

Б. В. Цыганенко

ПЕРСПЕКТИВЫ ПЕРЕВОДА РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ УКРАИНЫ НА НОМИНАЛЬНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ 20 кВ

Статья посвящена решению актуальной научно-технической проблемы повышения пропускной способности и уменьшения потерь электрической энергии в распределительных электрических сетях Объединенной энергосистемы Украины. Одним из способов экономии электроэнергии в электрических сетях является переход напряжения распределительных сетей 6 (10) кВ на более высокое напряжение, в частности на 20 кВ. Применение напряжения 20 кВ в существующих распределительных сетях позволит перейти на более высокий уровень электроснабжения потребителей Украины, увеличить пропускную способность по сравнению с существующими сетями в пределах той же территории, уменьшить технологические потери, повысить качество электроэнергии, энергобезопасность и надежность функционирования систем электроснабжения, существенно снизить энергозависимость страны.

Ключевые слова: электроэнергетическая система, распределительная электрическая сеть, энергосбережения, пропускная способность, потери мощности.

Введение

Украина до 2014 года ежегодно потребляла около 210 млн. тонн условного топлива и относилась к энергодефицитным странам: 75% необходимого объема природного газа и 85% сырой нефти и нефтепродуктов импортировали. Низкий уровень обеспеченности Украины собственными энергоресурсами в значительной степени объясняют высокой энергоемкостью её экономики. Энергоемкость ВВП Украины в 2,6 раза превышает средний уровень энергоемкости развитых стран. Крайне актуален сегодня вопрос энергосбережения энергоресурсов, поскольку энергетическую независимость можно сопоставить по сути с государственной независимостью.

На сегодняшний день распределительные электрические сети находятся в крайне тяжелом состоянии, что обусловлено высокой степенью физической и моральной изношенности электрооборудования, большими потерями электрической энергии на ее передачу, низким уровнем автоматизации и т. п. Рост электрических нагрузок часто приводит к техническому ограничению в существующих сетях. Для обеспечения питания новых потребителей строят линии, как правило, параллельно существующим. Однако это не всегда решает проблемы обеспечения потребителей электроэнергией в необходимом количестве и стандартного качества.

Национальная комиссия Украины, которая осуществляет государственное регулирование в сфере энергетики, уделяет особое внимание показателям качества предоставления услуг по передаче и поставке электроэнергии, которые характеризуются индексами средней продолжительности отключений (SAIDI) и средней частоты отключений (SAIFI) в сети. Целевой показатель качества (SAIDI) для городской территории установлен 150 минут, для сельской – 300 минут. Анализ показателей качества компаний по всей Украине показывает, что на сегодняшний день показатель SAIDI на порядок превышает нормируемые показатели. Для компаний, которые приняли решение о переходе на стимулирующее регулирование, это означает необходимость сократить среднюю продолжительность перерывов энергоснабжения за 10 лет почти в 5 раз.

Одним из перспективных способов уменьшения потерь электрической энергии в электрической сети является применение номинального напряжения 20 кВ вместо традиционных 6 кВ и 10 кВ [1 – 5].

Целью работы является исследование перспектив использования технологий передачи электрической энергии на номинальном напряжении 20 кВ в распределительных электрических сетях Украины.

Результаты исследования

Наиболее развитые страны Европы выполнили перевод электрической сети 6 – 10 кВ на класс напряжения 20 кВ во второй половине XX века. Так, например, во Франции перевод распределительных электрических сетей напряжением 20 кВ был совершен еще в 1962 году.

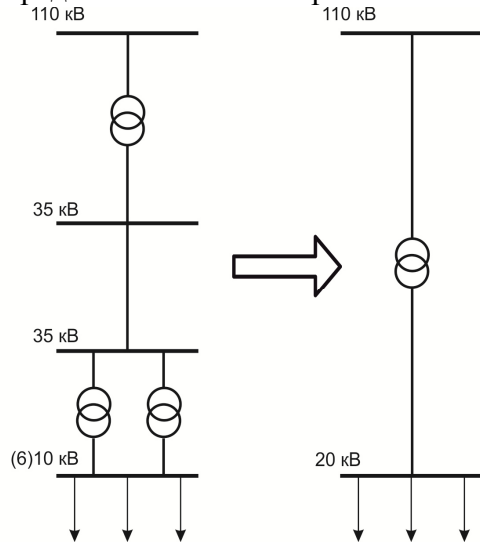


Рис. 1. Иллюстрация перевода системы распределения электрической энергии с трёхступенчатой на двухступенчатую

