



Rat der
Europäischen Union

057056/EU XXVI. GP
Eingelangt am 08/03/19

Brüssel, den 8. März 2019
(OR. en)

7292/19
ADD 1

ENER 156
ENV 267

ÜBERMITTLUNGSVERMERK

Absender:	Europäische Kommission
Eingangsdatum:	6. März 2019
Empfänger:	Generalsekretariat des Rates
Nr. Komm.dok.:	D060353/02 - ANNEX
Betr.:	ANHANG der Verordnung (EU) .../... der Kommission vom XXX zur Änderung der 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-, Mittelleistungs- und Großleistungstransformatoren

Die Delegationen erhalten in der Anlage das Dokument D060353/02 - ANNEX.

Anl.: D060353/02 - ANNEX



Brüssel, den XXX
D060353/02
[...] (2019) XXX draft

ANNEX

ANHANG

der

Verordnung (EU) .../... der Kommission vom XXX

**zur Änderung der 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-, Mittelleistungs- und Großleistungstransformatoren**

ANHANG

Die Anhänge der Verordnung (EU) Nr. 548/2014 werden wie folgt geändert:

1. Anhang I wird wie folgt geändert:

a) Nummer 1 wird wie folgt geändert:

i) Die Überschrift der Tabelle I.1 erhält folgende Fassung:

„Höchste Kurzschluss- und Leerlaufverluste (in W) für dreiphasige **flüssigkeitsgefüllte** Mittelleistungstransformatoren mit einer Wicklung mit $U_m \leq 24$ kV und einer mit $U_m \leq 3,6$ kV“

ii) Die Überschrift der Tabelle I.2 erhält folgende Fassung:

„Höchste Kurzschluss- und Leerlaufverluste (in W) für dreiphasige Mittelleistungs-**Trockentransformatoren** mit einer Wicklung mit $U_m \leq 24$ kV und einer mit $U_m \leq 3,6$ kV“

iii) Nach dem ersten Absatz werden folgende Absätze angefügt:

„Mit Beginn der Anwendung der Anforderungen der Stufe 2 (1. Juli 2021) gilt bei vollständigem Austausch eines vorhandenen Mittelleistungstransformators, dessen Installation unverhältnismäßig hohe Kosten verursacht, dass der Ersatztransformator hinsichtlich der Nennleistung ausnahmsweise nur die in Stufe 1 geltenden Anforderungen erfüllen muss.

In diesem Zusammenhang gelten Installationskosten als unverhältnismäßig, wenn die Kosten für den Austausch des gesamten Umspannwerks mit dem Transformator und/oder den Ankauf oder die Anmietung zusätzlicher Bodenfläche höher sind als der Kapitalwert der zusätzlich über die normalerweise erwartete Lebensdauer vermiedenen Stromverluste (ausgenommen Zölle, Steuern und Abgaben) eines Ersatztransformators, der die Anforderungen der Stufe 2 erfüllt. Dieser Kapitalwert wird anhand kapitalisierter Verlustwerte mithilfe allgemein akzeptierter sozialer Abzinsungssätze berechnet.¹

In diesem Fall nimmt der Hersteller, Importeur oder bevollmächtigte Vertreter folgende Informationen in die technischen Unterlagen des Ersatztransformators auf:

- Anschrift und Kontaktdaten des Bestellers des Ersatztransformators;
- die Transformatorstation, in der der Ersatztransformator installiert werden soll. Diese Angaben sind entweder anhand eines spezifischen Standorts oder eines spezifischen Installationstyps (z. B. Station oder Häuschen) eindeutig bestimmbar;
- die technische und/oder wirtschaftliche Begründung der unverhältnismäßig hohen Kosten, die dafür anfallen, dass ein Transformator, der nur Stufe 1 und nicht Stufe 2 entspricht, installiert wird. Wenn die Bestellung der Transformatoren im Rahmen eines Vergabeverfahrens erfolgt, sind alle erforderlichen Angaben über die Auswertung der Gebote und die Vergabeentscheidung bereitzustellen.

