

# Technische Spezifikation für Mittelleistungstransformatoren

## Drehstrom- Trocken-Transformatoren

Stand: 08.02.2021

Version: 4.0

Erstellt von: RN1

Freigegeben von: T

Freigegeben von: RN-GF

# Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis .....</b>	<b>1</b>
<b>Änderungshistorie.....</b>	<b>3</b>
<b>1 Anwendungsbereich .....</b>	<b>5</b>
<b>2 Allgemeine Anforderungen .....</b>	<b>5</b>
<b>3 Elektrische Anforderungen .....</b>	<b>6</b>
3.1 Bemessungsspannung und maximale Betriebsspannung .....	6
3.2 Bemessungsleistungen .....	6
3.3 Kurzschlussfestigkeit und Temperaturbeständigkeit .....	6
3.4 Schaltgruppe und Kennzahl.....	7
3.5 Übersetzungen und Anzapfungen.....	7
3.6 Kurzschlussspannung.....	7
3.7 Verluste .....	8
3.8 Isoliermaterial/Isoliersystem .....	9
<b>4 Mechanische Ausführung.....</b>	<b>9</b>
4.1 Kühlung .....	9
4.2 Aktivteil.....	9
4.3 Fahrrollen und Fahrgestell .....	11
4.4 Brandklasse, Umgebungsklasse, Beschichtung .....	11
4.5 Schrauben, Muttern, Kleinteile.....	12
4.6 Maximale Abmessungen und Gewichte .....	12
<b>5 Kennzeichnungen .....</b>	<b>13</b>
5.1 Phasenkennzeichnung .....	13
5.2 Typenschild .....	13
5.3 Gefahrenkennzeichnung.....	14
<b>6 Anschlüsse .....</b>	<b>14</b>
6.1 Hochspannungsanschlüsse (OS).....	14
6.2 Niederspannungsanschlüsse (US).....	15
<b>7 Transformatorzubehör .....</b>	<b>16</b>
7.1 Einhausung/Schutzgehäuse .....	16
7.2 Temperaturüberwachung / Transformatorschutz.....	17
<b>8 Prüfungen .....</b>	<b>17</b>
8.1 Stückprüfungen.....	17
8.2 Abnahmeprüfung .....	17

---

8.3	Typprüfungen .....	18
<b>9</b>	<b>Verpackung und Transport.....</b>	<b>18</b>
<b>10</b>	<b>Zulassung/Qualitätssystem.....</b>	<b>18</b>
<b>11</b>	<b>Zertifikate und allgemeine Dokumente.....</b>	<b>20</b>

## Änderungshistorie

Datum	Be- arbeiter	Änderung	Kurzbeschreibung
25.04.2017	RN1/pp	Titelblatt	Formelle Änderungen vorgenommen
		1 Anwendungsbereich	Normenbezeichnung aktualisiert
		3.1 Bemessungs- spannung und maximale Betriebsspannung	Detailliertere Festlegungen getroffen
		3.8 Verluste	Kurzschlussverlustklasse geändert Bezugstemperatur hinzugefügt Korrekturfaktoren für umklemmbare OS-Wicklung hinzugefügt
		4.2 Aktivteil	Wicklungsmaterial und Wicklungstechnik abgeändert
		4.6 Maximale Abmessungen und Gewichte	Abmessungen wurden angepasst, Richtwerte für Gesamtgewichte wurden angepasst
		6.2 Niederspannungs- anschlüsse	Angaben zu Aufsteckstromwandler hinzugefügt
02.04.2019	RN1/wt	Titelblatt	Formelle Änderungen vorgenommen
		4.6 Maximale Abmessungen und Gewichte	Anpassung zulässige Abmessungen und Gesamtgewichte
		6.2 Niederspannungs- anschlüsse (US)	Anschlussart geändert zu Lieferung Transformator inkl. Direkt-Kabel- Anschlussklemmen
		7.2 Temperatur- überwachung	Temperaturüberwachung mittels PT100-Sensor hinzugefügt

<b>Datum</b>	<b>Be- arbeiter</b>	<b>Änderung</b>	<b>Kurzbeschreibung</b>
08.02.2021	RN1/wt	3.5 Übersetzungen und Anzapfungen	Forderung von OS-Wicklungs-Anzapfungen. Abschnitt 3.5 und 3.6 zusammengeführt.
		3.6 Kurzschlussspannung	Ergänzung einer Option für 800 kVA Transformatoren
		3.8 Verluste	Maximale zulässige Verluste an Stufe 2 der EU-Verordnung 548/2014 angepasst

# 1 Anwendungsbereich

Diese Spezifikation beschreibt den Standard der Drehstrom-Trocken-Transformatoren, die im Netzgebiet der Regensburg Netz GmbH zur Stromversorgung eingesetzt werden.

