

Уточнение критериев применения автоматизированной системы борьбы с гололёдообразованием на проводах контактной сети

Н.А. Попова, А.В. Безуглый

Ростовский государственный университет путей сообщения

Аннотация: Возрастающая нагрузка на систему энергоснабжения электрифицированных железных дорог приводит к повышению требований к надёжности электроснабжения. Уточнение критериев режимов технологических процессов работы автоматизированной системы борьбы с гололёдообразованием на проводах тягового электроснабжения железных дорог в сложных метеоусловиях является актуальной задачей, направленной на повышение надёжности бесперебойного электроснабжения подвижного состава.

Ключевые слова: плавка гололёда, расчетные коэффициенты, выбор оптимальных параметров, система тягового электроснабжения.

Необходимость в совершенствовании систем электроснабжения постоянного и переменного тока обусловлено ростом пассажирских и грузовых перевозок, а также ускоренным развитием высокоскоростного движения. При этом возрастающая нагрузка на систему энергоснабжения электрифицированных железных дорог приводит к повышению требований к надёжности электроснабжения. В связи с этим задача бесперебойного электроснабжения подвижного состава в любых метеоусловиях становится более актуальной и предполагает применение новых инновационных технологий и оборудования.

На работу устройств тягового энергоснабжения оказывают неблагоприятное влияние отложение гололёда, изморози и сопутствующий им ветер. Гололёдно-изморозевые образования на проводах тяговой сети, попадая в зону контакта между полозом токоприемника и контактным проводом, вызывают значительное искрение при токосъёме, что приводит к повышенному износу контактных проводов и пластин полозов токоприёмников. В ряде случаев дуговой токосъём может вызвать пережог контактного провода [1,2]. Если своевременно не принять мер по предупреждению образования гололёдно-изморозевых отложений или мер борьбы с уже существующими образованиями, то большие гололёдные

отложения на проводах тяговой сети могут привести к значительному нарушению работы устройств тягового электроснабжения [3, 4].

Успешная борьба с гололёдообразованием на контактной сети, применение схем плавки, обеспечивающих успешные результаты, совершенствует работу системы электроснабжения железнодорожного транспорта.

Появление электрической дуги при проходе пантографа по контактному проводу, покрытому гололёдом, приводит к повышенному износу его накладок, что в свою очередь, резко снижает надёжность работы системы тягового электроснабжения.

Чтобы гололёдно-изморозевые образования не вызвали проблем движения по данному участку, при тяжёлых погодных условиях, необходимо осуществлять плавку гололёда и профилактический подогрев. При этом следует учитывать следующие ограничения:

- метеорологические условия (скорость ветра и температура окружающей среды),
- мощность питающего трансформатора,
- условия отжига проводов,
- недопустимые повороты фиксатора и недопустимые опускание грузов.

Расчет противогололёдных режимов должен обеспечить выполнение всех этих условий. В 2004 в «Департаменте электрификации и электроснабжения» утверждены «Методические указания по борьбе с гололёдом и автоколебаниями на контактной сети системы, линиях ДПР, автоблокировки и продольного электроснабжения» [5], которые применяют в настоящее время.

Данная методика имеет ряд существенных недостатков:

- не позволяет определить значения скорости ветра и температуры окружающей среды, при которых ни плавка, ни подогрев не могут быть успешными,
- теплоотдача витых и фасонных проводов различна и результаты, полученные для одной формы нельзя использовать для проводов другой формы,
- при профилактическом подогреве проводов используются формулы для мокрого провода, не учитывая того, что образование гололеда возможно только при тумане, мороси или переохлажденном дожде,
- по длине контактной сети гололед опадает не равномерно.

При этом в научных исследованиях, примененных в разработке методических указаний не был учтён факт того, что на участках, освобожденных от гололёдно-изморозевых отложений [6], при плавке происходит удлинение контактного провода, что может привести к недопустимому повороту фиксаторов и опусканию грузов температурных компенсаторов [7]. Также необходимо отметить, что ряд вопросов в методических указаниях решается с большой погрешностью, а ряд вопросов вообще не рассматриваются [8].

Работы, проводимые кафедрой «Автоматизированные системы электроснабжения» ФГБОУ ВО РГУПС, в ходе которых были рассмотрены вопросы условий образования и особенности гололёда, сопротивления тяговой сети и подстанций, определения величин токов плавки и обоснованности их по условиям отжига и достаточной мощности трансформатора [9], наибольшей расчётной температуры контактного провода, удлинения контактного провода при противогололёдных мероприятиях и перемещения грузов температурных компенсаторов при плавке или профилактическом подогреве проводов [10], позволили уточнить

расчётные формулы применяемые сегодня при использовании электрических методов борьбы с гололёдно-изморозевыми образованиями на проводах контактной сети.

В частности, уточненное выражение для определения величины наибольшей температуры контактного провода, на котором еще не образовался гололед или на участках, где он уже опал может быть определено

$$t_{\kappa} = \frac{(I_{\kappa c} k_i)^2 (r_{i_{20}} (1 - \beta_{r_i} \cdot 20)) + \alpha_i F_i \cdot t_{окр}}{\alpha_i F_i - (I_{\kappa c} k_i)^2 r_{i_{20}} \beta_{r_i}}, \quad (1)$$

где $I_{\kappa c}$ – ток в контактной сети, А; k_i – доля тока контактной сети в проводе;

$r_{i_{20}}$ – сопротивление единицы длины провода при температуре 20°C , $\frac{\text{Ом}}{\text{м}}$; β_{r_i}

– температурный коэффициент сопротивления провода, $\left(\frac{1}{^{\circ}\text{C}}\right)$; $t_{окр}$ –

температура соответственно провода и окружающей среды, α_i –

коэффициент теплоотдачи провода, $\left(\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}}\right)$; F_i – площадь поверхности

единицы длины провода, $\left(\frac{\text{мм}^2}{\text{м}}\right)$.

