

13433

SIEMENS & HALSKE A.-G.
WERNERWERK □ BERLIN-NONNENDAMM

Technische Anweisung Nr. 9

Juli 1912



Präzisions- Meßtransformatoren für Strom und Spannung

Anweisung Nr. 9

Präzisions-Meßtransformatoren für Strom und Spannung

	Seite
Präzisions-Stromtransformatoren (Typ. Mtr 7; Mtr 16 p; Mtr 11 ap)	5
a) Erdung und Isolation	5
b) Innere Schaltung	6
c) Schaltung im Stromkreis	7
d) Zulässige Belastung	7
e) Korrektionskurven	8
f) Eigenverbrauch	10
Präzisions-Spannungstransformatoren (Typen Mtr 21 p; Mtr 22 p; Mtr 22 ap; Mtr 40)	10
a) Isolation und Erdung	10
b) Innere Schaltung	10
c) Schaltung im Stromkreis	13
d) Zulässige Belastung	14
e) Eigenverbrauch	16

Präzisions-Stromtransformatoren

Type Mtr 7, Mtr 16p, Mtr 11ap

Die Stromtransformatoren dienen einerseits zur vollkommenen Trennung von Hochspannungsnetz und Niederspannungs-Meßschaltung, andererseits auch als Meßbereich-Umschalter, d. h. sie können in ähnlicher Weise benutzt werden wie die Nebenschlüsse bei Gleichstrom-Instrumenten (vergl. Techn. Anweisung Nr. 8, Seite 11).

a) Erdung und Isolation

Die **Erdung** der Sekundärwicklung und des Transformatorgehäuses ist erforderlich, wenn die Stromtransformatoren zur **Trennung von Hochspannung und Niederspannung** verwendet werden. Man verbindet die Erdungsklemme des Gehäuses durch einen starken Draht mit der Sekundärklemme l_1 des Transformators und geht von hier aus nach der gemeinsamen Erdleitung. Der Querschnitt der Erdleitungen muß mindestens 16 mm^2 betragen. **Die Erdleitungen dürfen nicht als stromführende Meßleitungen verwendet werden.**

Die **Isolation** der Primärwicklung gegen Sekundärwicklung und Gehäuse, reicht bei der Type **Mtr 7** für **12 000 Volt** Betriebsspannung aus. Für höhere Spannungen, bis **30 000 Volt**, ist die Type **Mtr 16** durchgebildet. Die Type **Mtr 11ap** besitzt keine besondere Primärwicklung und wird direkt um vorhandene Stromschienen herumgebaut. Es ist daher für geeignete Isolation des jeweilig benutzten Primärleiters Sorge zu tragen.

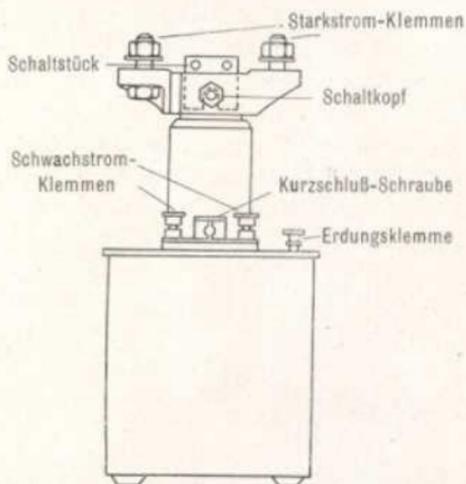
Die **Isolationsprüfung** der Primärwicklung gegen Sekundärwicklung und Gehäuse erfolgt mit der doppelten Spannung während der Dauer von 5 Minuten. Die Prüfspannung beträgt also **24 000 Volt** bei der Type **Mtr 7** und **60 000 Volt** bei der Type **Mtr 16**.

Die Sekundärwicklung wird bei sämtlichen Typen gegen Gehäuse eine Minute lang mit **2000 Volt** geprüft, so daß betriebsmäßig Potentialdifferenzen von **1000 Volt** zwischen Sekundärwicklung und Gehäuse zulässig sind.

