

ПРИМЕНЕНИЕ ТИРИСТОРНОГО СТАБИЛИЗАТОРА ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ ОТБОРА МОЩНОСТИ ИЗ ПОЛУВОЛНОВОЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Хоютанов А.М., Васильев П.Ф., Давыдов Г.И.

Ключевые слова: полуволновая электропередача, протяженные электропередачи, промежуточный отбор мощности.

Аннотация. В данной работе проведено изучение режимов работы полуволновой электропередачи ЛЭП при подключении промежуточных систем для отбора взаимной передачи мощности. С использованием модели полуволновой линии электропередачи проведены исследования по отбору мощности. В результате разработаны методы и способы отбора мощности с полуволновой линии электропередачи. Особенностью полуволновых электропередач является изменение напряжения в средней части линии от максимального, в режиме нагрузки, до нуля, в режиме холостого хода. Это не позволяет в режиме холостого хода применять в этой части линии параллельный отбор мощности. Установлено, что применение тиристорного стабилизатора параметров позволяет производить отбор в любой промежуточной точке полуволновой линий электропередачи и компенсация только волновой длины линии является более эффективным способом регулирования напряжения в месте отбора.

APPLICATION OF THYRISTOR PARAMETER STABILIZER FOR POWER TAKE-OFF FROM HALF-WAVE POWER TRANSMISSION

Khoiutanov A.M., Vasilyev P.F., Davydov G.I.

Keywords: half-wave power transmission, extended power transmission, intermediate power take-off.

Abstract. In this paper, we study the operation modes of a half-wave power transmission line with the connection of intermediate systems for selection of mutual power transfer. Using the model of a half-wave power transmission line, studies were carried out on the selection of power. As a result, methods and methods for selecting power from a half-wave transmission line have been developed. The feature of half-wave power transmission is the change in voltage in the middle part of the line from the maximum, in the load mode, to zero, in idle. This does not allow the parallel selection of power in this part of the line in idle mode. It is established that the use of a thyristor parameter stabilizer allows selection at any intermediate point of a half-wave transmission line and compensation of only the wave length of the line is a more effective method of regulating the voltage at the sampling site.

На современном этапе, в результате, проведенных исследований, обоснована значимость использования электропередач полуволнового типа, доказана их техническая осуществимость и экономическая эффективность. Линии данного типа могут передавать электроэнергию на расстояния от 2000-4000 км. Полуволновые и настроенные на полуволну электропередачи обладают большим запасом статической устойчивости и независимостью напряжений от нагрузки на отправном и приемном концах линии, не нуждаются в дополнительной установке компенсирующих устройств. При этом основной особенностью полуволновых электропередач является значительные колебания напряжения вдоль линии при изменении баланса

мощности, но равенство значений напряжений и токов по модулю и сдвиг по фазе на 180° по концам электропередачи сохраняется в любом случае (рис.1). Так, в средней части линии напряжение меняется от минимальной величины, близкой к нулю, в режиме холостого хода до наибольшего рабочего напряжения в режиме наибольшей загрузки. Это не позволяет осуществлять традиционным способом параллельный отбор мощности из ПЭП на большей её части в режимах сниженных нагрузок. Для расширения области применения полуволновых электропередач требуется решение задачи промежуточного отбора мощности в средней части линии [1].

