

УДК 621.311.62.3.019

А.С.Кондрашов (асп. каф. ЭнЭл), Л.П.Андреева (5 курс, каф. ЭнЭл),
В.И.Яковлев, д.т.н., проф.

ОЦЕНКА КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НИЗКОВОЛЬТНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Энергопотребители, питающиеся от низковольтных сетей, должны получать от них электроэнергию, качество которой определено ГОСТом. Однако при эксплуатации энергопотребителей наблюдаются сбои и отказы в их работе, вызванные отказами питающих низковольтных сетей.

В большинстве работ отечественных и зарубежных исследователей под отказом в электроснабжении понимается событие единичного снижения (повышения) напряжения питания на 20 % и более на клеммах потребителя длительностью свыше одной половины периода.

Существенный разброс по частоте и длительности отказов и их причинам обусловлен как неоднородностью сведений, так и различиями в надежности самих распределительных сетей и разнообразием потребителей, подключенных на общие шины. Данные по частоте, длительности и причинам отказов, полученные на основании литературного обзора, с указанием разброса, обусловленного неоднородностью сведений, сведены в табл. 1.

Таблица 1

	Виды отказов	Длительность отказа (средняя)	Частота отказов (средняя)	Причина
1	Мгновенный	10...500 мс; (принимаяем 100 мс)	(1,5...25) 1/сутки (принимаяем 10 1/сутки)	Коммутационные провалы; пуск двигателей; к.з. у маломощных потребителей, отключаемые защитной аппаратурой; колебания сетей на металлургических заводах.
2	Кратковременные	0,5...20 с; (принимаяем 5 с)	(1...5) 1/месяц (принимаяем 3 1/месяц)	Оперативные переключения в энергосистемах; прямой (экстренный) пуск мощных двигателей; устраняемые аварии в автоматизированных распределительных сетях и рас-
3	Непродолжительные	1...60 мин; (принимаяем 10 мин)	(1...6) 1/год (принимаяем 3 1/год)	Определенные аварии, устраняемые персоналом диспетчерской службы; выход из строя защитной и коммутационной аппаратуры на подводящей линии низкого напряжения; ошибки в эксплуатации.

4	Длительные	1...8 ч; (принимаем 2 ч)	1 раз в 2...5 лет (принимаем 1 раз в 3 года)	Тяжелые системные аварии; выход из строя основного оборудования подводящей линии низкого напряжения (кабели, трансформатор 20 кВ/0,4 кВ, повреждение воздушных опор).
---	------------	--------------------------------	--	---

Хотя для большинства элементов систем электроснабжения законы распределения отказов во времени носят характер более сложный, чем экспоненциальный, общепринятым является применение экспоненциального закона, что однако приводит к погрешности некоторого занижения расчетной вероятности безотказной работы по сравнению с фактической. Приняв законы распределения экспоненциальными, мы значительно упрощаем математическую модель ввиду использования однородных марковских процессов.

Просчитана вероятность безотказной работы промышленной сети по выражению

$$P_i(t) = \prod_{i=1}^4 \left\{ \frac{\mu_i}{\lambda_i + \mu_i} + \frac{\lambda_i}{\lambda_i + \mu_i} \exp[-(\lambda_i + \mu_i)t] \right\},$$

где μ_i – интенсивность отказов для i -го вида, получаемая из частоты отказов f_i путем приведения последней к размерности 1/ч; λ_i – интенсивность восстановления при i -ом виде отказа.

Для μ_i можно записать $\mu_i = \frac{1}{\Delta t_i}$ при нормировании Δt_i к размерности в часах. При этом

$\Delta t_i = \tau$ – время восстановления для данного вида отказа. Значения λ_i, μ_i и τ_i , пересчитанные от f_i и Δt_i сведены в табл. 2.

Таблица 2

Вид отказа	I=1	I=2	I=3	I=4
$\lambda_i(1/ч)$	0,417	$4,17 \cdot 10^{-3}$	$3,47 \cdot 10^{-4}$	$3,86 \cdot 10^{-5}$
$\tau_i(ч)$	$2,77 \cdot 10^{-5}$	$1,39 \cdot 10^{-3}$	0,167	2,00
$\mu_i(1/ч)$	$3,6 \cdot 10^4$	719	6,0	0,5

Таким образом, надежность электроснабжения потребителей, не допускающих обрывов питания $\Delta t \leq 1$ мс, определяется интенсивностью потока мгновенных отказов. При среднем времени наработки на отказ по общепромышленным сетям низкого напряжения оно состав-

ляет $T_1 = 2,5 \frac{1}{ч}$.