

Ф.В. КИВВА, д-р физ.-мат. наук, проф., Институт радиофизики и электроники им. А.Я. Усикова НАН Украины

В.Н. ГОРОБЕЦ, канд. физ.-мат. наук, Институт радиофизики и электроники им. А.Я. Усикова НАН Украины

Ю.В. ГОНЧАРЕНКО, канд. физ.-мат. наук, Институт радиофизики и электроники им. А.Я. Усикова НАН Украины

А.Л. КОВОРТНЫЙ, аспирант, Институт радиофизики и электроники им. А.Я. Усикова НАН Украины

С.И. РЫМАРЬ, преподаватель-стажер, НТУ “ХПИ”

МЕТОДИКА ЗАЩИТЫ ВАКУУМНЫХ НАСОСОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В УСТАНОВКАХ ДЛЯ РЕГЕНЕРАЦИИ СОРБЕНТОВ В ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ПОЛЕ, ОТ ВОДЯНЫХ ПАРОВ

Розглянутий метод захисту вакуумних насосів, що використовуються в установках для регенерації сорбентів в електромагнітному полі, від водяної пари.

The method of protecting vacuum pumps used in installations for the regeneration of the sorbents in the electromagnetic field from the water vapor is reviewed.

Введение. За последнее время количество технологий, основанных на взаимодействии электромагнитного поля с веществом, резко возросло и продолжает возрастать [1 – 3]. Это связано с рядом существенных преимуществ, возникающих, например, при сушке, стерилизации, пастеризации и других технологических процессах, широко применяемых в промышленности, сельском хозяйстве, медицине.

Одним из перспективных направлений применения технологий, основанных на взаимодействии электромагнитного поля с веществом, является регенерация сорбентов, используемых в электроэнергетике.

Анализ литературы. Энергетическая промышленность широко использует масляные трансформаторы, в которых в больших количествах содержится трансформаторное масло [4]. В процессе эксплуатации в трансформаторном масле образуются различные продукты, снижающие его эксплуатационные характеристики и подлежащие удалению (одной из наиболее опасных примесей в трансформаторном масле является вода, которая поглощается маслом, при контакте его с атмосферой). Удаление продуктов старения масла может производиться либо постоянно в процессе эксплуатации оборудования, либо периодически при достижении эксплуатационными характеристиками предельно допустимых значений [1 – 3]. Электрохимические и электрофизические свойства сорбентов, а также технологии их производства и регенерации рассмотрены в многочисленной

литературе, в том числе в статьях [1, 2] специальных отчетах [3], монографиях [4, 5] и патентах.

Для осушки трансформаторных масел широко применяются адсорберы, заполненные поверхностно-активным веществом – сорбентом [3]. Действие сорбента основано на процессах адсорбции, т.е. на поглощении вещества (адсорбата) поверхностью сорбента. Молекулы адсорбата испытывают притяжение со стороны поверхности сорбента и оседают на ней, покрывая эту поверхность слоем адсорбируемых молекул. При этом химической реакции не происходит и адсорбированные молекулы сохраняют свою индивидуальность. Адсорбционные силы имеют ту же природу, что и силы межмолекулярного взаимодействия, и начинают проявляться при приближении молекул адсорбата к поверхности сорбента на расстояние, соизмеримое с размерами молекул. Поэтому наибольшей эффективностью обладают сорбенты, имеющие пористую структуру с размерами пор, соизмеримыми с размерами молекул адсорбата.

Выбор сорбентов зависит от конкретной задачи. Для удаления воды применяются микропористые сорбенты, например, цеолиты. Масло, проходя через адсорбер, заполненный сорбентом, обезвоживается до тех пор, пока у сорбента не наступит фаза насыщения влагой. При этом необходимо заменить сорбент или регенерировать его.

Регенерация сорбентов в электромагнитном поле. Десорбция или удаление поглощаемого вещества (влаги) из сорбента является основной стадией при его регенерации [5]. Наиболее широкое применение в промышленности нашел метод термической десорбции с помощью специальных электронагревателей, которые представляют собой линейно распределенные источники тепла. Передача тепла от них происходит за счет теплопроводности в системе "сорбент-масло", которая очень низка. Недостатками такого метода является либо большое время регенерации (более 30 ч), либо локальный перегрев вблизи поверхности тепло-электронагревательных элементов, который приводит к коксованию сорбента.

Время регенерации сорбента определяется скоростью его нагрева. Качество регенерации сорбента определяется неизменностью необходимой температуры во всем объеме адсорбера [6].

Из этого следует, что при термической регенерации сорбента необходимо, как минимум, выполнить два условия – обеспечить оптимальную скорость нарастания температуры в адсорбере и создать равномерное температурное поле внутри всего объема адсорбера. Решить эту задачу можно путём применения технологии объемного нагрева сорбента с помощью электромагнитного поля (ЭМП) в адсорбере.

