

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ СОПОСТАВЛЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ МНОГОАМПЕРНЫХ ТОКОПРОВОДОВ ПРОМПРЕДПРИЯТИЙ

Для технико-экономического сопоставления и анализа приняты различные конструкции многоамперных токопроводов. В частности, рассматриваются многопроводные гибкие токопроводы и жесткие шинопроводы, обычные и сверхпроводящие кабельные линии биполярной и коаксиальной конструкций. Эти питающие линии работают на постоянном и переменном напряжении при примерно одинаковой передаваемой мощности и длине токоподводящей линии (табл. 1).

Боле подробно исследуемый сверхпроводящий биполярный токопровод сравнивается с многоамперной жесткой алюминиевой ошиновкой длиной порядка 175 м и потребляемой мощностью около 150 МВт.

В табл. 1 (см. 6, 7, 8, 10-й столбцы), кроме жесткого прямоугельного шинопровода, гибких многопроводных токопроводов 6—10 кВ и кабелей ААШв, приведены технико-экономические показатели (ТЭП) сверхпроводящих кабелей в виде дроби, у которой в числителе даны численные результаты для одного, а в знаменателе — для двух кабелей в электроснабжающей цепи. При анализе этих результатов для одного кабеля в сверхпроводящей линии (табл. 1) видно, что суммарные капитальные затраты на 1 км в сверхпроводящий биполярный и коаксиальный токопроводы без учета токопроводов при напряжении соответственно 0,85 кВ постоянного и 6—35 кВ переменного тока меньше, чем в жесткий токопровод (шинопровод).

Для жесткого шинопровода численные результаты по годовым эксплуатационным расходам на 1 км длины с учетом отчислений на капитальный ремонт и реновацию [1—3] определяются по выражению

$$\Gamma_{\text{экс}} = p_a K, \quad (1)$$

где p_a — норма амортизационных отчислений; K — капитальные затраты на 1 км длины шинопровода.

Разовый ущерб $У$ (T_B) от перерыва электроснабжения (считаем, что отключилось только технологическая нагрузка мощного электроемкого производства промпредприятия) продолжительностью $8 < T_B \leq 60$ ч [4] оценивается зависимостью

$$У(T_B) = [y_a(T_B) + y_B(T_B)T_B] \Pi_a, \quad (2)$$

где $y_a(T_B)$ — составляющая, обусловленная фактором внезапности нарушения электроснабжения, тыс.руб/(раз · т/ч); $y_B(T_B)$ —

Таблица 1.

Технико-экономические показатели различных многоамперных токопроводов

Напряжение, кВ	Наименование токопровода (шинопровода)	Материал, тип, число проводов	Передаваемая мощность, МВт	Длина линии, км	Капитальные затраты, тыс.руб/км, К	Годовые эксплуатационные расходы, Гэсп, тыс.руб/км	Приведенные затраты, тыс.руб	Стоимость годовых потерь электроэнергии, тыс.руб/км	Сумма капитальных затрат по гр. 6, 7, 9, тыс.руб/км
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Жесткие, прямоугольные шины	Алюминий, 10 шин	151	1,0	1034,77	25	560	378,87	1438,64
-0,85	СПК-биполярный	Nb ₃ Sn	200	1,0	888/1384	115/213	266/439	—	1003/1597
	СПК-коаксиальный	”	”	”	1237/1815	125/227	329/518	—	1362/2042
-0,44	СПК-биполярный	”	”	”	1200/1774	129/229	327/514	—	1329/2003
	СПК-коаксиальный	”	”	”	1735/2470	143/250	422/639	—	1878/2720
-0,22	СПК-биполярный	”	”	”	1896/2398	163/257	466/635	-	2059/2655
	СПК-коаксиальный	”	”	”	2757/3467	182/286	614/825	—	2939/3753
	Гибкий многопроводный	A-600; 10 проводов	116	1,01	295,9	40,0	121,0	84,3	420,2
~6,0	Кабель	ААШв; 3 x 240	”	”	865,0	158,0	239,0	44,5	1067,5
	СПК-коаксиальный	Nb ₃ Sn	200	1,0	922/2098	114/252	271/585	—	1036/2350
	Гибкий многопроводный	A-600; 8 проводов	156	1,2	380,0	56,3	145,0	88,5	524,8
~10,0	СПК-коаксиальный		200	1,0	933/2122	114/253	273/589	—	1047/2375
	Кабель	ААШв; 3x240	156	1,2	952,7	175,0	228,0	53,0	1180,7
~20,0	СПК-коаксиальный	Nb ₃ Sn	200	1,0	965/2186	116/255	279/602	—	1081/2441
~35,0	СПК-коаксиальный	”	”	”	1019/2296	118/260	289/623	—	1137/2556

