Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 30 (1939)

Heft: 3

Artikel: Kompensation des Spannungsabfalles in Messleitungen

Autor: [s.n]

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1060802

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: 18.02.2026

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

SCHWEIZERISCHER ELEKTROTECHNISCHER VEREIN

BULLETIN

REDAKTION:
Generalsekretariat des Schweiz. Elektrotechn. Vereins und des Verbandes Schweiz. Elektrizitätswerke, Zürich 8, Seefeldstr. 301

ADMINISTRATION:
Zürich, Stauffacherquai 36 ◆ Telephon 5 17 42
Postcheck-Konto VIII 8481

Nachdruck von Text oder Figuren ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit Quellenangabe gestattet

XXX. Jahrgang | N° 3 | Mittwoch, 1. Februar 1939

Kompensation des Spannungsabfalles in Messleitungen.

Mitteilung des *Eidg. Amtes für Mass und Gewicht*, Bern. 621.316.722 : 621.317.785.089.6

Es wird gezeigt, dass im eichpflichtigen Verkehr der Spannungsabfall in den Messleitungen zwischen Wandler und Instrumenten durch Hilfswandler und Kondensatoren so kompensiert werden kann, dass er unterhalb 1 ‰, der von der Vollziehungsverordnung festgesetzten Grenze, liegt. Ein Beispiel erläutert die Verhältnisse. Die zuständigen Behörden sind mit der Verwendung von Hilfswandlern einverstanden. Zu gegebener Zeit werden die Anforderungen an solche Apparate formuliert.

Dans les installations de mesure qui sont soumises à l'étalonnage officiel, la chute de tension dans les conducteurs de liaison entre transformateurs et instruments peut être compensée par le moyen de transformateurs auxiliaires et de condensateurs de manière qu'elle reste en-dessous de 1 ‰, limite fixée par l'ordonnance fédérale. Un exemple en illustre l'application. Les autorités compétentes admettent l'emploi de tels transformateurs auxiliaires; les conditions auxquelles ces appareils devront satisfaire seront fixées ultérieurement.

Die Vollziehungsverordnung über die amtliche Prüfung von Elektrizitätsverbrauchsmessern vom 23. Juni 1933 schreibt in Art. 28 vor, dass der Spannungsabfall in der Verbindungsleitung vom Spannungswandler zum Zähler nicht mehr als 1 Promille der sekundären Nennspannung betragen darf. Bei einer Nennspannung von 100 V beträgt somit der maximal zulässige Spannungsabfall 0,1 V; der Widerstand der Zuleitung darf bei einem Verbrauch von 30 VA und cos $\beta = 1$ daher nicht grösser sein als 0,33 Ohm.

Bei neueren Kraftwerken, insbesondere bei Freiluftstationen, ergeben sich vielfach so lange Verbindungsleitungen zwischen Messwandlern und Messapparaten, dass die Einhaltung dieser Vorschrift nur durch Verwendung sehr grosser Querschnitte möglich ist, auch wenn für Zähler und für Relais getrennte Kabel verwendet werden. In einem konkreten Fall betrug nach den Angaben der Bernischen Kraftwerke die Länge des Messkabels 446 m, wobei ein Querschnitt von über 60 mm² nötig gewesen wäre, um den Spannungsabfall in den verlangten Grenzen zu halten.

Von Seiten der Bernischen Kraftwerke wurde daher die Frage aufgeworfen, ob nicht ein grösserer Spannungsabfall zugelassen werden könne, wenn am Ende der Leitung durch einen fein abstufbaren Hilfswandler der Spannungsabfall kompensiert würde. Ein Studium dieser Frage ergab, dass unter gewissen Voraussetzungen eine Kompensation des Spannungsabfalles auf diesem Wege möglich ist. Es bedeutet:

U_a Spannung am Anfang der Leitung (Wandlerseite),
U_e Spannung am Ende der Leitung (Zählerseite),
U_v Spannungsabfall in der Leitung (ohmisch),
β Phasenverschiebungswinkel im Sekundärkreis des Wandlers.

Für eine induktive Belastung im Sekundärkreis (cos β indukt.) ergibt das Diagramm Fig. 1.

Aus dem Diagramm geht hervor, dass mit wachsendem β eine wachsende Verschiebung zwischen U_a und U_e auftritt, wobei der Winkel δ' sich zu dem Fehlwinkel des Wandlers algebraisch addiert. Nur für cos $\beta = 1$ ist U_e in Phase mit U_a und $U_a - U_e$ gleich dem ohmschen Spannungsabfall, und nur in diesem Falle kann durch eine Zusatzspannung der

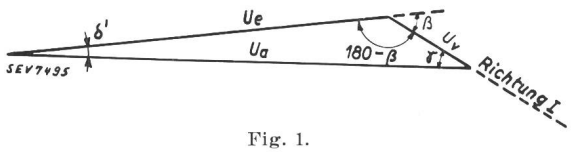

Fig. 1.

Spannungsabfall in einfacher Weise kompensiert werden. Im vorliegenden Falle eilt die Spannung U_e der Spannung U_a vor, der Fehlwinkel ist also positiv.

