

ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕВОДА ДВУХЦЕПНОЙ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ НА ПОСТОЯННЫЙ ТОК

А.Ю. Сыркин, М.Е. Гольдштейн

ФГАОУ ВО "Южно-Уральский государственный университет (НИУ)", Челябинск, Россия

E-mail: syrkin0110-1994@yandex.ru

Аннотация

Состояние вопроса: В современной электроэнергетике часто возникают задачи увеличения пропускной способности линий электропередач (ЛЭП), гибкого управления их режимами, а также перераспределения потоков мощности между параллельными сечениями. Одним из возможных решений является перевод двухцепной электропередачи переменного тока на постоянный с применением конечных подстанций на базе преобразователей напряжения (ПН). Параметры и допустимые области регулирования таких электропередач в различных режимах работы электрической сети сегодня изучены еще недостаточно.

Материалы и методы: Исследование проводилось на виртуальной модели района электрической сети. В качестве инструмента для моделирования, а также расчета и анализа режимов электрической сети применялся разработанный на кафедре ЭССиС ЮУрГУ программный комплекс NetWORKS с дополнительным вводом в него модели электропередачи постоянного тока (ППТ) на базе ПН.

Результаты: При переводе двухцепной передачи переменного тока на постоянный разработан алгоритм расчета основных параметров ППТ на ПН, а также построены P-Q диаграммы и найдены области возможного регулирования мощности передачи для различных режимов работы электрической сети.

Выводы: Полученный алгоритм может быть использован при переводе двухцепной ЛЭП на постоянный ток, что позволяет значительно увеличить пропускную способность и расширить функциональные свойства электропередачи. Реализация передачи на базе ПН позволяет регулировать как активную, так и реактивную мощности во всех четырех квадрантах P-Q диаграммы.

Ключевые слова: Передача постоянного тока; преобразователь напряжения; режимы работы; допустимые рабочие области; P-Q диаграммы.

FEATURES OF TRANSFER DOUBLE-CIRCUITE TRANSMISSION LINE TO A DIRECT CURRENT

A.Y. Syrkin, M.E. Goldshteyn

South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

E-mail: syrkin0110-1994@yandex.ru

Abstract

Background: In modern electric power industry, there are problems of increasing the capacity of transmission lines, flexible control of their modes and redistribution of power flux between parallel sections. One of the possible solutions is the replacement of a double-circuit AC transmission to DC and the use of substations based on **voltage transducers**. Today, the parameters and permissible areas for regulating such power transmission in various operating modes of the electric grid have not yet been adequately studied.

Materials and Methods: The research was conducted on a virtual model of the electric network area. The NetWORKS software complex was used as a tool for modeling, calculating and analyzing the modes of the electrical network. This software created at the department of power station and network system, South Ural State University.

Results: **The algorithm for calculating the main parameters of the direct current transmission based on voltage transducers founded by transferring the double-circuit AC transmission to DC and P-Q diagrams were constructed, also acceptable workspaces for various modes of operation electrical network were founded.**

Conclusions: The obtained algorithm can be used for transferring a double-circuit power line to direct current, which allows to significantly increasing the capacity and expanding the functional properties of power transmission. The implementation of the transmission based on the voltage transducers allows regulating both the active and reactive power in all four quadrants of the P-Q diagram.

Key-words: Direct current transmission; voltage transducer; modes of operation; acceptable workspaces; P-Q diagrams.

I. ВВЕДЕНИЕ

В современной электроэнергетике возникают задачи увеличения пропускной способности линий электропередач (ЛЭП), гибкого управления их режимами, а также перераспределения потоков мощности между параллельными сечениями. Одним из возможных решений является перевод двухцепной электропередачи переменного тока (ДППТ) на постоянный с применением

концевых подстанций на базе преобразователей напряжения (ПН). Методик определения параметров реконструируемой передачи постоянного тока и сравнения их с параметрами электропередачи переменного тока нет.

При переводе ДППТ на постоянный сначала найдем параметры такой передачи на базе ПН (ППТН), затем определим возможные длительные, рабочие и допустимые режимы, а затем сравним их исходной двухцепной.

II. НОМИНАЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ПЕРЕДАЧИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

В нормальном режиме работы номинальный ток каждой из цепей ДППТ определяется сечением проводов, которое обычно выбирается по нагрузке ЛЭП в максимальном режиме, исходя из экономической плотности тока. На Рис.1 приведены P - Q диаграммы для электропередачи переменного тока при номинальном токе передачи I_n и длительно допустимом $I_{доп}$.

ППТН – это линия электропередачи и концевые подстанции: выпрямительная и инверторная, которые сегодня выполняются на ПН с комбинированным фазовым и широтно-импульсным управлением. Они работают в любом из четырех квадрантов мощности и создают в узлах примыкания к сети переменные напряжения с регулируемой амплитудой и фазой [1-4]. Это позволяет независимо регулировать активную мощность электропередачи, а также реактивные мощности в примыкающих узлах энергосистемы.

При переводе ДППТ на постоянный целесообразно сделать три фазных провода одной цепи положительным полюсом ЛЭП ППТН, а три провода второй цепи – отрицательным. При этом номинальное напряжение одного полюса передачи постоянного тока равно амплитуде фазного напряжения ДППТ.

