



<http://www.cigre.org>

2018 Paris Session

Исследовательский комитет С4 «Технические характеристики систем»
ПТ 3 «Прогресс в области вычислительных средств, моделей, методик и анализа технических характеристик энергосистем»

**Расстановка PMU в сети переменного тока
110 – 220 кВ для идентификации математической модели режима энергосистемы Калининградской области**

М.Г. ГАДЖИЕВ, Е.А. ГУЛЕВИЧ, Ю.В. ШАРОВ

**Федеральное бюджетное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ»
Россия**

В.Н. РЯБЧЕНКО

**Акционерное общество «Научно-технический центр Федеральной сетевой компании Единой энергетической системы»
Россия**

e-mail: ryabchenko.vn@gmail.com

Современные системы управления технологическими процессами базируются на математических моделях, основаны на наблюдении за динамическими процессами и идентификации математических моделей. Идентификация представляет собой обязательный элемент и наиболее сложную стадию процесса поиска решения актуальных прикладных задач управления. В процессе идентификации создаются адекватные модели, необходимые для практического использования математических методов и сложных наукоемких технологий.

Математические модели реально функционирующих объектов обычно содержат неизвестные структуру и/или параметры, определение которых составляет существо задачи соответственно структурной и параметрической идентификации. Точные или приближенные оценки неизвестных параметров определяются в результате обработки наблюдаемых входных и выходных сигналов идентифицируемой динамической системы. В наиболее широкой постановке задачи идентификации предполагается наличие случайных факторов, при которых точные измерения невозможны.

Создаваемые сегодня распределенные в пространстве и синхронизированные по времени системы векторных измерений электрических величин WAMS вывели проблему идентификации энергосистемы на уровень, когда успешность ее решения зависит от используемых методов и алгоритмов.

В докладе рассматривается решение задачи расстановки устройств векторных измерений PMU в энергосистеме Калининградской области для решения задачи параметрической идентификации математической модели режима энергосистемы.

Генерация энергосистемы Калининградской области в настоящее время представлена Калининградской ТЭЦ-1 и ТЭЦ-2, Гусевской ТЭЦ и Светловской ГРЭС. При этом основной объем (более 90%) вырабатываемой и потребляемой в Калининградской области электроэнергии приходится на Калининградскую ТЭЦ-2.

Хотя Калининградская ТЭЦ-2 является современной электростанцией, но в силу того, что энергосистема области напрямую не связана с энергосистемой России, а связана с энергосистемой Литвы, существуют риски оперативного транзита резервных мощностей из энергосистемы Литвы, а также технологического отделения энергосистемы прибалтийской страны. Данное обстоятельство снижает надежность энергоснабжения региона. В связи с этим, правительство РФ намеренно в ближайшем будущем усилить энергосистему Калининградской области путем модернизации сетей и строительства четырех электростанций (одной угольной электростанции и трех электростанций, работающих на природном газе) общей электрической мощностью около 1 ГВт.

Предполагается, что внедрение WAMS в энергосистему Калининградской области обеспечит эффективное решение задачи идентификации режима энергосистемы и позволит в реальном масштабе времени формировать адекватные линейные и нелинейные математические модели, пригодные для анализа соответственно статической (по первому, линейному приближению) и динамической (по полной нелинейной модели) устойчивости, определения их запасов, а также синтеза векторного управления синхронными машинами, системными стабилизаторами, сетевыми накопителями энергии и статическими компенсаторами реактивной мощности.

В основе применяемых алгоритмов идентификации лежит свойство инвариантности сдвига матрицы наблюдаемости Калмана, а критерием идентификации является минимум в среднем специально сконструированной целевой функции. Это позволяет идентифицировать полную и эквивалентную (упрощенную) математическую модель ЭЭС, а также синтезировать управляющие воздействия, обеспечивающие демпфирование колебаний и заданный запас статической устойчивости энергосистемы.

В связи с этим в качестве критерия расстановки PMU в энергосистеме Калининградской области выбран минимальный порядок матрицы наблюдаемости Калмана, обеспечивающий решение задачи параметрической идентификации. Математические методы и алгоритмы, использованные при решении рассматриваемой задачи расстановки PMU, включали эвристический, алгебраический методы и биотические алгоритмы. Окончательное решение принималось с помощью консенсуса. Математическое моделирование существующей и обновленной энергосистемы Калининградской области подтвердило правильность полученного решения.