In den genannten Fällen unterrichtet der Hersteller, Importeur oder bevollmächtigte Vertreter die zuständigen nationalen Marktüberwachungsbehörden.“

iv) Tabelle I.3 wird durch die Tabellen I.3a und I.3b ersetzt und erhält folgende Fassung:

¹ Im Instrumentarium der Europäischen Kommission für eine bessere Rechtsetzung wird die Verwendung eines Werts von 4 % für den sozialen Abzinsungssatz empfohlen:

https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/file_import/better-regulation-toolbox-61_en_0.pdf.

„Tabelle I.3a: Korrekturfaktoren zur Anwendung auf die in den Tabellen I.1, I.2 und I.6 angegebenen Kurzschluss- und Leerlaufverluste für Mittelleistungstransformatoren mit bestimmten Kombinationen von Wicklungsspannungen (für eine Nennleistung ≤ 3150 kVA)

Bestimmte Kombination von Spannungen in einer Wicklung		Kurzschlussverluste (P_k)	Leerlaufverluste (P_o)
Für flüssigkeitsgefüllte Transformatoren (Tabelle I.1) und Trockentransformatoren (Tabelle I.2)		Keine Korrektur	Keine Korrektur
Höchste Primärspannung für Betriebsmittel $U_m \leq 24$ kV	Höchste Sekundärspannung für Betriebsmittel $U_m > 3,6$ kV		
Für flüssigkeitsgefüllte Transformatoren (Tabelle I.1)		10 %	15 %
Höchste Primärspannung für Betriebsmittel $U_m = 36$ kV	Höchste Sekundärspannung für Betriebsmittel $U_m \leq 3,6$ kV		
Höchste Primärspannung für Betriebsmittel $U_m = 36$ kV	Höchste Sekundärspannung für Betriebsmittel $U_m > 3,6$ kV	10 %	15 %
Für Trockentransformatoren (Tabelle I.2)		10 %	15 %
Höchste Primärspannung für Betriebsmittel $U_m = 36$ kV	Höchste Sekundärspannung für Betriebsmittel $U_m \leq 3,6$ kV		
Höchste Primärspannung für Betriebsmittel $U_m = 36$ kV	Höchste Sekundärspannung für Betriebsmittel $U_m > 3,6$ kV	15 %	20 %

Tabelle I.3b: Korrekturfaktoren zur Anwendung auf die in den Tabellen I.1, I.2 und I.6 angegebenen Kurzschluss- und Leerlaufverluste für Mittelleistungstransformatoren mit Doppelspannung in einer oder beiden Wicklungen mit einer Differenz von mehr als 10 % und einer Nennleistung ≤ 3150 kVA

Art der Doppelspannung	Referenzspannung für die Anwendung von Korrekturfaktoren	Kurzschlussverluste (P_k)(*)	Leerlaufverluste (P_o)(*)

<p>Doppelspannung an einer Wicklung mit geringerer Leistung an der niedrigeren Niederspannungswicklung UND</p> <p>höchste verfügbare Leistung bei der niedrigeren Spannung der Niederspannungswicklung begrenzt auf 0,85-mal die Nennleistung, die der Niederspannungswicklung bei ihrer höheren Spannung zugewiesen ist</p>	<p>Verluste werden auf der Grundlage der höheren Spannung der Niederspannungswicklung berechnet</p>	<p>Keine Korrektur</p>	<p>Keine Korrektur</p>
<p>Doppelspannung an einer Wicklung mit geringerer Ausgangsleistung an der niedrigeren Hochspannungswicklung UND</p> <p>höchste verfügbare Leistung bei der niedrigeren Spannung der Hochspannungswicklung begrenzt auf 0,85-mal die Nennleistung, die der Hochspannungswicklung bei ihrer höheren Spannung zugewiesen ist</p>	<p>Verluste werden auf der Grundlage der höheren Spannung der Hochspannungswicklung berechnet</p>	<p>Keine Korrektur</p>	<p>Keine Korrektur</p>
<p>Doppelspannung an einer Wicklung UND</p> <p>volle Nennleistung an beiden Wicklungen, d. h. die volle Nennleistung ist unabhängig von der Kombination von Spannungen verfügbar</p>	<p>Verluste werden auf der Grundlage der höheren Spannung der Doppelspannungswicklung berechnet</p>	<p>10 %</p>	<p>15 %</p>

