

„Closed-Loop“-Modell für die Aufbereitung von Transformatoröl

Kosteneffiziente und nachhaltige Lösung

www.electricaloilservices.com

Der Artikel ist in englischer Sprache
im Transformers Magazine erschienen.



Das Isoliersystem eines Transformators bestimmt seine Lebensdauer.



Tankfahrzeug entlädt gebrauchtes Isolieröl (UTO) am EOS-Produktionsstandort.

ÜBERSICHT

Unter Stromversorgern in ganz Europa entsteht ein wachsendes Bewusstsein, die gesetzlichen Anforderungen für eine umweltfreundliche und kosteneffiziente Energieversorgung einzuhalten. Eine gängige Möglichkeit des Asset Managements ist das Recycling von Transformatorölen. Mit dem „Closed-Loop“-Modell unterstützt EOS die Industrie, die geforderten Ziele zu erreichen. Die Fachexperten holen das Transformatoröl am Kundenstandort ab, bereiten es auf und führen es in den Wirtschaftskreislauf zurück. Dieses Verfahren bringt vielfältige Vorteile sowohl für Unternehmen als auch die Umwelt.

SCHLÜSSELBEGRIFFE

Regeneration, Ölqualität, Umwelt

„Closed-Loop“- Modell für die Aufbereitung von Transformatoröl

Kosteneffiziente und nachhaltige Lösung

Einleitung

Steigendes Umweltbewusstsein, strenger werdende Regulierungen, hoher Kostendruck und effiziente Verwaltung wesentlicher Vermögenswerte haben dazu geführt, dass Asset Manager der Stromversorgungsindustrie alle ihnen zur

Verfügung stehenden Optionen prüfen. Die Verlängerung der Transformatorlaufzeit sowie ein effizienter Umgang mit Isolieröl haben sich dabei als wesentliche Erfolgsfaktoren in den letzten Jahren herausgestellt. „Das Isoliersystem eines Transformators bestimmt letztendlich die



Lebensdauer des Transformators“, sagt Tom Larney, Vice President Electrical Oil Services (EOS), und fügt hinzu: „Leider sehen wir in vielen Fällen, dass Transformatoren alt sind oder unzureichend gewartet werden. Dabei wäre es sehr einfach und kostengünstig die Laufzeiten zu verlängern, indem man regelmäßig die Isolierölqualität prüft. So können frühzeitig angemessene Schritte eingeleitet werden statt abzuwarten, um bei einem Ausfall des Geräts einen neuen Transformator beschaffen zu müssen.“

Zuverlässiger Betrieb basiert auf einer guten Isolierölqualität

Das zuverlässige Betriebsverhalten eines Transformators hängt von gewissen grundlegenden Eigenschaften des eingesetzten Isolieröls ab. Um dessen vielfältige Aufgaben als Dielektrikum, Kühlmittel und Lichtbogenlöscher zu erfüllen, muss das Isolieröl gewisse Eigenschaften auf-

weisen, insbesondere eine hohe Durchschlagspannungsfestigkeit, ausreichend niedrige Viskosität, angemessene Niedrigtemperaturreigenschaften und Oxidationsbeständigkeit. Während des Betriebs verschlechtert sich die Isolierölqualität. Bei vielen Anwendungen steht das Isolieröl in Kontakt mit der Luft und ist somit der Oxidation ausgesetzt. Hohe Temperaturen beschleunigen die Alterung des Öls. Das Vorhandensein von Metallen, metallorganischen Verbindungen oder beidem kann als Katalysator für die Oxidation wirken. Es können Farbveränderungen, die Bildung saurer Verbindungen sowie

im fortgeschrittenen Oxidationsstadium auch das Absetzen von Schlamm auftreten. Dadurch können die dielektrischen und in extremen Fällen auch die thermischen Eigenschaften beeinträchtigt werden, was zum Ausfall des Transformators führen könnte.

„Geschlossener Kreislauf“ – von Altöl zu Neuöl

Die EU-Richtlinie 2008/98/EG über Abfälle (Abfallrahmenrichtlinie), die Norm ISO 14001 (Umwelt) sowie die Verpflichtungen aus der Abfallhierarchie

EOS bietet ein nachhaltiges „Closed-Loop“-Modell an: gebrauchtes Transformatorenöl wird zu neuwertigen Ölqualitäten aufbereitet und in den Wirtschaftskreislauf zurückgeführt.



