

# Повышение энергоэффективности распределительной сети путем рассмотрения перехода действующих распределительных сетей на класс напряжения 20 кВ

<sup>1</sup>\*БАЛТИН Алишер Талғатулы, докторант, ассистент, baltin2016@mail.ru,

<sup>1</sup>ТАТКЕЕВА Галина Галимзяновна, д.т.н., зав. кафедрой, tatkeeva@mail.ru,

<sup>1</sup>АСАИНОВ Гибрат Жоламанович, PhD, старший преподаватель, asainovgibrat@gmail.com,

<sup>1</sup>Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, Казахстан, Нур-Султан, пр. Женис, 62,

\*автор-корреспондент.

**Аннотация.** С точки зрения энергоэффективности наиболее приемлемым является переход действующих электрических сетей 10 кВ на номинальное напряжение 20 кВ, так как проблема увеличения концентрации электрических нагрузок в крупных мегаполисах поднимает вопрос повышения уровня напряжения и как следствие, пропускной мощности электросетевого оборудования. В этой статье рассмотрен вопрос об электрических потерях, который послужил к пересмотру класса напряжения 20 кВ для энергетической системы. Это дает объективно и точно выбирать уровень напряжения для распределительной сети среднего напряжения. Для обеспечения критериев энергосбережения рассмотрены также вопросы о недостатках предлагаемой сети. Кроме того, в статье приведены результаты потерь электрической энергии для трех классов напряжения (6, 10 и 20 кВ). Сравнительный анализ потерь электроэнергии в районных электрических сетях при различных напряжениях (6, 10, 20 кВ) показал, что распределительные сети 20 кВ при одном и том же сечении, по сравнению с сетями 6 и 10 кВ, имеют меньшие потери и большую пропускную производительность.

**Ключевые слова:** электрические сети, напряжение 20 кВ, потери электрической энергии, качество электрической энергии, энергоэффективность, энергосбережение, пропускная способность, плотность энергетической нагрузки, электроснабжение, сети среднего напряжения, распределительная сеть.

## Введение

Согласно утверждению о Концепции создания топливно-энергетического сектора Республики Казахстан до 2030 года ключевой целью разработки и принятия Концепции является обеспечение сбалансированного и устойчивого развития электроэнергетической ветви Республики Казахстан с учетом стратегических интересов страны, которое требует принимать во внимание необходимость в обеспечении дальнейшего экономического подъема, повышение качества жизни населения и укрепление энергетической безопасности страны. На протяжении последнего времени к вопросу увеличения энергоэффективности и энергосбережения в Республике Казахстан уделяется пристальное внимание. Так, в 2012 году был узаконен законопроект «Об энергосбережении и повышении энергоэффективности» и «О внесении изменений и дополнений в некоторые законодательные акты Республики Казахстан по вопросам энергосбережения и повышения энергоэффективности» [1].

Задачей рассматриваемой статьи является перспектива перехода действующих распределительных сетей на новый класс напряжения 20 кВ, и поскольку это дает большие преимущества со стороны энергоэффективности перед традиционным классом напряжения, то вопрос перехода действующих электрических сетей 10 кВ на номинальное напряжение 20 кВ является актуальным в нынешнее время.

Основной задачей строительства сети 20 кВ является увеличение пропускной способности распределительной сети среднего напряжения, увеличение радиуса покрытия энергоустановок потребителей, сокращение потерь электрической сети, повышение качества напряжения в распределительной сети среднего напряжения, уменьшение стоимости затрат на сооружение электрической сети [2].

С увеличением плотности энергетической нагрузки в больших городах распределительная сеть 20 кВ становится тенденцией в распределительных сетях среднего напряжения. С точки зре-

ния планирования электросетей, учитываются посредством сравнительного анализа показатели, такие как степень напряжения, мощность короткого замыкания, пропускная способность подстанции, линейные коридоры и расположение подстанций, площадь земельного участка, инвестиционные затраты, технико-экономические показатели распределительной сети и т.д. [3].

С увеличением плотности электрической нагрузки в городе распределительная сеть 20 кВ становится тенденцией в распределительных сетях среднего напряжения [4].

Для разработки метода оценки распределительной сети среднего напряжения, в которой учитываются режимы электроснабжения, сравниваются соответствующие преимущества линий электропередачи 10 кВ и 20 кВ в электроснабжении [5].

