

УДК 621.31
AGRIS P06

<https://doi.org/10.33619/2414-2948/122/16>

СНИЖЕНИЕ ПОТЕРЬ И ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В СЕЛЬСКИХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ

©**Турдубеев И. Э.**, ORCID: 0000-0002-3168-9635, SPIN-код: 1247-0259,
канд. техн. наук, Ошский технологический университет им. М. М. Адышева,
г. Ош, Кыргызстан, ilyaz_turduev@mail.ru
©**Биназарова А. Б.**, Ошский технологический университет
им. М. М. Адышева, г. Ош, Кыргызстан
©**Атабеков У. К.**, Ошский технологический университет
им. М. М. Адышева, г. Ош, Кыргызстан
©**Камилов Б. Ж.**, Ошский технологический университет
им. М. М. Адышева, г. Ош, Кыргызстан

REDUCTION OF LOSSES AND IMPROVEMENT OF THE QUALITY OF ELECTRIC ENERGY IN RURAL DISTRIBUTION NETWORKS

©**Turduev I.**, ORCID:0000-0002-3168-9635, SPIN-code: 1247-0259, Ph.D., Osh Technological University named after M. Adyshev, Osh, Kyrgyzstan, ilyaz_turduev@mail.ru
©**Binazarova A.**, Osh Technological University named after M. Adyshev, Osh, Kyrgyzstan
©**Atabekov U.**, Osh Technological University named after M. Adyshev, Osh, Kyrgyzstan
©**Kamilov B.**, Osh Technological University named after M. Adyshev, Osh, Kyrgyzstan

Аннотация. Рассмотрены особенности потерь напряжения в распределительных сетях 0,38 кВ, воздействие на качество электроснабжения сельскохозяйственных потребителей. Приведены нормативные требования к сохранению напряжения показаны причины и последствия низкого качества электроэнергии. Установлено потребность модернизации сетевого комплекса, реализация симметрирующих устройств и «умных» счетчиков для снижения технических и коммерческих потерь. Сделан вывод о том, что повышение эффективности и надежности электроснабжения в Кыргызстане требует всестороннего подхода, включающего технические и организационные мероприятия.

Abstract. Discusses the features of voltage losses in 0.38 kV distribution networks, the impact on the quality of electricity supply to agricultural consumers. The regulatory requirements for voltage conservation are given, and the causes and consequences of poor power quality are shown. The need to modernize the network complex, implement symmetrical devices and smart meters to reduce technical and commercial losses has been established. It is concluded that improving the efficiency and reliability of electricity supply in Kyrgyzstan requires a comprehensive approach, including technical and organizational measures.

Ключевые слова: потери напряжения, распределительные сети, отклонение напряжения, эффективность электроэнергии, электрические сети.

Keywords: voltage losses, distribution networks, voltage deviation, energy efficiency, electrical networks.



Когда рассматривается проблема потерь напряжения в распределительных сетях 0,38 кВ надо учитывать и требования нормативных документов. Согласно Правилам изпользования электроэнергии, распределительные компании должны обеспечивать бесперебойное, надежное, дешевое, безопасное и качественное снабжение потребителей электроэнергией в нужном объеме, а также сохранять напряжение в сети на уровне 220–380 В. Нарушение этих правил, вызванное отклонением напряжения или его нестабильности, напрямую связано с потерями в электрических сетях и снижением качества электроснабжения. Кроме этого, энергоснабжающая учреждение берет на себя обязательство за выплату материального ущерба, обусловленного отключениями без предварительного предупреждения или поставки электроэнергии, нормы которой не соответствуют требованиям ГОСТ. Таким видом, снижение потерь напряжения в электрических сетях 0,38 кВ является не только технической, но и законной ответственностью энергокомпаний. Низкокачественное электроснабжение: Недостаточное напряжение приводит к не правильной работе электробытовой техники (снижение яркости освещения, замедленная работа электроприбора, перегрев электродвигателей). Это может привести к безвременному выходу из строя дорогостоящего электрооборудования. Сельские электрораспределительные сети, считаются главной системой электроснабжения для удаленных населенных пунктов и сельских энергообъектов, сталкиваются с рядом конкретных проблем. Одной из особенно актуальных и воздействующих на качество жизни и эффективность производства является падение и потери напряжения. Эти явления, хоть и тесно связанные, имеют свои различия и требуют подробного рассмотрения. Задачи электроснабжения сельских хозяйств создаются из условий предстоящей специализации и концентрации сельскохозяйственных производств, создания в фермерских хозяйствах больших производственных предприятий, роста производительности труда с учетом снижения количества сельских населений. Техническое переустройство сельского производства, создание крупных высокомеханизированных хозяйств определяют новый подход к сельским потребителям электроэнергии, требующим, чтобы степень надежности электроснабжения была не ниже уровня, достигнутого в промышленности [1].

