

## **РАСЧЕТ КОЛИЧЕСТВА ОТКЛЮЧЕНИЙ ПОТРЕБИТЕЛЯ АПК ПРИ НАЛИЧИИ ПУНКТОВ АВР**

**Г.Ф. КУЦЕНКО, О.Ю. ПУХАЛЬСКАЯ, О.С. ШВЕДОВА**

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

### **Введение**

Важной задачей в повышении надежности электроснабжения потребителей является снижение количества и длительности отключений потребителя. К сожалению, в настоящее время надежность воздушных электрических сетей напряжением 6–10 кВ, особенно сельскохозяйственного назначения, в большинстве случаев не отвечает необходимым требованиям. Следует отметить, что в сетях напряжением 110 кВ и выше вопросам повышения надежности уделяется более серьезное внимание, поскольку их отключения приводят к перерыву электроснабжения значительного количества потребителей. Надежность сетей 6–10 кВ и тем более 0,38 кВ находится на довольно низком уровне, хотя они имеют большую протяженность.

Одним из наиболее важных направлений повышения надежности электроснабжения (с точки зрения сокращения количества отключений и длительности перерывов электроснабжения потребителей) является применение резервных источников питания, когда при исчезновении напряжения основного источника потребитель подключается к резервному (такой перевод можно осуществлять вручную или автоматически).

Особого внимания заслуживает автоматическое включение резерва (АВР). Многолетний опыт эксплуатации устройств АВР показывает, что примерно в 90 % случаев [1] отключения основного (рабочего) питания устройства АВР позволяют успешно перейти на резервный источник электроснабжения за доли секунды. Такая высокая эффективность обусловила широкое применение устройств АВР в электроустановках.

В соответствии с требованиями «Правила устройства электроустановок» (ПУЭ) [2], электроприемники I категории по надежности должны обеспечиваться электроэнергией от двух независимых взаимно резервирующих источников питания, и перерыв их электроснабжения при нарушении электроснабжения от одного из источников питания может быть допущен лишь на время автоматического восстановления питания при помощи устройств АВР.

### **Виды АВР**

В зависимости от способа предотвращения подачи напряжения на поврежденный рабочий источник питания различают:

1) сетевой АВР (рис. 1), пусковой орган которого действует на включение сетевого выключателя, находящегося в резерве; возможность подачи напряжения от резервного источника на поврежденный элемент рабочего питания исключается с помощью устройств автоматики деления, расположенных в заданных точках сети; сетевой АВР представляет собой комплекс устройств, в который входят: само устройство АВР, устройства автоматики деления и другие устройства, расположенные на нескольких подстанциях резервируемой сети;

2) местный (подстанционный) АВР (рис. 2), пусковой орган которого действует на отключение рабочего ввода, после чего включается резервный ввод; этим исключается подача напряжения от резервного источника на поврежденный рабочий источник

питания; характерным признаком выполнения местного АВР является расположение всей аппаратуры на одной подстанции, в том числе и выключателей, на которые воздействует местный АВР.

#### **Анализ отказов устройств АВР в РУП «Гомельэнерго» за 1991–2003 годы**

В таблице приведены сведения о работе АВР за период 1991–2003 гг. по РУП «Гомельэнерго».

#### **Анализ отказов устройств АВР в РУП «Гомельэнерго» за 1991– 2003 годы**

| <b>Годы</b> | <b>Всего установлено устройств АВР на конец года</b> | <b>Количество отказов устройств АВР в % к общему количеству по годам</b> |
|-------------|--|--|
| 1991        | 548  | 1,64 %   |
| 1992        | 564  | 0,00 %   |
| 1993        | 589  | 0,68 %   |
| 1994        | 594  | 0,17 %   |
| 1995        | 613  | 0,65 %   |
| 1996        | 612  | 0,49 %   |
| 1997        | 624  | 1,28 %   |
| 1998        | 629  | 0,64 %   |
| 1999        | 601  | 0,17 %   |
| 2000        | 576  | 0,35 %   |
| 2001        | 549  | 1,64 %   |
| 2002        | 553  | 0,90 %   |
| 2003        | 560  | 0,36 %   |

Как видно из таблицы, количество отказов устройств АВР находится в интервале от 0 до 1,64 %. Средний процент отказов устройств АВР за эти годы составил 0,69.

Основными причинами отказа АВР явились: неисправности блок-контактов выключателей; неисправности реле; неисправности катушек включения или отключения выключателей; повреждения контрольного кабеля питания цепей оперативного тока АВР.

Таким образом, при расчете количества отключений потребителя АПК при наличии на ВЛ 6–10 кВ АВР вероятность их отказа можно принять  $q_{\text{АВР}}^{10} \approx 0,007$ .

Из этого анализа следует, что наличие устройств АВР не гарантирует 100 % надежность электроснабжения потребителей.

В соответствии с «Методическими указаниями...» [3], к I категории по надежности электроснабжения относятся следующие потребители АПК: животноводческие комплексы и фермы по производству молока на 400 и более коров, фермы по откорму молодняка крупного рогатого скота на 5 тыс. и более голов в год, птицефабрики по производству яиц с содержанием 100 тыс. и более кур-несушек и др.

Для этих потребителей должно быть предусмотрено дополнительное питание от третьего независимого взаимно резервирующего источника питания. Ими могут быть: автономные дизельные электростанции, аккумуляторные батареи и т. п.

#### **Расчет количества отключений потребителя АПК при наличии на ВЛ 6–10 кВ АВР**

Расчёт числа отключений потребителя  $N_{10}$  из-за отказов ВЛ 10 кВ в случае отсутствия на ВЛ 10 кВ пунктов автоматического секционирования (ПАС) совпадает с количеством повреждений на ВЛ 10 кВ  $M_{10}$ . В этом случае  $N_{10}$  определяется по формуле

$$N_{10} = M_{10}. \quad (1)$$

В случае наличия на ВЛ 10 кВ АВР  $N_{10} < M_{10}$ , так как за счёт его работы при некоторых повреждениях на ВЛ 10 кВ не будет происходить отключения присоединённого к ней потребителя.

