

Мамырбаев К.А., Амангелдиев М.Т., Касмакунов Ы.Т.

**0,38 кВт ЭЛЕКТР ТҮЙҮНҮНДӨГҮ ЭЛЕКТР ЭНЕРГИЯСЫНЫН
САПАТЫН БААЛОО ЖАНА АНАЛИЗДӨӨ**

Мамырбаев К.А., Амангелдиев М.Т., Касмакунов Ы.Т.

**ОЦЕНКА И АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ
ЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ 0,38 кВТ**

К.А. Mamyrbayev, M.T. Amangeldiev, Y.T. Kasmakunov

**ASSESSMENT AND ANALYSIS OF INDICATORS OF QUALITY
OF ELECTRIC ENERGY IN ELECTRIC NETWORKS 0.38 kVt**

УДК: 621.039.512.44

Макалада борбордошкон электр тармактарынын жана автономдук системадагы электр энергиясынын сапаттарынын көрсөткүчтөрүн анализдөө каралган. Автономдук жана борбордошкон электр менен жабдуу түйүнүнүн айырмасы изилденген. Айыл аймагындагы жана тоолуу аймактардагы калкты электр энергиясы менен камсыздоо көйгөйлөрүн, өзгөчөлүктөрүн анализдөөгө көңүл бурулган. Мындан сырткары тоолуу аймактарга электр энергиясын жеткизүүдөгү өздүк нарк баасы жогорулашы себептери камтылган. Кыргыз Республикасында кайра калыбына келүүчү электр энергиясынын булактарынын өнүгүшүнүн себептери айтылат. Кайра калыбына келүүчү электр энергиясынын булактарын колдонуунун пайдалуу жактары жана тоолуу аймактардагы калкты электр менен камсыздоодо чоң ролу бар. Электр энергиясынын сапатын жогорулатуунун ыкмаларын салыштыруу жана автономдук электр камсыздоодогу электр энергиясынын сапатынын көрсөткүчтөрүнүн нормативдерин, аныктоо ыкмасын изилдөө каралган. Математикалык моделдөөнүн перспективдүү ыкмасы көрсөтүлгөн. Электр энергиясынын сапатын аныктоодо математикалык моделдөө бирден бир керектүү инструмент болуп саналат.

Негизги сөздөр: бурмалоо коэффициенти, кубаттуулугу, сапаты, электр энергиясы, бөлүштүрүүчү түйүндөр, гармоникалык түзүлүштөр, өлчөө, талдоо.

В статье рассматриваются вопросы анализа и оценки показателей качества электрической энергии в автономных и распределительных сетях 0,38 кВт. Проведен подробный анализ проблемы, перспективы и особенности электрических сетей для населения сельской и горной местности, а также основных тенденций развития потребления электрической энергии и использования существующих источников энергии в Кыргызской Республике. Приведено обоснование целесообразности использования нетрадиционных возобновляемых источников энергии. При решении постав-

ленных задач использовались методы математического моделирования элементов автономных систем электроснабжения для анализа качества электрической энергии, базирующиеся на основных законах электротехники, теория электрических машин и электрических цепей, а также положения основ электроснабжения. Проведено сравнение методов улучшения качества электрической энергии и выполнен анализ методик определения, нормирования и исследования качества электрической энергии в автономных системах электроснабжения. Показано, что наиболее перспективным является метод математического моделирования.

Ключевые слова: коэффициент искажения, мощность, качество, электрическая энергия, распределительные сети, гармонические составляющие, измерение, анализ.

The article deals with the issues of analysis and evaluation of quality indicators of electric energy in autonomous and distribution networks of 0.38 kVt. The analysis of the problem, prospects and features of electric networks for the population of rural areas, as well as the main trends in the development of electric energy consumption existing energy sources in the Kyrgyz Republic. The rationale for the use of non-conventional renewable energy sources is given. A comparison was made of methods for improving the quality of electrical energy and an analysis of methods for determining, rationing and investigating the quality of electrical energy in autonomous power supply systems was carried out. It is shown that the most promising is the method of mathematical modeling.

