

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Вятский государственный университет»
(ВятГУ)

г. Киров

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор по науке и инновациям
ФГБОУ ВО «Вятский

гий университет»

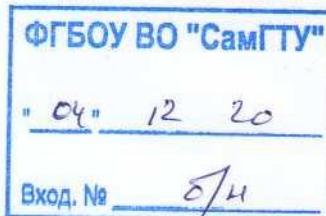
Литвинец С.Г.

12 2020 г.

**Отзыв ведущей организации ФГБОУ ВО «Вятский государственный
университет» на диссертационную работу Певчевой Елены Викторовны на
тему «Повышение эффективности электротехнического комплекса тепличного
комбината», представленную на соискание ученой степени кандидата
технических наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы
и системы**

Общая характеристика работы. Диссертация на тему «Повышение эффективности электротехнического комплекса тепличного комбината» выполнена на кафедре «Электропривод и автоматизация промышленных установок» Ульяновского государственного технического университета. Работа состоит из введения, 4 глав, заключения, списка литературы из 154 источников и приложения. Работа содержит 80 рисунков, 11 таблиц и по формальным признакам соответствует требованиям п.п. 9-11 Положения ВАК РФ о порядке присуждения ученых степеней кандидата технических наук.

Актуальность темы. В настоящее время остро стоит вопрос импортозамещения в промышленности и сельском хозяйстве. Современные технологии выращивания сельскохозяйственных культур в защищенном грунте энергоемки и включают в себя большое количество электротехнических систем. Для



обеспечения качества и объема продукции предъявляются высокие требования к точности регулирования заданных технологических параметров. Необходимо согласовывать систему обогрева с режимами дневных иочных температур, фрамужной вентиляцией, рециркуляцией воздуха, зашториванием, поливом, электрическим ассимиляционным досвечиванием растений, подпиткой СО₂. Техническое оборудование представлено котловыми газовыми агрегатами, электрогенерирующими газопоршневыми установками, теплоаккумулирующими емкостями, исполнительными механизмами, инженерными сетями и другими системами. В себестоимости полученной продукции, выращиваемой в теплицах закрытого грунта, затраты на газ и электроэнергию в зимний период достигают 60 – 70 %. Наблюдается зависимость потребления энергоресурсов от наружной климатической метеоситуации – скорости ветра, температуры окружающего воздуха, солнечной радиации.

Управление технологическими системами имеет высокий уровень автоматизации. Достичь улучшения динамических характеристик электротехнического комплекса тепличного комбината возможно путем совершенствования и введения возможных коррекций системы автоматического управления.

Диссертация Певчевой Елены Викторовны направлена на решение задачи развития технического оснащения и модернизации тепличных производств в рамках импортозамещения, что определяет важность и актуальность темы.

Структура и содержание диссертационной работы.

В введении обоснована актуальность диссертационной работы, определены цель и задачи исследования, показаны научная новизна исследования и практическая значимость полученных результатов.

В первой главе проведен обзор элементов электротехнического комплекса тепличного комбината. Рассмотрена структура теплоснабжения тепличного комбината и системы электропотребления как с точки зрения первичных, так и вторичных энергоресурсов.

Проведенный анализ существующих систем теплоснабжения тепличного комплекса показал, что наибольшая эффективность технических мероприятий по

энергосбережению будет наблюдаться при улучшении динамических характеристик электротехнического комплекса тепличного комбината.

Во второй главе представлен анализ возможных путей улучшения электротехнического комплекса тепличного комбината. Выявлены сезонные графики потребления энергии и структура энергоресурсов. Проведена оценка долевой составляющей потребителей энергоресурсов. Для улучшенного контроля параметров микроклимата предложена система с интегрированным измерением температуры, влажности, газовым составом воздушной среды по всему объему помещения.

Применение предлагаемого интегрального датчика, за счет рационального использования оборудования и энергоресурсов, является одним из возможных способов увеличения энергоэффективности и снижения эксплуатационных затрат электротехнического комплекса.

Предложено компенсировать инерционность нагрева теплицы с помощью форсирования режимов работы электрооборудования. Определено влияние форсирования на динамические характеристики системы и ограничения, накладываемые требованиями устойчивости на цепи и сигналы форсирования.

