



TRANSFORMER-LIFE-MANAGEMENT
CONFERENCE

Kontinuierliche Trocknung von Transformatoren im Betrieb

Dr. Olaf Schmidt Karberg & Hennemann GmbH & Co. KG



Studium:

- Chemiestudium In Hamburg

Bei Firma/Institut seit:

- Karberg & Hennemann seit 1998

Abteilung:

- Vertrieb

Position:

- Technical Application Manager

Aktueller Tätigkeitsschwerpunkt:

- Technische Projektleitung





Kontinuierliche Trocknung von Transformatoren im Betrieb

Kontinuierliche Trocknung von Transformatoren im Betrieb

Dr. Olaf Schmidt
Karberg & Hennemann GmbH & Co.KG, Hamburg, Germany
os@cjc.de

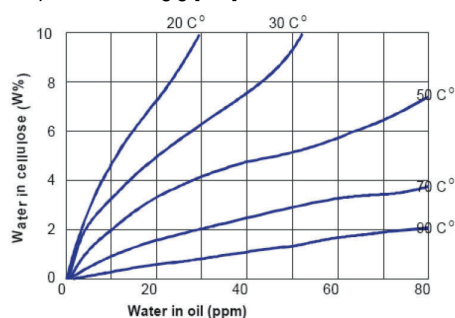
Dipl.-Ing. oec Johannes Heitmann
Karberg & Hennemann GmbH & Co.KG, Hamburg, Germany

Summary

Extracting water and other contamination from the insulating oil is a means to prolong an old transformer's lifetime. One means to do this is a procedure using molecular sieve and cellulose as adsorption media continuously drying the oil and thereby in the long run also the transformer's solid insulation. This paper describes results achieved with an online method that is continuously removing water from a running transformer.

1. Zielsetzung einer nachhaltigen Trocknung eines Transformators.

Bei der Reduzierung der Feuchtigkeit in einem Transformator ist zu berücksichtigen, dass der Großteil des Wassers in einem alternden Transformator nicht im Öl, sondern in der Papierisolierung enthalten ist. Das Mengenverhältnis des Wassergehalts in Öl und Papier ist dabei stark temperaturabhängig [III.1].



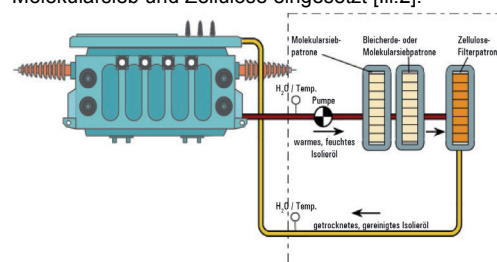
[III.1] – Feuchtigkeitsgleichgewicht in einem Zellulose-Öl-System

Beispielsweise enthält ein Transformator mit 20 m³ Öl und 3 t Papierisolierung bei 50°C lediglich 30 ppm Wasser im Öl, allerdings 4 % Wasser im Papier. Das bedeutet, dass sich im Öl 600 ml Wasser befinden und im Papier 120 l.

2. Erfahrungen mit der Online-Trocknung eines Transformators mittels eines Adsorptionsmittels

2.1. Funktionsprinzip

Bei der hier näher erläuterten Methode der Online-Trocknung werden als Adsorptionsmittel Molekularsieb und Zellulose eingesetzt [III.2].



[III.2] – Trafoöl-Pflegeanlage - Funktionsprinzip

Das Öl durchströmt hier zwei Säulen von Filterelementen, die mit Molekularsieb gefüllt sind und anschließend ein Filterpatrone aus Zellulose. Anschließend wird es zurück in den Transformator gepumpt.

Mit vergleichsweise geringer Förderleistung wird das Öl am tiefsten Punkt des Transformators angesaugt, damit auch Schlamm vom Boden des Transformators mit erfasst wird. Das getrocknete und gereinigte Öl wird in den Ausdehner zurückgeführt, wodurch eine zusätzliche Zirkulation des Öls als positiver Nebeneffekt der Filtration stattfindet. Feuchte und Temperatur des Öls werden im Ein- und Austritt der Pflegeanlage gemessen. Die Messdaten

Kontinuierliche Trocknung von Transformatoren im Betrieb

werden gespeichert und können via GSM-Modem übermittelt werden. Das ermöglicht die kontinuierliche Überwachung des Wassergehalts und damit der Durchschlagfestigkeit als wichtigstem Kriterium zur Beurteilung der Betriebssicherheit und auch der Effizienz des Trocknungsverfahrens. Der Sättigungsgrad der Filterelemente wird ebenfalls angezeigt. Eine Abschaltfunktion stellt sicher, dass die Anlage bei Sättigung der Filterelemente, bei einer Ölleckage und bei möglichen anderen Störungen ausgeschaltet wird.

