

Интернет-журнал «Наукovedение» ISSN 2223-5167 <http://naukovedenie.ru/>

Том 7, №1 (2015) <http://naukovedenie.ru/index.php?p=vol7-1>

URL статьи: <http://naukovedenie.ru/PDF/106TVN115.pdf>

DOI: 10.15862/106TVN115 (<http://dx.doi.org/10.15862/106TVN115>)

УДК 620.9

Берхане Абраха Монгусту
ФГАОУ ВО "Российский университет дружбы народов"
Россия, Москва¹
Аспирант
E-mail: avtor@disper.ru

Обоснование критерия оценки надежности электропитания

¹ Миклухо-Маклая ул., 6, Москва, Россия, 117198

Аннотация. Одной из важных задач при проектировании систем электроснабжения является разработка дифференцированных для разных потребителей норм электроснабжения. В настоящее время в Эритрее отсутствуют директивные материалы по удельным нормам потребления электроэнергии по отраслям народного хозяйства. В последние годы был создан отдел нормирования и стандартов при министерстве промышленности и полезных ископаемых, но до сих пор нет разработанных и установленных норм в области электроснабжения. В статье использованы нормы и критерии надежности сетей электроснабжения Российской Федерации и СССР, так как государство Эритрея не имеет своих норм надежности и норм качества электроэнергии как и другие развивающиеся страны Азии и Африки. Анализ показателей надежности существующих систем электроснабжения 0,4-66 кВ районов Эритреи и сельского района Гаш Барка показал, что нормы надежности и качества электроэнергии для сельскохозяйственных потребителей не обеспечивается. Все потребители в соответствии с Правилами устройства электроустановок разделены на три категории надежности. Для сельскохозяйственных потребителей утвержден перечень потребителей первой и второй категории по надежности электроснабжения, а также список потребителей второй категории, не допускающих перерыва в электроснабжении более 0,5 ч.

Ключевые слова: нормы надежности электроснабжения; потребители; сельские сети; недоотпуск электроэнергии.

Ссылка для цитирования этой статьи:

Берхане А.М. Обоснование критерия оценки надежности электроснабжения // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 7, №1 (2015) <http://naukovedenie.ru/PDF/106TVN115.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/106TVN115

Все потребители в соответствии с Правилами устройства электроустановок (ПУЭ) разделены на три категории надежности. Для сельскохозяйственных потребителей утвержден перечень потребителей первой и второй категории по надежности электроснабжения, а также список потребителей второй категории, не допускающих перерыва в электроснабжении более 0,5 ч. Имеются потребители, выдерживающие 4 ч. перерыва и от 4 до 10 ч., также отнесенные ко второй категории. Разработаны руководящие указания по проектированию, в которых приведены нормы надежности электроснабжения и средства ее обеспечения. В соответствии с этими указаниями установлены нормативные показатели надежности. Для потребителей первой категории перерыв в электроснабжении допускается на время автоматического ввода резервного питания, то есть разрешенная частота отказа для потребителей первой категории (ω_1) равна нулю [13].

Особенностью потребителей сельского хозяйства является то, что большинство из них – это объекты биологического характера, в которых необходимо соблюдать технологии содержания животных, птиц; предприятия по производству и переработке сельскохозяйственной продукции. К таким объектам относятся птицефабрики, теплицы, фермы и животноводческие комплексы, молокозаводы и многое другое. Перерывы электроснабжения в них сопряжены с возникновением огромных ущербов. Так, например, для птицефабрик мясного направления ущерб составляет 18 р/кВт*ч, для птицефабрик яичного направления 106 р/кВт*ч, а для свиноводческих комплексов 29 р/кВт*ч в ценах на 01.01.1991 [9].

Современные данные об удельных ущербах базируются на зарубежных данных. Так, для скандинавских стран проанализировано свыше 103000 потребителей. С учетом этого стоимость ущерба предложено определять по формуле:

$$Y_0 = a + T\delta, \quad (1)$$

где a – фиксированная часть ущерба, долл. США/кВт; δ – переменная часть ущерба, долл. США/(кВт*ч); T – продолжительность отсутствия электроснабжения, ч.

Ущерб при отказе электроснабжения подсчитывается с учетом потребляемой мощности P :

$$Y_0 = a + T\delta P \quad (2)$$

Ниже приведены средние значения коэффициентов a и δ для различных категорий потребителей (табл. 1).