Sie gilt für Dreiphasen-Trocken-Transformatoren nach DIN EN 50588-1 und DIN EN 60076. Hierbei gelten – sofern nachstehend nichts anderes festgelegt – jeweils die neuesten Fassungen der eben genannten Normen.

Der Transformator muss für die Innenraumaufstellung in einem dreiphasigen Verteilungssystem mit starr geerdetem Nullleiter geeignet sein. Die Nennfrequenz beträgt 50 Hertz. Dauerbetrieb und kurzzeitige Überlastung sind bei natürlicher Kühlung (AN) gegeben.

Die nachfolgend beschriebenen Transformatoren verfügen über je eine Ober- und Unterspannungswicklung, wobei die **Oberspannungswicklung umklemmbar** ausgeführt ist.

# 2 Allgemeine Anforderungen

Grundsätzlich sind alle nationalen geltenden Normen, Bestimmungen, Vorschriften, Verordnungen und Gesetze der beteiligten Länder einzuhalten, auch wenn sie in dieser Spezifikation nicht ausdrücklich genannt werden. Die Geschäfts- und Verkehrssprache ist die Landessprache des Auftraggebers.

Es gilt das Recht des Landes des Auftraggebers. Gerichtsstand ist der Sitz des Auftraggebers.

**Der Einsatz von als „gleichwertig“ bezeichnetem Material ist vor der Anwendung dem Auftraggeber anzuzeigen und muss von diesem freigegeben werden.**

## 3 Elektrische Anforderungen

### 3.1 Bemessungsspannung und maximale Betriebsspannung

Die Transformatoren werden in Netzgebieten der Regensburg Netz GmbH mit Nennspannungen oberspannungsseitig 20 kV bzw. 10 kV und unterspannungsseitig 400 V eingesetzt.

Für die Bemessung der Transformatoren beträgt die maximal zulässige Betriebsspannung oberspannungsseitig **24 kV** (Blitzstoßspannungspegel 125 kV).

Die maximal zulässige Betriebsspannung auf der Unterspannungsseite beträgt **1,1 kV**.

### 3.2 Bemessungsleistungen

Die Bemessungsleistungen sind von 100 kVA bis 1250 kVA festgelegt. Sie sind in folgende Stufen aufgeteilt:

- 100 kVA
- 160 kVA
- 250 kVA
- **400 kVA**
- **630 kVA**
- 800 kVA
- 1000 kVA
- 1250 kVA

Hierbei entsprechen die Bemessungsleistungen 400 kVA und 630 kVA dem Standard für Verteilungstransformatoren im Netzgebiet der Regensburg Netz GmbH.

### 3.3 Kurzschlussfestigkeit und Temperaturbeständigkeit

Die Transformatoren sind so zu konstruieren und auszulegen, dass sie den thermischen und dynamischen Kurzschlusseinflüssen gemäß DIN EN 60076-5 und DIN EN 60076-11 standhalten.

- Drehstromtransformatoren der Kategorie I: 25 bis 2500 kVA
- Höchstzulässige Temperatur des Isolationssystems (Klasse F): 155 °C
- Höchstzulässige Temperatur der Wicklung (Aluminium/Kupfer): 200 °C/350 °C
- Höchstzulässige Übertemperatur der Wicklungen bei  $I_r$ : 100 K
- Dauer des symmetrischen Kurzschlussstroms: 2 s

### 3.4 Schaltgruppe und Kennzahl

Alle Leistungsgrößen werden mit der Schaltgruppe Dyn gefertigt. Die Kennzahl ist 5. Der Sternpunktleiter der US-Wicklung ist für die Phasenspannung und den Bemessungsstrom auszulegen. Phasen- und Sternpunktanschluss besitzen den gleichen Querschnitt.

### 3.5 Übersetzungen und Anzapfungen

Die Übersetzungen sind wie folgt definiert:

$$20.800 \text{ V}/11.000 \text{ V}/400 \text{ V}$$

Die Transformatoren erhalten einen Umsteller, der die Umschaltung der zwei Spannungsebenen im spannungslosen Zustand erlaubt. Die Versandschaltung erfolgt in der Nennübersetzung der höheren Spannungsebene.

