Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 30 (1939)

Heft: 17

Artikel: Elektrostatische Spannungsmesseinrichtungen

Autor: Müller-Strobel, Josef

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1060846

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: 07.08.2025

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

Elektrostatische Spannungsmesseinrichtungen.

Von *Josef Müller-Strobel*, Zürich.

621.317 32.082.15 : 621.317.729

In Anlehnung an eine frühere Untersuchung wird die für Höchstspannungen vorteilhaftere und gebräuchlichere kapazitive Spannungsmessvorrichtung kurz beschrieben.

L'auteur décrit succinctement, en se référant à une étude antérieure, le dispositif de mesure capacitive de la tension, dispositif plus avantageux et plus fréquemment utilisé pour les très hautes tensions.

1. Einleitung.

In einer frühern Untersuchung [1]) wurden die Grundgleichungen für die elektrostatische Spannungsmess- und Synchronisier-Einrichtungen mit Messwandlern hergeleitet. Der Aufbau des eigentlichen Spannungsteilers bestand in zwei Teilkapazitäten C_1 und C_2, die sich besonders vorteilhaft bei Kondensatordurchführungen und ähnlichen Körpern einbauen lassen. Für sehr hohe Spannungen, bzw. Höchstspannungen [2]) [3]) (150 kV und mehr) sind in den bestehenden Anlagen Kopplungskondensatoren [3]) für leitungsgerichtete Telephonie vorhanden oder werden bei Neuanlagen sicher vorgesehen. Selbstverständlich können diese Kondensatoren bei geeigneter Wahl der Schaltung

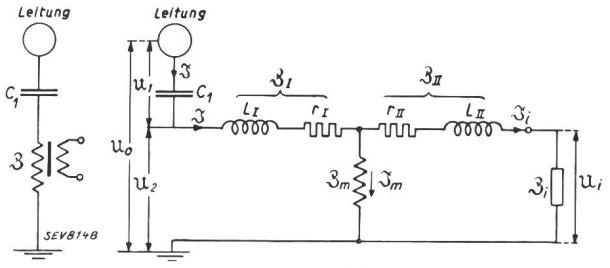

Fig. 1.
Kopplungskondensator C_1 mit in Serie geschaltetem Messwandler.

Fig. 2.
Ersatzschema des Kopplungskondensators C_1 mit in Serie geschaltetem Messwandler.
$\mathfrak{U}_0$ Spannung Netz - Erde.
$\mathfrak{U}_1$ Teilspannung der Kapazität C_1.
$\mathfrak{U}_2$ Teilspannung am Messwandlers.
$\mathfrak{U}_i$ Spannung an der Bürde.
$\mathfrak{J}$ Ladestrom für die Messvorrichtung.
$\mathfrak{J}_m$ Magnetisierungsstrom des Messwandlers.
$\mathfrak{J}_i$ Sekundärstrom des Messwandlers.
$\mathfrak{Z}_I$ Impedanz des Primärkreises des Messwandlers.
$\mathfrak{Z}_{II}$ Impedanz des Messwandler-Sekundärkreises.
$\mathfrak{Z}_i$ Impedanz der Bürde.

auch für Spannungsmesszwecke oder als Kopplungsglieder für Steuerorgane Verwendung finden. Aus wirtschaftlichen Gründen wird man darauf bedacht sein, möglichst wenig dieser aus einzelnen Teilkondensatoren bestehenden und in Serie geschalteten Kopplungsglieder verwenden zu müssen. Deshalb ersetzt man mit Vorteil (Fig. 1) die der Kapazität C_1 in Serie geschaltete und früher C_2 genannte Kapazität direkt durch die Primärwicklung des Messwandlers.

Wegen der Wichtigkeit dieser Schaltung für die verschiedensten Zwecke sind im Anschluss an die unter [1]) genannte Arbeit die Grundgleichungen im Sinne einer Ergänzung nachgetragen.

2. Grundgleichungen.

Als Grundlage für die Berechnung der Spannungen und Ströme der Schaltung nach Fig. 1 diente ein der Fig. 2 sehr ähnliches Ersatzschema. Anstelle von C_2 ist nun die Kapazität $C_2 = 0$ getreten.

Dank den generellen Ableitungen der früheren Untersuchung bleiben alle Gleichungen auch für das Schema nach Schaltbild Fig. 2 gültig, nur ist für die Kapazität $C_2 = 0$ zu setzen. Die gestellte Aufgabe kann deshalb nur darin bestehen, die Gleichungen sinngemäss umzuformen. Alle unter Lit. 1) angeführten Symbole behalten ihre Bedeutung bei.

