

УДК 621.316

## БОРЬБА СО СНЕГОНАЛИПАНИЕМ И ГОЛОЛЕДООБРАЗОВАНИЕМ НА ВЛ

Аксенов К.П., студент гр. ЭРб-191, III курс

Захаренко С.Г. к.т.н., доцент

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева  
г. Кемерово

В зимний период провода ВЛ сталкиваются с такой проблемой, как снегоналипание и гололедообразование. Особенно это опасно, когда в зимнее время началась теплая погода, пошел снег, на следующий день резкое похолодание, в следствие чего на провода налип и затвердел снег. Это приводит к обрыву провода, или, в сочетании с сильными порывами ветра, перехлестыванию проводов между собой, перехлестыванию провода с грозозащитным тросом или пережиганию изоляции проводов. Также если линии проходят через лесную чащу, возможно, под силой снега, обваливание веток на провода ВЛ, что тоже несет опасные последствия.

Все это относится к опасным природным факторам, которые негативно сказываются на всей работе энергосистемы.

Прежде чем переходить к классификации и рассмотрению каждого способа по отдельности, нужно разобраться с самим гололедным образованием.

### Что из себя представляет гололед?

Образование гололеда происходит при температуре от -1 до -5 (реже -10) и скорости ветра в диапазоне 5-10 м/с. Само обледенение возникает в следствие влажности воздуха от 60 до 100% и резкого похолодания. Гололед представляют собой твердый осадок в виде льда, средняя плотность которого варьируется от 0,6 до 0,9 г/см<sup>3</sup>, чаще всего это среднее значение принимается равным 0,75 г/см<sup>3</sup>.



Рисунок 1. Гололед на проводах ВЛ

Рассмотреть все виды отложений в общем образе можно в таблице №1.

Таблица №1

Виды гололедных осадков на проводах ВЛ

Вид	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Характеристика
Гололед	0,6-0,9 (в среднем 0,7)	Стекловидный, матовый
Зернистая изморозь	0,1-0,6 (в среднем 0,1)	Плотный зернистый
Мокрый снег	0,1-0,6 (в среднем 0,2)	-
Кристаллическая изморозь	0,01-0,09 (в среднем 0,05)	Инеевидный осадок
Смесь	0,25-0,5	Сложное отложение

Рассмотрим основные методы противостояния с этой немаловажной проблемой и по сей день. Способы можно разделить на пассивные и активные элементы цепи.

### Пассивные элементы цепи

Представляют собой провода или опоры, которые не требуют управления человеком, т.е. после установки они пассивно защищают от рассматриваемой в данной статье проблемы.

1. Провод марки АССС (Aluminum Conductor Composite Core) - алюминиевый провод с композитным сердечником из различных материалов. Этот провод хорош тем, что благодаря высокотемпературному алюминию и большой площади поперечного сечения способен выдерживать большие перепады температуры.



Рисунок 2. Провод АССС

2. Провода марок AAAC-Z и AACSRZ. Неизолированные провода компактированные с гладкой поверхностью и крутильной жесткостью, большим преимуществом которого является стойкость к налипанию снега и образованию гололеда.

3. Провод марок AACSRZ. Термостойкие неизолированные провода, которые также препятствуют снегоналипанию и обледенению проводов.

4. Провод ACCR с сердечником из оксида алюминия и проводящими проволоками из сплава алюминия с цирконием.



Рисунок 3. Провод АССР

### Активные элементы цепи

Представляют собой воздействие на провода, которые требуют управления человеком непосредственно над ними.

#### 1. Термическое воздействие переменным током

Чтобы не было проблем с тем, какую величину тока короткого замыкания подобрать для плавки гололеда и избежать лишних действий, которые могут повлечь за собой те или иные последствия, позволяет использование тиристорного регулятора переменного напряжения, схема которого представлена на рисунке 4.

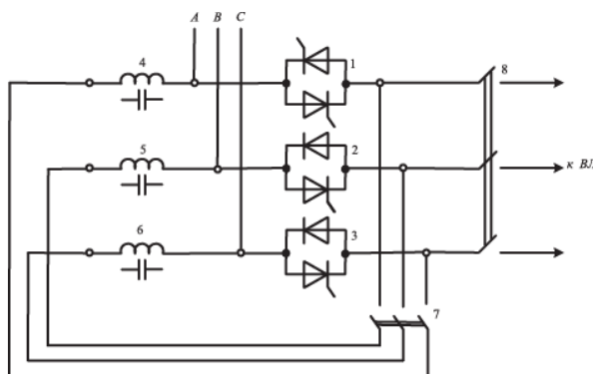


Рисунок №4. Установка для компенсации реактивной мощности и плавки гололёда: 7 - выключатель выключен; 8 - выключатель включен; 1, 2 и 3 - силовые тиристоры ; 4, 5 и 6 - реакторы

Также стоит рассмотреть комбинированную установку для компенсации реактивной мощности и плавки гололёда, схема которой представлена на рисунке 5.

