

Анализ отказов кабельных линий городских электрических сетей

Романов Р.В., Радкевич В.Н.

Белорусский национальный технический университет

Решение многих задач эксплуатации электрических сетей требует анализа и количественной оценки отказов распределительных линий 6-10кВ. Для повышения эксплуатационных характеристик сетей необходимо знать причины отказов линий электропередачи, разрабатывать и внедрять мероприятия по повышению надежности электроснабжения. С этой целью произведен анализ отказов, произошедших с 1995 по 2005 годы в кабельных сетях напряжением 6-10кВ крупного города.

Полученные опытным путем фактические данные по отказам статистически обработаны и проанализированы по месяцам и кварталам года. Для каждого месяца и квартала за рассмотренный период определены общее количество отказов, вариация (максимальное и минимальное число отказов), математическое ожидание и среднеквадратическое отклонение числа отказов от математического ожидания.

В течение месяца наибольшее число отказов (127) произошло в августе 2005 года, а наименьшее (25) - в феврале 1996 года. Минимальное значение математического ожидания числа отказов за месяц относится к февралю (44,82), а максимальное - к июню (72,91).

Наибольшее число отказов за весь период наблюдения имело место во втором квартале года (2377), что составляет около 30% от общего числа отказов (8077). Среднее число отказов за второй квартал (216,09) значительно больше, чем за другие кварталы: I-129,55; III-201,73; IV-166,91. Однако в последние годы (2003-2005) наметилась тенденция к смещению максимума повреждаемости кабельных линий на III квартал. В частности, в третьем квартале 2005 года достигнут максимум повреждаемости за квартал в течение рассматриваемого периода (324).

Рост числа отказов в весенне-летний период можно объяснить следующими причинами:

1. Активизацией земляных работ, производимых в черте города.

2. Весенними подвижками грунтов на трассах кабельных линий.

3. Повышением температуры окружающей среды.

Основными причинами повреждения кабельных линий напряжением 6-10кВ являются прямые механические повреждения, коррозия металлической оболочки, дефекты изготовления и монтажа кабеля, тепловой износ изоляции жил кабеля и др.

Следует отметить, что в последние годы общее количество повреждений существенно увеличилось. В сравнении с 1995 годом в 2005 году число отказов кабельных линий увеличилось более чем в два раза. При этом суммарная длина линий возросла не более чем в 1,3 раза. Поэтому представляет интерес количественная оценка удельной повреждаемости кабельных линий. Для этого определены средние значения параметра потока отказов и наработки на отказ для каждого года за период наблюдений (таблица 1).

В рассмотренных городских сетях в основном используются кабели с пропитанной бумажной изоляцией. Доля кабелей с полимерной изоляцией в общей протяженности сети пока незначительна, однако она постоянно увеличивается. В связи с этим целесообразно приближенно оценить значение удельной повреждаемости кабелей 6-10 кВ с пластмассовой изоляцией.

Учитывая высокую электрическую прочность и хорошие эксплуатационные свойства кабелей с полимерной изоляцией, можно предположить, что основной причиной повреждения таких кабелей будут прямые механические воздействия. Это подтверждается опытом эксплуатации кабельных линий с изоляцией из сшитого полиэтилена в городских сетях 6-10кВ.

Принимая во внимание, что прямые механические воздействия составляют около 5% от общего числа повреждений, можно полагать, что параметр потока отказов (при сохранившемся уровне эксплуатации сети) ориентировочно будет равным $0,013 \cdot 1 / (\text{км} \cdot \text{г})$.

Анализ полученных результатов позволяет сделать следующие выводы:

1. Параметр потока отказов кабельных линий имеет тенденцию к росту. Это можно объяснить тем, что кабели с пропитанной бумажной изоляцией постепенно вырабатыва-

ют свой ресурс, который в первую очередь обусловлен старением и тепловым износом изоляции.

2. Параметр потока отказов кабельных линий, проложенных в земле, существенно выше (в 3,5-8 раз) значений, приводимых в технической и справочной литературе. Поэтому при решении эксплуатационных задач, требующих учета повреждаемости кабельных линий, следует использовать фактические параметры потока отказов.
3. Постепенная замена кабелей с пропитанной бумажной изоляцией, выработавших свой ресурс, на кабели с пластмассовой изоляцией позволит существенно снизить повреждаемость кабельных линий и повысить эксплуатационные характеристики городской электрической сети напряжением 6-10 кВ.

Таблица 1

Характеристики повреждаемости кабельных линий 6-10кВ

№	Год	Суммарная длина кабельных линий, км	Общее число отказов, шт	Параметр потока отказов, 1/(км*г)	Средняя наработка на отказ Тн, г
1	1995	2414,3	492	0,204	4,902
2	1996	2444,3	574	0,235	4,255
3	1997	2468,7	656	0,266	3,759
4	1998	2523,3	668	0,265	3,774
5	1999	2582,0	613	0,237	4,219
6	2000	2635,9	660	0,250	4,0
7	2001	2738,1	677	0,247	4,049
8	2002	2871,6	882	0,307	3,257
9	2003	2938,0	766	0,261	3,831
10	2004	2992,3	1062	0,355	2,817
11	2005	3080,5	1027	0,333	3,003
	Среднее значение	2608,1	734,3	0,269	3,806