Ölqualitäten im Vergleich

fordern eine Entsorgung der Abfälle und Optionen zum Recycling oder zur Behandlung von Altöl. Als führender Lieferant für wiedergewonnenes und neues Isolieröl sowie begleitende Serviceleistungen bietet EOS ein „Closed-Loop“-Modell an. Der „geschlossene Kreislauf“ ermöglicht die Regeneration von gebrauchtem Transformatoröl (Used Transformer Oil, UTO) zu einem neuwertigen Isolieröl und dessen Wiedereinsatz. Der Einfachheit halber werden alle gebrauchten Isolieröle aus Transformatoren, Stufenschaltern oder Schaltanlagen als UTO bezeichnet. Das EOS „Closed-Loop“-Modell wird mit modernsten Überwachungsinstrumenten und -systemen gesteuert, um die strengen Anforderungen der Britischen Norm BSI 148:2009 für „regeneriertes Öl“ zu erfüllen und den Werten gemäß IEC 60296 für „neuwertige Ölqualitäten“ zu entsprechen. Letzteres kann mit zusätzlichen Prozessschritten in der EOS-Anlage erreicht werden.

Gebrauchte Transformatoröle

Es wird geschätzt, dass 2016 ungefähr 18.000 Tonnen UTO in Großbritannien angefallen sind. Ähnliche Mengen werden in Deutschland, Frankreich und den Benelux-Staaten erzeugt. Das UTO-Aufkommen wird entweder über eine stationäre Einrichtung oder Vor-Ort mittels einer vorhandenen mobilen Anlage aufbereitet. EOS bietet seinen Kunden an, das gebrauchte Isolieröl am Kundenstandort einzusammeln, entweder in 25 oder 210 Liter-Fässern, 1.000 Liter IBCs oder Tankfahrzeugen mit einem Fassungsvermögen von 3.000 bis 30.000 Litern. Um die CO₂-Bilanz zu verringern, wird in den meisten Fällen bei der Abholung des UTO gleichzeitig auch regeneriertes Transformatoröl (Regenerated Transformer Oil, RTO) angeliefert. Neben einer effizienten und gut organisierten Logistik- und Transportinfrastruktur erfordert

die Rückgewinnung auch einen Entsorgungsnachweis oder Frachtbrief (für Sondermüll).

Mit der Anlieferung am EOS-Produktionsstandort beginnt eine strenge Qualitätskontrolle. Diese stellt sicher, dass sich das gesammelte Material zur Regeneration eignet. Die Qualitätsauswahl für UTO basiert auf folgenden Faktoren:

- **Farbe:** Bei einem sichtbar minderwertigen oder hochgradig kohlenstoffhaltigen Material wird das gebrauchte Isolieröl als Abfall ausgesondert oder als Rohstoff für Basisöle eingesetzt.
- **Metallgehalt:** Isolieröle mit einem Metallgehalt von >10 ppm werden anderen Prozessströmen zugewiesen, z.B. für Basisöle.
- **Siliziumgehalt:** Jedes Isolieröl mit einem Gehalt von >10 ppm wird anderen Prozessströmen zugewiesen.
- **PCB-Gehalt:** Isolieröle mit einem Gehalt von >10 ppm werden ausgesondert und an andere Ölaufbereitungsanlagen von Fremdfirmen bzw. bei einem Gehalt von >49 ppm in eine Müllverbrennungsanlage verbracht. Öle im Grenzbereich werden für andere Anwendungen eingesetzt.

„Wir sondern gebrauchtes Isolieröl entsprechend unserer Qualitätsanforderungen aus, um einen einheitlichen und qualitativ hochwertigen UTO-Ausgangrohstoff zu erhalten und eine Beschädigung des Bauxits in unseren Aufbereitungskolonnen zu vermeiden“, erläutert Tom Larney. Das UTO wird zunächst in großen Tanks gelagert und schließlich in die Regenerationsanlage geleitet. Diese besteht aus mehreren Kolonnen, die mit Bauxit (Aluminiumoxid) gefüllt sind.

