

К вопросу значимости влагостойких свойств бетона пристроительстве токоограничивающих реакторов подстанции

Аннотация. В статье рассматривается вопрос повышения влагостойких свойств бетона, применяемого в строительстве токоограничивающих реакторов на подстанции, путем добавления в состав бетонной смеси битумных эмульсий. Цель исследования состоит в повышении устойчивости реакторов к погодным условиям: методом интервального анализа. Также задачами являлись испытание марок битума БНД 90/130 и БНД 130/200 на современном оборудовании завода Infratest (Германия). Были получены основные результаты, а именно: глубина проникания иглы (пенетрация), температура размягчения по кольцу и шару, растяжимость и хрупкость. Полученные результаты были сопоставлены с требованиями нормативно-технической документации. Сравнительные данные позволяют сделать выводы о возможности применения испытываемых марок битума в состав бетонной смеси при строительстве токоограничивающих реакторов на подстанциях. Результаты могут быть использованы в практических целях в виде рекомендации монтажно-строительным организациям, а также внесения поправок в действующую нормативно-техническую документацию.

Ключевые слова: токоограничивающий реактор; надежность; долговечность; обратная битумная эмульсия.

DOI: doi.org/10.32523/2616-7263-2021-137-4-58-63

Введение

Распределительные устройства, являясь неотъемлемой частью энергетической отрасли Республики Казахстан, к которым относятся подстанции, электроустановки, линии электропередачи и другие объекты, на сегодняшний день, претерпевают физический и моральный износ. Рост производственных мощностей промышленности и населения подчеркивает необходимость интенсивного развития энергетического комплекса с использованием технологий XXI века, сохраняя технологический баланс между традиционной энергетикой и возобновляемыми источниками энергии [4]. Концепция развития топливно-энергетического комплекса Республики Казахстан до 2030 года целиком отражает данные задачи и подходы развития.

Кроме того, строительство и реконструкция распределительных сетей обусловлено ростом суммарной нагрузки потребителей, которая, и в настоящее время, продолжает стремительно увеличиваться. Применяемый в строительстве бетон является неотъемлемой частью любых видов строительных и монтажных работ. Таким образом, бетонная смесь, применяемая в строительстве энергетических объектов, должна иметь особые свойства и влагостойкие характеристики, позволяя решать специфические задачи энергетики, к которым относятся: надежность, долговечность, низкая электропроводность и другие характеристики бетонных конструкций. Высокие показатели вышеперечисленных требований предъявляются в местах установки токоограничивающих реакторов на электрических подстанциях.

Уровень развитости мировых и отечественных производственных кластеров по изготовлению энергетических установок находится на высокой ступени, постоянно совершенствуя выпускаемую продукцию, которая соответствует утвержденным требованиям безопасности и надежности.

Однако, работы по строительству и реконструкции энергетических объектов в зависимости от объема носят локальный характер и, как правило, выполняются в летний период без вывода подстанции из строя, с применением резервного питания для потребителей. Таким образом, сроки для проведения работ значительно сокращаются, что в последствии оказывает негативное воздействие на их качество. Имея в наличии передовую электроустановку, перед энергоснабжающими организациями ставится задача ее правильного и качественного подключения и интеграции с функционирующим оборудованием.

Токоограничивающий реактор — электрический аппарат, предназначенный для ограничения ударного тока короткого замыкания, применяется на подстанциях повсеместно [1]. При монтаже и работе данной электроустановки до 35 кВ включительно, важную роль играет возведенная бетонная конструкция - колонны и качество применяемой бетонной смеси, являясь основной изоляцией реактора [2].

За исключением внешних факторов: погодные условия и механические воздействия, колонны реактора подвергаются электродинамическим усилиям, которые возникают в реакторе при коротком замыкании между фазами. Таким образом, гарантом качества и долговечности, а в следствии бесперебойной работы электроустановки становится применяемый тип и марка бетона. Согласно требованию ГОСТ Р ИСО 6942-2007, для строительства реакторов используются тяжелые бетоны плотностью 2500 кг/м³ и выше, с маркой предела прочности на сжатие М550 В 40 или М300 В 22.5. Однако, мировой практический опыт применения данной марки бетона показывает высокую стойкость к механическим и электродинамическим усилиям, но низкие свойства изоляции и стойкость к погодным условиям [3].

В связи с этим представляется актуальным вопрос повышения прочностных характеристик и влагостойких свойств бетона при строительстве токоограничивающих реакторов на подстанциях.

Методы

Улучшение прочностных характеристик бетона способом изменения его состава и анализа полученных результатов методом интервального анализа.

Обсуждения

Способами улучшения низких свойств бетона является рассмотрение способов регулирования электропроводности бетона. На практике существует несколько таких способов, основой которых стало предотвращение проникновения влаги в структуру материала. Наиболее действенный и эффективный из них заключается во включении в состав бетонной смеси битумных эмульсий, которые заполняют поры в теле бетона и затрудняют насыщение водой, тем самым обеспечивая стабильные значения электрического сопротивления. Принципиальная схема структуры бетонной конструкции с применением и без применения битумной эмульсии указана на Рисунке 1.

