Научная статья
Original article
УДК 621.311

ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ПЛАНОВЫХ И АВАРИЙНЫХ РАБОТ

ENSURING THE OPERATION OF POWER LINES DURING PLANNED AND EMERGENCY WORKS

Игнатенко Иван Владимирович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Системы электроснабжения» ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный университет путей сообщения» (680021, г. Хабаровск, ул. Серышева, 47), тел. 8(4212) 407-413, ORCID: http://orcid.org/ 0000-0003-3356-4059, systel@festu.khv.ru

Власенко Сергей Анатольевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Системы электроснабжения» ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный университет путей сообщения» (680021, г. Хабаровск, ул. Серышева, 47), тел. 8(4212) 407-413, ORCID: http://orcid.org/ 0000-0002-4028-8606, vsa_ens@mail.ru

Пухова Анастасия Игоревна, аспирант ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный университет путей сообщения» (680021, г. Хабаровск, ул. Серышева, 47), тел. 8(4212) 407-413, pu.shoc@mail.ru

Ignatenko Ivan Vladimirovich, PhD in Engineering, associate professor, Head of the Department of Power Supply Systems of Far Eastern State Transport University (47, Seryshev str., Khabarovsk, 680021, Russia), tel. 8(4212) 407-413, ORCID: http://orcid.org/ 0000-0003-3356-4059, systel@festu.khv.ru

Vlasenko Sergey Anatolyevich, PhD in Engineering, associate professor of Power Supply Systems of Far Eastern State Transport University (47, Seryshev str., Khabarovsk, 680021, Russia), tel. 8(4212) 407-413, ORCID: http://orcid.org/ 0000-0002-4028-8606, vsa_ens@mail.ru

Pukhova Anastasiya Igorevna, postgraduate of Far Eastern State Transport University (47, Seryshev str., Khabarovsk, 680021, Russia), tel. 8(4212) 407-413, pu.shoc@mail.ru

Аннотация. В статье проведен анализ необходимости определения длительно и аварийно допустимых токов линий электропередачи. Рассмотрены предпосылки использования результатов экспериментальных исследований и теоретических предположений при составлении режима работы электроэнергетической сети при плановых и аварийных работах.

Abstract. The article analyzes the need to determine the long-term and emergency permissible currents of power lines. The prerequisites for the use of the results of experimental studies and theoretical assumptions in drawing up the operating mode of the electric power network during planned and emergency work are considered.

Ключевые слова: воздушная линия электропередачи, допустимая температура, длительно допустимая нагрузка, ток, аварийный режим, электрическая сеть.

Keywords: overhead power line, permissible temperature, long-term permissible load, current, emergency mode, electrical network.

Рост потребности в электрической энергии в последние 5 лет заметно увеличился, что связано с увеличением потребления существующими железными дорогами, горно-обогатительными комбинатами, а также плановым развитием целых отраслей промышленности на удаленных территориях. Запланировано строительство новых мощностей по генерации электрической энергии, способных в перспективе обеспечить проектную потребность более чем в 1 ГВт при развитии Дальневосточного федерального округа. Такие существующие и вновь сооружаемые удаленные объекты требуют постоянного и гарантированного обеспечения практически круглогодично, оставляя возможности только на технологические переключения.

Обеспечение существующих схем электроснабжения требует передачу возрастающих мощностей, что требует строительства новых линий электропередачи, либо пересмотра режима работы существующих линий. Учет капитальных затрат и экономической целесообразности при новом строительстве, поэтапном введении генераторных мощностей и сетевых районов, вносят свои коррективы в существующий технологический процесс. Вводится временный режим эксплуатации линии электропередачи (ЛЭП) на пределе пропускной способности при величине тока близкой к аварийной.

В результате нагрева провода происходит его удлинение, что может привести к нарушению допустимых расстояний от провода ЛЭП до земли, препятствий и других линий. При гололедообразовании на проводах также возможны нарушения габаритов. Для предотвращения таких ситуаций значения допустимых расстояний регламентируются требованиями [2] (рисунок 1).

