

ПРИМЕНЕНИЕ В ЕНЭС КОМПАКТНЫХ УПРАВЛЯЕМЫХ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ*

АВТОРЫ:

КАРЕВА С.Н.
ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС»

Как известно, основное назначение линий электропередачи – передача активной и реактивной мощности от источника к потребителю. Они должны удовлетворять следующим основным требованиям:

- передача заданной мощности в нормальном и послеаварийном режимах;
- обеспечение наиболее экономичной передачи электроэнергии, соответствующей минимуму затрат на сооружение и эксплуатацию линии. Кроме того, линии должны удовлетворять требованиям ГОСТ и Санитарных норм, регламентирующих уровни электрических

и магнитных полей, радиопомех и акустических шумов от линии. Воздушные линии электропередачи традиционной конструкции по целому ряду показателей не в полной мере отвечают указанным требованиям. Успешное развитие энергосистем с целью повышения пропускной способности и надежности энергоснабжения потребителей, снижения затрат на строительство и эксплуатацию электросетевых объектов, улучшения экологических показателей возможно на базе новых технических решений с применением комплекса современных технических средств и устройств.

*Статья написана по материалам доклада, представленного Каревой С.Н. на конференции молодых ученых «Энергия единой сети» [22 июня 2013, г. Санкт-Петербург]. Конкурсной комиссией доклад был отмечен первой премией по тематике «Технологии передачи электроэнергии».



Воздушные линии электропередачи являются основным средством передачи и распределения электрической энергии

1. ВОЗДУШНЫЕ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ

Основной характеристикой воздушной линии электропередачи является ее пропускная способность (P), т.е. наибольшая активная мощность, которая может быть передана по линии. Ее величина определяется выражением:

$$P = \frac{|\dot{U}_1||\dot{U}_2|}{Z_e \sin \alpha_0 l} \sin \delta, \quad (1)$$

где, \dot{U}_1, \dot{U}_2 – векторы напряжения, приложенного в начале и конце линии соответственно;

δ – угол сдвига векторов напряжений начала и конца линии;

Z_e – волновое сопротивление линии, Ом:

$$Z_e = \sqrt{\frac{r_0 + jx_0}{g_0 + jb_0}}, \quad (2)$$

где $x_0 = \omega L_0$ – удельное индуктивное сопротивление проводов (фаз) линии, Ом/км;

$b_0 = \omega C_0$ – удельная емкостная проводимость проводов (фаз) линии, См/км;

r_0 – удельное активное сопротивление проводов (фаз) линии, Ом/км;

g_0 – активная поперечная проводимость проводов (фаз) линии, См/км, определяемая выражением:

$$g_0 = \frac{\Delta P_{кор. сс}}{U_{ном}^2},$$

где $\Delta P_{кор. сс}$ – среднегодовые потери на корону;

$\alpha_0 l$ – волновая длина линии, электрических градусов, где l – длина линии, км, α_0 – коэффициент изменения фазы, эл. град./км:

$$\alpha_0 = \omega \sqrt{L_0 C_0} \left(1 + \frac{r_0^2}{8x_0^2} \right). \quad (3)$$

При фиксированных значениях напряжения линии, ее длины и волнового сопротивления максимальная величина мощности P_M , которую можно передать по линии, достигается при $\sin \delta = 1$, т.е. когда разность углов между векторами напряжений \dot{U}_1 и \dot{U}_2 достигает 90° . В этом случае выражение (1) примет вид:

$$P_M = \frac{|\dot{U}_1||\dot{U}_2|}{Z_e \sin \alpha_0 l}. \quad (4)$$

При волновой длине $\alpha_0 l = 90$ эл. град., $\sin \alpha_0 l = 1$ и при равенстве модулей напряжений $|\dot{U}_1| = |\dot{U}_2|$ формула (4) упрощается:

$$P_M = \frac{U^2}{Z_e} = P_{нам}. \quad (5)$$

Выражение (5) определяет натуральную мощность линии. Как следует из выражения (5), увеличение натуральной мощности линии $P_{нам}$ может быть достигнуто за счет уменьшения волнового сопротивления Z_e путем снижения удельного индуктивного сопротивления линии x_0 и/или увеличения удельной емкостной проводимости b_0 в соответствии с формулой (2).

