ISSN 2410-5031

Научно-практический журнал

АГРОТЕХНИКА И ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЕ

ОРЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.В. ПАРАХИНА

№ 2 (47), 2025 г.

ОРЕЛ 2025

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР – **А.В. Виноградов,** доктор технических наук, доцент,
главный научный сотрудник, заведующий лабораторией электроснабжения, электрооборудования и возобновляемой энергетики ФГБНУ ФНАЦ ВИМ;
профессор кафедры "Электроснабжение" Орловского ГАУ,
профессор кафедры "Электроснабжение и теплоэнергетика" РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:
Буяров Виктор Сергеевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор ФГБОУ ВО Орловский ГАУ.
Большев Вадим Евгеньевич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник ФГБНУ "Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ".
Букреев Алексей Валерьевич, кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник ФГБНУ "Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ".
Виноградова Алина Васильевна, к.т.н., доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории электроснабжения и теплообеспечения ФГБНУ "Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ".
Шарупич Вадим Павлович, доктор технических наук, профессор кафедры «Электроснабжение» ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, академик МАЭН, директор НИПИ «Градоагроэкопром».
Ковалев Михаил Михайлович, доктор технических наук, главный научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Федеральный научный центр лубяных культур (ФГБНУ ФНЦ ЛК).
Коломейченко Александр Викторович, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО Орловский ГАУ; заведующий отделом Управления перспективных технологий Центра сельскохозяйственного машиностроения ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ».
Кузнецов Юрий Алексеевич, доктор технических наук, профессор кафедры «Надежность и ремонт машин» ФГБОУ ВО Орловский ГАУ.
Лавров Александр Владимирович, кандидат технических наук, доцент кафедры механизации сельского хозяйства ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева.
Олин Дмитрий Михайлович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Электроснабжение и эксплуатация электрооборудования» ФГБОУ ВО «Костромская государственная сельскохозяйственная академия».
Осокин Владимир Леонидович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Электрификация и автоматизация» ГБОУ ВО «Нижегородский государственный инженерно-экономический университет».
Черкасова Нина Ильинична, кандидат технических наук, доцент кафедры электроэнергетики Рубцовского индустриального института Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова, г. Барнаул.
Шпиганович Александр Николаевич, доктор технических наук, профессор кафедры электрооборудования ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет», член-корреспондент Российской Академии Естествознания.

ТЕХНИЧЕСКИЙ РЕДАКТОР – кандидат технических наук, научный сотрудник лаборатории «Электроснабжения, электрооборудования и возобновляемой энергетики» ФГБНУ ФНАЦ ВИМ **А.К. Букреева**
ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ – кандидат технических наук, доцент **Р.П. Беликов**

Зарегистрировано в федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор), номер свидетельства ПИ № ФС 77-78888, дата регистрации 28.08.2020.
Договор с РИНЦ №410-07/2014 от 15.07.2014г. **ISSN 2410-5031**

Учредитель и издатель: ФГБОУ ВО Орловский ГАУ
Адрес издателя: 302019, Россия, г. Орел, ул. Генерала Родина, д. 69, тел.: +7(4862) 76-14-51; факс: +7(4862) 76-06-64.
Адрес редакции: 302019, Орловская обл., г. Орел, ул. Генерала Родина, д. 69, ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, факультет агротехники и энергообеспечения, ауд. 2-211.
Тел.: 8(4862) 76-11-07

Адрес типографии: 302028, г. Орел, бульвар Победы, 19. ФГБОУ ВО Орловский ГАУ.
Тел.: 8(4862) 43-25-53 **E-mail: winaleksandr@yandex.ru**
Дата выхода журнала: 21.07.2025г.
© ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, 2025 **Тираж 100 экз.** Распространяется бесплатно



ОГЛАВЛЕНИЕ

ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ, ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ И ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

ПОНЯТИЯ И МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРОВНЕЙ НАБЛЮДАЕМОСТИ И УПРАВЛЯЕМОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ 5

А.В. Виноградов [1,2,3]

[1]ФГБНУ ФНАЦ ВИМ

[2]ФГБОУ ВО Орловский ГАУ имени Н.В. Парахина

[3]ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СХЕМА ПРОТОТИПА ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАТОРНОЙ ПОДСТАНЦИИ 10/0,4 КВ 17

А.В. Букреев [1], Н.С. Сорокин[2], А.В. Виноградов [1,2,3], Г.И. Манджиев [3]

[1] ФГБНУ ФНАЦ ВИМ

[2] ФГБОУ ВО Орловский ГАУ

[3] ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ УСТРОЙСТВА СЕКЦИОНИРОВАНИЯ МКС-2-3В В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ 0,4 кВ 24

А.А. Лансберг

ФГБНУ ФНАЦ ВИМ

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ НАСТРОЙКИ ПИ-РЕГУЛЯТОРА НА КАЧЕСТВО РЕГУЛИРОВАНИЯ ДАВЛЕНИЯ В СИСТЕМЕ ВОДОСНАБЖЕНИЯ С ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ НАСОСА 37

К.Н. Лебедев

Азово Черноморский инженерный институт

ФГБОУ ВО Донской ГАУ

ТИПЫ И КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ВЕТРОГЕНЕРАТОРОВ. СОВМЕЩЕНИЕ ДВУХ ТИПОВ ВЕТРОГЕНЕРАТОРОВ НА ОДНОЙ МАЧТЕ 43

С.С. Старостина, Д.С. Карлаков, О.В. Лештаев

ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

ВЛИЯНИЕ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН ЕЛИ ОБЫКНОВЕННОЙ НА ИХ ЛАБОРАТОРНУЮ ВСХОЖЕСТЬ

Н.В. Духтанова[1], Н.П. Кондратьева[1], Я.Н. Сундукова[1], Р.Г. Большин[2], М.Г. Краснолуцкая[3]

[1] ФГБОУ ВО Удмуртский ГАУ

[2] ФГБОУ ВО РГАУ-ТСХА имени К.А. Тимирязева

[3] ЧОУ ДПО «УНИЦ «Омега» 50

ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ЦИФРОВОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ С ЭЛЕМЕНТАМИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ КРУГЛОГОДИЧНОЙ ТЕПЛИЦЕ 56
Р.Г. Большин[1], Н.П. Кондратьева[2], О.А. Закурдаева[2], М.Г. Краснолуцкая[3]
[1] ФГБОУ ВО «МИРЭА - Российский технологичной университет»
[2] ФГБОУ ВО Удмуртский ГАУ
[3]ЧОУ ДПО «УНИЦ «Омега»

ТЕХНОЛОГИИ, МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИИ ВЫРАЩИВАНИЯ МИКРОЗЕЛЕНИ В ГИДРОПОННОЙ УСТАНОВКЕ 65
Цветкова Л.А, Фирсов А.С.
ФГБОУ ВО Тверская ГСХА

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ПРОЕКТЫ

ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ И ОСОБЕННОСТИ ВЫРАЩИВАНИЯ ХЛОПЧАТНИКА 73
Х.А. Мередова, А.И. Аширов, М.А. Курбанова
Туркменский государственный архитектурно-строительный институт

УДК 621.316.1:621.316.5

ПОНЯТИЯ И МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРОВНЕЙ НАБЛЮДАЕМОСТИ И УПРАВЛЯЕМОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

А.В. Виноградов[1,2,3]

[1]ФГБНУ ФНАЦ ВИМ
[2]ФГБОУ ВО Орловский ГАУ имени Н.В. Парахина
[3]ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация. *Классические понятия наблюдаемости и управляемости в теории управления требуют адаптации их к применению в сфере электроснабжения. Необходимость формулировки понятий наблюдаемости и управляемости электрических сетей вызвана потребностью практического определения их уровней. Выполнена работа по формулированию, на основе существующих в теории управления и в электроэнергетике, понятий наблюдаемости и управляемости и предложено под наблюдаемостью электрических сетей понимать совокупность условий, обеспечивающих получение информации о значениях текущих параметров режима и конфигурации электрической сети, а под управляемостью электрической сети – возможность изменять конфигурацию и параметры режима работы электрической сети с помощью ручных, автоматических, дистанционных воздействий на установленное в сети оборудование управления конфигурацией. Разработаны методики определения уровней наблюдаемости и управляемости электрических сетей и сформулированы данные понятия для практического использования. Уровень наблюдаемости электрической сети – это относительная величина, показывающая отношение количества практически получаемых данных о значениях текущих параметров режима и конфигурации электрической сети к заданному теоретически возможному количеству данных о значениях текущих параметров режима и конфигурации данной электрической сети, а уровень управляемости электрической сети – это относительная величина, показывающая отношение количества практически установленного и готового к применению (ручному, автоматическому, дистанционному) в электрической сети оборудования управления её конфигурацией к заданному теоретически возможному количеству оборудования управления конфигурацией данной электрической сети.*

Ключевые слова: *электроснабжение, электрические сети, понятия, определения, методики наблюдаемость электрических сетей, управляемость электрических сетей, уровень наблюдаемости, уровень управляемости.*

Введение.

Вектор развития систем электроснабжения направлен на повышение наблюдаемости и управляемости в электрических сетях, в том числе сельскохозяйственного назначения. Обеспечение наблюдаемости позволяет в значительной степени сократить время реакции на повреждения в электрических сетях, своевременно выявлять развитие дефектов, которые

могут привести к отказам оборудования сетей. Управляемость также позволяет повысить надёжность электроснабжения потребителей за счёт сокращения времени на выполнение необходимых операций по управлению конфигурацией электрических сетей [1,2]. Приоритеты развития электроэнергетики России также включают вопросы повышения наблюдаемости и управляемости [3].

В то же время, понятия наблюдаемости и управляемости в классическом виде не вполне отражают особенности их применения в электрических сетях, так как носят общий характер. В частности, согласно классическому определению, «наблюдаемость в теории управления – это свойство системы, показывающее, можно ли по выходу полностью восстановить информацию о состояниях системы», а «управляемость в теории управления обозначает возможность перевести систему из одного состояния в другое» [4-6].

В соответствии с этими понятиями исследуются критерии степени наблюдаемости и управляемости, выявляются их недостатки, разрабатываются критерии определения для разных сфер. Например, для определения качества наблюдения погрешностей инерциальных навигационных систем [7].

А.З. Гаммом и И.И. Голубом понятие наблюдаемости определено для электроэнергетических систем следующим образом: «под наблюдаемостью понимается совокупность условий, обеспечивающих получение информации о значениях текущих параметров режима (электроэнергетической системы)» [8]. Данными авторами проведена большая работа по исследованию наблюдаемости, определены критерии её качества, предложены способы оценки надёжности получения информации и решён ряд других вопросов применительно к определению параметров режима электроэнергетической системы средствами наблюдаемости.

Наблюдаемость электрической сети понимается и как обеспечение возможности мониторинга и контроля параметров режимов работы сети и технического состояния оборудования сети как средств получения необходимых данных для управления конфигурацией сети, а управляемость – как обеспечение возможности управления оборудованием, установленным в сети, как вручную, так и автоматически, и дистанционно [1, 2]. Таким образом, указанные понятия применены к управлению конфигурацией сети.

Для практического использования при оценке уровней наблюдаемости и управляемости в электрических сетях требуется разработка упрощенных методик их определения. Кроме того, на практике требуется знать не только параметры режима работы сети, но и состояния установленных в ней коммутационных аппаратов, оборудования для регулирования напряжения и другого оборудования, то есть необходимо наблюдать не только параметры режима работы, но и параметры конфигурации сети. Поэтому необходимо введение понятий уровней наблюдаемости и управляемости применительно к электрическим сетям.

Материалы и методы.

В качестве материалов исследования использовались примеры топологии и конфигурации сельских электрических сетей. Применялись методы литературного обзора по вопросам понятий и методов оценки наблюдаемости и управляемости в теории управления и других сферах, методы анализа топологии и конфигурации сельских электрических сетей.

Результаты и обсуждение.

С учётом рассмотренных выше вариантов формулировок понятия наблюдаемости, под ***наблюдаемостью электрических сетей*** предлагается понимать совокупность условий, обеспечивающих получение информации о значениях текущих параметров режима и

конфигурации электрической сети. При этом предлагается следующее определение уровня наблюдаемости: «***уровень наблюдаемости электрической сети*** – это относительная величина, показывающая отношение количества практически получаемых данных о значениях текущих параметров режима и конфигурации электрической сети к заданному теоретически возможному количеству данных о значениях текущих параметров режима и конфигурации данной электрической сети».

Под ***управляемостью электрической сети*** предлагается понимать возможность изменять конфигурацию и параметры режима работы электрической сети с помощью ручных, автоматических, дистанционных воздействий на установленное в сети оборудование управления конфигурацией. При этом: «***уровень управляемости электрической сети*** – это относительная величина, показывающая отношение количества, практически установленного и готового к применению (ручному, автоматическому, дистанционному) в электрической сети оборудования управления её конфигурацией к заданному теоретически возможному количеству оборудования управления конфигурацией данной электрической сети».

Под конфигурацией электрической сети понимается характеристика электрической сети по взаимному расположению на схеме и в пространстве входящих в её состав электроустановок, электрооборудования, а также по соотношению между собой их технических характеристик. Управление конфигурацией электрической сети – это процесс целенаправленного воздействия оперативного персонала, обслуживающего электрическую сеть, средств релейной защиты и автоматики, средств дистанционного управления на оборудование электрической сети для достижения требуемых параметров конфигурации электрической сети [1, 2].

К оборудованию управления конфигурацией относятся коммутационные аппараты (разъединители, выключатели, рубильники, устройства секционирования, устройства резервирования и т.д.), устройства регулирования напряжения (устройства регулирования под нагрузкой (РПН), или без возбуждения (ПБВ) на трансформаторах, вольтодобавочные трансформаторы, линейные регуляторы и т.д.), устройства регулирования реактивной мощности и т.п., применение которых проиллюстрировано, например, в [9]. Также примеры оборудования управления конфигурацией и методики его выбора, методики расчёта электрических сетей при его использовании приведены в [1, 10-12]

Текущий уровень наблюдаемости электрической сети предлагается оценивать в долях от максимально возможного по упрощенной методике, которая заключается в следующем.

Первым действием методики оценивают теоретически возможное количество точек сбора информации (контрольных точек) в сети, $\boldsymbol{m}$, ед., в которых рационально собирать данные для систем мониторинга, контроля, учёта и управления, то есть для центра диспетчерского управления сетью (ЦДУС). Это количество контрольных точек можно определить, как сумму точек, включающих контрольные точки на разветвлениях сети, оборудовании, установленном в сети. Для оборудования минимальное количество точек определяется количеством выводов данного оборудования, могут также быть дополнительные контрольные точки внутри оборудования, например, точка общего соединения в таких средствах управления конфигурацией, как мультиконтактные коммутационные системы (МКС), например, МКС-3, МКС-4, или в других видах МКС с общей точкой соединения контактных групп [1]. Для коммутационных аппаратов минимальное количество - две контрольные точки, по одной с каждой стороны аппарата. Дополнительно может оцениваться непосредственно положение коммутационного аппарата в качестве неэлектрического

параметра. Для мест разветвления сети (включая отпайки к потребителям) количество точек определяется количеством ветвей сети.

Вторым действием определяют теоретически возможное количество собираемых первичных данных в указанных точках, $\boldsymbol{n}_{\text{с.д.}max}$, ед. При этом для каждой точки определяется количество возможных для сбора, данных, $\boldsymbol{n}_{\text{с.д.}i.max}$, ед. Однотипные по набору теоретически собираемых данных точки группируются в группы, $\boldsymbol{N}_{\text{т.с.}i}$, характеризующие количество однотипных по набору теоретически собираемых данных, точек, ед. В этом случае:

$$\boldsymbol{n}_{\text{с.д.}max} = \sum_1^m \boldsymbol{N}_{\text{т.с.}i} \cdot \boldsymbol{n}_{\text{с.д.}i.max}. \quad (1)$$

Целесообразно определять и удельное число собираемых первичных данных, $\boldsymbol{n}_{\text{с.д.}maxl}$, ед./км (ед./шт.), приведённое к 1 километру сети (или на 1 электроустановку):

$$\boldsymbol{n}_{\text{с.д.}maxl} = \boldsymbol{n}_{\text{с.д.}max}/\boldsymbol{l}, \quad (2)$$

где $\boldsymbol{l}$ – длина рассматриваемой сети, км (или количество электроустановок, шт.),

а также приведённые значения теоретического количества собираемых данных к 100 км сети (или 100 штук электроустановок), $\boldsymbol{n}_{\text{с.д.}max100}$, ед./100км (ед./100шт.):

$$\boldsymbol{n}_{\text{с.д.}max100} = \boldsymbol{n}_{\text{с.д.}max} \cdot \boldsymbol{100/l}. \quad (3)$$

Эти два показателя также можно назвать удельной насыщенностью теоретически собираемыми данными на 1 и на 100 км сети.

Третьим действием определяют количество точек практического сбора данных, $\boldsymbol{k}$, ед, а четвёртым - практическое количество собираемых первичных данных в указанных точках, $\boldsymbol{n}_{\text{с.д.}k\sum}$, ед. Для этого определяют количество практически собираемых данных в одной точке, $\boldsymbol{n}_{\text{с.д.}k}$, ед. Такие точки объединяются в группы, $\boldsymbol{N}_{\text{т.с.}k}$, характеризующие количество однотипных по набору практически собираемых данных, точек, ед.

Практическое количество собираемых первичных данных в указанных точках, $\boldsymbol{n}_{\text{с.д.}k\sum}$, ед.:

$$\boldsymbol{n}_{\text{с.д.}k\sum} = \sum_1^k \boldsymbol{N}_{\text{т.с.}k} \cdot \boldsymbol{n}_{\text{с.д.}k}. \quad (4)$$

Удельное число собираемых первичных данных, $\boldsymbol{n}_{\text{с.д.}kl\sum}$, ед./км (ед./шт.), приведённое к 1 километру сети (или на 1 электроустановку):

$$\boldsymbol{n}_{\text{с.д.}kl\sum} = \boldsymbol{n}_{\text{с.д.}k\sum}/\boldsymbol{l}. \quad (5)$$

Приведённые значения количества практически собираемых данных к 100 км сети (или 100 единиц электроустановок), $\boldsymbol{n}_{\text{с.д.}k100\sum}$, ед./100км (ед./100шт.):

$$\boldsymbol{n}_{\text{с.д.}k100\sum} = \boldsymbol{n}_{\text{с.д.}kl\sum} \cdot \boldsymbol{100/l}, \text{ ед.} \quad (6)$$

Эти два показателя также можно назвать удельной насыщенностью практически собираемыми данными на 1 и на 100 км сети.

Фактический уровень наблюдаемости, $У_н$, отн. ед., определяется по формуле:

$$У_н = \frac{\boldsymbol{n}_{\text{с.д.}k\sum}}{\boldsymbol{n}_{\text{с.д.}max}} = \frac{\boldsymbol{n}_{\text{с.д.}kl\sum}}{\boldsymbol{n}_{\text{с.д.}maxl}} = \frac{\boldsymbol{n}_{\text{с.д.}k100\sum}}{\boldsymbol{n}_{\text{с.д.}max100}} = \frac{\sum_1^k \boldsymbol{N}_{\text{т.с.}k} \cdot \boldsymbol{n}_{\text{с.д.}k}}{\sum_1^m \boldsymbol{N}_{\text{т.с.}i} \cdot \boldsymbol{n}_{\text{с.д.}i.max}}. \quad (7)$$

Таким образом, уровень наблюдаемости всегда может принимать значения от 0 до 1.

Сложность в процессе оценки наблюдаемости представляет, в первую очередь, определение $\boldsymbol{n}_{\text{с.д.}max}$, поскольку теоретически количество собираемых данных в каждой точке может расширяться с учётом различного вида данных, как электрических, так и неэлектрических.

Для выхода из данной ситуации следует оговаривать виды собираемых данных для разных типов контрольных точек. В этом случае также можно оценивать наблюдаемость по конкретным параметрам, например, только по электрическим, подставляя в формулу (7)

соответствующие значения, учитывающие только электрические, или только неэлектрические параметры.

По каждой контрольной точке собираются справочные данные, необходимые для оценки параметров режимов работы сети. В первую очередь, это допустимые диапазоны технических параметров оборудования, проводов, окружающей среды, позволяющие создать базу сравнения текущих контролируемых параметров и нормированных значений.

Пример перечня собираемых данных по двум типам контрольных точек показан в таблице 1, а пример справочных данных по тем же точкам – в таблице 2.

Таблица 1 - Пример перечня теоретически собираемых данных

Точка	Электрические параметры	Неэлектрические параметры
1	2	3
Разветвление электрической сети	1 - напряжение по фазам по каждой ветви, 2 – напряжение линейное по каждой ветви, 3 - форма тока по фазам по каждой ветви, 4 - значение силы тока по каждой ветви, 5 - спектр гармонических составляющих тока по каждой ветви, 6 - коэффициент мощности по каждой ветви, 7 частота тока по каждой ветви.	1 - температура поверхности по каждой ветви, 2 - звуковое давление по каждой ветви, 3 - спектр акустических колебаний по каждой ветви.
Коммутационный аппарат	1 - напряжение по фазам с каждой стороны аппарата, 2 – напряжение линейное с каждой стороны аппарата, 3 - форма тока по фазам в цепи, 4 - значение силы тока в цепи, в которой установлен аппарат, 5 - спектр гармонических составляющих тока в цепи, в которой установлен аппарат, 6 - коэффициент мощности в цепи, 7 частота тока в цепи.	1 - температура поверхности, 2 - звуковое давление на поверхности, 3 - спектр акустических колебаний, на поверхности, 4 – интенсивность инфракрасного излучения, 8 – положение.

Собираемые электрические параметры описывают текущее состояние режима и конфигурации электрической сети. К ним относятся: напряжение, ток, коэффициент мощности, частота и другие [13]. Из этих данных вычислительным способом получаются значения активной, реактивной и полной мощностей, а с учётом времени работы и соответствующие значения потребляемой электроэнергии. Это позволяет строить технический учёт электроэнергии дифференцированно по контрольным точкам.

Таблица 2 - Пример перечня справочных данных

Точка	Справочные данные по электрическим параметрам	Справочные данные по неэлектрическим параметрам
1	2	3
Разветвление электрической сети	1 – диапазон допустимых напряжений по фазам в каждой ветви, 2 – диапазон допустимых линейных напряжений в каждой ветви, 3 - диапазон допустимых форм тока по фазам в каждой ветви, 4 - диапазон допустимых значений силы тока в каждой ветви, 5 - диапазон допустимого спектра гармонических составляющих тока в каждой ветви, 6 - диапазон допустимого коэффициента мощности в каждой ветви, 7 диапазон допустимой частоты тока в каждой ветви.	1 - диапазон допустимых температур поверхности по каждой ветви, 2 - диапазон допустимых значений звукового давления по каждой ветви, 3 - диапазон допустимого спектра акустических колебаний по каждой ветви.
Коммутационный аппарат	*Электрические:* 1 - диапазон допустимых значений напряжения по фазам с каждой стороны аппарата, 2 – диапазон допустимых значений напряжений линейных с каждой стороны аппарата, 3 - диапазон допустимых форм тока по фазам в цепи, в которой установлен аппарат, 4 - диапазон допустимых значений силы тока в цепи, в которой установлен аппарат, 5 - диапазон допустимого спектра гармонических составляющих тока в цепи, в которой установлен аппарат, 6 - диапазон допустимых значений коэффициента мощности в цепи, в которой установлен аппарат, 7 - диапазон допустимых значений частоты тока в цепи, в которой установлен аппарат.	1 - диапазон допустимых значений температуры поверхности, 2 - диапазон допустимых значений звукового давления на поверхности, 3 - диапазон допустимых значений спектра акустических колебаний, на поверхности, 4 - диапазон допустимых значений интенсивности инфракрасного излучения, 5 – положение.

Также определяются аварийные режимы работы сети как, например, в патенте [14]. Осуществляется контроль работы коммутационных аппаратов. К основным параметрам функционирования коммутационных аппаратов можно отнести не только их положение (включено — отключено), но и время переключения, температуру поверхности. В совокупности с данными о напряжении до и после коммутационного аппарата, тока по фазам, протекающего через аппарат, можно определять причины отключения. На основании записей

о переключениях можно учитывать количество срабатываний, прогнозировать ресурс коммутационного аппарата. На основании дополнительных данных, таких как температура поверхности, снимаемые виброакустические характеристики, можно не только более детально прогнозировать ресурс, но и предсказывать неисправности коммутационных аппаратов до их появления.

Получение данных из каждой контрольной точки позволяет обеспечивать контроль текущей конфигурации сети, своевременно осуществлять её изменение посредством переключений. Среди требований к сбору данных необходимо отметить обязательную привязку их к астрономическому времени, что позволит сопоставлять данные в разных точках сети. Также требуется архивирование данных как в самих устройствах сбора данных, например, в микроконтроллерных блоках управления МКС, управляемых коммутационных аппаратов (УКА) и т.д., а также в ЦДУС. Применяемые протоколы передачи данных определяются назначением передаваемых данных. Это могут быть протоколы Modbus, или МЭК-104 в зависимости от того, используются данные для мониторинга текущей ситуации, или необходимы для реакции на какое-либо событие. Также важным является обеспечение скорости передачи данных. Наиболее быстрым будет вариант оснащения всех устройств сбора данных возможностью передачи по оптико-волоконным линиям и соединение этими линиями всех устройств и ЦДУС. Но возможны и другие варианты, например, GSM, Lora-Wan и другие. В этих случаях принятие решений должно учитывать скорость передачи данных и надёжность связи.

Получение данных позволяет повысить и управляемость электрической сети. Уровень управляемости можно определить по следующей упрощенной методике.

Первым действием методики определяют количество оборудования, установленного в рассматриваемых границах сети, $\boldsymbol{r}$, ед., с помощью которого теоретически возможно управлять конфигурацией сети, в том числе дистанционно и автоматически. Для определения r рассматривают схему сети, включающую всё оборудование, в том числе коммутационные аппараты в рамках границ сети, для которой производится оценка управляемости. Также определяют удельное значение данного количества на 1 километр сети (или на 1 электроустановку) $\boldsymbol{r_l}$, ед./км (ед./шт.):

$$\boldsymbol{r_l = r/l.} \quad (8)$$

Приведённые значения количества к 100 км сети (или 100 единиц электроустановок), $\boldsymbol{r_{100}}$, ед./100км (ед./100шт.):

$$\boldsymbol{r_{100} = r \cdot 100/l.} \quad (9).$$

Эти два показателя также можно назвать теоретической удельной насыщенностью оборудованием управления конфигурацией на 1 и на 100 км сети (одну, или 100 шт. электроустановок).

Вторым действием определяют количество оборудования, установленного в сети, $\boldsymbol{R_{rad}}$, ед., с помощью которого практически возможно управлять конфигурацией сети, в том числе вручную, автоматически, или дистанционно. Также определяют удельное значение данного количества на 1 километр сети (или на 1 электроустановку), $\boldsymbol{R_{radl}}$, ед./км (ед./шт.):

$$\boldsymbol{R_{radl} = R_{rad}/l.} \quad (10)$$

Приведённые значения количества к 100 км сети (или 100 единиц электроустановок), $\boldsymbol{R_{rad100}}$, ед./100км (ед./100шт.):

$$\boldsymbol{R_{rad100} = R_{rad} \cdot 100/l.} \quad (11)$$

Эти два показателя также можно назвать удельной практической насыщенностью оборудованием управления конфигурацией на 1 и на 100 км сети (на одну, и 100 шт. электроустановок).

Третьим действием аналогичным способом определяют количество оборудования, установленного в сети, $\boldsymbol{R_a}$, ед., с помощью которого практически возможно автоматически управлять конфигурацией сети и его удельные значения $\boldsymbol{R_{al}}$, ед./км (ед./шт.), $\boldsymbol{R_{a100}}$ ед./100км (ед./100 шт.). Эти два показателя также можно назвать удельной насыщенностью автоматически управляемым оборудованием на 1 и на 100 км сети (на одну, и 100 шт. электроустановок).

Четвёртым действием определяют количество оборудования, установленного в сети, $\boldsymbol{R_d}$, ед., с помощью которого практически возможно дистанционно управлять конфигурацией сети и его удельное значения, $\boldsymbol{R_{dl}}$, ед./км (ед./шт.), $\boldsymbol{R_{d100}}$, ед./100км (ед./100 шт.). Эти два показателя также можно назвать удельной насыщенностью дистанционно управляемым оборудованием на 1 и на 100 км сети (на одну, и 100 шт. электроустановок).

Пятым действием определяют количество оборудования, установленного в сети, $\boldsymbol{R_{ad}}$, ед., с помощью которого практически возможно управлять конфигурацией сети, автоматически, или дистанционно. Также определяют удельные значения данного количества на 1 километр сети (или на 1 электроустановку), $\boldsymbol{R_{adl}}$, ед./ км (ед./ шт.), $\boldsymbol{R_{ad100}}$, ед./100км (ед./100 шт.). Эти два показателя также можно назвать удельной насыщенностью автоматически, или дистанционно управляемым оборудованием на 1 и на 100 км сети.

Шестым действием определяют количество оборудования, установленного в сети, $\boldsymbol{R_{da}}$, ед., с помощью которого практически возможно управлять конфигурацией сети, дистанционно и автоматически, его удельные показатели, $\boldsymbol{R_{dal}}$, ед./ км (ед./шт.), $\boldsymbol{R_{da100}}$, ед./100км (ед./100 шт.). Эти два показателя также можно назвать удельной насыщенностью дистанционно и автоматически управляемым оборудованием на 1 и на 100 км сети.

Далее выполняют расчёт соответствующих уровней управляемости конфигурацией электрической сети.

