

СТРУКТУРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЛ 6–10 кВ СЕЛЬСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Канд. техн. наук, доц. КУЦЕНКО Г. Ф., асп. ПАРФЕНОВ А. А.

Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого

Как правило, электроснабжение потребителей осуществляется по цепи «источник–потребитель», которая включает следующие элементы: линия электропередачи напряжением 35 или 110 кВ (ЛЭП 35(110) кВ) – понижающая трансформаторная подстанция напряжением 35 или 110 кВ на 10 кВ (ПС 35(110)/10 кВ) – воздушная линия электропередачи напряжением 10 кВ (ВЛ 10 кВ) – понижающая трансформаторная подстанция напряжением 10 кВ на 0,4 кВ (ТП 10/0,4 кВ) – воздушная линия электропередачи 0,38 кВ (ВЛ 0,38 кВ). Согласно исследованиям [1], наиболее повреждаемым элементом является ВЛ 6–10 кВ.

Сельские электрические сети напряжением 6–10 кВ как объект исследования надежности имеют ряд особенностей. Одна из них – большая протяженность и разветвленность ВЛ 6–10 кВ с относительно малой плотностью нагрузок. Имеются примеры, когда их протяженность достигает 50-ти и более километров.

Другая особенность заключается в том, что сельские электрические сети, особенно ВЛ 6–10 кВ, являются специфическим объектом расчета показателей надежности. Известные классические методы расчета надежности здесь неприменимы. Особенно сложно рассчитать вероятное время аварийного отключения ВЛ 6–10 кВ, которое определяется продолжительностью времени на необходимые операции по нахождению места повреждения, его локализации, включению резерва, выполнению ремонта, соблюдению мер безопасности и т. д. В состав этих операций входят также многочисленные переезды или переходы вдоль трассы линии. Затраты времени на восстановление электроснабжения зависят также от квалификации персонала, системы организации оперативного и ремонтного обслуживания, наличия и оснащенности производственных баз, состояния дорог, естественных преград и др.

Для разработки мероприятий по повышению надежности ВЛ 6–10 кВ необходимо знать их характеристики. Определяя основные характеристики ВЛ 6–10 кВ, мы исследовали 200 линий электропередачи предприятия Гомельских электрических сетей. Исследуемые линии имеют следующие параметры:

- общая протяженность одной ВЛ 10 кВ L_{10} , км;
- протяженность магистральной части одной ВЛ 10 кВ $L_{10М}$, км;
- общая протяженность ответвлений одной ВЛ 10 кВ $L_{10.0}$, км;
- протяженность ответвлений 1-го порядка от одной ВЛ 10 кВ $L_{10.01}$, км;
- протяженность ответвлений 2-го порядка от одной ВЛ 10 кВ $L_{10.02}$, км;
- протяженность ответвлений 3-го порядка от одной ВЛ 10 кВ $L_{10.03}$, км;

- общее количество ответвлений на одной ВЛ 10 кВ n_0 , шт.;
- количество ответвлений на одной ВЛ 1-го порядка n_{01} , шт.;
- количество ответвлений на одной ВЛ 2-го порядка n_{02} , шт.;
- количество ответвлений на одной ВЛ 3-го порядка n_{03} , шт.;
- общее количество участков на одной ВЛ 10 кВ $n_{уч}$, шт.;
- количество участков на магистральной части одной ВЛ 10 кВ $n_{уч,м}$, шт.;
- количество участков на одном ответвлении ВЛ 10 кВ 1-го порядка $n_{уч,1}$, 2-го порядка $n_{уч,2}$, 3-го порядка $n_{уч,3}$, шт.;
- количество трансформаторных подстанций (ТП) 10/0,4 кВ, подключенных к одной ВЛ 10 кВ $n_{тп}$, шт., и их установленная мощность $S_{тп}$, кВ · А;
- количество комплектных трансформаторных подстанций (КТП) 10/0,4 кВ $n_{ктп}$ и закрытых трансформаторных подстанций (ЗТП) 10/0,4 кВ $n_{зтп}$, шт.;
- суммарная установленная мощность ТП 10/0,4 кВ $S_{\Sigma тп}$, МВ · А.

Данные о нагрузках были получены в диспетчерской службе предприятия электрических сетей.

