

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 28 (1937)
Heft: 9

Artikel: Die Messung des im Wechselstromnetz auftretenden zusätzlichen Spannungsabfalles in Mutator-Anlagen
Autor: Kern-Berger, E.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1059840>

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: 19.02.2026

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

da für die Steuerleitung ja nur ein Querschnitt von $1,5 \text{ mm}^2$ benötigt wird.

Zum Schlusse seien die erhaltenen Resultate noch kurz zusammengefasst:

Sicherungen werden verwendet:

1. Zum Schutze der Hauptleitung (Hauptsicherung) nach § 53 Ziffer 2 der Hausinstallationsvorschriften des SEV (siehe Abschnitt 2a).
2. Zum Schutze von Leitungen («Querschnittsicherung»), die nicht direkt zu einem Anschlussobjekt führen (siehe Abschnitt 2b, Fig. 4).
3. Zum Schutze von Anschlussobjekten, an welchen ihrer Natur nach keine Ueberbelastungen auftreten können, wie Lampen, Heisswasserspeicher, Kochherde, Bügeleisen, elektr. Oefen usw. (siehe Abschnitt 1b), falls nicht die Verwendung von Selbstschaltern die Installation oder den Betrieb verbilligt (siehe Abschnitt 4).

4. Zum Schutze des Transformators nur gegen Kurzschluss (Hochleistungssicherungen) bei Anlagen mit ruhigem Betrieb (siehe Abschnitt 3, Fig. 5a).

Selbstschalter werden verwendet:

5. Zum Schutze von Motoren (siehe Abschnitt 1a).
6. Zum Schutze von andern Anschlussobjekten, sofern der Selbstschalter gegenüber den Sicherungen den Betrieb oder die Installation verbilligt (siehe Abschnitt 4).
7. Zum Schutze der Leitung zwischen ihm und dem Anschlussobjekt (siehe Abschnitt 4, Fig. 6b).
8. Zum Schutze von Transformatoren bei Anlagen mit unruhigem Betrieb (siehe Abschnitt 3, Fig. 5b).

Sicherungen und Selbstschalter zusammen werden verwendet:

9. Wenn als Schutzelement an und für sich ein Selbstschalter am Platze ist, dieser aber den maximalen Kurzschlussstrom der Anlage nicht selbst abschalten kann.

Die Messung des im Wechselstromnetz auftretenden zusätzlichen Spannungsabfalles in Mutator-Anlagen.

Von E. Kern-Berger, Ennetbaden.

621.317.32 : 621.314.65

In Mutatorenanlagen treten belastungsabhängige zusätzliche Spannungsabfälle auf der Gleichstromseite auf, welche teilweise von der im Wechselstromnetz vorhandenen Reaktanz verursacht und mit den gebräuchlichen Einrichtungen nicht ohne weiteres gemessen werden können. Es werden die erforderlichen Mittel zur Messung dieses zusätzlichen Abfalles angegeben.

Dans les installations de mutateurs on observe, sur le côté continu, des chutes de tension additionnelles dépendantes de la charge. Ces chutes de tension, qui sont en partie dues à la réactance du réseau alternatif, ne peuvent être mesurées sans autre avec les instruments usuels. L'auteur indique ici les moyens propres à la mesure de ces chutes de tension additionnelles.

Der gleichstromseitig gemessene Spannungsabfall in Abhängigkeit der Belastung von Mutatoranlagen besteht aus dem Abfall im eigentlichen Wechselstromnetz, bestehend aus den Generatoren, Transformatoren, den Verbrauchern und den Uebertragungsleitungen und dem Abfall in dem den Mutator unmittelbar speisenden Transformator. Die in diesem auftretenden Spannungsabfälle lassen sich ohne weiteres berechnen.

Es gibt nun Fälle, wo entweder bei der Projektierung, zwecks genauer Vorausberechnung des zu erwartenden Spannungsabfalles (beispielsweise

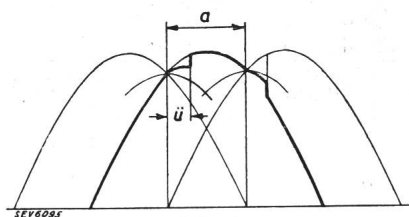


Fig. 1.