Уровень общей управляемости конфигурацией электрической сети, $У_{оу}$, отн.ед.:

$$У_{оу} = \frac{\boldsymbol{R_{rad}}}{\boldsymbol{r}} = \frac{\boldsymbol{R_{radl}}}{\boldsymbol{r_l}} = \frac{\boldsymbol{R_{rad100}}}{\boldsymbol{r_{100}}}. \quad (12)$$

Уровень автоматической управляемости конфигурацией электрической сети, $\boldsymbol{У_{ad}}_{у}$, отн.ед.:

$$\boldsymbol{У_{a}}_{у} = \frac{\boldsymbol{R_a}}{\boldsymbol{r}} = \frac{\boldsymbol{R_{al}}}{\boldsymbol{r_l}} = \frac{\boldsymbol{R_{a100}}}{\boldsymbol{r_{100}}}. \quad (13)$$

Уровень дистанционной управляемости конфигурацией электрической сети, $\boldsymbol{У_{d}}_{у}$, отн.ед.:

$$\boldsymbol{У_{d}}_{у} = \frac{\boldsymbol{R_d}}{\boldsymbol{r}} = \frac{\boldsymbol{R_{dl}}}{\boldsymbol{r_l}} = \frac{\boldsymbol{R_{d100}}}{\boldsymbol{r_{100}}}. \quad (14)$$

Уровень автоматической, или дистанционной управляемости конфигурацией электрической сети, $\boldsymbol{У_{ad}}_{у}$, отн.ед.:

$$\boldsymbol{У_{ad}}_{у} = \frac{\boldsymbol{R_{ad}}}{\boldsymbol{r}} = \frac{\boldsymbol{R_{adl}}}{\boldsymbol{r_l}} = \frac{\boldsymbol{R_{ad100}}}{\boldsymbol{r_{100}}}. \quad (15)$$

Уровень дистанционной и автоматической управляемости конфигурацией электрической сети, $\boldsymbol{У_{da}}_{у}$, отн.ед.:

$$\boldsymbol{У_{da}}_{у} = \frac{\boldsymbol{R_{da}}}{\boldsymbol{r}} = \frac{\boldsymbol{R_{dal}}}{\boldsymbol{r_l}} = \frac{\boldsymbol{R_{da100}}}{\boldsymbol{r_{100}}}. \quad (16)$$

Разделение показателей управляемости конфигурацией электрической сети (насыщенности средствами управления, уровни управляемости) позволяют более дифференцированно оценить текущее состояние и разработать план по повышению управляемости конфигурацией электрической сети теми средствами, которые требуются в каждом конкретном случае (средства с автоматическим, дистанционным и т.д. управлением).

Выводы.

Предложенные определения понятий уровней наблюдаемости и управляемости электрических сетей, методики их оценки могут являться основой для проведения исследований, направленных на обоснование рациональных уровней наблюдаемости и управляемости конфигурацией электрической сети, позволяющих достигать заданных параметров надёжности электроснабжения сельских потребителей и качества поставляемой им электроэнергии.

Список использованных источников

1. Виноградов А.В. Принципы управления конфигурацией сельских электрических сетей и технические средства их реализации / А. В. Виноградов. Орел: Общество с ограниченной ответственностью полиграфическая фирма «Картуш», 2022. 392 с. ISBN 978-5-9708-0861-0. – EDN DOFZZD.
2. Принципы управления конфигурацией электрической сети и задачи по их реализации / А.В. Виноградов, А.В. Виноградова, А.Ю. Сейфуллин [и др.] // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23, № 3. С. 34-46. DOI 10.30724/1998-9903-2021-23-3-34-46. EDN WKLJQD.
3. Волков Э.П. Перспективы развития электроэнергетики России в период до 2030 г / Э.П. Волков, В.А. Баринов // Известия Российской академии наук. Энергетика. 2008. № 1. С. 18-32. EDN IQSLUL.
4. Федотов А.В. Основы теории автоматического управления: Учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки «Автоматизация технологических процессов и производств» / А.В.Федотов; ФГБ ОУ ВПО "Омский государственный технический университет". Омск: Омский государственный технический университет, 2012. – 279 с. – ISBN 978-5-8149-1144-5. – EDN SBLNXX
5. Староверов Б.А. Основы теории систем оптимального управления / Б. А. Староверов, М. А. Смирнов. Кострома: Костромской государственный университет, 2017. 93 с. ISBN 978-5-8285-0869-3. EDN YSADCE.
6. Козырев М. С. Основы теории управления. Понятие и содержание управления / М.С. Козырев. Москва: Российский государственный социальный университет, 2014. 41с. EDN WAHJFV.
7. Кай Ш. Критерий степени наблюдаемости переменных состояния нестационарных систем / Ш. Кай, К. А. Неусыпин // Автоматизация. Современные технологии. 2016. № 6. С. 10-16. EDN VXJDAX.
8. Гамм А.З., Голуб И.И. Наблюдаемость электроэнергетических систем / А.З. Гамм, И.И. Голуб. М.: Наука, 1990. 200 с. ISBN 5-02-006643-5.
9. Виноградов А.В. Управление конфигурацией как концепция развития сельских электрических сетей 0,4 кВ / А.В. Виноградов // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. 2024.Т. 71, № 4(57). С. 65-72. DOI 10.22314/2658-4859-2024-71-4-65-72. EDN ZLARRK.
10. Виноградов А.В., Виноградова А.В., Голиков И.О. Методика выбора и обоснования ступени ПБВ пунктов секционирования и ступенчатого регулирования

напряжения // Техника и оборудование для села. 2025. №1. С. 35-39. DOI: 10.33267/2072-9642-2025-1-35-39

11. Виноградов А.В. Новый подход к математическому моделированию сельских электрических сетей 0,4 кВ с использованием метода фазных координат / А.В. Виноградов, И.О. Голиков // Техника и оборудование для села.2024. № 3(321). С. 36-41. DOI 10.33267/2072-9642-2024-3-36-41. – EDN SREJVO

12. Виноградов А.В. Определение рациональных мест размещения мультиконтактных коммутационных систем / А.В. Виноградов, А.Ю. Сейфуллин, А.В. Букреев // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2024. Т. 18, № 3. С. 82-90. DOI 10.22314/2073-7599-2024-18-3-82-90. EDN KKBOBV.

13. Рысин А.В. Сбор и анализ данных параметров и характеристик воздушных линий электропередач с целью повышения надежности систем электроснабжения / А.В. Рысин, О.Я. Соленая, М.Э. Создателева // Инновационное приборостроение. 2022. Т. 1, № 2. С. 20-25. DOI 10.31799/2949-0693-2022-2-20-25. EDN OSGBKN.

14. Патент № 2828825 C1 Российская Федерация, МПК H02J 13/00. Способ защиты электрической сети от коротких замыканий, в том числе с малыми токами, и обрывов проводов: № 2024112230: заявл. 06.05.2024: опубл. 21.10.2024 / А.В. Виноградов, А.Ю. Сейфуллин, А. В. Букреев [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ". EDN THLNSH.

Bibliography:

1. Vinogradov AV Principles of managing the configuration of rural electrical networks and technical means of their implementation / AV Vinogradov. Orel: Limited Liability Company Printing Firm "Kartush", 2022. 392 p. ISBN 978-5-9708-0861-0. - EDN DOFZZD.

2. Principles of managing the configuration of the electrical network and tasks for their implementation / AV Vinogradov, AV Vinogradova, AY Seifullin [et al.] // News of higher educational institutions. Problems of energy. 2021. Vol. 23, No. 3. Pp. 34-46. DOI 10.30724/1998-9903-2021-23-3-34-46. - EDN WKLJQD.

3. Volkov EP Prospects for the Development of the Electric Power Industry of Russia in the Period up to 2030 / E.P. Volkov, V.A. Barinov // Bulletin of the Russian Academy of Sciences. Power Engineering. 2008. No. 1. pp. 18-32. EDN IQSLUL.

4. Fedotov A.V. Fundamentals of the Theory of Automatic Control: A Textbook for Students of Higher Education Institutions Studying in the Field of Training "Automation of Technological Processes and Production" / A.V. Fedotov; FGB OU HPE "Omsk State Technical University". Omsk: Omsk State Technical University, 2012. - 279 p. - ISBN 978-5-8149-1144-5. - EDN SBLNXX

5. Staroverov B.A. Fundamentals of the Theory of Optimal Control Systems / B.A. Staroverov, M.A. Smirnov. Kostroma: Kostroma State University, 2017. 93 p. ISBN 978-5-8285-0869-3. EDN YSADCE.

6. Kozyrev M. S. Fundamentals of Control Theory. Concept and Content of Control / M.S. Kozyrev. Moscow: Russian State Social University, 2014. 41 p. EDN WAHJFV.

7. Kai Sh. Criterion for the Degree of Observability of State Variables of Non-Stationary Systems / Sh. Kai, K. A. Neusypin // Automation. Modern Technologies. 2016. No. 6. pp. 10-16. EDN VXJDAX.

8. Gamm A.Z., Golub I.I. Observability of Electric Power Systems / A.Z. Gamm, I.I. Golub. Moscow: Nauka, 1990. 200 p. ISBN 5-02-006643-5.

9. Vinogradov AV Configuration management as a concept for the development of 0.4 kV

rural electrical networks / AV Vinogradov // Electrical technologies and electrical equipment in the agro-industrial complex. 2024. Vol. 71, No. 4 (57). P. 65-72. DOI 10.22314/2658-4859-2024-71-4-65-72. EDN ZLARRK.

10. Vinogradov AV, Vinogradova AV, Golikov IO Methodology for selection and justification of the stage of the PBB of sectioning points and step voltage regulation // Equipment and equipment for the village. 2025. No. 1. Pp. 35-39. DOI: 10.33267/2072-9642-2025-1-35-39

11. Vinogradov AV New approach to mathematical modeling of rural electrical networks of 0.4 kV using the phase coordinate method / AV Vinogradov, IO Golikov // Equipment and equipment for the village. 2024. No. 3 (321). Pp. 36-41. DOI 10.33267/2072-9642-2024-3-36-41. – EDN SREJVO

12. Vinogradov AV Determination of rational locations for the placement of multi-contact switching systems / AV Vinogradov, AY Seifullin, AV Bukreev // Agricultural Machinery and Technologies. 2024. Vol. 18, No. 3. Pp. 82-90. DOI 10.22314/2073-7599-2024-18-3-82-90. EDN KKBOBV.

13. Rysin AV Collection and analysis of data on parameters and characteristics of overhead power lines in order to improve the reliability of power supply systems / AV Rysin, O.Ya. Solenaya, ME Sozdateleva // Innovative Instrument Engineering. 2022. Vol. 1, No. 2. Pp. 20-25. DOI 10.31799/2949-0693-2022-2-20-25. EDN OSGBKN.

14. Patent No. 2828825 C1 Russian Federation, IPC H02J 13/00. Method for protecting an electrical network from short circuits, including low-current ones, and wire breaks: No. 2024112230: declared 06.05.2024: published 21.10.2024 / A.V. Vinogradov, A.Yu. Seifullin, A.V. Bukreev [et al.]; applicant Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Agroengineering Center VIM". EDN THLNSH.

Александр Владимирович Виноградов, доктор технических наук, главный научный сотрудник ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, 109428, г. Москва, 1-й Институтский проезд, д. 5, профессор кафедры «Электроснабжение» Орловского ГАУ, 302019, г. Орёл, ул. Генерала Родина, д. 69.;

профессор кафедры «Электроснабжение и теплоэнергетика» РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49.

Тел. 8(920)2879024, e-mail: winaleksandr@gmail.com

CONCEPTS AND METHODS FOR DETERMINING THE LEVELS OF OBSERVABILITY AND CONTROLLABILITY OF ELECTRICAL NETWORKS

Vinogradov A.V.[1,2,3]

[1]FGBNU FNAC VIM
[2]FGBOU VO Oryol SAU named after N.V. Parakhin
[3]FGBOU VO RGAU-MTAA named after K.A. Timiryazev

Abstract. Classical concepts of observability and controllability in control theory require their adaptation for use in the field of power supply. The need to formulate the concepts of observability and controllability of electrical networks is caused by the need for a practical determination of their

levels. The work was carried out to formulate, based on the existing in control theory and in the electric power industry, the concepts of observability and controllability and it was proposed to understand the observability of electrical networks as a set of conditions that ensure the receipt of information about the values of current parameters of the mode and configuration of the electrical network, and the controllability of the electrical network as the ability to change the configuration and parameters of the operating mode of the electrical network using manual, automatic, remote effects on the configuration management equipment installed in the network. Methods for determining the levels of observability and controllability of electrical networks have been developed and these concepts have been formulated for practical use. The level of observability of an electrical network is a relative value showing the ratio of the amount of practically obtained data on the values of the current parameters of the mode and configuration of an electrical network to the specified theoretically possible amount of data on the values of the current parameters of the mode and configuration of this electrical network, and the level of controllability of an electrical network is a relative value showing the ratio of the amount of practically installed and ready-to-use (manual, automatic, remote) equipment for managing its configuration in the electrical network to the specified theoretically possible amount of equipment for managing the configuration of this electrical network.

Keywords: power supply, electrical networks, concepts, definitions, methods of observability of electrical networks, controllability of electrical networks, level of observability, level of controllability.

Aleksandr Vladimirovich Vinogradov, Doctor of Technical Sciences, Chief Researcher of the Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Scientific Center for VIM, 109428, Moscow, 1st Institutsky proezd, 5, Professor of the Department of Electricity Supply of the Oryol State Agrarian University, 302019, Oryol, General Rodin St., 69.;

Professor of the Department of Electricity Supply and Heat Power Engineering of the Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, 127434, Moscow, Timiryazevskaya St., 49.

Tel. 8 (920) 2879024, e-mail: winaleksandr@gmail.com

УДК 621.311.42:621.314.21:621.316.5

ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СХЕМА ПРОТОТИПА ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАТОРНОЙ ПОДСТАНЦИИ 10/0,4 КВ

А.В. Букреев[1], Н.С. Сорокин[2], А.В. Виноградов [1,2,3], Г.И. Манджиев [3]

[1] ФГБНУ ФНАЦ ВИМ
[2] ФГБОУ ВО Орловский ГАУ
[3] ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация. *Трансформаторные подстанции (ТП) 10/0,4 кВ являются одним из важнейших элементов систем электроснабжения сельских потребителей. Их совершенствованию посвящено много работ, однако вопросам автоматизации ТП внимания уделяется недостаточно. ТП 10/0,4 кВ редко оснащены системами мониторинга и управления их оборудованием. Это приводит к необоснованному повышению времени восстановления электроснабжения потребителей. Развитие цифровизации распределительных электрических сетей, особенно в сельской местности, требует перехода от традиционных трансформаторных подстанций 10/0,4 кВ к цифровым решениям, обеспечивающим наблюдаемость, управляемость оборудования ТП и надёжность электроснабжения потребителей. В статье приведена электрическая схема и обоснованы функциональные возможности прототипа цифровой трансформаторной подстанции (ЦТП) 10/0,4 кВ, приведены основные направления автоматизации ЦТП и структура реализуемых при этом функций.*

Ключевые слова: *трансформаторная подстанция, цифровая трансформаторная подстанция, сельские электрические сети, электроснабжение, схема.*

Введение.

Трансформаторная подстанция (ТП) 10/0,4 кВ – это один из основных элементов системы электроснабжения сельских потребителей. Согласно [1] потери в трансформаторах, установленных в ТП 10/0,4 кВ могут составлять порядка 12% от всех технологических потерь электроэнергии по электросетевым организациям, обслуживающим сельские электрические сети.

Выполняются разработки по сокращению потерь электроэнергии в силовых трансформаторах, устанавливаемых в ТП. Например, предлагается применение аморфных сплавов для изготовления сердечников [2].

Выполняются исследования по исследованию влияния ремонтов и срока эксплуатации на потери в трансформаторах [3], обоснованию мониторинга и ремонта промышленных силовых трансформаторов по техническому состоянию [4], оценке состояния силовых трансформаторов на ТП [5], оценке применения различных схем соединения трансформаторов [6] и другие.

В то же время недостаточно внимания уделено вопросам цифровизации ТП 10/0,4 кВ. Подавляющее большинство ТП 10/0,4 кВ характеризуется низким уровнем автоматизации: они не оснащены управляемыми коммутационными аппаратами и редко комплектуются средствами мониторинга режимных параметров, таких как напряжение и ток в различных точках схемы подстанции. Это необоснованно повышает время восстановления

электроснабжения потребителей при выходе из строя оборудования ТП. Отсутствие решений по выполнению функций автоматического повторного включения коммутационных аппаратов на стороне 0,4 кВ также не позволяет сократить время восстановления, хотя одной из частых причин отключений является отключение автоматических выключателей в отходящих линиях, причём зачастую ручное повторное их включение оказывается успешным [14].

Параллельно развивается направление цифровизации подстанций более высокого класса напряжения (110 кВ и выше), внедряются концепции цифровых подстанций [7].

На рынке представлены решения для цифровизации ТП 6–10/0,4 кВ: устройства сбора и передачи данных, интеллектуальные приборы учёта, комплексы телемеханики и синхронизации времени. Среди таких решений выделяются системы компании «ЭНТЕЛС», направленные на автоматизацию учёта и диспетчеризации трансформаторных пунктов, а также оборудование компаний НПО «МИР», «ОВЕН» и других. Однако существующие решения зачастую не обеспечивают выполнения полного набора функций, необходимых для реализации концепции полноценной цифровой трансформаторной подстанции [7 - 13].

С учётом этого опыта определены функциональные возможности прототипа ЦТП: дистанционное и автоматическое управление коммутационными аппаратами; дистанционный контроль режимов работы оборудования ТП; контроль показателей качества электроэнергии на высокой и низкой стороне ТП, в отходящих ЛЭП; определение мест повреждений в отходящих ЛЭП; контроль надёжности электроснабжения потребителей, питаемых от отходящих линий; контроль загрузки силовых трансформаторов; сигнализация и предотвращение несанкционированной подачи напряжения, в том числе посредством обратной трансформации; осуществление алгоритмов АПВ отходящих ЛЭП с учётом возможности запрета их работы на аварийный участок [7].

Материалы и методы.

В статье предложена электрическая схема прототипа цифровой трансформаторной подстанции 10/0,4 кВ.

Результаты и обсуждение.

Разработана электрическая схема прототипа цифровой трансформаторной подстанции 10/0,4 кВ (рисунок 1).

Схема содержит: TI1 – трансформатор измерительный 10 кВ; QSG1 – управляемый разъединитель 10кВ; FU1-FU3 – плавкие вставки; FV1-FV3 – ограничители перенапряжения; T1 – трансформатор 10/0,4 кВ; QW1 – выключатель-разъединитель 630 А; QF1-QF3, QF7 – автоматические выключатели однополюсные 6А; КМ1 – вакуумный контактор КВТ 1,14-4,0/400; QW2, QW5-QW6 – выключатели нагрузки однополюсные; TA1-TA3 – трансформаторы тока 400/5 А; PI1 – трехфазный счетчик электрической энергии Меркурий 230 ART-03 PQRSIDN; QW3-QW4 – выключатели-разъединители 250А; КМ2-КМ3 – вакуумные контакторы КВТ 1,14-4,0/160; TA4-TA11 – трансформаторы тока 200/5 А; МБУ – микроконтроллерный блок управления; FV4 – разрядник; G1 – блок питания 12 В; A1 – роутер телеметрии.

Основным элементом системы управления ЦТП 10/0,4 кВ является микроконтроллерный блок управления МБУ. Измерительный трансформатор напряжения TI1 предназначен для преобразования высокого напряжения в низкое для измерения их МБУ. Управляемый разъединитель 10кВ QSG1 необходим для местной и удалённой коммутации со стороны 10 кВ. Плавкие вставки FU1-FU3 напряжением 10 кВ используются для защиты электрооборудования ЦТП со стороны 10 кВ от токов короткого замыкания в трансформаторе и отчасти (в качестве резервной защиты) на стороне 0,4 кВ и недопустимых перегрузок

трансформатора. Ограничители перенапряжения (ОПН) FV1-FV3 класса напряжения 10 кВ предназначены для защиты электрооборудования от коммутационных и атмосферных перенапряжений на высокой стороне. QW1, QW3-QW4 служат для создания видимого разрыва и обеспечения безопасности проведения ремонтных робот.

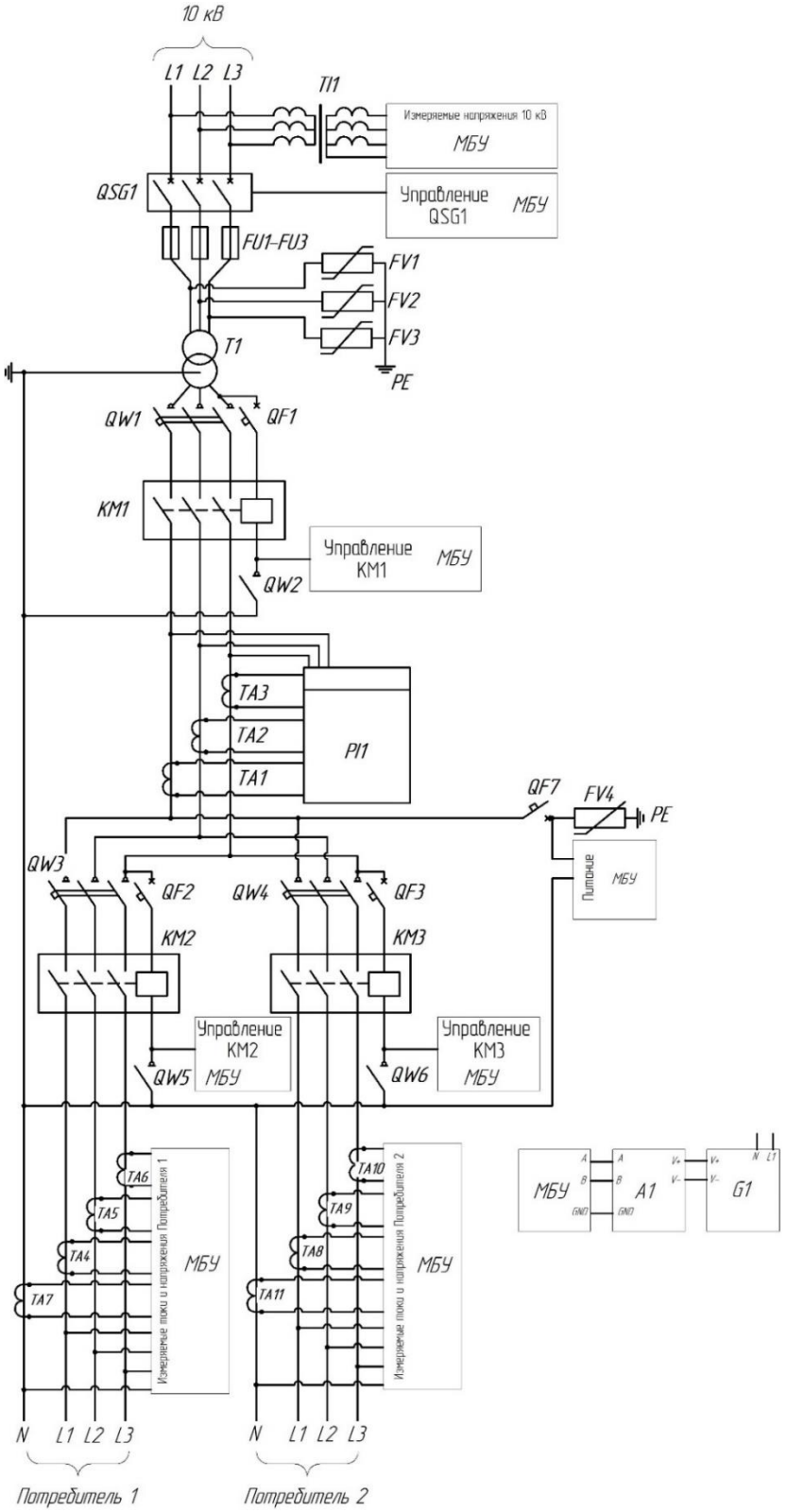


Рисунок 1 - Электрическая схема цифровой трансформаторной подстанции 10/0,4 кВ

Автоматические выключатели QF1-QF3 необходимы для защиты цепей питания управляющих катушек контакторов КМ1- КМ3. Коммутация силовой части (0,4 кВ) осуществляется с помощью вакуумных контакторов КМ1-КМ3. QW2, QW5-QW6 необходимы

для ручного включения/отключения КМ1-КМ3 в аварийном случае при выходе из строя МБУ. Трансформаторы тока ДТ1-ДТ3 осуществляет контроль тока после трансформатора Т1 и передают данные о значении токов в трехфазный счетчик электрической энергии PI1. Трансформаторы тока ДТ4-ДТ7 осуществляет контроль тока Потребителя 1 (фактически тока в первой отходящей линии), датчики тока ДТ8-ДТ11 - Потребителя 2 (фактически тока во второй отходящей линии) и передают данные о значениях токов в МБУ. Автоматический выключатель QF7 выполняет защиту питающей цепи МБУ. Разрядник FV4 необходим для защиты МБУ от коммутационных и атмосферных перенапряжений. Блок питания G1 необходим для питания роутера телеметрии А1.

Контроль фазных напряжений в первой и второй отходящих линиях осуществляется с помощью измерительных органов МБУ, которые имеют гальваническую развязку. В МБУ должны быть заложены алгоритмы управления коммутационными аппаратами, мониторинга параметров режимов работы электрической сети, а также алгоритмы формирования сигналов аварийно-предупредительной сигнализации об отключении контактных групп.

Выводы.

Разработанная электрическая схема прототипа цифровой трансформаторной подстанции позволяет реализовать требуемые функциональные возможности: дистанционное и автоматическое управление коммутационными аппаратами; мониторинг режимов работы оборудования; контроль качества электроэнергии; локализацию повреждений в отходящих линиях; контроль надежности электроснабжения; оценку загрузки силовых трансформаторов: предотвращение несанкционированной подачи напряжения и обратной трансформации.

Список использованных источников

1. Виноградов А.В., Бородин М.В., Волченков Ю.А., Пешехонова Ж.В. Совершенствование деятельности по энергосбережению и по осуществлению технологических присоединений филиала ОАО «МРСК Центра»-«Орёлэнерго». Монография – Орел: Изд-во ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, 2015. - 196 с.

2. Хавроничев С.В., Сошинов А.Г., Галущак В.С., Копейкина Т.В. Современные тенденции применения аморфных сплавов в магнитопроводах силовых трансформаторов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. №12(4). С. 607-610.

3. Балабин А.А. О целесообразности проведения капитального ремонта силовых трансформаторов с разборкой магнитопровода // В сборнике: Энерго- и ресурсосбережение XXI век. Сборник материалов IX-ой международной научно-практической интернет-конференции. 2011. С. 104-107.

4. Хисматуллин А.С., Вахитов А.Х., Феоктистов А.А. Мониторинг и ремонт промышленных силовых трансформаторов по техническому состоянию // Современные наукоемкие технологии. 2016. № 4(2). С. 271-274.

5. Левин В.М., Керимкулов Н.Н. Экспресс-оценка состояния силовых трансформаторов для обеспечения эксплуатационной надежности // Системы. Методы. Технологии. 2016. № 4(32). С. 101-109.

6. Алевтина Федоровская, Владимир Фишман. Силовые трансформаторы 6(10)/0,4 кВ. Особенности применения различных схем соединения обмоток. Новости ЭлектроТехники. №1 (127). 2021. Информационно-справочное издание. Доступно по: http://news.elteh.ru/arh/2009/60/07.php (дата обращения 24.10.2021).

7. Виноградов А.В., Букреев А.В., Сорокин Н.С. Структурная схема прототипа цифровой трансформаторной подстанции // Агротехника и энергообеспечение. 2025. N1 (46). С. 66-72.

8. Цифровые подстанции. Российские и зарубежные: НТД, опыт, примеры – URL: http:// https://elensis.ru/2019/04/20/цифровые-подстанции/ (дата обращения 17.03.25).

9. Официальный сайт АО ГК «Системы и технологии»: [Сайт]. – URL: http://www.sicon.ru/about/group/ (дата обращения 17.03.25).

10. Официальный сайт ООО «Энтелс»: [Сайт]. – URL: http://www.entels.ru/ (дата обращения 17.03.25).

11. Официальный сайт НПО «МИР»: [Сайт]. – URL: http://mir-omsk.ru/ (дата обращения 17.03.25).

12. Официальный сайт «ОВЕН»: [Сайт]. – URL: https://owen.ru/ (дата обращения 17.03.25)

13. Виноградов А.В., Сорокин Н.С. Обзор оборудования автоматизации трансформаторных подстанций 6-20/0,4 кВ и структурная схема цифровой трансформаторной подстанции // Агротехника и энергообеспечение. 2023. №3(40). С.48-56.

14. Виноградова А.В. Причины отключений в сельских электрических сетях и их структурирование // Агротехника и энергообеспечение. 2024. N4 (45). С. 13-19.

Bibliography:

1. Vinogradov A.V., Borodin M.V., Volchenkov Yu.A., Peshekhonova Zh.V. Improving the activities on energy saving and implementation of technological connections of the branch of JSC "IDGC of Center" - "Orelenergo". Monograph - Orel: Publishing house of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Oryol State Agrarian University, 2015. - 196 p.

2. Khavronichev S.V., Soshinov A.G., Galushchak V.S., Kopeikina T.V. Modern trends in the use of amorphous alloys in magnetic cores of power transformers // International Journal of Applied and Fundamental Research. 2015. No. 12 (4). P. 607-610.

3. Balabin A.A. On the feasibility of carrying out major repairs of power transformers with disassembly of the magnetic circuit // In the collection: Energy and resource saving XXI century. Collection of materials of the IX-th international scientific and practical Internet conference. 2011. Pp. 104-107.

4. Khismatullin A.S., Vakhit A.Kh., Feoktistov A.A. Monitoring and repair of industrial power transformers by technical condition // Modern science-intensive technologies. 2016. No. 4 (2). Pp. 271-274.

5. Levin V.M., Kerimkulov N.N. Express assessment of the state of power transformers to ensure operational reliability // Systems. Methods. Technologies. 2016. No. 4 (32). Pp. 101-109.

6. Alevtina Fedorovskaya, Vladimir Fishman. Power transformers 6(10)/0.4 kV. Features of application of various winding connection schemes. Electrical Engineering News. No. 1 (127). 2021. Information and reference publication. Available at: http://news.elteh.ru/arh/2009/60/07.php (date of access 10/24/2021).

7. Vinogradov A.V., Bukreev A.V., Sorokin N.S. Structural diagram of a prototype digital transformer substation // Agrotechnics and energy supply. 2025. N1 (46). Pp. 66-72.

8. Digital substations. Russian and foreign: NTD, experience, examples - URL: http:// https://elensis.ru/2019/04/20/цифровые-подстанции/ (date of access 03/17/25).

9. Official website of JSC GC "Systems and Technologies": [Website]. - URL:

http://www.sicon.ru/about/group/ (date of access 03/17/25).

