

АНАЛИЗ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ВХОДНЫХ СИГНАЛОВ В АДАПТИВНОЙ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ ТОКОВОЙ ЗАЩИТЕ ЛИНИИ

*Докт. техн. наук, проф. РОМАНЮК Ф. А.,
канд. техн. наук, доц. ТИШЕЧКИН А. А., инж. КОВАЛЕВСКИЙ А. В.*

Белорусский национальный технический университет

Алгоритм функционирования адаптивной микропроцессорной токовой защиты (МПТЗ) линий, рассмотренной в [1], основан на определении и цифровой обработке максимального и минимального значений входных токов фаз защищаемой линии, в результате которой фиксируется момент наступления повреждения с установлением вида короткого замыкания (КЗ) и формируется команда на отключение. Получение минимального и максимального значений токов осуществляется путем анализа действующих значений гармоник основной частоты, которые выделяются из сложных входных токов с помощью частотных фильтров.

Действующие значения синусоидального сигнала достаточно просто вычисляются по его амплитуде. Определение амплитуды тока может производиться одним из следующих методов.

Если для момента времени t_n известны мгновенные значения синусной i_{sn} и косинусной i_{cn} ортогональных составляющих (ОС) тока, то его амплитуда для этого момента времени вычисляется по следующей формуле:

$$I_{mn} = (i_{sn}^2 + i_{cn}^2)^{\frac{1}{2}}. \quad (1)$$

Для получения ОС тока основной частоты могут быть использованы частотные фильтры, рассмотренные в [2]. При этом следует отметить, что главные свойства этого метода нахождения амплитуды целиком и полностью определяются характеристиками частотных фильтров.

Амплитуду синусоидального тока можно вычислить по двум отсчетам мгновенных значений с использованием метода, изложенного в [3]. Для его реализации сначала получают вспомогательный сигнал $\dot{I}_b$ путем сдвига вектора входного сигнала $\dot{I}_{bx}$ на угол α ($0^\circ < \alpha \leq 90^\circ$) в сторону отставания. Затем из входного $\dot{I}_{bx}$ и вспомогательного $\dot{I}_b$ сигналов формируются два дополнительных вектора $\dot{I}_1$ и $\dot{I}_2$ соответственно как их полусумма и полуразность. Зная амплитуды дополнительных сигналов I_{m1} и I_{m2} , амплитуду синусоидального тока I_m определяют как

$$I_m = (I_{m1}^2 + I_{m2}^2)^{\frac{1}{2}}, \quad (2)$$

При этом значения I_{m1} и I_{m2} вычисляются по следующим выражениям:

$$I_{m1} = \left(\frac{i_{1(n-1)}^2 i_{2(n)}^2 - i_{1(n)}^2 i_{2(n-1)}^2}{i_{2(n)}^2 - i_{2(n-1)}^2} \right)^{\frac{1}{2}}; \quad (3)$$

$$I_{m2} = \left(\frac{i_{1(n-1)}^2 i_{2(n)}^2 - i_{1(n)}^2 i_{2(n-1)}^2}{i_{1(n-1)}^2 - i_{1(n)}^2} \right)^{\frac{1}{2}}, \quad (4)$$

где $i_{1(n)}$, $i_{1(n-1)}$ и $i_{2(n)}$, $i_{2(n-1)}$ – смежные отсчеты мгновенных значений соответственно первого и второго дополнительных сигналов.

Цифровой отсчет вспомогательного сигнала $\dot{I}_b$, сдвинутого в сторону отставания на угол α , получается как

$$i_{B(n)} = i_{Bx(n-1)}. \quad (5)$$

С учетом (5) отсчеты первого и второго дополнительных сигналов формируются согласно следующим выражениям:

$$i_{1(n)} = 0,5(i_{Bx(n)} + i_{Bx(n-1)}); \quad (6)$$

$$i_{2(n)} = 0,5(i_{Bx(n)} - i_{Bx(n-1)}).$$

Аналогичным образом получают смежные отсчеты дополнительных сигналов $i_{1(n-1)}$ и $i_{2(n-1)}$.

