

*Белов В. В., доктор технических наук, профессор, эксперт-техник, профессор
кафедры «Механизация, электрификация и автоматизация сельского
хозяйства»*

*Чувашская государственная сельскохозяйственная академия,
Россия, Чебоксары,*

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ВЕЛИЧИНЫ НАПРЯЖЕНИЯ ПИТАНИЯ НА СРОК СЛУЖБЫ ЭЛЕКТРОПРИЕМНИКОВ

Аннотация: В статье приведены результаты теоретических исследований влияния увеличения напряжения с 220 В до 230 В на разные электроприемники. Автор на основе проведенных исследований указывает, что увеличение напряжения в цепи электроснабжения приводит к ряду негативных последствий. Как выяснилось, переход на новый стандарт отрицательно сказывается, не только на срок службы светотехнических приборов, но и оказывает бесспорное влияние на электробезопасность. Рассмотрены примеры с бытовой сетью, где указывается, что отклонение напряжения, а именно повышение напряжения на 10% сокращает срок службы обычных лампочек накаливания, срок эксплуатации электрических приводов при увеличении напряжения увеличивается крутящий момент соответственно нагрузка на элементы привода, приводящее в свою очередь к уменьшению срока службы оборудования. Автор указывает, что переход на напряжение в питающей сети 230 В взамен 220 В требует незамедлительной полноценной оценки сложившейся ситуации, а именно составить очередность совершенствования имеющейся защитной аппаратуры и ее замену для эксплуатации при напряжении 230 В.

Ключевые слова: напряжение, крутящий момент, светильники, срок

службы, электрооборудование, моделирование.

Annotation: The article presents the results of theoretical studies of the effect of increasing the voltage from 220 V to 230 V on different electrical receivers. The author on the basis of the research indicates that the increase in voltage in the power supply chain leads to a number of negative consequences. As it turned out, the transition to the new standard has a negative impact not only on the life of lighting devices, but also has an undeniable impact on electrical safety. Examples of domestic network, which indicates that the variation of the voltage, namely a voltage increase of 10% reduces the service life of conventional incandescent bulbs, the lifetime of electric drives by increasing the voltage increases the torque accordingly, the load on the drive elements, leading in turn to a reduction of the service life of the equipment. The author points out that the transition to a voltage of 230 V instead of 220 V requires an immediate full assessment of the situation, namely to make the order of improvement of the existing protective equipment and its replacement for operation at a voltage of 230 V.

Keywords: voltage, torque, lamps, service life, electrical equipment, modeling.

Введение. Развитие страны немислимо без агропромышленного комплекса РФ. Основное и приоритетное направление развития России – сельскохозяйственная отрасль, на которую сегодня руководство страны стало обращать пристальное внимание. Агропромышленный комплекс (АПК) для экономики страны исключительно важен с точки зрения обеспечения продовольственной безопасности [6; 9; 10]. В связи с изменениями во внешнеполитическом аспекте и различными ограничениями на ввоз сельскохозяйственной продукции в Россию правительством запущена программа импортозамещения. Так, в рамках импортозамещения, производство некоторых видов сельхозпродукции в РФ стабильно растет [13; 17].

В России во всех отраслях высокими темпами повышается применение электроэнергии. Современное развитие любой отрасли производства

немыслимо без электроэнергетики [12; 14; 22]. Особенно сельскохозяйственное производство в высокой степени зависимо от электроснабжения и срока службы электрооборудования. Допустим, что произошел выход из строя электропривода или отключение электроснабжения доильных установок. В этом случае нарушение технологического цикла периодичности доения коров приведет к заболеванию коров маститом и к невосполнимым потерям [1; 4; 7; 15].

Другой пример, отключение или выход из строя электрооборудования по управлению микроклиматом в птицеводстве, а именно в инкубаторе приведет к гибели выводок будущей молодняк, который погибнет если время восстановления, устранения неполадок или отключения электроснабжения превысит допустимые пределы.

Рассматривая такие ситуационные задачи смело можно полагать, что сельскохозяйственное производство сегодня немыслимо без надежного электрооборудования и электроснабжения [1; 8; 20].

Также отметим, что имеющаяся автоматическая система электроснабжения рассчитана и спроектирована для случая электроснабжения на 220 В. Снижение или увеличение напряжения, например, для ламп накаливания более 10% приводит к снижению срока службы почти на 30% особенно при превышении напряжения. Указанные факты подтверждают особую актуальность рассматриваемой проблемы, а тема является остро актуальной.

Объект и методика исследований. Исследованию подвергались нормативные документы и их соответствие реальным обстоятельствам эксплуатационных условий. Также проводились исследования по классическим методам путем моделирования последствия изменения напряжения в сети в соответствии с нормами качества. Обработка результатов исследования и их анализ проводились известными классическими методами [5; 7; 16].