ВЫБОР СЕЧЕНИЯ ТОКОПРОВОДЯЩЕЙ ЧАСТИ ПРОВОДОВ ВЛ

При заданной величине передаваемой мощности и принятой плотности тока можно определять требуемое сечение проводов фаз линий различных классов напряжений. Выбор проводов, конструкции фаз и линии в целом должен осуществляться из условия превышения предельно допустимой величины напряженности электрического поля на поверхности проводов с учетом требований по ограничению акустических шумов и радиопомех. Значение допустимой плотности тока необходимо учитывать для оценки возможного увеличения мощности, в т.ч. с помощью устройств FACTS.



ИНФОРМАЦИЯ

КОМПАКТНЫЕ УПРАВЛЯЕМЫЕ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Управляемые электропередачи переменного тока повышенной пропускной способности представляют собой комплекс технических решений, предусматривающих применение одноцепных и многоцепных компактных ВЛ, новых принципов управления и современных средств регулирования, изменяющих сопротивление элементов сети.

Создание компактных конфигураций ВЛ с минимально допустимыми расстояниями между фазами, оптимальной конструкцией расщепленной фазы и оптимальным расположением фаз одноцепных и многоцепных компактных ВЛ обеспечивает улучшение параметров линий за счет изменения параметров электромагнитного поля в междуфазном и окружающем линию пространстве. Усиление электромагнитного поля внутри линии за счет сближения фаз позволяет увеличить пропускную способность и улучшить параметры ВЛ. Ослабление электромагнитного поля во внешнем пространстве приводит к улучшению экологических показателей ВЛ.

ИНФОРМАЦИЯ

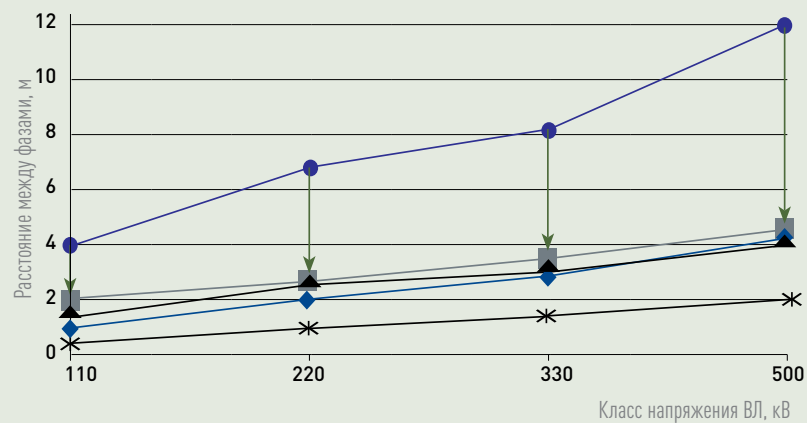
ПРАВИЛА УСТРОЙСТВА ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК ПУЭ

Глава 1.3. ВЫБОР ПРОВОДНИКОВ ПО НАГРЕВУ, ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ПЛОТНОСТИ ТОКА И ПО УСЛОВИЯМ КОРОНЫ

ПРОВЕРКА ПРОВОДНИКОВ ПО УСЛОВИЯМ КОРОНЫ И РАДИОПОМЕХ

1.3.33. При напряжении 35 кВ и выше проводники должны быть проверены по условиям образования короны с учетом среднегодовых значений плотности и температуры воздуха на высоте расположения данной электроустановки над уровнем моря, приведенного радиуса проводника, а также коэффициента негладкости проводников. При этом наибольшая напряженность поля у поверхности любого из проводников, определенная при среднем эксплуатационном напряжении, должна быть не более 0,9 начальной напряженности электрического поля, соответствующей появлению общей короны. Проверку следует проводить в соответствии с действующими руководящими указаниями. Кроме того, для проводников необходима проверка по условиям допустимого уровня радиопомех от короны.

РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ ФАЗАМИ ВЛ



- * Минимально допустимое расстояние по условиям рабочего напряжения
- ◆ Минимально допустимое расстояние по условиям внутренних перенапряжений
- ▲ Минимально допустимое расстояние по условиям грозовых перенапряжений
- Расстояния, характерные для ВЛ традиционной конструкции
- Расстояния, характерные для компактной ВЛ

Рис. 1

Плотность тока существенно влияет на величину потерь мощности в линии. Последнее является одной из составляющих приведенных затрат при технико-экономических обоснованиях.

