Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 84 (1993)

Heft: 22

Artikel: Vorsorgliche Instandhaltung von mit Öl gefüllten Netz-Transformatoren kleinerer und mittlerer Leistung

Autor: Vetsch, Robert

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-902753

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 30.06.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Der ehemalige langjährige Leiter der Servicebetriebe des umfangreichsten Serivcebetriebes für Netz-Transformatoren in der Schweiz, des EW Aarau (EWA) – seit Mitte 1992 im Ruhestand als Berater tätig – möchte hier seine vielschichtigen Erfahrungen weitergeben.

Vorsorgliche Instandhaltung von mit Öl gefüllten Netz-Transformatoren kleinerer und mittlerer Leistung

■ Robert Vetsch

Vor Zeiten waren die Anforderungen an die Transformatoren noch gering. Zweckmässig, preisgünstig und sicher im Betrieb mussten sie sein. Transformatoren einsetzen und vergessen – oft mehr als 30 Jahre – das war lange die Devise. Erst dann, wenn die Leistung nicht mehr genügte oder sonstige Störungen auftraten, hat man sich des treuen Dieners wieder angenommen.

Nachdem die Transformatoren durch die Ölkontaminierungen mit PCB (Polychlorierte Biphenyle) ins Gespräch gekommen sind, hat man für sie ein Instandhaltungskonzept entwickelt. Unterdessen waren auch die Anforderungen gestiegen. Kleinere Abmessungen, angemessene Preise, geringe Verluste und damit minimale Jahreskosten sind gefragt – und im besonderen sicher und umweltfreundlich müssen sie sein.

Normen und Anleitungen der Hersteller können von den in diesem Bericht umschriebenen Anmerkungen abweichen. Es darf aber nie ausser Acht gelassen werden, wie wichtig und wertvoll Erfahrungen im Bereich Transformatoren für einen wartungsarmen Betrieb sind. Aus diesen Gründen ist ein Mittelmass für Wartung und Überwachung von Netz-Transformatoren zu empfehlen.

Gebräuchlichste Normen, Vorschriften und Publikationen sind:

DIN 42 551 IEC 422 IEC 296 IEC 76 1–5
DIN 42 553 IEC 156 IEC 247 IEC 606
DIN 57370 IEC 733 IEC 814 IEC 557
ISO 2 049 IEC 657 IEC 616
SEV Richtlinien und Leitsätze.

Adresse des Autors:
Robert Vetsch, Oberdorfstrasse 11, 5035 Unterentfelden.

Funktion

Über die Funktion von Transformatoren als Leistungsübertrager zwischen zwei elektrischen Netzen unterschiedlicher Spannungen (Bild 1) geben – wenn erforderlich – Lehrbücher bestens Auskunft.

Aufbau von Eisenkern/Kerngestell

Aus der Sicht der vorsorglichen Instandhaltung sei der Aufbau etwas näher betrachtet (Bild 2).

Der Eisenkern besteht in der Regel aus kornorientierten Silizium-Eisenblechen von etwa 0,23 mm Stärke, mit beidseitiger sehr dünner Isolationsbeschichtung. Diese Isolation vermindert den Stromübergang und induzierte, unzulässige hohe Wirbelströme, welche den Kern stark erhitzen könnten.

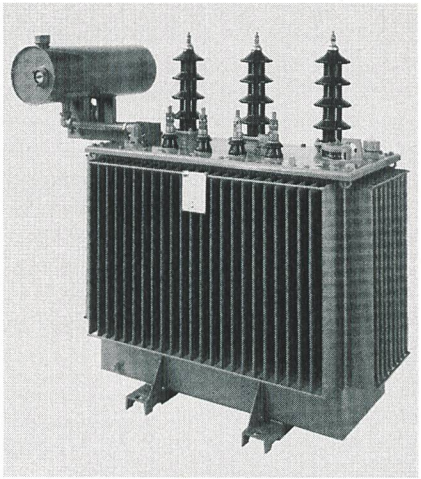


Bild 1 Netztransformator mit Ölausdehnungsgefäss

Je nach Hersteller und vorhandenen Blechschnittvorrichtungen werden die Blechpositionen im Normal- oder Dachschnitt gestossen oder überlappt geschichtet. Der Abstützung und Halterung dienen die Wicklungen und im besonderen das Kerngestell. Dieses besteht, je nach Fabrikat und Alter, aus Holz- oder Eisenpressbalken und -keilen, verbunden mit horizontalen und vertikalen Zugstangen. Sie halten und pressen über Abstützungen gleichzeitig die Kernbleche und Wicklungen.

Defekte und Ursachen:
- Lärmentwicklung/Vibrationen
- Wicklungsisolation defekt/Windungsschlüsse
- Holz- oder Eisenplatten sowie Verkeilungen infolge Alterung gelockert, verursacht durch mechanische oder elektrische Einflüsse.

Empfehlungen:

Transformatoren sind umgehend zu revidieren. Neupressung und -verkeilung der Kernbleche und Wicklungen in getrocknetem Zustand vornehmen. Öleinfüllung unter Vacuum durchführen.

P.S. Durch die magnetischen Flussdichtveränderungen können sich die Leerlauf- bzw. Eisenverluste erhöhen.

Wicklungen/Isolationen

Die Primärwicklung (Oberspannung) wird in der Regel aus Rund- oder Flachkupferdrähten mit Lackisolation – in Lagen gewickelt und mit Windungsanzapfungen – hergestellt. Die Sekundärwicklung (Unterspannung) hat wenig Windungen und einen grossen Strom. Sie besteht aus Kupferband oder parallelen Flachkupferdrähten und ist in Band-, Lagen- oder Schraubenwikkeltechnik hergestellt. Papierzwischenlagen oder Lackauftrag dienen der Isolation zwischen den Leitern. Die Wicklung mit den Verbindungen und Anzapfungen muss sorgfältig, masshaltig und qualitativ einwandfrei durch qualifizierte Arbeitskräfte hergestellt werden. Für die Umschaltbarkeit des Transformators müssen Wicklungs-Gruppierungen und gegebenenfalls separate Wicklungsteile verbunden und zu den Anschlüssen geführt werden. Wie bei den Wicklungsteilen und Anzapfungen ist die Isolation zwischen der Primär- und Sekundärwicklung sehr anspruchsvoll. Kraftpapiere bzw. Transformerboard, das Isolieröl und vor allem die sorgfältige Trocknung im Vakuumofen und anschliessender Imprägnierung mit getrocknetem und entgastem Öl unter Vakuum eingefüllt – garantieren eine hochwertige Isolierung bei der Hochspannungstechnik der Transformatoren.

