

УДК 621.311

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НОМИНАЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ 20 КВ ДЛЯ  
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ РАЙОНОВ ГОРОДА  
THE USE OF RATED VOLTAGE OF 20 KV FOR POWER SUPPLY OF  
CITY DISTRICTS**

И.С. Хитров

Научный руководитель – М.А. Короткевич, д.т.н., профессор  
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

I. Khitrou

Supervisor – M. Korotkevich, Doctor of Technical Sciences, Professor  
Belarusian National Technical University, Minsk

**Аннотация:** эффективность и целесообразность использования номинального напряжения 20 кВ определена на основании технико-экономических показателей. Построены экономические области для выбора номинального напряжения. Произведено сравнение распределительных электрических сетей номинальным напряжением 6, 10 и 20 кВ.

**Abstract:** the efficiency and expediency of using the rated voltage of 20 kV is determined on the basis of technical and economic indicators. Economic areas are built for the choice of rated voltage. A comparison was made of distribution electrical networks with a rated voltage of 6, 10 and 20 kV.

**Ключевые слова:** технико-экономические показатели, распределительная электрическая сеть, номинальное напряжение, эффективность.

**Keywords:** technical and economic indicators, electrical distribution network, nominal voltage, efficiency.

### Введение

Под системой электроснабжения города понимается совокупность электрических сетей и трансформаторных подстанций, расположенных на территории города и предназначенных для электроснабжения его потребителей [1].

Рост электропотребления областных городов поднимает вопрос об повышении номинального напряжения городских электрических сетей для повышения качества потребляемой электроэнергии, а также уменьшения транспортных потерь. Так, например, на сегодняшний день диаметр некоторых районов Минска достигает 5-8 километров.

В некоторых крупных городах Европы (Париж, Москва) широко используется номинальное напряжение 20 кВ в распределительных электрических сетях. Это может говорить об эффективности применения данного класса напряжения.

### Основная часть

Напряжение 6 кВ применяется в основном в городских и промышленных сетях. Использование его в промышленных сетях обусловлено наличием на предприятии электроприемников или электростанций с генераторным напряжением 6 кВ. Применение напряжения 6 кВ в городских сетях сложилось

исторически в связи с тем, что распределительные линии подключались к шинам соответствующего генераторного напряжения городских электростанций. В настоящее время существующие городские сети напряжением 6 кВ при реконструкции переводят на 10 кВ, а новые проектируются исключительно на 10 кВ. Номинальное напряжение 10 кВ широко применяется в городских, сельских и промышленных сетях (для внутривозовского распределения энергии).[1]

Напряжение 20 кВ находит применение в промышленных сетях – для электроснабжения отдельных удаленных объектов, а также для электроснабжения отдельных районов больших городов. В Республике Беларусь напряжение 20 кВ не применяется.

Для сравнения распределительных сетей разного номинального напряжения необходимо произвести расчет приведенных затрат. Рассматриваемые сети будут иметь одинаковую конфигурацию и протяженность.

Приведенные затраты определяются по формуле [2]:

$$Z = E_k \cdot K + И \quad , \quad (1)$$

где  $E_k$  – коэффициент эффективности капитальных вложений, зависит от срока службы объекта, продолжительности его строительства и норматива дисконтирования;

$K$  – стоимость сооружения линии электропередачи;

$И$  – ежегодные издержки.

Стоимость сооружения линии электропередачи определяется следующим образом:

$$K = k_0 \cdot L, \quad (2)$$

где  $k_0$  – стоимость прокладки одного километра кабеля;

$L$  – длина кабельной линии.

Ежегодные издержки можно определить так:

$$И = P \cdot K + \Delta W \cdot \beta, \quad (3)$$

где  $P$  – ежегодные издержки на амортизацию и обслуживание сети;

$\Delta W$  – потери электроэнергии в линии;

$\beta$  – стоимость нагрузочных потерь электроэнергии.

$$\Delta W = 3 \cdot I^2 \cdot r_0 \cdot L \cdot \tau, \quad (4)$$

где  $I$  – длительно допустимый ток протекающий по жиле кабеля для передачи мощности;

$r_0$  – удельное активное сопротивление;

$\tau$  – время наибольших потерь.

Взяв все необходимые данные для расчета из справочных материалов [3] и приняв длину линий электропередачи 2 км был произведен расчет приведенных затрат.

Для линии напряжением 6 кВ приведенные затраты составили 39511,6 руб., для линий напряжением 10 и 20 кВ – 24779,83 руб. и 24561,52 руб. соответственно.

При проектировании новых сетей электроснабжения принято руководствоваться экономическими зонами выбора номинального напряжения. Эти экономические зоны представляют собой зависимости передаваемой мощности от протяженности линии для различных напряжений при условии что затраты на сооружения линии экономически равноценны.

