Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens
Herausgeber: Association suisse des électriciens
Band: 25 (1934)
Heft: 14

Artikel: Auslösebürde und Ueberstromziffer von Stromwandlern
Autor: Billig, Ernst
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1056563

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: 22.08.2025

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

men. Der Baustahl muss möglichst geringe Tendenz zum Rosten aufweisen.

Ein Universalanstrichmittel gibt es nicht. Bei jedem Einzelfall überlege man, welche Beanspruchungen zu erwarten sind, und treffe darnach die Auswahl. Von wesentlichem Einfluss auf die Haltbarkeit ist die sachgemässe Ausführung der Anstriche. Nur auf sorgfältig entrostetem und gereinigtem Eisen kann man ein gutes Haftvermögen erwarten. Während des Trocknens darf der Film weder durch grelle Sonne noch durch Schlagregen in seiner Entwicklung gestört werden.

Aus den bisherigen Versuchen können vorläufig etwa folgende Schlüsse gezogen werden:

Bitumenlacke, direkt auf Eisen gestrichen, halten sich bei pendelnder Beanspruchung und dauernd unter Wasser gut, vorausgesetzt, dass sie nicht zu spröde sind und hinreichend dick aufgestrichen werden. In der Sonne kreiden sie ab, wenn nicht eine Deckschicht mit Aluminiumpigment die Strahlen abhält. Auf Mennigegrundierung besteht die Gefahr der Rissbildung, die durch eine Sperrschicht aus Nitrocelluloselack nicht behoben wird. Die Qualität des verwendeten Bitumens ist für die Haltbarkeit der Anstriche natürlich von ausschlaggebender Bedeutung. Sie kann nur durch technologische Prüfungen festgestellt werden. Da Bitumenlacke meist giftig wirkende flüchtige Anteile enthalten, so ist bei deren Verarbeitung für gute Lüftung zu sorgen.

Wo mit starken mechanischen Beanspruchungen zu rechnen ist, leisten *Heissbitumenmassen* gute Dienste. Sie geben dicke und stossfeste Ueberzüge. Zur Verbesserung der Haftfestigkeit grundiere man mit einem Bitumenlack vor. Die Auftragsweise bringt es mit sich, dass sie vorzugsweise für grosse, zusammenhängende Flächen in Betracht kommen. Für Gitterkonstruktionen eignen sie sich nicht.

Einen ähnlichen Anwendungsbereich finden *Bitumenemulsionen.* Sie besitzen den grossen Vorteil, dass man sie auf nasses Eisen streichen darf, ohne spätere Unterrostungen befürchten zu müssen. Durch Zusatz von Faserasbest und Zement lassen sich stossfeste Ueberzüge erzielen, die doch noch genügend Dehnbarkeit haben, den Bewegungen des Eisens zu folgen. Weder bei Heissbitumenmassen, noch bei Bitumenemulsionen haben wir bei der Bewitterung die Aderbildung beobachtet, wie bei vielen Bitumenlacken.

Mit einem wasserfesten *Kunstharzlack* haben wir unter den verschiedensten Beanspruchungen gute Resultate erzielt. Die Anstriche sind von bemerkenswerter Härte, ohne spröde zu werden. Da die Schichtdicke gering ist, kommt dieser Anstrichstoff auch für Gitterkonstruktionen in Frage. Er muss aber bei gutem Wetter aufgetragen werden, braucht mehr als acht Tage zur völligen Durchtrocknung und kommt nur silbergrau pigmentiert in den Handel.

Die *Oelfarben* bewähren sich im Wetter nur, wenn eine Grundierung mit basischen Bleifarben die Unterrostung verhindert. Anstriche, die sich ganz oder vorzugsweise im Wasser befinden, müssen einen wasserfesten Deckanstrich (Bitumen, Kunstharz) bekommen, damit das Eindringen des Wassers gehemmt wird.

Die bisherigen Ergebnisse über die Eignung der verschiedenen Grundierungen und den Anstrichaufbau reichen noch nicht hin, um endgültige Schlussfolgerungen zu ziehen. Es ist geplant, die Versuche fortzusetzen, um in dieser Richtung Klarheit zu schaffen.

