

**DOI:10.26104/NNTIK.2022.29.38.008**

*Бокоева Ж.А., Жусубалиева Б.К.*

**БИШКЕК ШААРЫНЫН БӨЛҮШТҮРҮҮЧҮ ЭЛЕКТР  
ТАРМАКТАРЫНДАГЫ 6 КВ ЧЫҢАЛУУСУН 20 КВ ЧЫҢАЛУУГА  
ӨТКӨРҮҮНҮН БЫЛАЙЫКТУУЛУГУН БААЛОО**

*Бокоева Ж. А., Жусубалиева Б.К.*

**ОЦЕНКА ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПЕРЕВОДА НАПРЯЖЕНИЯ  
6 КВ НА НАПРЯЖЕНИЕ 20 КВ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ  
ЭЛЕКТРОСЕТЕЙ ГОРОДА БИШКЕК**

*Zh. Bokoeva, B. Jusubalieva*

**ASSESSMENT OF THE FEASIBILITY OF TRANSFERRING THE  
VOLTAGE OF 6 KV TO THE VOLTAGE OF 20 KV OF THE DISTRIBUTION  
ELECTRICAL NETWORKS OF THE CITY OF BISHKEK**

УДК: 621.311(316)/504.5 (575.2) (04)

город Бишкек, напряжение.

Макалада Бишкек шаарынын бөлүштүрүүчү электр тармактарынын (РЭТ) 6 кВ чыңалуусун 20 кВ чыңалууга которуунун ылайыктуулугу каралган. Бөлүштүрүүчү электр тармактарынын негизги көйгөйлөрү болуп электр энергиясынын сапатынын төмөндүгү, электр менен жабдуунун ишенимдүүлүгүнүн төмөндүгү, электр жабдуулардын эскириши, электр энергиясынын жоготуулары жогорку деңгээлде экени эсептелинет. РЭТтерде 6-10 кВ чыңалууларына салыштырмалуу 20 кВ чыңалууну колдонуунун негизги артыкчылыктары келтирилген. 20 кВ чыңалуу классын колдонуу электр энергиясынын жоготууларын азайтууга, линиялардын өткөрүү жөндөмдүүлүгүн жогорулатууга, көмөкчордондордун тейлөө диапазонун көбөйтүүгө, чукул туташуу токторунун деңгээлин азайтууга ж.б. алып келет. 6, 10 жана 20 кВ бөлүштүрүүчү электр тармактарындагы аба жана кабельдик чубалгылар үчүн электр энергиясынын жүктөлүүдөгү жоготууларынын салыштырма эсептөөлөрүнүн жыйынтыктары келтирилген.

**Негизги сөздөр:** ишенимдүүлүк, электр энергия, өткөрүү жөндөмдүүлүгү, электр тармагы, камсыздоо системасы, Бишкек шаары, чыңалуу.

В статье рассмотрена целесообразность перевода напряжения 6 кВ на напряжение 20 кВ распределительных электрических сетей (РЭС) г. Бишкек. Основными проблемами распределительных электросетей являются низкое качество электроэнергии, низкая надежность электроснабжения, высокая изношенность оборудования, высокий уровень сетевых потерь электроэнергии. Приведены основные преимущества применения напряжения 20 кВ по сравнению с напряжением 6–10 кВ РЭС. Применение класса напряжения 20 кВ позволяет сократить потери электрической энергии, увеличивает пропускную способность линий, увеличивает дальности обслуживания подстанций, снижает уровни токов КЗ и др. Приведены результаты сравнительных расчетов нагрузочных потерь электрической энергии в воздушных и кабельных линиях 6, 10 и 20 кВ.

**Ключевые слова:** надежность, электричество, пропускная способность, электрическая сеть, система снабжения,

The article considers the expediency of transferring a voltage of 6 kV to a voltage of 20 kV of distribution electric networks of the city of Bishkek. The main problems of distribution power networks are low quality of electricity, low reliability of power supply, high wear and tear of equipment, and high level of network losses of electricity. The main advantages of using a voltage of 20 kV compared with a voltage of 6-10 kV of the distribution electric networks are given. The use of a voltage class of 20 kV reduces the loss of electrical energy, increases the capacity of the lines, increases the service range of substations, reduces the levels of short-circuit currents, and others. The results of comparative calculations of load losses of electrical energy in overhead and cable lines of 6, 10 and 20 kV are presented.

**Key words:** reliability, electricity, capacity, electrical network, supply system, Bishkek city, voltage.

Существующая система электроснабжения (СЭС) г. Бишкек, сложившаяся за последние 50 лет, отражает этапы расширения площадей города и увеличения численности их населения, постепенного роста промышленности и сети различных организаций и учреждений. Вокруг города появились жилые массивы с населением более 500 тыс. человек. Интенсивно увеличивается электропотребление как в бытовом секторе, так и в промышленном. Одновременно развиваются и электрические сети.

