

О КОНЦЕПЦИИ «ПОКАЗАТЕЛИ НАДЕЖНОСТИ» ДЛЯ ХАРАКТЕРИСТИКИ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

Канд. техн. наук, доц. КУЦЕНКО Г. Ф.

Гомельский политехнический институт

В современных условиях существенно возрастает актуальность проблемы надежности электроснабжения потребителей агропромышленного комплекса, особенно при переходе к рыночным экономическим взаимоотношениям между энергосистемой и потребителями электроэнергии.

В Республике Беларусь для электроснабжения потребителей сельскохозяйственного назначения в основном применяются системы напряжений 110/35/10/0,38 кВ и подсистема напряжений 110/10/0,38 кВ [1]. Они характеризуются своими техническими параметрами, эксплуатационными издержками и уровнями надежности.

На рис. 1а представлена принципиальная схема системы электроснабжения 110/35/10/0,38 кВ сельских потребителей, а на рис. 1б — ее замещения для расчета надежности.

Согласно «Методическим указаниям...» [2], электроприемники и потребители I категории должны обеспечиваться электроэнергией от двух независимых источников питания и перерыв их электроснабжения при исчезновении напряжения от одного из источников питания может быть

допущен лишь на время автоматического восстановления электроснабжения.

Для потребителей II категории устанавливаются два нормативных показателя надежности: допустимая частота отказов (от 0,1 до 2,3 отката в год) и продолжительность перерыва (не более 10-ти часов в год).

Для потребителей III категории допустимая частота отказов в электроснабжении — три отката в год с длительностью перерыва не более 24-х часов.

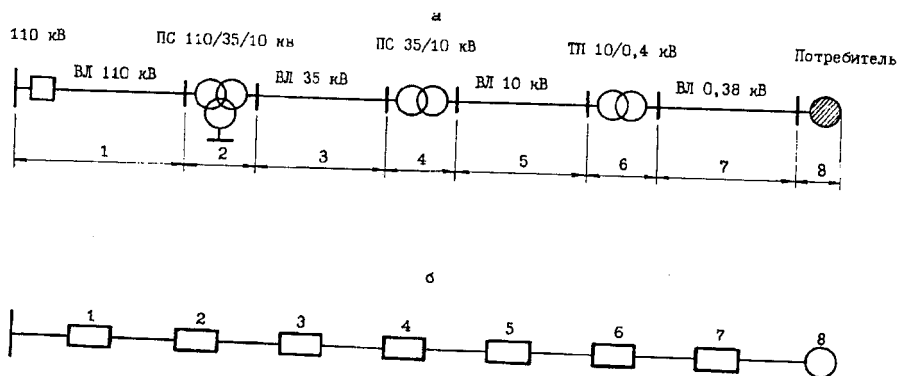


Рис. 1. а — схема системы электроснабжения; б — схема замещения: 1 — ВЛ 110 кВ; 2 — ПС 110/35/10 кВ; 3 — ВЛ 35 кВ; 4 — ПС 35/10 кВ; 5 — ВЛ 10 кВ; 6 — ТП 10/0,4 кВ; 7 — ВЛ 0,38 кВ; 8 — потребитель

Однако энергосистемы Республики Беларусь в качестве показателей надежности электроснабжения потребителей сельскохозяйственного назначения применяют количество отключений 100 км ВЛ 6—10 кВ и среднее время ликвидации повреждений ВЛ 6 — 10 кВ в год.

Как видно из рис. 1, в электроснабжении потребителя принимают участие семь элементов цепи «источник — потребитель». Наиболее повреждаемым ее элементом является ВЛ 6 — 10 кВ [3]. Но делать вывод о надежности всей цепи, опираясь только на один элемент ВЛ 6 — 10 кВ (хотя и самый ненадежный), необоснованно, что покажем ниже.

В настоящее время в качестве характеристики надежности электроснабжения принято считать нанесенный потребителю ущерб от недоотпуска электроэнергии при аварийных отключениях. Ожидаемый ущерб от ненадежности электроснабжения можно найти по формуле

$$Y_n = y_0 \Delta W_n, \quad (1)$$

где y_0 — удельный ущерб от недоотпуска электроэнергии рассматриваемому потребителю, руб / (кВт.ч);

ΔW_n — недоотпуск электроэнергии потребителю, кВт.ч/год.

Недоотпуск электроэнергии потребителю определяется по выражению

$$\Delta W_n = \frac{\mathcal{E}_n}{8760} N \tau = \frac{\mathcal{E}_n}{8760} \tau_{\Sigma}, \quad (2)$$

где \mathcal{E}_n — годовое потребление электроэнергии потребителем, кВт.ч/год;
 N — количество внезапных отключений потребителя, шт./год;
 τ — продолжительность одного внезапного отключения потребителя, ч;

τ_{Σ} — суммарная продолжительность отключения потребителя в год, ч/год; $\tau_{\Sigma} = N \tau$.

Из рис. 2 видно, что для большинства временных интервалов (годы 1984, 1985, 1987, 1988, 1989, 1992, 1993) величины τ_{Σ} и ΔW_n одновре-

менно возрастают или уменьшаются. Но эти изменения значения τ_z не всегда вызывают пропорциональные варьирования величины ΔW_{Π} .

