

УДК 338:621.315
ББК 65.9(2)304.14

**ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ
СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ
КАК ФАКТОР УСТОЙЧИВОГО
ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАРОДНОГО
ХОЗЯЙСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЕЙ**

(на примере г. Худжанда РТ)

**ELEVATION OF RELIABILITY OF
ELECTRICITY SUPPLY SYSTEM AS
A FACTOR OF SUSTAINABLE
PROVISION OF NATIONAL
ECONOMY WITH ELECTRIC
POWER** (on the example of Khujand-
city, Tajikistan Republic)

Тошходжаева Мухайё Исломова,
ассистент кафедры электроснабжения и
автоматики Политехнического
института Таджикского технического
университета (Таджикистан, Худжанд)

Toshkhodjayeva Mukhayo Islomovna,
assistant of the department of electricity supply
and automatics of the Polytechnical Institute
under the Tajik Technical University named
after M.Osimi (Tajikistan, Khujand)
E-MAIL: shukrona14_01_2011@mail.ru

Ключевые слова: качество электроэнергии, ущерб, надежность, линии электропередачи, система электроснабжения, недоотпуск электроэнергии

В работе произведена оценка надежности высоковольтных линий электропередач различного класса напряжений и установлены основные факторы, влияющие на надежность системы электроснабжения. Автор на основе эксплуатационных данных Худжандских городских электрических сетей произвел анализ уровня надежности элементов высоковольтных электрических сетей. Определены показатели надежности элементов электрических сетей с напряжением 6, 10, 35 и 110 кВ, в частности параметр потока отказов за период 2012-2014 гг. Установлены наиболее ненадежные элементы Худжандских городских электрических сетей и причины, приводящие к снижению надежности систем электроснабжения. В статье изложены основные рекомендации, направленные на повышение надежности высоковольтных линий, и перечислены организационно-технические мероприятия по снижению экономического ущерба промышленных предприятий от невыпуска продукции.

Key words: electric power quality, damage, reliability, electro-conveying lines, electric power supply system, reduced power supply

In her article the author makes an assessment of high voltage lines conveying electric power of different classes and establishes principal factors influencing a reliability of electricity supply systems. Proceeding from the exploitation data of Khujand urban electric networks she made the analysis related to reliability indices of the elements of electric networks with the voltage of 6, 10, 35 and 140 kV, particularly, of a parameter of currents failing to operate for the period of 2012 - 2014.

The author elicited the mostly unreliable elements of Khujand urban electric networks and the reasons accounting for a reduction of reliability in regard to electricity supply systems.

Major recommendations aimed at elevation of reliability of high voltage lines are expounded and organizational-technical arrangements in reference to a reduction of economic damage inflicted upon industrial outfits in terms of diminished produce output are enumerated.

Сегодня нашу жизнь невозможно представить без применения электрической энергии. Электрическая энергия используется везде, где требуется применение тепловой, световой, механической энергии, она широко применяется в коммунальной сфере и в быту. Для своевременного и качественного электроснабжения потребителей функционируют энергетические системы, к которым предъявляются высокие требования по надежности, безотказности и качеству предоставляемой электрической энергии.

При ограничении потребления электроэнергии происходят резкие скачки в подаче электричества в энергораспределяющие сети. Следствием таких скачков является перегрузка энергосетей в период подачи, так как абсолютное большинство потребителей стремится в эти моменты использовать поступающую электроэнергию по максимуму. С прекращением подачи энергии в сети в зимний период связано также резкое охлаждение системы, что отнюдь не улучшает качество её работы. В результате на практике энергосбережение путём лимитирования потребляемой электроэнергии проявляется в значительном сокращении срока службы и в выходе из строя энергораспределительных систем. Учитывая тот факт, что большая часть энергосистем Таджикистана создавалась ещё в советский период и к настоящему времени уже превысила сроки своей службы, при продолжении ограничений распределительные сети страны начнут массово выходить из строя [5].

В то же время с каждым годом наблюдается увеличение электрических нагрузок, рост мощностей установок промышленных предприятий, электрификация, автоматизация и информатизация процессов и т.д. Все эти процессы требуют высокой степени надежности электропотребления и качества электроэнергии.

Однако потребность в огромном количестве энергетических установок, необходимость строительства энергетических объектов требуют минимального срока строительства и больших капитальных вложений, отыскания уникальных проектных решений по развитию электроэнергетической системы.

Необходимо согласовать эти, иногда противоречивые, интересы. Рациональное решение может быть найдено только при одновременном рассмотрении вопросов проектирования и эксплуатации. При этом возникает необходимость исследования зависимости и определения соотношения уровня надежности электроснабжения и качества электрической энергии.

Вопрос о рациональном соотношении надежности электроэнергетических объектов и качества вырабатываемой электрической энергии предъявляет к системам электроснабжения значительные требования: это надежность, экономичность, высокое качество электроэнергии, безопасность и экологичность.