Die Untersuchungen wurden in der Kommission 15 des SVMT besprochen und mit finanzieller Unterstützung des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke und des Verbandes Schweizerischer Farben- und Lackfabrikanten und -händler durchgeführt, denen wir daher zu Dank verpflichtet sind. Den beteiligten Werken und speziell den Herren Dr. Oertli (BKW) und Ing. Bindschedler (NOK) sei für die tatkräftige Mithilfe bei Organisation, Durchführung und Auswertung der Versuche besonders gedankt. Nur durch gemeinsame Arbeit war es möglich, ein objektives Bild vom Verhalten der Anstriche unter den verschiedenen Bedingungen zu gewinnen.

Auslösebürde und Ueberstromziffer von Stromwandlern*).

Von *Ernst Billig,* Berlin.

621.314.224.08

In vorliegender Arbeit wird gezeigt, nach welchen Gesichtspunkten Wandler zu bauen sind, wenn sie bestimmte Werte von Auslösebürde oder Ueberstromziffer treffen sollen. Es wird eine einfache Methode für die Vorausberechnung dieser Grössen angegeben, die auch dem Betriebsmann Anhaltspunkte für die Belastbarkeit seiner Wandler liefern bzw. ihm eine Kontrolle gestatten soll, inwieweit die Wandler den an sie gestellten messtechnischen Anforderungen bei Kurzschluss genügen.

L'auteur expose comment il faut construire les transformateurs d'intensité lorsqu'ils doivent remplir des conditions déterminées quant à la charge de déclenchement et aux surintensités. Une méthode simple permet de prédéterminer ces valeurs. Cette méthode fournit à l'exploitant des indications sur la charge qu'il peut imposer à ses transformateurs de mesure et lui permet de contrôler jusqu'à quel point les transformateurs répondent aux exigences des mesures lors de courts-circuits.

Einleitung.

Durch die Regeln des VDE für Wandler (REW/1932) sind zwei neue Begriffe eingeführt worden, welche die Eignung der Stromwandler für Auslösezwecke betreffen: Es soll angegeben werden, unter welchen Umständen der Sekundärstrom dem primären nicht mehr folgen kann, also eine wesentliche Abweichung desselben von seinem Sollwert eintritt. Ein solches Abfallen des Sekundärstromes

*) Eingegangen am 28. August 1933.

ist zu erwarten, wenn durch irgendwelche Umstände der Eisenkern des Wandlers stark gesättigt wird. Es muss dann ein verhältnismässig grosser Anteil des Primärstromes für die Magnetisierung aufgewendet werden, der für die Uebertragung auf die Sekundärseite verloren geht. Wie aus dem Ersatzbild des Stromwandlers Fig. 1 hervorgeht, tritt eine derartige Sättigung dann ein, wenn die Spannung an der Bürde zu hoch wird, also bei zu grosser Bürde oder bei zu grossem Strom. Diesen beiden Betriebsfällen entsprechen die neu eingeführten Begriffe Auslösebürde und Ueberstromziffer.

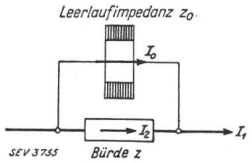

Fig. 1.
Ersatzbild des Stromwandlers.

I. Auslösebürde.

A. Definition und allgemeine Beziehungen.

Nach den REW/1932 ist «die Auslösebürde die an die Sekundärwicklung anschliessbare Bürde, bei der bei Nennstrom ohne Rücksicht auf den Fehlwinkel der Stromfehler 10 % ist, wenn ihr Leistungsfaktor $\cos\beta = 0{,}6$ beträgt». Fig. 2 zeigt das entsprechende Vektordiagramm für die Grundwellen von Strom und Spannung, das streng genommen nur für normale Wandler gültig ist, angenähert aber auch für viele der üblichen Kunstschaltungen, wie z. B. die bekannte «Gegenmagnetisierung» [1]:

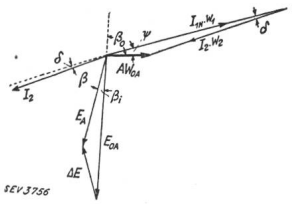

Fig. 2.
Stromwandlerdiagramm für Auslösung.