Применение 20 кВ в распределительной системе доказало свою целесообразность в условиях быстрого роста плотности нагрузки в городских районах [6].

В настоящее время проводятся исследования по расширению масштабов преобразования сетей до уровня 20 кВ. Удвоение напряжения в сети означает, что кабель с определенным поперечным сечением, подходящий для 20 кВ, может распределять вдвое больше мощности [7].

Количество сетей 10-35 кВ со сроком эксплуатации более 25 лет составляет не менее 60%, а в ряде регионов этот показатель приближается к 80%. Сети устарели морально и физически. Недостатками устаревших сетей являются: износ несущих конструкций, высокие технические потери, несоответствие сечений проводов существующим нагрузкам [8].

#### Материалы и методы исследований

Для преобразования нынешних сетей 10 кВ на сети 20 кВ в Республике Казахстан требуется реализация ряда необходимых критерий:

1. Разработка технико-нормативной базы.

2. Присутствие питающих подстанций на соответствующий класс напряжения и оборудования на 20 кВ.

3. Создание доктрины о развитии сетей 20 кВ на территории определенного мегаполиса. Реализация технико-экономического проекта для построения сетей.

4. Наличие на рынке специализированного оборудования и кабельной продукции 20 кВ.

В настоящее время одним из положений повышения энергоэффективности электроснабжения потребителей является мировой опыт в переводе распределительных сетей 10 кВ на более высокий класс напряжения 20 кВ, так как проблема увеличения интенсивности электрических нагрузок в густонаселенных городах страны поднимает вопрос повышения уровня напряжения, и, как следствие, пропускной способности электросетевого оборудования. Если для Республики Казахстан этот опыт является вступительным, европейские страны начали использовать данную тенденцию со второй половины XX века, а некоторые города РФ начали частично переводить электрическую сеть 20 кВ в г. Москве в начале 2000-х г., так, например, строительство Московского международного делового центра (ММДЦ) «Москва-Сити».

Величина номинальных средних напряжений в различных странах мира представлена на таблице 1 [9].

Областью использования сетей 20 кВ в настоящее время считаются районы с повышенной насыщенностью нагрузки, схемы электроснабжения удаленных потребителей. Несмотря на то, что изучение распределительных сетей напряжением 20 кВ начато с середины прошлого века, однако повсеместное создание и развитие класса 20 кВ дало импульс только с начала 2000-х годов.

Город Нур-Султан в Казахстане на данный момент является центром использования сети напряжением 20 кВ для производственных и жилых объектов. Самым главным критерием внедрения данного класса напряжения послужила пропускная способность этих сетей по сравнению с сетями 10 кВ, где плотность населения высокая и требует большой пропускной способности. Очевидно, что кабели, металлические основания и потери для сетей 20 кВ являются индивидуальными, по сравнению с сетями 10 кВ. Сокращение потерь элек-

Таблица 1 – Величина номинальных средних напряжений в разных странах мира

Страна	Величина номинальных средних напряжений, кВ						
	1 и 2 кВ	3 кВ	6 кВ	10 кВ	15 кВ	20 кВ	35 кВ
Казахстан	1	3	6	10		20	35
Россия	1	3	6	10		20	35
Франция		3,2	5,5	10	15	20	30
Германия	1 и 2	3	6	10	15	20(27)	30
США	2 и 4		4,8(7,8)	12	14,4	23	31,5
Бельгия		3	6	10	15	20	30
Чехия		3	6	10	15	20(22)	30(35)

трической энергии и, соответственно, уменьшение эксплуатационных затрат позволит окупить вспомогательные финансовые вложения в сеть 20 кВ по сравнению с сетями 10 кВ.

#### Обоснование выбора распределительных сетей 20 кВ

Дефектами устаревших сетей являются: состаривание несущих конструкций, высочайшие технические потери, несоответствие сечений проводов по имеющимся нагрузкам. Данная проблематика актуальна для потребителей, которые несут основные финансовые затраты на технические потери, что можно было бы уменьшить путем перехода на новый класс напряжения. На основании исследований, которые представлены в таблице 2, приведены значения потерь электрической энергии по отношению к ее количеству, поступившей в сеть. На основании полученных результатов при переходе с напряжения 6 кВ, 10 кВ на 20 кВ экономия электроэнергии составляет до 15-20% [10].