Key words: distortion factor, power, quality, electrical energy, distribution networks, harmonic components, measurement, analysis.

В Кыргызской Республике существующая система электроснабжения является высоко централизованной. Крупными производителями электрической энергии являются гидроэлектростанции, расположены в основном юге страны.

Выработанные гидроэлектростанциями электрическая энергия посредством высоковольтных электрических сетей поступают в распределительные сети. 87% населения и других потребителей страны получают электрическую энергию через распределительные сети централизованно в порядке.

В связи с тем, что территорию Кыргызской Республики в большей части занимают высокогорные регионы, более 13% населения не обеспечены электрической энергией. После обретения суверенитета в Кыргызстане произошли существенные изменения в электроэнергетике, в системе электроснабжения, в особенности в бытовом секторе. Насущными остаются вопросы электроснабжения потребителей горных районов. Сельскохозяйственные потребители электрической энергии наряду с надежностью электроснабжения должны быть обеспечены качественной электрической энергией, при этом необходимо учитывать влияние сельскохозяйственного производства на показатели качества электрической энергии, получаемой потребителем. Качества электрической энергии (ПКЭ) характеризуют следующие основные показатели: медленное изменение напряжения и частоты, размах (быстрое) изменения колебания напряжения и частоты, а также коэффициенты искажения тока, мощности (поверфактор) и напряжения, коэффициент несимметрии по нулевой и обратной последовательности тока и напряжений.

Определяющим показателем качества электрической энергии у сельскохозяйственных конечных потребителей, является медленное изменение напряжения, коэффициент искажения мощности (поверфактор) и потребители подключены к единой энергетической системы. Пределы нормально допустимых и предельно допустимых изменений напряжения от номинального значения на вводах электроприемников электрической энергии от номинального напряжения электрической сети определены ГОСТом 32144-2013 [4]. При проектировании сети электроснабжения обязательно учитываются установившиеся медленные изменения напряжения в сети, как один из основных показателей в наибольшей степени, влияющей на работу приемников электрической энергии.

Рассмотрим, взаимосвязь свойств электрической энергии потребителей и наиболее вероятные основные причины ухудшения качества электрической энергии в сетях 0,38 кВ. Основные причины ухудшения показателей каче-

ства электрической энергии как правило разделяются на 3 группы:

- 1) влияние источника электрической энергии на показатели качества электрической энергии;
- 2) влияние резонансной нагрузки;
- 3) аварийные режимы сельскохозяйственных потребителей.

На основе анализа причин ухудшения показателей качества электрической энергии, проведенный в исследовании, выявлены, что на показатели качества электрической энергии оказывают влияние работа всех элементов автономных систем электроснабжения (АСЭС) и нагрузки. Исследование и анализ всех показателей качества электрической энергии в автономных и централизованных сетях, таких как медленная установившееся, а также быстрые переходные отклонения мощности и напряжения, амплитудная модуляция мощности и напряжения, медленная установившееся и быстрые переходные отклонения номинальной частоты, коэффициент несимметрии мощности и напряжений (по фазам) по нулевой и обратной последовательности, проводится на основе математического моделирования установившихся, переходных, симметричных и несимметричных режимов [3].

Следует отметить, что принципиальное соответствие между исследуемым объектом и моделью, необходимо пределах исследуемых свойствах электрической энергии. Математические модели, при исследовании, заменяют роль реальных объектов и является адекватной оригиналу. Согласно [1,2], для адекватного отражения процессов математическая модель должна содержать следующие элементы: первичный двигатель электрической с автоматическим регулятором частоты (АЧР) вращения, автоматический электронный регулятор возбуждения на базе ASX420, бесконтактный синхронный гидрогенератор, активная и индуктивная электрическая нагрузка.