Этот метод отличается нечувствительностью к изменениям частоты сигнала, и его основные свойства определяются характеристиками частотных фильтров.

Амплитуду синусоидального тока можно определить с использованием трех последовательных отсчетов его мгновенных значений $i_{Bx(n)}$, $i_{Bx(n-1)}$ и $i_{Bx(n-2)}$, зафиксированных через равные промежутки времени [4]:

$$I_{mn} = \sqrt{\frac{(0,5i_{Bx(n-2)}i_{Bx(n)} + 0,5i_{Bx(n)}^2 - i_{Bx(n-1)}^2)^2}{i_{Bx(n-1)}^2 - 0,25i_{Bx(n-2)}^2 - 0,5i_{Bx(n-2)}i_{Bx(n)} - 0,25i_{Bx(n)}^2} + i_{Bx(n)}^2} \quad (7)$$

Данный метод является не чувствительным к изменениям частоты сигнала, поскольку выражение (7) содержит информацию о ней в неявном виде, и поэтому его основные свойства определяются характеристиками частотных фильтров.

В основу выбора лучшего метода определения действующего значения сигнала в МПТЗ может быть положен анализ характера изменения максимального $I_{\max}$ и минимального $I_{\min}$ значений токов в установившихся и переходных режимах защищаемой линии. С этой целью методом вычислительного эксперимента получены зависимости относительных действующих значений $I_{\max}$ и $I_{\min}$ при КЗ в различных точках защищаемой линии, которые приведены на рис. 1–6.

Использование для выделения $I_{\max}$ и $I_{\min}$ значений входных токов фаз, определяемых по (1), обеспечивает приемлемый (относительно гладкий) характер их изменения как в установив-

шихся, так и переходных режимах при различных КЗ по всей длине защищаемой линии (рис. 1–2).

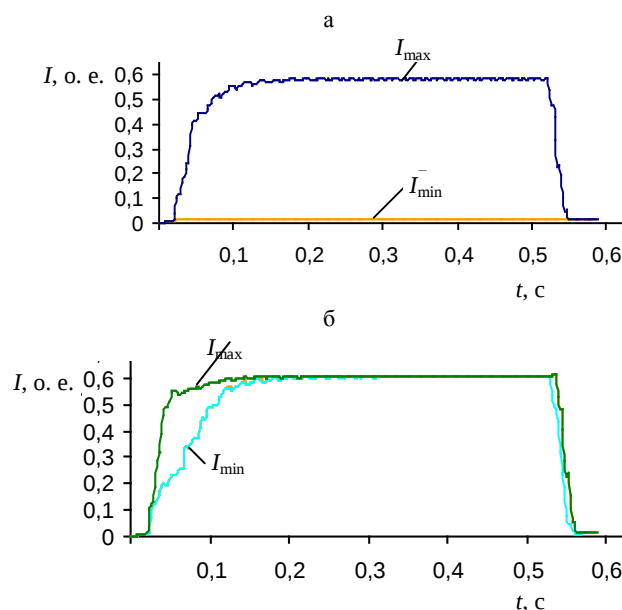


Рис. 1. Относительные действующие значения токов при использовании формулы (1) и КЗ в начале защищаемой линии: а – двухфазное КЗ между фазами В и С; б – трехфазное КЗ

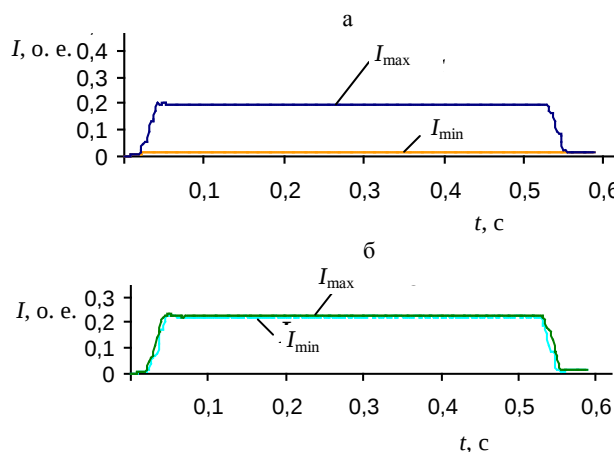


Рис. 2. Относительные действующие значения токов при использовании формулы (1) и КЗ в конце защищаемой линии: а – двухфазное КЗ между фазами В и С; б – трехфазное КЗ

Отсутствие пульсаций $I_{\max}$ и $I_{\min}$ обеспечит необходимую устойчивость работы адаптивной МПТЗ при всех видах КЗ, а характер их изменения в переходных режимах – четкое определение численного значения критерия несимметрии и соответственно надежную реализацию принципа адаптивности.

