

УДК 621.316.1:631.371

Р.Т.Каражанова – ст.преп.ОшТУ  
R.T.Karazhanova – senior teacher OshTU

## МЕТОДИКА РАССТАНОВКИ УКАЗАТЕЛЕЙ ПОВРЕЖДЕННОГО УЧАСТКА В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ 6-10 КВ

*Изложен методический подход к выбору количества, очередности и мест установки указателей поврежденного участка на сельских ВЛ 6-10 кВ, предложен критерий оценки целесообразности их установки.*

*Ключевые слова: оснащение линии, авария, оперативная бригада, аварийно-ремонтная работа.*

## METHOD OF PLACING POINTERS OF THE DAMAGED SECTION IN DISTRIBUTION NETWORKS 6-10 SQUARE METERS

*The methodical approach to the selection of the number, order and location of indicators of the damaged section in rural high-voltage lines 6-10 kV is outlined, a criterion for assessing the feasibility of their installation is proposed.*

*Key words: line equipment, accident, operational team, emergency repair work.*

Оснащение сельских распределительных ВЛ 6-10 кВ указателями поврежденного участка (УПУ) существенно сокращает объем работы по отысканию места повреждения на линии и уменьшает длительность перерыва электроснабжения потребителей при аварийных отключениях в сети /1/.

**Постановка задачи.** Отыскание повреждения на аварийно отключившейся несекционированной и не оснащенной УПУ распределительной линии и организация аварийно-ремонтной работы отнимает значительное время, в течение которого вся линия и ее потребители остаются отключенной. Для обоснования необходимости оснащения линий 6-10 кВ приборами УПУ покажем как производится поиск места повреждения на линии без УПУ. Отыскание места повреждения на таких линиях является многоэтапной работой и производится в следующей последовательности:

а). Оперативно выездная бригада (ОВБ), прибыв на распределительную подстанцию 35-110/10 кВ, отходящая линия которой аварийно отключилась, определяет отключившийся фидер и согласно инструкции производит однократное ручное повторное включение (РПВ) головного выключателя линии. Если РПВ окажется успешной, то это означает, что повреждение на линии самоустранилось, если же РПВ будет неуспешной, то ОВБ приступает к следующему этапу;

б). Отыскание и локализации (выделение из схемы) участка линии, на котором произошло повреждение.

в). После локализации (отделения) поврежденного участка путем отключения его с двух сторон, включается неповрежденная часть линии, тем самым восстанавливается электроснабжение ее потребителей.

г) Затем производится отыскание точного места повреждения на локализованном участке линии. Установив место повреждения, ОВБ определяют его характер, оценивают объем ремонтно-восстановительной работы и приступают к ней.

Все перечисленные этапы работы ОВБ производит с ведома и указанием диспетчера района электросетей (РЭС).

**Описание процесса поиска поврежденного участка.** После неуспешного РПВ первым шагом

к отысканию поврежденного участка является разделение обесточенной линии на две части путем отключения одного из имеющихся на ней разъединителей (обозначим его  $P_1$ ), после чего по согласованию с диспетчером производится пробное включение (ПВ) головного выключателя (В) линии. Если ПВ окажется успешным, то это означает, что повреждение находится на отключенной части линии (за отключенным  $P_1$ ), а в случае неуспешного ПВ – повреждение на участке между головным В и отключенным  $P_1$ .

В первом случае включив  $P_1$ , отключают следующий, находящийся за ним разъединитель  $P_2$ , и вновь производят ПВ головного В линии. Если В опять отключается, то отключают следующий  $P_3$  и вновь производят ПВ и т.д., пока не определится тот относительно непротяженный и неразделенный участок, где произошло повреждение.

Во втором случае операцию поочередного отключения разъединителей производят с разъединителями, расположенными между головным В и  $P_1$ . При этом процедура ПВ и последующих переключений аналогична вышеизложенному. Поскольку на линии может быть до 4-5 Р (в том числе и на отпайках от магистральной части линии), указанная процедура переключений и ПВ может быть проделана также до 4-5 раз, пока не будет определен поврежденный участок. После определения локального участка, где произошло повреждение, ОВБ с двух сторон его отделяет разъединителями и включает головной В, тем самым восстанавливая электроснабжение потребителей неповрежденной части линии. Далее ОВБ путем обхода отделенного участка определяет место и характер повреждения.

В целом, процесс отыскания места повреждения требует немало времени на ряд переездов ОВБ (например, как между головным В и разъединителями, так и между разъединителями на линии), переходов пешком (например, обход поврежденного участка), а также на выполнение ряда операций коммутационными аппаратами.

