

УДК 621.317.791

## СПОСОБ КОМПЕНСАЦИИ ТРАНСФОРМАТОРНОЙ ЭДС ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО РАСХОДОМЕРА

*Шурупова А. И., студентка 3 курса факультета информационных систем и технологий*  
**Научный руководитель – Горбоконенко В. Д., доцент**  
**ФГБОУ ВО УлГТУ**

**Ключевые слова:** расходомер, электромагнитный, компенсация, квадратурная помеха, трансформаторная электродвижущая сила (ЭДС).

*В данной работе описан способ компенсации трансформаторной квадратурной помехи путем циклического высокочастотного инвертирования фазы сигнала ошибки с последующим его детектированием и усреднением за определенный промежуток времени.*

Одним из перспективных направлений является электромагнитная расходомерия, в основе которой положен принцип электромагнитной индукции. Электромагнитные расходомеры (ЭМР) обладают рядом достоинств, что объясняет их широкое применение. Одним из существенных недостатков является наличие, наряду с полезным сигналом, паразитной (трансформаторной или квадратурной) ЭДС, которую желательно минимизировать.

Рассмотрим один из способов компенсации квадратурной ЭДС [1].

В соответствии с законом электромагнитной индукции на электродах первичного преобразователя возникает ЭДС, которая зависит от скорости изменения потокосцепления в пространстве и времени:

$$e = \frac{\partial \Psi}{\partial t} - \frac{\partial \Psi}{\partial \varphi} * \frac{\partial \varphi}{\partial t} = e_t + e_\varphi.$$

где  $e_\varphi$  – полезная составляющая в виде ЭДС движения;  $e_t$  – трансформаторная или квадратурная ЭДС, или помеха.

Используя комплексные изображения вектора потокосцепления, перепишем выражение для составляющих ЭДС:

$$e = -\omega \Psi_m e^{j\varphi} \cos \omega t - j \Psi_m e^{j\varphi} \frac{\partial \varphi}{\partial t} \sin \omega t.$$

откуда следует, что полезная составляющая  $e_{\varphi}$  совпадает с вектором потокосцепления во времени и отстает в пространстве на угол  $\pi/2$ , в то время как квадратурная помеха  $e_t$  в пространстве направлена противоположно вектору потокосцепления, отстает от него на угол  $\pi/2$ .

Если предположить, что амплитуды полезной и квадратурной помехи равны, а фазовое соотношение известно заранее, так как моменты перехода кривой  $e_{\varphi}$  через нулевое значение при малых токах в измерительных цепях задаются аналогичной кривой напряжения питания, а моменты перехода кривой  $e_t$  через 0 сдвинуты на четверть периода.

Поэтому предлагается вначале ЭДС подвергнуть высокочастотной модуляции путем периодического инвертирования фазы этого сигнала, а затем повторной демодуляции. С целью подавления квадратурной помехи демодуляцию осуществляют методом синхронного детектирования, в качестве синхронизирующего сигнала принимается полезная составляющая  $e_{\varphi}$ . В результате сигнал демодулятора в каждый момент времени будет иметь ту же полярность, что полезная составляющая  $e_{\varphi}$ .

Для полного устранения в составе указанного сигнала квадратурной помехи её следует усреднить на интервале времени, равным полупериоду полезной составляющей  $\pi/2$ , на этом интервале среднее значение помехи равно нулю. При этом условии присутствие квадратурной составляющей в усредненном сигнале  $e_0$  полностью устраняется, т.е.:

$$e_0 = \frac{1}{T} \int_0^T (e_{\varphi} + e_t) dt = \frac{1}{T} \int_0^T e_{\varphi} dt .$$

Указанное усреднение может реализоваться с помощью фильтра низких частот, однако большая постоянная времени которого в случае питания индуктора напряжением низкой частоты ведет к существенному ограничению быстродействия расходомера.

Инвертирование фазы предлагается осуществлять не в тактовые равностоящие друг от друга моменты времени, а в моменты достижения интегральных значений помехи некоторого постоянного уровня. Такое проведение модуляции позволяет исходить из предположения, что интегральное значение квадратурной составляющей (помехи) на интервалах между переключениями имеет постоянное значение, что значительно упрощает дальнейшее разделение сигналов  $e_{\varphi}$  и  $e_t$ , сводя эту задачу к разделению постоянной и переменной составляющих ЭДС в течение двух соседних тактов модуляции.

В условиях априорной информации о гармонической форме квадратурной составляющей (помехи) её роль при интегрировании может выполнить вспомогательный гармонический сигнал, который изменяется синфазно с предполагаемой трансформаторной (квадратурной) ЭДС.

Для осуществления данного метода разработана функциональная система, которая реализует предложенный способ.

*Библиографический список*

1. Пат. 2276330 Российская Федерация, МПК G01F 1/60. Способ компенсации квадратурной помехи в сигнале расходомера / В.Д. Горбоконенко, Д.С. Сидоров; патентообладатель Ульяновский государственный технический университет. - №2004135422/28; заявл. 03.12.2004; опубл. 10.05.2006, Бюл. №13. – 6с.

## **METHOD OF COMPENSATION OF TRANSFORMER EMF OF ELECTROMAGNETIC FLOWMETER**

*Shurupova A. I.*

**Key words:** *flowmeter, electromagnetic, compensation, quadrature clutter, transformer electromotive force (EMF).*

*In this work, we describe a method for compensating for transformer quadrature noise by cyclic high-frequency inversion of the phase of the error signal, and then detecting and averaging it over a certain time interval.*