<p>Doppelspannung an beiden Wicklungen UND Nennleistung an allen Kombinationen von Wicklungen, d. h. bei beiden Spannungen einer Wicklung ist die volle Nennleistung in Kombination mit einer der Spannungen der anderen Wicklung verfügbar</p>	<p>Verluste werden auf der Grundlage der höheren Spannungen an beiden Doppelspannungswicklungen berechnet</p>	<p>20 %</p>	<p>20 %</p>
---	---	-------------	-------------

(*) Die Verluste werden auf der Grundlage der in der zweiten Spalte spezifizierten Wicklungsspannung berechnet und eventuell um den in den letzten beiden Spalten angegebenen Korrekturfaktor erhöht. Bei keiner Kombination von Wicklungsspannungen dürfen die Verluste die in den Tabellen I.1, I.2 und I.6 genannten Werte unter Anwendung der in dieser Tabelle angegebenen Korrekturfaktoren übersteigen.“

b) Nummer 1.4 Absatz 1 erhält folgende Fassung:

„1.4. Bei vollständigem Austausch vorhandener an Masten montierter Mittelleistungstransformatoren mit Nennleistungen zwischen 25 kVA und 400 kVA gelten statt der Höchstwerte für Kurzschluss- und Leerlaufverluste in den Tabellen I.1 und I.2 die in Tabelle I.6 angegebenen Werte. Höchstverluste für Nennleistungen in kVA, die nicht in Tabelle I.6 ausdrücklich aufgeführt sind, werden durch lineare Interpolation oder Extrapolation ermittelt. Die Korrekturfaktoren für bestimmte Kombinationen von Wicklungsspannungen in den Tabellen I.3a und I.3b sind ebenfalls anwendbar.

Bei vollständigem Austausch vorhandener an Masten montierter Mittelleistungstransformatoren nimmt der Hersteller, Importeur oder bevollmächtigte Vertreter folgende Informationen in die technischen Unterlagen des Transformators auf:

- Anschrift und Kontaktdaten des Bestellers des Ersatztransformators;
- die Transformatorstation, in der der Ersatztransformator installiert werden soll. Diese Angaben sind entweder anhand eines spezifischen Standorts oder eines spezifischen Installationstyps (z. B. technische Beschreibung des Masts) eindeutig bestimmbar.

In den genannten Fällen unterrichtet der Hersteller, Importeur oder bevollmächtigte Vertreter die zuständigen nationalen Marktüberwachungsbehörden.

Für die Installation neuer am Mast montierter Transformatoren gelten die Anforderungen der Tabellen I.1 und I.2, gegebenenfalls in Verbindung mit den Tabellen I.3a und I.3b.“

c) Nummer 2 erhält folgende Fassung:

„2. Mindestanforderungen an die Energieeffizienz von Großleistungstransformatoren

Die Mindesteffizienzanforderungen an Großleistungstransformatoren werden in den Tabellen I.7, I.8 und I.9 genannt.

In Einzelfällen kann der Austausch eines bestehenden oder die Installation eines neuen Transformators, der die Mindestanforderungen nach den Tabellen I.7, I.8 und I.9 erfüllt, zu unverhältnismäßigen Kosten führen. Grundsätzlich können Kosten als unverhältnismäßig

angesehen werden, wenn die zusätzlichen Kosten für die Beförderung und/oder die Installation eines Transformators, der die Anforderungen der Stufe 2 bzw. 1 erfüllt, höher wären als der Kapitalwert der zusätzlich über dessen normalerweise erwartete Lebensdauer vermiedenen Stromverluste (ausgenommen Zölle, Steuern und Abgaben). Dieser Kapitalwert wird anhand kapitalisierter Verlustwerte mithilfe allgemein akzeptierter sozialer Abzinsungssätze berechnet.²

Für solche Fälle gelten folgende Auffangbestimmungen:

Mit Beginn der Anwendung der Anforderungen in Stufe 2 (1. Juli 2021) gilt bei vollständigem Austausch eines Großleistungstransformators an einem vorhandenen Standort, dessen Beförderung und/oder Installation unverhältnismäßig hohe Kosten verursacht oder technisch nicht machbar ist, dass der Ersatztransformator hinsichtlich der Nennleistung ausnahmsweise nur die in Stufe 1 geltenden Anforderungen erfüllen muss.