Систематически увеличивается расход электроэнергии на бытовые нужды городского населения в результате все большего насыщения электробытовыми приборами. Наряду с этим в новых жилых домах повышенной этажности в настоящее время устанавливаются электрические отопление, напольные электроплиты для приготовления пищи, в результате этого годовое электропотребление семьи возрастает примерно в 2-2,5 раза.

Как показывает изучение конфигурации распределительных сетей и трансформаторных подстанций (ТП), в центральной части г. Бишкек преобладают понизительные подстанции 35/6 кВ и соответственно кабельные сети и ТП 6 кВ. В настоящее время суммарная протяженность кабельных сетей с учетом кабельных вводов 0,38-10 кВ по г. Бишкек приближается к 1700 км, из которых 61,3% приходится на долю кабельных линий 6-10 кВ, а на долю 0,38 кВ – 38,7%. Подстанции с напряжением 35/6кВ - 11 шт., что составляет 78,5% от общего количества подстанций имеющих напряжение 35/6 кВ по г. Бишкек. Количество трансформаторных подстанций имеющих напряжение 6/0,4 кВ по г. Бишкек составляет 9% от общего количества трансформаторов с напряжениями 10(6)/0,4 кВ г. Бишкек. Значительное число кабельных линий 0,38-10 кВ и трансформаторов 6-10 кВ, находящихся в эксплуатации более 50 лет, по срокам естественного старения изоляции исчерпало свой ресурс [1].

Если в центральной части города электрические сети развивались постепенно путем прокладки новых кабельных линий и установки дополнительных трансформаторных подстанций 6/0,4 кВ, связанных с существующими подстанциями и распределительными пунктами 6 кВ, то в жилмассивах построены новые линии и подстанции 10 кВ. Конфигурация электрических сетей центральной части города из-за бессистемного наращивания таковы, что в большинстве случаев преобладают длинные кабельные линии, проложенные 40-50 лет назад, которые близки к исчерпанию ресурса изоляции, из-за чего имеют за последнее десятилетие повышенную повреждаемость что приводит к низкому уровню энергоэффективности и надежности распределительных электросетей.

Другая особенность электросетей г. Бишкек – это преобладание числа трансформаторов напряжением 6 кВ (68,6%), проработавших 50 лет и более лет, что является одним из источников значительных технических потерь мощности и энергии, которые существенно выше, чем у трансформаторов напряжением 10 кВ. Это наглядное свидетельство физического старения кабелей и трансформаторов 6-10 кВ [1].

Основным недостатком электрической сети центральной части г. Бишкек является то, что они имеют напряжение 6 кВ и это обуславливает повышенные потери мощности и напряжения. Ориентировочные оценки показывают, что потери мощности и энергии в трансформаторах и линиях 6 кВ при существующих нагрузках в 1,7 раза выше, чем потери в линиях и трансформаторах 10 кВ.

Существующие в настоящее время распределительные сети электроснабжения г. Бишкек не в состоянии обеспечить необходимую пропускную способность и нуждаются в модернизации сетей [1].

Модернизация электросетей г. Бишкек должна предусматривать, по существу, построение распределительных сетей по новому принципу с максимальным использованием преимуществ петлевых, полузамкнутых и многолучевых сетей с глубокой автоматизацией.

Учитывая все вышеизложенное и учитывая результаты исследований проведенные нами, одним из решений имеющихся проблем в распределительных электрических сетях г. Бишкек, является необходимость замены электрооборудования, внедрение инновационных технологий, позволяющих обеспечить условия для снижения потерь электрической энергии, увеличения пропускной способности и повышения эффективности их функционирования. При этом целесообразен отказ от напряжения 6 кВ с переходом на более высокое напряжение 20 кВ.

Передача электроэнергии на номинальном напряжении 20 кВ имеет положительный опыт во многих развитых странах мира как Германия, Франция, Австрия, Италия, Болгария, Чехия, Япония, Финляндия, США, Россия [2]. Опыт этих стран определяет следующие преимущества напряжения 20 кВ по сравнению с напряжениями 6-10 кВ [3,4]:

1. Большая пропускная способность электропередачи при тех же существующих сечениях линий;
2. Разгрузка линий и ТП 6 -10 кВ и устранение дефицита мощности;
3. Уменьшение потери ЭЭ [5].
4. Меньшая стоимость прокладки линий по сравнению со стоимостью линий 6(10) кВ.
5. Увеличение радиус обслуживания подстанций и дальность передачи электроэнергии;
6. Сокращение число крупных проходных подстанций;
7. Уменьшение площади, (подстанция занимает практически вдвое меньшую площадь, чем подстанция 10 кВ) [6].

