

ОЦЕНКА ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМОЙ ВЕЛИЧИНЫ ОЖИДАЕМОГО ПРИРОСТА НАГРУЗКИ В ГОРОДСКОЙ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ 110 кВ, ВЫЗЫВАЕМОГО РОСТОМ ЭНЕРГОВООРУЖЕННОСТИ БЫТА

Вороновский Г.К., д.т.н., проф., чл.-корр. НАН Украины, Сергеев С.А., к.т.н., с.н.с.

ОАО "Харьковская ТЭЦ-5"

Украина, 62371, Харьковская обл., Дергачевский р-н, ул. Горького, 1

тел. (057)372-10-29, факс (057)731-42-98, e-mail: mbox@tec5.kharkiv.com

Старков К.А., к.т.н.

АК "Харьковоблэнерго"

Украина, 61037, Харьков, ул. Плехановская, 149

тел. (057)740-12-68, факс (057)740-14-44, e-mail: ptu1@obl.kh.energy.gov.ua

Абашкина О.С.

Национальный технический университет "Харьковский политехнический институт"

Украина, 61002, Харьков, ул. Фрунзе, 21

тел. (057)707-61-76, факс (057)707-65-45, e-mail: olga@online.kharkiv.com

Выполнена оценка капитальных вложений (в условных единицах) на развитие городской электрической распределительной сети 110 кВ, предназначенных для увеличения ее пропускной способности. На примере крупного жилого массива определены этапы модернизации элементов системы электроснабжения, ограничивающих ожидаемый рост электрической нагрузки в бытовом секторе. Получена оценка предельно допустимой величины прироста нагрузки, допускающей эксплуатацию системы энергоснабжения без коренной реконструкции сети.

Виконано оцінку капітальних вкладень (в умовних одиницях) на розвиток міської електричної розподільної мережі 110 кВ з метою збільшення її пропускної здатності. На прикладі великого житлового масиву визначені етапи модернізації елементів системи електропостачання, що обмежуватимуть ріст електричного навантаження в побутовому секторі. Отримано оцінку гранично припустимої величини приросту навантаження, що допускає експлуатацію системи енергопостачання без корінної реконструкції мережі.

В связи со стремительным ростом цен на природный газ все большую актуальность для Украины, ставшей на путь построения основ рыночной экономики, приобретает задача создания благоприятных условий для рыночного реформирования коммунальной энергетики. Одной из главных предпосылок организации конкурентных отношений в этой сфере является создание для потребителей возможности выбора наиболее экономичного способа теплоснабжения, предполагающего рациональное использование топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) в процессе удовлетворения потребности в тепле.

Сегодня все больше специалистов соглашаются с неизбежностью замещения части тепловой энергии, вырабатываемой котельными и ТЭЦ, тепловой энергией, получаемой путем конвертирования электрической энергии, вырабатываемой на АЭС, в тепло. Очевидно, что теоретически существует несколько возможностей для осуществления этих намерений, отличающихся друг от друга, во-первых, конкретикой предлагаемых решений и, во-вторых, пропорциями потребления электрической и тепловой энергии в бытовом секторе, которые установятся в результате их реализации.

Так, первый вариант развития ситуации предполагает пересмотр нормативно-методической базы регулирования отпуска тепла от районных котельных и ТЭЦ с целью предупреждения перетоков и стабилизации качества теплоснабжения на компромиссном уровне [1]. В этом случае осуществляют снижение отпуска тепла от источников системы централизован-

ного теплоснабжения (СЦТ), контролируемое по величине избыточного потребления электроэнергии и природного варочного газа в быту [2]. Компенсация ухудшившегося микроклимата обеспечивается в этом случае за счет использования бытовыми потребителями принадлежащих им электронагревательных приборов (ЭНП). При этом, естественно, имеет место рост нагрузки в сетях, и проблема реконструкции низковольтных сетей 0,4 кВ, изначально не рассчитанных на массовое использование, пусть даже только комфортного, электроотопления приобретает особенную остроту.

Второй вариант отличается от первого тем, что внедрение ЭНП осуществляется не стихийно, на уровне отдельных квартир, наиболее пострадавших от изменения режимов функционирования СЦТ, а организовано, путем поэтапного перевода на электротеплоснабжение (ЭТС) многоэтажных жилых домов или, как минимум, их отдельных подъездов. Тут возможны несколько вариантов – начиная от электроаккумуляционного отопления [3], получившего одобрение со стороны государства в форме утвержденных строительных норм [4, 5], и заканчивая групповыми электрокотельными [6].