Für einen gegebenen Spannungsabfall U_v (Leitungswiderstand) sowie für ein bestimmtes cos β lässt sich U_e und δ' nach dem Sinussatz berechnen. Es ist

$$\sin \delta' = \frac{U_v \sin \beta}{U_a}$$

$$U_e = \frac{U_a \sin \gamma}{\sin \beta}, \text{ wo } \gamma = \beta - \delta'.$$

Für $U_a = 100$ V und einen Spannungsabfall U_v von 1 % ergeben sich für U_e und δ' für verschiedene cos β folgende Werte:

cos β	0,95	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4
δ'	10'44"	14'59"	20'38"	24'33"	27'30"	29'46"	31'30"
U_e	99,08	99,12	99,20	99,29	99,40	99,50	99,60%

Die Tabelle zeigt, dass die Verschiebung δ' bei praktisch vorkommenden Verhältnissen nicht unbeträchtliche Werte annehmen kann, die bei gleichem Vorzeichen den Fehlwinkel des Wandlers in unerwünschter Weise erhöhen. Eine Verwendung solcher Hilfswandler konnte daher im eichpflichtigen Verkehr nur dann gestattet werden, wenn $\cos \beta = 1$ war. Es wäre möglich, neben der Kompensation des Spannungsabfalles durch geeignete Einstellung des $\cos \beta$ auch den Fehlwinkel des Wandlers zu kompensieren. Eine solche Einstellung an einer fertigen Anlage dürfte aber nicht leicht zu bewerkstelligen sein, während die Abgleichung der sekundären Belastung auf $\cos \beta = 1$ relativ einfach und ausserdem nicht sehr kritisch ist. In der überwiegenden Zahl der Fälle wird es sich darum handeln, eine induktive Belastung durch Zuschalten von Kondensatoren zu kompensieren, ein Verfahren, das angesichts der hohen Qualität, mit welcher heute Kondensatoren hergestellt werden können, auch in Messanlagen unbedenklich angewendet werden kann. Die nötige Kapazität berechnet sich zu

$$C = \frac{P_b \cdot 10^9}{\omega \cdot U_e^2} \text{ Mikrofarad}$$

wo

P_b Blindleistung in kVAr,
U_e Spannung am Kondensator,
ω Kreisfrequenz.

Nachstehend noch einige Angaben über eine im Kraftwerk Mühleberg ausgeführte Anlage, welche uns von Seiten der Bernischen Kraftwerke in freundlicher Weise zur Verfügung gestellt wurden. Die hierbei verwendeten Hilfswandler wurden von Landis & Gyr hergestellt. Es sind dies Autotransformatoren mit einer Unterteilung der Wicklung gemäss Fig. 2.

Fig. 2.

Durch Serie- und Gegenschaltung der verschiedenen Abteilungen ist es möglich, eine auf 0,1 Volt abgestufte Zusatzspannung zwischen 0,1 und 4 V einzustellen. Bezüglich der Genauigkeit garantierte die Firma eine solche von ± 0,5 %, bezogen auf die Zusatzspannung. Bei einer Nennspannung von z. B. 100 V und einer Zusatzspannung von 4 V ergibt sich für die Gesamtspannung eine Genauigkeit von ± 0,2 Promille. Diese Toleranzen wurden bei den für obige Anlage hergestellten Wandlern überschritten, blieben jedoch, bezogen auf die Nennspannung (58 V), im allgemeinen innerhalb 1 Promille. Eine noch bessere Abgleichung erscheint durchaus möglich, so dass die durch solche Hilfswandler verursachten Fehler im allgemeinen vernachlässigt werden können.

Die Messeinrichtung selbst war über ein Kabel von 4×6 mm² und 446 m Länge mit dem Spannungswandler verbunden. Dabei wurden folgende Werte festgestellt:

Phase	R—O	S—O	T—O
Spannung am Anfang d. Kabels V	53,9	53,5	54,2
Strom . . . . . A	0,66	0,43	0,84
$\cos \beta$	0,54	0,94	0,74

Bei Anschluss der Kondensatoren zwischen Phase und Nulleiter berechnen sich die nötigen Kapazitäten

für Phase R zu 30,3 μF
S » 8,3 »
T » 25,4 »

Nach Einbau dieser Kondensatoren ergaben sich folgende Werte:

Phase	R—O	S—O	T—O
Eingebaute Kapazität . . .	30,5 μF	8,5 μF	25,0 μF
Spannung am Kabelanfang V	53,7	54,0	53,8
Strom . . . . . A	0,38	0,42	0,77
Scheinleistung . . . . VA	20,4	22,65	41,4
Wirkleistung . . . . . W	20,4	22,6	40,7
$\cos \beta$	1,0	1,0	0,98

Im vorliegenden Fall wurden die Kondensatoren zwischen Phase und Nulleiter geschaltet, da infolge der grossen Unterschiede von $\cos \beta$ in den einzelnen Phasen die Abgleichung bei Anschluss der Kondensatoren an die Aussenspannungen Schwierigkeiten bereitet. Bei einer weniger grossen Verschiedenheit von $\cos \beta$ in den einzelnen Phasen empfiehlt sich, besonders wenn grosse Kapazitätswerte benötigt werden, eine gemischte Dreieck-Sternschaltung, indem bei Dreieckschaltung für gleichbleibende Blindleistung nur ein Drittel der Kapazität erforderlich ist wie bei Sternschaltung.

Die Anzapfung an den Hilfswandler wurde nun so gewählt, dass die Aussenspannung, gemessen am Anfang und am Ende der Leitung, gleich gross war. Dabei ergab sich folgendes Bild:

Anzapfung Wandler in Phase:

R = 100,6 % S = 101,0 % T = 102,4 %

Volt am Anfang Phase:

R—T = 93,5 V S—T = 94,1 V R—S = 93,7 V

Volt an den Klemmen des Hilfswandlers:

R—T = 93,6 V S—T = 94,1 V R—S = 93,6 V

Die angeführten Messresultate zeigen, dass eine Kompensation des Spannungsabfalles auf diesem Wege möglich ist. Die eidg. Mass- und Gewichtskommission hat sich mit der Verwendung solcher Hilfswandler einverstanden erklärt. Sie wird zu gegebener Zeit auch die an die Hilfswandler zu stellenden Anforderungen festlegen, was nun auf Grund der an der angeführten Anlage gesammelten Erfahrungen möglich ist.