Таблица 1

Средние значения коэффициентов a и δ [6]

Удельный ущерб	Сельский	Бытовой	Промышленность	Обслуживание	Муниципальный
Постоянная составляющая a , долл. США/кВт	0	0	1,2	1,1	0,5
Постоянная составляющая δ , долл. США/(кВтч)	8,1	1,6	12,2	7,8	4,8

В России ущерб оценивается в соответствии с методикой расчета ущерба от нарушения электроснабжения МТ-34-70-001-95 РАО «ЕЭС России» 1995, в которой удельный ущерб предложено принимать в тройном размере средней цены на электроэнергию. Это величина удельного ущерба от недоотпуска электроэнергии явно занижена. Об этом свидетельствует публикация П.Н. Головкина, в которой отмечается, что для отдельных предприятий удельный ущерб от недоотпуска электроэнергии более чем в 100 раз превышает цену 1 кВтч. Так, для химической промышленности $y_{0н} \approx 1,5$ долл. США/кВт, а среднее $y_{0н}$ значение для промышленных предприятий примерно равно 3,6 США/кВт. Ю.Б. Гук и М.А. Шабал считают удельный ущерб равным 6 США/(кВтч).

Учитывая изложенное, можно утверждать, что на сегодняшний день не существует обоснованных величин удельного ущерба для потребителей сельского хозяйства, а имеющиеся данные не позволяют предположить неопределенный характер удельного ущерба от недоотпуска электроэнергии из-за вероятных отказов электрооборудования. В результате оценку надежности электроснабжения невозможно производить по величине ущербов, и необходимо переходить к другим, более устойчивым и достоверным показателям. В качестве такого показателя надежности элемента или схемы электроснабжения в целом предлагается величина недоотпуска электроэнергии из-за вероятных отказов электрооборудования и элементов схемы W_v , определяемая за год по уравнению [10]:

$$W_H = \sum_{i=1}^n P_i \sum_{j=1}^N (\omega_{ij} \tau_{ij} + \gamma \lambda_{ij} t_{ij}) \quad (3)$$

где ω_{ij} , λ_{ij} – частота отказов в год i -го элемента на j -том участке аварийная и плановая, τ_{ij} и t_{ij} – продолжительность одного отказа i -го элемента на j -том участке аварийная и плановая, $\gamma=0,33$ – коэффициент, учитывающий меньшую тяжесть плановых отключений [2].

Для электроприемников второй категории установлены следующие нормативные показатели надежности: допустимая частота отказов в электроснабжении ω_{II} для специально выделенной группы электроприемников, не допускающих перерыва в электроснабжении τ более 0,5 ч: $\omega_{II}(\tau \leq 0,5 \text{ ч}) = 2,5$ отказа в год. К этим приемникам относятся комплексы и фермы молочного направления (системы доения коров, рабочего освящения в доильных залах, промывка молокопроводов, локального обогрева телят и т.д.); птицефермы (системы поения птиц, локального обогрева, вентиляция, инкубация яиц и вывода цыплят, цехов и т.д.) и др. [3].

Для остальных электроприемников второй категории, выдерживающих перерыв в электроснабжении до 4 часов, частота отказов: $\omega_{II}(\tau \leq 4 \text{ ч}) = 2,3$ отказа в год. При продолжительности отказов до 10 часов частота отказов при мощности 120 кВт и более: $\omega_{II}(4 \text{ ч} \leq \tau \leq 10 \text{ ч}) = 0,1$ отказ в год. При нагрузке до 120 кВт: $\omega_{II}(4 \text{ ч} \leq \tau \leq 10 \text{ ч}) = 0,2$ отказов в год. Для электроприемников третьей категории: $\omega_{III}(\tau \leq 24 \text{ ч}) = 3$ отказа в год. В соответствии с методическими указаниями, разработан комплекс мероприятий и средств, которые должны применяться при проектировании сетей и в процессе их эксплуатации. К ним относятся следующие [8].

Установка двух трансформаторов на РТП 66/35/115 кВ предусматривается в случаях, если требуется установка трансформатора мощностью более 6300 кВА: при числе отходящих ВЛ 15 кВ шесть и более; при расстоянии до ближайшей соседней подстанции 35-66 кВ превышающем 50 км; при невозможности зарезервировать хотя бы одну из линий 115 кВ, питающий потребителей первой или второй категории по надежности от соседней подстанции 35-66 кВ [15].