Наконец, в третьем варианте зона внедрения ЭТС ограничивается теплораспределительными станциями (ТРС) СЦТ. Здесь устанавливаются мощные устройства электронагрева, которые могут использоваться как для дополнительного нагрева теплоносителя перед его подачей в квартальные сети, так и для приготовления

горячей воды в баках-аккумуляторах. По-видимому, в этом случае электрическая распределительная сеть (ЭРС) 0,4 кВ страдает меньше всего, потому что рост нагрузки происходит в сетях 10 кВ, питающих сами ТРС.

К сожалению, ни один из указанных вариантов не может претендовать на то, чтобы стать сколько-нибудь серьезной альтернативой СЦТ. Любой из них, в лучшем случае, может рассматриваться только как некое дополнение к СЦТ, способное выполнять целый ряд полезных функций – таких как (а) улучшение микроклиматического комфорта в жилых помещениях, (б) сокращение совокупных затрат потребителей на энергоснабжение, (в) оказание системных услуг Объединенной энергосистеме Украины за счет участия в регулировании ее нагрузки на протяжении суток [7].

Для того, чтобы иметь возможность оценить выраженность составляющих полезного эффекта от выполнения разными системами ЭТС этих функций, необходимо знать – хотя бы ориентировочно – масштабы будущего роста электрической нагрузки в быту в связи с использованием электроотопления, на которые можно рассчитывать, не подвергая ЭРС необходимости коренной реконструкции. Последняя сопряжена со значительными финансовыми затратами, и поэтому представляется целесообразным ограничить предельный рост бытовой нагрузки такой величиной прироста, который сделает коренную реконструкцию сети 110 кВ неизбежной. В этом и состояла главная цель расчетов, результаты которых представлены в настоящей статье.

ОСНОВНАЯ ИДЕЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Задача определения "узких мест" в системе электроснабжения бытовых потребителей заключается в определении элементов (от линии электропередач напряжением 110 кВ и до внутриквартирной проводки включительно), работающих с наименьшим запасом по пропускной способности при определенном уровне нагрузок (рис. 1).

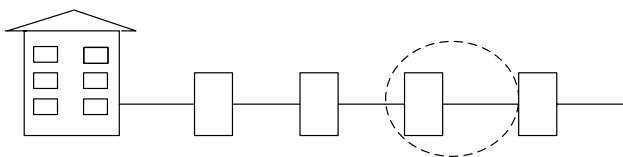


Рис. 1. Элементы схемы электроснабжения жилмассива

Понятно, что при сегодняшнем уровне нагрузок самым узким местом системы электроснабжения является внутриквартирная электропроводка, способная пропускать мощность около 1 кВт. Не рассчитаны на существенный рост нагрузки и абонентские вводы – как в квартире, так и в жилое здание. Кабели, соединяющие здания с трансформаторными подстанциями (ТП), уже имеют некий запас по пропускной способности, а что касается ТП, то многие из них десятилетиями остаются недогруженными.

Одним словом, по мере роста рабочего напряжения запас по пропускной способности элементов системы электроснабжения возрастает.

Тем не менее, наша идея состоит в том, чтобы исследовать на конкретном примере, при каких нагрузках будет исчерпан запас по пропускной способности сети 110 кВ. Причина нашего интереса состоит в том, что именно эта сеть является системообразующей для формирующейся сегодня системы ЭТС, и, следовательно, электрическая мощность, которую система ЭТС районного масштаба сможет конвертировать в тепло, целиком и полностью определяется способностью сети 110 кВ пропустить ее через себя. Если нам удастся, хотя бы ориентировочно, оценить предел пропускной способности районной сети после реализации всех относительно малозатратных мероприятий по ее модернизации, мы сможем более-менее объективно сопоставить различные варианты развития системы ЭТС в этом районе. Понятно, что мощность, потребляемая системой ЭТС, пусть опосредованно и косвенно, но, все-таки, влияет на потенциал экономии природного газа, существующий в СЦТ. И зная ее, мы, в конечном итоге, сможем взвешенно сопоставить все аргументы "за" и "против", выдвигаемые в споре о том, по какому пути должно пойти будущее развитие коммунальной энергетики в Украине.

ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве объекта исследования выбран относительно обособленный микрорайон Алексеевского жилого массива г. Харькова. Питание данного массива осуществляется от подстанции (ПС) 110/10 кВ "Алексеевка". Первым шагом расчетов является определение "узких мест" высоковольтной части системы электроснабжения, в данном случае – воздушной линии 110 кВ и самой ПС "Алексеевка".

На рис. 2 представлена схема сети 110 кВ с указанием расстояний между подстанциями, марок высоковольтных проводов и их сечений. Система состоит из пяти проходных и одной тупиковой ПС, которые включены между двумя центрами питания – ПС 330/110 кВ "Залютино" и "Лосево".

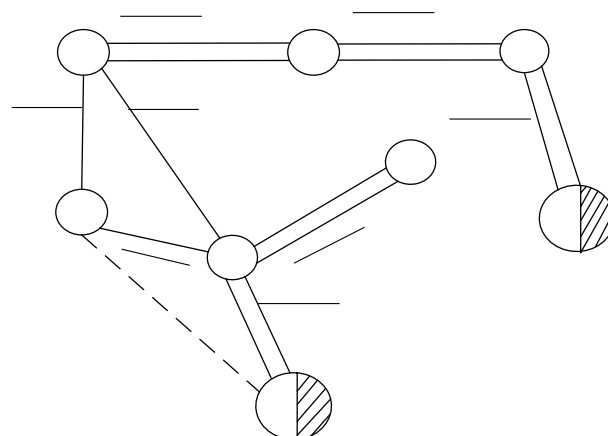


Рис. 2. Схема сети 110 кВ

В табл. 1 представлены активные и реактивные нагрузки каждой ПС в период зимнего максимума 2006–2007 гг., а также количество и тип установленных на них трансформаторов.

Нагрузка зимнего максимума 2006-2007 гг

№ подстанции	Название подстанции	Активная нагрузка, P , МВт	Реактивная нагрузка, Q , МВАр	Количество трансформаторов, шт.	Тип трансформаторов
1	Московская	29,5	11,8	2	ТРДН-40
2	Жуковского	16,2	6,5	2	ТРДН-40
3	ХФТИ	3,78	2,15	3	ТРДН-25
4	Алексеевка	24,3	9,7	2	ТРДН-25
5	Ивановка	37	19	4	ТРДН-40
6	Павловская	1,14	0,45	2	ТДН-10

При моделировании роста нагрузки бытовых потребителей, проживающих на территории выбранного массива, с помощью специально разработанной программы [8] была определена зависимость капитальных вложений в реконструкцию сети 110 кВ (замена, добавление оборудования) от уровня электропотребления при пропорциональном росте реактивной и активной составляющей, а также при росте только активной составляющей нагрузки (рис. 3). При этом предполагалось, что на ПС, соседних с ПС "Алексеевка", нагрузка не увеличивается.

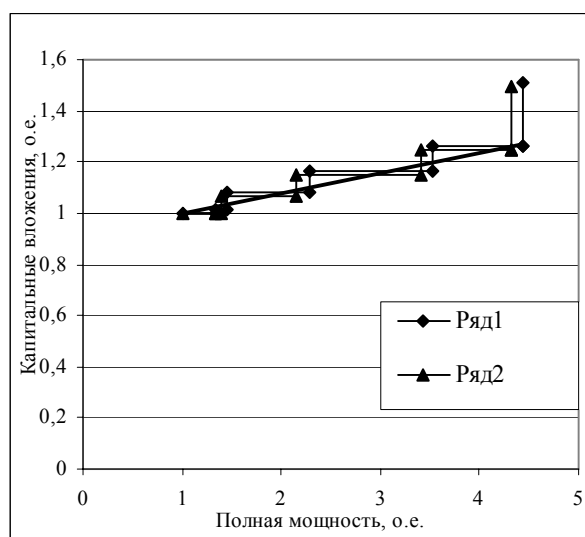


Рис. 3. Зависимость капитальных вложений в сеть 110 кВ от уровня электропотребления при пропорциональном росте реактивной и активной составляющей (ряд 1) и при росте только активной нагрузки (ряд 2)

Первый (наименьший) скачок затрат соответствует установке на ПС "Алексеевка" компенсирующих устройств, в качестве которых можно использовать батареи конденсаторов типа КСКГ и КС-2 на стороне низшего напряжения понижающих трансформаторов. Поскольку при разнице в цене 25 %, конденсаторные батареи типа КСКГ генерируют реактивную мощность, превосходящую мощность КС-2 в два раза, из этих двух типов батарей целесообразным представляется выбор КСКГ.

