

класса: класс 1 – алгоритмы с явным определением вектора входного сопротивления линии; класс 2 – алгоритмы с выявлением факта попадания или непопадания вектора в область срабатывания по косвенным признакам. В настоящее время широко применяются следующие алгоритмы: алгоритмы на основе выборок мгновенных значений величин и их производных в предположении синусоидальности форм сигналов; алгоритмы вычисления параметров  $RL$ -цепи, не зависящих от формы входного сигнала; алгоритмы вычисления ортогональных составляющих векторов.

Вычислительный эксперимент является наиболее мощным средством анализа, позволяющим провести комплексное исследование поведения устройств РЗА в конкретных условиях при разнообразных видах повреждений в энергосистеме. Этот метод позволяет с достаточной степенью точности оценить влияние переходных сопротивлений в месте повреждения, также подпиток на ток КЗ, от смежных источников. Сущность его состоит в воспроизведении физических процессов, происходящих в моделируемых объектах на основе комплексных математических моделей. Комплексная математическая модель РЗ содержит несколько замкнутых систем алгебраических и дифференциальных уравнений: уравнения защищаемого объекта, измерительных ТТ и ТН, устройств РЗ.

Вычислительный эксперимент является эффективным средством оптимизации параметров и алгоритмов функционирования новых устройств РЗА на этапе их разработки и проектирования, его использование сокращает сроки и стоимость процесса отладки.

УДК 621.316.925

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОГРЕШНОСТИ КОРРЕКЦИИ ИНТЕРВАЛА ДИСКРЕТИЗАЦИИ НА ЧАСТОТНЫЕ СВОЙСТВА КВАЗИЧАСТОТНО-НЕЗАВИСИМЫХ АЛГОРИТМОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ОРГАНОВ СОПРОТИВЛЕНИЯ**

*А.В. Рождественский, В.В. Шмыгин*

**Научный руководитель В.И. НОВАШ, д-р техн. наук, профессор**

Измерительный орган (ИО) сопротивления в цифровых устройствах релейной защиты – структурный блок в алгоритме (программе) функционирования защиты, вырабатывающий сигнал о положении вектора сопротивления защищаемого объекта на его выходе (входное сопротивление) относительно области срабатывания. В современных

дистанционных защитах ИО сопротивления вырабатывает также величины активной и реактивной составляющих входного сопротивления, позволяющие определить расстояние до места короткого замыкания (КЗ).

Информацией для работы ИО сопротивления являются цифровые последовательности выборок мгновенных значений тока и напряжения на входе защиты. Алгоритмы функционирования ИО сопротивления различаются вариантами математических операций с выборками мгновенных значений. Алгоритм "двух выборок", основанный на использовании двух смежных выборок тока и напряжения защищаемого объекта, алгоритм "ортогональных составляющих", использующий выборки мгновенных значений тока и напряжения на протяжении периода их изменения, содержит в качестве одного из информационных параметров длительность интервала времени между смежными выборками  $\Delta t$  – интервал дискретизации. В этих алгоритмах при  $\Delta t = const$  входные сопротивления получаются зависимыми от частоты сигналов.

Частотная независимость результатов определения входных сопротивлений обеспечивается коррекцией интервала дискретизации. Реактивные составляющие входных сопротивлений при наличии коррекции определяются величинами, соответствующими значениям частоты, т. е. заниженными при  $f < 50$  Гц и завышенными при  $f > 50$  Гц. Пересчет реактивных сопротивлений к частоте 50 Гц можно ввести в алгоритм функционирования ИО и таким образом сделать его частотнонезависимым. В дальнейшем такие алгоритмы называются квазичастотнонезависимыми (от quasi – как бы, почти) – КЧНЗ алгоритмами.

Алгоритм "трех выборок", основанный на математической модели линии в виде дифференциального уравнения мгновенных значений, является практически частотнонезависимым. Погрешности входных сопротивлений линии без поперечных связей в установившихся режимах КЗ с частотами 45–55 Гц не превышает 1–2 %.

Исследование влияния ошибки частотной коррекции интервала дискретизации проводилось с использованием варианта компьютерной программы, описанной в [1].

В результате проведения ряда вычислительных экспериментов было установлено, что

– алгоритм ортогональных составляющих и двух выборок при погрешностях частотной коррекции интервала дискретизации входных сигналов, не превышающих 2–3 %, являются практически частотнонезависимыми. Погрешности определения входных сопротивлений при этом не выходят за пределы, считающиеся допустимыми при расчете параметров срабатывания дистанционных защит;

– алгоритм определения входных сопротивлений ИО сопротивления, основанный на математической модели линии с  $LR$  параметрами, является практически частотнонезависимыми может использоваться без частотной коррекции интервала дискретизации. Такая коррекция может предусматриваться, если в алгоритме предусмотрен расчет токов защищаемого объекта.

#### **Литература**

1. Информационное и математическое обеспечение вычислительного эксперимента в исследовании цифровых измерительных органов дистанционных защит линий 6–10–35 кВ./ Ф.А. Романюк, Н.Н. Бобко, Е.В. Глинский и др. // Энергетика... (Изв. высш. учебн. заведений и энерг. объединений СНГ). – 2001. – № 2. – С. 3–11.

УДК 621.316.925

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК АДАПТИВНЫХ ФОРМИРОВАТЕЛЕЙ ОРТОГОНАЛЬНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ ЗАЩИТ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК**

*А.В. Рождественский*

**Научный руководитель Ф.А. РОМАНЮК, д-р техн. наук, профессор**

Входные сигналы микропроцессорных защит электроустановок могут быть представлены параметрами векторов, такими как амплитуды и фазы, а также эквивалентными им ортогональными составляющими (ОС). Адаптивные формирователи ОС входных сигналов содержат необходимую последовательность операций с отсчетами их мгновенных значений, которые выполняются с помощью микропроцессорных средств.

Адаптивные формирователи ортогональных составляющих (ФОС) должны обеспечивать независимость амплитуд сигналов и углов сдвига фаз между ними от изменений промышленной частоты. При этом они должны обладать соответствующими частотными и динамическими свойствами, обеспечивая четкое выделение сигнала основной частоты и высокое быстродействие. Указанные свойства могут быть оценены на основе анализа амплитудно-частотных (АЧХ) и переходных характеристик ФОС, которые полностью отражают их уровень технического совершенства.

Характеристики ФОС определяются как их отклики на некоторые сигналы специальной формы. Для получения характеристик ФОС методом вычислительного эксперимента используются их математические модели.