Наиболее существенным недостатком изложенного способа поиска места повреждения является необходимость многократного включения головного В на короткое замыкание, что резко сокращает его межремонтное время и ресурс В.

На линиях, оснащенных УПУ отпадает необходимость этих переездов, переходов и операций с коммутационными аппаратами. УПУ наряду с большим сокращением длительности перерыва электроснабжения потребителей исключает необходимость многократного включения головного В линии на короткое замыкание.

**Выбор количества, мест установки и очередности УПУ.** Основные понятия, использованные при выборе мест установки УПУ и расчете эффективности УПУ

Участок линии – часть линии, которую нельзя разделить отключением имеющихся на линии коммутационных аппаратов. Например, если на магистральной части линии последовательно установлены разъединители  $P_1, P_2, P_3$ , и  $P_4$ , то части линии, заключенные между головным В -  $P_1, P_1-P_2, P_2-P_3, P_3-P_4$  являются участками.

Конец участка – точка участка, за которой (по ходу питания) нет других точек этого же участка. При таком определении все установленные на участке Р (или другие коммутационные аппараты), кроме головного В, являются его концами. Так, для вышеописанной линии головной В и  $P_1$  являются концами участка 1, разъединители  $P_1, P_2$  являются концами участка 2, а разъединители  $P_2$  и  $P_3$  – концы участка 3 и т.д.

Зона эффективности УПУ, установленного у  $P_i$  – та часть линии, при повреждении на которой использование показаний упомянутого УПУ, позволяет сократить маршрут переездов ОВБ на  $\Delta D_i$  км в ходе поиска и локализации поврежденного участка (средней протяженностью  $D$ ) и, соответственно сократит и длительность отключения потребителей на  $\Delta T_i$  ч.

Для определения зоны эффективности УПУ, установленного у  $P_i$  обозначим через  $n_i$  головной аппарат участка, предшествующего  $P_i$ . Зона эффективности указанного УПУ определяется как часть линии, расположенная по ходу питания за  $n_i$ , за исключением тех участков, которые отделяются от предшествующего  $P_i$  участка разъединителями, расположенными к В ближе, чем  $P_i$ .

В предлагаемой методике в качестве критерия целесообразности установки УПУ принята величина  $\Delta D_{гг}$  – измеряемая в километрах граничная (наименьшая) величина сокращения годового

маршрута переездов ОБВ в ходе поиска поврежденного участка, при которой затраты на устанавливаемый у разъединителя УПУ еще окупятся снижением народнохозяйственного ущерба из-за недоотпуск электроэнергии.

Величина  $\Delta D_{ГГ}$  определяется по формуле:

$$\Delta D_{ГГ} = \frac{3 \cdot V}{y_0 K_{кр} \cdot S \cdot K_3}, \quad (1)$$

где:  $3$  – приведенные затраты на один УПУ, сом.;

$y_0$  – удельный экономический ущерб потребителей из-за недоотпуска электроэнергии, сом./кВтч;

$S$  – суммарная установленная мощность трансформаторов ТП, присоединенных к рассматриваемой распределительной линии, кВА;

$K_3$  – среднегодовой коэффициент загрузки установленной мощности трансформаторов, кВт/кВА;

$V, K_{кр}$  – средняя скорость движения ОБВ на автомашине (км/ч) и коэффициент кривизны дорог.

Все величины в формуле (1) есть исходные данные к расчетам по выбору количества и мест установки УПУ на рассматриваемой распределительной линии. При этом  $3$  определяется по формуле:

$$3 = K(E_n + p_{\Sigma}) \quad (2)$$

где:  $K$  – стоимость одного УПУ, сом.;

$E_n$  – нормативный коэффициент эффективности капиталовложений;

$p_{\Sigma}$  – суммарные отчисления на амортизацию и обслуживание.

Заметим, что в выражении (1) не включены затраты на внеочередной

с использованием  $\Delta D_{ГГ}$  решение об установке УПУ у разъединителя  $PI$  рассматриваемой распределительной линии принимается по условию:

$$\Delta D_{Гi} \geq \Delta D_{ГГ} \quad (3)$$

где:  $\Delta D_{Гi}$  – годовое сокращение маршрута переездов ОБВ при поиске поврежденного участка УПУ за  $PI$ .

