Problematische Stromwandler-Typenprüfung : der "Factor of Construction" Fc : was ist das eigentlich?

Autor(en): **Korponay, Miklos E.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens, de l'Association des Entreprises électriques suisses**

Band (Jahr): **87 (1996)**

Heft 1

PDF erstellt am: **24.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-902286

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Die neue internationale Norm IEC 44-6 schreibt für Stromwandler der Typen TPX, TPY und TPZ die Messung (Typenprüfung) des sogenannten Konstruktionsfaktors F_c (engl.: factor of construction) vor und verlangt dessen Angabe auf dem Leistungsschild, falls der Messwert über 1,1 liegt. Die damit zusammenhängende Streureaktanz von Stromwandlern hängt aber nicht nur von deren Konstruktion, sondern auch stark von der momentanen Betriebsinduktion ab, so dass ein gegebener Wandler nicht mit einem eindeutigen Wert für F_c charakterisiert werden kann. Der vorliegende Aufsatz behandelt die theoretischen Grundlagen des Konstruktionsfaktors und bringt Lösungsvorschläge zu den aufgeworfenen Fragen.

Problematische Stromwandler-Typenprüfung

Der «Factor of Construction» F_c – was ist das eigentlich?

■ Miklos E. Korponay

Obschon Leistungstransformatoren, Spannungswandler und Stromwandler nach dem gleichen (Transformator-)Prinzip funktionieren, zeigen letztere ein grundsätzlich verschiedenes Betriebsverhalten. Im Gegensatz zu den Leistungstransformatoren und Spannungswandlern fühlen sich Stromwandler um so wohler, je «satter» sie sekundärseitig kurzgeschlossen sind. Aus physikalischen Gründen sind bei Stromwandlern auch die Streureaktanzverhältnisse anders als bei den übrigen Transformatoren. Ihre Streureaktanz hängt nicht nur von der Konstruktion, sondern in grossem Masse auch von der aktuellen Betriebsinduktion ab. Dies hat Konsequenzen bei der Auslegung von Stromwandlern, welchen aber leider bei der Normung zuwenig Rechnung getragen wurde.

Solche Probleme zeigen sich insbesondere im Zusammenhang mit der Norm IEC 44-6. Als Ergänzung zum existierenden Standard IEC 185 für Stromwandler wurde sie im Jahre 1992 als neuer Standard für das transiente Verhalten von Stromwandlern rechtskräftig. Dieses Dokument enthält eine grosse Anzahl neuer Definitionen, die aber vielfach nur kurz oder teilweise sogar schlecht beschrieben werden. Dadurch wird die Anwendung des Standards erschwert, und Fehlinterpretationen führen in der Praxis häufig zu überhöhten Kosten.

Eine zentrale Grösse in dieser Norm ist der *Factor of Construction* F_c, welcher auf Deutsch *Konstruktionsfaktor* F_c genannt wird. Dieser soll die konstruktiv bedingten Einflüsse auf das Übertragungsverhalten berücksichtigen. Er dient als Massstab für die Beurteilung, ob ein Wandler aufgrund der Grösse der sekundären Streureaktanz X_s als sogenannter Niedrigreaktanztyp ($F_c \leq 1{,}1$) oder als Hochreaktanztyp ($F_c > 1{,}1$) gilt.

Nun kann aber der Konstruktionsfaktor für einen Stromwandler nur für einen definierten Betriebszustand ermittelt werden. Die erwähnte Norm IEC 44-6 schreibt jedoch für manche Stromwandlerarten die Angabe eines einzigen Wertes für den Konstruktionsfaktor F_c vor, was vielfach zu Widersprüchen oder anderen Schwierigkeiten führt. Es ist das Ziel dieses Artikels, zu zeigen, wie Hersteller und Anwender von Stromwandlern diese Probleme trotzdem meistern können.

Adresse des Autors:
Miklos E. Korponay, Instrument Transformers IT Consult Korponay, Postfach 104, 5412 Gebenstorf.

Der Niedrigreaktanztyp ist im allgemeinen bevorzugt, weil sein Übertragungsverhalten unter den verschiedensten Betriebsbedingungen im voraus berechnet werden kann. Leider ist die direkte Messung von X_s nicht möglich. Im IEC-Dokument werden Methoden zu seiner indirekten Bestimmung angegeben. Dabei wird aber übersehen, dass X_s, und damit auch F_c, von sehr vielen Faktoren abhängt und somit keine Konstante ist. Deshalb kann für ihn kein einzelner, allein gültiger Wert ermittelt und (gar auf dem Leistungsschild) angegeben werden, wie in der Norm für diverse Wandlertypen verlangt wird.