ПРОВЕРКА ПО УСЛОВИЯМ КОРОНЫ И РАДИОПОМЕХ

В соответствии с гл. 1.3 ПУЭ, на ВЛ 35 кВ и выше провода фаз должны быть проверены по условиям образования короны. При этом необходимо учитывать среднегодовые значения плотности и температуры воздуха на высоте расположения ВЛ над уровнем моря, эквивалентный радиус фазы, а также коэффициент негладкости провода.

Провода ВЛ выбираются таким образом, чтобы наибольшая напряженность электрического поля на поверхности любого из проводников фазы (определенная при среднем эксплуатационном напря-

жении) не превышала 0,9 начальной напряженности электрического поля, соответствующей появлению общей короны на проводе. Начальная напряженность электрического поля на поверхности провода E_0 , соответствующая появлению общей короны на проводе в условиях хорошей погоды, определяется следующим образом:

$$E_0 = 24,5m\delta \left(1 + \frac{0,613}{(r\delta)^{0,4}} \right), \text{ кВ/см, } [6]$$

где m – коэффициент негладкости провода;

δ – относительная плотность воздуха;

r – радиус провода, мм.

Таким образом, должно выполняться соотношение: $E_{\max}/E_0 < 0,9$. [7]

При проектировании ВЛ должна осуществляться проверка на превышение допустимого уровня радио-

помех от короны. В соответствии с ГОСТ 22012 и ГОСТ 16842 на нормированном расстоянии от проекции крайнего провода на землю в середине пролета на частоте 0,5 МГц уровень радиопомех не должен превышать 43 дБ в течение 80% времени года с доверительной вероятностью не менее 0,8.

УРОВНИ АКУСТИЧЕСКИХ ШУМОВ, СОЗДАВАЕМЫХ ВЛ

Для экологической защиты населения ограничение акустических шумов является одной из важных задач наряду с ограничением электрических и магнитных полей.

Уровни акустических помех определяются интенсивностью коронирования проводов, т.е. зависят как от конструктивных параметров линий и напряженности электрического поля у поверхности проводов, так и от состояния поверхности проводов, плотности воздуха и погодных условий. В соответствии с Санитарными нормами допустимого шума в помещениях жилых и общественных зданий и на территории жилой застройки №872–70 и ГОСТ 12.1.036 уровень акустического шума на нормированном расстоянии от проекции крайней фазы ВЛ на землю не должен превышать 52 дБ (А).

ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЯМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ, СОЗДАВАЕМЫХ ВОЗДУШНЫМИ ЛИНИЯМИ

Воздушные линии электропередачи являются источниками электрических и магнитных полей в окружающем пространстве. Характеристики этих полей определяются конструктивными параметрами, а именно:

- диаметром проводов (поперечное сечение);
- числом составляющих проводов в каждой фазе;

- шагом расщепления проводов;
- расстоянием между фазами;
- углом сдвига токов и напряжений фаз.

СанПиН 2971–84 устанавливает предельно допустимый уровень напряженности электрического поля в населенной местности вне зоны жилой застройки на высоте 1,8 м на уровне 5,0 кВ/м. В населенной местности вне зоны жилой застройки для лиц, профессионально не связанных с эксплуатацией ВЛ и находящихся в зоне прохождения линии электропередачи, напряженность магнитного поля не должна превышать 16 А/м.

ПОЛОСА ОТЧУЖДЕНИЯ ЗЕМЕЛЬ ПОД ВЛ

Ширина зоны отчуждения зависит от уровня электромагнитных полей от ВЛ во внешнем пространстве. Эффективность использования земель может быть оценена при помощи коэффициента, учитывающего одновременно пропускную способность ВЛ и ширину полосы отчуждения L_k . В качестве такого коэффициента в данной работе предлагается использовать отношение натуральной мощности ВЛ к ширине коридора ВЛ $P_{\text{нат}} / L_k$, МВт/м. Чем больше значение этого коэффициента, тем эффективнее использование земель, отчуждаемых под ВЛ.

