

АНАЛИЗ РЕЖИМОВ МУЛЬТИФАЗНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Л.Е. Иванов, В.В. Филиппков, Е.М. Шишков

Филиал Самарского государственного технического университета, Новокуйбышевск, Россия

Обоснование. Реновация технологической базы современных высоковольтных электрических сетей направлена на решение актуальных задач, определяющих эффективность функционирования электроэнергетических систем: увеличение пределов передаваемой мощности, уменьшение потерь при передаче энергии по сети, снижение величин электромагнитных полей вблизи линий электропередачи, уменьшение землеотвода под сооружение новых сетевых объектов. Для выполнения этих задач в работах [1, 2] предлагается ряд технических решений, связанных, прежде всего, с увеличением плотности расположения фаз высоковольтных линий электропередачи (ЛЭП), сопровождаемый использованием особых конструкций многоцепных, многофазных и разомкнутых линий. Предлагаемые технические решения объединяются понятием мультифазной линии электропередачи. Применение мультифазных ЛЭП [3, 4] позволяет повысить эффективность передачи, а также снизить негативное влияние электросетевых объектов на окружающую среду.

Цель — разработка математических моделей мультифазных линий электропередачи, реализующих конструкции многоцепных, многофазных и разомкнутых ЛЭП в воздушном или кабельном исполнении. Разработанные математические модели используются в процессе расчетов установившихся режимов электрических сетей, содержащих мультифазные ЛЭП.

Методы. При построении математических моделей используются методы математического анализа и уравнения математической физики. Математические модели мультифазных ЛЭП выполнены в фазных координатах. Результаты моделирования режимов в фазных координатах сравнивали с результатами, полученными с помощью метода симметричных составляющих. Аналитические выводы являются базисом для разработки расчетных моделей и методик. Виртуальные экспериментальные исследования проводили с использованием моделей реальных электроэнергетических объектов.

В мультифазной ЛЭП, как в протяженном объекте с распределенными параметрами, можно провести декомпозицию солидарного электромагнитного процесса установившегося режима на продольный электромагнитный и поперечный электростатический процессы. Модель самой мультифазной линии (см. рис.)



Рис. Модель МВЛ в виде обобщенной n -полюсной многопроводной схемы замещения для m -цепной МВЛ с k -грозозащитными тросами

при этом представляет собой многополюсную структуру, реализующую принцип построения П-образной схемы замещения с сосредоточенными параметрами. Собственные активные, собственные и взаимные индуктивные сопротивления составляют продольную часть, реализуемую с помощью матрицы полных сопротивлений \underline{Z} , а собственные и взаимные емкостные проводимости находятся в поперечной части схемы в виде матрицы проводимостей \underline{Y} .

Результаты. Для разработанной математической модели мультифазной ЛЭП в виде многопроводной схемы замещения произведена серия расчетов установившихся режимов четырехцепной комбинированной линии длиной 60 км с цепями 400 и 110 кВ. По результатам данного расчета выявлен вызванный электромагнитным и электростатическим влиянием переход мощности между цепями.

Выводы. Традиционные математические модели в виде однопроводных схем замещения в большинстве случаев при определении таких разностных параметров режимов мультифазных линий, как потери мощности и падения напряжений, дают значительные погрешности. Очевидно, что величины этих погрешностей превосходят допустимые границы для задач эксплуатации и экономических оценок в проектировании. В отдельных случаях относительная погрешность в определении потерь активной мощности в мультифазных ЛЭП, обусловленная использованием симметричных моделей, достигает значений в сотни процентов.

Ключевые слова: мультифазные линии электропередачи; самокомпенсация; электрические сети; разомкнутые ЛЭП.

Список литературы

1. Постолатий В.М., Быкова Е.В., Сулов В.М., и др. Методические подходы к выбору вариантов линий электропередачи нового поколения на примере ВЛ-220 кВ // Проблемы региональной энергетики. 2010. № 2. С. 1–18.
2. Закарюкин В.П., Крюков А.В. Моделирование мультифазных линий электропередачи // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2014. № 1. С. 118–126.
3. Крюков А.В., Тхао Л.В. Электромагнитные поля на трассах многоцепных линий электропередачи // Оперативное управление в электроэнергетике. 2019. № 5. С. 14–20.
4. Буякова Н.В., Закарюкин В.П., Крюков А.В., Тхао Л.В. Моделирование электромагнитных полей, создаваемых компактными многосегментными линиями электропередачи // Сборник научных трудов Ангарского государственного технического университета. Ангарск: АНГУ, 2018. С. 152–161. DOI: 10.36629/2686-7788-2020-152-161
5. Шишков Е.М., Проничев А.В., Солдусова Е.О. Передача электрической энергии по разомкнутым воздушным линиям с продольной самокомпенсацией // Современные наукоемкие технологии. 2018. № 12–1. С. 168–173. DOI: 10.17513/snt.37281
6. Шишков Е.М., Проничев А.В., Солдусова Е.О. Анализ предельных режимов работы самокомпенсированных разомкнутых воздушных линий электропередачи // Труды Кольского научного центра РАН. 2018. Т. 9, № 3–16. С. 70–75.

Сведения об авторах:

Леонид Евгеньевич Иванов — студент, группа 21-НФ113, кафедра «Электроэнергетика, электротехника и автоматизация технологических процессов»; Самарский государственный технический университет, филиал в Новокуйбышевске, Россия. E-mail: ile557@yandex.ru

Владимир Владимирович Филиппков — студент, группа 21-НФ113, кафедра «Электроэнергетика, электротехника и автоматизация технологических процессов»; Самарский государственный технический университет, филиал в Новокуйбышевске, Россия. E-mail: Vova.filipkov@bk.ru

Евгений Михайлович Шишков — научный руководитель коллектива авторов, кандидат технических наук, доцент; заведующий кафедрой «Электроэнергетика, электротехника и автоматизация технологических процессов»; Самарский государственный технический университет, филиал в Новокуйбышевске, Россия. E-mail: e.m.shishkov@ieee.org