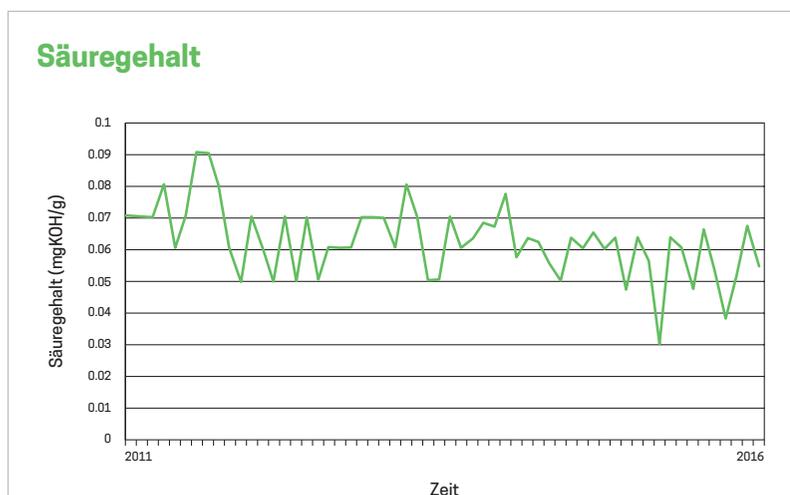


Abb. 1: Säuregehalt des UTO-Rohmaterials in der EOS-Anlage zwischen 2011 und 2016

Bauxit ist ein äußerst wirksames „Adsorptionsmittel“. Polare Verunreinigungen im UTO – Säuren, Schlämme und andere Verunreinigungen – lagern sich an der Außenseite des Bauxits ab.

Konformitätsprüfung

Nach einer vordefinierten Zeit werden die Bauxit-gefüllten Kolonnen durch einen kontrollierten Verbrennungsprozess „reaktiviert“. Reaktiviertes Bauxit wird sodann weiterverwendet und schließlich ersetzt, in manchen Fällen geschieht dies nach 200 Reaktivierungen. Nach Durchlaufen der Bauxit-Kolonnen wird das Isolieröl in einen großen Batch-Tank gefüllt, wo es einer hausinternen Konformitätsprüfung gemäß BS 148:2009 unterzogen wird. Das dauert etwa eine Woche. Die Chargen werden danach in die 50.000 Liter Tanks für Endprodukte geleitet. Nach dem Trocknen und Filtern erhält man ein RTO mit <10 ppm Wasser und einer Durchschlagspannung von >85 kV, das schließlich bereit zur Abfüllung in Fässer oder in Tankfahrzeuge ist.

Die Abbildungen 1 und 2 zeigen zwei der Haupteigenschaften – Säure und Schwefelgehalt – des UTO-Ausgangsrohstoffs am EOS-Produktionsstandort über einen Zeitraum von fünf Jahren.

Nicht alle Schwefelverbindungen in Transformatorölen sind schädlich. Einige von ihnen, wie beispielsweise Thiophen und Disulfide, sind nicht nur stabil, sondern werden von den Verfechtern nicht inhibierter Isolieröle geschätzt, da sie natürliche antioxidative Eigenschaften aufweisen. Sie können auch als Passivierungsmittel für Metallsubstrate und Deaktivierungsmittel fungieren und so den katalytischen Effekt auf die Isolieröloxidation in Transformatoren verringern. Der Gehalt guter Schwefelverbindungen im UTO-Pool beträgt durchschnittlich 1.300 ppm (mg/kg) und sichert ein hohes Maß an Oxidationsstabilität.

