

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, Д.А. Митин  
(Чебоксары, ЧГУ,  
ООО НПП «ЭКРА»)

## АДАПТИВНОЕ РАСПОЗНАВАНИЕ НЕРАЗЛИЧИМОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СЛАГАЕМОЙ НА ФОНЕ ПРЕОБЛАДАЮЩИХ СОСТАВЛЯЮЩИХ СИГНАЛА

В релейной защите и автоматике часто существует необходимость распознавания информационной слагаемой на фоне преобладающих составляющих сигнала, например, в задачах выделения инжектируемой слагаемой в защитах от замыкания на землю [1]. Особенности задачи заключается в том, что разрядности тракта АЦП может быть недостаточно для надлежащего квантования и последующего выделения этой слагаемой при помощи цифровых фильтров. Классический подход к решению этой проблемы состоит в применении в тракте АЦП высокодобротных аналоговых фильтров, усиливающих информационную слагаемую и ослабляющих остальные [2]. Однако такое решение имеет существенные недостатки, заключающиеся в снижении быстродействия защит из-за длительного переходного процесса в аналоговом фильтре и ухудшения селективности аналоговых фильтров вследствие ухода частоты режекции под действием окружающей среды.

В настоящем докладе описывается способ распознавания слагаемой на фоне преобладающих составляющих сигнала, свободный от недостатков классического подхода.

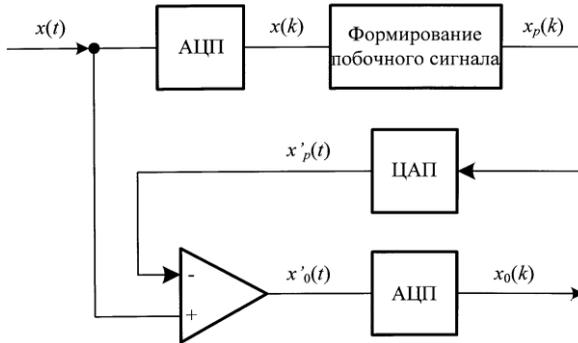
Отметим, что повышение точности выделения слабой слагаемой возможно только тогда, когда остальные слагаемые удаляются непосредственно из электрической величины до его аналого-цифрового преобразования. Это и составляет суть предлагаемого способа.

Пусть электрическая величина

$$x(t) = x_0(t) + x_p(t) \quad (1)$$

содержит информационную слагаемую  $x_0(t)$  и побочный преобладающий сигнал  $x_p(t)$ , где  $t$  – непрерывное время. Элек-

трическая величина может быть предварительно обработана с помощью линейного фильтра с целью подавления, например, высокочастотной части спектра сигнала и т.п.



Блок-схема выделения слагаемой электрической величины

Электрическую величину (1) путем аналого-цифрового преобразования превращают в цифровой сигнал

$$x(k) = x_0(k) + x_p(k), \quad (2)$$

где  $k$  – номер отсчета дискретного времени  $kT_s$ ,  $T_s$  – период дискретизации сигнала.

Разрядность АЦП в этом случае выбирается исходя из максимального значения амплитуды сигнала (1), достигаемого при максимальных значениях амплитуд  $X_{0,\max}$  и  $X_{p,\max}$ , выделяемой  $x_0(t)$  и побочной  $x_p(t)$  составляющих:

$$A = X_{0,\max} + X_{p,\max}. \quad (3)$$

Может оказаться, что  $X_{0,\max}$  будет неощутимо по сравнению с  $X_{p,\max}$ .

Для повышения разрешающей способности АЦП в способе из электрической величины (1) удаляют побочный сигнал  $x_p(t)$ . Тогда максимальная амплитуда на входе АЦП будет

$$A_0 = X_{0,\max}, \quad (4)$$

что меньше, чем максимальная амплитуда  $A$  согласно (3). Это позволит уменьшить вес младшего разряда АЦП. Как следует из

сравнения максимальных амплитуд на входе АЦП по (3) и (4), уменьшение веса младшего разряда АЦП будет кратно величине

$$\eta = \frac{X_{0,\max} + X_{p,\max}}{X_{0,\max}} = 1 + \frac{X_{p,\max}}{X_{0,\max}}.$$

Эффективность предложенного способа тем выше, чем больше  $\eta$  отношение амплитуд побочной и выделяемой слагаемой.

Далее из (2) формируют цифровой побочный сигнал  $x_p(k)$ , свободный от выделяемой слагаемой  $x_0(k)$ . Затем упомянутый побочный цифровой сигнал преобразуют в непрерывный сигнал  $x'_p(t)$  путем цифро-аналогового преобразования (см. рисунок).

Затем из электрической величины (1) вычитают полученный побочный непрерывный сигнал  $x'_p(t)$  и тем самым формируют дополнительный аналоговый сигнал

$$x'_0(t) = x(t) - x'_p(t). \quad (5)$$

В результате диапазон изменения дополнительного аналогового сигнала в этом случае будет существенно меньше по сравнению с диапазоном изменения электрической величины (1), что позволяет уменьшить вес младшего разряда АЦП и повысить точность выделения слабой слагаемой.

Впоследствии полученный дополнительный аналоговый сигнал (5) преобразуют в цифровой сигнал  $x_0(k)$  путем аналого-цифрового преобразования.

Таким образом, за счет удаления из электрической величины побочных преобладающих составляющих удается повысить точность выделения слагаемой электрической величины.

## Литература

1. *Вайнштейн Р.А.* Защита от замыканий на землю в обмотке статора генераторов при различных первичных схемах / Р.А. Вайнштейн, С.М. Юдин, А.В. Доронин, А.М. Наумов // Релейная защита и автоматизация. – 2012. – № 1. – С. 32–37.
2. *Антонов В.И.* Оценка гармоник электрической величины на фоне преобладающего гармонического шума / В.И. Антонов, В.А. Наумов, А.В. Солдатов, Н.В. Егоров // Электричество. – 2014. – № 5. – С. 29–33.