

Таблица 1 – Эффективность реконструкции на основе построения интеллектуальной сети

Схема ВЛ 10 кВ	S, кВА	Исходная схема		Автоматизация сети с применением реклоузуров		$\frac{\Delta W_{п1}}{\Delta W_{п2}}$, о.е.	Снижение ущерба ΔU , тыс. руб.
		τ_{Σ} , ч	$\Delta W_{п1}$, кВт·ч	τ_{Σ} , ч	$\Delta W_{п2}$, кВт·ч		
Модель I типа	1010	4,82	3359,5	1,21	807,9	4,16	18456,4
Модель II типа	2010	15,47	21239,3	1,67	2077,2	10,22	138602,6
Модель III типа	4020	35,01	96258,1	2,44	6268,1	15,36	650910,9

Таким образом, эффективность автоматизации сельских электрических сетей увеличивается с ростом протяженности ВЛ 10 кВ и должна рассматриваться энергоснабжающими организациями в качестве перспективного мероприятия по повышению надежности электроснабжения потребителей АПК.

ЛИТЕРАТУРА

1. Русан, В.И. Вероятностно-статистические модели ВЛ 10 кВ сельскохозяйственного назначения / В.И. Русан, О.Ю. Пухальская // Агропанорама. – 2008. – №5. – С. 20-24.
2. Воротничкий, В.В. Распределительные сети 6(10) кВ – модернизация или автоматизация? / В.В. Воротничкий [и др.] // Энергия и Менеджмент. – 2011. – №2. – С. 11-15.
3. Куценко, Г.Ф. Методика определения расчетного количества внезапных отключений потребителей сельскохозяйственного назначения по цепи “источник-потребитель” / Г.Ф. Куценко, О.Ю. Пухальская // Вестник Гомельского государственного технического университета им. П. О. Сухого. – 2005. – №3. – С. 30-33.
4. Пухальская, О.Ю. Методика расчета продолжительности отключения потребителя агропромышленного комплекса при повреждении на ВЛ 10 кВ без автоматики / О.Ю. Пухальская // Вестник Гомельского государственного технического университета им. П.О. Сухого. – 2008. – №1. – С. 27-36.
5. Лещинская, Т.Б. Электроснабжение сельского хозяйства / Т.Б. Лещинская, И.В. Наумов. – М.: КолосС, 2008. – 650 с.

УДК 621.316:631.371

РАСЧЕТ НАДЕЖНОСТИ СХЕМ СЕЛЬСКИХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ ФУНКЦИЙ АЛГЕБРЫ ЛОГИКИ

Русан В.И., докт. техн. наук, проф.,

*УО “Белорусский государственный аграрный технический университет”,
г. Минск, Республика Беларусь*

Пухальская О.Ю.

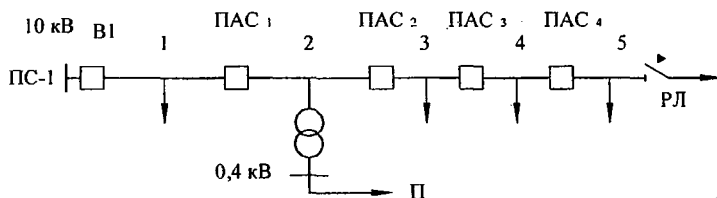
*УО “Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого”,
г. Гомель, Республика Беларусь*

В настоящее время для расчета надежности используются следующие методы:

- 1) аналитический;
- 2) логико-вероятностный;
- 3) таблично-логический.

Сущностью расчета надежности с помощью логико-вероятностного метода, или функций алгебры логики (ФАЛ), является описание схем при помощи аппарата математической логики [1]. На примере схем распределительных сетей сельскохозяйственного назначения, рассмотрим последовательность расчета надежности с использованием ФАЛ.

На рисунке 1 представлена схема ВЛ 10 кВ, оснащенной пунктами автоматического секционирования (ПАС).