2. КОМПАКТНЫЕ УПРАВЛЯЕМЫЕ ВЛ

Как было сказано выше, повышение пропускной способности ВЛ обеспечивается путем увеличения эквивалентного радиуса расщепления фаз r_s и уменьшения расстояния между фазами D_{cs} (компактизации ВЛ), что приводит к усилению электромагнитной связи фаз,

ОПОРА КОМПАКТНОЙ УПРАВЛЯЕМОЙ ВЛ 220 КВ ТИПА «ЧАЙКА»

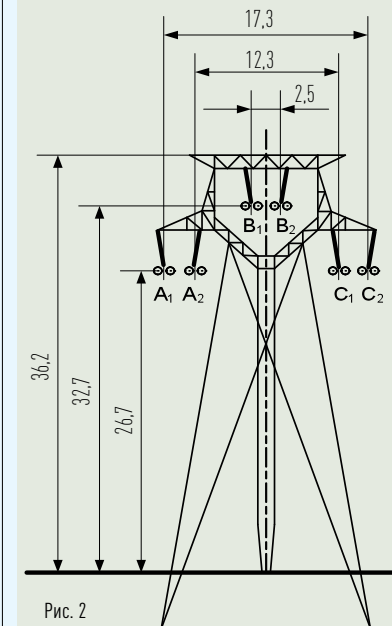


Рис. 2

ДУХЦЕПНАЯ ОПОРА 220 КВ ТРАДИЦИОННОЙ КОНСТРУКЦИИ

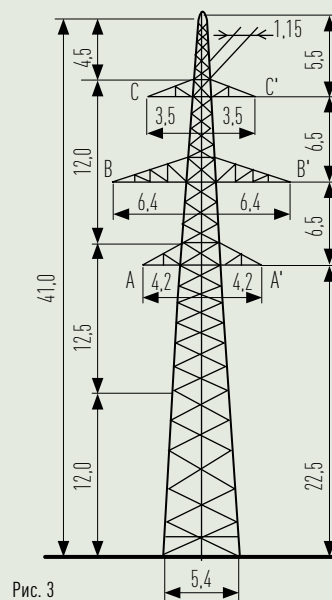


Рис. 3

ВЕЛИЧИНА НАТУРАЛЬНОЙ МОЩНОСТИ ВЛ 220 КВ РАЗЛИЧНОЙ КОНСТРУКЦИИ



Рис. 4

уменьшению индуктивного и волнового сопротивлений.

Компактизация ВЛ достигается за счет сближения фаз, т.е. уменьшения расстояний между фазами. Такое сближение должно производиться с учетом требований ПУЭ по ненарушению минимально допустимых по диэлектрической прочности воздушных промежутков «фаза-фаза» при наибольших

рабочих напряжениях, внутренних и грозовых перенапряжениях. Данные расстояния могут составлять 0,35÷0,5 от соответствующих расстояний, применяемых на ВЛ традиционной конструкции (рис. 1).

Такие электропередачи получили название компактных управляемых линий электропередачи за счет применения компактированной конструкции и использования устройств

регулирования. Они обладают повышенной пропускной способностью и управляемостью.

Усиление электромагнитного поля в междуфазном пространстве линии за счет сближения фаз позволяет улучшить электрические параметры, увеличить пропускную способность и, соответственно, улучшить общие технические характеристики линии. Ослабление электромагнитного поля во внешнем пространстве приводит к улучшению экологических показателей ВЛ.

При сближении фаз в компактных ВЛ должны соблюдаться требования ПУЭ по неперевышению напряженностью электрического поля на поверхности проводов $E_m \leq 0,9 E_0$ от напряженности поля начала короны E_0 [т.е. $E_m \leq 0,9 E_0$].

Для передачи большей мощности наиболее целесообразным является применение двухцепных и многоцепных компактных управляемых ВЛ. Наиболее простым способом создания многоцепных компактных ВЛ является расположение на одной опоре двух и более одноцепных компактных ВЛ. Варианты расположения компактных цепей на одной опоре могут быть различными: с горизонтальным, треугольным и произвольным расположением фаз. Параметры каждой цепи компактной ВЛ не зависят от параметров других цепей компактных ВЛ, а пропускная способность электропередачи в целом определяется суммой пропускной способности всех цепей многоцепной компактной ВЛ.