Результаты исследования и их обсуждение. В соответствии с ГОСТ 32144-2013 (Электрическая энергия. Совместимость технических средств

электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения) напряжение в электросети должно соответствовать номинальным отклонениям. Допустимым диапазоном изменением напряжения считается в $\pm 5\%$ и максимально должны отмечаться в кратковременных промежутках не более $\pm 10\%$ [11; 19].

Из электротехники известно, что максимальный момент асинхронного двигателя пропорционален квадрату напряжения сети.

Соответственно можно смело утверждать, что электромагнитный момент сильно зависит от подведенного напряжения ($M \sim U_1^2$). При снижении напряжения на 10%, электромагнитный момент снизится на 19% ($M \sim (0,9U_1)^2 = 0,81U_1^2$). Это является одним из существенных недостатков асинхронных двигателей, так как в реальных производственных условиях приводит к снижению производительности труда и увеличению брака, а также снижению срока службы электрооборудования [3; 21; 23].

Очевидно, что частный отказ, выход из строя насосов артезианских скважин, как показывает практика эксплуатации глубинных насосов, особенно водонапорных башен в сельскохозяйственном производстве вызвано именно перепадом (снижением) напряжения в сети электропитания насоса.

Вторым негативным фактором при снижении напряжения в сети частота вращения ротора (вала электродвигателя) снижается (скольжение увеличивается).

Для электропривода (электромотора) снижение напряжения в виду недостаточности крутящего момента, приводит к перегреву обмоток соответственно к снижению срока службы.

Переход на 230 В и увеличение напряжения на 4,54% ($100\% (230 - 220) / 220 = 4,54\%$) простым принятием постановления и нормативных документов не решает задачи надежности электрооборудования и обеспечения бесперебойности электроснабжения.

Напряжение в сети исторически менялось от минимальных значений до высоких. На текущее время в соответствии с ГОСТ 29322-2014 «Напряжения

стандартные» в сети бытового назначения рекомендовано 230 В, но к сожалению, в обиходе и на приборах, производимых даже в 2019 году, как в инструкциях, так и на самих электротехнических приборах указывают 220 В.

Следовательно, производители различных электротехнических приемников не учитывают нормативные положения об изменении напряжения в сети электропитания. Такой подход к производству и эксплуатации электроприемников является отражением безответственности производителей, несоблюдения требований нормативных документов, а также подтверждает бездействие контролирующих органов.

Анализ нормативных материалов по электроснабжению показывает, что напряжение в сети в разных странах по мере развития менялось.

В разных странах мира приняты различные стандарты сетевого напряжения [18]:

- ✓ - 100 В в Японии,
- ✓ - 110 В в Ямайке, Гаити, Гондурасе, Кубе,
- ✓ - 115 В в Барбадосе, Сальвадоре, Тринидаде,
- ✓ - 120 В в США, Канаде, Венесуэле, Эквадоре,
- ✓ - 127 В в Бонайре, Мексике,
- ✓ - 220 В во многих странах Азии и Африки,
- ✓ - 230 В во многих странах Европы и части стран Азии,
- ✓ - 240 В в Афганистане, Гайане, Гибралтаре, Катаре, Кении, Кувейте, Ливане, Нигерии, Фиджи.

Каким должен быть напряжение в нашей электросети – на этот вопрос большинство ответит "220 В". Введённый в 2015 году ГОСТ 29322-2014 устанавливает на территории Российской Федерации величину в стандартное бытовое напряжение не 220 В, а 230 В [11]. Кроме указанного следует отметить, что по ГОСТ 29322-1992 также было рекомендовано применение 230 В. Из всего этого вытекает следующие, увеличение напряжения на 10 В (более 4,5%) приводит к негативным последствиям и уменьшению срока службы всего электрооборудования.

Таким образом при фазном напряжении – 220 В, как показывают расчеты [5] теоретическое отклонения допускается не ниже 198 В и не выше 242 В, а при фазном напряжении – 230 В, теоретическое отклонения допускается не ниже 207 В и не выше 253 В. Номинальным напряжением у источников и приёмников электроэнергии называется такое напряжение, на которое они рассчитаны в условиях нормальной работы.

Анализируя и сравнивая полученные путем моделирования [2; 3; 16] данные показывают, что при напряжении в сети 230 В взамен 220 В, максимально допустимое напряжение также увеличивается до 253 В, взамен 242 В при напряжении 220 В. В таком случае имеющиеся электроприемники будут выходить из строя намного раньше, и производители понесут невосполнимые потери из-за снижения срока службы электроприемников и преждевременного отказа электрооборудования. Также следует обратить внимание, что существующие и находящиеся в эксплуатации автоматические устройства защиты также рассчитаны и спроектированы на напряжение 220 В, которые вследствие увеличения номинального напряжения в сети будут чаще срабатывать, что также приведет к потерям в производственных условиях.

