

УДК 621.316.1.019.3:631.371

## ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ АПК ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПУНКТОВ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕЗЕРВИРОВАНИЯ

**Г.Ф. КУЦЕНКО, А.Г. УС, А.А. ПАРФЁНОВ, А.В. БУТЕНКО**

*Гомельский государственный технический университет  
имени П.О. Сухого, Республика Беларусь*

В настоящее время существенно возрастают требования к надежности электроснабжения потребителей сельскохозяйственного назначения. По мере внедрения комплексной электрификации сельскохозяйственного производства, особенно в животноводстве, стала изменяться технология производства, возросла производительность труда и существенно сократилась численность обслуживающего персонала. При перерывах электроснабжения все труднее стало привлекать дополнительную рабочую силу для выполнения работ вручную.

Еще более высокие требования к надежности электроснабжения предъявляют современные предприятия АПК по выработке продуктов животноводства на промышленной основе. По характеру производственных процессов такие предприятия приближаются к современному промышленному производству. Внезапное прекращение электроснабжения в этом случае вызывает дезорганизацию производства и значительный материальный ущерб. Необходимо также считаться с крупными неудобствами, которые испытывает население современных сел и деревень при перерывах электроснабжения. По всем этим причинам в настоящее время обеспечение надежного электроснабжения потребителей сельскохозяйственного назначения стало одной из важнейших задач сельской электрификации.

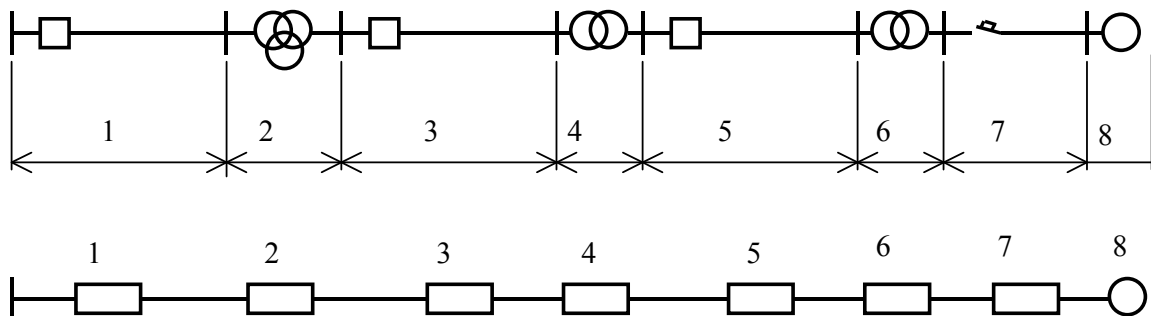


Рис. 1. 1 – ВЛ 110 кВ; 2 - ПС 110/35/10 кВ; 3 - ВЛ 35 кВ; 4 - ПС 35/10 кВ; 5 - ВЛ 10 кВ; 6 - ТП 10/0,4 кВ; 7 - ВЛ 0,38 кВ; 8 – потребитель

Сельские электрические сети, как объект исследования надежности, имеют ряд особенностей:

1. Электроснабжение сельскохозяйственного потребителя осуществляется по цепи "источник-потребитель", которая включает следующие элементы: ЛЭП 35(110) кВ, ПС 35(110)/10 кВ, ВЛ 10 кВ, ТП 10/0,4 кВ и ВЛ 0,38 кВ (рис. 1). На рис. 1а представлена принципиальная схема системы электроснабжения 110/35/10/0,38 кВ предприятий АПК, а на рис. 1б - ее схема замещения для расчета надежности.

2. Низкая степень резервирования элементов системы электроснабжения потребителя. А резервирование по сети 0,38 кВ применяется редко.

3. Слабая оснащённость сельских сетей коммутационными аппаратами. Например, при повреждении любого участка ВЛ 6-10 кВ, при отсутствии секционирующих устройств будут отключаться все присоединенные к нему ТП 10/0,4 кВ.

4. Слабая оснащённость ВЛ 6-10 кВ устройствами автоматического секционирования, телесигнализации и телеуправления. Это затрудняет получение достоверной информации о месте повреждения и увеличивает время восстановления электроснабжения потребителей в послеаварийных режимах.

5. Большая протяженность и разветвленность ВЛ 6-10 кВ с относительно малой плотностью нагрузок. Имеются примеры, когда их протяженность достигает пятидесяти и более километров.

