УДК 621.004.421

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО АЛГОРИТМА ЭФФЕКТИВНОЙ МОЛНИЕЗАЩИТЫ

Сухачев И.С., Чепур П.В.

Тюменский государственный нефтегазовый университет, Тюмень, e-mail: ilya@suhachev.com; chepur@me.com

Обоснована необходимость разработки универсальной проектной системы, которая позволила бы создавать и внедрять пользователю новые методики автоматизированного проектирования молниезащиты и заземления защищаемого объекта. Установлено, что уменьшение затрат на устройство заземления различных объектов инфраструктуры магистрального транспорта нефти и газа, построенных в сложных грунтовых условиях, достигающих 30–40% их сметной стоимости, возможно за счет оптимального проектирования и использования разнообразных способов снижения сопротивления грунта, повышения качества систем заземления. Это предполагается достигать за счет оснащения систем заземления элементами снижения сопротивления заземлительных комплексов, изменением параметров с течением времени, включая анодные процессы, металлоемкости контура заземления. Рассмотрена основная проблема при устройстве и эксплуатации заземлений – электрохимическая коррозия металла и соединений металлов, имеющих разный потенциал. Авторами с помощью Visual C++ Builder – инструмента для программирования компании Microsoft разработана программа автоматизации расчета молниезащиты. Исходя из целей – оптимизация времени проектирования – выбрана программная среда на базе систем Windows NT, в их числе и Windows XP.

Ключевые слова: молниезащита, заземление, резервуарный парк, ЭХЗ, автоматизация

SOFTWARE DEVELOPMENT ALGORITHMS FOR EFFECTIVE LIGHTNING PROTECTION

Sukhachev I.S., Chepur P.V.

Tyumen State Oil and Gas University, Tyumen, e-mail: ilya@suhachev.com, chepur@me.com

The necessity of developing a universal design a system that would allow the user to create and implement new methods of computer-aided design of lightning protection and grounding of the protected object. It is found that the decrease in the cost of earthing the various infrastructures of the main oil and gas transport, built in difficult soil conditions, reaching 30-40% of their estimated cost, perhaps at the expense of optimal design and use of a variety of ways to reduce the resistance of the soil, improving the quality of grounding. This is supposed to be achieved through equipment of grounding elements in the reduction of resistance earthing systems, changes in the parameters over time, including the anodic processes of metal grounding circuit. The main problems with the device and operating grounding – electrochemical corrosion of metal and metal compounds having different potential. Authors using Visual C ++ Builder – tool for programming Microsoft's automation program designed for calculating lightning. Based on the objectives – optimizing design time, selected software environment based systems Windows NT, among them, and Windows XP.

Keywords: lightning protection, grounding, tank farm, ECP, automation

В связи с освоением природных богатств в районах Сибири, Крайнего Севера, Дальнего Востока, а также мирового океана актуальными становятся вопросы экологической, промышленной и пожарной безопасности, инженерного обеспечения жизнедеятельности и функционирования техники, отдельных лиц и коллективов в экстремальных условиях строительства баз и хранилищ, нефтегазопроводов, морских буровых платформ. Безаварийная эксплуатация нефтегазового оборудования связана с различными факторами, одним из которых является надежность и безотказность систем молниезащиты, заземления и химической защиты оборудования.

В связи с возрастающей компьютеризацией и автоматизацией рабочих процессов необходимо создавать новые программные продукты, учитывающие нововведения в методиках электробезопасности, использующие современные и эффективные алгоритмы расчета, сводящие ошибки человека к минимуму.

Данная программа должна обладать следующими функциональными возможностями:

– обеспечение эффективными расчетами зон защит молниеотводов и заземлителей;

– графическое построение зон защит молниеотводов и заземлителей;

– вывод проектной документации.

В современных промышленно-производственных условиях наблюдается внедрение большого количества индивидуальных проектов в области строительства. Зачастую использование стандартных методик расчета молниезащиты и заземления, несмотря на их немалое количество и большой опыт использования, бывает недостаточным для обеспечения безопасности людей и самого объекта. Поэтому существует необходимость разработки универсальной

проектной системы, которая позволила бы создавать и внедрять пользователю новые методики собственными силами в одной из двух подсистем: автоматизированного проектирования молниезащиты и заземления защищаемого объекта.