Unter den Voraussetzungen wird die Spannung $\mathfrak{U}_0$ gegen Erde (s. Fig. 2) in Abhängigkeit von der Kopplungskapazität C_1

$$\mathfrak{U}_0 = \mathfrak{J}_i \left[\mathfrak{Z}_I \left(1 + \frac{\mathfrak{Z}_{II} + \mathfrak{Z}_i}{\mathfrak{Z}_m}\right) + \mathfrak{Z}_{II} + \mathfrak{Z}_i + \left(1 + \frac{\mathfrak{Z}_{II} + \mathfrak{Z}_i}{\mathfrak{Z}_m}\right) \frac{1}{j\omega C_1} \right] \tag{1}$$

Setzt man die Ableitungsadmittanz $\mathfrak{Z}_m = \infty$, was einer Vernachlässigung des Magnetisierungsstromes gleichkommt, so vereinfacht sich Gl. (1) weitgehend. Die Spannung $\mathfrak{U}_0$ wird

$$\mathfrak{U}_0 = \mathfrak{J}_i \left(\mathfrak{Z}_I + \mathfrak{Z}_{II} + \mathfrak{Z}_i\right) + \frac{\mathfrak{J}_i}{j\omega C_1} \tag{2}$$

Um die Frage nach dem Oberwelleneinfluss der Spannung beantworten zu können, löst man die Gl. (2) nach dem Strom $\mathfrak{J}_i$ auf.

$$\mathfrak{J}_i = \frac{\mathfrak{U}_0\, \omega\, C_1}{\omega\, C_1 \left(\mathfrak{Z}_T + \mathfrak{Z}_i\right) + \frac{1}{j}} \tag{3}$$

Den Frequenzfaktor $\nu = \frac{\omega}{\omega_0}$ und die Grund- und Oberwellenspannungen $U_0 = \sum_\nu U_\nu$ eingefügt, ergeben den Bürdenstrom als Summe der Grund- und Oberwellenströme. Der Betrag von I_i lautet

$$I_i = \Sigma\, I_{i(\nu)} = \frac{\sum^{\nu} U_\nu \cdot \nu \cdot \omega_0 \cdot C_1}{\sqrt{\omega_0^4 (L_T + L_i')\, C_1^2 \left[\nu^2 + \frac{(r_T + r_i')^2}{\omega_0^2 (L_T + L_i')^2}\right] - 2\,\omega_0^2 C_1 (L_T + L_i') + \frac{1}{\nu^2}}} \tag{4}$$

Es lassen sich die Resonanzkurven von I_i in Abhängigkeit von $\nu = \frac{\omega}{\omega_0}$ bei einer Einheitsspannung nach Gl. (4), so wie das bereits früher geschehen ist, ermitteln. Die Resonanzbedingungen für I_i bleiben

[1]) J. Müller-Strobel, Bull. SEV 1938, H. 24, S. 686.
[2]) I. O. Langhlin, Amer. Inst. Electr. Engr. Transactions 1939, Vol. 58, S. 147.
[3]) J. Müller-Strobel, Micafil-Nachrichten 1939, S. 42.

ähnlich den bereits bekannten [4]). Man beachte, dass an Stelle der Summe der Kapazitäten $(C_1 + C_2)$ wegen $C_2 = 0$ einfach C_1 getreten ist.

Zur Ermittlung der Maxima von I_i oder der Stromresonanzbedingung bildet man die erste Ableitung nach ν und setzt das erhaltene ν in die Gl. (4) ein. Aus $\frac{\partial I_i}{\partial \nu} = 0$ folgt

$$\nu(I_{i\,max}) = \pm \frac{1}{\omega_0 \sqrt{C_1 (L_T + L_i') - \frac{1}{2} C_1^2 (r_T + r_i')^2}} \tag{5}$$

Da in den allermeisten Fällen $(r_T + r'_i) < (L_T + L'_i)$ ist, vereinfacht sich die Resonanzbedingung und es wird

$$\nu \sim \frac{1}{\omega_0 \sqrt{C_1 (L_T + L_i')}} \tag{6}$$

Die Berechnung des maximalen Bürdenstromes durch Einsetzen des aus Gl. (5) erhaltenen ν in die Gl. (4) ist dem Leser überlassen. Schwierigkeiten liegen keine vor.

Von grundsätzlicher Bedeutung ist die Verschiedenheit der Gl. (5) und der in der Fussnote [4]) angegebenen. Für die hier behandelte Schaltung, also für $C_2 = 0$ wird das Strommaximum $I_{i(max)}$ bei gleichen Transformatordaten wegen $C_1 \lessdot C_1 + C_2$ gegen grössere Frequenzfaktoren ν hin verschoben. Stromresonanz tritt $(I_i = f(\nu)$ erst bei höheren Harmonischen auf. Infolge der Verzerrung in der Uebertragung der Grund- und Oberwellen wird die Güte der Messung im nachteiligen Sinne beeinflusst. Unser Bemühen geht schlussendlich dahin, Resonanz bei der Grundharmonischen ω_0 zu erreichen. Es ist die hier vermerkte Eigenschaft öfters die Ursache eines Versagens dieser Messeinrichtung, weshalb der Wahl der Transformator- und Kondensatorgrössen besondere Beachtung zu schenken ist.