6. В соответствии с "Методическими указаниями..." [1] сельскохозяйственные потребители и их электроприемники в отношении требований к надежности электроснабжения разделяются на три категории. Но характерной особенностью сельских сетей напряжением 6-10 кВ является то, что от одной ВЛ 6-10 кВ, как правило, питаются потребители всех трех категорий. Практически получается, что потребители всех трех категорий по надежности имеют почти одинаковые показатели надежности.

7. Сельские электрические сети, особенно ВЛ 6-10 кВ, являются специфическим объектом расчета показателей надежности. Известные классические методы расчета надежности здесь неприменимы. Особенно сложно рассчитать вероятное время аварийного отключения ВЛ 6-10 кВ. Время аварийного отключения ВЛ 6-10 кВ определяется продолжительностью всех или части необходимых операций по определению места повреждения, его локализации, включению резерва, выполнению ремонта, соблюдению мер безопасности и т.д. В состав этих операций входят многочисленные переезды или переходы вдоль трассы линии. Затраты времени на восстановление электроснабжения зависят также от квалификации оперативного и ремонтного персонала, от системы организации оперативного и ремонтного обслуживания, от наличия и оснащения производственных баз, наличия и состояния дорог, наличия естественных преград, наличия лесов и болот, оснащения персонала устройствами определения места повреждения, наличия радиосвязи, от стратегии управления рассматриваемым процессом и др. причин.

Время аварийного отключения ВЛ 6-10 кВ можно рассчитать только на основании математического моделирования действий оперативного и ремонтного персонала.

Наиболее повреждаемыми элементами являются ВЛ-10 кВ. На примере Гомельской энергосистемы нами рассчитаны показатели надежности 26-ти потребителей I категории и 82-х – II категории, которые приведены в табл.1.

В [2] приведена методика определения расчетного количества отключения потребителя АПК без учета устройств автоматического резервирования и секционирования. В данной статье предлагается методика определения расчетного количества отключений при наличии устройств автоматического резервирования и секционирования.

При отсутствии на ВЛ 10 кВ пунктов автоматического секционирования (ПАС) и резервирования (ПАВР) количество повреждений на ВЛ 10 кВ  $M_{10}$  совпадает с числом внезапных отключений потребителя  $N_{10}$ , т.е.  $N_{10} = M_{10}$ . При наличии на ВЛ 10 кВ пунктов ПАС или ПАВР  $N_{10} < M_{10}$ , так как за счет их работы при некоторых повреждениях не будет происходить отключений присоединенных к ним потребителей.

В настоящее время автоматическое резервирование и секционирование являются одними из основных технических решений в сетях 10 кВ для достижения необходимого уровня надежности потребителей первой и второй категорий [3]. Без автоматического секционирования очень часто невозможно также настроить релейную защиту головно-

го выключателя ВЛ 10 кВ таким образом, чтобы она, с одной стороны, не имела излишних срабатываний при перегрузках, а с другой – имела бы достаточную чувствительность при коротких замыканиях во всех точках протяженной и разветвленной сети [4].

Рассмотрим влияние устройств автоматического секционирования в сетях 10 кВ на число отключений применительно к схемам, приведенным на рис 2.

