

Повышение надежности работы линии наружного освещения автомобильной дороги

Галимова А.А.

Самарский государственный технический университет
г. Самара, Российская Федерация

akilya@mail.ru

Аннотация. Один из наиболее эффективных способов повышения надежности работы протяженных линий электропередачи, является секционирование линии. В статье приведена методика выбора аппаратов защиты в линиях электропередачи 0,4 кВ имеющих при большой протяженности небольшую нагрузку, распределенную по всей длине. Такую особенность имеют линии наружного освещения автомобильных магистралей. Методика основана на принципе секционирования линии наружного освещения с установкой защитных аппаратов в узлах по всей протяженности. Узлы, в которых установка защитных аппаратов эффективна, можно выбрать расчетным путем.

Ключевые слова: проектирование линии электропередачи, защитные аппараты, распределенная нагрузка, режим короткого замыкания, токи короткого замыкания, секционирование.

Методика выбора проводников в линиях высокого и низкого напряжения известна и изложена в литературе [1]. Однако, приведенная методика эффективна для систем электроснабжения непротяженных линий, линий соединяющих трансформаторную подстанцию (ТП) с нагрузкой. В протяженных линиях с распределенной нагрузкой, особенно небольшой мощности, такая методика не позволяет выбрать эффективную защиту от коротких замыканий. В качестве примера можно привести линию наружного освещения автомобильных магистралей. Такая линия электропередачи, как правило, достаточно протяженная, до нескольких километров, имеет небольшую мощность, распределенную по всей длине. Режим короткого замыкания в такой линии имеет особенность – ток короткого замыкания в конце линии, как правило, меньше или близок по значению току нагрузки в конце линии. В этом случае автоматические выключатели, установленные в распределительном устройстве 0,4 кВ на ТП, не отключат нагрузку при возникновении короткого замыкания в конце линии.

В основе методики, описанной в статье [4], лежит секционирование линии. Вся линия электропередачи делится на участки, каждый из которых защищен своими предохранителями.

При разработке методики ставилась следующая задача: рассчитать ток короткого замыкания в i -ой точке линии на расстоянии l_i от ТП и найти j -й узел подключенной нагрузки на расстоянии l_j от ТП, в котором можно установить аппарат для эффективной защиты участка линии l_j-l_i . При этом должны выполняться два условия:

- ток короткого замыкания должен быть не менее заданной кратности номинального тока защитного аппарата

$$I_{кз} \geq K \cdot I_{нз}; \quad (1)$$

- номинальный ток защитного аппарата должен быть не менее номинального тока нагрузки в j -м узле

$$I_{нз} \geq I_{нj}.$$

Ток короткого замыкания рассчитывается в соответствии с ГОСТ 28249-93 “Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока до 1 кВ” [2]. В сетях 0,4 кВ минимальные токи возникают при несимметричных коротких замыканиях, поэтому в качестве критерия для выбора аппарата защиты принимается ток однофазного короткого замыкания

$$I_{кз}^{(1)} = \frac{\sqrt{3} \cdot U_{cp}}{\sqrt{(2 \cdot R_{\Sigma} + R_0)^2 + (2 \cdot X_{\Sigma} + X_0)^2}},$$

где U_{cp} – среднее значение низкого напряжения, для сети 380 В среднее напряжение равно 400 В; R_{Σ} – суммарное активное сопротивление прямой последовательности схемы замещения системы электроснабжения, Ом; R_0 – суммарное активное сопротивление обратной последовательности схемы замещения системы электроснабжения Ом; X_{Σ} – суммарное реактивное сопротивление прямой последовательности схемы замещения системы электроснабжения, Ом; X_0 – суммарное реактивное сопротивление обратной последовательности схемы замещения системы электроснабжения, Ом.

Для определения j -го узла для установки защитного аппарата воспользуемся условием выбора аппарата (1). Подставив в левую часть формулу для определения тока однофазного короткого замыкания, получим:

$$\frac{\sqrt{3} \cdot U_{cp}}{\sqrt{(2 \cdot R_{\Sigma} + R_0)^2 + (2 \cdot X_{\Sigma} + X_0)^2}} \geq K \cdot I_{нз}.$$

В правую часть неравенства подставим номинальный ток нагрузки и выразим его через мощность в j -м узле:

$$\frac{\sqrt{3} \cdot U_{cp}}{\sqrt{(2 \cdot R_{\Sigma} + R_0)^2 + (2 \cdot X_{\Sigma} + X_0)^2}} \geq \frac{3 \cdot P_{нj} \cdot n}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi}, \quad (2)$$

где $P_{нj}$ – мощность в j -м узле, Вт; n – количество узлов от точки подключения в ТП до j -го узла; $\cos \varphi$ – коэффициент мощности, при проектировании коэффициент мощности принимается равным 0,85; U – номинальное напряжение системы электроснабжения, $U = 380$ В.