Wenn zudem die Kosten der Installation eines Ersatztransformators, der den Anforderungen in Stufe 1 entspricht, unverhältnismäßig sind, oder wenn es keine technisch machbare Lösung gibt, gelten für den Ersatztransformator keine Mindestanforderungen.

Mit Beginn der Anwendung der Anforderungen der Stufe 2 (1. Juli 2021) gilt für die Installation eines neuen Großleistungstransformators an einem neuen Standort, dessen Beförderung und/oder Installation unverhältnismäßig hohe Kosten verursacht oder technisch nicht machbar ist, dass der neue Transformator hinsichtlich der Nennleistung ausnahmsweise nur die in Stufe 1 geltenden Anforderungen erfüllen muss.

In diesem Fall hat der für das Inverkehrbringen oder die Inbetriebnahme des Transformators verantwortliche Hersteller, Importeur oder bevollmächtigte Vertreter

folgende Informationen in die technischen Unterlagen des neuen oder des Ersatztransformators aufzunehmen:

- Anschrift und Kontaktdaten des Bestellers des Transformators;
- den genauen Standort, an dem der Transformator installiert werden soll;
- die technische und/oder wirtschaftliche Begründung für die Installation eines neuen Transformators oder eines Ersatztransformators, der den Anforderungen der Stufe 2 oder der Stufe 1 nicht entspricht. Wenn die Bestellung der Transformatoren im Rahmen eines Vergabeverfahrens erfolgt, sind alle erforderlichen Angaben über die Auswertung der Gebote und die Vergabeentscheidung bereitzustellen;

die zuständigen nationalen Marktüberwachungsbehörden zu informieren.

Tabelle I.7 Mindestanforderungen an den maximalen Wirkungsgrad von flüssigkeitsgefüllten Großleistungstransformatoren

Nennleistung (MVA)	Stufe 1 (1.7.2015)	Stufe 2 (1.7.2021)
--------------------	--------------------	--------------------

² Im Instrumentarium der Europäischen Kommission für eine bessere Rechtsetzung wird die Verwendung eines Werts von 4 % für den sozialen Abzinsungssatz empfohlen:

https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/file_import/better-regulation-toolbox-61_en_0.pdf.

	Mindestwert für den maximalen Wirkungsgrad (in %)	
≤ 0,025	97,742	98,251
0,05	98,584	98,891
0,1	98,867	99,093
0,16	99,012	99,191
0,25	99,112	99,283
0,315	99,154	99,320
0,4	99,209	99,369
0,5	99,247	99,398
0,63	99,295	99,437
0,8	99,343	99,473
1	99,360	99,484
1,25	99,418	99,487
1,6	99,424	99,494
2	99,426	99,502
2,5	99,441	99,514
3,15	99,444	99,518
4	99,465	99,532
5	99,483	99,548
6,3	99,510	99,571
8	99,535	99,593
10	99,560	99,615
12,5	99,588	99,640
16	99,615	99,663
20	99,639	99,684
25	99,657	99,700
31,5	99,671	99,712
40	99,684	99,724
50	99,696	99,734
63	99,709	99,745
80	99,723	99,758
100	99,737	99,770
125	99,737	99,780
160	99,737	99,790
≥200	99,737	99,797

Mindestwerte für den maximalen Wirkungsgrad für Nennleistungen in MVA, die zwischen denjenigen in Tabelle I.7 liegen, werden durch lineare Interpolation ermittelt.

Tabelle I.8 Mindestanforderungen an den maximalen Wirkungsgrad von Trocken-Großleistungstransformatoren mit $U_m \leq 36$ kV

Nennleistung (MVA)	Stufe 1 (1.7.2015)	Stufe 2 (1.7.2021)
	Mindestwert für den maximalen Wirkungsgrad (in %)	
$3,15 < S_r \leq 4$	99,348	99,382
5	99,354	99,387
6,3	99,356	99,389
8	99,357	99,390
≥ 10	99,357	99,390

Mindestwerte für den maximalen Wirkungsgrad für Nennleistungen in MVA, die zwischen denjenigen in Tabelle I.8 liegen, werden durch lineare Interpolation ermittelt.

