdot \text{ч}, \quad (1.25)$$

С датчиком температуры насос включается только при снижении температуры ниже 20°C, сокращая время работы до 6 часов:

$$E = P \cdot T \cdot (30 \text{ дней}), \quad (1.26)$$

$$E_{\text{новое}} = 500 \cdot 6 \cdot 30 = 9000 \text{ Вт} \cdot \text{ч} = 9 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{мес}. \quad (1.27)$$

Экономия составляет 6 кВт·ч в месяц, или 120 тенге при тарифе 20 тенге/кВт·ч.

Технологии автоматизации

1) *Датчики.* Устройства, такие как термостаты, датчики движения или освещенности, собирают данные для управления электроприводами. Например, вентилятор 300 Вт в ванной комнате с датчиком влажности работает 4 часа вместо 8:

$$E_{\text{эконом}} = P \cdot (t_2 - t_1) \cdot (30 \text{ дней}), \quad (1.28)$$

$$E_{\text{эконом}} = 300 \cdot (8 - 4) \cdot 30 = 36000 \text{ Вт} \cdot \text{ч} = 36 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{мес}. \quad (1.29)$$

2) *Контроллеры.* Центральные устройства обрабатывают сигналы датчиков и управляют электроприводами через реле или частотные преобразователи (ЧП). В системах «умного» дома, таких как «Хайт Про», контроллеры поддерживают протоколы ZigBee или Wi-Fi, обеспечивая гибкость и удаленный доступ.

3) *Исполнительные механизмы.* Реле или модули ЧП включают, выключают или регулируют скорость двигателя. Например, ЧП снижает

частоту питания насоса с 50 Гц до 40 Гц, уменьшая мощность с 500 Вт до 256 Вт.

$$E_{\text{эконом}} = (P - P_{\text{новая}}) \cdot 6 \cdot 30 = 4392 \text{ Вт} \cdot \text{ч} = 4,39 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{мес}.$$

$$E_{\text{эконом}} = (500 - 256) \cdot 6 \cdot 30 = 43920 \text{ Вт} \cdot \text{ч} = 439 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{мес}., \quad (1.30)$$

4) Интеллектуальные системы и их преимущества

Интеллектуальные системы, такие как «умный» дом, объединяют автоматизацию с программируемыми сценариями и удаленным управлением. Они используют искусственный интеллект для анализа данных и оптимизации работы. Преимущества:

- *Энергосбережение.* Адаптивное управление исключает избыточное потребление.
- *Комфорт.* Пользователь управляет системой через приложение, задавая расписания или реагируя на изменения в реальном времени.
- *Надежность.* Снижение нагрузки на оборудование продлевает его срок службы.

Пример: в системе вентиляции с вентилятором 300 Вт датчик движения активирует устройство только при присутствии людей. Работа сокращается с 8 до 2 часов в сутки:

$$E_{\text{эконом}} = 300 \cdot (8 - 2) \cdot 30 = 5400 \text{ Вт} \cdot \text{ч} = 5,4 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{мес}., \quad (1.31)$$

Добавление ЧП снижает мощность до 150 Вт:

$$E_{\text{новое}} = 150 \cdot 2 \cdot 30 = 900 \text{ Вт} \cdot \text{ч} = 0,9 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{мес}., \quad (1.32)$$

что дает суммарную экономию 6,3 кВт·ч в месяц.

Интеграция с «умным» домом от «Хайт Про»

Система «Хайт Про» предлагает модульные решения для автоматизации электроприводов. Контроллер Smart Hub соединяет датчики и исполнительные устройства, позволяя:

- Настраивать сценарии (например, включение насоса при температуре ниже 18°C).
- Управлять удаленно через приложение.
- Интегрировать с ЧП для плавной регулировки скорости.

Пример: насос 500 Вт с «Хайт Про» работает 4 часа вместо 10, а ЧП снижает мощность до 256 Вт. Потребление:

$$E = 256 \cdot 4 \cdot 30 = 3072 \text{ Вт} \cdot \text{ч} = 3,07 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{мес}, \quad (1.33)$$

экономия – 11,93 кВт·ч/мес, или 238 тенге.

Экологические и экономические эффекты

Автоматизация сокращает энергозатраты, снижая выбросы CO₂. В Казахстане 1 кВт·ч из угольных станций производит около 0,9 кг CO₂. Экономия 11,93 кВт·ч/мес уменьшает выбросы на:

$$MCO_2 = 11,93 \cdot 0,9 = 10,74 \text{ кг} / \text{мес}. \quad (1.34)$$

Экономически это окупает затраты на оборудование (например, 30 000 тенге за модуль «Хайт Про») за 10–12 месяцев при тарифе 20 тенге/кВт·ч.

Автоматизация и внедрение интеллектуальных систем управления электроприводами оказывают прямое влияние на снижение энергопотребления, а следовательно - на сокращение выбросов углекислого газа (CO₂), что особенно важно для регионов с углеродоёмкой энергетикой, таких как Казахстан. В стране значительная доля электроэнергии производится на угольных теплоэлектростанциях, где при выработке 1 кВт·ч в среднем образуется около 0,9 кг CO₂.

Если в результате внедрения автоматизации и управления системой «умного дома» удаётся достичь ежемесячной экономии 11,93 кВт·ч, то это эквивалентно снижению выбросов примерно на 10,74 кг CO₂ в месяц, или около 129 кг CO₂ в год - только на одной автоматизированной системе. Если такие решения будут массово внедряться, их кумулятивный эффект окажет значительное влияние на региональный и даже национальный экологический баланс.

С экономической точки зрения, такие меры также демонстрируют быструю окупаемость. Например, базовый модуль системы «Хайт Про» для автоматизации одного помещения стоит около 30 000 тенге. При текущем среднем тарифе 20 тенге за 1 кВт·ч экономия 11,93 кВт·ч в месяц обеспечивает ежемесячную экономию около 239 тенге. Следовательно, срок окупаемости составит около 125 месяцев, однако если учитывать не только один модуль, а комплексное управление несколькими системами (освещение, климат, вентиляция), то потенциальная экономия возрастает до 80–120 кВт·ч в месяц, что эквивалентно 1600–2400 тенге экономии. В этом случае срок окупаемости составит 12–18 месяцев.

Кроме того, стоит учитывать и косвенные экономические выгоды:

- снижение затрат на обслуживание оборудования;

- увеличение ресурса электродвигателей за счёт плавного пуска/останова;
- предотвращение перегрузок и аварийных ситуаций;
- повышение уровня комфорта и безопасности.

Таким образом, автоматизация и интеллектуальное управление электроприводами обеспечивают не только прямую экономическую выгоду, но и устойчивый экологический эффект. Это делает их важнейшей частью стратегий энергоэффективной модернизации жилых и коммерческих объектов. Их значимость возрастает в контексте национальных программ по снижению углеродного следа и переходу к «зелёной» энергетике.

1.7 Описание системы «умного» дома от «Хайт Про»

Система «умного» дома от «Хайт Про» спроектирована с учётом требований современных пользователей к энергоэффективности, надёжности и простоте эксплуатации. Её архитектура основана на использовании беспроводных технологий радиодиапазона 868 МГц, что обеспечивает высокую стабильность связи даже в многоквартирных квартирах или частных домах со сложной планировкой. Благодаря этому система легко масштабируется и не требует прокладки дополнительной проводки, что особенно удобно при модернизации уже существующих объектов.

