

ОБ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ СРОКОВ ПРОФИЛАКТИКИ СИСТЕМ ОТКЛЮЧЕНИЯ ВВОДНЫХ КОММУТАЦИОННЫХ АППАРАТОВ НА ГПП

Якимшина В.В.

Донецкий национальный технический университет

yvs@stels.net

In article is offered methods of the economic estimation of the influence of the change the periods of the preventive maintenance of the systems of the unhooking defensive коммутационных device on vitality of the nodes of the load. In example calculation is shown, as increase the number of the check defensive коммутационных device will allow to provide the standardization level to vitality of the node of the load and get the economic effect.

Актуальность. Аварийное отключение ГПП (главная понизительная подстанция) может привести к наиболее крупным авариям в том случае, если ГПП снабжает электроэнергией предприятия тяжелой промышленности (металлургическая, химическая, угольная и т.д.). Наиболее эффективный с экономической точки зрения способ повышения живучести ГПП до нормируемого уровня (вероятность аварии в течение года на технологическом объекте не должна превышать величину $F(1) \leq 1 \cdot 10^{-6}$) – это выбор оптимальных, с точки зрения надежности, сроков профилактики системы отключения защитных коммутационных аппаратов на ГПП.

Цель. Оценить экономическую эффективность от выбора оптимального с точки зрения надежности срока профилактики системы отключения защитных коммутационных аппаратов на ГПП.

Результаты исследований. Экономическую эффективность от выбора оптимальных, с точки зрения надежности, сроков профилактики систем отключения защитных коммутационных аппаратов на ГПП можно оценить по аналогичной формуле, приведенной в [1]:

$$\mathcal{E} = Y \left[1 - \frac{F_1(1)}{F(1)} \right] - 3 \cdot \nu \cdot N, \quad (1)$$

где Y – ущерб из-за выхода из строя электрооборудования ГПП; штрафа за недоотпуск электроэнергии и расстройства технологического процесса, предъявляемого потребителям электрической энергии;

$F(1)$ – вероятность аварийного отключения (потери живучести) узла нагрузки (ГПП) из-за отказов в срабатывании защитных коммутационных аппаратов, через которые прошел сквозной аварийный ток и привел в действие их токовые защиты, при заданном ведомственными инструкциями сроке профилактики системы отключения выключателей ($t=1$ год);

$F_1(1)$ – ожидаемая вероятность аварийного отключения (потери живучести) рассматриваемого узла нагрузки (ГПП) при выбранном оптимальном с точки зрения надежности сроке профилактики системы отключения защитных коммутационных аппаратов;

3 – затраты, связанные с проверками релейной защиты и привода выключателя рассматриваемого узла нагрузки;

ν – число дополнительных проверок системы отключения защитных коммутационных аппаратов;

N – число однотипных узлов нагрузки рассматриваемой энергосистемы (число ГПП, взятых под наблюдение).

$$Y = Y_1 + Y_2 + Y_3, \quad (2)$$

где Y_1 – ущерб, связанный с потерей живучести узла нагрузки, т.е. с возгоранием изоляции электрооборудования при появлении неотключаемых (выгораемых) КЗ, в тех случаях, когда при КЗ оборудование ГПП не повредилось, $Y_1=0$;

Y_2 – ущерб, связанный с недоотпуском электроэнергии потребителям;

Y_3 – ущерб, связанный с расстройством технологического процесса потребителей электрической энергии.

Вероятность отключения (потери живучести) узла нагрузки можно определить, пользуясь формулами [2]:

$$F(t) = 1 - e^{-H \cdot t}, \quad (3)$$

где

$$H = \frac{1}{2^m} \lambda_j \prod_{i=1}^m \Theta_i^2 \lambda_{s,i}, \quad (4)$$

где λ_j - параметр потока КЗ в j -том элементе сети;

$\lambda_{s,i}$ - параметр потока отказов в срабатывании i -того защитного коммутационного аппарата;

s - индекс указывает на то, что учитывается поток отказов в срабатывании i -того защитного коммутационного аппарата;

Θ_i - интервал времени между профилактическими осмотрами системы отключения i -того защитного коммутационного аппарата вместе с его релейной защитой;

m - число защитных коммутационных аппаратов, через которые прошел сквозной аварийный ток и привел в действие их токовые защиты;

t - текущее время.