Асинхронный двигатель с мощностью 25 кВт, КПД 0,68% в качестве нагрузки позволяет исследовать все показатели качества электрической энергии согласно ГОСТу 32144-2013 [4]. Управление активно-индуктивной нагрузкой выполняется следующим образом, те, режимы, которые происходят у потребителей: наброс и сброс нагрузки, симметричный, несимметричный, с изменением параметров потребляемой электрической нагрузки по различным законам. Использование асинхронного двигателя в каче-

стве ударной нагрузки связано с тем, что, работа асинхронного двигателя проводится в различных режимах: пуск, реверс, изменение нагрузки, выбег и другие, оказывают существенное влияние на качество электрической энергии в автономной системе.

Разрабатываемая модель АСЭС предназначена для исследования показателей качества электрической энергии с заданными параметрами, используемой для питания централизованной электрических сетей 0,38кВ. Модель АСЭС предусматривает питание сельскохозяйственного потребителя от трехфазной линия электропередачи напряжением 0,38 кВ с номинальной частотой 50 Гц.

Режим выработки постоянной активной мощности гидрогенератором при условии постоянства крутящего момента на валу гидрогенератора является наиболее точным характерным режимом функционирования АСЭС.

Поддержание номинального или близкого к номинальному режиму работы АСЭС достигается

за счет соблюдения баланса мощностей. Активная номинальная мощность, подводимая гидротурбиной к гидрогенератору, должна строго соответствовать суммарной мощности, нагрузки потребителя и оборудования станции, и рассеиваемой балластной нагрузки [6, 7, 8].

Реализация предлагаемой модели АСЭС достигается объединением моделей подсистемы объекта элементов АСЭС, контуров уравнения, элементов с заданными параметрами и их связей, реализованных в среде Simulink с использованием блоков из стандартных библиотек Block Library и Sim Power Systems, ориентированной на имитационно-динамическое моделирование электротехнических устройств.

Описание имитационного моделирования элементов и подсистем АСЭС, учитывающего особенности физических процессов объекта, и их математических вопросов рассмотрены и приведены выше. Разработанная обобщенная модель АСЭС приведена на рисунке 1.

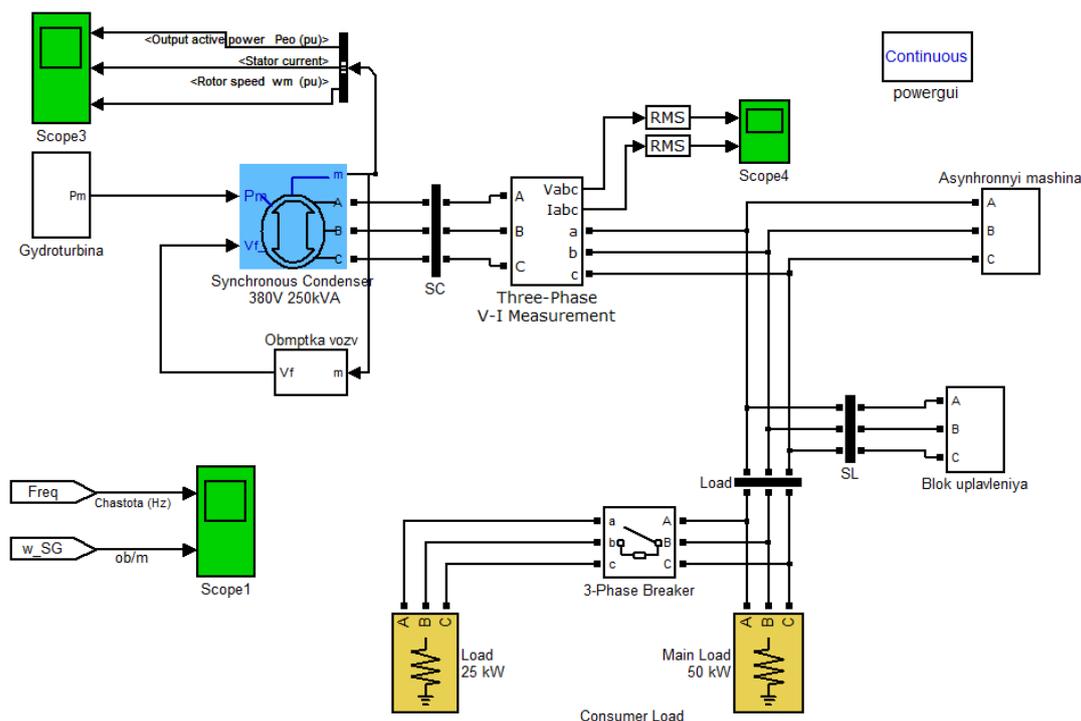


Рис. 1. Схема моделирования обобщенной модели АСЭС системы в среде Matlab.