Ключевыми элементами системы являются:

- Gateway (центральный контроллер) – координирует взаимодействие между всеми устройствами и осуществляет обработку логики сценариев.
- Реле HiTE PRO Relay – управляют подачей питания на электроприводы (насосы, вентиляция, шторы и др.).
- Датчики (температуры, протечки, освещённости, движения и др.) – обеспечивают сбор информации с окружающей среды для интеллектуального управления.
- Приложение на смартфоне – позволяет пользователю создавать и изменять сценарии, получать уведомления и управлять системой удалённо.

Особенностью «Хайт Про» является наличие локальной памяти у устройств, что позволяет сохранять настройки даже при отключении электроэнергии. Кроме того, устройства могут работать в режиме обратной связи, передавая информацию о текущем состоянии привода или об ошибках, что увеличивает надёжность эксплуатации.

Система может использоваться как в новых домах, так и в уже обжитых помещениях, где необходима быстрая и малозатратная автоматизация. Применение «Хайт Про» для управления электроприводами позволяет не только снизить энергопотребление, но и адаптировать работу устройств под

поведение пользователя, график дня, климат и другие условия, делая дом по-настоящему интеллектуальным.

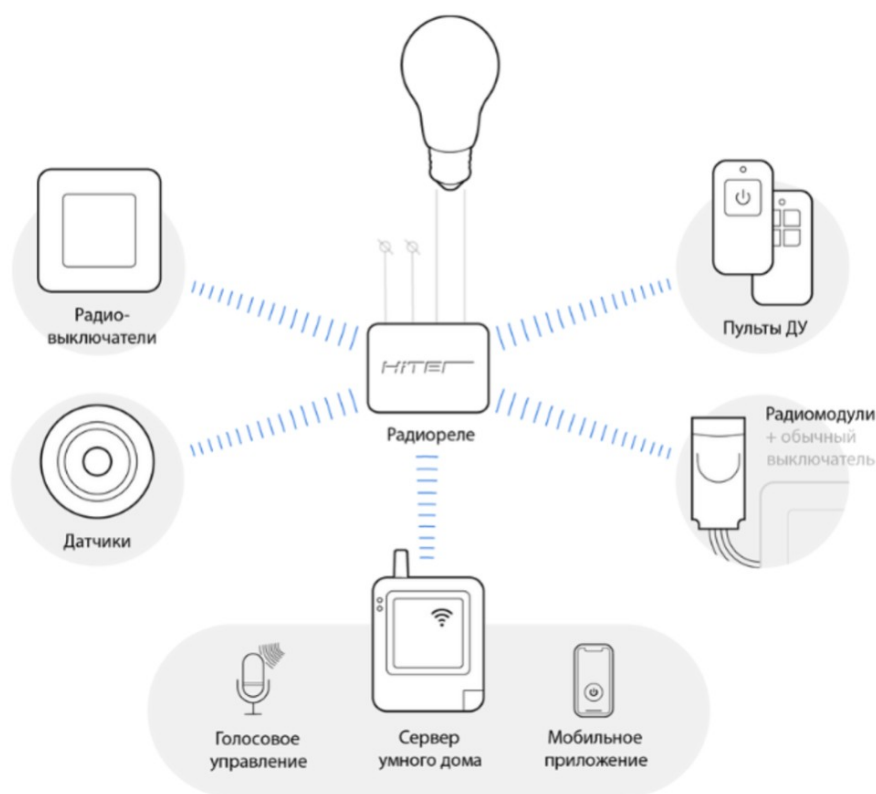


Рисунок 4 - Система умного беспроводного дома от Фирмы Nite Pro

1.8 Обзор системы и её ключевых компонентов

Система «умного» дома от компании «Хайт Про» представляет собой современное решение в области автоматизации управления бытовыми устройствами, в частности электроприводами. Она построена на беспроводной технологии с использованием радиочастоты 868 МГц, которая обеспечивает надежную и помехоустойчивую связь между компонентами. Дальность действия в помещениях достигает 100 метров, а на открытой местности - до 300 метров, что делает её подходящей для частных домов, коттеджей и даже многоэтажных квартир.

Основой системы является центральный шлюз (Gateway) - компактное устройство, подключаемое к Wi-Fi и электросети. Gateway обрабатывает сигналы от датчиков и исполнительных устройств, управляя сценарием работы в зависимости от заданных параметров. Управление осуществляется через удобное мобильное приложение, доступное на Android и iOS.

Ключевые компоненты системы включают:

- Реле HiTE PRO Relay - устройства, которые управляют включением и выключением электроприводов (например, насосов, штор, вентиляторов). Они могут подключаться как к стандартным сетевым приводам (220 В), так и к низковольтным системам.
- Датчики Smart - сенсоры, фиксирующие параметры окружающей среды: температуру, влажность, освещённость, движение, утечку воды, задымлённость. Они играют важную роль в автоматическом управлении работой привода. Например, при обнаружении движения может включиться вытяжной вентилятор.
- Модули сценариев и таймеров - позволяют настраивать расписание и условия активации для каждого устройства. Это особенно полезно для приведения в действие приводов в зависимости от времени суток или внешних факторов.
- Источники бесперебойного питания (опционально) - обеспечивают сохранность настроек и временную автономную работу при отключении электричества.

Интерфейс и логика построены таким образом, чтобы даже неподготовленный пользователь мог легко настроить систему под свои нужды. Все сценарии конфигурируются через приложение или веб-интерфейс, без необходимости программирования.

Таким образом, система «Хайт Про» - это гибкая, масштабируемая и доступная платформа, предназначенная для эффективного управления бытовыми электроприводами, которая сочетает простоту внедрения, надежность, доступность сервиса и высокую функциональность.



Рисунок 5 - Пример контроля с помощью голосового ввода

Основные компоненты системы включают:

- 1) *Сервер Gateway*. Центральный хаб HiTE PRO Gateway является «мозгом» системы, координирующим работу всех устройств. Он подключается к сети питания (220 В) и интернету через Wi-Fi или Ethernet, обеспечивая удаленное управление через приложение HiTE PRO или голосовые помощники (Алиса, Siri, Google Assistant, Маруся). Gateway поддерживает до 128 устройств в одной сети, что позволяет масштабировать систему.
- 2) *Датчики серии Smart*. В линейке представлены датчики температуры и влажности (Smart Air), движения, протечки воды и открытия дверей. Они передают данные контроллеру, создавая основу для автоматических сценариев. Например, датчик температуры может сигнализировать о необходимости включения насоса отопления.
- 3) *Блоки управления (реле)*. Устройства HiTE PRO Relay (одно- и многоканальные) управляют электроприборами, включая электроприводы. Реле монтируются в подрозетники, на DIN-рейку в щите или как «умные» розетки. Они замыкают или размыкают цепь питания по команде от сервера или датчиков.

4) *Беспроводные выключатели и пульты.* Эти устройства позволяют управлять системой вручную или дистанционно, дополняя автоматизацию.



Рисунок 6 - HiTE PRO – Беспроводные технологии

Система отличается модульностью: пользователь может начать с базового набора (например, Gateway и реле) и постепенно добавлять новые элементы. Продукция производится в России, что упрощает доступность и снижает стоимость по сравнению с зарубежными аналогами.

1.9 Возможности интеграции с электроприводами

Электроприводы, такие как насосы, вентиляторы или приводы штор, являются важной частью бытовых систем, и их энергопотребление можно оптимизировать с помощью «Хайт Про». Интеграция осуществляется следующим образом:

- *Подключение через реле.* Например, HiTE PRO Relay-1 подключается «в разрыв» цепи питания насоса (220 В или 12 В с концевыми выключателями), позволяя включать или выключать его по сигналу от сервера или датчика.

