

## **МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСЧЕТНОГО КОЛИЧЕСТВА ВНЕЗАПНЫХ ОТКЛЮЧЕНИЙ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ ПО ЦЕПИ «ИСТОЧНИК—ПОТРЕБИТЕЛЬ»**

**Г.Ф. КУЦЕНКО, О.Ю. ПУХАЛЬСКАЯ**

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

Актуальность задачи расчета показателей 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].

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 элементные 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]. Элементные методы расчета базируются на статистике отказов оборудования систем электроснабжения.

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

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

где  $\omega_i$  – 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

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

где  $N_{ВЛВ}$ ,  $N_{ПС}$ ,  $N_{ПС10}$ ,  $N_{10}$ ,  $N_{ТП}$ ,  $N_{ВЛН}$  – 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

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

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

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

$\omega_{ВЛПС}$  – ППО РУ 35(110) кВ;

$n_{ВЛПС}$  – 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

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

где  $\omega_{mp}$ ,  $\omega_{ош.мп}$  – 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  $N_{ПС} = 0$ .

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

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

где  $\omega_{ПС10}$  – 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

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

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

$\omega_{ам}$ ,  $\omega_{аб}$ ,  $\omega_{ас}$ ,  $\omega_{ст}$ ,  $\omega_{к}$  – ППО соответственно: алюминиевых проводов сечением 35 мм<sup>2</sup> и ниже, алюминиевых проводов сечением 50 мм<sup>2</sup> 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;

$n_{до}, n_{дооб}, n_{бo}$  – количество деревянных опор, деревянных опор на железобетонных приставках и железобетонных опор соответственно;

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

$L_{ам}, L_{аb}, L_{ас}, L_{см}, L_{к}$  – протяженность ВЛ 10 кВ с проводами А-35 и ниже, А-50 и выше, сталеалюминиевыми, стальными проводами 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;

$n_{мпп}, n_{кпп}, n_{зпп}$  – 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

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

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

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

где  $q_{АВР}^{ТПВ}$  – 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

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

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

$$N_{ВЛН} = M_{ВЛН}, \quad (12)$$

а если потребитель питается по двум ВЛ 0.38 кВ и имеет на вводе АВР

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

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

### **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 «Энергоназором» 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.

*Получено 01.07.2005 г.*