Dies kommt in Frage, wenn die Stromtransformatoren nur als **Meßbereich-Umschalter** bei Leistungsmessungen, also ohne Spannungstransformatoren verwendet werden. In diesem Falle ist von jeder Erdung abzusehen. Bei Spannungen über 1000 Volt sind vielmehr der Meßtransformator und sämtliche angeschlossenen Instrumente isoliert aufzustellen, und zwar ist die Isolierung für die volle Betriebsspannung zu bemessen. Bei Hochspannung ist jede Berührung der Transformatoren und Meßinstrumente zu vermeiden (vergl. Techn. Anweisung Nr. 8, Seite 6 und 11).

b) Innere Schaltung der Stromtransformatoren mit mehreren Meßbereichen

Die **Primärwicklung** ist in mehrere elektrisch gleichwertige Gruppen zerlegt, welche beim kleinsten Strommeßbereich in Serie, bei einem eventuell vorhandenen mittleren Meßbereich in Gruppenschaltung, und beim



höchsten Meßbereich in Parallelschaltung liegen. Die Umschaltung von einem Meßbereich auf einen anderen geschieht durch die beigegebenen Schaltstücke, von denen eines in den Schaltkopf gesteckt wird. Zu diesem Zweck ist die seitlich am Schaltkopf angebrachte Mutter zu lösen und das im Schaltkopf befindliche Schaltstück durch ein anderes mit entsprechendem Meßbereich auszuwechseln. Nach erfolgtem Einstecken des Schaltstückes ist die seitliche Mutter wieder festzuziehen.

Zu beachten ist:

Die Umschaltung von einem Meßbereich auf einen anderen darf niemals unter Strom erfolgen, sondern nur bei primär abgeschaltetem Stromkreis.

Die Abtrennung des Stromtransformators vom Netz erfolgt hier zweckmäßig durch einen **Abschalter** mit automatischer Kurzschlußvorrichtung.

Die **Sekundärwicklung** ist bei allen Typen unveränderlich für 5 Ampere eingerichtet, so daß stets nur Meßinstrumente für diesen einen Meßbereich vorzusehen sind.

c) Schaltung im Stromkreis

Die Starkstrom- bzw. Hochspannungsleitungen sind an die Starkstromklemmen des Schaltkopfes zu legen und die Anschlußschrauben mit besonderer Sorgfalt anzuziehen. Die Zuleitungen zu den Instrumenten sind an die beiden äußeren Schwachstromklemmen anzuschließen.

Bei Benutzung von Präzisions-Stromtransformatoren mit mehreren Meßbereichen ist darauf zu achten, daß **vor Anschluß** der Stromleitungen das gewählte Schaltstück in den Schaltkopf gesteckt und die **seitliche Mutter** zwecks besseren Kontaktes und Versteifung des lamellierten Schaltkopfes **fest angezogen** wird.

Zu beachten ist ferner:

Die Sekundärwicklung von Stromtransformatoren muß stets entweder durch die Meßinstrumente oder durch die Kurzschlußschraube geschlossen sein, sobald die Primärwicklung eingeschaltet ist. Auch ein vorübergehendes Öffnen des Sekundärkreises ist lebensgefährlich und kann eine Beschädigung des Transformators herbeiführen.

Falls der Primärkreis Hochspannung führt, ist an den Sekundärklemmen des Transformators jede Handhabung zu vermeiden, da sie wegen der Nähe der unter Hochspannung stehenden Teile lebensgefährlich ist.

d) Zulässige Belastung

Die zulässige sekundäre Belastung beträgt für Frequenz 50 bei vollem Strom 20 Voltampere (4 Volt Klemmenspannung bei 5 Ampere). Bei anderen Frequenzen ändert sie sich nahezu proportional der Frequenz. Entsprechend dieser verhältnismäßig hohen zulässigen Sekundärbelastung ist es gestattet, sekundär gleichzeitig Wattmeter und Amperemeter in

Serie zu schalten. Um beim Anschluß weiterer Instrumente oder Zähler die zulässige Klemmenspannung von etwa 4 Volt nicht zu überschreiten, empfiehlt es sich, die Apparate abwechselnd kurzzuschließen. Die folgende Tabelle gibt Aufschluß über den Eigenverbrauch der Stromspulen unserer Meßinstrumente bei 5 Ampere.