10. Official website of Entels LLC: [Website]. - URL: http://www.entels.ru/ (date of access 03/17/25).

11. Official website of NPO MIR: [Website]. – URL: http://mir-omsk.ru/ (date of access 03/17/25).

12. Official website of OWEN: [Website]. – URL: https://owen.ru/ (date of access 03/17/25)

13. Vinogradov AV, Sorokin NS Review of automation equipment for 6-20/0.4 kV transformer substations and structural diagram of a digital transformer substation // Agrotechnics and energy supply. 2023. No. 3 (40). P. 48-56.

14. Vinogradova AV Causes of outages in rural electrical networks and their structuring // Agrotechnics and energy supply. 2024. N4 (45). P. 13-19.

Алексей Валерьевич Букреев, кандидат технических наук, старший научный сотрудник ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, 109428, г. Москва, 1-й Институтский проезд, д. 5 тел. 8(953)6281466, e-mail: vim@aleksey-bukreev.ru

Николай Сергеевич Сорокин, старший преподаватель кафедры механизации технологических процессов в АПК, ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, г. Орёл, ул. Генерала Родина, д. 69, тел. 89051680833, e-mail: sorokinnc@rambler.ru

Александр Владимирович Виноградов, доктор технических наук, главный научный сотрудник ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, 109428, г. Москва, 1-й Институтский проезд, д. 5, профессор кафедры «Электроснабжение» Орловского ГАУ, 302019, г. Орёл, ул. Генерала Родина, д. 69.;

профессор кафедры «Электроснабжение и теплоэнергетика» РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49.

Тел. 8(920)2879024, e-mail: winaleksandr@gmail.com

Г.И. Манджиев, магистрант ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, тел. 8(927)5925274, e-mail: mgarya@list.ru

ELECTRICAL DIAGRAM OF THE PROTOTYPE OF A DIGITAL TRANSFORMER SUBSTATION 10/0.4 KV

A.V. Bukreev[1], N.S. Sorokin[2], A.V.Vinogradov [1,2,3], G.I.Mandzhiev[3]

[1] FGBNU FNAC VIM
[2] FGBOU VO Oryol SAU
[3] FGBOU VO RGAU-MTAA named after K.A. Timiryazev

Abstract. Transformer substations (TS) 10/0.4 kV are one of the most important elements of the power supply systems of rural consumers. Many works are devoted to their improvement, however, insufficient attention is paid to the issues of automation of TS. TS 10/0.4 kV are rarely equipped with monitoring and control systems for their equipment. This leads to an unreasonable increase in the time of restoration of power supply to consumers. The development of digitalization of distribution electric networks, especially in rural areas, requires a transition from traditional 10/0.4 kV transformer substations to digital solutions that ensure observability, controllability of TP equipment and reliability of power supply to consumers. The article provides an electrical circuit and

substantiates the functional capabilities of a prototype of a digital transformer substation (DTS) 10/0.4 kV, provides the main areas of automation of the DTS and the structure of the functions implemented in this case.

Keywords: transformer substation, digital transformer substation, rural electric networks, power supply, circuit.

Alexey Valerievich Bukreev, PhD in Engineering, Senior Researcher, Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Scientific Center for VIM, 109428, Moscow, 1st Institutsky proezd, 5, tel. 8(953)6281466, e-mail: vim@aleksey-bukreev.ru

Nikolay Sergeevich Sorokin, Senior Lecturer, Department of Mechanization of Technological Processes in the Agro-Industrial Complex, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Oryol State Agrarian University, Oryol, General Rodin St., 69, tel. 89051680833, e-mail: sorokinnc@rambler.ru

Alexander Vladimirovich Vinogradov, Doctor of Technical Sciences, Chief Researcher of the Federal State Budgetary Scientific Institution FNAC VIM, 109428, Moscow, 1-y Institutskiy proezd, 5, Professor of the Department of Power Supply of the Oryol State Agrarian University, 302019, Oryol, ul. General Rodina, 69.;

Professor of the Department of Power Supply and Heat Power Engineering of the Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, 127434, Moscow, ul. Timiryazevskaya, 49.

Tel. 8 (920) 2879024, e-mail: winaleksandr@gmail.com

G.I. Mandzhiev, Master's student of the Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazeva,

tel. 8(927)5925274, e-mail: mgarya@list.ru

УДК 621.315.1:330.322.55

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ УСТРОЙСТВА СЕКЦИОНИРОВАНИЯ МКС-2-3В В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ 0,4 кВ

А.А. Лансберг

ФГБНУ ФНАЦ ВИМ

Аннотация. *Секционирование сельских электрических сетей 0,4 кВ является одним из технических решений по повышению надёжности электроснабжения потребителей и защищённости от однофазных коротких замыканий. Эффект от использования устройства секционирования достигается за счёт сокращения недоотпуска электроэнергии потребителям при аварийных и плановых отключениях, неоплаты за электроэнергию потребителями ввиду недоотпуска, а также устранения последствий аварийных отключений персоналом электросетевых компаний. (Цель исследования) Провести технико-экономическое обоснование использования устройства секционирования МКС-2-3В (мультиконтактной коммутационной системы с двумя вакуумыми контакторами и тремя выводами) на примере электрической сети 0,4 кВ Орловской области. (Материалы и методы) Для проведения оценки повышения надёжности электроснабжения за счёт использования устройства секционирования МКС-2-3В были использованы методы сложения и умножения вероятностей. Характеристики потребителей рассматриваемой электрической сети 0,4 кВ были определены с использованием программного обеспечения «Пирамида-Сети». С использованием программного комплекса «Аварийность» были получены сведения о количестве и продолжительности аварийных и плановых отключений рассматриваемой электрической сети 0,4 кВ за 5 лет. (Результаты и обсуждение) Было выявлено, что капитальные вложения для внедрения устройства секционирования МКС-2-3В составляют 217.500 рублей. Годовой экономический эффект при использовании устройства секционирования МКС-2-3В составит 56.183-71.890 рублей в год в зависимости от использования функции АПВ. За счёт использования устройства МКС-2-3В удастся добиться сокращения аварийных перерывов в электроснабжении с 7,82 часов в год, характерных для радиальной схемы, до 1,8-5,45 часов в год, а плановых с 51,9 часов в год до 16,53-18,3 часов в год.*

Ключевые слова: *сельские электрические сети 0,4 кВ, секционирование, надежность электроснабжения, однофазные короткие замыкания, устройство секционирования, технико-экономическое обоснование.*

Введение.

Сельские электрические сети 0,4 кВ на протяжении длительного периода времени характеризуются низкими надёжностью электроснабжения и защищённостью от токов однофазных коротких замыканий.

Например, в Орловской области в настоящее время воздушные линии электропередачи 0,4 кВ в среднем характеризуются 1447 аварийными отключениями в год [1], что приводит к потоку отказов 7,04-13,36 год$^{-1}$/100·км [2]. Данные особенности приводят к перерывам в электроснабжении потребителей более 72 часов в год. Одной из причин высокой аварийности электрических сетей 0,4 кВ является завышенная протяжённость, которая на примере Орловской области составляет в среднем 985 метров [3], что практически в 2 раза превышает рекомендуемую протяжённость согласно Правилам устройства электроустановок. Также ещё одним фактором, обуславливающим низкую надёжность электроснабжения, является

недостаточное использование самонесущих изолированных проводов, доля которых на воздушных линиях электропередачи 0,4 кВ на примере Орловской области составляет 32% [4].

Ещё одной проблемой сельских электрических сетей 0,4 кВ является низкая защищённость от токов однофазного короткого замыкания. Проблема обусловлена завышенной протяжённостью электрических сетей 0,4 кВ, низкой мощностью используемых силовых трансформаторов со средним значением 160 кВА на примере Орловского региона [5], а также устаревшими типами защитных коммутационных аппаратов с долей современных автоматических выключателей с микропроцессорным расцепителем не более 5% [6]. Отмеченные факторы приводят к тому, что время срабатывания защитного коммутационного аппарата значительно превышает установленное требованиями Правил устройства электроустановок по причине низкого значения тока аварийного режима. При этом однофазные короткие замыкания являются одними из наиболее часто встречаемых видов повреждений в электрических сетях 0,4 кВ. Они возникают по причине схлёстывания фазного и нулевого проводов. В ходе аварийных отключений в электрических сетях 0,4 кВ филиала ПАО «Россети Центр»- «Орелэнерго» за 2018-2023 годы было выявлено, что схлёстывание проводов, вызванное падение деревьев и веток, а также гололёдно-ветровыми нагрузками, стало причиной 14% аварийных отключений от общего количества [7]. При этом на примере анализа 10458 аварийных отключений электрических сетей 0,4 кВ за 10 лет в Польше было выявлено, что схлёстывание проводов является причиной 15% перерывов в электроснабжении [8].

Комплексным техническим решением указанных проблем является сетевое секционирование линий электропередачи 0,4 кВ. Впервые этот способ был предложен Спеваковым П.И. в конце 1930-ых [9]. Он заключается в установке в рассечку проводов электрической сети 0,4 кВ автоматических выключателей и плавких предохранителей, позволяющих сократить зону действия защитного коммутационного аппарата, установленного на вводе линии электропередачи 0,4 кВ.

В последние годы учёными Южно-Уральского государственного университета Ершовым А.М., Валеевым Р.Г. и Сидоровым А.И. усовершенствована концепция построения защиты сельских электрических сетей напряжением 0,4 кВ, заключающаяся в использовании секционирующих предохранителей по протяжённости воздушной линии электропередачи 0,4 кВ [10, 11].

Более современным техническим решением, предложенным Виноградовой А.В., является секционирующий пункт, который позволяет осуществлять функции защиты и автоматики в сельских электрических сетях 0,4 кВ [12]. Устройство было внедрено в промышленную эксплуатацию в филиале ПАО «Россети Центр»-«Орёлэнерго» в 2016 году [13]. Коммутационным аппаратом в секционирующем пункте, который обеспечивает включение и отключение электрической сети 0,4 кВ, является вакуумный контактор [14]. Управление секционирующим пунктом осуществляется микроконтроллерным блоком управления, в том числе, производящим измерение параметров электрической сети 0,4 кВ [15]. Для выбора места установки секционирующих пунктов в электрической сети 0,4 кВ разработаны методики, которые учитывают эффекты от повышения защищённости электрической сети 0,4 кВ от однофазных КЗ и надёжности электроснабжения потребителей [16, 17]. Предложены технические решения по способам крепления секционирующего пункта на опорах сельской электрической сети 0,4 кВ [18]. Также осуществлено технико-экономическое обоснование использования устройства на примере электрической сети 0,4 кВ с производственными сельскохозяйственными потребителями [19].

Усовершенствованными версиями секционирующего пункта, которые учитывают особенности конфигурации электрической сети 0,4 кВ, являются мультиконтактные коммутационные системы, например, типа МКС-2-3В [20, 21].

В рамках данной концепции в июне 2023 года в филиале ПАО «Россети Центр»-«Орёлэнерго» было внедрено устройство МКС-2-3В, предназначенное для секционирования линии электропередачи 0,4 кВ с отпайкой. Внешний вид разработанного устройства в ходе опытно-промышленной эксплуатации в ноябре 2023 года представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 - Устройство секционирования линий электропередачи 0,4 кВ МКС-2-3В в ходе опытно-промышленной эксплуатации.

Устройство разработано в рамках гранта от Фонда содействия инновациям по договору №17749ГУ/2022 от 13 мая 2022 года и является аналогом реклоузера для электрических сетей 0,4 кВ. На разработанное устройство получен патент РФ №2802722. Устройство МКС-2-3В содержит 2 низковольтных вакуумных контактора для секционирования магистрального участка и отпайки, так как 90% сельских электрических сетей 0,4 кВ имеют одну отпайку в точке разветвления линии [4]. Управление контакторами осуществляется микроконтроллерным блоком, который с использованием датчиков тока и напряжения обеспечивает мониторинг фазных напряжений, фазных токов и токов в нейтральных проводах в точке установки устройства МКС-2-3В. Данные электрические параметры в совокупности с положением вакуумных контакторов передаются в центр управления сетями с использованием SCADA-системы ОИК «СИСТЕЛ». Это позволяет диспетчеру электросетевой компании непрерывно получать данные о состоянии электрической сети и обеспечивать, при необходимости, управление её конфигурацией за счёт включения или отключения контакторов устройства.

Произведём технико-экономическое обоснование его использования.

Цель работы заключается в технико-экономическом обосновании использования устройства секционирования МКС-2-3В на примере электрической сети 0,4 кВ Орловской области, обеспечивающей электроснабжение коммунально-бытовых сельскохозяйственных потребителей.

Материалы и методы исследования.

Технико-экономическое обоснование использования устройства секционирования было реализовано с использованием методики расчёта надёжности электроснабжения с использованием теории сложения и умножения вероятностей, рассмотренной в работах [22, 23, 24].

Устройство секционирования МКС-2-3В было установлено на опору №7 в электрическую сеть 0,4 кВ с диспетчерским наименованием ВЛ 0,4 кВ №1 КТП 10/0,4 кВ Кул-5-3, обслуживаемую филиалом ПАО «Россети Центр»-«Орёлэнерго». Поопорная схема электрической сети 0,4 кВ с указанием характеристик потребителей представлена на рисунке 2. Характеристики потребителей были определены с использованием программного обеспечения «Пирамида-Сети», предназначенного для автоматизированного учёта электроэнергии на объектах электросетевых компаний. С использованием программного комплекса «Аварийность» были получены сведения о продолжительности 12 аварийных и 24 плановых отключениях рассматриваемой электрической сети 0,4 кВ за 5 лет. Данные сведения были использованы для определения показателей надёжности участков воздушных линий электропередачи 0,4 кВ.

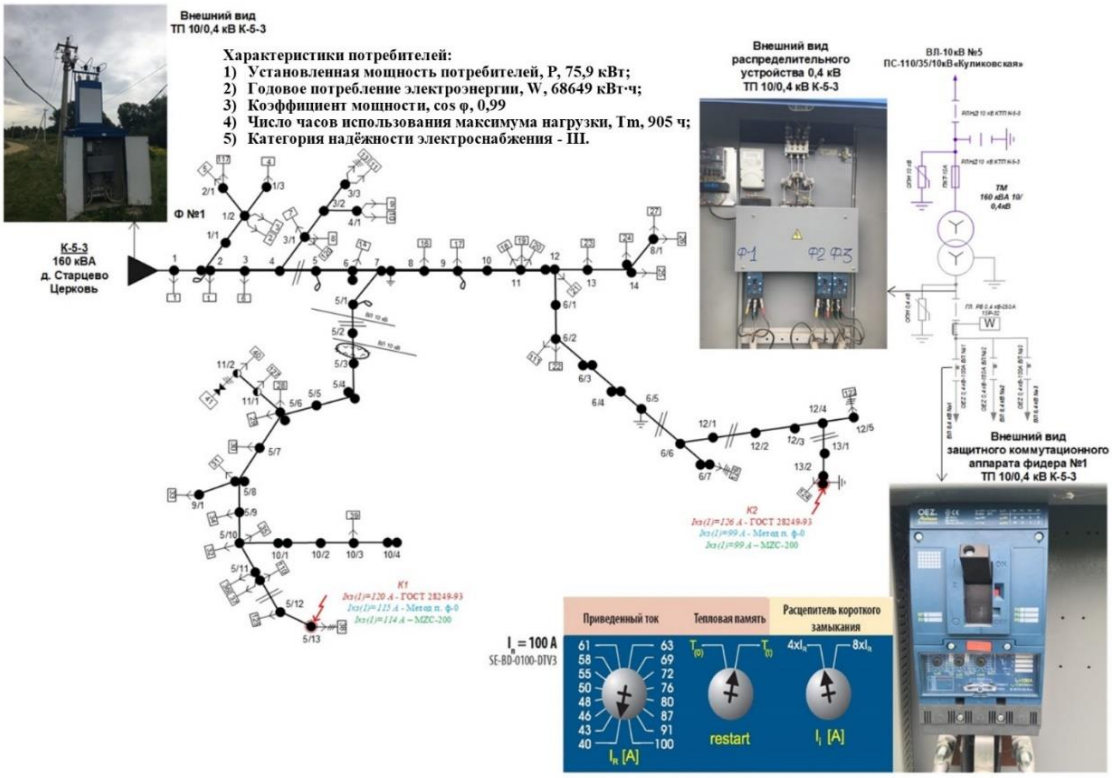


Рисунок 2 - Поопорная схема электрической сети 0,4 кВ, в которой установлено устройство секционирования МКС-2-3В.

Поток отказов, ω_0, год$^{-1}$/100·км, был определён с использованием формулы (1):

$$\omega_0 = \frac{n_{ав} \cdot 100}{l_{уч}}, \quad (1)$$

где $n_{ав}$ - среднеарифметическое значение количества аварийных отключений ВЛ рассматриваемого класса напряжения, ед.;

$l_{уч}$ –протяженность участка ВЛ, км.

Среднее время восстановления $T_{Вучi ЛЭП}$, ч, характеризует время обнаружения и устранения отказа и определяется по формуле (2):

$$T_{Вучi ЛЭП} = \frac{\sum_{i=1}^{r} \tau_i}{r}, \quad (2)$$

где r – число отказов системы за определенный период, ед.;

τ – время восстановления после i-ого отказа, ч.

Среднее число преднамеренных (плановых) отключений на участок ВЛ, m_i, год$^{-1}$, определяется по формуле (3):

$$m_i = \frac{\sum n_{пл}}{N_{лет}}, \quad (3)$$

где $n_{пл}$ – общее количество плановых отключений ВЛ за рассматриваемый промежуток времени, ед.;

$N_{лет}$ – рассматриваемый промежуток времени, ед.

Среднее время простоя электрической сети при преднамеренных отключениях T_{pi}, ч, определяется по формуле (4):

$$T_{pi} = \frac{\sum_{i=1}^{p} t_i}{p}, \quad (4)$$

где p – число простоев системы за определенный период, ед.;

t– время i-ого планового простоя, ч.

Вероятность безотказной работы элемента электрической сети 0,4 кВ $P_{безотк}$, о.е., была определена с использованием формулы (5):

$$P_{безотк} = \frac{8760 - m}{8760}, \quad (5)$$

где 8760 – число часов работы элемента электрической сети 0,4 кВ;

m – число часов простоя в год, ч.

Вероятность отказа $P_{отк}$, о.е., была определена с использованием формулы (6):

$$P_{отк} = P_{безотк} - 1 \quad (6)$$

Показатели, рассчитываемые по формулам (5) и (6) были определены как для аварийных, так и для плановых отключений.

Время перерыва в электроснабжении, $T_{пер}$, ч, вызванного как аварийными, так и плановыми отключениями, определяется по формуле (7):

$$T_{пер} = P_{отк} \cdot 8760. \quad (7)$$

Для участков линии при отказе в любой их точке, ущерб от аварийных перерывов $У_{ав\ учi}$, руб./год, определяется по формуле (8):

$$У_{ав\ учi} = У_{ав0} \cdot \Delta W_{учi} = y_{ав0} \cdot \frac{P_{Мучi} \cdot T_{Мучi} \cdot T_{пер\ ав\ учi}}{8760}, \quad (8)$$

где $y_{0ав}$ - удельный ущерб, рублей/кВт·ч. По данным СТО 56947007-29.240.01.271-2019 [25] ущерб от недоотпуска электроэнергии в распределительных электрических сетях 0,4 кВ по состоянию на март 2025 года составляет 161,22 рубля за кВт·ч;

$\Delta W_{учi}$ – недоотпуск электроэнергии по рассматриваемому участку сети, кВт·ч/год;

$P_{Мучi}$ – максимальная нагрузка потребителей, подключенных к рассматриваемому участку сети, кВт;

$T_{Мучi}$ – время использования максимальной нагрузки для потребителей, подключенных к рассматриваемому участку сети, ч;

$T_{пер\ ав\ учi}$ – время аварийного перерыва в электроснабжении по рассматриваемому участку сети, ч.

Аналогичным образом определяется ущерб от плановых перерывов в электроснабжении с учётом времени простоя участка сети и удельного ущерба от преднамеренного отключения.

Дополнительно от использования устройства эффекты будут получены электросетевыми компаниями. Так, эффект от сокращения неоплаты электроэнергии ввиду недоотпуска электроэнергии $Э_{\text{ноЭЭ}}$, руб./год, определяется по формуле (9):

$$Э_{\text{ноЭЭ}} = \Delta W_{\text{нед}} \cdot Т_{\text{у}}, \quad (9)$$

где $\Delta W_{\text{нед}}$ – разница между объёмами недоотпущенной электроэнергии по сравниваемым схемам, кВт·ч/год;

$Т_{\text{у}}$ – тариф на услугу по передаче электроэнергии, 2,38 руб./кВт·ч по состоянию на март 2025 года для Орловского региона [26].

Затраты на устранение отключения $\sum И_{\text{ущерб отк.сх}i}$, руб./год, определяются по формуле (10):

$$\sum И_{\text{ущерб отк.сх}i} = \Sigma Т_{\text{пер.ав.сх}i} \cdot У_{\text{устр отк}} \text{ (руб./год)} \quad (10)$$

где $\Sigma Т_{\text{пер.ав.сх}i}$ - суммарное время аварийных перерывов в электроснабжении (ч/год) для рассматриваемой схемы, полученное суммированием времени аварийных перерывов по группам потребителей. Учитываются только аварийные перерывы, так как именно они связаны с неплановыми выездами и затратами для служб электросетевой компании;

$У_{\text{устр отк}}$ - удельный ущерб от устранения отключений, по состоянию на март 2025 года среднее удельное значение расходов на устранение отключения для ЛЭП 0,4 кВ составляет 2995,36 рублей.

По результатам выполнения научно-исследовательских работ по теме: «Разработка средств сетевого секционирования и резервирования линий электропередачи для модернизации сельских электрических сетей 0,4 кВ»в рамках гранта от Фонда содействия инновациям по договору по договору №17749ГУ/2022 от «13» мая 2022 года было выявлено, что рыночная стоимость устройства секционирования составляет 150.000 рублей.

Инвестиционные издержки для внедрения устройства секционирования МКС-2-3В в электрическую сеть 0,4 кВ, $\sum И_{\text{инв.п.МКС}-2-3\text{В}}$, руб., определяются формуле (11):

$$\sum И_{\text{инв.п.МКС}-2-3\text{В}} = Ц_{\text{МКС}-2-3\text{В}} + ТЗ_{\text{МКС}-2-3\text{В}} + М_{\text{МКС}-2-3\text{В}}, \quad (11)$$

где $Ц_{\text{МКС}-2-3\text{В}}$ – рыночная стоимость устройства секционирования, руб.;

$ТЗ_{\text{МКС}-2-3\text{В}}$ – транспортные затраты на доставку устройства МКС-2-3В, руб.;

$М_{\text{МКС}-2-3\text{В}}$ – затраты на монтаж устройства секционирования МКС-2-3В, руб.

Эксплуатационные издержки, Э, руб./год, при внедрении устройства МКС-2-3В определяются формуле (12) [27]:

$$Э = А + Т = \frac{\sum И_{\text{инв.п.МКС}-2-3\text{В}} \cdot Ha\%}{100} + \frac{\sum И_{\text{инв.п.МКС}-2-3\text{В}} \cdot Нтр\%}{100}, \quad (12)$$

где А - амортизационные отчисления, руб.;

Т- стоимость текущего ремонта, руб.;

На% - норма амортизационных отчислений, которая составляет 3,5%;

Нтр% - норма отчислений на текущий ремонт, составляет 2,9%.

Дисконтированный срок окупаемости устройства МКС-2-3В $DPP_{\text{МКС}-2-3\text{В}}$, лет, определяется по формуле (13) [27]:

$$DPP_{\text{МКС}-2-3\text{В}} = \sum_{t=0}^{n} (E_t - C_t) \frac{1}{(1+i)^t} \geq Inv, \quad (13)$$

Et – экономия за год, руб.;

Ct – текущие расходы в период времени n, руб., т.е. затраты на эксплуатацию, определённые по формуле (12);

i – ставка дисконта, равная 0,1;

Inv – инвестиции в проект, руб.

Рассмотрим результаты, полученные в ходе технико-экономического обоснования устройства секционирования МКС-2-3В.

Результаты и обсуждение

Показатели надёжности элементов электрической сети 0,4 кВ, определённые по выше приведённым формулам представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Показатели надёжности элементов электрической сети 0,4 кВ.

Показатель	Участок №1 (опоры №1-№7)	Участок №2 (опоры №7-№13/2)	Участок №3 (№7-№5/13)	ТП 10/0,4 кВ	Устройство МКС-2-3В
ω_0, год$^{-1}$/100 км / год$^{-1}$/100 шт	103,5	103,5	103,5	0,016	0,05
$T_{восст}$, ч	2,92	2,92	2,92	50	1
Длина, км / количество, шт.	0,68	0,84	0,8	1	1
$T_{пер\ ав\ учi}$, ч	2,06	2,54	2,42	0.8	0,05
$T_{плучi}$, ч	16,8	16,8	16,8	1,5	1,43
$T_{плi}$	3,5	3,5	3,5	1,5	1,09
m_i, 1/год	4,8	4,8	4,8	0,25	0,33
$P_{безотк\ ав\ учi}$	0,999765	0,99971	0,999724	0,99991	0,999986
$P_{безотк\ пл\ учi}$	0,998082	0,998082	0,998082	0,99983	0,99988
$P_{отк\ ав\ учi}$	0,000235	0,00029	0,000276	0,00009	0,000014
$P_{отк\ пл\ учi}$	0,001918	0,001918	0,001918	0,00017	0,00012

При установке устройства секционирования МКС-2-3В на опору №7 оно делит электрическую сеть 0,4 кВ на следующие участки: магистральный участок до точки установки устройства протяжённостью 680 метров, магистральный участок после установки устройства протяжённостью 840 метров, отпайку от магистрального участка протяжённостью 800 метров.

Исходя из анализа 12 аварийных и 24 плановых отключений рассматриваемой электрической сети 0,4 кВ за 5 лет было выявлено, что поток отказов участков сети составляет 103,5 год$^{-1}$/100 км. Среднее число преднамеренных отключений в год составляет 4,8 год$^{-1}$. Среднее время аварийного перерыва в электроснабжении составляет 2,92 часа, а планового обслуживания – 3,5 часа. С учётом данных показателей были определены вероятности безотказной работы участков электрической сети 0,4 кВ и время перерывов в электроснабжении как для радиальной схемы, так и схемы с устройством секционирования МКС-2-3В. Так, время аварийных перерывов в электроснабжении для участков электрической сети 0,4 кВ при использовании устройства секционирования МКС-2-3В составляет от 2,86-5,45 часов, а плановых – 16,53-18,3 часов. В свою очередь, для радиальной сети время аварийных перерывов в электроснабжении составляет 7,82 часа, а плановых – 51,9 часов. Дополнительно, были определены аварийные перерывы в электроснабжении потребителей при использовании функции АПВ на устройстве секционирования МКС-2-3В. Они составили 1,8-3,4 часов для участков электрической сети 0,4 кВ.

Результаты расчёта ущербов с использованием формул (8)-(10) при использовании разных схем представлены в таблице 2. Рассчитанные ущербы являются составляющими стимулирующих издержек, их сумма по каждому варианту является суммой стимулирующих издержек по нему.

Таблица 2 - Результаты расчёта для рассматриваемой схемы электрической сети 0,4 кВ, запитанной от ТП 10/0,4 кВ Кул-5-3.

Ущерб	Радиальная схема	Схема с устройством МКС-2-3В	Схема с устройством МКС-2-3В и функцией АПВ
Ущерб от недоотпуска, руб./год	42690	17170	15027
Ущерб устранения отключений, руб./год	70810	40857	27318
Ущерб от неоплаты, руб./год	1114	404	379
Суммарный ущерб (стимулизующие издержки), руб./год	114614	58431	42724

Исходя из результатов, представленных в таблице 2, следует, что экономический эффект при использовании устройства МКС-2-3В в рассматриваемой электрической сети 0,4 кВ составляет 56.183 рубля в год, при этом за счёт использовании функции АПВ возможно добиться экономического эффекта в 71.890 рублей в год.

С использованием формулы (11) было определено, что суммарные инвестиции для внедрения устройства секционирования в электрическую сеть 0,4 кВ составляют 217.500 рублей. При этом, согласно результатам расчёта, реализованным с использованием формулы (12), годовые эксплуатационные издержки составляют 13.651 рублей в год. Исходя из данных значений, по формуле (13) было выявлено, что дисконтированный срок окупаемости устройства МКС-2-3В составит 5-8 лет в зависимости от использования функции АПВ.

Выводы.

В работе было произведено технико-экономическое обоснование использования устройства секционирования МКС-2-3В на примере электрической сети 0,4 кВ Орловского района. Капитальные вложения для внедрения устройства МКС-2-3В составляют 217.500 рублей, при этом ежегодные эксплуатационные издержки составляют 13.651 рублей в год. За счёт сокращения ущербов от перерыва в электроснабжении, ущербов от неоплаты за электроэнергию потребителями ввиду недоотпуска, ущербов от устранения последствий аварийных отключений персоналов электросетевых организаций удастся добиться годового экономического эффекта в 56.183-71.890 рублей в год в зависимости от использования функции АПВ. При использовании устройства МКС-2-3В удастся добиться сокращения аварийных перерывов в электроснабжении с 7,82 часов в год, характерных для радиальной схемы, до 1,8-5,45 часов в год, а плановых с 51,9 часов в год до 16,53-18,3 часов в год.

Список использованных источников

1. Виноградова А.В., Виноградов А.В., Букреев А.В. Удельные показатели надежности электрических сетей 0,4 кВ // Агроинженерия. 2024. Т. 26, № 6. С. 77-85. DOI 10.26897/2687-1149-2024-6-77-85. EDN: AZEIQF.

2. Виноградов А.В., Лансберг А.А., Виноградова А.В. Определение современных показателей надежности воздушных линий электропередачи 0,4-110 кВ // Агроинженерия. 2023. Т. 25, № 1. С. 77-85. DOI 10.26897/2687-1149-2023-1-77-85. EDN: SZTQIR.

3. Виноградов А.В., Лансберг А.А., Сорокин Н.С. Характеристика электросетевых компаний по количеству и протяженности линий электропередачи, мощности подстанций //

Электротехнологии и электрооборудование в АПК. 2022. Т. 69, №2(47). С. 31-41. DOI 10.22314/2658-4859-2022-69-2-31-41. EDN: AJQSZN.