Die Ermittlung von F_c ist zeitraubend und kostspielig, und das Resultat ist höchst fragwürdig. Andererseits würde eine Änderung des Standards, wenn überhaupt möglich, viele Jahre in Anspruch nehmen. Ein Weg zur Lösung des Problems ist für Anwender – und zu denen gehören Erzeuger, Verteiler, Benützer von elektrischer Energie, Hersteller und Anbieter von Schutzsystemen, Ingenieurbüros, die solche Systeme einsetzen, und viele andere mehr – und Wandlerhersteller die sogenannte Design Review. Ihr Ziel ist die Überprüfung der Wandlerkonstruktion und der zur Reduktion der Streureaktanz getroffenen Massnahmen. Sie soll gemeinsam, das heisst durch den Wandleranwender zusammen mit dem Wandlerhersteller, durchgeführt werden. Was dabei zu beachten ist, wird in diesem Aufsatz beschrieben.

Grundbegriffe für Stromwandler

Bei einem idealen Stromwandler, das heisst bei einem verlustfreien Wandler ohne Streuung und mit Nullbürde nach Bild 1, sind die vom Primärstrom und vom Sekundärstrom erzeugten Flüsse Ψ_p und Ψ_s gleich gross, jedoch einander entgegengerichtet. Ihre Summe, der resultierende Fluss Ψ, ist deshalb Null, weil, um den Sekundärstrom zu treiben, keine Spannung U_s benötigt wird: $\Psi = 0$. Tatsächlich sind es nicht die Ströme I_p und I_s, die für den Fluss massgebend sind, sondern die Amperewindungszahlen $I_p \cdot n_p$ und $I_s \cdot n_s$. Für alle weiteren Betrachtungen wird angenommen, dass $n_s = n_p$ ist. Damit gelten die Gleichungen (1) und (2):

$$I_s = I_p \tag{1}$$

$$\Psi = \Psi_s + \Psi_p = 0 \tag{2}$$

wobei Ψ der resultierende Kernfluss ist.

In der Praxis existiert ein solcher idealer Stromwandler nicht, weil an die Sekundärklemmen immer eine Last (Bürde) R_b angeschlossen wird. Ferner besitzt die Sekundärwicklung einen Widerstand R_{ct}, was bedingt, dass eine EMK E induziert werden muss, um den Sekundärstrom zu bewirken. Damit die notwendige EMK erzeugt wird, kann der resultierende Fluss Ψ nicht mehr Null sein, sondern muss einen endlichen Wert annehmen. Dieser Fluss Ψ wird durch einen Magnetisierungsstrom I_m erzeugt, der von I_p abgezweigt wird und bei I_s fehlt (siehe Bild 2):

$$I_m = I_p - I_s \tag{3}$$

Hinzu kommt, dass nicht alle Feldlinien des Flusses Ψ mit der Sekundärwicklung verkettet sind. Einige von ihnen schliessen sich ausserhalb der Sekundärwicklung und bilden den Streufluss Φ_l. Demnach ist der mit der Sekundärwicklung verkettete Fluss Φ kleiner als der von I_m induzierte Kernfluss Ψ.

$$\Phi = \Psi - \Phi_l < \Psi \tag{4}$$

Die Konsequenz ist, dass in der Sekundärwicklung die von Φ induzierte EMK kleiner ist, als wenn sie von Ψ induziert würde. Die Differenz kommt einem durch I_s an einer fiktiven Induktivität L_σ (der sekundären Streuinduktivität) oder an ihrer Reaktanz X_s (der sekundären Streureaktanz) verursachten Spannungsabfall U_l gleich:

$$U_l = L_\sigma \cdot \omega \cdot I_s = X_s \cdot I_s \tag{5}$$

Die Einführung von X_s bedeutet nichts anderes, als anzunehmen, Ψ sei komplett mit der Sekundärwicklung verkettet und die Streuung durch die Reihenschaltung von X_s zu R_{ct} und R_b zu berücksichtigen (siehe Bild 3). Diese Annahme ist not-

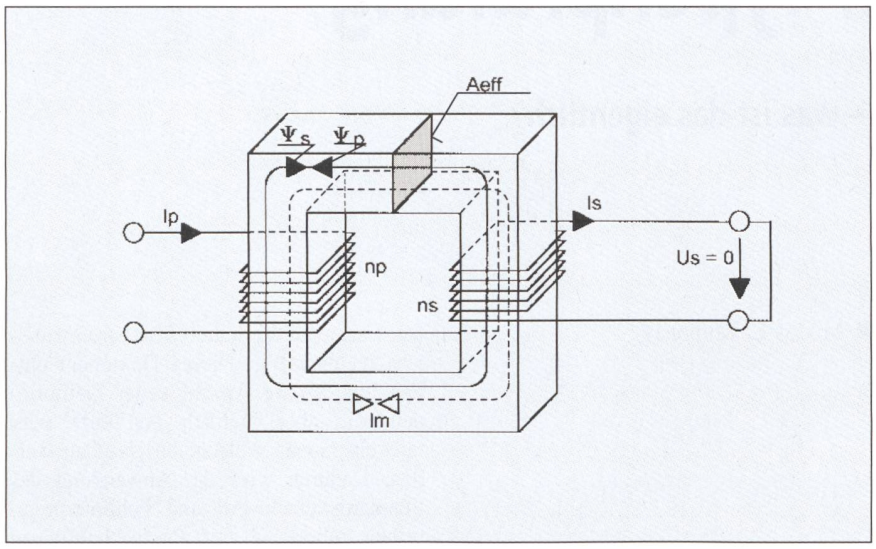


Bild 1 Prinzip und Kenngrössen eines idealen Stromwandlers

I_p	Primärstrom	Ψ_s	Sekundärfluss
I_s	Sekundärstrom	Ψ	resultierender Kernfluss
n_p	primäre Windungszahl	U_s	sekundäre Klemmenspannung
n_s	sekundäre Windungszahl	A_{eff}	Kernquerschnitt
Ψ_p	Primärfluss	l_m	Eisenlänge