Двухтрансформаторные подстанции рекомендуется присоединять к двум разным линиям, либо к линии по схеме «заход-выход», т.е. в разрыв линии с установкой соответствующей коммутационной аппаратуры. Допускается при специальном обосновании присоединять двух трансформаторную РТП66/35/15 кВ ответвлениями к двухцепной линии 35-66 кВ. В этом случае потребители первой категории должны обеспечиваться резервным питанием от независимого источника напряжением 15кВ или электростанции [20].

Число отходящих от РТП линий 15 кВ не превышает 4-6. Схемы электрических сетей 15 кВ следует основывать на использовании воздушных взаимно резервирующих секционированных линий [4]. Схемы этих сетей нужно строить, как уже упоминалось, по магистральному принципу: к магистралям, по которым осуществляется взаимное резервирование линий (кроме ТП обычного типа) присоединить опорные трансформаторные подстанции 15/0,4 кВ (ОТП). Они представляют собой ТП 1/0,4 кВ, как правило, в закрытом исполнении, с развитым РУ кВ, предназначенным для присоединения радиальных ВЛ 15 кВ, автоматического секционирования и резервирования магистрали, размещения устройств автоматики и телемеханики. ОТП устанавливаются у потребителей первой категории. На подстанциях 15/0,4 кВ, питающих потребителей первой категории, предусматривают установку двух трансформаторов. Их целесообразно присоединить к линии 15 кВ по схеме «заход-выход» (рис 1) [5].

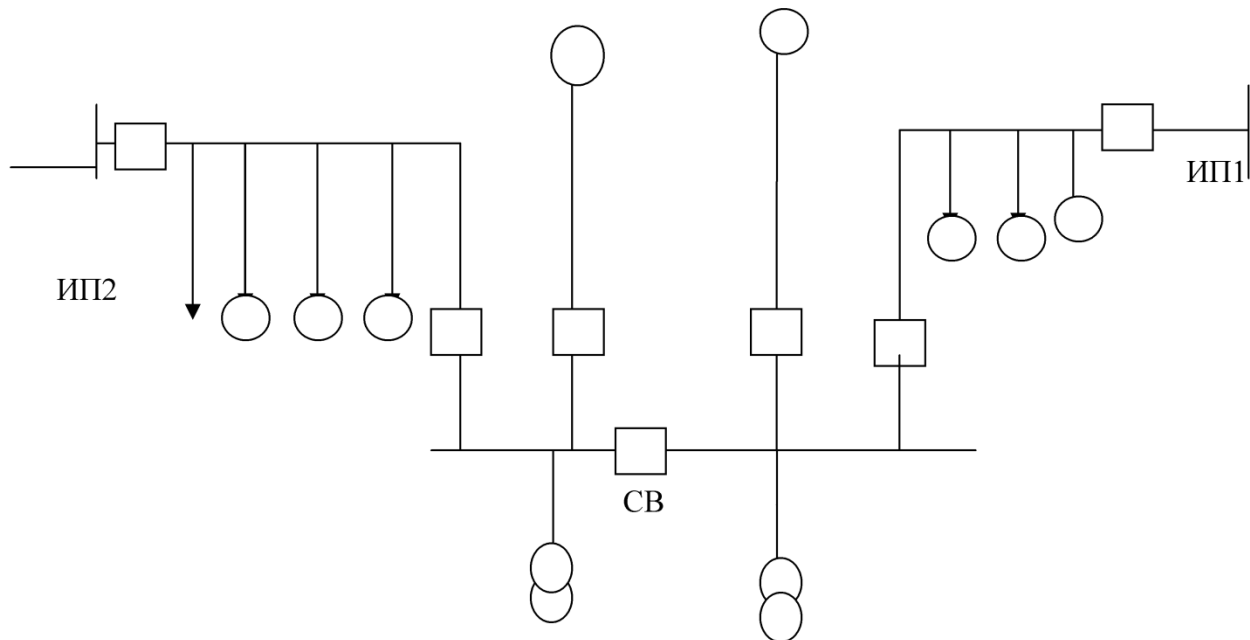


Рисунок 1. Схема присоединения ТП напряжения 15/0.4кВ питающих потребителей первой категории [12]