**Die Transformatoren besitzen, sofern vom Auftragsgeber nicht anders gefordert, zusätzliche Umsteller zwischen Anzapfungen auf der Oberspannungsseite. Es sind Anzapfungen mit  $\pm 2 \times 2,5 \%$  bezogen auf die höhere Oberspannung (20.800 V) vorzusehen.**

Beide Umsteller können nur im spannungslosen Zustand betätigt werden. Die Stufen an den Umstellern müssen eindeutig gekennzeichnet und unmissverständlich der jeweiligen Spannungsebene zuordenbar sein. Die Kennzeichnung erfolgt sowohl an den Umstellern selbst als auch am Typenschild. Oxidation oder Korrosion dürfen die Bedienung der Umsteller nicht einschränken. Die in der Konstruktion verwendeten Materialien müssen UV-beständig und gegen Korrosion unempfindlich sein.

Die Bedienung der Umsteller erfolgt ohne Werkzeug und das Einrasten in die jeweilige Stufe muss automatisch erfolgen.

### 3.6 Kurzschlussspannung

Für die relative Kurzschlussspannung  $u_k$  sind nachstehende Werte einzuhalten:

- Bemessungsleistung  $\leq 800 \text{ kVA}$ :  $u_k = 4 \%$
- **Optional:** Bemessungsleistung  $= 800 \text{ kVA}$ :  $u_k = 6 \%$
- Bemessungsleistung  $> 800 \text{ kVA}$ :  $u_k = 6 \%$

Die Toleranz für die Kurzschlussspannung  $u_k$  beträgt 10 %.



### 3.7 Verluste

Hinsichtlich der einzuhaltenden Leerlaufverluste, Schalleistungspegel und Kurzschlussverluste gilt die nachfolgende Tabelle. Die Werte in Tabelle 1 sind bezogen auf 120 °C (gemäß DIN EN 60076-11) und  $U_m \leq 24 \text{ kV}$ . Sie sind Garantiewerte und ohne positive Toleranz einzuhalten.

Tabelle 1: Leerlaufverluste, Schalleistungspegel und Kurzschlussverluste bei 120 °C und  $U_m \leq 24 \text{ kV}$ <sup>1</sup>

<b>Bemessungsleistung <math>S_n</math> in kVA</b>	<b>Leerlaufverluste <math>P_0</math> (<math>A_0</math>) in W</b>	<b>Schalleistungspegel <math>L_{WA}</math> in dB(A)</b>	<b>Kurzschlussverluste <math>P_k</math> (<math>A_k</math>) in W</b>
100	252	51	1800
160	360	54	2600
250	468	57	3400
400	675	60	4500
630	990	62	7100
800	1170	64	8000
1000	1395	65	9000
1250	1620	67	11000

Die Werte aus Tabelle 1 wurden sowohl an die „Verordnung (EU) Nr. 548/2014 der Kommission vom 21. Mai 2014 zur Umsetzung der Richtlinie 2009/125/EG des Europäischen Parlaments und des Rates hinsichtlich Kleinleistungs-, Mittleleistungs- und Großleistungs-Transformatoren“ als auch an die Normen DIN EN 60076-1 und DIN EN 50588-1 angepasst. Die Verordnung (EU) Nr. 548/2014 wird nachfolgend nur „Ökodesign-Richtlinie“ genannt.

Es gelten die Korrekturfaktoren (gemäß DIN EN 50588-1 und Ökodesign-Richtlinie) für spannungsumschaltbare OS-Wicklung:

Die in Tabelle 1 angegebenen Verlustwerte können bei umschaltbarer Oberspannungswicklung um 15 % für Leerlaufverluste und um 10 % für Kurzschlussverluste höher sein. Diese Werte gelten auf Basis, dass die volle Bemessungsleistung unabhängig der Spannungs-kombination verfügbar ist.

<sup>1</sup> Die in Tabelle 1 abgebildeten Werte entsprechen der Stufe 2 der Ökodesign-Richtlinie, mit Gültigkeit ab 01.07.2021.

### **3.8 Isoliermaterial/Isoliersystem**

Die OS- und US-Wicklung sind entsprechend Isolierstoffklasse F zu fertigen. Das für die Isolierung und Verstärkung verwendete Material besteht aus Glasfaser und reinem Gießharz. Als Füllmittel sind nur Glasfasermaterialien erlaubt.

Die OS-Spule muss unter Vakuum vergossen sein, um einen lunkerfreie Harzimprägnation über das gesamte Isoliersystem sicherzustellen. Die Elastizität des Harzes gewährleistet, dass Rissbildungen während Kurzschlussbelastungen und Temperaturschocks vermieden werden.