Klemmenspannung der Stromspulen unserer Meßinstrumente für 5 Ampere

Instrumente für 5 Ampere	Klemmenspannung bei Frequenz		Leistungsfaktor bei Frequenz	
	50	25	50	25
Präzisions-Amperemeter, Prüffeldtype	1,3	1,3	1	1
„ Wattmeter, Prüffeldtype	0,26	0,24	0,92	0,98
„ Amperemeter, Laboratoriumstypen	2,4	2,4	1	1
„ Wattmeter, Laboratoriumstypen	1,2	1,08	0,87	0,96
Montage-Amperemeter mit Weich eisensystem	0,29	0,25	—	—
„ Wattmeter mit Ferrarisystem	0,16	0,12	0,86	0,93
Zähler W 2; W 2 dn;	1,5	1,5	0,3	0,55
„ W 10; W 10 dn; D 6	0,6	0,6	0,35	0,6
„ D 5	0,3	0,3	0,35	0,6

e) Korrektionskurven

Das Übersetzungsverhältnis ist bei 5 Ampere und einer Klemmenspannung von etwa 4 Volt auf mindestens 0,5% genau abgeglichen und bleibt von 100% bis 10% der Strombelastung konstant.

Die von 180° abweichende Phasenverschiebung zwischen dem Primär- und dem Sekundärstrom beträgt bei Frequenz 50 für Vollast nur etwa 15 Minuten und bei 20% der Strombelastung nicht mehr als 36 Minuten.

Die den Transformatoren beigegebenen Korrektionskurven berücksichtigen die durch Übersetzungsverhältnis und Phasenverschiebung hervorgerufenen Fehler als Funktionen der verschiedenen

Strombelastungen. Bei den normalen Korrekturkurven ist vorausgesetzt, daß ein Wattmeter und ein Amperemeter der Prüffeldtype in Serie an den Stromtransformator angeschlossen sind. Man erhält die richtigen Meßresultate durch Multiplikation des aus den Kurven entnommenen Korrekturfaktors f mit den Angaben der Meßinstrumente. Es sei jedoch darauf hingewiesen, daß bei den meisten in der Praxis vorkommenden Messungen die Korrekturen in Wegfall kommen können, da sie innerhalb der Ablesefehler liegen.

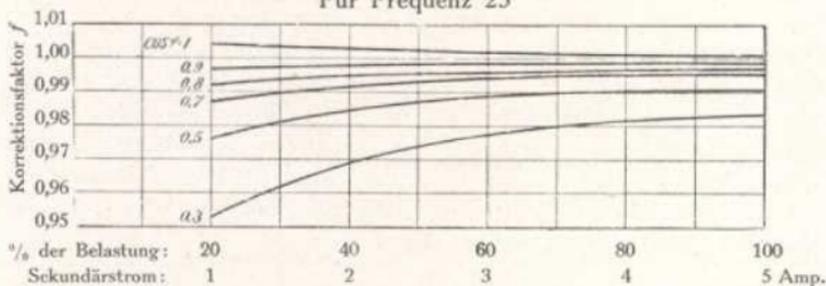
Korrekturkurven des Präzisions-Stromtransformators Mtr 7

Sekundärbelastung: 1 Präzisions-Wattmeter und 1 Präzisions-Amperemeter der Prüffeldtype

Für Frequenz 50



Für Frequenz 25



Ablesung $\alpha \times$ Korrekturfaktor $f =$ Sollwert.

$\alpha \times f =$ wirkliche Leistung (Präzisions-Wattmeter); $\alpha_1 \times f =$ wirklicher Strom (Präzisions-Amperemeter). Für das Amperemeter kommt nur die Korrekturkurve für $\cos \varphi = 1$ in Betracht.

