

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСЧЕТНОГО КОЛИЧЕСТВА ВНЕЗАПНЫХ ОТКЛЮЧЕНИЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПОТРЕБИТЕЛЯ ПО ЦЕПИ «ИСТОЧНИК—ПОТРЕБИТЕЛЬ»¹

Канд. техн. наук, доц. КУЦЕНКО Г. Ф.

Гомельский политехнический институт

Актуальность задачи расчета надежности электроснабжения сельскохозяйственных потребителей повышается по мере приближения к нормальным рыночным экономическим взаимоотношениям между энергосистемой и потребителями.

В настоящее время для электроснабжения потребителей сельскохозяйственного назначения в основном применяются система напряжений 110/35/10/0,38 кВ и подсистема напряжений 110/10/0,38 кВ [1]. На рис. 1а представлена принципиальная схема электроснабжения свиноварной фермы на 600 голов (СТФ-600), а на рис. 1б ее схема замещения для расчета надежности.

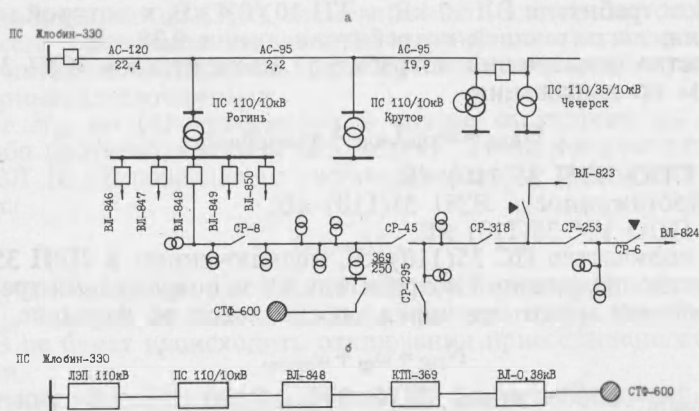


Рис. 1

В «Методических указаниях» [2] приведены нормативные уровни надежности электроснабжения потребителей I, II и III категорий, а также некоторые мероприятия для их достижения. Однако в них отсутствует методика оценки уровня надежности существующей схемы электроснабжения потребителей.

В этой работе предлагается методика определения расчетного количества отключения потребителей по цепи «источник – потребитель».

В энергетике получили широкое распространение элементарные методы расчета, исходящие из предположения, что система состоит из самостоятельных (в смысле надежности) элементов, т. е. на второй план отходят функциональные зависимости между их параметрами [3]. Элементарные методы расчета базируются на статистике отказов оборудования систем электроснабжения.

Например, для показанного на рис. 1 потребителя СТФ-600 источником питания является подстанция Жлобин-330. К погашению рассматриваемого потребителя будут приводить следующие автоматические отключения аппаратов:

- 1) на ПС Жлобин-330 выключателя ВЛ 110 кВ «Жлобин – Родинь – Крутое – Чечерск»;
- 2) трансформатора 110/10 кВ на ПС Родинь;
- 3) выключателя ВЛ-848 на ПС Родинь;
- 4) трансформатора в КТП-369;
- 5) автомата (предохранителей) на ВЛ 0,38 кВ.

¹ Публикация статьи одобрена Редакционным советом по программе «Энергосбережение» для рассмотрения и практического внедрения в промышленность.

Следовательно, количество внезапных отключений потребителя будет определяться числом отключений элементов по всей цепи «источник – потребитель».

Количество повреждений, возникающих в этой цепи за год, может быть подсчитано по формуле

$$M = \sum \omega_i n_i, \quad (1)$$

где ω_i – параметр потока отказов (ППО) i -го элемента;

n_i – количество элементов i -го вида в цепи «источник – потребитель».

Для определения общего количества отключений потребителя за год при повреждениях в цепи «источник – потребитель» удобно разделить ее на такие элементы, методы расчета надежности которых одинаковы.

