

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ГОРОДСКОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ

С.Н. Трофимова

Система электроснабжения города представляет собой совокупность электрических сетей различных напряжений, обычно (исключая мегаполисы) напряжением 220–35, 6–10 и до 1 кВ. Городскими распределительными сетями принято называть сети напряжением 6–10 кВ (в частности 35 кВ), предназначенные для распределения электроэнергии между группами потребителей или питания отдельных потребителей. Эти сети, в основном, предназначены для питания находящихся на территории города коммунально-бытовых потребителей. В общем случае городская распределительная сеть включают в себя питающую сеть 6–10 кВ и непосредственно распределительную сеть того же напряжения [1].

Увеличение количества городских жителей, развитие промышленности, создание совершенно новых по своей технологии производств, строительство новых и реконструкция действующих производственных объектов, внедрение мощных установок силового электрооборудования приводит к устойчивому росту электропотребления в городах, что требует систематического развития городских электрических сетей.

Увеличение потребления электрической энергии в свою очередь приводит к ужесточению требований к работе систем электроснабжения городов. Отключения в периоды пиковых нагрузок могут стать катастрофой для энергоснабжения городских потребителей, поэтому важное значение приобретают требования к качеству развития городских электрических сетей.

Особенности электроснабжения городов определяются массовостью всех сетевых сооружений, линий и электрооборудования, многочисленностью электроприемников сравнительно небольшой мощности, разбросанных по всей территории города, влиянием условий городского хозяйства, разнотипностью оборудования, преобладанием электроприемников второй категории (по требованиям надежности электроснабжения) в жилых районах, отсутствием, как правило, постоянного дежурного персонала на распределительных пунктах и трансформаторных подстанциях [2, 3].

Характерной особенностью городских распределительных сетей является снабжение потребителей по кабельным линиям, часто сдвоенным или строенным, включаемым одним выключателем [2]. Воздушные линии применяются, в основном, на окраинах городов, а также в районах застройки до пяти этажей [4].

Рациональное построение и развитие системы электроснабжения городов должно обеспечивать такие показатели, как экономическая целесооб-

разность, обоснованная надёжность, качество напряжения, восприимчивость к развитию потребителей и сетей. Развитие городской электрической сети основывается на таких специфических особенностях, как большая плотность электрических нагрузок, относительно равномерное распределение этих нагрузок на ограниченной территории, ограничение условий для выбора трасс линий, а также высокие требования к надёжности электроснабжения. Уровень надёжности работы городских электрических сетей определяется такими показателями, как вероятность отказа, или средний коэффициент вынужденного простоя, параметр потока отказов, или среднее количество отказов, среднее время восстановления элементов сети, а также относительное значение недоотпуска электроэнергии потребителям.

Изучение и количественный анализ надёжности работы городских электрических сетей позволит решить задачу оценки надёжности схем развития городской электрической сети, системы электроснабжения отдельных городских потребителей,

Параметр потока отказов на 100 км линий в городских сетях является достаточно высоким и составляет $\omega = 15,85$ в год, причем в сельских электрических сетях значение $\omega = 3,73$ в год [5].

Как динамика распределения отказов в течение суток (см. рисунок), так и динамика распределения отказов по видам электрооборудования (см. таблицу), полученные по результатам анализа технологических нарушений работы городских электрических сетей ОАО «МРСК Урала» филиала «Челябэнерго» производственного отделения «Златоустовские электрические сети» за десятилетний период, объясняются специфическими условиями развития и эксплуатации городской электрической сети.



Распределение отказов в городских электрических сетях

Распределение отказов в работе электрооборудования
в городских электрических сетях

Наименование оборудования	Повреждаемость, %
Силовой кабель	25,88
Провод ВЛ	17,25
Опора	11,82
Муфта ВУ	5,43
Изолятор	5,11
Выключатель масляный	4,79
Соединительная муфта	3,83
Трансформатор силовой	3,51
Разъединитель	3,51
Шины	3,19
Муфта НУ	3,19
Трансформатор напряжения	2,88
Трансформатор тока	2,56
Прочие	7,03
Всего	100,00

Почти в 90 % случаев отказы в работе городских электрических сетей сопровождаются их повреждениями.

Аварийные и внезапные перерывы электроснабжения городских потребителей вызывают большой экономический ущерб, обусловленный поломкой оборудования, порчей сырья и материалов, затратами на ремонты, недовыпуском продукции, простоями технологического оборудования и рабочей силы, а также издержками, связанными с другими факторами.

Анализ статистики повреждаемости электротехнического оборудования в городских электрических сетях показывает, что инциденты в работе городских электрических сетей не обязательно сопровождаются отказами оборудования, хотя в некоторых тяжелых аварийных ситуациях инцидент может повлечь за собой повреждение одновременно нескольких видов оборудования.

Значительное число отказов в городских электрических сетях по различным причинам является следствием повреждения кабельных линий (37 %), причем $\frac{1}{4}$ часть повреждений приходится именно на силовой кабель (см. таблицу). Количество повреждений элементов воздушных линий в городских электрических сетях составляет 40 % от всех повреждений, половина из которых приходится на провода ВЛ.

Учитывая тот факт, что городские электрические сети выполняются преимущественно кабельными линиями [6], протяжённость которых больше протяжённости воздушных линий, а повреждаемость кабельных и воздушных линий почти одинакова (49 и 51 % соответственно), можно сделать вывод, что воздушные линии в городских электрических сетях являются достаточно ненадёжным элементом сети.

Анализ причин нарушений в работе городских электрических сетей позволит выявить основные причины инцидентов, наметить не только экономически обоснованные пути развития городской электрической сети, но и обеспечить защиту человека, природной среды и собственности от опасных воздействий, возникающих при авариях и инцидентах.

Выявление основных факторов, влияющих на надежность работы городской электрической сети, позволит оценить и повысить уровень надежности ее работы. А это, в свою очередь, ведет к снижению числа аварийных ситуаций и уменьшению ущерба от перерывов электроснабжения городских потребителей. Несмотря на то, что повышение уровня надежности увеличивает затраты на сооружение и эксплуатацию городских электрических сетей, все же влечет за собой уменьшение ущерба от перерывов электроснабжения городских потребителей.

Библиографический список

1. Кужеков, С.Л. Городские электрические сети: учеб. пособие / С.Л. Кужеков, С.В. Гончаров. – Ростов н/Д: Издательский центр «МарТ», 2001. – 256 с.
2. Андреев, В.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения: учеб. для вузов / В.А. Андреев. – 4-е изд. перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 2006. – 639 с.: ил.
3. Электротехнический справочник: в 4 т. Т.3. Производство, передача и распределение электрической энергии / под общ. ред. проф. МЭИ В.Г. Герасимова и др. (гл. ред. А.И. Попов). – 8-е изд., испр. и доп. – Изд-во МЭИ, 2002. – 964 с.
4. Кужеков, С.Л. Городские электрические сети: учебное пособие С.Л. Кужеков, С.В. Гончаров / – Ростов н/Д: Издательский центр «МарТ», 2001. – 256 с.
5. Трофимова, С.Н. Повышение надёжности электроснабжения при резистивном заземлении нейтрали в электрических сетях 6–35 кВ / С.Н. Трофимова // Электробезопасность. – 2009. – № 2–3. – С. 3–8.
6. 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.