



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ
ПО ИЗОБРЕТЕНИЯМ И ОТКРЫТИЯМ
ПРИ ГКНТ СССР

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

1

(21) 4791630/07
(22) 22.12.89
(46) 23.03.92. Бюл. № 11
(71) Гомельский политехнический институт
(72) П.В.Лычев, Г.И.Селиверстов и
Б.Б.Третьяков
(53) 621.316.3.061(088.8)
(56) Авторское свидетельство СССР
№ 805471, кл. H 02 J 3/00, 1981.

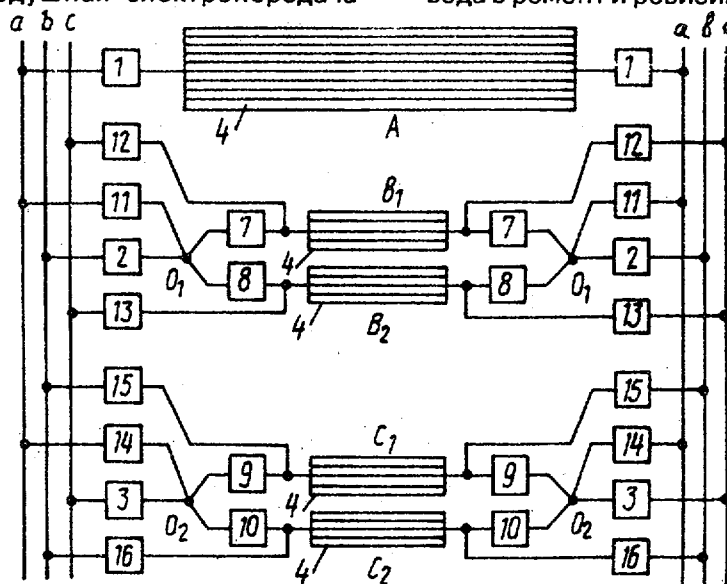
Федин В.Т., Селиверстов Г.И. Возможности одноцепной компактной электропередачи с регулируемыми параметрами. – В сб.: Пути экономии и повышения эффективности использования электроэнергии в системах электроснабжения промышленности и транспорта. – М.: МЭИ, 1987, с. 40.

(54) ТРЕХФАЗНАЯ ВОЗДУШНАЯ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧА

(57) Изобретение относится к электроэнергетике. Цель изобретения – упрощение и повышение надежности электропередачи. Трехфазная воздушная электропередача

2

переменного тока содержит линию с расщепленными фазами А, В, С, присоединенными по концам через линейные выключатели 1–3 к трехфазным шинам а, в, с. Провода 4 фаз А, В, С расположены по поверхности контуров двух concentрических окружностей. Провода 4 фазы А расположены по поверхности контура внутренней concentрической окружности 5. Провода 4 фазы В разделены на две части В₁ и В₂, а провода 4 фазы С разделены на две части С₁ и С₂ и расположены по поверхности контура внешней concentрической окружности. Каждая из фаз А, В, С линии расщеплена на десять проводов 4. За счет коммутационных аппаратов обеспечивается ликвидация следующих повреждений в линии: однофазное КЗ, двухфазное КЗ, двухфазное КЗ на землю, трехфазное КЗ. Кроме того, возможно ступенчатое регулирование режимов электропередачи и ее работа в случае отказа вывода в ремонт и ревизии выключателей. 2 ил.



Фиг. 1

Изобретение относится к электроэнергетике, в частности к электропередачам переменного тока, и может быть использовано при создании трехфазных воздушных электропередач преимущественно высоких (220–330 кВ) и сверхвысоких напряжений (500–750 кВ).

Целью изобретения является упрощение и повышение надежности трехфазной воздушной электропередачи переменного тока.

На фиг.1 изображена электрическая схема предлагаемой электропередачи; на фиг.2 – схема взаимного расположения проводов линии электропередачи в пролете.