Электроснабжение электроприемников первой категории должно осуществляться по двум отдельным линиям 0,4 кВ, подключенным к независимым источникам питания. На линиях 15 кВ устанавливают автоматические коммутационные аппараты (секционирующие выключатели и пункты автоматического включения резерва), количество которых выбирают по номограммам в зависимости от длины и расчетной нагрузки линии. Линейные разъединители 15кВ устанавливают на магистрали для ограничения места повреждения на расстоянии 3,5 км (включая ответвления) и отдельно на отпайке при ее длине более 2,5 км. Возле каждого линейного разъединителя следует установить указатели короткого замыкания, сокращающие время поиска повреждения. На рис. 1 показан один из примеров набора средств повышения надежности на ВЛ 15 кВ [19].

Анализ показателей надежности электроснабжения потребителей существующих СЭС 0,4-66 кВ. В соответствии с нормами надежности максимальное время перерывов электроснабжения в год для потребителей второй категории, не допускающих перерыв более 0,5 ч равно 1,25 ч/год и 9,2 ч/год для потребителей, выдерживающих перерыв до 4 ч. Для оценки фактического уровня надежности существующих СЭС 0,4-66 кВ время перерывов электроснабжения за год из-за вероятных отказов элементов схемы следует сравнить с нормой ($T=1,25$ и $9,2$ ч/год). Расчет проведен для различных схем питания (количество ВЛ15-66кВ и трансформаторов на РТП) и информации об отказах элементов схем [1].

На основе анализа литературных данных о частоте отказов и их продолжительности для элементов СЭС можно утверждать, что в зависимости от уровня эксплуатации сетей, района их прокладки и многих других факторов, показатели надежности сетей колеблются в широких пределах. В качестве примера в следующей таблице приведены данные о пределах изменения частоты отказов ω , средней длительности аварийных отключений τ , произведения частоты плановых отключений λ на среднюю длительность плановых отключений t для некоторых элементов СЭС (табл. 2) [11].

Таблица 2

Пределы изменения показателей надежности элементов СЭС [7]

Элементы схемы	ω , отказ/год	τ , ч/отказ	$\lambda \cdot t$, ч/год
ВЛ 66 кВ (на 100 км)	0,5-5	10-14	40-120
Выключатель 66 кВ	0,015-0,05	23-50	30-35
Разъединитель 66 кВ	0,0001-0,015	2-4	2-8
Трансформатор 66/35кВ,/15.	0,005-0,03	90-200	25-30
Включатель 15 кВ	0,0004-0,25	1,5-10	2,4-18
Разъединитель 15 кВ	0,0001-0,075	1,5-4	2-8
Кабель 15 кВ (на 100 км)	0,5-5	12-40	0-8
ВЛ15 кВ (на 100 км)	2-2,5	4,8-12	0-34
Трансформатор 15,04 кВ	0,0015-0,12	10-100	5-15
Предохранитель 15 кВ	0.02-0,25	2	0

Из рассматриваемых элементов схемы на долю ВЛ 15 кВ приходится до 60% всех перерывов. По данным работы частота отказов ВЛ 0,4 кВ $\omega=25$ отказов/год, продолжительность одного отказа $\tau=1,7$ ч/отказ, частота планового отключения $\lambda=0,17$ отказа/год; для ВЛ15 кВ: $\omega=7,64$ отказа/год, $\tau=5$ ч/отказ, $\lambda=0,17$ отказа/год; для ВЛ 35 кВ: $\omega=0,72$ отказа/год, $\tau=10$ ч/отказ, $\lambda=1,2$ отказа/год, $t=15$ час/отказ; ВЛ 66 кВ: $\omega=0,66$ отказа/год, $\tau=11$ ч/отказ, $\lambda=1,6$ отказа/год, $t=15,5$ час/отказ (ω на 100 км, λ и t – на одну линию, материал опор – железобетон для ВЛ 35 и 66 кВ). Данные ОАО "Фирма ОРГРЭС" Об анализе технического состояния и показателей надежности распределительных сетей 0,38-35 кВ», Москва, 1992) за 1990: $\omega=4,9$ отказа/год (на 100 км сетей 6-20 кВ), $\tau_{\text{ремонта}}=5$ ч/отказ.

