ВНЕДРЕНИЕ ПРИНЦИПОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

в архитектуру автоматики управления дугогасящим реактором

В СТАТЬЕ РАССМАТРИВАЕТСЯ НОВЫЙ ПОДХОД К РЕАЛИЗАЦИИ АВТОМАТИКИ ДУГОГАСЯЩЕГО РЕАКТОРА. АВТОРЫ ПРЕДЛАГАЮТ ВНЕДРИТЬ В СУЩЕСТВУЮЩУЮ АРХИТЕКТУРУ АВТОМАТИКИ ДГР СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА, ОСНОВАННЫЕ НА ПРИНЦИПАХ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

THE ARTICLE DEALS WITH THE NEW APPROACH TO IMPLEMENTATION OF AUTOMATION OF THE ARC SUPPRESSION COIL. THE AUTHORS SUGGEST IMPLEMENTING THE MODERN METHODS OF ANALYSIS BASED ON THE PRINCIPLES OF MACHINE LEARNING TO THE EXISTING STRUCTURE OF AUTOMATION OF ARC SUPPRESSION COIL

Ключевые слова: *машинное обучение, дугогасящий реактор, однофазное замыкание, автоматизация, распределительные сети, обучаемый модуль.*

Дементий Юрий Анатольевич
руководитель группы, ООО «Релематика», к.т.н.

Шорников Евгений Владимирович
инженер-исследователь, ООО «Релематика»

Развитие распределительных сетей и, как следствие, увеличение емкостных токов приводит к все более жестким требованиям к точности настройки компенсации с применением дугогасящих реакторов (ДГР). Установка ДГР в нейтраль распределительной сети и корректная его настройка позволяют повысить надежность электроснабжения потребителей, так как точная компенсация емкостного тока значительно снижает вероятность перехода однофазных замыканий в аварийные режимы, требующие отключения, такие как двух- и трехфазные короткие замыкания [1].

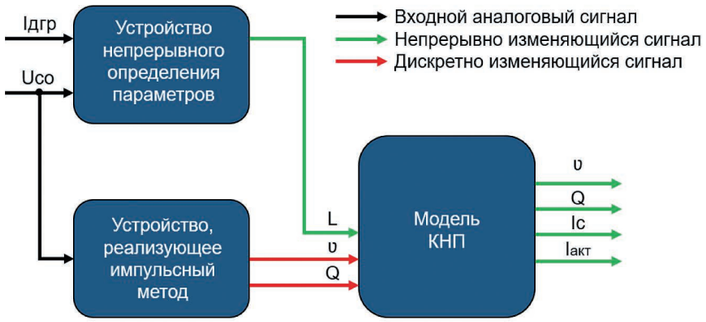
Самым распространенным типом ДГР является плунжерный. Он представляет из себя катушку индуктивности с изменяемым воздушным зазором [2]. Такой принцип действия позволяет плавно изменять индуктивность во время настройки, что является основным преимуществом реакторов такого типа. В данной работе речь пойдет только о плунжерных ДГР.

Основным показателем баланса индуктивного и емкостного тока в месте ОЗЗ является расстройка. Равенство амплитуд реактивных токов приводит к резонансу в контуре нулевой последовательности, при этом значение расстройки равняется нулю. Зная значение расстройки и имея плавно регулируемый ДГР, остается лишь воспользоваться автоматикой ДГР для выполнения настройки. Предельно допустимое отклонение расстройки от нуля закреплено в нормативных документах – 5 % [3]. Некоторые внутренние документы крупных компаний устанавливают более жесткие требования, вплоть до 1 % [4].

Существует несколько групп методов управления компенсацией емкостных токов:

1. Экстремальные методы. Данные методы основаны на поиске пика модуля напряжения нейтрали или нуля фазы напряжения нейтрали. Основная сложность в реализации таких методов состоит в том, что для их работы требуется естественное смещение нейтрали. Кроме того, точность прямо пропорциональна добротности сети.
2. Методы наложения сигнала непромышленной частоты. Данные методы основаны на измерении проводимости контура нулевой последовательности (КНП) на разных частотах. Недостатком данных методов является высокая сложность и стоимость источников, включаемых в нейтраль.
3. Импульсные методы. Данные методы основаны на генерации импульсов с последующим анализом вызванных ими переходных процессов. Недостатком этих методов является дискретность измерения расстройки, а также высокая сложность выполнения анализа переходных процессов в реальном времени.

РИС. 1. Блок-схема комплексного метода: $I_{дгр}$ – ток первичной обмотки ДГР; $U_{со}$ – напряжение сигнальной обмотки; L – индуктивность ДГР; υ – расстройка; Q – добротность; I_c – емкостный ток; $I_{акт}$ – активная составляющая тока ОЗЗ



Вследствие ужесточения требований к точности компенсации токов ОЗЗ появляется необходимость разработки нового алгоритма, лишенного недостатков, описанных выше.

В качестве основы для нового алгоритма предлагается применить принцип обучения с учителем, заимствованный из машинного обучения. Такой подход позволяет разработать модульную систему, непрерывно определяющую индуктивность в любой момент времени в любом положении плунжера ДГР (рисунок 1).

Ключевым звеном разрабатываемого алгоритма является обучаемый модуль, который находится в составе блока устройства непрерывного определения параметров. Он позволяет определить неизвестные параметры КНП путем использования априорной информации о модели КНП, полученной в процессе обучения.

Разрабатываемый алгоритм целесообразно совмещать с активными методами анализа параметров КНП, например с импульсным методом. Переходный процесс, обусловленный импульсом, позволит комплексному методу получить достаточное количество информации для непрерывного измерения индуктивности.

В настоящее время ведутся работы по внедрению предлагаемых принципов в автоматику ДГР на базе универсальной платформы ТОР 300 производства компании ООО «Релематика». Надежность данной платформы и ее соответствие требованиям подтверждены сертификатами соответствия требованиям нормативных документов, а также успешным многолетним опытом эксплуатации. Кроме того, ТОР 300 аттестован в качестве точного средства измерения и внесен в государственный реестр средств измерений под № 67307-17. Применение данной платформы для реализации метода гарантирует качество получаемых результатов.

Литература

1. *Дементий Ю.А. Методы и средства компенсации полного тока однофазного замыкания на землю в распределительных сетях: дис. ... канд. техн. наук. ЧГУ им. Ульянова, Чебоксары, 2018.*
2. *Соловьёв И.В. Совершенствование управления компенсацией емкостных токов замыкания на землю в распределительных электрических сетях: дис. ... канд. техн. наук. ЧГУ им. Ульянова, Чебоксары, 2018.*
3. *Правила устройства электроустановок. 7-е изд. Утв. Приказом Минэнерго России от 20.05.2003 № 187. – М.: ЭНАС, 2003.*
4. *СТО 34.01-3.2-008-2017 Реакторы заземляющие дугогасящие 6-35кВ. Общие технические требования. Стандарт организации ПАО «Россети».*

Keywords: *machine learning, arc-extinguishing reactor, single-phase closure, automation, distribution networks, trainable module.*