

Technische Richtlinie

Technische Spezifikation Drehstrom-Öl- Verteilnetztransformatoren

Herausgeber:
Stadtwerke Bayreuth
Energie und Wasser GmbH
Birkenstr. 2
95447 Bayreuth

Stand: Februar 2019

Technische Spezifikationen Drehstrom-Öl-Verteilnetz- Transformatoren

Inhaltsverzeichnis

1	GRUNDSÄTZE	2
2	ALLGEMEINE ANFORDERUNGEN	2
3	MECHANISCHE EIGENSCHAFTEN DER TRANSFORMATOREN.....	2
3.1	Kühlung.....	2
3.2	Aufbau des Aktiveils	2
3.3	Wicklung	3
3.4	Kessel	3
3.5	Fahrrollen und Fahrgestell.....	4
3.6	Beschichtung	4
3.7	Abmessungen.....	5
4	ELEKTRISCHE EIGENSCHAFTEN DER TRANSFORMATOREN.....	5
4.1	Kurzschlussfestigkeit und thermische Belastung	5
4.2	Bemessungsfrequenz.....	5
4.3	Bemessungsspannung	5
4.4	Bemessungsleistung	5
4.5	Schaltgruppe.....	5
4.6	Wicklungen / Anzapfungen.....	6
4.6.1	<i>Allgemein</i>	<i>6</i>
4.6.2	<i>Anzapfung OS</i>	<i>6</i>
4.6.3	<i>Anzapfung US.....</i>	<i>6</i>
4.7	Kurzschlussspannung	6
4.8	Verluste.....	6
4.9	Isolieröle	7
5	AUSFÜHRUNG DER ANSCHLÜSSE	7
5.1	Oberspannungsdurchführungen	7
5.2	Unterspannungsdurchführungen	7
6	VORZUNEHMENDE KENNZEICHNUNG	7
6.1	Typenschild.....	7
6.2	Kennzeichnung der Phasen	8
7	ZUBEHÖR	8
8	PRÜFUNGEN	8
8.1	Stückprüfung.....	9
8.2	Abnahmeprüfung	9
8.3	Typprüfung.....	9
9	VERPACKUNG/VERSAND UND TRANSPORT DER TRANSFORMATOREN	9
10	QUALITÄTSSICHERUNG UND TECHNISCHE DOKUMENTATION.....	9

Technische Spezifikationen Drehstrom-Öl-Verteilnetz-Transformatoren

1 Grundsätze

Die vorliegende technische Spezifikation für Drehstrom-Öl-Verteilnetztransformatoren definiert den eingesetzten Standard für das Netzgebiet der Stadtwerke Bayreuth. Abweichende Fabrikate zu dieser Richtlinie sind nicht zugelassen.

Die Bauweise hat jeweils nach DIN EN 50464-1 und DIN EN 60076 zu erfolgen (immer aktuelle Fassung). Zudem gelten die anerkannten Regeln der Technik. Darüber hinaus zu beachtendes Regelwerk ist nachfolgend dargelegt.

2 Allgemeine Anforderungen

Grundsätzlich sind alle nationalen und europaweit geltenden Normen, Bestimmungen, Vorschriften, Verordnungen und Gesetze einzuhalten. Das bedeutet, auch wenn innerhalb dieser technischen Spezifikation keine explizite Nennung zu einzelnen Punkten erfolgt, so ist trotzdem die Rechtslage zwingend einzuhalten. Weiterhin sind die technischen Spezifikationen der Bayernwerk Netz GmbH (vorgelagerter Netzbetreiber), welche sich mit den hier niedergeschriebenen Hinweisen in großen Teilen decken, einzuhalten.

Als Geschäfts- und Verkehrssprache findet ausschließlich Deutsch Anwendung.

Es gilt deutsches Recht. Gerichtsstand ist Bayreuth.