Степень и скорость нагрева сорбента в ЭМП определяется его частотой и подводимой мощностью. Выбор рабочей частоты ЭМП осуществляется из условия необходимой глубины проникновения ЭМП в сорбент, которая

зависит от комплексной диэлектрической проницаемости, а также от объема используемого адсорбера.

Экономичность адсорбционного процесса в значительной степени зависит от режима регенерации сорбента: времени, необходимого для регенерации определённого объёма сорбента и энергозатрат на единицу объёма сорбента.

Совершенствование технологии и сокращение времени проведения адсорбционно-десорбционного цикла сорбента, что ведет к общему сокращению времени регенерации трансформаторных масел и, следовательно, к уменьшению затрат на проведение профилактических работ по обслуживанию масляных трансформаторов.

Во всём радиодиапазоне, включая СВЧ и КВЧ, воздействие электромагнитного поля на вещество является неионизирующим. Основные эффекты воздействия обусловлены поляризацией вещества и рассеянием энергии ЭМП вследствие конечных значений мнимой части диэлектрической проницаемости ϵ'' . При таких условиях подводимая к веществу энергия ЭМП, вследствие объёмного рассеяния превращается в тепло, причём основному воздействию подвергается сорбент и влага, заполняющая поры сорбента. Передача тепла от сорбента к влаге происходит за счёт их теплопроводности. Нагрев поглощённой сорбентом влаги в электромагнитном поле КВ-диапазона также обусловлен наличием токов проводимости и поляризацией её молекул.

Нагреваясь до критических значений при заданном давлении, вода, кроме расширения, начинает испаряться, мигрируя по микропорам сорбента до его поверхности и далее в направлении потока, создаваемого вакуумным насосом.

Изложенные выше принципы заложены в основу работы установки по ускоренной регенерации сорбентов БПРС-1, которая широко применяется для регенерации сорбентов и подготовки их после длительного хранения.

Принцип действия установки БПРС-1. Энергия высокой частоты от генератора через коаксиальную линию поступает в адсорбер, который представляет для генератора ВЧ комплексную нагрузку. Если генератор и нагрузка согласованы, т.е. коаксиальная линия настроена на режим бегущей волны, то вся энергия электромагнитной волны рассеивается в нагрузке. Согласование генератора и нагрузки осуществляется с помощью согласующего устройства, реактивное сопротивление которого компенсирует реактивное сопротивление нагрузки, а активное согласуется с выходным сопротивлением генератора.

В результате испарения и удаления влаги из адсорбера диэлектрические свойства сорбента в течение сеанса регенерации меняются, а, следовательно, меняются и параметры нагрузки. Это требует периодической подстройки (согласования) выхода генератора и нагрузки.

Постановка задачи. Для уменьшения температуры испарения воды и повышения эффективности десорбции в адсорбере создаётся давление порядка 10000 Па. Разрежение создаётся с помощью вакуумного насоса (типа ВН-461М). Пары влаги через сильфонные металлические рукава поступают в теплообменник, где и происходит их конденсация. Далее сконденсированная вода поступает в сборник конденсата, в котором имеется мерная линейка для определения количества сконденсированной влаги.

Недостатком методики создания форвакуума, применяемой в установке БРПС-1, является тот факт, что пары влаги, поступающие в теплообменник, не полностью конденсируются. Несконденсированная часть паров вместе с воздухом через теплообменник попадает в вакуумный насос. Вакуумные насосы типа ВН – 461М или АВЗ-20Д критичны к наличию влаги в удаляемом воздухе. Влага, смешиваясь с вакуумным маслом, уменьшает плотность масла, что приводит к выходу из строя насоса.

Установка по ускоренной регенерации сорбентов БРПС-2. Установка БРПС-2 функционально состоит из четырёх частей: генератора высокой частоты (I), адсорбера (II), вакуумно-гидравлической системы (III) и пульта управления (IV). Функциональная схема установки приведена на рис. 1. Она состоит из следующих основных узлов: генератора высокой частоты 1 с блоком питания 2, адсорбера 3, индикатора визуального контроля 5, контрольного теплообменника 6, ресивера, конструктивно связанного с теплообменником, 7, блока управления 8 вакуумного насоса 11 и сборника конденсата 12, а также клапанов 4, 9, 10. Она предназначена для удаления влаги из адсорбера. Адсорбер функционально размещается или отдельно, как в макете установки, или же в составе МЦУ-7, как в установке БРПС-1.

