

УДК 621.316

АНАЛИЗ ВАРИАНТОВ ТОПОЛОГИЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ ВИРТУАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Аксенова А.А., студент гр. ЭРб-171, III курс

Научный руководитель: Паскарь И.Н., старший преподаватель
Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева
г. Кемерово

Топология электрической сети ЭТК – это конфигурация электрической сети, которая учитывает схемы расположения и соединения объектов в своем составе, а также отображает распределение потоков мощности между этими объектами.

Виртуальная электростанция (ВЭ) – группа распределенных генерирующих установок, управляемых нагрузок и систем хранения, которые объединены для работы в качестве уникальной электрической станции [1]. Также ВЭ предполагает использование как традиционных, так и возобновляемых источников энергии, и имеет в наличие систему управления EMS, координирующую потоки электрической энергии.

Рассмотрим все возможные варианты топологий виртуальной электростанции.

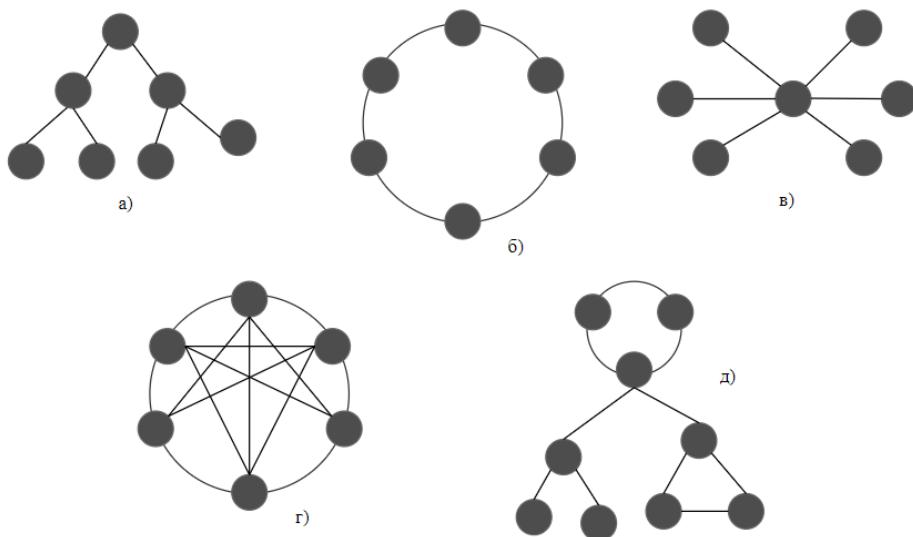


Рис.1. Варианты топологии электрической сети виртуальной электростанции:
 а) древовидная; б) кольцевая; в) звезда; г) полносвязная; д) смешанная

Древовидная топология – это такая топология электрической сети, в которой каждый узел более высокого уровня связан с другими узлами более низкого уровня связью «звезда», образуя между собой несколько звездооб-

разных комбинаций. Древовидная топология сетей также может называться иерархической звездой, является наиболее часто используемой топологией.

Кольцевая топология – тип топологии, при котором каждый элемент электрической сети соединен линиями связи только с двумя другими элементами сети. Все элементы являются равноправными, а передача данных происходит последовательно от одной рабочей станции к другой и только в одном направлении, то есть по кольцу.

Топология звезда – это такой вид топологии электросети, в котором все рабочие элементы сети присоединены к одному главному (центральному) узлу, который осуществляет управление всей электрической системой.

Полносвязная топология – топология электрической сети, в которой каждый рабочий элемент системы присоединен ко всем остальным элементам.

Смешанная топология – это вид топологии, имеющий произвольные связи между рабочими элементами электрической сети.

Сравним возможные варианты топологии электрической сети (табл. 1).

Таблица 1
Варианты топологии электрической сети

Топология	Преимущества	Недостатки
Древовидная	1. Небольшая длина КЛ, соединяющей элементы сети 2. Самая распространенная топология	1. Большое количество рабочих элементов электрической сети
Кольцевая	1. Простота подключения 2. Возможность бесперебойной работы при интенсивной нагрузке электрической сети	1. Выход из строя одного рабочего элемента или обрыв КЛ спровоцирует сбой в работе всей электрической сети 2. Изменения конфигурации сети требует остановки работы всей сети
Звезда	1. Возможность простого отключения неисправного элемента 2. Выход из работы одного рабочего элемента не отражается на работе всей сети 3. Легкий поиск неисправностей и обрывов КЛ 4. Высокая производительность электрической сети	1. Неисправность главного элемента вызывает остановку работы всей системы 2. Большой расход КЛ, необходимой для соединения рабочих элементов сети

	5. Централизованный контроль и управление	
Полносвязная	1. Логическая простота	1. Громоздкость и неэффективность 2. Каждой паре элементов необходима своя независимая линия 3. Ограничение по количеству подключаемых рабочих элементов
Смешанная	1. Универсальность подключений рабочих элементов электрической сети 2. Возможность подключения любого количества станций 3. Наличие отдельных произвольных подсетей	1. Сложность в диагностике, настройке и обслуживании из-за различных вариантов подключения элементов электрической сети

Определить единственно верный вариант построения сети ЭТК невозможно, так как топология сети во многом зависит от назначения, местоположения ВЭ, а также от уровня питающего напряжения, количества, типа и параметров источников.