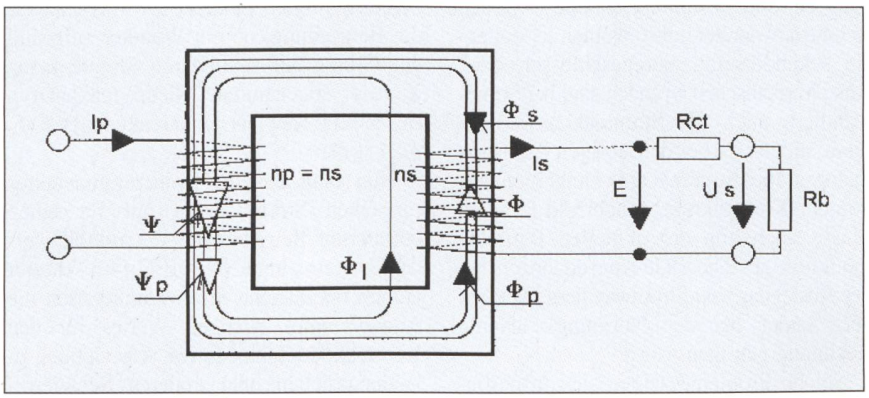


Bild 2 Kenngrössen eines realen Stromwandlers

E	sekundär induzierte EMK	Ψ	primärer verketteter Fluss
Φ	sekundärer verketteter Fluss	R_b	angeschlossene Bürde
Φ_l	Streufluss	R_{ct}	Widerstand der Sekundärwicklung

wendig, um ein allgemeingültiges Ersatzschaltbild erstellen zu können.

Bemerkung: Die sekundär angeschlossene Bürde R_b ist immer als rein ohmscher Widerstand angenommen, zumal IEC 44-6 nur für Wandler mit einer solchen Bürde gilt!

Der Konstruktionsfaktor F_c als Kenngrösse für Stromwandler

Zur Charakterisierung der Abweichungen eines Stromwandlers von der Fiktion eines idealen Wandlers wird in der Norm IEC 44-6, Absatz 3.29, die Kenngrösse des Konstruktionsfaktors F_c (factor of construction) eingeführt. Gemäss Definition in dieser Norm ist der Konstruktionsfaktor F_c ein vom Hersteller angegebener Faktor für die technische Ausführung (factor declared by the manufacturer for the design) und gegeben durch das Verhältnis:

$$F_c = U_{alc} / E_{alc} \qquad (6)$$

Die Grössen U_{alc} und E_{alc} sind dabei wie folgt definiert:

U_{alc} ist der Effektivwert einer äquivalenten sinusförmigen, nennfrequenten Spannung, welche – wenn sie an die Sekundärklemmen eines Stromwandlers gelegt wird – einen Magnetisierungsstrom erzeugt, der dem erlaubten Höchstwert der betrachteten Wandlerklasse entspricht. Diese Definition setzt stillschweigend voraus, dass bei der Erregung des Kerns von der Sekundärseite her alle induzierten Feldlinien mit allen Sekundärwindungen verkettet sind. Das heisst, die Streuung wird als Null angenommen. U_{alc} erzeugt demnach den Kernfluss Ψ.

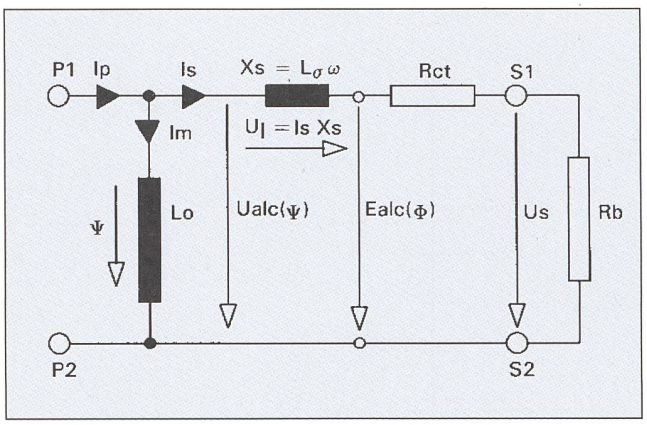
E_{alc} ist der Effektivwert einer äquivalenten sinusförmigen, nennfrequenten EMK, bei der – in einem Direktversuch – ein Magnetisierungsstrom beobachtet wird, der dem erlaubten Höchstwert der entsprechenden Wandlerklasse entspricht. Der Magnetisierungsstrom ist der vom Primärstrom abgezweigte Strom, der den Kernfluss Ψ erzeugt. Dieser Fluss ist jedoch in der Realität, das heisst bei vorhandener Streuung, gemäss Gleichung (4) nicht vollständig mit allen Sekundärwindungen verkettet. Die an der Sekundärwicklung ermittelte EMK E_{alc} wird demnach geringer sein als die zum gleichen Magnetisierungsstrom gehörende Spannung U_{alc}.