На сегодняшний день электрические сети 20 кВ активно эксплуатируют в Австрии, Германии, Италии, США, Финляндии, Франции и других странах [2]. В СССР электрические сети 20 кВ активно развивались только на территории Балтии. На сегодняшний день определенный опыт применения технологий передачи электрической энергии на номинальном напряжении 20 кВ в распределительных электрических сетях имеет Российская Федерация. В Украине до сих пор продолжают развивать городские распределительные сети на классе напряжения 10 кВ, для которых основные технологические и схемные решения были сформированы в середине прошлого века. К началу XXI века они стали неэффективными, морально устаревшими и неконкурентоспособными. Учитывая опыт развитых стран Европы, а также исторически сложившиеся подходы построения распределительных сетей нашей страны, предлагаем

перевод распределительных сетей номинального напряжения 6 – 10 кВ на напряжение 20 кВ. А в перспективе – переход от трехступенчатой системы передачи и распределения электрической энергии (110-35- (6) 10 кВ) к двухступенчатой (110-20 кВ), как представлено на рис. 1 [6].

Действительно, проведение обычной комплексной реконструкции существующих распределительных сетей 6 – 10 кВ с заменой оборудования на оборудование большей мощности не позволит повысить их пропускную способность и не даст объективного экономического эффекта, кроме восстановления функционирования, поэтому как оптимальный вариант предлагаем замещение распределительных сетей 6 кВ, отработавших свой нормативный срок, новыми сетями 20 кВ, а следующим этапом реализации – поэтапное замещение сетей 10 кВ.

Мировой опыт использования технологий передачи электрической энергии на номинальном напряжении 20 кВ определяет следующие основные преимущества по сравнению с электропередачами 6 – 10 кВ [1, 3, 7]:

- большую пропускную способность электропередач при тех же сечениях проводов;
- снижение технологических затрат электроэнергии на ее передачу;
- использование нового оборудования (трансформаторных подстанций, распределительных пунктов) в габаритах старого;
- уменьшение общей длины сетей 0,4 кВ и потерь в них путем использования мачтовых КТП 20 / 0,4 кВ;
- сохранение охранных зон воздушных линий электропередачи;
- повышение надежности электроснабжения потребителей электрической энергии;

- разгрузку распределительных устройств 6 – 10 кВ существующих подстанций и устранение дефицита мощности в центрах питания;
- создание резерва мощности для гарантированного надежного электроснабжения потребителей;
- улучшение показателей качества электроснабжения (SAIDI и SAIFI).

Для перехода на построение городских сетей классом напряжения 20 кВ необходимо выполнение ряда обязательных условий:

- 1) актуализация нормативной базы с разработкой новых национальных стандартов и технических регламентов;
- 2) наличие в центрах питания 110 кВ резервов мощности на уровне напряжения 20 кВ;
- 3) разработка концепции развития сетей 20 кВ на территории конкретного города, выполнение технико-экономического обоснования построения соответствующих электрических сетей;
- 4) наличие на рынке оборудования и кабельной продукции напряжением 20 кВ.

Задачу перевода электрических сетей на номинальное напряжение 20 кВ можно разделить на две части, каждая из которых имеет самостоятельные подходы для решения: перевод уже существующих сетей 6 (10) кВ на номинальное напряжение 20 кВ и применение напряжения 20 кВ при строительстве новых сетей.

В общем случае такие задачи требуют технико-экономического обоснования выбранного варианта реконструкции существующей сети 6 (10) кВ с переводом ее на напряжение 20 кВ или выбранного варианта строительства новых линий электропередачи 20 кВ. Традиционно такую задачу рассматривают как оптимизационную, заключающуюся в определении такого варианта реконструкции (строительства) электрической сети, который характеризуется наименьшим возможным значением целевой функции, отражающей затраты ресурсов на строительство и эксплуатацию электрической сети, например, сведёнными дисконтированными затратами

$$Z = \frac{B}{E} + K - L,$$

где E – норма дисконта; K – одноразовые капитальные вложения в рассматриваемый вариант развития системы; B – ежегодные текущие расходы на эксплуатацию электрической сети; L – ликвидационная (остаточная) стоимость оборудования, которое демонтируют.

С другой стороны, такую задачу можно рассматривать как поиск варианта реконструкции (строительства) электрической сети в пространстве состояний [8], где каждому состоянию пространства поиска соответствует возможный вариант реконструкции (строительства) с соответствующими характеристиками. Принятая в Украине проектная практика заключается в предварительном генерировании определенного количества возможных вариантов с последующим их сравнением по определенным экономическим критериям и выбором наиболее эффективного варианта. Здесь следует учитывать, что из-за недостаточного опыта проектировщика еще на предварительном этапе наиболее эффективный вариант реконструкции (строительства) электрической сети может не попасть в сравниваемые варианты. Особенно высока вероятность возникновения такой ситуации при разработке уникальных проектов, связанных с применением новых технологий в области передачи и распределения электрической энергии. С другой стороны, рассмотрение и сравнение возможных вариантов проектных решений может быть связано с проблемой комбинаторного взрыва, когда слишком высокая размерность пространства поиска не позволяет в приемлемые сроки определить наиболее эффективное проектное решение.

