

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук, профессора Степанова Сергея Федоровича на диссертационную работу Верзилина Андрея Александровича «Повышение энергоэффективности электрогенераторных установок обоснованием алгоритмов их нагружения многодвигательными асинхронными электроприводами сельхозмашин», представленную к защите на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.20.02 – «Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве».

Актуальность темы исследований

Диссертационная работа Верзилина А.А. посвящена проблеме повышения энергоэффективности электрогенераторных установок при питании многодвигательных электроприводов. В настоящих условиях развития большое внимание уделяется разработкам автономных систем электроснабжения и повышению эффективности их работы. В с/х электрогенераторные установки (ЭГУ) нашли широкое применение для электропитания электроприводов сельхозмашин.

Существующие в настоящее время подходы и методы оценки, определения и выбора мощности ЭГУ, как правило, завышают запас мощности, выбираемой ЭГУ для обеспечения необходимого электрического режима между источником и потребителем, за частую это сопровождается ухудшением показателей энергоэффективности ЭГУ и всей энергопотребляющей системы.

В условиях рыночной экономики, повышение показателей энергоэффективности применяемых для автономного электропитания ЭГУ в с/х и достижение энергосбережения в технологических процессах, является актуальной научно-практической задачей.

Степень обоснованности научных положений и выводов

Исследованиями автономных электрогенераторных установок активно занимаются как в России, так и за рубежом. Однако существует ряд научно-технических проблем в этой области, которые остаются во многом нерешенными.

Научные положения и заключение, сформулированные в диссертационной работе, в достаточной степени обоснованы и достоверны.

Достоверность научных результатов, выдвинутых автором, подтверждены теоретическими и экспериментальными исследованиями с использованием современного математического аппарата, базируются на теории электрических машин, теоретических основах электротехники, теории математической статистики и других прикладных программ.

Корректно использованы известные научные методы обоснования полученных результатов, выводов и рекомендаций. Соискателем изучены и проанализированы научные достижения и теоретические положения других авторов по вопросам эффективности работы электропривода от генератора соизмеримой мощности для достижения поставленной цели исследования.

Достоверность заключения не вызывает сомнений, так как его положения базируются на результатах теоретических и экспериментальных исследований, выполненных с использованием современных методов исследования, системного подхода к решению поставленных задач и применения сертифицированных средств измерения. Обработка результатов экспериментов выполнялась с использованием методов математической статистики. Это все свидетельствует об обоснованности полученных положений, заключения и рекомендаций.

Заключение по диссертации изложено на 2 страницах машинописного текста (стр. 114–115) пятью выводами.

Вывод первый относится к решению первой задачи, достоверен и носит обобщающий характер применения ЭГУ для автономного питания технологических процессов и определении проблемной ситуации при выборе мощности ЭГУ, для обеспечения необходимого электрического режима между источником и потребителем, влияющей на показатели энергоэффективности ЭГУ и всей энергопотребляющей системы.

Вывод второй относится к решению второй задачи, достоверен и обладает научной новизной. определено влияние последовательности запуска асинхронных электродвигателей на допустимое соотношение мощностей в системе «ЭГУ – многодвигательный электропривод». Мощность очередного

запускаемого электродвигателя в этой системе должна составлять не более 45 % от остаточной мощности нагружаемого генератора.

Вывод третий относится к решению третьей задачи, достоверен и обладает научной новизной. Разработан порядок расчета и выбора мощности ЭГУ учитывающий последовательность запуска электродвигателей для системы «ЭГУ – многодвигательный электропривод». Предложено оценивать возможную загрузку ЭГУ при работе на заданную электродвигательную нагрузку с помощью выведенного соискателем коэффициента соизмеримости. Получен диапазон значений предлагаемого коэффициента соизмеримости.

Вывод четвертый достоверен и обладает научной новизной, Результаты экспериментальных исследований подтверждают теоретические исследования влияния порядка запуска асинхронных электродвигателей на требуемую мощность источника питания – ЭГУ. Результаты экспериментов подтверждаются актами внедрения. Установлено, что управление порядком запуска электродвигателей позволяет уменьшить мощность выбираемой ЭГУ и улучшить показатели энергоэффективности системы.

Вывод пятый относится к решению пятой задачи, достоверен, обобщает представленные результаты экономической эффективности от применения предлагаемого порядка расчета и определения требуемой мощности ЭГУ для питания электродвигательной нагрузки. Вывод обладает практической значимостью. Достоверность вывода подтверждается соответствующими актами.

Оценка новизны и значимости

Научную новизну диссертационной работы представляют:

- определенная соискателем зависимость требуемой мощности ЭГУ от очередности запуска и мощности электродвигателей;
- разработанный порядок расчета и выбора ЭГУ для электроснабжения сосредоточенной электродвигательной нагрузки на основе влияния очередности запуска и мощности электродвигателей;

-новый способ оценки возможной загрузки ЭГУ при работе на заданную электродвигательную нагрузку с помощью выведенного коэффициента соизмеримости.

