

УДК 620.952

БИОРЕСУРСЫ В СОВРЕМЕННОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

Смирнова Ю.К., Редикульцева У.А.

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет»,

Тобольский индустриальный институт (филиал), Тобольск, e-mail: poulia@yandex.ru

В статье рассматривается вопрос применения в высоковольтных аппаратах современной отечественной электроэнергетики минерального масла, перечислены его технические функции и назначение; приведены основные виды, используемое сырье для производства и заводы производители отечественных трансформаторных масел. Описывается проблема безопасного использования минерального масла в трансформаторах, экологическое воздействие отработанных минеральных масел на окружающую среду. Рассмотрены варианты применения в качестве изоляционного материала в современных трансформаторах альтернативного биоресурса – растительного масла. Приведены собственные результаты исследования физико-химических свойств растительного масла из масличной культуры – рыжика озимого. Дана сравнительная характеристика некоторых физико-химических свойств минерального трансформаторного масла и растительного масла из масличной растительной культуры. Отмечены некоторые преимущества растительного масла по сравнению с трансформаторным минеральным маслом при их использовании в высоковольтных аппаратах: экологическая чистота, высокая температура воспламенения, неисчерпаемые запасы сырья, возможность вторичного использования отработанного растительного масла.

Ключевые слова: отработанное трансформаторное масло, переработка, возобновляемые биоресурсы, охрана окружающей среды

THE BIO-RESOURCES IN THE MODERN ELECTRIC POWER INDUSTRY

Smirnova Y.K., Redikultsev U.A.

Tyumen Industrial University, Tobolsk Industrial University (branch), Tobolsk, e-mail: poulia@yandex.ru

The article deals with the use of high-voltage devices in the modern domestic power mineral oil, lists its technical functions and purpose; the main types of raw materials used for the production and manufacturers of domestic transformer oils. Describes the issue of the safe use of mineral oil in transformers, the environmental impact of waste mineral oils on the environment. Reviewed the applications and as insulation material in modern transformers alternative bioresources – vegetable oil. The authors present their own results of the study of physical and chemical properties of vegetable oil from the oil culture-winter ginger. The comparative characteristic of some physical and chemical properties of mineral transformer oil and vegetable oil from oil-bearing vegetable culture is given. Some advantages of vegetable oil in comparison with transformer mineral oil at their use in high-voltage devices are noted: ecological purity, high temperature of ignition, inexhaustible reserves of raw materials, possibility of secondary use of the fulfilled vegetable oil.

Keywords: spent transformer oil, processing, renewable bioresources, environmental protection

В современных отечественных высоковольтных аппаратах теплоотводящей и изолирующей средой служит преимущественно трансформаторное масло минерального происхождения, являющееся горючим, взрывоопасным и биологически неразложимым.

Главной частью трансформатора являются его обмотки, которые требуется защитить. В процессе понижения высокого в низкое напряжение аппарат генерирует много тепла. Если не удалять тепло, медь начнёт плавиться и электрический контакт будет потерян.

Надежная работа высоковольтных трансформаторов обусловлена применением масла, выполняющего следующие функции:

– *охлаждение*. Во время скачков напряжения вверх/вниз температура трансформаторных обмоток увеличивается, что требует надлежащего охлаждения;

– *электрическая изоляция*. Масло действует как изолятор между обмотками, уве-

личенное сопротивление изоляции помогает избежать короткого замыкания;

– *мера безопасности*. Газовая защита (по принципу Бухгольца) основана на подаче сигнала на отключение при появлении бурного газообразования, приводящего к короткому замыканию. Индикатор температуры масла описывает внутреннее состояние трансформаторного бака. Масло помогает избежать тяжелых потерь и повреждений аппаратов [1].

В трансформаторах мощностью 50–500 кВА применяют бумажно-масляную изоляцию, в основе которой лежит изоляционная бумага, пропитанная маслом. У трансформаторов мощностью до 20–30 кВА применяют большие сварные конструкции из стального листа с многочисленными трубами, параллельно выходящими из одной или нескольких её сторон. Магнитопровод с обмотками помещается в трубчатый бак. Масло окружает электрические обмотки, и забирает от них тепло. Через конвекцию,

в горячем виде оно поднимается в верхнюю часть трубы, охлаждаясь, опускается вниз, и стекает обратно в резервуар с более низкой температурой. Затем всё повторяется по той же схеме.

Направленное масляное охлаждение обеспечивает равномерную теплоотдачу между обмоткой и маслом, которое имеет:

- очень хороший коэффициент теплопроводности (легко отводит тепло);
- высокую точку кипения, поэтому оно остается жидким внутри трансформатора.

