

УДК 621.316

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ВЛ 6-10 КВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Г.Ф. КУЦЕНКО, А.А. ПАРФЁНОВ

*Учреждение образования «Гомельский государственный
технический университет имени П.О. Сухого»,
Республика Беларусь*

Для выбора оптимального режима функционирования ВЛ 6-10 кВ необходимо знать их основные характеристики, особенно в режиме резервирования. На рис. 1 показана принципиальная схема резервирования ВЛ1 и ВЛ2 от двух источников питания. В нормальном режиме выключатели В1 и В2 включены, и выключатель В3 отключен. В этом режиме ВЛ1 питается от источника питания ИП1, а ВЛ2 от источника питания ИП2. Например, при отключении источника ИП1 АВР выключателя В3 включает питание ВЛ1 от источника ИП2, или наоборот. В этом режиме протяженность сети от источника питания ИП2 до источника ИП1 и нагрузка значительно возрастают. Чтобы обеспечить нормированное падение напряжения и возможность защиты сети от токов короткого замыкания, необходимо знать характеристики сетей, которые могут работать в режиме резервирования. Из-за большой протяженности сетей и нагрузок не все ВЛ 6-10 кВ могут работать в этом режиме.

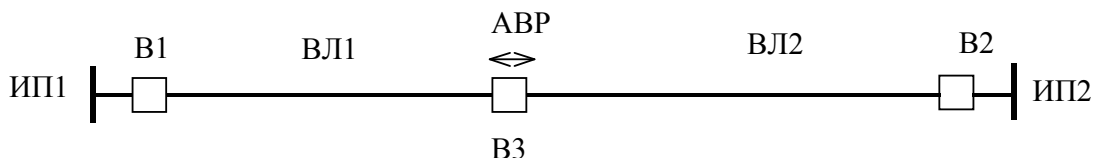


Рис. 1. Принципиальная схема резервирования ВЛ1 и ВЛ2 от двух источников питания ИП1 и ИП2

В данной статье приведены результаты исследований основных характеристик ВЛ 6-10 кВ сельскохозяйственного назначения в Гомельских электрических сетях для изучения возможности их взаимного резервирования при аварийных отключениях потребителей в электрических сетях. Подобные исследования основных параметров электрических сетей проводились и ранее [1, 2]. Но в электрических сетях происходят изменения, усовершенствования, реконструкция. И поэтому исследования, проведенные ранее, не могут быть использованы в настоящее время для дальнейшей работы с ними.

Исследование основных характеристик электрических сетей сельскохозяйственного назначения проводилось вероятностно-статистическим методом. Для определения основных параметров ВЛ 6-10 кВ нами исследовано 200 линий электропередач Гомельских электросетей. Все исследуемые линии были вычерчены на основании паспортных данных и по ним получены следующие характеристики:

- общая протяженность 1 ВЛ 10 кВ L_{10} , км;
- протяженность магистральной части 1 ВЛ 10 кВ L_{10M} , км;
- общая протяженность ответвлений 1 ВЛ 10 кВ L_{10O} , км;

- протяженность ответвлений I-го порядка 1 ВЛ 10 кВ $L_{10,01}$, км;
- протяженность ответвлений II -го порядка 1 ВЛ 10 кВ $L_{10,02}$, км;
- протяженность ответвлений III -го порядка 1 ВЛ 10 кВ $L_{10,03}$, км;
- общее количество ответвлений на 1 ВЛ 10 кВ n_0 , шт;
- количество ответвлений на 1 ВЛ I-го порядка n_{01} , шт;
- количество ответвлений на 1 ВЛ II -го порядка n_{02} , шт;
- количество ответвлений на 1 ВЛ III -го порядка n_{03} , шт;
- общее количество участков на 1 ВЛ 10 кВ $n_{уч}$, шт;
- количество участков на магистральной части 1 ВЛ 10 кВ $n_{уч,м}$, шт;
- количество участков на 1 ответвлении ВЛ 10 кВ I-го порядка $n_{уч,1}$, II -го порядка $n_{уч,2}$, III -го порядка $n_{уч,3}$, шт;
- количество трансформаторных подстанций (ТП) 10/0,4 кВ, подключенных к одной ВЛ 10кВ $n_{тп}$, шт и их установленная мощность $S_{тп}$, кВт·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 диспетчерских службах предприятий 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 I-го порядка; ответвления, отходящие от ответвлений I-го порядка, как ответвления II -го порядка и т.д. В качестве критерия, по которому выбиралось то или иное направление линии (например, магистраль или ответвление I-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 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 наиболее протяженному и наиболее 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 [3]

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

где Δ – погрешность в %;

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, получим из выражения (1):

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

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 таблице приведены характеристики исследованных параметров ВЛ 6-10 кВ Гомельских электрических сетей. На рис. 2-6 показаны гистограммы распределений, эмпирические кривые распределений, теоретические кривые распределений основных параметров электрических сетей.