Наименование структурных частей разветвленной ВЛ 10 кВ принято по следующей методике. Магистральная линия определялась по наибольшему сечению провода. При сечении проводов, одинаковых при разветвлении ВЛ 10 кВ, учитывалась наибольшая протяженность, а в случае их одинаковой протяженности – наибольшая мощность подключенных ТП 10 кВ. Ответвления сети, отходящие от магистральной линии, классифицируются как ответвления 1-го порядка; ответвления, отходящие от ответвлений 1-го порядка, как ответвления 2-го порядка и т. д. (рис. 1). В качестве критерия, по которому выбиралось то или иное направление линии (например, магистраль или ответвление 1-го порядка и т. д.), принималось количество ТП 10/0,4 кВ, получающих электроэнергию по этому направлению. Чем больше количество ТП 10/0,4 кВ на рассматриваемом направлении, тем ниже порядок ответвления. Такой критерий целесообразен потому, что между

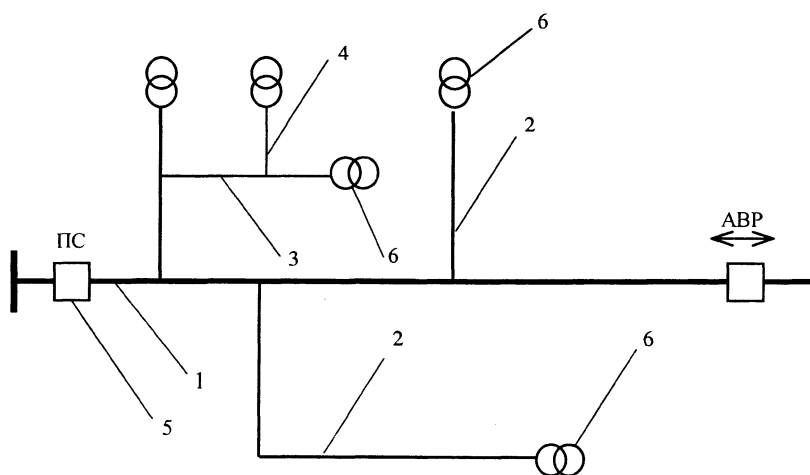


Рис. 1. Пример схемы ВЛ 6–10 кВ для определения ее параметров: 1 – магистральная часть ВЛ $L_{10м}$; 2 – ответвление 1-го порядка ВЛ $L_{10,01}$; 3 – ответвление 2-го порядка ВЛ $L_{10,02}$; 4 – ответвление 3-го порядка ВЛ $L_{10,03}$; 5 – выключатель; 6 – трансформаторная подстанция 10/0,4 кВ

числом ТП 10/0,4 кВ и протяженностью ВЛ 10 кВ, а также между числом ТП 10/0,4 кВ и их суммарной мощностью существуют достаточно тесные корреляционные связи. Поэтому выбор магистрального направления по наибольшему числу ТП 10/0,4 кВ, как правило, соответствует самому протяженному и нагруженному участку линии.

Математическая обработка статистических данных проводилась в следующей последовательности:

- по опытным данным строились эмпирические кривые распределений случайных величин;
- определялись параметры эмпирических распределений случайных величин;
- выдвигалась гипотеза о функции плотности эмпирических распределений случайных величин;
- эмпирические кривые распределений случайных величин выравнивались теоретическими кривыми;
- проводились сравнения по одному из критериев согласия (Пирсона, Романовского, Колмогорова или Ястремского) эмпирических и теоретических кривых распределений;
- выбирались функции, дающие наилучшие согласования.

Погрешность вычислений определялась с целью обоснования достаточного объема выборки по выражению [2]

$$\Delta = Z \frac{\sigma}{m_x} \sqrt{\frac{1}{n}} 100, \%, \quad (1)$$

где Z – квантили нормального распределения; σ – среднее квадратическое отклонение; m_x – оценка математического ожидания случайной величины; n – объем выборки.

Необходимое число данных (объем выборки) n для получения достаточной информации определяем из (1)

$$n = \frac{Z^2 \sigma^2}{\Delta^2 m_x^2}. \quad (2)$$

Как видно из (2), для повышения надежности вывода объем выборки необходимо увеличивать. Величина погрешности вычислений в основном составляет 4...7 % при надежности вывода 0,95. Доверительные интервалы определены для основного параметра теоретических распределений – математического ожидания – с надежностью вывода 0,95.

В табл. 1 приведены характеристики исследованных параметров ВЛ Гомельских электрических сетей. На рис. 2...6 показаны гистограммы, эмпирические и теоретические кривые распределений основных параметров электрических сетей.