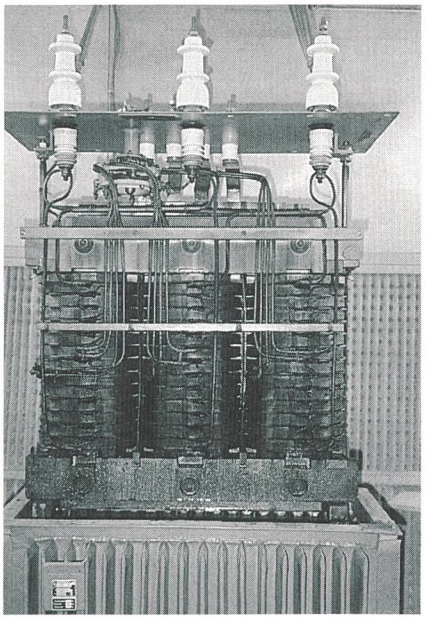


Bild 2 Ausgezogener Aktivteil (Pflegefall)

Defekte und Ursachen:
- Wicklungs- und /oder Isolationsdefekt
- Die Pressung der Wicklung (siehe auch Eisenkern/Kerngestell) genügt den Anforderungen nicht mehr
- Kurzschluss/Überspannung/bzw. Alterung oder mechanische Defekte an Bandagen und Abstützungen usw.

Empfehlungen:

Eine Pressung der Wicklungen (Stabilisierung) ist unbedingt erforderlich. Im Kurzschlussfall entstehen nicht unbeträchtliche elektrische Kräfte, die Isolationen und Wicklungen zerstören können. (Auch bei Einschaltungen entstehen oft Defekte an lockeren Wicklungslagen bzw. -paketen.)

Bei Spezialtransformatoren lohnt sich ein Ausziehen des Aktivteiles zur Kontrolle der Bandagen und Verkeilungen. Es dient einer vorsorglichen Instandhaltung und kann kostensparend wirken.

Kühlung

Die in den vergangenen Jahren stark reduzierten Verluste erzeugen immer noch geringe Wärme im Magnetkern und den Wicklungen. Ein wirksames Kühlsystem – in unserem Falle mit Isolieröl – soll dafür sorgen, dass keine unzulässigen Temperaturen auftreten (Tabelle 1).

Achtung: Bei einer Übertemperatur von 6 °C halbiert sich die Lebenserwartung eines Transformators. Das Isolieröl transportiert die Oberflächenwärme des Kerns und der Wicklungen in seinem Kühlkreislauf nach oben zum Transformatordeckel und anschliessend über die Kühltaschen der Kesselwände an die Umgebungsluft ab. Eine ausreichende Umgebungsluft oder Belüftung ist unbedingt erforderlich. Das Öl dehnt sich durch Erwärmung aus und findet im ölfreien Raum unter dem Deckel oder im Ausdehnungsgefäss Platz. Bei Hermetiktransformatoren muss dazu die Elastizität der Kesselwände genügen.

Isolieröl (IEC 422)

Grundsätzlich sind fast alle Isolieröle miteinander in jedem Verhältnis mischbar. Man sollte jedoch nicht naphthenbasische Isolieröle mit paraffinbasischen Ölen mischen und ausserdem auf eventuelle Additive Rücksicht nehmen. Im Zweifelsfalle sollte ein Fachlaboratorium zu Rate gezogen werden. Das spezifische Gewicht (Dichte), der Flammpunkt (Sicherheitswert) und der Stockpunkt (gutes Kältefliessverhalten) des Transformatoröls sollten auf jeden Fall optimal sein. Die Überwachung und Sicherstellung der Ölqualität bei den Öltransformatoren ist sehr wichtig, das korrekte Funktionieren hängt stark davon ab (Bild 3). Das Isolieröl gibt weitgehend Auskunft über den wahren Zustand des Transformators (Tabelle 2).

Tabelle 1 Erwärmungsgrenzen nach den Normen sind:

	Übertemperatur	Übertemperatur inkl. Umgebungstemperatur (20 °C)	(40 °C)
Wicklungen (Mittel)	65° K	85 °C	105 °C
Isolieröl (Maximum)	55° K	75 °C	95 °C

Charakteristik	Neuzustand	Zustand vor notwendiger Regenerierung oder Ersatz
Aussehen, Farbe	hell, klar	braun, trübe
Durchschlagsspannung	> 90 kV	< 30 kV
Wassergehalt	< 10 ppm	kein freies Wasser > 30–40 ppm
tan δ 90° (%)	< 1	< 10–20

Tabelle 2 Zustand des Isolieröls

Bild 3 Vom Rohstoff bis zum Endprodukt – eine kompromisslose Qualität

Alterung

Beim Isolieröl wie auch beim Isoliermaterial der Spulen wird ein schnelles Altern durch hohe Betriebstemperatur, Feuchtigkeit und/oder Sauerstoffzutritt begünstigt (Oxidation). Saure Verbindungen greifen Werkstoffe an und führen zu Zersetzung und vorzeitigem Abbau (Papierzersetzung – Zelluloseabbau – Wasserbildung). Der Transformator ist gegen diese Einflüsse wirksam zu schützen. Die Gefahr der Oxidation Öl/Kupfer ist sehr gross. Oxidationen können keine auftreten, wenn nur die vom Hersteller vorgesehenen Atmungsorgane der Luftzufuhr dienen und auch das Ölniveau im Kessel stimmt.

Bei inhibierten Ölen setzt der Alterungsprozess erst ein, nachdem die Inhibitoren während des Betriebes verbraucht worden sind. Inhibierte Öle sind auf dem Leistungsschild gekennzeichnet. Mit einer Anlage kann der Inhibitor einwandfrei beigemischt werden. Eine Alterung wird durch eingebaute Luftentfeuchtung hinausgezögert. Ein Expansionsgefäss verzögert mit seinem kleinen Ölspiegel ebenfalls die Alterung.

Achtung: Stark der Alterung unterworfen sind Transformatoren, die durch Leistungsschwankungen einen starken Luftaustausch haben. Sie atmen und ziehen dadurch Staub und Dreck, aber auch Feuchtigkeit ein. Auch die Durchschlagsfestigkeit kann dadurch gefährdet sein.

