

Как видно из полученных графиков на рис. 1–3, максимальные потери напряжения в ЛЭП прямо пропорциональны значению коэффициента загрузки трансформатора, минимальное напряжение на потребителе значительно уменьшается при несимметричной нагрузке, но остается в пределах допустимых значений. Потери мощности с увеличением несимметрии в сети возрастают более чем в 2 раза, а при низкой нагрузке трансформатора значение потерь делает питание электроприемников экономически неэффективным.

Предложенный способ оценки параметров несимметричных трехфазных сетей может быть использован на этапе их проектирования с целью оценки их технико-экономических показателей.

Л и т е р а т у р а

1. Гончаров, М. Г. Применение матричного метода узловых потенциалов для расчета низковольтных трехфазных электрических сетей / М. Г. Гончаров, Д. И. Зализный // Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления : материалы XXIV Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Гомель, 25–26 апр. 2024 г. : в 2 ч. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т : под общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель, 2024. – С. 171–172.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЛИНИЙ НОМИНАЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ 20 КВ

А. А. Харкевич

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель П. В. Лычев

Проведено сравнение линий электропередачи 10, 20 и 35 кВ по техническим и экономическим показателям. На основе расчетов предельной длины, передаваемой мощности и капитальных затрат обоснована целесообразность внедрения линий 20 кВ в распределительные сети Республики Беларусь. Показано, что линии 20 кВ, выполненные проводом СИП-3, обеспечивают снижение потерь ΔW на 30–50 % по сравнению с 10 кВ при умеренных капитальных затратах. Приведены примеры успешного применения 20 кВ в энергосистеме Беларуси.

Ключевые слова: распределительные сети, линии 20 кВ, ВЛ, потери электроэнергии, экономическая эффективность.

Современные тенденции развития электроэнергетики Республики Беларусь требуют поиска оптимальных решений для модернизации распределительных сетей среднего напряжения. Традиционно используемые линии 10 кВ во многих случаях не удовлетворяют растущим требованиям по пропускной способности и энергоэффективности, в то время как линии 35 кВ остаются малоперспективными.

В этом контексте линии 20 кВ представляют собой перспективное компромиссное решение, сочетающее технические преимущества более высокого напряжения с умеренными капитальными затратами. Основными аргументами в пользу их внедрения являются:

- снижение потерь электроэнергии на 30–50 % по сравнению с линиями 10 кВ;
- увеличение пропускной способности в 2–2,5 раза при том же сечении провода;
- возможность передачи мощности до 13 МВт на расстояния до 10 км.

Целью данной работы является комплексная оценка эффективности линий 20 кВ на основе технического и экономического анализа и практического опыта их внедрения в энергосистеме Беларуси.

Методика исследования включает:

1. *Расчет предельной длины и мощности для линий 10, 20 и 35 кВ по условиям [1]:*

– допустимые потери напряжения $\leq 10\%$ (для 10 и 20 кВ) и $\leq 15\%$ (для 20 и 35 кВ);

– допустимые потери мощности $\leq 10\%$ для 35 кВ.

Предельную длину линии по условию потерь мощности не более 10% будем вычислять по формуле

$$L = \frac{U_{\text{ном}} \cos \varphi (1 - \eta)}{\sqrt{3} \cdot I \cdot r_0}, \text{ км},$$

где $U_{\text{ном}}$ – номинальное напряжение линии; $\cos = 0,9$ – коэффициент мощности нагрузки; η – КПД линии ($\eta = 0,9$); I – ток в линии; r_0 – удельное активное сопротивление в линии.

Предельную длину линии по условию допустимых потерь напряжения будем вычислять по формуле [2]:

$$L = \frac{U_{\text{ном}} \Delta U_{\text{доп}}}{(r_0 + \operatorname{tg} \varphi \cdot x_0) P_{\text{доп}}}, \text{ км},$$

где r_0 и x_0 – удельное активное и реактивное сопротивления линии; $\operatorname{tg} \varphi = 0,484$ ($\cos \varphi = 0,9$) – коэффициент реактивной мощности нагрузки.

Предельную мощность будем вычислять по формуле

$$P_{\text{доп}} = \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot I_{\text{доп}} \cos \varphi \cdot 10^{-3}, \text{ МВт},$$

где $I_{\text{доп}}$ – допустимый длительный ток.

Результаты отобразим в виде зависимостей предельной длины и мощности от сечения провода ВЛ (рис. 1).

Зависимости показывают, что для линии 10 кВ предельная длина линии по условию потерь напряжения при предельной передаваемой мощности остается недостаточной для питания удаленных потребителей. В таком случае придется прокладывать несколько линий, или питать этот узел нагрузки от разных ПС, что не всегда бывает возможным и экономически целесообразным. Как раз для таких случаев можно применять напряжение 20 кВ. Как видно из зависимости на рис. 1, предельная длина линии 20 кВ может достигать 10 км, при этом находясь в допустимых пределах по потере напряжения.