Электробезопасность, пожарная и промышленная безопасность, повышение безопасности объектов нефтегазовой отрасли связаны с эффективностью и безотказностью работы систем молниезащиты и заземления. Особенно это актуально в отношении условий труда работников при эксплуатации трубопроводного транспорта углеводородов, баз и хранилищ. Одним из основных элементов в проектах зданий и сооружений являются технические средства, включая системы электробезопасности, обеспечивающие безопасность персонала объектов электроэнергетики и потребителей электроэнергии.

Работы [4–15] посвящены вопросам эксплуатационной надежности вертикальных стальных резервуаров, являющихся неотъемлемым звеном в технологической цепочке магистрального транспорта нефти. Разработка современных методик проектирования молниезащиты данных сооружений, расположенных на площадках с различными природно-климатическими и геоморфологическими условиями строительства, является актуальной научно-производственной задачей.

Глубина заземления в высокоомных грунтах в зависимости от их геоэлектрической структуры, определяющей удельное электрическое сопротивление земли, может достигать нескольких десятков метров, особенно при наличии многолетнемерзлых грунтов, галечников и скальных пород. Электрическая прочность грунта не зависит от его удельного сопротивления, равно как не зависит от него опасность воздействия на человека фиксированных по величине шаговых напряжений или напряжений прикосновения. Затраты на устройство заземления подстанций, линейных объектов в сложных грунтовых условиях могут достигать 30–40 % их сметной стоимости.

Уменьшение затрат возможно за счет оптимального проектирования и использования разнообразных способов снижения сопротивления грунта, повышения качества систем заземления. Это достигается оснащением систем заземления элементами снижения сопротивления заземлительных комплексов, изменением параметров с течением времени, включая анодные процессы, металлоемкости контура заземления. К таким элементам можно отнести как минеральные соли, которые, растворяясь в околоэлектродной грунтовой влаге, увеличивают электропроводность грунта и снижают температуру его замерзания, так и высокоэлектропроводящую засыпку. За счет осаждения интерметаллов и образования анодных зон, низкой скорости нейтрализации разряда при грозе срок службы системы достаточно ограничен.

Одной из важнейших, не менее актуальной, чем другие, проблем при устройстве и эксплуатации заземлений является электрохимическая коррозия металла и соединений металлов, имеющих разный потенциал. При проектировании объектов электроэнергетики выполняют автоматизированный расчет молниезащитных систем [1]. При этом может рассматриваться оборудование как с активными, так и с пассивными молниеприемниками. В большинстве случаев расчеты производятся для пассивных систем в соответствии с нормативными документами [1–3].

Существует комплекс средств молниезащиты зданий и сооружений, который включает в себя устройства защиты от прямых ударов молнии – внешняя молниезащитная система (ВМЗС) и устройства защиты от вторичных воздействий молнии – перенапряжений, относящихся к внутренней молниезащитной системе.

Обычно рассматривается только ВМЗС, так как она воспринимает прямой удар молнии и отводит токи молнии в землю по контролируемому пути [3]. Авторами с помощью Visual C++ Builder – инструмента для программирования компании Microsoft – разработана программа автоматизации расчета молниезащиты. Среда программирования выбрана исходя из целей – оптимизация времени проектирования, удобство конечного пользователя и минимизация системных ресурсов. Также было учтено, что у пользователя может быть персональный компьютер любой мощности, поддерживающий системы Windows NT, в их числе и Windows XP. Операционная система выбрана Windows компании Microsoft как самая распространенная в производственной среде.

Особенность программы – использование следующего функционала:

– интерактивное проектирование молниезащиты;

– расчет и построение зон молниезащиты;

– формирование документации по объекту строительства и некоторые другие.

Программа [3] позволяет загрузить план территории любого размера и разрешения и включает в себя следующие виды расчетов:

– выбор параметров (длина, ширина, наибольшая высота) здания или сооружения;

– выбор формы объекта;

– выбор местоположения по карте грозовой деятельности, ч/год;
– выбор типа молниеотвода;
– выбор высоты молниеотвода.

Исходные данные защищаемого здания или сооружения для расчета вводятся в окно интерфейса программы (рис. 1).

