Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 22 (1931)

Heft: 18

Artikel: Entwicklungstendenzen im modernen Elektrizitäts-Zählerbau : ein Querschnitt durch den gegenwärtigen Stand der Zählertechnik

Autor: Janicki, W.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1060531

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 16.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

wähnt werden. Von diesen 146 Unternehmungen mit einem totalen Anschlusswert von ca. 1 650 000 kW benützen 10 für die Verteilung ausschliesslich Drehstrom 125/220 V mit 5 % des Anschlusswertes, und weitere 10 Werke mit 3 % des Anschlusswertes ausschliesslich Drehstrom 220/380 V. Die Spannung 220/380 V wird aber ausserdem neben andern Spannungen noch von weitern 68 Werken benützt, so dass sich der prozentuale Anteil der 220/380-V-Anlagen am Anschlusswert dieser 146 Unternehmungen auf ca. 28 % erhöht.

Aus den erhaltenen Antworten geht ferner hervor, dass 47 von diesen Grossunternehmungen vorläufig die bisherigen Gebrauchsspannungen beibehalten wollen. Zum grössten Teil handelt es sich um Werke, deren Netze bei der in Betracht kommenden Stromabgabe unter den bisherigen Spannungen von 125/220, 145/250 oder 200/350 V noch zu genügen vermögen, weil daneben eigentliche 500-V-«Kraftnetze» für die Bedienung von industriellen und sonstigen grösseren Stromverbrauchern bestehen. Der teilweise Umbau auf 220/380 V (meistens wird daneben das vorhandene 500-V-Netz beibehalten) ist von 27 Unternehmungen geplant, bei weiteren 16 Werken ist er bereits im Bau und bei 36 Werken befindet sich die Frage des Umbaues noch im Studium; 10 davon haben sich bereits dazu entschlossen und 8 weitere werden voraussichtlich ebenfalls einen Entscheid in diesem Sinne treffen.

Es ist noch zu erwähnen, dass zur Zeit bei sämtlichen schweizerischen Elektrizitätswerken ungefähr 40 000 kW, d. h. rund 2 % des Gesamtanschlusswertes, aus Gleichstromverteilanlagen gespiesen werden.

Wir erkennen aus den vorstehenden Ergebnissen nicht nur, dass die Vereinheitlichung der Gebrauchsniederspannungen in der Schweiz auf die vom SEV festgesetzten Normalspannungen im betrachteten Zeitraume wesentliche Fortschritte gemacht hat, sondern dass namentlich auch die Tendenz besteht, ältere Niederspannungsverteilanlagen auf höhere Spannungen umzustellen. Wenn man die anscheinend noch sehr grosse Anzahl der verschiedenen verwendeten Niederspannungen auf ihre wirkliche Bedeutung zurückführt, so ersieht man, am unmittelbarsten aus den Diagrammen, dass eigentlich nur einige wenige Spannungen noch grössere Verbreitung besitzen. Hiebei ist in Betracht zu ziehen, dass die Kraftspannung 250 V vielerorts mit der früher weitaus am meisten verbreiteten Lichtspannung 125 V zusammenhängt. Sie wird wohl noch auf lange Zeit hinaus an Bedeutung nicht wesentlich einbüssen. Auch mit der Kraftspannung von 500 V wird in der Zukunft als einer verbreiteten Nichtnormalspannung weiter zu rechnen sein. Im übrigen aber zeigen die beim Starkstrominspektorat einlaufenden Vorlagen für Netzumänderungen, dass der Vereinheitlichungsprozess in der Spannungsanwendung in der Schweiz ständig weiter vor sich geht.

Entwicklungstendenzen im modernen Elektrizitäts-Zählerbau.

Ein Querschnitt durch den gegenwärtigen Stand der Zählertechnik.

Von *W. Janicki*, Dipl.-Ing., Zug.

621.317.785

Nach dem Hinweis auf die Bedarfsfrage in der Elektrizitätszählerindustrie und die mannigfaltigen Anforderungen, die heute an Elektrizitätszähler gestellt werden, werden die Massnahmen besprochen, die zur Verbesserung des elektrischen und magnetischen Verhaltens moderner Energieverbrauchsmesser besonders hinsichtlich Genauigkeit bei Ueberlastungen und Temperaturschwankungen getroffen worden sind.

Après avoir effleuré la question des nécessités de l'industrie des compteurs d'électricité et rendu attentif aux qualités qu'on exige aujourd'hui d'un compteur, l'auteur décrit quelques mesures qui ont été prises pour améliorer la partie électrique et magnétique des compteurs modernes, en particulier au point de vue des surcharges et des variations de température.