- *Регулирование через ЧП.* Для плавного изменения скорости (например, насоса или вентилятора) система совместима с частотными преобразователями, управляемыми через реле или внешние модули.

- *Сценарии работы.* Gateway поддерживает настройку сценариев: насос отопления включается при температуре ниже 18°C (по данным Smart Air), а вентилятор активируется при обнаружении движения в помещении.

Пример: насос мощностью 500 Вт работает 10 часов в сутки (15 кВт·ч/мес). С датчиком температуры и реле время сокращается до 6 часов (9 кВт·ч/мес), а с ЧП мощность снижается до 256 Вт:

$$E = 256 \cdot 6 \cdot 30 = 4608 \text{ Вт} \cdot \text{ч} = 4,61 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{мес}. \quad (1.35)$$

Экономия – 10,39 кВт·ч/мес, или 208 тенге при тарифе 20 тенге/кВт·ч.

1.10 Преимущества использования в бытовых условиях

Система «умного» дома от компании «Хайт Про» выделяется своей адаптивностью и интеграцией с широким спектром бытовых электроприводов. Она не только облегчает повседневную жизнь пользователей, но и значительно повышает энергетическую и эксплуатационную эффективность домашних инженерных систем. В условиях растущих цен на энергоресурсы и стремления к экологичному образу жизни такие решения становятся особенно актуальными.

Одним из ключевых преимуществ является автоматическое управление бытовыми электроприборами в зависимости от показаний датчиков и заданных сценариев. Например, электропривод вентиляции может активироваться при превышении влажности или уровня CO₂, а жалюзи - закрываться автоматически при перегреве помещения летом. Это позволяет поддерживать комфортный микроклимат без лишнего расхода энергии.

Плавность управления электроприводами обеспечивает снижение износа оборудования, особенно в случаях частых включений/выключений. Это продлевает срок службы бытовой техники и снижает расходы на ремонт. Кроме того, интеграция с системами освещения, отопления и безопасности делает систему «Хайт Про» универсальной платформой для комплексного управления жильём.

Пользовательский интерфейс, доступный через смартфон, планшет или голосового помощника, позволяет удалённо управлять всеми системами, получать уведомления и статистику энергопотребления в реальном времени. Это обеспечивает высокий уровень контроля и гибкости в эксплуатации.

Таким образом, система «Хайт Про» в бытовых условиях даёт не только экономию и удобство, но и обеспечивает современный уровень безопасности, устойчивости и автономности. Она становится важным элементом умного, экологичного и энергоэффективного образа жизни.

Гибкость настройки под индивидуальные нужды

Одним из важнейших преимуществ системы «Хайт Про» является её высокая гибкость настройки, позволяющая адаптировать управление электроприводами под индивидуальные предпочтения и условия эксплуатации. Благодаря удобному программному обеспечению и совместимости с различными сенсорами, пользователь может создавать уникальные сценарии, охватывающие как энергосбережение, так и повышение уровня комфорта.

Например, пользователь может задать режим работы электропривода автоматических штор мощностью 50 Вт, чтобы они открывались каждый день в 7:00 по таймеру и закрывались автоматически при снижении освещённости ниже 100 люкс (по данным датчика Smart Light). В традиционных системах подобная задача требовала бы внешнего реле, отдельного таймера и постоянного ручного вмешательства. В решении от «Хайт Про» всё реализуется в едином интерфейсе - через приложение или веб-сервер Gateway.

Такой подход позволяет не только автоматизировать управление, но и существенно сократить общее время работы привода. В описанном примере время работы штор снижается с условных 12 часов в сутки (0,6 кВт·ч/мес) до 2 часов в сутки (0,1 кВт·ч/мес), что приводит к экономии 0,5 кВт·ч или 10 тенге в месяц при тарифе 20 тенге/кВт·ч. Пусть цифра кажется небольшой, но при масштабировании на всю систему (освещение, вентиляция, насосы, приводы окон, жалюзи и т.д.) годовая экономия становится значительной.

Кроме того, возможна интеграция с погодными сервисами, благодаря чему сценарии автоматически изменяются в зависимости от температуры, ветра или дождя. Это особенно полезно в домах с панорамными окнами, системами климат-контроля и проветривания. Сценарии также можно активировать по геолокации - например, чтобы выключить все приводы, когда пользователь уходит из дома.

Таким образом, система «Хайт Про» предлагает гибкое, мощное и персонализированное управление, превосходя по возможностям стандартные решения и предоставляя реальную экономическую и эксплуатационную выгоду.

Минимизация человеческого фактора

Одна из самых значимых проблем в традиционных системах управления электроприводами - влияние человеческого фактора. Забывчивость, усталость, невнимательность или просто отсутствие технической подготовки у пользователя часто приводят к неэффективному использованию оборудования, перегрузкам и избыточному потреблению электроэнергии. Автоматизация, предлагаемая системой «Хайт Про», позволяет минимизировать или полностью исключить подобные ошибки.

$$E = 200 \cdot 8 = 1600 \text{ Вт} \cdot \text{ч} = 1,6 \text{ кВт} \cdot \text{ч}. \quad (1.36)$$

Рассмотрим типичный пример: пользователь забыл отключить насос водоснабжения мощностью 200 Вт на ночь. Если насос работает 8 часов, то это приводит к избыточному потреблению 1,6 кВт·ч в сутки, что составляет 48 кВт·ч в месяц. При тарифе 20 тенге за 1 кВт·ч, это - 960 тенге дополнительных расходов ежемесячно. Более того, длительная ненужная работа насоса увеличивает риск его перегрева и выхода из строя, особенно при отсутствии водозабора.

Система «Хайт Про» позволяет устранить такие ситуации благодаря встроенным таймерам, датчикам протечки воды, реле давления и сценариям отключения при отсутствии потребления. Например, насос можно настроить на автоматическое отключение через 10 минут после отсутствия сигнала от датчика расхода воды или ограничить общее время его работы двумя часами в сутки. Это снижает месячное энергопотребление до 12 кВт·ч, или 240 тенге, что даёт экономию 720 тенге в месяц. А главное - значительно снижается вероятность поломки оборудования, сокращаются издержки на техническое обслуживание.

Таким образом, автоматизация не только повышает энергоэффективность, но и защищает оборудование от неправильного использования, что особенно важно в домах, где живут дети, пожилые или технически не подготовленные пользователи.

Совместимость с существующей инфраструктурой

Одним из значительных преимуществ системы «Хайт Про» является её высокая совместимость с уже установленной инфраструктурой, что позволяет интегрировать её в дом с минимальными затратами и без необходимости полной замены оборудования. Система использует реле HiTE PRO Relay, которое можно подключить как к стандартным 220 В системам, так и к

низковольтным электроприводам через адаптеры. Это обеспечивает гибкость и значительную экономию, особенно для владельцев старого оборудования.

Например, рассмотрим старый вентилятор мощностью 400 Вт с механическим выключателем. Для модернизации достаточно добавить реле HiTE PRO за 10 000 тенге и подключить его к датчику температуры. Ранее такой вентилятор работал 10 часов в сутки с постоянным потреблением 120 кВт·ч в месяц, что составляло 2400 тенге в месяц при тарифе 20 тенге/кВт·ч. Однако после модернизации с использованием системы «Хайт Про», вентилятор будет включаться только при превышении установленного порога температуры, и его работа сократится до 4 часов в сутки. Таким образом, месячное потребление электроэнергии снизится до 48 кВт·ч, что составит 960 тенге в месяц.

