

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ ОРГАНОВ ТОКА

Андреева А.В., Киселев Д.Н.

Научный руководитель – профессор Ершов Ю.А.

Сибирский федеральный университет

С помощью современных программ визуального объектно-ориентированного программирования можно производить моделирование нелинейных динамических систем и таким образом создать модели, которые могут контролировать работу устройств релейной защиты в режиме реального времени и осуществлять контроль их функционирования при различных режимах электрической системы.

В данной работе представлена разработанная модель цифровых органов тока. При их реализации была задействована программа *Matlab* (приложение *Simulink*).

Разработанная модель цифровых органов тока может быть использована для испытания существующих микропроцессорных токовых защит, таких как МТЗ, ТЗНП и др.

Функциональная схема цифрового органа тока представлена на рис. 1.

Принцип действия модели.

На входы цифрового органа тока поступают дискретные значения токов, полученные от формирователя ортогональных составляющих тока (*Ort I*).

Формирование ортогональных составляющих $\text{Re}[I]=I_x$ и $\text{Im}[I]=I_y$ производится по принципу умножения входной величины на два опорных ортогональных сигнала.

Алгоритм работы цифрового органа тока (*КА*) состоит из двух частей: выделение симметричных составляющих и формирование условий срабатывания.

В первой части алгоритма, блок формирования последовательностей (*Fi*) осуществляет линейное преобразование входных токов I_A, I_B, I_C в величины, пропорциональные симметричным составляющим трехфазной системы I_1, I_2, I_0 .

Получение токов прямой, обратной и нулевой последовательности производится по методу симметричных составляющих.

Выделение симметричных составляющих из трёхфазной системы токов и напряжений широко используется в практике микропроцессорной релейной защиты. Алгоритмы вычисления симметричных составляющих прямой, обратной и нулевой последовательностей известны:

$$I_{A1} = \frac{1}{3} \cdot (I_A + a \cdot I_B + a^2 \cdot I_C);$$

$$I_{A2} = \frac{1}{3} \cdot (I_A + a^2 \cdot I_B + a \cdot I_C);$$

$$I_{A0} = \frac{1}{3} \cdot (I_A + I_B + I_C),$$

где a – операторы, поворачивающие данный вектор на угол 120 градусов.

На выходе блока *Fi* могут быть получены как фазные токи прямой и обратной последовательностей (I_1, I_2), так и сумма токов - ток нулевой последовательности ($3I_0$).

Во второй части алгоритма модели *КА* производится формирование условий срабатывания органа тока и задание выдержки времени *t* (для устранения ложного срабатывания органа тока).

Уравнения, задающие условия срабатывания органов тока прямой, обратной и нулевой последовательностей:

$$I_{KA1} \leq \text{Im} \left[\frac{1}{3} (I_A + a I_B + a^2 I_C) \right];$$

$$I_{KA2} \leq \text{Im} \left[\frac{1}{3} (I_A + a^2 I_B + a I_C) \right];$$

$$I_{KA0} \leq \text{Im} [I_A + I_B + I_C].$$

Все вычисления производятся в режиме реального времени, соответственно при поступлении новых значений ортогональных составляющих напряжений и тока расчёт повторяется.

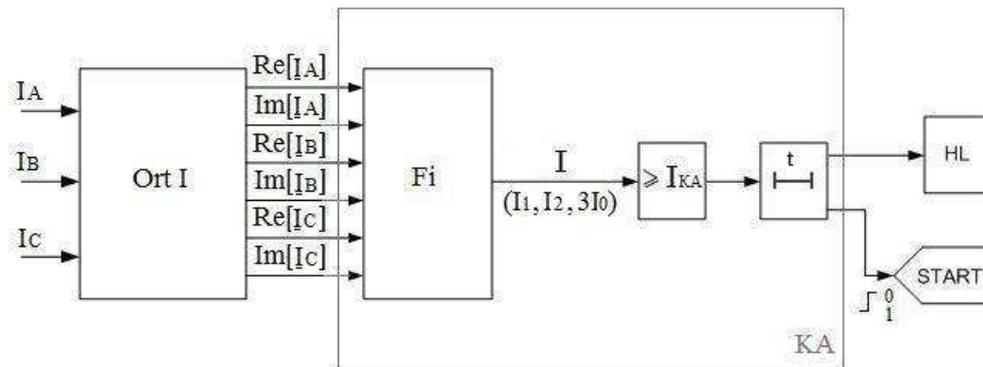


Рис. 1 – Функциональная схема цифрового органа тока.

Диалоговое окно ввода уставок органа тока нулевой последовательности представлено на рис. 2.