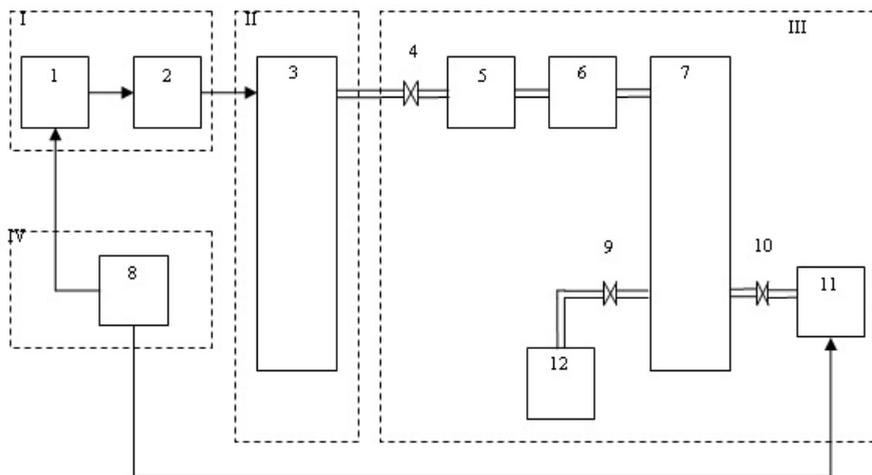


Рис. 1. Функциональная схема установки БРПС-2

Принцип действия установки БРПС-2 не отличается от принципа действия установки БРПС-1.

Защита вакуумного насоса от водяных паров. Для улучшения защиты вакуумного насоса от водяных паров предложена следующая методика.

Между насосом и теплообменником вводится промежуточный ресивер 7 (рис. 1), совмещённый с теплообменником, объём которого соизмерим с объёмом адсорбера. Ресивер подсоединён к адсорберу и насосу через входной 4 и выходной 10 вентиля. На первом этапе создания форвакуума в системе при закрытом входном и открытом выходном вентилях создаётся необходимое давление в ресивере. Затем, при закрытом выходном и открытом входном вентилях, а также закрытом вентиле 9, давление в адсорбере и ресивере выравнивается, в результате чего происходит отток паров влаги из адсорбера в теплообменник и их конденсация. Через некоторое время (1 – 2 мин), необходимое для полного окончания этого процесса, входной вентиль закрывается, и при открытом выходном вентиле повторяется процесс откачки воздуха из ресивера. Таким образом, в результате практически полной конденсации паров влаги в теплообменнике, пары в насос не поступают. Периодичность повторения этого цикла зависит от влажности сорбента и уточняется в процессе регенерации в каждом конкретном случае. Сконденсированная влага из теплообменника через вентиль 9 поступает в сборник конденсата 12, где осуществляется сбор и интегральный контроль испарённой влаги.

На рис. 2 приведен внешний вид ресивера, конструктивно связанного с теплообменником.



Рис. 2. Ресивер, совмещённый с теплообменником

Практические результаты. Усовершенствованная установка БРПС-2 разработана в двух модификациях: вариант 1 – установка предназначена для работы совместно с установкой для регенерации масла МЦУ-7 с двумя адсорберами вместимостью 35 кг каждый и вариант 2 – для работы с автономно установленным адсорбером вместимостью 150 кг. Эти варианты по исполнению отличаются только вакуумными насосами: в первом варианте установлен насос типа ВН-461М, в варианте 2 – АВЗ-20Д, который отличается от ВН-461М большей производительностью.

Выводы. Проведенные исследования и разработка действующего экспериментального образца установки для регенерации сорбентов с учетом предложенной методики защиты вакуумного насоса от водяных паров позволили решить конкретные практические вопросы в технологии регенерации сорбентов – увеличение надежности системы вакуумирования.

Список литературы: 1. Кивва Ф. В., Горобец В. Н., Зотов С. М. и др. Новые технологии обработки сорбентов // Новини енергетики. – 2003. – № 1 – 2. – С. 26 – 31. 2. Головки М.И., Гончаренко Ю.В., Горобец В.Н. и др. Установка для регенерации сорбентов в электромагнитном поле // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. – 2005. – № 5 (59). – С. 49 – 51. 3. Отчет по НИР «Октан». Разработка и изготовление устройства для ускоренной регенерации сорбента. – ИРЭ им. А.Я. Усикова НАН Украины, 2002. – с. 101. Научный руководитель д.ф.-м.н. Ф. Кивва. 4. Монастырский А.Е. Регенерация, сушка и дегазация трансформаторного масла. Учебное пособие. – С-Петербург, 1997. – с. 42. 5. Кельцев Н.В. Основы адсорбционной техники. – М.: Химия, 1984. – 592 с. 6. Лукин В.Д., Анципович И.С. Регенерация адсорбентов. – Л.: Химия, 1983. – 216 с.

Поступила в редколлегию 31.05.2010