

## ИДЕЯ АДАПТАЦИИ УСТАВОК ДЛЯ СИСТЕМ ЗАЩИТЫ НА МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ ОСНОВЕ

Профессора ХЭ ЖЭНЬВАН, ЧЮ ВАНЬИН, студ. ШПУНТОВА А. Г.

*Дэцзяоцунгский Восточно-Китайский университет,  
Белорусский национальный технический университет*

По сравнению с традиционной релейной защитой системы защит на микропроцессорной основе имеют ряд преимуществ: высокую скорость цифровых и логических операций, большой объем памяти и широкие возможности программирования.

Адаптация уставок означает их автоматическое изменение вследствие изменения условий в энергетической системе. Например, переходное сопротивление в месте повреждения часто вызывает неправильные действия в системах защиты. Предлагаемое решение по адаптации уставок для систем защиты на микропроцессорной основе может решить подобные проблемы.

**Анализ влияния переходного сопротивления в месте повреждения.** На рис. 1 представлена система с двумя источниками питания.

При этом углы между  $\dot{I}_M$  и  $\dot{I}_K$  оказываются различными. Тогда

$$\dot{U}_A = (\dot{I}_A + 3k\dot{I}_0)Z_{MF} + 3\dot{I}_{K0}R_K. \quad (1)$$

Измеренное сопротивление

$$Z_{\text{изм}} = \frac{\dot{U}_A}{\dot{I}_A + k \cdot 3\dot{I}_0} = Z_{MF} + \frac{3\dot{I}_{K0}R_K}{\dot{I}_A + k \cdot 3\dot{I}_0} = Z_{MF} + Z_K, \quad (2)$$

где

$$Z_K = \frac{3\dot{I}_{K0}}{\dot{I}_A + k \cdot 3\dot{I}_0} R_K. \quad (3)$$

Пусть

$$\frac{\dot{I}_{K0}}{\dot{I}_A + k \cdot 3\dot{I}_0} = m e^{j\alpha}. \quad (4)$$

Здесь  $m > 0$ ,  $\alpha$  – разность фаз между  $\dot{I}_{K0}$  и  $(\dot{I}_A + k \cdot 3\dot{I}_0)$ .

На рис. 2 показано влияние угла  $\alpha$  на измеряемое сопротивление.

Если  $\alpha = 0$ , то  $Z_K = mR_K$ , т. е. переходное сопротивление не оказывает влияния на измеряемое реактивное сопротивление. Однако, когда  $\alpha \neq 0$ , переходное сопротивление может привести к неправильным действиям в системах защиты.

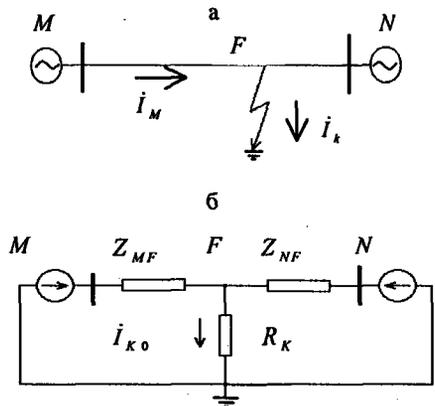


Рис. 1. а – система с двусторонним питанием; б – схема замещения

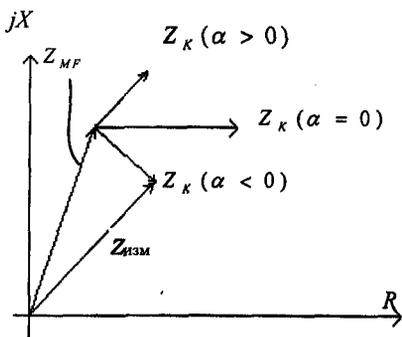


Рис. 2. Влияние угла  $\alpha$

Если  $0 < \alpha < \varphi_y$  (здесь  $\varphi_y$  – фазовый угол полного сопротивления уставки  $Z_y$ , равный фазовому углу полного сопротивления линии), то  $Z_K$  будет вести себя как индуктивность. Это означает, что при повреждении внутри защищаемой зоны система защиты может отказать из-за переходного сопротивления в месте повреждения (рис. 3).

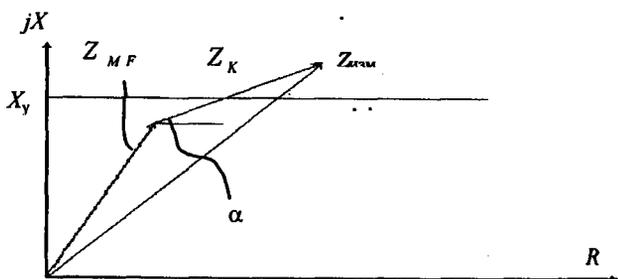


Рис. 3. Отказ срабатывания защиты при  $\alpha > 0$

Если  $-90^\circ < \alpha < 0^\circ$ , то  $Z_K$  будет вести себя как емкость. Это означает, что при повреждении вне защищаемой зоны система защиты может ложно сработать из-за переходного сопротивления в зоне повреждения (рис. 4).