1. Einleitung.

Trotz der gegenwärtig auf dem Weltmarkte herrschenden Wirtschaftskrise ist in der letzten Zeit in einer Reihe von Ländern der Bedarf an elektrischen Messinstrumenten, wie die einschlägigen Statistiken zeigen, nicht in demselben Masse wie derjenige an anderen Erzeugnissen der Elektroindustrie zurückgegangen. Diese Tatsache ist auf verschiedene Umstände zurückzuführen, die im folgenden kurz erwähnt werden sollen. Einmal sind gegenwärtig in vielen Ländern Bestrebungen nach Vereinheitlichung der Nennspannungen und Nennfrequenzen im Gange, besonders in England, Frankreich und in Italien [1]). Netze mit früher vielfach üblichen Frequenzen von 40, 42 oder 60 Per./s werden auf die Frequenz von 50 Per./s geändert, ebenso die Spannungen auf die international anerkannten und empfohlenen Normalreihen von 110, 220 und 380 V. Andererseits ist auch in der modernen Elektrizitätswirtschaft deutlich die Tendenz erkennbar, den bisher noch vielfach für Niederspannungs-Verteilungsanlagen üblichen Gleichstrom durch den aus verschiedenen Gründen vorteilhafteren 2- und 3-Leiter-Wechselstrom bzw. 3- und 4-Leiter-Dreipha-

[1]) Ein interessantes und lehrreiches Beispiel liefert in dieser Beziehung das Stromversorgungsgebiet der Stadt Paris. Vor dem ministeriellen Erlass von 1919, der die Frequenz von 50 Per./s als gesetzliche Einheitsfrequenz erklärte, wies dieses Gebiet folgende Frequenzen auf: 41⅔ Per./s für 37,37 % des Gesamtverbrauches (Einphasennetz der Compagnie Parisienne de Distribution d'Electricité [CPDE] für die innere Stadt; Sté Nord-Est für die nordöstlichen Vorortgebiete); 25 Per./s für 34,7 % des Gesamtverbrauches (Sté d'Electricité de Paris und Sté «Triphasée»); 50 Per./s für 17,6 % des Gesamtverbrauches (Sté Est-Lumière im östlichen Vorortgebiet); 53⅓ Per./s für 10,0 % des Gesamtverbrauches (Sté Ouest-Lumière im westlichen Vorortgebiet). Die Gesamtausgaben der Frequenzvereinheitlichung betrugen für die Stadt Paris 70 Millionen und für die Vororte 25 Millionen französische Franken (S. ETZ 1930, S. 1655).

senstrom zu ersetzen. Im weiteren sind die Elektrizitätswerke auch gezwungen, dem Umstand Rechnung zu tragen, dass infolge des Aufkommens vieler neuer elektrischer Geräte in Haushalt, Gewerbe und Landwirtschaft, der Bedarf an elektrischer Energie in den einzelnen kleinen Verteilanlagen gewachsen ist und infolgedessen der Messbereich der bestehenden Elektrizitätszähler in den in Frage kommenden Installationen für die bei allen vorkommenden Belastungsverhältnissen möglichst genaue Registrierung nicht mehr genügt. Schliesslich ist es auch der trotz der Weltkrise nicht vollständig lahmgelegten Bautätigkeit zuzuschreiben, dass ein gewisser Bedarf an elektrischen Verbrauchsmessern für die neu zu erstellenden Anlagen vorhanden ist. Alle diese Umstände wirken zusammen, um die wenn auch gegenüber früher stark verminderte Nachfrage nach elektrischen Messgeräten wach zu halten, wobei entsprechend der immer wachsenden Verbreitung der Verwendung elektrischer Energie im täglichen Leben die Ansprüche, die an die Verbrauchskontrollapparate gestellt werden müssen, stets grösser werden.

2. Anforderungen an moderne Elektrizitätszähler.

Diese gesteigerten Ansprüche, welche die gegenwärtige Entwicklung aller Anwendungen der Elektrizität mit sich bringt, stehen in engem Zusammenhang mit der Tatsache, dass heutzutage in elektrischen Installationen, z. B. im Haushalt, in der Landwirtschaft oder im Kleingewerbe, bald nur ganz geringe Bruchteile des Gesamtanschlusswertes und bald der volle Betrag des letzteren in Anspruch genommen wird, je nachdem z. B. in einer grossen Wohnung nur eine oder zwei Lampen mit einem Anschlusswert von 50 W brennen oder aber, neben der vollen Beleuchtung eines ganzen Hauses anlässlich einer festlichen Veranstaltung, noch eine Anzahl elektrischer Geräte, Kochplatten, Teekocher, Heizkissen, Strahler usw. angeschlossen sind. Demgemäss müssen die modernen Elektrizitätszähler imstande sein, sowohl Bruchteile der normalen Nennleistung als auch grosse Ueberlasten genau und einwandfrei zu registrieren, auch im Hinblick darauf, dass bei der Vergrösserung der bestehenden Installationen ein Auswechseln der bereits eingebauten Zähler nach Möglichkeit vermieden werden soll.