Все приемники электрической энергии конструируются для работы при определенном номинальном напряжении, в том числе и светотехнические приборы. Так большое влияние на работу ламп накаливания оказывает напряжение. Например, снижению напряжения на 5% соответствует уменьшение светового потока на 18%, а понижение напряжения на 10% вызывает снижение светового потока лампы более чем на 30% [11].

Снижение светового потока ламп приводит к уменьшению освещенности рабочего места, в результате чего уменьшается производительность труда, и ухудшаются качественные показатели. Плохое освещение рабочих мест, проходов, улиц и т. д. увеличивает количество несчастных случаев с людьми. Понижение напряжения ухудшает к. п. д. ламп накаливания. Снижение напряжения на 10% уменьшает световую отдачу лампы (лм/м/вт) на 20%. Все это связано с понижением напряжения питания, а что же с повышением

напряжения питания от 220 В до 230 В.

Повышение напряжения сети приводит к увеличению КПД ламп. Но повышение напряжения влечет за собой резкое уменьшение срока службы ламп. При повышении напряжения на 5% срок службы ламп накаливания уменьшается вдвое, а при повышении на 10% - более чем на 30%, это связано с перегревом нити накала, так как они не рассчитаны на повышенное номинальное напряжение 230 В, а изменение с 220 до 230 В, т.е. более чем на 4,54% уже обрекает на снижение срока службы светотехнических приборов.

Люминесцентные лампы менее чувствительны к отклонениям напряжения сети. Отклонения напряжения на 1 % в среднем вызывают изменение светового потока лампы на 1,25%.

Светодиодные источники света также подвержены изменению напряжения, так полупроводниковые элементы нагреваются при изменении напряжения питания.

Путем моделирования проведено исследование влияния изменения напряжения питания [2; 3; 5; 16]. Расчет (по мощности) потери напряжение в кабеле проведен при разной длине линии электроснабжения для напряжения 220 и 230 В. В ходе моделирования приняты: материал кабеля – медь, сечения кабеля - 2,5 мм², мощность нагрузки – 3 кВт, температура кабеля - 35 °С, коэффициент мощности ($\cos\phi$) – 0,92.

Результаты моделирования подтвердили предположения и показывают, что переход на напряжение 230 В взамен 220 В для некоторых случаев благоприятно сказывается на оборудовании, а в основном оказывает отрицательное воздействие.

Выводы.

Увеличение напряжения от 220 В до 230 В уменьшает потери напряжения в кабеле, что повышает качество электроснабжения потребителей.

Изменение величины питающего напряжения электроприемников оказывает значительное влияние на экологические показатели, при увеличении напряжения выше номинального происходит резкое (до 30 %) увеличение

вредных выбросов для ламп накаливания, особенно люминесцентных ламп.

Чтобы понять всю серьезность проблемы, рассмотрены следующие примеры:

- бытовой сети, отклонение напряжения сокращает срок службы лампочек, при повышении нагрузки на 10% срок эксплуатации обычных лампочек накаливания сокращается более 30%,
- увеличение напряжения увеличивает крутящий момент электрических приводов, соответственно и нагрузку на элементы привода разных устройств, что приводит в свою очередь к уменьшению срока службы оборудования.

Актуальность проблемы первостепенная, так как в сельскохозяйственном производстве в сети электроснабжения на подстанциях все оборудование в основном были установлены в советское время и сети рассчитаны на 220 В. Следовательно, простое увеличение в приказном порядке напряжения сети на 230 В (на 4,54%) без учета других элементов системы электроснабжения, системы защиты и т.д., сокращает срок эксплуатации электрооборудования, приводит к невосполнимым потерям. Переход на напряжение в питающей сети 230 В взамен 220 В требует незамедлительной полноценной оценки – мониторинга сложившейся ситуации, а именно составления очередности совершенствования, модернизации имеющейся защитной аппаратуры, ее замены для эксплуатации при напряжении 230 В, с учетом категории электроприемников, которые требуют срочной замены.

Библиографический список:

1. Анализ причин выхода из строя трансформаторов 110 кВ и методы их диагностирования / Белов В.В. [и др.] // Вестник Казанского государственного аграрного университета.. №2(49), 2018. – С. 124-127.
2. Белов В.В. Математические модели как основа экспериментальных исследований и прогнозирования характеристик объектов исследований / В.В. Белов // Известия Международной академии аграрного образования. Вып. №13,

(2012), том 1. – СПб., 2012. – С. 26 – 28.

