

УДК 621.3

**ЦИФРОВЫЕ ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЕ КОМПЛЕКСЫ RTDS**

Мшар Д.И.

Научный руководитель – к.т.н., доцент РУМЯНЦЕВ В.Ю.

Будучи первыми в своем роде, цифровые программно-аппаратные комплексы RTDS (Real Time Digital Simulator) являются мировым эталоном для выполнения моделирования системы электроснабжения в реальном времени. RTDS Simulator был первоначально разработан в исследовательском проекте, созданном в исследовательском центре Манитоба в Канаде в 1980-е годы. Здесь впервые в мире в 1989 году и произошло моделирование цифровых систем в режиме реального времени.

Сама компания RTDS Technologies Ltd. была основана в 1993 году и по сей день является крупнейшим производителем программно-аппаратных комплексов для моделирования энергосистем в реальном времени, так же они являются «законодателем мод» в этой области.

RTDS – это специализированный комплекс, предназначенный для изучения стационарных режимов и электромагнитных переходных процессов в электроэнергетической системе в реальном масштабе времени.

RTDS позволяет решать следующие задачи:

- полный цикл проверки релейной защиты, единой защиты и схем управления;
- разработка различных устройств и связанных с ней средств управления;
- изучение работы систем переменного тока, включая режим генерации и передачи электрической энергии;
- исследование взаимодействия оборудования для энергетики;
- обучение и тренировка инженерно-технического персонала объектов электроэнергетики.

Через устройства ввода-вывода к RTDS подключается различное внешнее оборудование, такое как измерительные устройства, релейная защита и контроллеры, например, устройства управления регулируемых электроприводов или управляемых компенсаторов реактивной мощности. При этом условия функционирования подключенного оборудования соответствуют реальным условиям. Это позволяет тестировать функционирование устройств без их включения в реальную энергосистему (рисунок 1).

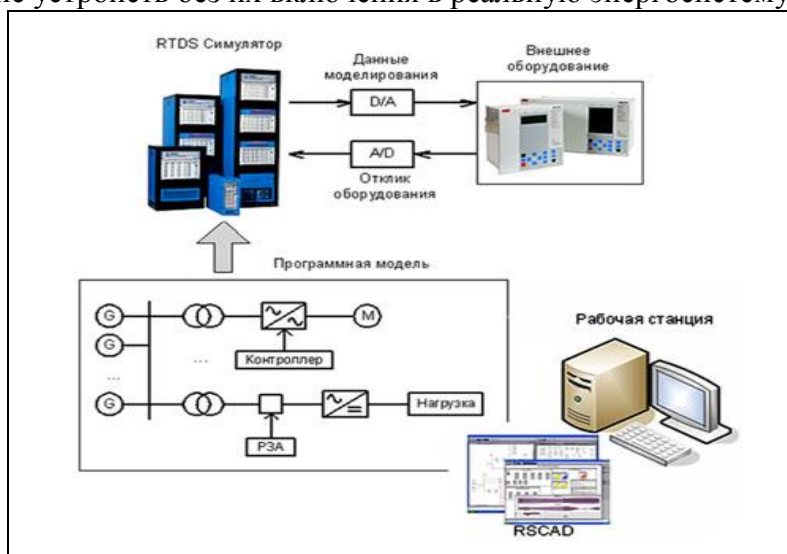


Рисунок 1 – RTDS и взаимодействие его составных частей и внешнего оборудования

Важнейшим преимуществом RTDS является возможность представить в модели электрической системы, в частности, средства релейной защиты, автоматики и управления

как в виде запрограммированных внутренних блоков RTDS, так и в виде реальных терминалов (контроллеров), которые соединяются с симулятором через аналоговые и цифровые порты ввода-вывода.

В качестве примера использования RTDS на рисунке 2 приведены результаты моделирования режима электроэнергетической системы и исследование действия терминала релейной защиты REL 670 для случая асинхронного режима.

В процессе опытов регистрировались:

- все измеряемые фазные токи и напряжения;
- все сигналы цифровых входов и выходов терминала.

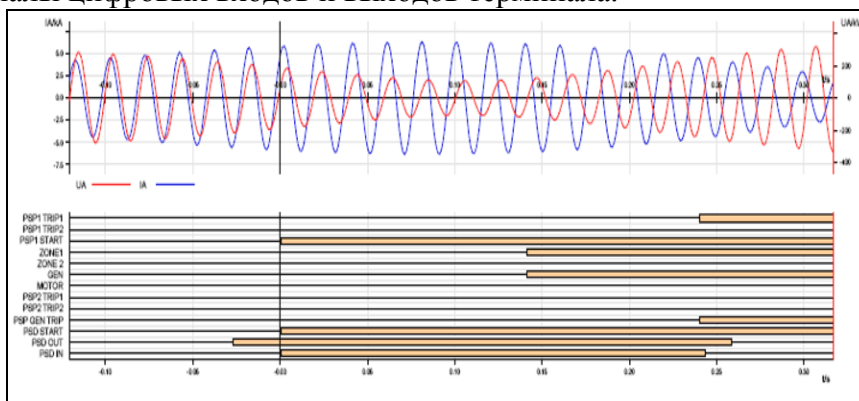


Рисунок 2 – Моделирование режима асинхронного хода энергосистемы и проверка действия защит с помощью RTDS

