

УДК 621.31

ПРИМЕНЕНИЕ НОВЫХ ПОДХОДОВ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ЛИНИЙ ДЛЯ ОБЪЕКТОВ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ

Фатин М.А., студент гр. ЭРб-201, III курс
Научный руководитель: Корнеев А.С., ассистент
Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева
г. Кемерово

Распределенная энергетика (РГ) – установки генерации электроэнергии, расположенные рядом с потребителем. К основным достоинствам такого вида получения электроэнергии относят компактность и низкие потери при транспортировке энергии. Зачастую к ней относятся объекты генерации с установленной мощностью равной или менее 25 МВт. [1] Как было отмечено выше РГ уже стала неотъемлемой частью в российской энергетике — суммарная установленная мощность объектов составляет от 12 до 17 ГВт. Помимо этого, у крупных промышленных потребителей существует уже достаточно большое количество установок РГ мощностью более 25 МВт. На данный момент на территории РФ расположено более 50 тысяч объектов малой генерации, рост количества объектов также свидетельствует о развитии данной отрасли. Однако несмотря на всеобщий интерес к РГ, с внедрением этих систем повсеместно все еще есть некоторые проблемы, например, пропускная способность линий электропередач.

Отдельным фактором разработки и развития систем РГ, являющимся специфическим для Российской Федерации, к ним относятся ограниченная пропускная способность распределительных сетей и высокая стоимость подключения к ним. Немаловажным для функционирования технологического процесса крупного промышленного потребителя является надёжная схема, которая будет способна обеспечивать предприятию надежное электроснабжение и соответствующее качество электрической энергии. [2]

Пропускная способность линии электропередач описывается параметром максимальной передаваемой по линии мощности, которая не нарушает параметров ограничений, введенных технологическим диспетчером или обусловленных техническими параметрами линии передач, а также, параметрами качества электрической энергии [7]. Такими ограничениями могут являться ограничения по:

- статической и динамической устойчивости;
- допустимому нагреву проводов; максимальным уровням напряжения по концам линий; минимально допустимому КПД линии;
- допустимым токам коммутационной аппаратуры.

Рассмотрим некоторые способы увеличения пропускной способности линий.

1) Оптимизация системы.

В распределительных сетях железных дорог в технологиях управления режимами невозможно изменить их топологию для снижения перегрузки и потерь э/э. С развитием использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ) появляется необходимость внедрения специальных технических решений по повышению пропускной способности перспективных распределительных электрических сетей железных дорог. Эту задачу можно рассматривать как оптимизационную, которая решается различными методами (рис. 1) [3].