Diese Definitionen lassen sich am besten anhand einer Ersatzschaltung verdeutlichen (Bild 4). Als Grundlage für diese Ersatzschaltung dient Bild 3 mit den zugehörigen Annahmen: der Strom I_m mit dem von der Klasse erlaubten Maximalwert (z.B. $I_m = 0{,}05 \cdot I_s$ für Wandler der Klasse TPX) erzeugt einen Fluss Ψ, der vollständig mit der Sekundärwicklung verkettet ist und die EMK U_{alc} induziert. Diese Spannung ist deshalb eine Funktion von Ψ. Besitzt der Wandler eine Streureaktanz X_s, so entsteht über sie nach Gleichung (5) ein Spannungsabfall U_l, welcher dem Streufluss Φ_l in Bild 2 entspricht. Dadurch ist die nun verbleibende EMK E_{alc} eine Funktion von Φ und kleiner als U_{alc}. Das Verhältnis zwischen U_{alc} und E_{alc} ist definitionsgemäss der Konstruktionsfaktor F_c. Damit ist leicht einzusehen, dass der Konstruktionsfaktor in einem *streuungsfreien Stromwandler* gerade den Wert $F_c = 1$ annimmt. Im Grunde genommen ist der Konstruktionsfaktor F_c nichts anderes als das Verhältnis von Ψ und Φ unter Fehlergrenzbedingungen:

$$F_c = \Psi / \Phi = (\Phi + \Phi_l) / \Phi \qquad (7)$$

Bild 4 Ersatzschaltbild eines realen Stromwandlers

P_1, P_2 Primäranschlüsse
S_1, S_2 Sekundäranschlüsse
L_o Hauptinduktivität
I_m Magnetisierungsstrom
U_l Spannungsabfall an X_s (Streureaktanz)
U_{alc} äquivalente sekundäre Fehlergrenzspannung
E_{alc} äquivalente sekundäre Fehlergrenz-EMK
übrige Bezeichnungen siehe Bilder 1–3



Experimentelle Bestimmung des Konstruktionsfaktors F_c

Um F_c zu bestimmen, muss man die Werte U_{alc} und E_{alc} kennen. Allerdings kann keiner von ihnen direkt gemessen werden, so dass indirekte Methoden angewandt werden müssen. Dazu bedient man sich der Gleichung (6). In einem ersten Schritt bestimmt man Φ, indem man in einem Direktversuch den Wandler von der Primärseite her (vielfach mit Gleichstrom) erregt, die sekundäre Klemmenspannung U_s integriert und das Ergebnis aufgrund der Gleichungen (8) und (9) mit einem Faktor k korrigiert:

$$k = (R_{ct} + R_b) / R_b \qquad (8)$$

$$\Phi = k \int U_s(t)\, dt \qquad (9)$$

Gleichzeitig wird der Magnetisierungsstrom I_m gemessen und die Integrationszeit t so bestimmt, dass I_m zur Zeit t gerade dem für die Klasse maximal erlaubten Wert entspricht.

Für die Bestimmung von Ψ geht man von der Annahme aus, dass die sekundäre Streuinduktivität eines Wandlers – bei Erregung von der Sekundärseite her – Null ist. Man legt daher bei offenen Primärklemmen eine sinusförmige Spannung an die Sekundärklemmen des Wandlers und misst den dem Magnetisierungsstrom I_m entsprechenden Strom. Man erhöht dabei die Spannung, bis I_m gerade dem obenerwähnten Wert der Klasse entspricht. Die dann gemessene Spannung ist U_{alc}. In der Praxis ist ein Anlegen von U_{alc} allerdings meistens nicht möglich, da ihr Wert gewöhnlich weit oberhalb des Isolations-

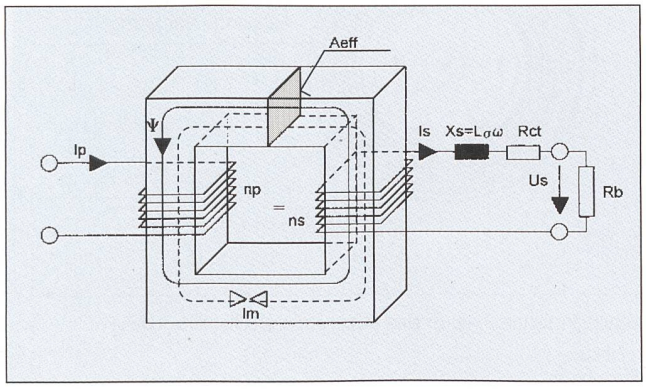


Bild 3 Ersatzkenngrössen eines realen Stromwandlers

Der Einfluss des Streuflusses Φ_l wird durch eine sekundäre Streureaktanz $X_s = L_\sigma \omega$ berücksichtigt.

