

СРЕДСТВА ПОВЫШЕНИЯ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ЛИНИИ

В.В. Барулин, М.Е. Кашкаров
Томский политехнический университет
ИШЭ, ОЭЭ, группа 5А03

Одной из самых важных задач энергетики является передача электроэнергии от электростанции к потребителю. Чтобы описать максимальную мощность, которая может быть передана по линиям электропередач, было введено понятие пропускной способности. Однако передача электроэнергии ограничивается различными обстоятельствами. Примерами причин, по которым происходят потери электроэнергии в электрических сетях могут служить климатические условия, нагрузочные потери, расходы на поддержку работы подстанций. Мощность, которая может быть передана по ЛЭП, зависит от ее протяженности и напряжения следующим образом [1]:

$$P = \frac{U_1 \cdot U_2}{Z_c \cdot \sin(\alpha \cdot l)} \sin(\delta), \quad (1)$$

где U_1 и U_2 – напряжения на начальном и конечном участках ЛЭП; Z_c – волновое сопротивление линии; α – коэффициент, учитывающий влияние волнового характера распространения электромагнитного поля, l – длина линии, по которой передается мощность, δ – угол сдвига между напряжениями в начале и конце линии.

Ниже указаны некоторые наиболее распространенные пути повышения пропускной способности:

1. Предельная мощность, которую способны передать ЛЭП, зависит от квадрата напряжения, поэтому при небольшом возрастании напряжения, мощность будет заметно увеличиваться. А значит, повышая номинальное напряжения линий электропередач, можно повысить их пропускную способность.
2. Расщепление фаз, за счет которого уменьшается индуктивное сопротивление ЛЭП. Данный способ наиболее актуален для линий большой длины.
3. Продольная компенсация реактивного сопротивления ЛЭП.
4. Использование управляемых источников реактивной мощности (ИРМ). Примерами ИРМ могут служить перевозбужденные синхронные машины или синхронные компенсаторы. Если выбрать нужную для поддержания заданного напряжения в промежуточных точках линий мощность ИРМ, то эта мощность распределится между несколькими независимыми участками, и итоговая пропускная способность линии, взятой целиком, будет характеризоваться участком линии, который обладает минимальной предельной мощностью.

Одним из нетрадиционных способов является использование управляемые самокомпенсирующихся высоковольтных линий или коротко УСВЛ. Фазорегуляторы решают проблему поддержания напряжения в пределах требуемой величины. Для осуществления задумки используются многоцепные ВЛ. Самыми часто используемыми ВЛ являются двухцепные. Электрическое и магнитное влияния улучшаются благодаря максимальному сближению проводов различных фаз. Угол сдвига между векторами напряжений выставляется в пределах от 0 до 180 градусов. Также производится установка шунтирующих реакторов и батарей конденсаторов между фазами. Описанным выше способом можно изменять величину волнового сопротивления в формуле (1), обеспечивая тем самым широкий диапазон значений максимальной мощности [2].

На сегодняшний день результатами проведения соответствующих опытов и теоретического анализа стал расчет и создание моделей, определенных двухцепных УСВЛ, которые обладают номинальными напряжениями 10–1150 кВ. На основании полученных данных были решены такие вопросы инженерного характера, как: нестандартные взаимоположения фаз, изоляция фазных проводников друг от друга, разработка схем для подключения к подстанциям, а также применение таких устройств, как: фазорегуляторы, компенсаторы реактивной мощности и устройства релейной защиты и автоматики.

На данный момент в эксплуатацию были введены двухцепные самокомпенсирующие линии с номинальными напряжениями, находящимися в диапазоне 10–110 кВ. Был проведен технический анализ опорных конструкций с двумя стойками для УСВЛ с номинальным напряжением 110 кВ, также было проведено проектирование и проверка механических параметров сближенных фаз управляемых линий с номинальными напряжениями 110 и 220 кВ соответственно; проведены технико-экономические обоснования для использования УСВЛ между следующими пунктами: Курейской гидроэлектростанцией – и станциями города Норильска длиной 380 километров; Богучанская гидроэлектростанция – город Канск протяженностью 450 км. Номинальные напряжения вышеприведенных линий равняются 220 и 500 кВ соответственно. Выполнен вступительный концепт двухцепной управляемой линии 1150 кВ между Туруханской гидроэлектростанцией – и Центром, имеющей протяженность свыше 3675 км. На базе технических испытаний, проведенных в Институте Энергетики Молдавской Академии Наук, был построен опытный образец самокомпенсирующих линий напряжением 500 кВ с двумя расщепленными фазами с проводами типа 5хАС-300/39 и проведены эксперименты по определению электрических параметров воздушных зазоров и изоляции между фазными проводниками. В данных проектированиях и технических анализах участвовали многие ведущие энергетические компании и факультеты престижных университетов. На основе УСВЛ с номинальными напряжениями 330–1150 кВ разработаны варианты магистральных сетей, входящих в состав ЕЭС для стран, являющихся партнерами России в области энергетики. Однако, исследования в области управляемых самокомпенсирующихся высоковольтных линий еще не окончены и нуждаются в дальнейшем развитии. Рентабельность продолжения работ в данной сфере доказана на основании выполненных научно-исследовательских опытов. На основе полученных знаний и данных, в Молдавии были сооружены образцы ФРТ – 35 кВ, которые использовались для экспериментального испытания. Запорожский трансформаторный завод также произвел несколько образцов ФРТ с номинальным напряжением 110 кВ [3].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Проблемы передачи электроэнергии на дальние расстояния // Боровское исследовательское учреждение – Технологии XXI века. – Режим доступа: http://bourabai.ru/toe/dist_problems.htm (дата обращения 10.11.2022).
2. Агапов В.А., Копылов Д.А. Способы повышения пропускной способности линий электропередач // НАУКА В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ. – Кишинев: Оренбургский государственный университет, 2015. – С. 61–65.
3. Постолатий В.М., Быкова Е.В. Повышение пропускной способности и управляемости электропередач переменного тока // Институт энергетики АНМ, г. Кишинев. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-propusknoy-sposobnosti-i-upravlyaemosti-elektroperedach-peremennogo-toka/viewer> (дата обращения 25.11.2022).

АНАЛИЗ АВАРИЙ НА ГЭС

Л.А. Полуносик

Томский политехнический университет

ИШЭ, ОЭЭ, группа 5А91

В наше время активно изучаются и применяются различные возобновляемые источники энергии, на момент 2021 года доля возобновляемых источников энергии в мире составляла 28,1 % [1]. И с каждым годом эта доля увеличивается, к примеру, в 2010 году эта доля составляла 16,7 %. И одну из значимых частей этой энергетики занимает гидроэнергетика, на момент 2021 года она составляла 56,9 % от возобновляемых источников энергии, или же 16 % от всей мировой энергетики.