УДК 658.58:621.315.1(574)

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ГОЛОЛЕДНО-ВЕТРОВЫХ НАГРУЗОК В КАЗАХСТАНЕ

Дюсебаев М.К., Абдимуратов Ж.С.

НАО «Алматинский университет энергетики и связи», Алматы, e-mail: Abdimuratovz@mail.ru

В статье рассматриваются вопросы влияния метеорологических факторов на качество эксплуатации высоковольтных линий электропередачи в условиях Казахстана. При этом проведен анализ аварийности, разработаны электронные карты участков ЛЭП 110 кВ в зависимости от толщины гололеда, что позволило создать интерфейс пользователя с учетом климатической обстановки. Следует отметить, негативное воздействие наледи на энергоснабжение регионов резко возрастает под действием ветровой нагрузки. При этом наиболее опасным является направление ветрового потока под углом 30–70° к оси ЛЭП, что приводит к аварийной обстановке. В нашей стране гололедно-ветровые аварии составляют более 50% от их общего количества на воздушных линиях, а продолжительность перерывов в обеспечении энергией – свыше 60% от общей продолжительности всех аварийных отключений. В Талдыкорганской акционерной транспортно-электросетевой компании (ТАТЭК) накоплен многолетний опыт борьбы с гололедом в сетях 110 кВ за счет плавки по способу короткого замыкания. Время плавки – 30 мин. Величина тока плавки 360 А и напряжения 10 кВ.

Ключевые слова: авария, ветровая нагрузка, гололед, изолятор, надежность, плавка, риск

INCREASE OF EFFICIENCY OF ENERGY SUPPLY OF CONSUMERS UNDER THE INFLUENCE OF HOLLOW-WIND LOADS IN KAZAKHSTAN

Dyusebaev M.K., Abdimuratov Zh.S.

NCC Almaty Energy and Communications University, Almaty, e-mail: Abdimuratovz@mail.ru

The article deals with the influence of meteorological factors on the quality of operation of high-voltage transmission lines in Kazakhstan. At the same time, the accident rate analysis was carried out, electronic maps of 110 kV transmission line sections were developed depending on ice thickness, which allowed creating a user interface taking into account the climatic conditions. It should be noted that the negative impact of ice on the energy supply of the regions increases sharply under the influence of wind load. In this case, the most dangerous is the direction of the wind flow at an angle of 30–70° to the axis of the power line, which leads to an emergency situation. In our country, ice-and-wind accidents make up more than 50% of their total number on overhead lines, and the duration of power outages is over 60% of the total duration of all emergency outages. CC «Taldykorgan joint-stock transport and electric grid company (TJTEC)» has accumulated many years of experience in fighting ice in 110 kV networks due to melting by short-circuit method. The melting time is 30 minutes. The value of the melting current is 360 A and the voltage is 10 kV.

Keywords: accident, wind load, ice, insulator, reliability, melting, risk

Качественная и бесперебойная передача электроэнергии обеспечивается надежностью эксплуатации воздушных линий электропередачи с учетом воздействия различных природных и техногенных факторов. Особенно аварийные ситуации возникают при воздействии экстремальных метеорологических факторов, например, в виде сочетаний гололедных и ветровых нагрузок на токоведущие провода и грозозащитные тросы, которые приводят к тяжелым последствиям (разрушение изоляции, арматуры, поломки опор, обрывы проводов и тросов).

Гололед – это сплошной твердый осадок в виде прозрачного или матового льда, имеющий плотность в пределах от 0,6 до 0,9 г/см^3. Образование гололеда происходит от 0 до –5 °С при туманах, дождях и моросях. При таких осадках капли влаги имеют сравнительно крупные размеры (более 0,1 мм) и попадая на провод не могут мгновенно кристаллизоваться, растекаясь по поверхности, замерзают, т.е. превращаются в гололед, прочно сцепляясь с проводом.

Удельную нагрузку от веса гололеда на проводе можно представить в виде [1]:

$$\gamma_r = \frac{g * \pi * \rho * b(d+b)}{F} 10^{-6}, \text{ Н/м *мм}^2, \quad (1)$$

где $g = 9{,}8$ м/с^2 – ускорение свободного падения;
ρ – плотность гололеда (0,9 г/см^3);
b – нормативная толщина стенки гололеда на высоте 10 м, мм;
d – диаметр провода, м;
F – полное сечение провода, м^2.

Удельную нагрузку от веса провода расчитывают согласно формуле

$$\gamma_b = g * \frac{C_T}{F} 10^6, \text{ Н/м *мм}^2, \quad (2)$$

где C_T – масса провода, кг/м.

