

**1** Inhaltsverzeichnis

**1**

**2** Technische Unterlagen  
(Abmessungen und Zubehör)

**3** Prüfprotokolle

**4** Transport

**5** Transformatorenöl

**6** Allgemeine Anweisungen für  
Montage, Betrieb und Wartung

**7**

**8**

Kunde	ABB SECHERON LTD
Bestellung	301297-XCH900129-ZTD
Auftrag Nr	412590/290062
Fabrik Nr.	5218716
Typ	CTMM 24 NC 4000
Nennleistung	4000 kVA
Nennspannung	16800±500/3300 V
Nennstrom	137,5/699,8 A
Frequenz	50 Hz
Schaltgruppe	Dy 5
Gesamtgewicht	7840 kg
Ölgewicht	1340 kg
Wellenkessel mit Ausdehnungsgefäß und Umsteller, nicht Vakuumbeständig	

## BETRIEB- UND WARTUNGSVORSCHRIFTEN

### 1. INHALTSVERZEICHNIS

#### 2. TECHNISCHE DOKUMENTATION

TECHNISCHE SPEZIFIKATION	1213 LV 001 C
MASSBLATT	
Transformator	14 CTMM 24 N 52002
Durchführungen	
OS: KANL-ELASTIMO.K180AR-3	765 K 2 G 60/1
US: KANL-DT3N1000 DIN42539	765 K 2 G 59/2
Erdungsschraube	149 KTMU 40001
Ölablassventil KZAPC 31	149 KTMU 2001
Rollen KZPM 15 S. 4	149 KZMP 8

#### SCHALTSCHEMAS

Transformator Dy 5	324 K 133 P 1414
Signalleitungen	324 K 970 C 2376-1

### 3. PRÜFPROTOKOLLE

#### 4. TRANSPORT

Transport und Montage	344 K 1136 De
-----------------------	---------------

#### 5. TRANSFORMATORÖL

Zertifikat für Transformatorenöl	9AFX00-163B
Qualität und Behandlung des Transformatorenöles	344 K 1149 De A

### 6. ALGEMEINE MONTAGE-, BETRIEBS- UND WARTUNGSVORSCHRIFTEN

Oberflächenbehandlung RAL 7033, 80µm	344 K 1103/2,7
--------------------------------------	----------------

### 7. SCHUTZ- UND ÜBERWACHUNGSEINRICHTUNGEN

Kontakt-Thermometer UCWMA-13 U 4	344 K 1154 De A
Luftentfeuchter WJKHM3	34 K 19 D 1
Buchholzschutz OYOS25A1	344 K 1134 De F
Ölstandsanzeiger mit kontakten UDCU 150 A 1	344 K 1054 B

**1** Inhaltsverzeichnis

**1**

**2** Technische Unterlagen  
(Abmessungen und Zubehör)

**2**

**3** Prüfprotokolle

**4** Transport

**5** Transformatorenöl

**6** Allgemeine Anweisungen für  
Montage, Betrieb und Wartung

**7**

**8**

Vaasa 2001-08-22 JP

Our reference 1213LV  
Item 001 Rev. C

THREE-PHASE OIL-IMMERSED TRANSFORMER

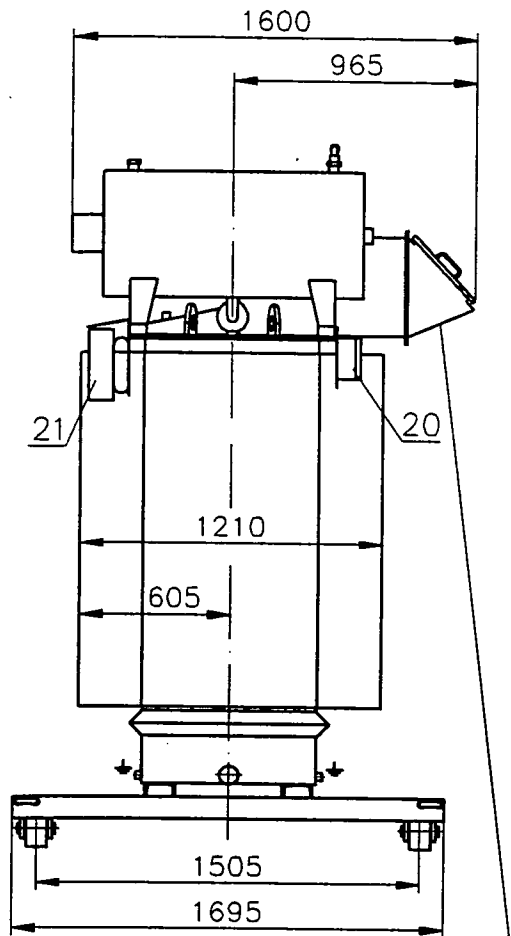
Type	CTMM 24 NC 4000
Rated power, kVA	4000
Voltage ratio, V	16800+-500/3300 no load
Frequency, cps	50
Connection	Dy5
Standards	IEC 76
Insulation level windings, kV	LI 125 AC 50/LI 40 AC 10
bushings, kV	LI 125 AC 50/LI 40 AC 10
Temperature rise oil/windings, °C	60/65
No-load losses, W	*)3880
Load losses, W	*)23300
Impedance voltage, %	*)6,25
Active parts, kg	
Total weight with oil, kg	7900
Weight of oil, kg	1350
Total shipping weight, kg	
Dimension drawing no.	14 CTMM 24 N 50002

\*) Guaranteed with tolerance according to standards

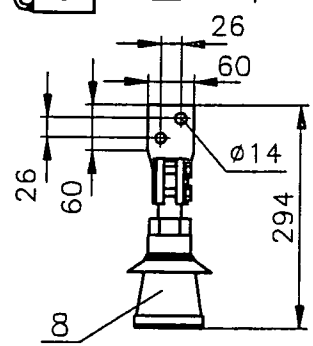
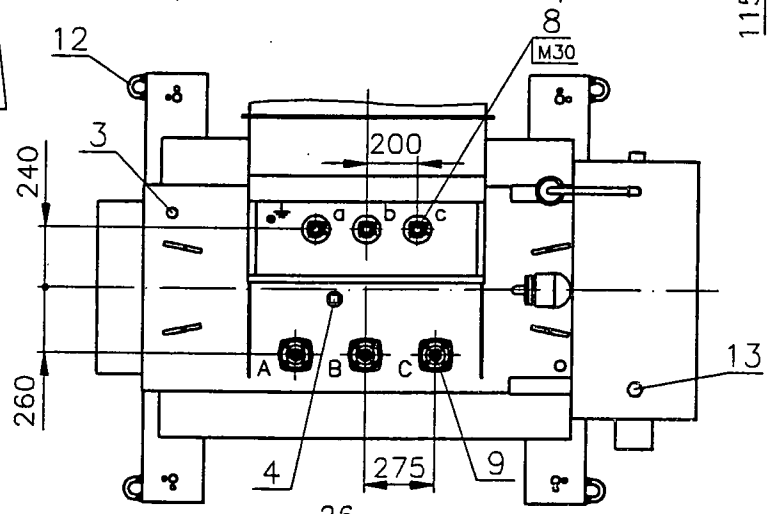
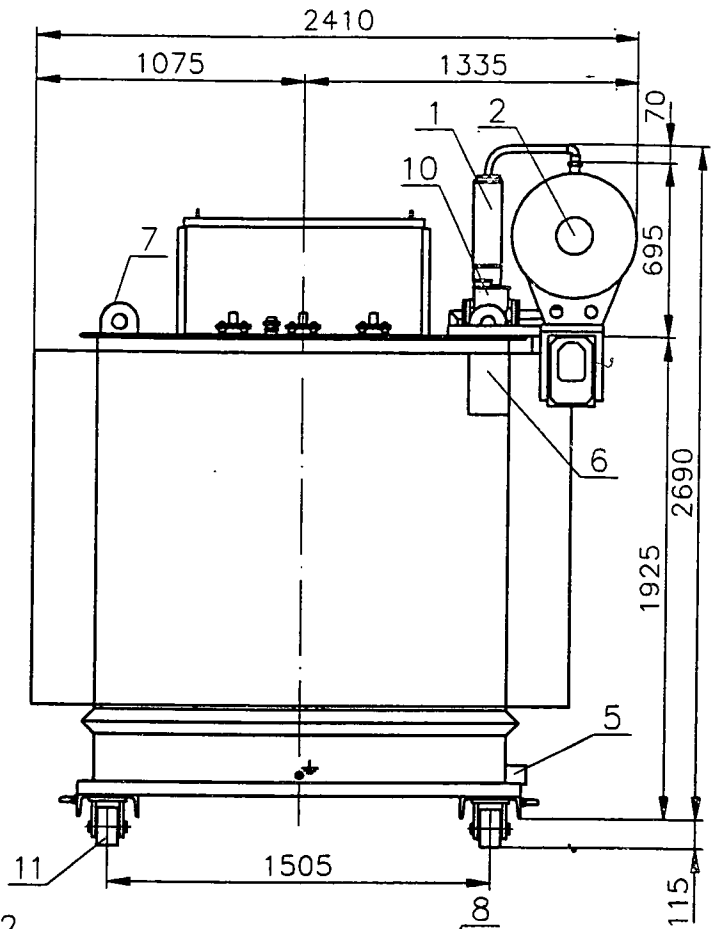
Conservator type with corrugated tank and off-circuit tap changer,  
lifting lugs, pulling eyes, drain valve with sampling plug,  
earthing terminals (2), rating and diagram plates

Surface treatment: painted RAL7033, 80 µm according to  
standard SFS 5225

- HV plug-in bushings
- LV porcelain bushings
- air insulated LV cable termination box
- LV undrilled alum. gland plate(s), excluding cable glands
- oil level indicator, contacts: min 1NO, max 1NO
- terminal box for auxiliary wiring
- silicagel breather
- Buchholz relay, contacts: alarm 1NO, tripping 1NO
- oil thermometer, contacts: alarm 1NO, tripping 1NO
- plain rollers, 90 deg. turnable (1505X1505 mm)
- Sound level 58 dB ,pressure level



Ungebohrte alum. platte  
Dicke 4 mm



- 21 KAPILLARTHERMOMETER
- 20 KLEMMENKASTEN FÜR SIGNALLEITUNGEN
- 13 FÜLLSTUTZEN
- 12 ZUGÖSE
- 11 FAHRROLLEN
- 9 OS-DURCHFÜHRUNGEN
- 8 US-DURCHFÜHRUNGEN
- 7 HEBEÖSEN
- 6 LEISTUNGSSCHILD
- 5 ÖLABLASSVORRICHTUNG
- 4 UMSTELLERANTRIEB
- 3 THERMOMETERTASCHE
- 2 ÖLSTANDANZEIGER
- 1 LUFTENTFEUCHTER

52140A25A1755

MITTAPIIRUSTUS  
MÄTTRITNING  
DIMENSION DRAWING

DREHSTROMTRANSFORMATOR

SUHDE  
SKALA  
SCALE 1:30  
PROJ

OSASTO  
AVDELNING  
DEPARTMENT GS

TEKI  
RITAD  
DRAWN 01-11-16 TR

LIITTY  
HÖR TILL  
CONCERNING

**ABB**

TARKASTI  
GRANSKAD  
HYVÄKSYI  
GODKÄND

*NR*  
*NR*

CHECKED  
APPROVED

LAJI  
TYP  
TYPE CTMM 24 NC 4000

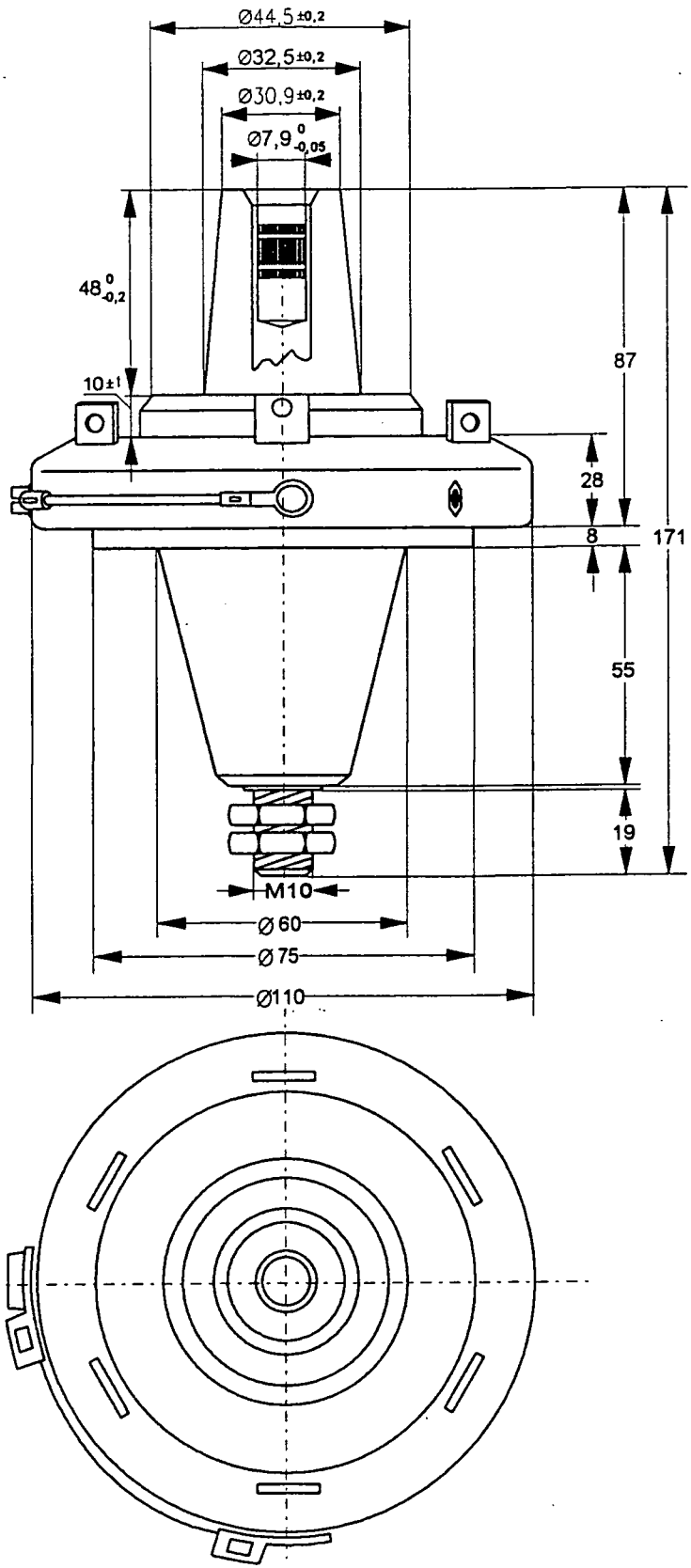
PIIRUSTUS NO RITNING NR DRAWING NO  
14 CTMM 24 N 52002 C

Drawing number before 14 CTMM 24 N 50002 01-12-11 NR

MUUTOS  
ÄNDRING  
REVISION

1 2 3 4

Equipment interface



1.1-01-2002

<p>Mittapiirustus Måttitning Dimension drawing Massbild</p>	<p>Pistokeläpivienti    Plug in genomföring    K180AR-3/J Plug in bushing    Steck durchführung    24 kV 250 A</p>	<p>PROJ </p>
<p>OSASTO AVDELNING DEPARTMENT</p>	<p>TEKI RITAD DRAWN</p> <p>93-06-21 VM</p>	<p>LITTY HÖR TILL CONCERNING</p>
<p><b>ABB</b></p>	<p>TARKASTI GRANSKAD</p> <p>HYVÄKSYN GODKÄND</p> <p>CHECKED</p> <p>APPROVED</p>	<p>LAJI TYP TYPE</p> <p>PIRUSTUS NO    RITNING NR    DRAWING NO</p> <p>A4    765 K 2 G 60 /1</p>

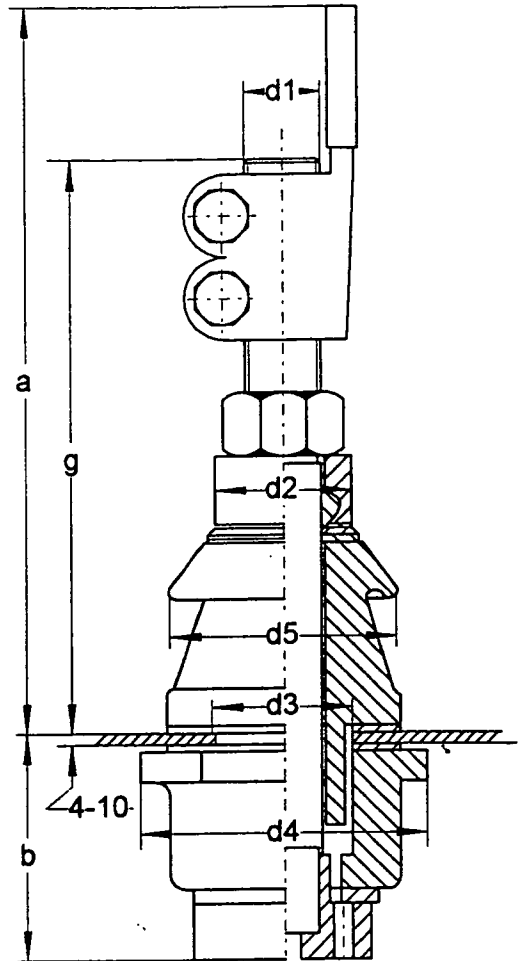
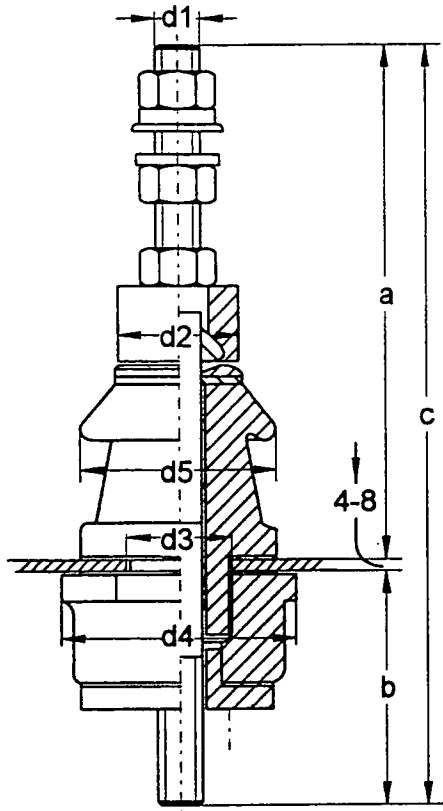
MUUTOS  
ÄNDRING  
REVISION

KOPRO OIETTU

1 2 3 4

DT 250 - 630

DT 1000 - 3150



17-07-2002

Tyyppi Type Typ	Paino Wikt Gewicht kg	a max mm	b max mm	c mm	d1	d2 mm	d3 mm	d4 mm	d5 mm
DT 250	1,3	180	94	272	M 12	28	39	70	75
DT 630	2,5	210	110	318	M 20	46	45	85	90

Tyyppi Type Typ	DIN	kV	Paino Wikt Gewicht kg	a max mm	b max mm	g	d1	d2 mm	d3 mm	d4 mm	d5 mm
DT 1000	42539	3	5,8	294	86	219	M30x2	56	56	110	110
DT 2000	42539	3	13,0	372	91	254	M42x3	70	70	125	125
DT 3150	42539	3	17,5	404	96	263	M48x3	90	90	150	145

Mittapiirustus  
Måttning  
Dimension drawing  
Massbild

DIN 42539 3kV

Läpivienti  
Bushing

Genomföring  
Durchführung

PROJ



OSASTO  
AVDELNING  
DEPARTMENT

TEKI  
RITAD  
DRAWN

93-06-21 VM

LITTY  
HÖR TILL  
CONCERNING

LAI  
TYP  
TYPE

**ABB**

TARKASTI  
GRANSKAD  
HYVÄKSY  
GÖRKÄND

*J. S.*  
*J. S.*

CHECKED  
APPROVED

A4

PIIRUSTUS NO

RITNING NR

DRAWING NO

765 K 2 G 59 / 2

MUUTOS  
ÄNDRING  
REVISION

C

F

H  
G  
F  
E  
D

KOPPO OIRETU

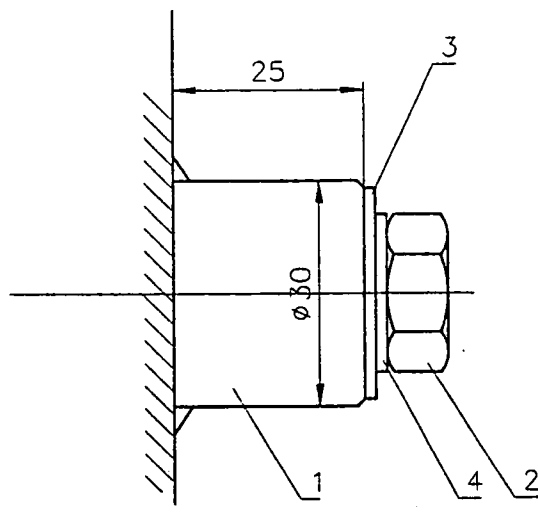
A

B

C

D

E



- 1 Ruostumaton teräs  
Rostfria stål  
Stainless steel  
Rostfreier Stahl
- 2 Ruuvi M12 kuumasinkitty teräs  
Skruv M12 varmförzinkat stål  
Screw M12 hot dip galvanized stål  
Schraube M12 warmverzinkter Stahl
- 3 Aluslaatta, tinattu messinki  
Bricka, förtennad mässing  
Washer, tin-coated brass  
Scheibe, verzinntes Messing
- 4 Aluslaatta, ruostumaton teräs  
Bricka, rostfria stål  
Washer, stainless steel  
Scheibe, rostfreier Stahl

24-62-1999

MITTAPIIRUSTUS  
MÄTTRITNING  
DIMENSION DRAWING

Maadoituskorva Earthing terminal  
Jordingsöra Erdungsklemme

SUHDE 1:XX  
SKALA SCALE  
PROJ

OSASTO AVDELNING DEPARTMENT GS

TEKI RITAD DRAWN 99-02-23 JP

LIIITYY HÖR TILL CONCERNING

ABB Transmit

TARKASTI GRANSKAD HYVÄKSYI GODKÄND CHECKED APPROVED

LAJI TYP TYPE CZOXM001  
PIIRUSTUS NO RITNING NR DRAWING NO  
A4 149 KTMU 40001 A

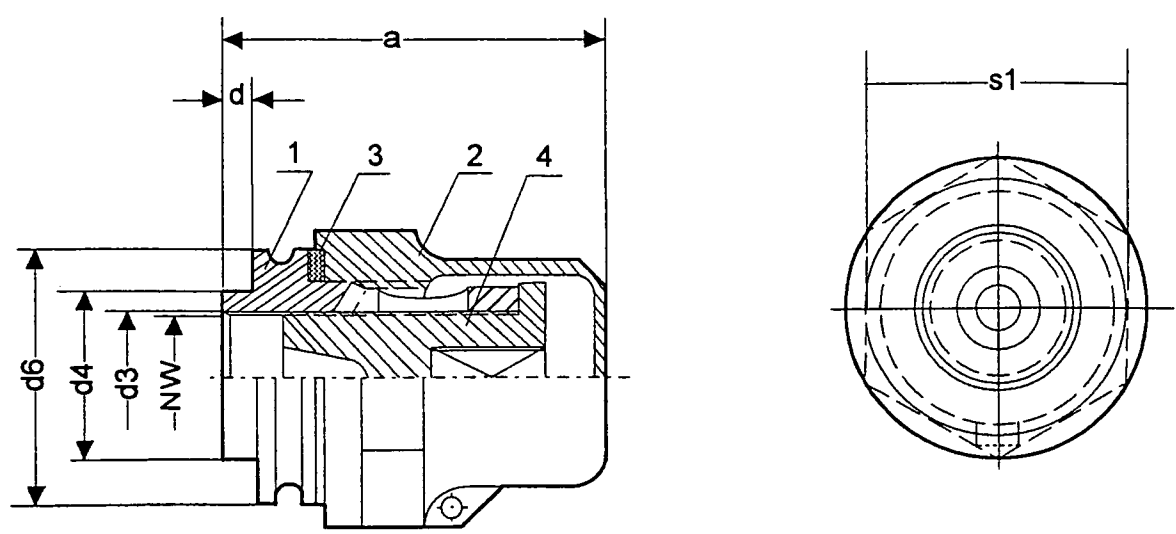
MUUTOS ANDRING REVISION

KOPIO OIETTU



1 2 3 4

A



B

C

NW	a (mm)	b (mm)	Thread d3	d4 (mm)	d6=s1 (mm)
22	67	6	M 24 x 1.5	30	46
31	93	10	M 33 x 1.5	40	65
40	112	10	M 42 x 1.5	52	80

C

- 1. Runko  
Stomme  
Frame  
Stutzen
- 2. Suojus  
Lock  
Cover  
Verschlusskappe
- 3. Tiiviste  
Packning  
Gasket  
Dichtung
- 4. Tulppa  
Propp  
Plug  
Verschlusschraube

D

E

11-n1-2002

H  
G  
F  
E  
D  
C  
B

MITTAPIIRUSTUS  
MÄTTRITNING  
DIMENSION DRAWING  
MASSBILD

Tyhjennys- ja näyttenottoalaite  
Tömning- och provtagningsdon  
Oil draining and sampling device  
Ölabläggsanordning

SIJHDE SKALA Z SCALE SKALA  
PROJ

OSASTO AVDELNING DEPARTMENT ABTEILUNG  
TERI RTAD

93-06-19 P.Ä.