При создании компактных конфигураций ВЛ может быть осуществлено сближение фаз разных цепей. Двухцепная ВЛ может состоять из трех пар сближенных фаз. При этом расстояние между сближенными фазами разных цепей принимается равным минимально допустимому

ОТНОШЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ НАТУРАЛЬНОЙ МОЩНОСТИ ВЛ 220 КВ К ШИРИНЕ ПОЛОСЫ ОТЧУЖДЕНИЯ



Рис. 5



ОТНОШЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ НАТУРАЛЬНОЙ МОЩНОСТИ ВЛ 220 КВ К СУММАРНОМУ СЕЧЕНИЮ АЛЮМИНОВОЙ ЧАСТИ ПРОВОДОВ ПРИ ОДИНАКОВОЙ ПЛОТНОСТИ ТОКА

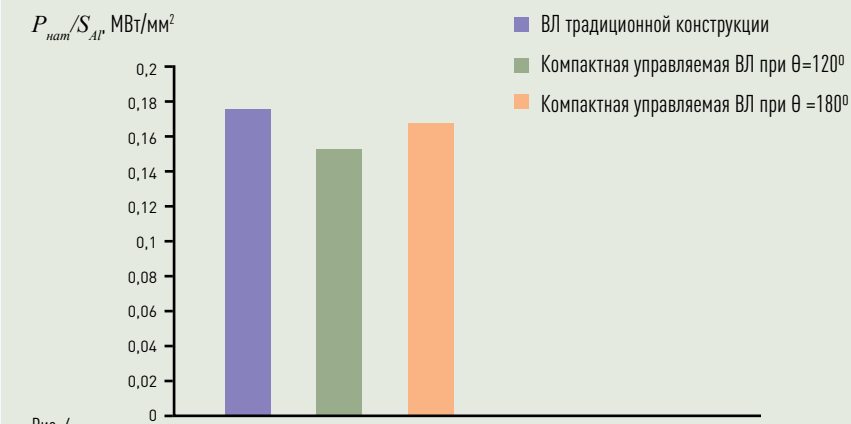


Рис. 6

значению в соответствии с ПУЭ, рассчитанному с учетом наибольших рабочих напряжений, коммутационных и грозовых перенапряжений. Между сближенными фазами должны отсутствовать заземленные элементы опоры. Для фиксации расстояния между сближенными фазами в пролетах могут предусматриваться междуфазные изоляционные элементы – изоляционные распорки.

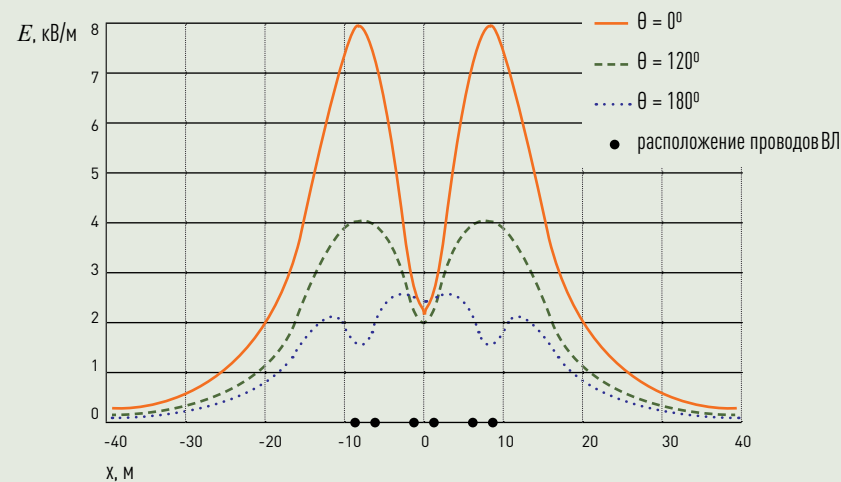
Сближение фаз разных цепей повышает взаимное электромагнитное влияние цепей, которое зависит от углового сдвига (θ) между приложенными векторами напряжений одной цепи по отношению к другой. Этот эффект используется для изменения и регулирования эквивалентных параметров и характеристик каждой отдельной цепи и линии