Таблица 3

Фактические показатели длительности в часах восстановления в сетях 0,38-10 кВ за 1998 и 1999 гг. при обследовании ПЭС России [14]

Годы	Сети 6-20 кВ	Сети 0,38 кВ	Ликвидация земли
1998	3,55	3,89	2,8
1999	3,46	3,75	1,98

Известны показатели схемной и конструктивной надежности ВЛ 15 кВ и 0,4 кВ по данным «Фирма ОРГРЭС» [18]. В следующей таблице переведена классификация отказов ВЛ 15 кВ и 35 кВ на железобетонных опорах и среднее количество отказов ВЛ России по данным работы.

Таблица 4

Причины и виды отказов ВЛ 10 кВ и 35 кВ [16]

Виды и причины отказов	Количество отказов в год на 100 км ВЛ	
	15 кВ	35 кВ
Массовые отказы	0,45	0,15
Одиночные отказы:		
Провода	А-50	АС-70/11
Обрывы проводов, в том числе:	1,6	
Истирание о шейки изоляторов	0,4	
Ожоги и пережоги при схлестывании	0,8	
Вибрация	0,2	
Дефекты монтажа	0,1	
Ненадежные соединения	0,05	
Заводской брак	0,05	
Обрывы повреждения проводов из-за пробоя и перекрытия изолятора	0,2	
Обрыв вязок, повреждение зажимов	0,5	
Отключение ВЛ автоматикой	1,3	
Посторонние воздействия	0,6	
Прочее	0,3	
Итого	4,5	
Изоляторы	6,75	
Для ВЛ 10кВ с изоляторами ШФ-10Г, ШС-10Г, ШФ20-В		
Стойки железобетонные		0,3
СВ 110-2,5 (СНВ-2,7-11)		
СВ 164-11,9	0,2	0,005
Всего одиночных отказов	11,45	0,55
Всего массовых и одиночных отказов	11,9	0,7

Кроме частоты отказов и их продолжительности в качестве показателей надежности элементов сети могут быть приняты удельные продолжительности исключений α ч/(км*год), полученные в результате статистической обработки для СЭС 0,38-110 кВ сельских районов.

Таблица 5

Среднестатистические данные об удельной повреждаемости элементов СЭС [17]

Элементы схемы	α , ч/(км*год)
ВЛ66- 110 кВ (одноцепная)	0,4
ВЛ66 110 кВ (двухцепная)	0,16
ВЛ 35 кВ (одноцепная)	0,7
ВЛ 35 кВ (двухцепная)	0,28
ВЛ 10-15 кВ (одноцепная)	0,9
ВЛ 0,38 кВ (одноцепная)	1,3
Трансформатор подстанции	$T=12$ ч/год

С помощью удельной повреждаемости можно определить число часов перерыва в электроснабжении у потребителей, например, для СЭС 66/15/0,4 кВ:

$$T_{\text{эп}}=T_{\text{вл}}+T_{66/15}+T_{\text{вл}}+T_{15/0,4}+T_{\text{вл}0,4} \quad (4)$$

где $T_{\text{эп}}$ - время перерыва в электроснабжении электроприемника за год, ч; $T_{\text{вл}66}$, $T_{\text{вл}66}$, $T_{\text{вл}0,38}$ - время перерыва электроснабжения за год из-за вероятных отказов ВЛ 66, ВЛ 15 и ВЛ 0,4; $T_{66/10}$ и $T_{15/0,4}$ — электроснабжения за год из-за вероятных отказов подстанций 66/15, 15/0,4.

Анализ существующих распределительных сетей 0.4-132кВ систем электроснабжения Эритреи и анализ существующих распределительных сетей 0.4-66кВ района Гаш Барка показал, что они не удовлетворяют требованиям потребителей по качеству электроэнергии и надежности электроснабжения. Разработана стратегия развития распределительных электрических сетей до 2029г., в которой предложены мероприятия и технические решения, повышающие качество и надежность функционирования систем электроснабжения района Гаш Барка и Эритреи в целом.