DRAWN GEZEICHNET LITTTY HOR TILL  
CONCERNING VERÖFFENTLIGT MITT

**ABB**

TARKASTI GRANSKAD  
HYVÄKSYI GODKÄND  
CHECKED GEPRÜFT  
APPROVED GEAKZEPTIERT

LAI TYP KZAPC 22, 31, 40 TYPE TYP  
PIRUSTUS NO RITNING NR DRAWING NO ZEICHNUNG NR  
A4 149 KTMU 2001 E

MULTOS  
ÄNDRING  
REVISION  
ÄNDERUNG

ROPO OIRETU

1

2

3

4

A

B

C

D

D

F

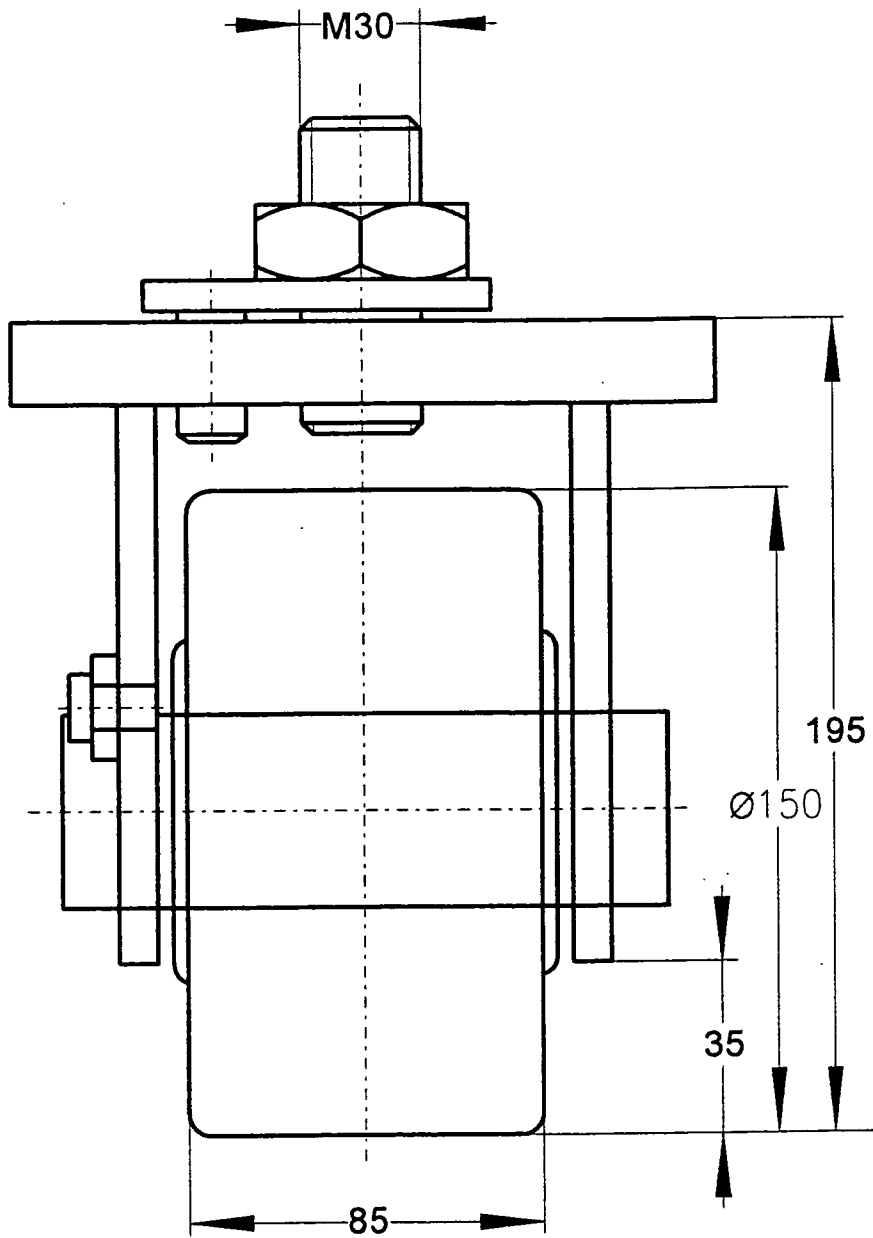
F

G

F

E

D



11-01-2002

Mittapiirustus Måttitning Dimension drawing Massbild	<b>Kuljetuspyörä</b> <b>Transport roller</b> <b>Transporthjul</b> <b>Transport rolle</b>	<b>5000 kg</b>	PROJ
OSASTO AVDELNING DEPARTMENT	TEIÖ RITAD DRAWN 00-08-15 tp	LITTYY HÖR TILL CONCERNING KZPM 15 S 4	
	TARKASTI GRANSKAD HYVÄKSYI GODKÄND <i>J.D.</i>	CHECKED APPROVED A4	PIIRUSTUS NO RITNING NR <b>13 KZPM 8</b> DRAWING NO <b>d</b>

MUUTOS  
 ÄNDRING  
 REVISION  
 B  
 C  
 F

KOPIO OTEETTU

1 2 3 4

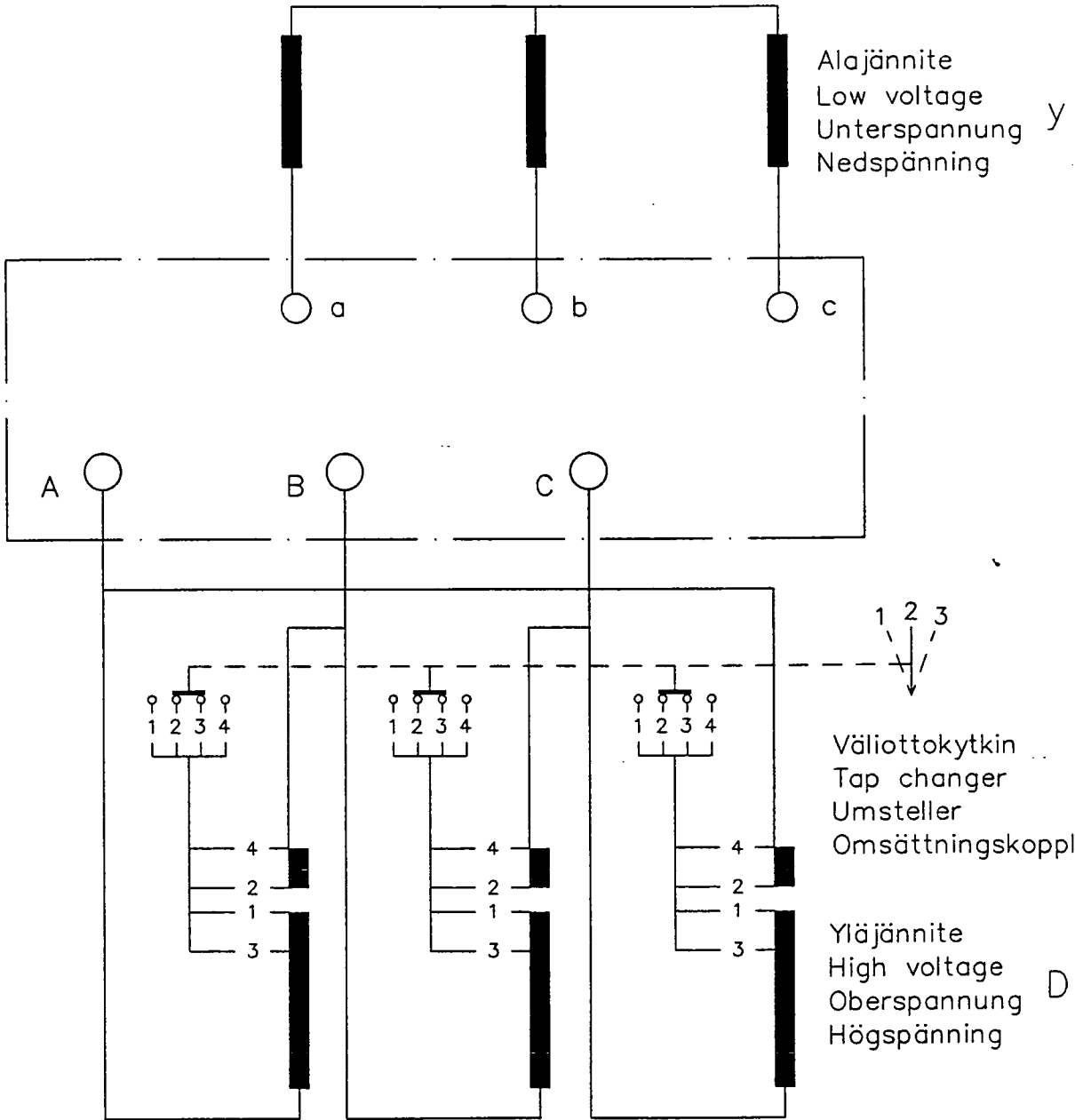
A

B

C

D

E



2-11-2001

Diagram of connection  
Schaltschema  
Kopplingschema

TOLERANSSIT TOLERANSER TOLERANCES		LITTYY HÖR TILL CONCERNING		NIMITYS BENÄMNING NAME	
SUHDE SKALA SCALE		PROJ		Kytkentäkaavio Dy5	
1:XX		OSASTO AVDELNING DEPARTMENT		LAJI TYP TYPE	
		GS			
TEKI RITAD DRAWN		01-11-19 TR		KODI/KIRJAUS KOD CODE	
ABT		CHECKED		PIIRUSTUS NO	
AT		APPROVED		RITNING NR	
GODKÄND		A4		DRAWING NO	
324 K 133 P 1414		A			

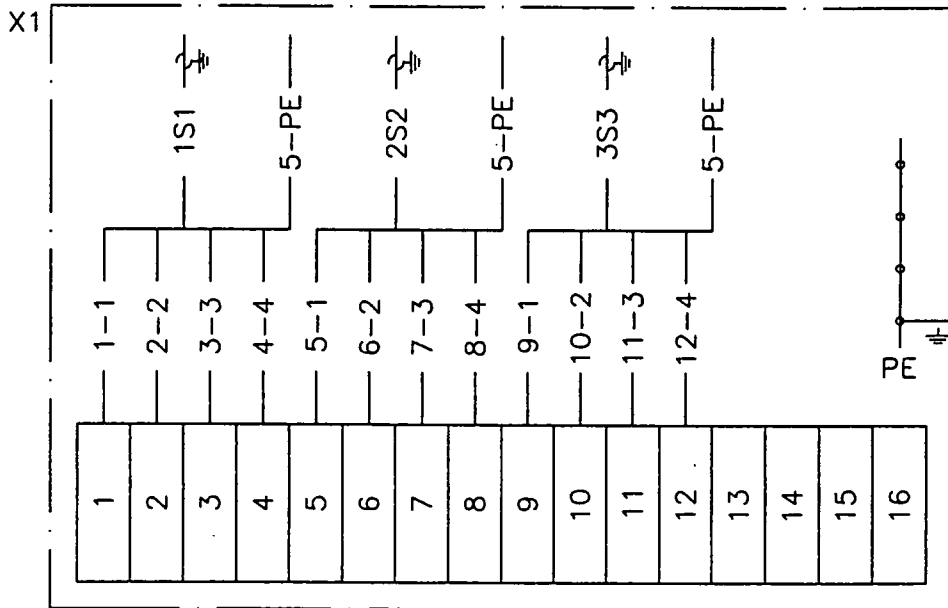
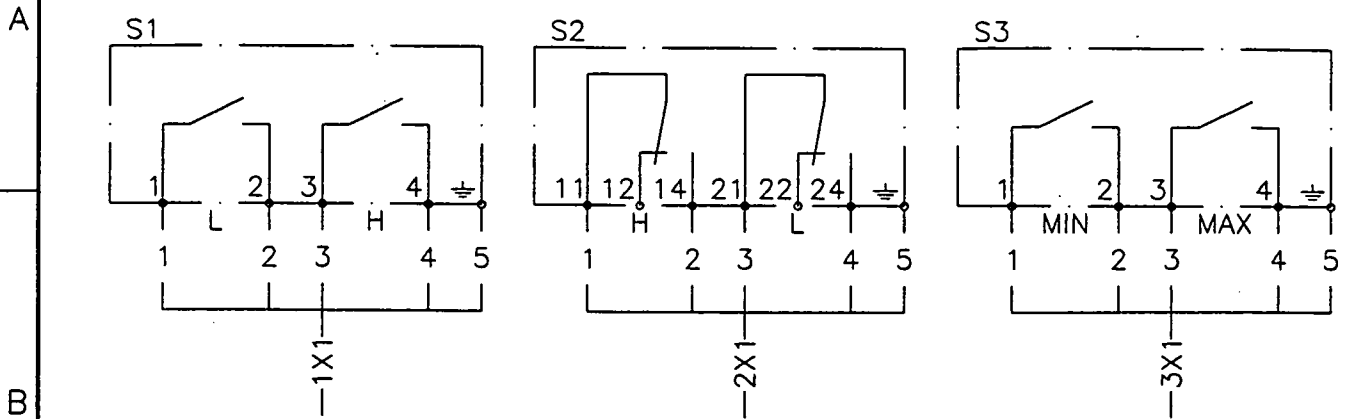
MUUTOS  
ÄNDRING  
REVISION

ABB Transmit

KOPIO OIETTU

Huom! Kaikki oikeudet tähän asiakirjaan kuuluvat meillä. Sen jäljentäminen tai muulla tavoin käyttäminen ilman meidän nimenomaista lupaamme on kielletty.  
Note! All rights to this document are reserved. It must not be reproduced or by any other means used without our prior consent.

Schaltschema  
Auxiliary wiring diagram



H = Hälytys  
H = Alarm  
Alarm

L = Laukaisu  
L = Auslösung  
Tripping

D	S3	Öljynkorkeuden osoitin Ölstandanzeiger Oil level gauge	UDCU 150 A1	5x2,5 mm <sup>2</sup>
	S2	Kapillaarilämpömittari Kapillarthermometer Dial-type oil thermometer	UCWMA 13U_	5x2,5 mm <sup>2</sup>
	S1	Kaasurele Buchholzschutz Buchholz relay	OYOS 25A1 (COMEM)	5x2,5 mm <sup>2</sup>
E	X1	Liitinkotelo Klemmenkasten Terminal box	KAMS-G5185	
	Tunnus Symbol Symbol	Nimitys Benennung Name	Laji Sorte Type	Kaapelit Kabel Cables

21-11-2001

TOLERANSSIT TOLERANSE TOLERANCES		LITTY HÖR TILL CONCERNING		NIMITYS BENÄMNING NAME	
SUHDE SKALA SCALE 1:XX		OSASTO AVDELNING DEPARTMENT GS		Apujohtojen kytkentäkaavio	
ABT Transmit		TEKI RITAD DRAWN 01-11-15 TR		KOODI/KIRJAUS KOD CODE	
TARKASTI GRANSKAD		HYVÄKSY GODKÄND		PIIRUSTUS NO RITNING NR DRAWING NO	
A4		A4		324 K 970 C 2376-1 A	

MUUTOS  
ÄNDRING  
REVISION

H  
G  
F  
E  
D  
C  
B  
A

**1** Inhaltsverzeichnis

**1**

**2** Technische Unterlagen  
(Abmessungen und Zubehör)

**2**

**3** Prüfprotokolle

**3**

**4** Transport

**5** Transformatorenöl

**6** Allgemeine Anweisungen für  
Montage, Betrieb und Wartung

**7**

**8**

ABB Transmit Oy  
Prüfprotokoll

```

=====
Kunde:                Datum       :2001-12-11           3-Ph. Transformator
ABB SECHERON LTD      Typ         :CTMM24 NC 4000       Frequenz   - 50 Hz
                       No           :5218716              4000.00 kVA
Normen :IEC 76        Kode         :40077392             16800+-1x2.98% V
Auftrag:412590        Kalkul.    :                   3300 V
Gemess. von:         Für die Richtigkeit: [Handwritten Signature] 137.464/699.819 A
=====
  
```

Widerstandsmessung

Anz. No.:	OS-Wi./mOhm			US-Wi./mOhm		
	A-B	A-C	B-C	a-b	a-c	b-c
1	343.132	344.199	344.751	9.760	9.815	9.766
2	332.946	333.869	334.404	--	--	--
3	321.050	322.091	322.500	--	--	--

Temperatur 19.2 °C

Kurzschlussverluste und Kurzschlussspannung bei Anzapf. No 1/1 +75 °C

Gleichstromverluste.....W	19975		
Zusatzverluste.....W	3357		
Kurzschlussverluste.....W	23333	Garantie	...
Ohmscher Spannungsfall.....%	0.58		
Streuspannung.....%	6.43		
Kurzschlussspannung.....%	6.46	Garantie	...

Kurzschlussverluste und Kurzschlussspannung bei Anzapf. No 2/1 +75 °C

Gleichstromverluste.....W	20298		
Zusatzverluste.....W	3300		
Kurzschlussverluste.....W	23598	Garantie	23300
Ohmscher Spannungsfall.....%	0.59		
Streuspannung.....%	6.32		
Kurzschlussspannung.....%	6.35	Garantie	6.25

Kurzschlussverluste und Kurzschlussspannung bei Anzapf. No 3/1 +75 °C

Gleichstromverluste.....W	20582		
Zusatzverluste.....W	3162		
Kurzschlussverluste.....W	23744	Garantie	...
Ohmscher Spannungsfall.....%	0.59		
Streuspannung.....%	6.22		
Kurzschlussspannung.....%	6.25	Garantie	...

Leerlaufverluste und -Strom bei Anzapf. No 2/1 (3300V)

Leerlaufstrom.....A	1.02		
Leerlaufstrom.....%	0.15	Garantie	...
Leerlaufverluste.....W	3648	Garantie	3880
Leerlaufscheinleistung.....VA	5819		
Gesamtverluste.....W	27246	Garantie	27180

Wicklungsprüfung

50.0 kV 1 min

10.0 kV 1 min

Windungsprüfung

150 Hz 2\*Un 40.0 s


Übersetzung und  
SchaltgruppeSchaltgruppe Dy,5Nummer 5218716

Anzapfung Anschluß	1	2	3	4	5	
<del>A-B a-n</del>	6.055	5.880	5.704			<del>A-B bc-a</del>
<del>B-C b-n</del>	6.055	5.880	5.704			<del>B-C ac-b</del>
<del>C-A c-n</del>	6.055	5.880	5.704			<del>C-A ab-c</del>
30/11						

SCHALTER I/FD

# ABB Transmit Oy

## Distribution Transformers

Typ	CTMM 24NC 4000
Nennleistung	4000 kVA
Nennspannung	16800±500/3300 V
Nennstrom	137.5/699.8 A
No	5218716
Frequenz	50 Hz
Kühlart	ONAN
Normen	IEC 76
Prüfer / Datum	2001-12-11 J.S. J.E.
Für die Richtigkeit	

### Prüfprotokoll

Überwachungseinrichtungen.  
Funktions- und Spannungsprüfung.

Gerät Symbol	Name	Kontakte & Klemmen	Spannungsprüfung 2 kV, 1 min	
S3	Ölstandanzeiger	ok	ok	
S2	Kapillarthermometer	ok	ok	
S1	Buchholzschutz	ok	ok	
X1	Klemmenkasten	ok	ok	



**1** Inhaltsverzeichnis

**1**

**2** Technische Unterlagen  
(Abmessungen und Zubehör)

**2**

**3** Prüfprotokolle

**3**

**4** Transport

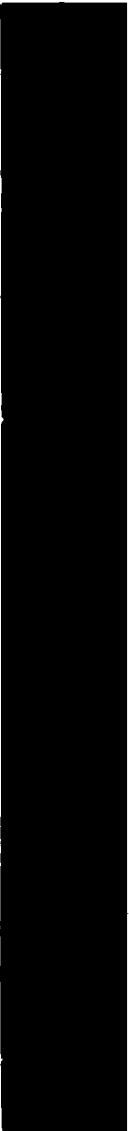
**4**

**5** Transformatorenöl

**6** Allgemeine Anweisungen für  
Montage, Betrieb und Wartung

**7**

**8**



Transport-, Montage-, Betriebs- und Wartungsvorschriften

# Ölisierte Leistungs- und Spezialtransformatoren

---

**ABB Transmit Oy**



Distribution Transformers  
ABB Transmit Oy  
P.O.Box 688  
FIN-65101 Vaasa, FINLAND  
Telephone +358-(0)10 22 4000  
Telefax +358-(0)10 22 41088

344 K 1136 De C

# ÖLISOLIERTE LEISTUNGS- UND SPEZIALTRANSFORMATOREN

## Transport-, Montage-, Betriebs- und Wartungsvorschriften

### INHALT

#### 1. WICHTIGE INFORMATIONEN

#### 2. ANNAHME

- 2.1 Zeichnungen und Dokumentationen
- 2.2 Überprüfung bei der Annahme
- 2.3 Verpackung und lose Teile

#### 3. TRANSPORT UND STANDORT

- 3.1 Ausrüstung beim Transport

#### 4. MONTAGE

- 4.1 Innenmontage
- 4.2 Außenmontage
- 4.3 Fundament
- 4.4 Lärmausstoß
- 4.5 Heben und Verschieben des Transformators
  - 4.5.1 Heben eines vollkommen fertigen, mit Öl gefüllten Transformators
  - 4.5.2 Heben des Transformators mit hydraulischem Hebebock
  - 4.5.3 Verschieben des Transformators

#### 5. LAGERUNG

#### 6. INSTANDSETZUNG

- 6.1 Transport mit Öl, komplett ausgerüstet
- 6.2 Transport mit Öl, einige Teile demontiert
- 6.3 Transport ohne Öl
- 6.4 Starkstromleitungsverbindungen
- 6.5 Erdungsanschlüsse
- 6.6 Eingeschlossene Durchführungen
- 6.7 Inbetriebnahme

#### 7. BETRIEB

- 7.1 Erwärmung und Belastbarkeit
- 7.2 Parallelschaltung
  - 7.2.1 Voraussetzungen für Parallelbetrieb
  - 7.2.2 Lastverteilung zwischen parallelgeschalteten Transformatoren

## 8. SCHUTZ

- 8.1 Überstromschutz
- 8.2 Schutz gegen Kurzschluß
- 8.3 Gasrelais
- 8.4 Überspannungsschutz des Transformators
  - 8.4.1 Allgemeines
  - 8.4.2 Große Transformatoren
  - 8.4.3 Schutz des Nullpunktes

## 9. INSTANDHALTUNG UND BETRIEBSÜBERWACHUNG

- 9.1 Allgemeines
- 9.2 Überwachung des Isolationszustandes
- 9.3 Trocknen des Transformators und Behandlung des Öls
  - 9.3.1 Vakuumtrocknen
  - 9.3.2 Kontrolle des Trocknens
  - 9.3.3 Füllen des Transformators mit Öl nach dem Vakuumtrocknen
  - 9.3.4 Transformatorenöl
- 9.4 Überwachungs- und Schutzvorrichtungen
- 9.5 Durchführungen und Verbindungen
- 9.6 Kühlvorrichtungen
- 9.7 Regelvorrichtung der Spannung
- 9.8 Dichtungen
- 9.9 Anstrich

## 10. UNTERSUCHUNG VON STÖRUNGEN AM TRANSFORMATOR

- 10.1 Störungsprotokoll
- 10.2 Funktion der Schutzvorrichtungen
- 10.3 Prüfmessungen

## 11. REPARATUREN UND ERSATZTEILE

## 12. SCHLUßBEMERKUNGEN

## 1 WICHTIGE INFORMATIONEN

Die folgenden Anweisungen richten sich an geschultes Fachpersonal, das für die Arbeit mit Transformatoren und elektrischer Ausrüstung entsprechend qualifiziert ist. Es wird kein Anspruch auf Vollständigkeit bis ins kleinste Detail erhoben. Jegliche Arbeiten müssen von geschultem Fachpersonal oder von entsprechend für die Arbeit mit elektrischen Systemen qualifizierten Unterlieferanten ausgeführt werden.

Alle werkseitigen Anweisungen müssen stets genau beachtet werden (Installationsanweisungen für elektrische Systeme, Anweisungen für Transformatoren, Umweltschutz etc).

Um Gefahren vorzubeugen, muß der Transformator nach der Installation so aufgebaut sein, daß er nach der Inbetriebnahme nicht berührt werden kann. Durch entsprechende Vorsichtsmaßnahmen muß gewährleistet sein, daß der Zugang zum Transformator nur möglich ist, solange die Stromversorgung unterbrochen ist (z.B. durch einen Gegenschließmechanismus zwischen der Schalteinrichtung und dem Zugang zum Transformator). Um einer Gefährdung des Personals beim Aufstellen des Transformators bzw. bei Wartungsarbeiten vorzubeugen, muß durch entsprechende Maßnahmen verhindert werden, daß der Transformator durch Unbefugte in Betrieb genommen werden kann.

Es wird keine Verantwortung für direkte oder indirekte Schäden übernommen, die auf fehlerhaftes Aufstellen oder Betreiben des Transformators oder auf an Sicherheitsvorrichtungen vorgenommene Veränderungen, auch wenn diese in der Betriebsanleitung nicht ausdrücklich ausgeführt werden, zurückzuführen sind.

Für den Erhalt weiterer Informationen sowie im Falle auftretender Probleme, die in der Betriebsanleitung nicht behandelt werden, ist unverzüglich ABB Transmit Oy oder die zuständige ABB-Vertretung zu benachrichtigen.

Diese Betriebsanleitung gehört zu der mit weiteren wichtigen Dokumenten bestückten Mappe Betriebs- und Wartungsanleitung und muß bei Aufstellungs-, Betriebs- und Wartungsarbeiten stets in greifbarer Nähe sein.

## **2 ANNAHME**

Vor dem Abladen wird die Inspektion des Transformators, der Verpackung und der Teile empfohlen, um den Zustand der Ware bei Lieferung zu überprüfen.

### **2.1 Zeichnungen und Dokumentationen**

Frachtdokumente, Packlisten, Umrißzeichnungen, diese Betriebsanleitung und alle anderen Dokumentationen, die mit dem Transformator mitgeliefert werden, müssen während der Inspektion vorliegen.

### **2.2 Prüfung bei der Annahme**

Alle Transformatoren werden im Werk sorgfältig geprüft und sind vor ihrer Verschickung in einwandfreiem Zustand. Bei Empfang der Lieferung sind jedoch der Transformator, Verpackungen und Teile auf eventuelle Mängel zu prüfen. Sollte Fehlen oder Beschädigung oder Hinweise auf eine Beschädigung festgestellt werden, ist dies dem Mitarbeiter des Transportunternehmens und dem Mitarbeiter von ABB und/oder dem Mitarbeiter von ABB Transmit Oy vor Abladen des Transformatoren mitzuteilen. In der Regel besteht eine Transportversicherung; ein Schadensbericht sowie eine Schadenersatzforderung müssen der jeweiligen Versicherungsgesellschaft zugesandt werden.

### **2.3 Verpackung und lose Teile**

Alle Kisten und Gitterboxen sind auf ihre Unversehrtheit zu überprüfen. Der Inhalt ist anhand der Packliste auf Vollständigkeit zu prüfen.

## **3 TRANSPORT UND STANDORT**

Wie alle Maschinenanlagen sollte der Transformator nach dem Abladen bis zum Transport zu seinem Aufstellungsplatz mit Vorsicht bewegt werden.

Nach Möglichkeit sollten alle Konstruktionsarbeiten am Aufstellplatz beendet sein, bevor der Transformator angeliefert wird, um diesen nicht zu beschmutzen oder zu beschädigen.

Soweit in den Dokumentationen nicht anders angegeben, muß der Transformator aufrecht stehen.

Für das Heben oder Ziehen des Transformators sind ausschließlich die dafür vorgesehenen Befestigungen zu verwenden (Transportösen, Schäkel, Hebevorrichtungen).

Durchführungen, Kabelkasten und Ausdehnungsgefäße eignen sich nicht für das Heben, Ziehen oder Schieben des Transformators.

Beim Transport mit einem Lastkraftwagen muß der Transformator mittels Transportbalken, Keilen und Bandagendraht gegen Rutschen gesichert sein, um so einen gefahrlosen Transport im Straßenverkehr zu gewährleisten.

Die Federung des Lastkraftwagens muß entsprechend dem Ladegewicht ausreichend belastbar sein. Die Fahrgeschwindigkeit ist dem Straßenzustand anzupassen.

### 3.1 Ausrüstung beim Transport

Abhängig von der Größe des Transformators, von der Transportart und Länge des Transportweges kann der Transformator während des Transports wie folgt ausgerüstet sein:

Komplett ausgerüstet, mit Öl gefüllt:

- wird immer verwendet, wenn nur die Umstände es erlauben.

Einige Teile demontiert, mit Öl gefüllt:

- Die Kühler, Oberspannungsdurchführungen, oft auch Unterspannungsdurchführungen und Ausdehnungsgefäß sind gewöhnlich demontiert.
- der Transformator ist während des Transports bis die untere Fläche des Deckels mit Öl gefüllt; für den Einbau der Durchführungen ist der Ölspiegel jedoch niedrig genug.
- der Transformator ist mit Transportluftentfeuchter versehen oder abgedichtet, falls mit Druckbegrenzungsventil ausgestattet.

Ohne Öl:

- um das Transportgewicht zu vermindern wird der Transformator ohne Öl transportiert.

## 4 MONTAGE

### 4.1 Innenmontage

Bei Innenmontage soll der Transformatorraum trocken, staublos und ausreichend geräumig sein. Die Bodenfläche soll so groß sein, daß der Transformator von allen Seiten für Reinigung und Inspektion zugänglich ist. Die Höhe des Raumes ist nicht nur von Durchführungen, Leitungen und Wartung abhängig, sondern auch von der erforderlichen *Zuglufthöhe* der Abkühlung. Nötigenfalls ist der Transformator aus seinem Ölkessel im Transformatorraum heben zu können, falls er nicht in einen solchen Raum transportiert werden kann, der für diesen Zweck hoch genug ist.

Die Konstruktion und Lage des Transformatorraumes müssen die Bestimmungen der Sicherheitsvorschriften erfüllen. Die Tür des Raumes muß nach außen öffnen, und die wird im allgemeinen in die Außenwand des Hauses gebaut. Der Bau von den in andere Räume des Hauses führenden Türen soll vermieden werden. Falls man so eine Tür bauen muß, soll sie ausreichend feuerbeständig sein.

Die selbstgekühlten (ONAN) Transformatoren erfordern eine Lüftung ausreichend für das Ausleiten der Verlustwärme. Das Prinzip geht aus Abbildung 1 hervor. Unter den Transformator wird ein Frischluftkanal gezogen, so daß die Kühlluft sich möglichst gleichmäßig zwischen den Abkühlungselementen des Transformators verteilt. Auf dem Dach oder oben auf der Wand wird ein ins Freie leitender Ablasskanal aufgebaut, dessen Querschnitt mindestens ebenso groß ist wie der der Eingangsöffnung. Bei der Planung eines Transformatorraumes ist es ratsam, sich mit einem Lüftungsfachmann in Verbindung zu setzen. Demzufolge wird in diesem Zusammenhang nur die Kalkulation der Lüftungsöffnungen eines Transformatorraumes von normalem Bau (der Abbildung gemäß) ausgeführt, wenn die Lüftung mit Hilfe der natürlichen Zugluft erfolgt. Wenn eine vollständigere Planung der Luftströmung nicht zur Verfügung steht, erhält man die freien Querschnitte der Lüftungsöffnungen aus der Formel

$$A = 0.12 \times \frac{P[kW]m^2}{\sqrt{h[m]}} \quad (1)$$

wo P = die Gesamtverluste des Transformators unter voller Belastung  
h = der effektive Höhenunterschied der Zugluft

Die Formel (1) ist unter der Voraussetzung abgeleitet, daß der Temperaturunterschied zwischen der einströmenden und ausströmenden Kühlluft  $15^{\circ}\text{C}$  ist. Falls es für Lüftungsöffnungen von dieser Größe nicht genügend Platz gibt, sollen Lüfter verwendet werden.

## 4.2 Außenmontage

Der Aufstellungsplatz soll so gewählt werden, daß der Transformator möglichst wenig dem direkten Sonnenschein ausgesetzt wird, daß keine Schneewehen sich da häufen und daß kein Wasser vom Dach direkt auf den Transformator tropft.

Der Standort des Transformators muß die Sicherheitsvorschriften vor Ort erfüllen und sich ausreichend weit von brennbaren Materialien befinden. Die Transformatoren sollen mindestens in einer Entfernung von 10 m von einander liegen, falls es keine Schutzwand dazwischen gibt. Abhängig vom Schutzwand-Aufbau können die Transformatoren so nahe einander aufgestellt werden, wie die Kühlverhältnisse es erlauben. Zum Beispiel eine Eisenbetonwand kann als Schutzwand eingesetzt werden. Sie muß sich bis auf die Höhe der Durchführungen erstrecken und auf jeder Seite des Transformators mindestens einen Meter überstehen. Die Schutzwand dient auch zum Schutz gegen Vandalismus sowie zur Schalldämpfung.