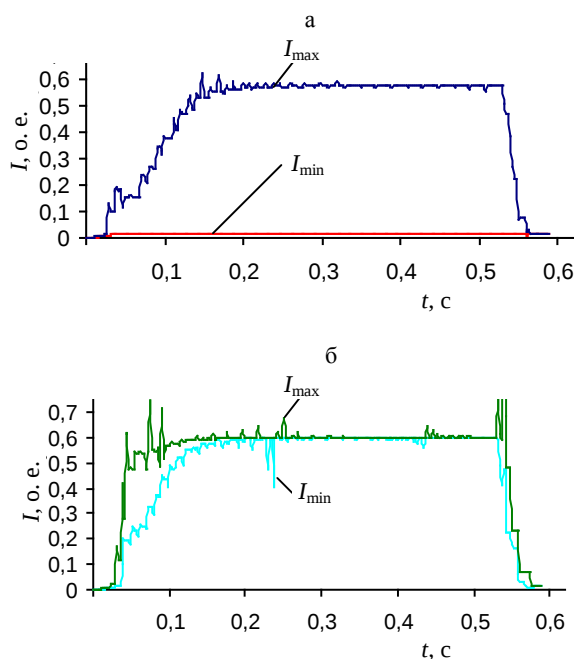


Рис. 3. Относительные действующие значения токов при использовании формулы (2) и КЗ в начале защищаемой линии: а – двухфазное КЗ между фазами А и В; б – трехфазное КЗ

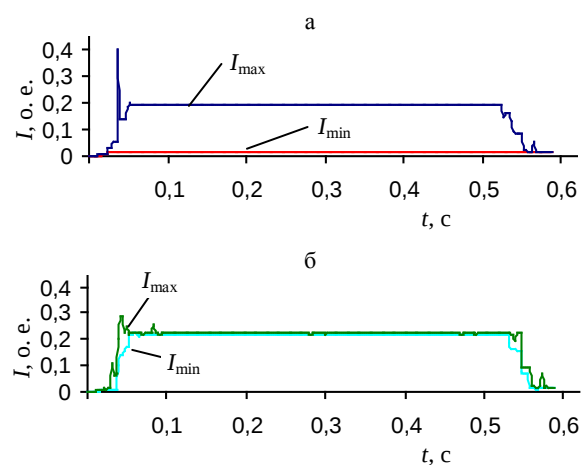


Рис. 4. Относительные действующие значения токов, полученные по формуле (2) при КЗ в конце защищаемой линии: а – двухфазное КЗ между фазами А и В; б – трехфазное КЗ

При определении $I_{\max}$ и $I_{\min}$ по значениям входных токов, вычисляемым по выражению (2), обеспечивается приемлемый характер их изменения с отсутствием существенных пульсаций в установившихся режимах при различных видах КЗ в пределах всей защищаемой линии (3), (4). Характер изменения $I_{\max}$ и $I_{\min}$ в переходных режимах в ряде случаев не позволяет

определять критерий несимметрии с достаточной степенью достоверности и может нарушить способность МПТЗ адаптироваться к режиму защищаемой линии. Из-за наличия выбросов $I_{\max}$ в переходных режимах могут излишне сработать быстродействующие ступени защиты.