Трехфазная воздушная электропередача переменного тока (фиг.1) содержит линию с расщепленными фазами А, В, С, присоединенными по концам через линейные выключатели 1–3 к трехфазным шинам а, б, с. Провода 4 фаз А, В, С расположены по поверхности контуров двух концентрических окружностей 5 и 6. Провода 4 фазы А расположены по поверхности контура внутренней концентрической окружности 5. Провода 4 фазы В разделены на две части В₁ и В₂, а провода 4 фазы С разделены на две части С₁ и С₂, и расположены по поверхности контура внешней концентрической окружности 6. При этом части В₁ и В₂ проводов 4 фазы В расположены между частями С₁ и С₂ проводов 4 фазы С. В свою очередь каждая из частей С₁ и С₂ проводов 4 фазы С расположена соответственно между частями В₁ и В₂ проводов фазы В (фиг.2).

Каждая из фаз А, В, С линии расщеплена на десять проводов 4 (фиг.2), а каждая из частей В₁ и В₂, С₁ и С₂ фаз В и С содержит по пять проводов 4. Возможны варианты расщепления фаз А, В, С на другое число проводов 4.

По концам электропередачи со стороны линии каждая из частей (полуфаз) В₁ и В₂, С₁ и С₂ каждой из двух разделенных фаз В и С содержит по одному коммутационному аппарату, включенному в их рассечку. В рассечку частей В₁ и В₂ разделенной фазы В включены коммутационные аппараты 7 и 8, в рассечку частей С₁ и С₂ разделенной фазы С – коммутационные аппараты 9 и 10.

В каждую разделенную фазу по концам электропередачи введены три выключателя. В разделенную фазу В введены выключатели 11–13, в фазу С – выключатели 14–16.

Выключатель 11 одним концом присоединен к фазной шине а неразделенной фазы А, вторым концом к общей точке О₁ соединения линейного выключателя 2 и коммутационных аппаратов 7 и 8 частей В₁ и В₂ разделенной фазы В. Выключатели 12 и 13

одними концами присоединены со стороны линии к проводам 4 соответственно частей В₁ и В₂ разделенной фазы В, а вторыми концами – к фазным шинам с второй разделенной фазы С.

Выключатель 14 одним концом присоединен к фазной шине а неразделенной фазы А, вторым концом к общей точке О₂, соединения линейного выключателя 3 и коммутационных аппаратов 9 и 10 частей С₁ и С₂ разделенной фазы С. Выключатели 15 и 16 одними концами присоединены со стороны линии к проводам 4 соответственно частей С₁ и С₂ разделенной фазы С, а вторыми концами – к фазным шинам б второй разделенной фазы В.

Упрощение и повышение надежности электропередачи достигается за счет введения по ее концам меньшего количества коммутационных аппаратов, обеспечивающих не только сохранение всех положительных свойств прототипа – ликвидацию следующих повреждений в линии: обрыв провода одной из фаз на землю без касания проводов других фаз – однофазное короткое замыкание (КЗ); схлестывание проводов разноименных фаз – двухфазное КЗ; обрыв провода одной из фаз на землю с одновременным касанием проводов другой фазы – двухфазное КЗ на землю; обрыв провода одной из фаз с одновременным касанием проводов двух других фаз – трехфазное КЗ и ступенчатое регулирование режимов работы электропередачи, но и возможность работы электропередачи в случае отказа, вывода в ремонт, ревизии линейных выключателей, установленных по концам электропередачи.

Рассмотрим особенности работы электропередачи при ликвидации возможных повреждений в линии, регулирования режимов ее работы, необходимом выводе из работы линейных выключателей каждой фазы линии. Предположим, что начальное состояние электропередачи соответствует максимальной величине ее пропускной способности. В этом режиме (нормальном) коммутационные аппараты 1–3, 7–10, включены, а аппараты 11–16 отключены.

Пусть любой из проводов 4 полуфазы С₂ (фиг.2) упал на землю (однофазное КЗ). В этом случае на каждом конце линии происходит отключение аппаратов 3 фазы С. В бестоковую паузу отключаются также аппараты 10 поврежденной полуфазы С₂. Далее возможны два варианта работы электропередачи.