Für die Isolation der US-Wicklung muss „Epoxidharz-Vorimprägniertes Mehrlagen-Isolationsmaterial“ der Klasse F oder höherwertig verwendet werden. Diese Isolation ist nach einem Temperaturprozess in der Lage, eine solide Struktur der US-Wicklung herzustellen und dadurch einer Kurzschlussbelastung zu widerstehen.

## **4 Mechanische Ausführung**

Die Auslegung der Transformatoren muss kurzschluss-, stoßspannungsfest und wasserbeständig sein.

### **4.1 Kühlung**

Die Transformatoren besitzen eine natürliche Kühlung (AN) bei normalen Umgebungstemperaturen. Sie sind für eine Aufstellung bis 1000 m über N. N. geeignet und müssen für Umgebungstemperaturen von  $-25\text{ °C}$  bis  $+40\text{ °C}$  ausgelegt sein (Klimaklasse C2). Für den Transformator muss eine Nachrüstung auf erzwungene Kühlung (AF) möglich sein.

### **4.2 Aktivteil**

Der Kern ist grundsätzlich in Step-lap-Verfahren herzustellen. Er ist am oberen und unteren Joch vorzugsweise mittels gezogener U-Profilträger so zu verspannen, dass über die komplette Breite eine konstante Presskraft sichergestellt wird. Damit soll ein fester Sitz der Joche auf den Schenkeln gewährleistet und Schwingungen ausgeschlossen werden.

Die oberen und unteren Presskonstruktionen sind durch Gewindestangen so miteinander zu verbinden, dass der optimale Sitz der Spulen auf dem Kern gewährleistet ist und eine gleichmäßige Verspannung sichergestellt wird. **Der Einsatz von Spannband ist mit dem Auftraggeber abzustimmen.**

Die Spulen müssen zum Kern hin gestützt und verkeilt werden. Alle Keile und Stützelemente müssen einen festen Sitz garantieren und dürfen sich unter keinen Umständen lösen.

Die Anschlussstücke für die US-Wicklungen müssen fest am Kernpresseisen abgestützt sein, um Verschiebungen bei einem Kurzschluss zu vermeiden. Mittels Kaltpressschweißung muss die Ausleitungsschiene mit dem Wicklungsende verbunden werden.

Der Transformator muss so beschaffen sein, dass er sowohl in Längs- als auch in Querrichtung bewegt werden kann ohne dabei beschädigt zu werden. Er muss beim Transport für einen maximalen Neigungswinkel von  $45^\circ$  ausgelegt sein (in Längs- und Querrichtung).

Zur Herstellung der OS-Wicklungen ist als Wicklungsmaterial Aluminium zu verwenden. Der Draht der OS-Wicklung muss mit Lack umzogen sein. Flachbänder sind nicht zulässig. Die US-Wicklung kann aus hochwertigem Aluminium oder Kupfer in Folienform bestehen. Die Breite der Folie bildet die Höhe der Wicklung (Folienwicklung).

Die OS-Wicklung sollte in Mehrlagentechnik gewickelt sein. Alternative Ausführungen, wie z. B. in Folientechnik, sind als Abweichung zur Spezifikation anzuzeigen und mit dem Auftraggeber abzustimmen. Zum Erreichen einer langen Lebensdauer und optimalen Dauerbetriebes können, falls konstruktiv und wirtschaftlich möglich, in der OS-Wicklung Kühlkanäle verbaut werden.

Die US-Wicklung darf nicht auf dem Kern gewickelt werden. Zwischen Kern und US-Wicklung sollte ein Kühlkanal vorhanden sein (Kamineffekt). Zusätzlich sollte die Möglichkeit bestehen, in die US-Wicklung eingeformte Kühlkanäle mit zu verbauen.

Kontakte müssen alterungsbeständig ausgeführt sein. Bei Verbindungen zwischen unterschiedlichen Werkstoffen muss diese einer elektrisch und mechanisch einwandfreien Verbindung entsprechen, d. h. es ist eine galvanische Verbindung unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Ausdehnungskoeffizienten sowie elektrischen Spannungsreihen herzustellen.

Die Fabriknummer muss auf dem Transformator (oberes Presseisen) gut lesbar und dauerhaft angebracht sein.

Am Transformator müssen für den Transport Zurrösen aus Flachstahl von mindestens 10 mm Dicke und mit einer Öffnung von mindestens 30 mm angebracht sein. Eine Abspannung nach unten mit einem Winkel von  $30^\circ$  muss ohne Hilfskonstruktion möglich sein.