РЕЗУЛЬТАТЫ СРАВНЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДВУХЦЕПНЫХ ВЛ 220 КВ

Вид ВЛ	ВЛ 220 кВ традиционной конструкции		Компактная управляемая ВЛ 220 кВ		
	0°	120°	120°	180°	180°
Угол сдвига фаз, θ°	0°	120°	120°	180°	180°
Марка провода	АС 300/66				
Число проводов в фазе	1	2			2
Волновое сопротивление, Ом	206,3	118,9	0,58*	107,8	0,52*
Натуральная мощность ВЛ P_{nat} , МВт	304,6	529,0	1,74*	583,0	1,91*
Натуральная мощность на одну цепь P_{nat} , МВт	152,3	264,5	1,74*	291,5	1,91*
P_{nat}/L_k , МВт/м	5,77	9,23	1,6*	10,17	1,76*
P_{nat}/S_{Al} , МВт/мм²	0,176	0,153	0,87*	0,168	0,95*
Базовые показатели стоимости ВЛ 220 кВ на решетчатых опорах, тыс. руб./км	2195	2578,8	1,17*	2578,8	1,17*
Стоимость одного километра ВЛ 220 кВ в расчете на 1 МВт передаваемой натуральной мощности, тыс. руб./МВт	7,2	4,87	0,68*	4,42	0,61*

* Отношение параметра компактной управляемой ВЛ 220 кВ к соответствующему параметру традиционной двухцепной ВЛ 220 кВ.
Таблица 1

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ



в целом. Изменение углового сдвига способствует обеспечению требуемой пропускной способности и заданных режимных параметров электропередачи. Значения угловых сдвигов между системами векторов напряжений цепей могут быть фиксированными (0°, 120°, 180°) или регулируемы. В первом случае

фиксированный угловой сдвиг достигается путем использования соответствующих схем присоединения фаз к шинам подстанций (0° и 120°) и применения трансформаторов с соответственно разными группами соединения (180°). Во втором случае регулируемый угловой сдвиг (0°÷180°) достигается применением

фазорегулирующих устройств трансформаторного или автотрансформаторного типов.

Применение средств фазового регулирования в сочетании с управляемыми устройствами компенсации позволяет осуществлять глубокое регулирование эквивалентных параметров электропередачи в нормальных и аварийных режимах работы.

3. СОПОСТАВЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПАКТНЫХ УПРАВЛЯЕМЫХ ВЛ И ВЛ ТРАДИЦИОННОГО ИСПОЛНЕНИЯ

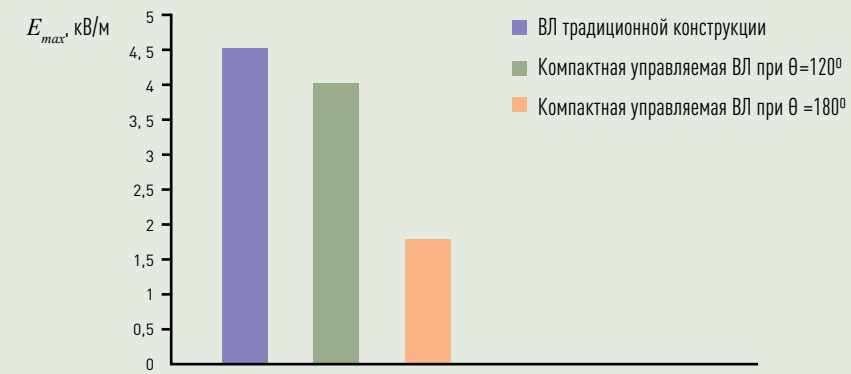
ТЕХНИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ КОМПАКТНЫХ УПРАВЛЯЕМЫХ ВЛ И ВЛ ТРАДИЦИОННОГО ИСПОЛНЕНИЯ

В данной работе выполнены расчеты по определению параметров компактных управляемых ВЛ различных номинальных напряжений (220 и 500 кВ). Рассмотрено более 20 вариантов конструкций, с варьированием числа проводов в фазе, радиуса расщепления, междуфазных расстояний, расположение фаз относительно друг друга и относительно земли. Для компактных управляемых ВЛ были рассмотрены режимы при значениях углового сдвига $\theta = 0^\circ$, $\theta = 120^\circ$ и $\theta = 180^\circ$.