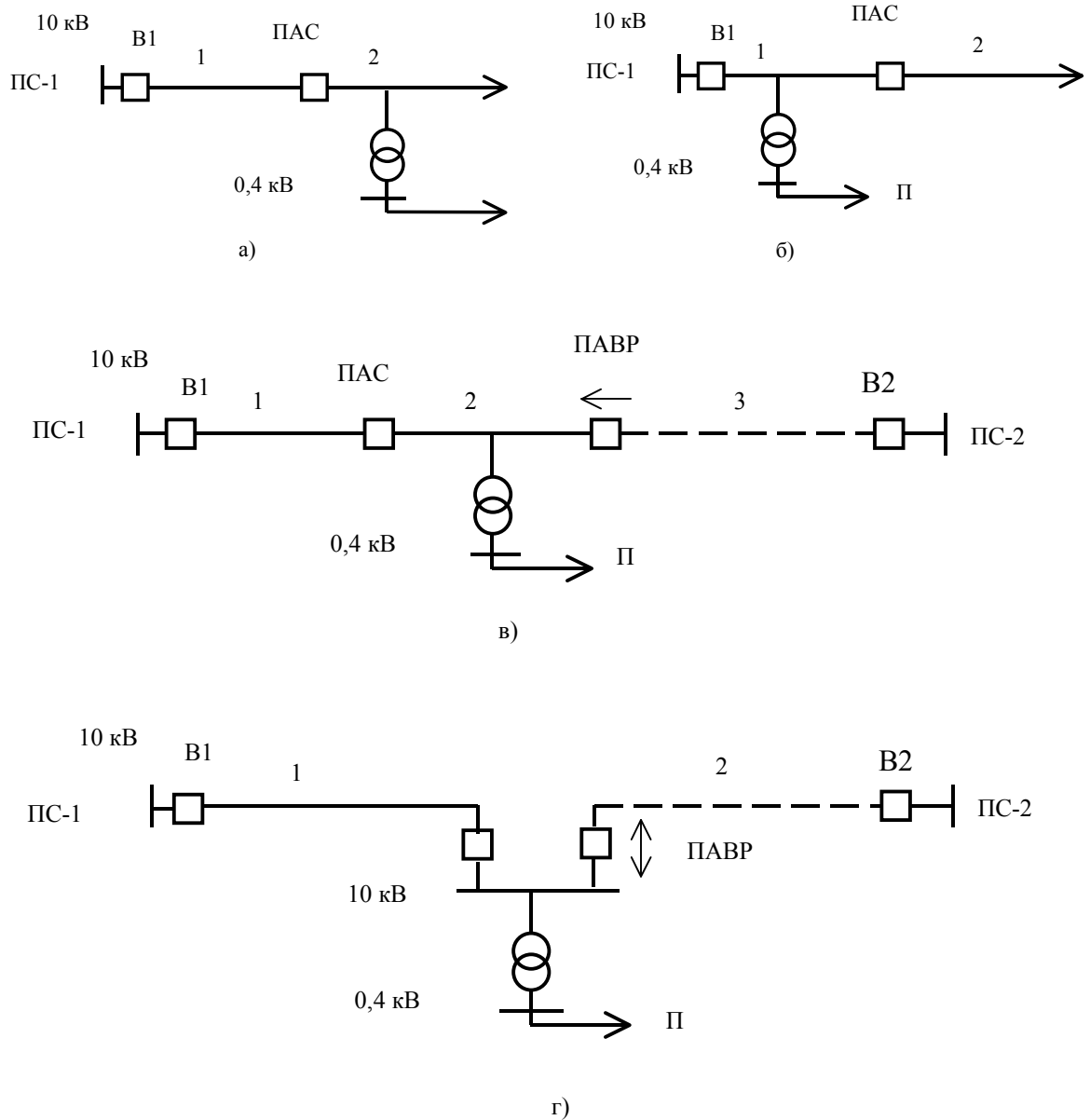


Рис.2. Варианты оснащения ВЛ 10 кВ ПАС и ПАВР: ПС<sub>1</sub> и ПС<sub>2</sub> – питающие подстанции один и два; В<sub>1</sub> и В<sub>2</sub> – выключатели на ПС<sub>1</sub> и ПС<sub>2</sub>; 1-3 номера участков ВЛ 10 кВ; П – потребитель электроэнергии

На рис. 2а потребитель П подключен радиальному участку два, расположенному за ПАС. В данном случае каждое междуфазное устойчивое повреждение на участках один или два приводит к отключению потребителя. Поэтому

$$N_{10} = M_{10}. \tag{1}$$

На рис. 2б потребитель П подключен к радиальному участку один ВЛ 10 кВ до

ПАС. Здесь потребитель П будет отключен при повреждении участка один, к которому он подключен. При повреждении участка два (за ПАС) потребитель П будет отключен

Таблица 1

Расчетные показатели надежности ВЛ 10 кВ потребителей агропромышленного комплекса по цепи "источник-потребитель"

Наименование параметров	Единица измерения	Категория потребителя по надежности электроснабжения					
		Первая			Вторая		
		Среднее арифметическое значение	Среднее квадратическое отклонение	Доверительные интервалы при надежности вывода 0,95	Среднее арифметическое значение	Среднее квадратическое отклонение	Доверительные интервалы при надежности вывода 0,95
Среднее расчетное количество внезапных отключений	шт., %	4,26 100	0,63 —	2,97 - 5,56 —	4,83 100	0,27 —	4,24 - 5,32 —
Средняя расчетная продолжительность одного внезапного отключения потребителя в год	ч, %	3,60 100	0,34 —	2,90 - 4,30 —	4,59 100	0,23 —	4,13 - 5,04 —

только при отказе ПАС. Тогда число отключений потребителя П при повреждении ВЛ будет

$$N_{10} = M_{10} \cdot \left( \frac{L_{\text{П}}}{L} + q_{\text{ПАС}} \cdot \frac{L - L_{\text{П}}}{L} \right), \quad (2)$$

где  $L$  – полная протяженность ВЛ 10 кВ, км;

$L_{\text{П}}$  – протяженность участка ВЛ 10 кВ, к которому подключен потребитель П, км;

$q_{\text{ПАС}}$  – параметр потока отказов ПАС.