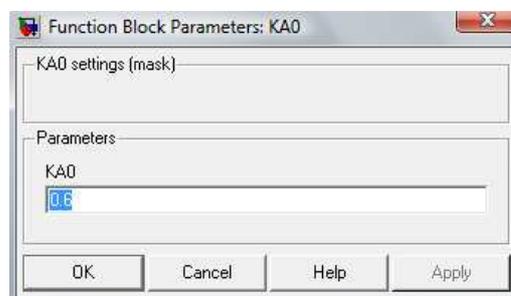


Рис. 2 – Окно ввода уставок

Условия срабатывания модели – наличие логической единицы на выходе *КА*. При срабатывании органа тока, срабатывает сигнальный орган *HL* и исполнительный орган *START*.

Испытание модели производится в следующем порядке:

1. Задание необходимых значений токов.
2. Задание уставок органов защиты.
3. Запуск модели.
4. Анализ результатов испытаний в виде осциллограмм и анализ работы органов защиты путем контроля входных и выходных данных на каждом из них.

Результаты испытаний (рис. 3) приведены в виде осциллограмм при симметричном и несимметричном режиме (однофазное КЗ).

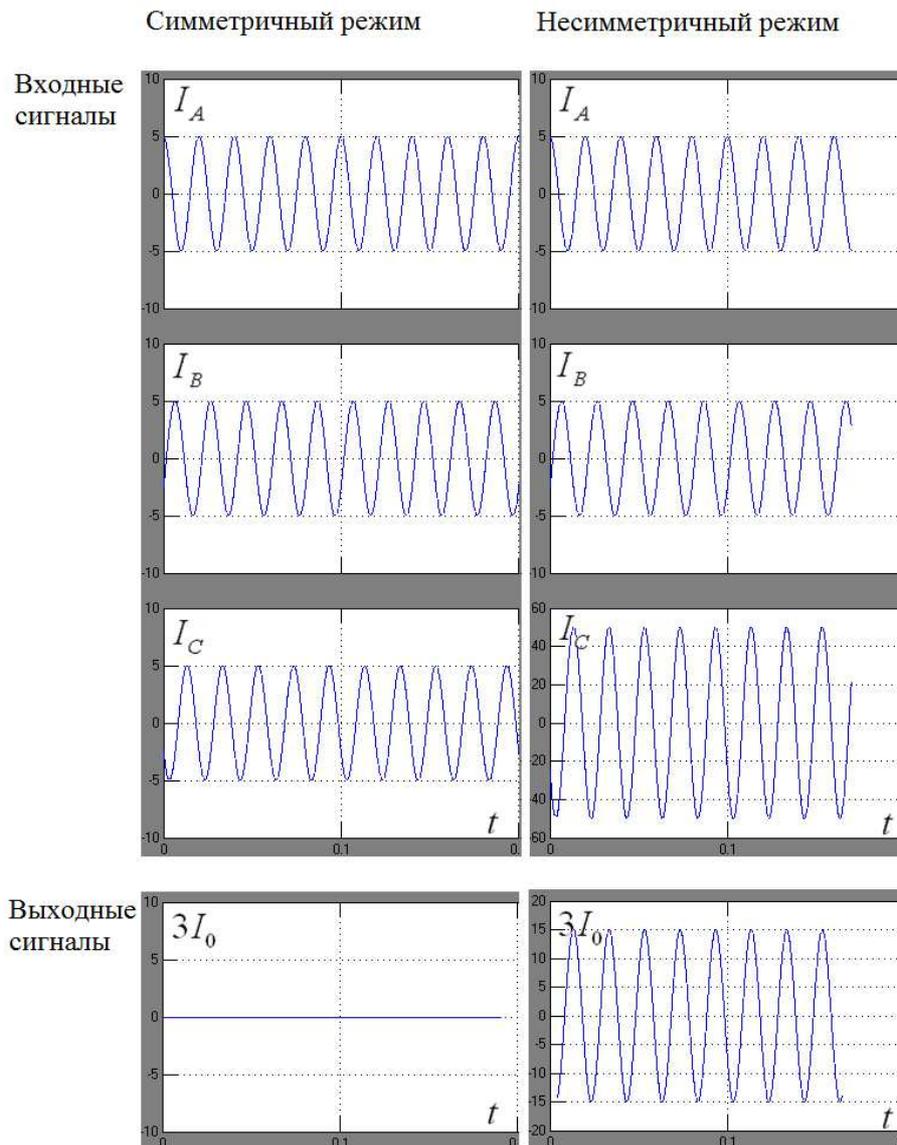


Рис. 3 – Осциллограммы токов органа тока нулевой последовательности при симметричном и несимметричном режимах.

Данная модель позволяет исследовать работу цифровых органов тока, как в лабораторных, так и в научных целях.