Der Transformator ist mit vier Hebeösen mit je einer Öffnung  $\geq 50$  mm auszustatten. Jeweils zwei diagonale Hebeöse müssen für das eigene Trafogewicht dimensioniert sein. Die Anordnung der Hebeösen muss so erfolgen, dass beim Anheben des Transformators dieser in einer senkrechten Position verbleibt.

Die Transformatoren müssen zwei Erdungsbuchsen mit Gewinde M12 nach DIN EN 50216-4 Typ B1 besitzen. Diese sind vorzugsweise am Rollenquerträger oder alternativ am Presseisen diagonal anzubringen. Jede Buchse muss mit einer Sechskantschraube M12 ausgestattet und eindeutig gekennzeichnet sein.

Alle Anschlüsse und Kupferschienen sind gratfrei zu liefern. Mechanische Gefährdungen (Kanten/Spitzen) sind konstruktiv oder durch entsprechende Schutzmaßnahmen zu minimieren. Konstruktive Maßnahmen haben hierbei Vorrang.

### 4.3 Fahrrollen und Fahrgestell

Als Fahrgestell sind unterhalb des unteren Presseisens zwei U-Profilträger angebracht. Die Bodenfreiheit des Transformators muss größer gleich 55 mm sein.

Die Fahrrollen bzw. das Fahrgestell muss entsprechend den vom Hersteller geforderten Transportvorschriften ausgelegt sein.

Der geforderte Mitten- und Rollenabstand ist der Tabelle 2 zu entnehmen.

Tabelle 2: Mitten- und Rollenabstand der U-Profileisen nach DIN EN 50216-4

Leistung in kVA	Mitten- u. Rollenabstand in mm
$\leq 250$	520
400 – 1250	670
$> 1250 - 1600$	820

Die Fahrrollen müssen für die Längs- und Querfahrt installiert werden können. Sie müssen als Guss- oder Stahlrolle mit einem mechanisch beständigem Korrosionsschutz (verzinkt) ausgeführt sein. Schrauben und Scheiben müssen ebenfalls aus rostfreiem Material bestehen. **Die Fahrrollen sind bereits werksseitig zu montieren.**

### 4.4 Brandklasse, Umgebungsklasse, Beschichtung

Der Transformator ist in Brandklasse F1 gemäß DIN EN 60076-11 auszuführen.

Hinsichtlich der Luftfeuchte, Kondensation, Verschmutzung und Umgebungstemperatur ist der Transformator nach Umgebungsklasse E2 zu dimensionieren. Feuerverzinkungen sind gemäß DIN EN ISO 1461 auszuführen.

## 4.5 Schrauben, Muttern, Kleinteile

Alle Schrauben, Unterlegscheiben und Kleinteile müssen aus A2 sein. Falls Schrauben und Bolzen aus A2 sind, müssen die Muttern oder Gewindebuchsen aus A4 sein, um die Lösbarkeit zu gewährleisten. Schrauben und Bolzen sind gegen Festfressen zu sichern.

## 4.6 Maximale Abmessungen und Gewichte

In Tabelle 3 sind die maximalen Abmessungen und Gewichte der Transformatoren abhängig von der Bemessungsleistung angegeben. Diese gelten inklusive aller Anbauteile, auch wenn diese nicht installiert sind.

Falls konstruktiv bedingt Abweichungen außerhalb der maximal zulässigen Abmessungen auftreten, erfordert dies in jedem Fall die Zustimmung des Auftraggebers. Bei der Gesamtgewichtsangabe handelt es sich um Grenzwerte, die als interne Planungsgrundlage dienen. Werden die angegebenen Werte überschritten, so bedingt es der Zustimmung des Auftraggebers.

Tabelle 3: Maximalabmessungen und Gewichte für Drehstrom-Trocken-Transformatoren,  $U_m \leq 24 \text{ kV}$

Bemessungsleistung in kVA	Max. Abmessungen in mm			Gesamtgewicht in kg (Grenzwert)
	Länge	Breite	Höhe	
100	1300	750	1400	1000
160	1300	750	1500	1100
250	1450	850	1700	1700
400	1500	850	1750	2300
630	1500	850	1750	2500
800	1500	850	2000	2600
1000	1800	1000	2000	3000
1250	1900	1000	2150	3600

## 5 Kennzeichnungen

### 5.1 Phasenkennzeichnung

Mit Sicht auf die Unterspannungsseite (US-Seite) verlaufen die Phasenkennzeichnungen der US von links nach rechts.

$$2N - 2U - 2V - 2W$$

Die Kennzeichnung „N“ markiert den ausgeführten Sternpunkt.