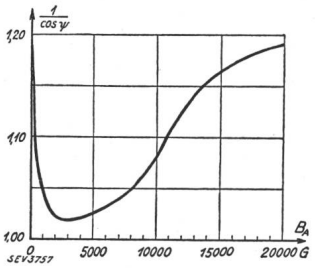

Fig. 3.
Korrekturfaktor für Bestimmung der Auslösebürde.

Der Wandler ist primär mit seinem Nennstrom I_{1N} belastet, der Sekundärstrom I_2 eilt der Klemmenspannung E_A um den Winkel $\beta = 53°10'$ nach (entsprechend $\cos\beta = 0{,}6$). Der Stromfehler ist $f = -10$ %, d. h. die magnetisierenden Ampèrewindungen würden bei Phasengleichheit zwischen Primär- und Sekundärstrom ein Zehntel der primären AW betragen, wenn der Wandler mit seiner theoretischen Windungszahl ausgeführt wäre. Weicht jedoch sein Windungsverhältnis $\ddot{u}_w = \frac{w_2}{w_1}$ von der Nennübersetzung $\ddot{u}_N$ ab, d. h. ist der Wandler um

$$a = 100 \cdot \left(1 - \frac{\ddot{u}_w}{\ddot{u}_N}\right)\%_0 \qquad (1)$$

abgeglichen oder besteht zwischen Primär- und Sekundärstrom eine gewisse Phasenverschiebung, so werden die magnetisierenden AW des Wandlers entsprechend mehr betragen, und zwar

$$AW_{0A} = \frac{1}{\cos\psi} \cdot \left(1 + \frac{9\,a}{100}\right) \cdot \frac{I_{1N} \cdot w_1}{10}.\ ^{2)} \qquad (2)$$

Der Winkel ψ zwischen Magnetisierungs- und Primärstrom ist hierbei

$$\psi = \beta_0 - (\beta + \vartheta + \beta_i).$$

Vernachlässigt man Fehlwinkel ϑ und inneren Phasenwinkel β_i der Sekundärwicklung, dann wird $\psi \approx \beta_0 - \beta = \beta_0 - 53°10'$, ebenso wie der Leerlaufwinkel β_0 nur von der Induktion B_A des Eisenkernes abhängig. Fig. 3 zeigt den Faktor $\frac{1}{\cos\psi}$ der Gl. 2 in Abhängigkeit von der Induktion für das gebräuchliche Stromwandlerblech DIN VDE 6400, Qual. IV, Stärke 0,5 mm.

B. Vorausberechnung.

Ist der Wandler mit seiner Auslösebürde z_A (einschliesslich der Eigenimpedanz seiner Sekundärwicklung) belastet, so beträgt seine Auslöseleistung

$$P_A = \left(\frac{I_{1N}}{\ddot{u}_N}\right)^2 \cdot z_A.$$

Berücksichtigt man die Definitionsgleichung 1 sowie den Stromfehler

$$f = 100 \cdot \left(\frac{I_2 \cdot \ddot{u}_N}{I_{1N}} - 1\right)\%_0, \qquad (3)$$

so erhält man für

$$P_A = \frac{1 - \frac{a}{100}}{1 + \frac{f_A}{100}} \cdot \frac{w_1}{w_2} \cdot E_{0A} \cdot I_{1N}.\ ^{3)}$$

Andererseits kann man für die spezifische Erregerleistung des Wandlers (Scheinleistungsaufnahme für die Magnetisierung von 1 kg Eisen bei Auslösung) schreiben:

$$\frac{P_{0A}}{G} = \frac{AW_{0A}}{w_2} \cdot \frac{E_{0A}}{G}.$$

Es wird also

$$\frac{P_A}{G} = \frac{1 - \frac{a}{100}}{1 + \frac{f_A}{100}} \cdot \frac{I_{1N}\, w_1}{AW_{0A}} \cdot \frac{P_{0A}}{G}.$$

[1]) Nicht dagegen für Stufenwandler und ähnliche Schaltungen, bei denen ein Teil des Magnetisierungsstromes von einem Hilfskern oder einer fremden Spannungsquelle entnommen wird.