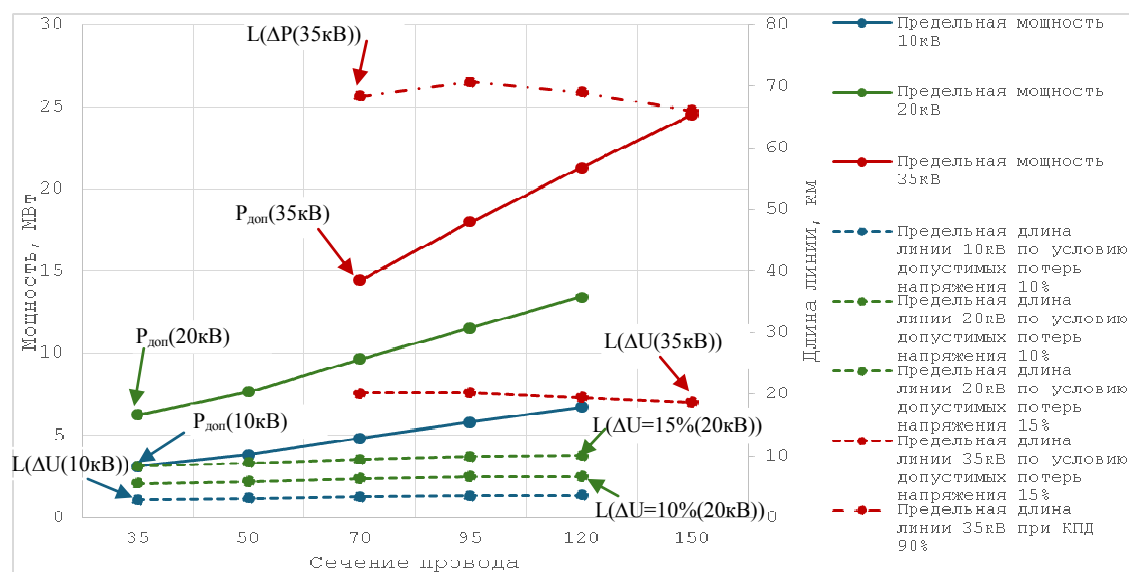


Рис. 1. Обобщенная зависимость предельной длины и предельной передаваемой мощности от сечения провода

2. *Экономический анализ капитальных и эксплуатационных затрат.* При сравнении линий 10, 20 и 35 кВ по капитальным и эксплуатационным затратам выявлены следующие особенности. Линии 10 кВ отличаются наименьшими капитальными затратами благодаря использованию стандартных опор высотой 9–15 м, недорогих трансформаторов и простой арматуры, но имеют высокие эксплуатационные расходы из-за значительных потерь электроэнергии. Линии 20 кВ демонстрируют оптимальное сочетание умеренных капитальных вложений и низких эксплуатационных затрат, что делает их более экономически эффективным решением для распределительных сетей. Линии 35 кВ, несмотря на минимальные потери энергии, характеризуются высокими капитальными затратами.

3. *Практический опыт внедрения в республике Беларусь.* В Республике Беларусь эксплуатируются два ключевых объекта с напряжением 20 кВ: подстанция «Гранитная» 110 кВ и КТПБ «Северный берег» 20 кВ. Применение данного напряжения особенно эффективно при передаче электроэнергии на расстояния 5–10 км, где оно демонстрирует преимущества перед традиционными 10 кВ, устраняя необходимость в прокладке дублирующих линий. Перспективным проектом для внедрения 20 кВ является комплекс по обращению с ТКО в Гомельской области с нагрузкой 3,8 МВт, расположенный в 6 км от подстанции «КПД» 110 кВ.

Таким образом, линии 20 кВ с СИП-3 являются перспективным решением для:

- 1) модернизации сетей 10 кВ с большой нагрузкой для электроснабжения объектов мощностью до 12 МВт удаленных от питающих подстанций (10–15 км);
- 2) снижения потерь электроэнергии без значительного роста затрат.

Литература

1. Фадеева, Г. А. Проектирование распределительных электрических сетей : учеб. пособие / Г. А. Фадеева, В. Т. Федин ; под общ. ред. В. Т. Фебина. – Минск : Выш. шк., 2009. – 365 с.
2. Герасименко, А. А. Электроэнергетические системы и сети: расчеты, анализ, оптимизация режимов работы и проектных решений электрических сетей : учеб. пособие / А. А. Герасименко, В. Т. Федин. – Ростов н/Д : Феникс, 2018. – 471 с. : ил. – (Высшее образование).