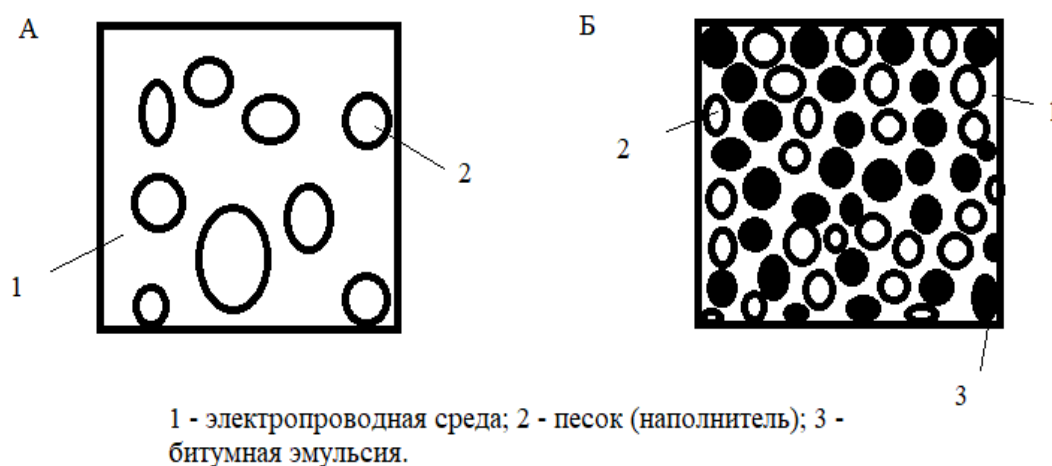


Рисунок 1. А – состав бетона без битумной эмульсии; Б - состав бетона с применением битумной эмульсии.

Рисунок 1 дает возможность визуального представления сокращению пространства электропроводной среды в составе бетона с использованием битумной эмульсии. Электропроводная среда в структуре бетона сократилась более чем в три раза.

Результаты

Перспективы применения битумной эмульсии в составе бетона при строительстве токоограничивающих реакторов на электрических подстанциях зависят от его расширенного распространения энергоснабжающими организациями и строительными службами, которые занимаются их обслуживанием и ремонтом. Также, немаловажным критерием в таком применении битумной эмульсии стали рекомендации проектно-исследовательских организаций, которым следует уделить больше внимания структуре бетона, его фазовому и химическому составу, при протекании в нем физико-химических процессов.

Характеристики обратной битумной эмульсии напрямую зависят от марки и характеристик применяемого битума. К основным из них относятся: растяжимость, пенетрация, температура размягчения и температура хрупкости.

Проведенные лабораторные испытания марок битума БНД 90/130 и БНД 130/200 в Научно-производственном центре «ENU-Lab» Некоммерческого акционерного общества «Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилёва» дали следующие результаты, указанные в Таблице 1.

Таблица 1

Наименование показателя	БНД 90/130	Норма [5]	БНД 130/200	Норма [5]	Примечание
Пенетрация, 0,1 мм:					по ГОСТ 11501
- при 25°С	97	91-130	151	131-200	
- при 0°С	32	28	43	35	
Температура размягчения по кольцу и шару, °С:	45	43	41	40	по ГОСТ 11506
Растяжимость, см:					по ГОСТ 11505
- при 25°С	68	65	72	70	
- при 0°С	5	4	6	6	
Температура хрупкости, °С:	-21	-17	-26	-18	по ГОСТ 11507

Выводы

На основании проведенных испытаний следует сделать вывод о соответствии марок битума БНД 90/130 и БНД 130/200 требованиям ГОСТ 22245-90 и пригодности к изготовлению обратной битумной эмульсии для включения в состав бетона при строительстве оснований токоограничивающих реакторов на электрических подстанциях.

Список литературы

1. Усов С.В., Михалев Б.Н., Черновец А.К., Кизеветтер Е.Н., Кантан В.В. Электрическая часть электростанций: Учебник для вузов. – Ленинград: Энергоатомиздат, 1987. – С. 644.
2. Меньшов Б.Г. Электротехнические установки и комплексы в нефтегазовой промышленности / Б.Г. Меньшов, М.С. Ершов, А.Д. Яризов – Москва: ОАО «Издательство «Недра», 2000. – С. 497.
3. Yanvarev, I. A. Improving gas cooling technology at its compression in the booster compressor station / I. A. Yanvarev, A. D. Vanyashov A. V. Krupnikov // Procedia Engineering. – 2016. – №152. – P. 214.
4. Постановление Правительства Республики Казахстан от 28 июня 2014 года № 724 «Об утверждении Концепции развития топливно-энергетического комплекса Республики Казахстан до 2030 года» [Электронный ресурс]. – 2014. – URL: https://adilet.zan.kz/rus/docs/P1_400000724 (Дата обращения: 01.03.2021).
5. Межгосударственный стандарт ГОСТ 22245-90 «Битумы нефтяные дорожные вязкие» [Электронный ресурс]. – 1991. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/120000341> (Дата обращения: 03.03.2021).