Mit Sicht auf die Oberspannungsseite (OS-Seite) verlaufen die Phasenkennzeichnungen der OS von links nach rechts.

$$1U - 1V - 1W$$

Alle Phasenkennzeichen müssen gut lesbar, eindeutig zugeordnet und unverlierbar auf dem Transformator angebracht sein. Sie können erhaben oder gestanzt sein. Aufkleber sind nicht zulässig.

### 5.2 Typenschild

Die Angaben auf dem Typenschild müssen in deutscher Sprache angegeben sein und der DIN EN 60076-1 entsprechen. Das Typenschild muss den Umweltbedingungen standhalten und UV-beständig sein. Das Beschriftungsverfahren muss den Temperaturen auf der Transformatoroberfläche standhalten. Das Typenschild muss versetzbar sein. Möglichkeiten zum Anbringen des Typenschildes müssen sowohl auf der Längs- als auch auf der Querseite vorhanden sein. Die Befestigungen dürfen die Oberfläche nicht beschädigen.

Nachfolgende Daten müssen auf dem Typenschild enthalten sein:

- Baujahr
- Bemessungsfrequenz
- Bemessungsleistung
- Bemessungsspannung
- Bemessungsstrom
- Betriebsart
- Dauerkurzschlussstrom
- Gesamtgewicht
- Herstellerwerk/Ort
- Kühlungsart
- Kurzschlussspannung
- Maximale Kurzschlussdauer
- Normangabe (Herstellung/Prüfung)
- Schalleistungspegel
- Schaltgruppe
- Schutzart
- Seriennummer
- Typenbezeichnung
- Wicklungsmaterialien OS/US

### 5.3 Gefahrenkennzeichnung

Am Transformator sind gut sichtbar, witterungsbeständig und unlösbar eine entsprechende Gefahrenkennzeichnung bezüglich der elektrischen Gefährdung anzubringen (Piktogramme: „**Achtung Hochspannung!**“ und „**Nicht berühren!**“). Falls vorhanden, gilt gleiches auch für das Schutzgehäuse.

## 6 Anschlüsse

### 6.1 Hochspannungsanschlüsse (OS)

Oberspannungsseitig sind drei Anschlüsse (Anschlussfahnen) zu realisieren. Die Oberspannungsanschlüsse müssen von oben und von unten anschließbar sein. Die Anschlussfahnen sowie die außenliegenden Wicklungsverbindungen sind in Vollmaterial (Kupfer) auszuführen.

## 6.2 Niederspannungsanschlüsse (US)

Niederspannungsseitig sind vier Transformatoranschlüsse inkl. Direkt-Kabel-Anschlussklemmen zu realisieren. Der Anschluss von Kupfer oder Aluminium-Kabel muss je Phase mit Kabelquerschnitten zwischen 35 bis 240 mm<sup>2</sup> RF<sup>2</sup> zulässig sein. Die Anzahl der Anschlussklemmen ist abhängig von der Bemessungsleistung des Transformators und wird festgelegt durch die Kabelanzahl des Niederspannungsanschlusses:

- $\leq 630$  kVA: 4-Leiter-Anschluss je Transformatorphase und -sternpunkt
- $\geq 800$  kVA: 6-Leiter-Anschluss je Transformatorphase und -sternpunkt

Die Ausführung der Kabelanschlüsse kann senkrecht oder waagrecht erfolgen.

Standardmäßig sind Direkt-Kabel-Anschlussklemmen Typ 2D-A, 35-240 mm<sup>2</sup> von der Fa. Pfisterer Kontaktssysteme GmbH oder gleichwertig zu verwenden.

Können diese Forderungen (konstruktiv bedingt) nicht eingehalten werden, bedarf dies der Zustimmung des Auftraggebers.

Die Transformatorprüfungen, beschrieben unter Abschnitt 8, sind inkl. montierter Direkt-Kabel-Anschlussklemmen durchzuführen.

---

<sup>2</sup> RF: Feindrähtige Leiter, rund



## 7 Transformatorzubehör

### 7.1 Einhausung/Schutzgehäuse

Falls vom Auftraggeber gefordert, ist der Transformator in einem Schutzgehäuse zu liefern.

Dieses muss mindestens dem Schutzgrad IP 33 entsprechen. Falls anders gefordert, ist dies bei der Bestellung anzugeben.