В результате решения неравенства, подставив параметры системы электроснабжения и схемы замещения, можно определить узел нагрузки n , в котором необходимо установить защитный аппарат. Расстояние от точки короткого замыкания в i -м узле до j -го узла с защитным ап-

паратом при таком расчете будет минимально допустимым, исходя из условия решения неравенства. При выборе узла для установки защитного аппарата с помощью неравенства (2) получаем погрешность, обусловленную следующим. Номинальный ток защитного аппарата выбирается из стандартного ряда токов автоматических выключателей или предохранителей, выпускаемых для применения в электрических сетях. Если разница между номинальным током нагрузки в j -м узле I_{nj} и стандартным номинальным током защитного аппарата $I_{нз}$ существенна, значение $K \cdot I_{нз}$ может превышать ток короткого замыкания. Подставляя в неравенство (2) в правую часть номинальный ток защитного аппарата также нецелесообразно, так как в формуле не будет связи с параметрами нагрузки. В приведенной методике автором предлагается следующее решение проблемы. Количество узлов от ТП до узла j , в котором необходимо установить защитный аппарат, определяется по формуле:

$$n = \frac{P_{\Sigma} - I_{нз} \cdot \sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi}{P_{nj}}, \quad (3)$$

где P_{Σ} – суммарная нагрузка системы электроснабжения Вт.

Номинальный ток защитного аппарата выбирается следующим образом. Рассчитывается ток короткого замыкания в конце линии. Номинальный ток защитного аппарата выбирается не более чем $1/K$ тока короткого замыкания. Подставив в формулу (3) выбранное значение номинального тока защиты, определяем значение n . Окончательный выбор узла j производится после проверки условий неравенства (2). Если неравенство (2) не выполняется, корректируется значение n . Практический опыт решения подобных задач показал, что если неравенство не выполняется, следует уменьшить значение n , выбрав узел $j-1$. Далее рассчитывается ток короткого замыкания в узле j , выбирается узел для установки защитного аппарата и определяется диапазон защиты. Таким образом, выполня-

ется расчет для всей линии электропередачи. Последний узел для расчета и установки защитного аппарата – рас-пределительное устройство низкого напряжения в ТП.

Методика применялась при проектировании линии наружного освещения автомобильной дороги, принадлежащей к категории общегородской магистрали протяженностью более 6 км. В результате секционирования каждый фидер разделен на 4-5 участков, каждый участок защищен группой предохранителей с номинальными токами, соответствующими условиям срабатывания. Соединение участков выполнено с помощью мачтовых рубильников, в каждом из которых установлены предохранители с параметрами, выбранными по приведенной методике. При этом каждый участок светильников линии наружного освещения защищается от токов короткого замыкания своими предохранителями. Кроме того, при возникновении коротких замыканий в середине или конце линии, основная часть светильников будет работать, так как отключится только часть светильников, оказавшихся в зоне действия токов короткого замыкания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карпов Ф.Ф. Справочник по расчету проводов и кабелей. – 2-е изд. / Ф.Ф. Карпов, В.Н. Козлов. – М.: Энергия, 1964.
2. ГОСТ 28249-93. Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока до 1 кВ. – М.: Изд-во стандартов, 1994.
3. Электротехнический справочник: В 3-х т. Т.1 / Под ред. П.Г. Грудинского. – Изд. 5-е, испр. – М.: Энергия, 1974. – 775 с.
4. Галимова А.А. Определение структуры и параметров автономных комбинированных систем электроснабжения космических летательных аппаратов на этапе аванпроектирования: дис. ... канд. техн. наук. – Самара, 1998. – 165 с.

Increase in Reliability of Work Lines of External Lighting Highway

Galimova A.A.

Samara state technical university

Samara, Russian Federation

akilya@mail.ru

Abstract. One of the most effective ways of increase of reliability of work of extended power lines, is sectioning of the line. In article the technique of a choice of devices of protection is given in power lines of 0,4 kV having the small loading distributed on all length at the big extent. Lines of external lighting of automobile highways have such feature. The technique is based on the principle of sectioning of the line of external lighting with installation of protective devices in knots on all extent. Knots in which installation of protective devices is effective, can be chosen in the settlement.

Keywords: power line design, distributed load, safeguard devices, short-circuit regime, short-circuit current, sectioning.

REFERENCES

1. Karpov F.F., Kozlov V.N. *Spravochnik po raschetu provodov i kabeley* [Reference book on calculation of wires and cables], 2 nd ed, Moscow, Energy, 1964.
2. *GOST 28249-93. Korotkie замыканиya v elektroustanovkakh. Metody rascheta v elektroustanovkakh peremennogo toka do 1 kV* [Short-circuits in electrical installations. Calculation methods in a.c. electrical installations with voltage below 1 kV], Moscow, Publishing center of state standards, 1994.

3. Grudinsky P.G. (Ed.). *Elektrotekhnicheskiy spravochnik* [Electrotechnical handbook], Т.1, Ed. 5th, corrected, Moscow, Energy, 1974.

4. Galimova A.A. *Opreделение структуры i parametrov avtonomnykh kombinirovannykh sistem elektrosnabzheniya*

kosmicheskikh letatel'nykh apparatov na etape avanproektirovaniya pechi: dis. ... kand. tekhn. nauk [Definition of structure and parameters of the autonomous combined systems of power supply of space aircraft at an avanproektirovaniye stage PhD dissertation], Samara, 1998, 165 p.

Библиографическое описание статьи

Галимова А.А. Повышение надежности работы линии наружного освещения автомобильной дороги // *Электротехника: сетевой электронный научный журнал*. – 2017. – Т.4, №1. – С. 38-40.

Reference to article

Galimova A.A. Increase in reliability of work lines of external lighting highway, *Russian Internet Journal of Electrical Engineering*, 2017, vol.4, no.1, pp. 38-40.