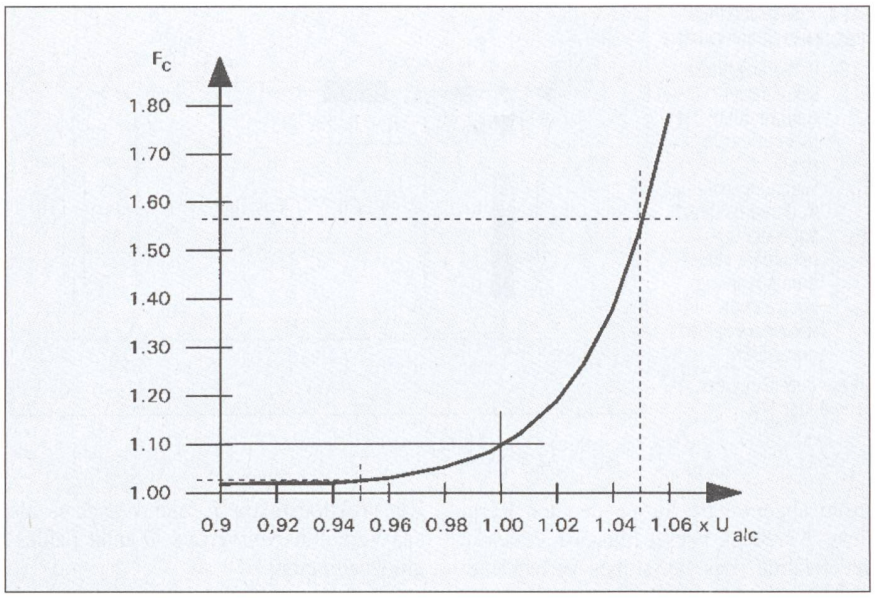


Bild 5 Variation von F_c in der Nähe des Kniepunktes der Magnetisierungskennlinie

niveaus der Sekundärwicklung liegt! In solchen Fällen erregt man die Sekundärwicklung mit einer Gleichspannung, bis I_m den Grenzwert erreicht hat, notiert die Zeit t und integriert die Sekundärspannung bis zum Zeitpunkt t. Das so erhaltene Integral entspricht dann dem Fluss Ψ. Aus dem Verhältnis Ψ/Φ lässt sich nun *ein* Wert für den Konstruktionsfaktor F_c berechnen. Dabei ist aber zu betonen, dass dies nur einer unter verschiedenen möglichen Werten ist. F_c ist nämlich alles andere als konstant und deshalb nicht eindeutig bestimmt. Die erhaltenen Werte für U_{alc} und E_{alc} und damit auch für F_c gelten *nur für den einen, gemessenen Kern und für keinen anderen!* F_c hängt nämlich nicht nur von der Konstruktion ab, sondern auch von vielen anderen Parametern, deren Beschreibung den Rahmen dieses Aufsatzes sprengen würde.

Ein wichtiger, für alle Stromwandler gültiger Aspekt soll jedoch noch erläutert werden: Der Streufluss Φ_l ist zum Magnetisierungsstrom I_m proportional, weil er hauptsächlich in Luft verläuft, während der verkettete Fluss Φ von ihm (aufgrund der nichtlinearen Magnetisierungskurve des Kernmaterials) im höchsten Masse nichtlinear abhängt. Dies bedeutet, dass Φ nach dem «Kniepunkt» im B-H-Diagramm des Kernmaterials kaum mehr ansteigt, während Φ_l weiter zunimmt. Somit nimmt das Verhältnis dieser Flüsse, und damit auch F_c, ebenfalls stark nichtlinear zu. In Bild 5 ist die Variation von F_c in der Nähe des Kniepunktes für einen realisierten Wandler dargestellt. Der Kern eines TPX-Typ-Wandlers wurde dabei so getrimmt, dass der Wandler bei U_{alc} gerade einen Konstruktionsfaktor von $F_c = 1{,}1$ hatte. Erhöhte man die angelegte Spannung um 5%, was bei den üblichen Herstelltoleranzen durchaus vorkommen kann, so stieg F_c auf den Wert von $F_c = 1{,}57$ an. Eine Reduktion der Spannung auf nur 95%, andererseits, ergab einen Konstruktionsfaktor von $F_c = 1{,}03$.

Bei den sogenannten Antiremanenzspaltkernen des Typs TPY ist die Nichtlinearität im Kniebereich noch ausgeprägter; die Magnetisierungskennlinie gleicht hier vielmehr einer Knickgeraden. Dadurch können in der Nähe des Fehlergrenzfaktors in U_{alc} und damit in F_c ähnlich grosse oder gar noch grössere Differenzen auftreten. Gerade bei Typen wie TPX, TPY und TPZ verlangt aber die Norm IEC 44-6 in Fällen, wo der Konstruktionsfaktor F_c grösser als 1,1 ist, seine Angabe auf dem Leistungsschild.