Первый предполагает включение аппаратов 3 фазы С и ввод в работу полуфазы С₁. Второй предполагает одновременно с аппа-

ратами 3 фазы С отключить аппараты 2 фазы В, затем в бестоковую паузу помимо аппаратов 10 отключить аппараты 8 полуфазы В₂, после этого включить аппараты 13, 14 и 2 фазы В линии и отключить аппараты 1 фазы А. В этом случае к проводам 4 полуфазы В₂ прикладывается вектор напряжения U_c фазы С, проводам полуфазы С₁ – напряжение U_a фазы а. Тем самым в электропередаче обеспечивается полнофазный симметричный режим. Тот или другой вариант коммутационных переключений определяет величина нагрузки приемной системы.

Аналогичные варианты вывода электропередачи из аварийного режима в нормальный (послеаварийный) в ее схеме возможны также в случаях обрыва на землю проводов полуфаз В₁, В₂, С₁. Обрыв же одного из проводов расщепленной фазы А будет практически всегда сопровождаться касанием проводов разноименных фаз В и С, что рассмотрим для другого вида КЗ.

Пусть, например, произошло двухфазное КЗ из-за склестывания проводов 4 полуфаз В₁ и С₂. В этом случае происходит отключение двух фаз В и С выключателями 2 и 3. В бестоковую паузу отключаются аппараты 8 и 10 и включаются аппараты 13 и 16, после чего следует включение аппаратов 2 и 3 фаз В и С и обеспечение полнофазного симметричного режима электропередачи. К проводам 4 полуфазы С₂ прикладывается вектор напряжения U_b фазы b, а к проводам полуфазы В₂ – вектор напряжения U_c фазы С. В результате этих выполненных коммутационных переключений провода 4 двух соседних полуфаз имеют один потенциал – слева относительно вертикальной осевой линии (фиг.2) к проводам 4 прикладывается потенциал фазы b, справа относительно вертикальной осевой линии к проводам 4 прикладывается потенциал фазы С.

Ликвидация аварийного режима при КЗ между другими парами фаз разноименных разделенных фаз В и С осуществляется аналогичным образом.

Последовательность коммутационных переключений при ликвидации КЗ между фазой А и одной из полуфаз, например В₂, следующая. Отключаются аппараты 2 фазы В. В бестоковую паузу отключаются аппараты 8, после чего включаются аппараты 2 фазы В.

Возможен вариант переключения потенциала фазы А линии на провода 4, например полуфазы В₁ фазы В. Это осуществляется отключением аппаратов 1, 2 фаз А и В линии, затем аппаратов 8 и 10 и включением выключателей 11 и 16. В этом

случае к проводам 4 полуфазы В₁ приложен потенциал U_a фазы а, проводам полуфазы С₂ – потенциал U_b фазы b, а поврежденные провода 4 фазы А и полуфазы В₂ полностью исключены из работы.

Двухфазное КЗ между фазами В и С линии и землей рассмотрим на примере повреждения полуфаз В₁ и С₂. В электропередаче последовательно отключаются аппараты 2 и 3 фаз В и С, 7 и 10 полуфаз В₁ и С₂. Далее путем включения аппаратов 2 и 3 фаз В и С линия переводится в полнофазный режим.

В линии возможно трехфазное КЗ.

Пусть оно произошло между проводами фазы А и полуфазами С₁ и В₂. Его ликвидация возможна двумя путями. Первый из них заключается в отключении выключателей 2 и 3 фаз В и С, отключении в бестоковую паузу коммутационных аппаратов 8 и 9 поврежденных полуфаз В₂ и С₁ и включении выключателей 2 и 3. В результате электропередача переходит в полнофазный режим работы.

Другой путь основан на отключении выключателей 1–3 фаз А, В, С, отключении в бестоковую паузу коммутационных аппаратов 7 и 9 полуфаз В₁ и С₁ и включении выключателей 11, 12 и 16. Такие коммутационные переключения обеспечивают перевод электропередачи в полнофазный режим работы. К проводам 4 полуфазы В₂ прикладывается потенциал U_a фазы а, проводам 4 полуфазы С₂ – потенциал U_b фазы b, проводам 4 полуфазы В₁ – потенциал U_c фазы С.