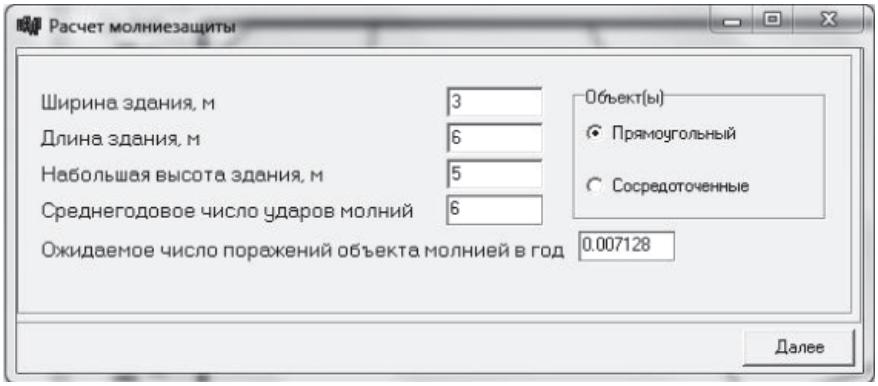

Рис. 1. Интерфейс ввода исходных параметров защищаемого здания

Например, для объекта прямоугольной формы с шириной 3 м, длиной 6 м, наибольшей высотой 5 м и средним числом ударов молнии в год на 1 км^2 поверхности земли равным 6 ожидаемым числом поражений объекта молнией в год будет 0,007128. Среднегодовое число ударов молнии на 1 км^2 земной поверхности в год определяется по карте районирования территории по среднегодовой продолжительности гроз в часах, которая заложена в интерфейс программы.

Таким образом, программа после окончания расчетов выдает следующие результаты:
– ожидаемое количество поражений объекта молнией в год;
– радиус защиты на уровне земли;
– вершину защищаемой зоны;
– изображение молниеотводов с рассчитанными значениями;
– графическое изображение, аналогичное приведенному на рис. 2.

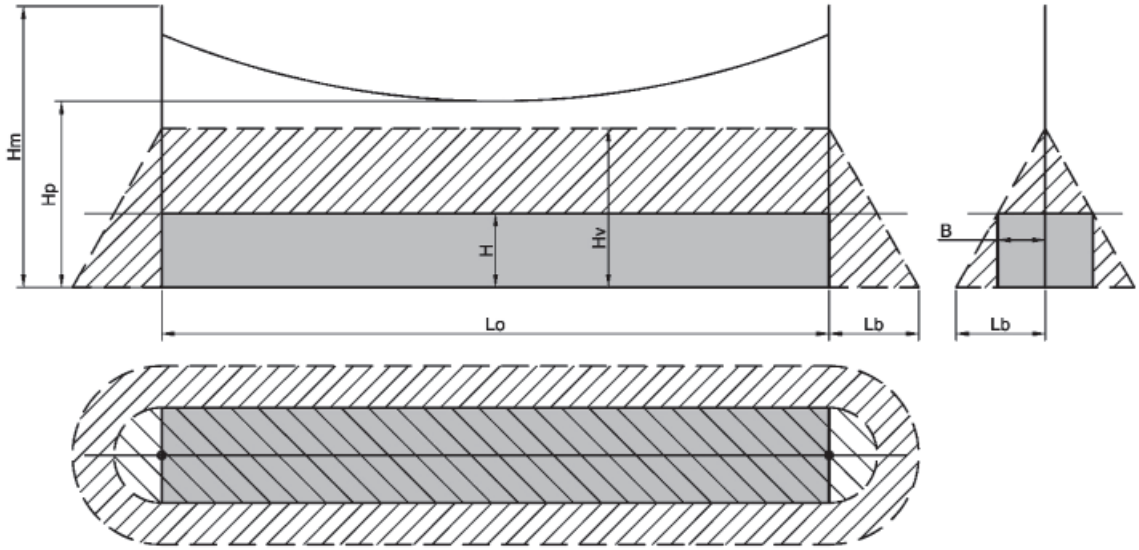

Рис. 2. Пример графической части результатов расчета защиты тросовым молниеотводом, где Hm – высота молниеприемника от уровня земли; Hp – высота провеса троса; H – высота защищаемого объекта; Hv – высота защищаемой зоны; Lb – ширина зоны стягивания; B – полуширина здания; Lo – расстояние между молниеприемниками

Кроме вышеперечисленного в программе предусмотрены различные защиты для устойчивости программы и исключения ошибок при расчетах. Для повышения функциональных возможностей программы планируется добавить: выбор материала

изготовления молниезащиты по его свойствам; включить справочную и нормативную документацию, реализацию прямого воздействия пользователя на алгоритм расчета программы и т.д. К пассивной защите также можно отнести и использование молниеприёмных сеток, что допускается практически всеми известными нормативными документами по молниезащите. Сетка укладывается на кровле здания и, как правило, не выходит за ее внешние границы. Норматив по молниезащите относится в основном к регионам с хорошо проводящими грунтами, но не к вечномерзлотным или скальным грунтам. Исключения касаются особо чувствительной аппаратуры, которая по технологическим соображениям может требовать отдельного (независимого) заземлителя. Присоединение молниеотводов к технологическому заземлителю электроустановок, как правило, приемлемо, поскольку сопротивление заземления здесь не превышает 10 Ом.