С учетом сказанного количество внезапных отключений потребителя за год можно представить в виде

$$N = N_{\text{ВЛВ}} + N_{\text{ПС}} + N_{\text{ПС10}} + N_{10} + N_{\text{ТП}} + N_{\text{ВЛН}}, \quad (2)$$

где $N_{\text{ВЛВ}}$, $N_{\text{ПС}}$, $N_{\text{ПС10}}$, N_{10} , $N_{\text{ТП}}$, $N_{\text{ВЛН}}$ – количество внезапных отключений потребителя из-за повреждений соответственно на ЛЭП-35(110) кВ и в РУ 35(110) кВ, присоединенных к ней подстанций; в трансформаторе питающей потребителя подстанции 35(110) 10 кВ и в ее РУ 10 кВ; на питающей потребителя ВЛ 10 кВ; в ТП 10/0,4 кВ, к которой подключен потребитель; на питающей потребителя линии 0,38 кВ.

Количество отключений потребителя из-за отказов ЛЭП 35(110) кВ определяем по выражению

$$N_{\text{ВЛВ}} = \omega_{\text{ВЛВ}} L_{\text{ВЛВ}} + \omega_{\text{ВЛПС}} n_{\text{ВЛПС}}, \quad (3)$$

где $\omega_{\text{ВЛВ}}$ – ППО ЛЭП 35(110) кВ;

$L_{\text{ВЛВ}}$ – протяженность ЛЭП 35(110) кВ;

$\omega_{\text{ВЛПС}}$ – ППО РУ 35(110) кВ;

$n_{\text{ВЛПС}}$ – количество ПС 35(110) кВ, подключенных к ЛЭП 35(110) кВ.

Количество отключений потребителя из-за повреждений трансформатора подстанции и его ошиновки определяется по формуле

$$N_{\text{ПС}} = \omega_{\text{тр}} + \omega_{\text{ош.тр}}, \quad (4)$$

где $\omega_{\text{тр}}$, $\omega_{\text{ош.тр}}$ – обобщенный ППО ПС 35(110)/10 кВ, учитывающий повреждаемость соответственно трансформатора и его ошиновки.

При наличии на ПС 35(110)/10 кВ двух трансформаторов и АВР 10 кВ $N_{\text{ПС}} = 0$.

Количество отключений потребителя из-за отказов в РУ 10 кВ ПС 35(110)/10 кВ $N_{\text{ПС10}}$ определяем как функцию числа выключателей на секции 10 кВ, от которой питается рассматриваемый потребитель. Тогда

$$N_{\text{ПС10}} = 0,5 \omega_{\text{ПС10}} n_{\text{В10}}, \quad (5)$$

где $\omega_{\text{ПС10}}$ – обобщенный ППО РУ(10) кВ выключателя и сборных шин подстанции 35(110)/10 кВ.

Коэффициент 0,5 применяется при наличии 2-х систем шин РУ 10 кВ питающей ПС 35(110)/10 кВ.

Расчет количества отключений потребителя из-за отказов ВЛ 10 кВ определяем по выражению

$$\begin{aligned} N_{10} = & \omega_{\text{зог}}(n_{\text{до}} + n_{\text{доб}} + n_{\text{бо}}) + \omega_{\text{дер}}(n_{\text{до}} + n_{\text{доб}}) + \omega_{\text{бп}} n_{\text{доб}} + \omega_{\text{бо}} n_{\text{бо}} + \\ & + \omega_{\text{фи}} n_{\text{фи}} + \omega_{\text{си}} n_{\text{си}} + \omega_{\text{кп}}(n_{\text{фи}} + n_{\text{си}}) + \omega_{\text{ам}} L_{\text{ам}} + \omega_{\text{аб}} L_{\text{аб}} + \\ & + \omega_{\text{ас}} L_{\text{ас}} + \omega_{\text{ст}} L_{\text{ст}} + \omega_{\text{к}} L_{\text{к}} + \omega_{\text{РСА}} n_{\text{РСА}} + \omega_{\text{АСА}} n_{\text{АСА}} + \\ & + \omega_{\text{РВ}} n_{\text{РВ}} + \omega_{\text{РТ}} n_{\text{РТ}} + \omega_{\text{МТП}} n_{\text{МТП}} + \omega_{\text{КТП}} n_{\text{КТП}} + \omega_{\text{ЗТП}} n_{\text{ЗТП}}, \end{aligned} \quad (6)$$

где $\omega_{\text{зог}}$, $\omega_{\text{дер}}$, $\omega_{\text{бл}}$, $\omega_{\text{бо}}$, $\omega_{\text{фи}}$, $\omega_{\text{си}}$, $\omega_{\text{кп}}$ – ППО соответственно: закреплений опор в грунте, деревянных опор, железобетонных приставок, железобетонных опор, фарфоровых изоляторов, стеклянных изоляторов, креплений проводов;