Трансформаторное масло обеспечивает хорошие условия для среды гашения дуги. Изоляция сокращает потери меди за счет нагрева, уменьшает шум, создающийся в трансформаторе, приводит к снижению уровня вибрации. Масло не проводит электричество вообще, что наилучшим образом соответствует условиям короткого замыкания.

В настоящее время отечественной нефтеперерабатывающей промышленностью вырабатываются и поставляются следующие трансформаторные масла:

– ГК по ТУ 38.101.1025-85, в основном из западно-сибирских нефтей, вырабатываемая с применением процессов гидрокрекинга и каталитической депарафинизации. Выпускается на АО «Ангарская нефтехимическая компания».

– СА по ТУ 38.401.1033-95, в основном из западно-сибирских нефтей, вырабатываемая с применением процессов селективной очистки, низкотемпературной депарафинизации и специальной адсорбционной очистки. Выпускается АО «Новоуфимский нефтеперерабатывающий завод».

– Т-1500У по ТУ 38.401.58107-94, в основном из западно-сибирских нефтей, вырабатываемая с применением процессов селективной очистки, низкотемпературной депарафинизации и гидроочистки. Выпускается АО «Уфанефтехим» и ОАО «Нижегород-нефтеорсинтез».

– ТСП по ГОСТ 10121-76, в основном из западно-сибирских нефтей, вырабатываемая с применением процессов селективной очистки, низкотемпературной депарафинизации, контактной или гидроочистки. Выпускается АО «Уфанефтехим» и ОАО «Нижегород-нефтеорсинтез» и АО «Новоуфимский нефтеперерабатывающий завод», АО «Омск НПЗ».

– ТКп по ТУ 38.401.5849-92, в основном из анатасиевской нефти, вырабатываемое с применением процессов кислотно-щелочной очистки и контактной доочистки выпускается на Ярославском нефтезаводе им. Менделеева.

Практически с начала использования трансформаторного минерального масла

(ТММ) в 90-е годы XIX в. начались взрывы и пожары на трансформаторах. В последние десятилетия XX в. Проблемы безопасности осложнились всё возрастающими экологическими требованиями, связанными с трудностями утилизации ТММ из-за его низкой биодegradационной способности [2]. Дефицит и рост стоимости углеводородного сырья, в том числе пригодного для изготовления ТММ, также ставят проблему его замены. Также существует проблема продления «времени жизни» трансформаторов с истекшим сроком службы, которая решается их перезаливкой, также необходимы жидкости нового поколения.

В настоящее время количество отработанных смазочных материалов (ОСМ) настолько велико, что они представляют опасность для окружающей среды. Из всех отходов нефтепродуктов, сбрасываемых в окружающую среду, 65% составляют отработанные масла.

Мировое количество собираемых отработанных смазочных материалов составляет 20 млн т/год, всего лишь 15% из них подвержены дальнейшей переработке. В Российской Федерации сбор и использование отработанных нефтепродуктов составляет 35% от потребления свежих, тогда как в Германии – 55%, США – 45%, Швейцарии – 43%.

В процессе эксплуатации трансформаторов залитые в них масла претерпевают глубокие изменения, которые обычно называют старением.

Для восстановления отработанных трансформаторных масел применяются разнообразные технологические операции, основанные на физических, физико-химических и химических процессах и заключаются в обработке масла с целью удаления из него продуктов старения и загрязнения. В качестве технологических процессов обычно соблюдается следующая последовательность методов:

- механический – для удаления из масла свободной воды и твердых загрязнений;
- теплофизический (выпаривание, вакуумная перегонка);
- физико-химический (коагуляция, адсорбция).

Отработанное масло классифицируется как опасные отходы класса 2 или 3 (высокоопасные или умеренноопасные). Отработанное масло несет в себе серьезную угрозу для окружающей среды и здоровья людей. Оно опаснее, чем сырая нефть, поскольку в нем содержатся измененные в ходе эксплуатации добавки, полиолефины, смолы, асфальтены, карбены, механические примеси и другие загрязнители.

Альтернативой нефтяным минеральным маслам могут стать жидкие изоляционные материалы на основе возобновляемого растительного сырья.

По своему химическому составу растительные масла представляют собой триглицериды – полные сложные эфиры глицерина и одноосновных карбоновых кислот, как насыщенных (стеариновой, пальмитиновой), так и непредельных (олеиновой, линоленовой) [3].

Специфический состав природных продуктов обуславливает их уникальные свойства смазочных материалов. Входящие в растительные масла жирные кислоты действуют как поверхностно-активные вещества (ПАВ), их сложные эфиры образуют смазочную пленку на поверхности трения, жирные спирты выступают в роли свободных растворителей.

Помимо экологического фактора следует учитывать и экономический фактор. Использование единственного нефтяного источника для производства масел, в скором будущем не будет себя оправдывать.

