

АННОТАЦИЯ

Диссертационной работы Абитаевой Рахимаш Шанракбаевны на тему «Повышение надежности воздушных линий электропередач сверхвысокого напряжения в условиях воздействия гололедно-ветровых нагрузок» на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности 6D071800 – «Электроэнергетика»

Актуальность работы. Во всем мире передача электроэнергии на большие расстояния осуществляется по воздушным электрическим сетям. Требования, которые предъявляются к воздушным линиям электропередачи - это бесперебойное электроснабжение потребителей электрической энергией надлежащего качества.

Электрические сети подвержены опасным метеорологическим воздействиям и одно из которых связано с гололедно – ветровыми нагрузками, которые могут привести к перерыву электроснабжения больших промышленных районов и центров.

Устойчивые низкочастотные колебания одиночного провода или расщеплённой фазы в целом, вызванные давлением ветра и подъёмной силой, возникающей из-за несимметричности профиля, принято называть "пляской" (в странах ближнего зарубежья) или "галопированием" (в странах дальнего зарубежья). Под галопированием понимаются низкочастотные колебания (0,2 - 2,0 Гц) большой амплитуды, которые происходят в основном в горизонтальной плоскости с образованием двух или трёх (а иногда и более) полувольт в пролёте.

Явление пляски возникает при ветре и образовании гололеда на проводах. Оно может быть продолжительностью несколько часов, но может продолжаться и до нескольких суток. При колебаниях проводов с большой амплитудой опоры воздушных ЛЭП испытывают большие динамические нагрузки, нередко случай схлестывания проводов фаз. Поэтому в результате явления пляски происходят оплавления и пережоги проводов, повреждения и поломки опор, гирлянд изоляторов и других элементов электрических сетей. При этом длительность перерыва электроснабжения линии, для устранения возникших повреждений, иногда достигает значительного времени и исчисляется не только часами, но и несколькими сутками.

Бурный рост строительства и выгодность применения воздушных ЛЭП при передаче электроэнергии на большие расстояния за последние годы привело к тому, что все большее внимание инженеров и научных работников многих стран обращено к изучению явления пляски проводов. Такими исследованиями усиленно занимаются в США, Канаде, Англии, Бельгии, Дании, Норвегии, Франции, Японии, Китае и т.д. Развернуты исследования и в ближайших соседних с нами странах, таких как, Украина, Белоруссия и Россия.

Пляска проводов изучается давно, но до настоящего времени еще не совсем найдены эффективные меры борьбы с ней. Таким образом, пляска обледенелых проводов во всем мире является одной из основных проблем в области проектирования и эксплуатации воздушных линий электропередачи. Она существенно влияет на габариты, стоимость и надежность линий. В настоящее время наиболее актуальными задачами для энергосистемы Казахстана в этой области являются

1) Уточнение условий благоприятствующих опасной пляске проводов.

2) Определение территорий, где возможно возникновение пляски проводов, которое необходимо учитывать при сооружении и эксплуатации воздушных ЛЭП, т.е. составления карты районирования территорий по частоте возникновения пляски.

3) Определение параметров колебательного процесса.

4) Разработка наиболее эффективных и экономичных средств (гасителей) для ограничения и подавления пляски проводов.

В связи с этим, возникает необходимость комплексного исследования (статистика, теория и эксперимент) явления пляски проводов ВЛЭП. Основным критерием для оценки возможной подверженности ВЛ пляске служат статистические данные, обобщающие опыт эксплуатации электрических сетей. Основная цель разработки теоретических вопросов пляски заключается в составлении общей математической модели, позволяющей при заданных условиях определить главные характеристики колебательного процесса – интенсивность пляски, число полуволн, частоту, динамическую нагрузку и условия аэродинамической неустойчивости проводов с гололедным осадком в ветровом потоке. Основная цель экспериментальных исследований является оценка эффективности тех или иных мер борьбы с пляской, кроме того оценка некоторых параметров линий (оценка декрементов колебания, крутильной жесткости одиночных и расщепленных фаз, частотных характеристик и т.д.), необходимых для решения ряда прикладных задач. Результаты таких исследований должны послужить для повышения надежности воздушных линий электропередачи.

Целью работы является повышение надежности воздушных линий электропередач сверхвысокого напряжения в условиях воздействия гололедно-ветровых нагрузок.

Задачи докторской диссертации.

- Установить статистика – вероятностные зависимости пляски проводов от различных факторов (формы и ориентировочных размеров гололедного осадка, скорости воздушного потока и его ориентация относительно воздушной линий, климатических условий, а также от параметров пляски) на примере анализа статистических данных за годы эксплуатации ВЛЭП.

- Провести теоретические исследования свободных колебаний расщепленных проводов. В дальнейшем используются при разработке математической модели пляски проводов.

- Разработать математическую модель пляски проводов ВЛ при воздействии гололедно-ветровых нагрузок.

- Проверить достоверность математической модели (сопоставление с экспериментальными данными, сравнение с данными других источников) и провести анализ методов борьбы с явлением пляски проводов (на уровне изобретений).

Объект и предмет исследования. Объектом исследования являются физические процессы взаимных перемещений проводов расщепленной фазы воздушных линий электропередач сверхвысокого напряжения при различных видах их низкочастотных колебаний, возникающих в условиях ветровых и гололедных нагрузок.

Методы исследования. Исследование основано на данных и информациях, собранных как из рецензируемой литературы, так и из отчетов государственных органов, которые обеспечили современный анализ пляски проводов.

