емкостных токов в 1,25 раз. Третья, пятая и седьмая гармоники уменьшаются в 2,8, 1,5 и 1,1 раз. Аналогичные соотношения получены для фазных напряжений, однако в этом случае первая гармоника уменьшается, а третья возрастает.

В случае привода от АД, в отличие от привода от ДПТ с увеличением нагрузки ток в поврежденной фазе уменьшается. С увеличением емкости самовозбуждения токи в поврежденной фазе увеличиваются. При увеличении числа КЗ витков происходит уменьшение токов в фазе. Подобным образом изменяются также емкостный ток и фазное напряжение. Ток нагрузки для обоих видов приводов ведет себя подобно фазному току для привода с ДПТ. Аналогичный характер имеют зависимости тока в установившемся режиме для неповрежденных фаз.

В случае КЗ в статорной обмотке гармонические составляющие сигнала вибродатчика увеличиваются в 4 – 8 раз (в области 600 – 1500 Гц). Аналогичные процессы происходят при обрыве фаз ААГ и емкостей самовозбуждения. При малом числе КЗ витков изменение гармоник не значительно (1 – 4 %). Данный признак позволяет обнаруживать не только электрические, но и механические повреждения, поэтому его целесообразно использовать для построения устройства защиты ААГ.

1. Богдан А.В. Диагностика повреждений обмотки статора автономного асинхронного генератора [Текст] / А.В. Богдан, А.Н. Соболев // Известия вузов. Электромеханика. Новочеркасск: ЮРГПУ (НПИ) имени М.И. Платова, 2013. – № 1. С. 70-71.
2. Богдан А.В. Информационные признаки повреждения обмотки статора для построения релейной защиты автономного асинхронного генератора [Текст] / А.В. Богдан, А.Н. Соболев // Известия вузов. Электромеханика. Новочеркасск: ЮРГПУ (НПИ) имени М.И. Платова, 2017. – № 6. С. 72-76.
3. Бубенчикова Т.В. Выбор электрогенераторов для ВЭУ [Текст] / Т.В. Бубенчикова и др. // Международный научно-исследовательский журнал. – Екатеринбург, 2016. № 12. – С. 43 – 50.
4. Григораш О.В. Нетрадиционные автономные источники электроэнергии [Текст] / О.В. Григораш, Ю.И. // Промышленная энергетика. – М., 2001. № 4. С.37-40.

Субханкулов Э.Д., Залялиев Б.Г., Абузаид А., Власова А.Ю.
Определение эффективности комплексного реагента NALCO CL-50 для
теплоносителя

*ФГБОУ ВО «КГЭУ»
(Россия, Казань)*

doi: 10.18411/lj-06-2021-103

Аннотация

В статье представлены результаты эксперимента по определению эффективности ингибитора солеотложений - комплексного реагента NALCO CL-50. Исследования проводились на воде, с высоким содержанием солей, часть показателей качества воды определили экспериментальным способом. Для данной воды были подобраны оптимальные дозировки реагента.

Ключевые слова: комплексный реагент для теплоносителя, NALCO CL-50, скважина.

Abstract

The article presents the results of an experiment to determine the effectiveness of a salt deposition inhibitor - a complex reagent NALCO CL-50. The studies were conducted on water with a high salt content, and some of the water quality indicators were determined experimentally. For this water, the optimal dosages of the reagent were selected.

Keywords: complex reagent for coolant, NALCO CL-50, borehole.

В процессе эксплуатации систем теплоснабжения при нагреве воды может достигаться концентрирование солей в воде, что приводит к образованию накипи на теплообменных поверхностях. Наличие накипи и отложений приводит к ухудшению теплообмена, снижению эффективности работы оборудования, в ряде случаев к перегреву труб котлов, а также к экономическим потерям. Поэтому применение ингибиторов способствует уменьшению потерь как производственного характера, так и экономического типа [1-4]. Для уменьшения образования накипи на теплообменной поверхности применяют ингибиторы солеотложений, которые препятствуют образованию отложений и их росту на поверхности. Результатом данных действия является повышения теплопередачи, что повышает эксплуатационные характеристики [5-8].

В зависимости от механизма действия ингибиторы солеотложения делятся на 3 типа:

- 1) Хелаты – вещества, способные «связывать» катионы кальция, магния, бария или железа и препятствовать их реакции с анионами сульфата и карбоната. Высокая эффективность от применения этих веществ может быть получена при дозировке их в стехиометрических количествах. При больших значениях пересыщения применение этих ингибиторов экономически не оправдывается, поэтому будет иметь смысл подготовить воду предварительно, допустим, использовать ионообменные методы;
- 2) Ингибиторы порогового действия – вещества, внесение которых в минимальных количествах препятствует зарождению и росту кристаллов солей и, следовательно, накоплению их на поверхности оборудования;
- 3) Кристаллоразрушающие ингибиторы – реагенты, не препятствующие кристаллизации солей, а лишь видоизменяющие и разрушающие форму кристаллов.

В качестве исследуемого ингибитора солеотложений был выбран комплексный реагент NALCO CL-50, который относится к I типу. NALCO CL-50 - ингибитор коррозии и отложений для обработки воды муниципальных систем водоснабжения, промышленных систем охлаждения, систем хозяйственно-питьевого водоснабжения, физико-химические свойства приведены в таблице 1.

Таблица

Физико-химические свойства реагента NALCO CL-50

№	Наименование физико-химических свойств	Значение	Единица измерения
1	Удельный вес при 25 °С	1,37-1,42	кг/м ³
2	рН	6,0-7,0	ед
3	Температура замерзания	-0,8	°С

Компонентный и количественный состав данного реагента приведен в таблице 2.