В третьей главе проведен синтез системы управления электротехнического комплекса, для чего был проведен анализ работы системы с форсированием нагрева и разработана структурная схема системы управления электротехническим комплексом.

Затем проведено моделирование переходных процессов с учетом режима форсирования работы насоса системы отопления и режима форсирования насоса и вентилятора в двух контурах системы управления.

По результатам анализа результатов математического моделирования сделан вывод, что применение регулируемого электропривода в управлении насоса и вентилятора позволяют существенно сократить время переходных процессов в электротехническом комплексе регулирования температуры теплицы, а использование интегрального контроля температуры позволяет исключить неоднозначность в измерениях и получить повышение эффективности электротехнического комплекса.

Сам синтез системы регулирования температуры проведен с учетом переменных параметров теплицы, возникающих из-за разной величины растительной массы периода вегетации растений. В качестве основного применен регулятор, настроенный на технический оптимум и упреждающая коррекция с использованием автоподстройки, которая позволяет создать систему, инвариантную к изменениям параметров теплицы в широких пределах.

Далее автор работы провела исследование влияния случайных сигналов на систему управления, так как в реальных условиях эксплуатации тепличного хозяйства они все время присутствуют из-за непредсказуемого срабатывания дополнительных систем – полива, систем механизации и т.д. Была показана устойчивость системы и в этом случае.

Для практического использования системы управления требуется ее цифровая реализация, для чего получена соответствующая математическая модель с применением $D \rightarrow Z$ преобразований. Далее проведено моделирование динамики этой модели и исходной аналоговой. Показано небольшое динамическое расхождение и методы его устранения.

На основе проведенных исследований были сделаны выводы о том, что необходимо использовать упреждающую коррекцию для снижения чувствительности к изменениям параметров системы, показано преимущество упреждающей коррекции по сравнению со структурой подчиненного регулирования при влиянии случайных сигналов на работу системы.

Построена цифровая реализация системы и дано сравнение с аналоговым вариантом.

Показано преимущество работы схемы с комплексным измерителем параметров, который дает снижение интервала дискретизации.

В четвертой главе проанализированы практические аспекты внедрения результатов исследования. Для этого были проведены опыты на действующем оборудовании комбината АО «Тепличное», в качестве которого применялся автоматизированный комплекс «Priva Connexx».

В частности, эксперименты на действующем оборудовании электротехнического комплекса тепличного комбината показали существенное

влияние на температуру теплицы внешних возмущений (наружной температуры и освещенности), имеющих случайный характер.

Исследованы различные модели электротехнического комплекса, разработанные в диссертации при действии случайных возмущений.

Предлагаемые технические решения (форсирование, комплексный контроль параметров) позволяют снизить влияние случайных возмущений на температуру теплицы.

Отмечается, что на величину среднеквадратичного отклонения влияют динамические показатели возмущений.

По итогам проведенных исследований были получены следующие результаты:

- Использование предложенной методики синтеза системы управления температурой теплицы с форсированием режима позволило повысить быстродействие системы регулирования температуры на 32%.

- Разработано электротехническое устройство, обеспечивающее комплексный контроль параметров микроклимата теплицы, дающее интегральную оценку и повышение быстродействия измерение контролируемых параметров в 10 раз.

- Разработана система автоматического регулирования температуры теплицы с низкой чувствительностью к параметрическим возмущениям, которая обеспечивает сохранение динамических показателей при изменении параметров теплицы на 10%.

- Комплексная апробация и внедрение предложенных решений позволили определить их энергоэффективность и снизить объемы потребления энергоресурсов – газа на 4%, электроэнергии на 2%. В денежном выражении по состоянию тарифов на 2019г. это составляет 268 тыс. руб. на один блок теплиц за год.

- Получен акт внедрения АО «Тепличное» г. Ульяновск.

По результатам диссертационного исследования опубликовано 12 работ, в том числе 5 статей в журналах, рецензируемых и рекомендованных ВАК, 4 научных доклада на конференциях и получен 1 патент на изобретение.

Новизна исследований и полученных результатов.