[2]) Der Index A gilt für Auslösebürde, $\varkappa$ für Ueberstrom, N für Nennstrom, O für Leerlaufströme bzw. induzierte Spannungen.

[3]) In der Sekundärwicklung muss eine Spannung $E_{0A} = I_2 \cdot z_A$ induziert werden.

Nach Gl. 2 verhalten sich die Ampèrewindungen

$$I_{1N}\, w_1 : \mathrm{AW}_{oA} = 10 \cos \psi : \left(1 + \frac{9\,a}{100} \right);$$

setzt man ferner $f_A = -10\,\%$ und nimmt im Mittel eine Abgleichung von etwa $a = 0{,}5\,\%$ an, so wird

$$\frac{P_A}{G} = 10{,}6 \cdot \cos \psi \cdot \frac{P_{oA}}{G}. \qquad (4)$$

Die Auslöseleistung steht also in einem gewissen Verhältnis zur Erregerleistung, ebenso nach Gl. 2 die primäre Magnetisierung des Eisenkernes zur effektiven:

$$\frac{I_{1N}\, w_1}{l} = 9{,}57 \cdot \cos \psi \cdot \frac{\mathrm{AW}_{oA}}{l}. \qquad (5)$$

Bei Auslösung beträgt die nach aussen abgegebene Leistung des Wandlers ungefähr das Zehnfache und die primäre AW-Zahl ungefähr das Neunfache der für seine eigene Erregung benötigten.

Für die Vorausberechnung der Auslösebürde geht man am besten von einer beliebigen Induktion B_A aus, entnimmt aus der Magnetisierungskurve die entsprechende Magnetisierung AW_{OA}/l sowie die spezifische Erregerleistung P_{OA}/G und bestimmt nach Gl. 4 und 5 die zugehörigen Werte der Auslöseleistung P_A/G sowie der primären Magnetisierung $I_{1N} \cdot w_1/l$. Unter Zugrundelegung der Magnetisierungskurve für normales Stromwandlerblech (Fig. 4, Erregung mit sinusförmiger Spannung!) erhält man auf diese Art für die Auslösebürde eine Kurve nach Fig. 5.

Diese Art der Darstellung — spezifische Belastbarkeit pro kg Eisengewicht in Abhängigkeit von der primären Magnetisierung pro cm Kraftlinienlänge — eignet sich wegen ihrer Uebersichtlichkeit und Einfachheit in besonderem Masse für magnetische Untersuchungen von Wandlern [4]). Man kann also aus den Hauptdaten: Nenn-AW-Zahl, Kerngewicht und mittlere Kraftlinienlänge sofort die Auslöseleistung bestimmen; nach Abzug des Eigenverbrauches der Sekundärwicklung erhält man dann die an die Klemmen anschliessbare Auslösebürde.

C. Messung.

Eine direkte Messung der Auslösebürde — Zuschaltung von Belastungsimpedanzen mit $\cos \beta = 0{,}6$, so lange, bis der Stromfehler 10 % beträgt — ist sehr zeitraubend. Man kann statt dessen den Wandler zweckmässigerweise bei offener Primärwicklung von der Sekundärseite aus bei sinusförmiger Spannung mit einem Strome vom Effektivwert

$$I_{o2} = \frac{1}{\cos \psi} \cdot \left(1 + \frac{a}{10} \right) \cdot \frac{I_{2N}}{10} \qquad (6)$$

erregen. Aus der hierbei abgelesenen Klemmenspannung E_{OA} ergibt sich durch Division mit dem im Betriebsfalle auftretenden Sekundärstrom 0,9 I_{2N} nach Abzug der Wicklungsimpedanz z_i die anschliessbare Auslösebürde.