В качестве примера приведено сопоставление основных параметров двухцепных ВЛ 220 кВ компактных управляемых и традиционного исполнения. Сравнивались следующие технические показатели:

- $P_{nat} = \frac{U^2}{Z_c}$, МВт – величина натуральной мощности;

МАКСИМАЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ НАПРЯЖЕННОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ ПОД ВЛ 220 КВ



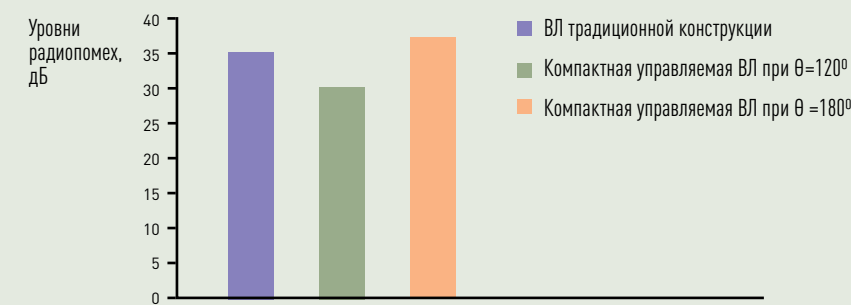
- $Q_c = U^2 b_0$, МВАр – величина удельной зарядной мощности;
- P_{nat}/L_k , МВт/м – отношение величины натуральной мощности к ширине полосы отчуждения;
- $P_{nat}/S_{\Delta l}$, МВт/мм² – отношение величины натуральной мощности к суммарному сечению проводов;
- базовые показатели стоимости ВЛ 220 кВ на решетчатых опорах, тыс. руб./км;

- стоимость одного километра ВЛ 220 кВ в расчете на 1 МВт передаваемой натуральной мощности, тыс. руб./МВт.

Предлагаемая конструкция опоры компактной управляемой ВЛ 220 кВ представлена на рис. 2, а традиционного исполнения – на рис. 3.

В табл. 1 и на рис. 4–6 приведены результаты сопоставления рассматриваемых ВЛ.

УРОВНИ РАДИОПОМЕХ НА РАССТОЯНИИ 50 М ОТ ЛИНИИ, СОЗДАВАЕМЫЕ ВЛ 220 КВ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ



ИНФОРМАЦИЯ

ПЕРВЫЕ ВОЗДУШНЫЕ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ В РОССИИ

В первые годы развития электроэнергетики России все электростанции работали отдельно. Даже электростанции, расположенные в Петербурге и Москве, работали на собственные, не связанные между собой, электрические сети.

В 1912 г. от электростанции, расположенной в 70 км от Москвы, была построена первая линия электропередачи напряжением 70 кВ и длиной около 70 км до Измайловской подстанции.

В 1913 г. в России было всего 109 км воздушных электрических сетей напряжением выше 10 кВ.

План ГОЭЛРО (1920 г.) инициировал создание электросетевого комплекса нашей страны. Уже в 1922 г. была введена Каширская ГРЭС мощностью 12 МВт с первой линией электропередачи 110 кВ до Кожуховской подстанции в Москве, а в 1925 г. началась промышленная эксплуатация двухцепной линии 110 кВ Шатурская ГРЭС – Москва, доведенной до центра города и Карачаровской подстанции. Это было начало создания Московского кольца напряжением 110 кВ.