На рис. 2в приведен пример наличия на ВЛ 10 кВ сетевого ПАВР одностороннего действия. В этой схеме потребитель П будет отключаться при повреждении участка два между ПАС и ПАВР, а также при повреждении участка два один при отказе ПАВР или участка три – при отказе ПАС. Поэтому

$$N_{10} = M_{10} \cdot \left( \frac{L_{II}}{L} + q_{ПАС}^c \cdot \frac{L - L_{II} - L_{ПАС}}{L} \right), \quad (3)$$

где  $q_{ПАВР}^c$  - параметр потока отказов сетевого ПАВР;

$L_{ПАС}$  – протяженность остальных участков ВЛ 10 кВ, кроме участка, от которого питается потребитель, и участка, расположенного по ходу питания за ПАС от потребителя, км. На рис. 2в  $L_{ПАС}$  равняется протяженности участка три.

На рис. 2 г приведена схема ВЛ 10 кВ с применением ПАВР двустороннего действия в РУ 10 кВ ТП 10/0,4 кВ. В ней при повреждении участка один ПАВР включает питание от ПС<sub>2</sub>, а при повреждении участка два – от ПС<sub>1</sub>. Тогда

$$N_{10} = M_{10} \cdot q_{ПАВР}^{mn}, \quad (4)$$

где  $q_{ПАВР}^{mn}$  - параметр потока отказов ПАВР в РУ 10 кВ ТП 10/0,4 кВ.

В Гомельском государственном техническом университете им. П. О. Сухого разработана программа для ПЭВМ по определению расчетного количества внезапных отключений потребителей АПК [1]. В табл.2 приведены результаты расчетов  $N_{10}$  по приведенной методике для схем электроснабжения потребителей (рис.2).

В расчетах приняты следующие данные:

$L = 15$  км ;  $M_{10} = 3$  шт./год ;  $q_{ПАС}^c = 0,1$  ;  $q_{ПАВР}^c = 0,12$  ;  $q_{ПАВР}^{mn} = 0,08$  ; величины  $N_{10}$  рассчитаны по формулам (1) – (4) настоящей статьи.

Как видно из табл 2, из рассмотренных схем электроснабжения самой надежной является схема рис. 2 г.

Таблица 2

**Результаты расчетов годового количества внезапных отключений потребителя АПК при повреждении ВЛ 10 кВ, оборудованной ПАС или ПАВР**

Но- мер ри- сунка	Протяженность участков ВЛ 10 кВ, $l$ , км	Количество внезапных по- вреждений $M_{10}$ , шт./год	Количество отклю- чений потребителя при наличии на ВЛ 10 кВ ПАС или ПАВР $N_{10}$ , шт./год
2а	$l_1 = l_2 = 7.5$	3,0	3,0
2б	$l_1 = l_2 = 7.5; L = 7.5$	3,0	1,65
2в	$l_1 = l_2 = l_3 = 5; L = 5; L_{ПАС} = 5$	3,0	1,08
2г	$l_1 = l_2 = 7.5$	3,0	0,24

#### Выводы

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

2. Результаты расчетов, выполненные по предложенной методике, могут быть использованы предприятиями "Энергонадзор" для заключения договоров с потребителями на отпуск электроэнергии, а также предприятиями электрических сетей для разработки мероприятий повышения надежности электроснабжения потребителей.

#### Литература

1. Методические указания по обеспечению при проектировании нормативных уровней надежности электроснабжения сельскохозяйственных потребителей. – М.: Сельэнергопроект, 1988. –32 с.

2. 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.
3. Андриевский Е. Н. Секционирование и резервирование сельских электросетей. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 112 с.
4. Шабад М. А. Автоматика электрических сетей 6-35 кВ в сельской местности. – Л.: Энергия, Ленингр. отделение, 1979. – 104 с.