По данным нескольких источников к настоящему времени в мире находится в эксплуатации несколько десятков тысяч «зеленых» трансформаторов, работающих на трансформаторном растительном масле (ТРМ). В России пока не вырабатываются и не применяются изоляционные и смазочные материалы на основе растительных масел, хотя возможность производства биоматериала огромная.

Из вышеизложенного следует вывод об актуальности исследований в области применения растительного масла, как альтернативу минеральным смазочным материалам.

Мы провели исследования физико-химических свойств минерального трансформаторного масла ТСП по ГОСТ 10121-76 и масла семян рыжика озимого, провели

сравнительный анализ физико-химических свойств минеральных и растительных масел.

Исследований проводились в соответствии техническими требованиями: ГОСТ 21046-86 «Нефтепродукты отработанные. Общие технические условия» [4], ГОСТ 10113 – 62 «Масло рыжиковое (техническое). Технические условия» [5].

Трансформаторное масло ТСП по ГОСТ 10121-76 производится в основном из Западно-сибирских нефтей, вырабатываемых с применением процессов селективной очистки, низкотемпературной депарафинизации, контактной или гидроочистки. Выпускается АО «Уфанефтехим» и ОАО «Нижегород-нефтеорсинтез» и АО «Новоуфимский нефтеперерабатывающий завод», АО «Омск НПЗ»

Рыжик озимый (*Camelina silvestris* L.) – масличное растение семейства крестоцветных, который по своим биологическим особенностям и благодаря короткому вегетационному периоду (295-305 дней) может возделываться практически повсюду, где возможно земледелие. Это однолетняя сельскохозяйственная культура с деревенеющими стеблями высотой до 1 м, стреловидными листьями и мелкими желтыми цветками, во множестве усеивающими побеги. Причудливый окрас семян рыжика, от яркого оранжевого до красноватого, подарил название этому представителю семейства крестоцветных. Рыжики – это растения стран с суровым климатом и холодными зимами. Считается, что чем более северным является регион произрастания растения, тем больше ненасыщенных кислот будет содержаться в масле. В качестве посевной культуры рыжик выращивают и у нас, и по всей Азии и Европе, и в североамериканских странах.

Результаты исследования физико-химических свойств минерального трансформаторного и растительного масел представлены в таблице.

Сравнительные показатели трансформаторного минерального масла и растительного (рыжикового) масла

Показатель	Трансформаторное минеральное масло	Растительное (рыжиковое) масло
Температура вспышки, °С	135	215
Температура воспламенения, °С	162	233
Плотность, кг/м ³	897	919
Кислотное число, мг КОН	0,015	6,4
Показатель преломления	1,5070	1,4768
Способность к биодegradации	30 %	100 %
Примерная рыночная стоимость, тыс.руб./л	90 – 120	100 – 140

Приведенные выше данные свидетельствуют о возможности технической эксплуатации масла рыжика. Отмечены некоторые преимущества растительного масла по сравнению с ТММ при их использовании в трансформаторах:

– экологическая чистота, обусловленная высокой способностью масла к биодegradации, снижение проблем утилизации;

– высокая температура воспламенения и вспышки, резко снижающие вероятность пожара и взрыва; возможность увеличения нагрузочной мощности;

– неисчерпаемые запасы сырья, возможность использовать генно-модифицированных растений, снижение стоимости при увеличении производства до уровня стоимости ТММ;

– возможность вторичного использования отработанного растительного масла (для получения биодизеля, лаков и красок);

– отсутствие вредного влияния на здоровье персонала;

– существенное уменьшение размеров трансформаторов благодаря новым компоновочным решениям, экономия площадей, занимаемых трансформаторами на подстанции.

Список литературы

1. Липштейн Р.А., Шахнович М.И. Трансформаторное масло: учебное пособие [Текст] / Р.А. Липштейн, М.И. Шахнович. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 264 с.

2. Евдокимов А.Ю. Смазочные материалы и проблемы экологии [Текст] / А.Ю. Евдокимов, И.Г. Фукс, Т.П. Шабалина. – М.: ГУП Изд-во «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2000. – 424 с.

3. Харченко Г.М. Физико-механические свойства растительных масел [Текст] / Харченко Г.М. // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2008. № 4. С. 54–58.

4. ГОСТ 21046-86 «Нефтепродукты отработанные. Общие технические условия». [Электронный ресурс]. URL: [www//http://docs.cntd.ru](http://docs.cntd.ru) (дата обращения: 25.02.2019).

5. ГОСТ 10113 – 62 «Масло рыжиковое (техническое). Технические условия». [Электронный ресурс]. URL: [www//http://docs.cntd.ru/](http://docs.cntd.ru/) (дата обращения: 25.02.2019).