Эффективность электроэнергии прежде всего определяется, при создании условий потребления, при которых обеспечивается нужное качество электроэнергии и значительные потери производителя. Появляется вопрос улучшения качеств электрической энергии и снижения потерь, особенно в условиях объективной и несбалансированной работы электроприемников в условиях работы распределительных сетях [2].

Потребителей электроэнергии делят на категории для определения надежности энергоснабжения с учетом всех возможных факторов [1].

В сельской распределительной сети возникает увеличение бытовых потребителей на 0,38 кВ. Показателем эффективности решения задачи энергетического комплекса является масштаб потерь электроэнергии в электрических сетях. Максимальные значения по проценту потерь установлены: 8,7% к 2024 г; 6,3% 2025 г [3].

Качество электроэнергии — это соответствие основных показателей электроэнергетической системы установленным нормам выработки, передачи и распределения электроэнергии. Основные характеристики качества электроэнергии формулируются отклонениями напряжения и частоты, колебаний напряжения и частоты, показателями несинусоидальности и несимметрии напряжения [4].

Материалы и методы исследования

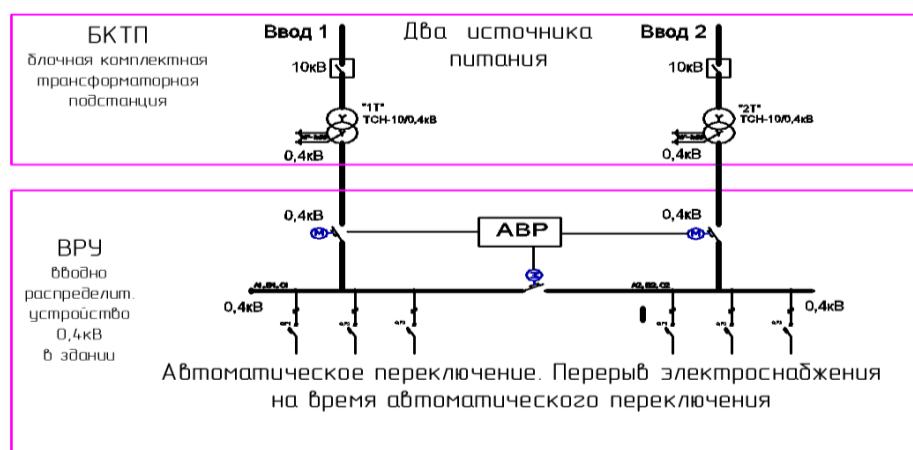
Снижение потерь электроэнергии в кыргызской энергосистеме, это важная задача для увеличения эффективности и устойчивости отрасли (Таблица 1).