Аналогичные варианты вывода электропередачи из аварийного режима в нормальный (послеаварийный) возможны в случае трехфазного КЗ между фазой А и другими двумя полуфазами разделенных фаз В и С.

Устранение рассмотренных повреждений в электропередаче может быть выполнено путем ремонтных работ, проводимых под напряжением, технология которых для традиционных электропередач уже разработана.

Регулирование нормальных режимов электропередачи выполняется двумя ступенями. Первая ступень предполагает перевод электропередачи из режима по фиг.2 (к проводам 4 фазы А и полуфаз В₁ и В₂, С₁ и С₂ приложены потенциалы напряжений одноименных фаз соответственно U_a, U_b, U_c) в режим, когда к проводам 4 каждой из двух пар соседних полуфаз прикладываются вектора напряжений разноименных фаз, т.е. U_b и U_c. Порядок коммутационных переключений для указанной ступени следующий.

Сначала производят отключение выключателей 2 и 3 фаз В и С, далее в бестоковую паузу отключают коммутационные

аппараты 8 и 10 полуфаз В₂ и С₂, затем включают выключатели 13 и 16, 2 и 3. В этом случае к проводам 4 полуфаз В₁ и С₂ прикладывается потенциал U_b фазы b, к проводам 4 полуфаз С₁ и В₂ – потенциал U_c фазы С.

Вторая ступень регулирования режимов электропередачи предполагает переключение напряжений трех фаз a,b,c на три полуфазы разделенных фаз В и С. При этом исключаются из работы полностью провода фазы А и провода одной из полуфаз разделенной фазы В или С.

Для второй ступени регулирования режима работы электропередачи порядок переключений аппаратов следующий.

Отключают выключатели 2 и 3 фаз В и С на каждом конце электропередачи, потом, поскольку коммутационные аппараты 8 и 10 отключены на первой ступени регулирования, включают один из аппаратов 11 или 14, например 14, и отключают выключатели 1 фазы А. В данном случае к проводам полуфаз С₁, С₂, В₂ прикладываются соответственно потенциалы напряжений U_a, U_b, U_c фаз a,b,c. При этом провода 4 фазы А и полуфазы В₁ выведены из работы.

Следует отметить, что в электропередаче можно обеспечить регулирование ее режима при резком изменении передаваемой по ней мощности от максимального до минимального значения, минуя первую ступень регулирования. Для этого необходимо от режима по фиг.2, когда к проводам 4 приложены потенциалы одноименных фаз, перейти в режим трех полуфаз (вторая ступень регулирования), т.е. в режим, когда в работе находятся три полуфазы с приложенными к ним разноименными напряжениями. Это осуществляется следующим образом.

Отключают выключатели 2 и 3 фаз В и С, в бестоковую паузу отключают аппараты 8 и 10 полуфаз В₂ и С₂, затем включают выключатели 13 и 16, затем 14 и отключают выключатели 1 фазы А. После указанных коммутационных переключений к проводам 4 полуфаз С₁, С₂, В₂ прикладываются потенциалы соответственно напряжений U_a, U_b, U_c. Провода 4 фазы А и полуфазы В₁ обесточены.

Указанное регулирование режимов электропередачи обеспечивает уменьшение перетоков реактивной мощности и снижение мощности шунтирующих реакторов, необходимых для компенсации избытков зарядной мощности, а также, как следствие, потерь активной мощности в реакторах.

Для рассмотренных вариантов регулирования режимов электропередачи при изменении передаваемой по ней мощности и

вариантов работы электропередачи при различных повреждениях предполагается использование в качестве аппаратов 1–3 и 11–16 обычных высоковольтных выключателей, а в качестве аппаратов 7–10 – разъединителей (отделителей). В случае использования в качестве аппаратов 7–10 также выключателей время коммутационных переключений может быть сведено до минимума, при этом отпадает необходимость в постоянном отключении коммутационных аппаратов 2 и 3 поврежденных фаз В и С. Сочетание применяемых аппаратов будет определяться по ряду факторов: категория потребителей, какие системы связывает электропередача, резервирование связываемых систем другими электропередачами и т.д.