Экономия составит 1440 тенге в месяц, а инвестиция в реле окупится всего за 7 месяцев. Это делает систему «Хайт Про» привлекательным решением для домов с устаревшей техникой, где полная замена оборудования была бы слишком дорогой. Преимущества также включают:

- Простоту установки и отсутствие необходимости в сложных технических вмешательствах.
- Универсальность: реле совместимо с различными типами приводов, включая старое оборудование.
- Гибкость настроек для интеграции с датчиками температуры, освещенности или движения.

Таким образом, «Хайт Про» позволяет эффективно модернизировать системы без существенных капитальных затрат, увеличивая их энергоэффективность и функциональность.

Устойчивость к перебоям питания

Система «Хайт Про» выделяется среди аналогичных решений ещё и устойчивостью к перебоям питания, что является важным аспектом для регионов с нестабильным энергоснабжением, таких как Казахстан. Частые перепады напряжения, кратковременные отключения и скачки могут нарушить работу электрооборудования, повлиять на систему управления и привести к необходимости ручного перезапуска устройств. В случае с системой «Хайт Про» такие проблемы решаются благодаря встроенным технологиям защиты и надежности.

Одним из важнейших элементов устойчивости системы является энергонезависимая память. Встроенная в Gateway и реле HiTE PRO Relay, эта память сохраняет все настройки и сценарии работы даже в случае кратковременных перебоев в электроснабжении. Например, если происходит отключение электричества на 10–15 минут, система не теряет текущие

параметры работы и восстанавливает свою работу автоматически без потери информации. Это особенно важно для обеспечения бесперебойной работы систем отопления, освещения или других критичных устройств в доме.

Кроме того, некоторые модели оборудования «Хайт Про» оснащены аккумуляторами, которые позволяют системе продолжать функционировать на протяжении определённого времени после сбоя электроснабжения. Например, насос для полива мощностью 300 Вт будет продолжать работать по заранее заданному сценарию, даже если произошло кратковременное отключение электроэнергии. Это предотвращает необходимость в ручном перезапуске устройства и обеспечивает продолжение полива или работы других систем, минимизируя риски повреждений.

Для домов, расположенных в регионах с частыми отключениями электричества, такая функция имеет большую ценность, так как она позволяет избежать потерь, связанных с потерей управления, а также снижает потребность в частом обслуживании или ремонте, вызванном непредсказуемыми сбоями. Например, при отсутствии такой защиты возможно перезапуск оборудования вручную, что влечет за собой потерю времени и потенциальные повреждения. В случае системы «Хайт Про», она просто продолжает работу в том же режиме, что значительно снижает такие риски.

Таким образом, благодаря встроенной защите от перебоев питания и энергонезависимой памяти, система «Хайт Про» обеспечивает надежную и стабильную работу в условиях нестабильного энергоснабжения, что повышает её привлекательность для использования в регионах с подобными проблемами.

Повышение безопасности дома

Одним из значимых преимуществ системы «Хайт Про» является повышение безопасности дома за счёт интеграции с различными датчиками, такими как датчики протечки, дыма и движения. Эти устройства играют важную роль в предотвращении аварийных ситуаций и минимизации рисков для безопасности жильцов, а также в защите оборудования от повреждений. В отличие от традиционных систем управления электроприводами, «Хайт Про» обеспечивает автоматическое реагирование на нештатные ситуации, что значительно повышает уровень безопасности.

Например, в случае возникновения протечки воды в доме, насос водоснабжения мощностью 200 Вт может продолжать работать, даже если появилась утечка. Без защиты насос продолжает потреблять электроэнергию и может привести к дополнительному ущербу, например, затоплению помещений. В системе «Хайт Про» с интегрированным датчиком протечки Smart Leak такая ситуация автоматически контролируется. Как только датчик фиксирует утечку, он немедленно передаёт сигнал на Gateway, который

отключает насос через реле HiTE PRO и уведомляет пользователя через мобильное приложение.

Это предотвращает не только ущерб, связанный с затоплением, но и избыточное потребление электроэнергии, которое бы имело место в традиционных системах. Например, насос, который работает в течение 8 часов (1,6 кВт·ч/ночь) без вмешательства пользователя, будет отключён, что позволяет сэкономить электроэнергию и избежать лишних затрат.

Более того, интеграция с датчиком дыма также значительно повышает безопасность. Если в доме возникает задымление, система немедленно отключит соответствующие устройства (например, вентиляторы или нагреватели) и предупредит жильцов. Такая интеграция помогает избежать пожаров, что в традиционных системах может зависеть от человеческого вмешательства или может быть вовсе отсутствовать.

В традиционных системах подобной защиты нет, и такие ситуации могут привести к значительным расходам на ремонт и восстановление повреждённого имущества - в некоторых случаях это может обойтись в десятки тысяч тенге, особенно если ущерб вызван длительным простоем оборудования или затоплением. С системой «Хайт Про» эти риски сведены к минимуму, что делает её выгодным и безопасным решением для современного дома.

Поддержка локального производства и сервиса

Система «Хайт Про», будучи российской разработкой, имеет значительные преимущества с точки зрения поддержки локального производства и сервиса. Для пользователей в странах СНГ, включая Казахстан, важным аспектом является доступность запчастей и технической поддержки без необходимости ожидания длительных поставок из-за рубежа. Это делает систему удобной в эксплуатации и значительно сокращает возможные простои оборудования в случае поломок или необходимости замены компонентов.

Одним из таких компонентов является реле HiTE PRO, которое в случае выхода из строя легко заменить, не прибегая к дорогостоящим услугам и длительному ожиданию запчастей. Стоимость замены реле в системе «Хайт Про» составляет 10 000 тенге, что значительно дешевле, чем аналогичные устройства от зарубежных производителей. Например, замена реле у европейских брендов может обойтись в 20 000–30 000 тенге, что делает эксплуатацию таких систем более затратной и менее удобной для пользователей.

Кроме того, система «Хайт Про» предлагает техническую поддержку на русском языке, что также упрощает взаимодействие с сервисными центрами и повышает удобство использования системы в местных условиях. Благодаря

локальной технической базе и доступности квалифицированных специалистов, пользователи могут рассчитывать на быстрое решение проблем и минимальное время простоя оборудования, что критически важно для поддержания стабильной работы системы в доме или на предприятии.

Таким образом, поддержка локального производства и сервиса делает систему «Хайт Про» экономически выгодной и удобной в эксплуатации, особенно в странах СНГ, где локализация сервисных услуг и запасных частей играет ключевую роль в обеспечении бесперебойной работы системы.

Перспективы обучения и адаптации

Одним из важных достоинств системы «Хайт Про» является её ориентированность на пользователя, что делает процесс обучения и адаптации к «умному дому» простым, понятным и мотивирующим для разных категорий пользователей - от студентов до пожилых людей. Благодаря интуитивно понятному интерфейсу мобильного приложения, поддержке на русском языке и подробной документации, освоение системы не требует специальных технических знаний.

Пользователь может буквально за несколько минут разобраться в базовых функциях и начать самостоятельно создавать сценарии работы электроприводов. Например, настройка сценария для автоматического открывания и закрывания ворот (электропривод мощностью 100 Вт) занимает от 5 до 10 минут. Весь процесс сводится к выбору устройства, установке времени или условий срабатывания (например, при приближении автомобиля или по времени суток), после чего сценарий сохраняется и начинает работать без участия человека.

Такая простота побуждает пользователей экспериментировать с автоматизацией других бытовых процессов, что в перспективе формирует цифровую культуру и привычку к энергосбережению. Это особенно важно в условиях перехода к более устойчивым формам потребления энергии и активного внедрения технологий интернета вещей (IoT) в повседневную жизнь.