Überflüssige Inhibitoren

Die zentralisierte Regeneration in einem „geschlossenen Kreislauf“ hat den Vorteil, dass verschiedene Ausgangsrohstoffe mit vorwiegend guter Qualität eingesetzt werden, um ein nicht inhibiertes, aufbereitetes Isolieröl mit hervorragender Oxidationsstabilität zu erzeugen. Bei der Wiederverwendung in einem Trans-

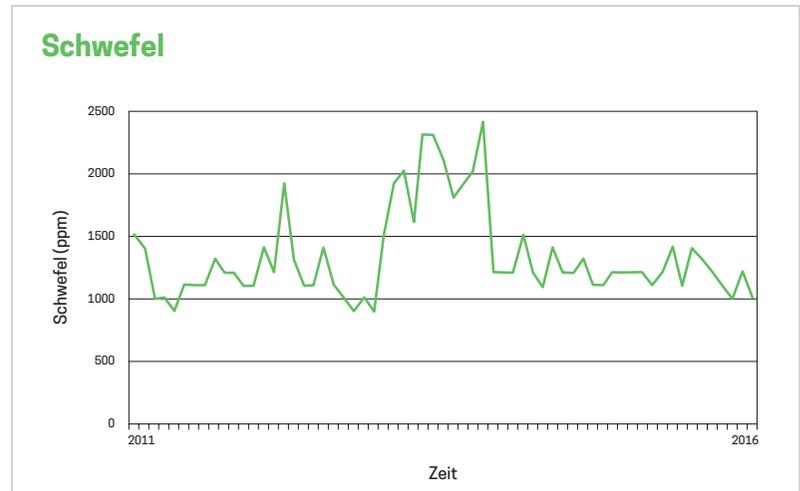


Abb. 2: Durchschnittlicher Schwefelgehalt des UTO-Ausgangsrohstoffs in der EOS-Anlage zwischen 2011 und 2016

Unter Stromversorgern in ganz Europa entsteht ein wachsendes Bewusstsein, die gesetzlichen Anforderungen für eine umweltfreundliche und kosteneffiziente Energieversorgung einzuhalten

formator kann das RTO der Oxidation durch Hitze und Sauerstoff gut standhalten. Abbildung 1 zeigt die Ergebnisse der Säureneutralisierung aus dem gesammelten UTO über einen Zeitraum von fünf Jahren. Eine Kombination großer Ölvolumina beweist, dass das UTO viele seiner „natürlichen“ antioxidativen Bestandteile behält. Künstliche Inhibitoren zur Wiederherstellung der Isolieröleigenschaften sind darum in den meisten Fällen nicht erforderlich. Das RTO entspricht

den Anforderungen von BS 148:2009 und wird von allen Verteilernetzbetreibern in Transformatoren und Schaltanlagen in Großbritannien eingesetzt.

Hochwertiges RTO erfüllt die Anforderungen von IEC 60296:2012

In den vergangenen Jahren wurden große Investitionen am englischen EOS-Produktionsstandort in Stanlow vorgenommen.



Der Regenerationsprozess wird durch das EOS-eigene QS-Labor engmaschig kontrolliert



EOS-Standort Stanlow in Ellesmere Port, Großbritannien

men, um die Qualität des aufbereiteten Isolieröls weiter zu steigern und so die zunehmend strengeren Anforderungen einzuhalten. Eine wesentliche Verbesserung konnte durch den Einbau einer individuellen und einzigartigen Dehalogenierungsanlage erzielt werden. Diese Anlage ermöglicht es, das „herkömmlich“ nach BS 148:2009 regenerierte Öl weiter zu einem noch hochwertigeren RTO aufzubereiten, das alle Anforderungen der Norm IEC 60296:2012 für neue, ungenutzte mineralische Isolieröle erfüllt. Das sogenannte EOS High Grade, welches sowohl als inhiertes als auch als nicht inhiertes Produkt verfügbar ist, stellt eine wesentliche Verbesserung im Bereich aufbereiteter Isolieröle dar. Asset Manager und Wartungsunternehmen erhalten somit die bestmögliche Qualität an regeneriertem Isolieröl und profitieren von wirtschaftlichen als auch ökologischen Vorteilen.