Негативное воздействие гололеда на воздушные ЛЭП возрастает при возникновении пляски проводов и тросов под действием ветра. В этом случае односторонние или асимметричные отложения гололеда создают эффект аналогичный аэродинамической подъемной силе, действующей на крыло самолета. Амплитуда и частота пляски зависит от силы и направления ветра: при 3–25 м/с образуются стоячие волны (иногда в сочетании с бегущими) с числом полуволн от одной до двадцати и амплитудой 0,3–5 м. Иногда максимальные значения амплитуд могут достигать величины стрелы провисания проводов (5–10 м). Наиболее опасным является направление ветрового потока под углом 30–70° к оси линии электропередачи [2, 3].

Удельная ветровая нагрузка при наличии гололеда определяется по выражению

$$\gamma_{br} = \frac{\alpha * K_1 * C_x * W\left(d + 2b\right)}{F} 10^{-6}, \text{ Н/м *мм}^2, \quad (3)$$

где α – коэффициент неравномерности давления ветра на провод по длине пролета;
K_1 – коэффициент влияния длины пролета;
C_x – коэффициент сопротивления, характеризующий аэродинамические свойства провода, обтекаемого воздушным потоком, направленным нормально оси провода;
W – скоростной напор.

Тогда суммарную удельную нагрузку от ветра и веса провода, покрытого гололедом находим по формуле

$$\gamma_c = \sqrt{\left(\gamma_r + \gamma_b\right)^2 + \gamma_{br}^2}. \quad (4)$$

Результаты статистического анализа многолетних данных по гололедно-ветровым авариям на территории Казахстана на линиях 35–220 кВ показали, аварии в большей степени характерны для северных и центральных регионов. Это обусловлено особенностями больших скоростей ветра и интенсивных гололедных нагрузок, а также относительно большим числом линий рассматриваемого класса напряжений.

Из имеющихся ВЛ 35–220 кВ примерно 30% характеризуется сроком эксплуатации до 5 лет, 33% от 5 до 10 лет, остальные свыше 10 лет.

Территория прохождения воздушных линий характеризуется многообразием ветровых и гололедных нагрузок. Скорость ветра с повторяемостью один раз в 10 лет изменяется в пределах от 25 до 45 м/с, а толщина гололеда аналогичной повторяемости от 10 до 30 мм. Погодные условия, обусловливающие возникновение этих проявлений, определяются специфическими атмосферными процессами рассматриваемых регионов и сложной орфографией рельефа местности.

В Казахстане гололедно-ветровые аварии составляют более 50% от их общего количества на воздушных линиях, а продолжительность перерывов в обеспечении электроэнергией потребителей свыше 60% от общей продолжительности всех аварийных отключений.

Исследования процесса обледенения воздушных линий показали, что появление гололеда зависит от ряда факторов, которые можно условно разделить на две группы.

Таблица 1

Аварии по видам повреждений элементов конструкций ЛЭП

Поврежденные элементы конструкций ЛЭП	Количество аварийных отключений ЛЭП по видам напряжений	
	110 кВ	220 кВ
Опоры	2	–
Изоляторы, арматура	4	2
Провода, тросы, спуски, шлейфы	25	9
Отключения без повреждений	44	14
Всего	75	25

Таблица 2

Аварии, связанные с погодными условиями

Климатические факторы	Количество отключений, шт.	
	ВЛ 110 кВ	ВЛ 220 кВ
Сильный ветер (метель, пыльная буря)	65	8
Гололед	20	3
Пляска проводов, тросов	12	14
Всего	97	25

Первая группа связана с погодными условиями: скоростью ветра, влажностью и температурой воздуха, спектром распределения переохлажденных капель воды в атмосфере и других.

Вторая группа касается конструктивных особенностей линий электропередачи – диаметр провода, длина пролета, подверженность провода закручиванию в процессе возникновения гололеда, ориентации ЛЭП относительно воздушного потока и т.д.

В табл. 1 приведены данные по видам повреждений элементов ЛЭП.

Из табл. 1 видно, что число аварийных отключений с повреждением конструктивных элементов ЛЭП-110 кВ составляет 31. Вместе с тем отключения без повреждений равны 44, основная причина которых – пляска проводов и тросов.

Данные по аварийным отключениям в зависимости от климатических факторов приведены в табл. 2.

На рис. 1 приведено распределение числа случаев гололёдно-ветровых аварий на ВЛ 110 и 220 кВ.

В целях обеспечения безопасности в энергосистемах Казахстана проведены исследования по снижению риска гололедно-ветровых аварий. Обьектом выбраны электрические сети 110 кВ Талдыкорганской акционерной транспортно-электросетевой компании (ТАТЭК).

