

«Сейфуллин окулары-14: Жастар, ғылым, инновациялар: цифрландыру – жаңа даму кезеңі» атты Республикалық ғылыми-теориялық = **Материалы** Республиканской научно-теоретической конференции «Сейфуллинские чтения-14: Молодежь, наука, инновации: цифровизация – новый этап развития». - 2018. - Т.1, Ч.3 – С. 105-107

## **СВЕРХПРОВОДЯЩИЕ ЛИНИИ**

*Турсунбаева А.Е., Ибрагимов А.С.*

Сверхпроводники. Как уже упоминалось, при понижении температуры удельное сопротивление металлических проводников уменьшается, исключительный интерес представляет вопрос об электропроводимости металлов при весьма низких (криогенных) температурах, приближающихся к абсолютному нулю.

В 1911г. Нидерландский физик Х. Камерлинг-Оннес, проводя опыты выяснил, что при охлаждении до температуры, примерно равной температуре сжижения гелия, сопротивление кольца из замороженной ртути внезапно, резким скачком падает до чрезвычайно малого, не поддающегося измерению значения [1].

Данное явление было названо сверхпроводимостью.

Кабели такого типа будут играть большую роль в условиях очень низких температур.

В реальных жизненных условиях кабельные линии до такой температуры невозможно. Но в последнее время появились материалы, которые не требуют сверхнизких температур, но их сопротивление гораздо ниже, чем у традиционных проводников, применяемых на ЛЭП. Линии на которых будут применяться данные материалы можно назвать сверхпроводящими.

Несмотря на то что Казахстан бога возобновляемыми ресурсами для производства электроэнергии, ветряные и солнечные электростанции составляют относительно небольшую долю генерирующих мощностей страны. Тем не менее доля таких электростанций стремительно растет как в Казахстане, так и в других странах мира, которые все чаще обращаются к возобновляемым источникам для удовлетворения растущих потребностей в электроэнергии и уменьшения выбросов.

Основным препятствием, мешающим Казахстане в достижении поставленных целей по генерации энергии из возобновляемых источников, является отсутствие возможности передавать экологичную электроэнергию из сельских районов страны, в которых она генерируется, к городским центрам потребления. Чтобы развитие возобновляемых источников энергии продолжилось, североамериканская сеть линий электропередачи должна быть расширена и перегруппирована — это упростит передачу больших мощностей на значительные расстояния.

Для устранения данного препятствия достаточно обеспечить передачу свыше 100 ГВт экологичной энергии. Одним из решений задачи является соединение нескольких штатов воздушными линиями напряжением 500 кВ,

для которых потребуется создать полосу отчуждения шириной десятки метров. Однако этот традиционный способ не только ухудшит пейзаж и нанесет заметный вред природе, но и потребует принудительного отчуждения частной собственности.

К счастью, есть и другой способ. Сверхпроводящие линии электропередачи, проложенные под землей вдоль существующей полосы отчуждения, способны передавать большую по сравнению с воздушными линиями электрическую мощность с большей эффективностью и при сопоставимых расходах, а диаметр кабеля составляет всего 0,9 метра.

Сверхпроводящие линии идеально соответствуют всем требованиям по передаче экологичной энергии к удаленным центрам потребления. Высокая пропускная способность и исключительно низкие потери мощности сверхпроводящих кабелей постоянного тока позволяют решить множество задач, связанных с передачей электроэнергии на большие расстояния. Кроме того, прокладка под землей вдоль имеющейся или новой полосы отчуждения дает ряд дополнительных преимуществ: сверхпроводящие линии не подвержены атмосферным воздействиям, надежно скрыты от глаз и защищены от намеренного повреждения.

В настоящее время для передачи электроэнергии на большие расстояния в основном используются высоковольтные воздушные линии электропередачи переменного или постоянного тока. Указанные выше препятствия, ограничивающие широкое применение этой технологии, устраняются с помощью сверхпроводящих подземных кабельных линий постоянного тока с высокой пропускной способностью, которые при оснащении инверторными преобразователями напряжения могут обеспечить многополюсную передачу электроэнергии на очень большие расстояния. Сочетание этих двух технологий позволяет создать так называемые сверхпроводящие линии электропередачи, способные своевременно переправить большой объем экологически чистой электроэнергии к соответствующим рынкам [2].

Устранение ключевых проблем передачи электроэнергии.