Приведенная методика расчетов, разработанная на кафедре ЭПГ, позволяет оценить живучесть любого узла нагрузки и разрабатывать организационные и технические мероприятия, направленные на уменьшение вероятности ложного отключения неповрежденных потребителей.

Пример: Потеря живучести подстанции ТП-110/6 кВ, рис. 1, может произойти при совпадении в пространстве и времени трех случайных событий: КЗ на шинах - точка К1 (рис.1); отказ в срабатывании вводного КРУ-6 кВ под номером 3; отказ в срабатывании вводного выключателя 110 кВ под номером 2. Защита на выключателе 1 не чувствительна для токов КЗ на шинах I.

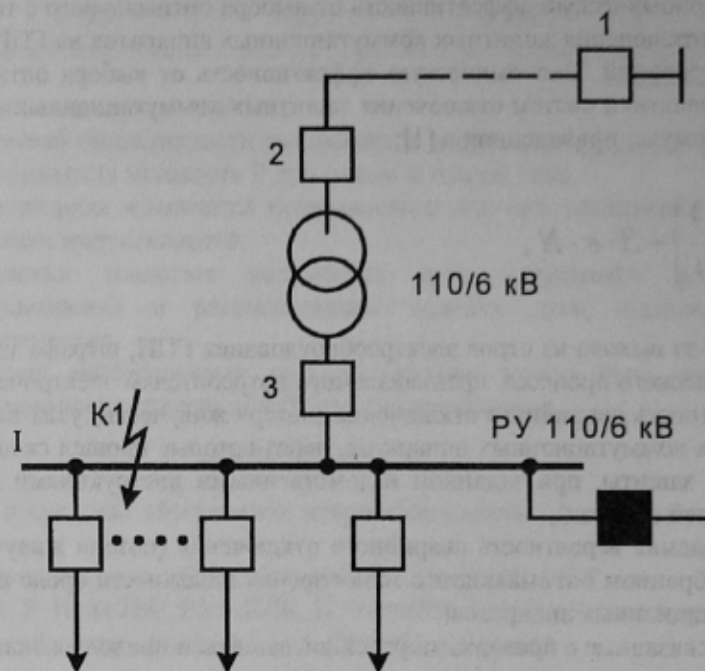


Рисунок 1 - Схема электроснабжения узла нагрузки (шина I)

Оценить живучесть узла (ТП-110/6 кВ), который снабжает электроэнергией угольную шахту. В том случае, если живучесть узла нагрузки $F(1)$ будет больше нормируемой величины $F_0(1)=1 \cdot 10^{-6}$, то выбрать такие сроки профилактики систем отключения вводных защитных коммутационных аппаратов, при которых $F_1(1) \leq 1 \cdot 10^{-6}$. Определить экономическую эффективность и целесообразность изменения сроков профилактики системы отключения вводных выключателей 110 кВ и КРУ 6 кВ.

По плану [NMT] в течение $T=5$ лет (1999-2004 гг.) за электрооборудованием четырех поверхностных шахтных ГПП 110/6 кВ велось наблюдение. Под наблюдением находилось: $N_1=8$ - шины 6 кВ на ГПП, $N_2=8$ вводных выключателей 110 кВ и $N_3=8$ вводных КРУ 6 кВ. За время наблюдения было зафиксировано $n_1=4$ случая КЗ на шинах 6 кВ подстанции, $n_2=6$ и $n_3=12$ выявленных случаев отказов в системах отключения выключателей (скрытые отказы).

Отказы n_2 и n_3 обнаруживались в результате профилактических осмотров с интервалом времени $\Theta = 1$ год. В результате проверок учитывались только те отказы (выявленные в результате профилактики), которые могли бы привести к отказу в срабатывании при КЗ в зоне действия их токовых защит. Время отказов фиксировалось в специальном журнале наблюдений.

