

УДК 621.31

Кравченко В.Н.*

К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ УСТРОЙСТВ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ

Разработана методика оценки экономической эффективности внедрения микропроцессорных устройств релейной защиты, основанная на анализе статистических данных и учитывающая специфику работы устройств релейной защиты.

В настоящее время в энергосистемах Украины, а также в системах электроснабжения крупных промышленных предприятий идёт модернизация устройств защиты и автоматики. При этом устаревшие устройства защиты заменяются на новые, реализованные на микропроцессорной базе. Ведущими мировыми производителями, а также производителями стран СНГ предлагается широкий ассортимент вышеназванных устройств. Поэтому возникает проблема правильного выбора между ценой и качеством. Одним из путей решения этой проблемы является опытная эксплуатация тех или иных устройств. Однако отсутствие общепринятой методики оценки эффективности внедряемых устройств релейной защиты (РЗ) делает затруднительной объективную оценку их достоинств и недостатков.

Применяемая в настоящее время методика расчёта экономической эффективности внедрения новой техники [1] не учитывает специфики работы устройств РЗ и поэтому ее применение для расчёта эффективности внедрения этих устройств не представляется возможным. Исходя из вышесказанного, целью настоящей работы является разработка методики оценки экономической эффективности внедрения новых релейных защит, основанная на анализе статистических данных.

Основным критерием для определения степени повышения функциональной надежности устройств РЗ в результате их внедрения служат параметры надежности: поток излишних и ложных срабатываний, поток отказов. Последние определяются на основании статистических данных, представленных в ежегодных отчетах о работе устройств релейной защиты и автоматики (РЗА) энергосистем.

Расчет параметров надежности производится по следующим формулам:

а) для излишних и ложных срабатываний РЗ:

$$\lambda_{pz.cp} = \frac{n_{cp}}{m \cdot N}, \quad (1)$$

где $\lambda_{pz.cp}$ – параметр потока излишних и ложных срабатываний РЗ;

n_{cp} – число излишних и ложных срабатываний РЗ за m лет, раз;

m – срок, за который анализируется работа РЗ, лет;

N – число комплектов РЗ данного типа в энергосистеме;

б) для отказов РЗ:

$$\lambda_{pz.om} = \frac{n_{om}}{m \cdot N}, \quad (2)$$

где $\lambda_{pz.om}$ – параметр потока отказов РЗ;

n_{om} – число отказов РЗ за m лет, раз.

Расчет составляющих ущерба, связанного с отказами и неправильными действиями устройств РЗ, производится отдельно для каждого уровня напряжения. При этом, в соответствии с

*ПДТУ, канд. техн. наук, доц.

[2], рассматриваются три вида ущерба: основной, дополнительный и косвенный. Основной ущерб, вызванный неправильными действиями устройств РЗ, рассчитывается только для подстанций, питаемых по одноцепной линии, так как только при этой схеме отключение питающей линии приводит к отключению подстанции. При излишних и ложных срабатываниях расчет основного ущерба производится по формуле:

$$Y_o^{cp} = Y_o \cdot P_{od} \cdot t_g \cdot \lambda_{pz,cp}^n \cdot N_{od}, \quad (3)$$

где Y_o^{cp} – основной ущерб, вызванный излишними и ложными срабатываниями РЗ, грн;

Y_o – удельный основной ущерб, грн/(кВт·ч) (табл. 1);

P_{od} – средняя мощность подстанций, питаемых по одноцепным линиям, кВт;

t_g – время восстановления, режима, ч. Согласно статистическим данным по ряду энергосистем средняя продолжительность восстановления режима электроснабжения потребителя после отключения воздушных линий (ВЛ) 110—330 кВ составляет 0,5 часа (выяснение обстановки, принятие решения, переключения);

$\lambda_{pz,cp}^n$ – параметр потока излишних и ложных срабатываний РЗ;

N_{od} – количество защит на одноцепных линиях, шт.

При отказах РЗ защищаемая линия не отключается, что приводит к отключению других отходящих линий питающей узловой подстанции. При этом расчет основного ущерба производится по формуле

$$Y_o^{om} = 0,65 Y_o \cdot P_{od} \cdot t_g \cdot n \cdot \lambda_{pz,om}^n \cdot N_{od}, \quad (4)$$

где Y_o^{om} – основной ущерб, вызванный отказами РЗ, грн.;

$\lambda_{pz,om}^n$ – параметр потока отказов РЗ;

n – среднее число отходящих линий узловой подстанции, шт.;

0,65 – коэффициент, учитывающий отказы, приводящие к недоотпуску электроэнергии.