По исходным (неаппроксимированным) данным за 1981—1993 гг., продолжительность отключений потребителей τ_z уменьшилась в 2,0 раза, а недоотпуск электроэнергии ΔW_{Π} — только в 1,1 раза, так как за это время полезный отпуск электроэнергии \mathcal{E}_{Π} возрос в 1,82 раза. Таким образом снижение недоотпуска электроэнергии потребителям происходило неадекватно уменьшению продолжительности их отключения. Следовательно, и надежность электроснабжения потребителей за это время выросла только на 10%, а не в 2 раза, как считает энергосистема. По регрессионным кривым величина τ_z за эти годы уменьшилась в 3,3 раза, а величина ΔW_{Π} увеличилась в 1,2 раза.

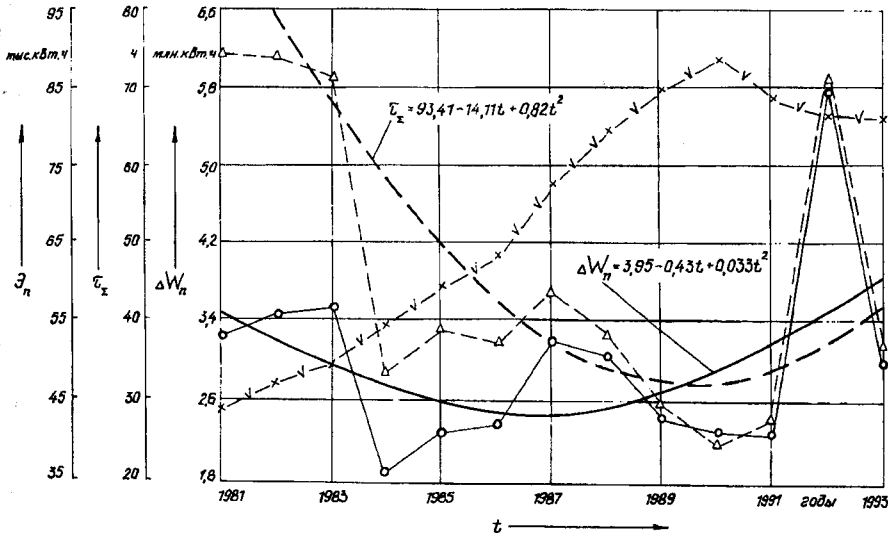


Рис. 2. Зависимости недоотпуска электроэнергии потребителям ΔW_{Π} и продолжительности внезапных их отключений τ_z в функции времени t за 1981 — 1993 гг.

Из (2) видно, что ΔW_{Π} зависит от \mathcal{E}_{Π} и τ_z . Покажем на конкретных примерах, что ΔW_{Π} может варьироваться неадекватно изменению τ_z .

Пример 1. У потребителя П1 в год t_1 потребление электроэнергии $\mathcal{E}_{\Pi 1} = 200$ тыс. кВт·ч, суммарная продолжительность его отключения $\tau_{z1} = 5$ ч, а в год $t_2 - \mathcal{E}_{\Pi 2} = 100$ тыс. кВт·ч и $\tau_{z2} = 6$ ч. По формуле (2) недоотпуск электроэнергии в год t_1 составил $\Delta W_{\Pi 1} = 114,1$ кВт·ч, а в год $t_2 - \Delta W_{\Pi 2} = 68,5$ кВт·ч. В этом случае, по данным энергосистемы, надежность электроснабжения потребителя П1 снизилась на 25%, так как возросло количество часов его отключения с 5 до 6 в год, а по данным потребителя, надежность электроснабжения увеличилась на 66%, потому что произошло снижение недоотпуска электроэнергии на $114,1 - 68,5 = 45,6$ кВт·ч.

Пример 2. У потребителя П2 в год t_1 $\mathcal{E}_{\Pi 1} = 200$ тыс. кВт·ч, $\tau_{z1} = 5$ ч; $\Delta W_{\Pi 1} = 114,1$ кВт·ч, а в год $t_2 - \mathcal{E}_{\Pi 2} = 250$ тыс. кВт·ч; $\tau_{z2} = 5$ ч; $\Delta W_{\Pi 2} = 142,6$ кВт·ч. Здесь, с точки зрения энергосистемы, надежность электроснабжения не изменилась, поскольку суммарная продолжительность отключения осталась на одном уровне — 5ч. По данным потребителя, надежность электроснабжения уменьшилась на 25%, так как произошло увеличение недоотпуска электроэнергии на $142,6 - 114,1 = 28,5$ кВт·ч.

Пример 3. У потребителя П3 в год t_1 $\mathcal{E}_{\Pi 1} = 200$ тыс. кВт·ч; $\tau_{z1} = 5$ ч; $\Delta W_{\Pi 1} = 114,1$ кВт·ч, а в год $t_2 - \mathcal{E}_{\Pi 2} = 250$ тыс. кВт·ч; $\tau_{z2} = 4$ ч; $\Delta W_{\Pi 2} = 114,1$ кВт·ч. В этом случае энергосистема считает, что надежность элек-

троснабжения увеличилась на 25 %, а потребитель считает, что надежность электроснабжения не изменилась, так как недоотпуск электроэнергии остался на одном уровне.