В нашей электроэнергетической системе при существующих условиях количество аварийных случаев достигает нескольких сотен в год, а недоотпуск электроэнергии - несколько тысяч кВт-часов. В этом случае поиск возможных путей повышения надежности и качества электрической энергии является первостепенной задачей, как при проектировании электрических сетей, так и при их эксплуатации.

Нарушения нормального функционирования электроэнергетической системы приводят к комплексу отрицательных явлений, которые имеют социально-экономический характер. Перерывы в электроснабжении или некачественная электроэнергия служат причиной недоотпуска продукции, снижения её качества, брака, недоиспользования или перерасхода ресурсов, выхода из строя оборудования, дополнительных расходов, пожаров, взрывов, ощутимых потерь в жизни общества и деятельности экономики. Эти потери называют ущербом. Ущерб - это комплексный экономический показатель надежности электроснабжения потребителей, является одной из важнейших характеристик, которые определяют понятие надежности, качества электроэнергии как экономической категории.

За последние годы в производстве широко применяются автоматизированные процессы, имеется множество технологических циклов, очень чувствительных к качеству электроэнергии. Следовательно, для обеспечения нормальной работы современных установок требования к надежности системы и качеству электрической энергии должны быть высокими. Даже кратковременные или редкие нарушения электроснабжения в вышеупомянутых условиях могут приводить к долговременному расстройству технологического процесса, остановке процесса и другим последствиям.

Нормальные и предельно допустимые значения показателей качества электроэнергии (ПКЭ) в электрических сетях систем электроснабжения общего назначения регламентирует ГОСТ 13109-97. Для потребителей наряду с надежностью электроснабжения важной характеристикой является качество электроэнергии.

Низкое качество электроэнергии отрицательно влияет на технико-экономические характеристики не только приемников, но и всех элементов сети. При понижении или повышении напряжения повышается нагрев элементов сети, увеличиваются потери мощности и электроэнергии, снижается эксплуатационная надежность, сокращается срок службы электродвигателей, трансформаторов, в системе появляются негативные электромагнитные явления.

Обеспечение показателей качества электроэнергии, приемлемых для потребителей, связано с большими денежными затратами. В связи с этим возникает необходимость в объективной оценке способности систем электроснабжения обеспечить бесперебойность работы и подачи электроэнергии при некотором уровне затрат на строительство и эксплуатацию (ремонт и обслуживание). Затраты могут быть сопоставлены с материальным убытком, вызываемым перерывами в подаче электроэнергии. На этой основе принимают решение о выборе способов повышения бесперебойности электроснабжения: резервирование из различных источников, увеличение числа и продолжительности технического обслуживания, повышение его качества и др. Бесперебойность (надежность) электроснабжения промышленного предприятия или отдельного производства оценивают частотой (периодичностью) перерывов в питании, продолжительностью каждого перерыва и их влиянием на экономические показатели работы.

Надежность питания в системе электроснабжения может быть обеспечена необходимым количеством генераторов, трансформаторов, секций шин, питающих линий и средствами автоматики. Проектирование схем электроснабжения начинают с определения электрических нагрузок на отдельных узлах потребления электроэнергии, затем решают вопрос о выборе числа и мощности трансформаторов, после чего переходят к определению количества и пропускной способности линий, связывающих узлы питания с источниками.

Количество аварийных отключений отчетного периода, по данным отдела диспетчерской службы Худжандской городской электрической сети, приведено в таблице 1.

Таблица 1. Количество аварийных отключений в 2012-2014 гг.

Линии электропередач	Расстояние, км	Кол-во отключений в год		
		2012	2013	2014
ВЛ 6 КВ	50,7	73	70	75
КЛ 6 кВ	108,8	156	145	160
ВЛ 10 кВ	161	95	80	91
КЛ 10 кВ	127	75	78	73
ВЛ 35 кВ	20,61	5	4	5
ВЛ 110 кВ	24,9	3	4	3

*Данные из оперативного журнала отдела диспетчерской службы Худжандских городских электрических сетей

Согласно [1], интенсивность отказов за год на 100 км длины ЛЭП определяют по формуле:

$$\omega_i = \frac{n}{l}, \quad (1)$$

где $\omega_{\text{и}}$ – интенсивность отказов за год на 1 км длины ЛЭП, 1/год;

n – количество отключений, шт;

l – длина линии, км.

$$\omega_i = \frac{73}{50,7} = 1,44.$$

Данные об интенсивности отказов за 2012-2014 гг. приведены в таблице 2.

Таблица 2. Интенсивность отказов за 2012-2014 гг.