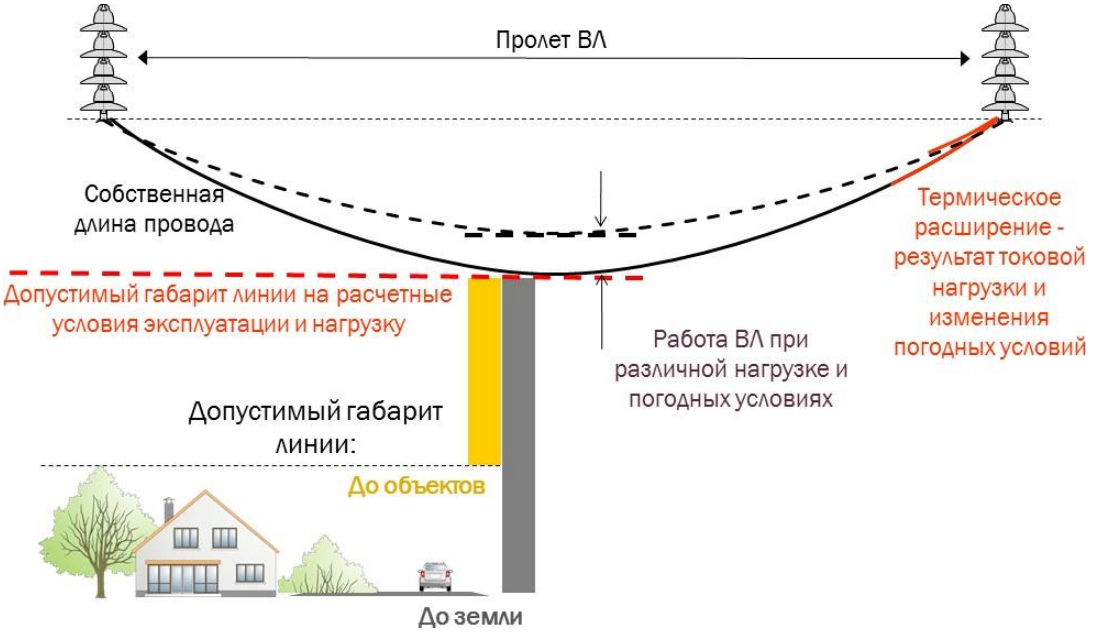

Рисунок 1 – Схематичное изображение пролета ЛЭП

Таким образом, возникает проблема возможной перегрузки ЛЭП под действием токов, превышающих аварийно допустимые значения, возможность нарушения габарита линии, что может привести к технологическим нарушениям.

Введение дополнительных нормативных требований [1] по предоставлению сведений об аварийно-допустимых токовых нагрузках (АДТН) для основного оборудования, в том числе и для воздушных и кабельных линий для длительностей

до 10 с, до 1 мин и до 20 минут создает потребность в ведении и соблюдении существующего режима работы электросетевого хозяйства.

Поэтому для организаций, эксплуатирующих участки линий электропередачи, а также основных поставщиков электрической энергии является важным определение исходных данных, определение расчётных условий и последующий расчёт длительно допустимого и аварийно допустимого тока в зависимости от времени года и погодных условий, расчёт допустимого времени существования аварийного режима, определение необходимых условий работы устройств защиты.

На основе нормативно-технической документации для проектирования новых участков возможно корректировка в сторону увеличения требуемых параметров линии электропередачи, однако для существующих линий необходимо соблюдение требований [2], а также соблюдение параметров режима работы, установленного Системным Оператором [1].

Нормальные и аварийные режимы работы электроэнергетических систем закладываются в существующие схемы работы и обеспечивают возможность резервирования жизненно важных и стратегических объектов [3]. При возникновении системных аварий все сценарии работы электрических сетей предсказать не представляется возможным, однако существует возможность резервирования части существующих мощностей, а также предоставление на кратковременный период линий электропередачи (ЛЭП), имеющих низкую, либо не максимальную нагрузку [4]. Также необходимо иметь карту таких линий на время проведения плановых ремонтных работ [5].