Таблица 1

Основные параметры элементов системы распределения электроэнергии

Параметр	Количество исходных значений	Математическое ожидание	Средне-квадратическое 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 _{10,0}	182	5,92	6,70	4,95-6,9
L _{10,01}	177	4,65	4,87	3,93-5,37
L _{10,02}	100	2,26	3,01	1,66-2,85
L _{10,03}	18	1,19	1,10	0,83-2,91
n ₀	182	5,57	4,18	4,94-6,15
n ₀₁	182	3,97	2,70	3,53-4,32
n ₀₂	100	2,60	1,85	2,23-2,96
n ₀₃	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 _{уч.3}	2	1,00	0,00	1-1
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 _{ΣТП}	196	1,8	1,18	1,63-1,96

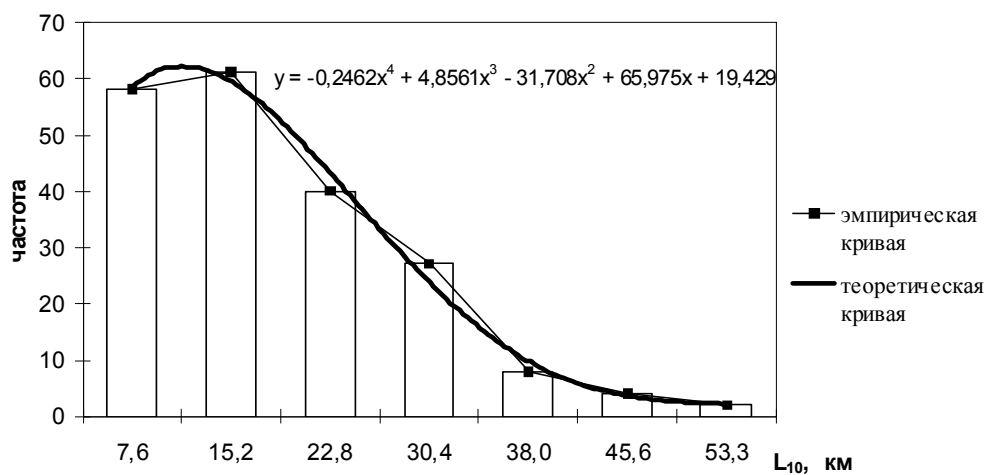


Рис. 2. Гистограмма распределения общей протяженности ВЛ 6-10 кВ

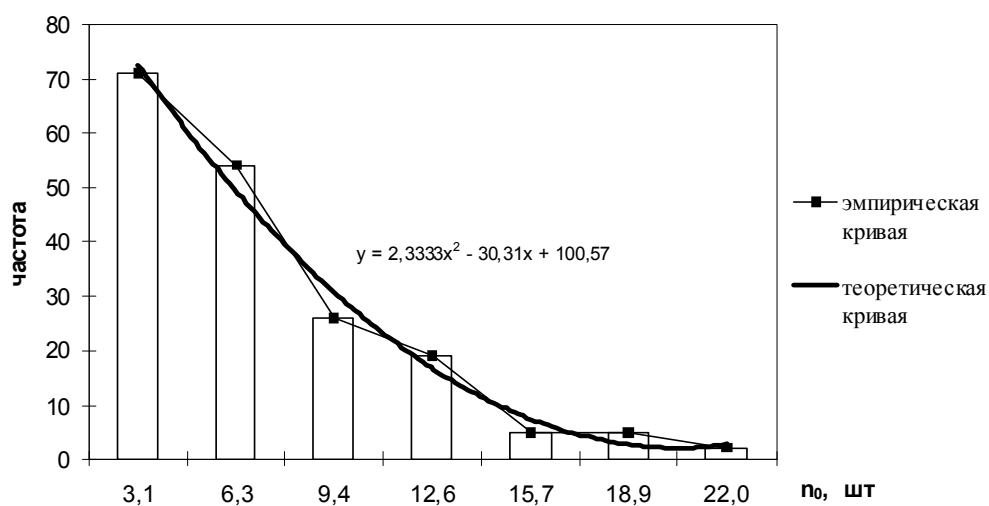


Рис. 3. Гистограмма распределения общего количества ответвлений ВЛ 6-10 кВ

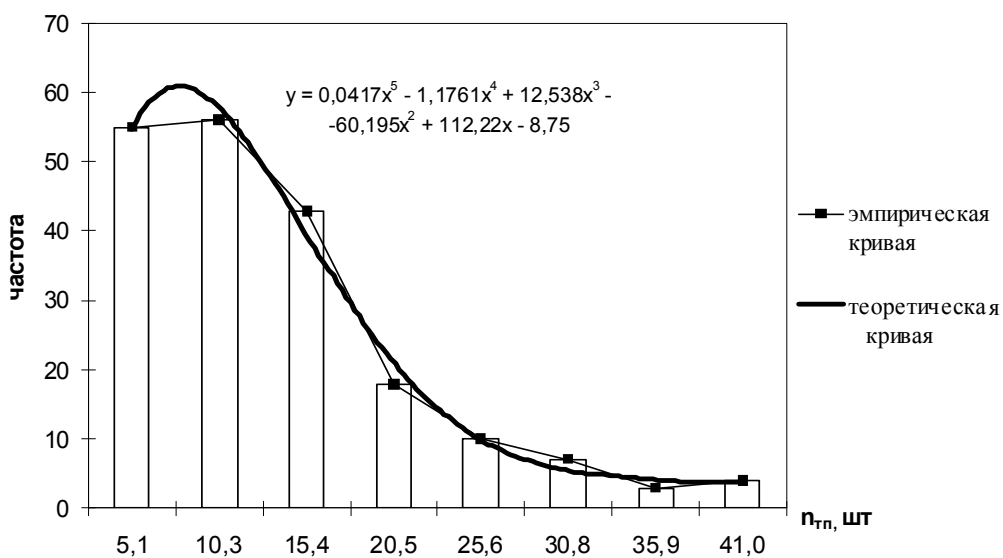


Рис. 4. Гистограмма распределения количества ТП 10/0,4 кВ

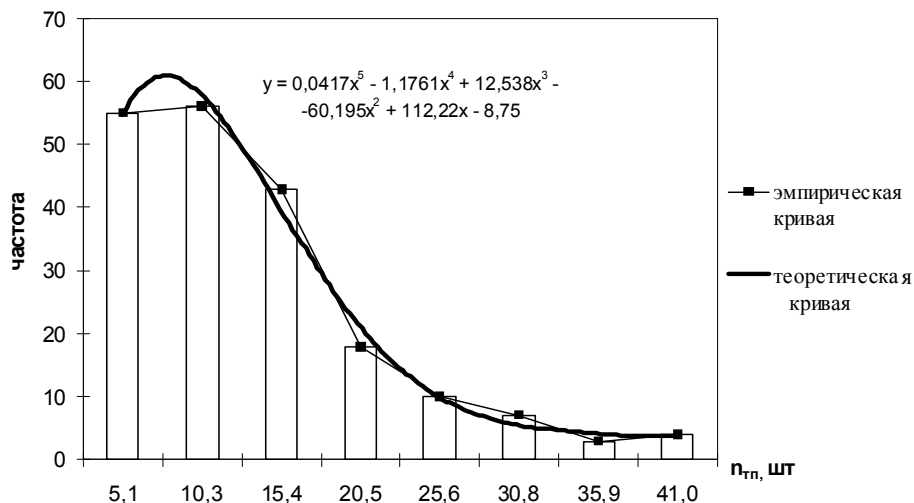


Рис. 5. Гистограмма распределения суммарной установленной мощности ТП 10/0,4 кВ