Die Tendenz geht somit allgemein nach stark überlastbaren Zählern mit grosser Genauigkeit über einen sehr ausgedehnten Messbereich, also nach sogenannten *überlastbaren Flachkurvenzählern*, bei denen die charakteristischen Lastkurven von ganz kleinen Belastungen aufwärts bis zu Ueberlasten von 100 % einen möglichst gleichmässigen Verlauf aufweisen. Dies trifft insbesondere auch für alle Messgeräte zu, die zur Registrierung des Verbrauches von sogenannten Not- oder Nachtlampen dienen, die in Theatern, Konzertsälen, Lichtspielhäusern, Spitälern, Verwaltungsgebäuden, Banken usw. vielfach Verwendung finden. In allen diesen Fällen wird Genauigkeit der Registrierung von kleinsten Belastungen bis zu grossen Ueberlasten verlangt, wobei einerseits der Anlauf bei Bruchteilen eines Prozentes der Nennlast sicher zu erfolgen hat, andererseits aber auch bei beträchtlichen Ueberspannungen (bis zu 20 %) bei offenem Hauptstromkreis kein Leerlaufen des Zählers auftreten darf.

Ein anderer wichtiger Punkt bei der Messung elektrischer Energie ist die Temperaturschwankung, welcher die Elektrizitätszähler häufig ausgesetzt sind, besonders wenn sie nicht in den Wohnungen der Abnehmer, sondern in Einfahrten oder Hausfluren oder, wie dies namentlich auf dem Lande vorkommt, in Vorräumen, unter dem Dach von Scheunen oder dergleichen untergebracht sind. Diese Temperaturschwankungen, die im Laufe der Jahreszeiten oder auch zwischen Tag und Nacht auftreten, machen sich ganz besonders in tropischen Ländern bemerkbar. Da die Messgenauigkeit eines Zählers durch erhebliche Temperaturänderungen in beträchtlichem Masse beeinflusst werden kann, erweist es sich als notwendig, geeignete Abwehrmassnahmen gegen eine zu weit gehende Abhängigkeit der Zählerangaben von Temperaturdifferenzen zu treffen. Das Beibehalten der Messgenauigkeit auch bei erheblichen Temperaturschwankungen ist aber nicht nur in diesem Falle vorteilhaft, sondern auch bei Ueberlasten. Bei diesen entstehen bekanntlich Fehler infolge der durch die Stromstärke auftretenden höheren Temperaturen im Zählerinnern. Wird ein gewöhnlicher Zähler längere Zeit überlastet und läuft er dann wieder mit geringerer Belastung weiter, so registriert er, je nach der inzwischen erlangten Temperatur, den Verbrauch in mehr oder weniger grossen Abweichungen, bis die normale Temperatur wieder erreicht ist.

Weitere Forderungen, die sich im Laufe der Zeit hinzugesellten, betreffen folgende Punkte: Möglichst geringe Abhängigkeit von Spannungs- und von Frequenzänderungen, Erhöhung des sogenannten Gütefaktors (Verhältnis von Drehmoment bei Vollast zu Rotorgewicht mal Nenndrehzahl), Unempfindlichkeit gegen äussere elektromagnetische Beeinflussungen und mechanische Beanspruchungen, Betriebssicherheit (Schutz gegen Staub, Kälte und Feuchtigkeit), leichte Montierbarkeit, übersichtlicher Aufbau und gute Zugänglichkeit aller Bestandteile, insbesondere der Einstellorgane, leichte Regulierbarkeit bei der Eichung (fein einstellbare und voneinander unabhängige Regulierorgane), möglichste Geräuschlosigkeit, Dauerhaftigkeit, Kurzschluss-Festigkeit, thermische Ueberlastbarkeit und weitreichender Schutz gegen betrügerische Eingriffe. Bei den Drehstromzählern sind noch zwei weitere Forderungen wichtig, nämlich die sogenannte Drehfeld-Unabhängigkeit (d. h. Unbeeinflussbarkeit der Anzeige durch die Richtung des Drehfeldes, mit andern Worten, durch die Reihenfolge des Anschlusses der einzelnen Phasen) und möglichst geringe Unterschiede zwischen den Lastkurven bei einseitiger und allseitiger Netzbelastung bei verschiedenen Leistungsfaktoren. Hand in Hand damit geht das Stre-

ben nach Erzielung kleinerer Dimensionen und kleinerer Gewichte mit Rücksicht auf Platzbeanspruchung und Exportmöglichkeit, sowie die Verringerung des Eigenverbrauches.

Im folgenden sei nun besprochen, durch welche Mittel es gelungen ist, den oben aufgezählten Forderungen zu genügen und wie sich die mutmassliche Entwicklung des Elektrizitätszählerbaues an Hand der aufgestellten Richtlinien in Zukunft gestalten wird. Zu diesem Zwecke ist es notwendig, im Zusammenhange damit in grossen Zügen auf die Ursachen der bei den älteren Zählerausführungen bestehenden Unzulänglichkeiten und auf die Mittel zu deren Beseitigung etwas näher einzutreten.

3. Ursachen der Fehlanzeigen und Massnahmen zu deren Beseitigung.

a) Der Stromtriebfluss (Magnetfluss der Stromspule) als Ursache des Ueberlastabfalles.

Die noch vor 5 oder 10 Jahren auf dem Markt befindlichen Zähler weisen bei Ueberlasten von 200 % und mehr Fehler von rund 6 bis zu 10 % auf, je nach Herkunft, während neuzeitliche Zähler bei Ueberlasten von 200 bis 300 % im grossen und ganzen die gleiche Genauigkeit aufweisen wie ältere Zähler bei Ueberlasten von 20 oder 30 %. Die Ursache für diese Erscheinung lässt sich folgendermassen erklären.