При этом следует отметить и недостатки перевода распределительных электросетей города с 6 кВ на 20 кВ, которые связаны с большими затруднениями технического, экономического и социального характера, решение которых требуют неординарного подхода. Внедрение напряжения 20 кВ потребует колоссальных затрат и замену тысяч километров КЛ, трансформаторов и другого оборудования. Стоимость КЛ 20 кВ в 1,8-2,3 раза больше, чем кабелей 10 кВ за счет наличия в них освинцованных жил [2].

Мы провели сравнительный анализ потери электроэнергии для кабельных и воздушных линий электропередачи для напряжений (6, 10, 20 кВ) схема участка сети которого показана на рисунке 1 [4].

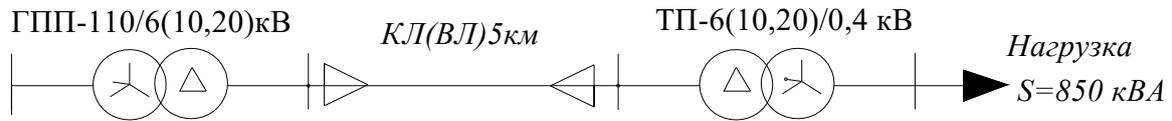


Рис. 1. Схема сети. ТП 6 (10,20)/0,4 кВ получает питание от ГПП 110/6(10, 20) кВ.

Для сравнения рассматривали воздушные сталеалюминиевые провода марки АС и кабельные линии с изоляцией из сшитого полиэтилена марки АПВБП. Нагрузочные потери электроэнергии определяем по формуле (1):

$$\Delta W_{\max} = 3 \cdot I^2 \cdot \tau \cdot R_{\text{лен}}, \quad (1)$$

где  $R$  – эквивалентное сопротивление линии,  $I_{\max}$  – максимальная ток нагрузки,  $\tau$  – интервал времени [4]. В таблице 1 приведены нагрузочные потери в линии, а на рисунке 1 показан график потери энергии ВЛ и КЛ.

Исходя из графика (рис. 1) следует, что с увеличением напряжения уменьшаются потери электроэнергии как для кабелей так и для воздушных линий [5].

Таблица 1

Нагрузочные потери электрической энергии.

| Сечение провода, мм <sup>2</sup> | Потери ЭЭ к количеству ЭЭ, поступившей в сеть, % |      |      |                               |      |       |
|----------------------------------|--|------|------|-------------------------------|------|-------|
|                                  | Провод марки АС                                  |      |      | Кабель с изоляцией из сшитого |      |       |
|                                  | 6кВ  | 10кВ | 20кВ | 6кВ                           | 10кВ | 20кВ  |
| 25                               | 5,88   | 2,12 | 0,59 | 6,41                          | 2,31 | 0,58  |
| 35                               | 3,98   | 1,47 | 0,36 | 4,58                          | 1,65 | 0,41  |
| 50                               | 3,05   | 1,09 | 0,27 | 3,21                          | 1,15 | 0,286 |
| 70                               | 2,16   | 0,78 | 0,19 | 2,29                          | 0,87 | 0,21  |
| 95                               | 1,54   | 0,56 | 0,14 | 1,69                          | 0,61 | 0,15  |
| 120                              | 1,25   | 0,45 | 0,11 | 1,34                          | 0,48 | 0,12  |
| 150                              | 1,05   | 0,38 | 0,09 | 1,07                          | 0,38 | 0,09  |
| 185                              | 0,79   | 0,28 | 0,07 | 0,87                          | 0,31 | 0,08  |
| 240                              | 0,61   | 0,22 | 0,05 | 0,61                          | 0,22 | 0,05  |