Wollte man das Strommaximum so weit gegen grössere ν hin verschieben, dass wegen dem Fehlen von höheren Harmonischen (die 7. oder 9.) überhaupt keine Resonanz zustande kommen könnte, würde die Energieübertragung bei der Frequenz ω_0 zu ungünstig.

[4]) Die Resonanzbedingung nach der in der ersten Untersuchung (s. Fussnote 1) angegebenen Schaltung lautete

$$\nu(I_{i\,max}) = \frac{1}{\omega_0} \cdot \frac{1}{\sqrt{(C_1 + C_2)(L_T + L_i') - \frac{1}{2}(C_1 + C_2)^2 (r_T + r_i')^2}}$$

3. Uebertragungsverhältnisse $\mathfrak{k}$ der Spannungen.

Das Uebertragungsverhältnis ist direkt aus den Gl. (1) und (2) ableitbar. Es ist das Verhältnis der Absolutbeträge von $\mathfrak{U}_0$ und $\mathfrak{U}_i$. Die beiden Faktoren quadriert ergibt die einfache Gleichung

$$|\mathfrak{k}|_\nu^2 = \frac{(r_T + r_i')^2 + \left[\nu \cdot \omega_0 (L_T + L_i') - \frac{1}{\nu \omega_0 \cdot C_1}\right]^2}{r_i'^2 + \nu^2 (\omega_0 L_i')^2} \tag{7}$$

4. Diagramme.

Gegenüber dem bekannten [1]) Impedanzdiagramm erfährt das der Schaltung nach Fig. 2 entsprechende eine Vereinfachung. Die Impedanzgleichung lautet

$$\frac{\mathfrak{U}_0}{\mathfrak{J}_i} = (\mathfrak{Z}_I + \mathfrak{Z}_{II}) + \mathfrak{Z}_i - j\omega C_1 \tag{8}$$

Die Aenderung besteht darin, dass der Faktor $1 + \frac{C_2}{C_1}$ sich auf Eins und das Glied $\frac{1}{j\omega(C_1 + C_2)}$ sich auf $\frac{1}{j\omega C_1}$ reduziert.

5. Zusammenfassung.

Im Hinblick auf die Bedeutung der Messvorrichtung mittels Kopplungskondensatoren bei Höchstspannung sind die Grundgleichungen für die gebräuchliche Schaltung im Sinne einer Ergänzung zur früheren Untersuchung abgeleitet. In diesem Zusammenhang ist eine einfache und doch exakte Darstellung geboten. Die stets interessierende Resonanzbedingung ist in Gl. (5) enthalten.

Aus der Verschiedenheit der Resonanzbedingungen der früheren [1]) und der hier behandelten Schaltung geht hervor, dass bei gleichen Transformatordaten das Strommaximum bei der letztgenannten Schaltung gegen grössere Frequenzfaktoren ν hin verschoben wird, was die Güte der Messung wesentlich beeinflussen kann.

Moteur triphasé alimenté par réseau monophasé.

Par *Louis Martenet*, Neuchâtel.

621.3.016.3.025.1 : 621.313.333

Un cas intéressant s'est présenté sur un de nos réseaux de l'Electricité Neuchâteloise S. A.

Un entrepreneur charpentier, d'une autre région, était appelé à effectuer des travaux temporaires dans une petite localité. Ce charpentier possédait un moteur triphasé transportable (mortaiseuse) qu'il désirait utiliser pour ces travaux mais, malheureusement, il n'existait, dans ce village, qu'un réseau de distribution électrique monophasé. Désirant lui donner satisfaction, nous avons cherché et trouvé une solution permettant de résoudre pratiquement ce problème.

Entre le réseau monophasé et le moteur triphasé transportable nous avons installé un moteur triphasé ordinaire, d'une puissance un peu supérieure au moteur à actionner, et qui, lui, fournissait le courant triphasé nécessaire au moteur transportable. Ce moteur triphasé, relié au réseau monophasé, était démarré à vide au moyen d'un dispositif usuel avec bobine de self. Une fois démarré, ce moteur, alimenté en monophasé, reconstituait par son stator les trois phases du système triphasé et était capable d'actionner normalement le moteur triphasé transportable d'une puissance un peu plus faible.