Der charakteristische Ueberlastabfall der älteren Wattstundenzähler verdankte seine Entstehung der dämpfenden Wirkung des magnetischen Kraftflusses, der durch die Ueberlastung hervorgerufen wird. Das Drehmoment der Induktionswattstundenzähler beruht bekanntlich auf der Wechselwirkung des Polflusses und der Wirbelströme, die in der Systemscheibe infolge Aenderung des magnetischen Kraftflusses eines andern Poles induziert werden. Es treibt die Systemscheibe mit einer Geschwindigkeit, bei welcher das dämpfende Moment der Bremsmagnete gleich ist dem treibenden Moment. Leider bewegt sich die Scheibe sowohl durch die Triebflüsse als auch durch die Bremsmagnetflüsse hindurch und hierin liegt die Ursache eines beträchtlichen Ueberlastabfalles, welches ein mehr oder weniger gemeinsames Merkmal aller früheren Zählerkonstruktionen ist und ihnen in gewisser Beziehung als gemeinsamer Uebelstand anhaftet.

Bei konstanter Spannung ist die vom Spannungsfluss (Fluss der Spannungsspule) herrührende Bremswirkung proportional der Geschwindigkeit der Systemscheibe und bildet daher einen Teil der notwendigen Bremswirkung, deren Hauptbeitrag von den permanenten Magneten herrührt. Dagegen variiert der Fluss der Hauptstromwicklung mit der Strombelastung und übt daher einen veränderlichen dämpfenden Einfluss aus, der mit zunehmender Last wächst. Gleichzeitig liefert er einen stromproportionalen Beitrag zum treibenden Drehmoment. Aber seine dämpfende und verzögernde Wirkung nimmt mit dem *Quadrat* der Strombelastung zu, so dass der Zähler bei Ueberlast seine beiden Drehmomente, das widerstehende und das treibende, bei einer zu *niedrigen* Drehzahl zum Ausgleich bringt. Der Zähler zeigt also bei Ueberlasten einen Minusfehler, da er zu langsam läuft.

b) Massnahmen zur Beseitigung des Ueberlastabfalles bei neuzeitlichen Zählern.

Zur Erreichung grösserer Zählergenauigkeit über grössere Belastungsbereiche sind im Grunde genommen keine vollständig neuen Grundsätze entwickelt worden und keine prinzipiell neuen Mittel zur Anwendung gelangt. Es handelte sich vielmehr um eine genauere und strengere kritische Analyse der wechselseitig aufeinander einwirkenden Kräfte, um Umdimensionierung sowie vorteilhafteste Verwendung und Nutzbarmachung der elektrischen, magnetischen und mechanischen Eigenschaften neuer Werkstoffe. Die Luftspalte und Eisenwege der verschiedenen magnetischen Kreise, die Nenndrehzahlen und die Verluste (sowohl Kupfer- als auch Eisenverluste) wurden auf das sorgfältigste untersucht und gegenüber früheren Modellen auf vorteilhafteste Dimensionen und Werte geändert. Einzelne Konstrukteure führten niedrigere Nenndrehzahlen ein. Niedrigere Geschwindigkeit verlangt bekanntlich verhältnismässig stärkere Magnete; die Wirkung der vom Stromtriebfluss herrührenden Dämpfung wird dadurch abgeschwächt und der Ueberlastabfall verbessert. Die allgemeine Neudimensionierung der magnetischen Kreise hatte vielfach eine erhöhte Kompensationswirkung zur Folge. Einigen Konstrukteuren gelang durch solche Mittel die Verbesserung der Zähler ohne zusätzliche Organe und die neuen Zähler bewahrten daher in ihrem Aufbau die ursprüngliche Einfachheit. Bei anderen Fabrikaten wurde durch die Anordnung einer einfachen Kompensations-Nebenschlussbrücke zum Stromspuleneisen bewirkt, dass ein Teil

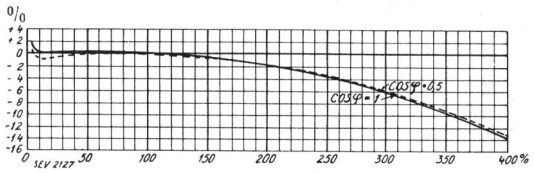

Fig. 1.
Lastkurven eines Einphasenwechselstrom-Zweileiterzählers älterer Konstruktion.
Prozentuale Fehler in Funktion der prozentualen Belastung.