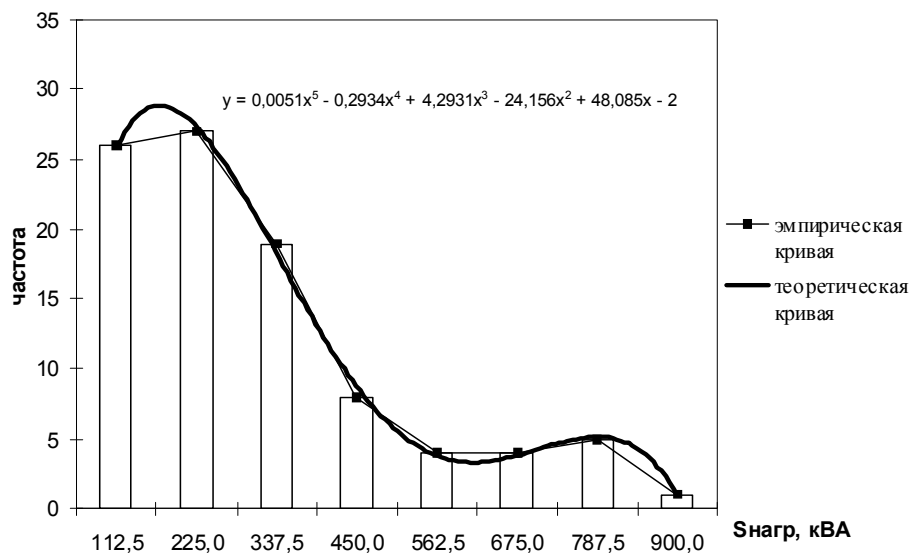


Рис. 6. Гистограмма распределения нагрузки ТП 10/0,4 кВ

На основании вероятностно-статистического анализа основных характеристик электрических сетей нами будут построены вероятностно-статистические модели ВЛ 6-10 кВ и разработаны алгоритм и программа сетевого резервирования при соблюдении нормированного уровня надежности потребителей, нормированного качества напряжения, а также защиты их от токов короткого замыкания.

Литература

1. Куценко Г.Ф. Анализ основных параметров сельских электрических сетей вероятностно-статистическим методом. – В кн.: Сборник научных работ аспирантов. – Минск: Ураджай, 1972.
2. Куценко Г.Ф. О некоторых параметрах схем электроснабжения сельскохозяйственных районов. – В кн.: Сборник научных работ аспирантов. – Минск: ЦНИИМЭСХ, 1974.
3. Ашмарин И.П., Васильев Н.Н., Амбросов В.А. Быстрые методы статистической обработки и планирование экспериментов. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1974.

Получено 28.05.2001 г.