Детальный анализ потерь электроэнергии в районных электрических сетях при различных напряжениях (6, 10, 20 кВ) показал, что распределительные сети 20 кВ при одном и том же сечении, по сравнению с сетями 6 и 10 кВ, имеют меньшие потери и большую пропускную способность. В данной таблице представлены воздушные и кабельные линии разных марок, таких как АС, АПвПБ и СБл.

Основываясь из вышеперечисленных данных, потери в распределительных сетях 20 кВ, по сравнению с сетями 6 и 10 кВ, для всех ВЛ, КЛ ниже для всех сечений. Это одно из преимуществ перехода на данный класс. Но имеются недостатки для сетей 20 кВ, такие как более высокая ценовая стоимость для оборудования, что значительно увеличивается за счет капиталовложения в замену силовых трансформаторов на подстанции и

реконструкцию оборудования низкого напряжения, где напряжение 10 кВ, в кабельные линии и постройку новых ТП-20/0,4 кВ в густонаселенных районах города. Несмотря на все минусы, предлагаемая сеть позволяет нарастить пропускную способность распределительных сетей как минимум в 2-2,5 раза на границах той же зоны, уменьшить количество трансформаторных подстанций, увеличить качество электрической энергии и бесперебойность систем электроснабжения.

#### Обсуждение и выводы

Инновационный мировой опыт в создании электрических сетей подтверждает стремление многих цивилизованных стран к вводу более высоких классов напряжения в распределительной сети, что позволит ограничить масштаб потребления цветного металла в производстве, уменьшить затраты энергии на стороне низкого напряжения.

В заключение можно отметить то, что вопросу совершенствования энергоэффективности и энергосбережения в нашей стране уделяется особое внимание. Энергосбережение и повышение энергоэффективности – прежде всего реализация разных мероприятий, направленных на уменьшение объема используемых энергетических ресурсов в Республике Казахстан.

Использование напряжения 20 кВ в распределительных сетях позволит достичь более высокой планки электроснабжения городских потребителей в Республике Казахстан, усилить пропускную способность, по сравнению с сетями 6-10 кВ, границы той же местности, уменьшить численность трансформаторных мощностей между подстанциями, увеличить качество электроэнергии и надёжность функционирования систем электроснабжения. В данной работе для достижения оптимальности и наглядности были показаны сравнительные материалы по трем классам на-

Таблица 2 – Приведенные потери электрической энергии

Сечение питающей линии, мм <sup>2</sup>	Потери электрической энергии к количеству электроэнергии, поступившей в сеть, %								
	6 кВ			10 кВ			20 кВ		
	ВЛ (АС)	КЛ (АПвПБ)	КЛ (СБл)	ВЛ (АС)	КЛ (АПвПБ)	КЛ (СБл)	ВЛ (АС)	КЛ (АПвПБ)	КЛ (СБл)
25	5,88	6,41	3,79	2,12	2,31	1,37	0,59	0,58	0,347
35	3,98	4,58	2,72	1,47	1,65	0,98	0,36	0,41	0,24
50	3,05	3,21	1,89	1,09	1,15	0,68	0,27	0,286	0,17
70	2,16	2,29	1,31	0,78	0,87	0,47	0,19	0,21	0,12
95	1,54	1,69	1,00	0,56	0,61	0,36	0,14	0,15	0,09
120	1,25	1,34	0,79	0,45	0,48	0,28	0,11	0,12	0,07
150	1,05	1,07	0,72	0,38	0,38	0,26	0,09	0,09	0,06

где ВЛ – воздушная линия; КЛ – кабельная линия; АС – сталеалюминевый провод; АПвПБ – А – алюминиевая токопроводящая жила, Пв – изоляция жил из сшитого полиэтилена, Б – броня из двух стальных оцинкованных лент, П – оболочка из полиэтилена; СБл – С – Свинцовая оболочка, Б – Броня из двух стальных лент, л – в подушке под броней имеется слой из пластмассовых лент.