3. Белов В.В. Теоретические основы синтеза и конструирования пружинных механизмов: монография. – Чебоксары, Чув ГУ, 2018. – 372 с.

4. Влияние параметров источника излучения на биообъект / Белов В.В. [и др.] // Известия Международной академии аграрного образования. 2016. № 30(2016). - С. 122-126.

5. Исследование влияния изменения напряжения с 220 В до 230 В в бытовой сети электроснабжения / Белов В.В. [и др.] // Молодежь и инновации. Матер. XV Всеросс. науч-практ. конф. молодых ученых, аспирантов и студ. Г. Чебоксары, 14-15 марта 2019 – Чебоксары. 2019. – С. 292-296.

6. Исследование комбинированного облучательного прибора с лампой типа ЛБ-36 и модулем красных светодиодов / Белов В.В. [и др.] Известия Международной академии аграрного образования. – СПб., 2018. Вып. № 43. - С. 5-9.

7. Использование электромагнитной ударной машины для погружения в грунт металлических стержневых элементов / Белов В.В. [и др.] // Известия Международной академии аграрного образования. – СПб., 2019. Вып. № 44. - С. 11- 17.

8. Оценка состояния силовых трансформаторов 110 кВ на основе их диагностирования по данным длительной эксплуатации / Белов В.В. [и др.] // Известия Международной академии аграрного образования. – СПб., 2018. № 39. - С. 31-37.

9. Периодичность озонирования при хранении овощей и корнеклубнеплодов / Белов В.В. [и др.] // Научно-практический электронный журнал Аллея Науки, №7(23), (том 2). 2018. – С. 408-416.

10. Повышение экологичности и эффективности сушки растительного сырья электронагревателем / Белов В.В. [и др.] // Известия Международной академии аграрного образования. – СПб., 2018. № 38. - С. 14-19.

11. Правила устройства электроустановок. Все действующие разделы ПУЭ-6 и ПУЭ-7–Издательство «НОРМАТИКА». 2015 – 464 с.

12. Применение светильников, ламп и облучателей в АПК / Белов В.В. [и др.] // Известия Международной академии аграрного образования. – СПб., 2018. № 39. - С. 14-18.
13. Проблемы сохранения качества урожая хмеля / Белов В.В. [и др.] // Научно-практический электронный журнал Аллея Науки, №7(23). (том 3), 2018. – С. 854-859.
14. Расчет необходимой дозы УФ-А излучения при облучении биообъектов / Белов В.В. [и др.] // Известия Международной академии аграрного образования. – 2013. – Вып. №18. – С. 5 – 7.
15. Расчетное представление фотосинтеза / Белов В.В. [и др.] // Известия Международной академии аграрного образования. 2014. № 20. - С. 7-10.
16. Современные информационные технологии в обучении будущих бакалавров / Бел Белов В.В. [и др.] // Образование и педагогические науки в XXI веке: актуальные вопросы, достижения и инновации: монография. – Пенза: МЦНС: «Наука и Просвещение», 2017. – С. 179-189.
17. Состояние и проблемы хранения убранных урожая / Белов В.В. [и др.] // Известия Международной академии аграрного образования. – СПб., 2017. № 33(2017). - С. 5-10.
18. Стандарты напряжений и частот в разных странах [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/> – (Дата обращения: 18.05.2019).
19. Стандарты напряжения в России [Электронный ресурс]. – <https://www.shtyl.ru/support/articles/standarty-napryazheniya-v-Rossii> свободный – (дата обращения: 13.02.2019).
20. Экологическая безопасность, эксплуатационная надежность установок с разрядными лампами в сельскохозяйственном производстве / Белов В.В. [и др.] // Вестник Чувашской ГСХА. Научный журнал. №2(5) 2018. – С. 71-76.
21. Эксплуатационная надежность, безопасность и экологичность

установок с разрядными лампами в сельскохозяйственном производстве / Белов В.В. [и др.] // Известия Международной академии аграрного образования. – СПб., 2018. № 38. - С. 5-8

22. Электротехнологии и электрооборудование, обеспечивающие оптимальный состав фотосинтетически активной радиации для растений защищенного грунта / Кондратьева Н.П. [и др.] // Матер. Междунар. круглого стола «Проблема продовольственной и экологической безопасности в современных условиях», сост. 30.10.2015-01.11.2015 г. в г. Кишиневе (Р. Молдова) С-Петербург. Известия Международной академии аграрного образования. Вып. №25 (2015). Т.1. – СПб. 111 – 114.

23. D. Lukina, V. Belov, O. Lukina, A. Volkov, A. Mayorov *, I. Smirnova Increasing the Efficiency of the Operation of the Facilities for the Thermal Processing of Raw Materials by Exposure to Electromagnetic Radiation // Key Engineering Materials, Vol. 781, pp. 185-189, 2018.