Для прокладки традиционных воздушных ЛЭП требуются новые полосы отчуждения шириной сотни футов, а сопутствующие процессы принудительного отчуждения частной собственности могут перерасти в судебные разбирательства, что является существенной преградой на пути освоения нового источника возобновляемой энергии. Сверхпроводящие линии электропередачи ведутся под землей с помощью традиционных технологий прокладки трубопроводов. Полоса отчуждения для этих линий имеет ширину всего 7,5 метра и может пролегать внутри полосы отчуждения уже существующих транспортных артерий, что устраняет или существенно уменьшает количество сложных, спорных и затратных процедур урегулирования прав собственности на землю.

По сравнению с магистральными воздушными ЛЭП напряжением 500 кВ, длиной до 1700 км и пропускной способностью несколько гигаватт, сверхпроводящие линии электропередачи имеют следующие отличия:

- улучшенный внешний вид: сверхпроводящие линии скрыты, не привлекают внимания и, в отличие от воздушных ЛЭП, проложенных на опорах высотой 25 метров футов, не создают электромагнитных помех;
- увеличенная эффективность: потери мощности в сверхпроводящих линиях в 2—3 раза меньше, чем в традиционных ЛЭП;
- упрощенное распределение расходов: переток мощности между сверхпроводящими ЛЭП постоянного тока или магистральными ЛЭП переменного тока полностью контролируется, что облегчает подсчет стоимости электроэнергии;
- повышенная конкурентоспособность: если рассматривать ЛЭП протяженностью 1700 км и пропускной способностью несколько гигаватт, предназначенную для передачи экологически чистой электроэнергии от сельских районов Казахстана к городам, то расходы на сверхпроводящую линию электропередачи сравнимы с расходами на воздушную ЛЭП переменного тока напряжением 500 кВ;
- усиленная безопасность: воздушным ЛЭП угрожают снежные бури, ураганы и торнадо, по отношению к ним могут совершаться акты вандализма и террора. Расположенные под землей сверхпроводящие линии данным опасностям не подвержены [3].

Табл. 1. Применимость различных способов электропередачи в зависимости от пропускной способности и расстояния

Требования к ЛЭП по пропускной способности и расстоянию		Применимость способов электропередачи						
		воздушные линии			подземные линии			
		линия переменного тока	линия HVDC со структурой «от пункта к пункту»	многополюсная линия HVDC с технологией VSC	линия переменного тока	линия HVDC со структурой «от пункта к пункту»	многополюсная линия HVDC с технологией VSC	многополюсная сверхпроводящая линия
Малая мощность (<1 ГВт)	Короткая линия (<100 миль)	X		X	X	X		
Малая мощность (<1 ГВт)	Средняя линия (100—400 миль)	X	X	X		X	X	
Малая мощность (<1 ГВт)	Длинная линия (>400 миль)	X	X					
Средняя мощность (1—5 ГВт)	Короткая линия (<100 миль)	X						
Средняя мощность (1—5 ГВт)	Средняя линия (100—400 миль)	X	X	X		X	X	
Средняя мощность (1—5 ГВт)	Длинная линия (>400 миль)		X			X		
Большая мощность (>5 ГВт)	Короткая линия (<100 миль)							
Большая мощность (>5 ГВт)	Средняя линия (100—400 миль)		X					I
Большая мощность (>5 ГВт)	Длинная линия (>400 миль)	X	X					I

Табл. 2. Ширина полос отчуждения для ЛЭП, используемой при передаче 5 ГВт на расстояние 1000 миль \*

Тип линии электропередачи	345 кВ переменного тока	500 кВ переменного тока	765 кВ переменного тока	800 кВ постоянного тока	Сверхпроводящая линия
Ширина полосы отчуждения, футов	1350	1000	600	270	25

\* Естественная мощность линий электропередачи составляет 2400 МВА.

## Список литературы

1 Н.П. Богородицкий, В.В. Пасынков, Б.М. Тареев: «Электротехнические материалы» Издание седьмое переработанное и дополненное. Ленинград Энергоатомиздат Ленинградское отделение 1985

2 В.З. Кресин: «Сверхпроводимость и сверхтекучесть». Издание второе переработанное. Издательство «Просвещение» г. Москва 1978.

3 М.Г. Мнян: «Сверхпроводники в современном мире». Издательство «Просвещение» г. Москва 1991.

**4Shulga, K.V., Il'ichev, E., Fistul, M.V., (...), Hübner, U., Ustinov, A.V.Magnetically induced transparency of a quantum metamaterial composed of twin flux qubits.Nature Communications2018-9(1),150**