Ревизию и ремонт выключателей 1–3 фаз А, В, С необходимо (лучше всего) проводить во время работы электропередачи в режиме передачи по ней минимальной мощности, когда в работе находятся три полуфазы с приложенными напряжениями разноименных фаз. В этом случае выключатели 1–3 отключены или могут быть отключены (см. порядок работы коммутационных аппаратов при второй ступени регулирования режима работы электропередачи).

Ревизию и ремонт выключателей 2 и 3 фаз В, С можно проводить также и в режиме максимальной передаваемой мощности (пропускной способности), когда к проводам 4 фаз А, В, С по фиг.2 приложены потенциалы напряжений одноименных фаз. Для этого необходимо выполнить следующие переключения. Отключить аппараты 2 и 3 фаз В и С, далее отключить коммутационные аппараты 7 и 8, 9 и 10, потом включить выключатели 12 и 13, 15 и 16. После указанных переключений к проводам 4 полуфаз В₁ и В₂ фазы В прикладывается потенциал напряжения U_c фазы С, а к проводам 4 полуфаз С₁ и С₂ фазы С – потенциал напряжения U_b фазы b. Проведенные переключения в свою очередь не изменяют параметра самой электропередачи – емкость, индуктивность, волновое сопротивление и пропускную способность. Для полного снятия потенциала с любого из выключателей 2 или 3 необходимо отключить разъединитель, установленный между системой трехфазных шин a,b,c и каждым из выключателей 2 и 3 фаз В и С (на фиг.1 разъединители не показаны).

При отказе одного из выключателей 2 или 3 на передающем или приемном конце электропередачи порядок выводе его из работы следующий.

Вывод из работы отказавшего выключателя, например 2, в режиме максимальной передаваемой мощности проводят путем

отключения коммутационных аппаратов фазы b со стороны передающей и приемной электрических систем (на фиг.1 не показаны), после чего отключают в бестоковую паузу аппараты 7 и 8 полуфаз B_1 и B_2 фазы B с каждого конца линии электропередачи, отключают (при необходимости) разъединитель, установленный между шиной b и отказавшим выключателем, включают коммутационные аппараты фазы b со стороны передающей и приемной систем и далее, исходя из причины отказа выключателя, характера повреждения, времени восстановления и ожидаемого режима работы электропередачи, проводят выбор дальнейшего режима работы электропередачи – режим максимальной пропускной способности, режим с отключенной одной полуфазой, режим трех полуфаз. Перевод в один из указанных режимов обеспечивают коммутационные аппараты, приведенные на фиг.1.

Аналогичный порядок вывода из работы любого из отказавших выключателей 3 фазы C .

При отказе любого из выключателей 1 фазы A порядок вывода отказавшего из работы следующий. Отключают коммутационные аппараты фазы a со стороны передающей и приемной электрической системы, в бестоковую паузу отключают разъединители отказавшего выключателя – со стороны шины a и со стороны линии (эти разъединители на фиг.1 не показаны). Потом включают коммутационные аппараты со стороны передающей и приемной систем, подавая тем самым потенциал напряжения U_a на шины фазы a . Далее на время устранения причины отказа выведенного из работы выключателя переводят работу электропередачи в режим трех полуфаз, когда к трем полуфазам приложены потенциалы напряжений трех фаз, причем разноименных.

Из изложенного следует, что по сравнению с прототипом, в предлагаемом техническом решении только при отказе одного из выключателей 1 фазы A электропередача на время устранения причины отказа снижает свою пропускную способность.

Пропускная способность (предел передаваемой мощности) предлагаемой электропередачи определяется по формуле

$$P_{\text{пр}} = \frac{U_1 \cdot U_2}{Z_b \cdot \sin \alpha_0 I}$$

где U_1, U_2 – напряжение в начале и в конце электропередачи; Z_b – волновое со-

противление линии; l – длина линии; α_0 – коэффициент изменения фазы волны.