В работе использованы методы математической статистики, методы теории колебаний и теоретической механики; уравнения Лагранжа; методы теории вероятностей и математической статистики при определении закона распределения амплитуд пляски проводов и обработке полученных экспериментальных данных. Для выполнения технических задач применялись методы экспериментального и количественного исследования, основанные на обработке данных в программных средах MathCAD, Excel и Microsoft Visio с применением средств написания макросов и построения графиков.

Научная новизна и основные положения, выносимые на защиту:

1. Исследование и анализ механизма возникновения пляски проводов;
2. Определение взаимосвязи пляски проводов с внешними погодными условиями и их влияние на характер протекания пляски проводов на основе статистических данных пляски проводов на воздушных линиях;
3. Результаты исследования свободного крутильного колебания расщепленного провода;
4. Математическая модель пляски проводов с учетом нелинейности исследуемого объекта;
5. Результаты анализа различных способов борьбы с явлениями пляски проводов (на уровне изобретений).

Теоретическая и практическая значимость исследования заключается в возможности использования научных и практических результатов исследований в повышении надежности и защите от обрыва проводов воздушных линий электропередачи из-за гололедно-ветровых воздействий. Выбор метода гашения пляски проводов ВЛЭП и рекомендации при разработке гасителей.

Реализация результатов работы:

- При эксплуатации, а также при проектировании новых воздушных ЛЭП или реконструкции существующих с учетом пляски проводов (обоснованный выбор габаритов ВЛЭП).

- При разработке мер борьбы с явлениями пляски проводов (на основе анализа периодических решений уравнения движения и условий аэродинамической неустойчивости ВЛ с гололедным осадком в ветровом потоке) и при расчете параметров гасителей пляски.

- Материалы выполненных в диссертации исследований используются в учебном процессе студентами кафедры «Энергетика» при КазННТУ имени К.И. Сатпаева для ОП: 6В07114 – «Электроэнергетика» по направлению подготовки 6В071-Инженерия и инженерное дело.

Обоснование и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждаются публикациями в изданиях, рекомендованных Комитет по обеспечению качества в сфере науки и высшего образования Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (КОКСНВО МНВО РК); апробацией в отечественных и международных научных конференциях, а также патентом РК.

Связь работы с планом государственных научных программ. Научные исследования по теме диссертаций проведены в соответствии с планами НИР кафедры «Энергетика» КазННТУ имени К.И. Сатпаева в рамках государственного образовательного гранта по докторантуре.

Апробация работы и публикаций. Результаты работы доложены на Всемирном Конгрессе инженеров и ученых (19-20 июня, 2017, Астана, Казахстан): «Энергия будущего: инновационные сценарии и методы их реализации»;

– на научных семинарах кафедры «Энергетика» КазННТУ имени К.И. Сатпаева.

По теме диссертационного исследования было опубликовано 17 печатных работ, из них 2 статьи в журналах и 1 статья в Международной конференции, входящих в базу данных Scopus, 4 статьи – в изданиях, рекомендованных КОКСНВО МНВО РК, а также 9 публикации в Международных конференциях и Всемирном Конгрессе инженеров и ученых, один патент РК.

1) Abitayeva R.Sh., Bekbayev A., Dzhamanbayev M., Bayanbayev K., Aikimbayeva D. Equation of motion of split conductor of anchor section at icing in wind flow. International Journal of Renewable Energy. Vol 13, No 6 (2024): 11. 2024. ISSN: 2252-4940. DOI: <https://doi.org/10.61435/ijred.2024.60369>.

2) Abitayeva R.Sh., Dzhamanbayev M., Bekbayev A., Togzhanova Zh., Zhonkeshova K. Problems of increasing the reliability of electrical energy transmission via high-voltage power lines in conditions of increased climate risk. Polityka Energetyczna – Energy Policy Journal. 04.2025; 28(1):5-32. DOI: <https://doi.org/10.33223/epj/193727>.

3) Джаманбаев М.А., Абитаева Р.Ш., Зарипбаев М. Анализ продолжительности пляски проводов. Вестник КазННТУ им. К.И. Сатпаева. №2(120). Алматы, март 2017.стр.219-223.

4) Джаманбаев М.А., Абитаева Р.Ш., Касымов А. Оценка благоприятного диапазона скорости ветрового потока для возникновения пляски проводов. Вестник КазННТУ им. К.И. Сатпаева. №2(120). Алматы, март 2017.стр.72-76.

5) Бекбаев А.Б., Джаманбаев М. А., Абитаева Р.Ш. Оценка ожидаемой интенсивности двух полуволновой пляски проводов. Вестник Национальной инженерной академии РК. ISSN 1606–146X. №2(68) 2018, стр.71-78.

6) Джаманбаев М.А. Абитаева Р.Ш. Уточненная математическая модель пляски проводов расщепленной фазы многопролетной линии электропередачи. Вестник КазАТК им. М. Тынышпаева. №4(115). ISSN1609-1817. Алматы, декабрь 2020, стр.325-332.

7) Zhamanbaev M., Ilieva D., Abitayeva R., Ongar B. Determination of the minimum wind speed leading to the galloping of conductors. E3S Web of Conferences. 9th International Conference on Thermal Equipments, Renewable Energy and Rural Development (TE-RE-RD 2020), Romania. 24 July 2020 г. Vol. 180. ISSN:2267-1242. Q2, IF 0,17.

8) Джаманбаев М.А, Бекбаев А.Б., Акпанбетов Д.Б. Распорка-гаситель для подавления пляски проводов расщепленной фазы воздушной линии электропередачи (полезная модель). №108828, 17.03.2020.

Объём и структура диссертации. Диссертация состоит из введения, 4 разделов и заключения. Общий объем работы содержит 111 страниц машинописного текста, 33 рисунка, 12 таблиц, список использованной литературы из 120 наименований и 6 приложений.