УДК 621.39:621-192

Мониторинг состояния заземляющих устройств телекоммуникационных сетей

В.Е. МИТРОХИН, профессор кафедры телекоммуникационных, радиотехнических систем и сетей ФГБОУ ВО "Омский государственный университет путей сообщения" доктор технических наук, А.С. НАУМОВ аспирант кафедры телекоммуникационных, радиотехнических систем и сетей

Мониторинг состояния заземляющих устройств телекоммуникационных сетей
Monitoring the condition of grounding devices in telecommunication networks

Достоверность оценки надежности телекоммуникационных сетей снижается из-за применения стационарных коэффициентов готовности, игнорирующих временную динамику параметров заземляющих устройств. Сопротивление растеканию тока заземляющих устройств — величина нестационарная, зависящая от влажности и температуры грунта, скорости коррозии и структурных изменений электродов.

Для повышения точности оценки надежности сетей связи в работе предложен метод и разработан аппаратно-программный комплекс безгенераторного непрерывного мониторинга сопротивления заземления. В основе метода лежит непрерывный контроль, где в качестве информативного сигнала используется естественный ток утечки штатного телекоммуникационного оборудования.

Измерения реализованы посредством синхронной оцифровки токовых и потенциальных параметров с применением датчиков Холла с магнитными концентраторами. Спроектирована структура аппаратно-программного комплекса, обеспечивающая гальваническую развязку измерительных и силовых цепей. Натурные испытания опытного образца подтвердили возможность сокращения числа выносных электродов до одного и отсутствие паразитного влияния на штатные тракты связи.

Алгоритмы комплекса позволяют корректно рассчитывать сопротивление по постоянной и переменной составляющим тока в режиме реального времени. Полученные результаты обосновывают целесообразность перехода от периодических проверок к непрерывному диагностическому контролю, что существенно снижает риск отказов оборудования и внеплановых простоев на объектах связи, транспортной и промышленной инфраструктуры.

The reliability of telecommunication network reliability assessments is reduced by the use of stationary availability factors that ignore the temporal dynamics of grounding device parameters. The grounding device current spreading resistance is a non-stationary value dependent on soil moisture and temperature, corrosion rate, and structural changes in the electrodes.

To improve the accuracy of communication network reliability assessments, this paper proposes a method and develops a hardware and software system for generator-free continuous monitoring of grounding resistance. The method is based on continuous monitoring, using the natural leakage currents of standard telecommunications equipment as an informative signal.

Measurements are implemented through synchronous digitization of current and potential parameters using Hall sensors with magnetic concentrators. The hardware and software system structure is designed to ensure galvanic isolation of the measuring and power circuits. Full-scale testing of a prototype confirmed the feasibility of reducing the number of remote electrodes to one and the absence of parasitic influence on standard communication paths.

The system's algorithms enable accurate calculation of resistance based on both direct and alternating current components in real time. The results obtained support the feasibility of switching from periodic checks to continuous diagnostic monitoring, which significantly reduces the risk of equipment failures and unscheduled downtime at communications, transportation, and industrial infrastructure facilities.

Ключевые слова: заземляющие устройства, непрерывный мониторинг, телекоммуникационные сети, ток утечки, датчик Холла, надежность связи, предиктивная диагностика.

Keywords: *grounding devices, continuous monitoring, telecommunication networks, leakage current, Hall sensor, communication reliability, predictive diagnostics.*

Введение

Устойчивость телекоммуникационных сетей к внешним дестабилизирующим факторам имеет критическую зависимость от качества систем заземления. Климатические колебания, электромагнитные помехи промышленного и природного происхождения (включая грозовые импульсы), а также вибрационные нагрузки формируют агрессивную среду эксплуатации.

Статью целиком читайте в бумажной верси журнала

МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ЗАЗЕМЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЕЙ

MONITORING THE CONDITION OF GROUNDING DEVICES IN TELECOMMUNICATION NETWORKS

УДК 621.39:621-192

МИТРОХИН Валерий Евгеньевич (доктор технических наук), **НАУМОВ Александр Сергеевич** (аспирант)
(ФГБОУ ВО "Омский государственный университет путей сообщения")

Достоверность оценки надежности телекоммуникационных сетей снижается из-за применения стационарных коэффициентов готовности, игнорирующих временную динамику параметров заземляющих устройств. Сопротивление растеканию тока заземляющих устройств — величина нестационарная, зависящая от влажности и температуры грунта, скорости коррозии и структурных изменений электродов.

Для повышения точности оценки надежности сетей связи в работе предложен метод и разработан аппаратно-программный комплекс безгенераторного непрерывного мониторинга сопротивления заземления. В основе метода лежит непрерывный контроль, где в качестве информативного сигнала используется естественный ток утечки штатного телекоммуникационного оборудования.