Таблица 1

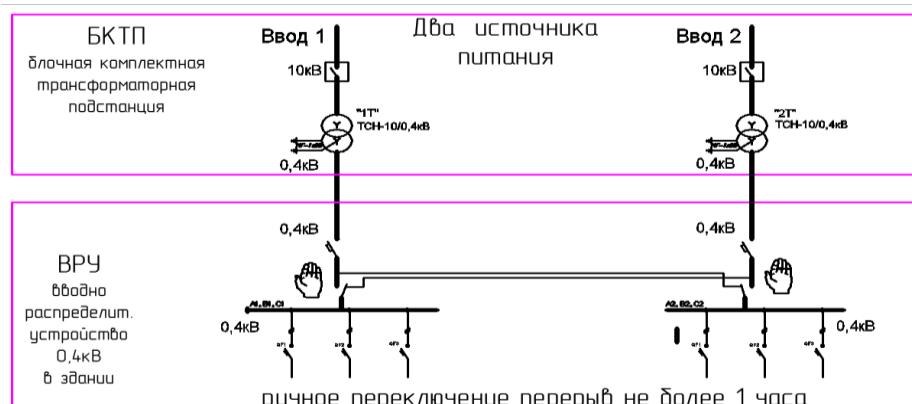
Характеристика электроприемников	Требования к надежности электроснабжения
Электроприемники, перерыв электроснабжения которых может повлечь за собой: опасность для жизни людей значительный ущерб народному хозяйству, повреждение дорогостоящего основного оборудования, массовый брак продукции, расстройство сложного технологического процесса, нарушение функционирования особо важных элементов коммунального хозяйства при нарушении электроснабжения. Объекты сельского хозяйства, электроприемники которых относятся к этой категории: животноводческие комплексы, птицефабрики по производству с большим количеством продукции.	I категория Электроприемники должны обеспечиваться электроэнергией от двух независимых источников питания, и перерыв их электроснабжения при нарушении одного источника питания может допущен лишь на время автоматического восстановления питания. Резервный источник питания (двухстороннее питание от сетей энергосистемы или специальной резервной электростанции потребителя) должен выбираться на основе технико-экономического сравнения вариантов. Ввод в действие резервных источников питания должен производиться автоматически. При неавтоматическом вводе в действие резервного питания должны быть предусмотрены мероприятия, обеспечивающие включение резервного питания не позднее 30 мин после отключения основного источника питания.
Электроприемники, перерыв электроснабжения которых приводит к массовому недоотпуску продукции, массовым простоям рабочих, механизмов и промышленного транспорта, нарушению нормальной деятельности значительного количества городских и сельских жителей. Объекты сельского хозяйства, электроприемники которых относятся к этой категории: тепличные комбинаты, рассадные комплексы с электроприводом технического обогрева, системы подачи питательных растворов, сетевые и питательные насосы, индивидуальные котельные и т.д.	II категория Электроприемники рекомендуется обеспечивать электроэнергией от двух независимых источников питания. При нарушении электроснабжения от одного источника питания допустимы перерывы электроснабжения на время, необходимое для включения резервного питания действиями дежурного персонала или выездной оперативной бригады. Допускается питание по одной ВЛ, в том числе с кабельной вставкой, если обеспечена возможность проведения аварийного ремонта этой линии за время не более одного суток. Кабельные вставки этой линии должны выполняться двумя кабелями, каждый из которых выбирается по длительно допустимой нагрузке линии.
Все остальные электроприемники, не подходящие под определения I и II категорий.	III категория Электроснабжение может обеспечиваться от одного источника питания при условии, что перерывы электроснабжения, необходимые для ремонта или замены поврежденного элемента системы электроснабжения, не превышают одного суток.
Электроприемники, бесперебойная работа которых необходима для безаварийного останова производства с целью предотвращения угрозы жизни людей, взрывов и пожаров. Для электроснабжения особой группы электроприемников первой категории должно предусматривать дополнительное питание от третьего независимого взаимно резервирующего источника питания.	I особая категория В качестве третьего независимого источника питания для особой группы электроприемников и в качестве второго независимого источника питания для остальных электроприемников первой категории могут быть использованы местные электростанции, электростанции энергосистем (в частности, шины генераторного напряжения), предназначенные для этих целей агрегаты бесперебойного питания, аккумуляторные батареи и др.

Непродуктивность существующей инфраструктуры, включая устаревшие трансформаторы, провода и коммутационное электрооборудование, является основной причиной потерь. Для снижения потерь нужна модернизация и обновление электрооборудования, использование эффективных технологий передачи, реализация систем автоматизированного управления и наблюдения, а также повышение квалификации кадрового состава [5].