$\omega_{\text{ам}}$, $\omega_{\text{аб}}$, $\omega_{\text{ас}}$, $\omega_{\text{ст}}$, $\omega_{\text{к}}$ – ППО соответственно: алюминиевых проводов сечением 35 мм² и ниже, алюминиевых проводов сечением 50 мм² и выше, сталеалюминиевых проводов, стальных проводов, кабеля;

$\omega_{РСА}, \omega_{АСА}, \omega_{РВ}, \omega_{РТ}$ — ППО соответственно: линейных секционирующих аппаратов с ручным управлением (разъединителей, выключателей нагрузки), линейных секционирующих аппаратов с автоматическим управлением (выключатели), вентильных и трубчатых разрядников;

$\omega_{МТП}, \omega_{КТП}, \omega_{ЗТП}$ — обобщенные ППО соответственно мачтовой, комплектной и закрытой ТП 10/0,4 кВ, учитывающие повреждаемость выносного разъединителя, проводов спуска к проходным изоляторам, проходных изоляторов, вентильного (трубчатого) разрядника и предохранителей 10 кВ;

$n_{до}, n_{доб}, n_{бо}$ — количество деревянных опор, деревянных опор на железобетонных приставках и железобетонных опор соответственно;

$n_{фи}, n_{си}$ — соответственно количество фарфоровых и стеклянных изоляторов;

$L_{ам}, L_{аб}, L_{ас}, L_{ст}, L_{к}$ — протяженность ВЛ 10 кВ с проводами А-35 и ниже, А-50 и выше, АС и кабелем соответственно;

$n_{РСА}, n_{АСА}, n_{РВ}, n_{РТ}$ — количество линейных секционирующих аппаратов с ручным и автоматическим управлением, вентильных и трубчатых разрядников соответственно;

$n_{МТП}, n_{КТП}, n_{ЗТ}$ — количество мачтовых, комплектных и закрытых ТП 10/0,4 кВ соответственно.

При расчетах количества отключений потребителя из-за отказов ВЛ 10 кВ информацию по ППО элементов цепи «источник — потребитель» лучше всего принимать по данным аварийной статистики сетей, от которых питается потребитель. При их отсутствии можно пользоваться литературными источниками.

Расчет N_{10} по (6) правомерен в случае отсутствия на ВЛ 10 кВ какой-либо противоаварийной автоматики. Тогда количество повреждений на ВЛ 10 кВ совпадает с числом внезапных отключений потребителя, т. е.

$$N_{10} = M_{10}. \quad (7)$$

В случае наличия на ВЛ 10 кВ противоаварийной автоматики $N_{10} < M_{10}$, так как за счет ее работы при некоторых повреждениях на ВЛ 10 кВ не будет происходить отключения присоединенного к ней потребителя.

Количество отказов оборудования ТП 10/0,4 кВ (кроме РУ 10 кВ) определяется по формуле

$$M_{ТП} = \omega_{ТП} + \omega_{ТПВ} n_{ТПВ}, \quad (8)$$

где $\omega_{ТП}$ — обобщенный ППО ТП 10/0,4 кВ, учитывающий повреждения трансформатора и вводного аппарата 0,38 кВ;

$\omega_{ТПВ}$ — обобщенный ППО РУ 0,38 кВ ТП 10/0,4 кВ, учитывающий повреждения шин и линейных аппаратов 0,38 кВ;

$n_{ТПВ}$ — количество вышеуказанных аппаратов 0,38 кВ.

При отсутствии в ТП 10/0,4 кВ АВР на стороне 0,38 кВ

$$N_{ТП} = M_{ТП}, \quad (9)$$

а при наличии такого АВР

$$N_{ТП} = q_{АВР}^{ТПН} M_{ТП}, \quad (10)$$

где $q_{АВР}^{ТПН}$ — вероятность отказа АВР на стороне 0,38 кВ ТП 10/0,4 кВ.

Количество отключений потребителя из-за отказов на ВЛ 0,38 кВ определяется по формуле

$$M_{ВЛН} = \omega_{ВЛН} L_{ВЛН} + \omega_{ВЛНВ} n_{ВЛНВ}, \quad (11)$$

где $\omega_{ВЛН}$ — ППО ВЛ 0,38 кВ;

$L_{ВЛН}$ — протяженность ВЛ 0,38 кВ;

$\omega_{ВЛНВ}$ — ППО ввода;

$n_{ВЛНВ}$ — количество вводов на ВЛ 0,38 кВ.

