

$$x_{\varnothing}(t) = x(t-h) + k[x(t-h) - x(t-2h)].$$

Коэффициент k определяется по критерию минимума дисперсии рас- согласования измеренных и экстраполированных значений переменной. Условия достоверности измерений взаимосвязанных переменных выглядят следующим образом:

$$|\delta_1(t)| \leq \delta_{10}, |\delta_2(t)| \leq \delta_{20}, \dots, |\delta_n(t)| \leq \delta_{n0},$$

где $\delta_1(t), \delta_2(t), \dots, \delta_n(t)$ – фактические, а $\delta_{10}, \delta_{20}, \dots, \delta_{n0}$ – допустимые невязки в уравнений связи, соответствующие классам точности измерительной аппаратуры.

Вероятностная природа грубых погрешностей измерений не гарантирует обнаружение всех грубых погрешностей. Максимум вероятности обнаружения недостоверных измерений достигается многопризнаковым контролем, основанным на совместной обработке результатов контроля всеми однопризнаковыми методами. Обнаружение недостоверных показаний приборов автоматически замещаются их наиболее вероятными значениями, что обеспечивает непрерывное функционирование системы сбора и обработки информации.

Реализация рассматриваемых методов семантического контроля в автоматизированных системах управления на электрических станциях, понижительных электрических подстанциях, на промышленных предприятиях позволит повысить эксплуатационную надежность энергосистемы в целом.

Список использованных источников

1. Левин Г.Я. О соотношении синтаксического и семантического подходов к задаче поиска допустимых значений параметров / Г.Я. Левин // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ». Проблемы повышения эффективности производства. – Л., 1977. – Вып. 225. – С. 53-56.
2. Глазунов Л.П. Основы теории надежности автоматических систем управления / Л.П. Глазунов, В.П. Грабовецкий, О.В. Щербаков. Л.: Энергоатомиздат, 1984. – 208 с.
3. Анищенко А.В. Надежность измерительной информации в системах электроснабжения / А.В. Анищенко. Минск: БГПА, 2000. – 128 с.

УДК 621

КОМПЬЮТЕРНЫЕ ПРОГРАММНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ ЦИФРОВЫХ ТОКОВЫХ ЗАЩИТ

И.В. Новаш, Ф.А. Романюк, В.Ю. Румянцев

Белорусский национальный технический университет

e-mail: faromanuk@bntu.by, novashiv@tut.by

На кафедре «Электрические станции» БНТУ накоплен большой опыт по математическому моделированию электроэнергетических объектов и разработке компьютерных программ для исследования поведения устройств релейных защит и их моделей методом вычислительного эксперимента.

Так для проведения испытаний цифровых устройств релейной защиты с помощью испытательного комплекса СМС 356 компании OMICRON разработаны компьютерные программные комплексы (КПК), позволяющие получать методом вычислительного эксперимента входные информационные сигналы релейных защит линий электропередачи и силовых трансформаторов (рис. 1).

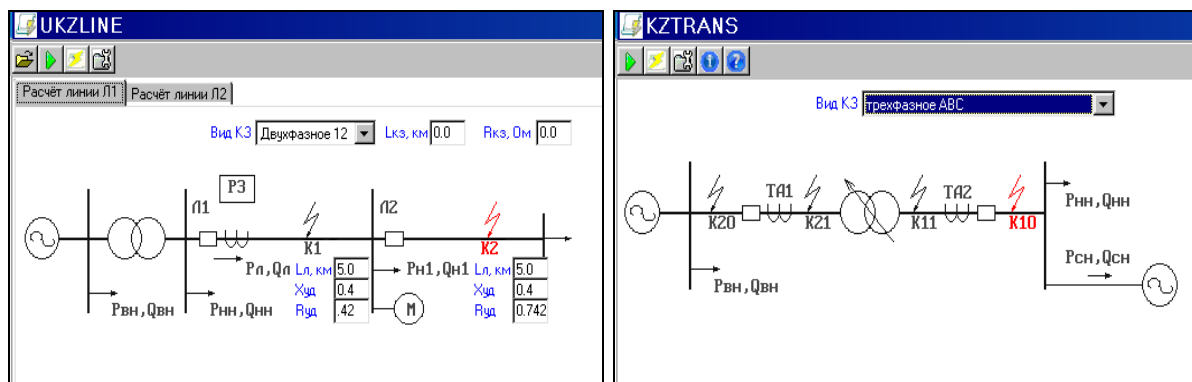


Рисунок 1 – Программные комплексы для расчета режимов удаленных замыканий линий электропередачи 6(10)-35 кВ и силового трансформатора

Основным достоинством разработанных КПК является то, что они позволяют выполнять расчеты входных сигналов защиты – вторичных токов трансформаторов тока – с учетом их несинусоидальных форм, обусловленных наличием в энергосистеме нелинейных элементов, и насыщения магнитопроводов силового и измерительных трансформаторов (рис. 2), что в большей степени соответствует реальным условиям аварийных режимов. Результаты расчетов программных комплексов сохраняются в формате COMTRADE, и могут быть использованы в качестве исходных данных испытательных комплексов.