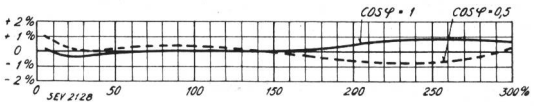

Fig. 2.
Lastkurven eines Einphasenwechselstrom-Flachkurvenzählers neuester Konstruktion.
Prozentuale Fehler in Funktion der prozentualen Belastung.

des Flusses seinen Weg im Nebenschluss zum Luftspalt nimmt, und zwar hinauf bis zur Vollast. Oberhalb der Vollast nimmt der magnetische Widerstand der Brücke zu, so dass ein grösserer Anteil des Gesamtstromspulenflusses die Systemscheibe durchsetzt und derselbe zur Erhöhung des Triebmomentes mehr beisteuert als zur Vergrösserung des

Bremsmomentes. Diese verschiedenen konstruktiven Fortschritte ergaben, dass die Genauigkeit der modernen Elektrizitäts-Induktionszähler bei 200 % Ueberlast etwa gleich derjenigen ihrer Vorgänger bei Ueberlasten von 25 bis 50 % ist. Fig. 1 und 2 zeigen Lastkurven eines älteren und eines neueren Einphasen-Wechselstromzählers, aus denen deutlich dieser erzielte Fortschritt hervorgeht.

c) Temperaturfehlerausgleich: Ursachen und Massnahmen zur Beseitigung.

Der Induktionswattstundenzähler besteht hauptsächlich aus Kupfer, Aluminium, lamelliertem Eisen und Magnetstahl. Die elektrischen und magnetischen Eigenschaften dieser Werkstoffe, Leitfähigkeit, Permeabilität, Hysteresiseigenschaften, ändern sich in Abhängigkeit von der Temperatur. Es muss daher erwartet werden, dass die Zählerangaben von der Temperatur beeinflusst werden, sofern nicht Kompensationseinrichtungen vorgesehen sind.

Man kann die von Temperaturänderungen herrührenden Fehler in «Primärfehler» und «Sekundärfehler» einteilen. Die Primärfehler umfassen Veränderungen des magnetischen Kraftflusses bei den Bremsmagneten, Widerstandsveränderungen der Nebenschlusswicklung und der Abgleichspule oder der Abgleichplatte, falls eine solche vorhanden ist, Permeabilitätsänderungen und Verluste im lamellierten Spannungsspuleneisen. Die Sekundärfehler schliessen die Veränderung des Phasenverschiebungswinkels ein, welche mit der Widerstandsänderung der Wicklung zusammenhängt, die Veränderung der Eisenverluste und die Veränderung des Widerstandes in der induktiven Abgleichspule oder Abgleichplatte, falls solche vorhanden sind. Widerstandsveränderungen in der Systemscheibe beeinflussen ebenfalls die Phasennacheilung der Wirbelströme in der Scheibe, doch ist diese Erscheinung nur bei kleinen Leistungsfaktoren im Netz von Bedeutung.

Zur Kompensierung dieser Temperatureffekte wurde das Verhalten der Magnete unter den verschiedensten Betriebsbedingungen eingehend erforscht, und man suchte, um die Primärfehler zu korrigieren, das Magnetfeld zweckmässig zu ändern. Das kann beispielsweise dadurch geschehen, dass an den Magneten oder an den verwendeten Volllastreguliereinrichtungen eine temperaturempfindliche Legierung angebracht wird, welche die Systemscheibe um einen regelbaren Betrag des magnetischen Flusses entlastet und auf diese Weise das Bremsmoment derart ändert, dass irgendwelche Abweichungen im Trieb- oder Dämpfmoment, die sich aus Temperaturschwankungen ergeben, unschädlich gemacht werden. Einige von den ausprobierten, aber inzwischen wieder verlassenen Methoden benützten die Magnete stützende, temperaturempfindliche Stäbe oder Bimetallarme. Sie waren derart vorgesehen, dass sie durch Ausdehnung bei zunehmender Temperatur die Radialabstände der Bremsmagnete vergrösserten und somit stärker bremsten. Eine andere Möglichkeit, die sich in der Praxis gut bewährt hat, besteht in der Verwendung einer am Spannungsgegenpol wirksamen Temperaturkompensationseinrichtung, die aus einem aus zwei ferromagnetischen Metallen zusammengesetzten Bimetallstreifen besteht.

Ein Beispiel dieser Art bildet der neue Einphasenwechselstromzähler (Type CF 1 der Landis & Gyr, A.-G. in Zug (Fig. 3), bei dem die Temperaturkompensation in Form eines Bimetallspannungs-

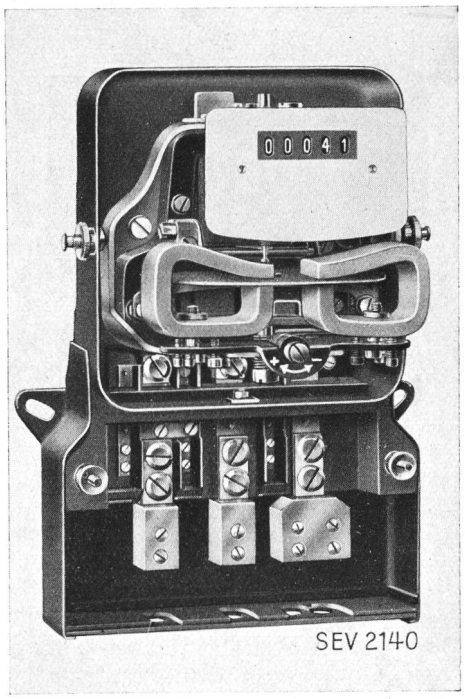

Fig. 3.
Der neue Einphasen-Wechselstromzähler Type CF 1 der Landis & Gyr A.-G.