#### 5. Термическое воздействие постоянным током

Одними из первых установок плавки постоянным током были преобразователи ВУКН-16800-14000, выполненные по схеме Ларионова из кремниевых неуправляемых вентилей ВК-200 с выходной мощностью 16800 кВт, выпрямленным напряжением 14 кВ и выпрямленным током 1200 А. Так же у этого метода есть свой недостаток такой, как отключение ВЛ поскольку выпрямительный блок используемый для плавки гололедных отложений нужен только в зимний период времени.

ОАО «НИИПТ» одни из первых разработали преобразователь контейнерного типа, который показан на рисунке 6.

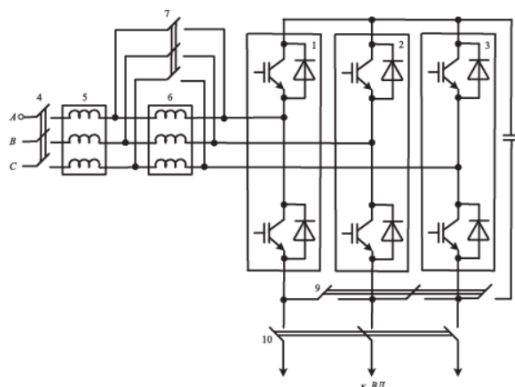


Рисунок 5. Комбинированная установка для компенсации реактивной мощности и плавки гололёда: 1, 2 и 3 - ключь; 5 и 6 - реактор; 8- конденсаторная батарея; 4, 7, 9 и 10 - выключатель

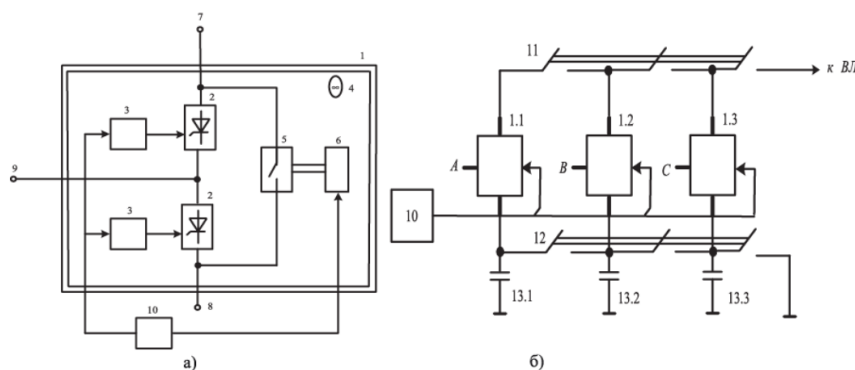


Рисунок 6. Схема преобразовательного устройства контейнерного типа (а) и комбинированной установки (б) плавки гололёда и компенсации реактивной мощности: 1 - транспортный контейнер; 2 - тиристорные модули; 3 - блоки управления; 4 - система принудительного воздушного охлаждения; 5 - разъединитель с электромеханическим приводом 6; вводы преобразовательного моста: 7 - анодный, 8 - катодный и 9 - фазный; 10 - система управления, регулирования, защиты и автоматики; 11, 12 - разъединители; 13.1, 13.2 и 13.3 - конденсаторные батареи

У него есть такой плюс, в сравнении с прошлыми установками, как устройство для компенсации реактивной мощности, что позволяет использовать этот преобразователь круглогодично. Это устройство было бы идеальным, если бы не одно но - ступенчатая регулировка реактивной мощности, и этот недостаток удастся обойти в установке представленной на рисунке 7.

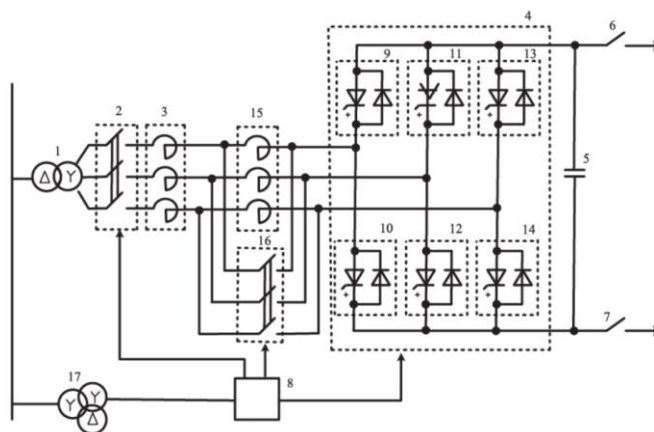


Рисунок 7. Комбинированная установка для плавки гололёда и компенсации реактивной мощности

6. Термическое воздействие током ультранизкой частоты  
 Примером этого способа служит установка на рисунке 8.

