

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова»

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ И ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

**Материалы
X Всероссийской научно-технической
конференции**

ИТЭЭ–2016

*ЧЕБОКСАРЫ
2016*

УДК 621.3:681.518(043.2)

И74

Редакционная коллегия:

ректор А.Ю. Александров,
д-р техн. наук, профессор Г.А. Белов,
канд. техн. наук, доцент Н.М. Лазарева

*Печатается по решению Ученого совета
Чувашского государственного университета имени И.Н. Ульянова*

Информационные технологии в электротехнике и электро-
И74 энергетике: материалы 10-й Всерос. науч.-техн. конф.
Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2016. 352 с.

ISBN 978-5-7677-2261-7

Обсуждаются вопросы информатизации в электротехнике и электроэнергетике, построения систем управления электротехническими объектами, проблемы математического моделирования процессов в электротехнических системах, цифровой обработки сигналов электротехники и радиоэлектроники, применения информационных технологий в высшем электротехническом и электроэнергетическом образовании.

Для научных работников, инженеров, менеджеров и студентов старших курсов.

ISBN 978-5-7677-2261-7

УДК 621.3:681.518(043.2)

© Издательство

Чувашского университета, 2016

В.И. Антонов, В.А. Наумов, А.В. Солдатов,
Н.Г. Иванов, О.П. Николаева
(Чебоксары, ЧГУ,
ООО НПП «ЭКРА»)

ТОЧНОСТЬ ОЦЕНКИ СИММЕТРИЧНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН В СИСТЕМАХ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ

Фильтры симметричных составляющих токов и напряжений нашли широкое применение в измерительных органах основных и резервных защит высоковольтных линий электропередачи, силовых трансформаторов, мощных генераторов, синхронных компенсаторов, двигателей и т.д. Одной из важнейших характеристик измерительных органов является их точность.

Данная статья посвящена исследованию точности оценки симметричных составляющих в системах релейной защиты и автоматики.

Связь между симметричными составляющими и фазными величинами устанавливается с помощью матрицы Фортескью [1]

$$\begin{bmatrix} \underline{X}_1 \\ \underline{X}_2 \\ \underline{X}_3 \end{bmatrix} = \underline{\mathbf{F}}^{-1} \begin{bmatrix} \underline{X}_A \\ \underline{X}_B \\ \underline{X}_C \end{bmatrix}, \quad (1)$$

где $\underline{X}_1, \underline{X}_2, \underline{X}_3$ – комплексные действующие значения симметричных составляющих, $\underline{X}_A, \underline{X}_B, \underline{X}_C$ – комплексные действующие значения фазных величин,

$$\underline{\mathbf{F}} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ \underline{a}^2 & \underline{a} & 1 \\ \underline{a} & \underline{a}^2 & 1 \end{bmatrix} -$$

матрица Фортескью, $\underline{a} = e^{j120^\circ}$ – оператор поворота.

Существует более компактная форма записи симметричных составляющих:

$$\underline{X}_\lambda = \frac{1}{3} \left(\underline{X}_A + \underline{a}^\lambda \underline{X}_B + \underline{a}^{2\lambda} \underline{X}_C \right), \quad (2)$$

где \underline{X}_λ – оценки комплексных действующих значений симметричных составляющих; $\lambda = \overline{1, 2, 0}$ – номера последовательностей; $\underline{X}_A, \underline{X}_B, \underline{X}_C$ – оценки комплексных действующих значений фазных величин. Как видно из (2), точность оценки симметричных составляющих определяется точностью оценок комплексных действующих значений входных сигналов.

Погрешность в оценки комплексных действующих значений входных сигналов вносится трактом измерения. Существует две формы задания погрешности оценки: в первой форме точность задается в виде совокупности максимальной относительной погрешности оценки действующего значения δ_{\max} и максимальной абсолютной погрешности измерения начальной фазы сигнала $\Delta\varphi_{\max}$, а во второй – в виде максимальной полной векторной погрешности TVE_{\max} [2]

$$TVE_{\max} = \max \left\{ \left| \frac{\underline{X} - \underline{X}}{\underline{X}} \right| \right\}.$$