Система электроснабжения 0.4–132кВ является большой сложной системой, обладающей характерными свойствами, а также множеством целей функционирования и неопределенной и сходной информацией об электрических нагрузках. Задача оптимизации множества сложных систем решаются многокритериальными методами с учетом неопределенности информации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аламацев Д.Ю., Великанович С.Н. Расчет схем электроснабжения на персональной ЭВМ // Новые промышленные технологии. 1985. №3. С. 28-30.
2. Анализ и управление режимами систем электроснабжения в условиях неопределенности / сб. науч. трудов ново сибирского электротехнического института. Новосибирск, 1990.
3. Брахман Т.Р. Многокритериальность и выбор альтернатив в технике. М.: Радиосвязь, 1984.
4. Будько И.А., Левия М.С. Электроснабжение сельскохозяйственных предприятий и населенных пунктов. М.: Агропромиздат, 1985.
5. Будько И.А., Левин М.С. Электроснабжение сельскохозяйственных предприятий и населенных пунктов: учебное пособие. 2-е изд перераб и дополн. М.: Агропромиздат, 1985.
6. Будько И.А., Левин М.С., Лещинская Т.Б. Выбор сечений проводов распределительных линий с учетом роста нагрузок // Электричество. 1976. №5. С. 71-74.
7. Веников В.А., Веников Г.В. Теория подобия и моделирования. М.: Высшая школа, 1984.
8. Веников В.А. О методах решение многокритериальных оптимизационных задач электроэнергетики с неопределенными величинами // Электричество. 1987. №2. С. 19.
9. ГОСТ 131-97. Нормы качества электроэнергии в системах электроснабжения общего назначения. Минск: Изд-во стандартов, 1998.
10. Ефентьев С.Н. Развитие методики техника экономического анализа при выборе основных параметров электрических сетей с учетом неопределенности исходной информации: автореферат. дисс. .канд. тех. наук. .М., 2004.
11. Интеллектуальные системы труды одиннадцатого между народного симпозиума 2014. / материалы VI Международной научно-практической конференции "Инженерные системы – 2013", посвященной 100-летию юбилею первого ректора РУДН профессора Румянцева. Москва, 24-26 апреля 2013г.
12. Левни М.С., Лещинская Т.Б. Методы теории решений и в задачах оптимизации систем электроснабжения. М.: ВИПКЭнерго, 1989.
13. Лещинская Т.Б. Методы выбора стратегий развития систем ы электроснабжение: дисс... д-ра техн. наук. М., 1990.
14. Лещинская Т.Б. Методы многокритериальной оптимизации системы электроснабжения сельских районов в условиях неопределенности исходной информации. М.: Агроконсалт, 1998.
15. Лещинская Т.Б. Применение методов многокритериального выбора оптимизации электроснабжения сельских районов // Электричество. 2003. №1. С. 14-22.
16. Методика определения народнохозяйственного ущерба от перерывов электроснабжения сельскохозяйственных потребителей. М.: Госагропром, 1987.

17. Методические указания по обеспечению при проектировании нормативных урон надежности электроснабжения сельскохозяйственных потребителей. М.: Сельэнергопроект, 1985.
18. Неклепаев Б.Н. Электрическая часть электростанции и подстанции: справочные материалы для курсового и дипломного проектирования. М.: Энергоатомиздат, 1989.
19. Применение вычислительных машин в энергетике / Веников В.А., Горушкин В.И., Строев В.А. М.: Энергия, 1968.
20. Руководящие работы по проектированию N012. М.: Энергопроект, 1974.

Рецензент: Закирходжа Абдусаттарович Таджиходжаев, доктор технических наук, профессор, зав. сектором технологического развития ЭНЖ «Наука.Мысль».

Berhane Abraha Mongustu
People's Friendship University of Russia
Russia, Moscow
E-mail: avtor@disper.ru

Rationale criteria for assessing the reliability of electricity supply

Abstract. One of the important objectives in the design of electrical systems is the development of differentiated standards for different customers supply. Currently, there are no Eritrea guidance material on specific standards of energy consumption by industry of the national economy. In recent years, a department of regulation and standards of the ministry of industry and minerals, but there is still no developed and established standards in the field of electricity. The article draws on standards and criteria of reliability of power supply networks of the Russian Federation (RF) and the Soviet Union as the state of Eritrea does not have its standards of reliability and power quality standards as well as other developing countries in Asia and Africa. Analysis of the performance reliability of the existing 0.4-66 kV power supply systems and areas of Eritrea Gash Barka rural area has shown that the rules of the reliability and quality of electricity for agricultural consumers are not guaranteed.