Ein Ölmessstab dient zur einfachsten Feststellung des Niveaus. Er verhindert die Oxidation und letztlich elektrische Überschläge. Auch zur Überwachung der Öltemperatur kann dieser Messstab dienen. Um unzulässige Erwärmungen zu erfahren, müsste jedoch ein Ölthermometer mit Schalterkontakt eingebaut sein.

Analysen

Das Isolieröl muss periodisch analysiert werden. Die Normen und die Hersteller sehen einen 5- bis 8-Jahresintervall. Die Erfahrungswerte des Autors liegen bei 6–15 Jahren. Aus Sicherheitsgründen sollte eine erste Ölanalyse nach 6 Jahren und die zweite Analyse nach Ergebnis, in der Regel nach maximal 12 Jahren, durchgeführt werden. «Ausreisser» können damit verhindert werden. Selbstverständlich können die Intervalle im besonderen durch Kenntnisse von Bauart, Betriebsverhalten, Aufstellungsort, Belastung und weiteren Beeinflussungen optimiert werden, jedoch nur durch erfahrene Spezialisten. Bei der Analyse ist streng zu beachten, dass Seriosität bei jeder Ölprobe wichtig ist. Nur dann kann das Ergebnis eine optimale Aussage über den Zustand des Öltransformators machen.

Probeentnahme

- Ölgefässe müssen aus Glas, Blech oder ölbeständigem Kunststoff geschaffen und sauber sein.
- Kunststoffgefässe dürfen nur einmal verwendet werden.
- Bei durchsichtigen Behältern muss die Probe in einem dunklen Raum aufbewahrt werden.
- Ölproben können auch während des Betriebes durch ausgebildetes Fachpersonal an den unten am Transformatorkessel angebrachten Ölablass-Schrauben entnommen werden.
- Probemenge: Die zur Untersuchung benötigte Ölmenge beträgt 1 l je Transformator.

Anleitung mit Ablaufschema «PCB-Test» der EWA-Servicebetriebe

Ölproben-Entnahme

Unten:

- Aus der am Trafokessel angebrachten Ölablassvorrichtung 1–20 l Öl (je nach Verschmutzung) in einen Kunststoffkessel ablassen. Unter den Kessel muss dazu eine Ölauffangwanne gestellt werden. Flasche mit trafoeigenem Öl spülen. 1 l Trafoöl bei gesamter Ölanalyse oder $^1/_2$ l bei nur PCB-Analyse in Flasche ablassen.
- Achtung! Öl nicht in Flasche plätschern lassen.
- Gefäss möglichst von unten bis zum Verschlussgewinde auffüllen (kleinste Oberfläche).
- Achtung! Ölausdehnung bei Wärme beachten.
- Das Öl im Kunststoffkessel in einen dafür geeigneten Behälter abfüllen und je nach Prüfresultat fachgerecht entsorgen.
- Achtung! Nur neues auf PCB-Gehalt geprüftes Öl in den Trafo nachfüllen.

Oben:

Diese Art ist nur anzuwenden, wenn beim Gehäuse unten keine Ablassvorrichtung vorhanden oder der Zugang dazu nicht möglich ist.

- Mit spezieller Pumpe im mittleren Drittel des Kessels absaugen. Der weitere Vorgang wie oben beschrieben.
- Achtung! Pumpe darf nur für eine Ölentnahme benutzt und muss fachgerecht entsorgt werden.

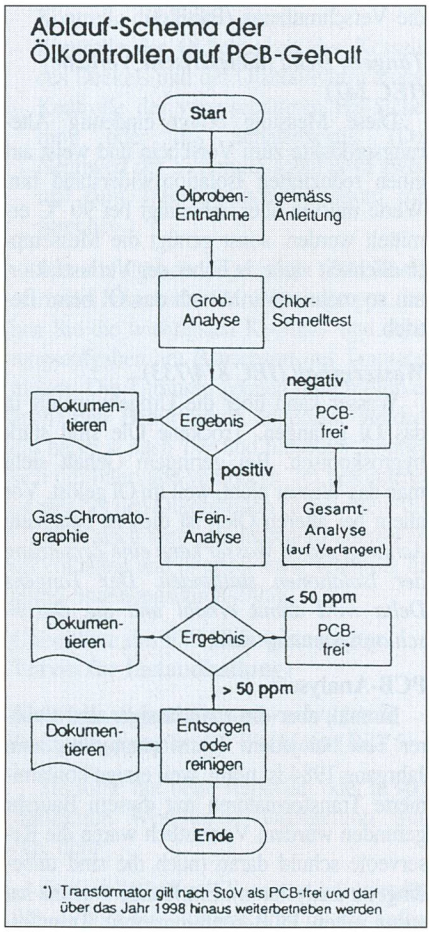
Jede Ölprobe muss etikettiert sein und folgende Angaben enthalten:

Benutzer – Hersteller – Leistung kVA – Fabr.-Nr. – Baujahr – Entnahmedatum – Standort.

Ölprüfungen

Für die Verteiltransformatoren relativ einfach, ausser wenn ein Buchholzschutz angebaut ist. Dort werden bei der Probe die im Öl gelösten Gase analysiert. Noch umfangreicher und komplizierter ist die Ölprüfung bei Leistungstransformatoren. Diese Analysen sind nur in wenigen ausgewählten Laboratorien möglich. Die Ölprüfungen bei Netztransformatoren werden durch die Herstellerfirma, die Materialprüfungsanstalt des SEV oder weitere Spezialfirmen wie die EWA-Servicebetriebe durchgeführt. Zur Beurteilung des Isolieröls auf Weiterverwendbarkeit werden in der Regel folgende Prüfungen vorgenommen:

- Beurteilung von Aussehen und Farbe
- Bestimmung der Neutralisationszahl
- Bestimmung der Durchschlagsspannung
- Alterungsbestimmung tan δ
- Wassergehalt



- PCB-Analyse, nur einmal, aber unbedingt die Vorschriften nach der Stoffverordnung und Anweisungen der kantonalen Fachstellen des Buwal beachten.

Achtung: PCB-Test auch beim Nachfüllöl unbedingt vornehmen

Die prüfende Firma erstellt ein Protokoll und gibt über Zustand und Massnahmen Bericht ab. Auch da ist die Beachtung der Leerlauf- und Kupferverluste unerlässlich, da sie den Endentscheid stark beeinflussen können.

