

МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩЕГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ОРГАНА МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ ТОКОВОЙ ЗАЩИТЫ

Романюк Ф. А – чл.-кор. НАН Беларуси, д. т. н., профессор,
Новаш И.В. – к. т. н., доцент,
Дерюгина Е.А. – к. т. н., доцент,
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь

Основное влияние на быстродействие формирования ортогональных составляющих (ОС) микропроцессорных защит электроустановок оказывают два фактора. Первый из них связан с появлением при повреждениях в контролируемых сигналах апериодических и гармонических составляющих, обусловленных переходными процессами и нелинейностью элементов электроустановки, а второй – с инерционностью алгоритмов обработки информации в каналах аналоговой и цифровой фильтрации. Указанное приводит к тому, что время установления сигнала на выходе измерительных органов (ИО) микропроцессорных защит затягивается до недопустимых значений, что в ряде случаев делает быстродействующую защиту электрооборудования малоэффективной.

Для решения этой проблемы предложено в [1] формировать выходной сигнал ИО в виде специально сформированных эквивалентных сигналов, которые являются функцией рассчитанного по значениям квадратов амплитуд входного вторичного сигнала I_{in} и сигнала основной гармоники I_1 корректирующего коэффициента k_{kn} и косинусной i_{cn} , синусной i_{sn} ОС контролируемого сигнала (амплитуда вторичного тока):

$$k_{kn} = \left(\frac{I_{in}}{I_1} \right)^2; \quad i_{eqcn} = k_{kn} i_{cn}; \quad i_{eqsn} = k_{kn} i_{sn}. \quad (1)$$

Оценка эффективности предложенной методики производилась с помощью модели формирователя ортогональных составляющих (ФОС), входящего в состав ИО тока микропроцессорных защит, реализованной в среде динамического моделирования Matlab-Simulink (рисунок 1).

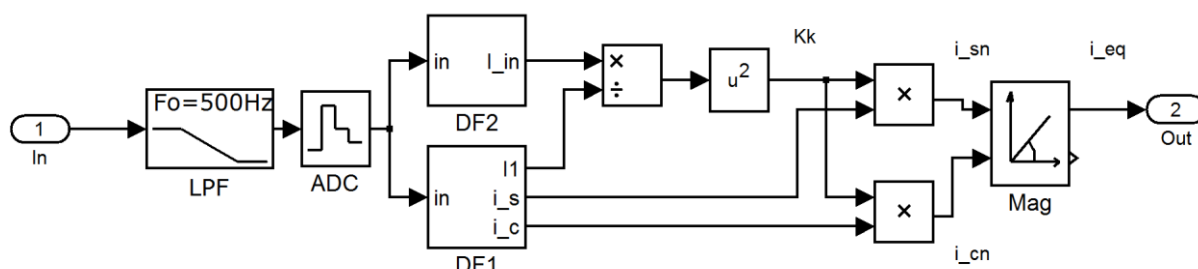


Рисунок 1 – Структура модели

В состав модели ФОС входят следующие блоки: фильтр нижних частот 2-го порядка (блок LPF), аналого-цифровой преобразователь (блок ADC), базовый цифровой фильтр (блок DF1), предназначенный для вычисления ОС основной гармоники входного вторичного сигнала; дополнительный ЦФ (блок DF2), предназначенный для определения амплитудного значения входного вторичного сигнала I_{in} .

Проверку функционирования разработанной модели ФОС проводилась с использованием двух видов тестовых воздействий – синусоидального сигнала с частотой 50 Гц (идеализированное воздействие), а также сигнала, приближенного к реальному вторичному току трансформатора тока (ТТ) при коротком замыкании (КЗ). Для этих целей на вход I_{in} модели ФОС (рисунок 1) подается сигнал ТТ от внешней части модели (на рисунке 1 не показана), которая состоит из блоков моделей энергосистемы, нагрузки, ТТ и блока КЗ, реализованных в Simulink-SimPowerSystems [2].

Гармоническое воздействие. Быстродействие предлагаемого ФОС, формирующего амплитудное значение эквивалентного сигнала I_{eq} , сравнивалось с амплитудным значением сигнала основной гармоники I_1 , формируемого ФОС на основе дискретного преобразования Фурье (ДПФ) при синусоидальном входном воздействии (рисунок 2). Время установления эквивалентного сигнала составляет 0,0075 с, что приблизительно в 2,5 раза быстрее, чем у ФОС на основе ДПФ.