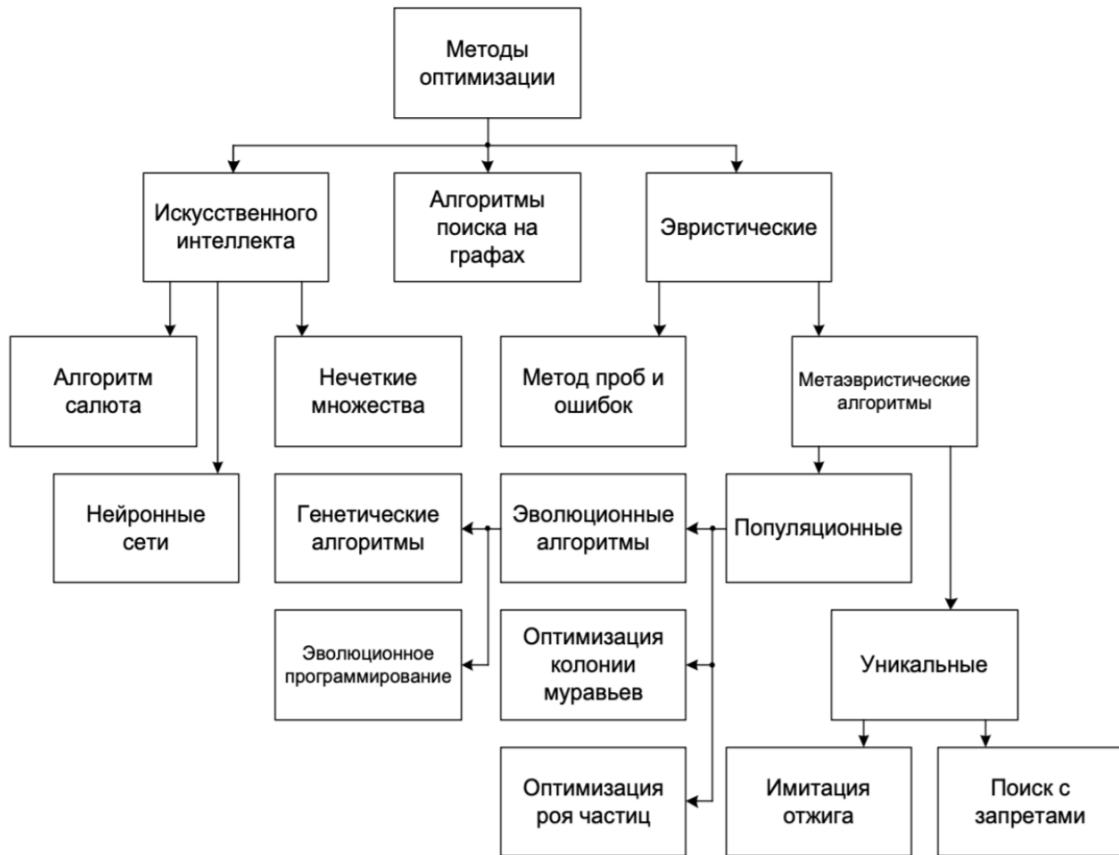


Рис. 1. Методы оптимизации для решения задачи реконфигурации электросети.

2) Высокотемпературные (ВТП) и компактные провода.

Для повышения пропускной способности сети используются не только приведенные выше методы. Например, применяют высокотемпературные провода (ВТП). При ограниченной пропускной способности распределительных сетей напряжением 110 кВ альтернативой строительству новых ЛЭП, в т.ч. для высвобождения мощности РГ производится замена проводников на высокотемпературные, обладающие повышенной пропускной способностью, что способствует её увеличению в 1,5-2 раза, что также увеличивает качество работы сетей в регионах с высокой гололёдной нагрузкой, при этом повышается стоимость провода в 1,5-2 раза, относительно провода, который используют сейчас. [2, 4, 7].

Достоинства высокотемпературных проводов представлены в таблице 1 (табл.1)

Таблица 1. Достоинства ВЛ с высокотемпературными проводами

Преимущества	Пояснение
Минимальные провисания	Крепость жил, минимальный риск обрыва
Незатруднительный процесс разрушения обледенения	Высокая плотность тока, высокая температура
Повышенная пропускная способность	Высокая рабочая температура, при одинаковом сечении, низкое активное сопротивление

Номенклатура данных проводов достаточно обширна, поэтому приведем в пример несколько наиболее известных марок зарубежного производителя: ZTAL (сплав алюминия и циркония), ACSS (отожжённый алюминий), TACIR (термостойкий сплав алюминия и циркония) и т.д. Из основных недостатков по отношению к проводам типа АС можно выделить более низкий предел прочности и увеличение стоимости на 20-50 процентов.

Компактные провода, в свою очередь, имеют более высокую пропускную способность за счет своего конструктивного исполнения, которое позволяет качественно заполнить поперечное сечение токопроводящим материалом. Пропускная способность увеличивается в среднем на 10 процентов. Наиболее ярким представителем этого класса является провод бельгийского производства AERO Z. При сопоставлении этого провода с классическим вариантом отмечается сниженная масса и удельное сопротивление, увеличение предела прочности. Однако стоимость этого провода превышает стоимость провода АС в 5-6 раз.

3) Поперечная компенсация.

В основе данного технического решения лежит идея о том, чтобы поддерживать на одном уровне значение напряжения в любой промежуточной точке электропередачи, для приведения её пропускной способности к длине наиболее протяженного участка, а при неограниченном делении к неограниченному росту пропускной способности.

4) Предельная протяженность скомпенсированных участков.

При передаче по линии мощности значением, не соответствующим её натуральной, в виду избытка реактивной мощности генерируемой линией будет наблюдаться повышение напряжение в промежуточных точках. При учете протяженности линии, в режиме холостого хода напряжение вдоль линии превысит допустимые уровни относительно значения по концам ВЛ. Данное значение будет ограничиваться для линии сверхвысокого напряжения в установившихся режимах следующими условиями: длительно допустимый уровень по условию изоляции ЛЭП, по условию общего коронирования проводов и уровню радиопомех.

5) Компенсация реактивной мощности.

При соблюдении равенства мощностей электрического и магнитного поля называется режимом, сбалансированным по реактивной мощности.

Данный случай является частным и соответствует режиму передачи натуральной мощности, в подавляющем большинстве режимов возникает необходимость по проведению, при соблюдении при этом нормативных документов, регламентирующих параметры режима электропередачи, технических мероприятий для потребления избыточной, либо генерации дефицитной реактивной мощности. Для выполнения вышеуказанных требований необходима установка определенного класса электротехнических компенсирующих устройств (КУ), которые делятся, конструкционно, на статические и электромашинные. Так же следует обратить внимание на устройства действия которых направленно на генерацию и потребление реактивной мощности. В настоящий момент к данным устройствам можно отнести АСК, СТК, СТАТКОМ и ИРМ на базе УШР.