II. Ueberstromziffer.

A. Definition und allgemeine Beziehungen.

Nach den REW/1932 ist «die Ueberstromziffer $\varkappa$ das Vielfache des Nenn-Primärstromes, bei dem bei Nennbürde ohne Rücksicht auf den Leistungsfaktor der Stromfehler 10 % beträgt». Für die Auslegung ist also mit dem ungünstigsten Falle zu rechnen, d. h. mit Phasengleichheit zwischen Primär- und Sekundärstrom (Fig. 6). Der Primärstrom beträgt $\varkappa \cdot I_{1N}$, der Magnetisierungsstrom bei Ausführung mit der theoretischen Windungszahl ein Zehntel davon, bei Abgleichung um a % hingegen

$$\mathrm{AW}_{o\varkappa} = \left(1 + \frac{9\,a}{100} \right) \cdot \varkappa \cdot \frac{I_{1N} \cdot w_1}{10}. \qquad (7)$$

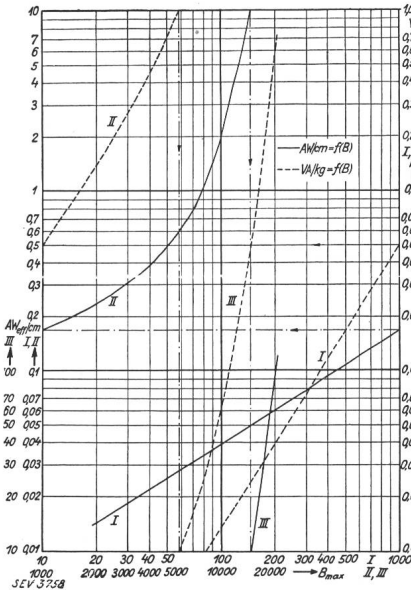

Fig. 4.
Magnetisierungskurve von Stromwandlerblech DIN VDE 6400 bei Erregung mit sinusförmiger Spannung.

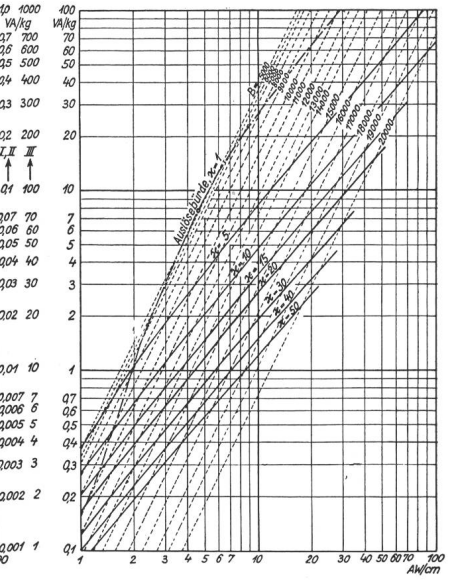

Fig. 5.
Spezifische Belastbarkeit normaler Stromwandler für Auslösung bzw. für verschiedene Ueberstromziffern in Abhängigkeit von der primären Magnetisierung.

B. Vorausberechnung.

Ist der Wandler mit seiner Nennbürde z (einschliesslich der Eigenimpedanz der Sekundärwicklung) belastet, so beträgt bei Nennstrom seine Sekundärleistung

[4]) Vgl. auch: E. Billig, Zur Vorausberechnung der Fehler von normalen Stromwandlern, ETZ 1933, S. 374.

$$P_N = \left(\frac{I_{1N}}{\ddot{u}_N}\right)^2 \cdot z = \frac{1 - \frac{a}{100}}{1 + \frac{f_N}{100}} \cdot \frac{w_1}{w_2} \cdot E_{oN} \cdot I_{1N}.$$ [5])

Andererseits nimmt der Kern bei $\varkappa$fachem Ueberstrom und Belastung mit seiner Nennbürde eine Scheinleistung

$$P_{o\varkappa} = \frac{AW_{o\varkappa}}{w_2} \cdot E_{o\varkappa} = \frac{1 + \frac{f_\varkappa}{100}}{1 + \frac{f_N}{100}} \cdot \varkappa E_{oN} \cdot \frac{AW_{o\varkappa}}{w_2}$$

auf.