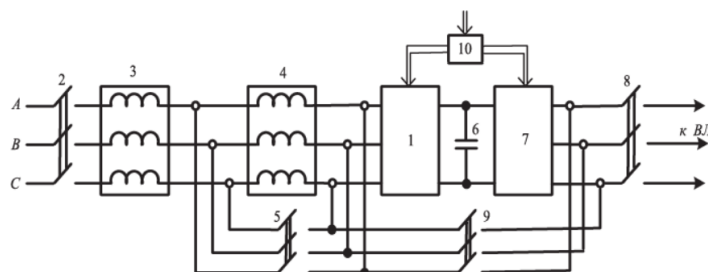


Рисунок 8. Комбинированная установка для плавки гололёда и компенсации реактивной мощности

7. Термодинамическое воздействие током высокой частоты

8. Термодинамическое воздействие

Нагрев провода нужен не только для удаления гололедных осадков, но и облегчает удаление образовавшегося гололедному рукаву которое наглядно показано в устройстве на рисунке 9.

9. Электромеханическое воздействие

В этом методе используется закон Ампера, то есть при повторяющемся пропускании импульсов тока через провода, они будут притягиваться или отталкиваться, тем самым будут механически разрушать образовавшуюся изморозь. На рисунке 10 представлен один из возможных вариантов реализации данного метода.

У данного способа также, как и у плавки, есть свой недостаток - необходимо отключать ВЛ от потребителей, однако время удаления льда с проводов значительно меньше.

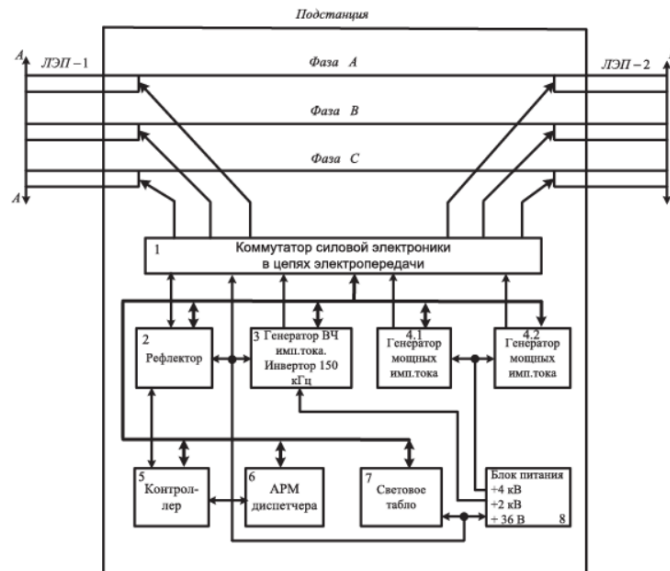


Рисунок 9. Устройство для удаления гололедного покрытия с проводов линий электропередачи



Рисунок 10. Система электромеханического воздействия на провода воздушной линии для удаления гололеда: 1 - силовой трансформатор 2 - провода; внешние датчики гололедно-ветровых нагрузок 3, влажности 4 и температуры 5

### Вывод

В заключение хочется сказать, что, не смотря на те или иные плюсы и минусы, каждый из способов достоин своего голоса и применения в различных условиях. Не смотря на бурное развитие и усовершенствование этих самых схем, устройств и проводов всегда будет к чему стремиться дальше. Одним из перспективных решений, которые стоит совершенствовать в дальнейшем, это метод гибких электропередач переменного тока, которые позволят одновременно прогревать провода и не отключать ВЛ от потребителя.

### Список литературы:

1. <https://elektro-montagnik.ru/?address=lectures/part2/&page=page14>

2. <https://avatok.ru/stati/103-sposoby-borby-s-obledeneniem-na-provodakh-lep-v-ramkakh-tekhnicheskoy-politiki-fsk-ees>
3. [https://www.mrsksevizap.ru/upload/press/cpd/materials/Katalog\\_KPD\\_31\\_oktiabria\\_2017.pdf](https://www.mrsksevizap.ru/upload/press/cpd/materials/Katalog_KPD_31_oktiabria_2017.pdf)
4. <https://leg.co.ua/arhiv/vl-arhiv/predotvraschenie-i-likvidaciya-golodnyh-avariy-2.html>