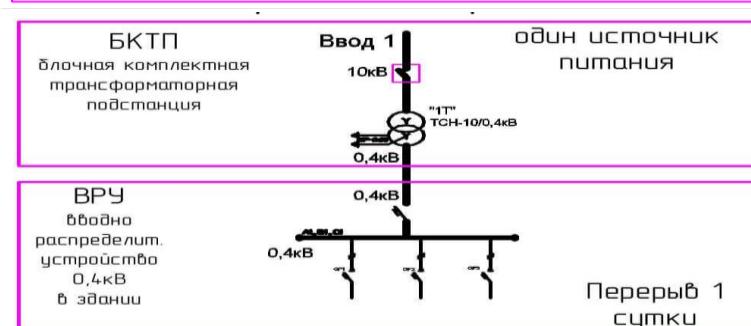
I категория электроснабжения



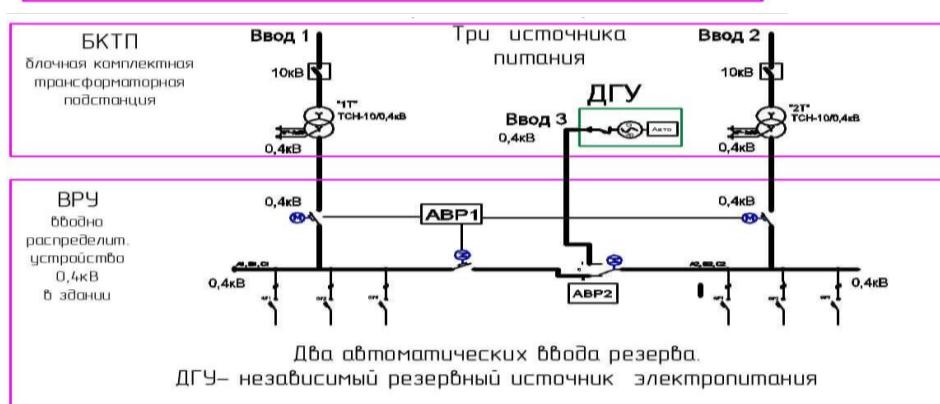
II категория электроснабжения



III категория электроснабжения



I особая категория электроснабжения



В Таблице 2 приведены сроки нормы строительства, в котором предусмотрено постройка электроснабжение (линий электропередач, понижающих подстанций) в сельскохозяйственном секторе, учитывая мощность объекта, протяженность линий электропередачи, степени сложности строительства и разновидностей сельских производств. Данные нормы считаются справочными нормами для проектирования, организации, контролирования нормы сроков выполнения строительных и электромонтажных работ [1].

Таблица 2
НОРМЫ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА ЛИНИЙ И ПОДСТАНЦИЙ
ДЛЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

№	Характеристика объекта	Нормы продолжительности строительства, мес.			
		в.т.ч.:	подготовительный период	передача оборудования в монтаж	продолжительность монтажа оборудования
Трансформаторные подстанции					
1	Комплектная ТП 35/0,4 кВ с одним или двумя трансформаторами единичной мощностью до 1600 кВА	1	0,2	0,5-0,8	0,5/0,5-1
2	ТП 35/6-10 кВ с одним или двумя трансформаторами единичной мощностью до 6300 кВА комплектная	2	0,5	0,5-1	1/2
	некомплектная	3	0,5	0,5-1	2/2-3
3	ТП 35/6-10 кВ с одним трансформатором мощностью, кВА 10000 или 16000 (комплектная)	2	0,5	0,5-1	1,5/0,5-2
	до 10000 (некомплектная)	4	0,5	1-2	2,5/1,5-4
4	ТП 110/10 кВ с одним или двумя трансформаторами единичной мощностью, до 2500 кВА (комплектная)	2	0,5	0,5-1	1,5/0,5-2
	(некомплектная)	5	1	2-3	3/3-5
Воздушные линии					
5	ВЛ 6-20 кВ протяженностью, км, до:				
	5	1	-	-	-
	15	2	0,5	-	-
	30	3	0,5	-	-
	60	4	0,5	-	-
	90	5	1	-	-
6	Одно- и двухцепные ВЛ 35 кВ протяженностью, км, до:				
	20	3	1	-	-
	40	4	1	-	-
	80	7	1	-	-
7	Одноцепные ВЛ 110-150 кВ протяженностью, км, до:				
	50	5	1	-	-
	100	6	1	-	-
	150	8	1	-	-
Распределительные пункты					
8	РП 6-10 кВ:				
	без трансформаторов	2	0,5	1	1/2
	с трансформатором	3	1	1,5-2	1/3