№	Элемент	Интенсивность отказов		
		2012	2013	2014
1	ВЛ 6 кВ на 1 км длины	1,44	1,38	1,479
2	КЛ 6 кВ на 1 км длины	1,433	0,929	1,47
3	ВЛ 10 кВ на 1 км длины	0,59	0,496	0,565
4	КЛ 10 кВ на 1 км длины	0,59	0,614	0,575
5	ВЛ 35 кВ на 1 км длины	0,24	0,194	0,242
6	ВЛ 110 кВ на 1 км длины	0,12	0,16	0,12

*расчеты автора

Из данной таблицы следует вывод, что кабели 6 кВ имеют сравнительно низкую надежность. Это обусловлено тем, что в период «ограничения» электроэнергии они интенсивно изнашиваются и постепенно теряют работоспособность. Также при прокладке не всегда соблюдаются требования к способу прокладки кабеля. Вместо муфты на кабельных линиях используется сухая заделка, что резко снижает их надежность. Кабели

распределительной сети 6-10 кВ эксплуатируются уже 40-50 лет, они уже морально и физически устарели.

Воздушные линии 6-10-35 кВ тоже не всегда эксплуатируются правильно, основной причиной интенсивной повреждаемости являются многократные переключения в зимний период. Провода резко нагреваются при включении и охлаждаются при отключении, такой процесс повторяется многократно, таким образом, провода теряют свои механические свойства. Редко наблюдается провисание провода, часто - обрыв проводов. Причиной низкой надежности воздушных линий 35 кВ являются в основном неблагоприятные погодные условия, старение изоляторов. Причиной частой повреждаемости воздушных линий 110 кВ являются неблагоприятные погодные условия, перелетные птицы, долгая эксплуатация, старение проводов.

На основе обработки статистических данных установлено, что уровень надежности отдельных элементов электрических сетей города Худжанда по сравнению с нормативными данными ниже в 2-3 раза в связи с тем, что большой срок их эксплуатации превышает допустимые нормативные сроки. Например, выключатели, установленные еще в 70-80 годах прошлого века, нормативный срок эксплуатации которых составляет 25-30 лет, используются по сей день. Кабели, срок эксплуатации которых составляет 15-20 лет, проложенные в 1985 году, используются и сегодня.

В результате анализа сетей 6/10 кВ, которые обеспечивают электроснабжение промышленного города Худжанда, выяснилось, что в зимний период 50 % существующих сетей 6/10 кВ работают в режиме перегрузки, а остальные 50 % воздушных и кабельных линий 6/10 кВ загружены под номинальное значение.

Для обеспечения надежной работы электрических сетей напряжением 6/10 кВ возникает необходимость поэтапной их разгрузки путем реконструкции одноцепных ВЛЭП и перевода их на двухцепные ВЛЭП путем замены существующих проводов сечением А-50 мм² на А-70 мм², а также путем увеличения сечения кабельных линий на большие по существующим стандартам или прокладки новых кабельных линий.

В последние годы, с появлением новых объектов социально-бытового назначения, вводом в эксплуатацию новых малых предприятий, школ, детских садов и других инфраструктур жизнеобеспечения жителей города Худжанда, ежегодно наблюдается прирост электрической нагрузки в объеме 5-10 МВт.

Для повышения надежности параметров системы электроснабжения, предлагается комплекс организационно-технических мероприятий следующего характера:

1) рациональное резервирование за счет выбора независимых источников питания с учетом категорий потребителей, т.е. при параллельной работе трансформаторов коэффициент их загрузки не должен превышать 0,7; использование локальных источников питания, например дизельных генераторов, во время отключения основного источника;

2) применение современных средств автоматизации и телемеханизации для повышения безопасности обслуживания и предотвращения ошибочных действий персонала; современные микропроцессорные средства обеспечивают высокую чувствительность релейной защиты автоматики. Замена устаревших систем автоматики на современные средства не только экономит время обслуживающего персонала, но и предотвращает развитие аварий. Опыт внедрения микропроцессорных устройств за рубежом показал, что они имеют лучшие технико-экономические показатели по сравнению с традиционными системами и требуют меньше трудозатрат на техническое обслуживание.

При использовании микропроцессорных устройств релейной защиты и автоматики в системах электроснабжения наравне с релейно - контактными устройствами особое внимание надо обращать на готовность этой системы к обеспечению электромагнитной системы;

3) необходимо уменьшить число трансформаций, где это возможно, следовательно, повысится экономичность системы за счет уменьшения потерь энергии;

4) обеспечение пожарной безопасности электротехнических устройств и сооружений, т.е. своевременное проведение профилактических работ по устранению неполадок, которые могут стать причиной пожара, всегда хранить в исправном состоянии пожарный инвентарь;

5) снижение насыщения электрических сетей коммутационной аппаратурой, т.к сами аппараты могут быть причиной аварии; т.е, по мере возможности сокращать число коммутационных аппаратов и использовать коммутационные аппараты только по назначению;

6) оптимальная компенсация реактивной мощности. За счет компенсации реактивной мощности можно разгрузить трансформаторы; выработка реактивной мощности на низкой стороне не только уменьшает потери энергии на линиях, но и способствует повышению качества электрической энергии;

7) путем уменьшения времени действия релейной защиты и автоматики повысить динамическую и статическую устойчивость электроэнергетической системы; от устойчивости электроэнергетической системы зависит не только безопасность электроэнергетической сети, но и такие показатели, как ущерб от недоотпуска электроэнергии, ликвидация последствий короткого замыкания;

8) повышение качества электрической энергии. Для снижения асимметрии напряжений необходимо рационально распределить однофазные нагрузки и применить симметрирующие устройства.