## 4.3 Fundament

Der Transformator wird normalerweise auf ein Betonfundament aufgestellt, auf dem Schienen befestigt sind. Der Transformator wird ohne oder mit Rollen geliefert. Der mit Rollen versehene Transformator muß an das Fundament mit Keilen oder anderen Befestigungsmitteln so befestigt werden, daß er nicht gleiten kann.

Damit das Gas, das sich eventuell im Transformator entwickelt, unbehindert in das Gasrelais strömen kann, muss der Transformator entweder horizontal oder zum Buchholzrelais geneigt aufgestellt werden. Die max. empfehlende Neigung zum Ausdehnungsgefäß beträgt  $0.1^{\circ}$ . Dieses wird mit entweder zwischen Transformator und Fundament oder zwischen Rollenbefestigung und Rollenbalken platzierten Zwischenscheiben erreicht.



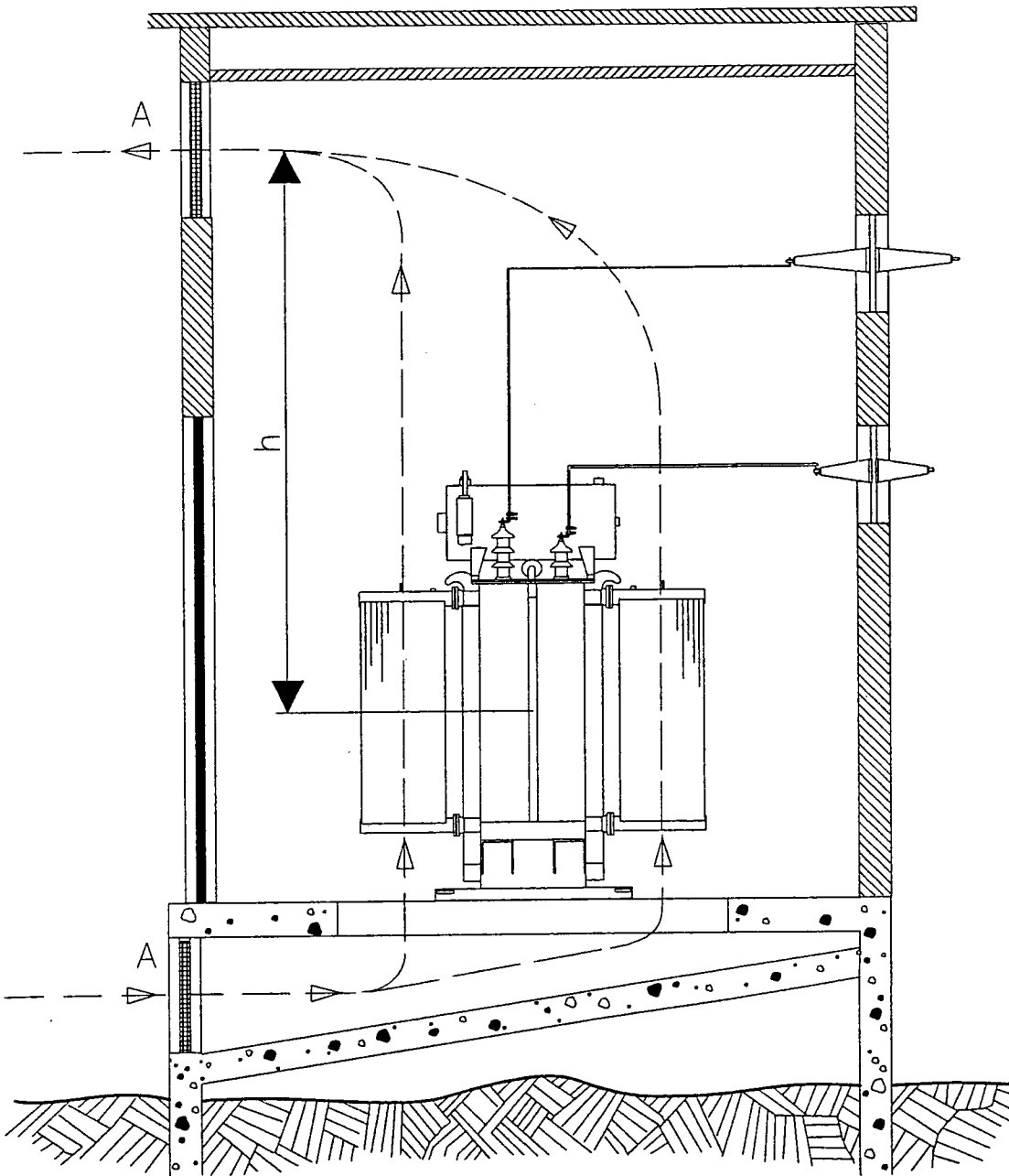


Abbildung 1: Belüftung des Transformatorraumes

Unter dem Transformator soll eine Ölgrube liegen, die die Ausbreitung eines eventuellen Ölbrandes verhindert. Bei einer Ölleckage ist ihre Aufgabe, den Brand zu verhindern oder zu erlöschen und das Öl einzusammeln, um die Ausbreitung des Brandes zu verhindern. Die Ölgrube, die auf allen Seiten etwas größer als der Transformator sein soll, wird meistens aus Beton gebaut. Sie muß entweder so groß sein, daß die ganze Ölmenge des Transformators darin geht, oder kleiner. Dann führt von der Grube ein Ölrohr in einen getrennten Sammelbrunnen. Die Ölgrube soll so geplant werden, daß das Öl beim Hineinfließen erlischt. Für diesen Zweck ist ein Eisendrahtnetz mit kleinen Maschen geeignet; es wird in die Öffnung der zum Ölrohr leitenden

Vertiefung im Boden der Ölgrube befestigt. Für denselben Zweck hat sich auch grober Schotter als anwendbar erwiesen: die Grube wird mit einem undichten Eisengitter bedeckt. Auf dem Gitter legt man eine 25 - 50 cm dicke Schicht Steine - zuerst platte Steine und dann eine 30 - 50 mm dicke Schicht Schotter.

Wenn es in der Anlage mehrere Transformatoren gibt, wird normalerweise außerhalb des Gebäudes ein gemeinsamer Ölbrunnen angeordnet. Die Ölgruben verschiedener Transformatoren kann man nicht direkt miteinander verbinden, aber sie können an ein gemeinsames, in den Ölbrunnen führendes Rohr geleitet werden.

Damit die Ölgruben die Anforderungen erfüllen könnten, muß man Wert auf ihre Wartung legen. Die Steinschichten und das Netz muß man sauber halten. Man soll auch beobachten, daß es nicht zu viel Wasser in der Grube gibt.

Die Höhe des Fundaments in bezug auf die Umgebung ist von der Transportart des Transformators abhängig. Wenn der Transformator mit einer Lafette oder einem Beladewagen neben das Fundament transportiert wird, ist es zweckmäßig, daß die Höhe des Fundaments dieselbe ist wie die Beladehöhe des Beladewagens. Dann kann der Transformator seitwärts an das Fundament verrückt werden. Beim Transport großer Transformatoren ist es vorteilhaft, wenn die Schienen des Fundaments bis auf den Transportweg reichen und auf demselben Niveau mit dem Weg sind. Nachdem der Transportwagen quer auf die Schienen plaziert ist, wird der Transformator mit Hilfe der Winden auf die Schienen gesenkt und dann auf seinen Platz geschoben.

Wenn der Transformator mit Hilfe eines Kranes gehoben wird, hat die Höhe des Fundaments keine größere Bedeutung. Dagegen muß es genügend Platz unter den Kran und über ihn geben. Das Fundament soll Platz für den Hebebock haben. Diese müssen nach den Hebeflächen des Transformators plaziert werden. Zusätzlich soll das Fundament Zughaken für die Befestigung der Seile beim Schleppen des Transformators besitzen.

#### **4.4 Lärmausstoß**

Je nach Lage des Transformatorenraums könnte die Anbringung einer Schalldämmung vonnöten sein, z.B. Anti-Vibrations-Polster, um die Übertragung von Vibrationen auf das Bauwerk zu verhindern. Belüftungsventilatoren, Reflexion der Wände sowie Resonanz können den Geräuschpegel erheblich erhöhen. Daher empfiehlt es sich, den Transformator im größtmöglichen Abstand von den Wänden aufzustellen

#### **4.5 Heben und Verschieben des Transformators**

##### **4.5.1 Heben eines vollkommen fertigen, mit Öl gefüllten Transformators**

Der Transformator wird mit Hebehaken oder -ösen gehoben, die an den Seiten des Transformators liegen (Abbildung 2). Beim Heben sollen geeignete Stahlseile eingesetzt werden. Die Entfernung der Hebestellen vom Schwerpunkt des Transformators muß beim Wählen der Seile beachtet werden.

## 4.5.2 Heben des Transformator mit hydraulischem Hebebock

Beim Ziehen des Transformators vom Transportwagen oder bei der Befestigung oder Umdrehung der Transportrollen muß man den Transformator oft in so einem Platz heben, wo das Heben mit Hebehaken nicht möglich ist. Für diesen Zweck haben die Transformatoren Hebeflächen, so daß die Hebung von unten her erfolgen kann. Die Hebepunkte sind ausgemerkt und an anderen Stellen darf der Transformator nicht gehoben werden. Für die Hebung wird immer ein Hebebock verwendet (Abbildung 2). Die beiden Enden des Transformators sollen abwechselnd gleichmäßig entweder an zwei nebeneinander liegenden oder an allen vier Hebepunkten gleichzeitig um etwa 50 mm gehoben werden, so daß keine Torsionsbeanspruchung entstehen kann.

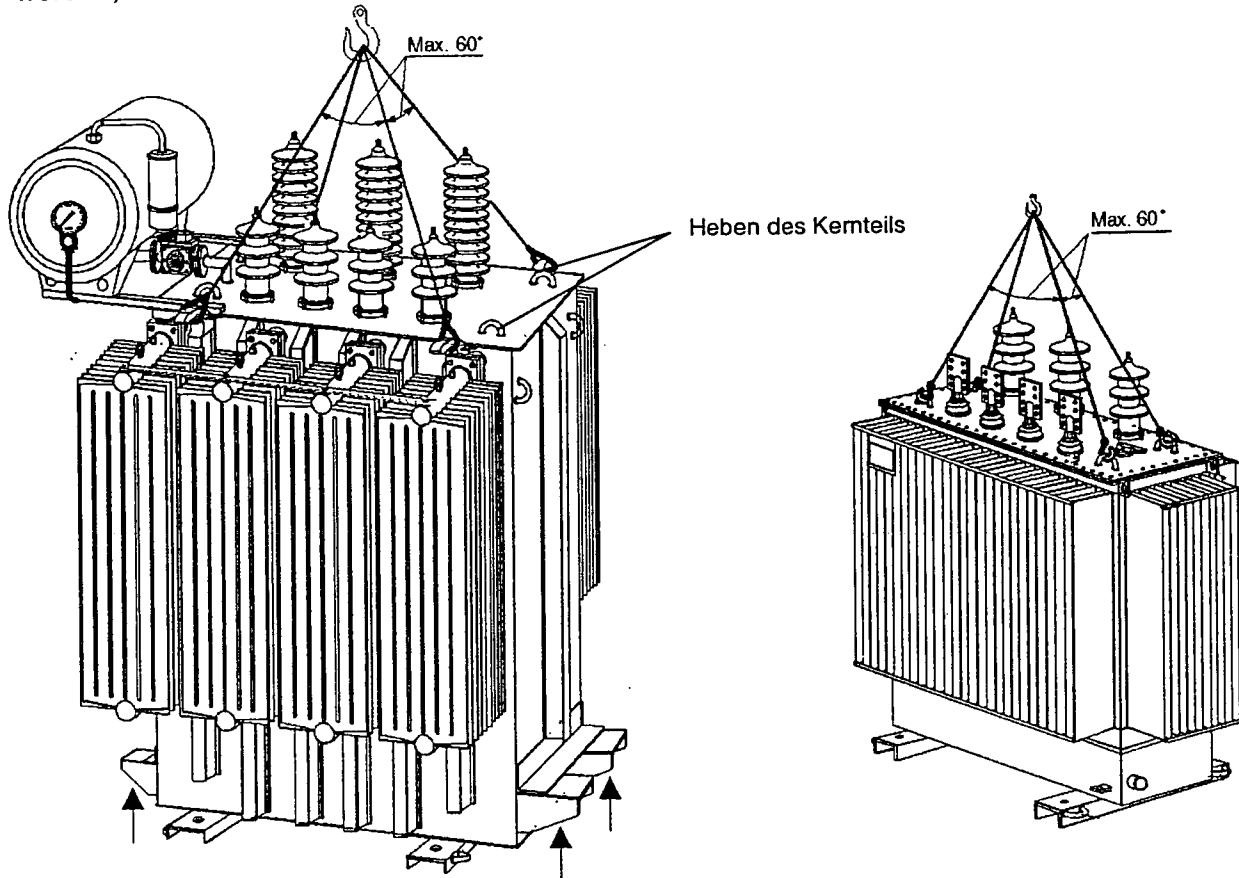


Abbildung 2: Zum Heben des Transformators zugelassene Hebeausrüstung verwenden. Größtmöglichen Auftriebswinkel beachten, gegebenenfalls Gurt einsetzen.

## 4.5.3 Verschiebung des Transformators

Ein Transformator mit Transportrollen kann entweder Schienen oder einem harten Fußboden entlang verschoben werden. Im ersteren Fall sollen die Transportrollen mit Flanschen versehen sein und im letzteren Fall ohne Flansche. Vor der Verschiebung soll man kontrollieren, daß die Lager der Rollen genügend geschmiert sind. Die Transformatoren sind mit Zughaken ausgerüstet (Abbildung 2), an denen der Transformator nach beiden Richtungen gezogen werden kann.

Der Transformator kann auch ohne Rollen verschoben werden, wobei er geschmierten Schienen oder mit Rollen versehenen Schienen entlang gezogen wird. Dabei ist dafür zu sorgen, daß die Schienen oder die Balken, auf denen der Transformator liegt, an solche Stellen gesetzt werden, wo der Kesselboden des Transformators dem Gewicht entsprechend verstärkt ist. Solche Stellen sind z.B. Befestigungsstellen der Rollen. Der Transformator ist manchmal mit festen oder demontierbaren Transportkufen ausgerüstet, mittels denen der Transformator der Unterlage entlang entweder auf Rollen oder ohne solche verschoben werden kann.

## 5 LAGERUNG

Wenn man den Transformator unmittelbar nach der Lieferung vom Werk nicht betriebsfähig montieren kann, sondern ihn für eine längere Zeit lagern muß, soll bei der Lagerung folgendes beachtet werden:

- ein Transformator, der ohne Öl transportiert worden ist, muß mit Öl gefüllt werden (s. 6.3).
- die Trocknung der Atmungsluft soll eingerichtet werden; man montiert also das Ausdehnungsgefäß und den Luftentfeuchter auf ihren Platz und füllt das Gefäß mit Öl, so daß der Ölspiegel der Temperatur im Transformator entspricht (s. 6.2). Dadurch entsteht im Gefäß ein niedriger Überdruck.
- die Trocknungs- und Heizwiderstände des Geräteschranks und des Stufenschalter-Antriebs sollen eingeschaltet werden, so daß die Geräte nicht feucht werden.
- eventuelle beim Transport und bei der Montage entstandene Überzugsbeschädigungen müssen repariert werden.
- die Durchführungen werden in trockenen Innenräumen in Originalverpackungen gelagert.
- die Radiatoren können auch außen gelagert werden, wenn nur die dichtschießenden Flanschen gegen Feuchtigkeit gedichtet sind.

## 6 INSTANDSETZUNG

Folgende Maßnahmen sollen, je nach Transportart, vorgenommen werden, um den Transformator betriebsfähig zu versetzen.

### 6.1 Transformator beim Transport komplett ausgerüstet, mit Öl gefüllt

Zuerst soll man nachprüfen, ob eventuelle Transportschäden, wie z.B. Ölleckagen, Überzugsbeschädigungen usw. entstanden sind. Die den Beschädigungen ausgesetzten Teile, z.B. die Durchführungen, sollen sorgfältig untersucht werden. Auch werden alle Dichtungen geprüft und nachgezogen sowie erforderliche Reinigungen ausgeführt. Der Ölstand im Ausdehnungsgefäß muß kontrolliert und gegebenenfalls Öl nachgefüllt werden. Der Minimumwert ist 50 kV/2,5 mm, sofern nach IEC 156 getestet. Andere Werte sind für andere auf anderem Standard basierende Geräte spezifiziert. In diesem Fall ist ABB Transmit oder eine ABB-Vertretung zu konsultieren.

### 6.2 Transformator beim Transport mit Öl gefüllt, einige Teile demontiert

Die Untersuchung des Transformators wird wie im Punkt 2.2 ausgeführt. Außerdem sollen die für den Transport demontierten Teile wieder auf ihren Platz montiert werden.

Um den Zustand des Öls im Transformator und in den separaten Öltrommeln festzustellen, muß die elektrische Festigkeit desselben vor der Ölbefüllung geprüft werden. Der Minimumwert ist 50 kV/2,5 mm, sofern nach IEC 156 getestet. Andere Werte sind für andere auf anderem Standard basierende Geräte spezifiziert. In diesem Fall ist ABB Transmit oder eine ABB-Vertretung zu konsultieren.

Bei der Montage der Durchführungen sollen getrennte Anweisungen eingehalten werden.

Bei Bedarf ist das Ausdehnungsgefäß vor der Montage innenseitig zu reinigen. Das Gefäß kann z.B. mit Transformatoröl gespült werden.

Die Radiatoren sind während des Transports mit dichtschießenden Flanschen versehen, die das Eindringen von Feuchtigkeit und Verunreinigung in die Radiatoren verhindern. Sie sind erst

unmittelbar vor der Montage der Radiatoren zu entfernen. Für die Demontage und Montage der Radiatoren sind die im Transformator befindlichen Befestigungsflanschen mit Verschlußventilen versehen; man braucht das Öl vom Transformator nicht zu entleeren. Wenn die Radiatoren für eine längere Zeit, z.B. für den Transport, demontiert werden sollen, werden auch die im Transformator befindlichen Befestigungsflanschen mit dichtschießenden Flanschen versehen.

Nachdem alle Teile fest montiert sind, wird der Transformator mit Öl gefüllt, das für Radiatoren und das Ausdehnungsgefäß bestimmt ist. Das getrocknete, gereinigte Transformatoröl wird sorgfältig in das Ausdehnungsgefäß gepumpt. Wenn möglich, sollte ein Vakuumfilter verwendet werden, um das Öl bei der Befüllung in separate Trommeln zu leiten. Die oberen Verschlußventile der Radiatoren sind geöffnet, die unteren geschlossen. Die Entlüftungsschrauben des Radiators sollten geöffnet bleiben, bis die Radiatoren mit Öl gefüllt sind. Der Ölspiegel wird mit Hilfe des Ölstandanzeigers soweit erhöht, daß er der Temperatur im Transformator entspricht. Die unteren Verschlußventile der Radiatoren werden geöffnet. Nach der Öleinfüllung wird die Entlüftung in der folgenden Reihenfolge ausgeführt:

- Deckelöffnungen
- Durchführungen
- Gasrelais

Die Entlüftung erfolgt im allgemeinen mit Hilfe der an geeignete Stellen plazierten Entlüftungsschraube. Die Durchführungen, die keine Entlüftungsschraube haben, werden durch das Lösen der Dichtung des oberen Endes entlüftet. Nach der Entlüftung sollen die Entlüftungsschrauben und Dichtungen wieder nachgezogen werden.

### 6.3 Transformator ohne Öl beim Transport

Je nach Transportverhältnissen, wie Länge des Transportweges, Transportweise usw., für das Füllen ist des Transformators in der Fabrik entweder trockene Luft mit einem Überdruck von 50 kPa (etwa 0,5 bar) oder trockene Luft mit Normaldruck verwendet.

Für die Kontrolle des Überdrucks ist am Transformator ein Druckmesser angeschlossen. Der Transformator sollte innerhalb sechs Wochen nach dem Verlassen der Fabrik mit Öl gefüllt werden. Falls das Füllen später vorgenommen wird, soll man den Druck fortwährend kontrollieren und trockene Luft oder Stickstoff zuführen, wenn der Überdruck unter 10 kPa (etwa 0,1 bar) sinkt. Die Kontrolle der Feuchtigkeit der Isolation soll vor dem Füllen des Transformators ausgeführt werden. Die Punkte 9.3.2 und 6.2 geben weitere Informationen über die Kontrolle der Feuchtigkeit der Isolation sowie über das Füllen des Transformators mit Öl.

Ein Transformator, für dessen Füllen trockene Luft mit Normaldruck verwendet worden ist, ist für den Transport mit einem Luftentfeuchter versehen. Die Funktion des Luftentfeuchters muß kontrolliert werden, bis der Transformator mit Öl gefüllt ist. In bezug auf die Wartung des Luftentfeuchters weisen wir auf den Punkt 9.4 hin.

### 6.4 Starkstromleitungsverbindungen

Alle Verbindungen müssen entsprechende Enden haben. Die Position der Anschlußpunkte ist der Grundrißzeichnung zu entnehmen.

Die Verbindungen müssen mit Kabeln oder Sammelschienenleitern entsprechend den werkseitig anwendbaren Vorschriften für Transformatoren und den Aufbau elektrischer Systeme erstellt werden. Kabel und Sammelschienenleiter müssen über ausreichend Querschnitte verfügen. Scharfe Krümmungen in Hochspannungsdurchführungen sind zu vermeiden.

Es darf keine mechanische Belastung oder Drehkraft auf das Verbindungsanschlußstück ausgeübt werden. Bei Stromfluß über 1000 Ampere müssen flexible Verbindungsschienen zwischen den Sammelschienenleitern und den Transformatoranschlußstücken verwendet werden, um die wärmebedingte Expansion der Verbindungen auszugleichen.

Minimale Abstände, Phase-Phase- und Phase-Erde-Teile müssen stets kontrolliert werden, ebenso die Abstände zwischen Kabeln und Wicklungen.

### Elektrische Abstände

Systemspannung (kV)	1,1	3,6	7,2	12	17,5	24	36	52	72.5
Mindestabstand* gemäß IEC 60076-3 Phase-Phase oder Phase-Erde (mm)	25	60	90	110	170	210	280	450	630

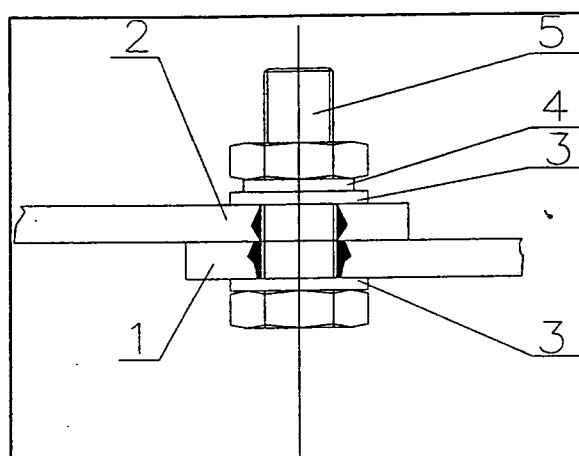
Tabelle 1. Elektrische Abstände

\*Test oder ausreichend dokumentierte nationale Praxis erlaubt die Verwendung geringerer Abstände

Verschraubte Verbindungen müssen gegen Korrosion geschützt werden. Daher müssen federnde Unterlegscheiben eingesetzt werden, um die wärmebedingte Expansion und Deformation von Plastik auszugleichen und den notwendigen Kontaktdruck konstant zu halten.

Abb. 3

1. Durchführungsanschlußstück
2. Sammelschienenleiter oder Kabelschuh
3. Druckunterlegscheibe (DIN 7349, SF 3738)
4. Spannscheibe (DIN 6796, SFS 3737)
5. feuerverzinkter Bolzen



Bolzensgröße	Drehmoment beim Anziehen Nm
M6	6...9
M8	15...22
M10	30...44
M12	50...75
M16	120...190

Verschraubte Kupferverbindungen sind genau wie die Aluminiumverbindungen aufgebaut. Es müssen jedoch keine federnden Unterlegscheiben eingesetzt werden. In schwefeliger Atmosphäre wird die Kupferverbindung mit Anschlußfett behandelt.

Alle Verbindungen sollen fest sitzen und mechanisch sicher sein. Es wird empfohlen, einen Drehmomentschlüssel zum Festziehen der Bolzen zu benutzen, da so eine gleichmäßigere Spannung der Bolzen erreicht wird, außerdem wird die Gefahr einer Überdrehung ausgeschlossen.

Verbinden Sie den Transformator und Stufenschalter-Hilfsspeisung wie im Schaltplan beschrieben. Achtung! Alle Transformatoren in Betrieb befindlichen Transformatoren müssen an Meß- oder Steuerungsinstrumente angeschlossen sein. Jeder Stromwandler muß an der Meßseite kurzgeschlossen und geerdet sein.

## 6.5 Erdungsverbindungen

Der Transformator muß an das Erdungssystem angeschlossen sein. Auf den Unterlegebalken befinden sich markierte Anschlußstückschrauben in diagonaler Anordnung. Die Querschnitte der Erdungsverbindungen müssen den werkseitigen Anordnungen und Vorgaben entsprechen.

## 6.6 Eingeschlossene Durchführungen

Die Kabelenden müssen den verwendeten Kabeln entsprechen. Die Hinweise der Kabelhersteller sind zu beachten. Innerhalb Gehäuse können normale Innenraum-Kabel verwendet werden. Die Kabel werden mit auf dem Gehäuse festgeschweißten Klemmen oder mit Stopfbuchsen auf abnehmbaren Stopfbuchsenunterlagen befestigt. Verbindungen zu den Transformatoranschlüssen oder Sammelschienenleiterverlängerungen (Starkstrom) werden entsprechend Punkt 6.4 eingerichtet. Bei einadrigen Kabeln mit einem Gesamtstromfluß von mehr als 1000 Ampere pro Phase müssen die Kabel gelegt, um eine Nullsumme in jeder Stopfbuchsenstromöffnung zu ermöglichen (Gehäuse bestehen normalerweise aus eisenhaltigem Material!). Sollte es sich um einen Sammelschienenanschluß handeln, werden flexible Verbindungen empfohlen.

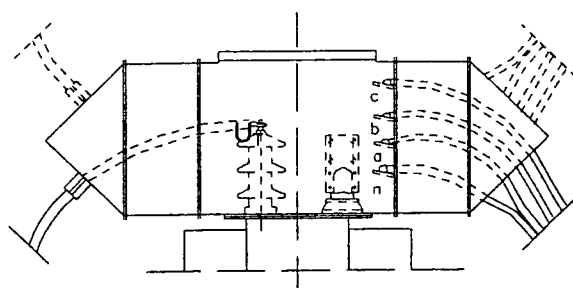


Abbildung 4. Kabel-Kabelverbindung

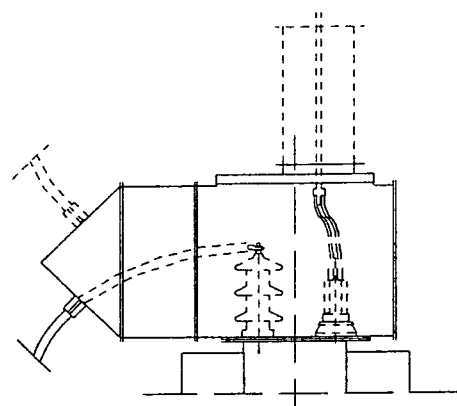


Abbildung 5. Kabel-Sammelschieneverbindung

## 6.7 Inbetriebnahme

Nachdem die Montage des Transformators vollendet ist, muß die Funktion sämtlicher Alarm- und Überwachungsgeräte sowie der Lüfter und Pumpen überprüft werden.

#### Prüfung des Schutzes:

- Prüfung des Gasrelais (Alarm und Auslösung)
- Prüfung des Wicklungstemperatur-Indikators und des Ölthermometers (Alarm und Auslösung)
- Prüfung des Ölstandanzeigers (Alarm)
- Prüfung des Luftentfeuchters
- Prüfung des Schutzrelais des Stufenschalters (Auslösung)
- Prüfung der Stellungsanzeige des Stufenschalters
- Prüfungen der Überstrom- und Differentialrelais

#### Prüfung des Kühlsystems:

- Prüfung der Rotationsrichtung der Lüfter und Pumpen
- Prüfung der Anlasstemperaturen
- Prüfung der Alarme

#### Prüfung der Spannungsregelungsausrüstung:

- Prüfung des Stufenschalters und Umschalters mit Motorantrieb

#### Zusätzlich werden Messungen elektrischer Kreise vorgenommen:

- Isolationswiderstandsmessung der Wicklungen und Hilfskreise
- die richtige Phasenfolge der Hilfsspeisung

Wenn man annehmen kann, daß der Transformator beim Transport beschädigt ist, können die folgenden zusätzlichen Messungen vorgenommen werden:

- die Resistanzmessungen der Wicklungen
- Messung des Übersetzungsverhältnisses (alle Einstell-lagen, falls Hilfsspeisung vorhanden ist)
- Kapazitanzmessungen

Wenn der Transformator lange Zeiten vor Inbetriebnahme unbenutzt worden ist, empfehlen sich die folgenden Kontrollen:

- Ölstand
- Zustand des Luftentfeuchters
- Durchschlagfestigkeit und Feuchtigkeit des Öls

In einem kalten Transformator haben die Papierisolationen den größten Teil der Feuchtigkeit aufgesaugt, was man nicht in einer Öluntersuchung entdecken kann.