ПС-1 – питающая подстанция один; В1 – выключатель на ПС1; ПАС – пункт автоматического секционирования ВЛ 10 кВ; РЛ – линейный разъединитель; 1 - 5 – номера участков ВЛ 10 кВ; П – потребитель электроэнергии

Рисунок 1 – Вариант оснащения ВЛ 10 кВ двумя и более ПАС

Структура расчета надежности ВЛ 10 кВ при оснащении ПАС представлена на рисунке 2. В соответствии с условными обозначениями рисунка 1: элемент *a* – участок № 1 ВЛ (головной участок), элемент *b* – участок ВЛ, к которому присоединен потребитель, т.е. участок № 2, элемент *c* – участок ВЛ за потребителем, т.е. участок №3, элемент *d* – ПАС₂.

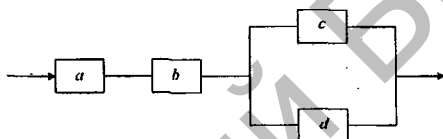


Рисунок 2 – Структура расчета надежности схемы ВЛ 10 кВ, оснащенной ПАС

Условие работоспособности структуры на рисунке 2: схема работоспособна, если работоспособны элементы цепочек (*a, b, c*), или (*a, b, d*), или (*a, b, c, d*).

Этому условию соответствует логическая функция

$$F_n = [a \wedge b \wedge c] \vee [a \wedge b \wedge d] \vee [a \wedge b \wedge c \wedge d] = abc \vee abd \vee abcd.$$

(1)

Приводим F_n к неповторной форме:

$$F_{n \min} = ab(c \vee d \vee cd) = ab(c(1 \vee d) \vee d) = ab(c \vee d).$$

(2)

Арифметизируя функцию, получим:

$$F_n = ab(c + d - cd).$$

(3)

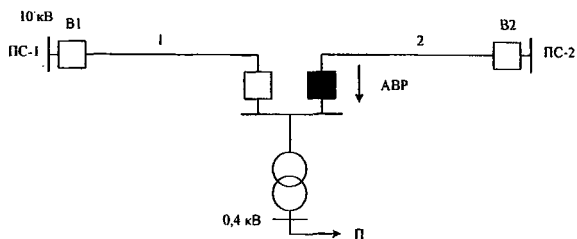
Вероятность безотказной работы

$$P_c = P_a P_b (P_c + P_d - P_c P_d).$$

(4)

Вероятности безотказной работы отдельных элементов схем приняты равными для ВЛ 10 кВ: $P_{ВЛ} = 0,779$; ПАС: $P_{ПАС} = 0,9$; местного АВР: $P_{АВР}^{ПИБ} = 0,92$; сетевого АВР $P_{АВРс} = 0,88$. С учетом этого вероятность безотказной работы составит $P_c = 0,593$.

На рисунке 3 предложена схема местного АВР одностороннего действия в ТП 10/0,4 кВ.



PC-1 и PC-2 – соответственно питающая подстанция один и два; В1 и В2 – выключатель на PC-1 и PC-2 соответственно; АВР – пункт автоматического включения резерва; 1 - 2 – номера участков ВЛ 10 кВ; П – потребитель электроэнергии
Рисунок 3 – Вариант оснащения ВЛ 10 кВ местным АВР одностороннего действия

Структура расчета надежности ВЛ 10 кВ при оснащении местным АВР одностороннего действия представлена на рисунке 4. В соответствии с условными обозначениями рисунка 3: элемент *a* – участок № 1 ВЛ, элемент *b* – участок № 2 ВЛ (резервной), элемент *c* – устройство АВР.

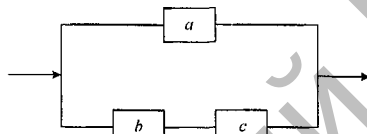


Рисунок 4 – Структура расчета надежности схемы местного АВР одностороннего действия

Условие работоспособности структуры на рисунке 4: схема работоспособна, если работоспособны элемент *a*, или элементы (*b, c*), или элементы (*a, b, c*).