Таблица 1

Параметр	Количество исходных значений	Математическое ожидание	Среднеквадратическое отклонение	Границы доверительных интервалов при надежности вывода 0,95
L_{10}	200	14,57	10,17	13,15...15,98
L_{10M}	200	8,86	5,37	8,11...9,6
$L_{10,O}$	182	5,92	6,70	4,95...6,9
$L_{10,O1}$	177	4,65	4,87	3,93...5,37
$L_{10,O2}$	100	2,26	3,01	1,66...2,85
$L_{10,O3}$	18	1,19	1,10	0,83...2,91
n_O	182	5,57	4,18	4,94...6,15
n_{O1}	182	3,97	2,70	3,53...4,32
n_{O2}	100	2,60	1,85	2,23...2,96
n_{O3}	18	1,78	1,08	1,29...2,36
$n_{уч}$	192	4,43	2,94	4,01...4,84
$n_{уч,м}$	191	2,74	1,65	2,51...2,98
$n_{уч,1}$	135	2,13	1,53	1,87...2,38
$n_{уч,2}$	23	1,61	0,87	1,24...1,97
$n_{тп}$	196	11,04	8,25	9,88...12,19
$n_{ктп}$	180	8,41	6,97	7,38...9,43
$n_{зтп}$	183	3,55	2,50	3,19...3,92
$S_{тп}$	196	184,68	83,04	173,03...196,34
$S_{\Sigma тп}$	196	1,8	1,18	1,63...1,96