Несмотря на то, что только 10% устанавливаемых молниезащит – активные, молниеприемники с ранним возбуждением стримера пользуются возрастающим спросом в России. Для притяжения молнии важен рост плазменного канала от вершины объекта, так называемого встречного лидера, а развитие лидера сопровождается током через сопротивление заземления молниеотвода. Основные потребители – частное строительство, промышленные производства, сооружения, возводимые по европейским проектам, и заказчики, которых не останавливает отсутствие нормативной базы. С каждым годом активная молниезащита совершенствуется, занимая все большую долю рынка. Одна из малочисленных, если не единственная активная система, выпускаемая отечественным производителем, содержит электронный блок, работающий по принципу автономного генератора. Он способен заряжаться от энергии электрического поля грозового фронта и инициировать встречный лидер, опережающий все восходящие лидеры от близлежащих объектов. Генерируются импульсы высокого напряжения с амплитудой выше 200 кВ.

Таким образом, представлены особенности подхода к устройству заземления и его конструкции в экстремальных условиях севера и использованию программы автоматизации расчета пассивной молниезащиты. Для обеспечения оперативного доступа к программному комплексу есть необходимость представить ее в виде Web-ресурса. У проектировщика как пользователя системы должна быть возможность задавать параметры для расчета. Данная программа будет своего рода системой компьютерной алгебры из класса систем автоматизированного проектирования, ориентированная на подготовку интерактивных документов с вычислениями и визуальным сопровождением в части расчета молниезащиты и заземления. На данном Web-ресурсе должны быть два типа пользователей: проектировщик – создатель алгоритма и проектировщик – пользователь системы. Применение данной структуры системы позволит пользователям получать оперативный доступ и вести эффективный расчет в Web-системе.

Выводы

1. Проанализирована предметная область программы автоматизации расчета молниезащиты.
2. Исследованы и разработаны алгоритмы ввода, обработки и вывода информации программы автоматизации расчета молниезащиты.
3. Предложено программное обеспечение, позволяющее произвести расчет и интерактивное проектирование молниезащиты зданий, сооружений и открытых территорий, с выводом на печать проектной документации.
4. На основе разработанной методики автоматизированного расчета системы молниезащиты были рассчитаны параметры зон защиты для зданий, относящихся к специальной и обычной категориям.

Список литературы

1. Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций (СО 153-34.21.122-2003). – СПб.: ДЕАН, 2005. – 64 с.

2. Руководство по защите электрических сетей 6 – 1150 кВ от грозовых и внутренних перенапряжений РД 153-34.3-35.125-99. – 2-е изд. – СПб.: ПЭИПК, 1999. – 353 с.

3. Смирнов О.В., Сухачев И.С. О некоторых особенностях устройства заземления и расчета молниезащиты // Известия вузов «Нефть и газ». – Тюмень, 2014. – № 2. – С. 102–106.

4. Тарасенко А.А., Николаев Н.В., Хоперский Г.Г., Овчар З.Н., Саяпин М.В. Исследование влияния приемораздаточных патрубков на напряженно-деформированное состояние стенки вертикальных цилиндрических резервуаров // Известия вузов «Нефть и газ». – Тюмень, 1998. – № 1. – С. 59–68.

5. Тарасенко А.А., Саяпин М.В. Результаты статистической обработки измерений неравномерных осадок наружного контура днища вертикальных стальных резервуаров // Известия вузов «Нефть и газ». – Тюмень, 1999. – № 1. – С. 52–56.

6. Тарасенко А.А., Тюрин Д.В. Моделирование нефтяных стальных цилиндрических резервуаров // Известия вузов «Нефть и газ». – Тюмень, 2001. – № 4. – С. 65–69.

7. Тарасенко А.А., Чепур П.В., Тарасенко Д.А. Деформирование верхнего края оболочки при развитии неравномерных осадок резервуара // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 6–3. – С. 485–489.