№	Характеристика объекта	Нормы продолжительности строительства, мес.			
		Общая подготовительный период	передача оборудования в монтаж	продолжительность монтажа	оборудования
Комплексы электроснабжения					
9	Комплексы ил ВЛ 0,38 кВ и комплектных мачтовых ТП мощностью до 630 кВА:				
	ВЛ протяженностью до 6 км и до 8 ТП	2	0,5	1	1/2
	ВЛ протяженностью до 15 км и до 7 ТП	3	1	1-2	2/2-3
	ВЛ протяженностью до 30 км и до 15 ТП	5	1,5	2-4	3/3-5
	ВЛ протяженностью до 45 км и до 15 ТП	7	2	3-6	4/4-5

Стоит задача провести научную работу и выбрать оптимальные технические средства для решения данной проблемы: повышения качества электроэнергии и уменьшения потерь в сельских распределительных сетях напряжением. Главной из причин этих потерь является несимметрия токов, нарушающая сбалансированность режимов работы электрических сетей. Любые меры по улучшению характеристик сельских сетей и снижению потерь должны быть направлены на достижение симметричных режимов их функционирования [2].

Электрические сети напряжением 0,38 кВ играют важную роль в распределении электроэнергии. Они формируют итоговое звено в цепи распределения и значимы для поддержания эффективного и надежного электроснабжения. Электрические сети напряжением 0,38 кВ насчитываются около 40% от общей протяженности всех электрических сетей. Это подтверждает о массовом использовании сельских сетей и их важности для общей инфраструктуры электроснабжения. Надежность и использование электрических сетей 0,38 кВ оказывают важнейшее влияние на надежность, качество и эффективность электроснабжения потребителей. Надо принять соответствующие меры для обеспечения непрерывной работы сельских сетей и обеспечения их наилучшего использования. Надежность расчета потерь в распределительных сетях 0,38 кВ также важна. Это позволяет определять и рассматривать потери, которые могут возникнуть при распределении электроэнергии по сетям. Более тщательный расчет потерь позволяет эффективно контролировать и регулировать поток электроэнергии, что в итоге содействует повышению эффективности и экономичности энергосистемы. Сельские электрические сети 0,38 кВ с коммунально-бытовой нагрузкой, как правило, характеризуются распределенной нагрузкой (Рисунок 1) [3].

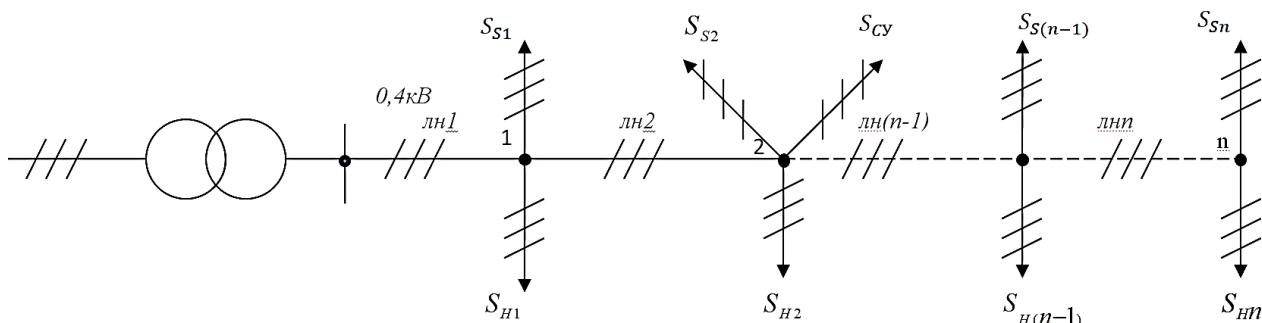


Рисунок 1. Схемы участка электрической сети 0,38 кВ с распределительной нагрузкой