Bei allen Haarnadel-, Augbolzen- und Mittelspannungs-Giessharzwandlern sowie bei vielen Kopfstromwandlern mit Primärumschaltung ist die Primärwicklung einseitig, das heisst unsymmetrisch angebracht. Die Folge ist eine örtliche Sättigung des Kerns bei Überströmen, was ein $F_c > 1{,}1$ bedeutet. Als Gegenmassnahme wird besonders bei höheren Nennströmen eine «ungleichmässig verteilte Sekundärwicklung» verwendet. Dadurch wird erreicht, dass der im Normalbetrieb von der Primärseite her erregte Wandler sich wie ein Niedrigreaktanztyp verhält (Bild 6). Durch den Rückleiter werden dabei zusätzliche Feldlinien erzeugt, die zum Teil den Kern zur willkommenen Wegverkürzung benutzen und damit die magnetische Induktion im Bereich I, das heisst im Bereich mit erhöhtem Strombelag, erhöhen. Um diesem Effekt entgegenzuwirken, werden im Bereich I zur Erhöhung der Amperewindungszahl mehr Windungen pro Längeneinheit aufgebracht als im Bereich II. Damit lässt sich zwar keine vollkommene Kompensation erreichen, aber das Resultat ist ein Niedrigreaktanzwandler.

Wird nun ein solcher Wandler von der Sekundärseite erregt, so entsteht im Bereich I ein Fluss, der den Sättigungswert noch vor dem Erreichen von U_{alc} überschreitet (es fehlen die entgegenwirkenden primären Amperewindungen). Der Magnetisierungsstrom steigt plötzlich an, und es werden Werte für U_{alc} gemessen, welche kleiner sind als jene für E_{alc}! Daraus resultieren Konstruktionsfaktoren von $F_c < 1{,}0$ (Bild 7). In der Praxis wurden so schon Werte von 0,85 gemessen!

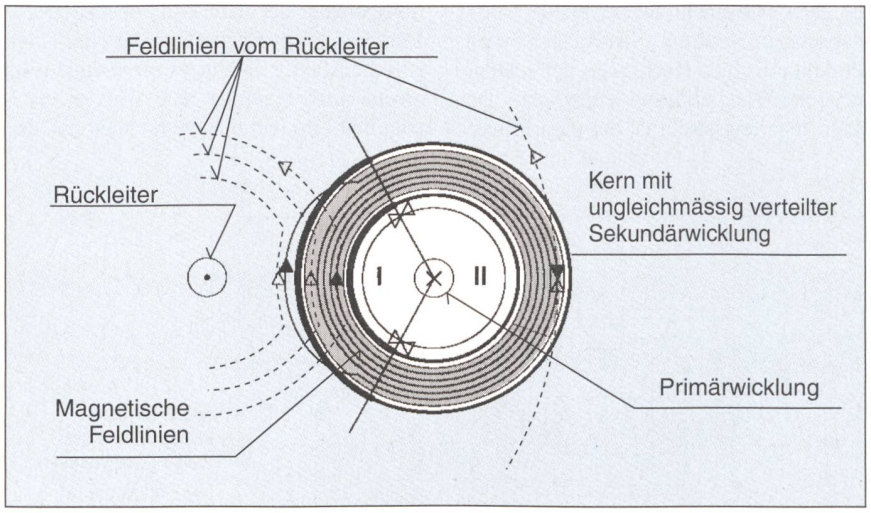


Bild 6 Verbesserung des Konstruktionsfaktors F_c durch eine asymmetrische Sekundärwicklung