б) Управляемые шунтируемые реакторы (УШР).

Для того чтобы потребление реактивной мощности не имело скачкообразного изменения параметров были разработаны УШР с целью облегчить и улучшить условия эксплуатации электрических сетей. На сегодняшний день применяется несколько типов шунтирующих реакторов: трансформаторного типа, управляемые тиристорными вентилями (УШРТ), реакторы с подмагничиванием (УШРП) и управляемый шунтирующий реактор на основе вакуумно-реакторной группы (УШРВ).

К реакторам второго порядка относится реактор, в котором индуктивность происходит за счет подмагничивания якоря ввиду насыщения стали сердечника магнитным потоком. [8]

Помимо технологических примеров рассмотрим зарубежной опыт Системного оператора (СО) других стран в решении проблемы пропускной способности линии.

Системный оператор Румынии Transelectrica возобновил работу над проектом Oradea–Békéscsaba – строительство ВЛ 400 кВ между румынским городом Oradea и венгерским городом Békéscsaba.

Благодаря новому соединению увеличатся как экспортная, так и импортная пропускная способность – на 100 МВт и 300 МВт соответственно. В настоящее время в Румынии пропускная способность трансграничных соединений составляет только 7%, если сравнивать с общей установленной мощностью генерации по стране, хотя разработанные ЕС правила требуют не менее 10% не позднее 2020 г. Ввод ВЛ Oradea–Békéscsaba в эксплуатацию позволит достигнуть этого целевого показателя. [5]

СО Австралии также разрабатывает проекты по повышению пропускной способности своих линий.

Проект AAPL (Australian–ASEAN Power Link) предусматривает строительство высоковольтного соединения пропускной способностью 3 ГВт и протяженностью $\approx 4\,500$ км, из которых $\approx 3\,700$ км будет проложено под водой, а также крупнейших в мире солнечной электростанции установленной мощностью 10 ГВт и накопительного комплекса на 30 ГВтч. Общая стоимость проекта составляет около 15,8 млрд долларов, его разработчиком выступает австралийская компания Sun Cable. [6]

Таким образом, можно сделать вывод о том, что современные научно-технические достижения позволяют различными методами достигать нужной пропускной способности линий. При этом выбор способа повышения пропускной способности должен исходить из различных факторов.

Список литературы

1. Инвест-Форсайт. Распределенная генерация: будущее энергетики или тупик? [Электронный ресурс] URL: <https://www.if24.ru/budushhee-energetiki/>
2. Петрушин Д. Тренд времени - распределённая генерация: как он реализуется в России и как влияет на отрасль / Д. Петрушин. – Санкт-Петербургский государственный политехнический университет (ФГБОУ ВПО «СПбГПУ»), 2020. – URL: <https://nauchkor.ru/pubs/trend-vremeni-raspredelyonnaya-generatsiya-kak-on-realizuetsya-v-rossii-i-kak-vliyaet-na-otrasl-5f5d2867ab539300018359cf> (дата обращения: 31.03.2023). – Текст : электронный.
3. Черемисин В. Т. Повышение пропускной способности распределительных электрических сетей с возобновляемыми источниками энергии путем их реконфигурации / В. Т. Черемисин, Е. А. Третьяков // Bulletin of the Tomsk Polytechnic University Geo Assets Engineering. – 2020. – Т. 331. – № 3. – С. 112-122.
4. Обзор методов повышения пропускной способности линий электроэнергетических систем / Д. Ю. Шевченко, Д. И. Данилов, А. О. Вирайло [и др.] // Молодой ученый. – 2016. – № 132. – С. Т.2. 18-23
5. Мониторинг событий, оказывающих существенное влияние на функционирование и развитие мировых энергосистем [Электронный ресурс] URL: https://www.so-ups.ru/fileadmin/news_import/070820_foreign_tso.pdf
6. Global Transmission Report [Электронный ресурс] URL: <https://globaltransmission.info>
7. Основные пути решения проблемы нехватки пропускной способности электрической сети / Т. Н. Андреевич, П. Р. Валерьевич, П. В. Сергеевич, Ж. В. Родионович // Научный журнал. – 2019. – № 7 (41). – С. 47-50.
8. Способы повышения пропускной способности линии электропередачи / П. Р. Валерьевич, П. В. Сергеевич, Т. Н. Андреевич, Д. М. Варданович // Научный журнал. – 2019. – № 7 (41). – С. 38-43.