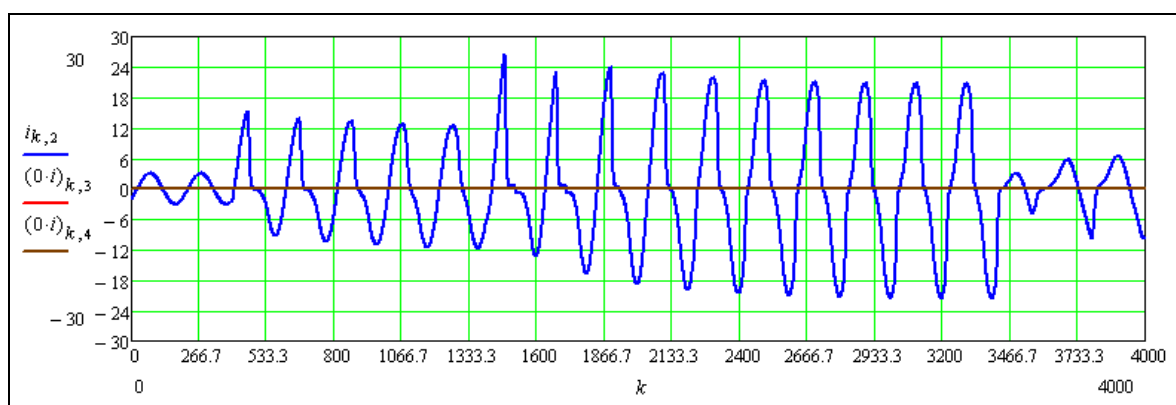


Рисунок 2 – Вторичный ток трансформатора тока аварийного режима

Применение системы динамического моделирования Matlab-Simulink позволяет создавать компьютерные испытательные комплексы (КИК), совместно моделирующие защищаемый объект (рис. 3) и исследуемую защиту (рис. 4). Основным достоинством таких КИК является то, что они

могут быть реализованы только с использованием персонального компьютера и позволяют проводить испытания модели защиты на стадии проектирования и отработки ее функциональных возможностей методом вычислительного эксперимента.

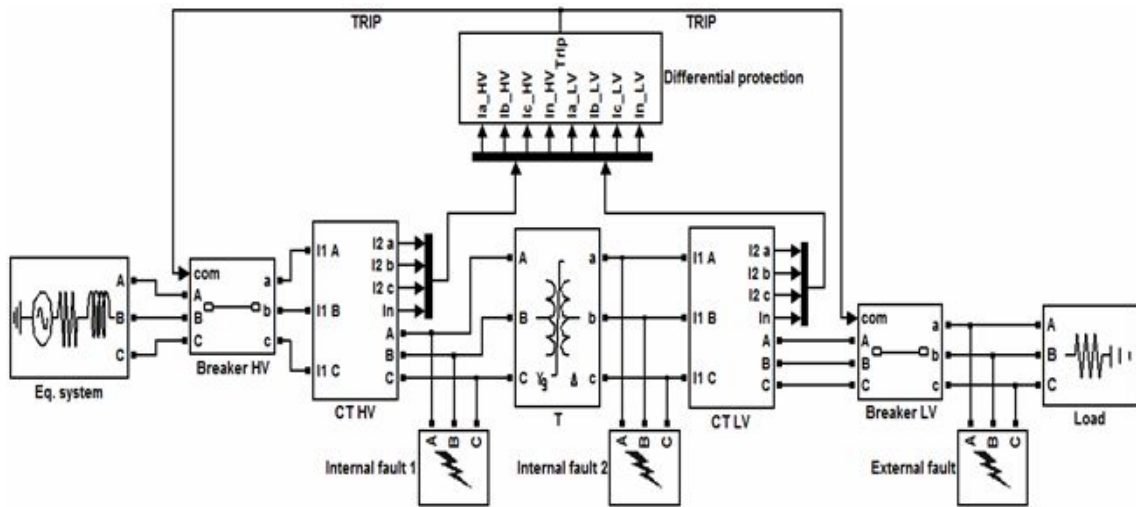


Рисунок 3 – Компьютерный испытательный комплекс дифференциальной защиты силового трехфазного трансформатора