Zusammenfassung

Unter dem Druck, die Laufzeit von Leistungstransformatoren über die erwartete Lebensdauer von 15-20 Jahren hinaus zu verlängern und alle gesetzlichen sowie Umweltauflagen einzuhalten, arbeiten Stromversorger eng mit EOS-Ingenieuren zusammen, um diese Ziele zu erreichen. Die Vorteile regenerierten Isolieröls setzen sich immer mehr durch und sind zu einer tragfähigen Option für Asset Manager vieler Versorgungsunternehmen und Industriebetrieben mit eigenem Versorgungsspannungsnetz geworden. Eine strenge Überprüfung der Ausgangsrohstoffe und der RTO-Qualität, welches nach BS 148:2009 oder sogar nach Anforderungen der IEC 60296 erzeugt werden kann, zeigt deutlich, dass die Qualitätskontrollen und der

ordnungsgemäß durchgeführte Regenerationsprozess wichtige Elemente sind. „Wir sind davon überzeugt, dass unser EOS „Closed-Loop“-Modell von der UTO-Sammlung bis zur Erzeugung hochwertiger Isolierölqualitäten eine umweltbewusste und kosteneffiziente Alternative zum Einsatz neuen Isolieröls darstellt, die alle Asset Manager und Ingenieure in Europa prüfen sollten“, folgert Tom Larney.

Mit der EU-Richtlinie 2008/98/EG über Abfälle (Abfallrahmenrichtlinie) wurden das „Verursacherprinzip“ und die „erweiterte Herstellerverantwortung“ eingeführt. Sie umfasst Bestimmungen zu Sondermüll und Altölen und beinhaltet zwei neue Recycling- und Rückgewinnungsziele, die bis 2020 zu erreichen sind: Erhöhung des Anteils der zum Recycling vorbereiteten Haushaltsabfälle und damit vergleichbarer Abfälle auf 50 % sowie des Anteils der zum Recycling vorbereiteten Bau- und Abbruchabfälle auf 70 %. Die Richtlinie verpflichtet die Mitgliedsstaaten zur Ausarbeitung von Abfallbewirtschaftungsplänen und Abfallvermeidungsprogrammen. (Referenz: <http://ec.europa.eu/environment/waste/framework/>)

Definitionen:

Regeneration wird definiert als die Wiederherstellung des Öls in einen nutzbaren Zustand durch Entfernung von Verunreinigungen und Abbauprodukten wie polare, säurehaltige oder kolloidale Stoffe aus gebrauchten Isolierflüssigkeiten mittels Chemikalien oder Adsorptionsmitteln. Typische Adsorptionsmittel sind Ton (Fuller-Erde), aktiviertes Aluminiumoxid (Bauxit), Attapulgit und Molekularsiebe.

Der British Standard (BS) 148:2009

„Spezifikation für regenerierte Mineral-Isolieröle für Transformatoren und Schaltgeräte“ ist der aktuelle Standard. In den meisten Aspekten entspricht er der Norm für neue Isolieröle IEC 60296:2012. Die Hauptunterschiede beziehen sich auf die Farbe und die Oxidationsstabilität. Der PCB-Gehalt in aufgearbeitetem Isolieröl kann mittlerweile mit moderner Technik auf Werte unterhalb der Nachweisgrenze (<2 ppm) reduziert werden und ist unter den Nutzern immer seltener Anlass zur Besorgnis. Das IEC überarbeitet derzeit den Standard IEC 60296:2012 dahingehend, dass auch aufbereitete Isolieröle in einem gemeinsamen neuen Standard enthalten sind, insofern diese die technischen Werte und Anforderungen dieser Norm erfüllen.

Über EOS

Electrical Oil Services (EOS) ist eine Marke der HCS Group GmbH und ein führender Anbieter für neues und wiedergewonnenes Isolieröl sowie begleitende Serviceleistungen in Großbritannien und Kontinentaleuropa. Die EOS-Experten widmen sich seit über 60 Jahren der Rückgewinnung und Wiederaufbereitung von Isolierölen und beliefern große wie kleine Stromversorgungskunden mit maßgeschneiderten Lösungen. Die Produktionsanlage im britischen Stanlow ist ein abgeschlossenes Gelände von knapp fünf Hektar mit 2.000 m² Lagereinrichtungen, Fertigungs- und Bürogebäuden sowie 60 Lagertanks mit einem Fassungsvermögen von insgesamt 15.000m³ in Behältnissen zwischen 50 m³ und 3.000 m³. Weitere Angaben finden Sie unter: www.electricaloilservices.com