Изложенный в работе материал направлен на повышение энергетической эффективности электрогенераторной установки при питании многодвигательных электроприводов, охватывает взаимосвязь технических, эксплуатационных и технологических параметров, позволил соискателю ученой степени сформулировать определение потребной мощности ЭГУ, в котором учитываются и условия соизмеримости мощностей собственно генератора и отдельных электродвигателей.

Значимость работы оценивается существенным снижением капиталовложений и эксплуатационные затраты при выборе ЭГУ для автономного электроснабжения технологических процессов с электродвигательной нагрузкой, подтверждаемое результатами экспериментальных исследований с достаточной сходимостью с теоретическими исследованиями.

Ценность полученных результатов для науки и практики

Научная ценность - обосновано влияние очередности запуска электродвигателей в технологическом процессе на требуемую мощность ЭГУ, определена область допустимого сочетания мощностей запускаемых электродвигателей и нагрузки на генераторе, при которых ЭГУ обеспечит их успешный запуск; определены значения коэффициента соизмеримости позволяющие оценить эффективность загрузки ЭГУ при работе на заданную электродвигательную нагрузку.

- разработан порядок расчета и выбора мощности ЭГУ для электроснабжения технологических процессов сельхозпредприятий;
- предложен способ определения мощности ЭГУ для электроснабжения многодвигательной сосредоточенной нагрузки с заданным или изменяемым порядком запуска с помощью разработанного порядка расчета и номограммы;

Практическая ценность - разработан порядок расчета и выбора мощности ЭГУ для электроснабжения многодвигательной сосредоточенной нагрузки с заданным или изменяемым порядком запуска, создан новый лабораторный стенд для исследования влияния пусковых режимов электродвигателей с изменяемой очередностью запуска на систему источник питания – электродвигательная нагрузка.

Оценка содержания диссертации

Диссертация оформлена в соответствии с предъявляемыми требованиями, изложена в научном стиле и состоит из введения, пяти глав, заключения, рекомендаций производству, перспективы дальнейшей разработки темы, списка литературы из 108 наименований, из которых 9 на иностранном языке. Материалы работы изложены на 129 страницах машинописного текста, включает в себя 38 рисунков, 23 таблицы и 6 приложений.

Во *введении* (стр. 4–10) раскрыта актуальность, сформулированы, научная новизна и практическая значимость работы, представлены выносимые на защиту научные положения.

В *первой главе* (стр. 11–40) «Состояние вопроса. Цель и задачи исследований» выполнен анализ современного технологического оборудования с многодвигательным электроприводом сезонно используемого в сельском хозяйстве. Приведены основные параметры электропривода машин. Выделено, что большинство передвижных машин комплектуется от 1 до 5 электродвигателями. Проанализированы технические характеристики ЭГУ российского и зарубежного производства. Показано, что важной характеристикой энергоэффективности ЭГУ является удельный расход топлива, имеющий взаимосвязь с загрузкой генератора ЭГУ. Рассмотрены методики выбора мощности ЭГУ, выделены особенности определения соизмеримости мощности источника и многодвигательной нагрузки и ограничение источника по мощности. На основе проведенного анализа поставлена цель и сформулированы задачи исследования.

Во *второй главе* (стр. 41–69) «Теоретическое обоснование мощности ЭГУ для автономного питания многодвигательной сосредоточенной нагрузки» приведена основная часть работы по обоснованию влияния последовательности запуска асинхронных электродвигателей на допустимое соотношение мощностей в системе «ЭГУ – многодвигательный электропривод, обоснованы объект, предмет и границы исследования. Разработана методология определения и выбора мощности автономного источника питания – ЭГУ для электроснабжения с/х оборудования с сосредоточенной электродвигательной нагрузкой. Также выведен коэффициент для оценки взаимосвязи мощности узла электродвигательной нагрузки и выходной длительной мощности ЭГУ, позволяющий оценить эффективность загрузки ЭГУ при работе на заданную электродвигательную нагрузку.

В *третьей главе* (стр. 70–92) «Методика экспериментальных исследований и статистической обработки данных» изложены цели и задачи эксперимента, приведено описание измерительного комплекса для экспериментальных исследований и натурного исследования, описаны методики измерений и обработки экспериментальных данных.

В *четвертой главе* (стр. 93–108) «Результаты экспериментальных исследований» представлены основные результаты экспериментальных исследований влияния очередности запуска электродвигателей на расчетную требуемую мощность ЭГУ с целью подтверждения теоретических положений. Исследования проведены с использованием современного математического аппарата, базируются на теории электрических машин, теоретических основах электротехники, теории математической статистики и других прикладных программ.

В *пятой главе* (стр. 109–115) «Технико-экономическое обоснование предложенных мероприятий по выбору мощности автономного источника электропитания» приводится технико-экономическая оценка применения разработанной методики определения требуемой мощности ЭГУ для питания

электродвигательной нагрузки на примере зерноочистительной машины ОВС-25. Рассчитаны разовые капиталовложения и годовой экономический эффект.