Для построения зон экономического использования напряжений 6 и 10 кВ необходимо воспользоваться расчетом приведенных затрат на сооружение кабельных линий электропередачи. Приведенные затраты на транспорт энергии по сети напряжением 6 кВ  $Z_{(6)}$  и 10 кВ  $Z_{(10)}$  определим так:

$$Z_{(6)} = p_{\text{Л}} \cdot k_{0(6)} \cdot l + p_{\text{П}} \cdot K_{\text{П}(6)} + \frac{P^2}{U^2 \cdot \cos^2 \varphi} \cdot r_0 \cdot l \cdot \tau \cdot \beta, \quad (5)$$

$$Z_{(10)} = p_{\text{Л}} \cdot k_{0(10)} \cdot l + p_{\text{П}} \cdot K_{\text{П}(10)} + \frac{P^2}{U_1^2 \cdot \cos^2 \varphi} \cdot r_0 \cdot l \cdot \tau \cdot \beta, \quad (6)$$

где  $p_{\text{Л}}$ ,  $p_{\text{П}}$  – доля отчислений соответственно по линии и конечным подстанционным устройствам, т.е. сумма нормативного коэффициента эффективности капитальных вложений, отчислений на амортизацию, текущий ремонт и обслуживание;

$k_{0(6)}$ ,  $k_{0(10)}$  – стоимость 1 км линий напряжением 6 и 10 кВ, руб.;

$K_{\text{П}(6)}$ ,  $K_{\text{П}(10)}$  – стоимость подстанционных ячеек напряжением 6 и 10 кВ, руб.;

$U$ ,  $U_1$  – номинальное напряжение соответственно 6 и 10 кВ;

$\cos \varphi$  – коэффициент мощности;

$r_0$  – активное сопротивление 1 км линии, Ом/км;

$l$  – длина линии, км;

$\tau$  – время потерь, ч;

$\beta$  – стоимость одного киловатт-часа потерянной электроэнергии, руб/кВт

ч.

Если  $Z_{(6)} = Z_{(10)}$ , то использование напряжений 6 и 10 кВ равноценно.

Приравняем правые части уравнений (5) и (6) и решим полученное равенство относительно  $P$ . В результате получим:

$$P = \sqrt{\frac{p_{\text{Л}} \cdot (k_{0(10)} - k_{0(6)}) + \frac{p_{\text{П}}}{l} \cdot (K_{\text{П}(10)} - K_{\text{П}(6)})}{r_0 \cdot \tau \cdot \beta \cdot \left(\frac{1}{U^2} - \frac{1}{U_1^2}\right)}} \cdot \cos \varphi. \quad (7)$$

Аналогичным образом получается зависимость передаваемой мощности от протяженности линии напряжением 10 и 20 кВ.

Используя полученные выражения и руководствуясь справочниками по проектированию, а также каталогами с ценами кабельной продукции построим зависимости передаваемой мощности от протяженности линии напряжением 6, 10 и 20 кВ. Они представлены на рисунке 1.

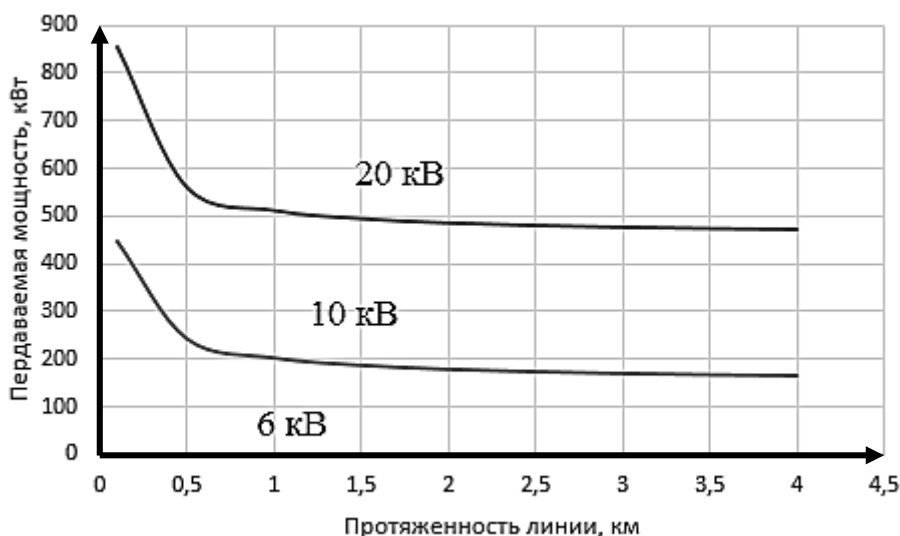


Рисунок 1 – Экономические области для выбора номинального напряжения электропередачи 6, 10 и 20 кВ

### Заключение

Таким образом, исходя из вышеизложенных результатов расчета видно, что по критерию приведенных затрат наиболее целесообразно применять номинальное напряжение 20 кВ для распределительных электрических сетей. Однако судить только по этому критерию не совсем объективно и однобоко. Важными преимуществами распределительной сети номинальным напряжением 20 кВ являются увеличение пропускной способности, снижение потерь активной мощности и увеличение дальности передачи электроэнергии. Также построены экономические области для выбора номинального напряжения электропередачи 6, 10 и 20 кВ.

### Литература

1. Короткевич, М. А. Эксплуатация электрических сетей : учебник для вузов / М. А. Короткевич. – 2-е изд., испр. и доп. – Минск : Вышэйшая школа, 2014. – 349 с.
2. Герасименко, А. А. Передача и распределение электрической энергии: учеб. пособие / А. А. Герасименко, В. Т. Федин. – Ростов-н/Д. : Феникс ; Красноярск : Издательские проекты, 2006. – 720 с.
3. Файбисович, Д. Л. Справочник по проектированию электрических сетей / Д. Л. Файбисович. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : ЭНАС, 2012. – 376 с.