Aus den letzten beiden Gleichungen ergibt sich mit $f_x = -10\,\%$ und $a = 0{,}5\,\%$ sowie mit $I_{1N} w_1 : AW_{0\varkappa} = \frac{10}{\varkappa} : \left(1 + \frac{9\,a}{100}\right)$

$$\frac{P_N}{G} = \frac{10{,}6}{\varkappa^2} \cdot \frac{P_{o\varkappa}}{G}. \qquad (8)$$

Es ist hierdurch also eine Beziehung zwischen der Ueberstromziffer $\varkappa$, der spezifischen Leistung bei Nennstrom P_N/G sowie der spezifischen Erregerleistung für Magnetisierung des Eisens $P_{o\varkappa}/G$ bei Ueberstrom gefunden. Ebenso ergibt sich nach Gl. 7 zwischen der primären Magnetisierung bei Nennstrom und der effektiven Magnetisierung bei Ueberstrom die Beziehung

$$\frac{I_{1N} w_1}{l} = \frac{9{,}57}{\varkappa} \cdot \frac{AW_{o\varkappa}}{l} \qquad (9)$$

Aehnlich wie bei der Auslösebürde geht man bei Berechnung der Ueberstromziffer am besten von einer beliebigen Induktion B_x aus und erhält aus den entsprechenden Werten AW_{0x}/l und P_{0x}/G unter Zugrundelegung einer beliebigen Kennziffer $\varkappa$ aus den Gl. 8 und 9 die zugehörigen Werte der Nennleistung sowie der primären Magnetisierung. In Fig. 5 sind die entsprechenden Kurven für die Ueberstromziffern $\varkappa = 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50$ angegeben, aus denen bei gegebener primärer Magnetisierung und spezifischer Belastung die entsprechende Kennziffer zu entnehmen ist. Die Kurve für die Auslösebürde entspricht dabei in ihrem oberen Teil (oberhalb des Berührungspunktes mit der Induktionsgeraden von maximaler Permeabilität) etwa der Kennziffer $\varkappa = 1$, da ja bei Belastung mit der Auslösebürde schon bei Nennstrom der Stromfehler 10 % ist.

C. Messung.

Die direkte Messung macht — besonders bei hoher Ueberstromziffer — noch grössere Schwierigkeiten als die der Auslösebürde, da der Wandler durch die Messung leicht in thermischer Hinsicht gefährdet wird; dagegen kann auch die Ueberstromziffer auf indirektem Wege durch eine Leerlaufmessung bei Erregung mit sinusförmiger Spannung bestimmt werden, und zwar wird zweckmässigerweise wieder von der Sekundärseite aus erregt, während die Primärseite offen bleibt. Die einzustellende Spannung ergibt sich aus folgender Ueberlegung: Bei Ueberstrom wird in der Sekundärwicklung eine Spannung

$$E_{o\varkappa} = \left(1 + \frac{f_\varkappa}{100}\right) \cdot \frac{\varkappa I_{1N}}{\ddot{u}_N} \cdot z$$

induziert, die ebenso wie der zugehörige Erregerstrom nach Gl. 7 proportional der Kennziffer ist; das Verhältnis von Strom und Spannung bleibt mithin von derselben unabhängig. Man hat also den Wandler so weit zu erregen, bis das Verhältnis von aufgedrückter Spannung zu aufgenommenem Strom

$$\frac{E_{o\varkappa}}{I_{o2}} = \frac{9\,z}{1 + 0{,}1\,a} \qquad (10)$$

beträgt. Aus den hierbei abgelesenen Werten I_{O2} und $E_{O\varkappa}$ ergibt sich dann die Kennziffer zu

$$\varkappa = \frac{10}{1 + 0{,}1\,a} \cdot \frac{I_{o2}}{I_{2N}} \qquad (11)$$

oder

$$\varkappa = \frac{E_{o\varkappa}}{0{,}9 \cdot I_{2N} \cdot z}. \qquad (12)$$

Fig. 7 stellt dieses Verfahren graphisch dar.

Bei Leerlauf wird der Zusammenhang zwischen Strom und Spannung durch die Magnetisierungskurve bestimmt. Andererseits muss bei gegebener Bürde die durch die Gerade dargestellte Bedingungsgleichung 10 erfüllt sein. Es liegt also der der Ueberstromziffer entsprechende Punkt P auf dem Schnittpunkt der Geraden mit der Magnetisierungskurve. Bei der Messung bewegen wir uns längs der Magnetisierungskurve aufwärts, bis das durch Gl. 10 gegebene Verhältnis zwischen Spannung und Strom erreicht ist.