пряжения для трех разных марок кабелей. Совокупность преобладающих факторов даёт понимание, что реализация сетей класса 20 кВ при новом строительстве объектов энергетики в густонаселенных районах мегаполиса позволит ре-

шить вопрос со снижением потерь в распределительных сетях и повысить энергоэффективность питающих сетей, к чему стремится Республика Казахстан.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Об утверждении Концепции развития топливно-энергетического комплекса Республики Казахстан до 2030 года. – ИПС «Әділет» (zan.kz).
2. Рашевская Марина Александровна, канд. техн. наук, Блинов Сергей Александрович // Развитие сетей 20 кВ – ISSN: 2524-0986 номер: 7-2 (63) год: 2020. С. 108-112.
3. Dong-sheng Shu; Ru-jing Qin; Ming-yue Jiang; Tian-hua Wang. – The discussion of rising voltage to 20 kV in urban distribution network. – 2008 China International Conference on Electricity Distribution, CIGRE 2008 5211674.
4. Shu, DS (Shu Dong-sheng) 1Qin, RJ (Qin Ru-jing) 2Jiang, MY (Jiang Ming-yue) 2Wang, TH (Wang Tian-hua). – Study on the 20kV distribution network planning Based on load prediction. – 2012 Asia-Pacific power and energy engineering conference (APPEEC).
5. Liao, G., Yang, G., Xie, X., Hou, Y. – Influences of power supply modes on techno-economic performance of medium-voltage distribution network. – Dianwang Jishu / Power System Technology 35(3), С. 113-118.
6. Huang, L., Cheng, H.-Z., Ouyang, W., (...), Wu, Z., Dong, Z.-W. – 220/20 kV power supply scheme in high load density urban areas-Dianli Xitong Baohu yu Kongzhi / Power System Protection and Control 37(20), С. 1-6.
7. B. Kers; H. Vergnes; E. Coster; J. van Gelderen – Grid planning in the midst of several existing voltage levels – IEEE International Conference on Intelligent Robots and Systems 4059283, С. 5382-5387.
8. Садохин А.И., Садохина М.А., Герасимов Д.О., Суслов К.В. Электрические сети 20 кВ: преимущества и недостатки // Конференция – Электроэнергетика глазами молодежи. 19-23 сентября 2016 года. – Казань, 2016.
9. Стандарты напряжений и частот в разных странах. – Википедия (wikipedia.org).
10. Соснина Е.Н., д.т.н., доцент. Применение напряжения 20 кВ для распределительных электрических сетей России // Вестник НГИЭИ. 2015. Выпуск 4(47). С. 6-9.

### **Қолданыстағы тарату желілерін 20 кВ кернеу класына ауыстыру туралы мәселені қарау арқылы тарату желісінің энергия тиімділігін арттыру**

<sup>1</sup>**\*БАЛТИН Алишер Талғатұлы**, докторант, ассистент, [baltin2016@mail.ru](mailto:baltin2016@mail.ru),

<sup>1</sup>**ТАТКЕЕВА Галина Галимзяновна**, т.ф.д., кафедра меңгерушісі, [tatkeeva@mail.ru](mailto:tatkeeva@mail.ru),

<sup>1</sup>**АСАИНОВ Ғибрат Жоламанұлы**, PhD, аға оқытушы, [asainovgibrat@gmail.com](mailto:asainovgibrat@gmail.com),

<sup>1</sup>С. Сейфуллин атындағы қазақ агротехникалық университеті, Қазақстан, Нұр-Сұлтан, Жеңіс даңғылы, 62,

\*автор-корреспондент.

**Аңдатпа.** Энергия тиімділігі тұрғысынан қолданыстағы 10 кВ электр желілерін 20 кВ кернеу класына ауыстыру неғұрлым қолайлы болып табылады, өйткені ірі қалаларда электр жүктемелерінің тығыздығын арттыру проблемасы кернеу деңгейін және соның салдарынан электр желілік жабдықтың өткізу қабілетін арттыру мәселесін көтереді. Мақалада электр желілері үшін 20 кВ кернеудің жаңа класын қайта қарауға қызмет еткен электр шығындары туралы мәселе қарастырылған. Бұл орташа кернеулі тарату желісі үшін кернеу деңгейін объективті және дәл таңдауға мүмкіндік береді. Энергия тиімділігі критерийлерін қамтамасыз ету үшін ұсынылған желінің кемшіліктері туралы мәселелер де қаралды. Сонымен қатар, мақалада кернеудің үш класы үшін (6, 10 және 20 кВ) электр энергиясының жоғалу нәтижелері келтірілген. Әр түрлі кернеулерде (6, 10, 20 кВ) аудандық электр желілеріндегі электр энергиясының шығынын салыстырмалы талдау 20 кВ тарату желілері бірдей қимада 6 және 10 кВ желілермен салыстырғанда аз шығындарға және үлкен өткізу қабілетіне ие екенін көрсетті.

