



II Международная научно-практическая конференция
«Альтернативная и интеллектуальная энергетика»

Методы борьбы с обледенением проводов линий электропередач

Фокин Р.А., roman_fokin_70@mail.ru

16-18 сентября 2020 г
Воронеж, Россия





«Альтернативная и интеллектуальная энергетика»

Введение

Обледенение проводов линий электропередач является очень вредным явлением. Наличие ледяной оболочки на металлическом проводе приводит к увеличению массы, уменьшению его прочности, срока службы. Изменяется лобовое сопротивление ветру. Все это может привести к обрывам проводов и повреждениям опор. Эффективная борьба с обледенением провода является актуальной.

Процесс появления ледяной оболочки связан с такими атмосферными воздействиями как мокрый снег, изморозь, гололед и их сочетание.

Обледенение проводов вызывает хаотические их колебания с двумя степенями свободы под действием воздушных потоков. Это приводит к нарушению регулировки проводов и тросов, их обрыв, перекрытие линейной изоляции высоковольтной линии. Эти эффекты вызывают также разрушение опор. Такие аварии приводят к значительному экономическому ущербу. Ремонт линии связан с ее отключением на период от нескольких часов до нескольких дней.

Методы борьбы с обледенением проводов линий электропередач

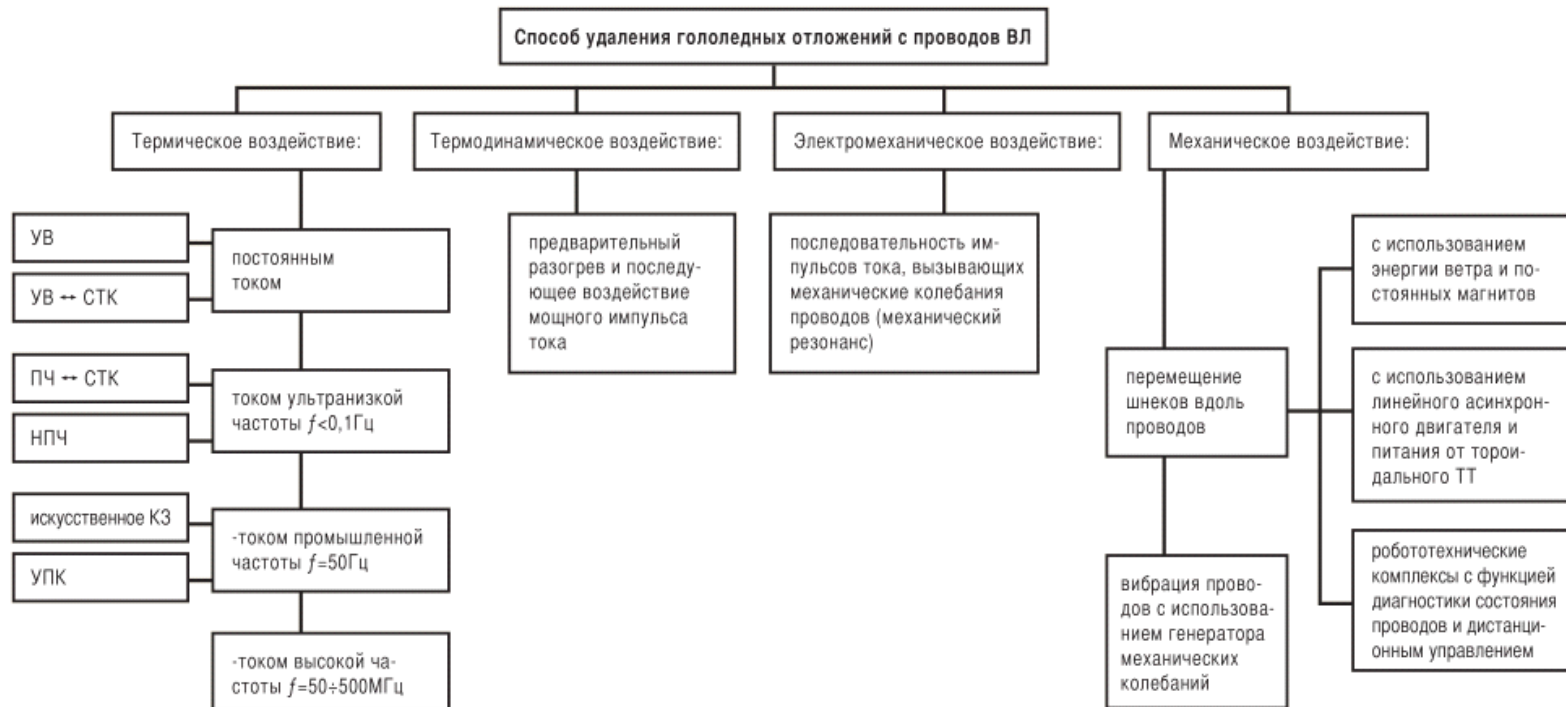




«Альтернативная и интеллектуальная энергетика»