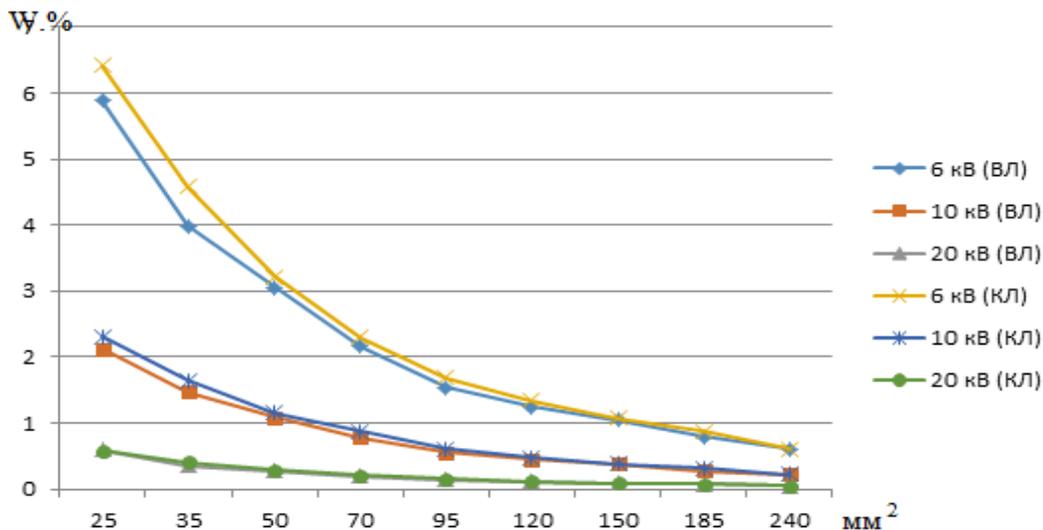


Рис. 1. Графики приведенных потерь электроэнергии.

Если сравнить отношение потерь мощности по формуле (2) то,  $\Delta P_6$  в сетях 6 кВ и  $\Delta P_{20}$  20 кВ находится в пределах 1,3-1,6, то есть в сетях 20 кВ потери мощности электроэнергии будет в 1,8 раза меньше, чем при напряжении 6 кВ

$$\frac{\Delta P_6}{\Delta P_{20}} = \frac{R_6/R_{20}}{(U_6/U_{20})^2} \quad (2)$$

В кабельных линиях на напряжение 20 кВ допустимые токи на 30-35% меньше чем у кабелей на напряжение 6 кВ, т.к. они имеют освинцованные жилы. Поэтому потери электроэнергии в кабельных линиях на 20 кВ будут в 2 раза меньше, чем на напряжение 6 кВ, а по стоимости будет в 1,8-2,5 раза больше, чем стоимость кабелей на 6 кВ [2-6].

Внедрение 20 кВ рекомендуется применять в центрах города имеющих высокую плотность электрических нагрузок, а также целесообразно применять при проектировании новых сетей, при модернизации распределительных сетей 6 кВ с заменой на более высокое напряжение (20 кВ).

Если посмотреть с технической стороны, внедрение напряжения 20 кВ в распределительных электросетях не возникает сомнения в целесообразности такой модернизации. Если посмотреть с экономической стороны, то по опытам других стран анализ экономической эффективности перевода к напряжению 20 кВ показали, что срок окупаемости в среднем составляет 6 -10 лет, в зависимости от тарифа ЭЭ [2, 3].

**Вывод:** Расчеты и анализы показали, что применение напряжения 20 кВ для распределительных электросетей г. Бишкек является затратной, однако, необходимой мерой модернизации и развития распределительных электросетей для центральной части г.

Бишкек. Так как электрические сети центральной части г. Бишкек имеют напряжение 6 кВ и это обуславливает повышенные потери мощности и напряжения.

Центральная часть г. Бишкек имеет более высокую плотность электрических нагрузок. Поэтому внедрение напряжения 20 кВ в центральную часть города привело бы к снижениям потери электроэнергии, увеличению пропускной способности электрических сетей в 2-2,5 раза по сравнению с сетями 6-10 кВ, сокращению количества трансформаторных мощностей, повышению надежности и качества электрической энергии.

#### Литература:

1. Исследование надежности и качества электроснабжения распределительных электросетей Кыргызстана и разработка рекомендаций по их модернизации». / Отчеты 2019-2021 гг.
2. Черепанов В.В., Суворова И.А. Исследование технико-экономической целесообразности применения напряжения 20 кВ в городских электрических сетях // Энергобезопасность и энергосбережение. 2012. № 5. С. 12-14.
3. Буре И.Г., Гусев А.В. Повышение напряжения до 20-25 кВ и качество электроэнергии в распределительных сетях // Электро. Электротехника, электроэнергетика, электротехническая промышленность. 2005. № 5. С. 30-32.
4. Асташев Д. С., Р. Ш. Бедретдинов, Д. А. Кисель, Е. Н. Соснина, Применение напряжения 20 кВ для распределительных электрических сетей России // Вестник НГИЭИ. – 2015. - № 4. - С. 6-9.
5. Исмагилов Ш.Г., Минияров И.И. Целесообразность перевода распределительных электрических сетей на напряжение 20/0,4 кВ, NovaInfo 2019, №5. - С. 12-14.
6. Сангишев С.С., Сопоставление распределительных сетей 10/0,4 кВ и 20/0,4 кВ, УГАТУ. - Уфа, 2017.
7. Бокоева Ж.А. Вероятностно-статистические характеристики режимов работы нелинейных бытовых электроприемников. / Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. 2019. №. 7. - С. 18-21.