4. Виноградов А.В., Лансберг А.А., Виноградова А.В. Анализ конфигурации электрических сетей 0,4 кВ Орловской области // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. 2023. Т. 70, №4(53). С. 22-29. DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-4-22-29. EDN: LHIRSK.

5. Лансберг А.А., Виноградов А.В., Виноградова А.В. Структура парка силовых трансформаторов с высшим напряжением 6-10 кв на примере электросетевой организации филиала ПАО «Россети Центр»- «Орелэнерго», обслуживающей сельские электрические сети // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23, № 5. С. 34-45. DOI 10.30724/1998-9903-2021-23-5-34-45. EDN: TEJQYG.

6. Лансберг А.А., Виноградов А.В. Анализ типов и технических характеристик защитных коммутационных аппаратов электрических сетей 0,4 кВ в филиале ПАО «Россети Центр»-«Орелэнерго» // Научный журнал молодых ученых. 2022. №4(29). С. 42-51. EDN: NJTLHI.

7. Виноградова А.В. Причины отключений в сельских электрических сетях и их структурирование // Агротехника и энергообеспечение. 2024. №4(45). С. 12-19. EDN: FYMIMZ.

8. Łukasz GRĄKOWSKI, Andrzej Ł. CHOJNACKI, Katarzyna GĘBCZYK, Kornelia BANASIK. Statistical Analysis and Modeling of the Reliability of Overhead Low Voltage Lines // PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY, ISSN 0033-2097, R. 95 NR 12/2019. pp. 261-264. doi:10.15199/48.2019.12.59.

9. Спеваков П.И. К проектированию сетей зануления в силовых установках // Электричество. 1939. №8. С. 69.

10. Ершов А.М., Сидоров А.И., Валеев Р.Г. Защита воздушных линий напряжением 380 В от однофазных коротких замыканий с помощью секционирующих предохранителей // Промышленная энергетика. 2016. №11. С. 17-22. EDN: XELAQZ.

11. Валеев Р.Г., Тропин С.А., Ерунова А.В., Ермолаева Н.А. Методика расстановки секционирующих плавких предохранителей в сетях до 1000 В // Электробезопасность. 2014. №4. С. 3-16. EDN: UZNAVF.

12. Виноградов А.В., Виноградова А.В. Секционирующий пункт для линий электропередач 0,38 кВ // Техника в сельском хозяйстве. 2014. №5. С. 4-6. EDN: UEVIJT.

13. Виноградова А.В., Виноградов А.В., Лукьянов Ю.И. Математическое моделирование электрической сети, оснащенной средствами секционирования и резервирования и усовершенствованная схема секционирующего пункта 0,38 кВ // Вестник НГИЭИ. 2016. №12(67). С. 46-54. EDN: XICNLH.

14. Виноградова А.В., Виноградов А.В., Константинов А.В., Якунин С.Н. Модернизация пункта секционирования электрических сетей 0,38 кВ с учетом использования в качестве коммутационного аппарата вакуумного контактора LSMTEL // Инновации в сельском хозяйстве. 2015. №2(12). С. 67-71. EDN: UARZKR.

15. Виноградова А.В., Панфилов А.А., Виноградов А.В., Лукьянов Ю.И., Псарёв А.И. Микроконтроллерный блок управления секционирующим пунктом 0,38 кВ // Вести высших учебных заведений Черноземья. 2019. №2(56). С. 3-13. EDN: ZTDDOH.

16. Виноградов А.В., Виноградова А.В., Псарев А.И., Хархардин А.Н. Обоснование применения секционирующих пунктов в сети 0,4 кВ с учётом показателей энергоэффективности // Вести высших учебных заведений Черноземья. 2019. №4(58). С. 12-23. EDN: XUUWJN.

17. Виноградова А.В., Виноградов А.В., Псарев А.И., Беликов Р.П. Методика выбора мест установки и количества универсальных секционирующих пунктов с функцией АВР в электрической сети 0,38 кВ по критерию обеспечения чувствительности защитных аппаратов // Вести высших учебных заведений Черноземья. 2019. №3(57). С. 38-49. EDN: OBSRFR.

18. Псарев А.И., Виноградова А.В. Пункт секционирования с функцией АВР для электрических сетей 0,4 кВ: схемы и варианты установки // Агротехника и энергообеспечение. 2024. №3(44). С. 33-42. EDN: LHCUAC.

19. Псарев А.И., Виноградова А.В. Технико-экономическое обоснование применения секционирующих пунктов в сельских электрических сетях 0,4 кВ // Агротехника и энергообеспечение. 2024. №3(44). С. 65-74. EDN: QJADJW.

20. Виноградов А.В., Виноградова А.В., Псарёв А.И., Лансберг А.А., Большев В.Е. Повышение эффективности защиты линий электропередачи 0,4 кВ с отпайками от однофазных коротких замыканий за счёт применения мультиконтактной коммутационной системы МКС-2-3В // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2020. Т. 15. № 3 (59). С. 58-63. DOI 10.12737/2073-0462-2020-58-63. EDN: FDKUEE.

21. Vinogradov A.V., Tikhomirov D.A., Vinogradova A.V., Lansberg A.A., Sorokin N.S., Belikov R.P., Bolshev V.E., Golikov I.O., Borodin M.V. Concept of Multi-contact Switching System // In: Vasant P., Zelinka I., Weber GW. (eds) Intelligent Computing and Optimization. ICO 2020. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 1324. Springer, Cham. (2021) https://doi.org/10.1007/978-3-030-68154-8_3.

22. Виноградов А.В. Методика определения надёжности электроснабжения потребителей в схемах электроснабжения, содержащих мультиконтактные коммутационные системы // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2020. №2(54). С. 73-84. DOI 10.31563/1684-7628-2020-54-2-73-84. EDN: WVIUHG.

23. Виноградов А.В., Виноградова А.В., Псарев А.И., Самарин Г.Н., Большев В.Е. Повышение надёжности электроснабжения потребителей посредством применения мультиконтактных коммутационных систем в линиях электропередачи 0,4 кВ с отпайками // Вестник НГИЭИ. 2020. №11(114). С. 48-64. DOI 10.24411/2227-9407-2020-10105. EDN: TDRRLY.

24. Виноградов А.В., Сейфуллин А.Ю., Букреев А.В. Определение рациональных мест размещения мультиконтактных коммутационных систем // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2024. Т. 18, № 3. С. 82-90. DOI 10.22314/2073-7599-2024-18-3-82-90. EDN: KKBOBV.

25. СТО 56947007-29.240.01.271-2019. Стандарт организации ПАО «ФСК ЕЭС». Методические указания по технико-экономическому обоснованию электросетевых объектов. Эталоны обоснований. URL: Дата введения: 24.07.2019. URL: https://www.rosseti.ru/upload/iblock/6dd/p9g5uwgkm6uscowhesbwemig4te431wo.pdf (дата обращения: 13.03.2025 г.).

26. Тарифы на услуги по передаче электроэнергии. ПАО «Россети Центр». URL: https://www.mrsk-1.ru/customers/services/transmission/price/ (дата обращения: 17.03.2025 г.).

27. Экономика и управление производством: учебное пособие / Н. З. Бахтеева, З. В. Шацких. - Казань: КГЭУ, 2015. - 187 с.

Bibliography:

1. Vinogradova A.V., Vinogradov A.V., Bukreev A.V. Specific reliability indicators of 0.4 kV electrical networks // Agroinzheneriya. 2024. Vol. 26, No. 6. Pp. 77-85. DOI 10.26897/2687-1149-2024-6-77-85. EDN: AZEIQF.

2. Vinogradov A.V., Lansberg A.A., Vinogradova A.V. Definition of modern reliability indicators of 0.4-110 kV overhead power transmission lines // Agroinzheneriya. 2023. Vol. 25, No. 1. Pp. 77-85. DOI 10.26897/2687-1149-2023-1-77-85. EDN: SZTQIR.

3. Vinogradov AV, Lansberg AA, Sorokin NS Characteristics of electric grid companies by the number and length of power transmission lines, substation capacity // Electrical technologies and electrical equipment in the agro-industrial complex. 2022. Vol. 69, No. 2 (47). Pp. 31-41. DOI 10.22314/2658-4859-2022-69-2-31-41. EDN: AJQSZN.

4. Vinogradov AV, Lansberg AA, Vinogradova AV Analysis of the configuration of 0.4 kV electrical networks in the Oryol region // Electrical technologies and electrical equipment in the agro-industrial complex. 2023. Vol. 70, No. 4 (53). Pp. 22-29. DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-4-22-29. EDN: LHIRSK.

5. Lansberg A.A., Vinogradov A.V., Vinogradova A.V. Structure of the fleet of power transformers with high voltage of 6-10 kV on the example of the electric grid organization of the branch of PJSC Rosseti Centre - Orelenergo, serving rural electric networks // News of higher educational institutions. Problems of energy. 2021. Vol. 23, No. 5. Pp. 34-45. DOI 10.30724/1998-9903-2021-23-5-34-45. EDN: TEJQYG.

6. Lansberg A.A., Vinogradov A.V. Analysis of the types and technical characteristics of protective switching devices of 0.4 kV electrical networks in the branch of PJSC Rosseti Centre - Orelenergo // Scientific journal of young scientists. 2022. No. 4 (29). P. 42-51. EDN: NJTLHI.

7. Vinogradova A.V. Causes of outages in rural electrical networks and their structuring // Agrotechnics and energy supply. 2024. No. 4 (45). P. 12-19. EDN: FYMIMZ.

8. Łukasz GRĄKOWSKI, Andrzej Ł. CHOJNACKI, Katarzyna GĘBCZYK, Kornelia BANASIK. Statistical Analysis and Modeling of the Reliability of Overhead Low Voltage Lines // PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY, ISSN 0033-2097, R. 95 NR 12/2019. pp. 261-264. doi:10.15199/48.2019.12.59.

9. Spevakov P.I. On the Design of Grounding Networks in Power Plants // Electricity. 1939. No. 8. P. 69.

10. Ershov A.M., Sidorov A.I., Valeev R.G. Protection of 380 V overhead power lines from single-phase short circuits using sectionalizing fuses // Industrial Power Engineering. 2016. No. 11. Pp. 17-22. EDN: XELAQZ.

11. Valeev R.G., Tropin S.A., Erunova A.V., Ermolaeva N.A. Methodology for arranging sectionalizing fuses in networks up to 1000 V // Electrical Safety. 2014. No. 4. Pp. 3-16. EDN: UZNAVF.

12. Vinogradov A.V., Vinogradova A.V. Sectionalizing point for 0.38 kV power transmission lines // Equipment in agriculture. 2014. No. 5. Pp. 4-6. EDN: UEVIJT.

13. Vinogradova A.V., Vinogradov A.V., Lukyanov Yu.I. Mathematical modeling of an electric network equipped with sectioning and redundancy means and an improved scheme of a 0.38 kV sectioning point // Bulletin of NGIEI. 2016. No. 12 (67). P. 46-54. EDN: XICNLH.

14. Vinogradova A.V., Vinogradov A.V., Konstantinov A.V., Yakunin S.N. Modernization of a sectioning point for 0.38 kV electric networks taking into account the use of a LSMTEL vacuum contactor as a switching device // Innovations in Agriculture. 2015. No. 2 (12). P. 67-71. EDN: UARZKR.

15. Vinogradova A.V., Panfilov A.A., Vinogradov A.V., Lukyanov Yu.I., Psarev A.I. Microcontroller control unit for 0.38 kV sectionalizing point // News of higher educational institutions of Chernozemye. 2019. No. 2 (56). P. 3-13. EDN: ZTDDOH.

16. Vinogradov AV, Vinogradova AV, Psarev AI, Kharkhardin AN Justification for the use of sectionalizing points in a 0.4 kV network taking into account energy efficiency indicators // News of higher educational institutions of the Chernozem region. 2019. No. 4 (58). P. 12-23. EDN: XUUWJN.

17. Vinogradova AV, Vinogradov AV, Psarev AI, Belikov RP Methodology for selecting installation locations and the number of universal sectionalizing points with an ATS function in a 0.38 kV electrical network based on the criterion of ensuring the sensitivity of protective devices // News of higher educational institutions of the Chernozem region. 2019. No. 3 (57). P. 38-49. EDN: OBSRFR.

18. Psarev A.I., Vinogradova A.V. Sectionalization point with ATS function for 0.4 kV electric networks: schemes and installation options // Agrotechnics and energy supply. 2024. No. 3 (44). P. 33-42. EDN: LHCUAC.

19. Psarev A.I., Vinogradova A.V. Feasibility study of the use of sectionalization points in 0.4 kV rural electric networks // Agrotechnics and energy supply. 2024. No. 3 (44). P. 65-74. EDN: QJADJW.

20. Vinogradov A.V., Vinogradova A.V., Psarev A.I., Lansberg A.A., Bolshev V.E. Improving the efficiency of protection of 0.4 kV power transmission lines with taps from single-phase short circuits due to the use of the multi-contact switching system MKS-2-3V // Bulletin of Kazan State Agrarian University. 2020. Vol. 15. No. 3 (59). P. 58-63. DOI 10.12737/2073-0462-2020-58-63. EDN: FDKUEE.

21. Vinogradov A.V., Tikhomirov D.A., Vinogradova A.V., Lansberg A.A., Sorokin N.S., Belikov R.P., Bolshev V.E., Golikov I.O., Borodin M.V. Concept of Multi-contact Switching System // In: Vasant P., Zelinka I., Weber GW. (eds) Intelligent Computing and Optimization. ICO 2020. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 1324. Springer, Cham. (2021) https://doi.org/10.1007/978-3-030-68154-8_3.

22. Vinogradov AV Methodology for determining the reliability of power supply to consumers in power supply circuits containing multi-contact switching systems // Bulletin of the Bashkir State Agrarian University. 2020. No. 2 (54). P. 73-84. DOI 10.31563/1684-7628-2020-54-2-73-84. EDN: WVIUHG.

23. Vinogradov AV, Vinogradova AV, Psarev AI, Samarin GN, Bolshev VE Increasing the reliability of power supply to consumers through the use of multi-contact switching systems in 0.4 kV power transmission lines with taps // Bulletin of NGIEI. 2020. No. 11 (114). P. 48-64. DOI 10.24411/2227-9407-2020-10105. EDN: TDRRLY.

24. Vinogradov AV, Seifullin AY, Bukreev AV Determination of rational locations for multi-contact switching systems // Agricultural Machinery and Technologies. 2024. Vol. 18, No. 3. Pp. 82-90. DOI 10.22314/2073-7599-2024-18-3-82-90. EDN: KKBOBV.

25. STO 56947007-29.240.01.271-2019. Standard of the organization of PJSC FGC UES. Methodological guidelines for the feasibility study of electric grid facilities. Justification standards. URL: Date of introduction: 24.07.2019. URL: https://www.rosseti.ru/upload/iblock/6dd/p9g5uwgkm6uscowhesbwemig4te431wo.pdf (date of access: 13.03.2025).

26. Tariffs for electricity transmission services. PJSC Rosseti Centre. URL: https://www.mrsk-1.ru/customers/services/transmission/price/ (date of access: 17.03.2025).

27. Economics and production management: a textbook / N. Z. Bakhteeva, Z. V. Shatskikh. - Kazan: KGEU, 2015. - 187 p.

Александр Александрович Лансберг, младший научный сотрудник лаборатории электроснабжения, электрооборудования и возобновляемой энергетики ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, lansbergaa@vk.com

FEASIBILITY STUDY OF USING THE MKS-2-3V SECTIONALIZING DEVICE IN A 0.4 kV ELECTRIC NETWORK

A.A. Lansberg
FGBNU FNAC VIM

Abstract. Sectioning of 0.4 kV rural electrical networks is one of the technical solutions for increasing the reliability of power supply to consumers and protection against single-phase short circuits. The effect of using the sectionalizing device is achieved by reducing the undersupply of electricity to consumers during emergency and planned outages, non-payment for electricity by consumers due to undersupply, as well as eliminating the consequences of emergency outages by the personnel of power grid companies. (Research objective) To conduct a feasibility study for using the MKS-2-3V sectioning device (a multi-contact switching system with two vacuum contactors and three terminals) using the 0.4 kV electrical network of the Oryol region as an example. (Materials and methods) To assess the increase in the reliability of power supply through the use of the MKS-2-3V sectioning device, the methods of addition and multiplication of probabilities were used. The characteristics of consumers of the considered 0.4 kV electrical network were determined using the Pyramid-Networks software. Using the Accident software package, information was obtained on the number and duration of emergency and planned outages of the considered 0.4 kV electrical network over 5 years. (Results and discussion) It was found that capital investments for the implementation of the MKS-2-3V sectioning device amount to 217,500 rubles. The annual economic effect of using the MKS-2-3V sectioning device will be 56,183-71,890 rubles per year, depending on the use of the automatic reclosing function. Due to the use of the MKS-2-3V device, it will be possible to reduce emergency power outages from 7.82 hours per year, typical for the radial scheme, to 1.8-5.45 hours per year, and planned ones from 51.9 hours per year to 16.53-18.3 hours per year.

Key words: 0.4 kV rural electrical networks, sectioning, power supply reliability, single-phase short circuits, sectioning device, feasibility study.

Alexander Alexandrovich Lansberg, Junior Researcher, Laboratory of Power Supply, Electrical Equipment and Renewable Energy, Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Scientific Center for VIM, lansbergaa@vk.com.

УДК 681.5.076.2:628.16

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ НАСТРОЙКИ ПИ-РЕГУЛЯТОРА НА КАЧЕСТВО РЕГУЛИРОВАНИЯ ДАВЛЕНИЯ В СИСТЕМЕ ВОДОСНАБЖЕНИЯ С ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ НАСОСА

К.Н. Лебедев

Азово-Черноморский инженерный институт
ФГБОУ ВО Донской ГАУ

Аннотация. *Исследование посвящено проблеме оптимизации параметров настройки пропорционально-интегрального регулятора давления в системах водоснабжения. Теоретической основой работы являются положения теории автоматического регулирования, из которых следует, что пропорциональная составляющая Kp обеспечивает быстрый отклик на отклонения управляемой величины, а интегральная KI - плавное устранение статической ошибки. Экспериментально исследовалось влияние параметров настройки ПИ-регулятора на время регулирования и амплитуду колебаний давления. Использовалась лабораторная установка с центробежным насосом, преобразователем частоты и системой сбора данных. Результаты показали, что выбор параметров регулятора существенно влияет на качество переходных процессов. Установлено, что при KI < 1 регулятор не обеспечивает стабилизацию давления, а при Kp > 1 и Ki < 5 время регулирования существенно возрастает. Минимальная амплитуда колебаний давления достигнута при 2 ≤ Kp ≤ 3, а зависимость от KI оказалась слабовыраженной. Оптимальные параметры соответствуют Kp = 2,5–3 и KI = 10, обеспечивая минимальные время регулирования и амплитуду колебания давления.*

Ключевые слова. *ПИ-регулятор, системы водоснабжения, регулирование давления, преобразователь частоты, асинхронный насос.*

Введение.

Ключевым фактором эффективной работы систем водоснабжения является поддержание стабильного давления в подающих трубопроводах, т.е. его регулирование в терминах теории автоматического управления. При этом необходимо не только обеспечивать энергоэффективность работы и бесперебойную подачу воды, но и предотвращать гидроудары, снижать износ оборудования и минимизировать потери, так как низкое давление приводит к недостатку воды у высоко расположенных потребителей, а избыточное – к авариям и протечкам.

Эволюция методов поддержания давления в водоснабжении прошла путь от гравитационных систем с водонапорными башнями до современных систем с мембранными баками для компенсаций пиковых нагрузок и преобразователями частоты для управления асинхронными электронасосными агрегатами [1]. Важной особенностью энергоэффективных станций управления асинхронными электроприводами является использование пропорционально-интегрально-дифференциального (ПИД) закона регулирования, реализованного на базе преобразователей частоты (ПЧ). Многие ПЧ содержат пропорционально-интегральный (ПИ) регулятор, который представляет собой упрощённую версию ПИД-регулятора, где отсутствует дифференциальная составляющая [2]. Благодаря

сочетанию эффективности и простоты, он широко применяется в промышленных системах управления, в том числе в водоснабжении.

Цифровой ПИ-регулятор сравнивает текущую величину давления, измеряемую датчиком, расположенным в подающем трубопроводе, с уставкой (заданным значением) и вычисляет необходимую величину частоты вращения асинхронного электропривода насоса, обеспечивающую компенсацию отклонения давления. Качество процесса регулирования зависит от настройки регулятора [2].

Результаты и обсуждение.

Для настройки ПИ-регуляторов, являющихся составной частью современных преобразователей частоты, используется несколько параметров, основными из которых являются пропорциональная составляющая с коэффициентом настройки K_p и интегральная составляющая с коэффициентом настройки K_I (рисунок 1) [3-4]. Пропорциональная составляющая позволяет компенсировать отклонение текущего значения давления от уставки и обеспечивает «мгновенную» реакцию регулятора, однако не обеспечивает точное поддержание заданного значения во всем диапазоне изменений водопотребления и приводит к колебанию давления возле него.

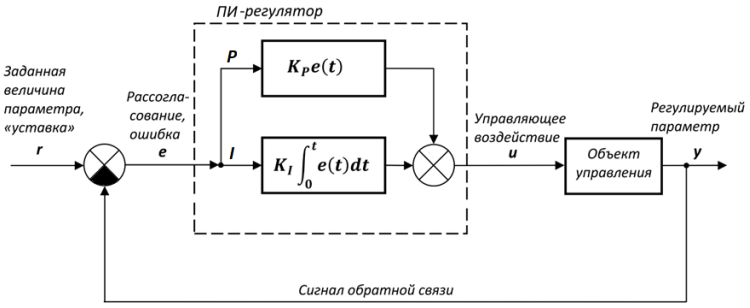


Рисунок 1- Структурная схема ПИ-регулятора

Интегральная составляющая учитывает предшествующие отклонения и приводит к плавному устранению ошибки регулирования без остаточных колебаний.

Однако, при неправильной настройке ПИ-регулятора возможна неустойчивая работа и ухудшение качества регулирования. Это может проявляться в незатухающих колебаниях давления, частых изменениях частоты вращения электронасоса, гуле и вибрации в трубах из-за резкого изменения подачи, а система не выходит на заданное давление.

В экспериментальных исследованиях динамических процессов изменения давления воды при ПИ-регулировании использовалась лабораторная установка [5, 6], имеющая в своем составе асинхронный центробежный электронасный агрегат, гидроаккумулятор, бак для воды, датчик давления, манометр, вентиль на подающем трубопроводе для изменения расхода воды, преобразователь частоты ВЕСПЕР. Исследование переходных характеристик регулирования давления при изменении расхода воды осуществлялось при помощи датчика с выходом «токовая петля» и ПЭВМ с платой ввода аналоговых сигналов.

Экспериментальные исследования производились в следующем порядке: задаются коэффициенты настройки ПИ-регулятора K_p и K_I; включается электропривод и при полностью открытом вентиле и установившейся частоте вращения включается режим записи данных, поступающих с датчика давления на ПЭВМ, затем перекрывается подача воды; наблюдая переходный процесс на экране ПК, при достижении установившегося значения давления запись данных останавливается. Далее, при помощи инструментария программного

обеспечения платы ввода сигналов определяется максимальная амплитуда колебания давления ΔP (в вольтах) и время регулирования (в секундах). Используя экспериментально полученную тарировочную характеристику измерительного канала величина сигнала датчика давления (В) переводится в единицы давления (МПа). Далее изменяются настройки ПИ-регулятора и предыдущий алгоритм действий повторяется. На рисунке 2 показан скриншот одного из вариантов переходной характеристики на экране ПЭВМ.

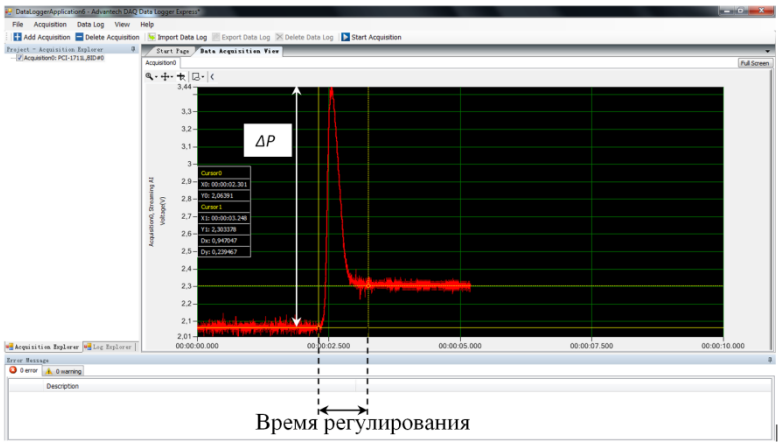


Рисунок 2 - Пример переходной характеристики

При помощи электронных таблиц полученные данные были обработаны, а результаты представлены в виде графических зависимостей (рисунки 3 и 4). На основании полученных данных выявлено, что при коэффициенте $K_I < 1$ не удается настроить ПИ-регулятор; время регулирования незначительно зависит от коэффициента K_p; зависимость от коэффициента K_I существенная в переделах 1-15, при дальнейшем увеличении K_I зависимость несущественна. При коэффициенте $K_p > 1$ и $K_I < 5$ при открытии вентиля время регулирования значительно возрастает, достигая величины десятков секунд.

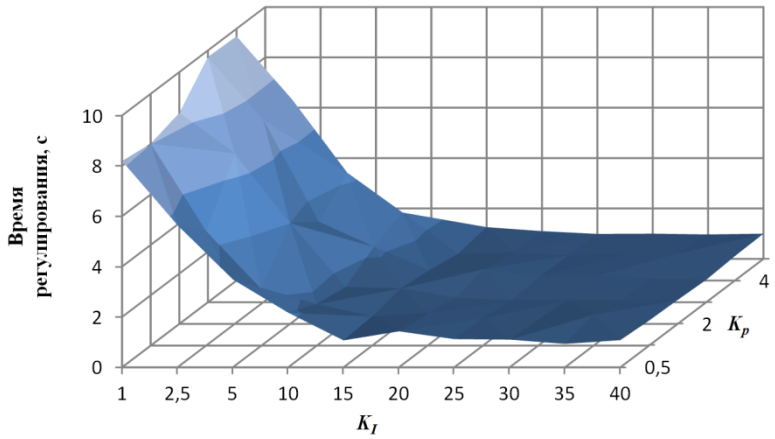


Рисунок 3 - Зависимость времени регулирования от параметров настройки ПИ-регулятора

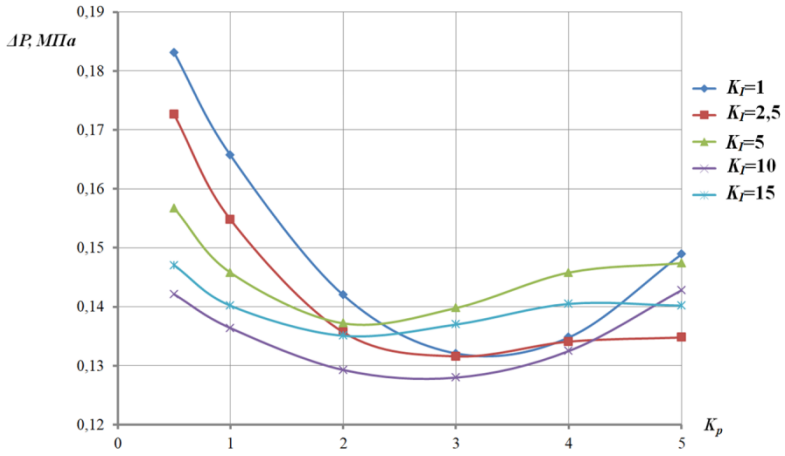


Рисунок 4 - Зависимость максимальной амплитуды колебаний давления от параметров настройки ПИ-регулятора

Существенное увеличение величин параметров настройки ПИ-регулятора при уменьшении расхода воды не полностью, а до небольших значений, приводит к автоколебательному режиму работы с периодом 0,35 с, что является проявлением неустойчивости (рисунок 5). Из анализа работ других исследователей выявлено, что аналогичные закономерности наблюдаются при ПИ-регулировании турбомеханизмов как класса асинхронных электроприводов, например вентиляторов с преобразователями частоты Danfoss [7].

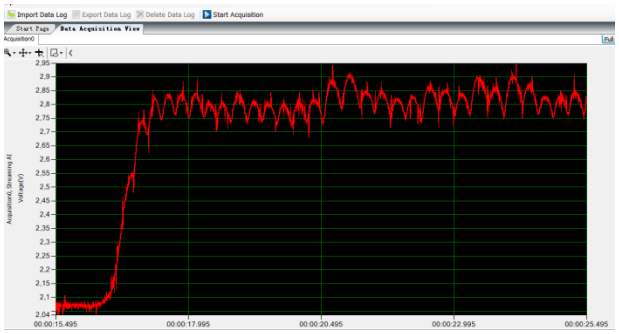


Рисунок 5 - Переходная характеристика при малых расходах, $K_p = 53$ и $K_I = 80$.

Выводы.

Имеется выраженная зависимость максимальной амплитуды колебания давления ΔP от коэффициента K_p с минимумом в области $2 \leq K_p \leq 3$. Зависимость максимальной амплитуды колебания давления ΔP от коэффициента K_I выражена в меньшей степени и изменяется в переделах 10,2%. Минимальные время регулирования и амплитуда колебания давления, соответствуют величинам настройки ПИ-регулятора $2,5 \leq K_p \leq 3$ и $K_I = 10$. Таким образом, в системах водоснабжения для достижения высокого качества регулирования давления необходима тщательная настройка регулятора.

Список использованных источников

1. Корчевская Ю.В. Возможности регулирования бесперебойной подачи воды в сеть малых населенных пунктов / Ю.В. Корчевская, Г.А. Горелкина // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2016. № 1(135). С. 138-142.

2. Юшков И.С. Сравнительная характеристика П-, И-, ПИ-, ПИД-регуляторов /

И.С. Юшков, С. Д. Костин, Т. М. Зюзина // Modern Science. 2023. № 1-1. С. 284-295.

3. Денисенко В. ПИД регуляторы: принципы построения и модификации // Современные технологии автоматизации. 2006. №4. С. 66-74.

4. Рожков А.Е., Вдовенко С.А., Цыганков Е.В. Использование частотных преобразователей (ПЧ) «Веспер» в режиме ПИД-регулирования // Информатизация и системы управления в промышленности. 2017. №1 (67). С.86-90.