Tabelle I.9 Mindestanforderungen an den maximalen Wirkungsgrad von Trocken-Großleistungstransformatoren mit $U_m > 36$ kV

Nennleistung (MVA)	Stufe 1 (1.7.2015)	Stufe 2 (1.7.2021)
	Mindestwert für den maximalen Wirkungsgrad (in %)	
$\leq 0,05$	96,174	96,590
0,1	97,514	97,790
0,16	97,792	98,016
0,25	98,155	98,345
0,4	98,334	98,570
0,63	98,494	98,619
0,8	98,677	98,745
1	98,775	98,837
1,25	98,832	98,892
1,6	98,903	98,960
2	98,942	98,996
2,5	98,933	99,045
3,15	99,048	99,097
4	99,158	99,225
5	99,200	99,265
6,3	99,242	99,303
8	99,298	99,356
10	99,330	99,385
12,5	99,370	99,422
16	99,416	99,464
20	99,468	99,513
25	99,521	99,564
31,5	99,551	99,592
40	99,567	99,607

50	99,585	99,623
≥ 63	99,590	99,626

Mindestwerte für den maximalen Wirkungsgrad für Nennleistungen in MVA, die zwischen denjenigen in Tabelle I.9 liegen, werden durch lineare Interpolation ermittelt.“

d) Nummer 3 letzter Unterabsatz erhält folgende Fassung:

„Nur bei Mittel- und Großleistungstransformatoren müssen die Angaben unter a, c und d ebenfalls auf dem Leistungsschild des Transformators vorhanden sein.“

e) Unter Nummer 4 wird der letzte Absatz gestrichen

und folgender Buchstabe d angefügt:

„d) die genauen Gründe, aus denen Transformatoren als von der Verordnung gemäß Artikel 1 Absatz 2 ausgenommen gelten.“

2. Anhang II erhält folgende Fassung:

„Anhang II

Messverfahren

Im Hinblick auf die Konformität mit den Anforderungen dieser Verordnung sind die Messungen unter Verwendung eines zuverlässigen, genauen und reproduzierbaren Messverfahrens vorzunehmen, das den aktuellen, anerkannten Regeln der Messtechnik entspricht, einschließlich Verfahren gemäß Dokumenten, deren Fundstellen zu diesem Zweck im Amtsblatt der Europäischen Union veröffentlicht wurden.

Berechnungsverfahren

Das Verfahren zur Berechnung des maximalen Wirkungsgrads von Mittel- und Großleistungstransformatoren nach Anhang I Tabellen I.4, I.5, I.7, I.8 und I.9 beruht auf dem Verhältnis zwischen der abgegebenen Scheinleistung eines Transformators abzüglich der elektrischen Verluste und der abgegebenen Scheinleistung des Transformators. Die Berechnung des maximalen Wirkungsgrads erfolgt mithilfe der in der aktuellsten Fassung der betreffenden harmonisierten Normen für Mittel- und Großleistungstransformatoren verfügbaren neuesten Methoden.

Der maximale Wirkungsgrad ist anhand folgender Formel zu berechnen:

$$PEI = 1 - \frac{2(P_0 + P_{c0} + P_{ck}(k_{PEI}))}{S_r \sqrt{\frac{P_0 + P_{c0} + P_{ck}(k_{PEI})}{P_k}}} = 1 - \frac{2}{S_r} \sqrt{(P_0 + P_{c0} + P_{ck}(k_{PEI})) P_k} \quad (\%)$$

Dabei gilt:

P_0 sind die bei Nennspannung und -frequenz an der Nennanzapfung gemessenen Leerlaufverluste.

P_{c0} ist die elektrische Leistung, die das Kühlsystem bei Leerlaufbetrieb benötigt, abgeleitet von den Typprüfungsmessungen des von den Motoren des Ventilators und der Flüssigkeitspumpe verbrauchten Stroms (bei ONAN und ONAN/ONAF-Kühlsystemen ist P_{c0} immer null).

$P_{ck}(k_{PEI})$ ist die elektrische Leistung, die das Kühlsystem zusätzlich zu P_{c0} für den Betrieb bei k_{PEI} -facher Nennlast benötigt. P_{ck} ist eine Funktion der Last. $P_{ck}(k_{PEI})$ ist abgeleitet von den Typprüfungsmessungen des von den Motoren des Ventilators und der Flüssigkeitspumpe verbrauchten Stroms (bei ONAN und ONAN/ONAF-Kühlsystemen ist P_{ck} immer null).