Использовав методы синтеза, были созданы решения и меры по снижению потерь электрической энергии в системе электроснабжения и электроустановках. Данный метод основан на комбинировании и слиянии различных технических, организационных и центральных решений. Исследования проводилось с использованием данного уравнение, что описывает соотношение между характеристическими значениями (сопротивлениями или реактивностями) в трехфазной электрической системе:

$$x_l = x_c = \chi_n \cdot 3\sqrt{3}; \quad x_{c\text{доп.}}=x_n. \quad (1)$$

где x_l представляет собой индуктивное реактивное сопротивление дросселя, x_c представляет собой емкостное реактивное сопротивление конденсаторной батареи, χ_n представляет собой номинальную емкость конденсаторной батареи [5].

Режимы работы электрических сетей напряжением 0,38 кВ являются объективно несимметричными. Произведенные исследования указали, что в электрических сетях, где присутствуют коммунально-бытовые и смешанные нагрузки, появляются существенные несимметрии токов. В электропроводах линии возникает несимметрия напряжений при искажениях фазных токов, вызванных неодинаковым распределением однофазных нагрузок. Разные падение напряжений ведет к возникновению несимметричного напряжения, которое выявляется в виде смещения «нуля». В результате, при четырехпроводной линии, в нулевом проводе возникает ток, равный геометрической величине фазных токов. При выключении нагрузки одной или двух фаз, по нулевому проводу может проходить ток, равный фазному току нагрузки. В данном случае невозможно избежнуть еще потерь в электрических сетях напряжением 0,38 кВ. Эти потери обусловлены с протеканием тока по нулевому проводу, что приводит к неразумному использованию электроэнергии и увеличению суммарных потерь в энергосистеме. Для решения такой задачи необходимы надлежащие меры, такие как симметрирование нагрузок, установка компенсирующих устройств, надзор и управление напряжений в сети. Это позволит снизить искажение напряжений и уменьшать дополнительные потери в сетях 0,38 кВ, предоставляя более эффективное и безотказное электроснабжение потребителей [5].

Результаты исследования

Как показывает анализ структуры потерь электроэнергии в существующих сельскохозяйственных электрических сетях, на линии 0,38 кВ приходится 31-33% общих потерь. Таким образом, оптимизация работы сетей 0,38 кВ является приоритетной задачей для снижения общих потерь в сельскохозяйственных энергосистемах. Уменьшение несимметрии является одним из наиболее эффективных способов снижения потерь энергии. Использование симметричных устройств позволяет не только минимизировать дополнительные потери, но и компенсировать реактивное сопротивление, стабилизировать уровни напряжения и снизить амплитуду высших гармоник. Разработано новое регулируемое балансировочное устройство для решения проблемы несимметрии тока и напряжения в распределительных сетях 0,38 кВ его отличительной чертой является адаптивное изменение параметров в зависимости от величины несимметричного фазного (линейного) напряжения. Для проверки предложенного решения и разработки алгоритма управления симметрией устройств в сетях электроснабжения было проведено моделирование в среде Simulink (Matlab) [2].