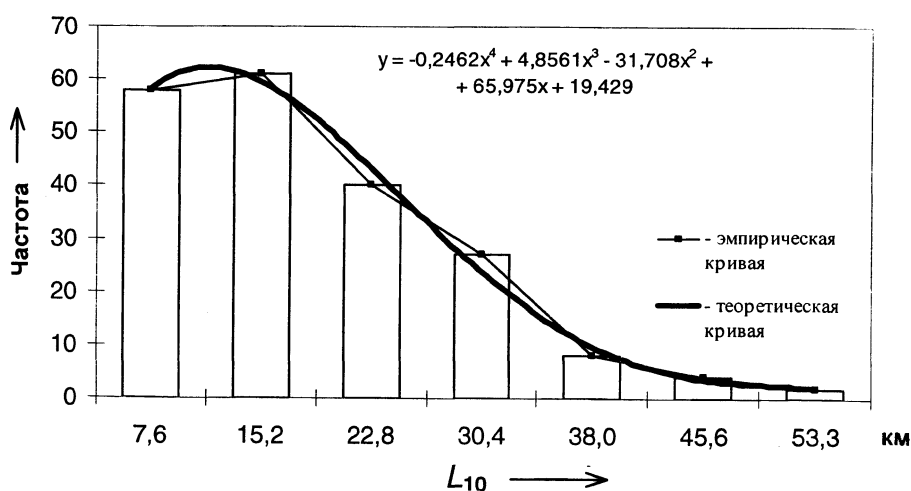


Рис. 2. Гистограмма распределения общей протяженности ВЛ 6–10 кВ

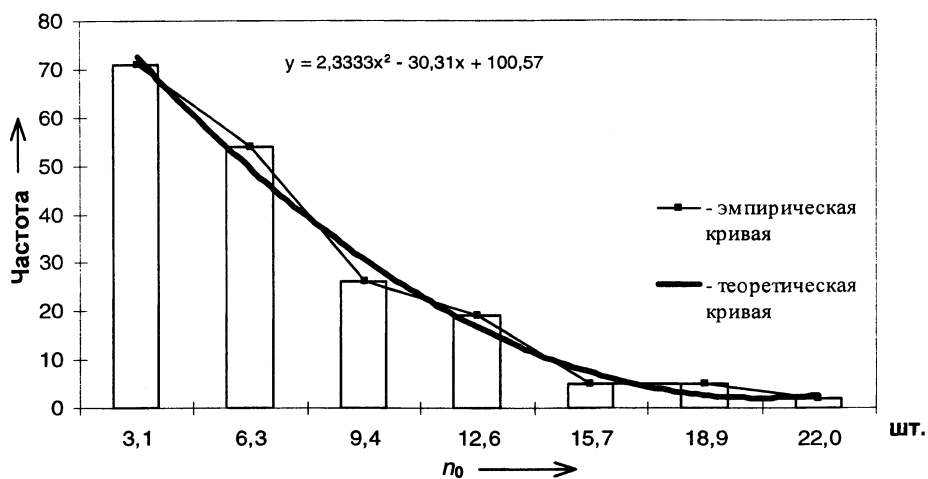


Рис. 3. Гистограмма распределения общего количества ответвлений ВЛ 6–10 кВ

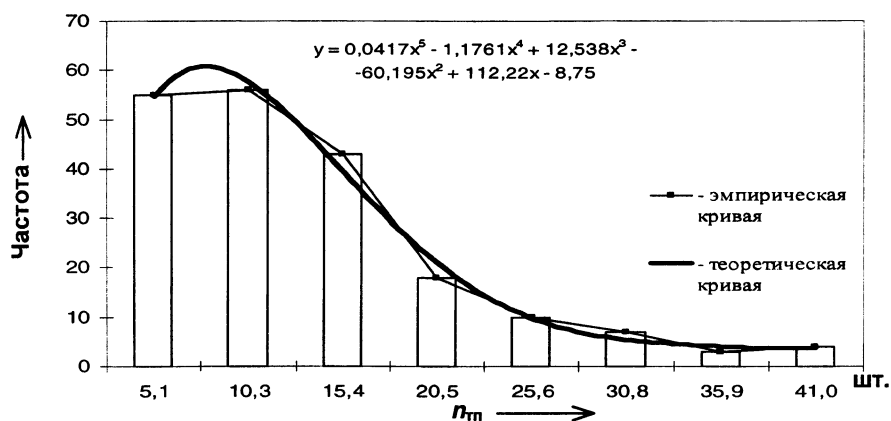


Рис. 4. Гистограмма распределения количества ТП 10/0,4 кВ

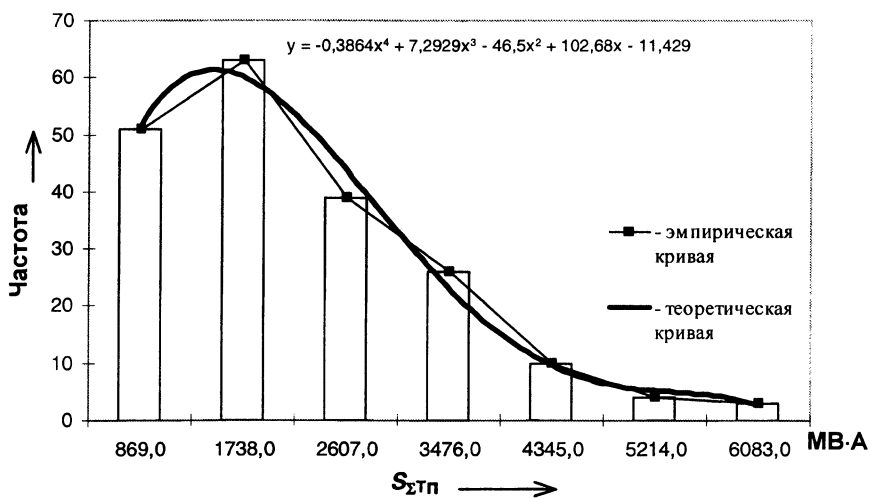


Рис. 5. Гистограмма распределения суммарной установленной мощности ТП 10/0,4 кВ

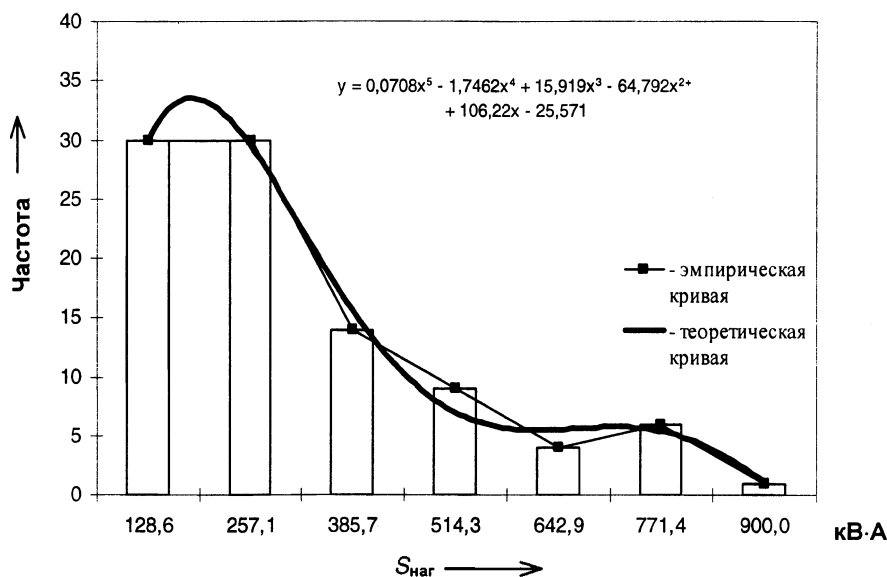


Рис. 6. Гистограмма распределения нагрузки ТП 10/0,4 кВ

Таким образом, на основании вероятностно-статистического анализа основных параметров ВЛ 6–10 кВ нами получены их вероятностно-структурные характеристики, построены гистограммы, эмпирические и теоретические кривые распределений, необходимые для построения вероятностно-статистических моделей электрических сетей и разработки методики повышения надежности их функционирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Куценко Г. Ф. Методика определения расчетного количества внезапных отключений сельскохозяйственного потребителя по цепи «источник–потребитель» // Энергетика... (Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ). – 1994. – № 3–4. – С. 21–25.
2. Ашмарин И. П., Васильев Н. Н., Амбросов В. А. Быстрые методы статистической обработки и планирование экспериментов. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1974.

Представлена кафедрой
электроснабжения

Поступила 31.07.2001