Полученное выражение, по сравнению с ранее использовавшимся

$$t_{np_i} = \frac{(\kappa_i I_{\kappa c})^2 r_{0_i}}{\pi (A d_{np_i}^a + \alpha_{ло} d_{np_i}) \cdot 10^{-3} - (\kappa_i I_{\kappa c})^2 r_{0_i} \beta_{r/c}}, \quad (2)$$

позволяет более точно определить при каких метеоусловиях плавка гололёда и профилактический подогрев будут успешными, а также установить оптимальное время плавки гололёда при разных метеоусловиях.

Литература

1. Трубицин М.А., Лукашевич О.Г. Проблема гололёда на проводах воздушных линий системы электроснабжения железнодорожного транспорта // Инженерный вестник Дона, 2017, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4582/.
2. Трубицин М.А., Лукашевич О.Г. Анализ способов обнаружения гололеда на проводах ЛЭП и их применение для контактной сети // Инженерный вестник Дона, 2016, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3907/.
3. Фрайфельд А.В., Брод Г.Н. Проектирование контактной сети. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Транспорт, 1991. – 335 с.
4. Alvarez Gomez F., De Maria Garcia J.M., García Puertas D., Bañri A., Granizo Arrabe R. Numerical study of the thermal behaviour of bare overhead conductors in electrical power lines /// ACELAE'11 Proceedings of the 10th WSEAS international conference on communications, electrical & computer engineering, and 9th WSEAS international conference on Applied electromagnetics, wireless and optical communications, 2011. pp. 149 – 153.
5. Методические указания по борьбе с гололёдом и автоколебаниями на контактной сети, линиях ДПР, автоблокировки и продольного электроснабжения. Департамент электрификации и электроснабжения ОАО «РЖД». ЦЭТ-29, от 10.12.2004. В 4-х книгах, Москва 2004. Том 2. –С. 21-83.
6. Songhai Fan, Xingliang Jiang, Caixin Sun, Zhijin Zhang, Lichun Shu. Temperature characteristic of DC ice-melting conductor // Cold Regions Science and Technology, 2011. № 65. pp. 29 – 38.
7. Панасенко М.В., Брыкин Д.А. Обзор используемых устройств обнаружения отложений для систем мониторинга воздушных линий электропередачи // Воздушные линии. - 2012.–№3.–С.79-82.

8. Крюков К.П., Новгородцев Б.П. Конструкции и механический расчет линий электропередач // – Л. : Энергия, Ленинградское отделение, 1979. 312 с.
9. Фигурнов Е.П., Жарков Ю.И., Петрова Т.Е. Противогололёдные режимы контактной сети. Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения, –2013, –№2. –С. 27-37.
10. Марквардт К. Г. Контактная сеть: учебник для вузов ж.-д. трансп. /. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Транспорт, 1994. – 335 с.

References

1. Trubicin M.A., Lukashevich O.G., Inzhenernyj vestnik Dona, 2017, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4582/.
2. Trubicin M.A., Lukashevich O.G., Inzhenernyj vestnik Dona, 2016, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3907/.
3. Frajfel'd A.V., Brod G.N. Proektirovanie kontaktnoj seti [Projecting of overhead contact system], 3-e izd., pererab. i dop. M. : Transport, 1991. 335 p.
4. Alvarez Gomez F., De Maria Garcia J.M., Garcia Puertas D., Bañri A., Granizo Arrabe R. Numerical study of the thermal behaviour of bare overhead conductors in electrical power lines. ACELAE'11 Proceedings of the 10th WSEAS international conference on communications, electrical & computer engineering, and 9th WSEAS international conference on Applied electromagnetics, wireless and optical communications, 2011. pp. 149 – 153.
5. Metodicheskie ukazaniya po bor'be s gololjodom i avtokolebanijami na kontaktnoj seti, linijah DPR, avtoblokirovki i prodol'nogo jelektrosnabzhenija. [Guidelines for combating ice and self-oscillations on the contact network, DPR lines, self-locking and longitudinal power supply]. Departament jelektrifikacii i jelektrosnabzhenija OAO "RZhD".CJeT-29, ot 10,12,204. V 4-h knigah, Moskva 2004. T2. pp. 21 – 83.
6. Songhai Fan, Xingliang Jiang, Caixin Sun, Zhijin Zhang, Lichun Shu. Cold Regions Science and Technology, 2011. № 65. pp. 29 – 38.



7. Panasenko M.V., Brykin D.A. *Vozdushnye linii*. 2012. №3 pp. 79 – 82.
8. Krjukov K.P., Novgorodcev B.P. *Konstrukcii i mehanicheskij raschet linii jelektroperedach* [Construction and mechanical calculation of power lines]. L. : Jenerģija, Leningradskoe otdelenie, 1979. 312 p.
9. Figurnov E.P., Zharkov Ju.I., Petrova T.E. *Vestnik Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobshhenija*, 2013. , №2. pp. 27-37.
10. Markvardt K. G. *Kontaknaja set': uchebnik dlja vuzov zh.-d. transp.* [Overhead contact system: textbook for railway transport institutes of higher education]. 4-izd., pererab. i dop. M.: Transport, 1994. 335 p.