Gegenpols vorgesehen ist, dessen Lage durch die im Betrieb auftretenden Temperaturschwankungen bestimmt wird. Bei sinkender Temperatur bewegt sich der Bimetall-Spannungsgegenpol auf die Systemscheibe zu, bei steigender Temperatur von ihr weg. Für tiefere Temperatur muss die Bewegung begrenzt werden, um das Berühren der Scheibe zu verhüten. Dies geschieht durch einen Bügel, der zwischen den die Systemscheibe umfassenden Teilen des Spannungseisens angebracht ist.

Ein anderes Beispiel vorzüglicher Temperaturkompensation stellt der neue Hochpräzisionsmesswandlerzähler Type FFP 3 der gleichen Firma dar. Im Gegensatz zu den normalen Zählertypen der Serie F erfolgt die Temperaturkompensation beim Hochpräzisionsmesswandlerzähler mit Hilfe zweier in unmittelbarer Nähe der Magnetluftspalte angebrachten Ansätze aus einer hochwertigen Wärmelegierung. Diese bewirken bei Temperaturerhöhung eine relative Vergrösserung des Bremsmomentes, wodurch die sonst auftretenden Plusfehler kompensiert werden. Bei Temperaturabnahme tritt eine

entsprechende Verringerung des Bremsmomentes ein (Fig. 4).

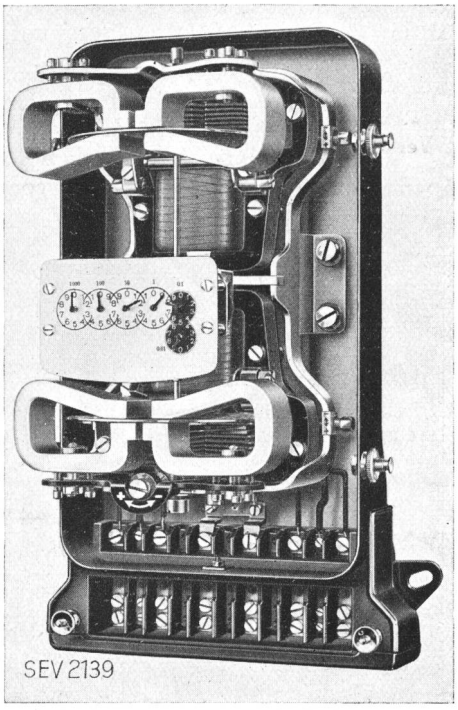

Fig. 4.
Der neue Hochpräzisionsmesswandler-Zähler Type FFP 3 der Landis & Gyr A.-G. für Drehstrom-Dreileiternetze mit verschieden belasteten Phasen.

d) Verbessertes Verhalten mit Bezug auf Temperaturfehler bei niederen Leistungsfaktoren.

Das charakteristische Verhalten unkompensierter Zähler besteht in der Tendenz zu schnellerem Laufen bei steigender Temperatur und $\cos \varphi = 1$. Die gebräuchlichsten Temperaturkompensationseinrichtungen haben bewirkt, dass die Temperaturkurven bei Registrierung in der Nähe des Leistungsfaktors 1 praktisch nahezu horizontalen Verlauf zeigen. Im allgemeinen tendierten die früheren Zähler einerseits bei nacheilendem Leistungsfaktor und zunehmender Temperatur darauf hin, sich langsamer zu drehen und andererseits bei Belastungen mit voreilendem Leistungsfaktor schneller als bei $\cos \varphi = 1$ zu laufen. Während aber auf der einen Seite die Magnetkompensation (Primärfehler) das Verhalten des Zählers bei $\cos \varphi = 1$ verbesserte, machte sich auf der andern Seite die Tendenz bemerkbar, bei nacheilendem Leistungsfaktor die Verhältnisse zu verschlimmern, indem der Phasenwinkel bei gewissen Zählern viel stärker ausgeprägt war als bei andern. In solchen Fällen wurden Kompensationseinrichtungen für die Sekundärfehler vorgesehen, insbesondere bei Mehrphasenzählern, welche im allgemeinen bei niedrigerem Leistungsfaktor arbeiten (Motoren) als Einphasenzähler (Licht, Wärme).

Für die Registrierung von Belastungen bei niedrigem Leistungsfaktor sind Kompensationen für bleibende Aenderungen oder sogenannte Restfehler in Abhängigkeit von der Temperatur bei einigen Fabrikaten durch passend getroffenen Entwurf der magnetischen Kreise, bei andern Fabrikaten durch Zustandebringen des korrigierenden Einflusses beim Widerstand der Spannungswicklung erzielt worden. Das Bestreben ging von Anfang an dahin, den Widerstand der Spannungsspule zu vermindern, um die Wirkung der Temperaturänderungen in ihrem numerischen Werte auf ein Mindestmass herabzusetzen. Eine andere Möglichkeit besteht darin, den Stromspulenfluss zeitlich genügend weit nacheilen zu lassen, um die für den richtigen Zählergang wesentliche Bedingung der 90° Phasenverschiebung zwischen Stromspulen- und Spannungsspulenfluss bei $\cos \varphi = 1$ aufrecht zu erhalten, wenn sich die Phase des Spannungsspulenflusses mit der Temperatur verschiebt. Zu diesem Zweck wird eine 8-förmige Kupferschleife (hoher Temperaturwiderstandskoeffizient) um die beiden Pole des Stromspuleneisens und eine Schleife aus beispielsweise phonoelektrischer Bronze (kleiner Temperaturkoeffizient) um die Spannungsspulenpole