Wenn der Zustand des Transformators und die Funktion der Schutzgeräte geprüft ist, kann der Transformator an das Netz eingeschaltet werden. Es wäre aber gut, den Transformator nach der Montage für 1 - 2 Tage stehen lassen, so daß die eventuellen Luftblasen im Öl sich vor Einschaltung lösen.

Beim Einschalten des Transformators an das Netz kann das Überstrom- oder Differentialrelais den Leistungsschalter unmittelbar auslösen. Es muß sich nicht unbedingt um einen Fehler handeln, sondern wahrscheinlich hat der Einschaltstromstoß des Transformators die Auslösung verursacht. Ihre Größe ist vom Transformatoraufbau, vom Moment, von der Einschaltung und Remanenz abhängig.

Nach dem Einschalten eines neuen Transformators kann das Gasrelais während der ersten Tage alarmieren. Wahrscheinlich handelt es sich um Luft, die bei Montage unter dem Deckel geblieben ist. Wegen der Erwärmung des Transformators ist sie ins Gasrelais geraten. Der Gastyp läßt sich durch die Farbe und gewöhnlich auch den Geruch feststellen. Wenn eine genauere Untersuchung nötig ist, wird Gas in eine Probeflasche für Analyse entnommen.



## 7 BETRIEB

### 7.1 Erwärmung und Belastbarkeit

Die Alterung der Isolation beruht auf den Veränderungen in deren chemischen Konstruktion. Die Moleküle des Öls und Papiers lösen sich schon bei Raumtemperatur auf. Bei steigender Temperatur erfolgt die Auflösung immer schneller. Wenn Papier veraltet, reißen seine Zellstoffmoleküle ab und die mechanische Festigkeit wird schlechter.

Wenn die Belastung des Transformators sich erhöht, steigt dessen Temperatur und die Isolationen veralten schneller. Die Alterungsgeschwindigkeit verdoppelt sich und die Lebensdauer vermindert sich entsprechend um die Hälfte im Temperaturbereich 80 - 140°C, wenn die Temperatur des heißesten Punktes der Wicklungen um 6 - 8°C steigt. Außer Temperatur beschleunigen auch Sauerstoff, Säuren und Feuchtigkeit die Alterung.

Die Alterung setzt der Belastbarkeit des Transformators eine gewisse Grenze. Nach der Belastungsanweisung von IEC (IEC Publication 354: Loading guide for oil immersed transformers) wird der Dauerbetrieb mit Nennleistung bei einer Umgebungstemperatur von +20°C als normaler Betrieb eines abgekühlten Transformators angesehen. Die Isolationen veralten in dieser Lage mit einer Geschwindigkeit, die man für normal halten kann vorausgesetzt, daß der Transformator sachgemäß gewartet worden ist.

Die Dauerbelastbarkeit unter verschiedenen Umgebungstemperaturen wird so gerechnet, daß die Temperatur des heißesten Punktes der Wicklung 98°C beträgt, d.h. diese Temperatur ist dieselbe wie im normalen Betrieb. Tabelle 2 zeigt die Dauerbelastbarkeit luftgekühlter Transformatoren nach der Belastungsanweisung von IEC unter verschiedenen Umgebungstemperaturen.

Umgebungstemp. °C	-20	-10	+/-0	+10	+20	+30	+40
<u>Zulässige Dauerbelast.</u> x 100% Nennleistung	130	123	116	108	100	91	82
Öltemperatur °C	67	69	71	73	75	78	80

Tabelle 2. Dauerbelastbarkeit und entsprechende Öltemperatur luftgekühlter (ONAN/ONAF) Transformatoren unter verschiedenen Umgebungstemperaturen.

In der Praxis wird der Transformator selten konstant mit gleicher Last belastet. Die Belastung und die Temperatur variieren vor allem nach Tageszeiten. Wenn die Belastung des Transformators eine Zeitlang niedriger ist als die bei betreffender Umgebungstemperatur zulässige Dauerbelastbarkeit, kann der Transformator demgemäß zu anderen Zeiten mehr belastet werden, und doch bleibt die Alterung während der ganzen Zeit (z.B. während 24 Stunden) normal. Beruhend auf dieser Kenntnis gibt die Belastungsanweisung von IEC auch kurzzeitige Belastbarkeiten an. In Tabelle 3 ist die kurzzeitige Belastbarkeit im Verhältnis von Umgebungstemperatur zu Belastungszeit angegeben, vorausgesetzt, daß die Belastung zu anderen Zeiten des Tages höchstens 25% oder 90% der Nennleistung beträgt. Bei kurzzeitiger Belastung ist die Temperatur des heißesten Punktes der Wicklung auf 140°C beschränkt; die höchste zulässige Leistung ist 1,5-fache Nennleistung.

Umgebungstemperatur °C	-20	-10	+0	+10	+20	+30	+40							
Belastungszeit Std./Tag	Zulässige Belast. x 100% Nennleistung													
0,5	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	126	150	118
1,0	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	110	150	104
2,0	150	150	150	150	150	150	150	147	150	132	149	99	137	95
4,0	150	150	150	148	150	140	142	130	134	118	124	95	115	88
6,0	149	144	144	139	138	132	131	123	123	112	114	93	104	86
8,0	144	140	138	134	132	128	124	119	116	109	108	93	98	84
12,0	139	137	133	131	125	123	117	115	110	105	101	92	92	83
Vorausgesetzt: Belastung beträgt zu anderen Tageszeiten höchstens	25	90	25	90	25	90	25	90	25	90	25	90	25	80

Tabelle 3. Kurzzeitige Belastbarkeit der luftgekühlten (ONAN/ONAF) Transformatoren im Verhältnis von Umgebungstemperatur zu Belastungszeit, wenn die Belastung zu anderen Tageszeiten höchstens 25% oder 90% (80%) der Nennleistung beträgt.

Die Verwendung der Tabellen 2 und 3 wird durch das folgende Beispiel erklärt:

Außentemperatur = -10° C

Dauerbelastbarkeit =  $\frac{123}{100}$  x Nennleistung

Außentemperatur -10° C, Belastungszeit 4 h, Belastung zu anderen Tageszeiten, d.h. während 20 Stunden beträgt 90%.

Kurzzeitige Belastbarkeit (4 Std.) =  $\frac{148}{100}$  x Nennleistung

vorausgesetzt, daß die Belastung während 20 Stunden höchstens  $\frac{90}{100}$  x Nennleistung beträgt.

Die Temperatur der Transformator-Isolationen kann mit Hilfe eines Wicklungstemperatur-Indikators überwacht werden, der ungefähr die Temperatur des heißesten Punktes der Wicklung mißt. Nach der Belastungsanweisung von IEC darf die höchste kurzzeitige Temperatur +140°C betragen. Wegen praktischer Schwierigkeiten bei der Bestimmung des heißesten Punktes empfiehlt es sich, die Werte in Tabellen 4 und 5 als Einstellwerte des Indikators zu verwenden. Man soll besonders beachten, daß die kurzzeitige Belastbarkeit des Transformators nicht nach der Öltemperatur ausgerechnet werden kann, weil die Öltemperatur der Belastung bedeutend langsamer folgt als die Erwärmung der Wicklung im Verhältnis zu Öl. Die Zeitkonstante der Erwärmung der Wicklung im Verhältnis zu Öl beträgt 5 - 20 Min. Weiter soll beachtet werden, daß nicht einmal bei konstanter Überlastung, ohne die wirkliche Erwärmung der Wicklung bei Nennbelastung zu kennen, die Öltemperatur als solche zur Beurteilung der Größe der Transformator-Überlastung verwendet werden kann.

Für die Überwachung der Dauerbelastbarkeit empfiehlt es sich, die Alarm- und Auslösekontakte des Ölthermometers nach den Öltemperaturwerten in Tabellen 4 und 5 einzustellen. Wenn es einen Wicklungstemperatur-Indikator im Transformator gibt, kann die Einstellung der Ölthermometerkontakte etwas erhöht werden (Tabelle 4).

Die Überlastung des Transformators setzt voraus, daß dessen Aufbau sowie Ausrüstung, wie der Stufenschalter und Durchführungen, entsprechend bemessen sind. In unklaren Fällen bitte mit dem Transformatorhersteller Kontakt aufnehmen, um die Überbelastbarkeit zu übermitteln.

Der Alterungsgrad des Öls sowie die Feuchtigkeit der Isolation können die Überbelastbarkeit eines alten Transformators auch beträchtlich begrenzen.

Messer	Alarm	Auslösung	Starten der Lüfter
Ölthermometer	85 °C	100 °C	Gruppe I 60 °C
Ölthermometer, wenn es auch Wicklungstemperatur- Indikator im Transformator gibt	90 °C	105 °C	Gruppe II 75 °C
Wicklungstemperatur-Indikator	105 °C	135 °C	Gruppe I 80 °C Gruppe II 95 °C

Tabelle 4. Empfohlene Einstellwerte der Thermometer für Transformatoren mit natürlicher oder Zwanglauf-Luftkühlung (ONAN, ONAF).

Messer	Alarm	Auslösung	Starten der Lüfter	Pumpen
Ölthermometer	85 °C	100 °C	Gruppe I 60 °C Gruppe II 75 °C	≤ 40 °C
Wicklungstemperatur- Indikator	105 °C	135 °C	Gruppe I 80 °C Gruppe II 95 °C	≤ 60 °C

Tabelle 5. Empfohlene Einstellwerte der Thermometer für Transformatoren mit Luft- und Ölzwangdurchlauf (OFAF).

## 7.2 Parallelschaltung

### 7.2.1 Voraussetzungen für Parallelbetrieb

Wenn zwei oder mehrere Transformatoren parallelgeschaltet werden sollen, soll man berücksichtigen, daß nur Transformatoren, welche die gleiche Kennzahl (s. Tabelle 6) haben, parallelgeschaltet werden können. Die Kennzahl steht auf dem Leistungsschild der Transformatoren.

Außerdem können solche Transformatoren in Parallelbetrieb geschaltet werden, deren Kennzahlen 5 und 11 sind, wenn sowohl die ober- als unterspannungsseitigen Leitungen zweckmäßig gekreuzt werden. Die Tabelle 7 zeigt die in solchen Fällen in Frage kommenden Schaltungen. Aus Abbildung 6 geht eine von diesen Alternativen hervor.

Die übrigen Voraussetzungen für Parallelbetrieb sind:

- Die Klemmen mit gleichen Zeichen sowohl auf Ober- als Unterspannungsseite werden parallelgeschaltet (ausgenommen Transformatoren, deren Kennzahlen 5 und 11 sind).
- Das Übersetzungsverhältnis soll gleich sein.
- Die Kurzschlußimpedanz soll gleich sein (mit ± 10% -iger Genauigkeit).
- Die Leistung der Transformatoren dürfen normalerweise von einander nicht mehr als im Verhältnis 1:3 abweichen.

**Kenn- Schalt- Zeigerbild**  
**zahl gruppe**

0	Dd0	
	Yy0	
	Dz0	
5	Dy5	
	Yd5	
	Yz5	
6	Dd6	
	Yy6	
	Dz6	
11	Dy11	
	Yd11	
	Yz11	

Tabelle 6. Kennzahlen, Schaltgruppen und entsprechende Zeigerbilder.

	Oberspannungsseite	Unterspannungsseite
Sammelschiene	L1 L2 L3	L1 L2 L3
Transformator mit Schaltgruppe Dy11, Yd11 oder Yz5	A B C	a b c
	C B A	b a c
	B A C	a c b

Tabelle 7. Parallelschaltung der Transformatoren mit Kennzahlen 5 und 11.

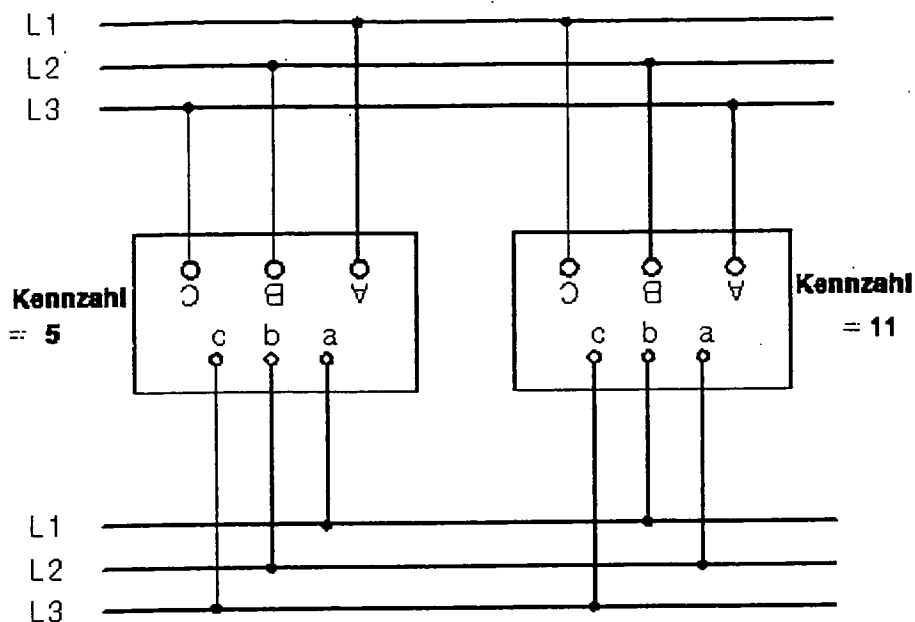


Abbildung 6. Beispiel von Parallelschaltung, wenn die Kennzahl der Transformatoren 5 und 11 ist.

Die vorgenannten Einzelheiten gehen aus den Leistungsschildern der Transformatoren hervor.

Vor der ersten Parallelschaltung der Transformatoren soll unbedingt eine Spannungsmessung mit niedriger Spannung vorgenommen werden. Für diesen Zweck werden die Oberspannungsseiten der Transformatoren parallelgeschaltet und gleichfalls die Sternpunkte der Unterspannungsseite oder ein Paar gleichnamige Phasen.

Wenn die Spannung an die Oberspannungsseite eingeschaltet wird, darf zwischen den Polklemmen der Unterspannungsseite, die parallelgeschaltet werden sollen, keine Spannung vorkommen, dagegen soll zwischen den verschiedenen Phasen die normale Spannung herrschen. Falls dies nicht zutrifft, ist der Transformator falsch geschaltet. Wenn die Transformatoren in Betrieb sind, ist es sicherheitshalber durch Messen festzustellen, daß der Strom sich je Transformator ungefähr im Verhältnis zu den Nennleistungen verteilt.

### 7.2.2 Lastverteilung zwischen parallelgeschalteten Transformatoren

Zur Berechnung der Verteilung der Belastung soll die Nennleistung  $S_N$  und die Kurzschlußimpedanz  $Z_k$  jedes parallelgeschalteten Transformators bekannt sein.

In Parallelbetrieb kann man davon ausgehen, daß der Transformator, der die kleinste Kurzschlußimpedanz  $Z_{kmin}$  hat, verhältnismäßig am meisten belastet wird. Wenn die Belastung dieses Transformators ebenso groß wie die Nennleistung ist, erhält man von den parallelgeschalteten Transformatoren die größte zulässige Gesamtleistung  $S_{max}$ . Sie kann mit Hilfe der folgenden Formel berechnet werden, in der jedes Glied die Belastung des entsprechenden Transformators angibt.

Beispiel vom Parallelbetrieb von drei Transformatoren:

Transformator 1	SN1 = 500 kVA	Zk1 = 5,0%
Transformator 2	SN2 = 800 kVA	Zk2 = 5,4%
Transformator 3	SN3 = 1000 kVA	Zk3 = 6,0%

Nennleistung insgesamt SN = 2300 kVA

Zk min = 5%

$$S1 = \frac{5,0}{5,0} \times 500 \text{ kVA} = 500 \text{ kVA}$$

$$S2 = \frac{5,0}{5,4} \times 800 \text{ kVA} = 740 \text{ kVA}$$

$$S3 = \frac{5,0}{6,0} \times 1000 \text{ kVA} = 850 \text{ kVA}$$

Smax = S1 + S2 + S3 = 2070 kVA, d.h. 90 % von der Nennleistung insgesamt.

## 8 SCHUTZ

In einer Einspeisestation, einem Kraftwerk oder Verteilungsnetz der Industrie gehört der Transformator zu der Ausrüstung, die am schwierigsten zu ersetzen ist. Seine Beschädigung kann zu einer Betriebsunterbrechung oder mühsamen Ersatzspeisungen führen. Darum soll spezielle Aufmerksamkeit auf den Schutz des Transformators gerichtet werden.

### 8.1 Überstromschutz

Der Überstromschutz, der durch Überstromrelais realisiert ist, schützt den Transformator gegen außenseitige Überströme.

Als erstrangiger Überstromschutz wird ein dreiphasiges Überstromrelais eingesetzt. Normalerweise wird ein Relais auf beiden Seiten des Transformators gesetzt, wenn Strom sowohl von Ober- als Unterspannungsseite eingespeist wird.

Ein Ersatzschutz muß auch bei eventueller Beschädigung des Hilfsstromnetzes arbeiten können. Hier können z.B. zwei parallele Schutzvorrichtungen oder vom Hilfsstromnetz unabhängige Einspeisegeräte verwendet werden. So ein Einspeisegerät ist der Kondensator, der durch seine Energie das Schutzrelais speisen und noch einige Zeit nach dem Ausfall der Eigenspannung den Heistungsschalter auslösen kann.

Als Überlastschutz wird der Wicklungstemperatur-Indikator eingesetzt, der die Temperatur des heißesten Punktes der Wicklung auch bei schnell variierender Belastung mißt.

### 8.2 Schutz gegen Kurzschluß

Überstromrelais arbeiten auch bei internen Kurzschlüssen des Transformators, aber ihre Funktionszeiten sind doch im allgemeinen zu lang. Deswegen wird Differentialschutz besonders bei größeren Transformatoren verwendet. Der Schutz arbeitet in internen Fehlersituationen, die im Schutzbereich zwischen den auf Ober- und Unterspannungsseiten geschalteten Stromwandlern entstehen. Beispiele von Fehlern sind z.B. Kurzschlüsse im Schienensystem, in Windungen.

### 8.3 Gasrelais

In einer Fehlersituation bildet sich im Transformator Gas, das in das Gasrelais gerät. Das Gasrelais befindet sich am Rohr zwischen dem Ausdehnungsgefäß und dem Ölkessel. Gasdruck drängt Öl im Relais, und eine geringe Gasbildung verursacht das Schließen der Alarmkontakte. Bei reichlicher Gasbildung oder beim Absinken des Ölspiegels schließt zuerst der Alarmkontakt und danach der Auslösekontakt. Eine kräftige Ölströmung vom Transformator in das Ausdehnungsgefäß verursacht ein unmittelbares Schließen des Auslösekontaktes. Der Auslösekontakt soll den Transformator vom Netz ohne Verzögerung abschalten.

### 8.4 Überspannungsschutz des Transformators

#### 8.4.1 Allgemeines

Der Transformator wird normengemäß und laut bestimmten Prüfspannungsforderungen geliefert. Dies bedeutet, daß der Transformator eine bestimmte 50 Hz Spannungsfestigkeit (Stückprüfung) und eine bestimmte Stoßspannungsfestigkeit (Typenprüfung) hat, welche das Spannungsfestigkeitsniveau des Transformators aufweisen.

Die in der Praxis vorkommenden Überspannungen variieren beträchtlich in Größe und Form. Die zu den inneren Überspannungen des Netzes gehörenden verschiedenen Schaltüberspannungen stehen hinsichtlich der Größe gewöhnlich in gewissem Verhältnis zu der Nennspannung des Netzes und liegen meistens unter der normenmäßigen Wechsellspannungsfestigkeit des Transformators. Dagegen können äußere, atmosphärische Überspannungen in vielen Fällen solche Werte annehmen, daß ein Transformator, der den Normenforderungen hinsichtlich der Stoßspannungsfestigkeit entspricht, sie nicht aushalten kann. Gegen diese Überspannungen werden Schutzvorrichtungen verwendet, die die Spannungsbeanspruchung des Transformators auf ein Schutzniveau reduzieren, das gemäß dem Prinzip der Isolationskoordinierung etwas niedriger als das Spannungsfestigkeitsniveau des Transformators liegt.

Als Überspannungsschutz-Vorrichtungen kommen in erster Linie Blitzableiter und die gewöhnlich an den Durchführungen befestigten Funkenhörner in Frage. Die Blitzableiter bieten technisch einen guten Schutz an. Bei kleinen Transformatoren kann aber das Verwenden von Funkenhörner wirtschaftlicher sein.

#### 8.4.2 Große Transformatoren

Zum Schutz gegen Überspannung in großen Transformatoren werden im allgemeinen Blitzableiter empfohlen. Die Stoßspannungsprüfung, die normalerweise nur mittels der Gesamtwelle 1,2/50  $\mu$ s ausgeführt wird, basiert ebenfalls auf diese Schutzvorrichtung. Falls der Verbraucher aus irgendeinem Grund als Überspannungsschutz nur Funkenhörner verwenden will, soll hierüber schon bei der Bestellung übereingekommen werden, um eine sachgemäße Dimensionierung zu ermöglichen.

Blitzableiter soll man möglichst nahe am Transformator plazieren, vorzüglichst in unmittelbare Nähe der Durchführungen. Dabei können sie am besten den Transformator auch gegen die steilen Stoßwellen von den Freileitungen schützen. Auch wenn der Transformator nicht direkt an Freileitungen angeschlossen ist, empfiehlt es sich, angesichts der Stoßspannungen, die durch den Transformator fließen, daß die Blitzableiter zwischen Transformator und Schalter angeschlossen sind. Sie werden direkt an Transformatorgerüst und an die Erdung der Station geschaltet. Wenn man Blitzableiter verwendet, braucht man nicht gleichzeitig Schutzhörner zu verwenden. Es kann sogar nachteilig sein, wenn ihre Funktionsbereiche teilweise einander überlappen, denn eine Funktion des Funkenhorns verursacht einen abgeschnittenen Stoß, der die Transformatorwicklung beansprucht.

### 8.4.3 Schutz des Nullpunktes

Wenn der Transformator im Betrieb einer dreipoligen Stoßspannung ausgesetzt wird, steigt die Spannung seines isolierten Nullpunktes bedeutend und wird höher (ca. 50 - 100%) als die auf die Phasenklammern wirkende Spannung. Die Beachtung dieser Spannungsbelastung in verschiedenen Konstruktions- und Betriebsfällen ist für die Überspannungsfestigkeit des Transformators nötig.

Bei niedrigen Betriebsspannungen und kleinen Transformatorleistungen wird der Nullpunkt gar nicht zum Deckel gebracht. Überspannungsschutzmaßnahmen sind nicht nötig, weil die Nullpunktsisolation so bemessen ist, daß sie die von einer dreipoligen Stoßspannung, die ebenso hoch wie die Prüfspannung ist, verursachten Spannungsaufstiege aushält. Solchen Konstruktionen wird auch eine Probe mit dreipoliger Stoßspannungsprüfungen vorgenommen.

Wenn der Nullpunkt herausgeführt ist, ist er gegen Überspannungsimpulse zu schützen, wenn der Nullpunkt des Transformators nicht direkt geerdet ist. Der Überspannungsschutz wird durch den an den Nullpunkt geschalteten Blitzableiter ausgeführt. Funkenhörner sollen für diesen Zweck nicht verwendet werden, weil der von ihnen verursachte steil abgeschnittene Stoß eine Gefahr für die an der Seite des Nullpunktes liegenden Regelwicklungen bilden kann.

Wenn der Nullpunkt des Transformators isoliert ist, soll die Nennspannung des Nullpunktblitzableiters 70% der höchsten Netzspannung sein. Als vollisolierter Nullpunkt wird dann ein Nullpunkt betrachtet, der über eine Löschspule oder eine hochohmige Erdungsimpedanz angeschlossen ist. Falls die Erdungsimpedanz des Nullpunktes verhältnismäßig kleinohmig ist, ist die zweckmäßige Nennspannung des Blitzableiters separat zu ermitteln.

Wenn die Blitzableiter wie oben gewählt werden, wird das Schutzniveau des Nullpunktes ca. 70% vom Schutzniveau der entsprechenden Phasenklammern. Das Stoßprobenspannungsniveau des Nullpunktes, das auch ca. 70% von dem entsprechenden Niveau der Phasenklammern ist, kann auch durch folgerichtige Anwendung des Isolationskoordinatprinzips definiert werden.

## 9 INSTANDHALTUNG UND BETRIEBSÜBERWACHUNG

### 9.1 Allgemeines

Um eine lange Lebensdauer und gute Betriebssicherheit bei den Transformatoren zu erreichen, sollen sie sachgemäß instand gehalten werden. Bei Wartung und Überwachung sollen die Sicherheitsbestimmungen über Sicherheitsabstände und -geräte, Erdungen, Begrenzungen betreffend Arbeit unter Spannung usw. unbedingt eingehalten werden. Die Wartung für die Instandhaltung der Transformatoren umfaßt zwei Kategorien:

- Überwachung und einfache Wartung ausgeführt vom Bedienungspersonal
- Komplette Wartung

Das Bedienungspersonal überwacht und wartet u.a.:

- Ölstand
- Temperaturen des Öls und der Wicklung
- Lärm
- Lüfter und Pumpen
- Stufenschalter (falls vorhanden)
- Luftentfeuchter
- Reinhaltung des Transformators

Einzelne Teile werden bei Bedarf gewartet. Dieser Bedarf wird bei der Überwachung des Bedienungspersonals sowie bei der jährlichen Prüfung der Schutz-, Alarm-, Einstell- und Überwachungsgeräte festgestellt.



Eine komplette Wartung wird im allgemeinen nach 15 - 20 Betriebsjahren durchgeführt. Unter anderem folgende Punkte werden überprüft und gewartet:

- Stufenschalter (falls vorhanden)
- Durchführungsisolatoren
- Hilfsgeräte
- Kessel
- Kühler
- Öl usw.

Die eventuell feuchte Transformatorisolation wird getrocknet. Bei Bedarf, wenn es z.B. reichlich Schlamm im Öl gibt oder Gasanalysen einen Fehler im Transformator zeigen, wird der Transformator aus dem Kessel für die Prüfung und Reinigung der Wicklungen und des Kerns aufgehoben. Die Prüfung soll eingehend und genau sein, weil es sich lohnt, eventuelle Reparaturen sowie Erneuerungen der Teile in diesem Zusammenhang vorzunehmen.

## 9.2 Überwachung des Isolationszustandes

Feuchtigkeit verschlechtert das elektrische Isoliervermögen des Papiers und Öls und fördert die Alterung des Papiers. Die Feuchtigkeit der Isolation sowie der Alterungsgrad können von Ölproben des Transformators festgestellt werden. Die Probenahme soll mit äußerster Sorgfalt und Sachkenntnis erfolgen. Die Probeflaschen müssen unbedingt trocken und sauber sein.

Bei der Ölprobenahme darf das Öl nicht in Berührung mit Feuchtigkeit, Staub oder Luft kommen, wenn man von der Probe Gas für die Analyse nehmen will. In der Zeit zwischen der Probenahme und der Messungen müssen die Proben in geschlossenen Gefäßen liegen und vor Licht geschützt werden.

Je nach Lage werden das Isoliervermögen, Fremdkörper und/oder Alterungsgrad des Öls geprüft. Nähere Information über Öl-Prüfungen und Anforderungen an die Beschaffenheit des Öls sind in einer getrennten Anleitung angegeben.

Die Feuchtigkeit des Transformators kann auch durch Papierproben überwacht werden. In den Transformator werden zusätzliche Papierproben gestellt, die dann für die Messung der Feuchtigkeit entfernt werden.

## 9.3 Trocknen des Transformators und Behandlung des Öls

Wenn die Isolationen des Transformators zu feucht sind, müssen sie getrocknet werden. Wenn es ein Feuchtigkeitsgleichgewicht zwischen Öl und Isolationen herrscht, liegt der größte Teil der Feuchtigkeit in Papierisolationen. Darum sollen außer Öl auch die Papierisolationen des Transformators getrocknet werden.

Das getrocknete Öl wird schnell feucht, wenn die Papierisolationen nicht trocken sind.

Es gibt mehrere Trocknungsmethoden. Wenn der Transformator arbeitet, kann man Öl durch die Filtrier- und Reinigungsvorrichtung umlaufen lassen. Man kann auch den Transformator vom Netz abschalten, ihn vom Öl ausleeren und dann das Öl und den Transformator getrennt reinigen und trocknen. Das Trocknen kann z.B. als Vakuumtrocknung mit Hilfe der Wärme erfolgen. Das Öl wird am besten mit einer Vakuumtrocknungsvorrichtung behandelt, die auch einen Filterteil hat.

Die Schwierigkeit in allen Fällen liegt darin, daß Feuchtigkeit nur sehr langsam weg von öligen Isolationen diffundiert wird. Es dauert im normalen Fall mehrere Wochen, einem öligen Transformator zu trocknen. Die Trocknungszeit wird kürzer, wenn man ein Vakuum für die Verdampfung des Öls entwickeln kann.