На стадии проектирования ВЭ актуально выбрать оптимальную топологию электрической сети ЭТК, которая обеспечит высокую надежность электроснабжения, а также высокое качество электрической энергии при условии минимальных потерь передаваемой мощности.

Также необходимо выполнить анализ подходов при выборе оптимальной топологии электрической сети ЭТК, функционирующего по принципу виртуальной электростанции. Полученные результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2

Анализ подходов при выборе оптимальной топологии электрической сети

Страна	Подход к оптимизации топологии	Преимущества подхода	Недостатки подхода
Бразилия	Определение глобального индекса производительности	1. Небольшое количество необходимых исходных данных 2. Учет фактора экологического загрязнения	1. Подходит только для задач малой размерности 2. Не учитывает возможность разнородных источников РГ

Иран	Бинарная оптимизация роя частиц	1. Масштабируемость 2. Возможность углубленного учета экономических аспектов с учетом расширения сети 3. Возможность применения для любых вариантов структур	1. Сложность проведения расчетов 2. Необходимость в большом количестве исходных данных
Словакия	Алгоритм роя ускоренных частиц	1. Масштабируемость 2. Возможность адаптации к изменениям в условии задачи	1. Сложность проведения расчетов 2. Сложность адаптации алгоритма к определенному объекту 3. Необходимость в большом количестве исходных данных
Индия	Определение индекса чувствительности по напряжению	1. Простота в реализации 2. Небольшое количество необходимых исходных данных	1. Подходит только для задач малой размерности 2. Отсутствие многокритериальности оптимизации 3. Не учитывает возможность разнородных источников РГ 4. Отсутствие экономического фактора при оптимизации
Египет	Алгоритмы на основе The Big Bang-Big Crunch метода	1. Возможность адаптации к изменениям в условии задачи 2. Масштабируемость 3. Возможность применения для любых вариантов структур	1. Сложность проведения расчетов 2. Сложность адаптации алгоритма к определенному объекту 3. Необходимость в большом количестве исходных данных

Проведенный анализ методов оптимизации топологии электрической сети ЭТК, функционирующего по принципу ВЭ, показал, что существующие алгоритмы выбора наиболее оптимального варианта отличаются отсутствием универсальности, а также сложностью в проведении расчетов и адаптации алгоритмов оптимизации к конкретному объекту. Большинство методов оптимизации требуют большого количества исходных данных, необходимых для проведения расчетов.

Аналитические методы и методы численного моделирования возможно применять только для расчетов задач, имеющих относительно малую размерность.

Опираясь на проведенный анализ можно сделать вывод, что подход, предлагаемый Ираном и Словакией, имеет не только теоретическое сходство, но и также обладает схожими плюсами и минусами таких методов оптимизации. Бинарная оптимизация роя частиц и алгоритм роя ускоренных частиц имеют высокую сложность расчетов, что займет большое количество времени для оптимизации такими методами.

Также видно, что подход по методу определения глобального индекса производительности (Бразилия) и метод определения индекса чувствительности по напряжению (Индия) можно применять только в том случае, когда имеется малое количество исходных данных и малая размерность этих данных.

Алгоритм оптимизации, предложенный учеными из Египта, обладает наибольшей универсальностью, но также имеет сложность в проведении расчетов и требует большого количества исходных данных.

Таким образом, рассмотренные методы оптимизации топологии электрической сети можно применять в задачах выбора оптимальной топологии электрической сети ЭТК, объединяющего децентрализованные системы энергоснабжения и функционирующего по принципу виртуальной электростанции.

Список литературы:

1. Lombardi, P. Optimal operation of a virtual power plant / P. Lombardi, M. Powalko, K. Rudion // 2009 IEEE Power & Energy Society General Meeting. – Calgary, Canada. – 2009. – pp. 1-6.
2. Лоскутов, А.Б. Управление распределительными сетями в условиях формирования новых источников, способов транспортировки и хранения энергии / А.Б. Лоскутов, А.А. Лоскутов, Д.В. Зырин // Будущее технической науки: сборник материалов XVI междунар. молодеж. науч.-техн. конф. – Н.Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2017. – С. 146.
3. Соснина, Е.Н. Разработка программы для структурной оптимизации электротехнического комплекса виртуальной электростанции / Е.Н. Соснина, А.В. Шалухо, А.Ю. Кечкин, Н.В. Шумский // Федоровские чтения 2016: ма-

териалы XLVI междунар. науч.-практ. конф.: под общей ред. Б.И. Кудрина, Ю.В. Матюниной. – М: Изд. дом МЭИ, 2016. – С. 297-298.

4. Соснина, Е.Н. Оптимизация электротехнического комплекса виртуальной электростанции с источниками распределенной генерации / Е.Н. Соснина, А.В. Шалухо, А.Ю. Кечкин // Фёдоровские чтения 2017: материалы XLVII междунар. науч.-практ. конф.: под общей ред. Б.И. Кудрина, Ю.В. Матюниной. – М: Изд. дом МЭИ, 2017. – С. 312-320.

5. Соснина, Е.Н. Повышение эффективности децентрализованных систем электроснабжения / Е.Н. Соснина, А.В. Шалухо, И.А. Липужин, А.Ю. Кечкин, А.А. Ворошилов // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2018. – №3(122). – С. 81-91.