

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 53.09; 620.197.1

А. П. Афанасьев, С. Ю. Борисова

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ КРУПНЫХ ПТИЦ НА СТАТИСТИКУ АВАРИЙНЫХ ОТКЛЮЧЕНИЙ ВЛ-110 КВ

В статье представлены результаты статистического анализа аварийных отключений высоковольтных линий электропередач из-за воздействия, вызванного жизнедеятельностью крупных птиц. Проанализированы результаты лабораторного и имитационного экспериментов по влиянию органических загрязнений на проводящие свойства элементов ЛЭП высокого напряжения.

Ключевые слова: высоковольтные линии электропередач, анализ аварийных отключений, моделирование в MATLAB, SIMULINK, элемент Surgearresters, жизнедеятельность крупных птиц.

Введение

В настоящий момент исследование влияния жизнедеятельности крупных птиц на статистику аварийных отключений ВЛ-110 кВ является актуальным в сфере энергетики.

Птицы, используя на разных стадиях своей жизнедеятельности воздушные линии электропередач (ВЛ) и оборудование электрических подстанций (ПС), могут быть причиной повреждения и отключения ВЛ и оборудования ПС, что приводит к ущербу от перерыва электроснабжения потребителей, повреждению электрооборудования, а сами (птицы) подвергаются риску гибели. Особую опасность для работы воздушные линии электропередач и оборудования электрических подстанций представляет вероятность перекрытия межфазных промежутков и промежутков «фаза-земля» кусками металлической проволоки, электропроводки и другими материалами, приносимыми птицами, использующими элементы ВЛ и оборудования ПС в своей жизнедеятельности. Перекрытие изоляции под-

Афанасьев Александр Петрович — кандидат технических наук, доцент, и.о. заведующего кафедрой технических дисциплин (Приамурский государственный университет имени Шолом-Алейхема, Биробиджан); e-mail: mr.precceptor@yandex.ru.

Борисова Светлана Юрьевна — магистрант 1 курса (Приамурский государственный университет имени Шолом-Алейхема, Биробиджан); e-mail: i01.04.1996@mail.ru.

© Афанасьев А. П., Борисова С. Ю., 2017

станционного оборудования может вызвать пожар на ПС и привести к системным авариям с большим экономическим ущербом [4].

Необходимость защиты птиц при их взаимодействии с воздушными линиями электропередач и оборудованием электрических подстанций определена рядом международных документов (конвенций, резолюций и деклараций) по охране биоразнообразия, а также федеральным законом № 52-ФЗ «О животном мире» от 24.04.1995 (ст. 28), постановлением Правительства РФ от 13.08.1996 № 997 (раздел VII пп. 33–34) и Положением ПАО «Россети» «О единой технической политике в электросетевом комплексе», Политикой инновационного развития, энергосбережения и повышения энергетической эффективности ПАО «Россети» [4].

В соответствии с п. 2.5.36 Правил устройства электроустановок, «в районах расселения крупных птиц для предохранения изоляции от загрязнения, независимо от степени загрязнения окружающей среды, а также для предотвращения гибели птиц следует на траверсах опор ВЛ 35–220 кВ, в том числе в местах крепления поддерживающих гирлянд изоляторов, а также на тросостойках для исключения возможности посадки или гнездования птиц, предусматривать установку противоптичьих заградителей» [2].

Гибель птиц в большинстве случаев обусловлена действием тока короткого замыкания. Если крылья птицы перекрывают промежуток между проводами, находящимися под напряжением различного значения, то электрический ток протекает через её тело, сильно сжигает и парализует его, что для птицы может быть фатальным. Нередки также случаи гибели, вызванные падением на землю. Это происходит, когда тело птицы само или гнездовой материал контактирует с находящимися под током частями линии. Близкое расположение и высокая влажность, возникающая из-за отходов жизнедеятельности (см. рис. 1), могут также увеличивать риск возникновения электрического искрения («электрической дуги»). Помимо этико-экологических проблем, возникают также проблемы технического характера, обусловленные пляской проводов, изменением проводящих свойств токопроводящих элементов ЛЭП и изоляторов. Всё это, в свою очередь, ведёт к нестабильной работе ВЛ.

Статистические данные и их анализ

По предоставленным материалам Дальневосточной Распределительной сетевой компании были проанализированы данные по аварийным отключениям ВЛ за период 2014–2017 гг. В результате анализа была определена доля аварийных отключений, возникших по причине жизнедеятельности крупных птиц. Результаты представлены в таблице 1.

Из таблицы видно, что птицы являются весомой причиной сбоев в электроснабжении, которые происходят вследствие прямого контакта с элементами ВЛ и оборудования ПС. Такие контакты являются первопричиной коротких замыканий с возможным выходом ВЛ из строя и повреждения оборудования ПС. Самих птиц этот контакт, как правило, приводит к смертельному исходу.