Таблица 2

Перечень активных веществ и их содержания в Nalco CL-50

№	Наименование активного вещества	Функция активного вещества	Концентрация активного вещества, %
1	Натрий триполифосфат	Ингибитор отложений	6,3
2	Натрий полифосфат	Ингибитор коррозии	32,5

Определение эффективности реагента осуществлялось на воде артезианского источника Советского района города Казань. Параметры качества воды водоисточника приведены в Таблице 3.

Таблица 3

Показатели качества воды

Источник	Концентрация, мг/л				pH, ед	ОСС, г/л	УЭП, мСиме нс/м
	Fe^{3+} мг/л	SO_4^{2-} мг/л	Азотосодержащие компоненты (суммарно), мг/л	Окисляемость перманганатная, мгО/л			
р. Советский	0,22 6	68,28 8	0,332	0,01	6,88	0,32	0,63
Источник	Жёсткость общая, мг-экв / л		щёлочность, мг-экв / л		Содержание хлоридов, мг/ л		
р. Советский	7,125		4,5		0,575		

Оценка эффективности ингибитора солеотложений осуществлялась по следующей методике. В термостойкие цилиндры с крышкой отбирали по 100 мл воды. Далее дозировали 1% раствор реагента. Для точности дозировки добавляли 1% водный раствор. Проверили следующие дозировки: 3 мл/л, 4,5 мл/л, 6 мл/л, 8 мл/л, 10 мл/л, 12 мл/л, 14 мл/л. В один цилиндр не дозировали реагент, так как он представлял собой холостой опыт. Далее все цилиндры поместили в термостат на 8 часов при температуре 105 °С. По истечению времени цилиндры были извлечены и произведена визуальная оценка состояния отложений. На рисунках 1 и 2 изображены результаты эксперимента.

Рисунок 1 - Результат эксперимента холостого опыта и с дозировками 30,45,60 мг/л

По результатам эксперимента видно, что в холостой пробе на стенках ячейки образовался налет, который по компонентному составу представляет собой соли карбонатного происхождения, в объеме и на дне ячейки также визуализировался осадок белого цвета. Учитывая анализ состава воды, взятой для эксперимента, можно предположить, что это карбонат кальция и магния. При дозировке реагента 30 мг/л на стенках и в объеме ячейки также визуализировался осадок белого цвета. При дозировке 45 мг/л на стенках ячейки были обнаружены локализованные зоны с осадком на поверхности. При дозировке 60 мг/л визуальный осмотр показал отсутствие осадка на стенках ячейки, а также отсутствие в объеме и на дне поверхности.

Дальнейшее увеличение дозировки реагента привело к получению следующих результатов (рисунок 2). Были проверены следующие дозировки 80, 100, 120, 140 мг/л. При дозировке 80 мг/л в объеме появилась легкая муть, что говорит о пересыщении раствора реагентом, дальнейшее увеличение дозировки приводило к увеличению мутности по всему объему ячейки. Увеличение дозировки реагента не приводит к получению лучшего результата.

Рисунок 2 - Результат эксперимента с дозировками 80, 100, 120, 140 мг/л
Заключение

По полученным результатам можно сделать вывод, что рабочая дозировка комбинированного реагента NALCO-CL50, который является и ингибитором коррозии, и ингибитором солеотложений, составляет от 60 до 70 мг/л для воды с общей минерализацией 0,32 г/л. Как видно по компонентному составу исследуемой воды, вода обладает высоким содержанием компонентов по катионному составу. Поэтому для уменьшения рабочей дозировки реагента для данной воды необходимо поставить установку умягчения, которая позволит получить лучшие результаты по защитному действию реагента и не допустить пересыщения раствора.

1. Бутакова М. В., Гусева О. В., Орлов К. А. разработка аминоксодержащих реагентов для обработки теплоносителя парогенерирующего оборудования // Неделя науки СПбПУ. – 2017. – С. 20-23.
2. Аналитическая химия. Физические и физико-химические методы анализа. / Под ред. О.М.Петрухина. - М., 2005
3. Перрин Д. Органические аналитические реагенты / Д. Перрин - New York, London, Sydney. Перевод с англ.: Ю.М. Дедкова под редакцией Ю.А. Золотова.
4. Janssen P., Savelcoul J. In search of an alternative high pressure boiler treatment program // Power Plant Chemistry. 2012. V. 14 (7). P. 440-448.
5. Дмитриев, А. В. Оценочный расчет процесса теплообмена в камере сгорания при сжигании природного газа / А. В. Дмитриев, В. Э. Зинулов, Г. Х. Гумерова // Вестник технологического университета. – 2018. – Т. 21. – № 2. – С. 99-103.
6. Зинулов, В. Э. Снижение энергетических затрат при отводе низкопотенциального тепла от оборотной воды путем использования блока оросителя с гофрированными перфорированными пластинами / В. Э. Зинулов, А. В. Дмитриев, Р. Р. Гайнатуллин, Д. Н. Латыпов, А. И. Хафизова // Вестник технологического университета. - 2019. – Т. 22. – № 10. – С. 57-61.
7. Дмитриева, О. С. Определение оптимальных зон ввода твердых присадок в воздухоподогреватель котла / О. С. Дмитриева, С. Ф. Лорай, В. Э. Зинулов, Э. Р. Зверева, М. Ф. Шагеев // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2017. – Т. 19. - № 9 – 10. – С. 106-111.
8. Зинулов, В. Э. Снижение энергетических затрат при отводе низкопотенциального тепла от оборотной воды путем использования блока оросителя с гофрированными перфорированными пластинами / В. Э. Зинулов, А. В. Дмитриев, Р. Р. Гайнатуллин, Д. Н. Латыпов, А. И. Хафизова // Вестник технологического университета. - 2019. – Т. 22. – № 10. – С. 57-61.