

**VI Международная молодежная научно-практическая  
конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»  
204-1  
17-23 ноября 2023 года**

---

**УДК 621.316**

М.Р. ГАРИПОВ, студент гр. ЭЛб-221 (КузГТУ)  
Научный руководитель Т.Л. ДОЛГОПОЛ, доцент (КузГТУ) г. Кемерово

**ПРИМЕНЕНИЕ СВЕРХПРОВОДНИКОВ ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ  
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ**

Главной задачей электроэнергетики является эффективная передача электрической энергии. Основной причиной, вызывающей потери мощности при передачи, можно назвать сопротивление проводов.

Для того, чтобы снизить потери мощности на сопротивление проводников используют сверхпроводники. Сверхпроводники — материалы, которые при достижении температуры ниже определенного значения (критическая температура), имеют сопротивление около нуля.

В 1911 г. голландский физик Хейке Каммерлинг-Оннес заметил, что при понижении температуры до 4,15 К (-269° С), сопротивление ртути практически исчезло, на самом деле оно было равно нулю, но в то время приборы не могли показать ему это. Продолжив эксперименты, он установил, что свинец и олово, а также сплав из ртути, золота и олова, также обладают свойством сверхпроводника.

Основными свойствами сверхпроводника являются: отсутствие сопротивления при критических температурах и эффект Мейсснера, который говорит о полном отсутствие магнитного поля внутри сверхпроводников. Это объясняется тем, что при переходе в состояние сверхпроводника магнитное поле полностью вытесняется из объема материала.

Также сверхпроводникам присущи такие свойства, как фазовый переход в сверхпроводящее состояние, эффект Лита-Паркса, момент Лондона.

Классификация сверхпроводников по поведению в магнитных полях:  
**1-го рода**

К таким сверхпроводникам относят материалы, эффект выталкивания магнитного поля в которых проявляется вплоть до критического поля (значение поля, выше которого сверхпроводник находится в нормальном состоянии)

**2-го рода**

К таким сверхпроводникам относятся материалы, у которых при слабых полях (меньше 500 Гс) обнаруживается эффект полного

# **VI Международная молодежная научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»**

**204-2**

**17-23 ноября 2023 года**

выталкивания, но в полях (100 кГс и более) наблюдается частичное выталкивание магнитного поля.

Классификация сверхпроводников представлена в таблице 1.

Таблица 1

## **Сверхпроводники 1-го и 2-го рода**

Материал	Значение критической температуры, Тс, К	Критическое поле, Н, Э
<b>Сверхпроводники 1-го рода</b>		
Свинец	7,2	800
Тантал	4,5	830
Олово	3,7	310
Алюминий	1,2	100
Цинк	0,88	53
Вольфрам	0,012	1
<b>Сверхпроводники 2-го рода</b>		
Ниобий	9,2	2000
Сплав НТ-50 (Nb – Ti - Zr)	9,7	100000

Линии электропередач со сверхпроводниками применяют в разных странах, но их протяженность очень мала, из-за сложностей в эксплуатации и строительстве, ведь такие линии нужно постоянно обслуживать.

Рекорд по протяженности принадлежит российской компании «Россети», он составляет 2,5 км. Линия расположена в Санкт-Петербурге и соединит две подстанции Московского и Фрунзенского района. Такая линия позволит передавать 50 МВт мощности под 20 напряжением кВ. До конца 2023 года монтаж линии должен быть полностью завершен и введен в эксплуатацию. Примерная стоимость проекта составляет 3,5 млрд рублей.

В сердцевине линии расположен кабель из висмута и серебра, сопротивление которого исчезает при температуре ниже 77 К. Для охлаждения разработана двухконтурная система криогенного обеспечения, протяженностью 5 км.

В Китае в городе Шэньчжэнь ввели в эксплуатацию сверхпроводящий кабель. Главной его особенностью является то, что он проведен в центре огромного мегаполиса. Длина кабеля 400 м, диаметр 17,5 см, а передаваемая мощность составляет 43 МВА. Данный проект

**VI Международная молодежная научно-практическая  
конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»  
204-3  
17-23 ноября 2023 года**

---

---

решает большую проблему, связанную с энергоснабжением центральных районов города.

Также в Китае в городе Шанхай ввели в эксплуатацию сверхпроводящую линию длиной в 1,2 км. Кабель проведен в коммерческой части города и соединяет две подстанции.

В Японии проложен кабель из сверхпроводников длиной 1,5 км, для охлаждения используется жидкий азот, это позволяет достигать температуры в -193°C. Данная линия из сверхпроводников используется для железной дороги, чтобы не делать промежуточные трансформаторы, как правило, через каждые 3 км. Это значительно уменьшит расходы на обслуживание.

В Германии в городе Эссен сверхпроводящий кабель длиной 1 км соединяет подстанции. В качестве материала используют специальную керамику, охлажденную до -200°C. Такая технология поможет упростить структуру питания, а также поможет освободить место в городе от высоковольтных трансформаторов.

В 2008 году в Нью-Йорке провели линию длиной 200 м, которая охлаждается жидким азотом до температуры -230°C. Предполагалось, что такая линия будет более защищена от воздействия температур, что поможет решить проблему с авариями на линиях. Сверхпроводящая ЛЭП связывает две подстанции на острове Манхэттен.

Сверхпроводники используют не только в энергетике, но и в других отраслях, например, в медицине, транспорте, научных исследованиях.

В медицине сверхпроводники используются для создания магнитно-резонансных томографов, их применяют для создания сильного магнитного поля, что способствует получению более точного изображения. Также сверхпроводники используют для создания линейного ускорителя частиц, который используется для лечения онкологии.

Для транспорта сверхпроводники используются в качестве магнитных левитационных систем, магнитных сепараторов, магнитных тормозов, магнитных генераторов.

**Список литературы:**

1. Тасс : сайт. – URL: <https://tass.ru/ekonomika/16376727> (дата обращения: 11.10.2023).
2. Habr : сайт. – URL: <https://habr.com/ru/articles/765992/> (дата обращения: 11.10.2023).
3. elec.ru : сайт. – URL: <https://www.elec.ru/publications/peredacha-raspredelenie-i-nakoplenie-elektroenergi/7221/> (дата обращения: 11.10.2023)

# **VI Международная молодежная научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»**

204-4

**17-23 ноября 2023 года**

4. ПРИМЕНЕНИЕ СВЕРХПРОВОДНИКОВ В ЭНЕРГЕТИКЕ // rae.ru : сайт. – URL: <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=30342> (дата обращения: 11.10.2023).

5. Электросам.Ру : сайт. – URL:  
<https://electrosam.ru/glavnaja/slabotochnye-seti/provoda/sverhprovodniki/> (дата обращения: 11.10.2023)

## Информация об авторах:

Гарипов Марат Раисович, студент гр. ЭЛб-221, КузГТУ, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28, 222029@kuzstu.ru

Долгопол Татьяна Леонидовна доцент, КузГТУ, 650000, г. Кемерово,  
ул. Весенняя, д. 28, [tdolgopol@yandex.ru](mailto:tdolgopol@yandex.ru)