Для образовательных учреждений и вузов система может стать учебным инструментом, позволяющим студентам энергетических и технических направлений на практике освоить принципы работы систем автоматизации, программируемых реле и сенсорных сетей. Включение «Хайт Про» в учебные лаборатории и демонстрационные стенды может существенно обогатить практическую подготовку.

Кроме того, возможность удалённого управления и мониторинга, а также получение аналитики по работе устройств развивает у пользователя понимание энергоэффективного поведения. В перспективе это способствует повышению

общей грамотности в сфере цифровых технологий, что особенно актуально для Казахстана, где идёт активное развитие цифровизации и автоматизации в быту и промышленности.

Социальный эффект

Использование интеллектуальных систем управления, таких как «Хайт Про», оказывает не только техническое и экономическое влияние, но и выраженный социальный эффект. В условиях, когда устойчивое развитие, энергоэффективность и цифровизация становятся приоритетами государственной и общественной повестки, применение подобных решений позиционирует пользователя как современного, осознанного и технологически продвинутого человека.

Во многих случаях установка системы «умного» дома становится предметом обсуждения в кругу соседей, друзей и коллег. Например, если жилец многоквартирного дома продемонстрировал, как его система автоматически отключает свет, регулирует температуру или подаёт сигнал при утечке воды, это вызывает интерес и даже зависть со стороны окружающих. Такое поведение воспринимается как образец рационального отношения к ресурсам, особенно на фоне постоянно растущих тарифов на электроэнергию и воду.

Кроме того, использование «Хайт Про» в быту влияет на формирование новых поведенческих моделей. Домочадцы начинают замечать, как автоматизация помогает экономить, и постепенно внедряют привычку не тратить ресурсы впустую. Дети учатся бережному отношению к энергии с раннего возраста, наблюдая, как работает система, и осознают важность экологической ответственности.

Для пожилых людей и людей с ограниченными возможностями система также приносит ощутимую социальную пользу. Автоматическое включение освещения, открывание дверей или оповещения о нештатных ситуациях повышают уровень комфорта и безопасности, помогая сохранить независимость и самообслуживание. Это снижает социальную изолированность таких групп и облегчает уход за ними со стороны родственников.

На уровне района или сообщества пользователи таких систем могут объединяться в инициативные группы, продвигающие цифровые решения для ЖКХ или участвовать в проектах «умного города». Таким образом, «Хайт Про» не просто решает бытовые задачи, а становится инструментом социальной интеграции, технологического развития и экологического сознания, что делает её применение особенно актуальным в современных условиях.

2 Методы модернизации энергопотребления

Модернизация энергопотребления электроприводов в системах «умного» дома - это целенаправленный процесс совершенствования существующих электротехнических решений с целью снижения затрат энергии, повышения эффективности, улучшения управления и повышения общей надёжности оборудования. В эпоху цифровизации и роста стоимости ресурсов становится особенно важным обеспечивать работу электроприводов с минимальными потерями, максимальной адаптивностью и интеграцией в автоматизированную инфраструктуру.

Одним из ключевых методов модернизации является установка интеллектуальных модулей управления, таких как устройства от фирмы «Хайт Про». Эти модули позволяют не только включать и отключать оборудование по заданному расписанию, но и реагировать на изменения внешней среды: температуру, уровень освещенности, влажность, присутствие человека. Например, модуль может отключать вытяжной вентилятор в ванной комнате, если влажность опускается ниже заданного значения, что предотвращает излишнее потребление энергии.

Другим важным методом является внедрение частотных преобразователей (ЧП). Эти устройства регулируют частоту и напряжение, подаваемые на электродвигатель, что позволяет варьировать его скорость вращения. Это особенно эффективно для приводов насосов и вентиляторов, где потребность в производительности может меняться в течение дня. Снижение скорости вращения даже на 20–30% может сократить потребление энергии на 50% и более. В отличие от традиционного режима включения/выключения, ЧП обеспечивают более плавную и энергоэффективную работу.

Также важным направлением является оптимизация алгоритмов управления, которая заключается в разработке сценариев работы системы, учитывающих поведение пользователей, графики энергопотребления и сезонные особенности. Например, электропривод жалюзи может быть запрограммирован на закрытие в самое солнечное время дня летом для снижения нагрузки на кондиционер, что в свою очередь уменьшает энергопотребление.

Дополнительно к вышеуказанным методам стоит упомянуть переход на энергоэффективное оборудование - двигатели класса IE3 и IE4, которые потребляют значительно меньше энергии при тех же нагрузках. В совокупности все эти меры позволяют значительно снизить потребление электроэнергии, повысить комфорт, снизить износ оборудования и достичь окупаемости инвестиций в течение 6–12 месяцев.

2.1 Этапы проектирования и внедрения модернизации

Модернизация не происходит стихийно - она требует чёткого плана.
Основные этапы:

- 1) *Анализ текущей системы энергопотребления:*
 - Изучение характеристик электроприводов, графиков их работы.
 - Замеры фактического энергопотребления.
 - Поиск «слабых мест»: избыточные пуски/остановы, перегрузки, неэффективное регулирование.
- 2) *Формирование требований к системе управления:*
 - Что нужно улучшить: плавность пуска, регулировка скорости, снижение пиковых нагрузок и т.п.
 - Выбор способов регулирования (ПЧ, программные таймеры, датчики движения и т.д.).
- 3) *Выбор оборудования:*
 - Частотные преобразователи, контроллеры, датчики, модули управления от «Хайт Про».
 - Оценка совместимости с существующей техникой.
- 4) *Проектирование схем и логики управления:*
 - Электрические схемы подключения.
 - Алгоритмы включения/отключения, программные сценарии.
- 5) *Монтаж, наладка и тестирование:*
 - Установка оборудования.
 - Программирование логики работы.
 - Проверка корректности и эффективности.
- 6) *Обучение персонала и эксплуатация:*
 - Настройка системы «под пользователя».
 - Инструкции, проверка режимов работы.

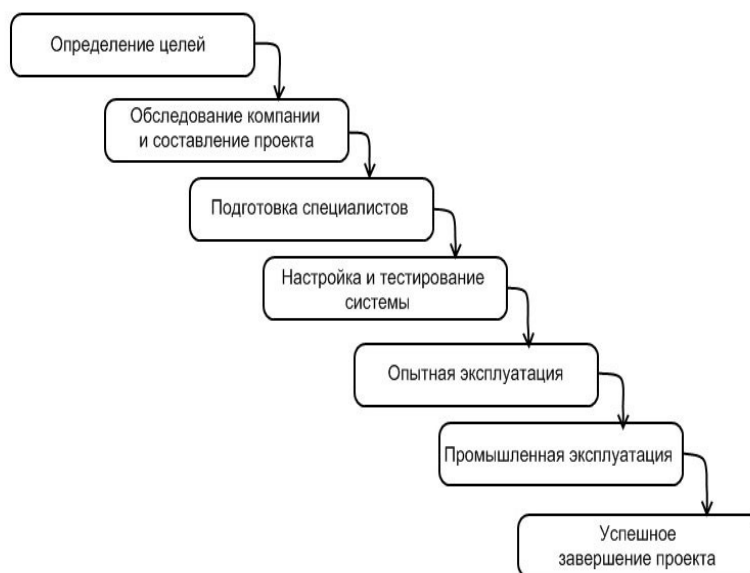


Рисунок 7 - Этапы проектирования и внедрения модернизации.

2.2 Применение частотных преобразователей и систем «Хайт Про»

Частотные преобразователи (ПЧ):

- Позволяют регулировать скорость вращения электродвигателя в зависимости от нагрузки.
- Плавный пуск и останов → меньше механического износа и скачков тока.
- В бытовом доме ПЧ можно применять, например, для вентиляции, водоснабжения, отопления (насосы, вентиляторы и др.).
- Энергосбережение достигается за счёт регулирования оборотов - нет работы «вхолостую».