Aussehen und Farbe (ISO 2049, IEC 296)
Dazu dient ein Farbzahl-Vergleich mit normierten Farben. Achtung: Dunkles Öl kann auch inhibiertes Öl sein. Das visuelle Aussehen ist sehr aussagekräftig. So können zum Beispiel Schlammlagerungen/Partikel aller Art und Wasserspuren einiges über den Alterungsprozess des Öles aussagen.

Die Neutralisationszahl (IEC 296)
Sie ist das Mass für säurehaltige Bestandteile oder Verschmutzungen und kann oft auch mit der Nase und von Auge festgestellt werden.

Die Durchschlagsspannung (IEC 156)
Sie definiert die Fähigkeit, elektrischen Beanspruchungen standzuhalten. Sie garantiert aber nicht, dass das Öl nicht gealtert ist. Die Bestimmung der Durchschlagsspannung gibt in gewissen Fällen Hinweise auf den Feuchtigkeitsgehalt des Isolieröls sowie auf die Verschmutzung (Partikel).

Tangens Delta (dielektrische Verluste) (IEC 247)
Diese Messung bringt eindeutig Alterungsprodukte zum Vorschein und weist auf einen reduzierten Isolationswiderstand hin. Werte müssen aber unbedingt bei 90 °C ermittelt werden, sonst genügt die Messempfindlichkeit nicht. Je höher der Verlustfaktor, um so mehr erwärmt sich das Öl beim Betrieb.

Wassergehalt (IEC 814/733)
Wasser kann über die Umgebungsluft in das Öl gelangen. Trockene Öle sind stark hygroskopisch. Bei geringem Gehalt sieht man das Wasser nicht, weil im Öl gelöst. Vor allem bei älteren Ölen ist dies zu beachten. *Achtung: durch Wasser kann eine Zersetzung der Isolationen stattfinden. Der Tangens Delta wird damit erhöht und die Durchschlagsspannung sinkt.*

PCB-Analyse
Einmal, aber ein zuverlässiger und sicherer Test bei jedem Transformator bis zum Jahrgang 1984 ist nötig, weil einige kontaminierte Transformatoren mit diesem Baujahr gefunden wurden. Vermutlich waren die Reserveöle schuld daran (auch die sind unbedingt zu analysieren). Ein Kunde von uns hat sogar einen PCB-kontaminierten Transformator mit dem Jahrgang 1989 gefunden. In der Stoffverordnung und der Verordnung über den Verkehr mit Sonderabfällen sind Vorschriften und Anweisungen aufgelistet (PCB-Prüfablauf siehe Anleitung EWA-Servicebetriebe).

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass ein Urteil nicht über einen einzigen Parameter abgegeben werden kann. Für einen guten Interpretator sind aber nicht alle Messmethoden notwendig. Schon einzelne Parameter und im besonderen die vielfältigen Erfahrungswerte und Routine durch zahlreiche Entnahmen und Messungen weisen in der Regel auf den echten Zustand des Transformators hin.

Kessel

Der Transformatorkessel ist in der Regel aus Stahlblech geschweisst. Oberfläche, Kühltaschen oder -rohre bilden einen Radiator zur Wärmeabführung. Die Kühlfläche muss allerorts ausreichend sein. Bei Aufstellung über 1000 m ü.M. muss der reduzierte Wärmeübergang zur Luft beachtet werden. Im Deckel sind die Durchführungen für die elektrischen Anschlüsse, die Entlüftung mit dem Ölmessstab, der Füllstutzen, Schalterantrieb und eventuell ein Ölthermometer angeordnet. Kessel und Deckel sind öldicht verschraubt. *Achtung: Ein eventuell aufgetautes Expansionsgefäss hat eine Ablassschraube für Wasser. Mit der Anwendung wird ein Durchrosten verhindert.*

Defekte und Ursachen:

- Beulen und Risse in den Radiatoren bzw. Kühltaschen
- Ölleck zwischen Deckel und Kessel, bei den Verschraubungen, beim Ölablass oder den Schweissnähten
- Lockerung der Dichtungen bzw. Verschraubungen, Alterung usw.

Empfehlungen:

- Wie in der Checkliste erwähnt, sollten visuelle Kontrollen periodisch vorgenommen werden (Schweissnähte, Dichtigkeit, evtl. Beschädigungen).
- Öllecks können von Spezialisten in den meisten Fällen vor Ort behoben werden.
- Ölauffangvorrichtungen können auch nachgerüstet werden und verhindern Probleme und Kosten.

Öltransformatoren sind freiatmende Transformatoren mit zwei Öffnungen. Es ist immer zu beachten, dass die Entlüfter im Betrieb geöffnet sind. *Achtung: Zum Transport haben die Transformatoren eine Öldichtung. Sie muss entfernt werden, sonst haben wir einen mangelhaften Hermetiktransformator (Kasten sowie Kühltaschen können sich ausbeulen, weil nicht dafür gebaut).*

Anschlüsse

Porzellandurchführungen oder Steckdurchführungen und Erdungsschrauben, meistens nach DIN-Normen ausgeführt, dienen dem Anschluss an Freileitung, Kabel oder Stromschienen.

Defekte und Ursachen:
- mechanische Defekte/lockere Verschraubungen
- (Fremdeinwirkungen/Alterung)
- Schaltverbindungen zu starr
- Verschraubungen am Isolator unsachgemäss erstellt.

Empfehlungen:
Sorgfältige visuelle Kontrolle nach Programm/Anschlussbolzen-Verfärbungen beachten (Vergleich mit Nebenstelle/Porzellanglasur).
- Erwärmungs-Kontrollmessungen mit Instrument durchführen
- Erdanschlüsse überprüfen.

Achtung: Zwischen der Verschraubung Isolator–Anschlussbolzen und der unteren Mutterschraube beim Anschluss (Kabel oder Kupferschiene) muss unbedingt wenigstens 1 mm Distanz sein.

Oberspannungs-Porzellandurchführungen können in der Regel, das heisst wenn die Anschlüsse in Ordnung sind, von aussen ausgewechselt werden. DIN-genormte Porzellandurchführungen (Farbe Weiss) können ohne Nacharbeit durch Steckvorrichtungen ausgetauscht werden.