Измерения реализованы посредством синхронной оцифровки токовых и потенциальных параметров с применением датчиков Холла с магнитными концентраторами. Спроектирована структура аппаратно-программного комплекса, обеспечивающая гальваническую развязку измерительных и силовых цепей. Натурные испытания опытного образца подтвердили возможность сокращения числа выносных электродов до одного и отсутствие паразитного влияния на штатные тракты связи.

Алгоритмы комплекса позволяют корректно рассчитывать сопротивление по постоянной и переменной составляющим тока в режиме реального времени. Полученные результаты обосновывают целесообразность перехода от периодических проверок к непрерывному диагностическому контролю, что существенно снижает риск отказов оборудования и внеплановых простоев на объектах связи, транспортной и промышленной инфраструктуры.

The reliability of telecommunication network reliability assessments is reduced by the use of stationary availability factors that ignore the temporal dynamics of grounding device parameters. The grounding device current spreading resistance is a non-stationary value dependent on soil moisture and temperature, corrosion rate, and structural changes in the electrodes.

To improve the accuracy of communication network reliability assessments, this paper proposes a method and develops a hardware and software system for generator-free continuous monitoring of grounding resistance. The method is based on continuous monitoring, using the natural leakage currents of standard telecommunications equipment as an informative signal.

Measurements are implemented through synchronous digitization of current and potential parameters using Hall sensors with magnetic concentrators. The hardware and software system structure is designed to ensure galvanic isolation of the measuring and power circuits. Full-scale testing of a prototype confirmed the feasibility of reducing the number of remote electrodes to one and the absence of parasitic influence on standard communication paths.

The system's algorithms enable accurate calculation of resistance based on both direct and alternating current components in real time. The results obtained support the feasibility of switching from periodic checks to continuous diagnostic monitoring, which significantly reduces the risk of equipment failures and unscheduled downtime at communications, transportation, and industrial infrastructure facilities.

Ключевые слова: заземляющие устройства, непрерывный мониторинг, телекоммуникационные сети, ток утечки, датчик Холла, надежность связи, предиктивная диагностика.

Keywords: *grounding devices, continuous monitoring, telecommunication networks, leakage current, Hall sensor, communication reliability, predictive diagnostics.*

Литература

1. Митрохин В.Е., Наумов А.С. Дистанционный мониторинг состояния заземляющего устройства// Безопасность цифровых технологий. 2023. № 2 (109). С. 9 — 20.
2. Cabrera-Tobar A., Grimaccia F., Leva S. Energy Resilience in Telecommunication Networks: A Comprehensive Review of Strategies and Challenges// Energies. 2023. Vol. 16. № 18. Art. 6633.
3. Митрохин В.Е., Наумов А.С. Оценка влияния состояния заземляющих устройств на надежность средств связи и автоматики// Автоматика, связь, информатика. 2026. № 4. С. 7 — 11.
4. Бургсдорф В.В., Якобс А.И. Заземляющие устройства электроустановок. — М.: Энергоатомиздат. 1987. 240 с.
5. Madikizela A., Kabeya M., Davidson I.-E. Seasonal Variation of Soil Resistivity and Corrective Factor for Optimal Substation Earth Grid Design in Eastern Cape./ Proceedings of the 30th Southern African Universities Power Engineering Conference (SAUPEC)./ 2022.
6. Сидоров А.И., Абдуллоев Р.Т. Разработка плана отсеивающего эксперимента по исследованию влияния различных факторов на процесс коррозии заземляющих устройств// Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Энергетика. 2016. Т. 16. № 2. С. 52 — 58.
7. Лазаренко А.С., Савельева Е.А., Рябова О.В., Марухин Д.Н. Влияние коррозионной среды и температуры на скорость растворения материалов анодных заземлителей// Вестник Казанского технологического университета. 2016. Т. 19. № 6. С. 47 — 48.
8. Новожилов Т.А., Новожилов А.Н., Ляшков А.А., Волгина Е.М. Измерение переменного тока в проводнике для нужд релейной защиты// Омский научный вестник. 2016. № 3 (147). С. 67 — 73.
9. Aiello O. Hall-Effect Current Sensors Susceptibility to EMI: Experimental Study// Electronics. 2019. Vol. 8. № 11. Art. 1310.
10. Zhang P., Li X., Xin S., Xu Y., Peng G., Cai S. Ground Grid Monitoring System Based on Internet of Things Technology// Procedia Computer Science. 2025. Vol. 262. P. 1417 — 1423.
11. Евдокимова О.Г., Куценко С.М., Мешков Б.А. Применение технологии IoT для автоматизации диагностики состояния заземлителей// Автоматика, связь, информатика. 2024. № 4. С. 10 — 13.