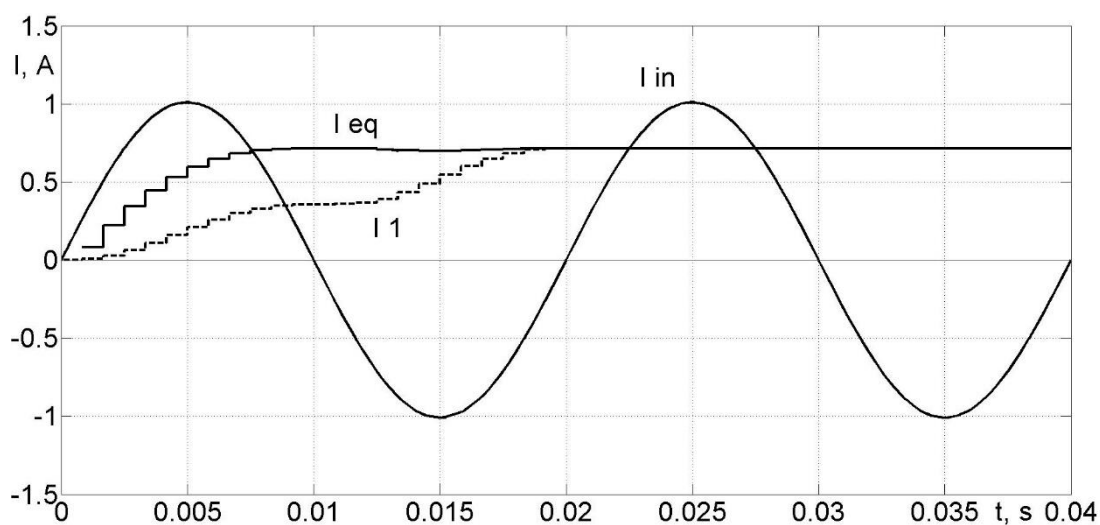


Рисунок 2 – Результаты функционирования модели при гармоническом воздействии

Сложное входное воздействие. На рисунке 3 приведены результаты расчетов, применительно к ФОС сигналов тока, полученные с использованием представленной выше модели. В промежутке времени $t = 0,00–0,04$ с моделируется доаварийный режим, при котором вторичный ток ТТ синусоидален. В момент времени $t = 0,04$ с происходит трехфазное КЗ – аварийный режим, при котором форма вторичного тока ТТ искажается (кривая 1).

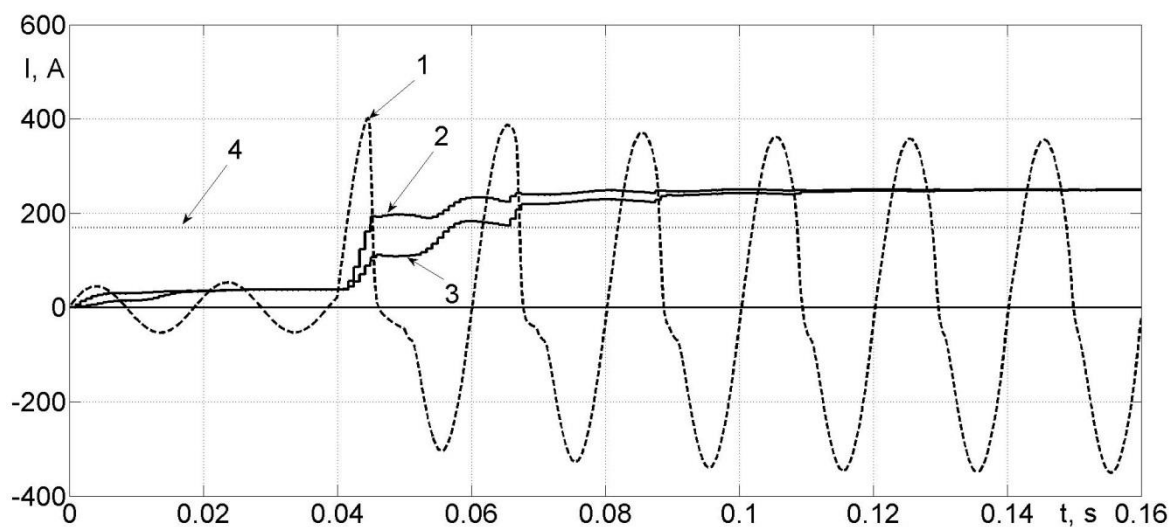


Рисунок 3 – Результаты функционирования модели при сложном входном воздействии

На этом же рисунке представлена реакция на сложное несинусоидальное воздействие ИО тока, реализованных на основе двух видов ФОС. Кривая 3 отражает работу ИО на основе ДПФ, а кривая 2 – работу ИО на основе формирователя эквивалентного сигнала.

Как видно из рисунке 3, время нарастания амплитудных значений выходных сигналов до уровня срабатывания (принятого, к примеру, равным 170 А – прямая 4) у ИО на основе предлагаемого ФОС наступает в момент времени, равный 0,045 с, а у ИО на основе ДПФ – в 0,065 с, т. е. последний срабатывает на время, равное периоду промышленной частоты, позже. При этом, предлагаемый ФОС показывает высокое время нарастания амплитудного значения сигнала – срабатывая через 0,005 с после наступления КЗ.

Список литературы

1. Романюк, Ф. А. Формирование ортогональных составляющих входных сигналов в микропроцессорных защитах / Ф. А. Романюк [и др.]. // Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ – Энергетика : международный научно-технический журнал. – 2020. – Т. 63, № 4. – С. 328–339.
2. Новаш, И. В. Упрощенная модель трехфазной группы трансформаторов тока в системе динамического моделирования / И. В. Новаш, Ю. В. Румянцев // Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ – Энергетика : международный научно-технический журнал. – 2015. – № 5. – С. 23–38.