Теоретические исследования проводились с использованием разработанных компьютерных моделей, а экспериментальные - проведены на лабораторном стенде. В качестве нагрузки для оценки переходные (резко-переменные) отклонения напряжения и времени восстановления

амплитуды напряжения и мощности использована номинальная ступенчатая активно-индуктивная электрическая нагрузка и АД мощностью 40 кВт. Полученные результаты исследования внесены в таблицу 1

Расчетные и опытные данные процессов изменения электрической нагрузки

Параметры показателей КЭ	Режимы работы							
	Загрузка нагрузки		Разгрузка нагрузки		Пуск асинхронного двигателя под нагрузкой			
	Опыт	Расчет	Опыт	Расчет	Опыт	Расчет	Опыт	Расчет
$U_{пер}, В$	495,9	489,1	627	632	499	479,7	589	607,9
$U_{пер}, 100\%$	87,8	86,7	111	113,7	89,8	85,1	105	107,5
$t_a, сек$	1,64	1,5	1,5	1,59	1,5	1,58	-	-
$\delta U_{пер}, \%$	-12,2	-13,3	+11	+ 13,7	-10,2	-14,9	+5	+7,5

С помощью анализатора качества электрической энергии марки Metrel 2891 получена форма амплитуды фазного и линейного напряжения и мощности на зажимах гидрогенератора в различных режимах работы в течении суток. Проведены расчеты с помощью компьютерной программы Matlab R2011b. Для наглядности графического сравнения результатов, на расчетные кривые наложены полученные осциллограмм. Измерителем нелинейных искажений напряжения проведены измерения коэффициента искажения синусоидальной амплитуды напряжения. Результаты расчетов и экспериментов представлены на рисунках 2-5 и в таблице 2.

Таблица 2

Расчетные и опытные данные коэффициента искажения синусоидальной кривой напряжения

№ п/п	$K_U, \%$ линейное		$K_U, \%$ фазное		$U_{л}, В$	$I, А$
	опыт	расчет	опыт	расчет		
	1	2.72	3.21	5.6		
2	2.95	3.48	7.6	6.93	400	230
3	2.85	3.36	7.8	7.15	400	300

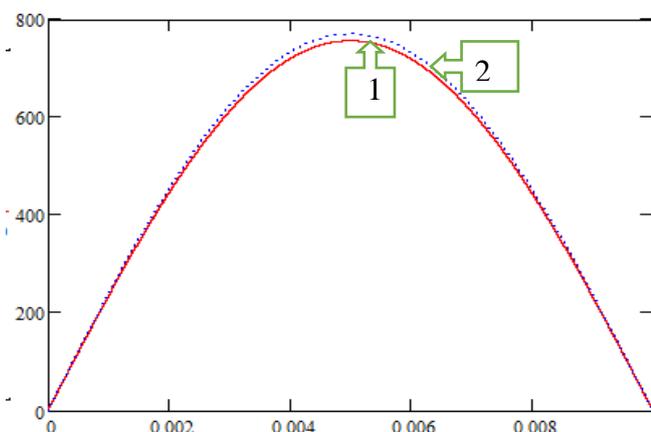


Рис. 2. Амплитуда линейного напряжения в режиме нагрузки при токе 230 А: 1-эксперимент, 2-расчет.