В 2021 году АО «ДРСК» и Дальневосточный государственный университет путей сообщения заключили договор на выполнение научно-исследовательской работы (НИР) по теме: «Разработка методики для определения аварийно-допустимых токов для ВЛ 110 кВ» с целью определения АДТН действующих, сооружаемых и реконструируемых воздушных линий (ВЛ) электропередачи напряжением 110 кВ, выполненных неизолированными проводами для заданного диапазона температур (при различных климатических условиях) при минимальном объёме исходной информации.

В рамках выполнения работы определены существующие технологические режимы работы ЛЭП, находящихся в эксплуатации, проведено исследование температурного режима при протекании тока для разных марок проводов [6]. Используя современные программные средства, позволяющие не только облегчить процесс расчёта, но и повысить его точность, составлен алгоритм и реализован процесс подбора необходимых параметров для каждого интервала времени с учетом времени действия токовой нагрузки. Соблюдение требований и возможность использования всей возможной передаваемой мощности производится с учетом пересчетом с помощью множества итераций с предоставлением оператору в доступном виде (итогового значения тока) [7].

На основании проведенного математического моделирования, созданного программного продукта проведено исследование режима работы ЛЭП различных участков по информации, предоставленной АО «ДРСК», получено подтверждение теоретических и экспериментальных значений разработанной методики расчета [8].

Использование отдельного программы расчета с учетом информационно-справочной системы позволит облегчить работу по составлению режимов работы [9], проведению плановых и аварийных работ на участках электроэнергетической сети [10]. Возможность определение точного значения АДТН позволит установить также необходимый режим работы средств защиты, не превышая установленные значения тока, что предупредит возникновение аварийных ситуаций.

Литература

1. Приказ Минэнерго России от 13.02.2019 N 102 "Об утверждении Правил предоставления информации, необходимой для осуществления оперативно-диспетчерского управления в электроэнергетике" (Зарегистрировано в Минюсте России 03.06.2019 N 54824). URL: https://base.garant.ru/72260250/ (дата обращения 03.09.2021).
2. Правила устройства электроустановок: 7 изд. Новосибирск: Сиб. унив. изд., 2006, 854 с.

3. Обеспечение работоспособности воздушных линий электропередачи путём сохранения габарита при пропуске токов повышенной величины / И. В. Игнатенко, С. А. Власенко, Н. П. Пазенко [и др.] // Вестник Приамурского государственного университета им. Шолом-Алейхема. – 2019. – № 4(37). – С. 25-34.
4. СТО 56947007-29.240.55.143-2013. Методика расчета предельных токовых нагрузок по условиям сохранения механической прочности проводов и допустимых габаритов воздушных линий. М.: ПАО «ФСК ЕЭС». 2013. 67 с.
5. Игнатенко И.В., Власенко С.А., Пазенко Н.П., Пухова А.И., Сунь Юй. Определение предельных токовых нагрузок воздушных линий электропередачи с учетом сохранения их габарита // III Международный научно-образовательный форум "Хэйлунцзян-Приамурье" : сборник материалов Международной научной конференции, Биробиджан, 03 октября 2019 года. Биробиджан: Приамурский государственный университет имени Шолом-Алейхема, 2019. С. 663-672.
6. Шишкина А. С., Сугоровский М. А., Пухова А. И., Игнатенко И. В. Особенности определения аварийно допустимых токов в линиях электропередачи // Научно-техническое и экономическое сотрудничество стран АТР в XXI веке, 2021. Т. 2. С. 9-13.
7. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021664633 Российская Федерация. Расчет аварийно-допустимых токов проводов линий электропередачи по условию сохранения механической прочности и габарита : № 2021663632 : заявл. 02.09.2021 : опубл. 10.09.2021 / И. В. Игнатенко, А. И. Пухова, С. А. Власенко, Е. Ю. Тряпкин ; заявитель Акционерное общество "Дальневосточная распределительная сетевая компания".
8. Алгоритм контроля токов в ЛЭП в заданных эксплуатационных условиях / И. В. Игнатенко, С. А. Власенко, А. И. Пухова [и др.] // Энергия единой сети. – 2021. – № 3(58). – С. 44-53.
9. Ignatenko, I. V. Health assessment of the electrical contact-line connections in view of the operational traction load pattern of the electric rolling stock / I. V. Ignatenko,

S. A. Vlasenko // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering : 8, Novosibirsk, 22–27 мая 2020 года. – Novosibirsk, 2020. – P. 012154. – DOI 10.1088/1757-899X/918/1/012154.