Schalter

Ein Anzapfschalter ermöglicht eine Anpassung der Spannungsübersetzung je nach Belastung des Transformators. Die Anpassungsmöglichkeit der Übersetzung liegt in

Bild 4 Ölprüfung im Labor

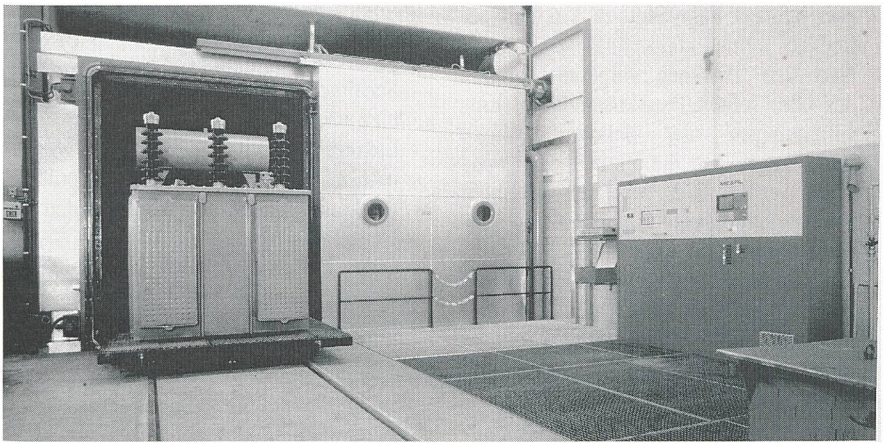


Bild 5 Modernste Vakuum-Trocknungs- und Ölaufbereitungsanlage ab 1994 in den EWA-Servicebetrieben im Einsatz

der Regel im Bereich von 10%. Eine Umschaltung muss immer im spannungslosen Zustand des Transformators getätigt, die Anschlüsse entfernt oder geerdet werden.

Defekte und Ursachen:
- Schalter verklemmt sich (einfacher Schiebeschalter)

Empfehlungen:

Bei jedem möglichem spannungslosen Zustand sollte der Schalter manuell, über alle Stufen getätigt und damit gangbar gehalten werden. Die Ablesbarkeit muss gesichert sein.

Überwachungselemente

Der Ölmessstab ist in der Klappe eines Entlüfters befestigt. Er dient in einfacher Weise zur Feststellung des Ölniveaus im Kessel. Mittels Schleppzeiger im Ölthermometer ersieht man die erreichte Höchsttemperatur. Kontakte lösen Alarm bei unzulässigen Übertemperaturen aus.

Die Ölablassvorrichtung – bei neueren Transformatoren optimal ausgelegt – ermöglicht die Entnahme von Proben zur Kontrolle der Ölqualität.

In Sonderfällen ist ein Gas-Relais (Buchholzschutz) aufgebaut. Es bewirkt Alarm oder Abschaltung bei Gasbildung oder Druckanstieg, ist jedoch in der Regel nur zur Überwachung von grossen Leistungstransformatoren von Bedeutung und bedarf eines separaten Ölausdehnungsgefässes.

Defekte und Ursachen:
- bei den Vorgängern der heutigen Ölablassvorrichtung nach DIN 42551 können Öllecks auftreten.
- ungenügende Abdichtung

Empfehlungen:

Bei der visuellen Kontrolle der Transformatoren ist auch die Ölablassvorrichtung auf Öldichtheit zu prüfen. *Achtung: Im besonderen sollte nach jeder Betätigung (Ölkontrolle usw.) immer eine Nachkontrolle auf Ölverluste durchgeführt werden.*

Empfehlungen bei der Auswahl von Transformatoren

Die Dimensionierung der Transformatoren ist so zu wählen, dass eine dauernde Überlastung vermieden wird. Die Kühlung ist so auszulegen, dass eine zuverlässige Abführung der Verlustwärme sichergestellt ist. Bei Transformatoren mit natürlicher Kühlung ist eine ausreichende Raumbelüftung erforderlich. Man spricht davon, dass sich bei einer Übertemperatur von 6 °C die Lebenserwartung des Transformators halbiert.

Entlüfter im Betrieb öffnen (Transportverschlüsse entfernen). Schutzschalter mit auf Nennwerte eingestellten, zuverlässigen Auslösern versehen. Sofern keine Buchholzschutzeinrichtungen gewünscht werden, kann bei Innenraumaufstellung auf ein Ölausdehnungsgefäss an den Transformatoren verzichtet werden.

Übrigens: Wenn Sie die Auswahl auf einen gebrauchten Transformator aus Ihrem Lager treffen, sollte er auf die Verluste und selbstverständlich auch auf die Ölqualität (und -menge) sowie auf den Zustand des Aktivteils und des Kessels überprüft werden.

Zu den Verlusten in diesem Zusammenhang ein paar Zahlen:

In den letzten 40 Jahren hat sich zum Beispiel bei einem 630-kVA-Trafo eine starke Reduktion ergeben: CU (Wicklung) von 8000 W auf 4500 W/FE (Kern) von 2000 W auf 700 W.

Auch wenn ein neuwertiger Transformator einige Jahre abgeschaltet ist, sollte immer eine Ölprobe durchgeführt werden.

Der Ölstand muss überprüft und bei Bedarf unbedingt durch aufbereitetes Isolieröl nachgefüllt werden. Der Anzapfschalter muss durchgeschaltet werden, bevor der aktuelle Wert fixiert wird.

Instandhaltemassnahmen

Um die Transformatoren stets in einem betriebstüchtigen Zustand zu erhalten, empfiehlt es sich, folgende Kontrollen und Wartungsarbeiten durchzuführen:

Vor Inbetriebnahme im spannungslosen Zustand:
- Entnahme der Transportdichtungen und Transportverschlüsse in den Entlüftungsstutzen
- Kontrolle des Ölzustandes am Ölstandsmessstab oder am Ölstandsanzeiger (Expansionsgefäss-Typ)
- Mehrfaches Durchschalten des Anzapfschalters und anschliessend Fixieren auf der gewählten Stufe. (Beachten, dass der Schalter nicht auf einer Zwischenstellung steht.)
- Bei vorhandenem Schleppzeigerthermometer ist der Zeiger zurückzustellen
- Bei Kontaktthermometer, Thermometer, Buchholzschutz usw.: Kontrolle der Anschlussverdrahtung
- Kontrolle der Ober- und Unterspannungsanschlüsse (immer mit einem Konterschlüssel anziehen und kontrollieren)
- Kontrolle der Schaltgruppe bei Parallelschaltung
- Kontrolle der Spannungsstufen
- Kontrolle der Erdanschlüsse
- Kontrolle der Öldichtigkeit des Kessels, des Deckels und der Ölablassvorrichtung
- Kontrolle der vorgeschalteten HS-Sicherung oder des Schalterrelais. (Der Nennwert der Sicherung sollte etwa zweimal dem Transformator-Nennstrom entsprechen.)