I Bereich mit erhöhtem Strombelag
II Bereich mit reduziertem Strombelag

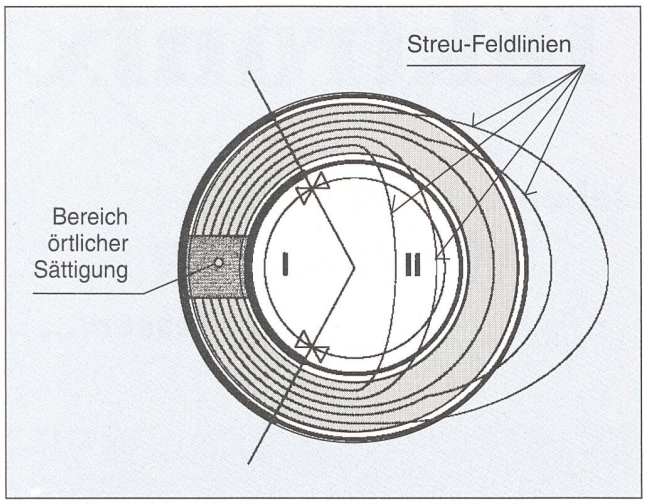


Bild 7 Feldverteilung bei sekundärseitig erregtem Stromwandler

I Bereich mit erhöhtem Strombelag
II Bereich mit reduziertem Strombelag

Konkreter Fall eines 240-kV-Kesselwandlers

Zur Veranschaulichung der Problematik des Konstruktionsfaktors als Wandlerkenngrösse wird noch kurz der Fall eines 240-kV-Kesselwandlers mit einer 800/1A-Übersetzung beschrieben. Für diesen Wandler wurde ein Kern mit einem mittleren Durchmesser von $D = 40$ cm eingesetzt. Um die Kernabmessungen im normalen Rahmen zu halten, wurde der Wandler mit doppelten Windungszahlen, das heisst mit 1600 Sekundärwindungen, ausgeführt. Der Bereich I (40% des Kernumfangs) wurde mit 1200 Windungen, der Bereich II (restliche 60% des Umfangs) mit 400 Windungen bewickelt. Das Kernmaterial aus Silizium-Eisen erreicht bei einem Strombelag von ungefähr 1,5 AW/cm die Sättigung. Wäre der Kern gleichmässig bewickelt, so würde er bei einem Magnetisierungsstrom von 0,118 A ($I_m/A = 1{,}5 \cdot 40 \cdot \pi / 1600$) gesättigt. Im vorliegenden Fall sind aber 40% des Kerns (d. h. 50,2 cm) mit 1200 Windungen bewickelt. Dies ergibt bei einem Strom von 0,118 A einen Strombelag von 2,82 A/cm. Der Kern muss also längst in der Sättigung sein, wenn der Magnetisierungsstrom 0,118 A erreicht. Die Messung führte in diesem Fall auf einen Konstruktionsfaktor von $F_c = 0{,}78$!

Solche Resultate sind der Grund, warum der Standard IEC 44-6 unter Paragraph 7.3.3 zur Bestimmung des Konstruktionsfaktors F_c sagt: Wenn der Konstruktionsfaktor den Wert von 1,1 nicht überschreitet, kann die Ausführung den Anforderungen des Niedrigreaktanztyps entsprechen, muss es aber nicht! Das oben angeführte Beispiel und das Zitat aus der Norm zeigen, wie unsinnig die (zeitraubende und kostspielige) Messung des Konstruktionsfaktors F_c ist. Für die Beurteilung, ob ein Stromwandler tatsächlich zum Niedrigreaktanztyp gehört oder nicht, reicht jedenfalls die Bestimmung von F_c nicht aus. Den Beweis dafür gibt IEC 44-6 unter Paragraph 7.4 selber: «Direct tests to verify that a current transformer will satisfy the basic requirements of a low leakage flux design, shall be made at a sufficiently large number of energising current, duty cycle and burden combinations as can reasonably establish that the deviation between the theoretical equivalent secondary e.m.f. and the measured value does not exceed 10%.». Auf gut Deutsch heisst dies: Der Beweis, dass ein Stromwandler als Niedrigreaktanztyp gilt, soll durch eine ausreichend grosse Anzahl von Prüfungen mit verschiedenen Erregerströmen, Einschaltzyklen und Bürdenkombinationen erbracht werden. Bei der Konzeption der Norm wurde wohl vergessen, dass die Kosten für ein Hochstromlabor sich zwischen 40 000 und 60 000 Franken pro Tag bewegen!

Schlussfolgerungen

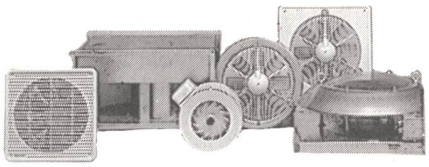
Zusammenfassend kann man sagen, dass die experimentelle Bestimmung des Konstruktionsfaktors F_c nicht geeignet ist, um die Konstruktion eines Wandlers objektiv zu beurteilen. Als bessere Lösung wird daher eher empfohlen, durch einen Spezialisten eine Design Review durchführen zu lassen. Aufgrund einer Konstruktionsbeurteilung kann dabei ein erfahrener Experte relativ schnell sagen, ob ein Stromwandler ein Niedrigreaktanztyp ist oder nicht. Zu den wichtigsten Kriterien, welche es dabei zu beurteilen gilt, gehören die vom Konstrukteur getroffenen Massnahmen wie Ausgleichswicklungen, asymmetrische Sekundärwicklung, parallel geschaltete Sektoren der Sekundärwicklung usw., um die Streufelder auch bei unsymmetrischen Wicklungsanordnungen in den Kern zurückzuzwingen.

Expertise-type problématique des transformateurs d'intensité

Le «Factor of Construction» F_c – qu'est-ce que c'est au fond?

La nouvelle norme internationale CEI 44-6 prescrit pour les transformateurs d'intensité des types TPX, TPY et TPZ la mesure (expertise-type) du facteur de construction F_c (anglais: factor of construction) et en exige l'indication sur la plaquette signalétique, si la grandeur mesurée est supérieure à 1,1. Mais la réactance de fuite y rattachée des transformateurs d'intensité ne dépend pas que de leur construction, mais aussi fortement de l'induction de service momentanée, de sorte qu'un transformateur d'intensité donné ne peut pas être caractérisé sans équivoque par la valeur de F_c. L'article traite des bases théoriques du facteur de construction et montre que la détermination expérimentale du facteur de construction F_c ne se prête pas à une appréciation objective de la construction d'un transformateur d'intensité.