Рис. 1. Загрязнения биологическими отходами изоляторов

Таблица 1

Анализ всех отключений ВЛ-110 кВ

Год	Общее количество отключений	Отключения из-за воздействия птиц	
2014	68	15	22 %
2015	41	17	41,5 %
2016	23	2	8,7 %
2017	3	3	100 %

Как видно из таблицы, максимум отключений – 41 % – из-за воздействия птиц пришёлся на 2015 год.

Основное количество «птичьих» отключений ВЛ происходит весной, примерно в марте, и продолжается до поздней осени. Они происходят исключительно в период незадолго до и после восхода солнца («отключения на заре»). Это объясняется тем, что птицы начинают активную деятельность: гнездуются, выводят птенцов, питаются.

Предлагаемые методы противодействия аварийным ситуациям

В первую очередь, это создание птицевозащитных устройств антиприсадного типа, которые препятствуют посадке птиц на опоры ВЛ и их контакту с элементами ВЛ.

Данные устройства устанавливаются на траверсе ВЛ над местом крепления изоляторов и препятствуют посадке птицы на траверсу в зоне их защиты. Кроме того, они обладают отпугивающим эффектом за счёт колебаний элементов устройств, вызываемых воздействием ветра. Защищают изоляторы и провода от загрязнения птицами [4].

Практикуется также применение защитных футляров, которые защищают птиц от непосредственного контакта с арматурой ВЛ.

Устройства контактного типа (рис. 2) защищают птиц от непосредственного контакта с проводами ВЛ, а поверхность изоляторов и прилегающей части провода – от загрязнения птицами.



Рис. 2. Птицезащитные устройства контактного типа

Широкое распространение получили устройства отпугивающего типа, создающие визуальный и звуковой отпугивающий эффекты совместно с эффектом движения. Данные виды устройств должны изготавливаться преимущественно из изоляционных материалов, стойких к воздействию атмосферных факторов.

В качестве «гуманной» меры, которая охотно поддерживается экологическими объединениями и организациями, можно назвать мероприятия по созданию благоприятных условий для гнездования в не конфликтной зоне.

Рекомендуется в ряде случаев выполнять техническое дооснащение конструкций опор ЛЭП специальными гнездовыми платформами, предназначенными для расположения на них гнёзд определённых видов хищных и других видов птиц. Для защиты подвесных изоляторов ЛЭП желательно использовать полимерные защитные колпаки. Защитный колпак применяется для предохранения поверхности гирлянды изоляторов ВЛ от загрязнения помётом птиц, окрасочных работ, атмосферных осадков и механического воздействия [3].

Напряжение перекрытия снижается по мере увеличения проводимости слоя загрязнения, а она, при прочих равных условиях, зависит от концентрации проводящих растворимых примесей и объёма воды в слое загрязнения.

Удельная поверхностная проводимость увлажнённого слоя загрязнения в диапазоне температур от T_1 до T_2 может быть рассчитана по формуле (1):

$$\gamma_{\Gamma\Pi}(T_2) = \gamma_{\text{жп}} [1 + \alpha_t(T_2 - T_1)] \frac{\rho_{\text{жп}}^{-2} (\gamma_{\text{в}} + \gamma_{\text{ж}} F_{\text{ж}})^2}{\rho_{\text{жп}}^{-1} (\gamma_{\text{в}} + \gamma_{\text{ж}} F_{\text{ж}}) + \rho_{\text{ж}}^{-1} \gamma_{\text{ж}} + \rho_{\text{жп}}^{-1} \gamma_{\text{ж}} (1 - F_{\text{ж}})}, \quad (1)$$

где $\gamma_{\text{жп}}$ — удельная проводимость жидкой фазы при температуре T_1 , мкСм;

α_t – температурный коэффициент электропроводности электролита, $^{\circ}\text{C}^{-1}$;

$\rho_{зр}$ – плотность раствора электролита, $\text{мг}/\text{см}^3$;

$\gamma_{зч}$ – масса всех частиц электролита на единицу поверхности, $\text{мг}/\text{см}^2$;

$\gamma_{в}$ – масса воды на единицу поверхности, $\text{мг}/\text{см}^2$;

$\gamma_{н}$ – масса нерастворимых диэлектрических частиц, $\text{мг}/\text{см}^2$;

$F_w = \frac{\gamma_{зч}}{\gamma_{н}}$, где $\gamma_{зч}$ – масса растворившихся частиц электролита на единицу поверхности, $\text{мг}/\text{см}^2$;

$\rho_{н}$, $\rho_{зчн}$ – плотность соответственно нерастворимых диэлектрических частиц и не растворившихся частиц электролита, $\text{мг}/\text{см}^3$;

Лабораторный имитационный эксперимент

Для установления условий, способствующих снижению изоляционных свойств в результате воздействия органических загрязнений, в лаборатории ДРСК были проведены испытания изолятора, подверженного органическому загрязнению. Цель испытаний: получение следующих параметров, которые присутствуют в аналитическом выражении согласно формуле (1).