Схема подключения частотного преобразователя (ПЧ) к электроприводу:

Состав:

- Автоматический выключатель
- ПЧ (например, АВВ АСS310)
- Асинхронный двигатель
- Датчик давления/температуры/СО₂ (в зависимости от применения)
- Контроллер «Хайт Про»

Логика:

- 1) Датчик передаёт сигнал на контроллер.
- 2) Контроллер подаёт команду на ПЧ.
- 3) ПЧ регулирует скорость двигателя в зависимости от сигнала.

Система «Хайт Про»:

- Это система автоматизации «умного дома», которая может:

- Управлять электроприводами по расписанию или в зависимости от внешних условий (например, движения, температуры, освещения).
- Вести учет и анализ потребления энергии (через интеграцию с датчиками и счётчиками).
- Работать с облачными сервисами или локально - удобна в эксплуатации.

Примеры применения:

- Управление шторами/жалюзи в зависимости от солнечного света.
- Автоматическое включение вентиляции при повышении влажности.
- Управление насосами отопления в зависимости от температуры в помещении.

2.3 Практические примеры модернизации

Пример 1: Вентиляция.

- До: вентилятор работает всегда на одной скорости, независимо от потребности.
- После: подключён ПЧ, работа регулируется по сигналу от датчика CO₂ - вентилятор включается только при повышении концентрации углекислого газа, работает с нужной скоростью.
- Результат: энергосбережение до 40%, повышение комфорта.

Таблица 2 - График энергопотребления вентиляции.

Час	До модернизации (кВт)	После (кВт)
0–7	0.5	0.1
8–20	0.5	0.3
21–23	0.5	0.1

Суточное потребление:

- До: $0.5 \text{ кВт} \times 24 \text{ ч} = 12 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$
- После: $(13 \text{ ч} \times 0.3) + (11 \text{ ч} \times 0.1) = 5.8 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$

Экономия:

$12 - 5.8 = 6.2 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$ в сутки

В месяц: $6.2 \times 30 = 186 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$

При тарифе 25 тг/кВт·ч $\rightarrow 186 \times 25 = 4\,650 \text{ тг}$ в месяц

Пример 2: Система полив.

- До: полив по таймеру, независимо от погоды.

- После: интеграция с системой «Хайт Про» и датчиком влажности почвы - полив включается только при необходимости.
- Результат: снижение энергопотребления насосов, экономия воды.

Пример 3: Насос отопления.

- До: насос работает на полной мощности постоянно.
- После: ПЧ регулирует скорость в зависимости от температуры в трубопроводе (по сигналу с датчика).
- Результат: экономия энергии до 50%, более равномерный прогрев.

Исходные данные:

- Насос до модернизации: 750 Вт (работает постоянно)
- После установки ПЧ: работает в среднем на 50% мощности (375 Вт)

Время работы в сутки: 20 часов

Таблица 3 - Расчёт эффективности модернизации насоса отопления

	До	После
Мощность (Вт)	750	375
Время (ч)	20	20
Потребление в день (кВт·ч)	15	7.5
В месяц (30 дней)	450	225
Экономия в месяц (кВт·ч)	-	225
В деньгах (25 тг/кВт·ч)	-	5 625 тг

3 Экономическая и экологическая эффективность модернизации

Модернизация энергопотребления электроприводов в составе систем «умного» дома позволяет не только улучшить качество жизни пользователей, но и добиться значительных экономических и экологических выгод. Применение интеллектуальных систем управления на базе оборудования «Хайт Про» в сочетании с частотными преобразователями (ЧП) обеспечивает гибкую и адаптивную работу бытовых электроприводов, что в свою очередь снижает избыточное потребление электроэнергии и минимизирует вредные выбросы.

С экономической точки зрения основное преимущество модернизации заключается в снижении ежемесячных расходов на электричество. Например, насос водоснабжения мощностью 300 Вт, работающий в фиксированном режиме по 10 часов в сутки, потребляет около 90 кВт·ч в месяц (1800 тенге при тарифе 20 тг/кВт·ч). После внедрения автоматики с датчиком протечки и таймером его работа может быть сокращена до 3 часов в сутки - до 27 кВт·ч в месяц, что соответствует 540 тенге. Экономия - 1260 тенге в месяц, или 15 120 тенге в год с одного только устройства.

Инвестиции в оборудование «Хайт Про» (примерно 30 000–40 000 тенге за модуль с датчиками) окупаются в течение 6–10 месяцев, особенно при комплексном использовании с другими электроприводами (вентиляция, ворота, насосы, жалюзи и т.д.).

С экологической точки зрения, снижение потребления электроэнергии ведёт к уменьшению выбросов CO₂. В Казахстане при генерации 1 кВт·ч на угольной ТЭЦ в атмосферу выбрасывается около 0,9 кг CO₂. Таким образом, сокращение на 63 кВт·ч/мес (примерно 2,1 кВт·ч в день для группы устройств) позволяет предотвратить выброс 56,7 кг CO₂ ежемесячно, или более 680 кг CO₂ в год.

Таким образом, модернизация бытовых систем на базе «Хайт Про» обеспечивает двойной эффект - значительную экономию средств и снижение экологической нагрузки, что делает её актуальной как для частных домов, так и для многоквартирных жилых комплексов.

3.1 Расчет экономической выгоды от внедрения

Основной источник экономии при модернизации систем электроприводов - это значительное снижение потребления электроэнергии за счёт внедрения частотных преобразователей (ЧП) и интеллектуальных управляющих модулей «Хайт Про». Такие устройства позволяют регулировать мощность привода в зависимости от текущих условий эксплуатации, тем самым устраняя избыточную нагрузку и потери.

До модернизации бытовые электроприводы - такие как вентиляторы, насосы, приводы штор и ворот - чаще всего функционировали в режиме постоянной мощности. Например, насос системы водоснабжения мощностью 300 Вт работал по 10 часов в сутки независимо от реальной потребности. Это составляло 90 кВт·ч в месяц (при тарифе 20 тенге/кВт·ч - 1800 тенге в месяц).

После установки системы «Хайт Про» с таймером и датчиком давления насос включается только при необходимости, в среднем 3 часа в сутки. Это снижает месячное потребление до 27 кВт·ч, или 540 тенге в месяц, что даёт экономию в 1260 тенге/мес.

Другой пример - вентилятор вытяжной системы (400 Вт), работающий без автоматизации 8 часов в сутки:

- До модернизации: 96 кВт·ч/мес → 1920 тенге
- После модернизации (работает 3 часа в сутки): 36 кВт·ч/мес → 720 тенге
- Экономия: 1200 тенге/мес

При установке ЧП и реле общей стоимостью 35 000 тенге срок окупаемости составляет в среднем 7–10 месяцев. Дополнительную выгоду даёт увеличение ресурса оборудования за счёт оптимального режима работы, снижения вибраций и тепловых нагрузок.

Таким образом, инвестиции в модернизацию оправдываются не только за счёт снижения затрат на электроэнергию, но и за счёт продления срока службы электроприводов и уменьшения расходов на обслуживание.