Eine Abhängigkeit von der Kurvenform ist bei Strömen, die keine Gleichstromkomponente enthalten, praktisch nicht vorhanden. Ebenso wenig findet eine Verzerrung der Kurvenform statt, so daß die Kurvenformen des Primärstromes und des Sekundärstromes identisch sind.

f) Eigenverbrauch

Der Eigenverbrauch der Präzisions-Stromtransformatoren ist außerordentlich gering. Er beträgt bei den Typen Mtr 7 und Mtr 16 p etwa **25 Watt** bei Vollast. Der Eigenverbrauch wird in der Hauptsache durch die Kupferverluste gebildet, die durch Stromwärme in der Primär- und Sekundärwicklung des Transformators hervorgerufen werden. Die Eisenverluste sind infolge der geringen Sättigung des Eisens zu vernachlässigen. Der Eigenverbrauch der Stromtransformatoren ändert sich daher mit dem **Quadrate der Stromstärke**.

Präzisions-Spannungstransformatoren

Type Mtr 21 p, Mtr 22 p, Mtr 22 ap, Mtr 40

Die Präzisions-Spannungstransformatoren dienen zur vollkommenen **Trennung von Hochspannungsnetz und Niederspannungs-Meßschaltung**.

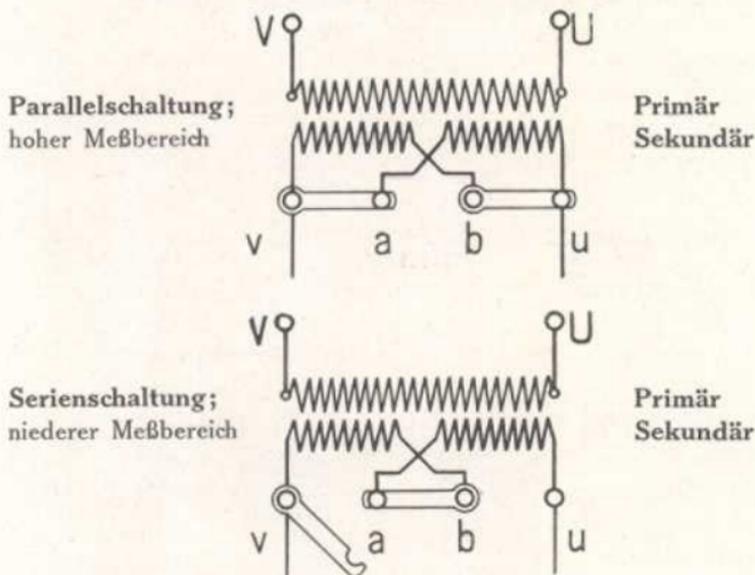
a) Isolation und Erdung

Die Isolationsprüfung zwischen Primär- und Sekundärwicklung, sowie zwischen Primärwicklung und Gehäuse erfolgt mit der doppelten Betriebsspannung während der Dauer von 5 Minuten. Die Sekundärwicklung wird gegen Gehäuse 1 Minute lang mit 2000 Volt geprüft.

Bei normalen Schaltungen soll die Sekundärwicklung des Transformators stets geerdet werden. Zu diesem Zwecke verbindet man die Erdungsschraube des Gehäuses mit der Sekundärklemme v und diese mit der gemeinsamen Erdleitung. Die Erdleitungen sollen nicht als Meßleitungen verwendet werden (vergl. Seite 5).

b) Innere Schaltung der Spannungstransformatoren mit mehreren Meßbereichen

Bei den Typen Mtr 22 p und 22 ap erfolgt die Umschaltung auf einen zweiten Meßbereich auf der **Sekundärseite**. Die Sekundärwicklung ist daher in zwei elektrisch gleichwertige Spulengruppen zerlegt, die entweder parallel oder in Serie geschaltet werden. Man erhält auf diese Weise zwei Spannungsmeßbereiche, die sich wie 2:1 verhalten. Die Umschaltung erfolgt durch Verbindungsblaschen.



Die Umschaltung darf niemals unter Spannung erfolgen, da jede Hantierung an den Sekundärklemmen wegen der Nähe der unter Hochspannung stehenden Teile lebensgefährlich ist.