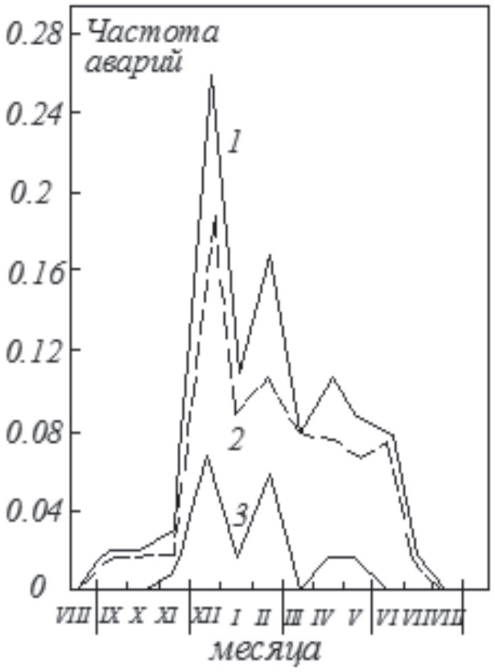

Рис. 1. Распределение числа случаев гололедно-ветровых аварий: 1 – все аварии ВЛ 110–220 кВ, 2 – все аварии 110 кВ, 3 – все аварии ВЛ 220кВ

В этом регионе диаметр гололеда достигает 10–20 см, длина сосулек – сплошная, рельеф местности – холмистый, скорость ветра в пределах 10–15 м/с.

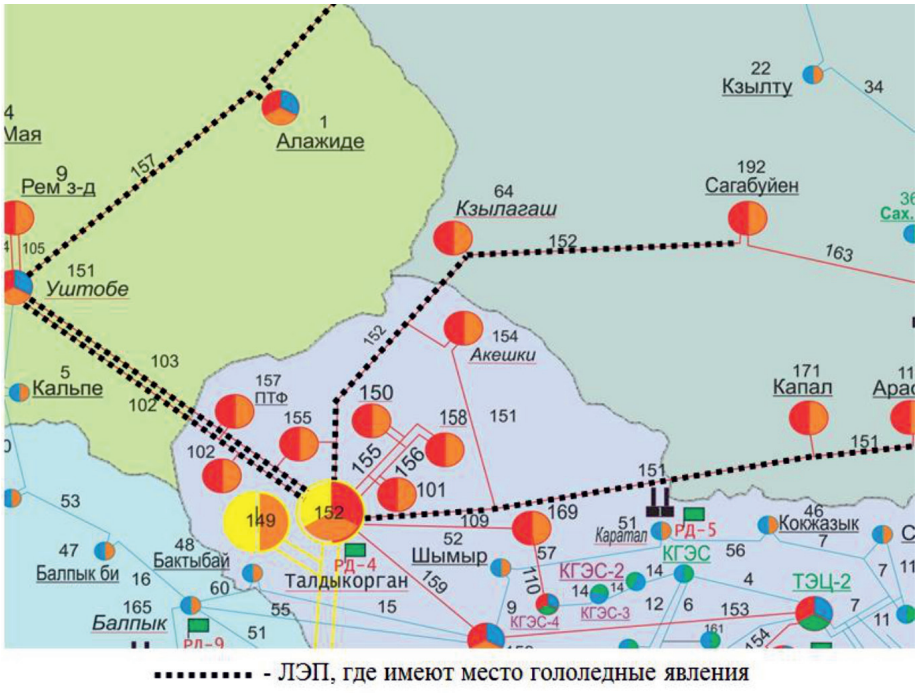

Рис. 2. Фрагмент схемы электрических сетей АО «ТАТЭК»

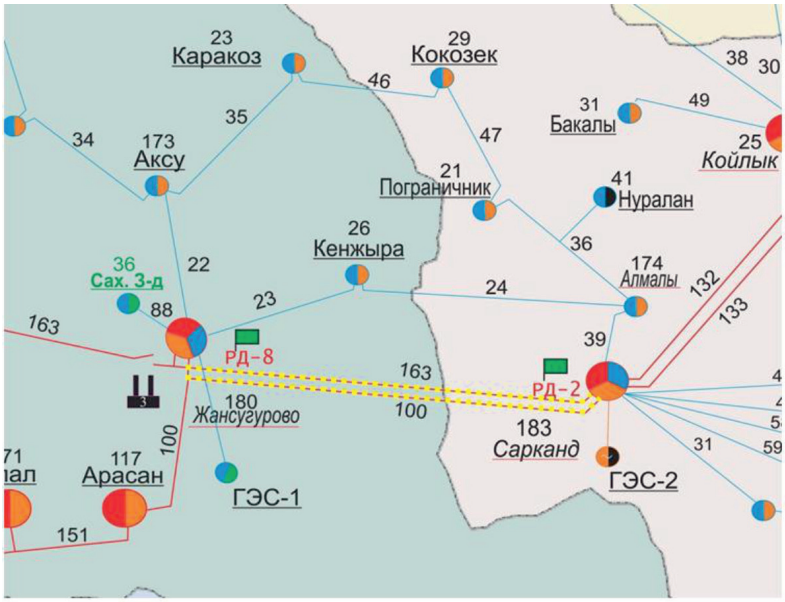

Рис. 3. Фрагмент схемы электрических сетей АО «ТАТЭК»

