

1. Согласованно настроенные АРВ и АРЧВ с прогнозирующим звеном обеспечивают необходимый запас устойчивости генераторов, улучшают демпферные свойства системы при электромеханических переходных процессах, вызванных различными изменениями режимов, а также снижают риск возникновения фликкера напряжения в узле присоединения генераторов установки РГ.

2. Прогностические регуляторы установок РГ позволяют улучшить качество управления и скомпенсировать инерционность объекта.

3. Прогностические АРВ и АРЧВ могут быть рекомендованы в использовании при оперативном вводе в эксплуатацию установок РГ, работающих на основе синхронных генераторов.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Rugthaicharoencheep N., Auchariyamet S. Technical and Economic Impacts of Distributed Generation on Distribution System // International Journal of Electrical, Computer, Energetic, Electronic and Communication Engineering. – 2012. – Vol.6, No.4. – pp. 385-389.
2. Булатов Ю.Н. и др. Сетевые кластеры в системах электроснабжения железных дорог / Ю.Н. Булатов, А.В. Крюков, Чан Зюй Хынг. – Иркутск: ИрГУПС, 2015. – 205 с.
3. Пикина Г.А. Принцип управления по прогнозу и возможность настройки систем регулирования одним параметром // Новое в российской электроэнергетике. – 2014. – №3. – С.5-13.
4. Булатов Ю.Н., Крюков А.В., Нгуен Ван Хуан. Методика настройки прогностических регуляторов установок распределенной генерации // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2016. – № 11-12. – С. 84-95.

Научный руководитель: А.В. Крюков, доктор техн. наук, профессор, Иркутский государственный университет путей сообщения, Иркутский национальный исследовательский технический университет.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРЁХФАЗНЫХ САМОКОМПЕНСИРОВАННЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ В MATLAB\SIMULINK

А.В. Проничев, Е.О. Солдусова
Самарский государственный технический университет

Установки продольной компенсации являются неотъемлемым элементов сверхдальних передач переменного тока [3]. Одним из способов достижения цели продольной компенсации – уменьшения продольной индуктивности воздушной линии (ВЛ) – является настройка линии на резонанс напряжений или резонанс токов. Эта идея была предложена в работах И.И. Соловьёва и А.А. Вульфа [1] в первой половине XX века. Позднее, профессором Н.Ф. Ракушевым

в работе [2] был предложен способ реализации данной идеи – разомкнутая линия электропередачи, каждая фаза которой состоит из двух изолированных друг от друга проводников, один из которых (прямая составляющая) подключен к шинам передающей подстанции, а второй (встречная составляющая) – к шинам приёмной. При достаточной длине линии взаимная емкостная проводимость, созданная между прямой и обратной составляющей, могла бы полностью скомпенсировать собственную индуктивность линии.

В работе [5] авторами предложена усовершенствованная конструкция разомкнутой ВЛ, выполненная по принципу расщепления фазы. В такой линии прямая и встречная составляющая расщеплённой фазы подвешены на одной траверсе и отделены друг от друга диэлектрическими распорками. При этом на одной опоре могут располагаться все три фазы разомкнутой ВЛ.

В работе [4] рассматривался вопрос определения оптимальной конструкции расщепленной фазы разомкнутой воздушной линии, однако расчеты производились на однофазной модели.

Целью данного исследования является расчет и анализ режимов нагрузки предложенной в [5] конструкции трехфазной разомкнутой ВЛ.

Для анализа эффективности применения разомкнутых линий электропередачи используются методы математического моделирования в среде MATLAB/Simulink с использованием библиотеки элементов SimScare SimPowerSystems. Выполнен анализ режимов работы линий двух классов напряжения (500 и 750 кВ) и трех вариантов конструкций расщепленной фазы (рис. 1). Сведения об анализируемых линиях представлены в Таблице 1.

Табл. 1.

Класс напряжения, кВ	Конфигурация пролёта		
	Тип промежуточных опор	Высота подвеса фазы, м	Марка провода в фазе
500	Промежуточные опоры на оттяжках ПБ1	27.2	АС-700/86
750	Промежуточные опоры на оттяжках ПП750-1	35	АС-500/64