Es dürfen nur Materialien, welche zugelassen sind (aufgrund der vorliegenden Spezifikation und geltenden Rechtes), verwendet werden. Möchte ein Anbieter abweichend zum technischen Standard der Stadtwerke Bayreuth andere Materialien einsetzen, die er als gleichwertig erachtet, bedarf dies einer Zulassungsanfrage bei den Stadtwerken Bayreuth. Erst sobald eine offizielle Freigabe nach einhergehender Prüfung erfolgt, darf anderweitiges Material eingesetzt werden. Alle verwendeten Materialien müssen PCB-frei sein, bzw. der Anteil an PCB muss unter der Nachweisgrenze liegen.

Die Transformatoren sind sowohl für Innen-, als auch für Außenaufstellung geeignet.

3 Mechanische Eigenschaften der Transformatoren

3.1 Kühlung

Es ist eine natürliche Kühlung (ONAN) vorzusehen. Weitere einzuhaltende Spezifika sind:

- Umgebungstemperatur -25 °C – 40 °C
- Geeignete Aufstellhöhe bis 1000 m N.N.

3.2 Aufbau des Aktivteils

Der Kern ist als Aktivteil definiert. Grundsätzlich hat der Aufbau immer im Step-lap-Verfahren zu erfolgen. Über die gesamte Kernbreite muss eine konstante Presskraft garantiert sein, damit die Joche fest auf den Schenkeln sitzen können. Dafür muss die korrekte Verspannung am oberen und unteren Joch (gezogene U-Profilträger) durchgeführt werden, so zu verspannen, dass über die komplette Breite eine konstante Presskraft sichergestellt wird.

Technische Spezifikationen Drehstrom-Öl-Verteilnetz- Transformatoren

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. Nutzung von Spannband ist untersagt.

Die Spulen müssen zum Kern hin gestützt und verkeilt werden, wobei fester Sitz zu garantieren ist.

In Längs- als auch in Querrichtung ist ein fester Sitz zu garantieren. Das bedarf einer dementsprechenden Befestigung des Aktivteils am Deckel. In alle Richtungen muss gegenüber dem Kessel eine Abstützung vorzusehen, damit korrekter/mittiger Sitz des Aktivteils erzielt werden kann.

Unbehindertes Ein- u. Ausheben des Kerns muss möglich sein. Um erhöhten Feldkonzentrationen zu entgegnen, sind scharfkantige Teile im Kesselinneren unzulässig.

Der Transformator muss beim Transport für einen maximalen Neigungswinkel von 45° ausgelegt sein (in Längs- und Querrichtung).

3.3 Wicklung

Standardmäßig ist für OS- als auch für US-Wicklung Aluminium (Draht mit Lack umhüllt) das zu verwendende Material. Bei Sonderfällen und auf explizite Anfrage der Stadtwerke Bayreuth sind alternativ Kupfer bzw. eine Mischform Cu/Al oder umgekehrt ebenfalls zugelassen. In jedem Fall sind Hot-Spots in den Wicklungen zu vermeiden. Auf ausreichende Kühlung ist zu achten.

Verwendete Isoliermaterialien müssen nach DIN EN 60641-2 bzw. DIN EN 60544-2 geprüft sein.

3.4 Kessel

Zum Kessel zählt per Definition neben dem Kessel selbst auch der Kesseldeckel. Dieser Kesseldeckel ist mit dem Kessel zu verschweißen. Grundsätzlich gilt es Die genannten Anforderungen aus DIN EN 50464-4 gilt es vollumfänglich zu erfüllen. Zusatz- und Anbauteile müssen korrosionsbeständig sein.

Zur Versteifung der Kühlrippen sind an allen vier Seiten des Kessels oben und unten Versteifungseisen vorzusehen.

Die Wellwände müssen aus Stahlblech > 1,0 mm Dicke bestehen. Blechqualität soll den Eigenschaften DC03 gemäß DIN EN 10130 genügen. Dies ist als Mindestanforderung zu sehen, höherwertig jederzeit möglich.

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.

Der Kessel muss so beschaffen sein, dass der Transformator, ohne dabei beschädigt zu werden, in Längs- und Querrichtung bewegt werden kann.

Die Seriennummer muss auf dem Kesseldeckel mittels Einstanzung gut lesbar aufgebracht werden.