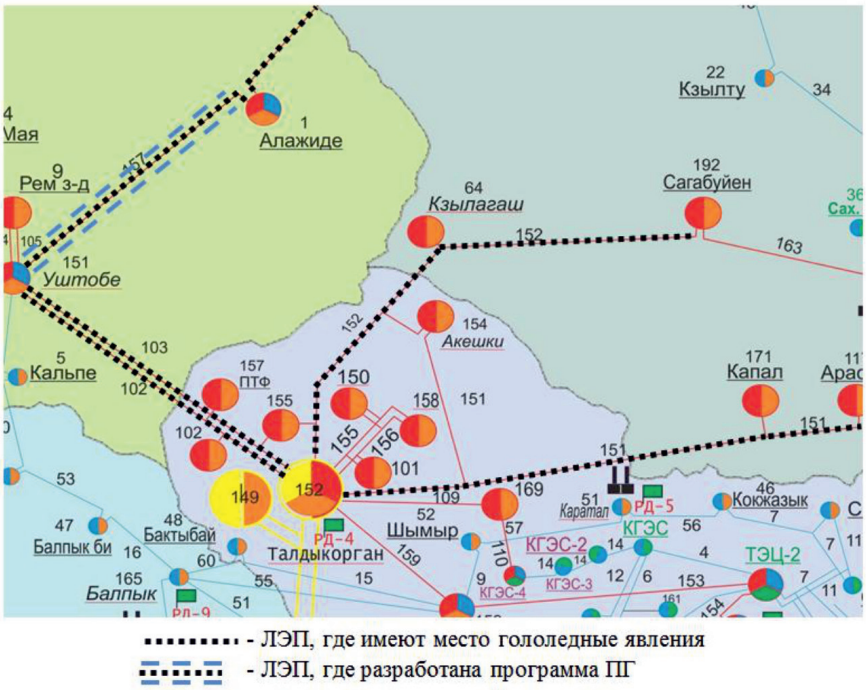

Рис. 4. Фрагмент схемы электрических сетей АО «ТАТЭК»

Гололедные образования (пушистая ее кристаллическая изморозь, обледенелый снег и др.) возникают при температуре воздуха от 0 °С до –5 °С (в некоторых случаях до – 10 °С).

На рис. 2 показаны участки ЛЭП, подверженные образованию гололеда, а на рис. 3 участок с ветровой нагрузкой.

В ТАТЭК накоплен многолетний опыт борьбы с гололёдом в сетях 110 кВ переменного тока (рис. 4). Так, плавка гололёда на участке ЛЭП 110 кВ № 152 (Талдыкорган – Сагабуйен) осуществляется по способу короткого замыкания напряжением 10 киловольт с подстанции 155. Величина тока плавки – 360 А. Время плавки – 30 мин.

Рис. 5. Расположение на подстанции установки плавки гололеда

Расположение установки плавки гололеда показано на рис. 5.

В табл. 3 приведены соотношения между напряжением источника питания для плавки гололеда и возможными длинами участков ЛЭП.

Таблица 3

Протяженность участков плавки гололеда при различных напряжениях источника питания и марки проводов

Напряжение источника питания, кВ	Марка проводов	Протяженность участка плавки, км
6	АС-50	8–18
10	АС-50	12–29
35	АС-50	35–100
110	АС-70	100–291
220	АСО-300	136–273
500	АСО-240	138–280

В настоящее время решение о плавке гололеда принимается на основе субъективных данных, получаемых от линейных бригад. Поэтому следует в будущем с учетом конкретных климатических условий применять автоматизированные системы мониторинга и плавки гололеда.

Список литературы

1. Лелеза Д.В., Бовкун Я.В., Дычка И.Я. Усовершенствование ветрозащита проводов и тросов ВЛ от колебаний, вызванных ветром // Электрическая сети и системы. – 2015. – № 5. – С. 50–62.

2. Дюсебаев М.К., Абдимуратов Ж.С., Жандаулетова Ф.Р. Современные методы контроля и сигнализации облединения проводов объектов энергетики // Сборник публикаций научного журнала «Globus» по материалом XIII международной научно – практической конференции «Достижения и проблемы современной науки» г. Санкт – Петербурга: сборник со статьями (уровень стандарта, академический уровень). – СПб.: Научный журнал «Globus». – 2016. – С. 39–42.

3. Дьяков Ф.А. Эксплуатация ВЛ 330-500 кВ в условиях интенсивных гололедно-ветровых воздействий // Внедрение системы автоматического наблюдения за гололедом. Энергетик. – 2005. – № 6. – С. 20–26.