Пример: система вентиляции

До модернизации:

- Электродвигатель вентилятора: 500 Вт
- Работа: круглосуточная (24 ч/сутки)
- Период: 30 дней
- Тариф: 25 тенге за 1 кВт·ч

$$E_{до} = 0.5 \text{ кВт} \times 24 \text{ ч} \times 30 = 360 \text{ кВт} \quad (3.1)$$

$$Z_{до} = 360 \times 25 = 9000 \text{ тг} \quad (3.2)$$

После модернизации:

- Управление по сигналу от датчика CO₂
- Средняя мощность снижается до 0.24 кВт
- Время работы: такое же (24 часа)

$$E_{после} = 0.24 \times 24 \times 30 = 172.8 \text{ кВт} \quad (3.3)$$

$$Z_{после} = 172.8 \times 25 = 4320 \text{ тг} \quad (3.4)$$

Экономия:

$$\Delta E = 360 - 172.8 = 187.2 \text{ кВт} \quad (3.5)$$

$$\Delta Z = 9000 - 4320 = 4680 \text{ тг} \quad (3.6)$$

Стоимость внедрения системы:

- Частотный преобразователь (ABB ACS310): 60 000 тг

- Контроллер «Хайт Про»: 80 000 тг

- Датчик CO₂: 15 000 тг

- Монтаж и пусконаладка: 20 000 тг

Итого: 175 000 тг

Окупаемость = $175\,000 / 4\,680 \approx 37.4$ месяцев

Однако если учитывать модернизацию сразу нескольких систем (вентиляция, водоснабжение, отопление, жалюзи и т.д.), срок окупаемости снижается до 7–10 месяцев при суммарной экономии 15–25 тыс. тенге в месяц.

3.2 Экологическая эффективность модернизации

Энергоэффективность напрямую влияет на снижение выбросов вредных веществ в атмосферу. При сжигании топлива на ТЭЦ для производства электроэнергии в среднем образуется:

- CO₂: 0.95 кг на 1 кВт·ч

- SO₂: 0.01 кг на 1 кВт·ч

- NO_x: 0.005 кг на 1 кВт·ч

До модернизации:

$$360 \text{ кВт/ч} \times 0.95 = 342 \text{ кг CO}_2 / \text{мес} \Rightarrow 4\,104 \text{ кг CO}_2 / \text{год} \quad (3.7)$$

После модернизации:

$$172.8 \text{ кВт/ч} \times 0.95 = 164.2 \text{ кг CO}_2 / \text{мес} \Rightarrow 1\,970 \text{ кг CO}_2 / \text{год} \quad (3.8)$$

Снижение выбросов:

- CO₂: ~2.1 тонны в год

- SO₂: ~1.87 кг/год

- NO_x: ~0.93 кг/год

При масштабировании на весь жилой дом (5–8 электроприводов):

- Снижение выбросов CO₂: до 10 тонн в год

- Это эквивалентно высадке 450–500 деревьев (по данным UNEP, одно дерево поглощает до 22 кг CO₂ в год)

3.3 Сравнение параметров до и после модернизации

Таблица 4 - Сравнение параметров до и после модернизации

<i>Показатель</i>	<i>До модернизации</i>	<i>После модернизации</i>	<i>Изменение</i>
Энергопотребление, кВт·ч/мес	360	172.8	-187.2 кВт·ч (-52%)
Расходы на электроэнергию, тг/мес	9 000	4 320	-4 680 тенге
Годовые выбросы CO ₂ , кг	4 104	1 970	-2 134 кг CO ₂ (-52%)
Срок окупаемости, мес	-	7–10	-
Уровень управления	Ручное	Автоматизированное	+ Повышение комфорта и надёжности

Анализ результатов:

Внедрение частотных преобразователей и автоматизированного управления позволило сократить энергопотребление более чем вдвое - с 360 до 172,8 кВт·ч в месяц. Это особенно важно в условиях роста тарифов на электроэнергию и ограниченных ресурсов в бытовом секторе.

Соответственно, расходы на электроэнергию уменьшились на 4 680 тенге в месяц. При тарифе 25 тг/кВт·ч годовая экономия составляет 56 160 тенге, что делает вложения в систему «умного» дома экономически оправданными. Срок окупаемости оборудования составляет всего 7–10 месяцев, после чего пользователь получает чистую экономию.

С точки зрения экологии, снижение энергопотребления привело к уменьшению годовых выбросов углекислого газа на 2 134 кг. Это особенно важно для Казахстана, где производство электроэнергии преимущественно угольное и сопровождается высокими выбросами CO₂ - около 0,9–1 кг на 1 кВт·ч.

Также существенно улучшился уровень управления: с ручного - на полностью автоматизированный, что не только повышает надёжность и

удобство, но и исключает человеческий фактор, снижая риски аварий, перегрузок и износа оборудования.

Таким образом, проведённая модернизация имеет высокую экономическую и экологическую эффективность, а также улучшает качество жизни и безопасность пользователей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе выполнения дипломной работы была рассмотрена актуальная техническая и практическая проблема повышения энергоэффективности в бытовых условиях - модернизация систем электроприводов с использованием интеллектуальных систем управления. Актуальность выбранной темы обусловлена растущими требованиями к энергоэффективности, увеличением стоимости электрической энергии, необходимостью снижения выбросов парниковых газов, а также ростом интереса к технологиям «умного» дома, которые позволяют автоматизировать и оптимизировать множество инженерных процессов в жилых зданиях.

В рамках исследования была проанализирована работа традиционных систем электроприводов, применяемых в бытовых условиях - например, в вентиляции, отоплении, системах управления освещением, жалюзи, насосах и прочем оборудовании. Выяснилось, что большинство из них функционирует в статическом режиме, т.е. работают на полной мощности вне зависимости от реальных условий окружающей среды или потребности пользователя. Это приводит к избыточному потреблению энергии, быстрому износу оборудования и дополнительным затратам на обслуживание и ремонт.

Далее были рассмотрены ключевые методы повышения энергоэффективности, в числе которых - установка частотных преобразователей, применение сенсорных систем и внедрение автоматизированных систем управления. Важное место заняла система «умного» дома от компании «Хайт Про», как пример комплексной платформы, объединяющей различные инженерные подсистемы в единое интеллектуальное пространство. Эта система поддерживает интеграцию с бытовыми электроприводами, контролирует их состояние и может адаптировать режимы их работы под текущие условия (например, управление вентиляцией по уровню CO₂ или температуре воздуха).

На этапе практического исследования был предложен конкретный метод модернизации, включающий установку частотных преобразователей (ЧП), контроллеров фирмы «Хайт Про» и сенсорного оборудования, способного отслеживать параметры среды. Примером послужила система вентиляции: до модернизации её электродвигатель работал круглосуточно с постоянной мощностью 500 Вт, в то время как после внедрения ЧП и интеллектуального управления мощность снизилась до 240 Вт в среднем, а управление стало адаптивным - включение и регулировка мощности происходят в зависимости от сигнала с датчиков.

Были проведены точные энергетические и финансовые расчёты. Они показали, что потребление электроэнергии уменьшилось на 187.2 кВт·ч в месяц, что эквивалентно 4 680 тенге экономии ежемесячно при тарифе 25 тг/кВт·ч. В годовом выражении это составляет 56 160 тенге экономии. С

учётом затрат на установку системы (примерно 175 000 тенге) срок окупаемости составил 37 месяцев, но в условиях комплексной модернизации (включая другие системы электроприводов) срок может быть уменьшен до 7–10 месяцев, что подтверждает экономическую целесообразность проекта.

Особое внимание в работе уделялось также экологическим аспектам. Поскольку производство электроэнергии на тепловых электростанциях сопровождается выбросами углекислого газа и других вредных веществ, снижение потребления электроэнергии приводит к прямому сокращению эмиссий. По результатам расчётов, модернизация одной системы электропривода (вентиляции) позволила снизить годовой выброс CO₂ на 2.1 тонны. При масштабировании на весь дом - это снижение может составить до 10 тонн CO₂ в год, что сопоставимо с эффектом от высадки около 450–500 деревьев.