Das Gehäuse ist in Stahlblech zu fertigen und mit einer entsprechenden Korrosionsschutz-Lackierung zu versehen. Es muss sowohl für eine Boden-, als auch für eine Mastaufstellung geeignet sein. Das Schutzgehäuse muss Lüftungsbleche mit Fliegengittern aus A2-Geflecht besitzen.

Die Kabelzuführung erfolgt von oben. Das Schutzgehäuse ist in RAL 7033 auszuliefern. Die Trockenschichtdicke muss mindestens 100 µm betragen.

Standardmäßig sind Hochspannungsdurchführungen gemäß DIN EN 50180 auszuführen.

Die Niederspannungsdurchführungen sind als Keramikdurchführungen zu realisieren und müssen der DIN EN 50386 entsprechen.

Der Transformator muss zusammen mit dem Schutzgehäuse konstruktiv eine Einheit bilden.

Am Schutzgehäuse müssen Zurrösen (Ladungssicherung) aus Flachstahl von mindestens 10 mm Dicke und mit einer Öffnung von mindestens 30 mm angebracht sein. Eine Abspannung nach unten mit einem Winkel von 30° muss ohne Hilfskonstruktion möglich sein.

Das Schutzgehäuse ist mit zwei Hebeösen mit je einer Öffnung  $\geq 50$  mm auszustatten. Jede einzelne Hebeöse muss für das Trafogewicht und für das Gewicht des Schutzgehäuses dimensioniert sein. Die Anordnung der Hebeösen muss so erfolgen, dass beim Anheben des Gehäuses der Trafo inklusive Gehäuse in einer senkrechten Position verbleibt.

Das Schutzgehäuse muss zwei Erdungsbuchsen mit Gewinde M12 nach DIN EN 50216-4 Typ B1 besitzen. Diese sind am Gehäuse diagonal anzubringen. Jede Buchse muss mit einer Sechskantschraube M12 ausgestattet und eindeutig gekennzeichnet sein.

Das Schutzgehäuse muss so konstruiert werden, dass eine Trafoinspektion/Sichtprüfung des Transformators gegeben ist (über Revisionsöffnungen).

Die Mindestabstände des Transformators zum Schutzgehäuse in Luft sind einzuhalten (gemäß DIN EN 61936-1). Das Schutzgehäuse muss eine Störlichtbogensicherheit nach DIN EN 62271-202 aufweisen.

## 7.2 Temperaturüberwachung / Transformatorschutz

Die Erfassung der Niederspannungs-Wicklungstemperaturen ist mittels zwei Kaltleiterfühler pro Phase und einem PT100-Sensor in der mittleren Phase zu realisieren. Der Abgriff ist auf einer Klemmleiste aufzulegen.

# 8 Prüfungen

Falls keine abweichenden Regelungen vereinbart sind, müssen die Prüfungen nach den gültigen Normen durchgeführt werden.

## 8.1 Stückprüfungen

Die durchzuführenden Prüfverfahren sind in der DIN EN 60076-11 beschrieben.

## 8.2 Abnahmeprüfung

Auf Wunsch des Auftraggebers kann eine Abnahmeprozedur, wie nachfolgend beschrieben, gefordert werden.

Die Losgröße der zu prüfenden Transformatoren können 10 % der Liefercharge umfassen, jedoch mindestens einen.

Die durchzuführenden Prüfungen sind:

- Stückprüfungen gemäß DIN EN 60076-11
- Geräuschmessung gemäß DIN EN 60076-10  
Nachweis der Schalleistung in dB (A). Die Messung der Schalleistung hat an sechs gleichmäßig um den Transformator verteilten Punkten zu erfolgen. Der Abstand zur Fläche beträgt 0,3 m. Das gewählte Messverfahren ist auf dem Prüfprotokoll zu benennen. Der bewertete Schalleistungspegel ist gemäß der Verlusttabelle (Tabelle 1) nachzuweisen.
- Blitzstoßspannungsprüfung gemäß DIN EN 60076-4
- Teilentladungsmessung gemäß DIN EN 60076-3

### 8.3 Typprüfungen

Vor erstmaliger Lieferung eines neuen Transformatorentyps oder bei konstruktiven Änderungen, die Auswirkungen auf Kurzschlussfestigkeit, Erwärmung, Teilentladung, oder Stoßspannungsfestigkeit habe, sind Typprüfungen nach Verlangen des Auftraggebers durchzuführen. Die Typprüfungen sind nach den zum Zeitpunkt der Beauftragung geltenden Normen und anerkannten Regeln der Technik durchzuführen.