По полученным в результате лабораторного анализа данным был поставлен имитационный эксперимент.

В дальнейшем в пакете SIMULINK была создана имитационная модель ЛЭП, блок-схема которой представлена на рисунке 3, где в качестве загрязнённых изоляторов служил элемент Surge arrester, имеющий нелинейную вольт-амперную характеристику, которую можно настроить в соответствии с данными лабораторного анализа.

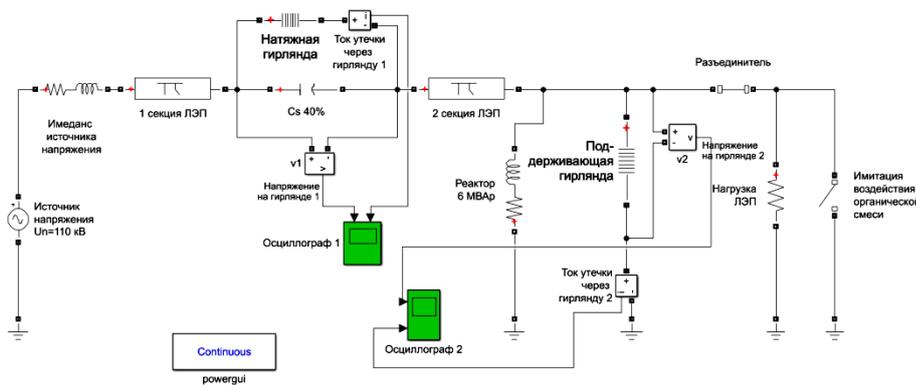


Рис. 3. Имитационная модель ЛЭП

В ходе исследования была промоделирована аварийная ситуация, вызванная влиянием органической примеси на проводимость гирлянд изоляторов (рис. 4, 5).