**Кілт сөздер:** электр желілері, кернеуі 20 кВ, электр энергиясының жоғалуы, электр энергиясының сапасы, энергия тиімділігі, энергия үнемдеу, өткізу қабілеті, энергия жүктемесінің тығыздығы, электрмен жабдықтау, орташа кернеулі желілер, тарату желісі.

### **Improving the Energy Efficiency of the Distribution Network by Considering the Transition of Existing Distribution Networks to a Voltage Class of 20 kV**

<sup>1</sup>**\*BALTIM Alisher**, doctoral student, Assistant, [baltin2016@mail.ru](mailto:baltin2016@mail.ru),

<sup>1</sup>**TATKEYEVA Galina**, Dr. of Tech. Sci., Head of Department, [tatkeeva@mail.ru](mailto:tatkeeva@mail.ru),

<sup>1</sup>**ASSAINOV Gibrat**, PhD, Senior Lecturer, [asainovgibrat@gmail.com](mailto:asainovgibrat@gmail.com),

<sup>1</sup>S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University, Kazakhstan, Nur-Sultan, Zhenis Avenue, 62,

\*corresponding author.

**Abstract.** *The article from the point of view of energy efficiency, the most acceptable is the transition of existing 10 kV electric networks to a voltage class of 20 kV, since the problem of increasing the density of electrical loads in large cities raises the issue of increasing the voltage level and, as a consequence, the capacity of power grid equipment. This article discusses the issue of electrical losses, which led to the revision of a new voltage class of 20 kV for electrical networks. This makes it possible to objectively and accurately select the voltage level for the medium voltage distribution network. In order to ensure energy efficiency criteria, questions about the disadvantages of the proposed network are also considered. In addition, the article presents the results of electrical energy losses for three voltage classes (6, 10 and 20 kV). A comparative analysis of electricity losses in district electric networks at different voltages (6, 10, 20 kV) showed that 20 kV distribution networks with the same cross-section have lower losses and greater throughput compared to 6 and 10 kV networks.*

**Keywords:** *electric networks with a voltage of 20 kV, losses of electric energy, quality of electric energy, energy efficiency, energy saving, throughput, energy load density, power supply, medium voltage networks, distribution network.*

## REFERENCES

1. On approval of the concept of development of fuel and energy complex of the Republic of Kazakhstan until 2030. – ILS «Adilet» (zan.kz).
2. Rashevskaya Marina Aleksandrovna, Cand. Tech. Sciences, Blinov Sergey // Development of a network of 20 kV-ISSN: 2524-0986 number: 7-2 (63) year: 2020. pp. 108-112.
3. Dong-sheng Shu; EN-jing Qin; Ming-yue Jiang; Tian-hua Wang. – The discussion of the rising voltage to 20 kV distribution network in urban. – 2008 China International Conference on Electricity Distribution, CIGRE 2008 5211674.
4. Shu, DS (Shu Dong-sheng) 1Qin, RJ (EN Qin-jing) 2Jiang, MY (Jiang Ming-yue) 2Wang, TH (Wang Tian-hua). – Study on the 20kV distribution network planning Based on load prediction. – 2012 Asia-Pacific power and energy engineering conference (APPEEC).
5. Liao, G., Yang, G., Xie, X., Hou, Y. – Influences of power supply modes on the techno-economic performance of medium-voltage distribution network. – Dianwang Jishu / Power System Technology 35(3), pp. 113-118.
6. Huang, L., Cheng, H.-Z., Ouyang, W., (...), Wu, Z., Dong, Z.-W. – 220/20 kV power supply scheme in high load density urban areas-Dianli Xitong Baohu yu Kongzhi / Power System Protection and Control 37(20), pp. 1-6.
7. B. Kers; H. Vergnes; E. Coster; J. van Gelderen. – Grid planning in the midst of several existing voltage levels. – IEEE International Conference on Intelligent Robots and Systems 4059283, pp. 5382-5387.
8. Sadokhin A.I., Sadokhina M.A., Gerasimov D.O., Suslov K.V. Electric networks of 20 kV: advantages and disadvantages // Conference – Electric power industry through the eyes of youth. September 19-23, 2016. – Kazan, 2016.
9. Voltage and frequency standards in different countries. – Wikipedia (wikipedia.org).
10. Sosnina E.N., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor. Application of 20 kV voltage for distribution electric networks of Russia // Bulletin of the NGIEI. 2015. Issue 4(47). pp. 6-9.