5. Лебедев К. Н. Автоматизированный стенд для проведения лабораторных работ по изучению ПИ-регуляторов давления в системе водоснабжения на базе трёхфазного асинхронного электропривода насоса и преобразователя частоты / К. Н. Лебедев, П. К. Лебедев // Агротехника и энергообеспечение. 2024.№ 1(42). С. 37-42.

6. Носов С.И. Экспериментальные исследования процесса ПИ- регулирования давления в системе водоснабжения с преобразователем частоты // С.И. Носов, К.Н. Лебедев / Активная Честолюбивая Интеллектуальная Молодежь Сельскому Хозяйству (АЧИМСХ). Зерноград: АЧИИ ФГБОУ ВО Донской ГАУ. 2024. № 1 (16). С. 26-31.

7. Бутаков В.М. Настройка ПИД-регулятора преобразователя частоты Danfoss для вентиляторной установки: практикум / В.М. Бутаков, П.П. Павлов, И.О. Юшин. Казань: Каз. гос. энерг. ун-т., 2017. 36 с.

Bibliography:

1. Korchevskaya Yu.V. Possibilities of regulating uninterrupted water supply to the network of small settlements / Yu.V. Korchevskaya, G.A. Gorelkina // Bulletin of the Altai State Agrarian University. 2016. No. 1 (135). P. 138-142.

2. Yushkov I.S. Comparative characteristics of P-, I-, PI-, PID controllers / I.S. Yushkov, S.D. Kostin, T.M. Zyuzina // Modern Science. 2023. No. 1-1. P. 284-295.

3. Denisenko V. PID controllers: principles of design and modification // Modern automation technologies. 2006. No. 4. P. 66-74.

4. Rozhkov A.E., Vdovenko S.A., Tsygankov E.V. Using Vesper Frequency Converters (FC) in PID Control Mode // Informatization and Control Systems in Industry. 2017. No. 1 (67). P. 86-90.

5. Lebedev K. N. Automated Stand for Conducting Laboratory Work on Studying PI Pressure Regulators in a Water Supply System Based on a Three-Phase Asynchronous Electric Pump Drive and a Frequency Converter / K. N. Lebedev, P. K. Lebedev // Agrotechnics and Energy Supply. 2024. No. 1 (42). P. 37-42.

6. Nosov S. I. Experimental Studies of the Process of PI Pressure Regulation in a Water Supply System with a Frequency Converter // S. I. Nosov, K. N. Lebedev / Active Ambitious Intellectual Youth in Agriculture (ACHIMSH). Zernograd: ACHI FGBOU VO Donskoy SAU. 2024. No. 1 (16). P. 26-31.

7. Butakov V.M. Setting up the PID controller of the Danfoss frequency converter for a fan unit: workshop / V.M. Butakov, P.P. Pavlov, I.O. Yushin. Kazan: Kaz. state power engineering university, 2017. 36 p.

Константин Николаевич Лебедев, кандидат технических наук, доцент кафедры «Математика и биоинформатика», Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ, г. Зерноград, Российская федерация. E-mail: slonbs@mail.ru

INFLUENCE OF PI CONTROLLER SETTING PARAMETERS ON THE QUALITY OF

PRESSURE CONTROL IN A WATER SUPPLY SYSTEM WITH A VARIABLE-FREQUENCY PUMP DRIVE

K.N. Lebedev
Azovo -Black Sea Engineering Institute
Donskoy State Agrarian University

Abstract. The study is devoted to the problem of optimizing the parameters of the proportional-integral pressure controller in water supply systems. The theoretical basis of the work is the provisions of the theory of automatic control, from which it follows that the proportional component Kp ensures a quick response to deviations of the controlled variable, and the integral KI - smooth elimination of the static error. The effect of the PI controller setting parameters on the control time and the amplitude of pressure oscillations was experimentally studied. A laboratory setup with a centrifugal pump, a frequency converter and a data acquisition system was used. The results showed that the choice of controller parameters significantly affects the quality of transient processes. It was found that at KI < 1 the controller does not provide pressure stabilization, and at Kp > 1 and Ki < 5 the control time increases significantly. The minimum amplitude of pressure oscillations is achieved at $2 \leq Kp \leq 3$, and the dependence on KI turned out to be weakly expressed. Optimum parameters correspond to Kp = 2.5–3 and KI = 10, providing minimum control time and amplitude of pressure oscillations.

Key words. PI controller, water supply systems, pressure control, frequency converter, asynchronous pump.

Konstantin Nikolaevich Lebedev, PhD in Engineering, Associate Professor of the Department of Mathematics and Bioinformatics, Azov-Black Sea Engineering Institute, Donskoy State Agrarian University, Zernograd, Russian Federation. E-mail: slonbs@mail.ru

УДК 621.548:621.311.24

ТИПЫ И КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ВЕТРОГЕНЕРАТОРОВ. СОВМЕЩЕНИЕ ДВУХ ТИПОВ ВЕТРОГЕНЕРАТОРОВ НА ОДНОЙ МАЧТЕ

С.С. Старостина, Д.С. Карлаков, О.В. Лештаев

ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация. *В статье рассматривается концепция гибридной ветроэнергетической установки, объединяющей горизонтально-осевой и вертикально-осевой ветрогенераторы на одной мачте. Проведен сравнительный анализ конструктивных особенностей обоих типов установок. Горизонтально-осевые генераторы эффективны при высоких скоростях ветра на значительной высоте, тогда как вертикально-осевые устойчиво работают при нестабильном ветре и его малых скоростях, располагаясь ближе к земле. Совмещение этих установок позволяет более полно использовать ветровой ресурс на разных высота и при различных скоростях ветра, что способствует увеличению коэффициента использования установленной мощности (КИУМ) до 0,4–0,5. Предложенное техническое решение обеспечивает более стабильную выработку электроэнергии и устойчивость системы к изменяющимся погодным условиям. Выделены перспективы дальнейших исследований, включая аэродинамическое моделирование и оценку вибрационных нагрузок на мачту.*

Ключевые слова: *ВИЭ, ветрогенератор, лопасти, ветроэнергетика, коэффициент использования установленной мощности.*

Введение.

Развитие ветроэнергетики требует постоянного совершенствования конструкций ветрогенераторов для повышения объёма выработки электроэнергии. Наибольшее распространение получили такие ВЭУ, как горизонтально-осевые, которые эффективно работают на большой высоте при стабильном ветре, и вертикально-осевые, работающие на небольшой высоте при нестабильных условиях. Идея совмещения горизонтально-осевого и вертикально-осевого ветрогенераторов на одной опорной конструкции позволяет объединить преимущества обеих установок, что приведет к увеличению выработки электроэнергии.

Ветрогенератор – это устройство, преобразующее кинетическую энергию ветра в электрическую энергию. Принцип его работы основан, как правило, на вращении лопастей под воздействием воздушных потоков. Когда ветер дует, он приводит в движение ветроколесо, которое напрямую или через редуктор передает крутящий момент на генератор, вырабатывающий электрическую энергию [5].

Существуют и безлопастные ветрогенераторы – устройства, использующие аэродинамическое сопротивление мачт в форме трубок или конусов, для создания колебаний, которые затем при помощи линейных генераторов переменного тока или пьезоэлектрических элементов преобразуются в электроэнергию. На данный момент безлопастные ветрогенераторы всё ещё находятся на стадии разработки и тестирования, и пока не получили широкого распространения [1].

Теперь остановимся подробнее на лопастных ветрогенераторах. Вращающей лопасти ветроколеса силой может быть *сила сопротивления* или же *подъемная сила*. Концы лопастей установок, использующих для работы силу давления ветра (драг-машины), вращаются со

скоростью, меньше скорости ветра. Концы лопастей установок, использующих для работы подъемную силу крыла (лифт-машины), имеют скорость вращения, существенно превышающую скорость ветра.

Результаты и обсуждение.

Ведя разговор о ветрогенераторах, нельзя не затронуть так называемые коэффициент использования энергии ветра (КИЭВ) и коэффициент использования установленной мощности (КИУМ).

КИЭВ показывает, какую долю доступной кинетической энергии ветра установка способна преобразовать в механическую энергию вращения. В данном контексте обязательно следует упомянуть предел Бэтца-Жуковского. Согласно этому ограничению, теоретический максимальный коэффициент использования энергии ветра идеального ветроколеса, использующего подъёмную силу: $\xi = 0{,}593$ [7]. В то же время, теоретический максимальный коэффициент использования энергии ветра при работе за счет силы давления ветра не может быть больше $\xi = 0{,}192$ [7].

КИУМ определяется как отношение средней мощности ($P_{\text{ср}}$), вырабатываемой установкой, к ее номинальной установленной мощности ($P_{\text{уст}}$) [2]:

$$\text{КИУМ} = \frac{P_{\text{ср}}}{P_{\text{уст}}} \qquad (1)$$

Горизонтально-осевые ветрогенераторы являются, пожалуй, наиболее распространёнными. Ось вращения лопастей таких ветрогенераторов расположена параллельно поверхности земли (и параллельно направлению движения ветра). Такие установки, как правило, используют принцип подъемной силы крыла, т.е. являются лифт-машинами, что делает их эффективными при высоких скоростях ветра [6], [7]. Ярче всего данную особенность, пожалуй, иллюстрирует так называемый ротор Онипко, представленный на рисунке 1 [3]. Этот горизонтально-осевой ветрогенератор использует для работы силу давления ветра, что не позволяет данной модели достичь КИЭВ свыше $\xi = 0{,}192$.

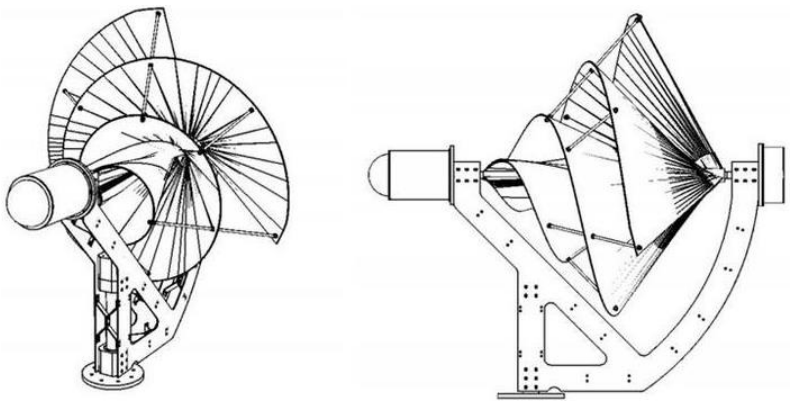


Рисунок 1- Ротор Опинко

Для таких типов ветрогенераторов значение КИУМ обычно составляет от 0,25 до 0,35, т.е. в среднем за год установка работает на 25-35% своей номинальной мощности [2].

Вертикально-осевые ветрогенераторы имеют ось вращения, расположенную перпендикулярно относительно поверхности земли и направления движения ветра. Данные установки зачастую (но отнюдь не всегда) используют силу давления ветра, что позволяет им (в отличии от горизонтально-осевых генераторов) запускаться и начинать работать даже при малых скоростях ветра [6], [7]. В качестве подтверждения данного утверждения можно привести ротор

Дарье, представленный на рисунке 2 [11]. Ротор Дарье, в отличии от большинства вертикальных ветрогенераторов использует для работы подъёмную силу крыла, что позволяет ему достигать КИЭВ около $\xi = 0,3–0,4$. В то же время, основным недостатком таких устройств является затруднённый запуск при низкой скорости ветра.

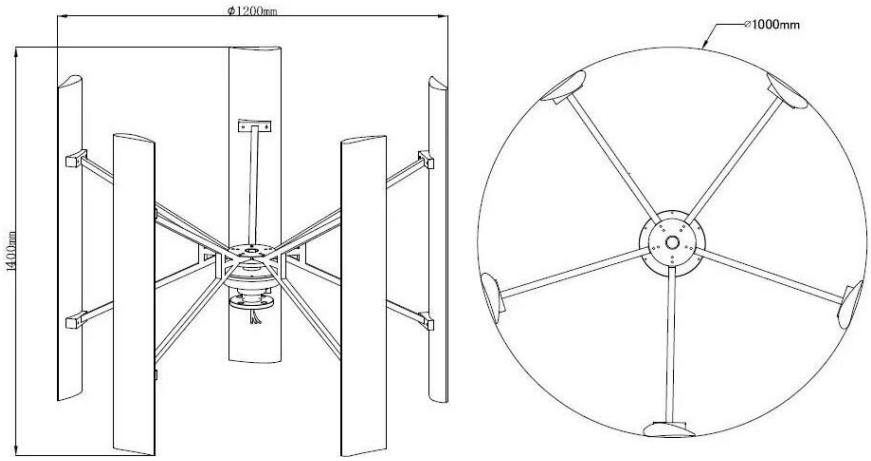


Рисунок 2 - Ротор Дарье

Для вертикально-осевых ветрогенераторов КИУМ обычно находится в диапазоне 0,15–0,25. Такие установки менее чувствительны к направлению ветра, что позволяет им работать в условиях турбулентного и неустойчивого воздушного потока — например, в городской среде или вблизи зданий. Однако их аэродинамическая эффективность ниже по сравнению с горизонтально-осевыми аналогами, что и объясняет сравнительно низкий КИУМ [2].

У вышеприведенных типов ветрогенераторов есть свои преимущества и недостатки. Например, горизонтально-осевые ветрогенераторы демонстрируют высокую эффективность на открытых, ветряных пространствах при стабильном направлении ветра, тогда как вертикально-осевые могут эффективно работать при маленьких скоростях ветра и при изменяющимся направлении воздушного потока [9]. Для того, чтобы совместить преимущества данных типов ветрогенераторов, предлагается расположить их на одной опорной конструкции, т.е. на одной мачте. Таким образом, будет использоваться полный ветровой ресурс на разных высотах и при различных скоростях ветра [10], [12].

Гибридная ВЭУ предполагает установку горизонтально-осевого ветрогенератора в верхней части мачты, где воздушный поток наиболее интенсивен и стабилен, а вертикального-осевого – в нижней части конструкции, ближе к земле (рис.3).

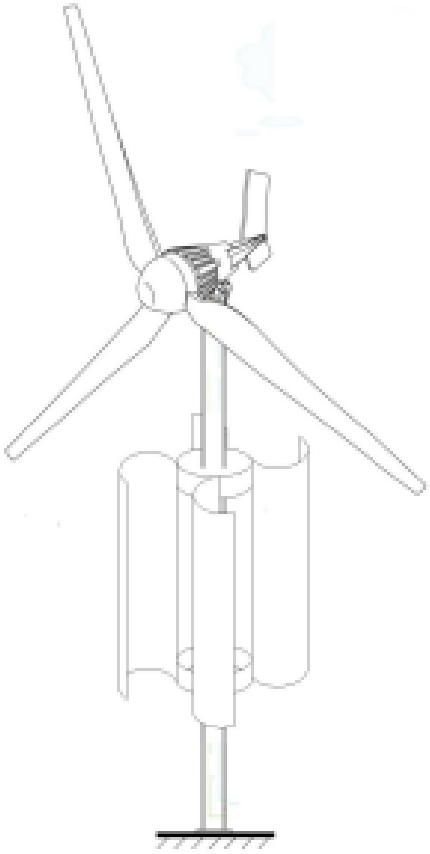


Рисунок 3 - Совмещение горизонтально- и вертикально-осевого ветрогенераторов на одной мачте

Благодаря объединению этих двух типов ветрогенераторов на одной мачте, возможно увеличить такой параметр ВЭУ, как коэффициент установленной мощности. Сравнение КИУМ от средней скорости ветра представлено в виде графика (рис. 4).

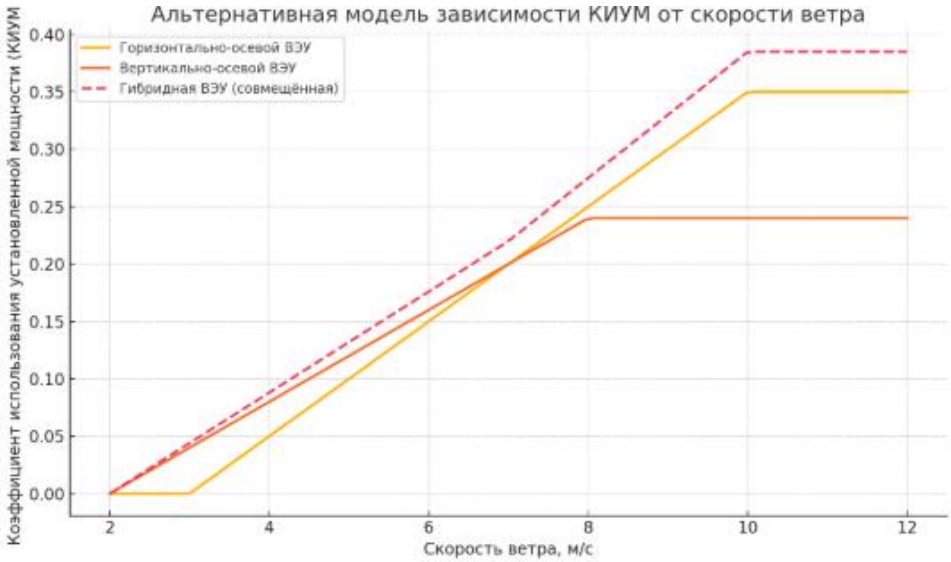


Рисунок 4 - Сравнение КИУМ в зависимости от скорости ветра

На рис. 4 видно, что горизонтально-осевые ВЭУ (желтая линия) достигают наибольшей эффективности при скоростях ветра выше 6-7 м/с, когда как вертикально-осевые (оранжевая

линия) начинают работать уже при скорости ветра, равной 3-4 м/с, но имеют более низкий максимальный КИУМ.

Совмещение обеих установок на одной мачте может привести к увеличению КИУМ до 0,4-0,5 за счет более равномерной выработки энергии в течение суток при различных направлениях ветра, использование ветрового ресурса на разных высотах, а также компенсации провалов мощности одного типа ветрогенератора за счет второго [9]. Таким образом, гибридная установка более устойчива к изменениям ветра и позволяет повысить общую энергоотдачу без значительного увеличения габаритов.

Выводы.

В статье рассмотрены основные типы ветроустановок: горизонтально-осевые и вертикально-осевые. Совмещение двух типов на одной мачте позволяет более эффективно использовать воздушные потоки на разных высотах, а также увеличивает коэффициент использования установленной мощности. Для дальнейшего продвижения гибридной ВЭУ требуется провести натурные испытания и детальное аэродинамическое моделирование. Особое внимание необходимо уделить колебаниям мачты и вибрациям, возникающим от одновременной работы двух различных генераторов [4], [13].

Список использованных источников

1. Безлопастной ветрогенератор. Устройство и принцип работы. Электронный ресурс: https://powercoup.by/novyie-tehnologii/bezlopastnoyetrogenerator?ysclid=m4v3ho0s5f395337398 (Дата обращения: 04.12.2024)
2. Блохин В.Н. Аэродинамика ветрогенераторов. СПб.: Политехника, 2012. 196 с.
3. Бубенчиков А.А., Артамонова Е.Ю., Дайчман Р.А., Файфер Л.А., Катеров Ф.В., Бубенчикова Т.В. Применение ветроколес и ветрогенераторов для ветроэнергетических установок малой мощности / А.А. Бубенчиков, Е.Ю. Артамонова, Р.А. Дайчман, Л.А. Файфер, Ф.В. Катеров, Т.В. Бубенчикова // Международный научно-исследовательский журнал. 2015. №9.
4. Журавлёв А.В. Моделирование процессов в установках с вертикально-осевыми ветротурбинами // Вестник энергетики. 2021. №3. С. 45–52.
5. Злобин В.Г., Верхоланцев А.А. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии в промышленной теплоэнергетике. В 2 ч.: учебное пособие / В.Г. Злобин, А.А. Верхоланцев. СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2024. Ч. 1. 135 с. ISBN 978-5-91646-344-6
6. Зуев Ю.А. Ветроэнергетика: учебное пособие. М.: Изд-во МЭИ, 2017. 232 с.
7. Киселёв Н.П., Громов А.В. Гибридные ветроэнергетические системы // Альтернативная энергетика и экология. 2022. №5. С. 21–29.
8. Коэффициент использования энергии ветра. Электронный ресурс: http://www.wetroenergetika.ru/8%20koeffizent.html (Дата обращения: 04.12.2024)
9. Манвелян А.А., Петров В.А. Основы ветроэнергетики. М.: Энергоатомиздат, 2016. 248 с.
10. Мартынов И.И. Основы проектирования ветрогенераторов. Новосибирск: НГТУ, 2020. 188 с.
11. Мирошник В.Ю., Подберезкин Д.А., Копейкин Д.А., Соколов П.С., Артамонова Е.Ю. Исследование аэродинамики и энергетических характеристик ротора Дарье / В.Ю. Мирошник, Д.А. Подберезкин, Д.А. Копейкин, П.С. Соколов, Е.Ю. Артамонова // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. №12. С. 134-141.

12. Мишин В.В., Артемьев А.И. Современные конструкции ветроэнергетических установок // Электричество. 2019. №6. С. 32–39.

13. Резник А.И. Промышленные ветряные электростанции: конструкция, эксплуатация, эффективность. М.: Техносфера, 2018. 224 с.

Bibliography:

1. Bladeless wind generator. Device and principle of operation. Electronic resource: https://powercoup.by/novyie-tehnologii/bezlopastnoyetrogenerator?ysclid=m4v3ho0s5f395337398 (Access date: 12/04/2024)

2. Blokhin V.N. Aerodynamics of wind generators. St. Petersburg: Politekhnika, 2012. 196 p.

3. Bubenchikov A.A., Artamonova E.Yu., Daichman R.A., Faifer L.A., Katerov F.V., Bubenchikova T.V. Application of wind wheels and wind generators for low-power wind power plants / A.A. Bubenchikov, E.Yu. Artamonova, R.A. Deichman, L.A. Phifer, F.V. Katerov, T.V. Bubenchikova // International Research Journal. 2015. No. 9.

4. Zhuravlev AV Modeling of processes in installations with vertical-axis wind turbines // Bulletin of Energy. 2021. No. 3. Pp. 45–52.

5. Zlobin VG, Verkholantsev AA Alternative and renewable energy sources in industrial heat power engineering. In 2 parts: a tutorial / VG Zlobin, AA Verkholantsev. SPb .: VShTE SPbGUPTD, 2024. Part 1. 135 p. ISBN 978-5-91646-344-6

6. Zuev YuA Wind power: a tutorial. Moscow: MPEI Publishing House, 2017. 232 p.

7. Kiselev N.P., Gromov A.V. Hybrid wind energy systems // Alternative energy and ecology. 2022. No. 5. Pp. 21–29.

8. Wind energy utilization coefficient. Electronic resource: http://www.wetroenergetika.ru/8%20koeffizent.html (Accessed: 04.12.2024)

9. Manvelyan A.A., Petrov V.A. Fundamentals of wind energy. Moscow: Energoatomizdat, 2016. 248 p.

10. Martynov I.I. Fundamentals of Wind Turbine Design. Novosibirsk: NSTU, 2020. 188 p.

11. Miroshnik V.Yu., Podberezkin D.A., Kopeikin D.A., Sokolov P.S., Artamonova E.Yu. Study of Aerodynamics and Energy Characteristics of the Darrieus Rotor / V.Yu. Miroshnik, D.A. Podberezkin, D.A. Kopeikin, P.S. Sokolov, E.Yu. Artamonova // International Research Journal. 2016. No. 12. P. 134-141.

12. Mishin V.V., Artemyev A.I. Modern Designs of Wind Turbines // Electricity. 2019. No. 6. P. 32–39.

13. Reznik A.I. Industrial wind power plants: design, operation, efficiency. Moscow: Tekhnosfera, 2018. 224 p.

Станислава Сергеевна Старостина, магистрант 1 курса института механики и энергетики имени В.П. Горячкина, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, starostina.stanislava1@mail.ru

Дмитрий Сергеевич Карлаков, ассистент кафедры электроснабжения и теплоэнергетики имении академика И.А. Будзко института механики и энергетики имени В.П. Горячкина, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, koomarskij@gmail.com

Олег Валерьевич Лештаев, кандидат технических наук, доцент кафедры электроснабжения и теплоэнергетики имении академика И.А. Будзко института механики и

энергетики имени В.П. Горячкина, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, lesht-aev@rgau-msha.ru

TYPES AND DESIGN FEATURES OF WIND GENERATORS. COMBINING TWO TYPES OF WIND GENERATORS ON ONE MAST

S.S. Starostina, D.S. Karlakov, O.V. Leshtayev

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev

Abstract. The article discusses the concept of a hybrid wind power plant that combines horizontal-axis and vertical-axis wind generators on one mast. A comparative analysis of the design features of both types of installations is carried out. Horizontal-axis generators are effective at high wind speeds at a considerable height, while vertical-axis generators operate stably in unstable winds and at low speeds, being located closer to the ground. Combining these installations allows for more complete use of the wind resource at different altitudes and wind speeds, which helps to increase the installed capacity utilization factor (ICUF) to 0.4-0.5. The proposed technical solution ensures more stable power generation and system stability under changing weather conditions. Prospects for further research, including aerodynamic modeling and evaluation of vibration loads on the mast, are highlighted.

Keywords: renewable energy sources, wind generator, blades, wind power, installed capacity utilization factor.

Stanislava Sergeevna Starostina, 1st year Master's student, V.P. Goryachkin Institute of Mechanics and Power Engineering, Timiryazev Russian State Agrarian University, starostina.stanislava1@mail.ru

Dmitry Sergeevich Karlakov, Assistant, Department of Power Supply and Heat Power Engineering named after Academician I.A. Budzko, V.P. Goryachkin Institute of Mechanics and Power Engineering, Timiryazev Russian State Agrarian University, koomarskij@gmail.com

Oleg Valerievich Leshtaev, PhD in Engineering, Associate Professor, Department of Power Supply and Heat Power Engineering named after Academician I.A. Budzko, V.P. Goryachkin Institute of Mechanics and Power Engineering, Timiryazev Russian State Agrarian University, Timiryazeva, lesht-aev@rgau-msha.ru

ТЕХНОЛОГИИ, МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

УДК 621.384.4-529:631.531.027.3

ВЛИЯНИЕ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН ЕЛИ ОБЫКНОВЕННОЙ НА ИХ ЛАБОРАТОРНУЮ ВСХОЖЕСТЬ

Н.В. Духтанова[1], Н.П. Кондратьева[1], Я.Н. Сундукова[1],
Р.Г. Большин[2], М.Г. Краснолуцкая[3]

[1] ФГБОУ ВО Удмуртский ГАУ
[2] ФГБОУ ВО РГАУ-ТСХА имени К.А. Тимирязева
[3] ЧОУ ДПО «УНИЦ «Омега»

Аннотация. *Ель обыкновенная является ценным ресурсом с широким спектром применения в лесозаготовительной промышленности и строительстве. Ель широко применяется в декоративных целях, в медицине и производстве эфирных масел. Кроме всего перечисленного ель играет очень высокую экологическую роль. В статье приведены результаты исследований по влиянию предпосевной обработка семян ультрафиолетовым облучением на лабораторную всхожесть семян ели обыкновенной. Целью исследования является выявление наиболее эффективного времени облучения семян ели, позволяющего получить максимальную лабораторную всхожесть. Использовалась ультрафиолетовая светодиодная матрица, у которой 97,57% излучения было в зоне УФ-А. За время обработки одновременно происходил, нагрев семян, температура которого определялась временем УФ обработки. В среднем лабораторная всхожесть семян ели при варианте обработки в течение 40 мин. при температуре 50ºС составила 92 %. Таким образом, этот вариант имеет преимущество над другими вариантами обработки, заключающееся в увеличении лабораторной всхожести семян на 27 – 30 %.*

Ключевые слова: *предпосевная обработка семян ультрафиолетовым излучением, семена ели обыкновенной, ультрафиолетовые светодиоды, лабораторная всхожесть.*

Введение. Ель обыкновенная, также известная как ель европейская (Picea abies), представляет собой хвойное дерево, являющееся типовым видом рода Ель (Picea) и относящееся к семейству Сосновые (Pinaceae). Данный вид является единственным коренным представителем рода в большинстве регионов средней полосы России, входящих в естественный ареал этого древесного вида [2, 5, 6]. Ель обыкновенная является ценным ресурсом с широким спектром применения. В частности, её древесина используется в лесозаготовительной промышленности и строительстве [1, 7]. Кроме того, ель широко применяется в декоративных целях, а также в медицине и производстве эфирных масел, а также очень высока экологическая роль ели [1].

Древесные культуры размножаются семенами. Эффективность выращивания многих хвойных культур во многом зависит от качества посадочного материала [3, 4]. Одним из наиболее эффективных экологически безопасных приемов защиты семян хвойных пород от болезней и вредителей, а также стимуляции их роста и развития является предпосевная обработка семян ультрафиолетом. Правильное использование этой технологии позволит

значительно повысить урожайность и обеспечить здоровье растений. Для ультрафиолетовой обработки семян применяются специальные источники излучения: или разрядные ультрафиолетовые лампы или светодиоды (LED). Продолжительность облучения семян непосредственно оказывает влияние на дозу ультрафиолетового облучения (УФО) и подбирается индивидуально для каждой культуры [8, 9].

Предпосевная обработка семян ультрафиолетовым излучением является эффективным и экологически чистым методом их защиты от болезней и вредителей, а также хорошим стимулятором роста. Одним из главных преимуществ УФО является его высокая эффективность в уничтожении грибков, бактерий и вирусов, способствующих заболеваниям растений.

По данным ученых [2,4,5] использование УФО также имеет и ряд других преимуществ: 1) оно безопасно для окружающей среды и не оставляет остатков химических веществ на растениях; 2) оно позволяет увеличить урожайность и качество урожая путем стимуляции роста растений; 3) оно уменьшает затраты на химические препараты и обработку рассады.