Das Herzstück dieser Pflgeanlage besteht aus den Filterelementen, die in [III.3] und [III.4] gezeigt werden.



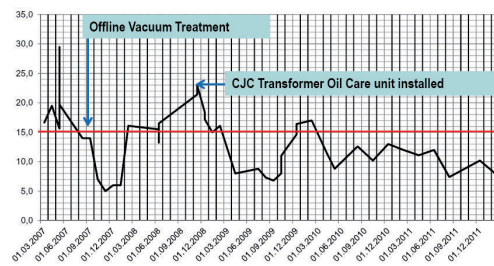
[III.3] – Filterelement, gefüllt mit Molekularsieb
[III.4] – Zellulose-Filterpatrone

Die Zellulose-Filterpatrone entzieht dem Öl nicht nur Feuchtigkeit, sondern hält auch Partikel und Schlamm zurück. Außerdem erfüllt die Zellulosepatrone eine Sicherheitsfunktion: Sollte der unwahrscheinliche Fall eintreten, dass aus den vorgelagerten Filterelementen Granulat austritt, so wird dieses im dichtmaschigen Zellulosegeflecht zurückgehalten.

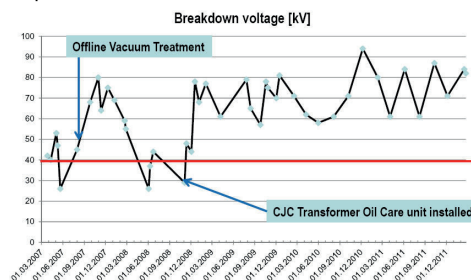
2.2. Best practice

2.2.1 Erfahrungsbericht 1

An einem Siemens-Transformator (Baujahr 1964, 31.5 MVA) wurde eine Trafo-Fluidpflgeanlage installiert. Der Betreiber hatte bereits mittels eines Vakuumverfahrens eine Offline-Trocknung durchgeführt, und obwohl er mit dem Trocknungsergebnis zufrieden war, wünschte er sich eine langfristige Verbesserung der Betriebssicherheit.



[III. 5] – Transformator – Wassergehalt in ppm
[III. 5] zeigt den gemessenen Wassergehalt im Isolieröl über den Verlauf von fünf Jahren. Die ppm-Werte sind zur besseren Visualisierung der Entwicklung auf 20°C skaliert. Für den Betreiber war ein Wassergehalt von 15 ppm bei 20°C der kritische Grenzwert. Durch das Offline-Verfahren war die Feuchtigkeit drastisch auf 5 ppm gesenkt worden, doch bereits ein halbes Jahr später hatte die Ölfeuchtigkeit den kritischen Wert von 15 ppm wieder erreicht. Nach einem weiteren Anstieg auf 20 ppm (bei 20°C) entschied der Betreiber des Transformators sich dafür, ein Online-System zur kontinuierlichen Wasseradsorption zu installieren. Die Messwerte der folgenden Monate zeigen nicht nur die kurzfristige Reduzierung des Wassergehalts im Transformatoröl (auf ca. 6 – 7 ppm), sondern auch den langfristigen Trend, der belegt, dass der Wassergehalt des gesamten Isoliersystems aus Papier und Öl im Transformator abnimmt.



[III. 6] – Transformator – Durchschlagfestigkeit in kV
[III. 6] zeigt die entsprechenden Messungen der Durchschlagfestigkeit. Der Anstieg in der zweiten Jahreshälfte 2007, bedingt durch das Offline-Vakuum-Verfahren sinkt bereits nach wenigen Monaten Betrieb wieder auf das vorherige Niveau ab. Die Installation der Trafo-Fluidpflgeanlage und die Wasseradsorption mittels Molekularsieb (ab Dezember 2008) bewirkte eine Durchschlagfestigkeit, die kontinuierlich oberhalb des kritischen Werts von 40 kV liegt. Der ansteigende Trend zeigt, dass der

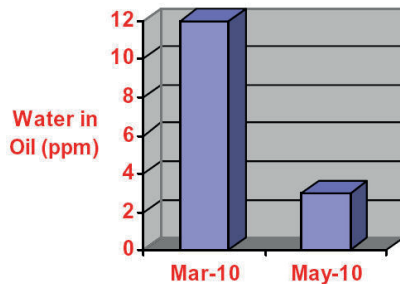
Kontinuierliche Trocknung von Transformatoren im Betrieb

Wassergehalt des gesamten Isoliersystems (Papier und Wasser) abnimmt.