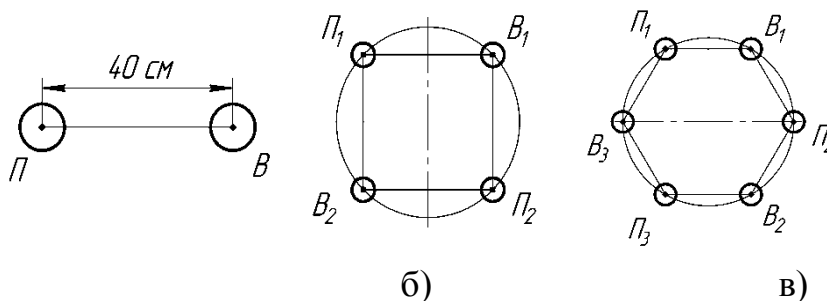


Рис. 1. Схема конструкции расщепленной фазы общего участка разомкнутой ВЛ: а – расщепление на 2 провода в фазе (класс напряжения 500 кВ); б – расщепление на 4 провода в фазе (класс напряжения 500 и 750 кВ); в – расщепление на 6 проводов в фазе (класс напряжения 750 кВ)

При помощи математической модели для анализа режима холостого хода [7] были рассчитаны длины общего участка, при которой в трехфазной разомкнутой ВЛ наблюдается явление полной самокомпенсации.

Была построена математическая модель для анализа режима под нагрузкой. Общий участок представлен схемой замещения с распределёнными параметрами, ко входу которой подключен трехфазный источник синусоидального напряжения, а к выходу трехфазная активно-индуктивная нагрузка с коэффициентом мощности 0,95. Сигналы с вольтметров в начале и в конце линии преобразуются, и в качестве расчёта режима принимаются значения установившегося отклонения напряжения на общем участке в процентах.

Результаты

В таблице 2 представлены результаты расчета длины общего участка для 4-х рассматриваемых конфигураций. Полученные результаты, отличаются от опубликованных ранее в [7], поскольку использованная в данной работе математическая модель представлена в многофазной постановке и поэтому учитывает процессы, связанные с влиянием на режим взаимной индуктивности между проводниками разных фаз, для компенсации которой требуется дополнительная емкость.

Табл. 2.

Класс напряжения, кВ	Схема конструкции расщепленной фазы	Длина участка самокомпенсации, км
500	а	932
	б	705
750	б	697
	в	602

В таблице 3 представлены рассчитанные значения передаваемой мощности четырех рассматриваемых конфигураций для двух значений установившегося отклонения напряжения $|\delta U|$ в конце ВЛ – 5 и 10 %.

Табл. 3.

Конфигурация	Передаваемая мощность, МВт	
	$ \delta U = 5\%$	$ \delta U = 10\%$
500 кВ – расщепление на 2 провода	1200	1900
500 кВ – расщепление на 4 провода	5000	6600
750 кВ – расщепление на 4 провода	7700	10400
750 кВ – расщепление на 6 проводов	15000	19000

На Рисунке 2 представлена зависимость установившегося отклонения напряжения от передаваемой активной мощности для четырех рассматриваемых конфигураций фазы ВЛ. При начальных значениях передаваемой мощности наблюдается положительное отклонение напряжения. Это объясняется тем, что данные режимы характеризуются явлением перекомпенсации: продольное емкостное сопротивление незначительно превышает индуктивное. При постепенном росте нагрузки, а именно ее индуктивной составляющей, в линии достигается состояние полной самокомпенсации, в котором отклонение напряжения становится равным нулю. При дальнейшем увеличении нагрузки ВЛ отрицательное отклонение напряжения будет постепенно увеличиваться.