In nachfolgender Checkliste (Tabelle 3), erarbeitet von einer SVI-Arbeitsgruppe, sehen Sie die wichtigsten Kontroll- und Wartungsaufgaben am Betriebsort des Transformators. Die Turnusse können (und sollten es auch) den Bedürfnissen angepasst werden, das heisst je nach Typ und Einsatzort können sich die Intervalle verändern. Im besonderen ist dies bei den Ölkontrollen zu beachten. Ein Öl kann nach wenigen Jahren Kondenswasser enthalten und ist dann stark gefährdet für einen Spannungsdurchschlag.

Checkliste des SVI (Schweizerischer Verein für Instandhaltung)

Kontrolle, Reparatur und vorbeugende Instandhaltung in der Werkstatt (Bild 5)

Sie sollte nur beim Hersteller oder in spezialisierten Werkstätten durchgeführt werden, denn:

Eine vollständige Ölanalyse ist erforderlich. Je nach Resultat muss das Öl neu aufbe-

reitet, das heisst gefiltert, getrocknet, entgast, inhibiert usw. oder gegen Neuöl – auch dieses muss aufbereitet und in der Regel getrocknet werden – ausgewechselt werden. Je nachdem muss auch der Aktivteil, das heisst die Wicklung, entfeuchtet werden.

Das sind Spezialarbeiten und entsprechende Anlagen und Geräte sind dazu erforderlich.
Beispiele:

- Wegen Oxidationsgefahr darf das Trafoöl nicht über 95 °C warm werden. Das kann problemlos mit Vakuumtrocknung gelöst und bei entsprechenden Anlagen kann das trockene Öl unter Vakuum eingefüllt werden.
- Transformatoren jeden Alters lassen sich sorgfältig mit Dampf reinigen. Sie müssen aber nachher unbedingt im Vakuum getrocknet werden können.
- Nach dem Trocknen, vor dem Einfüllen des Öles sollten Presskonstruktion, Erdverbindungen und Schraubanschlüsse nachgezogen und die Verkeilungen optimiert werden. Dies lässt sich an einem vakuumgetrockneten Transformator qualitativ einwandfrei lösen.
- Der Aktivteil kann problemlos längere Zeit ausgefahren werden. Im Vakuumofen wird die Wicklung im kalten Zustand (6–12 Stunden Standzeit) einwandfrei nachgetrocknet.
- Vor dem Wiedereinsetzen sollte eine elektrisch-protokollierte Prüfung mit 75% Nennwerte durchgeführt werden. Die Eigenspannungs-Prüfung ist ebenso wichtig wie eine Fremdspannungs-Prüfung.

In Betrieb, teilweise spannungslos

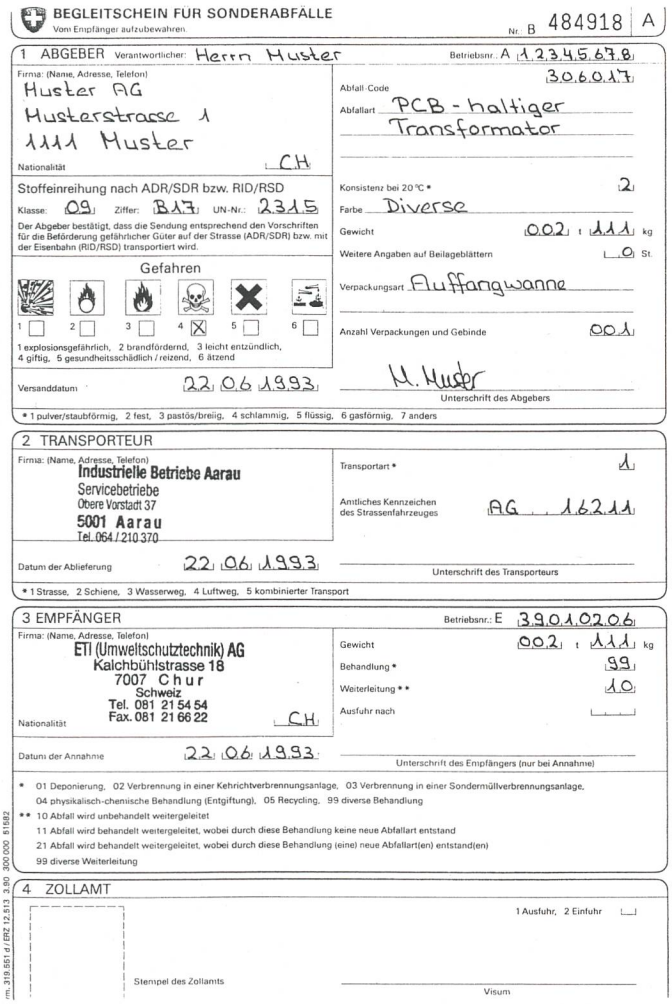
Gegenstand Ausrüstung	Kontrolle Reinigung Wartung	Am Ende des ersten Betriebsjahres	Empfohlener Turnus: monatlich	halbjährlich	jährlich	6jährlich	nach Bedarf
Transformatoren	Geräuschverhalten Korrosionen	x x					
Anschlüsse	Unterschiede in der Verfärbung an den blanken Anschluss-Stellen	x				x	
Transformatorkessel Ölausdehnungsgefäss	Ölstand, (Öl-Qualität unbedingt vor Nachfüllung abklären) Ölverluste: Tropfen unten am Kessel Ölflecken am Boden		x				
Ventilationseinrichtung Ventilatoren, Schächte, Gitter Filter	Funktionsweise Reinigung		x				x
Thermostate für Raumtemp. Relaismatik zu Temp.-Steuerung	Funktionsweise			x			
Kontaktthermometer	Temperaturanzeige, Alarm, Auslösung		x		x		
Buchholzrelais	Gasanzeiger Entlüftung Alarm. Auslösung		x		x		
Stufenschalter (spannungslos)	Auf-/Ab-Steuerung Automatik			x			
Überlastschutz – Hauptstromauslöser – Sekundärrelais – Auslösegestänge	Revision der Auslöser mechanische Funktionsweise				x x		
Isolieröl	Analyse (Entnahme sorgfältig nach Merkblätter der Analysen-Stellen durchführen					x	
Transformator und Raum	Reinigung, Entstaubung				x		
Luftentfeuchter	Silicagel - blau i.O. - gebleicht, auswechseln				x		
Spezialtransformatoren, wie Hermetiktrafo	sind nach Vorschriften des Herstellers zu warten						

Weitere wichtiqe Nachkontrollen sind:

- Kontrolle der Schalterfunktionen
- Schaltverbindungen überprüfen und eventuell nachziehen
- Erdverbindungen, Deckel-Kern-Metallteile, auf elektrischen Durchgang prüfen
- Wicklungswiderstände mit Prüfdaten der Hersteller vergleichen
- Ölstand nach Entlüftung in kaltem und warmem Zustand prüfen
- Alle Dichtungspartien überprüfen, eventuell Schrauben nachziehen.