Уменьшения установленной мощности симметрирующего устройства при соединения двух нагрузок достигается в симметрирующем устройстве. С помощью фазосдвигающих автотрансформаторов на симметрирующем реактивных элементах 1 и 2 формируются такие начальные фазы движений, при которых выбирающие мощности реактивных элементов

находятся в противофазе с идентичными мощностями нагрузок. В этом случае осуществляется взаимная компенсация нагрузочных токов обратной и нулевой хронологии с помощью одних и тех же реактивных элементов оборудования без добавочного увеличения его установленной мощности. Фиксированная мощность текущего устройства S_{cy} , отнесенная к мощности нагрузок решается по формуле:

$$S_{cy} = \frac{Q_1 + Q_2 + 2Q_{AT}}{2P_H} = 0,961 \quad (2)$$

где Q_1 – мощность дросселя; Q_2 – мощность конденсаторной батареи; $Q_{AT} = 2/3\sqrt{3} \cdot U_H^2 \cdot Y_H$. Данный анализ такой группы технических средств снижения потерь электрической энергии, они способствуют сокращать токи как обратной, так и нулевой последовательной сети, отличаясь друг от друга либо установленной мощностью. Совместно с этим, использование таких симметрирующих устройств рационально в том случае, когда нагрузка постоянная или изменяется в небольшом диапазоне. При преобразовании нагрузки в широком спектре, обладающему место сельских электрических сетях, такие оборудования должны производиться с регулируемыми параметрами симметрирующих составляющих, что значительно затрудняют их виды и снижает надежность работы симметрирующих устройств.

Использование симметрирующих устройств дает снизить большие потери, а также компенсировать реактивную мощность, регулировать величины напряжений, снизить уровень больших гармоник в сети 0,38 кВ. Для понижения уровня несимметрии токов и напряжений в распределительных сетях 0,38 кВ предложено новое настраиваемое симметрирующее устройство, отличающееся от уже популярных тем, что преобразование его параметров возникает в зависимости от уровня несимметрии фазных (линейных) напряжений [7].

По словам министра энергетики Кыргызской Республики, несколько лет назад величина потерь электроэнергии была достигнута 30%, но зато теперь этот показатель уменьшился до 11,64%. В перспективе планируется поставить до 500 тысяч дополнительных «умных» счетчиков, что даст еще больше снизить потери. Тотально исключить потери невозможно, поскольку они обусловлены законами физики: при передаче электроэнергии по линиям всегда возникают технические потери. Однако основная задача — довести их к минимальному значению. Особое внимание также придается значение прозрачности закупок [8].

Номинальное напряжение в электрических сетях должно быть 220 В, что считается важным условием для стабильной работы электробытовой и промышленной техники. Как бы на опыте данный нормы далеко не всегда придерживается, особенно в зимнее время, когда мощность на сеть существенно возрастает: лампы горят слабо, а электроприемники (холодильники, телевизоры и др.) часто выходит из строя из-за недостатка напряжения. При этом распределительные энергокомпании в договорах с абонентами нередко указывают пределы вероятных колебаний напряжения от 185 до 240 В, снимая с себя ответственность за последствия таких отклонений. Аналогичная обстоятельства свидетельствует о надобности системного подхода к оптимизации сетей 0,38 кВ, целенаправленного снижения потерь и обеспечение стандартного качества напряжения [9].

Выводы

Распределительные сети характеризуются значительной несимметрией токов и напряжением 0,38 кВ, что считаются одним из основных причин уменьшения качества электроэнергии и увеличения мощности в электрической сети [3].

Исследования и анализы доказывают проблем потерь электрической энергии в сетях 0,38 кВ. Выявлены разные способы и технические средства, которые допускают снизить потери.

Одним из таких средств считается симметрирующее устройство, которое играет важную роль в исключении несимметрии токов и повышении качества передачи электроэнергии.

Технология расчета потерь мощности и показателей токов и напряжений в сети 0,38 кВ обусловлен соответствием применения симметрирующих устройств как наиболее эффективных технических средств снижения потерь электрической энергии, обусловленных несимметрией токов [6].