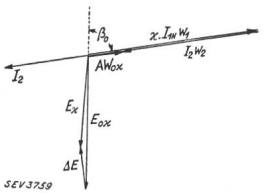

Fig. 6.
Stromwandlerdiagramm für Ueberstrom.

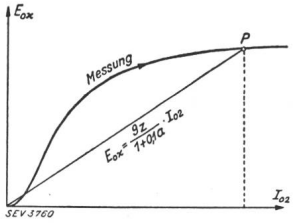

Fig. 7.
Leerlaufmessung der Ueberstromziffer.

Am folgenden Beispiel soll die Bestimmung der Auslösebürde und der Ueberstromziffer gezeigt und mit der Messung verglichen werden.

Beispiel:

Wickelwandler für 45 kV;
Nennübersetzung $\ddot{u}_N = 50/5$ A;
Nennbürde $z = 4$ Ohm in Klasse F;
Eisenkern: Hochlegiertes Dynamoblech Qualität IV, Stärke 0,5 mm;
Kerngewicht $G = 18{,}7$ kg; Abgleichung $a = 1{,}46\,\%$;
Primäre Magnetisierung 16,1 AW/cm;

[5]) Hierbei wird in der Sekundärwicklung eine Spannung $E_{oN} = I_2 \cdot z$ induziert.

Impedanz der Sekundärwicklung $z_i = 1{,}91$ Ohm (an Hand vorliegender Daten geschätzt);

Grösstmögliche Gesamtbürde $z = 4 + 1{,}91 = 5{,}91$ Ohm oder 148 VA;

Spezifische Belastung bei Nennstrom $\frac{P_N}{G} = \frac{148}{18{,}7} = 7{,}91$ VA/kg.

I. Vorausberechnung.

Aus Fig. 5 lesen wir bei 16,1 AW/cm eine Auslöse-Induktion $B = 9400$ Gauss und eine spezifische Auslöseleistung von 50 VA/kg ab, das sind insgesamt 935 VA oder 37,4 Ohm. Ferner finden wir für eine spezifische Belastung von 7,91 VA/kg eine Kennziffer $\varkappa = 11{,}0$ bei einer Ueberstrominduktion $B_\chi = 16\,000$ Gauss.

II. Indirekte Messung [6]).

a) Auslösebürde.

Aus Fig. 3 entnehmen wir zu $B_A = 9400$ den Faktor $\frac{1}{\cos\psi} = 1{,}074$. Nach Gl. 6 erregen wir also bei offener Primärwicklung von der Sekundärseite aus mit sinusförmiger Spannung, bis der Erregerstrom $I_{02} = 1{,}074 \cdot \left(0{,}1 + \frac{1{,}46}{100}\right) \cdot 5 = 0{,}615$ A beträgt. Die gleichzeitig am Voltmeter abgelesene Spannung beträgt $E_{oA} = 141{,}5$ V. Wir erhalten also insgesamt $\frac{141{,}5}{0{,}9 \cdot 5} = 31{,}45$ Ohm. Nach Abzug der Impedanz der Sekundärwicklung ergibt sich die Auslösebürde zu etwa 30 Ohm.

[6]) Die Messungen wurden ebenso wie die Entwicklung der ganzen Berechnungsweise vom Verfasser im Laboratorium der AEG-Transformatorenfabrik, Berlin, durchgeführt.

b) Ueberstromziffer.

Nach Gl. 10 ist zwischen Spannung und Strom ein Verhältnis $\frac{E_{o\chi}}{I_{o2}} = \frac{9 \cdot 5{,}91}{1 + 0{,}1 \cdot 1{,}46} = 46{,}5$ Ohm einzustellen. Es wird also der Wandler von der Sekundärseite mit sinusförmiger Spannung erregt, bis dieses Verhältnis erreicht ist. Dies ist bei $E_{o\chi} = 269$ V und $I_{02} = 5{,}79$ A der Fall. Die Ueberstromziffer beträgt also $\varkappa = \frac{10}{1 + 0{,}1 \cdot 1{,}46} \cdot \frac{5{,}79}{5} = 10{,}1$. Die Abweichung der Leerlaufmessungen von den vorausberechneten Werten der Auslösebürde (37,4 anstatt 31,45 Ohm) und der Ueberstromziffer (11,0 anstatt 10,1) erklärt sich aus der Verschiedenheit des verwendeten und des der Berechnung zugrundegelegten Stromwandlerbleches (vergleiche die beiden Leerlaufmessungen mit den Werten der Normalkurve Fig. 4!).