При таких условиях эффективным может оказаться привлечение эволюционных алгоритмов, построенных на принципах использования и моделирование естественного отбора. Оптимизационные задачи определения экономически эффективного варианта

развития электрической сети здесь заменяют моделированием естественного отбора по приспособленности к условиям окружающей среды. Применение генетических операций в текущей популяции будет порождать новые проектные решения с новыми свойствами. Эффективная настройка алгоритма поиска позволит направить эволюционный процесс развития возможных проектных решений в сторону экономически эффективного.

Выводы

Применение напряжения 20 кВ в существующих распределительных сетях 6 – 10 кВ позволит перейти на более высокий уровень электроснабжения потребителей Украины, увеличить пропускную способность по сравнению с существующими сетями в пределах существующего землеотвода, уменьшить технологические потери, повысить качество электроэнергии, энергобезопасность и надежность функционирования систем электроснабжения, существенно снизить энергозависимость страны. К тому же, благодаря использованию мачтовых КТП 20 / 0,4 кВ можно значительно уменьшить протяженность электрических сетей 0,4 кВ путем приближения к потребителям напряжения 20 кВ и соответственно уменьшить соотношение протяженности ЛЭП 6-20 кВ до 0,4 кВ и, как следствие, значение потерь в сетях 0,4 кВ, которые на сегодняшний день составляют 70% суммарных потерь в распределительных электрических сетях ОЭС Украины.

Для решения оптимизационной задачи поиска в пространстве состояний проектного решения, которое характеризуется лучшим экономическим эффектом, необходимо технико-экономическое обоснование варианта развития электрической сети с реконструкцией существующих или строительством новых электропередач на напряжении 20 кВ. Поскольку просмотр всех возможных проектных вариантов ограничен проблемой комбинаторного взрыва, а принятое в проектной практике искусственное ограничение пространства поиска может привести к тому, что наиболее эффективное решение не попадет в сравниваемые варианты, то эффективным может оказаться интеллектуальный поиск в полном пространстве состояний, основанный на эволюционных алгоритмах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Буре И. Г. Повышение напряжения до 20-25 кВ и качество электроэнергии в распределительных сетях / И. Г. Буре, А. В. Гусев // Электро. – 2005. – № 5. – С. 30 – 32.
2. Асташев Д. С. Применение напряжения 20 кВ для распределительных электрических сетей России / Д. С. Асташев, Р. Ш. Бедретдинов, Д. А. Кисель, Е. Н. Соснина // Вестник НГИЭИ. – 2015. – № 4. – С. 6 – 9.
3. Тодирка С. В большом мегаполисе за сетями 20 кВ – будущее / С. Тодирка // Энергоэксперт. – 2010. – № 5. – С. 56 – 58.
4. Черепанов В. В. Повышение эффективности транспортировки и распределения электрической энергии в кабельных линиях путем применения напряжения 20 кВ / В. В. Черепанов, И. А. Суворова // Электрика. – 2012. – № 7. – С. 27 – 30.
5. Соснина Е. Н. Топология городских распределительных интеллектуальных электрических сетей 20 кВ / Е. Н. Соснина, А. Б. Лоскутов, А. А. Лоскутов // Промышленная энергетика. – 2012. – № 5. – С. 11 – 17.
6. Baricevic T. AHP method in prioritizing investments in transition of MV network to 20 kV / T. Baricevic, A. Tunjic, E. Mihalek, K. Ugarkovic // Electricity Distribution – Part 2, 2009. CIRED 2009. The 20th International Conference and Exhibition on, 2009. Режим доступа: http://cdn.intechopen.com/pdfs/37988/InTech-Automatic_restoration_of_power_supply_in_distribution_systems_by_computer_aided_technologies.pdf.
7. Hone, Stefan; Hentschel, Klaus. Definition of criteria to operate 20 kV networks with arc suppression coils according to standards // Electricity Distribution – Part 1, 2009. CIRED 2009. 20th International Conference and Exhibition on, 2009. Режим доступа: http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=5255492&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxppls%2Fabs_all.jsp%3Farnumber%3D5255492
8. Кацадзе Т. Л. Експертні системи прийняття рішень в енергетиці: навч. посіб. / Т. Л. Кацадзе. – К.: ЛОГОС, 2014. – 173 с.

Цыганенко Борис Владимирович – инженер, член НКРЕКП, email: Boris.vl.ts@gmail.com.

Национальная комиссия, осуществляющая государственное регулирование в сферах энергетики и коммунальных услуг.