На рис. 1 приведён пример наличия на ВЛ 10 кВ устройства сетевого АВР одностороннего действия. В этой схеме потребитель П будет отключаться при повреждении на той части ВЛ 10 кВ, к которой он подключён (участок три между ПАС<sub>1</sub> и ПАС<sub>2</sub>), а также при повреждении участков один при отказе АВР. Поэтому

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

где  $q_{\text{АВР}}^{10}$  – вероятность отказа сетевого АВР;  $L_{\text{ч}}^{\text{П}}$  – протяжённость участка ВЛ 10 кВ, к которому подключен потребитель П, км;  $L$  – полная протяжённость ВЛ 10 кВ, км;  $L_{\text{ч}}^{2\text{ПАС}}$  – протяжённость остальных частей ВЛ 10 кВ, кроме участка, от которого питается потребитель П, а также тех, которые расположены по ходу питания за вторым от потребителя ПАС, км.

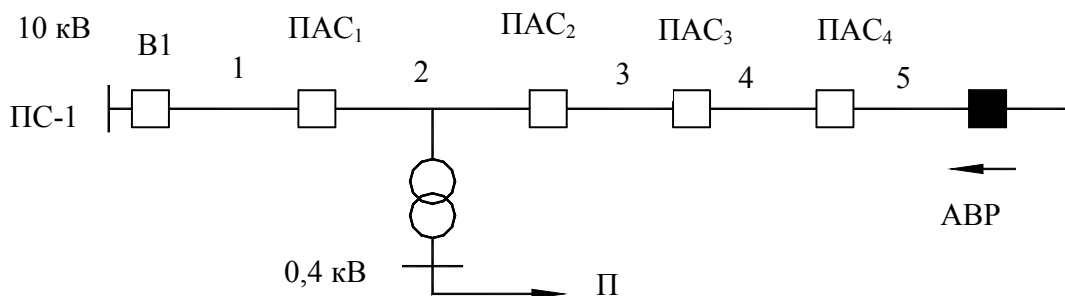
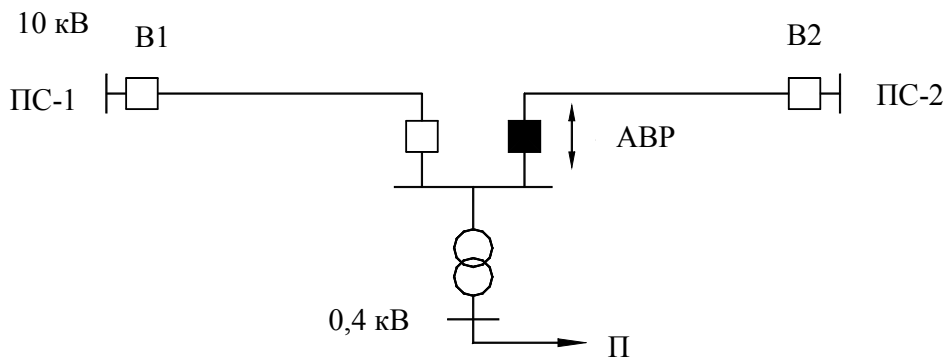


Рис. 1. Вариант оснащения ВЛ 10 кВ сетевым АВР: ПС-1 питающая подстанция (ПС) один; В1 – выключатель на ПС-1; ПАС – пункт автоматического секционирования ВЛ 10 кВ; АВР – пункт автоматического включения резерва; 1–5 – номера участков ВЛ 10 кВ; П – потребитель электроэнергии

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

$$N_{10} = M_{10} \cdot q_{\text{АВР}}^{\text{ТПВ}}, \quad (3)$$

где  $q_{\text{АВР}}^{\text{ТПВ}}$  – вероятность отказа АВР в РУ 10 кВ ТП 10/0,4 кВ.



*Рис. 2.* Вариант оснащения ВЛ 10 кВ местным АВР: ПС-1 и ПС-2 – соответственно питающая подстанция (ПС) один и два; В1 и В2 – выключатель на ПС-1 и ПС-2 соответственно; АВР – пункт автоматического включения резерва; П – потребитель электроэнергии

### **Выводы**

В данной статье приведена методика определения расчётного количества отключений потребителя АПК при оснащении ВЛ 6–10 кВ пунктами АВР, на примере наиболее распространённых схем электроснабжения потребителей. Приведен результат анализа работы устройств АВР на примере РУП «Гомельэнерго» за 1991–2003 годы. Показано, что вероятность отказов устройств АВР составила 0,007.

Использование рассмотренной методики позволяет более обосновано выполнять расчёты показателей надёжности электроснабжения потребителей АПК.

Результаты расчётов, выполненные по предложенной методике, могут быть использованы предприятием «Энергонадзор» для заключения договоров с потребителями АПК на отпуск электроэнергии, а также предприятиями электрических сетей для разработки мероприятий по повышению надёжности электроснабжения потребителей.

### **Литература**

1. Васильев, В.Г. Средства АВР при повышении надёжности электроснабжения потребителей /В.Г. Васильев, Л.Д. Суров, В.П. Фомичев //Электрика. – 2002. – № 12.
2. Правила устройства электроустановок. – 6-е изд. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 640 с.
3. Методические указания по обеспечению при проектировании нормативных уровней надёжности электроснабжения сельскохозяйственных потребителей. – М.: «Сельэнергопроект», 1986.

*Получено 24.01.2005 г.*