

**Левон Олена Олександрівна**, к. техн. наук, кафедра радіоелектроніки. E-mail: elena\_levon@ukr.net, orcid.org/0000-0002-9824-4403

**Козлов Сергій Сергійович**, кафедра радіоелектроніки. E-mail: ksser300@gmail.com, orcid.org/0000-0001-9638-5897

**Римар Сергій Іванович**, кафедра радіоелектроніки. E-mail: sergeyumar@gmail.com

**Кузьменко Наталія Олексіївна**, к. і. наук., кафедра радіоелектроніки. E-mail: nkuzmenk@i.ua orcid.org/0000-0003-1337-6421

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», вул. Кирпичова, 2, 61002, м. Харків, Україна

## ТЕХНОЛОГІЯ І ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПРИСКОРЕНОЇ РЕГЕНЕРАЦІЇ ОЛІЇ І АДСОРБЕНТИ, ЩО ЗАСТОСОВУЮТЬСЯ В ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЦІ, З ВИКОРИСТАННЯМ ПОТУЖНОГО ВИСОКОЧАСТОТНОГО ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ

***Анотація.** У статті представлено метод сушіння адсорбенту електромагнітним полем. Показано технологію та обладнання для швидкої регенерації нафти та адсорбенту із застосуванням потужного ВЧ електромагнітного поля. Під час роботи трансформатора масло поглинає атмосферну вологу і його діелектрична прочність знижується. Для зменшення вмісту води в маслі, його прокачують через резервуар, який містить адсорбент, такий як цеоліт або силікагель. Адсорбент, який втратив сорбційну властивість, можна відновити, забравши вологу шляхом нагрівання. Обробку адсорбента можна проводити шляхом його прокалювання на металевих листах або нагрівання в герметичних контейнерах при зниженому тиску за допомогою нагрівальних змієвиків. Використання першого способу призводить до знищення адсорбента при переході його від адсорбера та у зворотному порядку.*

***Ключові слова:** адсорбент, регенерація, УФ електромагнітне поле.*

**Levon Olena**, Ph.D, Department of Radioelectronics. E-mail: mozhayev57@mail.ru, orcid.org/0000-0002-9824-4403

**Kozlov Sergey**, Department of Radioelectronics. E-mail: ksser300@gmail.com, orcid.org/0000 0001 9638 5897

**Serhii Rymar**, Department of Radioelectronics. E-mail: sergeyumar@gmail.com

**Kuzmenko Nataliya**, Ph.D, Department of Radioelectronics. E-mail: nkuzmenk@i.ua, orcid.org/0000-0003-1337-6421

National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", 2, Kyrpychova str., 61002, Kharkiv, Ukraine

## TECHNOLOGY AND EQUIPMENT FOR ACCELERATED REGENERATION OF OIL AND ADSORBENT, USED IN THE POWER INDUSTRY, USING A POWERFUL HF ELECTROMAGNETIC FIELD

***Abstract.** The article presents the method of drying the adsorbent by an electro-magnetic field. Shown is the technology of the possession for the fast regeneration of naphtha and the adsorbent from the intake of the forced HF electromagnet field. During operation of the transformer, the oil absorbs atmospheric moisture and its dielectric strength decreases. To reduce the water content of the oil, it is pumped through a reservoir containing an adsorbent such as zeolite or silica gel. The adsorbent that has lost its sorption capacity can be restored by removing moisture by heating. The adsorbent can be processed by calcining it on metal sheets or heating it in sealed containers under reduced pressure using heating coils. The use of the first method leads to the destruction of the adsorbent during its transition from the adsorber and vice versa.*

***Keywords:** adsorbent, regeneration, UV electromagnetic field.*

**Левон Елена Александровна**, к. техн. наук, кафедра радиоелектроніки. E-mail: elena\_levon@ukr.net, orcid.org/0000-0002-9824-4403

**Козлов Сергей Сергеевич**, кафедра радиоелектроніки. E-mail: ksser300@gmail.com, orcid.org/0000 0001 9638 5897

**Рымарь Сергей Иванович**, кафедра радиоелектроніки. E-mail: sergeyumar@gmail.com

**Кузьменко Наталья Алексеевна**, к. и. наук., кафедра радиоелектроніки. E-mail: nkuzmenk@i.ua orcid.org/0000-0003-1337-6421

Національний технічний університет «Харьківський політехнічний інститут», ул. Кирпичева, 2, г. Харьков, Украина, 61002

## ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ УСКОРЕННОЙ РЕГЕНЕРАЦИИ МАСЛА И АДСОРБЕНТА, ПРИМЕНЯЕМЫХ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ, С ПРИМЕНЕНИЕМ МОЩНОГО ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ

***Аннотация.** В статье представлен метод сушки адсорбенту электромагнитным полем. Показано технологию и оборудование для быстросействующей регенерации нефти и адсорбента с применением мощного ВЧ электромагнитного поля. Во время работы трансформатора масло поглощает атмосферную влагу и его диэлектрическая прочность снижается. Чтобы уменьшить содержание воды в масле, его прокачивают через резервуар, такой как цеолит или силикагель. Адсорбент, утративший сорбционную способность, можно восстановить, удалив влагу путем нагревания. Обработку адсорбента можно производить путем прокаливания на металлических листах или нагревания в герметичных контейнерах при пониженном давлении с помощью нагревательных змеевиков. Использование первого метода приводит к разрушению адсорбента при переходе его от адсорбера и обратно*

***Ключевые слова:** адсорбент, регенерация, УФ электромагнитное поле.*

**Введение.** Как известно, одна из самых острых проблем при использовании трансформаторов большой мощности связана с качеством трансформаторного масла. Во время работы трансформатора масло поглощает атмосферную влагу и его диэлектрическая прочность снижается. Чтобы уменьшить содержание воды в масле, его прокачивают через резервуар, содержащий адсорбент, такой как цеолит или силикагель. Адсорбент, утративший сорбционную способность, можно восстановить, удалив влагу путем нагревания. Обработку адсорбента можно производить путем его прокаливания на металлических листах или нагревания в герметичных контейнерах при пониженном давлении с помощью нагревательных змеевиков. Использование первого способа приводит к разрушению адсорбента при переходе его от адсорбера и обратно. Недостатками второго метода являются: карбонизация адсорбента вблизи нагревательных змеевиков из-за перегрева и отсутствие сушки адсорбента вдали от нагревателей. Это связано с низкой теплопроводностью адсорбента. Для устранения недостатков второго метода авторы предлагают способ нагрева и регенерации адсорбента с помощью мощного ВЧ электромагнитного поля.

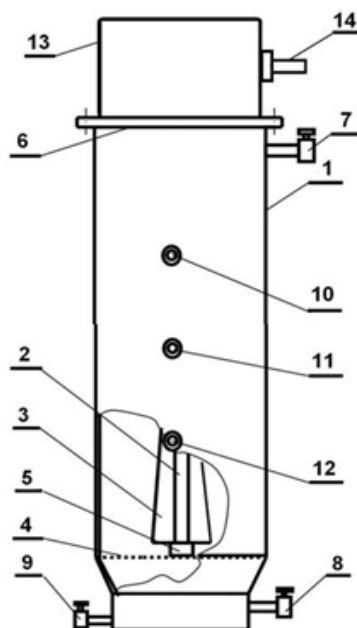
**Целью** статьи является краткое описание способа сушки адсорбента электромагнитным полем.

**Основная часть.** Описание технологии. Для ускорения регенерации адсорбента используется сушка при пониженном давлении. Еще одним преимуществом этого метода является использование картриджа для регенерации масла «адсорбер» в качестве осушающей способности. Применение универсального картриджа позволяет снизить потери адсорбента при операциях загрузки и разгрузки. Предлагаемый картридж представлен на рис. 1, представляет собой коаксиальный резонатор. Для усиления распределения электромагнитного поля резонатор 1 оборудован центральным проводником 2, с четырехлопастными ребрами 3. При такой конструкции распределение поля и, как следствие, нагрев вещества становится более равномерным. Вентили 7, 8 и 9 служат для подачи и откачки масла в режиме работы с маслом для очистки. В режиме регенерации адсорбента к этим заслонкам подключен вакуумный насос. Вентили 10-12 служат для подключения датчиков аварийного терморегулирования. Сетка 4 предотвращает попадание частиц адсорбента в вакуумный и масляный насосы. Блок 13 служит для согласования выходного сопротивления генератора с входным характеристическим сопротивлением картриджа.

Для получения равномерного распределения мощности моделирование поля проводилось в программном обеспечении CST Studio Suite.

Рассматривались три варианта: безреберный (коаксиальный) резонатор – наиболее простой вариант; 4-ребристый резонатор – наилучшее среднеквадратичное распределение мощности; 8-ребристый резонатор.

На рис. 3 можно увидеть CAD-модель этого резонатора. Форма ребер позволяет согласовать импеданс резонатора с выходным сопротивлением генератора.