10. Ignatenko, I. V. Experimental Study of Mathematical Models of the Heating Defect Coefficient for the Heating-Cooling Cycles of an Electrical Connection / I. V. Ignatenko, S. A. Vlasenko, M. V. Nakonechniy // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Vladivostok, 06–09 октября 2020 года. – Vladivostok, 2021. – P. 032013. – DOI 10.1088/1755-1315/666/3/032013.

References

1. Order of the Ministry of Energy of Russia dated 13.02.2019 N 102 'On approval of the Rules for providing information necessary for the implementation of operational dispatch control in the electric power industry' (Registered with the Ministry of Justice of Russia 03.06.2019 N 54824). URL: https://base.garant.ru/72260250/ (date of treatment 09/03/2021).
2. Rules for electrical installations: 7th ed. Novosibirsk: Sib. univ. ed., 2006, 854 p.
3. Ensuring the operability of overhead power transmission lines by maintaining the size while passing currents of increased magnitude / I. V. Ignatenko, S. A. Vlasenko, N. P. Pazenko [and others] // Bulletin of the Amur State University. Sholem Aleichem. - 2019. - No. 4 (37). - S. 25-34.
4. STO 56947007-29.240.55.143-2013. Methodology for calculating the limiting current loads under the conditions of maintaining the mechanical strength of wires and the permissible dimensions of overhead lines. M .: PJSC 'FGC UES'. 2013.67 p.
5. Ignatenko I.V., Vlasenko S.A., Pazenko N.P., Pukhova A.I., Sun Yu. Determination of the limiting current loads of overhead power lines taking into account the preservation of their size // III International Scientific and Educational Forum 'Heilongjiang-Amur Region': collection of materials of the International Scientific Conference, Birobidzhan, October 03, 2019. Birobidzhan: Priamur State University named after Sholem Aleichem, 2019, pp. 663-672.
6. Shishkina A.S., Sugorovsky M.A., Pukhova A.I., Ignatenko I.V. Features of the determination of emergency permissible currents in power lines // Scientific,

technical and economic cooperation of the Asia-Pacific countries in the XXI century, 2021. T . 2.P. 9-13.

7. Certificate of state registration of the computer program No. 2021664633 Russian Federation. Calculation of emergency-permissible currents of wires of power transmission lines under the condition of maintaining the mechanical strength and size: No. 2021663632: Appl. 09/02/2021: publ. 10.09.2021 / I. V. Ignatenko, A. I. Pukhova, S. A. Vlasenko, E. Yu. Tryapkin; applicant Joint Stock Company “Far Eastern Distribution Grid Company”.
8. Algorithm for monitoring the currents in power transmission lines under specified operating conditions / IV Ignatenko, SA Vlasenko, AI Pukhova [et al.] // Energy of a single network. - 2021. - No. 3 (58). - S. 44-53.
9. Ignatenko, I. V. Health assessment of the electrical contact-line connections in view of the operational traction load pattern of the electric rolling stock / I. V. Ignatenko, S. A. Vlasenko // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering : 8, Novosibirsk, 22–27 мая 2020 года. – Novosibirsk, 2020. – P. 012154. – DOI 10.1088/1757-899X/918/1/012154.
10. Ignatenko, I. V. Experimental Study of Mathematical Models of the Heating Defect Coefficient for the Heating-Cooling Cycles of an Electrical Connection / I. V. Ignatenko, S. A. Vlasenko, M. V. Nakonechniy // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Vladivostok, 06–09 октября 2020 года. – Vladivostok, 2021. – P. 032013. – DOI 10.1088/1755-1315/666/3/032013.

© Игнатенко И.В., Власенко С.А., Пухова А.И., 2021 Научно-образовательный журнал для студентов и преподавателей «StudNet» №11/2021.

Для цитирования: Игнатенко И.В., Власенко С.А., Пухова А.И. ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ПЛАНОВЫХ И АВАРИЙНЫХ РАБОТ // Научно-образовательный журнал для студентов и преподавателей «StudNet» №11/2021.