

Антонов В.И.^{1,2}, Наумов В.А.^{1,2}, Солдатов А.В.²,
Иванов Н.Г.^{1,2}, Анисимова В.С.^{1,2}
(г. Чебоксары ¹Чувашский государственный университет,
²ООО НПП «ЭКРА»)

БЫСТРОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕЙСТВУЮЩЕГО ЗНАЧЕНИЯ ОСНОВНОЙ ГАРМОНИКИ ИСКАЖЕННОГО ТОКА КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ

При реализации некоторых алгоритмов релейной защиты и автоматики (РЗА), например, автоматики опережающего деления сети, необходимо быстрое определение действующего значения основной гармоники (за время менее одного периода промышленной частоты) [1]. Задача усложняется тем, что форма кривой тока может быть значительно искажена из-за апериодической слагаемой или насыщения измерительного трансформатора тока.

Среди известных алгоритмов оценки действующего значения основной гармоники тока, основанных на измерении максимального значения тока [1, 2], максимального значения первой разности тока [3] и амплитуды первой разности тока, определенной по двум отсчетам [2], лучшей точностью обладает второй алгоритм [4]. Этот алгоритм был выбран в качестве базового при разработке усовершенствованного алгоритма оценки действующего значения основной гармоники.

Повышение точности оценки

Основным источником погрешности базового алгоритма является апериодическая слагаемая тока короткого замыкания. В усовершенствованном алгоритме повышение точности достигается за счет оптимального подавления апериодической слагаемой. Для этого весовые коэффициенты разностного фильтра

$$\Delta i(k) = \alpha_0 i(k) - \alpha_1 i(k-1) \quad (1)$$

были выбраны такими, чтобы коэффициент передачи апериодической слагаемой (экспоненциальная характеристика) был минимальным

$$|H(\alpha T_s)| \rightarrow \min \quad (2)$$

при $\tau \in [0,02 \text{ с}; 0,35 \text{ с}]$, а коэффициент передачи основной гармоники на номинальной частоте (значение амплитудно-частотной характеристики) был равен 1

$$H(\omega_0 T_s) = |\alpha_0 - \alpha_1 e^{-j\omega_0 T_s}| = 1, \quad (3)$$

где экспоненциальная характеристика

$$H(\alpha T_s) = \alpha_0 - \alpha_1 e^{\alpha T_s}, \quad \alpha = \frac{1}{\tau} \quad (4)$$

Оптимальный выбор весовых коэффициентов разностного фильтра позволил повысить точность оценки действующего значения основной гармоники тока в 2 раза (рисунок 1).

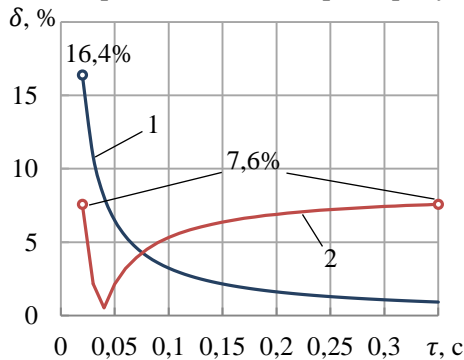


Рисунок 1 – Зависимость погрешности оценки от постоянной времени аperiodической слагаемой для алгоритма: 1 - исходного, 2 - усовершенствованного.

Повышение достоверности оценки

Из-за собственных переходных процессов в измерительных цепях возникает быстрозатухающая аperiodическая слагаемая ($\tau \leq 0,02 \text{ с}$), приводящая к значительной погрешности оценки. Как показали эксперименты, её величина может достигать 72% (рисунок 2), что может проводить к излишним срабатываниям РЗА. Во избежание этого недостатка был предложен алгоритм достоверизации полученной оценки, основанный на распознавании формы кривой первой разности тока в окрестности точки максимума. В результате, алгоритм достоверизации позволил снизить погрешность оценки до 16%.

Таким образом, разработанный алгоритм быстрого определения действующего значения основной гармоники тока обла-

дает повышенной точностью в переходных режимах и улучшенной отстройкой от коммутаций в сети, не вызванных КЗ, по сравнению с известными алгоритмами.

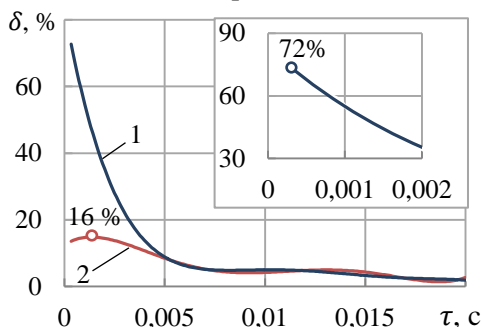


Рисунок 2 – Зависимость погрешности от постоянной времени аperiodической слагаемой с учетом достоверизации оценки: 1 - исходного алгоритма, 2 - усовершенствованного.

ЛИТЕРАТУРА:

1. *Сивокобыленко В.Ф.* Повышение надежности работы выключателей в энергосистемах при помощи устройств релейной защиты / В.Ф. Сивокобыленко, М.А. Розенбаум // Энергетик. – 1969. – №6.

2. Patent – 20090154042 A1 US, IPC8 H02H308. Over current protection method and device / Lev Zisman; Satec Ltd. – № 11/957553; filed 17.12.2007; published 18.06.2009

3. *Куцовский С.М.* Реле тока для автоматики опережающего деления сети / С.М. Куцовский, Е.П. Королев // Электрические станции. – 1976. – №1.

4. *Антонов В.И., Наумов В.А., Солдатов А.В., Иванов Н.Г., Анисимова В.С.* Быстродействующий измерительный орган тока для автоматики опережающего деления сети / Антонов В.И., Наумов В.А., Солдатов А.В., Иванов Н.Г., Анисимова В.С. // Труды академии электротехнических наук Чувашской Республики. – 2017. – №1. – 106 с.