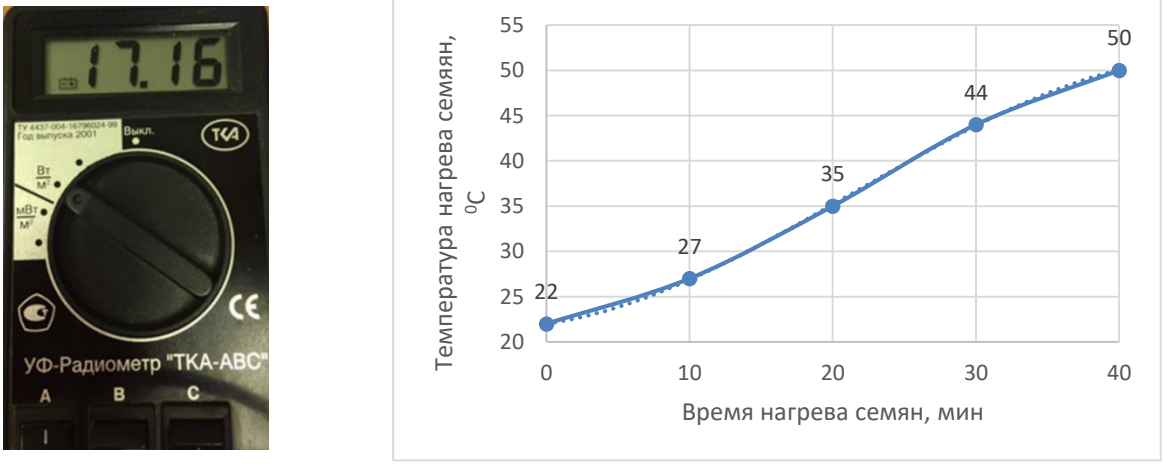
Целью исследования является выявление наиболее эффективного времени облучения семян ели, позволяющего получить максимальную лабораторную всхожесть.

Материалы и методы исследования.

Обработка семян ели была проведена с помощью ультрафиолетовой светодиодной матрицы, состоящей из 81 светодиода с размерами 7 х 6 = 42 см^2. 97,57% энергетической мощности УФ излучения этих LED приходится на зону УФ-А. Энергетическую мощность измеряли прибором ТКА-АВС (рис. 1). За время облучения матрица LED нагревалась в зависимости от времени облучения. Максимальное значение температуры составило 50^{0}С при времени УФО равном 40 мин. Математичка зависимость температуры нагрева матрицы LED (Т,^{0}С) от времени (t, мин.) с достаточной точностью описывается полиномом третьего порядка вида:

$$T = -0{,}0005t^3 + 0{,}0321t^2 + 0{,}2143t + 22{,}029$$

При коэффициенте детерминации равном $R^2 = 0{,}9999$. При этом время УФО изменяется от 10 мин. до 40 мин.



а) б)

Рисунок 1- Фото прибора «ТКА-АВС» для измерения энергетической мощности излучения LED (а) и кривая нагрева матрицы LED при УФО (б)

Семена ели соответствовали ГОСТ 14161-86 «Семена хвойных древесных пород. Посевные качества. Технические условия». Всхожесть семян после обработки определялась по методикам согласно ГОСТ 13056.6-97 «Семена деревьев и кустарников. Методы

определения всхожести». Количество семян в каждом опыте было по 100 шт. Повторность опытов четырехкратная.

Результаты и обсуждение.

Лабораторное изучение всхожести семян проводили на столе для проращивания – это устройство типа «Якобсен», которое используется для определения качества семян, процента всхожести и скорости прорастания в гомогенных условиях (рис.2). Стол для проращивания применяется в генетических банках, питомниках, занимающихся производством посадочного материала с закрытой корневой системой, а также научно-исследовательских и семенных центрах. Основной задачей пробного выращивания – выявление максимального числа семян, способных прорасти при оптимальных условиях, включая освещение, влажность и температуру.



а) б)

Рисунок 2 - Определение лабораторной всхожести семян на столе Якобсона: на третий день (а) и на 10-й день (б)

Во всех вариантах с применением обработки отмечено возрастание лабораторной всхожести. Но дисперсионный анализ данных однофакторного опыта, проведенного методом организованных повторений, показал эффективность обработки семян ели только в трех вариантах: вариант № 2 с продолжительностью обработки семян в течение 10 мин и вариант № 5 – 40 мин в сравнении с контрольным вариантом (таблица 1).

Таблица 1 - Лабораторная всхожесть семян ели при обработке ультрафиолетовым облучением, % (2025 г.)

№	Вариант обработки (время работы и температура матрицы LED)	Повторения				Среднее
		I	II	III	IV	
1	Контроль (без обработки)	59	59	81	59	65
2	10 мин. при t = 27ºС	**74**	**68**	**93**	**92**	**82**
3	20 мин. при t = 35ºС	54	75	62	57	62
4	30 мин. при t = 44ºС	62	57	62	77	65
5	40 мин. при t = 50ºС	**92**	**90**	**93**	**91**	**92**
	Среднее	78	76	78	77	
	$НСР_{05}$	14				

Из таблицы 1 видно, что наилучшие результаты были наилучшие результаты были получены облучении семян 40 мин, что соответствует средней лабораторной всхожести семян, ели равной 92 % (вариант 5). Также высокая средняя лабораторная всхожесть была в варианте 2 и составляла 82%. Проведенная статистическая обработка по методике Доспехова показала, что существенных различий между вариантами обработки № 5 – 40 мин. при t = 50ºС и № 2 -

10 мин. не выявлено (при $НСР_{05}$ 14 %). Поэтому с точки зрения энергосбережения желательно использовать второй вариант для облучения семян.

Варианты с обработкой семян ели в течение 20 мин. и 30 мин. не обеспечили повышения лабораторной всхожести семян.

Выводы.

Таким образом предпосевная обработка семян ультрафиолетовым облучением способствует увеличению лабораторной всхожести семян ели обыкновенной. В среднем лабораторная всхожесть семян ели при УФО в течение 40 мин. при температуре 50ºС составила 92 %. Таким образом, этот вариант имеет преимущество над другими вариантами обработки, заключающееся в увеличении лабораторной всхожести семян на 27 – 30 %.

Список использованных источников

1. Духтанова Н.В. Влияние поросли лиственных пород на развитие молодняков ели // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2010. № 4(25). С. 8-10. – EDN QBLCXL.
2. Духтанова Н.В. Применение посадочного материала с закрытой корневой системой в лесовосстановлении // Современные тенденции технологического развития АПК : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной Десятилетию науки и технологий и 300-летию Российской академии наук. В 2-х томах, Ижевск, 26 февраля – 01 2024 года. – Ижевск: Удмуртский государственный аграрный университет, 2024. С. 85-88. – EDN RQUTFF.
3. Кондратьева Н.П., Духтанова Н.В., Краснолуцкая М.Г. [и др.] Компактная светодиодная ультрафиолетовая облучательная установка для предпосевной обработки семян хвойных растений // Вестник ВИЭСХ. 2017. № 2(27). С. 62-69. EDN ZEOGNR.
4. Кондратьева Н. П., Сторчевой В. Ф., Большин Р. Г. Применение ультрафиолета для предпосевной обработкой семян // Агроинженерия. 2024. Т. 26, № 5. С. 59-65. doI 10.26897/2687-1149-2024-5-59-65. EDN DNPKTG.
5. Миронов А.В. Применение посадочного материала с закрытой корневой системой в воспроизводстве лесов // Научные достижения, наработки, предложения за 2014 : Сборник научных докладов, Краков, 29–30 декабря 2014 года / Sp. z o.o. «Diamond trading tour». Том Часть 2. – Краков: Общество с ограниченной ответственностью Диаманд Трейдинг тур, 2014. С. 84-85. EDN JRGNKW.
6. Никитин А.А, Сундукова Я.Н. Прогнозирование использования земельных ресурсов на примере Устиновского района города Ижевска Удмуртской Республики // Прогресс и развитие науки в лесном хозяйстве: Материалы Международной научно-практической конференции, Ижевск, 14 ноября 2024 года. Ижевск: Удмуртский государственный аграрный университет, 2024. С. 130-137. EDN KDQPNO.
7. Поспелова И.Г, Возмищев И.В., Сундукова Я.Н. [и др.] Патент на полезную модель № 229382 U1 Российская Федерация, МПК B27K 5/00. Устройство обработки древесины ИК-излучением: № 2024118816: заявл. 05.07.2024: опубл. 03.10.2024 / заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Удмуртский государственный аграрный университет".EDN KWJXIP.
8. Kondrateva N.P., Akhatov R.Z., Bolshin R.G. [et al.] Digital automation of energy-efficient in vitro irradiation of orchard plum micro cuttings // Light & Engineering. 2023. Vol. 31, No. 6. P. 57-64. doi 10.33383/2023-019. EDN QJMCXK.
9. Ovchukova S.A., Kondrateva N.P., Kovalenko O.Y. Energy saving in lighting

technologies of agricultural production // Light & Engineering. 2021. Vol. 29, No. 2. P. 21-25. doi 10.33383/2020-039. EDN GGTWNC.

Bibliography:

1. Dukhtanova N.V. Influence of deciduous shoots on the development of young spruce // Bulletin of the Izhevsk State Agricultural Academy. 2010. No. 4 (25). P. 8-10. – EDN QBLCXL.

2. Dukhtanova N.V. Use of planting material with a closed root system in forest restoration // Modern trends in technological development of the agro-industrial complex: Proceedings of the International scientific and practical conference dedicated to the Decade of Science and Technology and the 300th anniversary of the Russian Academy of Sciences. In 2 volumes, Izhevsk, February 26 – 01 2024. – Izhevsk: Udmurt State Agrarian University, 2024. P. 85-88. – EDN RQUTFF.

3. Kondratieva N. P., Dukhtanova N. V., Krasnolutskaya M. G. [et al.] Compact LED ultraviolet irradiation unit for pre-sowing treatment of coniferous plant seeds // Bulletin of VIESH. 2017. No. 2 (27). P. 62-69. EDN ZEOGNR.

4. Kondratieva N.P., Storchevoy V.F., Bolshin R.G. Use of ultraviolet for pre-sowing seed treatment // Agroengineering. 2024. Vol. 26, No. 5. P. 59-65. doI 10.26897/2687-1149-2024-5-59-65. EDN DNPKTG.

5. Mironov A.V. Use of planting material with a closed root system in forest reproduction // Scientific achievements, developments, proposals for 2014: Collection of scientific reports, Krakow, December 29-30, 2014 / Sp. z o.o. "Diamond trading tour". Volume Part 2. - Krakow: Limited Liability Company Diamond Trading Tour, 2014. P. 84-85. EDN JRGNKW.

6. Nikitin A. A, Sundukova Ya. N. Forecasting the use of land resources on the example of Ustinovsky district of the city of Izhevsk, Udmurt Republic // Progress and development of science in forestry: Proceedings of the International scientific and practical conference, Izhevsk, November 14, 2024. Izhevsk: Udmurt State Agrarian University, 2024. Pp. 130-137. EDN KDQPNO.

7. Pospelova I.G, Vozmishchev I.V., Sundukova Ya.N. [et al.] Patent for utility model No. 229382 U1 Russian Federation, IPC B27K 5/00. Device for processing wood with IR radiation: No. 2024118816: declared. 05.07.2024: publ. 03.10.2024 / applicant Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Udmurt State Agrarian University". EDN KWJXIP.

8. Kondrateva N.P., Akhatov R.Z., Bolshin R. G. [et al.] Digital automation of energy-efficient in vitro irradiation of orchard plum micro cuttings // Light & Engineering. 2023. Vol. 31, No. 6. P. 57-64. doi 10.33383/2023-019. EDN QJMCXK.

9. Ovchukova S.A., Kondrateva N.P., Kovalenko O.Y. Energy saving in lighting technologies of agricultural production // Light & Engineering. 2021. Vol. 29, No. 2. P. 21-25. doi10.33383/2020-039. EDN GGTWNC.

Надежда Васильевна Духтанова, кандидат сельскохозяйственных. наук, доцент, доцент кафедры лесоводства и лесных культур ФГБОУ ВО Удмуртский ГАУ
426069 г. Ижевск, ул. Студенческая, 11 nad.dukhtanova@yandex.ru
Надежда Петровна Кондратьева, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры автоматизированного электропривода ФГБОУ ВО Удмуртский ГАУ
426069 г. Ижевск, ул. Студенческая, 11, aep_isha@nail.ru
Яна Николаевна Сундукова, магистр, ФГБОУ ВО Удмуртский ГАУ
Роман Геннадиевич Большин, кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А Тимирязева (г. Москва), bolshin@rgau-msha.ru
Мария Геннадьевна Краснолуцкая, кандидат технических наук, преподаватель Частное

образовательное учреждение дополнительного профессионального образования «Учебно-научный инновационный центр «Омега» (ЧОУ ДПО «УНИЦ «Омега»)
426069 г. Ижевск, а/я 685 aep_maria@nail.ru

INFLUENCE OF PRE-SOWING TREATMENT OF COMMON SPRUCE SEEDS ON THEIR LABORATORY GERMINATION

N.V. Dukhtanova[1], N.P. Kondratieva[1], Ya. N. Sundukova[1],
R.G. Bolshin[2], M.G. Krasnolutskaya[3]
[1] Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Udmurt State Agricultural University
[2] Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Russian State Agrarian University-Territorial Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev
[3] Private Educational Institution of Higher Professional Education “UNIC “Omega”

Abstract. Norway spruce is a valuable resource with a wide range of applications in the logging industry and construction. Spruce is widely used for decorative purposes, in medicine and in the production of essential oils. In addition to all of the above, spruce plays a very high ecological role. The article presents the results of studies on the effect of pre-sowing seed treatment with ultraviolet irradiation on laboratory germination of Norway spruce seeds. The aim of the study is to identify the most effective time for irradiating spruce seeds, which allows obtaining maximum laboratory germination. An ultraviolet LED matrix was used, in which 97.57% of the radiation was in the UVA zone. During the treatment, heating of the seeds occurred simultaneously, the temperature of which was determined by the time of UV treatment. On average, the laboratory germination of spruce seeds with treatment for 40 minutes at a temperature of 50 ° C was 92%. Thus, this option has an advantage over other treatment options, consisting in increasing the laboratory germination of seeds by 27 - 30%.

Keywords: pre-sowing treatment of seeds with ultraviolet radiation, Norway spruce seeds, ultraviolet LEDs, laboratory germination.

Nadezhda Vasilyevna Dukhtanova, Associate Professor, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Forestry and Forest Crops of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Udmurt State Agrarian University
426069, Izhevsk, Studencheskaya St., 11 nad.dukhtanova@yandex.ru
Nadezhda Petrovna Kondratieva, Professor, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Automated Electric Drive of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Udmurt State Agrarian University
426069, Izhevsk, Studencheskaya St., 11 Studencheskaya, 11, aep_isha@nail.ru
Yana Nikolaevna Sundukova, Master, Udmurt State Agrarian University (Izhevsk),
Roman Gennadievich Bolshin, PhD in Engineering, Associate Professor, Timiryazev Russian State Agrarian University-Moscow (Moscow), bolshin@rgau-msha.ru
Maria Gennadyevna Krasnolutskaya, PhD in Engineering, Lecturer, Private Educational Institution of Additional Professional Education, Omega Educational and Scientific Innovation Center (PEI DPO, Omega Scientific Innovation Center)
426069, Izhevsk, P.O. Box 685 aep_maria@nail.ru

УДК 631.344.8:628.8-529:004.8

ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ЦИФРОВОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ С ЭЛЕМЕНТАМИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ КРУГЛОГОДИЧНОЙ ТЕПЛИЦЕ

Р.Г. Большин[1], Н.П. Кондратьева[2], О.А. Закурдаева[2], М.Г. Краснолуцкая[3]

[1] ФГБОУ ВО «МИРЭА - Российский технологичной университет»
[2] ФГБОУ ВО Удмуртский ГАУ
[3]ЧОУ ДПО «УНИЦ «Омега»

Аннотация. *Суровые дискомфортные природные условия Севера России вызывают у живущего населения отрицательные сдвиги в функциональном состоянии организма в целом, что сказывается на здоровье и работоспособности людей. Зимой солнца становится меньше и наблюдается дефицит витаминов, который можно восполнить зелеными растениями. Зеленые культуры на Севере выращиваются в круглогодичных многофункциональных теплицах. В таких теплицах необходимо применять цифровые автоматизированные системы с элементами искусственного интеллекта для реализации комфортных условий среды индивидуально для выращиваемой культуры. Главным элементом цифровой автоматизированной системы с элементами искусственного интеллекта является микроконтроллер. Предлагается использовать платформу Arduino для автоматизации и мониторинга различных аграрных процессов: мониторинг окружающей среды, автоматизация полива, управление микроклиматом в теплице. Целью работы является обоснование применения цифровой автоматизированной системы с элементами искусственного интеллекта в многофункциональной круглогодичной теплице. Предварительная технико-экономическая оценка эффективности применения цифровой автоматизированной системы с элементами искусственного интеллекта в многофункциональной круглогодичной теплице показала, что экономический эффект составил около 800 тыс. руб. при сроке окупаемости примерно около 2 лет. Экономический эффект получен за счет возможности оперативного выбора искусственным интеллектом наилучших условий среды для конкретной выращиваемой культуры; благодаря своевременным сигналам о неисправности и быстрому реагированию системы, позволяющему в ближайшие сроки исправить неисправность.*

Ключевые слова: *цифровая автоматизированная система, искусственный интеллект, многофункциональные круглогодичные теплицы, зеленые культуры*.

Введение.

Суровые дискомфортные природные условия Севера России вызывают у живущего населения отрицательные сдвиги в функциональном состоянии организма в целом, что сказывается на здоровье и работоспособности людей [2, 8, 16]. Зимой солнца становится меньше и наблюдается дефицит витамина D, а также витаминов групп B и E. витамина D очень важен для здоровья костей, иммунной, сердечно-сосудистой, репродуктивной систем. Поэтому на севере используются круглогодичные теплицы, в которых выгоднее всего выращивать укроп, петрушку, базилик, так как они имеют стабильный рынок сбыта. Кинза, шпинат являются популярными для ресторанов и магазинов.

Для нормального функционирования организма человека в северных условиях необходимо в пищу включать любую зелень, т.к. она содержит витамины А, В, С, К, РР, D, Е, кальций, калий, железо, фосфор, йод. Хлорофилл - растительный пигмент блокирует канцерогены (вредные факторы окружающей среды), а также восстанавливает уровень природного антиоксиданта - коэнзима Q10. Употребление зелени положительно влияет на работу нервной системы, помогает успокоиться и снять хроническое напряжение, но и поднимает настроение [11, 12].

В условиях Севера большинство культур не могут выращиваться в открытом грунте. Поэтому зеленые культуры выращиваются в круглогодичных многофункциональных теплицах, в которых возможно выращивание различных культур, в том числе цветов, зелени, овощей и фруктов [3, 4, 20]. В таких теплицах необходимо применять цифровые автоматизированные системы с элементами искусственного интеллекта для реализации комфортных условий внешний среды индивидуально для выращиваемой культуры [1, 15, 17, 21]. Все это обосновывает использование IT – технологий в защищённым грунте [5, 6, 9]. В нашем случае под искусственным интеллектом мы понимаем комплекс технических и технологических решений, позволяющий имитировать когнитивные функции человека (включая самообучение и поиск решений) в вопросах сельского хозяйства и получать при выполнении конкретных задач сельского хозяйства результаты, сопоставимые, как минимум, с результатами интеллектуальной деятельности человека. Главным элементом цифровой автоматизированной системы с элементами искусственного интеллекта является микроконтроллер [13, 18, 19] с использованием платформы Arduino, которая предоставляет доступные и простые в использовании инструменты для автоматизации и мониторинга различных аграрных процессов: мониторинг окружающей среды, автоматизация полива, управление микроклиматом в теплице [7, 10, 14].

Целью работы является обоснование применения цифровой автоматизированной системы с элементами искусственного интеллекта в многофункциональной круглогодичной теплице.

Материалы и методы исследования.

Применение цифровой автоматизированной системы с элементами искусственного интеллекта в многофункциональной теплице позволяет обеспечить население северных регионов высококачественным и доступным продовольствием; снабдить пищевую промышленность этих регионов достаточным объемом необходимого сырья; сохранить привлекательность северных территорий нашей страны для жизни людей; создать рабочие места, а для лиц, занятых предпринимательством, возможность получения дохода.

Преимуществом цифровой автоматизированной системы в многофункциональной теплицы с элементами искусственного интеллекта является возможность точного контроля и регулирования параметров окружающей среды в теплице за счет автоматизации полива, вентилирования, облучения / освещения и т.д. Использование искусственного интеллекта позволяет проводить в режиме реального времени анализ параметров внешней среды и принимать решения на основе полученных данных.

К недостаткам цифровой автоматизированной системы относится высокая стоимость материалов, а главным недостатком является риск отключения электричества.

На рис. 1, 2, 3 приведены структурные схемы автоматического обогрева почвы, автоматического полива почвы и автопроветривания с применением в многофункциональной теплице цифровой автоматизированной системы с элементами искусственного интеллекта.

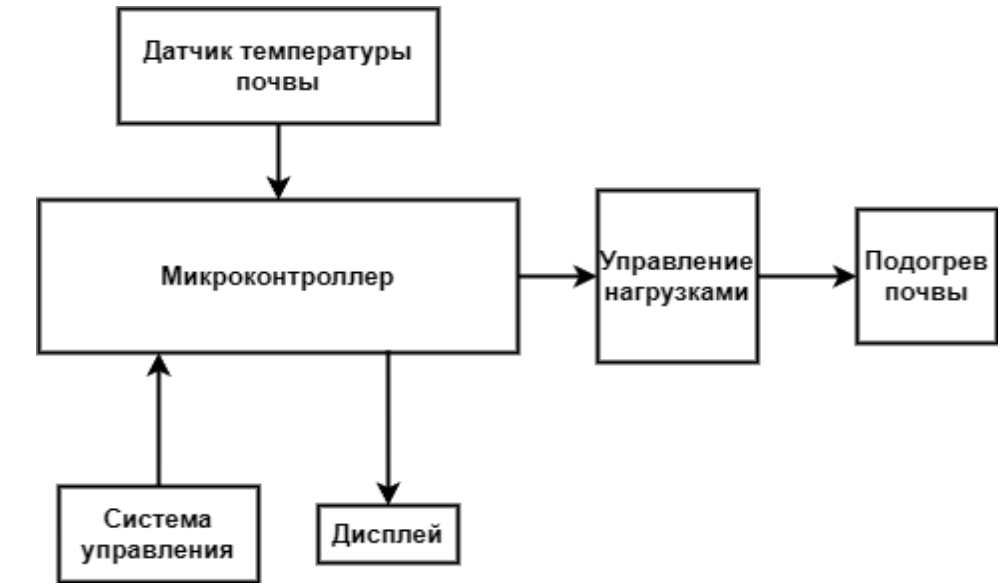


Рисунок 3- Структурная схема автоматического обогрева почвы цифровой автоматической системы

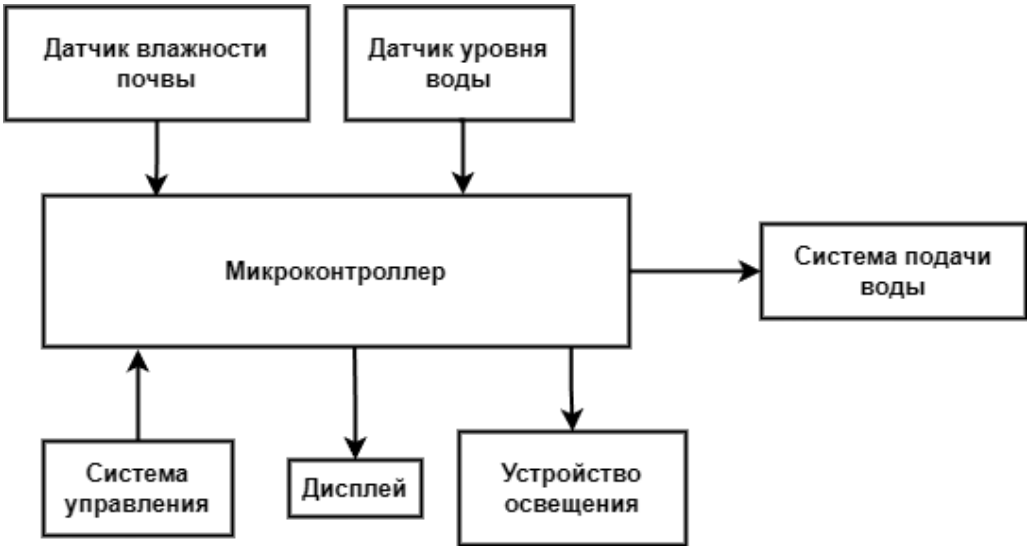


Рисунок 4 - Структурная схема автоматического полива почвы цифровой автоматической системы

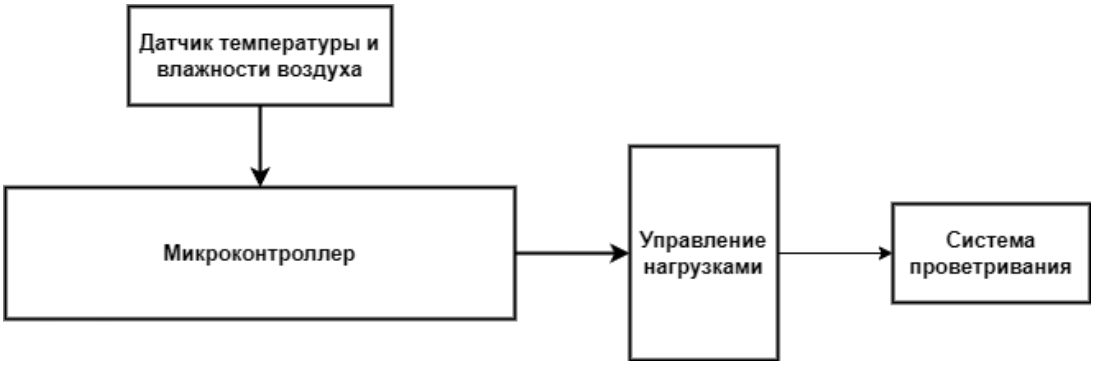


Рисунок 5 - Структурная схема автопроветривания многофункциональной теплицы цифровой автоматической системы
с элементами искусственного интеллекта

Архитектура построения цифровой автоматизированной системы многофункциональной теплицы с элементами искусственного интеллекта состоит из следующих функциональных блоков: 1) первый - блок сбора данных; 2) второй - блок обработки данных; 3) третий - блок управления системой; 4) четвертый - блок коммуникации; 5) пятый - блок управления энергопотреблением; 6) шестой - блок мониторинга и управления растениями.

Результаты и обсуждение.

Анализ специальной литературы показал, что применение цифровой автоматизированной системы с элементами искусственного интеллекта позволяет реализовать следующие комфортные условия внешний среды при выращивании салатного лука, петрушки, укропа, салата в многофункциональной теплице: температура воздуха +15°С, влажность воздуха 65% и фотопериод 15 час. Все это позволило получить урожай петрушки через 2 недели, а салатного лука, укропа, салата через 3 недели [2].

Выводы.

Предварительная технико-экономическая оценка эффективности применения цифровой автоматизированной системы с элементами искусственного интеллекта в многофункциональной круглогодичной теплице показала, что экономический эффект составил около 800 тыс. руб. при сроке окупаемости примерно около 2 лет. Экономический эффект получен за счет возможности оперативного выбора искусственным интеллектом наилучших условий среды для конкретной выращиваемой культуры; благодаря своевременным сигналам о неисправности и быстрому реагированию системы, позволяющему в ближайшие сроки исправить неисправность. При этом одновременно происходит повышение престижа района, в котором применяются современные технологии, что, несомненно, привлекает инвесторов. Все это обосновывает применение цифровой автоматизированной системы с элементами искусственного интеллекта в многофункциональной круглогодичной теплице.

Список использованных источников

1. Алгоритм работы автоматизированной системы управления микроклиматом в животноводческом помещении / Н.П. Кондратьева, Р.Г. Большин, М.Г. Краснолуцкая, М.Н. Уразбахтин // Проблемы и перспективы развития энергетики, робототехники и электротехнологий: Материалы Национальной научно-практической конференции с международным участием, Саратов, 23 декабря 2024 года. Саратов: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова», 2025. С. 131-136.EDN UDMGIS.

2. Бексеев Ш.Г. Большая энциклопедия огородничества. СПб.: «Диля», 1999.

3. Большин Р.Г. Ресурсосберегающая и энергоэффективная система облучения гидропонных теплиц /Р.Г. Большин // Вестник НГИЭИ. 2024. № 9(160). С. 40-51. DOI 10.24412/2227-9407-2024-9-40-51. – EDN VODAUN.

4. Большин Р.Г. Светодиодное ультрафиолетовое облучение семян декоративных растений / Р.Г. Большин // АгроЭкоИнфо. 2024. № 5(65). DOI 10.51419/202145512. EDN KCWTVJ.

5. Выбор датчиков для системы управления освещением с элементами искусственного интеллекта / Н.П. Кондратьева, М.Г. Краснолуцкая, П.А. Пронькин, Р.Г. Большин // Инновационное техническое обеспечение агропромышленного комплекса:

Научно-техническая конференция с международным участием имени А.Ф. Ульянова, Саратов, 17 октября 2024 года. – Саратов: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова», 2024. С. 222-229. EDN TMDLBI.

6. Гусенников Е.Н. Использование Comsol Multiphysics для моделирования автоматизированных процессов создания микроклимата в фитотроне / Е. Н. Гусенников, С. И. Юран // Современные энергетические аспекты развития аграрной сферы: Материалы Национальной научно-практической конференции с международным участием, Ижевск, 19 декабря 2024 года. Ижевск: Удмуртский государственный аграрный университет, 2024. С. 110-117. EDN SSESTA.

7. Интеллектуальная система полива растений на базе микроконтроллера Arduino UNO / Л.М. Ахметов, Д.И. Биков, М. Р. Хамидуллин, Г.А. Гареева // International Journal of Advanced Studies.2021. Т.11, № 4. С. 7-17. DOI 10.12731/2227-930X-2021-11-4-7-17. – EDN VDCWQO.

8. Как вырастить прекрасную зелень: пер. с англ. / ред. Кэри Томас; [пер. с англ. К. С. Оверина]. Санкт-Петербург: Амфора, 2011. 47 с. (Сад и огород). ISBN 978-5-367-01833-2. EDN QLBSJT.

9. Калабкин А.А. Анализ автоматизированных систем управления микроклиматом в сооружениях закрытого грунта / А.А. Калабкин, С.Н. Ивлиев // LII Огарёвские чтения: Материалы научной конференции. В 3-х частях, Саранск, 06–10 декабря 2023 года. Саранск: Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева, 2024. С. 179-183. EDN CDSAQY.