Р.В. Рахимов

Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан

Электр станциясының ток шектеуші реакторларын салу кезінде бетонның ылғалға төзімді қасиеттерінің маңыздылығы мәселесіне

Аңдатпа. Тарату құрылыстары Қазақстан Республикасының энергетика саласының ажырамас бөлігі болып табылады, оларға қосалқы станциялар, электр қондырғылары, электр беру желілері және басқа да объектілер жатады, бүгінгі күні физикалық және моральдық тозуға ұшырайды. Өнеркәсіп пен халықтың өндірістік қуаттарының өсуі дәстүрлі энергетика мен жаңартылатын энергия көздері арасындағы технологиялық теңгерімді сақтай отырып, ХХІ ғасыр технологияларын пайдалана отырып, энергетикалық кешенді қарқынды дамыту қажеттілігін көрсетеді [4]. Қазақстан Республикасының отын-энергетикалық кешенін дамытудың 2030 жылға дейінгі тұжырымдамасы осы міндеттер мен даму тәсілдерін толығымен көрсетеді.

Сонымен қатар, тарату желілерін салу және қайта құру тұтынушылардың жалпы жүктемесінің өсуіне байланысты, ол қазіргі уақытта да тез өсіп келеді. Құрылыста қолданылатын бетон құрылыс және монтаждау жұмыстарының кез келген түрлерінің ажырамас бөлігі болып табылады. Осылайша, энергетикалық объектілердің құрылысында қолданылатын бетон қоспасы ерекше қасиеттерге және ылғалға төзімді сипаттамаларға ие болуы керек, бұл энергияның нақты мәселелерін шешуге мүмкіндік береді, оған мыналар жатады: сенімділік, беріктік, төмен электр өткізгіштік және бетон конструкцияларының басқа сипаттамалары. Жоғарыда аталған талаптардың жоғары көрсеткіштері электр қосалқы станцияларында токты шектейтін реакторларды орнату орындарында қойылады.

Түйін сөздер: ток шектеуші реактор; сенімділік; ұзақ мерзімділік; кері битум эмульсиясы.

R.V. Rakhimov

L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan

On the importance of moisture-resistant properties of concrete in the construction of current-limiting reactors of a substation

Abstract. Switchgears are an integral part of the energy industry of the Republic of Kazakhstan, which include substations, electrical installations, power transmission lines and other facilities. Currently, they are undergoing physical and moral wear and tear. The growth of production capacities of industry and the population emphasizes the need for intensive development of the energy complex using the technologies of the XXI century, while maintaining a technological balance between traditional energy and renewable energy sources [4]. The concept of development of the fuel and energy complex of the Republic of Kazakhstan until 2030 fully reflects these tasks and development approaches.

In addition, the construction and reconstruction of distribution networks are due to the growth of a total load of consumers, which, even now, continues to increase rapidly. Concrete used in construction is an integral part of all types of construction and installation work.

Thus, the concrete mixture used in the construction of energy facilities must have special properties and moisture-resistant characteristics, allowing you to solve specific energy problems, which include: reliability, durability, low electrical conductivity and other characteristics of concrete structures. High indicators of the above requirements are imposed in the places of installation of current-limiting reactors at electrical substations.

Keywords: current-limiting reactor; reliability; durability; reverse bitumen emulsion.

References

1. Usov S.V., Mikhalev B. N., Chernovetz A. K., Kiesewetter, E. N., Elektricheskaya chast' elektrostancij: Uchebnik dlya vuzov. [The cantin V. Electrical part of power plants: Textbook for universities. Leningrad: Energoatomizdat, 1987, P. 644] [in Russian].
2. Menchov B.G. Elektrotekhnicheskie ustanovki i komplekсы v neftegazovoj promyshlennosti [Electrical installations and systems in the oil and gas industry] B. G. Menshov, M. S. Yershov, A. D. Arsov. (Izdatel'stvo «Nedra», Moskva, 2000, P. 497) [in Russian].
3. Yanvarev, I. A. Improving gas cooling technology at its compression in the booster compressor station. I. A. Yanvarev, A. D. Vanyashov A. V. Krupnikov. Procedia Engineering. 152, 214(2016)
4. Resolution of the Government of the Republic of Kazakhstan dated June 28, 2014 No. 724 "On approval of the Concept of development of the fuel and energy complex of the Republic of Kazakhstan until 2030" [Electronic resource]. Available at: URL: https://adilet.zan.kz/rus/docs/P1_400000724 (Accessed: 01.03.2021).
5. Interstate Standard GOST 22245-90 «Oil road viscous bitumen» [Electronic resource]. Available at: URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200003410> (Accessed: 03.03.2021).

Сведения об авторе:

Рахимов Р.В. - докторант 3 курса специальности "Автоматизация и управление" кафедры системного анализа и управления Евразийского национального университета им. Л. Н. Гумилева, ул. Пушкина, 11, Нур-Султан, Казахстан.

Rakhimov R.V. - The 3rd year Ph.D. student in «Automation and Management», Department of System Analysis and Management, L. N. Gumilyov Eurasian National University, 11 Pushkin str., Nur-Sultan, Kazakhstan.