8. Тарасенко А.А., Чепур П.В., Чирков С.В. Исследование изменения напряженно-деформированного состояния вертикального стального резервуара при развитии неравномерной осадки наружного контура днища // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 10–15. – С. 3409–3413.

9. Тарасенко А.А., Чепур П.В., Чирков С.В. Обоснование необходимости учета истории нагружения конструкции при ремонте фундамента с подъемом резервуара // Безопасность труда в промышленности. – 2014. – № 5. – С. 60–63.

10. Тарасенко А.А., Чепур П.В., Чирков С.В., Тарасенко Д.А. Модель резервуара в среде ANSYS Workbench 14.5 // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 10–15. – С. 3404–3408.

11. Тарасенко М.А., Сильницкий П.Ф., Тарасенко А.А. Анализ результатов дефектоскопии коррозионных повреждений резервуаров // Известия вузов «Нефть и газ». – Тюмень, 2010. – № 5. – С. 78–82.

12. Тиханов Е.А., Тарасенко А.А., Чепур П.В. Оценка экономической эффективности капитального ремонта основания вертикального стального резервуара методом перемещения // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 6–2. – С. 330–334.

13. Хоперский Г.Г., Саяпин М.В., Тарасенко А.А. Расчет прочности фундаментного кольца резервуара при воздействии сосредоточенной нагрузки от подъемного устройства // Известия вузов «Нефть и газ». – Тюмень, 1998. – № 2. – С. 60–64.

14. Чепур П.В., Тарасенко А.А. Методика определения необходимости ремонта резервуара при осадках основания // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 8–6. – С. 1336–1340.

15. Чепур П.В., Тарасенко А.А., Тарасенко Д.А. Исследование влияния величины выступа окрайки на напряженно-деформированное состояние вертикального стального цилиндрического резервуара при развитии неравномерной осадки наружного контура днища // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 10–15. – С. 3441–3445.

References

1. Instruction SO 153-34.21.122-2003.

2. RD 153-34.3-35.125-99. Guidelines on the Protection of electrical networks.

3. Smirnov O.V, Sukhachev I.S. Izvestijavuzov.Neft'igaz. 2014, no. 2, pp. 102–106.

4. Tarasenko A.A., Nikolaev N.V., Hoperskij G.G., Ovchar Z.N., Sajapin M.V. Izvestijavuzov.Neft'igaz. 1998, no. 1, pp. 59–68.

5. Tarasenko A.A., Sajapin M.V. Izvestijavuzov.Neft'igaz. 1999, no. 1, pp. 52–56.

6. Tarasenko A.A., Turin D.V. Izvestijavuzov.Neft'igaz. 2001, no. 4, pp. 65–69.

7. Tarasenko A.A., Chepur P.V., Tarasenko D.A. Fundamental research, 2014, no. 6–3, pp. 485–489.

8. Tarasenko A.A., Chepur P.V., Chirkov S.V. Fundamental research, 2013, no. 10–15, pp. 3409–3413.

9. Tarasenko A.A., Chepur P.V., Chirkov S.V. Bezopasnosttrudavpromyshlennosti, 2014, no.5, pp. 60–63.

10. Tarasenko A.A., Chepur P.V., Chirkov S.V., Tarasenko D.A. Fundamental research, 2013, no.10-15, pp. 3404–3408.

11. Tarasenko M.A., Silnitskii P.F., Tarasenko A.A. Izvestijavuzov.Neft'igaz. 2010, no.5, pp. 78–82.

12. Tihanov E.A., Tarasenko A.A., Chepur P.V. Fundamental research, 2014, no. 6–2, pp. 330–334.

13. Hoperskij G.G., Sajapin M.V., Tarasenko A.A. Izvestijavuzov.Neft'igaz. 1998, no.2, pp. 60–64.

14. Chepur P.V., Tarasenko A.A. Fundamental research, 2014, no. 8–6, pp. 1336–1340.

15. Chepur P.V., Tarasenko A.A., Tarasenko D.A. Fundamental research, 2013, no. 10–15, pp. 3441–3445.

Рецензенты:

Смирнов О.В., д.т.н., профессор кафедры «Электроэнергетика», ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный нефтегазовый университет», г. Тюмень;

Соколов С.М., д.т.н., профессор кафедры «ТУР», ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный нефтегазовый университет», г. Тюмень.

Работа поступила в редакцию 06.10.2014.