Волновое сопротивление линии электропередачи определяется по выражению

$$Z_b = \sqrt{\frac{L_3}{C_3}}$$

где C_3-L_3 – эквивалентная индуктивность и емкость линии.

В качестве примера приведем параметры предлагаемой электропередачи с числом проводов в расщепленных фазах линии, равным 8 и расположением проводов 4 полуфаз B_1, B_2, C_1 и C_2 в пролете в соответствии с фиг.2. Номинальное напряжение электропередачи равно 500 кВ, радиус внутренней окружности 5 равен 0,5 м, внешней окружности 6 – 4,1 м, габарит нижних проводов 4 фаз B и C до земли составляет 8 м, радиус проводов 4 равен 1,36 см. Режим максимальной пропускной способности – максимальная напряженность электрического поля E_3 под линией равна 8,6 кВ/м, величина волнового сопротивления Z_b линии составляет 103 Ом, натуральной мощности $S_{\text{нат}} = 2427$ МВА, режим трех полуфаз (в работе находятся провода 4 полуфаз B_1, C_1, C_2) – параметры электропередачи равны: $E_3 = 11$ кВ/м, $Z_b = 222$ Ом, $S_{\text{нат}} = 1126$ МВА.

Экономический эффект в предлагаемой электропередаче обеспечивается за счет значительного уменьшения площади отчуждаемой земли линиями электропередачи на напряжении 220 кВ и выше.

Предлагаемое изобретение может быть использовано в электротехнике при создании трехфазных воздушных электропередач преимущественно высоких 220–330 и сверхвысоких напряжений 500–750 кВ.

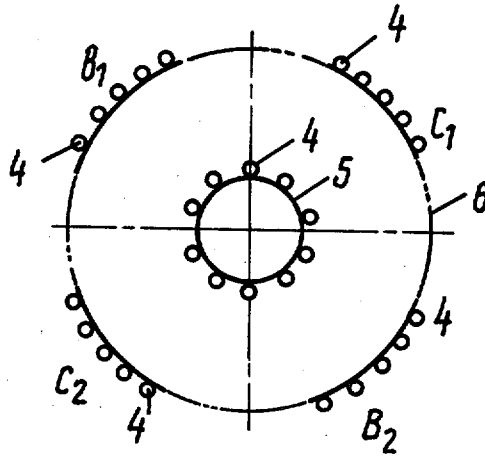
Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

Трехфазная воздушная электропередача переменного тока, содержащая линию с расщепленными фазами, присоединенными по концам через линейные выключатели к трехфазным шинам, провода фаз которой расположены по поверхности контуров двух концентрических окружностей, причем провода одной фазы расположены по поверхности контура внутренней концентрической окружности, а провода каждой из двух других фаз разделены на две части и расположены по поверхности контура внешней концентрической окружности, при этом каждая из частей, относящаяся к одной из фаз, расположена между частями проводов другой расщепленной фазы, причем по концам электропередачи со стороны линии каждая из двух разделенных фаз содержит по одному коммутационному аппарату.

включенному в их рассечку, отличающаяся тем, что, с целью упрощения и повышения надежности электропередачи, в каждую разделенную фазу по концам электропередачи введены три выключателя, один из них одним концом присоединен к фазной шине неразделенной фазы, вторым концом — к

общей точке соединения линейного выключателя и коммутационных аппаратов каждой части разделенной фазы, два других выключателя одними концами присоединены со стороны линии к проводам разных частей одной разделенной фазы, а вторыми концами — к фазным шинам второй разделенной фазы.

10



Фиг. 2

40

45

50

Редактор С. Пекаръ

Составитель М. Полякова
Техред М. Моргентал

Корректор Н. Ревская

Заказ 958

Тираж

Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета по изобретениям и открытиям при ГКНТ СССР
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., 4/5

Производственно-издательский комбинат "Патент", г. Ужгород, ул. Гагарина, 101