10. Капельный полив в тепличном комплексе как часть управления микроклиматом / С.В. Николаев, И.Д. Калинин, И.С. Николаева, О.П. Гаврилина // Инновационные инженерные решения для АПК: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Рязань, 28 марта 2024 года. Рязань: РГАТУ, 2024. С. 128-133. EDN YCRFGQ.

11. Прошин, Д. А. Разработка комплексной системы для автоматизации процесса выращивания комнатных декоративных и плодовых растений / Д. А. Прошин, А. Р. Гнездилов // Научный форум: Экономика, управление и цифровые технологии в АПК-2024 : Сборник трудов, приуроченных к Международной научно-практической студенческой конференции, Москва, 20 ноября 2024 года. Москва: Российский государственный аграрный университет, 2024. С. 336-340. EDN YJXKRH.

12. Ращупкина, С. Ю. Овощи и зелень: огород на моем подоконнике: / С.Ю. Ращупкина; С. Ращупкина. – Москва: Эксмо, 2012. 191 с. (Урожайкины. Всегда с урожаем). ISBN 978-5-699-54213-0. EDN QLCRPD.

13. Титовская Н.В. Возможности микроконтроллеров в автоматизации сельскохозяйственной деятельности / Н. В. Титовская, С. Н. Титовский // Наука и образование: опыт, проблемы, перспективы развития: материалы международной научно-практической конференции, Красноярск, 16–18 апреля 2019 года / Красноярский государственный аграрный университет. Том Часть 2. Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2019. С. 304-307. EDN BNJEPX.

14. Титовская Н. В. Платформа Arduino как основа цифровизации сельского хозяйства / Н.В. Титовская // Цифровое сельское хозяйство региона: основные задачи, перспективные направления и системные эффекты: Сборник материалов международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию экономического факультета, Омск, 25 апреля 2019 года. Омск: Омский ГАУ, 2019. С. 375-378. EDN UDTKDH.

15. Цифровая система управления энергоэффективной облучательной установки для гидропоники / Н.П. Кондратьева, Р.Г. Большин, М.Г. Краснолуцкая [и др.] // Агротехника и энергообеспечение. 2024. № 1(42). С. 29-36. EDN AYYUZG.

16. Штейнберг П.Н. Как вырастить отличный урожай овощей и бахчевых: рецепты, проверенные временем: [практическое руководство к правильному устройству огорода и выращиванию овощных растений в грунте] / П.Н. Штейнберг, Н.Н. Богданов-Катьков, Г.Н. Дорогин; Павел Штейнберг, Николай Богданов-Катьков, Георгий Дорогин. – 8-е изд., перераб. и доп. – Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2012. 492 с. (Дом. Дача. Сад. Огород). ISBN 978-5-9775-0717-2. EDN QLCJRT.

17. Юдин М.Е. Эффективное управление микроклиматом в животноводческих помещениях / М.Е. Юдин, М.А. Пинигин, Т.А. Широбокова // Инженерно-технологические решения проблем развития АПК и общества: Сборник трудов LVIII международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Тюмень, 12–13 марта 2024 года. Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2024. С. 1034-1039. EDN VNNFFC.

18. Якубовская Е.С. Отличительные особенности автоматизации управления микроклиматом теплиц четвертого и пятого поколений / Е.С. Якубовская, В.И. Щербак // Техническое и кадровое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве: материалы Международной научно-практической конференции, Минск, 16–17 октября 2024 года. – Минск: Белорусский государственный аграрный технический университет, 2024. С. 282-284. EDN NWZUMQ.

19. Bolshin R. LED ultraviolet irradiation of ornamental plant seeds / R. Bolshin // AgroEcoInfo. 2024. Vol. 5, No. 65. P. 12. DOI 10.51419/202145512. EDN AIEDHD.

20. Digital automation of energy-efficient in vitro irradiation of orchard plum micro cuttings / N.P. Kondrateva, R.Z. Akhatov, R.G. Bolshin [et al.] // Light & Engineering. 2023. Vol. 31, No. 6. –P. 57-64. DOI 10.33383/2023-019. EDN QJMCXK.

21. Ovchukova S.A. Energy saving in lighting technologies of agricultural production / S.A. Ovchukova, N.P. Kondrateva, O.Y. Kovalenko // Light & Engineering. 2021. Vol. 29, No. 2. P. 21-25. DOI 10.33383/2020-039. EDN GGTWNC.

Bibliography:

1. Algorithm of operation of the automated microclimate control system in a livestock building / N.P. Kondratieva, R.G. Bolshin, M.G. Krasnolutskaya, M.N. Urazbakhtin // Problems and prospects for the development of energy, robotics and electrical technologies: Proceedings of the National Scientific and Practical Conference with international participation, Saratov, December 23, 2024. Saratov: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov", 2025. P. 131-136.EDN UDMGIS.

2. Bekseev Sh.G. The Great Encyclopedia of Gardening. SPb.: "Dilya", 1999.

3. Bolshin R.G. Resource-saving and energy-efficient irradiation system for hydroponic greenhouses / R.G. Bolshin // Bulletin of NGIEI. 2024. No. 9(160). P. 40-51. DOI 10.24412/2227-9407-2024-9-40-51. – EDN VODAUN.

4. Bolshin R.G. LED ultraviolet irradiation of ornamental plant seeds / R.G. Bolshin // AgroEcoInfo. 2024. No. 5(65). DOI 10.51419/202145512. EDN KCWTVJ.

5. Selection of sensors for a lighting control system with elements of artificial intelligence / N.P. Kondratieva, M.G. Krasnolutskaya, P.A. Pronkin, R.G. Bolshin // Innovative technical support for the agro-industrial complex: Scientific and technical conference with international participation

named after A.F. Ulyanova, Saratov, October 17, 2024. - Saratov: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov", 2024. P. 222-229. EDN TMDLBI.

6. Gusennikov E.N. Using Comsol Multiphysics to Model Automated Processes of Creating a Microclimate in a Phytotron / E.N. Gusennikov, S.I. Yuran // Modern Energy Aspects of Agricultural Development: Proceedings of the National Scientific and Practical Conference with International Participation, Izhevsk, December 19, 2024. Izhevsk: Udmurt State Agrarian University, 2024. Pp. 110-117. EDN SSESTA.

7. Intelligent Plant Irrigation System Based on the Arduino UNO Microcontroller / L.M. Akhmetov, D.I. Bikov, M.R. Khamidullin, G.A. Gareeva // International Journal of Advanced Studies.2021. Vol. 11, No. 4. Pp. 7-17. DOI 10.12731/2227-930X-2021-11-4-7-17. – EDN VDCWQO.

8. How to Grow Beautiful Greens: trans. from English / ed. Carey Thomas; [trans. from English by K. S. Overin]. St. Petersburg: Amphora, 2011. 47 p. (Garden and Vegetable Garden). ISBN 978-5-367-01833-2. EDN QLBSJT.

9. Kalabkin A. A. Analysis of Automated Microclimate Control Systems in Closed-Ground Facilities / A. A. Kalabkin, S. N. Ivliev // LII Ogarev Readings: Proceedings of the Scientific Conference. In 3 parts, Saransk, December 6–10, 2023. Saransk: National Research Mordovian State University named after N.P. Ogareva, 2024. P. 179-183. EDN CDSAQY.

10. Drip irrigation in a greenhouse complex as part of microclimate control / S.V. Nikolaev, I.D. Kalinin, I.S. Nikolaeva, O.P. Gavrilina // Innovative engineering solutions for the agro-industrial complex: Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference, Ryazan, March 28, 2024. Ryazan: RSATU, 2024. P. 128-133. EDN YCRFGQ.

11. Proshin, D. A. Development of an integrated system for automating the process of growing indoor ornamental and fruit plants / D. A. Proshin, A. R. Gnezdilov // Scientific forum: Economics, management and digital technologies in the agro-industrial complex-2024: Collection of papers dedicated to the International scientific and practical student conference, Moscow, November 20, 2024. Moscow: Russian State Agrarian University, 2024. Pp.

12. Rashchupkina, S. Yu. Vegetables and greens: a garden on my windowsill: / S. Yu. Rashchupkina; S. Rashchupkina. - Moscow: Eksmo, 2012. 191 p. (Urozhaikins. Always with a harvest). ISBN 978-5-699-54213-0. EDN QLCRPD.

13. Titovskaya N.V. Microcontroller capabilities in automation of agricultural activities / N. V. Titovskaya, S. N. Titovsky // Science and education: experience, problems, development prospects: materials of the international scientific and practical conference, Krasnoyarsk, April 16-18, 2019 / Krasnoyarsk State Agrarian University. Volume Part 2. Krasnoyarsk: Krasnoyarsk State Agrarian University, 2019. Pp. 304-307. EDN BNJEPX.

14. Titovskaya N. V. Arduino platform as a basis for digitalization of agriculture / N. V. Titovskaya // Digital agriculture of the region: main tasks, promising directions and systemic effects: Collection of materials of the international scientific and practical conference dedicated to the 70th anniversary of the Faculty of Economics, Omsk, April 25, 2019. Omsk: Omsk SAU, 2019. Pp. 375-378. EDN UDTKDH.

15. Digital control system for an energy-efficient irradiation unit for hydroponics / N. P. Kondratieva, R. G. Bolshin, M. G. Krasnolutskaya [et al.] // Agrotechnics and energy supply. 2024. No. 1 (42). Pp. 29-36. EDN AYYUZG.

16. Shteinberg P.N. How to Grow an Excellent Harvest of Vegetables and Melons: Time-Tested Recipes: [A Practical Guide to the Proper Organization of a Vegetable Garden and Growing

Vegetable Plants in the Ground] / P.N. Shteinberg, N.N. Bogdanov-Katkov, G.N. Dorogin; Pavel Shteinberg, Nikolai Bogdanov-Katkov, Georgy Dorogin. - 8th ed., revised. and enlarged. - St. Petersburg: BHV-Petersburg, 2012. 492 p. (Home. Dacha. Garden. Vegetable Garden). ISBN 978-5-9775-0717-2. EDN QLCJRT.

17. Yudin M.E. Effective Management of Microclimate in Livestock Buildings / M.E. Yudin, M.A. Pinigin, T.A. Shirobokova // Engineering and technological solutions to the problems of development of the agro-industrial complex and society: Collection of works of the LVIII international scientific and practical conference of students, postgraduates and young scientists, Tyumen, March 12-13, 2024. Tyumen: State Agrarian University of the Northern Trans-Urals, 2024. Pp. 1034-1039. EDN VNNFFC.

18. Yakubovskaya E.S. Distinctive features of automation of microclimate control of greenhouses of the fourth and fifth generations / E.S. Yakubovskaya, V.I. Shcherbak // Technical and personnel support for innovative technologies in agriculture: materials of the International scientific and practical conference, Minsk, October 16-17, 2024. - Minsk: Belarusian State Agrarian Technical University, 2024. Pp. 282-284. EDN NWZUMQ.

19. Bolshin R. LED ultraviolet irradiation of ornamental plant seeds / R. Bolshin // AgroEcoInfo. 2024. Vol. 5, No. 65. P. 12. DOI 10.51419/202145512. EDN AIEDHD.

20. Digital automation of energy-efficient in vitro irradiation of orchard plum micro cuttings / N.P. Kondrateva, R.Z. Akhatov, R.G. Bolshin [et al.] // Light & Engineering. 2023. Vol. 31, No. 6. –P. 57-64. DOI 10.33383/2023-019. EDN QJMCXK.

21. Ovchukova S.A. Energy saving in lighting technologies of agricultural production / S.A. Ovchukova, N.P. Kondrateva, O.Y. Kovalenko // Light & Engineering. 2021. Vol. 29, No. 2. P. 21-25. DOI 10.33383/2020-039. EDN GGTWNC.

Роман Геннадиевич Большин, кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «МИРЭА-Российский технологический университет», 119454, г. Москва, Проспект Вернадского, д. 78, romanb@mail.ru

Надежда Петровна Кондратьева, профессор, доктор технических наук, профессор кафедры автоматизированного электропривода ФГБОУ ВО Удмуртский ГАУ, 426069 г. Ижевск, ул. Студенческая, 11, aep_isha@nail.ru

Ольга Александровна Закурдаева, магистр, ФГБОУ ВО Удмуртский ГАУ, 426069 г. Ижевск, ул. Студенческая, 11;

Мария Геннадьевна Краснолуцкая, кандидат технических наук, преподаватель Частное образовательное учреждение дополнительного профессионального образования «Учебно-научный инновационный центр «Омега» (ЧОУ ДПО «УНИЦ «Омега»), 426069 г. Ижевск, а/я 685 aep_maria@nail.ru

RATIONALE FOR USING A DIGITAL AUTOMATED SYSTEM WITH ELEMENTS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN A MULTIFUNCTIONAL YEAR-ROUND GREENHOUSE

R.G. Bolshin[1], N.P. Kondratieva[2], O.A. Zakurdaeva[2], M.G. Krasnolutskaya[3]

[1] FGBOU VO "MIREA - Russian Technological University"
[2] FGBOU VO Udmurt State Agricultural University

[3] CHOU DPO "UNIC "Omega" (Izhevsk)

Abstract. Harsh uncomfortable natural conditions of the Russian North cause negative shifts in the functional state of the body as a whole in the living population, which affects the health and performance of people. In winter, there is less sun and a vitamin deficiency is observed, which can be replenished with green plants. Green crops in the North are grown in year-round multifunctional greenhouses. In such greenhouses, it is necessary to use digital automated systems with elements of artificial intelligence to implement comfortable environmental conditions individually for the grown crop. The main element of the digital automated system with elements of artificial intelligence is a microcontroller. It is proposed to use the Arduino platform to automate and monitor various agricultural processes: environmental monitoring, irrigation automation, microclimate control in the greenhouse. The purpose of the work is to justify the use of a digital automated system with elements of artificial intelligence in a multifunctional year-round greenhouse. A preliminary technical and economic assessment of the effectiveness of using a digital automated system with elements of artificial intelligence in a multifunctional year-round greenhouse showed that the economic effect was about 800 thousand rubles with a payback period of approximately 2 years. The economic effect is achieved due to the ability of artificial intelligence to promptly select the best environmental conditions for a specific crop; thanks to timely signals about a malfunction and the rapid response of the system, allowing the malfunction to be corrected in the nearest future.

Keywords: digital automated system, artificial intelligence, multifunctional year-round greenhouses, green crops

Roman Gennadievich Bolshin, PhD in Engineering, Associate Professor, FSBEI VO "MIREA-Russian Technological University", 119454, Moscow, Vernadsky Prospekt, 78, romanb@mail.ru

Nadezhda Petrovna Kondratieva, Professor, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Department of Automated Electric Drive, FSBEI VO Udmurt State Agrarian University, 426069, Izhevsk, Studencheskaya St., 11, aep_isha@nail.ru

Olga Aleksandrovna Zakurdaeva, Master, FSBEI VO Udmurt State Agrarian University, 426069, Izhevsk, Studencheskaya St., 11;

Maria Gennadyevna Krasnolutskaya, Candidate of Technical Sciences, teacher Private educational institution of additional professional education "Educational and Scientific Innovation Center "Omega" (ChOU DPO "UNIC" Omega "), 426069 Izhevsk, P.O. Box 685 aep_maria@nail.ru

УДК 633.11:631.589.2

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИИ ВЫРАЩИВАНИЯ МИКРОЗЕЛЕНИ В ГИДРОПОННОЙ УСТАНОВКЕ

Цветкова Л.А, Фирсов А.С.

ФГБОУ ВО Тверская ГСХА

Аннотация. *В настоящее время все больше и больше людей стараются придерживаться здорового образа жизни, неотъемлемым компонентом которого является правильное питание. При этом для изготовления этих продуктов нередко применяют искусственные добавки. Существуют способы, которые позволяют в домашних условиях производить продукты питания, отличающиеся высоким содержанием полезных веществ и улучшающие самочувствие человека. К этим способам можно отнести выращивание микрозелени. Это съедобные маленькие растения, которым дают дорасти до пары настоящих листьев из различных семян, их можно добавлять в различные блюда. Микрозелень содержит огромное количество витаминов, макро- и микроэлементов, которые легко усваиваются и влияют на нормальную работу организма. В то же время она является малокалорийным продуктом.*

Ключевые слова: *гидропоника, микрозелень, зеленый горох, выращивание, грунт, семена, вода, рост, урожай.*

Введение.

Гидропоника представляет собой прогрессивный метод выращивания растений без почвы, при котором корневая система получает питательные растворы прямо из воды. Семена и зерна проращиваются в различных средах, а необходимую влагу растения получают при поливе обычной водой или питательными растворами. В качестве основы используются следующие материалы: минеральная вата, кокосовые маты, стога сена, льняные коврики и даже поролон. Каждый из этих материалов имеет свои особенности, которые городским фермерам обязательно следует учитывать. Для выращивания микрозелени дома можно использовать семена:

1) бобовые: горох, нут, маш;
2) злаковые: овес, ячмень, пшеница, просо, рис, гречиха;
3) дикие травы: люцерна, клевер, лебеда, крапива;
4) культурные салаты и травы: кресс-салат, базилик, горчица, укроп, кинза, горчица, шпинат, сельдерей.

В данной работе проанализируем как выращивается микрозелень гороха в системе гидропоники и в грунте [1].

Полезные свойства микрозелени гороха. Микрозелень зеленого гороха обладает сладковатым нежным вкусом молодых молочных стручков зеленого горошка. Её можно употреблять как отдельное блюдо, так и добавлять в различные салаты. Стоит отметить, что при нагревании свыше 50 градусов большая часть витаминов из микрозелени теряется, поэтому рекомендуем употреблять в сыром виде.

Полезные вещества в микрозелени зелёного гороха это легкоусвояемые и полноценные белки, жиры, крахмал, антиоксиданты, клетчатка, много витаминов (A, E, C, D, K, B1, B2, PP), каротин, холин, инозит, микроэлементы (калий, фосфор, магний, железо, йод, кальций). Все эти вещества играют важную роль в обмене веществ в нашем организме. А при проращивании они увеличиваются в десятки раз и образуют ферменты, которые способствуют лучшему усвоению и перевариванию пищи. Зелёный горох способствует активному обмену веществ внутри клетки, что обеспечивает регенерацию клеток, улучшается обмен веществ в организме. Благодаря прорастанию, зеленый горошек переваривается гораздо легче, в отличии от обычных семян, не вызывает метеоризма. Употребляя микрозелень зеленого горошка, значительно улучшается мозговая деятельность, память и повышается общая выносливость и энергия организма. Микрозелень зеленого гороха полезна при сахарном диабете, малокровии, ожирении, гипертонии, атеросклерозе, после перенесенного инфаркта миокарда. Благодаря калию выводится лишняя жидкость из организма, налаживается работа печени [2,5].



Рисунок 1 - Микрозелень зеленого гороха

Материалы и методы исследования.

Параметры и способы выращивания гороха.

Рассмотрим характеристики гороха для лучшего понятия как выращивать растение.

Цвет микрозелени:

зеленый;

норма высева: 300-350 грамм (у гороха крупные семена);

предварительное замачивание: от 12 до 24 часов (в холодной воде);

время затемнения: 3-5 дней;

температура: 18-20 градусов;

влажность в помещении: 55-75 %;

всхожесть: высокая;

время прорастания: от 2 до 3 дней;

время сбора урожая микрозелени: от 8 до 12 дней;

бэби салат (Baby Leaf): не рекомендуется, так как некачественный результат при выращивании, проблемы со сбором урожая; неудачный состав некоторых смесей;

вкус микрозелени гороха: хрустящий, слегка сладкий свежий вкус.

Для проращивания гороха понадобится больше воды, чем при проращивании остальных видов [3].

Результаты и обсуждение.

В ходе исследовательской работы, мы решили апробировать метод гидропоники в рамках эксперимента по выращиванию микрозелени гороха в лаборатории кафедры технологических и транспортных машин и комплексов ФГБОУ ВО Тверская ГСХА. При выборе способа выращивания микрозелени гороха проанализируем несколько вариантов с помощью грунта и гидропонном способом.

1. Для выращивания микрозелени в грунте подойдет любая покупная почва (для овощей, рассады), кроме грунта для орхидей и кактусов. Емкости можно приспособить совершенно разные. Сетка здесь не обязательна.

Почва насыпается на дно тары небольшим слоем, который увлажняется из опрыскивателя. Сверху раскладываются семена не очень плотно друг к другу, на которые сверху укладывается еще один почвенный слой, совсем небольшой. Далее нужно его слегка утрамбовать для лучшего контакта семян с почвой. Заполняться емкость должна не до самых краев для того, чтобы растения опирались на эти стенки и не падали. Для микрозелени требуется регулярный полив, но важно не допускать застоя воды, лучше использовать пульверизатор для равномерного увлажнения. Затем контейнер накрывают прозрачной пластиковой крышкой, пленкой или помещают в тонкий полиэтиленовый пакет, переносят в теплое темное место до появления всходов (через 2-3 дня). После появления ростков поставить емкость на свет.



Рисунок 2 - Пятый день микрозелени гороха в грунте

Таблица 1 Наблюдения за выращиванием микрозелени гороха традиционным почвенным способом

День опыта	Динамика роста (см)	Примечания
1	-	Посадка семян
3-4	0,9	Прорастание семян, становление ростков
5-6	2,5	Рост и набор зелёной массы
7-8	4,9	Рост и набор зелёной массы
9-11	6,8	Рост и набор зелёной массы
12-13	9	Срезка микрозелени и её использование в пищу

По таблице 1 видно, что прорастание ростков начался на 2-3 день и только спустя 1,5-2 недели мы получаем свой урожай следая вышеизложенным указаниям для гороха.



Рисунок 3 - Тринадцатый день микрозелени гороха

2. В качестве гидропонного оборудования для эксперимента нами использовалась гидропонная установка со специальными питательными растворами с использованием субстрата дренажа.



Рисунок 4 - Гидпонная установка в ФГБОУ ВО Тверская ГСХА

Изучив литературу и Интернет-ресурсы, мы узнали, что особых требований к уходу за микрозеленью при выращивании методом гидропоники нет, но стоит обратить внимание:

1) оптимальной температурой для выращивания микрозелени является 18-20 ºС. При её снижении, растениям понадобиться больше времени для роста, а при повышении, они могут запреть или пересохнуть; [4-7]

2) за свой короткий рост, микрозелень не успевает заразиться какими-либо заболеваниями. Однако при переизбытке влаги или плохом качестве семян на них может появиться плесень [4-7];

3) после каждого сбора урожая, ёмкость, которая будет повторно использоваться должна тщательно очищаться и дезинфицироваться [4-7];

4) разместить мини-рассаду в солнечном месте, но нужно избегать попадания прямых солнечных лучей. Микрозелени не требуют столько света, он может только высушить растения или привести к активному росту патогенных грибков [4-7];

5) не превышать плотность высева семян, так как рассада будет хуже проветриваться и в результате на ней появится плесень. В то же время необходимо уметь отличать плесень от наличия обычных корневых волосков. Плесень, в отличие от волосков, слизистая на ощупь, если на корнях есть плесень, появится характерный запах [4-7];

6) также в течение выращивания микрозелени прибором для измерения нитратов (рисунок 5) замеряли норму нитратов, норма нитратов составила менее 30 мг/кг, что соответствует установленным нормам по распространению зеленой микрозелени в свободной продаже.



Рисунок 5 - Прибор для измерения нитратов

Таблица 2 - Наблюдения за выращиванием микрозелени гороха методом гидропоники на основе питательного раствора

День опыта	Динамика роста (см)	Примечания
1	-	Посадка семян
3-4	1	Прорастание семян, становление ростков
5-6	2,7	Рост и набор зелёной массы
7-8	5,6	Рост и набор зелёной массы
9-11	7,9	Рост и набор зелёной массы, можно срезать
12-13	11	Срезка микрозелени и её использование в пищу

По таблице 2 видно, что на 3-4 день произошло прорастание семян на 1 см и спустя 1,5 недели можно было уже собирать урожай.



Рисунок 6 - Тринадцатый день микрозелени гороха

Гидропоника позволяет регулировать условия выращивания растений – создавать режим питания для корневой системы, полностью обеспечивающий потребности растений в питательных элементах, Создание оптимальных условий для роста и развития растений обеспечивает получение очень высоких урожаев, лучшего качества и за более короткие сроки. Выращивание растений этим способом менее трудоемко, чем в почвенной культуре. Подача питательного раствора легко автоматизируется. В условиях гидропоники практически отпадает борьба с сорняками, насекомыми и другими вредоносными организмами, также эта установка способствует аэрации корней.

Вывод.

В рамках темы исследования нами был изучен вопрос о возможности выращивания культуры гороха с целью получения микрозелени. Был собран и систематизирован теоретический материал, включающий в себя: биологические особенности культуры растения; агротехнику возделывания гороха с целью получения микрозелени. В ходе экспериментальной работы нами был успешно апробирован беспочвенный способ выращивания микрозелени гороха – метод гидропоники и сравнили выращивание гороха с помощью грунта. В результате эксперимента мы выяснили, что с помощью несложного гидропонного устройства, принцип работы которого – создать комфортные и стабильные условия для прорастания семян – можно вырастить полезную зелень. Таким образом в результате исследовательской работы удалось получить новые знания и опыт экспериментальной работы, сделать выводы, создать информационно-познавательный контент, а самое главное увлечься интересным делом, разнообразив свою жизнь.

Список использованных источников:

1. Микрозелень на гидропонике: как выращивать зелень без грунта [сайт].2019. URL:https://seemsemena.ru/mikrozelen-na-gidroponike-kak-vyraschivat-zelen-bez-grunta.html (дата обращения: 01.03.2025).

2. Горох зеленый для проращивания микрозелени [сайт]. 2025. URL: https://itravi.ru/catalog/semena-zlakovye-i-bobovye-dlya-prorashchivaniya/semena-mikrozeleni/gorokh-zelenyy-madras-kress-afilla-dlya-prorashchivaniya-mikrozeleni/ (дата обращения: 01.03.2025).

3. Микрозелень. Шпаргалка по выращиванию: сроки, цвет, свойства [сайт]. URL:https://gavrishshop.ru/articles/mikrozelen-shpargalka-po-vyrashchivaniyu-sroki-cvet-svoystva (дата обращения: 03.03.09.2025).

4. «Мал золотник, да дорог» Особенности выращивания микрозелени кресс-салата методом гидропоники [сайт]. 2021. URL:http://ecomir48.ru/wp-content/uploads/2023/02/ПРОЕКТ-Особенности-выращивания-микрозелени-кресс-салата-методом-гидропоники-автор-Бондаренко-Е.-руководитель-Бондаренко-А.А.pdf (дата обращения: 05.03.2025).

5. Савельев В.А. Горох. Учебное пособие для вузов/Горох – 4-е издание.Издательство: ЛАНЬ, 2024 263с. (дата обращения: 06.03.2025).

6. Микрозелень. Пошаговое руководство по выращиванию с рецептами/ Микрозелень. Как выращивать и с чем есть. Москва: издательство АСТ, 2023. 128с. (дата обращения: 06.03.2025).

7. Доронина Н. Микрозелень. От выгонки лука до микрозелени/ Микрозелень. От выгонки лука до микрозелени. Издательство: Ridero,2022. 61с. (дата обращения: 06.03.2025).

Bibliography:

1. Hydroponic microgreens: how to grow greens without soil [website]. 2019. URL: https://seemsemena.ru/mikrozelen-na-gidroponike-kak-vyraschivat-zelen-bez-grunta.html (access date: 03/01/2025).

2. Green peas for sprouting microgreens [website]. 2025. URL: https://itravi.ru/catalog/semena-zlakovye-i-bobovye-dlya-prorashchivaniya/semena-mikrozeleni/gorokh-zelenyy-madras-kress-afilla-dlya-prorashchivaniya-mikrozeleni/ (access date: 03/01/2025).

3. Microgreens. Growing cheat sheet: timing, color, properties [website]. URL:https://gavrishshop.ru/articles/mikrozelen-shpargalka-po-vyrashchivaniyu-sroki-cvet-svoystva (date accessed: 03.03.09.2025).

4. "Small but precious" Features of growing watercress microgreens using hydroponics [website]. 2021. URL:http://ecomir48.ru/wp-content/uploads/2023/02/ПРОЭКТ-Особости-выраживания-микровелени-крысс-ласта-мощодом-гипропоники-автор-Бондаренко-Е.-руводитель-Бондаренко-А.А.pdf (date accessed: 05.03.2025).

5. Saveliev V.A. Peas. Textbook for universities / Peas - 4th edition. Publisher: LAN, 2024 263 p. (date of access: 06.03.2025).

6. Microgreens. Step-by-step guide to growing with recipes / Microgreens. How to grow and what to eat with. Moscow: AST Publishing House, 2023. 128 p. (date of access: 06.03.2025).

7. Doronina N. Microgreens. From forcing onions to microgreens / Microgreens. From forcing onions to microgreens. Publisher: Ridero, 2022. 61 p. (date of access: 06.03.2025).

Людмила Андреевна Цветкова, студент 1 курса инженерного факультета по направлению «Технические системы в агробизнесе», ФГБОУ ВО Тверская ГСХА, 170904, Тверская область, г. Тверь, ул. Маршала Василевского (Сахарово), ludagmaicom239@gmail.com,

Антон Сергеевич Фирсов, к.т.н., доцент кафедры технологических и транспортных машин и комплексов, Тверская ГСХА, 170904, Тверская область, г. Тверь, ул. Маршала Василевского (Сахарово), 7 mail@tvgsha.ru

ANALYSIS OF MICROGREENS GROWING TECHNOLOGY IN A HYDROPONIC INSTALLATION

L.A. Tsvetkova, A.S. Firsov
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Tver State Agricultural Academy

Abstract. Nowadays, more and more people are trying to maintain a healthy lifestyle, an integral component of which is proper nutrition. At the same time, artificial additives are often used to make these products. There are methods that allow you to produce food products at home that are high in nutrients and improve human well-being. These methods include growing microgreens. These are edible small plants that are allowed to grow to a pair of true leaves from various seeds, they can be added to various dishes. Microgreens contain a huge amount of vitamins, macro- and microelements that are easily absorbed and affect the normal functioning of the body. At the same time, it is a low-calorie product.