Цифровые программно-аппаратные комплексы RTDS применяются в следующих областях:

- для исследований электромагнитных и электромеханических переходных процессов в электрических сетях, генераторах и нагрузках;
- для проверки и исследований вторичного оборудования в режиме реального времени с жесткой обратной связью;
- для исследования и разработки силовых полупроводниковых комплексов.

Структурная схема испытательной установки приведена на рисунке 3. В состав испытательной установки входит модель реального времени, созданная в программно-аппаратном комплексе RTDS.

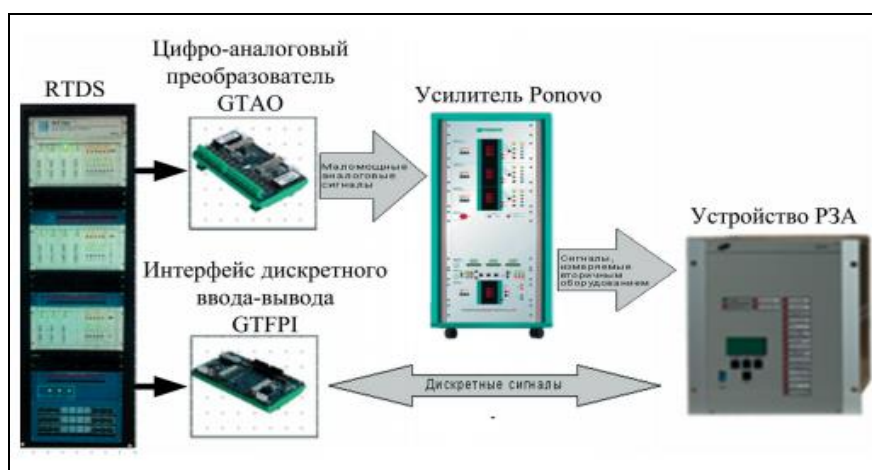


Рисунок 3 – Структурная схема испытательной установки

Перед проведением испытаний на RTDS создается модель понизительной подстанции с прилегающей сетью. Моделируемая схема представлена на рисунке 4 и содержит энергосистему 110 кВ; линию электропередачи 110 кВ; секцию шин 110 кВ, от которой

также отходит линия электропередачи; двухобмоточный трансформатор 110/10 (6) кВ; секцию шин 10 (6) кВ с отходящими линиями, питающими нагрузку.

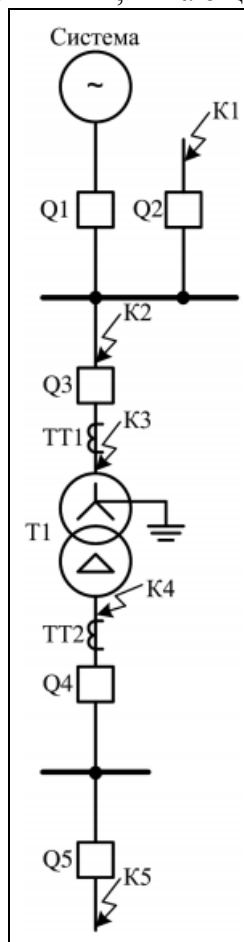


Рисунок 4 – Схема модели сети 110 кВ

Схема модели испытания защиты трансформатора представлена на рисунке 5.

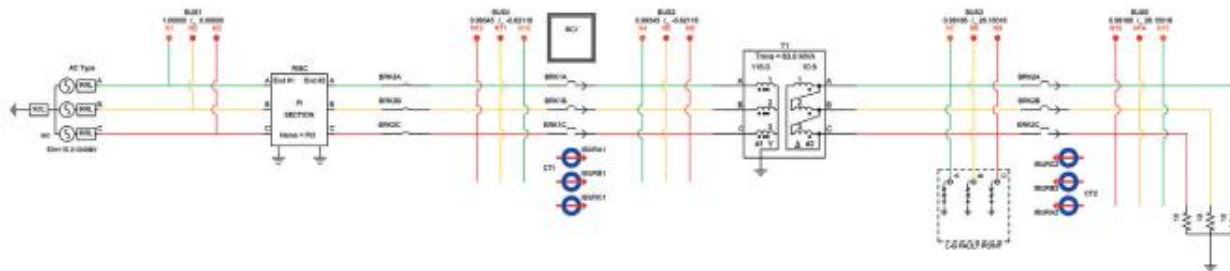


Рисунок 5 – Схема модели испытания защиты трансформатора

Одним из видов испытания дифференциальной защиты трансформатора является режим включения трансформатора под напряжение при отсутствии нагрузки на трансформаторе.

