

Исследовательский комитет В5 «Релейная защита и автоматика»
ПТ1 «Оптимизация систем Защиты, Автоматизации и Управления
(PACS) и управление PACS в течение всего срока службы»

**Применение оптимизационных методов при создании функционально
интегрированных систем релейной защиты и автоматики.**

А.Ф. ДЬЯКОВ, А.А. ВОЛОШИН, А.В. ЖУКОВ, Г.С. НУДЕЛЬМАН
НИУ «МЭИ», ОАО «СО ЕЭС», ОАО «ВНИИР»
Россия
voloshinaa@mpei.ru

Применение современных информационных технологий для реализации функций релейной защиты и автоматики (РЗА) создает условия и вызывает необходимость разработки новых принципов создания систем РЗА для обеспечения их эффективного использования на всех этапах жизненного цикла, повышения уровня их технического совершенства и надежности функционирования. При разработке устройств РЗА с применением стандарта МЭК 61850 появляется возможность использования специализированных промышленных компьютеров (СПК). Важным отличием СПК от традиционных МП терминалов РЗА должна стать возможность свободной конфигурации и оптимизация состава выполняемых ими функций РЗА. В отличие от обычных промышленных компьютеров СПК имеют операционную систему, обеспечивающую возможность ведения информационной модели защищаемого объекта и выполнение информационного обмена между функциями РЗА как в рамках одного СПК, так и в разных СПК. При этом настройка коммуникационных интерфейсов для передачи данных между СПК выполняется операционной системой автоматически.

Создание современных функционально интегрированных РЗА на предлагаемой технической платформе должно поднять уровень их технического совершенства, прежде всего, за счет решения задачи автоматической адаптации функционала системы РЗА к изменению условий ее работы в энергосистеме и автоматической оптимизации архитектуры функционального взаимодействия при изменениях в составе технических средств системы, возможных во время эксплуатации. При этом, главной задачей является достижение необходимого интеллектуального уровня разработки алгоритмов функционирования комплекса РЗА, критериев и методов оптимизации и обеспечения надежности функционирования, реализуемых в программном обеспечении (ПО). Именно совершенство ПО определяет длительность жизненного цикла системы РЗА, технические средства системы должны обеспечивать требуемую аппаратную надежность и поддержку указанного ПО в процессе их модернизации или замены. Функционально интегрированные системы РЗА с гибкой функциональной структурой обладают свойствами автоматической самонастройки и самоорганизации. При этом под самонастройкой понимается автоматический расчет настроечных параметров функционирования устройств РЗА при изменении условий чувствительности и селективности РЗА в защищаемой сети. Под самоорганизацией понимается автоматический выбор из базы знаний требуемого состава функций РЗА для всех элементов первичного оборудования энергообъекта, а также последующее их автоматическое распределение по СПК и организация информационного обмена между СПК. Самонастройка и самоорганизация системы РЗА должна выполняться в координации с данными мониторинга состояния первичного оборудования и состояния

информационно-коммуникационной инфраструктуры. Это позволяет обеспечить автоматическую реконфигурацию функциональной структуры и поддержание требуемого уровня надежности функционирования системы РЗА во время эксплуатации при изменении состава защищаемого оборудования или отказах отдельных элементов системы РЗА.

Основной принцип работы оптимизационных методов, применяемых для реализации функционально интегрированных систем РЗА с гибкой функциональной структурой, заключается в следующем. На первом этапе определяется требуемый состав функций РЗА для каждого защищаемого элемента сети. Требуемый состав функций определяется с использованием механизмов логического вывода из базы знаний РЗА, которая формируется на основе действующих нормативно-технических документов, регламентирующих правила создания РЗА. На втором этапе осуществляется оптимальное распределение функций РЗА по СПК. Для этого каждой функции РЗА присваивается набор параметров, определяющих условия их распределения по СПК. К таким параметрам относятся, например, назначение функции РЗА (основная или резервная защита), требуемый уровень функциональной надежности, вычислительный ресурс, состав входных и выходных сигналов и др. Кроме того, в качестве параметров оптимизации используются величина резервов по вычислительной мощности и информационной нагрузке коммуникационных интерфейсов. Это необходимо для реализации оптимального управления функциональной структурой системы РЗА в течение всего срока службы с учетом возможных в процессе эксплуатации сценариев возникновения неисправностей отдельных технических средств РЗА, а также возможных изменений функциональности РЗА, связанных с перспективными планами развития электроэнергетических систем.

На стадии разработки системы РЗА при определении начальной функциональной структуры предполагается, что для каждой функции РЗА применяется отдельный СПК. На стадии эксплуатации в качестве начальной функциональной структуры используется существующее на энергообъекте распределение функций РЗА по СПК. Затем вычисляется значение минимизируемой целевой функции распределения функций РЗА по СПК. Значение указанной целевой функции складывается из значений весовых показателей совмещения функций РЗА с разным назначением и с разными требованиями по надежности в одном устройстве, значений весовых показателей неполного использования вычислительных ресурсов СПК, значений весовых показателей количества используемых СПК и значений весовых показателей допустимой информационной нагрузки коммуникационных интерфейсов СПК. Работа оптимизационных методов основывается на применении генетических алгоритмов. Изменяемыми параметрами в работе оптимизационных методов являются так называемые «координаты» функций РЗА, определяющие их размещение в том или ином СПК. Затем по определенным правилам выполняется синтез структуры локальной вычислительной сети, обеспечивающей необходимый информационный обмен между СПК.

В настоящей статье описываются основные решения по применению оптимизационных методов для создания функционально интегрированных систем РЗА с гибкой функциональной структурой и концептуальная архитектура самонастраивающихся и самоорганизующихся систем РЗА. Описывается создание онтологии релейной защиты и автоматики с использованием языка описания онтологий (Web Ontology Language, OWL DL 2.0). Приводится описание оптимизационных методов определения функциональной структуры системы, использующих разработанную онтологию РЗА, с учетом разработанных критериев оптимальности и

ограничений. Показываются различия в применении оптимизационных методов на стадиях разработки и эксплуатации системы РЗА. Описываются результаты применения оптимизационных методов на примере разработки функционально интегрированной системы РЗА подстанции.