УРОВНИ АКУСТИЧЕСКИХ ШУМОВ НА РАССТОЯНИИ 50 М ОТ ЛИНИИ, СОЗДАВАЕМЫЕ ВЛ 220 КВ

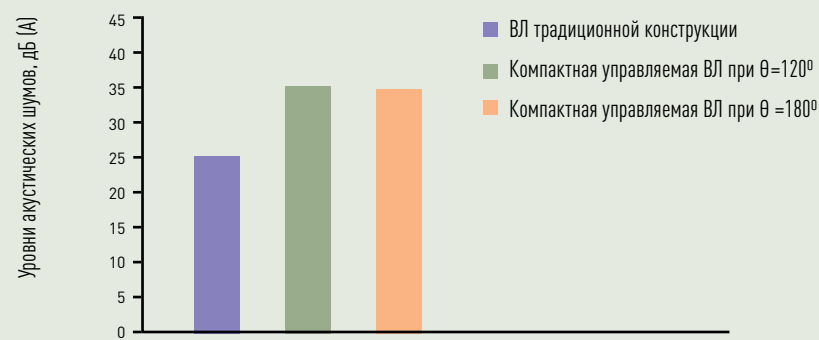


Рис. 11

Результаты сопоставления наглядно свидетельствуют о существенных преимуществах компактных управляемых ВЛ и могут служить ориентиром при выборе типов ВЛ 220 кВ для конкретного энергообъекта.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ВЛ 220 КВ КОМПАКТНОГО И ТРАДИЦИОННОГО ИСПОЛНЕНИЯ Электрические и магнитные поля

На рис. 7–8 показаны распределения напряженности электрического и магнитного полей на высоте 1,8 м от поверхности земли, рассчитанные для компактной управляемой ВЛ 220 кВ (см. рис. 2) при различных значениях угла сдвига фаз векторов напряжений цепей. Как видно из этих рисунков, напряженности электрического и магнитного полей под проводами крайней фазы для компактных управляемых ВЛ 220 кВ (при $\theta = 120^\circ$ и $\theta = 180^\circ$) не превышают 5 кВ/м и 16 А/м соответственно.

На рис. 9 приведены максимальные уровни напряженности электрического поля под линией на высоте 1,8 м над поверхностью земли, рассчитанные для ВЛ 220 кВ компакт-

ной управляемой и традиционной конструкции. Как видно, напряженности электрического поля под компактной управляемой ВЛ вблизи поверхности земли ниже, чем у традиционных ВЛ такого же класса напряжения.

Радиопомехи

Рассчитанные уровни радиопомех, создаваемые ВЛ различных исполнений, приведены на рис. 10.

Как видно из рис. 10, радиопомехи от ВЛ рассматриваемых исполнений на нормированном расстоянии от проекции крайней фазы на землю не превышают допустимого значения (43 дБ на расстоянии 50 м в соответствии с ГОСТ 22012 и ГОСТ 16842).

Акустические шумы

Рассчитанные уровни акустических шумов от компактной управляемой ВЛ и ВЛ традиционной конструкции приведены на рис. 11.

Как видно, все рассматриваемые ВЛ удовлетворяют требованиям нормативных документов по уровням создаваемых ими акустических шумов – уровень акустического шума на нормированном расстоя-

нии от проекции крайней фазы ВЛ на землю не превышает 52 дБ (А).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные расчеты показали, что ВЛ компактного исполнения в сочетании с устройствами FACTS по сравнению с ВЛ традиционной конструкции позволяют:

- увеличить пропускную способность в 1,5–1,9 раза;
- сократить в 1,5–2 раза площади земельных угодий, отчуждаемых под воздушные линии при передаче одинаковой мощности;
- обеспечить ослабление уровней электромагнитных полей во внешнем пространстве, снизив тем самым воздействие ВЛ на окружающую среду и население;
- уменьшить на 10–20% суммарные затраты в расчете на единицу передаваемой мощности.

Пропускная способность компактных ВЛ, оснащенных устройствами регулирования, близка к пропускной способности ВЛ традиционной конструкции более высокого класса напряжения. Проведенные исследования показали, что по техническим, экономическим и экологическим показателям компактные управляемые ВЛ различных классов напряжения существенно превосходят ВЛ традиционной конструкции.

Проведенные исследования позволяют сделать вывод о технической и экономической целесообразности применения компактных управляемых ВЛ с фазорегулирующими устройствами для увеличения пропускной способности и управления потоками мощности в электроэнергетических системах.



МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Российская экспозиция на 16-ой Международной выставке по энергетике, производству и распределению электроэнергии, возобновляемым источникам энергии
«Electric, Power & Renewable Energy Indonesia 2013»

4-7 сентября 2013

Международный выставочный центр
Джакарта, Индонезия



реклама

Официальный оператор российской экспозиции на выставке:



ООО "Экспо-ЭМ", 105062, Москва, Фурманский пер., д. 12, Тел.: +7 (495) 607-88-05 Факс: +7 (495) 607-06-72



www.electricindonesia.ru