Т а б л и ц а 2.

Потери мощности, энергии и стоимость годовых потерь электроэнергии на один км длины шинпровода

Потребитель	Ток нагрузки, кА	Плотность тока, А/мм ²	Длина ошиновки, км	Потери		Стоимость годовых потерь электроэнергии, тыс.руб/км при удельной стоимости 1 кВт ч	
				кВт/км	кВт·ч/км	0,005 руб.	0,011 руб.
1	162	0,448	0,173	3741	32768175	163,84	360,45
2	164	0,455	0,173	3799	33282933	166,41	366,11
3	172	0,478	0,175	3932	34442681	172,21	378,87
Для СПК	176	5851,1	0,175	—	—	—	—

Т а б л и ц а 3.

Технико-экономические характеристики ожижителей гелия

Холодопроизводительность Q, Вт	Потребляемая мощность P, кВт	P/Q, Вт/Вт	Стоимость C, тыс. руб.	C/Q, руб./Вт	Литература
320	185,0	570	200 тыс.долл.	565	[6]
360	184,0	512	180,0	500	[6]
336	295,7	880	181,46	540	Исследуемый

составляющая, обусловленная продолжительностью нарушения электроснабжения, тыс. руб/(ч·т/ч); T_B — время нарушения электроснабжения, ч; Π_a — производительность промышленного предприятия, т/ч.

Приведенные затраты в жесткий шинпровод

$$Z_{пр} = p_n KL + \Gamma_{эсп} + Y(T_B), \quad (3)$$

где p_n — нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений, принимаемый в расчетах равным 0,15; L — расчетная длина шинпровода, км.

Исследования традиционных многоамперных шинпроводов промпредприятия показали, что при больших токах и малых напряжениях постоянного тока имеются существенные потери мощности и энергии. Для сверхпроводящего кабеля (СПК) биполярной конструкции такие потери отсутствуют (табл. 2).

Технико-экономические характеристики рефрижераторных установок для ожижения гелия, полученные автором на основании [5], вполне сопоставимы с зарубежными (табл. 3).

Из табл. 3 видно, что характеристики рефрижераторов для ожижения гелия, полученные автором, вполне конкурентоспособны.

Сравнение ТЭП различных вариантов выполнения токопроводов в виде биполярного СПК и традиционного жесткого шинпровода

Т а б л и ц а 4.

Некоторые расчетные технико-экономические показатели биполярного сверхпроводящего кабеля
и жесткого шинпровода и их сравнительный анализ