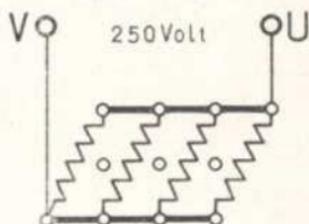
Bei den **Typen Mtr 40** erfolgt die Umschaltung im wesentlichen auf der **Primärseite**. Die Primärwicklung ist daher in mehrere elektrisch gleichwertige Wickelungsgruppen zerlegt. Diese werden bei der Umschaltung in Serien-, Gruppen- oder Parallelschaltung verbunden. Die hierzu erforderlichen Umschaltungen werden durch kleine Schalthebel ausgeführt, die auf der Marmorplatte des Transformators montiert sind. Die Umschaltvorrichtung ist derart ausgeführt, daß auch bei unrichtiger Stellung der Kontakthebel ein Kurzschluß einzelner Spulengruppen nicht vorkommen kann. Naturgemäß ist jede Umschaltung unter Spannung ausgeschlossen.

Eine weitere Unterteilung der Meßbereiche wird durch **Abzweigungen auf der Sekundärseite erreicht**, die zu besonderen Klemmen herausgeführt sind.

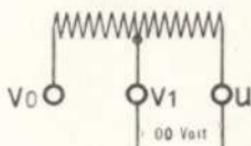
Die **Sekundärspannung** der Präzisions-Spannungstransformatoren beträgt für alle Meßbereiche, ganz gleichgültig ob sie durch primäre oder sekundäre Umschaltung erzielt sind, stets **100 Volt**.

Innenschaltung des Transformators Mtr 40 c

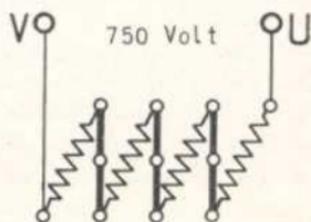
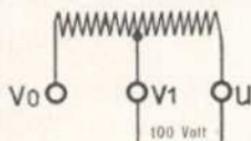
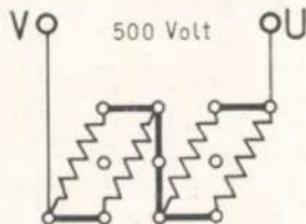
für 250; 500; 750; 1000 Volt



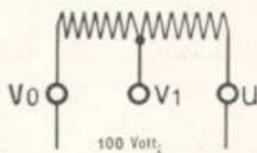
Primär



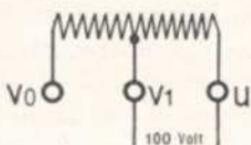
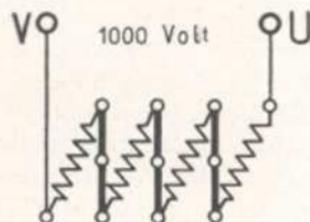
Sekundär



Primär



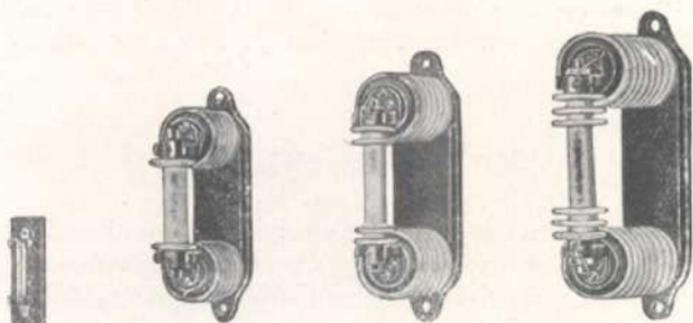
Sekundär



c) Schaltung im Stromkreis

Es wird nachdrücklich empfohlen, die Spannungstransformatoren sowohl auf der Primärseite als auch auf der Niederspannungsseite zu sichern.