Keywords: power supply reliability standards; consumers; rural networks; electricity shortage.

REFERENCES

1. Alematssev D.Yu., Velikanovich S.N. Raschet skhem elektrosnabzheniya na personal'noy EVM // *Novye promyshlennye tekhnologii*. 1985. №3. S. 28-30.
2. Analiz i upravlenie rezhimami sistem elektrosnabzheniya v usloviyakh neopredelennosti / sb. nauch. trudov novo sibirskogo elektrotekhnicheskogo instituta. Novosibirsk, 1990.
3. Brakhman T.R. *Mnogokriterial'nost' i vybor al'ternativ v tekhnike*. M.: Radiosvyaz', 1984.
4. Bud'ko I.A., Leviya M.S. *Elektrosnabzhenie sel'skokhozyaystvennykh predpriyatii i naselennykh punktov*. M.: Agropromizdat, 1985.
5. Bud'ko. I.A., Levin M.S. *Elektrosnabzhenie sel'skokhozyaystvennykh predpriyatii i naselennykh punktov: uchebnoe posobie. 2-e izd pererab i dopoln.* M.: Agropromizdat, 1985.
6. Bud'ko I.A., Levin M.S., Leshchinskaya T.B. *Vybor secheniy provodov raspredelitel'nykh liniy s uchetom rosta nagruzok* // *Elektrichestvo*. 1976. №5. S. 71-74.
7. Venikov V.A., Venikov G.V. *Teoriya podobiya i modelirovaniya*. M.: Vysshaya shkola, 1984.
8. Venikov V.A. *O metodakh reshenie mnogokriterial'nykh optimizatsionnykh zadach elektroenergetiki s neopredelennymi velichinami* // *Elektrichestvo*. 1987. №2. S. 19.
9. GOST 131-97. *Normy kachestva elektroenergii v sistemakh elektrosnabzheniya obshchego naznacheniya*. Minsk: Izd-vo standartov, 1998.
10. Efente'v S.N. *Razvitie metodiki tekhnika ekonomicheskogo analiza pri vybore osnovnykh parametrov elektricheskikh setey s uchetom neopredelennosti iskhodnoy informatsii: avtoreferat. diss. .kand. tekhn. nauk. .M., 2004.*
11. *Intellektual'nye sistemy trudy odinnadtsatogo mezhdunarodnogo simpoziuma 2014. / materialy VI Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Inzhenernye sistemy – 2013", posvyashchennoy 100-letnemu yubileyu pervogo rektora RUDN professora Rumyantseva. Moskva, 24-26 aprelya 2013g.*
12. Levni M.S., Leshchinskaya T.B. *Metody teorii resheniy i v zadachakh optimizatsii sistem elektrosnabzheniya*. M.: VIPKenergo, 1989.
13. Leshchinskaya T.B. *Metody vybora strategiy razvitiya sistem y elektrosnabzhenie: diss... d-ra tekhn. nauk. M., 1990.*
14. Leshchinskaya T.B. *Metody mnogokriterial'noy optimizatsii sistemy elektrosnabzheniya sel'skikh ratsionov v usloviyakh neopredelennosti iskhodnoy informatsii*. M.: Agrokonsalt, 1998.
15. Leshchinskaya T.B. *Primenenie metodov mnogokriterial'nogo vybora optimizatsii elektrosnabzheniya sel'skikh rayonov* // *Elektrichestvo*. 2003. №1. S. 14-22.
16. *Metodika opredeleniya narodnokhozyaystvennogo ushcherba ot pereryvov elektrosnabzheniya sel'skokhozyaystvennykh potrebiteley*. M.: Gosagroprom, 1987.
17. *Metodicheskie ukazaniya po obespecheniyu pri proektirovanii normativnykh uron nadezhnosti elektrosnabzheniya sel'skokhozyaystvennykh potrebiteley*. M.: Sel'energoproekt, 1985.

18. Neklepaev B.N. Elektricheskaya chast' elektrostantsii i podstantsii: spravochnye materialy dlya kursovogo i diplomnogo proektirovaniya. M.: Energoatomizdat, 1989.
19. Primenenie vychislitel'nykh mashin v energetike / Venikov V.A., Gorushkin V.I., StroeV V.A. M.: Energiya, 1968.
20. Rukovodyashchie raboty po proektirovaniyu N012. M.: Energoproekt, 1974.