Максимальное значение погрешности определяется как (рис. 1):

$$\Delta X_\sigma = k_r X_\sigma, \quad (3)$$

где

$$k_r = \begin{cases} \sqrt{[(1 + \delta_{\max}) \cos \Delta\varphi_{\max} - 1]^2 + [(1 + \delta_{\max}) \sin \Delta\varphi_{\max}]^2}, & \text{—} \\ TVE_{\max} & \text{—} \end{cases}$$

коэффициент небаланса. Здесь учтено, что оценка комплексного действующего значения равна

$$\underline{X}_\sigma = \underline{X}_\sigma + \Delta \underline{X}_\sigma, \quad (4)$$

где $\Delta \underline{X}_\sigma$ – комплексная погрешность оценки, $\sigma = \overline{A, B, C}$ – фаза.

Поскольку измерение фазных величин выполняется, как правило, однотипными трактами, то величины δ_{\max} , $\Delta\varphi_{\max}$ и TVE_{\max} будут одинаковыми для трактов всех фаз. Следовательно, коэффициент небаланса для всех фаз будет одинаковым.

С целью определения погрешности симметричных составляющих подставим (4) в (2). Тогда комплексная погрешность оценки симметричной составляющей будет равна

$$\Delta X_{\lambda} = \frac{1}{3} (\Delta X_A + a^{\lambda} \Delta X_B + a^{2\lambda} \Delta X_C). \quad (5)$$

Погрешность оценки симметричных составляющих будет максимальной, если аргументы слагаемых в выражении (5) будут совпадать. Тогда из (5) с учетом (3) получим

$$\Delta X_{\lambda} = \frac{k_r}{3} (X_A + X_B + X_C). \quad (6)$$

Тогда относительная погрешность оценки действующего значения симметричных составляющих будет равна

$$\delta_{\lambda} = \frac{\Delta X_{\lambda}}{X_{\lambda}} = k_r \frac{X_A + X_B + X_C}{3X_{\lambda}}.$$

Погрешность оценки фазы симметричных составляющих будет максимальной, если X_{λ} и ΔX_{λ} образуют прямой угол (рис. 2)

$$\Delta\varphi_{\lambda} = \arcsin \delta_{\lambda}. \quad (7)$$

Выводы:

1. Небаланс на выходе фильтра симметричных составляющих не зависит от чередования фаз входных сигналов, а опреде-

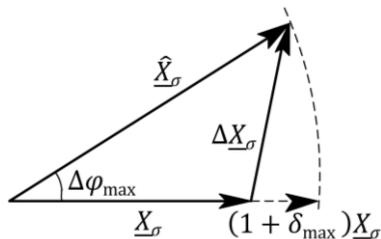


Рис. 1. Механизм возникновения погрешности оценки комплексного значения электрической величины

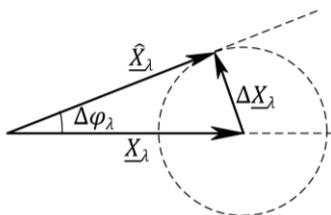


Рис. 2. Механизм возникновения максимальной фазовой погрешности оценки симметричных составляющих

ляется действующими значениями фазных величин и характеристиками точности тракта измерения.

2. Фазовая погрешность фильтра симметричных составляющих определяется отношением суммы действующих значений фазных величин к действующему значению выделяемой симметричной составляющей.

Литература

1. Charles L. Fortescue. Method of Symmetrical Co-Ordinates Applied to the Solution of Polyphase Networks // AIEE Transactions. Vol. 37. – P. II. – PP. 1027–1140.

2. IEEE C37.118.1-2011. IEEE Standart for Synchrophasor Measurements for Power Systems.

В.И. Антонов, В.А. Наумов, Н.Г. Иванов,
А.В. Солдатов, А.А. Ильин, Д.А. Митин
(Чебоксары, ЧГУ,
ООО НПП «ЭКРА»)

СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ СИГНАЛОВ В СРЕДЕ SIMULINK

Использование основной гармоники входных сигналов как носителя информации о состоянии электроэнергетической системы ограничивает функциональные возможности систем релейной защиты и автоматики (РЗА). Одним из путей дальнейшего совершенствования технических характеристик РЗА является более полное использование информации, заключенной в структуре сигнала и в его отдельных составляющих [1, 2]. Для распознавания структуры сигнала используется адаптивный структурный анализ.