Die **Hochspannungs-Sicherungen auf der Primärseite** dienen dazu, die Anlage gegen Beschädigungen durch eventuell auftretende Kurzschlüsse zu sichern. Um dies zu erreichen, muß die Sicherung auf der Primärseite für **Wechselstrom zweipolig**, für **Drehstrom** (ohne Unter-



schied der Schaltung) **dreipolig** ausgeführt werden. Die hierzu verwendeten Hochspannungs-Sicherungen schmelzen im allgemeinen bei einer Stromstärke von 4 Ampere ab. Aus dieser Abschmelzstromstärke ergibt sich, daß der Transformator selbst durch diese Sicherungen vor Beschädigungen durch Überlastung nicht geschützt werden kann.

Die **Niederspannungs-Sicherungen auf der Sekundärseite** dienen zum Schutze des Transformators gegen Überlastung infolge falscher Schaltung, falscher Erdung oder Schluß in den Leitungen. **Zu sichern sind alle Sekundärleitungen, die nicht geerdet werden.** In den allermeisten Fällen genügt die Verwendung der 2-Ampere-Sicherung. Kommen höhere Belastungen als 200 Voltampere in Frage, so richtet sich die Wahl der Sicherung nach den auf Seite 15 für die einzelnen Typen angegebenen, maximal zulässigen Energieentnahmen; die Sicherungspatrone ist dann für den nächst höheren Normalstrom zu bemessen.

Bei der **Inbetriebsetzung** ist zu beachten, daß die Spannungstransformatoren im Gegensatz zu den Stromtransformatoren sekundär nur über einen hohen Widerstand geschlossen werden dürfen, sie können aber ebensogut offen bleiben.

Infolge des Rusheffektes kann der Einschalte - Stromstoß bei Spannungstransformatoren erheblich groß werden. Es ist daher nicht zu empfehlen, daß die Hochspannungs-Sicherungen schwächer als für 2 Ampere Nennstrom (ca. 4 Ampere Abschmelzstrom) gewählt werden, da schwächere Sicherungen beim Einschalten leicht durchschmelzen. Die normalen Sicherungen werden indessen nur in seltenen Fällen beim Einschalten durchbrennen. Ein Defekt des Transformators ist beim Durchbrennen der Sicherung nicht ohne weiteres bedingt.

d) Zulässige Belastung

Die maximal zulässige Energieentnahme der Präzisions-Spannungstransformatoren ist im Verhältnis zum Energieverbrauch der Meßinstrumente so groß, daß selbst bei gleichzeitigem Anschluß mehrerer Meßinstrumente ein kaum merkbarer Spannungsabfall entsteht.

Das **Übersetzungsverhältnis** wird bei einer sekundären Belastung von 10 Voltampere bei $\cos \varphi = 1$ auf mindestens 0,5 % genau abgeglichen. Das in unserem Meßraum gemessene genaue Übersetzungsverhältnis wird auf Wunsch angegeben. Das Übersetzungsverhältnis bleibt von 100 % bis 20 % des Meßbereiches praktisch konstant. Vorausgesetzt ist hierbei, daß nicht etwa die Meßinstrumente bei halber Spannung auf einen kleineren, halb so großen Meßbereich umgeschaltet werden. Hierdurch würde der Transformator zweimal so stark belastet, so daß die durch Vergrößerung des Zeigerausschlages erhöhte Ablesegenauigkeit durch den größeren Spannungsabfall des Transformators illusorisch gemacht wird.

In der folgenden Tabelle ist sowohl die maximal **zulässige Energieentnahme** als auch die Energieabnahme angegeben, bei der ein Spannungsabfall von 1 % eintritt. Da die Spannungsabfall - Kurve geradlinig verläuft, kann man sich aus der Tabelle für jede vorkommende Energieentnahme den Spannungsabfall berechnen.