Приведенные примеры показывают, что, делая вывод о надежности электроснабжения потребителей, опираясь только на параметр τ_x без учета $\Delta W_{\text{п}}$, можно получить противоречивые результаты.

Чтобы установить достоверность параметра τ_x для характеристики надежности электроснабжения потребителей, необходимо доказать адекватность между линиями регрессии $\Delta W_{\text{п}}$ и τ_x (рис. 2). Для этого необходимо проверить наличие между ними корреляционной связи.

Существует четыре вида коэффициентов сходства переменных: корреляции или корреляционных отношений, меры расстояния, ассоциативности и вероятностные [4]. Наибольшее применение получили коэффициенты корреляции или корреляционных отношений и меры расстояния.

Равенство нулю корреляционного отношения между линиями регрессии τ_x и $\Delta W_{\text{п}}$ является необходимым и достаточным условием того, чтобы между ними отсутствовала корреляционная связь.

Две линии регрессии считаются идентичными, если описывающие их переменные принимают одинаковые значения. В этом случае расстояние между ними равно нулю. Одним из наиболее известных является «эвклидово расстояние» [4]. В нашем случае оно равно 9,02, что значительно больше нуля, и корреляционное отношение равно нулю, т.е. связь между линиями регрессии τ_x и $\Delta W_{\text{п}}$ отсутствует.

В Гомельском политехническом институте разработана программа для ПЭВМ по определению расчетного количества и продолжительности внезапных отключений потребителей агропромышленного комплекса по элементам цепи «источник — потребитель» [5].

На примере Гомельской энергосистемы РБ нами рассчитано количество внезапных отключений у 108-ми потребителей по данной программе.

Таблица 1

Результаты расчетов годового количества внезапных отключений потребителей агропромышленного комплекса I и II категории по элементам цепи «источник — потребитель»

Наименование элементов цепи	Потребители (%)	
	I категории	II категории
ВЛ 35 (110) кВ	3,35	2,55
ПС 35 (110) кВ	6,06	4,35
ВЛ 10 кВ	70,34	79,73
ТП 10/0,4 кВ	8,5	5,76
ВЛ 0,38 кВ	12,13	5,41

Как видно из табл. 1, на элементы ТП 10/0,4 кВ и ВЛ 0,38 кВ приходится в среднем $11,17 + 20,63$ % внезапных отключений цепи «источник — потребитель». Но у отдельных потребителей количество отключений ТП 10/0,4 кВ может составлять 53,34 % и ВЛ 0,38 кВ — 44,3 % от количества отключений всей цепи «источник — потребитель» [5]. Поэтому неправильный выбор «показателя надежности» для характеристики надежности электроснабжения потребителей агропромышленного комплекса (без учета надежности элементов ТП 10/0,4 кВ и ВЛ 0,38 кВ) может привести к погрешности до 90 %.

ВЫВОДЫ

1. Применяемые энергосистемами Республики Беларусь показатели надежности (количество отключений 100 км ВЛ 6 — 10 кВ и среднее

время ликвидации их повреждений) для характеристики надежности электроснабжения потребителей агропромышленного комплекса не являются достоверными, так как они не учитывают ненадежность элементов ТП 10/0,4 кВ и ВЛ 0,38 кВ (рис. 1) и неадекватно отражают связь между количеством отключений 100 км ВЛ 6 — 10 кВ и наносимым ущербом потребителю от недоотпуска электроэнергии. Эти показатели могут быть использованы только для характеристики надежности ВЛ 6 — 10 кВ как элемента цепи «источник — потребитель».

2. Показателями надежности электроснабжения потребителей агропромышленного комплекса должны быть частота отказов в электроснабжении и длительность перерыва в часах всей цепи «источник — потребитель».

3. Рекомендации данной статьи могут использоваться энергонадзором для заключения договоров с потребителями на отпуск электроэнергии, а предприятиями электрических сетей — для разработки мероприятий по повышению надежности электроснабжения потребителей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Куценко Г. Ф., Русан В. И., Гулюк В. А. Математическая модель оптимального распределения уровня надежности по звеньям системы электроснабжения // Энергетика... (Изв. высш. учеб. заведений). — 1988. — № 4. — С. 23 — 27.
2. Методические указания по обеспечению при проектировании нормативных уровней надежности электроснабжения сельскохозяйственных потребителей. — М.: Сельэнергопроект, 1988. — 32 с.
3. Куценко Г. Ф. Анализ аварийных отказов и плановых отключений ВЛ 10 кВ // Механизация и электрификация сельского хозяйства. — Мн.: Ураджай, 1991. — Вып. 34. — С. 168 — 173.
4. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ. — М.: Финансы и статистика, 1989. — 215 с.
5. Куценко Г. Ф. Методика определения расчетного количества внезапных отключений сельскохозяйственного потребителя по цепи «источник — потребитель» // Энергетика... (Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объедин. СНГ). — 1994. — № 3 — 4. — С. 21 — 25.