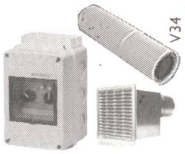
En s'appuyant sur des exemples et sur des citations tirées de la norme s'y rapportant on montre que la mesure (coûteuse en temps et argent) du facteur de construction F_c n'est pas utile, vu qu'elle ne suffit pas pour évaluer si un transformateur d'intensité appartient ou non réellement au type à basse réactance. On recommande plutôt la solution consistant à mandater un spécialiste pour faire une «Design Review». Sur la base d'une évaluation de la construction, un expert confirmé peut dire relativement vite si un transformateur d'intensité est ou n'est pas du type à basse réactance. Parmi les critères essentiels qu'il convient d'évaluer on compte les mesures prises par le constructeur – par exemple les enroulements équipotentiels, l'enroulement secondaire asymétrique, des secteurs de l'enroulement secondaire branchés en parallèle, etc. – pour forcer les champs de fuite à retourner dans le noyau même aussi en cas de dispositions asymétriques de l'enroulement.



die besten Ventilatoren jeder Art, für jeden Verwendungszweck

für Gewerbe, Industrie, Wohnbau und Sonderanwendungen komplett mit Schalter + Steuerungen. Telefonieren Sie, faxen Sie oder verlangen Sie einen Besuch von ANSON. — ANSON die führende Firma mit kompetenter Beratung, für rasche und preisgünstige Lieferung von Ventilatoren und Zubehör:

ANSON liefert



V34

alles Zubehör zu den Ventilatoren

Schalter, Steuerungen, Lüftungsrohre, Briden, Mauer- und Dachdurchführungen, Klappen, Wetterschutzgitter etc. für saubere, rationelle Montagen. Fragen Sie:

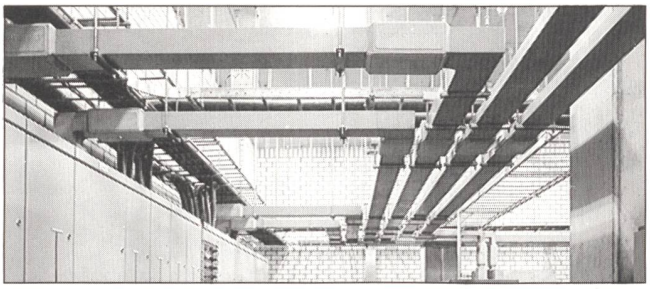
ANSON AG 01/4611111

8055 Zürich
Friesenbergstr. 108
Fax 01/463 09 26

Jeder dritte BULLETIN-Leser arbeitet auf der obersten Geschäftsebene.

Werbung auf fruchtbarem Boden.
Tel. 01/207 86 34

SEV ASE VSE UCS



LANZ Stromschienen BETOBAR

Für die sichere Strom-Übertragung und Strom-Verteilung von 380—6000 A. Schutzart IP 68.7

- **Hohe Kurzschlussfestigkeit**
- **wartungsfrei**
- **maximaler Personenschutz**
- **korrosionsfest**
- **komplett mit Montagematerial, Wand- und Deckendurchführungen, Anschlüssen, Abgangskästen etc.**
- **preisgünstig, platzsparend und rasch montiert**

Rufen Sie lanz oensingen ag an für Beratung, Offerte, preisgünstige und rasche Lieferung

Tel. 062/388 21 21 Fax 062/388 24 24

LANZ Produkte interessieren mich! Bitte senden Sie Unterlagen:

- ☐ LANZ Stromschienen BETOBAR 380—6000 A
- ☐ Verteil-Stromschienen
- ☐ Beleuchtungs-Stromschienen
- ☐ LANZ Kabelträgersystem aus Stahl und Polyester
- ☐ LANZ G-Kanäle und kleine Gitterbahnen
- ☐ Schienenmontagesystem MULTIFIX
- ☐ Doppelböden für techn. Räume

☐ **Könnten Sie mich besuchen? Bitte tel. Voranmeldung!**

Name/Adresse/Tel.: _____

20

lanz oensingen ag
CH-4702 Oensingen · Telefon 062 388 21 21

Tektronix

sehen was anliegt ...

WAVEMETER

und messen ...

Multimeter:	+	**Oszilloskop:**
– Spannung: 600 V AC, 850 V DC		– AutoSet-Funktion
– Strom: 10A AC/DC		– Trigger
– Widerstand: 40 MOhm		– 5 MHz Bandbreite
– Diodentest		– 16 MS/s Abtastung
– Frequenzmessung bis 1 MHz		– Signalspeicher
		– Eingang 1 M/17 pf

Bitte verlangen Sie Unterlagen und Beratung bei:

Your Specialists for Test & Measurement, EDA-Software, Communication and Semiconductor

COMPUTER CONTROLS AG

Av. Longemalle 7, CH-1020 Renens, Tel. 021/636 28 28, Fax 021/636 28 30
Neunbrunnenstr. 55, CH-8057 Zürich, Tel. 01/308 66 66, Fax 01/308 66 65

Components · Instruments · EDA-Software