1 - внешняя трубка, 2 - центральный проводник, 3 - выступы для перераспределения электромагнитного поля, 4 - фильтрующая сетка, 5 - изолятор, 6 - фланец, 7-9 - масляные и воздушные заслонки, 10-12 - заслонки термометров, 13 - устройство электрического согласования, 14 - вентиль для энергии УВЧ.

Рис. 1. Универсальный регенерационный картридж

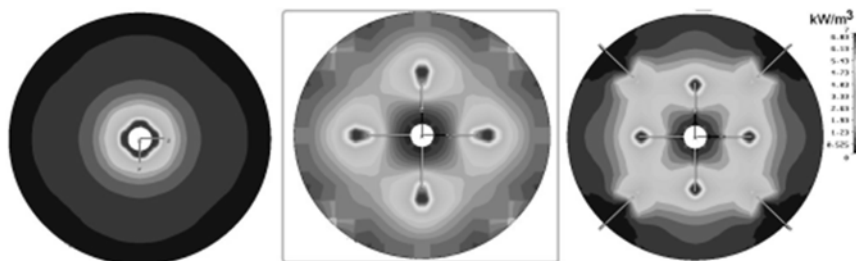


Рис. 2. Среднеквадратичное распределение мощности в различных типах патронов.

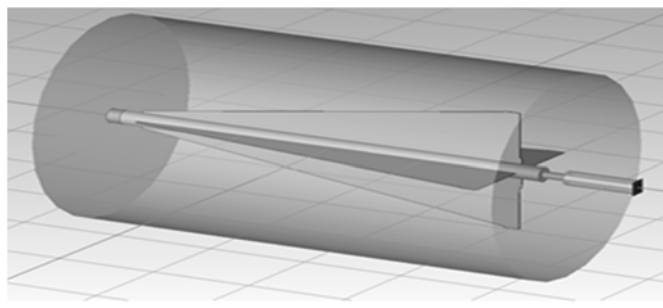


Рис. 3. Картридж для регенерации адсорбента.

Промышленное оборудование. Конструкция универсального картриджа представлена на рис.1. На рис. 4 показан внешний вид устройства.



Рис. 4. Промышленное оборудование для регенерации трансформаторного масла.

Оборудование для регенерации трансформаторного масла работает по двухкартриджной схеме: один картридж используется для регенерации трансформаторного масла, второй – для регенерации адсорбента. После регенерации адсорбента во втором картридже он заменяет первый в схеме восстановления трансформаторного масла.

**Выводы.** Регенерация сорбента по предлагаемой технологии позволяет увеличить начальную сорбционную емкость, продлить срок службы сорбента, уменьшить время регенерации и снизить общее энергопотребление. Применение представленной технологии и оборудования позволяет:

- повысить начальную сорбционную емкость нового цеолита на 15-20%;
- увеличить количество циклов использования цеолита с 3-4 до 8-10 (по сравнению с методом сушки змеевиками);
- уменьшить время регенерации с 15-16 часов до 7-8 часов (по сравнению с методом сушки с помощью змеевиков).

**Список использованной литературы:**

1. Кивва Ф. В., Горобец В. Н., Зотов С. М. и др. Новые технологии обработки сорбентов // Новые энергетики. - 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. Монастырский А. Е. Регенерация, сушка и дегазация трансформационного масла. Учебное пособие. - С-Петербург, 1997. - 42 с.
4. Кельцев Н. В. Основы адсорбционной техники. - М. Химия, 1984.
5. Лукин В. Д., Анципович И. С. Регенерация адсорбентов. - Л.: Химия, 1983.

**References:**

1. Kivva F. V., Gorobets V. N., Zotov S. M. i dr. Novyye tekhnologii obrabotki sorbentov. Novini yenergetiki. 2003. № 1-2. P. 26–31.
2. Golovko M. I., Goncharenko Y. V., Gorobets V. N. i dr. Ustanovka dlya regeneratsii sorbentov v elektromagnitnom pole. Tekhnologiya i konstruirovaniye v elektronnoy apparature. 2005. № 5 (59). P. 49–51.
3. Monastyrskiy A. E. Regeneratsiya, sushka i degazatsiya transformatornogo masla. Uchebnoye posobiye. S-Peterburg, 1997. P. 42.
4. Kel'tsev N. V. Osnovy adsorbtsionnoy tekhniki. M. Khimiya, 1984.
5. Lukin V. D., Antsipovich I. S. Regeneratsiya adsorbentov. L. Khimiya, 1983.

Надійшла до редакції 23.12.2020 р.