

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

ОПТИМАЛЬНАЯ ЧАСТОТА ДИСКРЕТИЗАЦИИ ПРИ ОЦЕНКЕ ЧАСТОТЫ ГАРМОНИКИ

Значение частоты основной гармоники используется во многих алгоритмах принятия решения и управления электро-энергетическими системами [1], поэтому задача определения частоты гармоники, безусловно, является одной из важнейших в задачах обработки электроэнергетических сигналов.

В настоящем исследовании рассматривается задача выбора оптимальной частоты дискретизации f_s при оценке частоты гармоники с шумом $n(k)$

$$x(k) = X \cos(k\omega T_s + \psi) + n(k), \quad (1)$$

где k – дискретное время (номер отсчета); ω – угловая частота (далее для краткости – частота), T_s – интервал дискретизации; ψ – начальная фаза.

Гармоника (1) распознается фильтром

$$e(k) = x(k) + ax(k-1) + x(k-2),$$

настраиваемым на ее полное подавление [2]. Коэффициент фильтра a связан с частотой распознаваемой гармоники как

$$a = -2 \cos(\omega T_s). \quad (2)$$

Из-за шума $n(k)$ в сигнале (1) оценка a коэффициента фильтра a будет иметь смещение Δa

$$a = a + \Delta a, \quad (3)$$

которое, согласно (2), вызовет смещение в оценке частоты

$$\omega = \omega + \Delta\omega. \quad (4)$$

Задача заключается в выборе такой частоты f_s , при которой погрешность в оценке коэффициента фильтра гармоники оказывает наименьшее влияние на точность определения частоты, т.е. удовлетворяет условию

$$|\Delta\omega| \xrightarrow{f_s} \min.$$

Эту частоту дискретизации будем называть оптимальной.

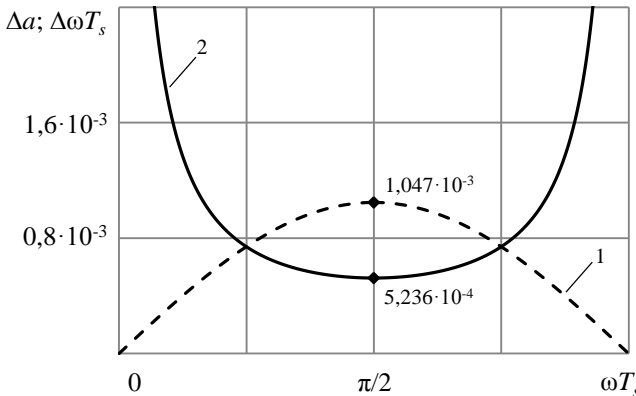
Для этого определим связь смещений оценок коэффициента фильтра и частоты гармоники с нормированной частотой. Рассматривая совместно выражения (2) – (4), получим:

$$\Delta a = 4 \sin\left(\omega T_s + \frac{\Delta\omega T_s}{2}\right) \sin\left(\frac{\Delta\omega T_s}{2}\right); \quad (5)$$

$$\Delta\omega T_s = \arccos\left[\cos(\omega T_s) - \frac{\Delta a}{2}\right] - \omega T_s. \quad (6)$$

Оптимальная частота $f_{s,opt}$ характеризуется наименьшим отклонением частоты гармоники при наибольшем отклонении коэффициента фильтра. При любой иной частоте дискретизации одно и то же смещение Δa в оценке коэффициента фильтра вызовет большее смещение $\Delta\omega$ в оценке частоты гармоники.

Это свойство может быть проиллюстрировано кривыми зависимостей (5) и (6) (рисунок). Видно, что с приближением нормированной частоты гармоники к $\pi/2$ смещение оценки коэффициента оказывает все меньшее влияние на смещение оценки частоты.



Зависимости смещений оценок коэффициента фильтра Δa и частоты гармоники $\Delta\omega T_s$ от нормированной частоты ωT_s :

1 – смещение коэффициента фильтра (5) при заданной погрешности частоты $\Delta\omega = 2\pi \cdot 0,1 = 5,236 \cdot 10^{-4}$; 2 – смещение частоты гармоники (6) при заданной погрешности коэффициента фильтра $\Delta a = 1,047 \cdot 10^{-3}$

Таким образом, оптимальная нормированная частота

$$\omega_0 T_{s,opt} = \frac{\pi}{2},$$

следовательно, оптимальная частота дискретизации для гармоники частоты f_0

$$f_{s,opt} = 4f_0.$$

Таким образом, оптимальные условия для определения частоты гармоники создаются при частоте дискретизации, равной четырехкратной частоте гармоники или, другими словами, когда частота Найквиста равна двойной частоте гармоники.

Литература

1. Антонов В.И. Методы обработки цифровых сигналов энергосистем / В.И. Антонов, Н.М. Лазарева, В.И. Пуляев. – М.: НТФ «Энергопрогресс», 2000.

2. Антонов В.И. Фундаментальные свойства эффективных структурных моделей тока короткого замыкания электрической сети / В.И. Антонов, В.А. Наумов, А.В. Солдатов, Н.Г. Иванов // Цифровая электротехника: проблемы и достижения: сб. науч. трудов НПП «ЭКРА». Вып. 3. – Чебоксары: РИЦ «СРЗАУ», 2014. – С. 18–29.

В.И. Антонов, В.А. Наумов, В.С. Петров, М.И. Александрова,
А.Н. Никитина
(Чебоксары, ЧГУ,
ООО НПП «ЭКРА»)

ВЫБОР ХАРАКТЕРИСТИКИ СРАБАТЫВАНИЯ ВЫЯВИТЕЛЬНОГО ОРГАНА АВТОМАТИКИ ЛИКВИДАЦИИ АСИНХРОННОГО РЕЖИМА

Одним из основных предназначений автоматики ликвидации асинхронного режима (АЛАР) является выявление и ликвидация асинхронного режима (АР) как на первом цикле, так и после фиксации заданного числа циклов. Первый цикл должен