В приложении изложены промежуточные и смежные результаты исследований.

Автореферат отражает суть основных результатов, изложенных в диссертации.

Замечания по диссертации

1. В условия определения требуемой мощности ЭГУ для неравенств (2.5); (2.6) и в работе в целом, автор не принимает во внимание расстояние, потери, между ЭГУ и узлом электродвигательной нагрузкой.

2. В полученной автором номограмме для определения мощности ЭГУ рисунок 2.4 на странице 49 следовало бы добавить шкалу со стандартным шагом мощностей электродвигателей, это позволило бы более четко и полно раскрыть работу с номограммой.

3. В введенном автором параметром приведенного средневзвешенного коэффициента загрузки не представлено какое значения для исследования принимается в диссертации и не упоминается диапазон его возможных значений.

4. В п. 2.5 на странице 63 какой был смысл представлять результаты для шести комбинаций, если все результаты расчетов сведены в приложении, а дальнейший расчет ведется только для двух комбинаций.

5. В диссертации особое внимание уделено вопросу влияние переходных процессов при пуске асинхронных электродвигателей от источника соизмеримой мощности, проводится проверка по условиям устойчивости. При этом в порядок расчета требуемой мощности ЭГУ проверка не включена, следовало бы добавить дополнительный пункт проверки на возможность запуска электродвигателя от ЭГУ

6. В подрисуночной надписи к рисунку 3.1 на странице 74 не верно описано обозначение элемента источника питания, указанного на рисунке.

7. В 4 главе автор определяет расход топлива через полученный коэффициент загрузки ЭГУ по измеренной потребляемой мощности, для получения более адекватной оценки, следовало бы провести непосредственно измерение расхода топлива.

8. На рисунках 4.5 странице 100; 4.6 странице 101; 5.1 странице 111 не верно обозначен параметр загрузки ЭГУ, отсутствует индекс который принят в тексте диссертации.

Качество оформления диссертации

Работа в целом написана литературным языком, технически грамотно, содержит достаточное количество иллюстрационного материала и таблиц. Материал работы обобщен и имеет внутреннюю логическую связь глав и представляется законченным.

В целом, диссертационная работа соответствует требованиям ВАК РФ.

Основные положения диссертации изложены в автореферате и в 8 научных трудах, в том числе 3 публикациях в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ, 1 – в международной базе данных Web of Science,

Общая оценка и заключение по диссертации

Диссертация представляет собой законченную научно-исследовательскую работу, содержащую решение актуальной народнохозяйственной задачи: повышение энергетической эффективности применения электрогенераторных установок при питании многодвигательных электроприводов обоснованием соотношения запаса мощности ЭГУ с очередностью запуска электродвигателей, которая соответствует специальности **05.20.02 – «Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве»**.

Диссертация имеет внутреннее единство, написана с использованием правильных технических терминов. Рисунки выполнены с соблюдением стандартов.

Апробация результатов. Основные положения и результаты работы прошли публичное обсуждение на всероссийских и международных конференциях в период с 2016 по 2020 г.

Анализ публикаций автора позволяет утверждать, что содержание диссертации отражено в них с требуемой Положением ВАК полнотой.

Автореферат с достаточной полнотой отражает содержание диссертации.

По диссертации можно сделать вывод, что работа Верзилина Андрея Александровича представляет собой самостоятельное законченное научное исследование. Отмеченные выше замечания не ставят под сомнение основные положения работы, новизну и значимость её результатов и выводов.

Диссертация соответствует научной специальности **05.20.02 – «Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве»**, соответствует критериям п. 9, 10, 11, 13, 14, которым должны отвечать диссертации на соискание учёных степеней в соответствии с положением «О порядке присуждения учёных степеней», а ее автор, Верзилин Андрей Александрович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Степанов Сергей Федорович

доктор технических наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы, профессор кафедры «Электроэнергетика и электротехника» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

410054, г. Саратов, ул. Политехническая, 77, СГТУ имени Гагарина Ю.А.

Телефон: (8452) 99-87-79

E-mail: tishenkonv@sstu.ru

https://www.sstu.ru/teachers/2330-stepanov_sergey_fedorovich.html

Официальный оппонент,

доктор технических наук, профессор
кафедры «Электроэнергетика и электротехника»
СГТУ имени Гагарина Ю.А.



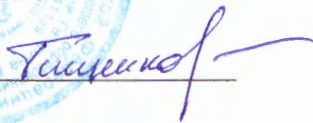
Степанов С.Ф.

Подпись д.т.н. Степанова Сергея Федоровича
заверяю

Ученый секретарь Ученого совета

СГТУ имени Гагарина Ю.А.;

доктор культурологии, доцент,



Тищенко Наталья Викторовна

«08» сентября 2021 г.