Логическая функция и ее бесовторная форма

$$F_a = a \vee (b \wedge c) \vee (a \wedge b \wedge c) = a \vee bc \vee abc; \quad F_{\min} = a(1 \vee bc) \vee bc = a \vee bc. \quad (5)$$

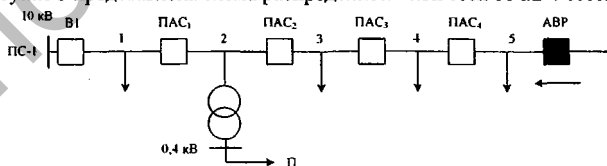
Арифметизация функции даст следующее выражение

$$F_a = a + bc - abc. \quad (6)$$

Вероятность безотказной работы схемы

$$P_c = P_a + P_b P_c - P_a P_b P_c = 0,937. \quad (7)$$

На рисунке 5 представлена схема распределительной сети 10 кВ с сетевым АВР.



PC-1 питающая подстанция один; В1 – выключатель на PC-1; ПАС – пункт автоматического секционирования ВЛ 10 кВ; АВР – пункт автоматического ввода резерва; 1 - 5 – номера участков ВЛ 10 кВ; П – потребитель электроэнергии
Рисунок 5 – Вариант оснащения ВЛ 10 кВ сетевым АВР

Структура расчета надежности ВЛ 10 кВ при оснащении сетевым АВР представлена на рисунке 6. В соответствии с условными обозначениями рисунка 3: элемент *a* – головной участок ВЛ, т.е. участок № 1, элемент *b* – участок № 2 ВЛ, т.е. участок, от которого питается потребитель, элемент *c* – участок ВЛ за потребителем, т.е. №3, элемент *d* – ПАС₁, элемент *e* – АВР; элемент *f* – ПАС₂.

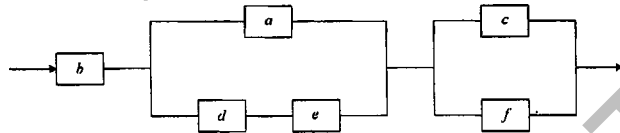


Рисунок 6 – Структура расчета надежности схемы ВЛ 10 кВ, оснащенной сетевым АВР

Условие работоспособности структуры на рисунке 6 схема работоспособна, если работоспособны элементы цепочек (*b, a, c*), или (*b, a, f*), или (*b, d, e, c*), или (*b, d, e, f*), или (*b, a, d, e, c*), или (*b, a, d, e, f*), или (*b, a, c, f*), или (*b, d, e, c, f*), или (*b, a, d, e, c, f*).

Логическая функция и ее бесповторная форма

$$F_a = bac \vee baf \vee bdec \vee bdef \vee badec \vee badef \vee bacf \vee bdecf \vee badecf; \quad (8)$$

$$F_{\min} = b(a \vee de)(c \vee f).$$

(9)

Арифметизируя функцию, получим:

$$F_a = b(a + de - ade)(c + f - cf).$$

(10)

Вероятность безотказной работы схемы

$$P_c = P_b(P_a + P_d P_e - P_a P_d P_e)(P_c + P_f - P_c P_f).$$

(11)

В численном выражении $P_c = 0,742$.

Метод функций алгебры логики позволяет анализировать надежность схем электропитания потребителей АПК с относительной простотой расчетов, основанных на использовании параллельно-последовательных структур. Анализ полученных результатов подтверждает перспективность автоматизации электрических распределительных сетей как средства повышения надежности электроснабжения потребителей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Острейковский В.А. Теория надежности: Учеб. для вузов / В.А. Острейковский. – М.: Высш. шк., 2003. – 463 с.

ОПТИМИЗАЦИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ ЗА СЧЕТ ЗАМЕНЫ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Фурсанов М.И., д.т.н., проф., Петрашевич Н.С., магистрант
 УО «Белорусский национальный технический университет»
 Минск, Республика Беларусь

Представлены основные результаты оптимизации сети 10 кВ, проведенной на основе разработанного авторами алгоритма на примере конкретной схемы распределительной линии (схема и параметры линии представлены на рисунке 1).