В общем случае число отключений потребителей при повреждении ВЛ 0,38

Таблица 1

Результаты расчетов годового количества внезапных отключений некоторых потребителей
I и II категорий элементов цепи «источник—потребитель»

Наименование потребителей	Категория потребителя по надежности (по норме/по расчету)	Количество отключений потребителя за год, шт.	В том числе по элементам цепи «источник—потребитель», шт./%			
			ЛЭП 35(110)кВ	ПС 35(110)/10 кВ	ВЛ 10 кВ	ТП 10/0,4 кВ
МТФ-600	I/II	0,65	0,02/2,74	0,03/4,42	0,18/27,72	0,13/20,82
МТФ-1200	I/II	1,69	0,0/0,0	0,36/21,09	1,11/65,56	0,13/7,94
СТФ-2600	II/II	1,57	0,0/0,0	0,36/22,66	0,94/60,0	0,13/8,54
СТФ-12000	I/II	1,37	0,0/0,0	0,3/21,86	0,36/25,7	0,53/39,17
КРС-10000	I/II	0,9	0,02/2,22	0,01/1,11	0,03/3,33	0,48/53,34
КРС-2500	II/III	5,94	0,0/0,0	0,3/5,05	5,07/85,36	0,36/6,06
АВМ-1,5	II/III	9,08	0,22/2,43	0,36/3,93	8,4/92,53	0,08/0,85
АВМ-0,65	II/II	0,37	0,02/5,4	0,03/8,1	0,18/48,64	0,13/35,13
						0,29/44,3
						0,09/5,41
						0,14/8,8
						0,18/13,3
						0,36/40,0
						0,21/3,53
						0,02/0,26
						0,01/2,7

Условные обозначения: МТФ-500—молочно-товарная ферма на 500 голов, СТФ-1000—свинотоварная ферма на 1000 голов, КРС-2500—площадка по откорму крупного рогатого скота на 2500 голов, АВМ-1,5—цех по приготовлению витаминной муки производительностью 1,5 т/ч.

$$N_{\text{ВЛН}} = M_{\text{ВЛН}}, \quad (12)$$

а если потребитель питается по двум ВЛ 0,38 кВ и имеет на вводе АВР

$$N_{\text{ВЛН}} = q_{\text{АВР}}^n M_{\text{ВЛН}}. \quad (13)$$

Как видно из изложенного выше, наличие противоаварийной автоматики в цепи «источник – потребитель» уменьшает количество внезапных отключений потребителя N_i , что учтено в (3) – (6), (8) – (13).

В Гомельском политехническом институте разработана программа для ПЭВМ по определению расчетного количества внезапных отключений потребителей сельскохозяйственного назначения. В табл. 1 приведены результаты расчетов N_i для некоторых потребителей по вышеизложенной методике.

На примере Гомельской энергосистемы РБ нами рассчитано количество внезапных отключений у 108-ми потребителей I и II категорий по элементам цепи «источник – потребитель».

Результаты расчетов показали, что нормативные уровни надежности обеспечены только у 17-ти потребителей (15 % от общего количества).

Среднее годовое расчетное количество внезапных отключений по причине отказов элементов цепи «источник – потребитель» для потребителей I категории составляет 5,03, II – 6,01 отключений в год, что значительно превышает нормативные уровни.

Как видно из табл. 1, разбивка количества внезапных отключений потребителя по элементам цепи «источник – потребитель» дает возможность выявить наиболее слабое по надежности звено и принять меры к ее повышению.

Расчеты показали, что самым ненадежным элементом цепи «источник – потребитель» по-прежнему остаются ВЛ 10 кВ [4].

ВЫВОДЫ

1. Использование рассмотренной методики позволяет более обоснованно выполнять расчеты показателей надежности электроснабжения потребителей сельскохозяйственного назначения.

2. Результаты расчетов, выполненные по предложенной методике, могут быть использованы «Энергонадзором» для заключения договоров с потребителями на отпуск электроэнергии, а также 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. Фокин Ю. А., Туфанов В. А. Оценка надежности систем электроснабжения.—М.: Энергоиздат, 1981.—224 с.
4. 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.

Представлена кафедрой
электроснабжения

Поступила 1.07.1993
После доработки 11.10.1993