Трансформатор  $T_1$  включается под напряжение со стороны 110 кВ выключателем  $Q_3$  при отключенном выключателе  $Q_4$ , в результате чего возникает бросок намагничивающего тока (БНТ) трансформатора. Осциллограмма БНТ представлена на рисунке 6.

Режим БНТ является неаварийным для трансформатора, однако он может приводить к ложной работе дифференциальной защиты

Поэтому испытание дифференциальной защиты трансформатора на RTDS в режиме БНТ позволит выявлять ложные работы защиты, а также разработать рекомендации по выбору параметров срабатывания.

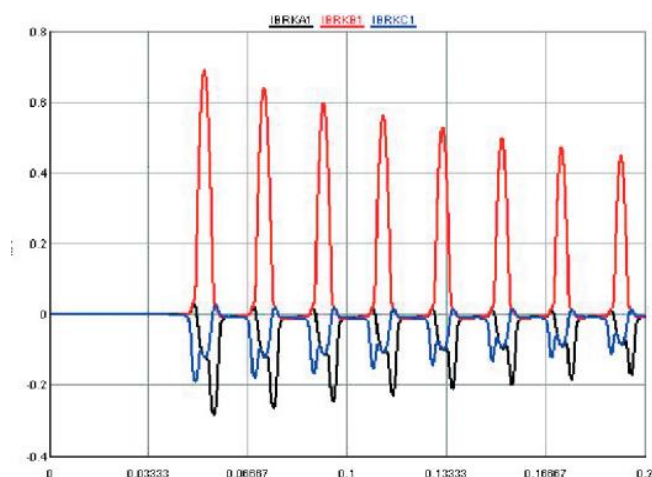


Рисунок 6 – Осциллограмма броска тока намагничивания трансформатора

На основе данной модели можно также провести испытания дифференциальной защиты трансформатора при различных вторичных нагрузках на трансформаторе тока. Осциллограмма в нормальном режиме представлена на рисунке 7, а. При превышении допустимой вторичной нагрузки трансформатор тока входит в насыщение, в результате чего происходит искажение его вторичного тока (рисунок 7, б).

Результатом насыщения трансформатора тока является повышение погрешностей, которые в переходных режимах КЗ оказываются значительно выше, чем в установившемся режиме, что затрудняет обеспечение селективности и снижает быстродействие дифференциальных защит.

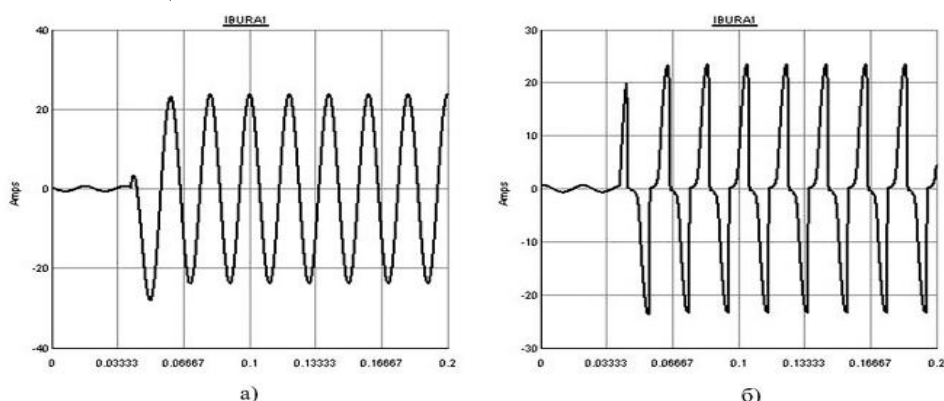


Рисунок 7 – Осциллограмма тока КЗ во вторичной обмотке трансформатора тока

Из вышеизложенного видно, что применение моделирования в реальном времени на программно-аппаратном комплексе RTDS позволяет производить испытания устройств релейной защиты и автоматики, что позволит повысить техническое совершенство РЗА и в конечном итоге – качество электроснабжения потребителей.

Комплексы RTDS позволяют решать широкий спектр технических проблем без необходимости проведения сложных, дорогостоящих и опасных натурных испытаний, без проведения пилотной эксплуатации оборудования на энергообъектах. Комплексы RTDS существенно упрощают процедуры аттестации различных видов вторичной аппаратуры, повышают объективность аттестации.

Так же комплексы RTDS широко используют в обучающих целях как для проведения занятий со студентами вузов, так и для повышения квалификации персонала энергопредприятий.