### 9.3.1 Vakuumtrocknen

Das Vakuumtrocknen kann im eigenen Behälter des Transformators ausgeführt werden, wenn der Behälter vakuumbeständig ist. Die Behälter der großen Transformatoren sind heutzutage meistens vakuumbeständig. Das Saugrohr der Vakuumpumpe wird normalerweise an die Anschlußflansche des Ausdehnungsgefäßes am Transformatordeckel befestigt. Verteilungs- und andere Transformatoren, deren Behälter nicht vakuumbeständig sind, werden in einem für diesen Zweck gebauten Vakuumkessel behandelt.

Beim Vakuumtrocknen wird der feuchte Transformator bis auf eine Temperatur von 60 - 90 °C erhitzt. Beim Vakuumtrocknen versucht man, die Temperatur der Isolation auf obenerwähntem Wert zu halten, indem Gleichstrom im Vakuum direkt in die Wicklungen geleitet wird. Die Temperatur des Transformators kann durch Widerstandsmessung der Wicklungen kontrolliert werden. Am Ende des Trocknens soll der Druck im Transformator unter 150 Pa (ca. 1 torr  $\cong$  1,5 mbar) sein. Bei Unterdruck und gleichzeitiger Wärmewirkung verdampft das Wasser vom Transformator effektiv.

### 9.3.2 Kontrolle des Trocknens

Das Trocknen des Transformators kann durch Kontrolle des Druckes, Wasserzulaufs und Temperatur überprüft werden. Das Trocknen ist beendet, wenn der Druck nicht mehr sinkt und der Wasserzulauf gering ist.

Beim Trocknen eines feuchten ölisierten Transformators ist ein völlig trockener Zustand sehr schwer zu erreichen. In tiefsten Teilen der Isolation bleibt beträchtliche Mengen Feuchtigkeit, die erst später langsam in Deckschichten und Öl diffundiert wird.

Das Trocknen des Transformators kann durch Isolierwiderstandsmessung kontrolliert werden. Der Isolationswiderstand des Transformators ist sowohl von Feuchtigkeit als von Temperatur abhängig. Der Isolationswiderstand jeder Wicklung gegen die Erde wird mit Teraohmmeter oder Megohmmeter von gemessen, indem die übrigen Wicklungen an die Erde angeschlossen sind. Der Isolationswiderstand wird 15 und 60 Sekunden nach Einschalten der Meßspannung abgelesen; der Messer arbeitet kontinuierlich. Das durch die Messung erhaltene Verhältnis  $R_{60} : R_{15}$  der Widerstandswerte variiert normalerweise bei trockenem Transformator von 1,3 bis 3. Während der Vakuumtrocknung beträgt die höchste Testspannung zur Messung der Isolationswiderstände 500 V, da das Spannungsfestigkeitsniveau im Vakuum sehr reduziert ist.

Die endgültige Feuchtigkeit kann mit chemischen Methoden mit Hilfe von den im Transformator liegenden speziellen Papierproben gemessen werden.

### 9.3.3 Füllen des Transformators mit Öl nach dem Vakuumtrocknen

Ist der vakuumbehandelte Transformator trocken, kann das Einfüllen des Öls beginnen. Das Öl wird langsam in den oberen Teil des Transformatorbessels eingegossen und das Vakuum soll die ganze Zeit so gut wie möglich beibehalten werden. Eine geeignete Füllungsgeschwindigkeit hat man, wenn das Vakuum während der Füllung nicht wesentlich abnimmt. Wenn alle Isolierteile mit Öl bedeckt sind, unterbricht man das Füllen. Wenn das Öl nicht vorbehandelt und die Luft von ihm nicht entfernt ist, soll man das Vakuum noch mehrere Stunden beibehalten, um die Luft vom Öl zu entfernen. Den Rest kann man auf eine normale Weise nach Punkt 6.2 füllen. Soweit es möglich ist, ist es empfehlenswert, die Vakuumfüllung mit vorbehandeltem Öl auszuführen, von dem die Luft entfernt worden ist. Zuletzt sollte man eine Ölprobe nehmen, deren elektrische Festigkeit geprüft wird.

Falls ein Hochspannungstransformator (Nennspannung = 45 kV) mit Luft oder Gas gefüllt transportiert ist, erfolgt das Ölfüllen wie oben angeführt.

Nach dem Einfüllen erfolgt die Entlüftung nach Punkt 6.2.

### 9.3.4 Transformatorenöl

Hochwertiges naphthenisches Transformatorenöl ist werkseitig in den Transformatoren gefüllt worden. Im Transformator bewirkt es elektrische Isolation, sowie führt Wärme aus den aktiven Teilen des Transformators in die Kühler über. Das Öl ist eine gute elektrische Isolation solange es ausreichend trocken und sauber ist. Das im Betrieb stehende Öl wird allmählich schmutzig und alt, seine Eigenschaften verschlechtern sich, bis es nicht mehr brauchbar ist. Der Zustand des Öls soll deswegen regelmäßig kontrolliert werden, um die Betriebssicherheit des Transformators zu garantieren. Durch die Ölkontrolle können auch eventuelle Gas entwickelnde Fehler entdeckt werden, bevor sie zu größeren Beschädigungen führen. Auf Wartung und Behandlung des Öls sowie die daran gestellten Anforderungen wird in einer speziellen Anleitung eingegangen.

### 9.4 Überwachungs- und Schutzvorrichtungen

Der Transformator kann für die Überwachung seines Zustandes sowie für den Schutz und die Begrenzung der evtl. entstehenden Fehler mit folgenden Vorrichtungen ausgerüstet werden:

1. Der Ölthermometer hat auf verschiedene Temperaturen verstellbare Kontakte für Alarm und Auslösung sowie einen Maximumanzeiger. Er kann auch mit den die Kühlgeräte steuernden Kontakten versehen werden. Die Öltemperatur muß regelmäßig kontrolliert werden.
2. Der Indikator der Wicklungstemperatur ist eine Vorrichtung, mit der die Temperatur des heißesten Punktes der Wicklung verfolgt werden kann. Die Temperatur der Wicklung ist in bestimmten Zeitabständen zu kontrollieren, bei Überlastung des Transformators ist die Kontrolle der Temperatur besonders wichtig (s. Punkt 8.4).

Der Wicklungstemperatur-Indikator kann außer verstellbaren Alarm- und Auslösekontakten auch mit den die Kühlgeräte steuernden Kontakten ausgerüstet werden.

3. Das Gasrelais mit Signal- und Auslösekontakten dient zur Anzeige der inneren Fehler des Transformators und zur Abtrennung des fehlerhaften Transformators vom Netz. Die Funktion des Gasrelais ist bei der Inbetriebnahme und später regelmäßig, z.B. im Zusammenhang mit der jährlichen Wartung zu kontrollieren.
4. Der Ölstandanzeiger ist gewöhnlich an ein Ende des Ausdehnungsgefäßes montiert und mit Alarmkontakten für die Ober- und Untergrenze des Öls versehen. Am Anzeiger sind einige Ölstände angegeben, die der durchschnittlichen Öltemperaturen entsprechen. Mit Hilfe des Ölstandanzeigers wird kontrolliert, ob der Ölspiegel des Transformators der damaligen Durchschnittstemperatur entspricht. Nötigenfalls soll gereinigtes, getrocknetes und mischbares Öl hinzugegossen werden. Genauere Angaben über die Mischbarkeit der Öle befinden sich in einer getrennten Transformatorenöl-Anweisung.
5. Bei dem Luftentfeuchter, durch den die in das Ausdehnungsgefäß kommende Atmungsluft des Transformators geführt wird, soll die Farbe des Entfeuchtungsmaterials (Silikagel) in bestimmten Zeitabständen kontrolliert werden. Das trockene Trocknungsmaterial ist orange, das feuchte farblos. Das Trocknungsmaterial sollte durch neues oder getrocknetes Material erneut werden immer wenn es nur 1/3 des orangen Materials übrig gibt. Der Luftentfeuchter wird mit einer flüssigen Dichtung versehen. Der Ölstand sollte das Zeichen an der Wand erreichen.
6. Das Überdruckventil kann für die Begrenzung des von einem eventuellen inneren Fehler verursachten Überdrucks im Ausdehnungsgefäß verwendet werden. Es kann mit Alarmkontakten ausgerüstet werden.

Eingehende Anweisungen der Überwachungs- und Schutzvorrichtung des Transformators werden separat geliefert.

## 9.5 Durchführungen und Verbindungen

Die Porzellane der Durchführungen des Transformators sind bei Betriebsunterbrechungen so oft wie nötig zu reinigen. Dies ist besonders dort wichtig, wo der Transformator starker Verunreinigung ausgesetzt ist. Als Reinigungsmittel können leicht flüchtige Reinigungsflüssigkeiten, z.B. Schwerbenzin, Ghlorothene VG oder NU, verwendet werden.

Die Durchführungen können umgetauscht werden, ohne den Transformatordeckel zu öffnen. Die in das Ausdehnungsgefäß führende Ventile sollen geschlossen werden. Bei Bedarf ist eine ausreichende Menge Öl vor der Beseitigung der Durchführung abzulassen. Spezielle Bedienungs- und Wartungsanweisungen über Durchführungen sind erhältlich.

Der Zustand der äußeren Leiter- und Schienenverbindungen der Durchführungen muß regelmäßig überprüft werden, weil eine unverspannte Verbindung zur Erhitzung der Durchführung und schließlich sogar zum Verderben der Dichtungen oder der Durchführung führen kann (s. auch Punkt 9.8)

## 9.6 Kühlvorrichtungen

Als Kühlvorrichtungen werden Radiatoren, Lüfter, spezielle Ölkühler, Ölpumpen, Wasser-Ölkühler usw. eingesetzt. Der Zustand der Kühlvorrichtungen soll in gewissen Zeitabständen kontrolliert werden.

## 9.7 Regelvorrichtungen der Spannung

Der Transformator kann mit einem Umschalter oder Stufenschalter für die Spannungsregelung ausgerüstet werden, indem man die Windungszahl ändert.

Mit dem Umschalter kann das Übersetzungsverhältnis in spannungslosem Zustand geändert werden.

Die Regelachse des Umschalters ist durch den Deckel des Transformators oder durch den Behälter geführt. Am Ende der Achse ist ein Drehgriff, ein Stellungsanzeiger und eine Verriegelungsvorrichtung. Wenn die Drehbewegung beendet ist, soll der Griff verriegelt werden. So wird gewährleistet, daß der Umschalter in die Betriebsstellung eingerastet ist.

Es empfiehlt sich, den Umschalter etwa einmal im Jahr z.B. während Betriebsunterbrechungen von einer Endstellung zur anderen zu drehen. Dies ist besonders wichtig, wenn man den Umschalter selten einsetzt.

Mit dem Stufenschalter kann die Spannung geregelt werden, wenn der Transformator belastet ist. Der Stufenschalter befindet sich am Deckel des Haupttransformatorbessels. Der Stufenschalter fungiert als Umschalter, wobei er sowohl die Funktion eines Ableiterschalters als auch die eines Anzapfungswählers vereint. Der Umschalter befindet sich in einem separaten Ölbehälter, der mit seinem eigenen Ausdehnungsgefäß verbunden ist. Der Stufenschalter ist mit einem Schutzrelais gesichert. Der Umschalter kann bei Überprüfungen hochgehoben und das Öl im Behälter separat gewechselt werden. Der Stufenschalter ist mit einem Motorantriebsmechanismus für Fern- und lokale Kontrolle. Mit dem Transformator werden spezielle Gebrauchs- und Wartungsanweisungen über den Stufenschalter geliefert.

## 9.9 Dichtungen

Die Dichtungen des Deckels und der Flanschen sowie die Dichtungen zwischen den Durchführungen und dem Deckel sind gewöhnlich aus ölbeständiger vulkanischer Korkplatte oder ölbeständigem Gummi hergestellt. Falls die Dichtungen lecken, kann man das Leck im allgemeinen durch Anziehen der Schrauben beseitigen. Falls eine Dichtung zu entfernen und auszutauschen ist, sollen die Dichtungsflächen sorgfältig gereinigt und mit einem geeigneten Dichtungslack angestrichen werden.

Bei Zusammenfügung von Dichtungen aneinander kann man die Enden der Dichtungen abschrägen und aufkleben.

Für die Durchführungsbolzen, die Achsen und die Spindeln werden ölbeständige Gummidichtungen verwendet. Die Achsen- und Spindeldichtungen können auch aus öl- und wärmebeständigem Kunststoff bestehen. Alle diese Dichtungen können von außerhalb des Kessels zugezogen und ausgetauscht werden. Beim Zuziehen der Dichtungen ist äußerste Vorsicht geboten, damit die Schrauben nicht brechen und die Dichtungen nicht beschädigt werden. Die Muttern der Stiftbolzen sollen besonders vorsichtig angezogen werden.

## 9.9 Anstrich

Bei der Ausbesserung von Schäden im Anstrich soll die beschädigte Stelle vor dem Grundanstrich von Rost, Schmutz und Fett gereinigt werden. Es ist zu empfehlen, den Deckanstrich zweimal zu machen. Die gesamte Dicke der Anstrichschichte sollte wenigstens 120 µm sein. Beim Korrekturanstrich wird empfohlen, eine vom Transformatorhersteller gelieferte Anstrichfarbe zu verwenden sowie die Anstrichanweisungen einzuhalten.

# 10 UNTERSUCHUNG VON STÖRUNGEN AM TRANSFORMATOR

Wenn die Schutzvorrichtung während des Betriebs den Alarm auslöst oder den Transformator abschaltet, muß sofort mit der Aufklärung der Ursache begonnen werden.

Durch Untersuchungen kann man festgestellt werden, ob es sich um einen Transformatorschaden oder um irgendeine andere Betriebsstörung handelt.

## 10.1 Störungsprotokoll

Allgemeines:

- Datum und Zeitpunkt der Störung
- Netzdaten, ob Schaltungen oder andere entscheidende Eingriffe vorgenommen wurden; wie hoch die Belastung war; eventuelle weitere Relaisfunktionen (z.B. Erdschlußrelais) am Netz
- Wetter (Gewitter, Regen usw.)

Funktion der Schutzvorrichtung:

- Ansprechzeit und Lesung der angesprochenen Schutzvorrichtung, Relais, Registrierapparate usw.

Transformator:

- ob es Gas im Gasrelais gibt; Farbe und Typ des Gases
- ob es Ruß im Öl gibt
- Lesungen der Thermometer
- ob es Beschädigungen in Kühlern oder im Kessel gibt
- ob es Lichtbogen-Spuren in Durchführungen oder am Deckel gibt
- die höchste Belastung und ein Mittelwert der Belastungen während drei Stunden vor der Störung

## 10.2 Funktion der Schutzvorrichtungen

Das Ansprechen des Gas- oder Differentialrelais bedeutet nicht immer eine Beschädigung im Transformator.

Das Gasrelais kann z.B. aus folgenden Gründen ansprechen:

- eine Luftblase hat sich unter dem Transformatordeckel gelöst (die Luftblase ist farb- und geruchlos)
- ein Kurzschlußstrom strömt durch den Transformator (keine Luftblase)
- Beschädigung innen im Transformator (das Gas kann farbig sein, übel riechen und brennbar sein)

Das Differentialrelais kann z.B. aus folgenden Gründen ansprechen:

- durchströmender Kurzschluß
- Einschaltstromstoß
- defekte Schutzvorrichtung
- Wicklungsbeschädigung im Transformator

## 10.3 Prüfmessungen

Außer den obengenannten Kontrollen können Messungen wie folgt ausgeführt werden:

- Isolationswiderstand der Wicklungen
- Übersetzungsverhältnis
- geringfügiger Stromfluß (Impedanz)
- Gleichstromwiderstände der Wicklungen

### Isolationswiderstandsmessung der Wicklungen

Das Meßprinzip ist in Abbildung 7 zu sehen. Um zuverlässige Resultate zu erhalten, müssen die Isolatoren trocken und sauber sein.

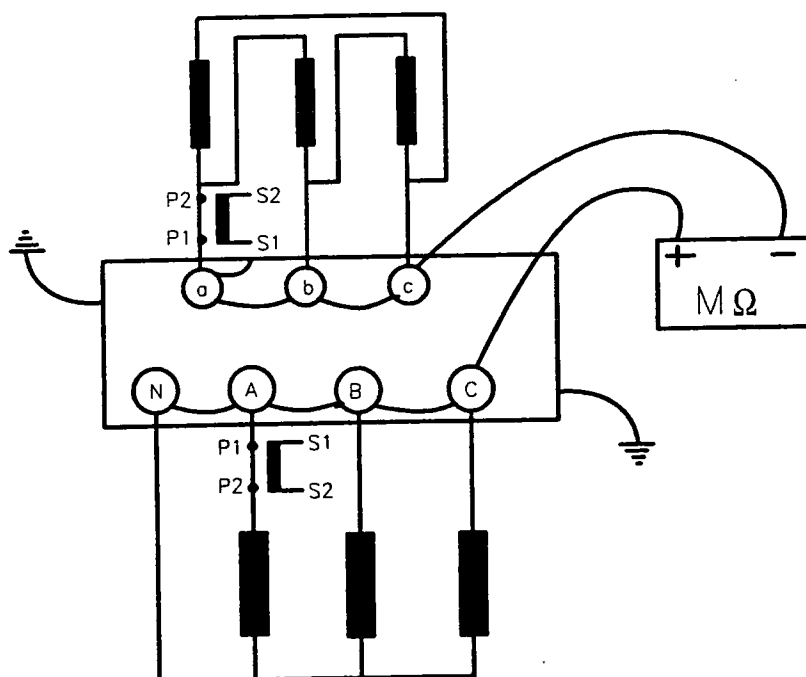


Abbildung 7. Schaltschema der Isolationswiderstandsmessung

Nach Abbildung 7 wird der Isolationswiderstand der Oberspannungswicklung zwischen Erde und Unterspannungswicklung gemessen (HV - (LV + T/E)). Zusätzlich sollen auch die folgenden Messungen vorgenommen werden (T = Transformatorkegel, E = Erde):

LV - (HV + T/E)  
 (LV + HV) - T/E  
 LV - HV

Der Isolationswiderstand sollte mehrere Megaohm betragen. Dennoch hängt der Wert weitgehend von Meßzeit und Temperatur des Transformators ab. Zur Überprüfung, ob die Werte den Werten unter normalen Bedingungen (20°C) entsprechen, benutzen Sie folgende Tabelle.

Die Isolation wird mit einem Megohmmeter gemessen, die Testspannung beträgt 2500 - 5000 V Gleichstrom, Messungen werden bei 15 Sekunden und bei 60 Sekunden vorgenommen.

Die Meßwerte beziehen sich auf 20°C, der Meßwert wird bei Umgebungstemperatur mit dem unten in der Tabelle angegebenen Korrekturfaktor multipliziert.

Umgebungstemp. °C	Korrekturfaktor	Umgebungstemp. °C	Korrekturfaktor
-10	0,13	35	2,80
-5	0,18	40	3,95
0	0,25	45	5,60
5	0,36	50	7,85
10	0,50	55	11,20
15	0,75	60	15,85
20	1,0	65	22,40
25	1,40	70	31,75
30	1,98	75	44,70

Der Minimumtestwert bei 60 Sekunden auf 20°C korrigiert sollte 1000 Megaohm betragen. Außerdem wird die Änderung der bei 15 Sekunden und bei 60 Sekunden ermittelten Meßwerte benutzt, um die Trockenheit der Isolation zu bestimmen. Der Referenzwert R60/R15 ist normalerweise 1,2 bis 3 in einem trockenen Transformator.

Werte von R60/R15 < 1,2 zeigt normalerweise an, daß der Transformator feucht ist.

### Messung des Übersetzungsverhältnisses

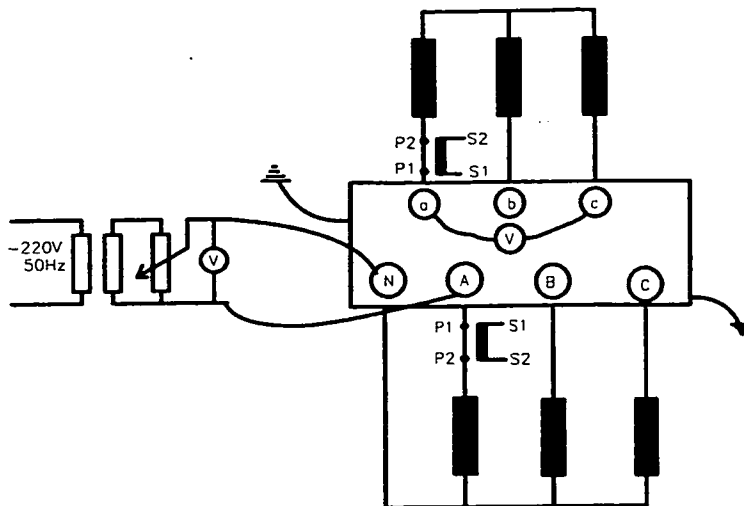


Abbildung 8. Schaltschema über Messung des Übersetzungsverhältnisses

Eine 380 V Spannung wird vom Trenntransformator über den Regeltransformator an eine Wicklung an der Oberspannungsseite des Transformators gespeist. Spannungswerte werden mit einem Universalmesser sowohl an der Ober- und Unterspannungsseite bestimmt. Die Messung wird in der Reihenfolge zwischen jeder Phase wiederholt. Das von den Spannungswerten ausgerechnete Übersetzungsverhältnis wird mit dem Verhältnis der Nennspannungen sowie mit den Werten im Prüfprotokoll verglichen. Wegen der Ungenauigkeit des Universalzählers kann ein Unterschied von einigen Prozenten entstehen. Es empfiehlt sich, eine Übersetzungsverhältnisbrücke bei der Messung zu verwenden.

### Leerlaufstrommessung

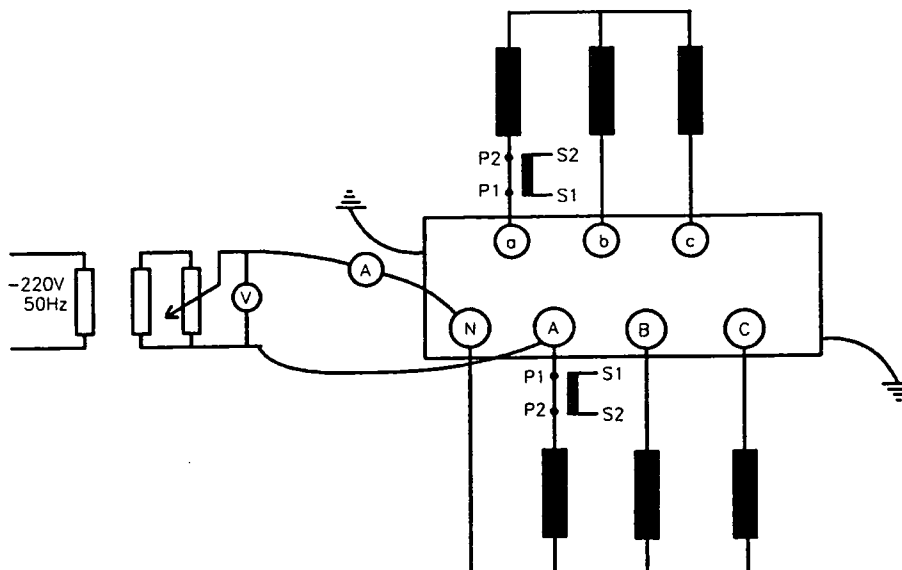


Abbildung 8. Schaltschema der Leerlaufstrommessung

Über den Trenntransformator und den Regeltransformator wird zwischen jeder Phase und Sternpunkt (an dem sterngeschalteten Transformator) eine so niedrige Spannung gespeist, daß die Anzeige eines seriengeschalteten Ammeters nur einige zehn Milliampere in Abhängigkeit von der Impedanz des Transformators beträgt. Der von anderen Phasen entnommene Strom wird der Reihe nach bei derselben Spannungsanzeige gemessen. Die Erregerströme verschiedener Phasen sollen



ungefähr gleich hoch sein. Bei einer beschädigten Phase kann der Strom bis auf Werten von mehreren zehn Ampere steigen. Darum muß der Reglertransformator durch eine geeignete Sicherung geschützt werden.

### Gleichstromwiderstandsmessung der Wicklungen

Eine ausreichende Gleichstromquelle und ein genauer Widerstandsbrückenähler werden für die Widerstandsmessung benötigt. Bei der Ausschaltung des Meßstromes können gefährliche Spannungen induziert werden. Darum muß die Messung von einem Fachmann vorgenommen werden. Ein allgemeines Meßgerät ist aufgrund der langfristig schwachen Energiequelle (Batterie) möglicherweise nicht in der Lage, überhaupt Wicklungswiderstände zu messen.

## **11. REPARATUR UND ERSATZTEILE**

Bei der Ausführung von Reparaturarbeiten sind alle Sicherheitsmaßnahmen wie im Kapitel 9 Instandhaltung und Betriebsüberwachung genau zu befolgen.

Es obliegt der Verantwortung des Besitzers, Inspektions- und Wartungsarbeiten auszuführen sowie den Transformator in gutem Zustand zu erhalten.

Alle während der Garantiezeit auftretenden Schäden sollten der nächstliegenden ABB-Vertretung oder ABB Transmit Oy mitgeteilt werden.

Alle von der Garantieleistung eingeschlossenen Leistungen müssen von ABB Transmit Oy ausgeführt bzw. vor ihrer Ausführung schriftlich von ABB Transmit Oy genehmigt werden.

Es wird empfohlen, die Reparatur auf das Auswechseln defekter Teile zu beschränken, sofern sie nicht in einer entsprechenden Werkstatt ausgeführt werden können. Das Auswechseln vieler Teile ist oft kostengünstiger als die Reparatur.

Für Ersatzlieferungen oder Schriftverkehr sind Typ, Seriennummer, Herstellungsjahr, Leistung und Spannungsstärke des Transformators anzugeben.

## **12. SCHLUBBEMERKUNGEN**

Dieses Handbuch wird mit jedem Transformator mitgeliefert, der unser Werk in Vaasa, Finnland verläßt. Unter gar keinen Umständen sollte die Arbeit oder die Vorsicht beim Ausführen der Arbeiten auf die wenigen hier in diesen Seiten beschriebenen Punkte beschränkt sein. Zusätzliche Informationen sind normalerweise den Betriebs- und Wartungsvorschriften zu entnehmen. Bei Unklarheiten setzen Sie sich bitte mit uns in Verbindung.