Второй и последующие скачки соответствуют последовательной замене трансформаторов на этой же ПС на более мощные (25 МВ·А → 40 МВ·А → 63 МВ·А → 80 МВ·А и т.д.). Трансформаторы остальных ПС при этом замены не требуют. Последний

скачок соответствует реконструкции всей сети 110 кВ с подключением дополнительной ЛЭП от центра питания (ПС "Залютино") к ПС "Алексеевка" и преобразованием этой подстанции из проходной в узловую.

Причем, как видно из графика, при 4-х-кратном росте бытовой нагрузки сама ЛЭП 110 кВ еще не нуждается в реконструкции, так как ток в ней продолжает оставаться ниже допустимых пределов (при условии, что рост нагрузки ограничивается только вкладом от роста нагрузки ПС "Алексеевка" и не затрагивает остальные ПС).

На рис. 4 представлены кривые предельной мощности трансформаторов, при которых необходима их замена. Эта критическая мощность зависит от соотношения активной и реактивной мощностей.

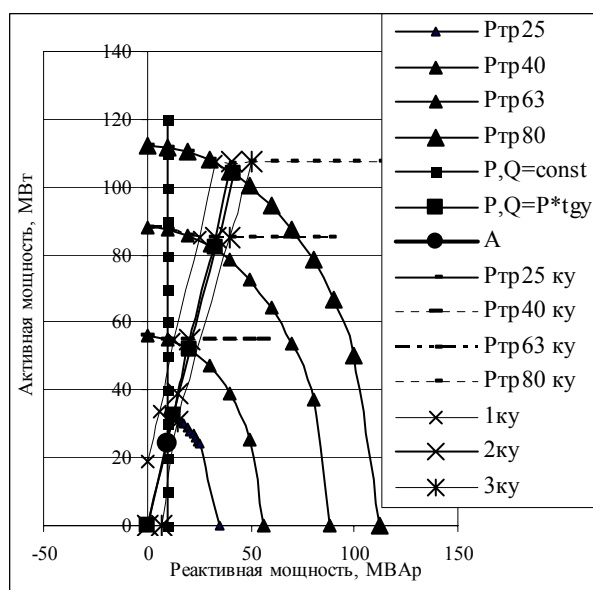


Рис. 4. Кривые предельной мощности трансформаторов в зависимости от соотношения их активной и реактивной мощностей

На данном графике выделен сегмент наиболее вероятного развития соотношения между активной и реактивной мощностями, ограниченный прямыми, соответствующими пропорциональному росту активной и реактивной составляющей мощности ($Q=P \cdot \operatorname{tg} \varphi$) и росту лишь активной составляющей ($Q=\operatorname{const}$).

При установке компенсирующих устройств изменение полной мощности определяется лишь изменением активной составляющей, чему соответствуют прямые Ртр25, Ртр40, Ртр63, Ртр80. Прямыми 1ку,

2ку, 3ку отмечены пределы регулирования реактивной мощности соответствующим количеством компенсирующих устройств.

Точка А соответствует сегодняшнему соотношению активной и реактивной мощности.

При построении линии тренда для графика, характеризующего рост только активной нагрузки (ряд 2), был определен линейный коэффициент роста капитальных вложений в сеть 110 кВ в зависимости от увеличения нагрузки на шинах исследуемой подстанции. Он составил 0,0803 о.е. Уравнение линии тренда имеет следующий вид:

$$K = 0,0803 \cdot S + 0,9164,$$

где K – капитальные вложения, о.е.; S – полная мощность, о.е.

Таким образом, при увеличении нагрузки на исследуемой подстанции в 4 раза по сравнению с сегодняшней, объем необходимых капитальных вложений составит около 30 % от стоимости имеющихся основных фондов.