An allen vier Ecken des Kesseldeckels müssen für den Transport Zurrösen aus Flachstahl von mindestens 5 mm Dicke und mit einer Öffnung von mindestens 30 mm angebracht sein. Eine Abspannung nach unten muss ohne Hilfskonstruktion möglich sein.

Auf dem Kesseldeckel sind zwei Hebeösen mit einer Öffnung ≥ 50 mm anzuschweißen, welche jeweils das gesamte Trafogewicht fassen können. Der Einsatz von Ladevorrichtungen ohne Traverse mit einem Anschlagwinkel von 60° muss gewährleistet sein. Es ist zu garantieren das bei Anheben des Trafos, als

Technische Spezifikationen Drehstrom-Öl-Verteilnetz- Transformatoren

auch bei Kesselaushebung das Aktivteil möglichst senkrecht in Position zu bleiben hat. Demnach ist eine entsprechende Platzierung der Hebeösen vorzunehmen.

Die Transformatoren verfügen über eine Ölablassschraube. Platzierung erfolgt im unteren Kesselbereich auf der schmalen Seite. Eine Kennzeichnung ist vorzunehmen. Entsprechend der Leistungsgröße gelten zudem folgende Festlegungen:

- Nennleistung ≤ 1000 kVA \rightarrow Ölablassschraube gemäß DIN EN 50216-4 in DN 22
- Nennleistung > 1000 kVA \rightarrow Ölablassschraube gemäß DIN EN 50216-4 in DN 31

Der Einfüllstutzen (R 1½“) ist auf der Niederspannungsseite mit dem Deckel zu verschweißen. Stützhöhe gemäß dem Maß der höchsten Durchführung. Der Abstand zu den Niederspannungsdurchführungen muss 90 mm betragen. Es ist ein Hinweisschild zur Beachtung anzubringen.

Die Transformatoren müssen drei Erdungsbuchsen mit Gewinde M12 nach DIN EN 50216-4 Typ B1 besitzen. Hinsichtlich der Platzierung gilt folgendes:

- Eine Buchse neben Sternpunktanschluss „N“.
- Zwei Erdungsanschlüsse im unteren Kesselbereich längsseitig (Ausrüstung mit Sechskant-schraube M12, inkl. grün-gelber Kennzeichnung)

3.5 Fahrrollen und Fahrgestell

Als Fahrgestell sind unterhalb des Kessels zwei U-Profilträger angeschweißt. Ausreichende Bodenfreiheit des jeweiligen Transformators muss beachtet werden (mind. 55 mm). An den äußeren Enden des U-Profilträgers ist seitlich jeweils eine Metallplatte anzubringen, damit etwaiges Kippen gesichert vermieden werden kann. Die Auslegung wird so vorgenommen, dass ein Transport standardmäßig mit einem Gabelstapel erfolgen kann. Es ist darauf zu achten, dass die Ansatzpunkte für den Gabelstapler mit Gabelstaplerpiktogramm am Kessel gekennzeichnet werden.

Der geforderte Mitten- und Rollenabstand variieren entsprechend der Leistungsgröße der Transformatoren. Es gelten folgende Vorgaben:

Leistung [kVA]	Mitten- und Rollenabstand [mm]
≤ 250	520
400 - 1250	670

Konstruktion der Fahrrollen so, dass sowohl Längs- als auch Querfahrt möglich ist. Als Rollenmaterial ist verzinkter Stahl einzusetzen.

3.6 Beschichtung

Es gelten die Anforderungen aus DIN EN ISO 12944.

Alle Beschichtungen müssen frei von Schwermetallen und Halogenen sein. Die Deckbeschichtung hat den Farbton RAL 7033. Als Anstrich ist C4 ZS-A1 mit Schichtdicke 160 – 180 μ m zu verwenden.

Für Feuerverzinkungen gilt die Ausführung gemäß DIN EN ISO 1461.

Technische Spezifikationen Drehstrom-Öl-Verteilnetz- Transformatoren

3.7 Abmessungen

Maximalabmessungen und Gewichte aller Leistungsklassen sind nachfolgend tabellarisch aufgeführt. Zulässig ist dabei eine Toleranz von +10 %.