P_k sind die bei Nennspannung und -frequenz an der Nennanzapfung gemessenen Leerlaufverluste nach Anpassung an die Bezugstemperatur.

S_r ist die Nennspannung des Transformators oder Spartransformators, auf der P_k beruht.

k_{PEI} ist der Belastungsfaktor, bei dem der Effizienzindex auftritt.“

(3) Anhang III³ wird wie folgt geändert:

Nach dem ersten Absatz wird folgender Absatz eingefügt:

„Wurde ein Modell so gestaltet, dass es erkennen kann, dass es geprüft wird (z. B. durch Erkennung der Prüfbedingungen oder des Prüfzyklus), und dass es während der Prüfung automatisch durch eine gezielte Änderung seiner Leistungsmerkmale reagiert, um einen günstigeren Wert in Bezug auf einen der Parameter zu erzielen, die in dieser Verordnung festgelegt, in den technischen Unterlagen angegeben oder in die beigefügten Unterlagen aufgenommen werden, so erfüllen das Modell und alle gleichwertigen Modelle die Anforderungen dieser Verordnung nicht.“

Am Ende von Nummer 1 wird Folgendes angefügt:

„Die Behörde des Mitgliedstaats kann diese Prüfung mit ihrer eigenen Prüfausrüstung durchführen.

Wenn für solche Transformatoren Werksabnahmen vorgesehen sind, in deren Rahmen in Anhang I dieser Verordnung festgelegte Parameter geprüft werden, können die Behörden der Mitgliedstaaten beschließen, während dieser Werksabnahmen Prüfungen im Beisein von Zeugen durchzuführen, um Prüfergebnisse zu erhalten, die für die Überprüfung der Konformität der untersuchten Transformatoren herangezogen werden können. Die Behörden können von einem Hersteller verlangen, dass er die für Prüfungen im Beisein von Zeugen relevanten Informationen über vorgesehene Werksabnahmen offenlegt.

Wird das unter Nummer 2 Buchstabe c geforderte Ergebnis nicht erreicht, so wird angenommen, dass das Modell und alle gleichwertigen Modelle die Anforderungen dieser Verordnung nicht erfüllen. Die Behörden des Mitgliedstaats übermitteln den Behörden der anderen Mitgliedstaaten und der Kommission alle relevanten Informationen unverzüglich nach einer Entscheidung über die Nichtkonformität des Modells.“

Nummer 3 erhält folgende Fassung:

„(3) Werden die in Nummer 2 Buchstaben a, b oder c genannten Ergebnisse nicht erreicht, gelten das Modell und alle gleichwertigen Modelle als nicht konform mit dieser Verordnung.“

³ Anhang III der Verordnung (EU) Nr. 548/2014, geändert durch die Verordnung (EU) 2016/2282 der Kommission vom 30. November 2016 zur Änderung der Verordnungen (EG) Nr. 1275/2008, (EG) Nr. 107/2009, (EG) Nr. 278/2009, (EG) Nr. 640/2009, (EG) Nr. 641/2009, (EG) Nr. 642/2009, (EG) Nr. 643/2009, (EU) Nr. 1015/2010, (EU) Nr. 1016/2010, (EU) Nr. 327/2011, (EU) Nr. 206/2012, (EU) Nr. 547/2012, (EU) Nr. 932/2012, (EU) Nr. 617/2013, (EU) Nr. 666/2013, (EU) Nr. 813/2013, (EU) Nr. 814/2013, (EU) Nr. 66/2014, (EU) Nr. 548/2014, (EU) Nr. 1253/2014, (EU) 2015/1095, (EU) 2015/1185, (EU) 2015/1188, (EU) 2015/1189 und (EU) 2016/2281 im Hinblick auf die Anwendung von Toleranzen bei Prüfverfahren (ABl. L 346 vom 20.12.2016, S. 51).

4. Anhang IV Buchstabe c erhält folgende Fassung:

„c) Mittelleistungstransformatoren mit Kern aus amorphem Stahl: $A_o - 50 \%$, A_k .“