Расчет годового сокращения переездов ОБВ за счет установки УПУ осуществляется на основе учета  $\Delta D_{Гi}$ . Величина  $\Delta D_{Гi}$  на которую сокращается маршрут переездов ОБВ в расчете на одно повреждение в зоне эффективности УПУ, установленного у  $PI$ , зависит от того, в какой из частей этой зоны произошло повреждение. Поэтому, для удобства расчетов зона эффективности УПУ, установленного у  $PI$  подразделяется на две полузоны, которые обозначены как:

$Z_{zai}$  – полузона, составленная из числа участков  $M_{zai}$ , расположенных по ходу питания за  $PI$ ;

$Z_{doi}$  – остальная часть зоны эффективности с числом участков  $M$ .

В связи с делением участка на полузоны уточним формальное правило определения зоны эффективности УПУ, применительно к разъединителям, установленным на развилке (на отпайке). В этом случае зона эффективности определяется вначале для такого  $P_i$ , у которого  $L_{zai}$  – длина полузоны  $Z_{zai}$  – больше. При определении зоны эффективности для других устанавливаемых у развилки УПУ,  $Z_{zai}$  ранее рассмотренного УПУ в их зоны эффективности не включается. Если  $L_{zai}$  одинаковы для нескольких разъединителей развилки, то порядок определения зон эффективности и, устанавливаемых у этих разъединителей УПУ, произволен. Также определяются зоны эффективности УПУ, устанавливаемых не на развилке, но у разъединителей, равноудаленных от  $B$ . В зависимости от того, в какой из полузон имеется повреждение величина  $\Delta D_i$ , определяется по табл. 1.

Таблица 1.

Сокращение маршрута переездов ОБВ при установке УПУ у  $P$

$\Delta D_{doi}$	$\Delta D_{zai}$
------------------	------------------

$M_{\partial oi} = 1$	$M_{\partial oi} > 1$	$M_{\text{зai}} = 1$	$M_{\text{зai}} > 1$
$2l_{B-ni}$	$2l_{B-i}$	0	$2l_{B-i}$

В таблице приняты следующие обозначения:

$\Delta D_{\partial oi}$ ,  $\Delta D_{\text{зai}}$  – сокращение маршрута переездов ОВБ в расчете на одно повреждение в  $Z_{\partial oi}$  и  $Z_{\text{зai}}$  соответственно, км;

$l_{B-ni}$  – протяженность электрической связи от выключателя до коммутационного аппарата участка, предшествующего Р, км;

$l_{B-i}$  – протяженность электрической связи от выключателя до разъединителя  $P_i$ , км;

В данном случае под выключателем В понимается головной выключатель линии, либо ближайшее к  $P_i$  по ходу питания устройство автоматического секционирования, если такое на линии имеется.

Особо следует выделить случай, когда В является головным аппаратом предшествующего к  $P_i$  участка. Тогда,  $l_{B-ni} = l_{B-B} = 0$ . Примером является определение  $l_{B-ni}$  применительно к УПУ, установленному у Р2.

Годовое сокращение переездов за счет установки УПУ у  $P_i$  определяется по форме:

$$\Delta D_{\Gamma_i} = \lambda (L_{\partial oi} \Delta D_{\partial oi} + L_{\text{зai}} \Delta D_{\text{зai}}) \quad (4)$$

где:  $\lambda$  – ожидаемое количество междуфазных устойчивых повреждений на один км линии в год;

$L_{\partial oi}$ ,  $L_{\text{зai}}$  – длины полузон эффективности  $Z_{\partial oi}$ ,  $Z_{\text{зai}}$  соответственно до и за местом установки УПУ, т.е. суммы длин участков, входящих в  $Z_{\partial oi}$ ,  $Z_{\text{зai}}$  в км.

По изложенной методике предусматривается определение  $\Delta D_{\Gamma_i}$  по формуле (1) применительно ко всем разъединителям, имеющимся на рассматриваемой распределительной линии. Затем, сравнением по формуле (3) определяются целесообразные места установки УПУ, т.е. определяются те разъединители линии, около которых целесообразно установить УПУ.

Очередность установки УПУ в указанных местах устанавливается в порядке убывания величины  $\Delta D_{\Gamma_i}$ , определяемой по выражению (4).

#### Литература:

1. Исследовать эффективность и надежность разных уровней систем электроснабжения сельского хозяйства горных районов и разработать перспективные решения с учетом развития потребителей. Рук. к.т.н. Кадыркулов С.С. Кыргызский НИО энергетики. Фрунзе, 1980, с.71.

2. Руководящие материалы по проектированию электроснабжения сельского хозяйства. ГПИ и НИИ «Сельэнергопроект», М.: ноябрь 1981, с.41