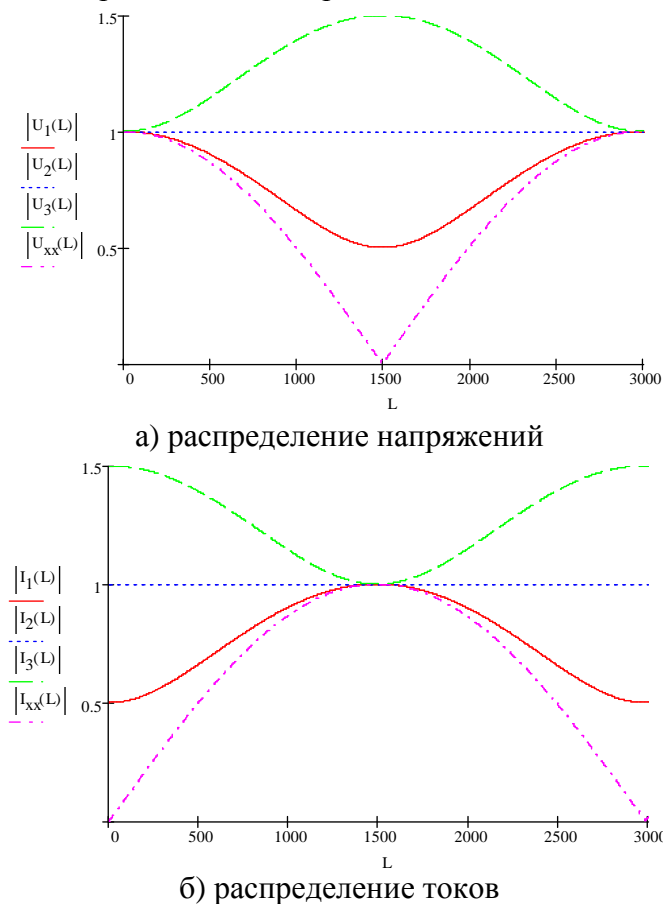


Рис. 1. Распределение напряжений (а) и токов (б) вдоль полуволновой линии при различных передаваемых мощностях

В средней части линии ток, независимо от передаваемой мощности, изменяется в пределах 5-10% от натурального, поэтому в этой части, традиционно, используется последовательный отбор мощности. Но все меняется в режиме холостого хода, из-за отсутствия тока нагрузки схема становится не работоспособной.

Поэтому предлагается использование универсального параллельно-последовательного отбора мощности из ПЭП с помощью тиристорного

стабилизатора параметров (ТСП), разработанного в Институте физико-технических проблем Севера СО РАН [2].

Работа ТСП основана на методе стабилизации напряжения в точке отбора мощности. На (рис. 2) представлена схема полуволновой электропередачи, на которой показана нагрузка в произвольной точке m и устройство реактивной мощности в пункте n , которое может потребоваться для введения режимов по условию напряжения в допустимую область.

В качестве исходной информации принимается мощность и напряжение на приемном конце полуволновой электропередачи, мощность нагрузки в промежуточной точке, которая в общем случае может включать мощность дополнительных компенсирующих устройств, необходимых по условию обеспечения приемлемого режима напряжений в любой точке линии. Кроме того, предусматривается установка устройств реактивной мощности в промежуточном пункте со стороны отправного конца линии.

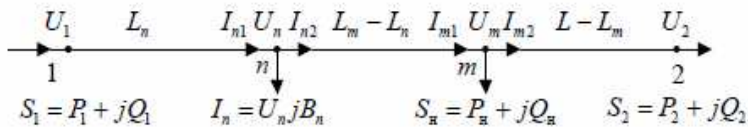


Рис. 2. Расчетная схема полуволновой линии с отбором мощности в произвольной промежуточной точке

Обеспечение потребителей отбора мощности допустимым уровнем напряжения в «электрическом центре» и в промежуточных точках вдоль полуволновой линии электропередачи достигается двумя способами:

- первый вариант способом изменения параметров линии электропередачи, которое привело бы к изменению ее эквивалентной волновой длины, то есть смещало бы только вдоль оси абсцисс зависимости напряжения от длины в нужном направлении (вправо или влево). Например, компенсацией только волновой длины линии, смещая только вдоль оси абсцисс от отправного конца линии путем передачи реактивно-емкостной мощности, или путем передачи реактивно-индуктивной мощности от приемного конца линии (рис. 3);

- второй вариант заключается в том, что нормализация режима напряжения в «электрическом центре» средней части полуволновой линии в допустимых областях реализуется способом изменения только волнового сопротивления линии и только вдоль оси ординат.

Из рис. 3 видно, что график распределения напряжения может смещаться в разные стороны относительно оси абсцисс, таким образом, в нужном месте отбора мощности можно поднять характеристику напряжения до требуемых ТСП значений (стабилизация возможна с 173 кВ). Но при данном варианте изменения параметров линии в некоторых режимах наблюдаются недопустимые уровни напряжений на концевых зонах (графики 4 и 6 на рис. 3).

Используя дополнительные источники реактивно-емкостной мощности, реализующие уменьшение в n раз индуктивности линии и увеличение в n раз емкости линии, можно обеспечить подъем характеристики напряжения вдоль оси ординат путем уменьшения только волнового сопротивления линии. Это достигается путем передачи реактивно-емкостной мощности. В этом случае дополнительные устройства на линии выбираются так, чтобы уменьшить величину Z_B . При этом волновая длина (естественный угол сдвига напряжения) $\alpha_0 = \sqrt{x_0 \cdot b_0}$ не изменится, а напряжение при отборе поднимется до требуемых ТСП значений (табл. 1).