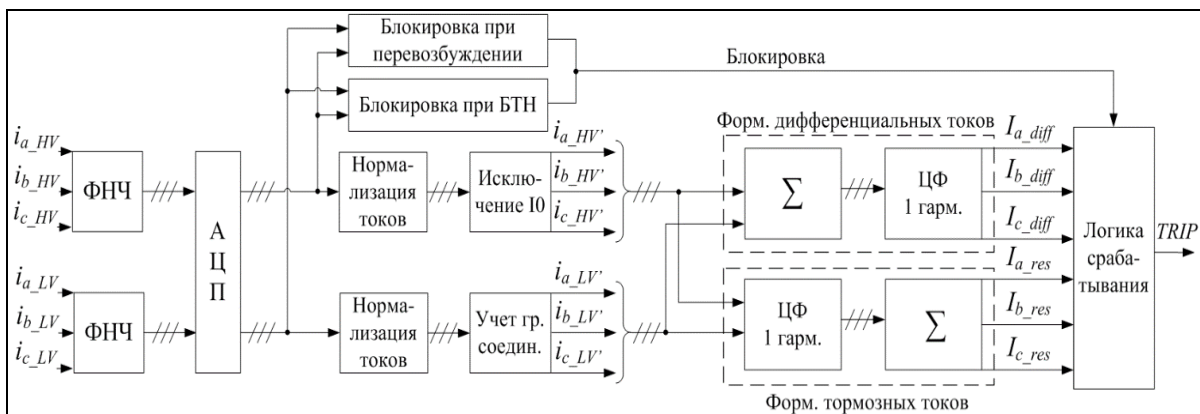


Рисунок 4 – Блок-схема цифровой обработки и фильтрации входных сигналов микропроцессорной токовой защиты

На рис. 4 приведена блок-схема цифровой обработки и фильтрации входных сигналов тока со стороны высокого напряжения (HV) и низкого напряжения (LV) защищаемого силового трехфазного трансформатора. Входные токи i_{a_HV} , i_{b_HV} , i_{c_HV} – вторичные токи трехфазной группы трансформаторов тока, расположенной с высшей стороны силового трансформатора; входные токи i_{a_LV} , i_{b_LV} , i_{c_LV} – вторичные токи трехфазной группы трансформаторов тока, расположенной с низшей стороны силового трансформатора.

Проведение испытаний устройств цифровых защит осуществляется с помощью испытательных комплексов.

В состав испытательного комплекса (рис. 5) входит персональный компьютер, в котором реализуется модель энергосистемы или обобщенного электроэнергетического объекта (ОЭО) и программное обеспечение, управляющее испытательным устройством и режимом проведения испытаний. В качестве испытательного устройства могут быть использованы микропроцессорные аппаратно-программные диагностические комплексы НПП «Динамика» (Россия) типа «РЕТОМ», компании OMICRON или аналогичные комплексы других производителей.

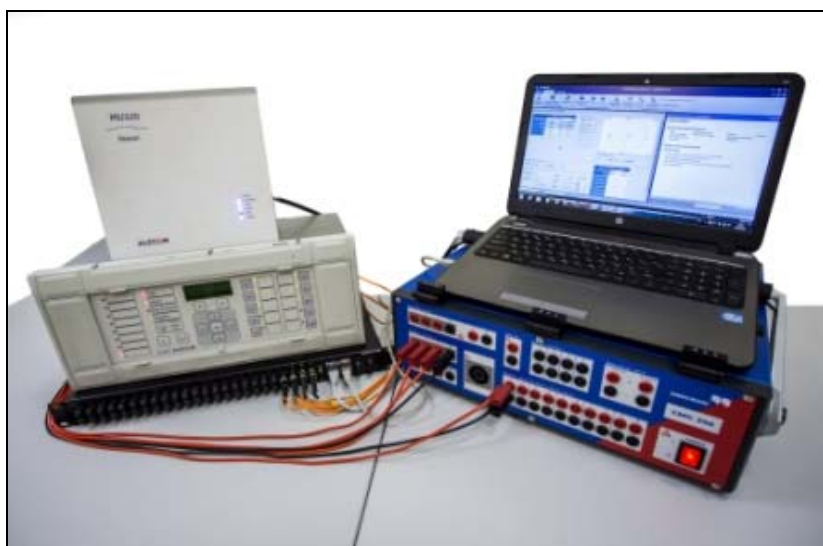


Рисунок 5 – Аппаратно-программный испытательный комплекс на базе устройства СМС 356 компании OMICRON

Моделирование ОЭО проводится с помощью компьютерных программных комплексов, которые могут быть в виде самостоятельных программных продуктов или реализованы в компьютерных системах динамического моделирования типа Matlab-Simulink.

Накопленный опыт в моделировании энергосистем и испытании устройств релейной защиты [1, 2] позволяет рекомендовать на начальной стадии разработки новых устройств отказаться от использования дорогих аппаратно-программных испытательных комплексов, а использовать более дешевые и безопасные компьютерные испытательные комплексы.

Список использованных источников

1. Новаш И.В. Математическое моделирование коммутационных режимов в электроустановках с трансформаторами / И.В. Новаш, Ф.А. Романюк. – Минск: БНТУ, 2013. – 226 с. – ISBN 978-985-550-236-5.
2. Новаш И.В. Моделирование энергосистем и испытание устройств релейной защиты в режиме реального и модельного времени / И.В. Новаш. // Энергетика. Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ. – 2017. – № 3. – С. 198–210.