Для уменьшения несинусоидальности напряжений (уменьшения высших гармоник) используют следующие средства:

- отдельное питание для потребителей с нелинейной вольт-амперной характеристикой;
- увеличение числа фаз выпрямления; так, при переходе от 6-фазной схемы к 12-фазной схеме выпрямления несинусоидальность напряжений сети уменьшается примерно в 1,4 раза;

- фильтры высших гармоник, которые в то же время являются и источниками реактивной мощности, т.е. могут использоваться для компенсации реактивной мощности;

9) совершенствование конструкций и материалов, из которых изготавливают электрооборудование для систем электроснабжения;

10) применение перегрузочной способности элементов системы электроснабжения, которая обеспечивает надежное питание потребителей. Режимы перегрузки важны при повреждениях или отключениях линий, трансформаторов, секций, шин, отдельных аппаратов;

11) совершенствование технического обслуживания: оптимизация периодичности и глубины капитальных ремонтов, снижение продолжительности аварийных ремонтов;

12) путем повышения качества ремонта оборудования снизить затраты труда и материальных средств на ремонт, что увеличивает межремонтные сроки, снижает затраты

труда и материальных средств. Необходимо обратить особое внимание на квалификацию и уровень практической подготовки обслуживающего персонала;

13) выбор оптимального времени вывода оборудования на ремонт, т.е. совмещение планово-предупредительного ремонта с ремонтом технологического оборудования;

14) повышение качества и уровня эксплуатации электрооборудования. Таким образом, можно заключить, что рассматриваемая электроэнергетическая система нуждается в реконструкции, и все вышеперечисленные мероприятия способствуют снижению затрат на реконструкцию и модернизацию электроэнергетических сетей, следовательно, повышают надежность питающих и распределительных сетей, способствует снижению потерь электрической энергии и повышению качества поставляемой электроэнергии.

Список использованной литературы:

1. Грановский В.А., Сирая Т.Н. Методы обработки экспериментальных данных при измерениях. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1990. – 288 с.
2. Двоскин Л.И. Схемы и конструкции распределительных устройств. Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Энергия, 1974. – 224 с
3. Синягин Н.Н., Афанасьев Н.А., Новиков С.А. Система планово-предупредительного ремонта оборудования и сетей промышленной энергетики. Изд. 3-е, перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 448 с.
4. Правила устройства электроустановок. 6-е издание. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 648 с.
5. Собирова Ш.Р. Приоритетные направления развития энергетического комплекса Таджикистана//Вестник ТГУПБП -2014-№5(61)-126-135 с.
6. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию. / В 2-х томах. Под общ. ред. А.А. Федорова. Т.1. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 568 с.
7. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию. В 2-х томах. Под общ. ред. А.А. Федорова. Т.2. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 592 с.

Reference Literature:

1. Granovsky V.A., Siraya T.N. Methods of Working off Experimental Data under Measurements. – L.: Energoatomizdat, Leningrad section, 1990. – 288 pp.
2. Dvoskin L.I. Schemes and Constructions of Distributive Systems. The 2-nd edition, revised and enlarged. – M.: Energy, 1974. – 224 pp.
3. Sinyaghin N.N., Afanasyev N.A., Novikov S.A. The System of Planned Preventive Repair of Equipment and Industrial Energetics Networks. The 3-d edition, revised and enlarged. – M.: Energoatomizdat, 1984. – 448 pp.
4. Rules of Establishment of Electric Installations. The 6-th edition. – M.: Energoatomizdat, 1986. – 648 pp.
5. Sobirova Sh. R. Priority Streamlines of the Development of Tajikistan Energetic Complex // Bulletin of TSU LBP. 2014, № 5 (61) – pp. 126-135.
6. Reference-book on Electricity Supply and Electric Equipment. In 2 volumes. Under general editorship of A.A. Fyodorov. V.I. – M.: Energoatomizdat, 1986. – 568 pp.
7. Reference-book on Electricity Supply and Electric Equipment. In 2 volumes. Under general editorship of A.A. Fyodorov. V.I. – M.: Energoatomizdat, 1987. – 592 pp.