Tips

- Beim Einschalten entstehende abschwellende Brummgeräusche sind bei neueren Transformatoren nicht kritisch.
- Unsymmetrische Ströme bei symmetrischer Last weisen auf eventuell gelötete Verbindungen hin.
- Eine Hochspannungssicherung kann infolge zuwenig Öl im Kasten auslösen.
- Die erhöhte Temperatur ergibt eine Verlustveränderung nach oben.
- Eine Ölausdehnung kann 5–8% sein.
- Sorgfalt tragen bei der Ölnachfüllung: Ist das Nachfüllöl PCB-geprüft und gleicher Qualität (bei letzterer, wenn mehr als 5% Nachfüllmenge)? Eine Ölauffangwanne zu Hilfe nehmen. Inhibierte Öle können mit anderen Ölen gemischt werden.
- Die ungefähre Öltemperatur kann auch mit der Messung der Kesseltemperatur (plus 5 °C) ermittelt werden.
- Warmes Öl nimmt leicht und gern Feuchtigkeit auf. Also je nach Luftfeuchtigkeit und Ort können nicht jederzeit Ölprüfungen durchgeführt werden.
- Gefullertes Öl ist mit Tonerde aufbereitet und muss inhibiert werden.
- Mit Stickstoff kann bei einem Aktivteil die Öleinfüllung hinausgezögert und die Wicklung muss nicht getrocknet werden. Das Öl muss jedoch auf jeden Fall im Umlauf getrocknet werden.
- Transformatoren sind Hochspannungsapparate. Nur Spezialisten und Kenner der Situation können und dürfen elektrische Prüfungen gefahrlos vornehmen.
- Der Um- und Nachwelt zuliebe muss beim Transport der Transformatoren optimale Sorgfalt ausgeübt werden. Nur taugliche Hebe- und Transportmittel, richtig und nach Vorschrift angewendet durch ausgebildetes bzw. informiertes Personal, führen zu tadellosem Erfolg.
- Auch Mineralöl-Transformatoren sollen – wenn auch nicht als Sondermüll – verantwortungsbewusst entsorgt werden.
- Leerlauf und Lastverluste müssen beachtet, aber nicht überbewertet werden. Nur eine seriöse Kapitalisierung kann und soll



BEGLEITSCHEIN FÜR SONDERABFÄLLE
Vom Empfänger aufzubewahren
Nr. B 484918 A

1 ABGEBER Verantwortlicher: Herrn Muster
Betriebsnr. A 1.2.3.4.5.6.7.8.
Firma: (Name, Adresse, Telefon)
Muster AG
Musterstrasse 1
1111 Muster
Nationalität CH
Abfall-Code 30.6.0.17
Abfallart PCB-haltiger Transformator
Stoffeinreihung nach ADR/SDR bzw. RID/RSD
Klasse: 09 Ziffer: B17 UN-Nr.: 2315
Der Abgeber bestätigt, dass die Sendung entsprechend den Vorschriften für die Beförderung gefährlicher Güter auf der Strasse (ADR/SDR) bzw. mit der Eisenbahn (RID/RSD) transportiert wird.
Konsistenz bei 20 °C * 2
Farbe Diverse
Gewicht 002 t 111 kg
Weitere Angaben auf Beilageblättern 0 St.
Gefahren
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐
1 explosionsgefährlich, 2 brandfördernd, 3 leicht entzündlich, 4 giftig, 5 gesundheitsschädlich / reizend, 6 ätzend
Verpackungsart Auffangwanne
Anzahl Verpackungen und Gebinde 001
Versanddatum 22.06.1993
Unterschrift des Abgebers
* 1 pulver/staubförmig, 2 fest, 3 pastös/breiig, 4 schlammig, 5 flüssig, 6 gasförmig, 7 anders

2 TRANSPORTEUR
Firma: (Name, Adresse, Telefon)
Industrielle Betriebe Aarau
Servicebetriebe
Obere Vorstadt 37
5001 Aarau
Tel. 064 / 210 370
Transportart * 1
Amtliches Kennzeichen des Strassenfahrzeuges AG 16211
Datum der Ablieferung 22.06.1993
Unterschrift des Transporteurs
* 1 Strasse, 2 Schiene, 3 Wasserweg, 4 Luftweg, 5 kombinierter Transport

3 EMPFÄNGER
Betriebsnr.: E 3.9.0.1.0.2.0.6.
Firma: (Name, Adresse, Telefon)
ETI (Umweltschutztechnik) AG
Kalchbühlstrasse 18
7007 Chur
Schweiz
Tel. 081 21 54 54
Fax. 081 21 66 22
Nationalität CH
Gewicht 002 t 111 kg
Behandlung * 99
Weiterleitung ** 10
Ausfuhr nach
Datum der Annahme 22.06.1993
Unterschrift des Empfängers (nur bei Annahme)
* 01 Deponierung, 02 Verbrennung in einer Kehrichtverbrennungsanlage, 03 Verbrennung in einer Sondermüllverbrennungsanlage, 04 physikalisch-chemische Behandlung (Entgiftung), 05 Recycling, 99 diverse Behandlung
** 10 Abfall wird unbehandelt weitergeleitet
11 Abfall wird behandelt weitergeleitet, wobei durch diese Behandlung keine neue Abfallart entstand
21 Abfall wird behandelt weitergeleitet, wobei durch diese Behandlung (eine) neue Abfallart(en) entstand(en)
99 diverse Weiterleitung

4 ZOLLAMT
1 Ausfuhr, 2 Einfuhr
Stempel des Zollamts
Visum

m. 319.561 d / ERZ 12.513 3.80 300.000 51682

Bild 6 Begleitschein für Sonderabfälle

den Entscheid auf Ersatz beeinflussen. Eine Revision kann kostengünstiger sein und belastet die Umwelt geringer.

