

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. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 25.04.2025

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 früheren Untersuchung¹⁾ 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. Höchstspannungen²⁾ ³⁾ (150 kV und mehr) sind in den bestehenden Anlagen Kopplungskondensatoren³⁾ für leitungsgereichte Telefonie vorhanden oder werden bei Neuanlagen sicher vorgesehen. Selbstverständlich können diese Kondensatoren bei geeigneter Wahl der Schaltung

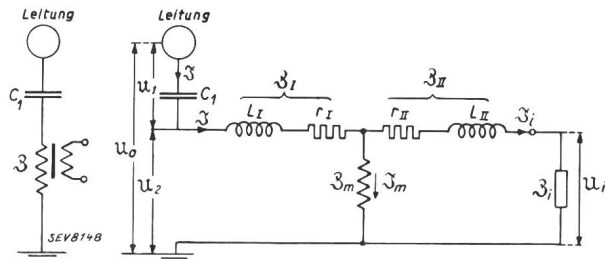


Fig. 1.
Kopplungs-
kondensator
 C_1 mit in Serie
geschaltetem
Messwandler.

Fig. 2.
Ersatzschema des Kopplungskondensators
 C_1 mit in Serie geschaltetem Messwandler.
 u_0 Spannung Netz - Erde.
 u_1 Teilspannung der Kapazität C_1 .
 u_2 Teilspannung am Messwandler.
 u_i Spannung an der Bürde.
 I Ladestrom für die Messvorrichtung.

I_m Magnetisierungsstrom des Messwandlers.
 I_1 Sekundärstrom des Messwandlers.
 Z_1 Impedanz des Primärkreises des Messwandlers.
 Z_m Impedanz des Messwandler-Sekundärkreises.
 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.

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 diene 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 u_0 gegen Erde (s. Fig. 2) in Abhängigkeit von der Kopplungskapazität C_1

$$u_0 = I_i \left[Z_1 \left(1 + \frac{Z_m + Z_i}{Z_m} \right) + Z_m + Z_i + \left(1 + \frac{Z_m + Z_i}{Z_m} \right) \frac{1}{j\omega C_1} \right] \quad (1)$$

Setzt man die Ableitungsadmittanz $Y_m = \infty$, was einer Vernachlässigung des Magnetisierungsstromes gleichkommt, so vereinfacht sich Gl. (1) weitgehend. Die Spannung u_0 wird

$$u_0 = I_i (Z_1 + Z_m + Z_i) + \frac{I_i}{j\omega C_1} \quad (2)$$

Um die Frage nach dem Oberwelleneinfluss der Spannung beantworten zu können, löst man die Gl. (2) nach dem Strom I_i auf.

$$I_i = \frac{u_0 \omega C_1}{\omega C_1 (Z_1 + Z_i) + \frac{1}{j}} \quad (3)$$

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

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

Wegen der Wichtigkeit dieser Schaltung für die verschiedensten Zwecke sind im Anschluss an die

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.

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

ähnlich den bereits bekannten⁴⁾. 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

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

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

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

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 Fussnote⁴⁾ angegebenen. Für die hier behandelte Schaltung, also für $C_2 = 0$ wird das Strommaximum $I_{i(\max)}$ bei gleichen Transformatorwerten wegen $C_1 < C_1 + C_2$ 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

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

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

von höheren Harmonischen (die 7. oder 9.) überhaupt keine Resonanz zustande kommen könnte, würde die Energieübertragung bei der Frequenz ω_0 zu ungünstig.

3. Uebertragungsverhältnisse f der Spannungen.

Das Uebertragungsverhältnis ist direkt aus den Gl. (1) und (2) ableitbar. Es ist das Verhältnis der Absolutbeträge von U_0 und U_i . Die beiden Faktoren quadriert ergibt die einfache Gleichung

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

4. Diagramme.

Gegenüber dem bekannten¹⁾ Impedanzdiagramm erfährt das der Schaltung nach Fig. 2 entsprechende eine Vereinfachung. Die Impedanzgleichung lautet

$$\frac{U_0}{\mathfrak{Z}_i} = (\mathfrak{Z}_I + \mathfrak{Z}_{II}) + \mathfrak{Z}_i - j\omega C_1 \quad (8)$$

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 früheren¹⁾ und der hier behandelten Schaltung geht hervor, dass bei gleichen Transformatorwerten 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.