Nennleistung [kVA]	Maximale Abmessungen [mm]			Gesamtgewicht [t]
	Länge	Breite	Höhe	
100	1100	700	1500	1
160	1100	700	1500	1
250	1200	800	1600	1,5
400	1300	900	1700	1,8
630	1500	900	1800	2,5
800	1900	1200	2000	3,6
1000	1900	1200	2000	3,6
1250	1800	1100	2000	3,7

4 Elektrische Eigenschaften der Transformatoren

4.1 Kurzschlussfestigkeit und thermische Belastung

Die Transformatoren sind sowohl für Dauerbelastung als auch für eine kurzzeitige Überlastung bei natürlicher Kühlung ausgelegt.

Die thermischen und dynamischen Kurzschlusseinflüssen gemäß DIN EN 60076-5 müssen von sämtlichen Transformatoren verkraftet werden können. Es gilt explizit:

- Höchstzulässige Temperatur des Isolationssystems (Klasse A): 105 °C
- Höchstzulässige Temperatur der Al-Wicklung: 200 °C
- Dauer des symmetrischen Kurzschlussstroms: 2 s

4.2 Bemessungsfrequenz

Die Bemessungsfrequenz beträgt 50 Hz.

4.3 Bemessungsspannung

Per Definition sind alle Transformatoren für eine Bemessungsspannung von 24 kV ausgelegt.

4.4 Bemessungsleistung

Das Leistungsspektrum reicht von 100 kVA bis 1250 kVA. Die einzelnen Leistungsgrößen lassen sich dabei aus der Tabelle von Abschnitt 0 entnehmen.

4.5 Schaltgruppe

Standardmäßig erfolgt die Ausführung in Schaltgruppe Dyn 5. Der Sternpunktleiter ist für die Phasenspannung und den Bemessungsstrom auszulegen. Phasen- und Sternpunktanschluss besitzen den gleichen Querschnitt.

Technische Spezifikationen Drehstrom-Öl-Verteilnetz- Transformatoren

4.6 Wicklungen / Anzapfungen

4.6.1 Allgemein

Die nachfolgend beschriebenen Transformatoren verfügen über je eine Ober- und Unterspannungswicklung.

4.6.2 Anzapfung OS

Die Oberspannungswicklung ist standardmäßig umschaltbar ausgeführt. Folgende Anzapfungsbereiche sind entsprechend der jeweiligen konkreten Anfrage zulässig:

- 21 kV $\pm 2 \times 2,5$ %
- 21 kV ± 4 %

Der Umsteller lässt sich nur spannungslos betätigen. Die Stufen am Umsteller sind eindeutig zu kennzeichnen (Typschild und am Umsteller selbst). Folgende Eigenschaften hat der Umsteller außerdem aufzuweisen:

- Oxidation/Korrosion dürfen Bedienung nicht einschränken
- Materialstandfestigkeit gegenüber Öltemperatur
- UV-Beständigkeit
- Korrosionsschutztheit

Die Bedienung des Umstellers erfolgt ohne Werkzeug, Einrasten in die jeweilige Stufe automatisch.

4.6.3 Anzapfung US

Die Unterspannungsseite ist im Standard ohne Umsteller ausgeführt.

4.7 Kurzschlussspannung

Für die relative Kurzschlussspannung u_k sind bei einer Bezugstemperatur von 75 °C folgende Werte ohne Toleranz einzuhalten:

- Bemessungsleistung ≤ 630 kVA: $u_k = 4$ %
- Bemessungsleistung > 630 kVA: $u_k = 6$ %

4.8 Verluste

Hinsichtlich der einzuhaltenden Verluste gilt die folgende tabellarische Aufstellung. Es gilt Ökodesign-Richtlinie der EU (in Ausführung A0Ak) für die Verlustleistungen. Ab 07/2021 gelten die Werte der nachfolgenden Tabelle für P_0 um jeweils 10 % reduziert. Für den Schalleistungspegel erfolgt die Berücksichtigung von DIN VDE 0532-221.