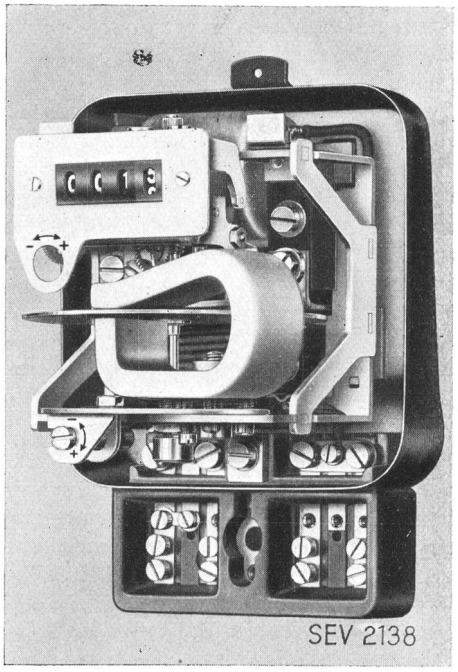

Fig. 5.
Flachkurvenzähler Type CEo der Landis & Gyr A.-G.

als Abgleichwicklung gelegt. Noch eine andere Möglichkeit besteht in der Verwendung kleinerer Drosselspulen in Reihenschaltung mit dem Widerstand der induktiven Abgleichwicklung (auch Verzögerungs- oder Nacheilungsspule genannt). Eine temperaturempfindliche Einlage im Eisenkern der Drosselspule reguliert die Stromstärke und den Phasenwinkel der induktiven Abgleichspule derart, dass die fehlerhafte Phasenverschiebung des Spannungsspulenflusses durch die Systemscheibe bei

Temperaturänderungen korrigiert wird. Durch Anwendung dieser Methoden gelang es, die Registrier- oder Lastkurve bei $\cos\varphi = 0{,}5$ (nacheilend) mit der ausgeglichenen gestreckten Flachkurve bei $\cos\varphi = 1$, die durch die Magnetkompensation erhalten wurde, in gute Uebereinstimmung zu bringen.

Es wurde früher für die Ausführung saisonmässiger Nachregulierungen und Nacheichungen viel Zeit verschwendet, bei welcher Gelegenheit scheinbare Fehler entdeckt wurden; diese «Fehler» müssen wenigstens teilweise den Temperaturdifferenzen zwischen dem Eichzähler und dem Installationszähler zugeschrieben werden. Bei Verwendung moderner Zähler ergibt sich auch daraus ein Zeitgewinn, dass für den tragbaren Eichzähler oder Kontrollzähler die Anwärmeperiode vermieden wird. Auch bei der Laboratoriumseichung eines temperaturkompensierten tragbaren Eichzählers mit Hilfe von anzeigenden Präzisionsinstrumenten, die einen viel kleineren Temperaturkoeffizienten aufweisen als die Induktionszähler, werden Unstimmigkeiten vermieden. Grosse Ersparnisse werden verwirklicht werden können, sobald die hervorragenden, den früheren weit überlegenen charakteristischen Kurven neuzeitlicher Wechselstromzähler, die Permanenz, die Dauerhaftigkeit und Unzerstörbarkeit ihrer Einstellung und die Unabhängigkeit von den Schwankungen der speisenden Stromquellen (Frequenz und Spannung), sowie die praktische Unbeeinflussbarkeit durch Temperaturänderungen der Umgebung die staatlichen Aufsichtsorgane und die Prüfungsvorschriften erlassenden Behörden davon überzeugt haben werden, dass längere Zeitintervalle zwischen den periodisch vorgeschriebenen Nacheichungen als gerechtfertigt erscheinen und infolgedessen gestattet sein sollen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass dank der oben beschriebenen Massnahmen die Minus-Fehler der Wattstundenzähler bei 300 % Nennlast auf ein Viertel oder noch weniger ihres früheren Wertes herabgedrückt worden sind. Dies bedeutet eine unmittelbare Vermehrung der Einnahmen der Elektrizitätswerke, und zwar bei Leistungsbeanspruchungen, die teure Spitzenlasten darstellen. Gleichzeitig sind die Zähler auch bei kleinen Belastungen genau.

Durch die Temperaturkompensation wurden also drei Vorteile erreicht:

1. besteht geringere Einschränkung hinsichtlich des Aufstellungsortes von Zählern, mag es sich nun um Montage im Innern oder im Freien handeln;
2. ist die Messgenauigkeit viel grösser bei allen praktisch in Betracht kommenden Temperaturen;
3. wird die Häufigkeit der nötigen Kontrollen, der Nacheichungen und der Revisionen von Zählern verringert, wenn ein kompensierter Kontrollzähler zum Prüfen eines kompensierten Installationszählers verwendet wird.