- Optimierte Transformatoren sind bei perfekter Funktionsmöglichkeit für den Betreiber am wirtschaftlichsten. Eine Hochrechnung kann die Wahl auf einen teureren Transformator rechtfertigen.

Zusammenfassung

Der offensichtlich genügsame Öltransformator erreicht in der Regel – oft mit minimaler Pflege – ein Alter von 30 und mehr Jahren.

Durch periodische Kontrolle und Wartung soll nicht in erster Linie die Gebrauchsdauer verlängert werden, ohne dass zugleich die technischen Fortschritte bei der Herstellung beachtet werden. Der Ersatz muss jedoch in jeder Beziehung gerechtfertigt sein. Vor allem möchte man Überraschungen durch Ausfälle verringern bzw. fernhalten und nicht zuletzt Umweltbelastungen verhindern.

Anmerkungen über den Verkehr mit PCB und PCB-kontaminierten Ölen

- Der Abgeber darf die Sonderabfälle für die Abgabe weder verdünnen noch vermischen.
- Als Transporteure gelten Abgeber, Empfänger und Dritte, die Sonderabfälle transportieren.
- Der Transport darf nur durch einen Chauffeur, der für solche Transporte ausgebildet und ausgerüstet ist, durchgeführt werden.
- Empfänger: Der Abgeber darf die Sonderabfälle nur an einen Empfänger abgeben der zu ihrer Entgegennahme berechtigt und bereit ist (Empfänger-Bewilligung vom Buwal) (Bild 6).
- Begleitscheine: Der Abgeber muss für jeden Sonderfall, den er abgeben will, einen Begleitscheinsatz nach Anhang 1 ausfüllen und verwenden.
- Der Transporteur darf die Sonderabfälle nur dem auf den Begleitscheinen eingetragenen Empfänger übergeben. Für die Ablieferung von Sonderabfällen, die mit der Eisenbahn befördert werden, gelten die Bestimmungen des Eisenbahn-Transportrechts.
- Kennzeichnung der Verpackungen und Gebinde: Der Abgeber muss Verpackungen und Gebinde, in denen Sonderabfälle transportiert werden, mit der Aufschrift «Sonderabfälle/déchets spéciaux/Rifiuti speciali» und mit der Nummer der zugehörigen Begleitscheine versehen.
- Sicherungs- und Behebungsmassnahmen.
- Die Kantone treffen für den Verkehr mit Sonderabfällen die nötigen Massnahmen:

  a) zur Abwehr unmittelbar drohender Gefahren;
  b) zur Behebung von Schäden

  Zuständig für die Anordnung der Massnahmen ist der Kanton, in welchem sich die Sonderabfälle befinden.
- Der Kanton entscheidet über Mengenschwellen bzw. Freigrenzen für den Transport. So sind im Kanton Aargau bereits Kondensatoren ab 500 g Gewicht als Sondermüll zu erfassen und unterstehen der Verordnung über den Verkehr mit Sonderabfällen.

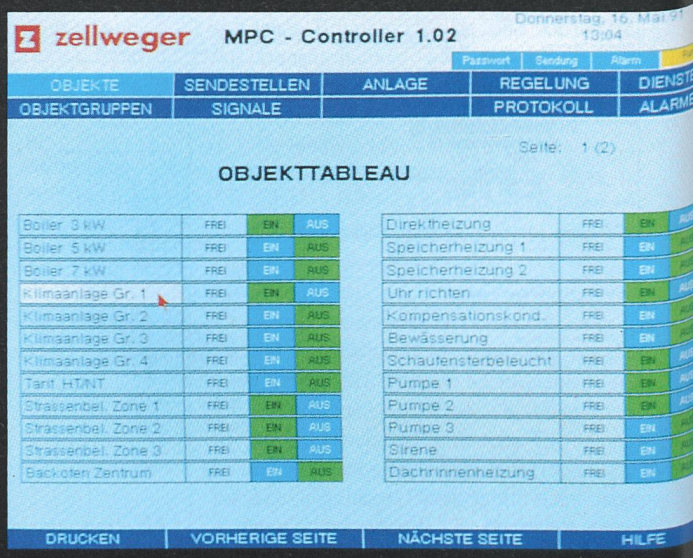
Entretien préventif de transformateurs de réseau de petite et moyenne puissance

Au début, les exigences posées aux transformateurs étaient minimes. Ils devaient simplement être pratiques, d'un prix avantageux et fiables. Installer les transformateurs, puis les oublier – et ceci, souvent pendant 30 ans et plus – a longtemps été la devise. Ce n'est qu'au moment de l'apparition d'une insuffisance de la puissance ou de perturbations, que l'on s'intéressait de nouveau à ce «fidèle serviteur».

Une conception d'entretien a été élaborée après que, à la suite de contaminations de l'huile avec du PCB, les transformateurs soient devenus un centre d'intérêt. Les exigences requises avaient entre-temps, elles aussi, augmenté. Un faible encombrement, des prix appropriés, des pertes infimes et, de ce fait, des frais annuels minimaux sont demandés – de plus, ils doivent notamment être sûrs et respecter l'environnement.

Les normes et instructions des fabricants peuvent s'écarter des remarques présentées dans cet article. Il ne faut toutefois jamais oublier combien les expériences acquises dans le domaine des transformateurs sont importantes et précieuses pour une exploitation fiable. Ce sont les raisons pour lesquelles, un juste milieu est recommandé pour l'entretien et le contrôle des transformateurs de réseau.

Jetzt reden wir Klartext mit allen Rundsteuerempfängern.



Früher sprach jedes Rundsteuerkommandogerät eine eigene, verschlüsselte Sprache. Die Schaltobjekte programmierten Sie auf Steuerimpulse, Adressen und Codes. Das war unübersichtlich und brauchte viel Zeit.

Heute präsentiert Zellweger den z'enertop MPC. Der Bildschirm zeigt Ihnen die Schaltobjekte mit Name und in Ihrer gewünschten Sprache. Unabhängig von Impulsen und Codes. Zur Steuerung genügt ein Klick mit der Maus.

zellweger

One step ahead

Zellweger Uster AG, Geschäftsbereich Energie
CH-8320 Fehraltorf, Tel. 01 954 81 11