Суммарный основной ущерб рассчитывается как

$$\Sigma Y_o = Y_{o(35)}^{cp} + \dots + Y_{o(750)}^{cp} + Y_{o(35)}^{om} + \dots + Y_{o(750)}^{om}, \quad (5)$$

где $Y_{o(35-750)}^{om}$ – основной ущерб, вызванный отказами РЗ соответственно по ВЛ 35 – 750 кВ, грн;

ΣY_o – суммарный основной ущерб, грн;

$Y_{o(35-750)}^{cp}$ – основной ущерб, вызванный излишними и ложными срабатываниями РЗ соответственно по ВЛ 35 – 750 кВ, грн.

Расчет дополнительного ущерба при излишних и ложных срабатываниях РЗ производится по формуле

$$Y_{\partial}^{cp} = Y_{\partial} \cdot P_c \cdot t_g \cdot \lambda_{pz,cp}^n \cdot N, \quad (6)$$

где Y_{∂}^{cp} – дополнительный ущерб, вызванный излишними и ложными срабатываниями РЗ, грн.;

Y_{∂} – удельный дополнительный ущерб, грн./кВт·ч);

P_c – средняя мощность, передаваемая по защищаемой линии, кВт;

$\lambda_{pz,cp}^n$ – параметр, потока излишних и ложных срабатываний РЗ.

Дополнительный ущерб, вызванный отказами РЗ, рассчитывается как

$$Y_{\partial}^{om} = 0,65 \cdot Y_{\partial} \cdot P_c \cdot t_g \cdot n \cdot \lambda_{pz,om}^n \cdot N, \quad (7)$$

где Y_{∂}^{om} – дополнительный ущерб; вызванный отказами РЗ, грн.;

$\lambda_{pz,om}^n$ – параметр потока отказов, РЗ.

Суммарный дополнительный ущерб определяется выражением

$$\Sigma Y_{\partial} = Y_{\partial(35)}^{cp} + \dots + Y_{\partial(750)}^{cp} + Y_{\partial(35)}^{om} + \dots + Y_{\partial(750)}^{om}, \quad (8)$$

где ΣY_{∂} – суммарный дополнительный ущерб, грн.;

$Y_{\partial(35-750)}^{om}$ – дополнительный ущерб, вызванный отказами РЗ соответственно по ВЛ 35 – 750 кВ, грн.;

$Y_{\partial(35-750)}^{cp}$ – дополнительный ущерб, вызванный излишними и ложными срабатываниями РЗ соответственно по ВЛ 35 – 750 кВ, грн.

Расчет косвенного ущерба, вызванного излишними и ложными срабатываниями РЗ, производится по формуле:

$$Y_{\kappa}^{cp} = Y_{\kappa} \cdot P_c \cdot t_{\epsilon} \cdot \lambda_{pz,cp}^n \cdot N, \quad (9)$$

где Y_{κ}^{cp} – косвенный ущерб, вызванный излишними и ложными срабатываниями РЗ, грн.;

Y_{κ} – удельный косвенный ущерб, грн./(кВт·ч);

$\lambda_{pz,cp}^n$ – параметр потока излишних и ложных, срабатываний РЗ.

Косвенный ущерб, вызванный отказом РЗ:

$$Y_{\kappa}^{om} = 0,65 Y_{\kappa} \cdot P_c \cdot t_{\epsilon} \cdot n \cdot \lambda_{pz,om}^n \cdot N, \quad (10)$$

где Y_{κ}^{om} – косвенный ущерб, вызванный отказами РЗ, грн.;

$\lambda_{pz,om}^n$ – параметр потока отказов по вине персонала службы РЗА.

Суммарный косвенный ущерб:

$$\Sigma Y_{\kappa} = Y_{\kappa(35)}^{cp} + \dots + Y_{\kappa(750)}^{cp} + Y_{\kappa(35)}^{om} + \dots + Y_{\kappa(750)}^{om}, \quad (11)$$

где ΣY_{κ} – суммарный косвенный ущерб, грн.;

$Y_{\kappa(35-750)}^{cp}$ – косвенный ущерб, вызванный излишними и ложными срабатываниями РЗ соответственно по линиям 35 – 750 кВ, грн.;

$Y_{\kappa(35-750)}^{om}$ – косвенный ущерб, вызванный отказами РЗ соответственно по ВЛ 35 – 750 кВ, грн.