Technische Spezifikationen Drehstrom-Öl-Verteilnetz-Transformatoren

Bemessungsleistung [kVA]	Leerlaufverluste P_0 [W]	Kurzschlussverluste P_K [W]	Schallleistungspegel L_{WA} [dB(A)]
100	145	1250	41
160	210	1750	44
250	300	2350	47
400	430	3250	50
630	600	4600	50
800	650	6000	50
1000	770	7600	50
1250	950	9500	56

4.9 Isolieröle

Einzusetzen sind ungebrauchte Isolieröle der Klasse I nach IEC 60296, welche für eine Umgebungstemperatur bis -25 °C geeignet sind. Auf dem Typenschild des Trafos sind Hersteller, verwendete Ölsorte und Ölgewicht anzugeben.

Zwingend erforderlich ist von Lieferantenseite der Nachweis auf PCB-Freiheit (bzw. $< 1\text{ ppm}$). Es dürfen zudem keine synthetischen Zusätze beigemischt sein.

5 Ausführung der Anschlüsse

5.1 Oberspannungsdurchführungen

Im Standard sind zugelassen und zu beachten:

- Material Euomold K-180-AR-3 (24 kV, 250 A, Außenkonus, nach DIN EN 50180)
- Mittenabstände zwischen den Durchführungen 265 mm
- Je OS-Durchführung 1 Stehbolzen gem. DIN EN 50216-4, Typ B1 aufgeschweißt
- Kabelschirmaufnahme via Gewinde M10 (versehen mit Symbol)

5.2 Unterspannungsdurchführungen

Im Standard sind zugelassen und zu beachten:

- Porzellandurchführungen nach DIN EN 50386
- Mittenabstände zwischen den Durchführungen 150 mm

6 Vorzunehmende Kennzeichnung

6.1 Typenschild

Das Typenschild ist in Deutsch auszuführen. Es hat DIN EN 60076-1 zu entsprechen und muss Umwelteinflüssen ausreichend standhalten (z.B. UV-Strahlung, Regen, Temperaturbeständigkeit). Zwingend erforderlich sind folgende Daten auf dem Typenschild:

- Baujahr
- Bemessungsfrequenz
- Bemessungsleistung
- Bemessungsspannung
- Bemessungsstrom

Technische Spezifikationen Drehstrom-Öl-Verteilnetz-Transformatoren

- Betriebsart
- Dauerkurzschlussstrom
- Gesamtgewicht
- Herstellungsort
- Kühlungsart
- Kurzschlussspannung
- Maximale Kurzschlussdauer
- Normangabe (Herstellung/Prüfung)
- Ölgewicht, -sorte und Hertseller
- PCB-Freiheit gemäß DIN EN 12766
- Schalleistungspegel
- Schaltgruppe
- Schutzart
- Seriennummer
- Typenbezeichnung
- Umstellerangaben
- Wassergefährdungsklasse
- Wicklungsmaterialien OS/US

6.2 Kennzeichnung der Phasen

Die Phasenkennzeichnungen der US-Seite erfolgt von links nach rechts, wie folgt:

- 2W – 2V – 2U – 2N

Die OS-Seite wird von der Niederspannungsseite aus gesehen von rechts nach links bezeichnet:

- 1W – 1V – 1U

Alle Phasenkennzeichen müssen gut lesbar eingestanzt werden.

7 Zubehör

Es sind zwei Thermometertaschen gem. DIN EN 50216-4 in diagonaler Anordnung als Ausrüstung vorzusehen. Ein problemloses Ablesen des Thermometers muss gewährleistet sein. Nicht genutzte Thermometertaschen müssen mit korrosionsbeständigem Material verschlossen und zudem komplett mit Öl befüllt werden.

Zugelassen ist ein Zeigerthermometer von + 12 °C bis + 120 °C mit rückstellbarem Schleppzeiger (Eignung für Freiluftnutzung). Zudem sind zwei einstellbare Kontakte vorzusehen, welche von Werksseite auf 75 °C und 95 °C einzustellen sind.