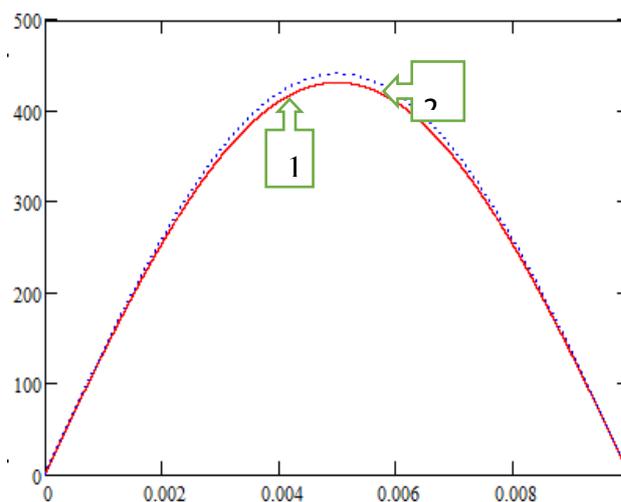


Рис. 3. Амплитуда фазного напряжения в режиме нагрузки при токе 230 А: 1-эксперимент, 2-расчет.

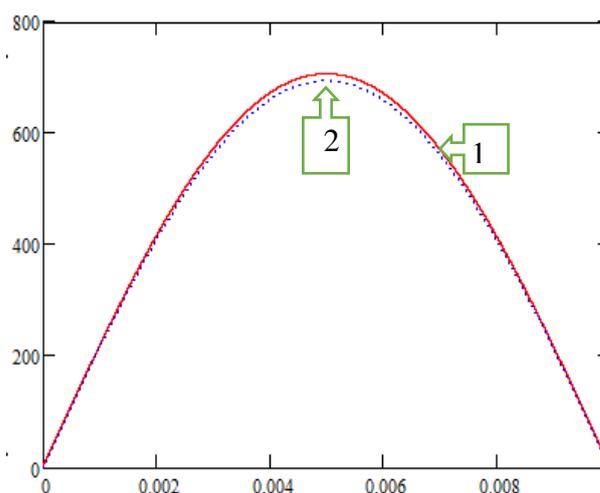


Рис. 4. Амплитуда линейного напряжения в режиме нагрузки при токе 300 А: 1-эксперимент, 2-расчет.

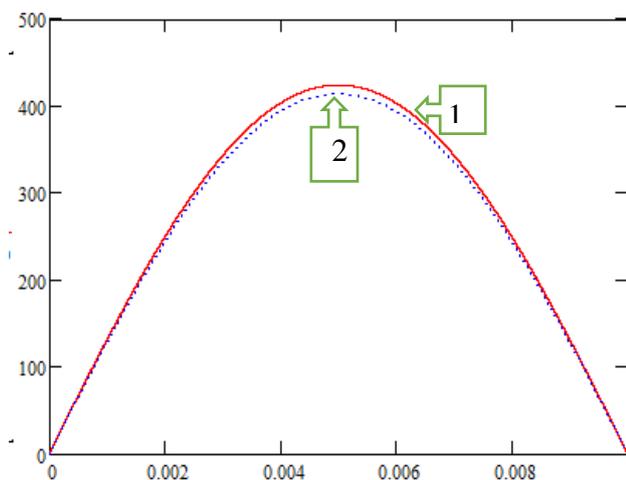


Рис. 5. Амплитуда фазного напряжения в режиме нагрузки при токе 300 А: 1-эксперимент, 2-расчет.

На основании данных полученных теоретическими расчетами и экспериментальными работами можно сделать вывод: хорошая сходи-

мость кривых фазных напряжений в режиме нагрузки, погрешность при этом не превышает 12%, что в свою очередь доказывает адекватность предложенной методики для определения коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения.

Литература:

1. Асиев А.Т. Исследования и контроль качества электрической энергии в сетях 0,38 кВ. / Известия КГТУ, 2011, №23. - С. 16-19.
2. Асиев А.Т. Моделирование в автономных системах электроснабжения на программе Matlab7.0. // Известия КГТУ, 2011, № 23. - С. 29-38.
3. Асиев А.Т. Оценка и анализ показателей качества электрической энергии в распределительных сетях 0,38 кВ. / Известия КГТУ, 2016, №4(40). - С. 60-66.
4. ГОСТ 32144-2013 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения».

Рецензент: к.т.н., доцент Жусубалиева Б.К.