$U=850$ тыс. грн - убытки из-за потери живучести ГПП 110/6 кВ (возгорание изоляции), остановки основных потребителей шахты: вентиляторов главного проветривания, затопление шахты из-за остановок двигателей

водоотлива; $Z=2$ тыс. грн – затраты на профилактику системы отключения защитных коммутационных аппаратов, выделяемые для одной ТП в год.

Решение. Определим параметры потоков отказов рассматриваемого электрооборудования, за которым было установлено наблюдение:

$$\lambda_1 = \frac{n_1}{N_1 \cdot T} = \frac{4}{8 \cdot 5} = 0,1 \text{ год}^{-1},$$

$$\lambda_2 = \frac{n_2}{N_2 \cdot T} = \frac{6}{8 \cdot 5} = 0,15 \text{ год}^{-1},$$

$$\lambda_3 = \frac{n_3}{N_3 \cdot T} = \frac{12}{8 \cdot 5} = 0,3 \text{ год}^{-1}.$$

Определим живучесть узла нагрузки, пользуясь формулами (3) и (4) для $m=3$ и $\Theta = \Theta_2 = \Theta_3 = 1$ год:

$$H = 0,25 \cdot \lambda_1 \cdot \lambda_2^2 \cdot \Theta_2^2 \cdot \lambda_3^2 \cdot \Theta_3^2 = 0,25 \cdot 0,1 \cdot 0,15^2 \cdot 1 \cdot 0,3^2 \cdot 1 = 5,06 \cdot 10^{-5} \text{ год}^{-1},$$

$$F(1) = 1 - e^{-Ht} \cong H \cdot t = 5,06 \cdot 10^{-5}.$$

Определим, при каком сроке профилактики средств защиты Θ^* живучесть узла нагрузки будет на уровне $F_1(1) = H_1 \cdot t = H_1 \cdot 1 = 1 \cdot 10^{-6}$. Используя (3) находим:

$$\Theta_1 = 4 \sqrt{\frac{4 \cdot 1 \cdot 10^{-6}}{\lambda_1 \cdot \lambda_2^2 \cdot \lambda_3^2}} = 4 \sqrt{\frac{4 \cdot 10^{-6}}{0,1 \cdot 0,15^2 \cdot 0,3^2}} = 0,375 \text{ года},$$

$$F_1(1) = 0,25 \cdot 0,1 \cdot 0,15^2 \cdot 0,375^2 \cdot 0,3^2 \cdot 0,375^2 = 1 \cdot 10^{-6}.$$

Следовательно, для того, чтобы был обеспечен нормируемый уровень живучести узла нагрузки, т.е. $F_1(1) = 1 \cdot 10^{-6}$, системы отключения защитных коммутационных аппаратов следует проверять через $\Theta^* = 3294$ ч, т.е. в 2,66 раз чаще, чем было. Принимаем число проверок в год $\Theta^* = 3$.

Используя формулу (1) определим экономическую эффективность за счет изменения сроков профилактики системы отключения защитных коммутационных аппаратов:

$$\Theta = 850 \left(1 - \frac{1 \cdot 10^{-6}}{5,06 \cdot 10^{-5}} \right) - 2 \cdot 3 \cdot 4 = 809,2 \text{ тыс. грн.}$$

Выводы: 1. Предложена методика экономической оценки влияния изменения сроков профилактики систем отключения защитных коммутационных аппаратов на живучесть узлов нагрузки.

2. В примере расчетов показано, что увеличение в 3 раза числа проверок защитных коммутационных аппаратов позволит обеспечить нормируемый уровень живучести узла нагрузки и получить экономический эффект в размере 809,2 тыс. грн.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ковалев А.П., Шевченко А.В., Белоусенко И.В. Оценка пожарной безопасности передвижных трансформаторных подстанций 110/35/6 кВ. – Промышленная энергетика, №6, 1991, С. 28-31.
2. Ковалев А.П., Чурсинов В.И., Якимичина В.В. Оценка вероятности появления цепочечных аварий в энергосистемах. Наукові праці КДПУ. – Кременчук: КДПУ, 2004. – Вип. 3/2004 (26), С. 106-107.