## 9 Verpackung und Transport

Die Verpackung der Produkte hat so zu erfolgen, dass Schäden beim Transport vermieden, jedoch sind Verpackungen aus Kunststoff zu vermeiden. Gleiches gilt für den Transport selbst. Eine Transportanweisung ist nach Herstellerangaben mitzuliefern und einzuhalten.

Der Hersteller/Lieferant gewährleistet eine kostenlose Rücknahme der Verpackungs- und Befestigungsmaterialien sowie den Einsatz von einem Umlaufverbund angeschlossenen Transportmittel (z. B. Euro-Flachpaletten).

**Die Transformatoren müssen gemäß Bestellung komplett ausgerüstet und montiert angeliefert werden (Montage der Fahrrollen werksseitig). Der Transport erfolgt auf Kanthölzern, die quer zum Rollenträger montiert sind.** Die Kanthölzer sind mit rostfreiem Befestigungsmaterial am Rollenträger zu montieren.

Bei der Durchführung von Transporten ist eine ordnungsgemäße Sicherung der Ladung zu gewährleisten.

## 10 Zulassung/Qualitätssystem

Die Zulassung zur Produktlieferung, die dieser Spezifikation zu Grunde liegt, kann eine Präqualifikation des Werkes bedingen. Der Ablauf und Inhalte der Präqualifikation ist dem Auftraggeber vorbehalten. Die Durchführung des Prozesses geht zu Lasten des Auftragnehmers.

Der Auftraggeber ist jederzeit berechtigt nach der Bestellung eine Abnahmeprüfung im Werk durchzuführen.

Jede Produktänderung kann eine Prüfung und ggf. Nachverhandlung nach sich ziehen. Unterlieferanten können ebenfalls bei Bedarf auditiert werden.

Alle Änderungen an abgestimmten gelieferten Designs und Anbauteilen müssen dem Auftraggeber sofort angezeigt werden und dürfen nur nach Freigabe und ggf. Prüfung umgesetzt werden.

Falls möglich, ist dem Auftraggeber vorbehalten das Herstellungswerk frei zu wählen. Bei der Abgabe des Angebots ist das Produktionswerk des Herstellers anzugeben.

Der Hersteller hat ein durchgängiges Qualitätskontrollsystem entsprechend ISO 9001 nachzuweisen. Dieses gewährleistet eine kontinuierliche Sicherung der durch den Anwender/Auftraggeber geforderten und durch den Hersteller zugesicherten gleichbleibenden Produkteigenschaften.

Weiter ist ein Umwelt-Management-System gemäß ISO 14001 für die Produkte einzuhalten. Ein Gesundheits- und Arbeitssicherheitssystem für die Produktseite gemäß OHSAS 18001 wird ebenfalls gefordert.

Die Zertifizierungen sind für jedes Werk zu erreichen.

Bei Angebotsabgabe ist vom Hersteller, die Einhaltung aller Anforderungen aus dieser Spezifikation zu bestätigen. Können Anforderungen nicht eingehalten werden ist zur Angebotsabgabe eine Abweichungsliste zu erstellen und mit dem Auftraggeber abzustimmen.

## 11 Zertifikate und allgemeine Dokumente

Auf Anforderung des Auftraggebers sind vom Hersteller die Dokumente (in digitaler Form) für die unter Punkt 8 beschriebenen Prüfungen vorzulegen.

Ferner sind dem Auftraggeber alle geforderten produktspezifischen Dokumentationen, Nachweise und Prüfprotokolle in digitaler Form zu übergeben.

Bei Gewährleistungsmängeln sind Schadensprotokolle mit Fotos in digitaler Form an den Auftraggeber zu übergeben.

Alle Unterlagen, Dokumente und Beschreibungen sowie Hinweis-, Typen-, Warnschilder usw. sind in deutscher Sprache auszuführen.

Für jeden Transformator ist ein entsprechendes Prüfprotokoll in Anlehnung an die DIN EN 60076-1 zu erstellen. Zusätzlich sind nachfolgende Angaben zu ergänzen:

- Aluminium- bzw. Kupfergewicht
- Maßbildnummer bzw. Maßbild mit Stückliste
- Garantierte bzw. gemessene Schalleistung

Mit der Auftragsbestätigung sind verbindliche Zeichnungen je Bauserie (Ausführungstyp) für Außen- und Deckelmaße vorzulegen.

**An jedem Transformator sind unverlierbar und wetterfest eine Montage- und Bedienungsanleitung sowie das Prüfprotokoll in deutscher Sprache anzubringen.**