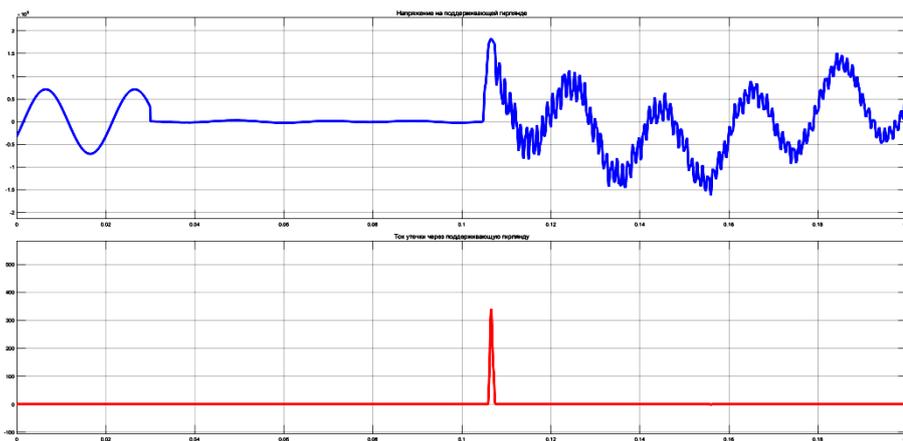


Рис. 4. Напряжение и ток утечки через поддерживающую гирлянду

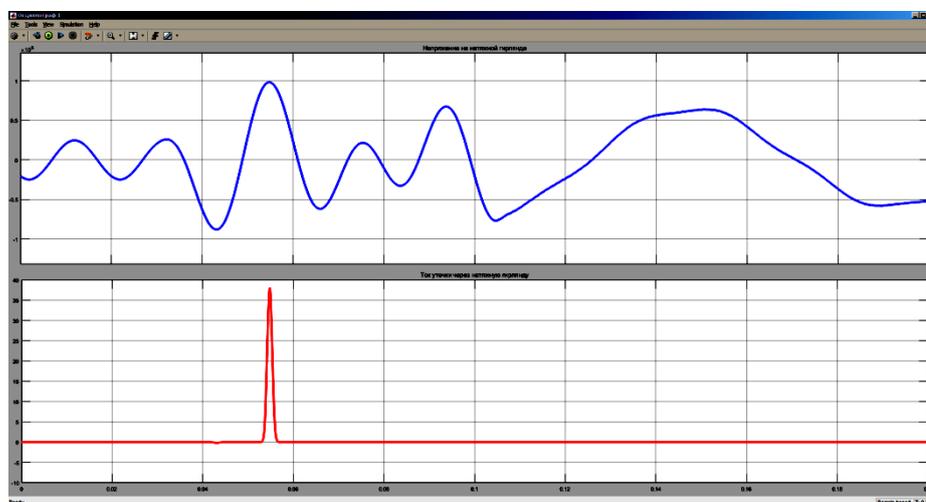


Рис. 5. Напряжение и ток утечки на натяжной гирлянде

Из осциллограмм видно, что на натяжной гирлянде в момент возникновения короткого замыкания напряжение падает до нуля, что свидетельствует о резком увеличении проводимости этого элемента. По мере высыхания и испарения загрязняющей смеси происходят хаотические отклонения напряжения от основной синусоидальной гармоники. В дальнейшем график напряжения стабилизируется. Ток на гирлянде выглядит в виде однократного пикового скачка. Максимальное напряжение на поддерживающих гирляндах достигает 180 кВ, а максимальный ток в момент стекания по изолятору достигает более 350 А (рис. 4).

На натяжной гирлянде форма напряжения также претерпевает отклонения от синусоидальной, но не наблюдаются хаотические всплески, величина действующего напряжения в момент воздействия загрязнения равна 110 кВ, а ток утечки сравнительно небольшой – порядка 40 А (рис. 5).

Данное различие в графиках объясняется тем, что для изменения изолирующих свойств натяжной гирлянды требуется большее количество загрязняющей органической смеси, так как она не растекается по поверхности изолятора в отличие от поддерживающей гирлянды.

На поддерживающей гирлянде загрязнение распределяется по поверхности за счёт силы тяжести.

Выводы:

1) в качестве наиболее вероятной причины отключений, происходящих в весенне-летний и осенний периоды в утренние и ночные часы, можно полагать перекрытие изоляции, вызванное действиями птиц;

2) данные лабораторных экспериментов подтверждают влияние органических примесей на проводящие свойства элементов ЛЭП;

3) описанный в работе имитационный эксперимент позволяет проследить механизм возникновения аварий, вызванных жизнедеятельностью крупных птиц.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Костин В. Н. Системы электроснабжения. Конструкции и механический расчёт: учебное пособие. СПб.: СЗТУ, 2002. 93 с.
2. Правила устройства электроустановок. 7-е изд. [электронный ресурс]. URL: <http://pue7.ru/pue7/punkt.php?n=2.5.25&k=2.5.37>
3. Птицезащитные устройства: рекомендации по обеспечению безопасности птиц при эксплуатации воздушных линий электропередачи //Российская сеть изучения и охраны пернатых хищников [электронный ресурс]. URL: <http://rrrcn.ru/ru/electrocutions/bpd>
4. СТО 34.01-2.2-010-2015. Птицезащитные устройства для воздушных линий электропередачи и открытых распределительных устройств подстанций. Введ. 18.08.2015. М.: ПАО «Россети», 2015. 14 с.

* * *

Afanasev Aleksandr P., Borisova Svetlana JU.
A STUDY OF THE INFLUENCE OF LIFE OF LARGE BIRDS
ON THE STATISTICS OF OUTAGES VL-110 KV
(Sholom-Aleichem Priamursky State University, Birobidzhan)

The article presents the results of a statistical analysis of emergency outages of high-voltage power transmission lines due to the impacts of large birds caused by vital activity. The results of laboratory and simulation experiments on the effect of organic contaminants on the conductive properties of high voltage transmission line elements are analyzed.

Keywords: high voltage transmission lines, the analysis of outages, the modeling in MATLAB, SIMULINK, element Surge arresters, the livelihoods of large birds.

REFERENCES

1. Kostin V. N. *Sistemy elektrosnabzheniia. Konstruktsii i mekhanicheskii raschet* (The power supply system. Design and mechanical calculation), a Training manual, St. Petersburg, 2002. 93 p.
2. *Pravila ustroivva elektroustanovok*, Rules for the installation of electrical installations, 7th Edition. Available at: <http://pue7.ru/pue7/punkt.php?n=2.5.25&k=2.5.37> (In Russ.).
3. *Ptitchezashchitnye ustroivva: rekomendatsii po obespecheniiu bezopasnosti ptitc pri ekspluatatsii vozdushnykh linii elektroperedachi* (Poultry protection devices: recommendations for ensuring the safety of birds in the operation of overhead transmission lines), Available at: <http://rrrcn.ru/ru/electrocutions/bpd> (In Russ.).
4. *STO 34.01-2.2-010-2015. Ptitchezashchitnye ustroivva dlia vozdushnykh linii elektroperedachi i otkrytykh raspredelitelnykh ustroisto podstancii* (STO 34.01-2.2-010-2015. Protective devices from birds for overhead power lines and open switchgear of substations), from 08/18/2015. Moscow: Rosseti Publ., 2015. 14 p. (In Russ.).

* * *