Номинальное напряжение ППТН:

$$U_d = 2 \cdot U \sqrt{2} / \sqrt{3}, \quad (1)$$

где U – номинальное напряжение двухцепной ЛЭП. Максимально допустимое рабочее напряжение ППТН ограничивается ее изоляцией [2]. Номинальный ток передачи $I_{дн}$:

$$I_{дн} = 3I_n, \quad (2)$$

а допустимый ток:

$$I_{ддоп} = 3I_{доп}. \quad (3)$$

Номинальная и допустимая мощности передачи:

$$P_d = 2 \cdot k_1 \cdot U_d \cdot I_{дн}, \quad (4)$$

$$P_{ддоп} = 2 \cdot k_1 \cdot U_d \cdot I_{ддоп}, \quad (5)$$

где k_1 – коэффициент, учитывающий допустимое напряжение на ЛЭП по условиям работы изоляции.

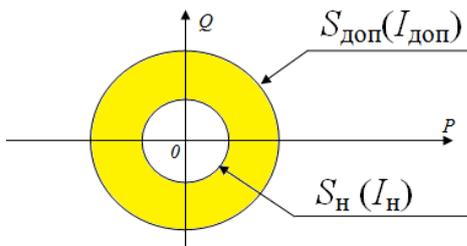


Рис. 1. Допустимая область регулирования мощности ЛЭП переменного тока.

III. РЕЖИМЫ ПЕРЕДАЧИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Длительная предельно-допустимая мощность передачи в послеаварийных или ремонтных режимах сети, с одной стороны, определяется допустимым током ЛЭП – $S_{доп}$ (Рис. 2). С другой, эта мощность ограничивается перегревом трансформаторов и длительно перегревом полупроводниковых ключей (ПК).

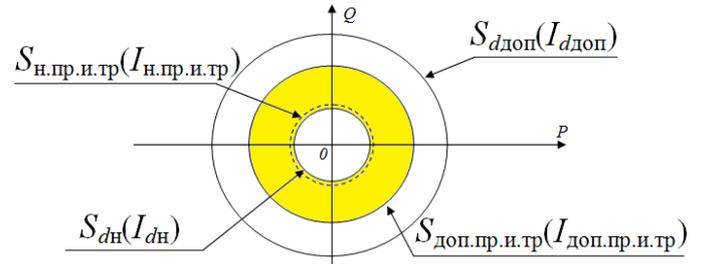


Рис. 2. Допустимая область регулирования мощности ППТН

Поэтому выбор полупроводниковых приборов и трансформаторов по току при переводе ДППТ на постоянный определяется нормируемой перегрузкой ППТН $S_{доп.пр.и.тр}$ (Рис. 2) в послеаварийных и ремонтных режимах сети [3]. Эта перегрузка не превышает допустимую для ЛЭП. В нормальном режиме мощность полупроводниковых приборов и трансформаторов $S_{н.пр.и.тр}$.

При кратковременных перегрузках наиболее критичным элементом ППТН являются ПК. Поэтому, если при анализе возможных режимов при действии противоаварийной автоматики появляются более высокие перегрузки, то необходим их тепловой расчет. Свойство ППТН регулирования реактивной мощности в узлах примыкания к энергосистеме (Рис. 2) [1-4] должна использоваться при планировании режимов в различных оперативных ситуациях.

IV. СРАВНЕНИЕ СВОЙСТВ ЭЛЕКТРОПРЕДАЧ ПРИ ПЕРЕВОДЕ ДВУХЦЕПНОЙ ЛЭП С ПЕРЕМЕННОГО ТОКА НА ПОСТОЯННЫЙ

При переводе ДППТ на постоянный ток существенно увеличивается ее мощность в длительных, ремонтных и послеаварийных режимах энергосистемы, появляется возможность гибкого регулирования активной мощности и независимого регулирования реактивной в узлах ее примыкания к энергосистеме. При этом существенно расширяются функциональные возможности передачи.

Список литературы

- [1] Виджей К. Суд. HVDC and FACTS controllers: применение статических преобразователей в энергетических системах: перевод с англ.: НП «НИИА», 2009. – 344 с.
- [2] Гольдштейн М.Е., Корбуков Н.В. Допустимые длительные режимы передачи постоянного тока на базе преобразователей напряжения. Электроэнергетика глазами молодежи: науч. Тр. IV междунар. Науч.-техн. конф., Т1, г. Новочеркасск, 14-18 октября 2013 г./ М-во образования и науки РФ, Юж.-Рос. Гос. Политех. ун-т им. М.И. Платова. – Новочеркасск: Лик, 2013. – С. 148 – 151.
- [3] Кочкин В.Н., Нечаев О.П. Применение статических компенсаторов реактивной мощности в электрических сетях энергосистем и предприятий. – М.: Изд-во НИЦ ЭНАС, 2002. – 248 с.
- [4] Bulatov V.G., Gol'dshtein M.E., Korbukov N.V. Modeling of HVDC and DC Links Based Voltage Converters in Software for Calculating Long-Time Regimes of Power Systems. Power Technology and Engineering. March 2016, Volume 49, Issue 6, pp 468-471.