III. Direkte Messung der Ueberstromziffer.

Zur Kontrolle wurde noch eine direkte Messung der Kennziffer derart vorgenommen, dass bei Belastung des Wandlers mit seiner Nennbürde von 4 Ohm, $\cos\beta = 0{,}5$ der Primärstrom soweit gesteigert wurde, bis der — mit Normalampèremetern gemessene — Stromfehler 10 % betrug. Dies war bei $I_1 = 632$ A der Fall. Der Sekundärstrom betrug hierbei $I_2 = 56{,}9$ A. Das entspricht einer Ueberstromziffer $\varkappa = \frac{632}{50} = 12{,}6$. Dieser Wert liegt höher als der indirekt gemessene (10,1), da einerseits der der Leerlaufmessung zugrunde gelegte Wert der Sekundärstreuung ($x_i = 1{,}80$ Ohm) nicht genau mit dem tatsächlichen übereinstimmt, andererseits bei der direkten Messung nur eine Bürde mit $\cos\beta = 0{,}5$ zur Verfügung stand, bei der der Extremfall der Phasengleichheit zwischen Primär- und Sekundärstrom noch nicht auftrat, die Messung also eine etwas zu günstige Kennziffer ergab.

Vom Bannalpwerk.

621.311(494)

In Nr. 7 des Bulletin haben wir unsern Lesern über die Angelegenheit des Bannalpwerkes in Nidwalden berichtet und die Stellungnahme des VSE zu dieser Frage bekanntgegeben. Leider hat sich dann die Landsgemeinde doch für den Bau dieses Werkes ausgesprochen, so dass nun zu erwarten wäre, dass dieses weder technisch noch wirtschaftlich durchstudierte und jedenfalls sehr teure Werk zur Ausführung kommen sollte. Immerhin hat sich die Sachlage in Nidwalden seither insofern geändert, als zwei grosse Gemeinden ihre Verträge mit den bisherigen Energielieferanten wieder erneuert haben, so dass dem neuen Werk nun nicht einmal mehr der Absatz für seine Energie gesichert und damit die Wirtschaftlichkeit des Werkes unmöglich erscheint, denn die noch verbleibenden Gemeinden können höchstens noch 200 000 Fr. Jahreseinnahmen bringen, während sogar nach dem bekanntlich ungenügend berechneten Projekt der Initianten die Jahresausgaben mit 330 000 Fr. veranschlagt sind. Es ist daher anzunehmen, dass die ganze Angelegenheit noch einmal frisch studiert werden muss, und es ist nur zu hoffen, dass schliesslich doch die Einsicht in die wirtschaftlichen Bedingungen eines solchen Unternehmens den Ausschlag geben werden, wenn sich die für die Finanzierung massgebenden Instanzen ihrer grossen Verantwortung voll bewusst werden. *Das Generalsekretariat.*

Die Entwicklung der schnellschaltenden Schutzsysteme in Amerika, Deutschland, England, Frankreich.

Von *R. Schimpf*, Berlin.

621.316.925

(Fortsetzung von S. 341 und Schluss.)

Schaltungen mit Freigabestrom (Freigabesysteme).

Während, wie wir eben sahen, Sperrsysteme stets dann fehlerhaft bei aussenliegendem Kurzschluss auslösen können, wenn die Hilfsleitung gestört ist, geschieht dies bei den Freigabesystemen nicht. Für den Betrieb ist nichts schlimmer, als wenn bei einem Kurzschluss mehr Schalter fallen, als zum Abtrennen der Kurzschlußstelle nötig sind. Viel leichter kann es in Kauf genommen werden, dass bei Ausfall der Hilfsleitung einmal ein verzögertes Abschalten erfolgt, da es immer noch selektiv ist. Zudem kommt das verzögerte Auslösen beim Freigabesystem viel seltener vor als das Zuvielabschalten beim Sperrsystem. (Sind 10 Strecken eines Netzes mit dem Sperrsystem ausgerüstet und ist bei