Оптимизация работы сельских электрических сетей 0,38 кВ, реализация симметрирующих устройств и «умных» счетчиков дают значительно сократить потери электроэнергии. В будущем развитие энергосистемы должно совмещать технические решения с мероприятиями по обеспечению открытости и борьбе с коррупционными угрозами

Электронные ресурсы:

(1). Потери электроэнергии в Кыргызстане сократились с 30% до 11.6%. Минэнерго .
<https://clck.ru/3RANEV>

(2). Вопрос энергетикам: кто отвечает за низкое напряжение в сетях?
<https://clck.ru/3RANEX>

Список литературы:

1. Гордон С. В. Справочник по строительству электросетей. М.: Энергоиздат, 1982. 448 с.
2. Турдуев И. Э. Повышения эффективности энергосбережения в сетях 0,38 кВ // Фундаментальные и прикладные научные исследования: инноватика в современном мире: Материалы XV Международной научно-практической конференции. Уфа, 2024. С. 79-85.
3. Турдуев И. Э., Сайпидин уулу А. Эффективное энергосбережение в сельских сетях 0,38 кВ // Бюллетень науки и практики. 2024. Т. 10. №12. С. 211-214. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/109/30>
4. Турдуев И. Э. Качество электроэнергии и влияние электроэнергии на работу электроприемников // Бюллетень науки и практики. 2024. Т. 10. №2. С. 359-364. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/99/33>
5. Turduev I., Kochkonbaeva B., Abdyraeva N. Methods and technical means of reducing power losses in 0.38 kV networks with a symmetrizing device // E3S Web of Conferences. EDP Sciences, 2024. V. 525. P. 06003. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202452506003>
6. Турдуев И. Э. Электрическая сеть 0,38 кВ с трехфазными нагрузками и конденсаторным шунто-симметрирующим устройством // Бюллетень науки и практики. 2023. Т. 9. №4. С. 358-368. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/89/41>
7. Турдуев И. Э. Использование комбинированных технических средств потерь мощности в сетях 0,38 кВ // Известия Ошского технологического университета. 2018. №1-2. С. 74-76.

References:

1. Gordon, S. V. (1982). Spravochnik po stroitel'stvu elektrosetei. Moscow. (in Russian).
2. Turduev, I. E. (2024). Povysheniya effektivnosti energosberezheniya v setyakh 0,38 kV. In *Fundamental'nye i prikladnye nauchnye issledovaniya: innovatika v sovremennom mire: Materialy XV Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii*, Ufa, 79-85. (in Russian).
3. Turduev, I., & Saypidin uulu, A. (2024). Effective Energy Saving in Rural Networks of 0.38 kV. *Bulletin of Science and Practice*, 10(12), 211-214. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/109/30>

4. Turduev, I. (2024). The Quality of Electricity and the Effect of Electricity on the Operation of Electric Receivers. *Bulletin of Science and Practice*, 10(2), 359-364. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/99/33>
5. Turduev, I., Kochkonbaeva, B., & Abdryaeva, N. (2024). Methods and technical means of reducing power losses in 0.38 kV networks with a symmetering device. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 525, p. 06003). EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202452506003>
6. Turduev, I. (2023). 0.38 kV Electrical Network With Three-phase Loads and Capacitor Shunt-balancing Device. *Bulletin of Science and Practice*, 9(4), 358-368. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/89/41>
7. Turduev, I. E. (2018). Ispol'zovanie kombinirovannykh tekhnicheskikh sredstv poter' moshchnosti v setyakh 0,38 KV. *Izvestiya Oshskogo tekhnologicheskogo universiteta*, (1-2), 74-76.

Поступила в редакцию
17.11.2025 г.

Принята к публикации
27.11.2025 г.

Ссылка для цитирования:

Турдуев И. Э., Биназарова А. Б., Атабеков У. К., Камилов Б. Ж. Снижение потерь и повышение качества электрической энергии в сельских распределительных сетях // Бюллетень науки и практики. 2026. Т. 12. №1. С. 128-137. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/122/16>

Cite as (APA):

Turduev, I., Binazarova, A., Atabekov, U., & Kamilov, B. (2026). Reduction of Losses and Improvement of the Quality of Electric Energy in Rural Distribution Networks. *Bulletin of Science and Practice*, 12(1), 128-137. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/122/16>