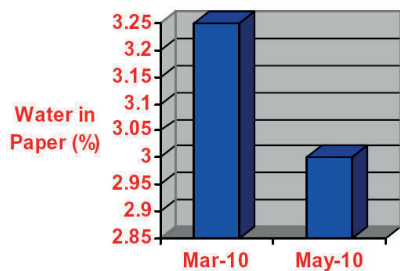
2.2.2 Erfahrungsbericht 2

Ein Transformator mit 20 MVA (Baujahr 1979), Ölvolumen 20 m³. Die Zellulose im Transformator wiegt geschätzte 3 Tonnen. In diesem Fall lag der beobachtete Zeitraum bei neun Wochen. Im Gegensatz zum Wassergehalt im Öl, der direkt gemessen werden kann, kann der Wassergehalt der Zelluloseisolierung nur über die Gleichgewichtskorrelation in einem Papier-Öl-System berechnet werden.

[III. 7 + III.8] zeigt die Messdaten von 2010.



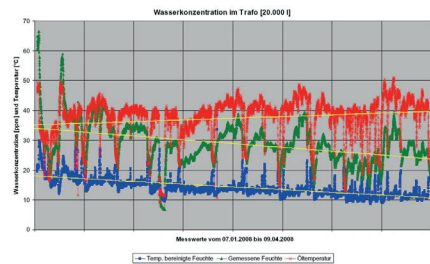
[III. 7] – Transformator – Wassergehalt in ppm



[III. 8] – Transformator – Wassergehalt in Prozent
Zwischen März und Mai sank der Wassergehalt im Öl von 12 auf 3 ppm, folglich wurde der Wassergehalt in der Papierisolierung von 3,25 auf 3 Prozent reduziert. Das bedeutet, dass in diesem Zeitraum 7,5 l Wasser dem gesamten Isoliersystem des Transformators entzogen wurden.

2.2.3 Erfahrungsbericht 3

In diesem Fall wurde die Isolierung eines Gleichrichter-Transformators mit 20.000 l Ölinhalt getrocknet [III.9].



[III. 9] – Messdaten eines Gleichrichter-Transformators

Gemessen wurde die Öltemperatur (rot), die Feuchtigkeit (grün) sowie die temperaturskalierte Feuchte (blau).

Die Daten zeigen, dass im Verlauf der beobachteten Dreimonatsperiode, aufgeführt in [III. 13], die Feuchtigkeit im gesamten Isoliersystem des Transformators langsam, aber stetig gesunken ist (abfallender Trend der blauen Kurve).



Kontinuierliche Trocknung von Transformatoren im Betrieb

2.3. Trafo-Fluidpflegeanlage



Betrieb dauerhaft effektiv funktioniert. Die entsprechenden Sicherheitsmaßnahmen sind essentiell.

Unter Berücksichtigung dieser Aspekte ist es möglich, die Lebensdauer alternder Transformatoren um einige Jahre zu verlängern.

Feuchte- und Temperatursensoren im Eintritt der Trafo-Fluidpflegeanlage messen das Wasserniveau und die Temperatur des Transformatorenöls. Die entsprechenden Sensoren im Austritt der Anlage zeigen an, wie viel des Wassers im jeweiligen Durchlauf durch die Anlage dem Öl entzogen wurde. Wenn die Differenz der gemessenen Werte in Ein- und Austritt der Anlage abnimmt, ist das ein Zeichen dafür, dass das in den Filterelementen enthaltene Molekularsieb gesättigt ist und die Elemente auszutauschen sind.

Ein Leckagesensor überwacht, ob sich möglicherweise unterhalb der Filtergehäuse Flüssigkeit auf der Grundplatte ansammelt. In diesem Fall wird die Trafo-Fluidpflegeanlage sofort ausgeschaltet.

Zusätzlich wird mittels Durchflusssensoren der Ölstrom im Zufluss zur Anlage und im Rückstrom zum Transformator überwacht. Sollte im Rückstrom ein geringerer Durchfluss als im Zustrom herrschen oder kein Durchfluss im Zustrom, so wird die Trafo-Fluidpflegeanlage ausgeschaltet und die Magnetventile am Transformator werden geschlossen.

3. Schlussfolgerung

Eine Online-Öltrocknung am laufenden Transformator ermöglicht eine schonende Trocknung der im Transformator enthaltenen Isoliermedien ohne Begrenzung durch den sonst kritischen Zeitfaktor.

Gerade bei diesen Online-Verfahren ist es notwendig, ein robustes, nicht störanfälliges Verfahren zu wählen, das auch bei unbeobachtetem