В диссертационном исследовании предложен ряд новых и оригинальных положений, имеющих существенное прикладное значение при комплексной

автоматизации тепличного комбината с задачей снижения энергопотребления, а именно:

- Разработано устройство комплексного контроля параметров микроклимата тепличного комбината, отличающееся от известных возможностью измерения влажности с меньшей погрешностью и большим быстродействием получения интегрального значения измеряемых параметров температур.
- Разработана система автоматического регулирования температуры теплицы, отличающаяся от известных низкой чувствительностью к параметрическим изменениям за счет применения упреждающей коррекции.
- Разработана цифровая математическая модель электротехнического комплекса тепличного комбината, отличающаяся от известных возможностью учета изменения периода дискретизации датчика контроля микроклимата.

Новизна и конструктивность предлагаемых решений подтверждается проверкой теоретических исследований математическим моделированием и экспериментальными графиками на базе реального объекта, показавшими наличие допустимых отклонений процесса регулирования по всем основным параметрам.

Практическая значимость результатов работы для науки и производства.

Представленные автором выводы, рекомендации и результаты исследования имеют прикладное значение и могут быть использованы для создания автоматизированных систем управления, применяемых при комплексной автоматизации тепличных комбинатов.

Практическая значимость работы состоит в повышении эффективности работы электротехнического комплекса тепличного комбината со снижением энергопотребления газа на 4% и электроэнергии на 2%. Кроме этого, применение комплексного измерения параметров микроклимата дает точную интегральную оценку состояния теплицы и увеличивает эффективность регулирования для улучшения качества продукции и снижения затрат.

Соответствие содержания диссертации заявленной научной специальности.

Оценка содержания диссертационной работы Певчевой Е.В. проведена по паспорту научной специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы, выявившая соответствие по п.п.:

п.1 «Развитие общей теории электротехнических комплексов и систем, изучение системных свойств и связей, физическое, математическое, имитационное и компьютерное моделирование компонентов электротехнических комплексов и систем»;

п.4 «Исследование работоспособности и качества функционирования электротехнических комплексов и систем в различных режимах, при разнообразных внешних воздействиях».

Рекомендации по применению результатов.

Полученные в диссертационном исследовании практические результаты рекомендуются к применению на тепличных комбинатах при их комплексной автоматизации. Предложенная система управления может служить основой для дальнейшего развития и модернизации существующих методов управления микроклиматом тепличных комбинатов.

Замечания.

1. Оборудование «Priva Connexx» выпускается финским концерном «Schetelig Oy». Понятно, что его использование не является импортозамещением. Поэтому для реализации предложенных методик был бы желателен анализ использования возможностей отечественного оборудования и SCADA систем, таких как, например, Trace Mode или других.
2. В работе показано, что система досветки является наибольшим электропотребляющим элементом из-за применения газоразрядных ламп. В настоящее время широко применяются светодиодные фитолампы с низким энергопотреблением, применение которых принесло бы значительный энергетический эффект и для этого можно было бы провести соответствующие расчеты.
3. Из работы не ясно, электропривод насоса предлагается установить в систему как новое решение, или он уже входит в состав «Priva Connexx».
4. Использован акустический датчик, выходной сигнал которого, как считает автор, носит интегральный характер. Возникает вопрос: какие составляющие и как входят в него, оценивался ли вес этих составляющих?

5. Не понятно, за счет чего достигается утверждаемое автором десятикратное повышение быстродействия датчика. Учитывается ли нелинейность датчика?

Заключение.

Отмеченные недостатки не снижают общей положительной оценки основных результатов диссертации, связанных с разработкой и внедрением системы управления с улучшенными динамическими характеристиками электротехнического комплекса тепличного комбината. Представленная диссертация является завершенной научно-квалификационной работой, удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям, а ее автор, Певчева Елена Викторовна, заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 - Электротехнические комплексы и системы.

Диссертационная работа, автореферат диссертации Певчевой Е. В., отзыв ведущей организации рассмотрены и одобрены на расширенном заседании кафедры «Электропривод и автоматизация промышленных установок» ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет». Протокол № 7 от 3 ноября 2020 г.

Зав. кафедрой Электропривода и автоматизации
промышленных установок ВятГУ
к.т.н., доцент



Охапкин С.И.