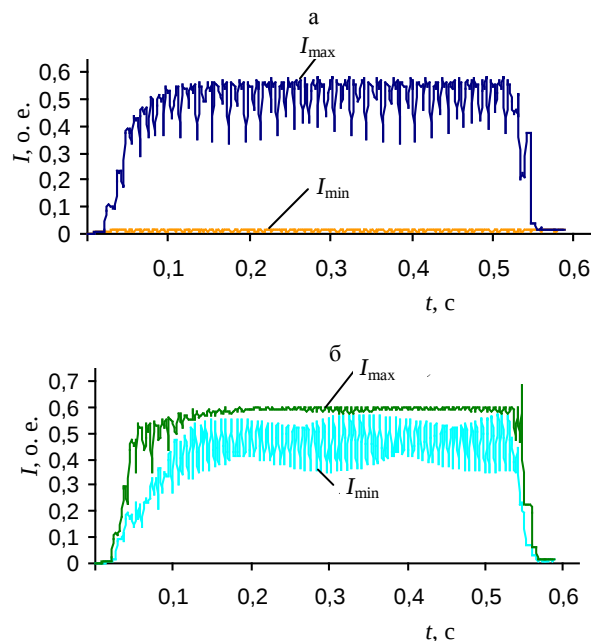


Рис. 5. Относительные действующие значения токов при использовании формулы (7) и КЗ в начале защищаемой линии: а – двухфазное КЗ между фазами В и С; б – трехфазное КЗ

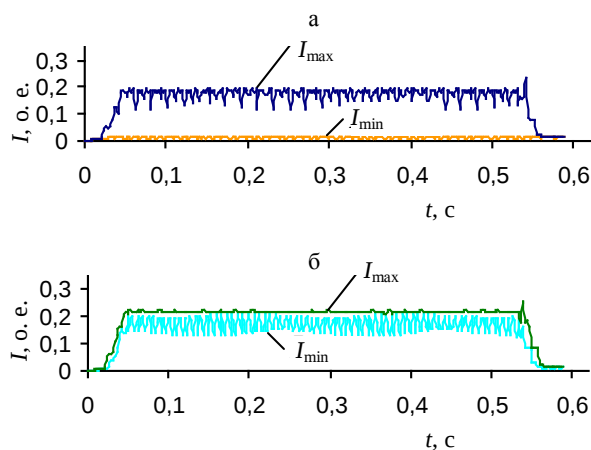


Рис. 6. Относительные действующие значения токов при использовании формулы (7) и КЗ в конце защищаемой линии: а – двухфазное КЗ между фазами В и С; б – трехфазное КЗ

При определении $I_{\max}$ и $I_{\min}$ по значениям входных токов, вычисляемым по выражению

(7), характер их изменения имеет существенные пульсации как в переходных, так и в установившихся режимах при различных видах КЗ в пределах всей защищаемой линии (рис. 5, 6). Наличие таких пульсаций не может обеспечить достаточно устойчивую работу адаптивной МПТЗ при КЗ и четкого определения численного значения критерия несимметрии, что повлечет нарушение способности МПТЗ адаптироваться к режиму защищаемой линии.

ВЫВОД

Наиболее устойчивый контроль параметров входных сигналов в адаптивной МПТЗ линии может быть обеспечен при определении действующих значений входных токов фаз по их ортогональным составляющим.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Романюк, Ф. А.** Принципы выполнения адаптивной микропроцессорной токовой защиты от междуфазных коротких замыканий / Ф. А. Романюк, А. А. Тишечкин, А. В. Ковалевский // Энергетика... (Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ). – 2005. – № 2. – С. 11–14.
2. **Романюк, Ф. А.** Цифровые фильтры для микропроцессорных защит электроустановок / Ф. А. Романюк, О. А. Гурьянчик, А. В. Ковалевский // Энергетика... (Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ). – 2005. – № 5. – С. 17–20.
3. **Романюк, Ф. А.** Получение амплитуд входных сигналов в микропроцессорных защитах электроустановок / Ф. А. Романюк, А. В. Ковалевский // Энергетика... (Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ). – 2006. – № 1. – С. 5–8.
4. **Романюк, Ф. А.** Информационное обеспечение микропроцессорных защит электроустановок: учеб. пособие / Ф. А. Романюк. – Минск: УП «Технопринт», 2001. – 133 с.

Поступила 6.06.2008