

полученным абсолютным значениям следует подходить осторожно.

В заключение следует заметить, что несомненный интерес представляет решение задачи оптимального совместного размещения рефрижераторных установок основного и промежуточного хладагентов по трассе сверхпроводящей линии.

Л и т е р а т у р а

1. Блинков Е.Л., Гольденберг Е.С. Оптимизация условий циркуляции хладагентов в криогенных кабелях. — "Изв. АН СССР. Энергетика и транспорт". М., 1972, № 4. 2. Вилкинсон К. Перспективы использования проводников при низкой температуре в силовых кабелях и трансформаторах. — "Радиотехника сверхвысоких частот и квантовая радиотехника", 1968, № 23.

Ю.В. Белянчев

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КОАКСИАЛЬНОЙ СВЕРХПРОВОДЯЩЕЙ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

По мнению отечественных и зарубежных исследований, одним из перспективных может быть способ передачи электроэнергии по сверхпроводящим линиям.

В настоящей работе предполагается исследовать влияние некоторых режимных и конструктивных параметров сверхпроводящего кабеля на его экономические показатели с целью определения оптимальных значений этих параметров.

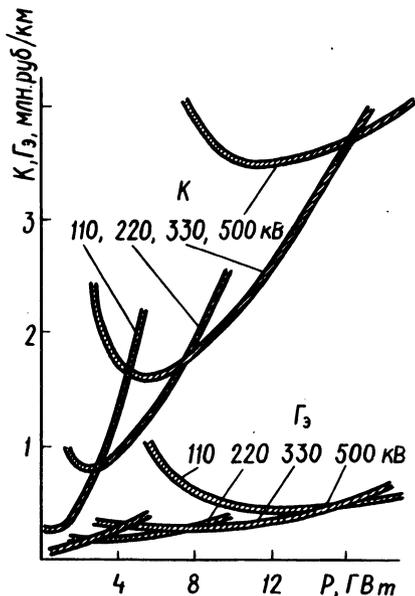
Были проведены исследования для одной из предпочтительных конструкций сверхпроводящей линии — фазно-коаксиальной конструкции [1]. В качестве сверхпроводящего материала в ней принят ниобий, нанесенный на подложку из гофрированной медной трубки. Электроизоляция выполнена из твердого диэлектрика типа тефлона. Для снижения теплопритоков к глубоководяемой гелиевой зоне служит азотный экран, теплоизолированный от окружающей среды и гелиевой зоны вакуумными полостями. Фаза этой линии выполнена из двух коаксиальных труб, которые располагаются в вершинах равностороннего треугольника, образуя трехфазную систему.

При исследовании этой конструкции изменялись такие криогенные и электрические параметры, как сечения вакуумных теплоизолирующих слоев и азотного экрана, конструктивное исполнение сверхпроводящего слоя и подложки (материалы с различной степенью пористости), сечение подложки, коэффициенты эффективности гелиевых и азотных рефрижераторов, передаваемая мощность, длина линии, ее номинальное напряжение и другие параметры.

Критерием принятых решений служили удельные приведенные затраты, методика определения которых для сверхпроводящих линий изложена в [2].

Алгоритм, составленный по этой методике, и программа расчета применительно к ЭЦВМ "Минск-22" позволили провести несколько серий расчетов с целью определения зависимостей экономических показателей сверхпроводящей линии от ее конструктивных и режимных параметров.

Рис. 1. Зависимость капитальных затрат и годовых эксплуатационных расходов, отнесенных к единице длины сверхпроводящего кабеля, от передаваемой мощности для различных номинальных напряжений.



Зависимость, построенная по результатам расчетов капитальных затрат и эксплуатационных расходов от передаваемой мощности для различных номинальных напряжений, приведена на рис. 1. Она имеет нелинейный характер, который объясняется закономерностью изменения объема электрической изоляции с изменением передаваемой мощности и изменяющегося пропорционально ей диаметра сверхпроводящего слоя.