Berichtigung. — Rectification.

Wirtschaftliche Angaben über den Verbrauch elektrischer Energie in schweizerischen Haushaltungen im Jahre 1930. Mitgeteilt vom *Sekretariat des VSE*, Zürich. Bull. SEV, Nr. 17, S. 440.

Wir bitten, auf S. 441, Spalte links, 13. Zeile von oben, folgenden Fehler zu berichtigen:

Statt $458 \cdot 10^6 = 570 \cdot 10^6$ kWh muss stehen:

$$\frac{458 \cdot 10^6}{0{,}8} = 570 \cdot 10^6 \text{ kWh.}$$

Literatur. — Bibliographie.

621.3(06)(43) *Nr. 433*

Geschichtstafeln der Elektrotechnik 1881—1931. Zur 50-Jahrfeier der Elektrotechnischen Gesellschaft Frankfurt a. M., zum Gedenktag der ersten Drehstromkraftübertragung Lauffen/Neckar-Frankfurt a. M. und der Internationalen Elektrotechnischen Ausstellung Frankfurt a. M. 1891, zusammengestellt von Prof. Dipl.-Ing. *Sigwart Ruppel.* 127 S., A 5, 23 Tafeln. Verlag: Jul. Springer, Berlin 1931. Preis RM. 6.—, für Mitgl. des VDE RM. 5.—.

Die vorliegende von Prof. Ruppel besorgte Denkschrift ist ein würdiger Teil der grossangelegten Erinnerungsfeier des 50-jährigen Bestehens der Elektrotechnischen Gesellschaft Frankfurt a. M., mit welcher die 40-Jahrfeier der ersten Drehstrom-Kraftübertragung Lauffen—Frankfurt a. M., der Internationalen Elektrotechnischen Ausstellung Frankfurt a. M. und des Internationalen Elektrotechnikerkongresses 1891 zusammenfiel. Die ersten 16 Seiten der Denkschrift behandeln denn auch in meisterhafter, knapper Darstellung diese drei Ereignisse grosser Tragweite. In der Annahme, dass sich unsere schweizerischen Leser dafür besonders interessieren, entnehmen wir dem Werk die Daten der *Kraftübertragung Lauffen—Frankfurt*, gebaut von der AEG und der Maschinenfabrik Oerlikon.

19. 6. 1890: Schreiben O. v. Miller an Rathenau, Vorschlag der Kraftübertragung.
4. 7. 1890: Zustimmung der Firmen.
6. 12. 1890: Konferenz in München, Einigung in den Hauptpunkten.
24. 1. 1891: Versuchsanlage in Oerlikon.

Kraftquelle: Niederdruckturbinen der Portlandzementfabrik in Lauffen — 42 000 l/s — 3,87 m Gefälle — 2000 PS. Wirkungsgrad 75 %, 1500 eff. PS. Von diesen 1500 PS sind 1296 in fünf Turbinen der Turbinenfabrik Geislingen nutzbar gemacht. Eine von diesen mit 300 PS zum Betrieb der Primär-Dynamomaschinen. Turbine 35 U/m (Regulator v. I. M. Voith, Heidenheim, für 0—4000 l/s). Dynamo 155 U/m. Direkte Uebertragung durch Winkelräderpaar.

Primärstation: Dynamomaschine von Oerlikon. 3 Phasendrehstrom, je 50 V, 1400 A, 40 Per/s. Statorwicklung einfach, $3 \times 32 = 96$ Stäbe von 29 mm Durchmesser. Magnetfeld rotierend, 32 Pole, — eine Erregerspule. Magnetpole abwechselnd ineinandergreifend. 2 Oeltransformatoren der AEG (Blechgehäuse), 3 mal 2 Spulen übereinander; Uebersetzung 1 : 160, also 55/8800V. 1 Oeltransformator von Oerlikon (Gusseisengehäuse) 150 kW, Uebersetzung 1 : 155.

Leitung: 175 km, 4-mm-Kupferdraht, insgesamt 530 km, 60 000 kg von F. A. Hesse Söhne in Heddernheim leihweise zur Verfügung gestellt. 3200 Stangen, 8,5—10 m hoch, 60 m Spannweite (von der Reichspostverwaltung und der Württemberg. Telegraphendirektion). Isolatoren mit Oelfüllung, zwei Sorten 230×220 und 100×100 (von H. Schomburg & Söhne, Berlin). Beim Betrieb wurden nur fünf Isolatoren unbrauchbar, Prüfspannung 30 000 V. Zunächst der Primärstation in Lauffen waren Schmelzsicherungen im Freien angebracht. Jeder Leitungsdraht durch ein Paar Kupferdrähte von 0,15 mm Durchmesser und 2,5 m Länge ersetzt. Diese Drähte schmolzen beim Kurzschliessen. In der Ausstellung und auf allen zwischenliegenden Eisenbahnstationen winkel-