Из графика также видно, что до осуществления капитальных вложений в сеть 110 кВ, связанных с первой заменой трансформаторов, запас всей высоковольтной части системы электроснабжения по мощности составляет 38 %. После первой замены трансформаторов, для осуществления которой необходимо всего 0,066 о.е. финансирования, следующие вложения потребуются при увеличении нагрузки в 1,6 раза. Коренная реконструкция всей сети 110 кВ потребует при увеличении нагрузки в быту более, чем в 4 раза.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Возникает вопрос: 4-х-кратный рост нагрузки в быту – много это или мало? И какое время остается у нас в резерве для выбора лучшего варианта формирования системы ЭТС и поиска финансовых средств для его реализации?

Ответ на него не может быть однозначным. Если говорить конкретно об Алексеевском жилмассиве города Харькова, то здесь нужно принимать во внимание практическое отсутствие у его жителей газовых кухонных плит. Подавляющая часть домов (9 и 16 этажей) оборудована электроплитами, и это говорит о том, что вся внутридомовая электропроводка выполнена более мощной. Если в квартире и появляется какой-нибудь мощный ЭНП, он не перегружает абонентский ввод. Указанное обстоятельство делает Алексеевку весьма привлекательным кандидатом на роль экспериментального жилмассива, на котором можно было бы отработать алгоритмы функционирования системы ЭТС и ее координации с традиционной СЦТ.

Совсем иная картина имеет место в районах с высокой степенью газификации. Здесь появление ЭНП влечет быстрый рост бытовой нагрузки. И этому есть яркие примеры – другие жилые массивы Харькова, Павлово Поле, Салтовка [9]. При снижении качества теплоснабжения бытовых потребителей электрическая нагрузка в быту увеличивается в этих районах уже сейчас в 2,5-3 раза, провоцируя рост сверхнормативных потерь в низковольтных сетях. Теплые, мяг-

кие зимы последних лет не давали повода нагрузке расти дальше, но то, что обозначенный рубеж может быть легко превзойден уже в ближайшие годы, не вызывает никаких сомнений.

ВЫВОДЫ

Таким образом, в результате исследования режимов работы сети 110 кВ определен граничный уровень нагрузки, при котором необходима ее коренная реконструкция. В ходе расчетного исследования установлено, что "узким" местом высоковольтной части системы электроснабжения Алексеевского жилого массива являются понижающие трансформаторы ПС 110/10 кВ "Алексеевка", первая замена которых потребует уже при увеличении нагрузки на 38 %. ВЛ 110 кВ, по которой происходит питание исследуемой подстанции, работает с наибольшим запасом по пропускной способности и не потребует реконструкции при увеличении нагрузки в бытовом секторе в 4-4,3 раза.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Вороновский Г.К. Усовершенствование практики оперативного управления крупными теплофикационными системами в новых экономических условиях. – Х.: Изд-во "Харьков", 2002. – 240 с.
- [2] Патент Украины на изобретение UA 25665 C2, МКИ⁷ F24D 3/00 от 16.04.1997. Способ центрального регулирования отпуска тепла от ТЭЦ жилым массивам / Г.К. Вороновский, С.А. Сергеев, Г.Г. Сергеевкова // Промислова власність. – 2001. – № 8 (опубликовано 17.09. 2001).
- [3] Пырков В.В. Электрическая кабельная система отопления. Энергетическое сопоставление. – К.: ООО "МедиаМакс", 2004. – 88 с.
- [4] ДБН В. 2.5-23-2003 "Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення".
- [5] ДБН В. 2.5-24-2003 "Електрична кабельна система опалення".
- [6] Олефиренко О.М., Вихров Д.Ю. Оценка эффективности инновационных энергосберегающих технологий в жилищно-коммунальном хозяйстве // В кн.: Малая энергетика в системе обеспечения экономической безопасности государства / Под общ.ред. Г.К. Вороновского, И.В. Недина. – К.: Знання України, 2006. – С. 211-220.
- [7] Розинський Д.І., Громадський Ю.С., Тимченко М.П. Електротеплоакумуляційний обігрів як новий тип споживача-регулятора // Промелектро. – 2006, №2. – сс.14-18.
- [8] Проектирование систем электроснабжения. Учебное пособие / О.Г. Гриб, А.Л. Ерохин, Г.А. Сендерович, К.А. Старков. – Киев, 2002. – 184 с.
- [9] Анализ тенденций изменения структуры электропотребления в быту / Г.К. Вороновский, А.Ю. Козлоков., К.В. Махотило, С.А. Сергеев // Електротехніка та електромеханіка, 2004. – №1. – С. 66-69.

Поступила 15.01.2007