Анализируя полученные зависимости удельных приведенных затрат, представленные на рис. 2, в функции передаваемой мощности для различных номинальных напряжений, можно определить наиболее выгодную передаваемую мощность для каждого номинального напряжения, используя в качестве критерия минимум приведенных затрат. Так, наивыгоднейшая передаваемая мощность для сверхпроводящего кабеля исследуемой конструкции с номинальным напряжением 110 кВ порядка 1,5 ГВт, 220 кВ — 5,5 ГВт, 330 кВ — 12 ГВт, 500 кВ — 22 ГВт.

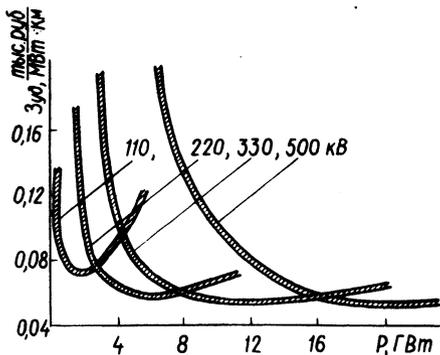


Рис. 2. Зависимость удельных приведенных затрат от передаваемой мощности для различных номинальных напряжений.

Кроме того, анализ этих зависимостей дает возможность определить области экономичных номинальных напряжений. При этом в качестве граничного условия, соответствующего равноэкономичному применению двух смежных стандартных номинальных напряжений U_k и U_n , было принято условие

$$z_k(U_k, S_i) = z_n(U_n, S_i),$$

где S_i — передаваемая мощность; z_k, z_n — приведенные затраты в сверхпроводящую линию при номинальных напряжениях U_k и U_n соответственно и передаваемой мощности S_i .

Так, применение номинального напряжения 220 кВ экономически выгоднее номинального напряжения 110 кВ, начиная со значений передаваемой мощности порядка 2,6 ГВт; применение 330 кВ экономически более выгодно, чем 220 кВ, с передаваемых мощностей порядка 7,3 ГВт; а применение 500 кВ экономически выгодней, чем 330 кВ, начиная со значений передаваемой мощности порядка 17 ГВт. Программа расчета поз-

воляет также определять оптимальные конструктивные размеры сверхпроводящего кабеля, если определить зависимость удельных приведенных затрат от изменяемых геометрических размеров. Так, оптимальное сечение вакуумных теплоизолирующих полостей получается при радиальной толщине каждой из них, равной 1,0--1,5 см. Оптимальное сечение азотной зоны получается при радиальной толщине в 0,5--1,0 см.

Влияние коэффициента эффективности гелиевых и азотных рефрижераторов на приведенные затраты очень незначительно. Так, снижение коэффициента эффективности гелиевых рефрижераторов с 500 до 300 Вт/Вт уменьшает приведенные затраты на 2,7%.

Еще меньше влияет коэффициент эффективности азотных рефрижераторов. Так, его снижение с 10 до 7 Вт/Вт уменьшает приведенные затраты на 1,37%, а его дальнейшее снижение до 4 Вт/Вт, возможное в перспективе, уменьшает приведенные затраты на 2,78%.

Уменьшение толщины подложки приводит к еще менее значительному снижению приведенных затрат.

В проведенных расчетах не учитывалось подстанционное оборудование и компенсирующие устройства. Из-за отсутствия в настоящее время стабильных цен на криогенные материалы и оборудование в расчетах был задан ряд цен из существующего диапазона их с учетом прогнозируемых на будущее значений. Вследствие этого на рис. 1,2 получены области возможных значений экономических показателей. Учет в дальнейших исследованиях подстанционного оборудования и компенсирующих устройств, а также использование для расчетов по составленной программе более точных стоимостных характеристик криогенных материалов и оборудования позволит уточнить экономические показатели сверхпроводящей электропередачи.

Л и т е р а т у р а

1. Астахов Ю.Н. и др. Сверхпроводящие линии электропередачи. — "Электротехника и энергетика", М., 1971. 2. Поспелов Г.Е., Федин В.Т., Бережной А.В. Эффективность применения кабелей с глубоким охлаждением для электроснабжения городов и промышленных предприятий. — В сб.: Электроренергетика, вып. 4. Минск, 1974.