Bei Anwendung von Thermometertaschen ist ein Abstand von mindestens 90 mm zu den Durchführungen einzuhalten.

8 Prüfungen

Es wird zwischen Stück-, Abnahme- und Typprüfung unterschieden. Auf Anforderung der Stadtwerke Bayreuth sind vom Hersteller die zugehörigen Dokumente (in digitaler und schriftlicher Form) für die nachfolgend beschriebenen Prüfungen entsprechend der Durchführung vorzulegen.

Technische Spezifikationen Drehstrom-Öl-Verteilnetz- Transformatoren

8.1 Stückprüfung

Die Stückprüfung hat nach DIN EN 60076-1 zu erfolgen.

8.2 Abnahmeprüfung

Eine Abnahmeprüfung ist nur auf Verlangen der Stadtwerke Bayreuth vorzunehmen. Der Umfang der zu prüfenden Transformatoren hängt vom Lieferumfang ab und beträgt im Minimum eine Einheit.

Die durchzuführenden Prüfungen sind:

- Stückprüfungen gemäß DIN EN 60076-1
- Blitzstoßspannungsprüfung gemäß DIN EN 60076-4
- Geräuschemessung gemäß DIN EN 60076-10
- Nachweis der Schalleistung gem. Anforderung aus Abschnitt 4.8 in dB (A), Messung an sechs gleichmäßig um den Transformator verteilten Punkten im Abstand von 0,3 m
- Farbschichtdickenmessung
- Begutachtung des Aktivteils vor Endmontage
- Teilentladungsmessung gemäß DIN EN 60076-3

8.3 Typprüfung

Auf Wunsch der Stadtwerke Bayreuth sind Typprüfungen durchzuführen. Diese können ausschließlich auf folgenden Gründen beruhen:

- erstmaliger Lieferung eines neuen Transformorentyps
- relevante konstruktive Änderungen mit Auswirkungen auf mechanische, thermische oder elektrische Eigenschaften

Die Typprüfungen sind nach den zum Zeitpunkt der Beauftragung geltenden Regeln der Technik durchzuführen.

9 Verpackung/Versand und Transport der Transformatoren

Kunststoffverpackungen sind nicht zugelassen. Durchweg gilt, dass qualitativ so zu verpacken ist, dass keine Transportschäden auftreten können. Eine Transportanweisung ist nach Herstellerangaben an den verrichtenden Dienstleister mitzuliefern und von diesem einzuhalten.

Bei der Durchführung von Transporten ist eine ordnungsgemäße Sicherung der Ladung zu gewährleisten. Eine kostenlose Rücknahme der Verpackungs- und Befestigungsmaterialien und Transportmittel wird durch den Hersteller/Lieferant gewährleistet.

Die Transformatoren müssen gemäß Bestellung komplett ausgerüstet und montiert angeliefert werden.

10 Qualitätssicherung und technische Dokumentation

Alle Änderungen an abgestimmten gelieferten Designs müssen den Stadtwerken Bayreuth sofort angezeigt werden. Erst nach Freigabe dürfen sie im Netzgebiet eingesetzt werden.

Von Seiten des Herstellers ist ein ressourcensparender Umgang mit der Umwelt anzustreben. Bestenfalls kann der Hersteller ein Umwelt-Management-System gemäß ISO 14001 für die Produkte vorweisen.

Technische Spezifikationen Drehstrom-Öl-Verteilnetz- Transformatoren

Alle geforderten produktspezifischen Dokumentationen, Nachweise und Prüfprotokolle sind den Stadtwerken Bayreuth auf Verlagen in digitaler und/oder schriftlicher Form zu übergeben. Die gesamte Dokumentation muss dabei in deutscher Sprache ausgeführt sein. Zur standardmäßig geforderten Dokumentation zählen insbesondere:

- Prüfprotokoll
- Maßbild
- Bedienungsanleitung

Sollten Gewährleistungsmängel auftreten, müssen Schadensprotokolle inkl. Fotos digital an die Stadtwerke Bayreuth übergeben werden.