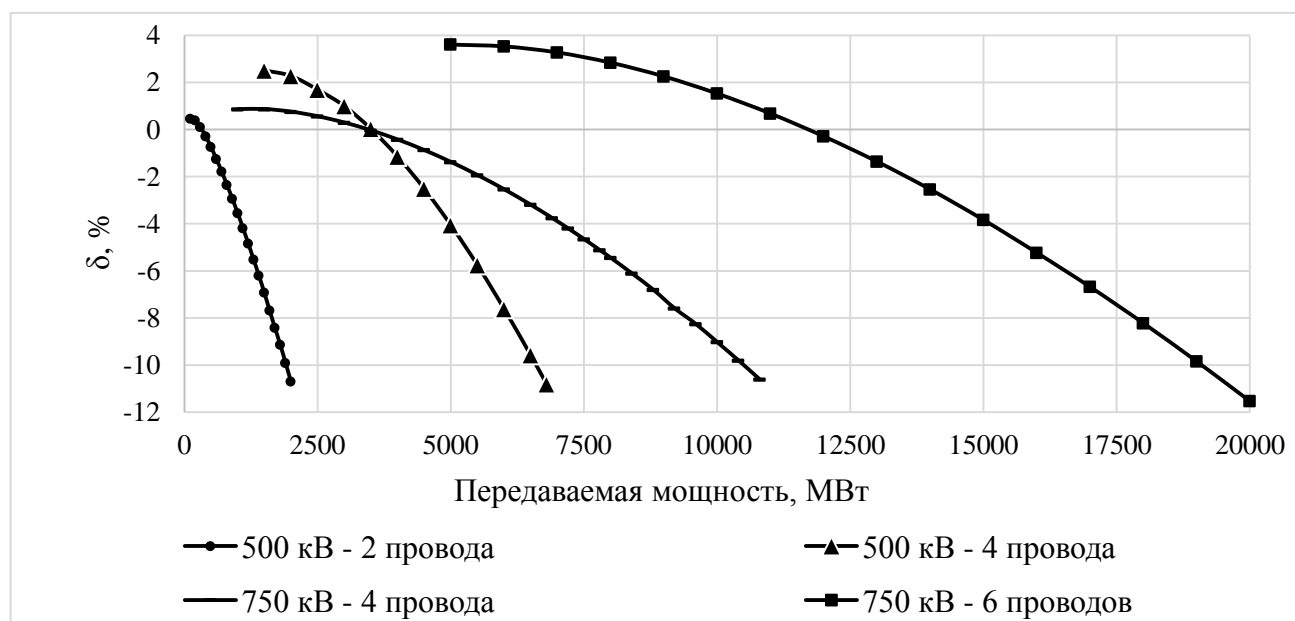


Рис. 2. График зависимости отклонения напряжения от передаваемой мощности

Выводы

В работе построена математическая модель трехфазной разомкнутой ВЛ для расчета режимов нагрузки, учитывающая взаимное влияние фаз. При использовании трёхфазной модели для определения длины общего участка, при которой наблюдается явление полной самокомпенсации, полученные результаты показывают необходимую длину до 8% большую, чем при расчётах с использованием однолинейных моделей. Это объясняется появлением взаимной индуктивности между проводниками разных фаз;

Проведен расчет зависимости величины установившегося отклонения напряжения в конце линии от передаваемой мощности для 4 конфигураций трехфазной разомкнутой ВЛ. Величина предела передаваемой мощности может достигать 6600 МВт для разомкнутых ВЛ напряжением 500 кВ и 19000 МВт – для ВЛ напряжением 750 кВ, что является достаточным для использования разомкнутых ВЛ в качестве мощных межсистемных связей.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Вульф А.А. Проблема передачи электрической энергии на сверхдальние расстояния по компенсированным линиям. – М.: Госэнергоиздат, 1945. – 83 с.
2. Ракушев Н.Ф. Сверхдальняя передача энергии переменным током по разомкнутым линиям. М.: Госэнергоиздат, 1957. – 160 с.
3. Готман В.И., Глазачев А.В., Бацева Н.В. Продольная компенсация дальних электропередач с промежуточными системами // Известия Томского политехнического университета. Т. 319, №4, 2011, С. 68-75.
4. Проничев А.В., Кривихин И.Н., Шишков Е.М., Гольдштейн В.Г. Определение оптимальной конфигурации расщепленной фазы для самокомпенсированных разомкнутых линий электропередачи // Электроэнергетика глазами молодежи: материалы VII Международной научно-технической конференции, 19 – 23 сентября 2016, Казань. – В 3 т. Т 1. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2016. – С. 198-201.
5. Пат. 130458 РФ, МПК8 Н 02 J 3/20. Разомкнутая трёхфазная воздушная линия электропередачи переменного тока / В.Г. Гольдштейн, Е.М. Шишков; ФГБОУ "Самарский государственный технический университет". No 2013103649/07; заявл. 28.01.2013; опубл. 20.07.2013, Бюл. No20.

Научный руководитель: Е.М. Шишков, к.т.н., заместитель директора по науке, информатизации и инновациям СамГТУ в г. Новокуйбышевске.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ ПОДСТАНЦИИ

А.И. Тимофеева

Самарский государственный технический университет

Тенденция перехода на цифровые технологии в энергетике наметилась более 25 лет назад. В настоящее время системы автоматизации различных процессов становятся неотъемлемой частью энергосистем РФ. Растет количество автоматических цифровых устройств и IT-решений, появляются новые международные стандарты и образцы оборудования, в частности Международной электротехнической комиссией был принят стандарт МЭК 61850, определяющий построение унифицированных систем связи. А работы по реконструкции и перевооружению подстанций, а также строительство новых, предполагают применение новейших технологий в области автоматизированных систем управления технологическими процессами (далее АСУ ТП).

На данный момент существуют компании, работающие на рынке автоматизации, и их программно-технические комплексы (далее ПТК) допущены и