

ОПТИМИЗАЦИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МОЩНОСТИ МЕЖДУ ЦЕПЯМИ ПЕРЕМЕННОГО И ПОСТОЯННОГО ТОКА В СОВМЕЩЕННЫХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧАХ С КРИОГЕННЫМИ КАБЕЛЯМИ

Исследованиями, проведенными в СССР и за рубежом, доказана техническая осуществимость электропередач со сверхпроводящими кабелями (СПК). Однако начало их практического внедрения сдерживается из-за недостаточно хороших технико-экономических показателей, что в значительной степени объясняется недоиспользованием дорогостоящего сверхпроводящего материала.

Повысить эффективность использования сверхпроводящего материала и, следовательно, экономичность электропередач с СПК, как показано в [1], можно путем создания совмещенных электропередач переменного и постоянного тока. При этом степень повышения экономичности зависит от ряда показателей, например, длины линии, передаваемой мощности и распределения ее между цепями переменного и постоянного тока.

При проектировании совмещенных электропередач заданной пропускной способности важно распределить общую мощность между цепями переменного и постоянного тока таким образом, чтобы обеспечить минимум стоимости передачи 1 кВт·ч электроэнергии.

Рост доли постоянного тока в общей мощности совмещенной электропередачи приводит к снижению стоимости СПК и потерь электроэнергии и к одновременному повышению затрат на подстанционное оборудование. Характер изменения этих составляющих и их влияние на технико-экономические характеристики электропередачи в целом различны.

Зависимости, характеризующие экономическое распределение мощности между цепями переменного и постоянного тока в совмещенной электропередаче, в ряде случаев сложны или вообще не могут быть получены аналитически. В первую очередь это касается электропередач с СПК, выполненных жесткими сверхпроводниками второго рода. При решении задачи оптимизации распределения мощности в совмещенной электропередаче приходится иметь дело с независимыми переменными, изменяющимися дискретно. А, как известно [2], аппарат классического математического анализа приспособлен к решению задач оптимизации с непрерывным изменением независимых переменных.

Поэтому для решения данной задачи используем метод динамического программирования [3]. Преимущество его заключается

в том, что здесь однократная оптимизация функции многих параметров заменяется многошаговой оптимизацией функции меньшего числа параметров. Кроме того, что важно для решения задачи, метод динамического программирования позволяет получить решение для совокупности исходных нагрузок электропередачи и их длин.

Целевую функцию распределения мощности между цепями переменного и постоянного тока в совмещенной электропередаче на стадии проектирования представим в виде

$$Z = \sum_{i=1}^n Z_i(P_i),$$

где Z_i — функция приведенных затрат для i -й цепи, которая может быть задана формулой, таблицей или графиком.

Математически задача оптимизации формулируется так:

$$\min \sum_{i=1}^n Z_i(P_i),$$

при ограничениях

$$\sum P_i = P_{\max}; \quad (1) \quad P_i \leq P_{i\max}; \quad (2)$$

$$P_i > 0.$$

Ограничение (1) характеризует первый закон Кирхгофа, а (2) показывает, что нагрузки в отдельных цепях не должны превышать технически допустимые.

Рекуррентное соотношение запишем в виде

$$h_k(P_\Sigma) = \min \{ h_{k-1}(P_\Sigma - P_k) + Z_k(P_k) \},$$

где Z_k — функция приведенных затрат в k -й цепи при передаче по ней мощности P_k ; P_Σ — суммарная мощность, передаваемая по цепям переменного и постоянного тока; h_k, h_{k-1} — значения целевой функции на k -м и $(k-1)$ -м шаге оптимизации. Вычислительный процесс представляет собой случай одномерного динамического программирования и реализован на ЭВМ.

В результате проведенных расчетов получены оптимальные мощности цепи постоянного тока в суммарной мощности совмещенной электропередачи для разных номинальных напряжений и длин СПК. Некоторые результаты расчетов даны на рис. 1.

При этом в качестве расчетной принята схема электропередачи, приведенная на рис. 2. Она состоит из источника 1, подстанций переменного тока 2 и 3, преобразовательных подстанций постоянного тока 4 и 5, компенсирующего устройства 6 и сверхпроводящего кабеля 7. Конструктивные особенности последнего описаны в [1]. Используемая в расчете исходная технико-экономическая информация бралась из [4, 5].

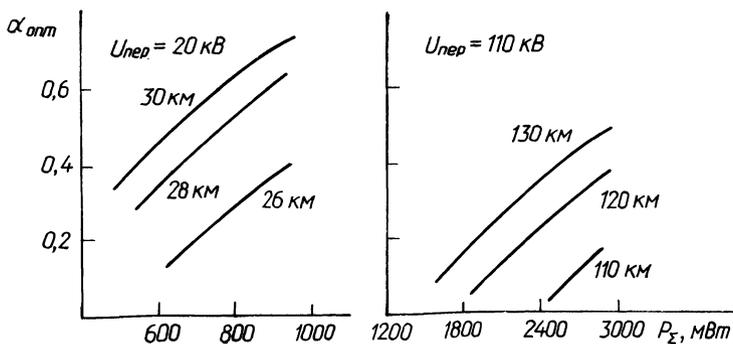


Рис. 1. Оптимальные значения мощности постоянного тока в суммарной мощности совмещенной электропередачи.

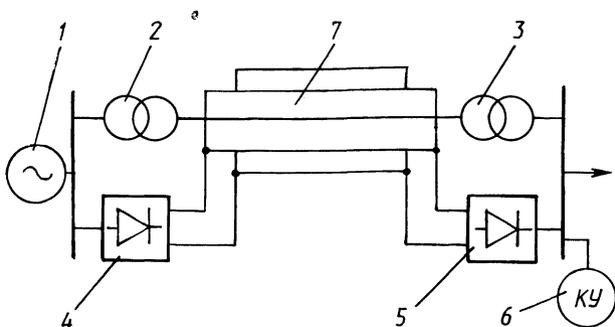


Рис. 2. Схема электропередачи.

Из приведенных результатов видно, что при увеличении пропускной способности и длины электропередачи относительная часть мощности, передаваемая на постоянном токе, повышается.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федин В.Т., Лычев П.В. Повышение эффективности использования сверхпроводящего материала токопроводов генераторного напряжения. — В кн.: Создание сверхпроводящего токопровода генераторного напряжения. М.: ЭНИН, 1981, с. 14—16.
2. Падалко Л.П. Математические методы оптимального планирования и эксплуатации энергосистем. — Минск: Выш. шк., 1973. — 200 с.
3. Вентцель Е.С. Введение в исследование операций. — М.: Сов. радио, 1964. — 388 с.
4. Справочник по проектированию электроэнергетических систем/Под ред. С.С.Рокотяна, Н.М.Шапиро. — М.: Энергия, 1977. — 288 с.
5. Савельев А.Я. Влияние вариации режимных и конструктивных параметров сверхпроводящего кабеля на технико-экономические показатели криогенных электропередач. — София, 1977, с. 141—172.