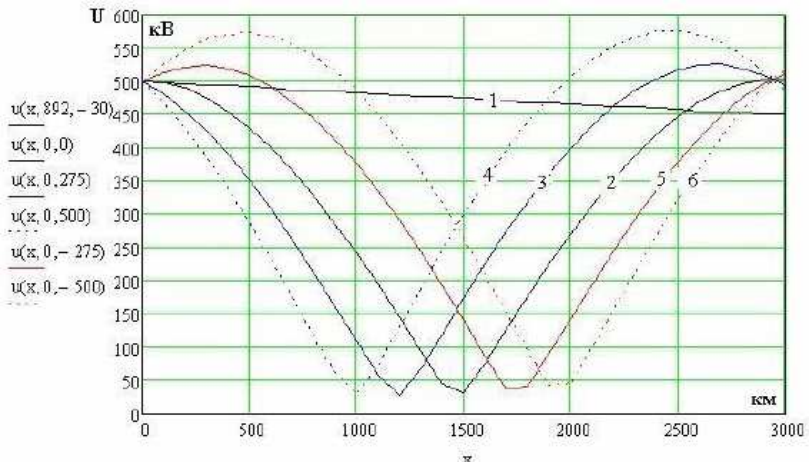


Рис. 3. Распределение напряжения вдоль ПЭП в режимах натуральной мощности и холостого хода в зависимости от реактивной мощности на линии

Табл. 1. Параметры регулирования и значения напряжений в контрольных точках

Расстояние до точки отбора, м	Коэффициент регулирования	Напряжение на отправном конце, кВ	Напряжение в середине линии, кВ	Напряжение в месте отбора, кВ
2500	0.33	512.251	490.732	432.379
2000	0.16	524.346	443.07	468.11
1700	0.17	519.998	353.451	337.012
1500	0.15	502.938	432.626	432.626
1300	0.13	514.366	492.947	497.135
1000	0.147	524.558	440.628	473.058
500	0.15	513.814	367.282	511.323

Заключение

Таким образом, разработанный универсальный способ параллельно-последовательного присоединения стабилизатора напряжения к полуволновой электропередаче позволяет осуществлять отборы мощности в любом промежуточном узле, не оказывая влияния на работу магистральной линии.

Разработана методика расчета режимов напряжения в полуволновой электропередаче с промежуточными отборами мощности для стабилизации режимных параметров на промежуточной подстанции, основанная на изменении волновой длины и волнового сопротивления линии электропередачи.

Список литературы

1. Зильберман С.М. Методические и практические вопросы полуволновой технологии передачи электроэнергии: дисс. ... докт. техн. наук: Красноярск, 2009. – 39 с.
2. Хоютанов А.М. Устройство отбора мощности из линии электропередачи / А.М. Хоютанов, В.П. Кобылин, П.Ф. Васильев, Г.И. Давыдов // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Энергетика. – 2019. – Т.19, №3. – С. 65-69.

References

1. Zilberman S.M. Methodological and practical issues of half-wave technology of electric power transmission: diss. ... doct. of tech. sciences: Krasnoyarsk, 2009 . – 39 p.
2. Khoiutanov A.M. A power take-off device from a power line / A.M. Khoiutanov, V.P. Kobylin, P.F. Vasiliev, G.I. Davydov // Bulletin of the South Ural State University. Series: Energy. – 2019. – Vol.19, No. 3. – P. 65-69.

Хоютанов Александр Михайлович – ведущий инженер, shuriklater@mail.ru	Khoiutanov Alexander Mikhailovich – leading engineer, shuriklater@mail.ru
Васильев Павел Филиппович – кандидат технических наук, доцент, заведующий отделом, kb-8@mail.ru	Vasiliev Pavel Filippovich – candidate of technical sciences, head of department, kb-8@mail.ru
Давыдов Геннадий Иванович – научный сотрудник, dav_gen@mail.ru	Davydov Gennady Ivanovich – researcher, dav_gen@mail.ru
Институт физико-технических проблем Севера СО РАН, г. Якутск, Россия	Institute of the physical-technical problems of the North of the Siberian Branch of the RAS, Yakutsk, Russia

Received 09.12.2019