Type	Meßbereich Volt	Zulässige Energieentnahme bei 1 % Spannungsabfall und $\cos \varphi = 1$ in Volt-ampere		Maximal zulässige Energieentnahme in Volt-ampere		Spannungsabfall in % bei maximaler Energieentnahme $\cos \varphi = 1$		Eigenverbrauch bei Leerlauf in Watt	
		Frequenz		Frequenz		Frequenz		Frequenz	
		50 ca.	25 ca.	50 ca.	25 ca.	50 ca.	25 ca.	50 ca.	25 ca.
Mtr 21 p	500 ÷ 4000	40	—	200	—	5	—	8	4,5
Mtr 22 p	5000 ÷ 10000 sek. auf den kleineren Meßbereich umgeschaltet	150	—	300	—	2	—	20	—
	500 ÷ 5000 sek. auf den kleineren Meßbereich umgeschaltet	60	—	150	—	2,5	—	8	—
	—	45	—	160	—	3,5	—	12	—
Mtr 22 ap	12000 ÷ 15000 sek. auf den kleineren Meßbereich umgeschaltet	—	15	—	80	—	5,3	—	5
	6000 ÷ 7500 sek. auf den kleineren Meßbereich umgeschaltet	220	—	500	—	2,3	—	25	—
	—	80	—	250	—	3,1	—	10	—
Mtr 40 c	250; 500; 1000	—	75	—	300	—	4	—	14
	750	50	50	300	300	6	6	6,3	9,5
	—	40	40	250	250	6	6	4	6
Mtr 40 a	1000; 2000; 4000	30	30	130	130	4,3	4,3	4	6
	1250; 2500; 5000	35	35	170	170	5	5	5	7,5
	1500; 3000; 6000	50	50	200	200	4	4	6,5	9,5
Mtr 40	1000; 2000; 4000	55	55	270	270	5	5	7	9,5
	8000	—	—	—	—	—	—	—	—
	1250; 2500; 5000	80	80	330	330	4,1	4,1	9	14
	10000	—	—	—	—	—	—	—	—
Mtr 40 b	1500; 3000; 6000	100	100	400	400	4	4	12	18,5
	12000	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Mtr 40 b	250; 500	125	125	500	500	4	4	—	—
	1000; 2000; 4000	30	30	130	130	4,3	4,3	4	6
	1250; 2500; 5000	35	35	170	170	5	5	5	7,5
	1500; 3000; 6000	50	50	200	200	4	4	6,5	9,5
	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Der Energieverbrauch der Spannungsspulen der Meßinstrumente bei 100 Volt ergibt sich aus der folgenden Tabelle:

Instrumente	Energieverbrauch in Voltampere Frequenz		Leistungsfaktor Frequenz	
	50	25	50	25
	Präzisions-Voltmeter für 120 Volt, Prüffeldtype	6	6	1
Präzisions-Wattmeter, Laboratoriums- oder Prüffeldtype	3	3	1	1
Montage-Voltmeter mit Weicheisen-system für 130 Volt	10	10	1	1
Montage-Wattmeter mit Ferraris-system	15	17	0,25	0,3
Zähler W 2	2,5	4,5	0,45	0,54
Zähler W 2 dn, W 10, D 5, D 6	2	4	0,67	0,60
Zungenfrequenzmesser	2	2	1	1

Die Präzisions - Spannungstransformatoren können **dauernd mit 10 % erhöhter Spannung überlastet** werden, eine Überlastung um 20 % ist jedoch nur für kurze Zeit (maximal $\frac{1}{2}$ Stunde) zulässig.

Die **Phasenverschiebungsfehler** können praktisch vernachlässigt werden, sie betragen im allgemeinen weniger als 10 Minuten.

Eine Abhängigkeit von der **Kurvenform** ist bei Wechselspannungen, die keine Gleichstromkomponente enthalten, praktisch nicht vorhanden. Ebensovienig findet eine Verzerrung der Kurvenform statt, so daß die Kurvenformen des Primärstromes und des Sekundärstromes identisch sind.

Innerhalb der auf den Transformatoren angegebenen Grenzen sind die Angaben von der Frequenz unabhängig.

e) Eigenverbrauch

Der Eigenverbrauch der Präzisions-Spannungstransformatoren wird in der Hauptsache durch die Eisenverluste (Leerlaufwatt) gebildet. Er bleibt daher bei primär umschaltbaren Spannungstransformatoren für die verschiedenen Meßbereiche konstant. Die Größe des Eigenverbrauches ergibt sich für die verschiedenen Typen aus der Tabelle auf Seite 15. Im allgemeinen ist der Eigenverbrauch so gering, daß er in den meisten Fällen vernachlässigt werden kann.