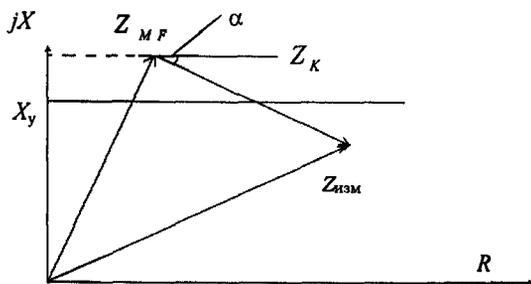


Рис. 4. Ложное срабатывание защиты при  $\alpha < 0$

Согласно выражению (4), переменный угол  $\alpha$  можно рассчитать

$$\alpha = \text{Arg} \frac{\dot{I}_{K0}}{\dot{I}_A + k \cdot 3\dot{I}_0}. \quad (5)$$

Если  $\alpha$  можно измерить, то можно определить и степень влияния переходного сопротивления в месте повреждения. Тогда все проблемы, связанные с переходным сопротивлением, будут решены. К сожалению,  $\alpha$  невозможно измерить в современных системах защиты, так как невозможно измерить  $\dot{I}_{K0}$ .

В традиционных системах защиты на электромеханической базе после задания значения уставки эту величину невозможно автоматически изменить в соответствии с изменяющимися условиями в электрической системе.

В системах защиты на микропроцессорной базе благодаря их высокой скорости счета и большому объему памяти фазовый угол  $\alpha$  можно рассчитывать и значение уставки может быть адаптировано.

Здесь предложен один из подходов к расчету угла  $\alpha$  и адаптированного реактивного сопротивления

$$\alpha = \text{Arg} \frac{\dot{I}_{K0}}{\dot{I}_A + k \cdot 3\dot{I}_0} \approx \text{Arg} \frac{\dot{I}_0}{\dot{I}_A + k \cdot 3\dot{I}_0} + \Delta\alpha = \alpha_0 + \Delta\alpha, \quad (6)$$

где  $\alpha$  примерно равен разности фаз между полными эквивалентными сопротивлениями нулевой последовательности при возникновении повреждения в конце защищаемой зоны со стороны источников  $M$  и  $N$  и может быть рассчитан предварительно.

Пусть

$$\alpha_0 = \text{Arg} \frac{\dot{I}_0}{\dot{I}_A + k \cdot 3\dot{I}_0}, \quad (7)$$

тогда

$$\alpha = \alpha_0 + \Delta\alpha. \quad (8)$$

Если рассчитать  $\alpha_0$ , то можно определить  $\alpha$ . Из рис. 5 видно, что  $k \cdot 3\dot{I}_0$  параллельно  $\dot{I}_0$ , отсюда  $\alpha_0 = \alpha_2$ . По теореме косинусов найдем  $\alpha_2$

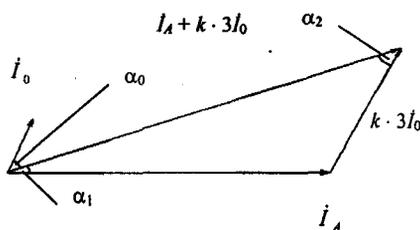


Рис. 5. Определение угла  $\alpha_0$

$$\alpha_2 = \arccos \frac{|k \cdot 3\dot{I}_0|^2 + |\dot{I}_A + k \cdot 3\dot{I}_0|^2 - |\dot{I}_A|^2}{2|k \cdot 3\dot{I}_0| |\dot{I}_A + k \cdot 3\dot{I}_0|}. \quad (9)$$

Для расчета  $\alpha_0$  используются измеряемые величины.

Тогда адаптированное реактивное сопротивление будет равно

$$X_{ад} = X_y + (R_{изм} - R_y) \text{tg} \alpha. \quad (10)$$

Итак, при возникновении повреждения индуктивное сопротивление уставки будет автоматически заменено адаптированной величиной, чтобы избежать неправильных действий системы защиты.

## ВЫВОД

Адаптация уставок – новая идея в реализации систем защит электроэнергетических объектов. Это автоматическое изменение значения уставки

в соответствии с изменяющимися условиями в электроэнергетической системе. Таким образом открываются новые возможности совершенствования систем защит на микропроцессорной основе.

Для решения проблем, связанных с неправильным действием защит из-за переходного сопротивления в месте повреждения, предлагается практический метод расчета фазового угла  $\alpha$  и адаптированного индуктивного сопротивления.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Kezunovic M., Liao Y. Fault location estimation based on matching the simulated and recorded waveforms using genetic algorithm // Development in Power System Protection Amsterdam. The Netherlands, April 2001.

2. Jongepier A. G., Sluis L. Vander. Adaptive Distance Protection of a Double Circuit Line // IEEE Trans. On Power Delivery, 1994.

3. Bo Z. Q., Weller G., Redfern M. A. Accurate fault location technique for distribution system using fault-generated high-frequency transient voltage signals // IEEE. Proc.-Gener. Transm. Distrib. – January 1999. – Vol. 146. – № 1.

Представлена кафедрой  
электрических станций

Поступила 26.05.2004