Основные методы борьбы с гололедом

Методы борьбы с обледенением проводов линий электропередач





«Альтернативная и интеллектуальная энергетика»

Описание предлагаемого метода борьбы с гололедом

Предлагаемый комбинированный способ плавки гололеда заключается в последовательном или одновременном действии тока высокой и низкой частоты, т.е. в расплавлении прилежащего к проводу слоя льда и встряхивании ледяной оболочки путем пропускания по параллельным проводам переменного тока определенной частоты с возникновением силы Ампера между ними.

Возникающий при пропускании по проводам тока высокой частоты поверхностный эффект (скин-эффект), вызывает предварительное оплавление прослойки льда, что существенно уменьшает его сцепление с металлом провода и облегчает последующее отделение после встряски.

Дальнейшее разрушение оболочки льда можно осуществить путем пропускания вдоль проводов синусоидального тока низкой частоты. Для возникновения резонансных колебаний необходимо замкнуть конец линии и по двум проводам образовавшегося контура, состоящего из двух параллельных проводников, пропустить достаточной величины ток с частотой, равной половине собственной частоты колебаний системы. В этом случае под действием силы Ампера, возникающей при взаимодействии противоположно направленных токов, провода будут отталкиваться с частотой в два раза большей частоты тока.

Использование синусоидального тока с предварительным или одновременным проплавлением прилежащего слоя является на наш взгляд более эффективным методом, при котором уменьшается вероятность обрыва провода импульсным воздействием силы.



«Альтернативная и интеллектуальная энергетика»

Критическая сила тока

$$I_c = \left(\sqrt{\frac{32\gamma}{\omega\mu}} \frac{\pi^2 k r_0 r_1 \alpha \Delta T}{r_1 \alpha \ln r_1 / r_0 + k} \right)^{\frac{1}{2}}$$

где, I_c – действующее значение критического тока
 ω – частота, μ – магнитная проницаемость материала провода, γ – его удельная проводимость,
 ΔT – разность температур плавления льда и окружающего воздуха,
 k – коэффициент теплопроводности льда,
 α – коэффициент теплообмена между наружной поверхностью ледяной оболочки и окружающим воздухом,
 r_0 и r_1 – радиусы провода и оболочки,



«Альтернативная и интеллектуальная энергетика»

Методы борьбы с обледенением проводов линий электропередач

Необходимое для расплавления льда время прохождения тока

$$\tau = \sqrt{\frac{8\gamma}{\omega\mu} \frac{\pi^2 r_0^2 (2\lambda\rho_1 b + r_0\rho_3 c_3 \Delta T)}{I^2}}$$

,где ω – частота, μ – магнитная проницаемость материала провода, γ – его удельная проводимость, λ – удельная теплота плавления льда, ρ_1 – массовая плотность льда, b – толщина водяной прослойки,



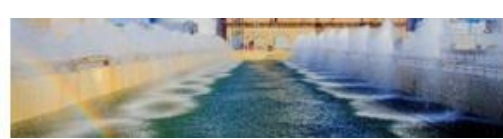
«Альтернативная и интеллектуальная энергетика»

Резонансная частота колебаний обледенелого провода

$$f = \omega_0 / 2\pi = \left(F / \pi l^2 (r_1^2 \rho_1 + 2r_0 b (\rho_2 - \rho_1) + r_0^2 \rho_3) \right)^{1/2}$$

, где F - сила натяжения провода, c_1 - удельная теплоемкость льда, b - толщина водяной прослойки

ρ_1 - эффективная линейная массовая плотность обледенелого провода с учетом водяной прослойки



«Альтернативная и интеллектуальная энергетика»

Выводы

Обледенение линий электропередач является опасным и вредным явлением. Существуют несколько методов борьбы с ним. Однако универсального эффективного метода пока не разработано.

Разрушению льда может способствовать предварительное отделение твердого льда от металла провода. Плавление прослойки льда существенно уменьшает его сцепление с металлом провода, что облегчает его последующее отделение после механического воздействия. С этой целью по проводу пропускается ток высокой частоты. Величина тока должна превышать критическое значение.

Дальнейшее разрушение оболочки льда можно осуществить путем пропускания вдоль проводов синусоидального тока низкой частоты.



Спасибо за внимание