Напря- жение, кВ	Длина СПК, шино- прово- дов, м	Потреб- ляемая мощ- ность, МВт	Потреб- ляемый ток на- грузки, кА	Сечение одно- го полюса, см ²	Плот- ность тока, кА/см ²	Потери мощно- сти, кВт	Капвло- жения, К тыс.руб.	Годо- вые экс- плуа- таци- онные расхо- ды, тыс.руб.	Приве- денные затра- ты, тыс.руб.	Удельная расчетная стоимость, коп/ (кВт·ч)	Себестои- мость пере- дачи элект- роэнергии, руб/ (МВт·ч)	
88	150			0,3016		—	118,25	62,61	93,34	0,0076	0,051	
	175	140	164,7	"	546,1	—	137,96	63,23	96,92	0,0079	0,0516	
	200			"		—	157,68	63,9	100,55	0,0082	0,0521	
	173*	142*	162*	3605*		0,0448*	647*	180*	**	**	0,5*	**
	173*	144*	164*	"		0,0455*	657*	180*	**	**	0,5*	**
0,85	150			0,3016		—	118,25	62,61	94,27	0,007117	0,0476	
	175	150	176	"	585,11	—	137,96	63,23	97,85	0,00745	0,0481	
	200			"		—	157,68	63,9	101,48	0,00772	0,0486	
	175,4*	151*	172*	3605*		0,0478*	690*	181,5*	**	**	0,5*	**
	150			0,3016		—	118,25	62,61	96,59	0,0063	0,0408	
	175	175	205,88	"	682,63	—	137,96	63,23	100,17	0,00653	0,0412	
	200			"		—	157,68	63,9	103,8	0,00677	0,0417	
	150			0,377		—	133,08	63,28	101,81	0,00581	0,0361	
	175	200	235,29	"	624,12	—	155,26	63,99	105,85	0,0064	0,0365	
	200			"		—	177,44	64,76	109,94	0,00628	0,037	

П р и м е ч а н и е. * — ориентировочные данные промпредприятия; ** — отсутствие данных промпредприятий.

вода (табл. 1 и 4) дает основание сделать вывод о том, что СПК для исследованных длин (табл. 4), мощностей и напряжения 0,85 кВ по капитальным затратам (при отсутствии $\Gamma_{\text{экс}}$ и $Z_{\text{пр}}$) конкурентоспособен и целесообразен к применению в системах электроснабжения крупных электроемких производств. При этом сечение одного полюса уменьшается почти в 12 тыс. раз, потери мощности и энергии падают до нуля, а плотность тока соответственно возрастает более чем в 12 тыс. раз (табл. 4). При увеличении потребляемой мощности от 140 до 175 МВт при длине СПК до 200 м капзатраты и годовые эксплуатационные расходы не изменяются, значит есть возможность передавать повышенную мощность за счет увеличения плотности тока до 682,63 кА/см² при неизменном сечении сверхпроводника, равном 0,3016 см². При этом приведенные затраты возрастают только на 3,5 %, а капвложения в СПК меньше чем в жесткий шинопровод на 24 %. Соответственно, удельная расчетная стоимость 1 кВт·ч потребленной электроэнергии и себестоимость передачи электрической энергии уменьшаются (табл. 4).

ЛИТЕРАТУРА

1. Электротехнический справочник /Под общ. ред. П.Г.Грудинского, Г.Н.Петрова, М.М.Соколова и др. — 4-е изд., перераб. — М.: Энергия, 1972. Т. 2, кн. 2, с. 747—748.
2. Семчинов А.М. Токопроводы промышленных предприятий. — 2-е изд., перераб. и доп. — Л.: Энергия, 1972, с. 17—24.
3. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий: Промышленные электрические сети/Под общ. ред. А.А.Федорова и Г.В.Сербиновского. — М.: Энергия, 1980, с. 77—87.
4. Методические материалы по технико-экономическому анализу надежности. — Л.: 1980, с. 11—12. — 65 с.
5. Бережной А.В., Федин В.Т. Криогенные электропередачи. — Минск: БПИ, 1977. — 103 с.
6. Казовский Е.Я., Карцев В.П., Шахтарин В.Н. Сверхпроводящие магнитные системы. — Л.: Наука, 1967, с. 246, 306.

УДК 621.313.2—544

В.Н.САЦУКЕВИЧ (БПИ)

СПЛАЙН-АППРОКСИМАЦИЯ ДИНАМИЧЕСКОЙ ПЕТЛИ ГИСТЕРЕЗИСА ДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА

В реверсивных тиристорных приводах постоянного тока с шунтирующими вентилями, к которым не предъявляются жесткие требования в отношении быстродействия, реверс электродвигателей осуществляется изменением направления магнитного потока. При этом ток динамического торможения протекает через шунтирующий вентиль [1]. Одним из таких приводов является электропривод оптико-обрабатывающих станков. В них якорь электродвигателя питается от индивидуального преобразователя с шунтирующей