**1** Inhaltsverzeichnis

**1**

**2** Technische Unterlagen  
(Abmessungen und Zubehör)

**2**

**3** Prüfprotokolle

**3**

**4** Transport

**4**

**5** Transformatorenöl

**5**

**6** Allgemeine Anweisungen für  
Montage, Betrieb und Wartung

**7**

**8**





## Technical Report

Reporting CRC (full name and address):

ABB Corporate Research Oy (FICRC)  
Strömberg Park, Strömbergin puistotie 15  
P.O. Box 608, FIN-65101 Vaasa, Finland  
Tel.: +358 10 22 Fax.: +358 10 22 41089  
Trade Reg.No. 541.554  
Residence: Vaasa

Responsible person: E Virtanen GSO

Project Name:

Document Title: Zertifikat für Transformatorenöl

Document Ref.No.: 9AFX00-163B

Reg.:

Page 1

Date of issue: 2000-09-25

Classific.:

No. of pages: 1

Client: ABB Transmit Oy, PL 688, 65101 Vaasa

Author(s): Lab. S Nordberg *SN*

Approved: Test. manager. V. Jaakkola *VJ* Order No.:

Distribution: XOO, XKO

Distribution page 1: XKO

Keywords: muuntajaöljy, ominaisuudet

### Summary:

Das in Transformatoren von ABB Transmit Oy verwendete normal Öl entspricht den Standardbestimmungen IEC 60296 Klasse IIA. Es ist entweder mit DPBC oder mit DBP inhibiert. Die folgende Tabelle enthält die an das Öl gestellten Anforderungen:

Eigenschaften	Resultat	Prüfvorschrift
Dichte bei 20 °C	max. 0,895 g/cm <sup>3</sup>	IEC 60296
Viskosität bei 20 °C	max. 20 cSt	ASTMD 445-65
Erstarrungspunkt	max. -45 °C	ASTMD 97
Flammpunkt (Pensky-Martens)	min. 140 °C	IEC 60296
Neutralisationszahl	max. 0,02mgKOH/g	IEC 60296
Granzflächenspannung	min. 40 x 10 <sup>-3</sup> N/m	IEC 60296
Verlustfaktor (tan δ) bei 90 °C	max. 5 ‰	IEC 60247
Wassergehalt <sup>(x)</sup>	max. 10 g/t	IEC 60814
Elektrische Durchschlagfestigkeit <sup>(x)</sup>	min. 70 kV/2,5 mm	IEC 60156
Korrosiver Schwefel	absent	ASTMD 1275-67
Inhibitorgehalt	min. 0,3 %	IEC 60666
Oxydationsdauer	min. 140 h	IEC 60474

x) von filtertem und getrocknetem Öl

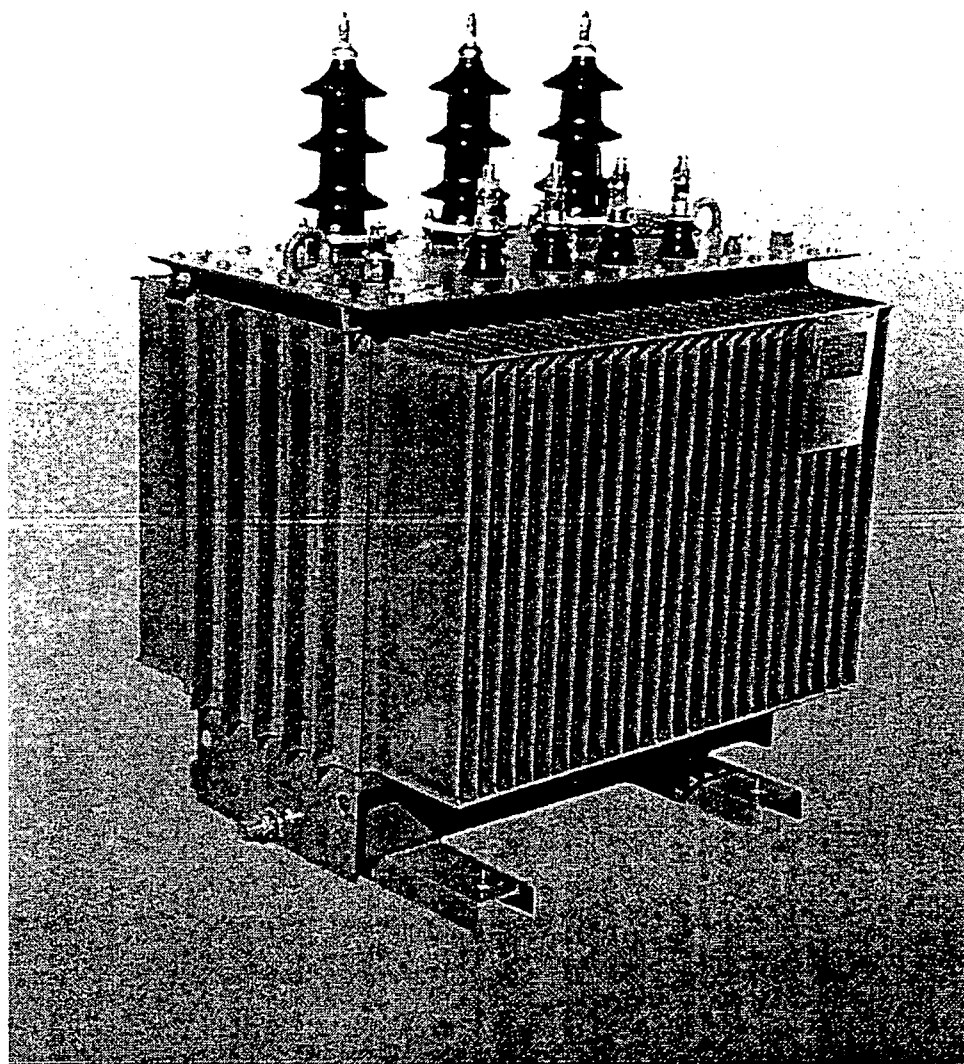
### These test results apply only to the items tested.

This report shall not be reproduced except in full without the approval of ABB Corporate Research Finland.

All rights reserved. Reproduction as well as disclosure or transmission to third parties outside ABB Group is forbidden. Use of information permitted only in compliance with valid contracts.

Copyright 1992 ABB Research Ltd. Zürich, Switzerland.

Qualität und Behandlung des Transformatoröls.



**ABB Transmit Oy**

**ABB**

Distribution Transformers  
ABB Transmit Oy  
P.O. Box 688  
FIN-65101 Vaasa, FINLAND  
Telephone +358 10 22 4000  
Telefax +358 10 22 41088

344 K 1149 De A

## Allgemeine Sicherheitsvorschriften

Für die Behandlung von Transformatorenöl soll stets nur Fachpersonal eingesetzt werden. Die Gebrauchsanleitung des Transformators, diese Behandlungsvorschrift und andere wichtige Dokumente müssen immer für die betreffenden Mitarbeiter zur Verfügung stehen. Vor Beginn der Arbeit stets sicherstellen, dass die diese Arbeit ausführenden Mitarbeiter sich mit den vorgenannten Dokumenten vertraut gemacht haben und deren Inhalt auch verstanden haben.

Ebenfalls müssen die regionalen und örtlichen Bestimmungen beachtet werden.

Stets bewährte und sichere Arbeitsweisen und sorgfältige Überlegung und Vorsicht anwenden. Ebenfalls stets intakte, zweckmäßige und sichere Arbeitsmaschinen und -geräte sowie erforderliche persönliche Schutzausrüstungen benutzen.

Ebenfalls muss auch dafür gesorgt werden, dass das Rettungspersonal sich der Risiken und Gefahren der zu beginnenden Arbeit bewusst ist.

Die gewöhnlichsten Risiken bei Transformatorarbeiten sind:

- Lebensgefährliche Spannungen
- Bewegliche Arbeitsmaschinen
- Schwere bzw. scharfe Gegenstände
- Ausrutschen, Stürzen oder Fallen
- Hohe Drucke
- Ölleckagen

Das Nichtbeachten der Vorschriften kann zu Personen-, Sach- oder Umweltschäden führen.

In diesen Vorschriften sind die Risiken auf folgende drei Arten eingeordnet, je nachdem, wie ernst die Folgen, die ein möglicher Schaden oder unvorsichtiges Verfahren verursachen können:

---

### VORSCHRIFT

---

Die Vorschrift verbietet eine bestimmte Maßnahme bzw. schreibt absolut eine bestimmte Arbeitsweise vor. Das Nichtbeachten **führt** zur Verletzung bzw. zum Tod der Person oder zu Sach- bzw. Umweltschäden.

---



---

### WARNUNG

---

Eine Warnung warnt vor einem möglichen Schaden bzw. einem falschen Verfahren, wodurch Verletzung bzw. Tod der Person oder Sach- bzw. Umweltschäden **entstehen können**.

---

**ANMERKUNG:** Durch die Anmerkung wird auf das zweckmäßigste Verfahren hingewiesen oder vor einem Schaden bzw. einem unvorsichtigen Verfahren gewarnt, wodurch leichte Verletzung der Person oder geringfügiger Sach- bzw. Umweltschaden entstehen können.

## Qualität und Behandlung des Transformatorenöls

### Inhaltsverzeichnis

1. **Allgemeines**
2. **Qualität**
  - 2.1 Neues Öl
  - 2.2 Verunreinigungen
  - 2.3 Alterung
3. **Überwachung**
  - 3.1 Probeentnahme
  - 3.2 Messungen
  - 3.3 Luftentfeuchter
4. **Behandlung**
  - 4.1 Ausgangspunkte
  - 4.2 Filtrierung
  - 4.3 Trocknung
5. **Mischung**
6. **Gasanalyse**

#### Anlage 1: Ölprobeentnahme aus dem Transformator

1. Instrumente
2. Probeentnahme
3. Bezeichnungen

# Qualität und Behandlung des Transformatorenöls

## 1. Allgemeines

Transformatorenöl wird aus Erdöl hergestellt. Der Siedepunkt des Öls beträgt 250...300 °C. Nach dem Raffinieren ist das Öl sehr rein und enthält ausschließlich flüssige Kohlenwasserstoffe. Die wichtigste Aufgabe des Öls ist, als elektrische Isolation zu dienen und die Wärme von den aktiven Teilen zu den Kühlelementen zu leiten. Mit den zunehmenden Nennspannungen sind die Anforderungen an die elektrischen Spezialeigenschaften des Öls gestiegen. Die Kühleigenschaften des Öls richten sich nach der spezifischen Wärme und der Viskosität des Öls. Infolge der niedrigen Viskosität hat das Öl eine gute Kühlfähigkeit und einen niedrigen Flammpunkt, was für die Feuersicherheit nachteilig ist. Ein Öl mit zu niedriger Viskosität kann deshalb nicht in Transformatoren verwendet werden. Der Erstarrungspunkt der in Finnland verwendeten Öle muss unter -40 °C liegen. Der Flammpunkt muss über 140 °C liegen. Poröse, ölhaltige Materialien (z.B. Mineralwolle) sind jedoch leicht entflammbar.

## 2. Qualität

### 2.1 Neues Öl

**Tabelle 1.** An Transformatorenöl zu stellende chemische und physikalische Anforderungen für Lieferanten eines neuen Transformatorenöls.

Eigenschaft	Einheit	Anforderung	
		ABB Transmit	IEC 60296
Mechanisch Verunreinigungen	mg / dm <sup>3</sup>	≤ 5,0	-
Wassergehalt	g / t	≤ 50	(≤ 30)
Durchschlagfestigkeit	kV / 2,5 mm	≥ 30	≥ 30
Neutralisationszahl	mgKOH / g	≤ 0,02	≤ 0,03
Grenzflächenspannung	10 <sup>-3</sup> N / m	≥ 40	≥ 40
Dichte bei +20 °C	g / cm <sup>3</sup>	≤ 0,895	≤ 0,895
Viskosität bei + 20 °C	cSt	≤ 20,0	-
Viskosität bei + 40 °C	cSt	-	≤ 11
Flammpunkt	°C	≥ 140	≥ 130
Inhibitorgehalt	%	0,3	-
Aromatengehalt	%CA	≤ 11	-
Verlustfaktor + 90 °C	‰	≤ 5,0	≤ 5,0

Ein Öl, das die obengenannten Anforderungen erfüllt, kann jedoch nicht als solches in einem Transformator verwendet werden, sondern das Öl muss zuerst filtriert und vakuumisiert werden. Dadurch wird die Durchschlagfestigkeit des Öls erhöht und der Wassergehalt und Gehalt an festen Fremdstoffen vermindert. Für das von ABB Transmit in ihren Transformatoren verwendete Öl sind nach der Behandlung folgende typischen Werte erzielt worden:

Eigenschaft	Einheit	Wert
Gehalt an Verunreinigungen (> 7 µm)	St. / l	< 3000
Wassergehalt	g / t	≤ 2
Durchschlagfestigkeit	kV / 2,5 mm	> 80
Verlustfaktor bei + 90 °C	‰	< 2,0

Auch unter praktischen Verhältnissen muss das Öl vor dem Einlassen in den Transformator behandelt werden, wenn die Durchschlagfestigkeit weniger als 60 kV/2,5 mm, der Wassergehalt

mehr als 10 mg/dm<sup>3</sup> bzw. der Gehalt an festen Fremdstoffen (> 7µm) mehr als 15000 St/l betragen.

Die aus dem Transformator entnommene Probe muss eine Durchschlagfestigkeit von > 50 kV/2,5 mm, einen Wassergehalt von max. 10 mg/dm<sup>3</sup> und einen Gehalt an festen Fremdstoffen von max. 15000 St/l haben.

**ANMERKUNG:** Ein in Gefäßen zum Montageplatz geliefertes Öl muss immer vor dem Einlassen in den Transformator filtriert werden, wenn  $U_m > 36$  kV. Ansonsten ist es zu empfehlen.

## 2.2 Verunreinigungen

Folgende drei Arten von Verunreinigungen können im Öl auftreten: Feuchtigkeit, feste Partikel sowie gelöste polare Verbindungen. Die zwei zuerst genannten beeinflussen die Durchschlagfestigkeit und die zuletzt genannten die dielektrischen Verluste des Öls.

Die Anforderungen an die Durchschlagfestigkeit des Öls richten sich nach der Nennspannung des Gerätes. In der Tabelle 2 sind die Anforderungen an die Durchschlagfestigkeit des Öls für einen in Betrieb befindlichen Transformator angegeben. Wir empfehlen, diese Werte anzuwenden.

**Tabelle 2.** Die in der IEC- Publikation 60422 angegebenen Anforderungen an die Durchschlagfestigkeit des Öls für in Betrieb befindliche Transformatoren.

Gerät	Nennspannung kV	Durchschlagfestigkeit des Öls kV / 2,5 mm
Leistungstransformator und Messwandler	≤ 72,5	> 30

Erfüllt die Durchschlagfestigkeit des Öls nicht die obigen Anforderungen, kann das Öl feste Verunreinigungen enthalten und außerdem auch feucht sein. Der maximale Wassergehalt darf nach IEC 60422 40 mg/dm<sup>3</sup> betragen, wenn die Nennspannung des Gerätes weniger als 170 kV ist.

Wenn der Verlustfaktor ( $\tan \delta$ ) bei einer Temperatur von 90 °C den Wert 400 ‰ überschreitet, enthält das Öl im allgemeinen zu viel leitende Verunreinigungen. In gewissen Fällen kann jedoch ein Verlustfaktor von sogar 1000 ‰ zugelassen werden, vgl. IEC 422 (1989).

## 2.3 Alterung

Das Transformatorenöl ist ein organischer Stoff, der mit der Zeit oxidiert. Durch den Einfluss der Oxidation verschlechtern sich die Eigenschaften allmählich. Wenn das Öl älter wird, wird es sauer und die Grenzflächenspannung wird niedriger. Das Öl darf nicht zu sauer werden, da dann auch die Papier- und Pressspanisolationen sich verschlechtern. Die Alterung des Öls darf auch nicht so weit fortschreiten, dass sie zur Schlamm- und Festschlamm-Bildung führt. Die Neutralisationszahl gibt den Säuregehalt an. In der Tabelle 3 sind auf Grund der Neutralisationszahl vorzunehmenden Maßnahmen angegeben. Wenn die Neutralisationszahl den Wert 0,5 mgKOH/ g Öl überschreitet, sollte das Öl gewechselt oder regeneriert werden.



Tabelle 3. Die auf Grund der Messergebnisse der Neutralisationszahl vorzunehmenden Maßnahmen.

Neutralisationszahl mgKOH / g	Schlamm	Maßnahmen
0,3...0,5	Nein Ja	Verstärkte Überwachung oder Ölwechsel Ölwechsel
> 0,5	-	Ölwechsel

Die Grenzflächenspannung des Öls kann auch zu niedrig sein. Sinkt die Grenzflächenspannung unter  $20 \times 10^{-3}$  N/m, können u.U. Alterungsprodukte im Öl ausfallen, so dass eine verstärkte Überwachung des Ölzustands erforderlich ist. Sinkt die Grenzflächenspannung unter  $15 \times 10^{-3}$  N/m, ist die Schlammausfällung schon derart wahrscheinlich, dass ein Ölwechsel zu empfehlen ist. Das Öl sollte immer entweder filtriert oder gewechselt werden, wenn Schlamm Bildung im Öl vorkommt.

### 3. Überwachung

#### 3.1 Probeentnahme

Um rechtzeitig erforderliche Maßnahmen ergreifen zu können, muss der Zustand des Öls überwacht werden. Die Überwachung erfolgt durch Untersuchung von Ölproben, indem die Durchschlagfestigkeit, die Feuchtigkeit und der Alterungsgrad sowie u.U. auch der Gasgehalt, s. Punkt 6, untersucht werden. Das Verfahren der Ölprobeentnahmen wird näher in der Anlage 1 beschrieben.

#### Zeitabstände der Probeentnahmen

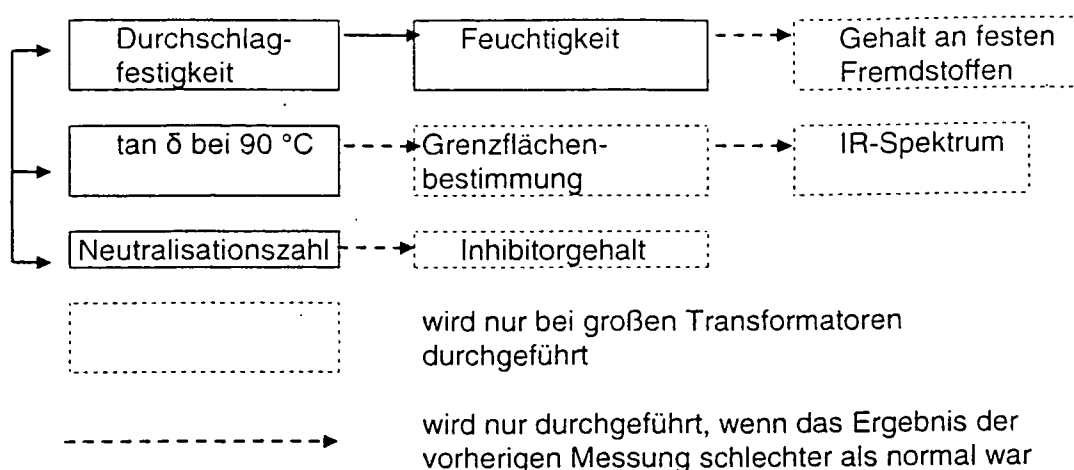
Absolute Regeln können für Zeitabstände der Ölprobeentnahmen nicht gegeben werden, da der Abstand sich nach dem jeweiligen Transformatorentyp, den Betriebverhältnissen und der Wichtigkeit der Funktionssicherheit richtet.

Probeentnahmen für die Untersuchung des Öls empfehlen wir jedoch wie folgt:

- Aus allen Transformatoren 12 Monate nach der Inbetriebnahme.
- Aus Transformatoren mit < 72,5 kV ca. alle 6 Jahre, jedoch ca. alle 2 Jahre, wenn der Transformator großer betrieblichen Beanspruchung ausgesetzt ist oder dessen Funktionssicherheit von großer Bedeutung ist.
- Wenn die Eigenschaften des Öls den vorgenannten Grenzwerten sich nähern, sollte man mit dem Hersteller über mögliche weitere Maßnahmen, z.B. verstärkte Überwachung, beratschlagen.
- Während der verstärkten Überwachung sollten Ölproben in kürzeren Abständen, z.B. einmal im Jahr, entnommen werden.
- Wird ein wichtiger Transformator für längere Zeit abgestellt, empfehlen wir eine Probeentnahme vor der Außerbetriebsetzung und ebenfalls wieder vor der neuen Inbetriebsetzung.

#### 3.2 Messungen

Die Ölproben werden je nach Bedarf verschiedenen Messungen unterzogen. Zum Untersuchen des Ölzustandes eines sich in Betrieb befindlichen Transformators können Messungen z.B. nach folgendem Schema durchgeführt werden.



Bei den vorgenannten Messungen werden Verfahren nach IEC 60296 angewendet.

### 3.3 Luftentfeuchter

Die von ABB Transmit hergestellten Transformatoren sind entweder hermetisch verschlossen oder sie haben einen Luftentfeuchter, um das Öl vor Feuchtigkeit zu schützen. Die Farbe des als Trockenmittel verwendeten Silikagels geht durch Feuchtwerden von orange ins farblose über. Das Trockenmittel muss gegen neues oder getrocknetes ausgewechselt werden, wenn nur noch ca. 1/4 der Gesamtmenge von dem orangenen Mittel besteht. Für die Luftentfeuchter gibt es separate Anweisungen.

## 4. Behandlung

### 4.1 Allgemeines

Bei der Behandlung des Öls muss ganz besonders auf Sauberkeit und Sorgfalt geachtet werden, damit die Eigenschaften des Öls durch die Behandlung nicht beeinträchtigt werden. Für die Lagerung und den Transport des Öls müssen saubere Gefäße oder Behälter verwendet werden. Es wird empfohlen, Gefäße oder Behälter zu verwenden, die nur zum Transportieren von Transformatorenöl vorgesehen sind. Neues Öl sollte nicht in solchen Behältern gelagert oder transportiert werden, die zum Transportieren oder Lagern von feuchtem oder schmutzigem Altöl verwendet worden sind, da selbst gereinigte Behälter auch Feuchtigkeit und Verunreinigungen enthalten können. Die Behälter sollten daher mit einem genauen Vermerk über den bisherigen Verwendungszweck versehen werden. Wird das Öl in Gefäßen gelagert, müssen diese vor Regen geschützt werden oder sie müssen waagrecht gelegt werden, wodurch das Öl als Dichtung für den Deckel dient und damit das Eindringen des Wassers verhindert.

Die gleichen Sauberkeits- und Trockenheitsanforderungen gelten natürlich auch für die bei der Behandlung des Öls zu verwendenden Schläuche, Pumpen und Trocknungs- und Reinigungsgeräte. Diese müssen bei Bedarf mit sauberem und trockenem Öl gespült werden. Die Schlauchenden und die Anschlüsse der Geräte werden zum Lagern mit einem Pfropfen verschlossen oder auf eine sonstige geeignete Weise geschützt. Für die Behandlung von sauberem und schmutzigem Öl sollten immer verschiedene Schläuche und Geräte verwendet werden.

### WARNUNG

Bei der Behandlung des Öls muss immer das Risiko eines Umweltschadens berücksichtigt werden. Die Behälter für den Transport und die Lagerung des Öls müssen mechanisch fest genug und zum Transportieren und Lagern von Öl zugelassen sein. Ebenfalls müssen die Schläuche ölbeständig und fest sowie deren Anschlüsse dicht und sicher sein.

### WARNUNG

Bei der Strömung des Öls entsteht statische Elektrizität. Die Wicklungen und der Kessel des Transformators sowie die Ölbehandlungsgeräte müssen geerdet werden. Die Brandgefahr soll auch immer berücksichtigt werden.

Sind im Öl zu große Mengen:

- a) mechanische Verunreinigungen (über 0,02 % vom Gewicht)
- b) Feuchtigkeit (Wassergehalt über 20...30 mg / dm<sup>3</sup>)
- c) Alterungsprodukte oder chemische Verunreinigungen ( $\tan \delta / 90 \text{ °C}$ , z.B. > 400 ‰)

muss das Öl behandelt oder ausgewechselt werden. Je nach Fall wird eingeschätzt, was wirtschaftlicher ist. Nach IEC 60422 werden die im folgenden beschriebenen Behandlungsverfahren empfohlen.

#### 4.2 Filtrierung

Mechanische Verunreinigungen werden aus dem Öl durch Filtrierung entfernt. Zum Filtrieren können Papier-, Gewebe- oder Randfilter verwendet werden. Beim Verwenden von Papier- oder Gewebefilter strömt das Öl senkrecht gegen die Filterfläche. Mit diesen Filtern können ziemlich große Strömungsgeschwindigkeiten erreicht werden und feste Fremdstoffe von mehr als 10 µm entfernt werden. Der Randfilter ist dichter (s. Abb. 1). Damit ist es möglich, Verunreinigungen sogar bis 1 µm zu entfernen.

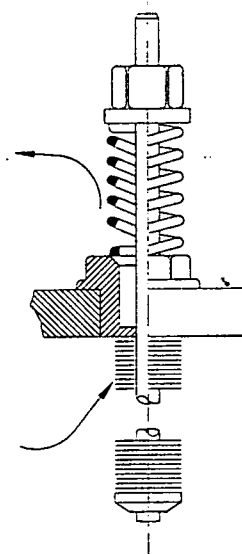


Abbildung 1. Randfilter

#### 4.3 Trocknung

##### Zentrifugieren

Durch Zentrifugieren wird freies Wasser am effektivsten aus dem Öl entfernt. Gleichzeitig werden alle festen Fremdstoffe, die schwerer sind als das Öl, entfernt. In der Zentrifuge werden die Wassertropfen und Verunreinigungen nach außen geschleudert. Das saubere Öl konzentriert sich dagegen in der Mitte und wird dann durch den Oberteil der Kammer aus der Zentrifuge abgeleitet. Nach dem Zentrifugieren muss das Öl in der Regel noch filtrierte und vakuumisiert werden.

##### Vakuumbehandlung

Die Vakuumbehandlung ist das üblichste Öltrocknungsverfahren. Dabei werden die im Öl befindlichen Gase (Luft) auch gleichzeitig entfernt, was auch notwendig ist, wenn der Transformator unter Vakuum mit Öl gefüllt wird. Im Öl sind nämlich normalerweise ca. 10 Volumen-% Luft in gelöster Form enthalten. Ohne eine solche Vorbehandlung des Öles kann eine gute Vakuumimprägnierung der Isolationen nicht erreicht werden. Bei der Vakuumbehandlung soll die Öltemperatur 50...60 °C betragen. Das Öl wird zuerst in einen Wärmeaustauscher und anschließend in eine Vakuumkammer geleitet, in der das Öl über eine große Fläche dünn-schichtig verteilt wird. Häufig wird zusätzlich eine zweite, mit der ersten in Serie geschaltete Vakuumkammer verwendet. Beträgt z.B. der Druck in der ersten Kammer etwa 100 Pa und in der zweiten 10 Pa, kann ein Endfeuchtigkeit von etwa 1 mg/dm<sup>3</sup> erzielt werden. Dazu wird gewöhnlich auch ein Filter in Serie mit dem Wärmeaustauscher und der Vakuumkammer installiert (Abb. 2).

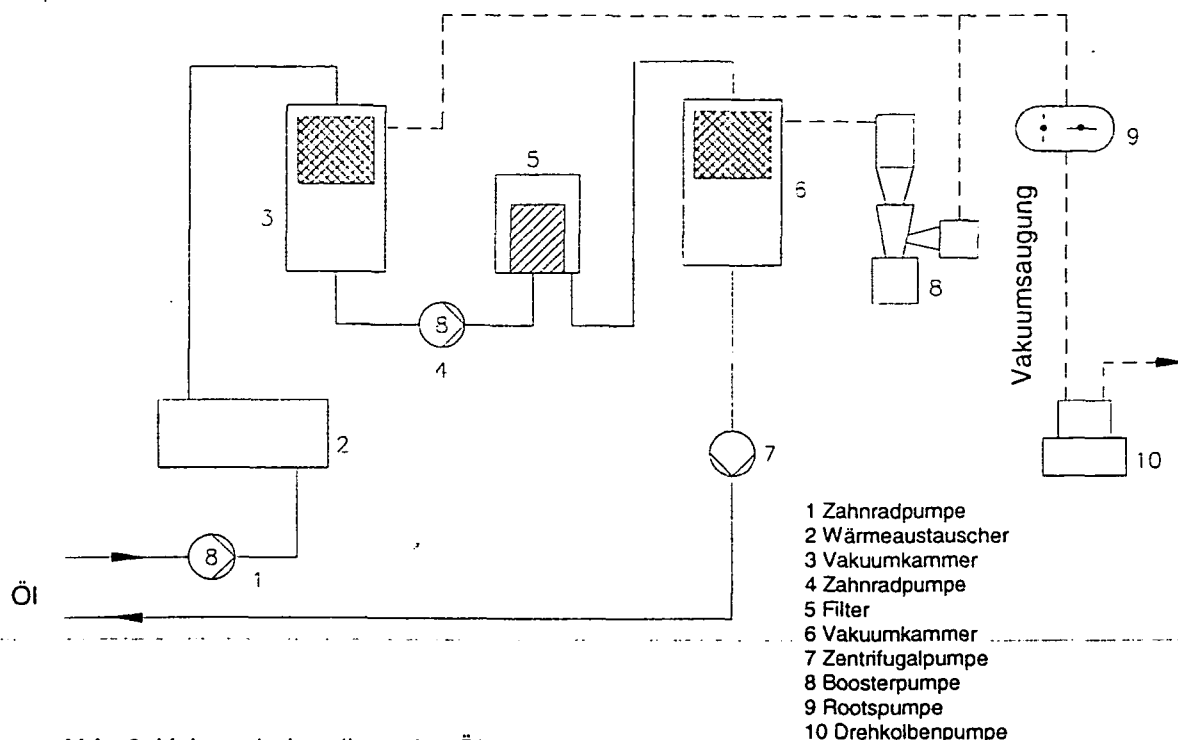


Abb. 2. Vakuumbehandlung des Öls

### Trocknung mit Molekularfilter

Ist das Öl im Transformator feucht, sind im allgemeinen auch die Wicklungen feucht. Die Feuchtigkeit verteilt sich zwischen Öl und Papier gemäß dem nachstehenden Diagramm (s. Abb. 3). Beträgt das Verhältnis zwischen der Papiermenge und der Ölmenge des Transformators ca. 1 : 7, folgt daraus, dass über 95 % der Feuchtigkeit des Transformators im Papier enthalten ist. Daher muss auch die feste Isolation getrocknet werden, z.B. durch ständige, über einen längeren Zeitraum andauernde Trocknung des Öls.

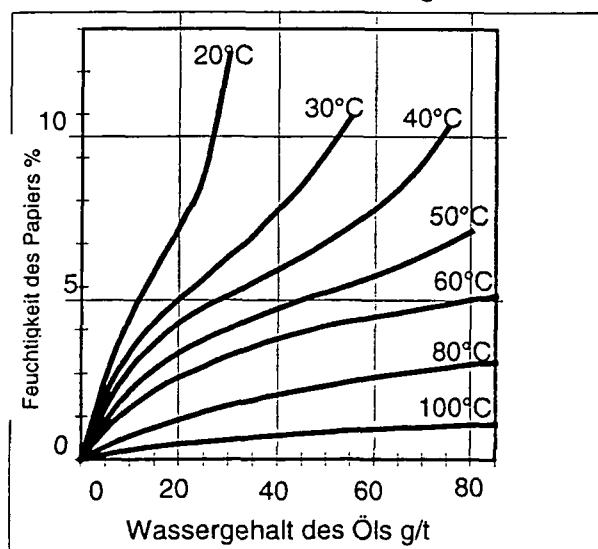


Abb. 3. Feuchtigkeitsgleichgewicht zwischen Öl und Papier

Das Molekularfilter ist für eine über einen längeren Zeitraum andauernde Trocknung geeignet. Die Trocknung dauert mehrere Monate und ist auch während des Betriebes des Transformators durchführbar. Alle Molekularfilter sind synthetische Zeolithe mit großem Wasserabsorbationsvermögen. Außerdem sind die Poren der Filter so klein, dass sie vom Öl nicht zugestopft werden. Das in Luftentfeuchtern normalerweise verwendete Salz eignet sich nicht zu

diesem Zweck. Mit dem Molekularfilter kann das Öl bis zu einer Feuchtigkeit von ca.  $10 \text{ mg/dm}^3$  getrocknet werden. Um eine wirksame Trocknung zu erzielen, lässt man das Öl mit Hilfe einer Pumpe durch das Molekularfilter zirkulieren. Durch ein Filter wird verhindert, dass feste Fremdstoffe aus dem Molekularfilter in das Öl gelangen können. Das Prinzipschema der Trocknung geht aus der Abb. 4 hervor.