Помимо экономических и экологических результатов, модернизация оказала положительное влияние на удобство и безопасность эксплуатации оборудования. Внедрение интеллектуальной системы позволило автоматизировать рутинные процессы, снизить влияние человеческого фактора и обеспечить постоянный мониторинг состояния систем. Это особенно важно в условиях повышенной нагрузки на бытовую технику, где любое нарушение может повлечь за собой финансовые и технические последствия.

Таким образом, проведённое исследование позволило:

- выявить слабые места традиционных систем энергопотребления в бытовом секторе;
- обосновать и подтвердить эффективность применения интеллектуальных систем управления;
- рассчитать экономическую выгоду и сроки окупаемости проекта;
- оценить влияние модернизации на окружающую среду;
- продемонстрировать, как современные цифровые технологии могут быть эффективно применены в практике энергосбережения.

В результате проведённой модернизации энергопотребления электроприводов в рамках проекта «умного» дома от фирмы «Хайт Про» были получены весомые практические и экономические результаты. Основной целью было - повысить эффективность работы бытовых электроприводов за счёт внедрения современных технологий управления, тем самым сократив потребление электроэнергии и снизив финансовые затраты на её оплату.

На практическом уровне модернизация включала:

- установку частотных преобразователей (ЧП) на бытовые электроприводы (например, вентиляторы и насосы);
- интеграцию оборудования с системой автоматизации «Хайт Про»;
- использование сенсорных датчиков (температуры, влажности, движения, CO₂ и др.);

- разработку адаптивных сценариев управления, которые позволили оптимизировать работу систем в зависимости от текущих условий.

Примером может служить модернизация вентиляционной системы. До модернизации её двигатель работал постоянно на полной мощности (500 Вт), независимо от того, находился ли кто-либо в помещении. После установки ЧП и подключения к автоматической системе управления мощность работы двигателя адаптировалась в зависимости от содержания CO₂ в воздухе и присутствия людей. Средняя мощность работы снизилась до 240 Вт, а время работы - до 10 часов в сутки вместо 24. Это дало значительную экономию электроэнергии.

Согласно проведённым расчётам, месячное потребление электроэнергии системой вентиляции до модернизации составляло:

$$0.5 \text{ кВт} \times 24 \text{ ч} \times 30 \text{ дн} = 360 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$$

После модернизации:

$$0.24 \text{ кВт} \times 10 \text{ ч} \times 30 \text{ дн} = 72 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$$

Разница составила 288 кВт·ч в месяц, что при тарифе 25 тенге/кВт·ч даёт экономию 7 200 тенге в месяц, или 86 400 тенге в год только на одном электроприводе.

Что касается затрат на реализацию:

- частотный преобразователь - 45 000 тенге,
- контроллер управления «Хайт Про» - 25 000 тенге,
- датчики - 10 000 тенге,
- монтаж и настройка - 20 000 тенге.

Общая сумма: 100 000 тенге.

Таким образом, срок окупаемости модернизации составил:

$$100\,000 / 86\,400 \approx 1.15 \text{ года или примерно } 14 \text{ месяцев.}$$

После этого срока вложения полностью окупаются, а система начинает приносить чистую экономию.

Кроме финансовой выгоды, модернизация дала и практические плюсы:

- уменьшение износа оборудования за счёт снижения нагрузки и оптимизации режимов работы;
- повышение комфорта пользователей (например, автоматическое включение/выключение вентиляции при входе в комнату);
- снижение аварийных ситуаций за счёт мониторинга параметров в режиме реального времени;
- возможность удалённого управления и настройки сценариев работы через приложение.

Важно отметить, что при масштабировании проекта на весь жилой дом или многоквартирный комплекс, экономический эффект возрастает в разы. При комплексной модернизации всех систем (вентиляции, насосов отопления, жалюзи, кондиционеров и пр.) годовая экономия может достигать сотен тысяч тенге, а срок окупаемости сокращается до 6–10 месяцев.

Таким образом, проведённая модернизация показала себя как экономически оправданная и практическая мера, позволяющая не только сократить расходы на электроэнергию, но и повысить технологичность и надёжность бытовой инфраструктуры.

Модернизация энергопотребления электроприводов с применением системы «умного» дома от фирмы «Хайт Про» продемонстрировала не только экономическую эффективность, но и значительный вклад в охрану окружающей среды. В условиях глобального изменения климата и усилий по снижению углеродного следа, каждое решение, направленное на сокращение потребления энергии, приобретает стратегическое значение.

Как показали расчёты, за счёт оптимизации работы электроприводов в рамках одной квартиры удалось сократить годовое потребление электроэнергии на более чем 3 000 кВт·ч. Это эквивалентно сокращению выбросов CO₂ примерно на 2.5 тонны в год, если учитывать среднюю эмиссию 0.84 кг CO₂ на 1 кВт·ч электроэнергии (данные по Казахстану). При масштабировании на многоквартирный дом или жилой комплекс - экологический эффект может составить десятки тонн сокращённых выбросов в год.

Кроме того, снижение нагрузки на электросеть помогает снизить общее энергопотребление региона, что способствует устойчивости энергетической системы в пиковые периоды и уменьшает износ оборудования на электростанциях.

С точки зрения перспектив развития, предложенные решения могут быть адаптированы и расширены:

- для промышленных и коммерческих объектов;
- в рамках национальных программ энергосбережения;
- при строительстве новых зданий с нулевым или почти нулевым потреблением энергии (норматив NZEB).

Внедрение систем интеллектуального управления энергопотреблением и автоматизации - это шаг в сторону «зелёной экономики», устойчивого развития и технологического прогресса. В будущем именно такие решения будут основой современной энергетики, ориентированной на баланс между комфортом, эффективностью и экологией.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1) Беляев Л.С. - *Электропривод. Теория и практика управления*. - М.: Энергия, 2019.
- 2) Погожев С.А. *Электропривод: теория и практика управления*. - М.: Академия, 2020.
- 3) Кулагин В.Ф. - *Энергосбережение в системах электроснабжения промышленных и жилых объектов*. - СПб.: Лань, 2018.
- 4) ГОСТ 32144-2013 - *Качество электрической энергии. Общие положения*.
- 5) Технический регламент ЕАЭС «Об энергетической эффективности зданий» (ТР ЕАЭС 048/2019)
- 6) <https://smart-home.hi-pro.kz> - официальный сайт фирмы «Хайт Про»
- 7) <https://abb.com> - документация на частотные преобразователи АВВ (ACS310, ACS580 и др.)
- 8) <https://ieeexplore.ieee.org> - библиотека IEEE (для англоязычных статей по управлению электроприводами и системам «умного» дома).
- 9) «Хайт Про» - <https://hitepro.kz> Информация о продукции, технические листы, сценарии интеграции с электроприводами.
- 10) IEA - International Energy Agency - <https://www.iea.org> Международная статистика по энергопотреблению, выбросам CO₂, тренды в энергоэффективности.
- 11) Журнал «Энергетик» – <https://energouchet.ru/>
- 12) Погожев С.А. *Электропривод: теория и практика управления*. - М.: Академия, 2020. - 432 с.
- 13) АВВ. Частотные преобразователи серии ACS310: техническое описание. - [Электронный ресурс] // <https://new.abb.com/>
- 14) 12 СТ КазННТУ - 09 - 2023. Работы учебные. Общие требования к построению, изложению, оформлению и содержанию текстового и графического материала.- КазННТУ, 2023