Суммарный ущерб, вызванный неправильными действиями РЗ, определяется как:

$$\Sigma Y = \Sigma Y_{\partial} + \Sigma Y_{\kappa}. \quad (12)$$

После каждого случая неправильной работы РЗ производится послеаварийная проверка, вызывающая дополнительные расходы (ДР).

Минимальные значения составляющих ДР, вызванных послеаварийными проверками, определяются в соответствии с [3]:

$$Z_{\partial p} = (Z_n + Z_{ком} + Z_{нк} + Z_{ам} + Z_{вп} + Z_{рф}) \cdot (\lambda_{pz,cp} + \lambda_{pz,om}) \cdot N, \quad (13)$$

где $Z_{\partial p}$ – дополнительные расходы, грн.;

Z_n – затраты на проведение наладочных работ, грн.;

$Z_{ком}$ – командировочные расходы, грн.;

$Z_{нк}$ – затраты на частичное восстановление и профилактический контроль, грн.;

$Z_{ам}$ – амортизационные отчисления на аппаратуру контроля, грн.;

$Z_{вп}$ – затраты на изменение установок, грн.;

$Z_{рф}$ – затраты на разбор функционирования РЗА, грн.

Приведенные затраты до и после внедрения новых средств РЗ определяются по формулам:
а) до внедрения:

$$Z_1 = \Sigma Y_1 + Z_{op}; \quad (14)$$

б) после внедрения:

$$Z_2 = \Sigma Y_2 + Z_{op} + E_n \cdot K, \quad (15)$$

где ΣY – суммарный ущерб, вызванный неправильными действиями РЗ, грн.;

Z_{op} – дополнительные расходы, вызванные послеаварийными проверками РЗ, грн.;

E_n – норматив приведения разновременных затрат;

K – дополнительные капитальные вложения, грн.

Расчет годового экономического эффекта от внедрения новых устройств РЗ производится путем сопоставления затрат до и после начала их использования:

$$\mathcal{E} = Z_1 - Z_2 \quad (16)$$

В основу расчета годового экономического эффекта по данной методике положены параметры надежности устройств РЗ, определяемые на основании статистических данных, поэтому точность расчетов тем выше, чем больше период времени, за который анализируется статистический материал.

Использование предлагаемой методики расчета позволило определить эффективность внедрения средств повышения функциональной надежности устройств РЗ, т.е. определить ожидаемый экономический эффект, который может быть получен за счет повышения надежности функционирования устройств РЗ. Впервые в методику расчета экономической эффективности заложены параметры надежности РЗ рассчитанные на основе анализа статистических данных.

Описанная методика прошла апробацию в ряде энергосистем СНГ. В частности она была использована при расчете ожидаемого экономического эффекта от внедрения средств повышения функциональной надежности устройств РЗ в энергосистемах Донбассэнерго, Курскэнерго, Ставропольэнерго, Сургутэнерго и др.

Выводы

1. Разработанная методика расчета экономической эффективности применения новых устройств релейной защиты, обеспечивает учет большого числа факторов, влияющих на составляющие экономического эффекта, и потому является достаточно объективной.
2. Предложенная методика основана на использовании статистических данных, поэтому точность расчетов тем выше, чем больше период времени, за который анализируется статистический материал.

Перечень ссылок

1. Методика определения экономической эффективности затрат на научные исследования и разработки и их внедрение в производство / Наказ Міністерства економіки та з питань європейської інтеграції та Міністерства фінансів України 26.09.01 218 / 446.
2. Арзамасцев Д.А. Надежность энергосистем / Д.А. Арзамасцев., В.Н. Казанцев. – Свердловск: УПИ, 1982. – 174 с.
3. Козьмин Ю.Б. Экономические вопросы автоматизации эксплуатационного обслуживания средств релейной защиты и автоматики / Ю.Б. Козьмин, В.Н. Пеклер // Изв. вузов. Энергетика. – 1973. – № 12. – С. 30 – 35.

Рецензент: С.В. Гулаков
д-р техн. наук, проф., ПГТУ

Статья поступила 05.02.2008