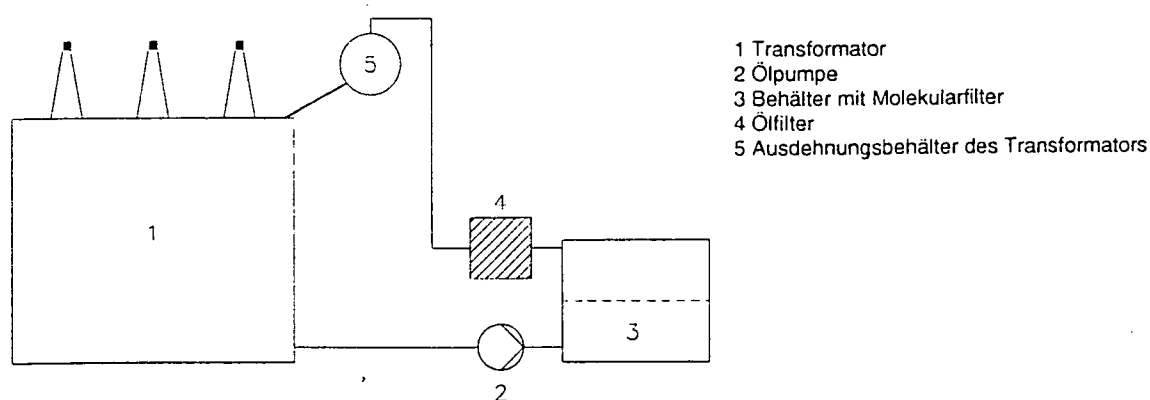


Abb. 4. Trocknung mit Molekularfilter

### Kieselgurbehandlung

Aktivierte Kieselgur wird zum Entfernen chemischer Verunreinigungen (Alterungsprodukte und andere polare Materialien) verwendet. Die Behandlung kann im Prinzip auf die gleiche Weise durchgeführt werden wie bei der Trocknung mit dem Molekularfilter, indem statt des Molekularfilters im Ofen getrocknete Kieselgur verwendet wird. Falls das Öl viel chemische Verunreinigungen enthält oder zu alt ist, lohnt sich die Kieselgurbehandlung nicht. In dem Fall ist ein Ölwechsel günstiger.

### 5. Mischung

Beim Nachfüllen von Öl in einen in Betrieb befindlichen Transformator entsteht oft die Frage, ob zwei Transformatorenöle miteinander mischbar sind. Beim Mischen von Ölen fallen die Eigenschaften der Mischung im allgemeinen zwischen den Eigenschaften der Komponenten. Die Mischung kann jedoch u.U. eine schlechte Alterungsbeständigkeit haben oder es können darin Schlamm oder Wassertropfen bilden, auf Grund der schlechteren Löslichkeit der Alterungsprodukte oder des Wassers der Komponenten.

Im Prinzip können Transformatorenöle miteinander gemischt werden, wenn:

- die Öle die Anforderungen derselben Norm (z.B. IEC 60296) erfüllen
- die Neutralisationszahl des Öls weniger als  $0,5 \text{ mgKOH/g Öl}$  ist
- die Feuchtigkeit des Öls weniger als ca.  $20 \text{ g/t}$  ist
- die Öle denselben Inhibitor oder zusammenpassende Inhibitoren enthalten.

ABB Transmit Oy verwendet in ihren Transformatoren Öl auf Naphthenbasis. Auch das neue nachzufüllende Öl muss von derselben Qualität sein. Ein Öl auf Paraphinbasis darf nicht verwendet werden.

Wenn kleine Mengen Öl in den Transformator nachgefüllt werden sollen, dürfen die Eigenschaften des nachzufüllenden Öls auf keinen Fall schlechter sein als die des bereits im Transformator befindlichen Öls. In Zweifelsfällen kann die Mischbarkeit durch Mischungs- und Alterungsproben untersucht werden, falls von dem anderen Öl mehr als 5 % nachgefüllt wird. Die wichtigsten Eigenschaften, u.a. die Alterungsbeständigkeit, dürfen bei der Mischung nicht schlechter sein als die der schlechteren Komponente. Die Prüfung sollte in dem zu verwendenden

Mischungsverhältnis durchgeführt werden. Ist das Mischungsverhältnis nicht bekannt, werden die Öle im Verhältnis 1 : 1 gemischt.

## 6. Gasanalyse

Wenn im Transformator Entladungen oder Überhitzungen vorkommen, zerfallen die Moleküle des Öls und des Papiers. Dabei entstehen Gase (Wasserstoff, Methan, Ethan, Äthylen, Acetylen und andere Kohlenwasserstoffe sowie Kohlenmonoxid und -dioxid), die sich völlig oder teilweise im Öl auflösen. Sie können vom Öl getrennt werden und anschließend mit einem Gaschromatograph (IEC 60567) analysiert werden.

Man hat festgestellt, dass beim Zerfallen des Öls durch Überhitzung große Mengen u.a. Methan ( $\text{CH}_4$ ) und Äthylen ( $\text{C}_2\text{H}_4$ ) entstehen. Bei Partialentladungen mit niedriger Energie entsteht vor allem Wasserstoff. Wenn die Energie der elektrischen Entladungen zunimmt, z.B. Lichtbogen, entsteht Acetylen ( $\text{C}_2\text{H}_2$ ). Beim Zerfallen der Papier- und Pressspanisolationen entsteht Kohlenmonoxid ( $\text{CO}$ ) und -dioxid ( $\text{CO}_2$ ). Auf Grund des Vorkommens der vorgenannten Gase kann die Art des Fehlers ermittelt werden.

Für die Gasgehalte können keine absoluten Grenzwerte angegeben werden, da selbst in einem intakten Transformator natürlich Gase entstehen. Außerdem hängt die Gasbildung auch von den Betriebsverhältnissen ab. Praktische Erfahrungen haben jedoch gezeigt, dass zumindest für die Transformatoren von ABB Transmit folgende richtunggebende Grenzwerte angewendet werden können. Der Gasgehalt wird als Verhältnis angegeben: Volumen des vom Öl getrennten Gases / Volumen des Öls [ $\text{cm}^3/\text{m}^3 = \text{ppm}$ ].

	Wasserstoff	Methan	Äthylen	Ethan	Acetylen	Kohlenmonoxid	Kohlendioxid
	$\text{H}_2$	$\text{CH}_4$	$\text{C}_2\text{H}_4$	$\text{C}_2\text{H}_6$	$\text{C}_2\text{H}_2$	$\text{CO}$	$\text{CO}_2$
Gehalt / $\text{cm}^3/\text{m}^3$	100	100	150	150	30	500	10000

Wenn der Gehalt eines Gases den vorgenannten Wert übersteigt, sollte die Überwachung des Transformators verstärkt werden, indem häufiger Ölproben entnommen werden und die Veränderungsgeschwindigkeit der Gasgehalte verfolgt wird. Zum Ermitteln des Fehlertyps werden meistens die Verhältnisse verschiedener Fehlertypen verwendet. Als solche Verhältnisse können folgende verwendet werden:  $\text{C}_2\text{H}_2 / \text{C}_2\text{H}_4$ ,  $\text{CH}_4 / \text{H}_2$ ,  $\text{C}_2\text{H}_4 / \text{C}_2\text{H}_6$  und  $\text{C}_2\text{H}_6 / \text{CH}_4$ . IEC 60599 erläutert genauer die Ergebnisse der Gasanalysen.

Ist der Fehler plötzlich aufgetreten, wie z.B. ein starker Lichtbogen, ist auch die Gasbildung so schnell, dass das Gas sich nicht so schnell im Öl auflösen kann, sondern ein Teil des Gases sich in dem Gasrelais sammelt, aus dem eine Probe entnommen und analysiert werden kann. Die Zusammensetzung des im Gasrelais gebildeten Gases ist nicht die gleiche wie die der Gasmischung, die den Fehler verursacht hat, da unterschiedliche Gase beim Strömen durch das Öl sich unterschiedlich schnell im Öl auflösen und aus dem Öl statt dessen Luft getrennt wird. Daher ist es wesentlich schwieriger, anhand des aus dem Gasrelais entnommenen Gases die Art des Fehlers zu ermitteln.

ANLAGE 1**Probeentnahme aus dem Transformator****1. Instrumente**Probegefäß

Als Probegefäß für einen Transformator mit Ausdehnungsbehälter wird gewöhnlich eine 1 Liter - Glasflasche und für einen hermetischen Transformator eine 0,5 Liter -Flasche mit einem Schraubverschluss aus Kunststoff oder ein verzinnertes Blechgefäß verwendet. Kupfer- oder Messinggefäße oder Gummistopfen zum Verschließen des Probegefäßes dürfen nicht verwendet werden.

Die Probegefäße müssen trocken und sauber sein, da schon sehr kleine Verunreinigungen, wie Feuchtigkeit und kleine Fremdstoffpartikel, die elektrischen Eigenschaften des Transformatoröls wesentlich verschlechtern. Dadurch könnte die Probe ein falsches Bild von dem Ölzustand geben. Aus dem Grund muss auf die Reinigung der Gefäße besonders geachtet werden.

Das Waschen und Trocknen der Flaschen kann z.B. wie folgt ausgeführt werden:

Die schmutzigen Flaschen werden zuerst mit Wasser gespült. Danach werden die Flaschen z.B. mit dem Waschmittel Solvent 1 und mit einer Flaschenbürste gewaschen und anschließend mit heißem Wasser gut gespült. Zum Schluss werden die Flaschen mit entionisiertem Wasser gespült. Die Flaschen werden im Wärmeschrank mit der Öffnung nach unten bei einer Temperatur von 100 °C mindestens 4 Stunden getrocknet. Die Schraubverschlüsse werden auf die gleiche Weise wie die Flaschen gewaschen und getrocknet. Falls die Verschlüsse Kunststoffdichtungen haben, werden sie nur 5 Minuten im Ofen getrocknet. Wenn die Flaschen aus dem Wärmeschrank genommen werden, müssen sie sofort verschlossen und dann erst abkühlt werden.

Wenn die Ölproben von dem Materialprüfungslabor der ABB Corporate Research Finland untersucht werden sollen, empfehlen wir, dass die Probeflaschen auch bei dem Labor bestellt werden. Gleichzeitig muss angegeben werden, welche Untersuchungen durchgeführt werden sollen. Für die Ölprobeentnahme für die Gasanalyse wird eine Flasche verwendet, die einen Verschluss mit einem kleinen Ventil hat, durch das im Labor eine separate aus dem in der Flasche befindlichen Gas entnommen wird. Für die Gasanalyse wird eine separate Probe von 1 Liter und für andere Untersuchungen eine andere 1 Liter -Probe entnommen. Aus den hermetisch verschlossenen Transformatoren wird eine Probe von 0,5 Liter genommen.

Probeschlauch

Ein sauberer Kunststoffschlauch mit einem Stopfen oder einem Flansch zum Anschließen des Ventils des Transformators. Die Transformatoren von ABB Transmit haben normalerweise entweder separate Probeentnahmeventile oder aber die Hauptventile des Transformators haben Verschlussflansche mit einem Hütchen und einem Probeentnahmeanschluss. Die Anschlüsse der Probenentnahmeventile haben normalerweise ein R ½" -Außengewinde und das vorgenannte Hütchen ein R ½" -Innengewinde. Wenn die Flaschen bei der ABB Corporate Research Finland bestellt werden, werden der Probeschlauch und der Anschluss mit den Flaschen mitgeliefert.

Verlustölbehälter

Ein Kunststoffeimer oder ein entsprechender Behälter.

## 2. Probeentnahme

### WARNUNG

Bei der Behandlung von Öl muss auf äußerste Sorgfalt geachtet werden, da Altöl, ölhaltige Erde und ölhaltige Lappen Sondermüll sind und daher eine Sonderbehandlung bei der Entsorgung benötigen.

Bei der Probeentnahme muss auf größte Sorgfalt geachtet werden, damit die Probe nicht schmutzig oder feucht wird. Wenn die Probeentnahme im Freien erfolgt, muss dafür gesorgt werden, dass die Maßnahme sachgemäß gegen Regen, Nebel und Staub (Wind) geschützt ist. Normalerweise wird die Probe nur durch ein Bodenventil entnommen. In Ausnahmefällen, z.B. beim Untersuchen einer Beschädigung, wird die Probe auch im Oberteil des Behälters entnommen, falls dafür ein betreffender Anschluss vorhanden ist.

Hermetisch verschlossene Transformatoren sind mit einer Ablassvorrichtung versehen, die eine Probeentnahme ermöglicht. Aus einem hermetisch verschlossenen Transformator darf nur eine Ölprobe entnommen werden, ohne dass neues Öl nachgefüllt werden muss. Für das Nachfüllen von Öl sind Sondermaßnahmen erforderlich.

#### Ausführung der Probeentnahme:

- Alle Verunreinigungen wie z.B. Feuchtigkeit, Abfallstoffe u.ä. werden aus dem Ventil entfernt.
- Der Kunststoffschlauch wird mit einer sachgemäßen Verbindung an den Probeentnahmeanschluss angeschlossen und die Außenfläche des Schlauchs wird mit einem nicht fuselnden Tuch gereinigt.
- Das Schlauchende wird in den Verlustölbehälter gelegt, das Ventil geöffnet und der Ölfluss geregelt. Während der Probeentnahme darf das Ventil nicht mehr nachgeregelt werden, da von der Innenseite des Ventils sonst Verunreinigungen gelöst werden können.
- 2...5 Liter Öl in Verlustölbehälter fließen lassen (bei hermetisch verschlossenen Transformatoren ca. 2 dl).
- Das Schlauchende in die Probeflasche stecken und die Flasche soweit füllen, dass etwas 2 Liter Öl auch noch überfließt (bei hermetisch verschlossenen Transformatoren ca. 2 dl). Das Schlauchende muss sich die ganze Zeit auf dem Boden der Flasche befinden. Das ist besonders wichtig, wenn die Ölprobe für eine Gasanalyse entnommen wird, damit sich keine Luft mit dem Öl vermischt.
- Den Schlauch aus der Flasche nehmen und das Ventil schließen.
- Aus der Flasche wird so viel Öl gegossen, dass der Ölstand etwa 2 cm unterhalb der Öffnung liegt, damit die Flasche durch eine eventuelle Wärmeausdehnung nicht kaputt geht.
- Die Flasche sofort, sorgfältig und dicht verschließen und vor Licht schützen.

## 3. Bezeichnungen

An der Flasche wird ein Zettel mit folgenden Angaben befestigt:

- Name des Kunden, die Probe entnehmende Person mit Anschrift und sonstigen Daten
- Datum
- Typ und Fabrikationsnummer des Transformators sowie Standort
- Stelle der Probeentnahme (oben oder unten)
- Temperatur des Transformators
- Belastung zum Zeitpunkt der Probeentnahme und vor der Probeentnahme
- Wetterverhältnisse (Lufttemperatur, Regen, Nebel, Sonnenschein, Sturm)



**1** Inhaltsverzeichnis

**1**

**2** Technische Unterlagen  
(Abmessungen und Zubehör)

**2**

**3** Prüfprotokolle

**3**

**4** Transport

**4**

**5** Transformatorenöl

**5**

**6** Allgemeine Anweisungen für  
Montage, Betrieb und Wartung

**6**

**7**

**8**

# OBERFLÄCHENBEHANDLUNG VON VERTEILUNGSTRANSFORMATOREN

Verteilungstransformatoren mit Tanks bestehend aus glattem oder gewelltem Stahlblech.

Normaloberflächenbehandlung (für normale Bedingungen)

## 1. Vorbehandlung

Der Bodenteil und Deckel des Tanks und die Schweißnähte werden, entsprechend Güteklasse Sa 2 ½, sandgestrahlt. Nur die Schweißnähte der aus Dünoblech hergestellten oder vorbehandelten Teile werden, entsprechend Güteklasse St 3 sandgestrahlt. Danach werden die Teile entfettet, eisenphosphatiert und im Ofen getrocknet.

## 2. Grundierung

Die Außenflächen des Tanks werden tauchlackiert. Die Außenflächen des Deckels, des Tankbodenteils und des Ausdehnungsgefäßes (sowie mit gekapselten Durchführungen der komplette Kabelanslußkasten innen- und außenseitig) werden mit Polyestereinbrennlack spritzlackiert.

## 3. Dechanstrich

Die Außenflächen des Tanks werden tauchlackiert. Die Außenflächen des Deckels, des Tankbodenteils und des Ausdehnungsgefäßes (sowie mit gekapselten Durchführungen der komplette Kabelanslußkasten innen- und außenseitig) werden mit Polyestereinbrennlack spritzlackiert und im Ofen getrocknet. Die schichtstärke der gesamten Lackierung, Farbton RAL 6013 (schilfgrün), beträgt mindestens 80 µm für Dünoblech und 100 µm für warmgewaltzte Teile.

## 4. Kabelanslußkasten

Vorbehandlung wie beim Tank. Oberflächenbehandlung mit Polyesterpulveranstrich, elektostatisch appliziert und im Ofen getrocknet. Gesamtschichtstärke 80 µm, Farbton RAL 6013 (schilfgrün).

15-06-1999

---

**ABB Transmit Oy**



Distribution Transformers  
ABB Transmit Oy  
P.O.Box 688  
FIN-65101 Vaasa, FINLAND  
Telephone +358-(0)10 22 4000  
Telefax +358-(0)10 22 41088

344 K 1103/2 B

# Oberflächenbehandlung von Verteiltransformatoren

Verteiltransformatoren mit Tanks aus gewellten Blech

## Spezialfarben

Vorbehandlung und Korrosionsschutz werden normal durchgeführt. Die speziellen Farben werden nach der normalen Behandlung auf die Oberfläche aufgesprueht.

---

---

**ABB Transmit Oy**

**ABB**

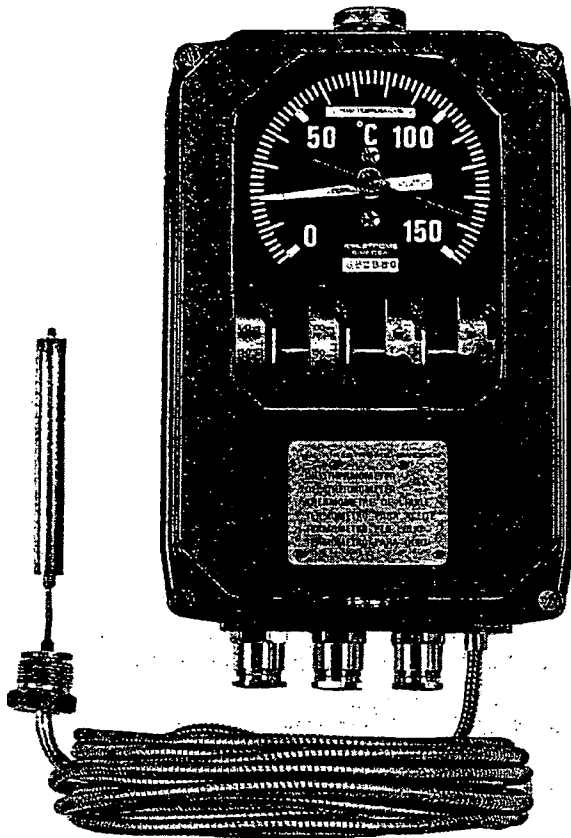
Distribution Transformers  
ABB Transmit Oy  
P.O.Box 688  
FIN-65101 Vaasa, FINLAND  
Telephone +358-(0)10 22 4000  
Telefax +358-(0)10 22 41088

344 K 1103/7 A

22-03-2007

<b>1</b> Inhaltsverzeichnis	<b>1</b>
<b>2</b> Technische Unterlagen (Abmessungen und Zubehör)	<b>2</b>
<b>3</b> Prüfprotokolle	<b>3</b>
<b>4</b> Transport	<b>4</b>
<b>5</b> Transformatorenöl	<b>5</b>
<b>6</b> Allgemeine Anweisungen für Montage, Betrieb und Wartung	<b>6</b>
<b>7</b>	<b>7</b>
<b>8</b>	

# Kapillarthermometer UCWMA



## Anwendung und Montage

### Allgemeines

Kapillarthermometer wird für die Messung der Höchsttemperaturen verwendet.

Das Thermometers hat einen Maximumzeiger, der die höchste errichte Temperatur anzeigt.

Zusätzlich hat dieser Thermometer entweder zwei oder vier einstellbare Kontakte für Überwachung und Steuerung.

Das Thermometer ist sowohl für die Innen- als auch für Aussenmontage geeignet und er kann auch in den tropischen und arktischen Klimaverhältnissen wie auch in den erdbebengefährdeten Gebieten verwendet werden.

Das Thermometer ist von Typ her Kapillar.

1 2 -12- 1999

## ABB Transmit Oy

Distribution Transformers  
 ABB Transmit Oy  
 P.O.Box 688  
 FIN-65101 Vaasa, FINLAND  
 Telephone +358-(0)10 22 4000  
 Telefax +358-(0)10 22 41088

# ABB

344 K 1154 De A

## Technische Angaben

### Gehäuse

Aus Aluminiumspritzguss, der mit Grund- und Deckanstrich auf Uretanbasis behandelt ist. Das Fenster ist aus schlagfestem Kunststoff. Das Gehäuse ist mit Lüftungsöffnungen versehen. Das Gehäuse ist auch spritzwassergeschützt IP 54 (IEC 529).

### Kapillarrohr

Aus Kupfernickerl oder elektolytisch verzinnem Kupfer. (Länge: siehe die Tabelle 1).

### Funktionsweise

Der Fühler in dem Senkrohr am Transformatorendeckel ist mit einem Kapillarrohr zum Balg im Thermometergehäuse verbunden. Mit Hilfe des mechanischen Hebelsystems werden der Zeiger und die Kontakte durch den Balg bewegt.

### Montage

Der Thermometer wird an den Transformatorwand mit vibrationsdämpfenden Pügeln befestigt. Der Fühler wird mit einer Befestigungsschraube (Aussengewinde R 1") in dem Senkrohr auf dem Transformatorendeckel befestigt. Der Senkrohr wird so weit mit Öl gefüllt, daß die Oberfläche ca. 20 mm unterhalb der Oberkante des Senkrohrs bleibt, wenn der Fühler eingesetzt ist. Der kleinste zulässige Biegeradius des Kapillarrohrs beträgt 25 mm.

### Kabelanschluss

Die Kontakte im Gehäuse sind zu einer Reihenklemme verdrahtet. Für die Anschlussleitung gibt es in dem Gehäuse Kabeldurchführungen (Siehe Tabelle 1.) Pg 16 (SFS 2193), die für Kabel mit dem Durchmesser von 12,5...15 mm geeignet sind. Es kann z.B. ein 4 x 2,5 mm<sup>2</sup> Kabel mit Kunststoffummantelung verwendet werden.

Tabelle 1

Typ	Anzahl Kontaktschalter/St.	Kapillarrohränge/m	Kabeldurchführung Pg 16/St.
UCWMA 13 U 4	2	4	1
UCWMA 14 U 4	4	4	2

### Umgebungstemperatur

Maximum +70°C  
Minimum -40°C

### Messbereich

Tabelle 2

Messbereich	Messgenauigkeit	Schaltbereich	Schaltgenauigkeit	Schalt-differenz
0-150°C	3°C zwischen 30...150°C	0..150°C	±4°C zwischen 30..150°C	10-14°C

### Maximumanzeige

Wenn die Temperatur steigt nimmt der Anzeiger den Maximumzeiger mit sich, der dann bei dem maximal erreichten Temperatur stehen bleibt. Der Maximumzeiger wird mit einem Schraubenzeiger von ausserhalb des Thermometergehäuses zurückgedreht.

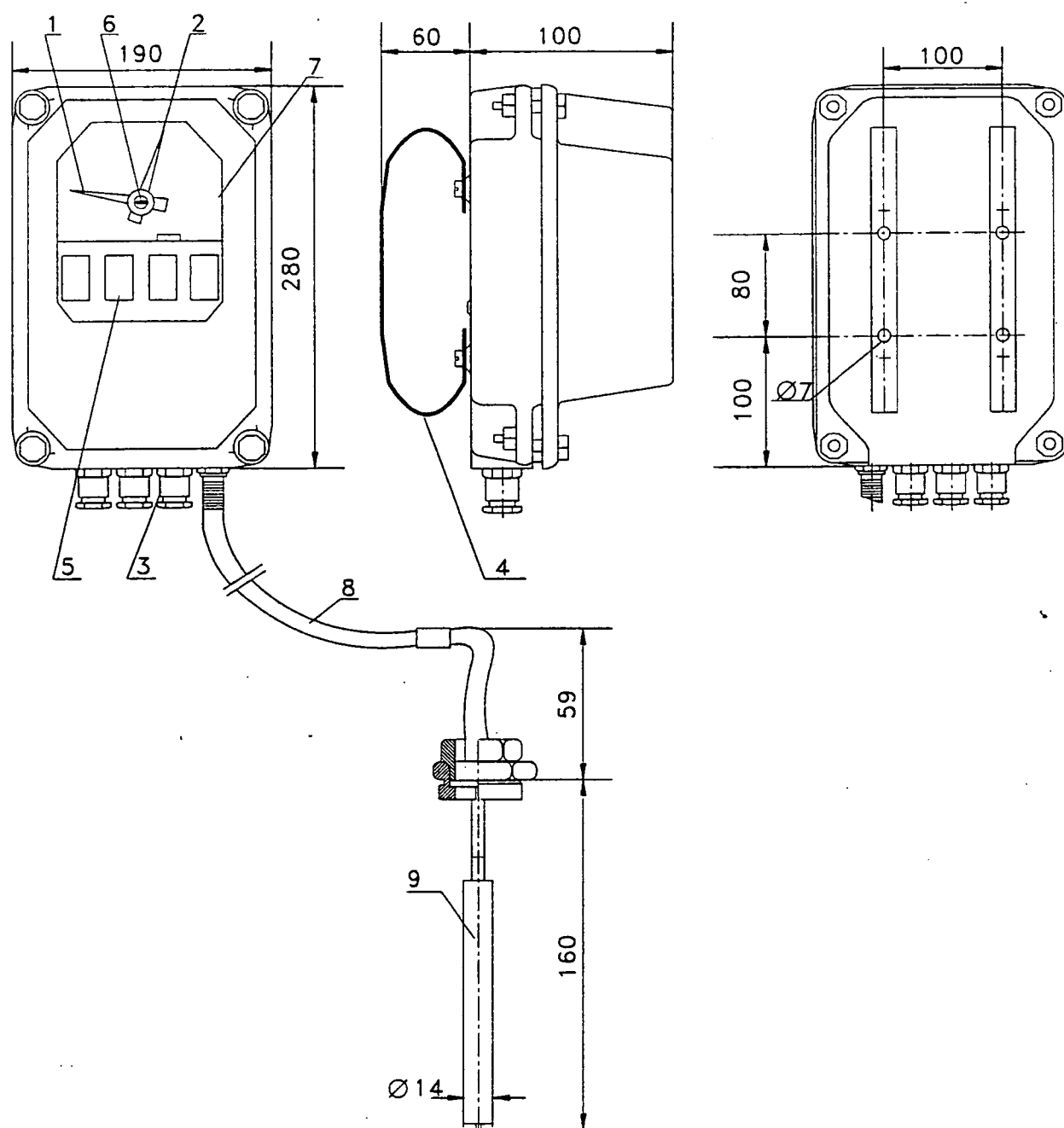
### Kontaktschalter

Kontaktschalter des Thermometers sind Mikroschalter (M.B.O.) (siehe Tabelle 1.), die an der Rückwand des Thermometergehäuses befestigt sind. Die Kontaktschalter werden durch nach Temperatur drehenden Nockenräder, die mit einer Temperaturskala für leichtere Einstellung versehen sind, gesteuert. Die einzelnen Kontaktschalter können unabhängig voneinander eingestellt werden. Die Einstellung kann nach Abnahme des Gehäusedeckels folgen. Die Stromkreise der Kontaktschalter sind galvanisch voneinander getrennt. Die Isolationsniveau gegen Erde ist 2000 V (50 Hz, 1 Min.)

### Sonderausführungen

Für extreme Klimaverhältnisse gibt es die Schutzart IP 55 oder IP 65. Das Kapillarrohr kann mit einem Schutzrohr aus rostfreiem Stahl oder PVC Kunststoff geschützt werden. Beim Bedarf können Kapillarrohre auch in anderen Längen geliefert werden.