Keywords: hydroponics, microgreens, green peas, cultivation, soil, seeds, water, growth, harvest.

Lyudmila Andreevna Tsvetkova, 1st year student of the engineering faculty in the direction of "Technical systems in agribusiness", FGBOU VO Tverskaya State Agricultural Academy, 170904, Tverskaya oblast, Tver, Marshal Vasilevsky Street (Sakharovo), ludagmaicom239@gmail.com;

Anton Sergeevich Firsov, PhD, Associate Professor of the Department of Technological and Transport Machines and Complexes, Tverskaya State Agricultural Academy, 170904, Tverskaya oblast, Tver, Marshal Vasilevsky Street (Sakharovo), 7 mail@tvgsha.ru

УДК 633.52:631.82

ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ И ОСОБЕННОСТИ ВЫРАЩИВАНИЯ ХЛОПЧАТНИКА

Х.А. Мередова, А.И. Аширов, М.А. Курбанова

Туркменский государственный архитектурно-строительный институт

Аннотация. *Хлопчатник выращивается для получения волокна и употребления в пищу. В Туркменистане проводится масштабная работа по развитию хлопковой отрасли сельского хозяйства страны, увеличению объемов производства хлопка. Для повышения урожайности хлопчатника почву необходимо обогащать удобрением. Главной частью системы использования удобрений является правильное определение норм удобрений, правил и сроков их внесения. Необходимо помимо местных удобрений использовать минеральные удобрения. Минеральные удобрения вносят под сельскохозяйственные культуры, осенью и ранней весной перед посевом, а также в виде подкормок поздней весной и летом. Хлопководство играет важную роль в формировании сельского хозяйства страны, обеспечении сырьем отраслей промышленности, создании благоприятных условий для решения экономических и социальных задач. Всего из хлопчатника производится более 150 наименований продукции.*

Ключевые слова: *хлопчатник, почва, минеральные удобрения, урожайность, сырьё.*

Введение.

Хлопчатник – одна из ведущих сельскохозяйственных культур в мире. Это мягкое белое волокно, состоящее полностью из целлюлозы (около 87–90%). Хлопчатник выращивается для получения волокна и употребления в пищу уже более 6000 лет. Благодаря высокой урожайности и экономической эффективности хлопчатобумажную продукцию выращивают в разных странах. Из конопли изготавливают несколько видов продукции, включая одежду, подушки и полотенца, а также бумагу. Хлопчатник составляет около 2,5% пахотных земель мира.

В последние годы выращивание хлопчатника увеличилось примерно в два раза, за счет повышения урожайности. Хлопчатники произрастают в тропическом климате и напоминают деревья, а в зависимости от климата они бывают меньше и напоминают кустарники. Урожайность и содержание хлопка-волокна значительно варьируются в зависимости от погодных условий. Хлопок самого высокого качества выращивается в районах с высокой влажностью за счет дождей или орошения и сухими, теплыми сезонами сбора урожая.

В Туркменистане проводится масштабная работа по развитию хлопковой отрасли сельского хозяйства страны, увеличению объемов производства хлопка, повышению уровня жизни тружеников села [1].

Хлопководство является основной отраслью сельского хозяйства нашей страны, а продукция хлопчатника широко используется в текстильной, пищевой, медицинской и других отраслях. Из хлопчатника производят более 200 наименований продукции.

В нашей стране выращивают средне- и тонковолокнистые сорта хлопка. Собранный хлопок очищается на хлопкоочистительных заводах, где извлекаются волокна, семена и линт.

Продукция, производимая на хлопкоочистительных заводах, обеспечивает различные отрасли экономики нашей страны необходимым сырьем.

Хлопковое волокно служит главным образом сырьем для текстильной промышленности, из которого изготавливают ткани – нитки, швейную пряжу, трикотаж, сатин, батист, фланель, полотенца, а также различные технические изделия — электрические обмотки, шнур, автомобильные шины, фильтры, приводные ремни, искусственную кожу, рыболовные сети. Из наружного волокна (линта) семян хлопчатника получают целлюлозу, искусственную кожу, целлофан, лак, различные виды бумаги, линолеум, искусственный шелк и др. Из семян хлопчатника получают хлопковое масло, стеарин, глицерин, олеиновую кислоту, фитин и мыло. Мякоть и пульпа, получаемые из его семян, служат кормом для скота. Из стеблей, плодовых ветвей, листьев и коры стеблей хлопчатника изготавливают уксусную кислоту, этиловый спирт, картон и различные виды бумаги. В целом хлопок не оставляет отходов, поэтому считается полезной культурой. В народе не зря его называют «белым золотом» [4].

Широкое возделывание хлопка на сельскохозяйственных угодьях нашей страны и обильный его урожай не только улучшают социально-экономическое положение в аграрном секторе, но и получаемая от него продукция оказывает положительное влияние на развитие народного хозяйства и экономический рост страны.

Во время сбора урожая хлопка, который является очень важным периодом в сельском хозяйстве, прилагаются неустанные усилия, чтобы собрать белое золото, не потеряв ни единого початка. Ключевую роль в агропромышленном комплексе играет также одна из важнейших отраслей сельского хозяйства — хлопководство. Наш туркменский народ, ценящий урожай хлопка как белое золото, осенью занят сбором хлопка. Упорный труд фермеров на хлопковых полях нашей страны приносит плоды.

Материалы и методы исследования.

Для повышения урожайности хлопчатника почву необходимо обогащать удобрением. В глинистых почвах калия часто бывает достаточно, а в легких песчаных почвах его мало. Однако объемы сбора калия, даже на глинистых почвах, которые обрабатывались в течение многих лет, начинают снижаться. По мере увеличения урожайности запасы калия в почве (если его не вносить в больших количествах) быстро уменьшаются [3].

Хлопчатник принимает минеральные удобрения в определенном соотношении. Это означает, что в первую очередь нужно оценить запас питательных веществ, имеющихся в почве, а затем определить оптимальное соотношение на основе количества азота. Соотношение фосфорных и калийных удобрений к количеству вносимых азотных удобрений в зависимости от уровня их обеспеченности почвой (в эффективных питательных веществах) Система применения минеральных удобрений в хлопководстве Комплекс агротехнических и организационных мероприятий, направленных на эффективное использование удобрений в хлопководстве для повышения плодородия, плодородия почв и производительности труда, называется системой использования удобрений [5].

Главной частью системы использования удобрений является правильное определение норм удобрений, правил и сроков их внесения. Тонковолокнистый хлопок требует на 20–25 % больше удобрений, чем средневолокнистый хлопок. Часть этого удобрения присутствует в почве из-за предыдущего внесения удобрений. Оставшуюся часть, которой недостаточно для получения запланированного урожая, необходимо внести в почву в виде минеральных удобрений. Содержание питательных веществ в почве не везде одинаково. Поэтому очевидно,

что количество удобрений, которое необходимо вносить в почву, не будет везде одинаковым [2].

Для того чтобы вносить в почву дополнительные минеральные удобрения и получать высокие урожаи, их необходимо рассчитывать на научной основе. Как чрезмерное, так и недостаточное внесение удобрений одинаково вредно для фермера.

Результаты и обсуждение.

Для получения высоких урожаев хлопка необходимо помимо местных удобрений использовать минеральные удобрения. Поскольку хлопок — культура, требующая минеральных удобрений, без дополнительного удобрения невозможно добиться высоких урожаев. Минеральные удобрения являются залогом высокой урожайности. При потреблении питательных веществ хлопком для получения урожая, различают биологические и экономические типы потребления продуктов питания. Биологическое потребление — это общее количество питательных веществ, потребляемых сельскохозяйственными культурами в их корневой системе, стеблях, ветвях, листьях и всех плодовых телах для получения определенного количества урожая в кг. Как сельскохозяйственные культуры используют питательные вещества из почвы. Скорость использования питательных веществ из верхнего слоя почвы сельскохозяйственными культурами показывает количество питательных веществ, поглощаемых ими из этого слоя, и рассчитывается в % или кг [3].

Минеральные удобрения вносят под сельскохозяйственные культуры, в том числе под хлопчатник, осенью и ранней весной перед посевом, весной при посеве, а также в виде подкормок в период вегетации поздней весной и летом. Внесение удобрений в глубокий слой почвы считается важным для хлопчатника. Потому что его корень — сильно развитый стержневой корень и расположен глубже.

В качестве основного удобрения целесообразно рекомендовать использование местных удобрений, в том числе навоза. Если почва не полностью разложилась, то ее следует высыпать в полуперепревшем состоянии осенью перед вспашкой.

При выращивании хлопчатника существенно изменяется норма внесения минеральных удобрений: снижается норма азотных удобрений и увеличивается норма фосфорных. Помимо местных удобрений, в качестве основных удобрений используются фосфорные удобрения. Весьма эффективно внесение фосфорных удобрений под посевы хлопчатника на глубину не менее 25–35 см. Это связано с тем, что они мало перемещаются из места своего выброса в окружающую среду, и большая их часть остается в этом слое. Однако фосфорные удобрения из легких почв и районов с соленой водой могут в некоторой степени вымываться и переноситься в нижние слои, даже в грунтовые воды, где они теряются. Для этих районов фосфорные удобрения лучше всего вносить не осенью, а перед весенней вспашкой или в качестве предпосевной обработки. Однако если на данной территории регулярно высаживать высокоурожайные культуры, в том числе хлопок, запасы калия в почве значительно сокращаются. Поэтому на этих участках необходимо вносить калийные удобрения. Если потребность в калии не превышает 50–60 кг/га, то на участках с глинистыми почвами и без выщелачивания его следует вносить под зяблевую вспашку [2].

В качестве основного удобрения также используют азотные удобрения. В орошаемом земледелии не рекомендуется вносить азотные удобрения осенью, так как азотные удобрения очень подвижны и быстро вымываются из верхнего слоя почвы. В процессе нитрификации из почвы также теряется определенное количество нитратного азота. При неправильном внесении потери азотных удобрений из почвы превышают 50%. Поэтому применение азотных удобрений в соответствии с рекомендациями и требованиями научных исследований дает

очень хорошие результаты. Перед посевом вносят чизельным культиватором 25–30% годовой нормы азотных удобрений. При необходимости основное удобрение также вносят непосредственно в почву [6].

Выводы.

Потребность хлопка в азоте и фосфоре достигает пика через 15–20 дней после прорастания. Если в почве не хватает этих элементов, то новейшие азотные и фосфорные удобрения могут не оказать существенного влияния на улучшение состояния хлопчатника. Поэтому для обеспечения молодого хлопчатника достаточным количеством азота и фосфора при посеве семян вносят азотные и фосфорные удобрения на глубину 10-12 см, на расстоянии 5-7 см от края рядка. Эти удобрения вносятся в небольших количествах и обеспечивают хлопчатник питательными веществами в период его раннего прорастания. Чтобы не навредить урожаю, рекомендуется вносить это удобрение в комплексные удобрения [7].

Сегодня хлопководство играет важную роль в формировании сельского хозяйства страны, обеспечении сырьем отраслей промышленности, создании благоприятных условий для решения экономических и социальных задач. Как известно, из одной тонны хлопка получают 300 метров ткани, 100-110 кг масла, 200-240 кг мыла и 30 кг хозяйственного мыла. Всего из хлопчатника производится более 150 наименований продукции. Из семян хлопка-сырца можно получить ценную продукцию. Из них можно получить масло, мыло, оливковое масло, глицерин, стеарин и другие продукты пищевого и технического назначения. Из обезжиренных остатков производятся корма для животных, мука и ряд других продуктов.

Производство хлопка в качестве готовой продукции, а не в виде сырья для конечного потребления, увеличивает прибыльность отрасли в 18 раз. Поэтому в хлопкосеющих районах страны строится большое количество хлопкопрядильных, ткацких и швейных фабрик. В настоящее время созданные мощности позволяют осуществлять промышленную переработку более половины производимого в стране хлопка.

Список использованных источников

1. Бердымухамедов Г. К новым высотам развития. Избранные произведения, том 2. / Бердымухамедов Г. - Ашхабад: Туркменское государственное издательство, 2009. 152 с.

2. Гельдымурадов Х. Облегчение труда человека в сельском хозяйстве / Гельдымурадов Х. https://turkmenportal.com/blog/ (дата обращения 18.01.2025)

3. Мамметханов Б. Правила применения удобрений / Мамметханов Б., Реджепов А. - Ашхабад, 2010. 86 с.

4. Сейитгулыев Й. Агрохимия. Учебник для высших учебных заведений. / Сейитгулыев Й. - Ашхабад, Издательство «Ылым», 2015. 64 с.

5. Сейитгулыев Й. Значение калийных удобрений и их применение. / Сейитгулыев Й. - А.: Туркменское государственное издательство, 2006. 139 с.

6. Сейитгулыев Й. Пособие по эффективному использованию минеральных удобрений в хлопководстве. Для землевладельцев и фермеров / Сейитгулыев Й., А.Ёллыбаев, Й.Атаев, Г.Гурджиев, Х.Оразбаев – Ашхабад.: Ылым, 2019, 52 с.

7. Тайлаков Н. Правила применения агрохимии и удобрений. Учебник для высших учебных заведений. / Тайлаков Н., Атаев Й., Аннагулыев Т. - Ашхабад, Туркменское государственное издательство, 2010. 51 с.

Bibliography:

1. Berdimuhamedov G. Towards new heights of development. Selected works, volume 2. / Berdimuhamedov G. - Ashgabat: Turkmen State Publishing House, 2009. 152 p.

2. Geldymuradov H. Relieving human labor in agriculture / Geldymuradov H. https://turkmenportal.com/blog/ (date of access 18.01.2025)

3. Mammethanov B. Rules for the application of fertilizers / Mammethanov B., Rejepov A. - Ashgabat, 2010. 86 p.

4. Seyitgulyev Y. Agrochemistry. Textbook for higher educational institutions. / Seyitgulyev Y. - Ashgabat, Publishing House "Ylym", 2015. 64 p.

5. Seyitgulyev Y. The importance of potash fertilizers and their application. / Seyitgulyev Y. - A.: Turkmen State Publishing House, 2006. 139 p.

6. Seyitgulyev Y. Manual on the effective use of mineral fertilizers in cotton growing. For landowners and farmers / Seyitgulyev Y., A. Yollybaev, Y. Atayev, G. Gurdzhiev, H. Orazbayev - Ashgabat .: Ylym, 2019, 52 p.

7. Taylakov N. Rules for the application of agrochemistry and fertilizers. Textbook for higher educational institutions. / Taylakov N., Atayev Y., Annagulyev T. - Ashgabat, Turkmen State Publishing House, 2010. 51 p.

Хурма Аннамередовна Мередова, преподаватель, Туркменский государственный архитектурно-строительный институт, 744025, Туркменистан, г. Ашгабат, ул. Баба Аннанова, дом 136, e-mail: meredowahurma167@gmail.com;

Абдырахим Италмазович Аширов, кандидат технических наук, старший преподаватель, Туркменский государственный архитектурно-строительный институт, 744025, Туркменистан, г. Ашгабат, ул. Баба Аннанова, дом 136.

Майса Аннаевна Курбанова, преподаватель, Туркменский государственный архитектурно-строительный институт, 744025, Туркменистан, г. Ашгабат, ул. Баба Аннанова, дом 136.

ECONOMIC SIGNIFICANCE AND FEATURES OF COTTON CULTIVATION

H.A. Meredova, A.I. Ashirov, M.A. Kurbanova

Turkmen State Institute of Architecture and Civil Engineering

Abstract. Cotton is grown for fiber and food. Large-scale work is being carried out in Turkmenistan to develop the cotton sector of the country's agriculture and increase cotton production. To increase cotton yields, the soil must be enriched with fertilizer. The main part of the fertilizer use system is the correct determination of fertilizer rates, rules and timing of their application. In addition to local fertilizers, it is necessary to use mineral fertilizers. Mineral fertilizers are applied to agricultural crops in the fall and early spring before sowing, and also as top dressing in late spring and summer. Cotton growing plays an important role in the formation of the country's agriculture, providing raw materials to industries, and creating favorable conditions for solving economic and social problems. In total, more than 150 types of products are produced from cotton.

Key words: cotton, soil, mineral fertilizers, yield, raw materials.

Khurma Annameredovna Meredova, teacher, Turkmen State Institute of Architecture and Civil Engineering, 744025, Turkmenistan, Ashgabat, st. Baba Annanova, house 136, e-mail: meredowahurma167@gmail.com;

Abdyrahim Italmazovich Ashirov, candidate of technical sciences, senior lecturer, Turkmen State Institute of Architecture and Civil Engineering, 744025, Turkmenistan, Ashgabat, st. Baba Annanova, house 136.

Maysa Annaevna Kurbanova, teacher, Turkmen State Institute of Architecture and Civil Engineering, 744025, Turkmenistan, Ashgabat, st. Baba Annanova, house 136.

Реклама в нашем журнале

ВНИМАНИЕ!

Редакция **ЖУРНАЛА «АГРОТЕХНИКА И ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЕ»**
приглашает Вас к сотрудничеству.

Мы предлагаем разместить Вашу рекламу на страницах нашего журнала.
Наши читатели (Россия и зарубежье) — учебные и научные учреждения, предприятия следующих отраслей деятельности:

- сельскохозяйственные предприятия;
- предприятия тяжелой и легкой, перерабатывающей промышленности;
- энергокомпании;
- отраслевые НИИ;
- научно-производственные объединения;
- учебные заведения;
- библиотеки.

Каждый из номеров журнала распространяется более чем 500 адресатам.

Информацию о возможности размещения рекламной продукции и ценах Вы можете узнать в редакции журналов, а также у главного редактора.

Телефоны: 8202879024; 8(4862) 76-44-69.
Тел. (факс): 8(4862) 76-11-07

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР – доктор технических наук, доцент
Александр Владимирович Виноградов
E-mail: winaleksandr@yandex.ru

Адрес: 302019, г. Орел, ул. Ген. Родина, 69, Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина, факультет агротехники и энергообеспечения, ауд. 2-211.

ПЕРЕДВИЖНАЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКАЯ ЛАБОРАТОРИЯ
ФГБОУ ВО «ОРЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Н.В. ПАРАХИНА»
при кафедре «Электроснабжение» Орловского ГАУ
г. Орёл, ул. Генерала Родина, д. 69, Орел ГАУ, ауд. 2-411

Передвижная электротехническая лаборатория ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина» **проводит измерения и испытания в электроустановках до 1000В:**

1. Измерение сопротивления изоляции электрооборудования, проводов и кабелей;
2. Измерение сопротивления заземляющих устройств;
3. Измерения сопротивления цепи между заземлителями и заземляемыми элементами;
4. Измерение сопротивления петли «фаза-нуль»;
5. Проверка срабатывания устройств защитного отключения (УЗО);
6. Проверка срабатывания автоматических выключателей до 1000В.

Электротехническая лаборатория ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина» зарегистрирована в Приокском управлении Ростехнодзора за №А10-14-888 от 20.10.2014г.

Также предлагаем услуги:

1. Проведение измерений качества электрической энергии.
2. Выполнение, редакция программ по энергосбережению, энергоаудит.
3. Монтаж электрооборудования.
4. Обслуживание электрохозяйства, подготовка документации по электрохозяйству.
5. Проведение курсов повышения квалификации по энергосбережению, электробезопасности, обучение по рабочей профессии «Электромонтер»
6. Выполнение проектов по электроснабжению.
7. Выполнение обследования состояния электропроводок.
8. Электротехнические расчеты.

Наши контакты:

Руководитель: Виноградов Александр Владимирович (к.т.н.)
тел: 89202879024, E-mail: winaleksandr@rambler.ru
инженер – метролог: Бородин Максим Владимирович (к.т.н.)
тел: 89208014190, E-mail: maksimka-borodin@yandex.ru
инженер – метролог: Семенов Александр Евгеньевич
тел: 89536130445, E-mail: semenow.ae@yandex.ru

ФГБОУ ВО «ОРЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.В. ПАРАХИНА»

Отдел сельскохозяйственного консультирования и развития сельских территорий ВНИИ социального развития села ФГБОУ ВО Орловский ГАУ принимает заявки на оказание консультационных услуг по следующим направлениям:

- в области агробизнеса и экологии;
- в области биотехнологий и ветеринарной медицины;
- в области экономики;
- в сфере социального и экономического развития сельских территорий;
- в области агротехники и энергообеспечения;
- в сфере строительства, эксплуатации и управления недвижимостью, ландшафтного дизайна;
- в сфере охраны труда и пожарной безопасности и др.

Более подробная информация об оказываемых услугах размещена на странице отдела по адресу:
http://www.orelsau.ru/science/institute-of-social-development-of-the-village/

Телефон: 8 (4862) 43-30-81
E-mail: vniisrs.orelsau@mail.ru

ФГБНУ ФНАЦ ВИМ совместно с ФГБОУ ВО Орловским ГАУ организуют проведение постоянного научно-практического семинара «Энергообеспечение АПК»

Формат проведения: видеосвязь.
Периодичность: по мере поступления заявок на проведение, не реже 1 раза в 2 месяца.
Темы:
-всё, что связано с вопросами энергообеспечения АПК, электротехнологиями и электрооборудованием в АПК;

-вопросы цифровизации и роботизации в АПК и системах его энергообеспечения;

-современное сельскохозяйственное производство, проблемы и пути их решения, новые технологии;

-предварительное обсуждение кандидатских и докторских диссертаций;

-обсуждение совместных проектов, грантов;

- другие тематики.

Для участия, предложения тематики обсуждения:
написать письмо на электронную почту (в названии указать «семинар Энергообеспечение АПК»)
Почта: winaleksandr@gmail.com
Телефон: 89202879024 – Виноградов Александр Владимирович
При поступлении заявки на участие, адрес обратившегося вносится в рассылку и он уведомляется о теме и сроках проведения семинара.

ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»

ТАЙМЕР-ЭЛЕКТРОСЧЕТЧИК МОБИЛЬНЫЙ ПОРТАТИВНЫЙ С БЕСПРОВОДНОЙ ПЕРЕДАЧЕЙ ДАННЫХ (ТЭМП-3-W)

TIMER-ELECTRIC METER MOBILE PORTABLE WITH WIRELESS DATA TRANSMISSION (TEMMP-3-W)

Устройство решает следующие задачи:



- осуществление удалённых измерений (передача результатов на сайт. Хранение результатов на карте памяти);
- определение потерь на участках электрической сети;
- сведение энергобалансов по участкам сети;
- оптимизация уставок ПБВ силовых трансформаторов;
- обследование ЛЭП с выявлением причин завышенных потерь, показателей качества электроэнергии;
- энергоаудит сетей и оборудования сельхозпредприятий;
- построение графиков нагрузки, оценка времени наработки оборудования;
- проверка средств релейной защиты и автоматики;
- использование в качестве штатного измерительного прибора;
- оценка потерь электроэнергии в силовых трансформаторах без отключения их от сети и с ранжированием на потери короткого замыкания, нагрузочные потери и потери холостого хода;
- выявление хищений электроэнергии при обходах потребителей, за счет возможности установки устройства до электросчетчика абонента без разрывания электрической цепи и без нарушения её изоляции.

Технические характеристики:

Погрешность измерений: 0 – 1,5%	Диапазон измерения тока: 0 – 400 А (в зависимости от комплектации)
Дальность передачи данных: до 1,5 км	Диапазон измерения напряжения: 0 – 450 В
Время автономных измерений: до 24 ч	Тип аккумуляторной батареи: литий-ионная
Стоимость: 20-30 тыс. руб. (в зависимости от комплектации)	Степень защиты оболочки: IP55

Контактная информация

+79202879024 (Александр Виноградов) schkolamolen@gmail.com

+79536281466 (Алексей Букреев) alexziend@gmail.com

ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»

ТАЙМЕР-ЭЛЕКТРОСЧЕТЧИК МОБИЛЬНЫЙ ПОРТАТИВНЫЙ ТРЁХФАЗНЫЙ (ТЭМП-3)

TIMER-ELECTRIC METER MOBILE PORTABLE THREE-PHASE (TEMMP-3)

ТЭМП-3 осуществляет:



- учет электроэнергии;
- измерение и архивирование значений времени включенного/отключенного состояния потребителя с фиксацией моментов включения и отключения;
- измерение и архивирование значений потребляемого тока;
- измерение напряжения и архивирование значений напряжения;
- измерение и архивирование максимальных значений потребляемого тока;
- измерение и архивирование максимальных значений потребляемой мощности;
- измерение и архивирование значений потребляемой мощности без измерения значений напряжения;
- измерение и архивирование значений потребляемой мощности с измерением значений напряжения.

ТЭМП-3 может использоваться для:

- сведения энергобалансов по участкам сети;
- энергоаудита сетей и оборудования сельхозпредприятий;
- построения графиков нагрузки, оценки времени наработки оборудования;
- проверки средств релейной защиты и автоматики;
- использования в качестве штатного измерительного прибора;
- выявления хищений электроэнергии при обходах потребителей, за счет возможности установки устройства до электросчетчика абонента без разрывания электрической цепи и без нарушения её изоляции.

Технические характеристики:

Погрешность измерений: 0 – 1,5%	Диапазон измерения тока: 0 – 400 А (в зависимости от комплектации)
Время автономных измерений: 24 ч	Диапазон измерения напряжения: 0 – 450 В
Тип аккумуляторной батареи: литий-ионная	Степень защиты оболочки: IP55

Стоимость: 15-30 тыс. руб.
(в зависимости от комплектации)

Контактная информация

+79202879024
(Александр Виноградов)
schkolamolen@gmail.com

+79536281466
(Алексей Букреев)
alexziend@gmail.com

ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»
при участии ФГБОУ ВО Орловский ГАУ им. Н.В. Парахина

ПРИБОРНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ОЦЕНКИ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ И ИССЛЕДОВАНИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ 0,4 кВ (КОПиРР)

INSTRUMENT COMPLEX FOR ESTIMATING ELECTRICITY LOSSES AND STUDYING THE OPERATING MODES OF ELECTRICAL NETWORKS 0.4 kW (CELaOM)

Комплекс решает следующие задачи:



- измерение и архивирование потребляемого тока в точках установки датчиков комплекса;
- измерение и архивирование потребляемой мощности в точках установки датчиков комплекса;
- измерение и архивирование потребляемой электроэнергии в точках установки датчиков комплекса;
- измерение и архивирование потребляемой электроэнергии в точках установки датчиков комплекса;
- измерение и архивирование значений напряжений трехфазной сети в точках установки датчиков комплекса;
- фиксация моментов включения и отключения нагрузки на участке сети в точках установки датчиков комплекса;
- дистанционное получение данных о параметрах режимов работы сети с датчиков комплекса через радио-канал;
- синхронизацию по времени измерения между датчиками, входящими в комплекс и привязка к астрономическому времени.

Технические характеристики:

Погрешность измерений: 0 – 1,5%	Диапазон измерения тока: 0 – 400 А (в зависимости от комплектации)
Дальность передачи данных: до 1,5 км	Диапазон измерения напряжения: 0 – 450 В
Время автономных измерений: до 24 ч	Тип аккумуляторной батареи: литий-ионная
Количество точек измерения (кол-во измерительных блоков): до 6	Наличие проколов для изолированных проводов (СИП и тд.)
Стоимость: 80-100 тыс. руб. (в зависимости от комплектации)	Степень защиты оболочки: IP65

Контактная информация

+79202879024 (Александр Виноградов) schkolamolen@gmail.com

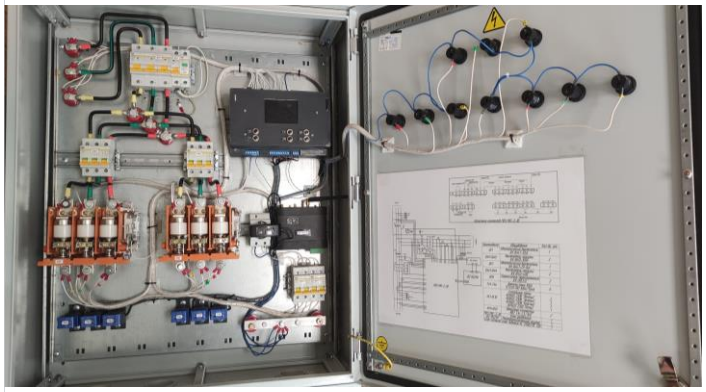
+79536281466 (Алексей Букреев) alexziend@gmail.com

ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»
при участии
ФГБОУ ВО Орловский ГАУ
им. Н.В. Парахина

МУЛЬТИКОНТАКТНАЯ КОММУТАЦИОННАЯ СИСТЕМА С ДВУМЯ КОНТАКТНЫМИ ГРУППАМИ И ТРЕМЯ ВЫВОДАМИ (МКС-2-3В)

MULTI-CONTACT SWITCHING SYSTEM WITH TWO CONTACT GROUPS AND THREE TERMINALS (MSS-2-3T)

В МКС-2-3В реализованы следующие функции:



- измерение значений токов в магистрали и отпайке ЛЭП;
- измерение значений напряжений на выводах;
- управление двумя независимыми коммутационными аппаратами;
- выполнение функции автоматического повторного включения (АПВ);
- обмен данными по интерфейсу RS-485;
- автоматическое включение/отключение коммутационных аппаратов при появлении/ исчезновении напряжения на вводе;
- автоматическое отключение коммутационных аппаратов при превышении заданных токовых уставок;
- передача данных по протоколу Modbus RTU;
- осуществление сигнализации диспетчеру;
- отображение символьных данных на дисплее контроллера МКС-2-3В;
- запись основных измеренных параметров на внешний накопитель;
- передача данных по протоколу Modbus RTU;
- ручное включение/отключение коммутационных аппаратов с помощью клавиатуры контроллера;
- диспетчерское включение/отключение коммутационных аппаратов;
- ручная и диспетчерская настройка параметров контроллера;
- сохранение значений конфигурационных параметров в энергонезависимой памяти.

Технические характеристики:

Погрешность измерений: 0 – 1,5%	Диапазон измерения тока: 0 – 400 А (в зависимости от комплектации)
Количество контактных групп: 2	Диапазон измерения напряжения: 0 – 270 В
Протокол передачи данных: Modbus RTU	Тип аккумуляторной батареи: литий-ионная
Стоимость: 60-100 тыс. руб. (в зависимости от комплектации)	Время автономной работы контролера:10 ч.

Контактная информация

+79202879024 (Александр Виноградов) schkolamolen@gmail.com

+79536281466 (Алексей Букреев) alexziend@gmail.com