## Aussenmasse



1. Zeiger
2. Maximumzeiger
3. Kabeldurchführung
4. Befestigungsbügel
5. Nockenräder für die Steuerung der Kontaktschalter
6. Rückstellknopf für Maximumzeiger
7. Thermometergehäuse
8. Kapillarrohr
9. Fühler

Gewicht 4 kg

13-12-1999

## Funktionschema

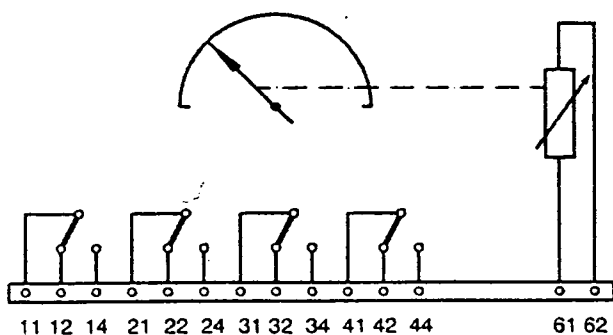


Tabelle 3

UCWMA 13 U 4 Kontakt	Typ	UCWMA 14 U 4 Kontakt	Funktion	Empfohlener Einstellwert	
				Ohne Wicklungs- temperaturindikator	Mit Wicklungs- temperaturindikator
11-12-14 21-22-24		11-12-14 21-22-24 31-32-34 41-42-44	Alarm Auslösung Steuerung Steuerung Option: Ferngeber	85 °C 100 °C	90 °C 105 °C
61-62		61-62			

### Belastbarkeit der Kontakte

Die Kontakte können folgendermassen belastet werden.

Tabelle 4

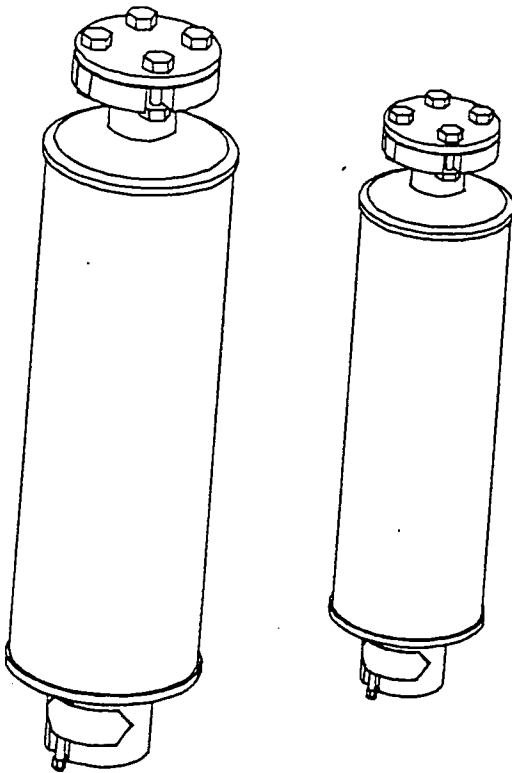
Spannung AC/DC	Schaltvermögen	
	Ohmsche Belastung	Induktive Belastung
30 V	10 A	10 A, $\cos \varphi = 0,4$ (AC), L/R = 7 ms (DC)
110 V	10 A	6 A, $\cos \varphi = 0,4$ (AC), L/R = 7 ms (DC)
220 V	3 A	1,5 A, $\cos \varphi = 0,4$ (AC), L/R = 7 ms (DC)

Der Hersteller des Kapillarhermometers ist Ab Kihlströms Manometerfabrik, Skarpnäck, Schweden.

13-12-1999



# Luftentfechter WJKHM



## Anwendung und Montage

### Allgemeines

Die Aufgabe des Luftentfeuchters ist den Einlass von Luftfeuchtigkeit bei den freiatmenden Transformatoren zu verhindern. Bei Veränderungen der Belastung und der Umgebungstemperatur variieren auch die Temperatur und das Volumen des Öls. Die Volumenveränderungen des Öls sind die Ursache für die Atmung des Transformators. Die eingeatmete Luft muss möglichst trocken sein, so dass die Feuchtigkeit nicht durch den Ausdehnungsbehälter ins Öl und weiter in die Isolationen des Transformators gelangt. Die in dem Luftentfeuchter befindliche hygroskopische Mittel bindet die Feuchtigkeit aus der einzuatmenden Luft.

### Konstruktion

Trockenmittelbehälter des Luftentfeuchters hat einen durchsichtigen Kunststoffzylinder der zwischen den Metallflanschen festgeklemmt und mit Gummidichtungen gedichtet ist. An dem unteren Flansch sind das Röhrenwerk und der 2-zellige Flüssigkeitsverschluss für Steuerung der ein- und auszuatmenden Luft eingebaut. Der Schutz vor der Einlassöffnung verhindert Insekten und Schmutz in den Entfeuchter zu gelangen.

**ABB Transmit Oy**

**ABB**

Distribution Transformers  
 ABB Transmit Oy  
 P.O.Box 688  
 FIN-65101 Vaasa, FINLAND  
 Telephone +358-(0)10 22 4000  
 Telefax +358-(0)10 22 41088

0 6 -07- 2000

34 K 19 D1 B

## Funktionsweise

Der Luftentfeuchter funktioniert in eine Richtung, d.h. dass die eingeatmete Luft durch das Trockenmittel und die ausgeatmete an das Trockenmittel vorbeigeleitet werden (Bild 1.). Dabei befeuchtet die in dem Transformator entstandene Feuchtigkeit das Trockenmittel nicht unnötigerweise. Wenn der Entfeuchter mehrere Trockenmittelbehälter hat, werden sie funktionell in Reihe gekoppelt.

## Befestigung

Der Luftentfeuchter wird an den Ausdehnungsbehälter mit Hilfe eines Verbindungsrohrs befestigt und am Flansch am Verbindungsrohr mit Flachdichtung gedichtet.

## Umgebungstemperatur

Maximum + 80 °C

Minimum - 50 °C

(Normales Transformatoröl im Flüssigkeitsverschluss).

## Ölmenge im Flüssigkeitsverschluss

Die beiden Zellen des Flüssigkeitsverschlusses müssen immer bis zu Markierung an der Wand mit Öl gefüllt sein. Ist nicht genügend Öl vorhanden, öffnet man die Befestigungsschrauben (Bild 1, Teil 10) und nimmt den Flüssigkeitsverschluss ab. Man füllt Transformatoröl bis zur Markierung an der Wand auf. Der Flüssigkeitsverschluss wird wieder seinen Platz eingebaut. Die Befestigungsschrauben werden so fest angezogen, dass der Flüssigkeitsverschluss rundherum luftdicht an der Dichtung anliegt.

## Anwendungsbereiche

Tabelle 1

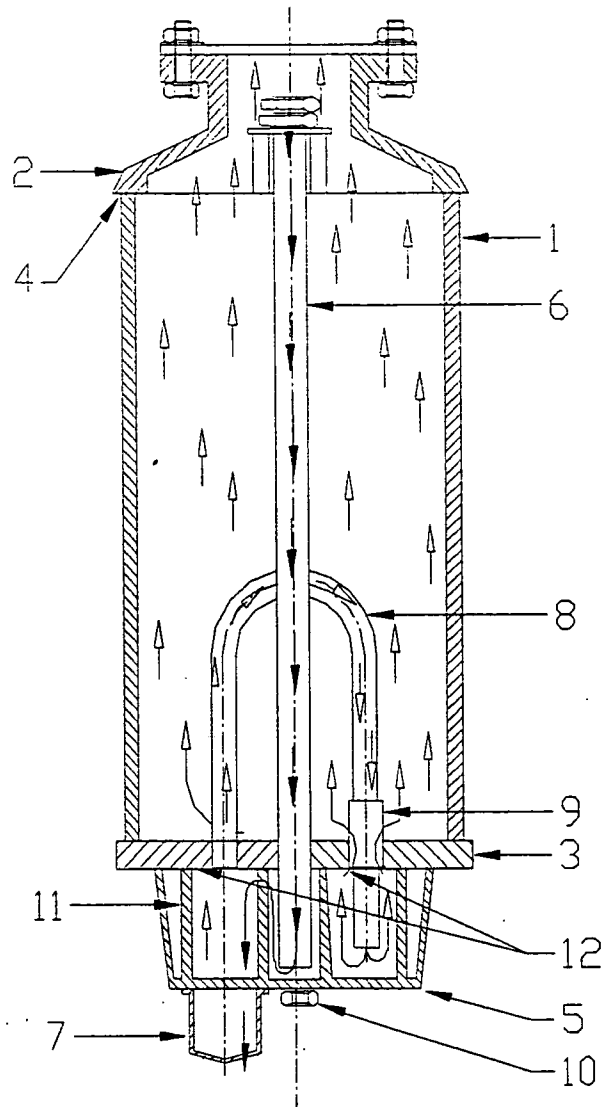
Typ	Ölmenge Transformators kg	Trockenmittelmenge dm <sup>3</sup>
WJKHM 1	< 1300	1,25
WJKHM 3	1300...3000	2,50
WJKHM 8	3000...12000	8,00

## Trockenmittel und dessen Austausch

Trockenmittel ist Silikagelsalz. Seit dem 1. Juli 2000 wird ein neuer Typ des Silikagelsalzes angewendet, laut EU Direktive (98/98EC). Das trockene Salz ist orange (früher blau), und angefeuchtetes Salz farblos (früher rötlich). Austausch von Trockenmittel soll spätestens dann erfolgen, wenn ca. 20% vom Salz noch orange (bläulich) ist.

Der Austausch von Trockenmittel erfolgt folgendermassen: Der Flüssigkeitsverschluss wird von dem Entfeuchter abgenommen und der Entfeuchter von dem Transformator entfernt. Bei dem Entfeuchter mit mehreren Behältern werden sie von dem Gestell des Entfeuchters entfernt. Der Trockenmittelbehälter wird umgekippt, wonach das angefeuchtete Salz durch die Öffnung am oberen Flansche des Behälters ausläuft. Das Auffüllen erfolgt durch die selbe Öffnung mit neuem Trockenmittel und der Entfeuchter wird auf den Transformator montiert (die Trockenmittelbehälter in das Gestell). Die Befestigungsschrauben des Entfeuchters werden auf das in der Tabelle 2. angegebene Drehmoment angezogen, wodurch der Entfeuchter luftdicht an dem Flansch des Verbindungsrohrs anliegt. Das Transformatoröl in dem Flüssigkeitsverschluss wird gewechselt, und der Flüssigkeitsverschluss wird an den Entfeuchter nach dem in dem vorigen Kapitel angegebenen Anweisungen befestigt.

## Teile



→ Laufrichtung der Einatemluft

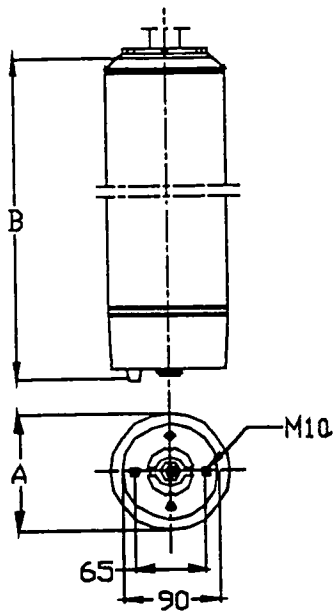
→ Laufrichtung der Ausatemluft

- |                           |                          |
|---------------------------|--------------------------|
| 1. Behälter               | 7. Insektenschluss       |
| 2. Flansch                | 8. Einatemrohr           |
| 3. Flansch                | 9. Einatemöffnung        |
| 4. Dichtung               | 10. Befestigungsschraube |
| 5. Flüssigkeitsverschluss | 11. Rohr                 |
| 6. Ausatemrohr            | 12. Dichtung             |

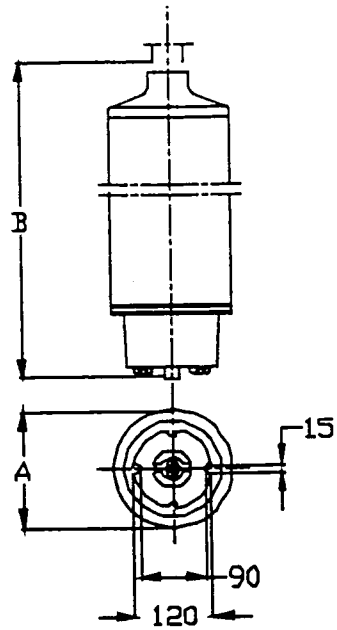
0 6 -07- 2000

# Aussenmasse

## WJKHM 1 und 3



## WJKHM 8



### Tabelle 2

Typ	A/mm	B/mm	Befestigungsschrauben	
			Anzugsdrehmoment Nm	Dimension
WJKHM 1	112	292	ca. 30	M 10 x 25
WJKHM 3	112	457	ca. 30	M 10 x 25
WJKHM 8	160	638	ca. 45	M 12 x 40

## BUCHHOLZRELAIS OYOS 25, 50 UND 80

### Anwendung und Montage

#### Allgemeines

Das Buchholzrelais wird zum Schutz bei inneren Fehlern in ölisolierten Transformatoren mit Ausdehnungsgefäss verwendet. Das Buchholzrelais hat Kontaktschalter für Alarm und Auslösung. In einem Transformator kann Gas z.B. wegen örtlicher Überhitzung der Wicklung, Ableitungs- oder Lichtbogenerscheinungen entstehen. Enstandenes Gas sammelt sich in dem Buchholzrelais und löst zuerst einen Alarm und bei weiterer Gasentwicklung die Auslösung aus. Der, aus einem schweren inneren Fehler, entstandene Druckanstieg verursacht einen Sturz von Öl aus dem Transformator in das Ausdehnungsgefäss. Dieses führt sofort zur unmittelbaren Auslösung des Buchholzrelais. Das Buchholzrelais ist sowohl für Innen- als Aussenmontage geeignet und es kann auch in tropischen Klimaverhältnissen angewendet werden. Mit Spezialdichtungen ausgestattet ist das Buchholzrelais auch für Anwendung in silikonölisolierten Transformatoren geeignet.

#### Technische Angaben

##### Konstruktion

Der Grundkörper und der deckel des Buchholzrelais sind aus Leichtmetall-Gusslegierung. Auf beiden Seiten des Grundkörpers befinden sich zwei Kontrollfenster. An den mit Skalen beschrifteten Kontrollgläsern ist das gesammelte Gasvolumen ablesbar. Unten am Gehäuse befindet sich die Ölablassschraube. Die Dichtungen sind transformatoröhl- und wetterbeständige Gummidichtungen. Das Buchholzrelais hat ein Ventil für Entlüftung, Prüfung und Gasprobenentnahme. Das Buchholzrelais ist auch mit einem mechanischen Prüfung des Alarm- und Auslösungsschaltern ausgerüstet. Die Gehäuseschutzart ist IP55 (EN 60529). Das Buchholzrelais ist gemäss DIN 42566 hergestellt.

##### Funtionsweise

Normalerweise ist das Buchholzrelais von Öl gefüllt. Gas, das sich in dem Buchholzrelais sammelt, verdrängt das Öl wobei die Kontaktschalter steuernden Schwimmer sinken. Dabei schliesst sich der Kontaktschalter und gibt Alarm. Wenn noch weiteres Gas entsteht spricht der Kontaktschalter für Auslösung auch an. Eine starke Ölströmung in Richtung Ausdehnungsgefäss andrückt eine Stauklappe, im Buchholzrelais, die dann die Auslösungsschalter anspricht.

2 6 -06- 2000

## ABB Transmit Oy



Distribution Transformers  
 ABB Transmit Oy  
 P.O.Box 688  
 FIN-65101 Vaasa, FINLAND  
 Telephone +358-(0)10 22 4000  
 Telefax +358-(0)10 22 41088

344 K 1134 De F

## Befestigung

Das Buchholzrelais wird an die Flansche des Verbindungsrohrs zwischen dem Transformator und dem Ausdehnungsgefäß befestigt und mit Klingeritdichtungen gedichtet. Es wird so montiert, dass der Pfeil an dem Buchholzrelais in Richtung Ausdehnungsgefäß zeigt. Der Steigwinkel des Rohrs zu dem Ausdehnungsgefäß muss mindestens 2 Grad betragen. Falls der Transformator mit einem Absperrventil zwischen dem Buchholzrelais und dem Ausdehnungsgefäß ausgestattet ist, kann man das Buchholzrelais, ohne das Ausdehnungsgefäß zu entleeren, abtrennen und für die Wartungszeit des Buchholzrelais ein Zwischenrohr einbauen. Während der Transformator im Betrieb ist, muss das Absperrventil unbedingt geöffnet sein.

## Betriebsstemperatur

	Min.	Max
Umgebung:	- 40 °C	+ 60 °C
Ol:	- 40 °C	+ 115 °C

## Kabelanschluss

Die Kontaktschalter sind in dem Gehäuse an die Reihenklemme verdrahtet. Für das Anschlusskabel gibt es am Gehäuse einen Gewindestutzen PG 16, der für Kabel mit einer Durchmesser von 12,5 bis 15 mm geeignet ist. Als Anschlussleitung kann ein fünfpoliges Kabel mit Kunststoffummantelung, z.B. 4x2,5 mm<sup>2</sup> + s 2,5 mm<sup>2</sup> verwendet werden.

## Kontaktschalter

Die magnetisch gesteuerte Kontaktschalter sind in hermetisch geschlossenen Metallröhren montiert. Die Funktionsprüfung den Kontaktschaltern kann, im Zusammenhang mit Wartungsarbeiten des Transformators, durch pumpen von Luft durch das Prüfungsventil ausgeführt werden. Die Funktion den Schaltern kann auch mechanisch, durch drücken der Prüftaste, geprüft werden.

Nennspannung:	230 V (AC), 48-127 V (DC)
Nennstrom:	2 A
Ausschaltvermögen:	AC 2 A, 400 VA, $\cos \varphi > 0.5$ DC 2 A, 250 W, L/R < 40 ms

Minstdauer des Schalters:	1000 Betätigungen
Isolationsniveau:	2500 V

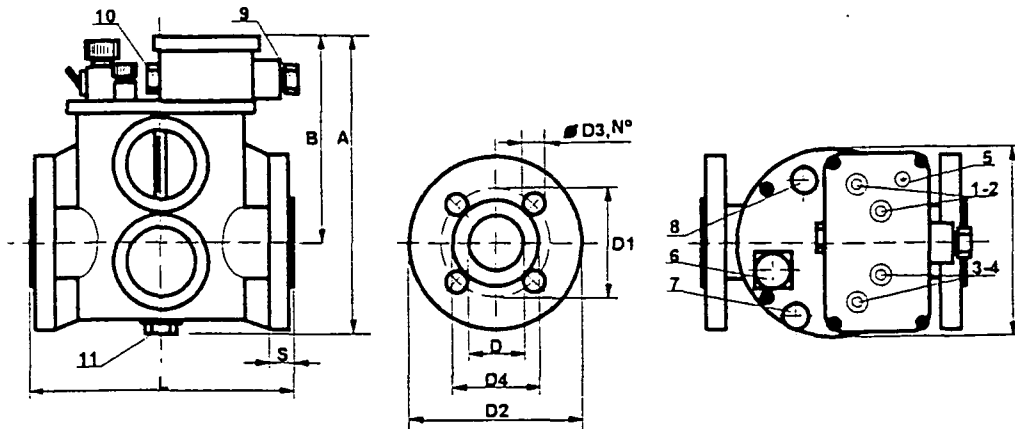
Das Buchholzrelais kann mit folgenden Kontakten geliefert werden

TYP	KONTAKTEN	
	ALARM	AUSLÖSUNG
25, 50, 80		
OYOS _ A1	1 S	1 S
OYOS _ C1	4 S	2 S
OYOS _ G1	1 W	1 W
OYOS _ H1	2 Ö	2 Ö
OYOS _ I1	2 S	2 S
OYOS _ J1	2 S	1 S

Kontakten:  
S = Schliesser  
Ö = Öffner  
W = Wechsler

2 6 -06- 2000

## Massbild



TYP	A	B	D	D1	D2	D3	D4	L	S	N°	KG
OYOS 25	215	160	25	85	115	14	68	200	17	4	2.9
OYOS 50	254	178	50	125	165	18	102	195	18	4	4.9
OYOS 80	270	178	80	160	200	18	138	195	18	4 (8)	5.8

## Teile

- 1-2 Reihenklammen für Auslösung
- 3-4 Reihenklammen für Alarm
- 5 Erdungsanschluss
- 6 Entlüftungshahn
- 7 Ventil zur pneumatischen Prüfung

- 8 Mechanische Prüfung des Alarm- und Auslösekreises
- 9 Gewindestutzen Pg 16.
- 10 Extra Gewindestutzen Pg 16.
- 11 Ölablassschraube

7 6 -05- 2000

## Funktionsprüfung des Buchholzrelais mit spannungslosem Transformator

Die Funktion des Relais nach dem Inbetriebnahme soll regelmässig, am wenigstens einmal pro Jahr, überprüft werden.

- Die Alarm- und Auslösekreise kann, durch betätigung der Prüftaste (siehe Massbild), mechanisch geprüft werden. Die Prüftaste wird durch eine Hutmutter abgedeckt.
- Zur pneumatischen Prüfung muss eine Luftpumpe benutzt werden. Die Luft wird durch das Prüfventil (siehe Massbild) eingepumpt. Das Buchholzrelais muss, nach der Prüfung, entlüftet werden.

In beiden Fällen soll zuerst der Alarmstromkreis und anschliessend der Ausschaltungsstromkreis funktionieren.

### Massnahmen beim Ansprechen des Buchholzrelais

Das Buchholzrelais alarmiert, wenn Gas sich langsam in dem Transformator entsteht. Das Gas, das sich in dem Buchholzrelais gesammelt hat, muss untersucht werden. Falls das Gas brennbar, schlechtriendend oder farbig ist, handelt es sich um einen schweren inneren Fehler im Transformator. Hierbei muss der Trafo sofort aus dem elektrischen Netz getrennt werden. Wenn dieses nicht möglich ist, muss man auf die weitere Gasentstehung achten und der Transformator so schnell wie möglich vom Netz trennen. Falls das Gas nicht brennbar, geruch- und farblos ist, handelt es sich wahrscheinlich um Luft.

Beim Alarm oder Auslösung des Buchholzrelais hat sich entweder stark Gas entstanden oder der Ölstand hat sich zu weit senken können. Wenn es genügend Öl im Ausdehnungsgefäss gibt, soll das Gas vom Buchholzrelais entleert werden und die Beschaffenheit des Gases untersucht werden. Danach kann man den Transformator wieder ans Netz einkoppeln zu versuchen. Bleibt der Transformator am Netz kann der Betrieb so lange, wie es absolut notwendig ist, fortgesetzt werden. Falls der Transformator nicht eingekoppelt bleibt, darf man ihn nicht wieder einkoppeln zu versuchen bevor der Fehler lokalisiert und repariert ist.

Falls der Ölstand zu weit im Ausdehnungsgefäss gesunken ist, muss Öl umgehend nachgefüllt werden. Danach soll der Transformator, die Durchführungen und das Buchholzrelais entlüftet werden.

Bei kräftiger Ölströmung löst das Buchholzrelais ohne Alarmierung aus. Der Transformator darf nicht eingekoppelt werden bevor der Fehler lokalisiert und repariert ist.

Hersteller: Comem, Montebello, Italien

26-06-2000



## ÖLSTANDSANZEIGER MIT KONTAKTEN UDCU 150 A1

### Anwendung und Montage

#### Allgemeines

Der Ölstandsanzeiger zeigt das Ölniveau in dem Ausdehnungsgefäß des Transformators an. Der Ölstand verändert sich mit der mittleren Öltemperatur, die wiederum von der Belastung und Kühlung des Transformators abhängig ist. Das Gerät ist mit Kontakten für Alarm bei zu hohem oder zu niedrigem Ölstand ausgerüstet. Es ist sowohl für Innen- als auch für Aussenmontage geeignet und kann auch in der tropischen Klimaverhältnissen verwendet werden.

#### Technische Angaben

##### Gehäuse

Der Rahmen besteht aus rostfreiem Stahl und verchromten Messing. Das Schutzglas ist aus Polycarbonat. Die Gehäuseschutzart ist IP 54 (IEC 529).

##### Befestigung

Der Anzeiger wird mittels einer Innengewinde 50 x 1,5 normalerweise am Stimboden des Ausdehnungsbehälters befestigt.

##### Kabelanschluss

Die Kontaktschalter sind in der Klemmdose an die Reihenklemme, an die auch die Aussenanschluss geführt ist, verdrahtet. Für den Aussenanschluss gibt es ein Kabeldurchführung Pg 16, die für Kabel mit einer Durchmesser von 12,5 bis 15 mm geeignet ist.

##### Umgebungstemperatur

Maximum + 70° C  
Minimum - 50° C

##### Anzeige

Das Ölniveau wird von einem Schwimmer, der mit dem Zeiger verbunden ist, abgetastet. Die Bewegungen des Schwimmers an der Zeiger werden mit Hilfe Zweier Dauermagnete übertragen. Zwischen den Magneten befindet sich eine öldichte, nicht magnetisierbare Zwischenwand.

## ABB Transmit Oy



Distribution Transformers  
ABB Transmit Oy  
P.O.Box 688  
FIN-65101 Vaasa, FINLAND  
Telephone +358-(0)10 22 4000  
Telefax +358-(0)10 22 41088

344 K 1054 B

## Kontaktschalter

Der Anzeiger hat zwei Mikroschalter, von denen sich der eine in der oberen und der andere in der unteren Grenzstellung des Schwimmers schliesst. Die Isolation gegen Erde beträgt 2000 V (50 Hz, 1 Min.)

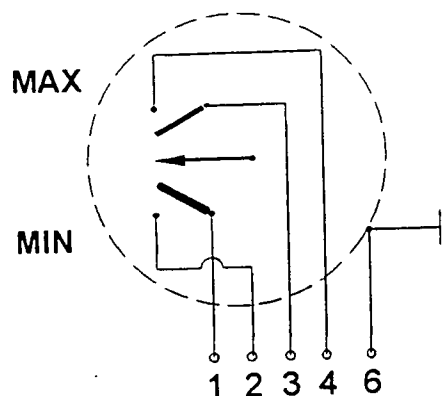
## Belastbarkeit

Die Kontakte können wie folgt belastet werden:

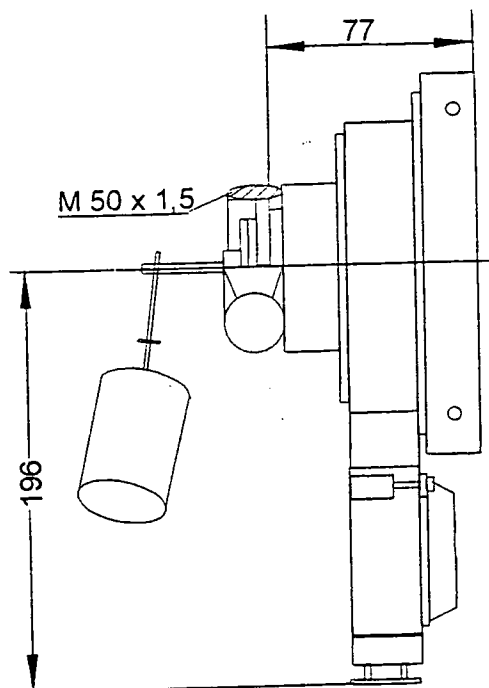
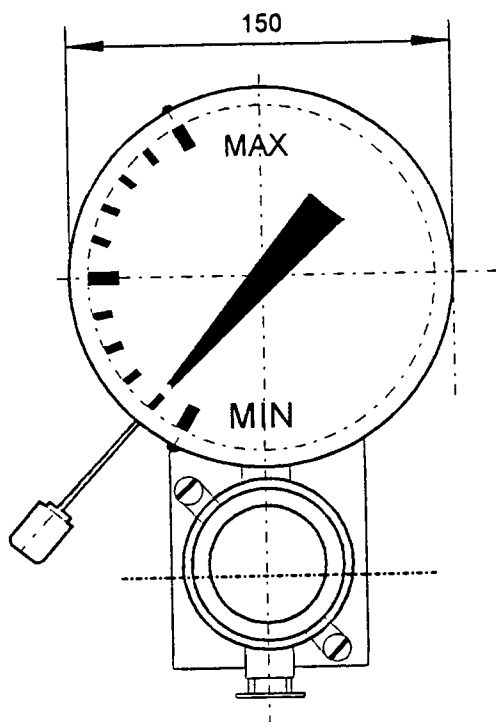
250 V, 5 A, AC

125 V, 0.3 A, DC

## Klemmenbezeichnungen der Kontakte



## Aussenmasse



Der ursprüngliche Hersteller ist AB Kihlströms Manometerfabrik, Stockholm, Sweden.

**1** Inhaltsverzeichnis

**1**

**2** Technische Unterlagen  
(Abmessungen und Zubehör)

**2**

**3** Prüfprotokolle

**3**

**4** Transport

**4**

**5** Transformatorenöl

**5**

**6** Allgemeine Anweisungen für  
Montage, Betrieb und Wartung

**6**

**7**

**7**

**8**

**8**