wenn dieser extreme Werte annimmt), oder zur Feststellung des Ursprunges nachträglich beobachteter zusätzlicher Abfälle, eine Messung derartiger im Netz auftretender Abfälle erwünscht ist. Die bisweilen in Anlehnung an andere Stromverbraucher gemachte Ueberlegung, dass auch in Mutatoranlagen der Spannungsabfall im Primärnetz durch die gebräuchliche Spannungsmessung an den Primärklemmen des Mutator-Transformators und durch die damit verbundene Umrechnung der Gleichspannung auf konstante Primärspannung erfasst, bzw. eliminiert werden könne, trifft aber bei Mutatoranlagen

nicht zu. Vielmehr wird besonders durch die Reaktanz des Primärnetzes die Primärspannungskurve am Mutator-Transformator in dem Sinne verzerrt, dass einerseits ihr Effektivwert praktisch unverändert bleibt, der vom Mutator aus der ankommenden Spannungskurve herausgeschnittene, ins Gleichstromsystem übertragene Teil *a* (Fig. 1) der Wechselspannungskurve aber gerade proportional zur Belastung und zur Reaktanz im Primärnetz vermindert wird. Mit a. W.: Es kann auch bei scheinbar konstanter Primärspannung (Effektivwert) am Mutator-Transformator die Reaktanz des Primärnetzes einen zusätzlichen, vom Voltmeter auf der Primärseite nicht erfassbaren Gleichspannungsabfall erzeugen, der den vom Transformator erzeugten, rechnerisch zugänglichen Gleichspannungsabfall unter Umständen stark vergrößert. Die Reaktanz des Primärnetzes bis zu den Klemmen des Mutator-Transformators ist nur selten bekannt und variiert als solche je nach den Netzkombinationen. Die im folgenden kurz erläuterte Messmethode des vom Wechselstromnetz bis zu einem gegebenen Punkte desselben verursachten zusätzlichen Spannungsabfalles geht von der einfachen Ueberlegung aus, dass die Spannungsänderung einer an den betrachteten Punkt des Netzes angeschlossenen Hilfs-Mutatorgruppe gleicher Schaltung und Spannung, im folgenden *Messgruppe* genannt, bei konstanter Belastung, also bei konstantem inneren Spannungsabfall der Messgruppe, bei Aenderung der Belastung der zu prüfenden Hauptgruppe (im folgenden *Belastungsgruppe* genannt) ein unmittelbares Mass für den vom Netz verursachten, belastungsabhängigen Spannungsabfall darstellt. Bei näherer Ueberlegung

zeigt sich sodann, dass eine Identität der Gleichspannung und der Schaltung von Belastungsgruppe und Messgruppe nicht nötig ist. Vielmehr genügt es, wenn die durch die Schaltung bestimmte Stromkurve des von der Messgruppe aufgenommenen Stromes in ihrem Charakter identisch ist mit derjenigen der Belastungsgruppe.

Hiebei gelten in diesem Zusammenhang die Schaltung mit zweiseitenkliger Saugdrosselspule und die Gabelschaltung untereinander als gleichwertig; d. h. wenn z. B. die Belastungsgruppe mit Saugdrosselspulen-Schaltung ausgeführt ist, so kann die Messgruppe in Saugdrosselspulen- oder aber in Gabel- und auch Zickzack-Schaltung geschaltet sein; dasselbe gilt bei Gabelschaltung der Belastungsgruppe.

Infolge der gemachten Voraussetzung, dass die Belastung der Messgruppe konstant ist, gibt die an der Messgruppe abgelesene Gleichspannungsänderung im Verhältnis zur Spannung bei entlasteter Belastungsgruppe ein unmittelbares Mass der von der Belastung der Belastungsgruppe abhängigen Spannungsabfälle im Primärnetz bis zum Anschlusspunkt der Messgruppe. Diese Messgruppe kann nun entweder eine Mutatorgruppe ähnlicher oder genau gleicher Art wie die Belastungsgruppe sein, oder aber sie kann als eigentliches Messinstrument aus-

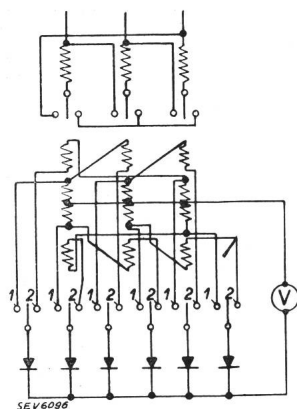


Fig. 2.

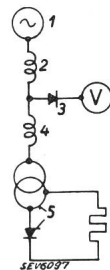


Fig. 3.

- 1 Wechselstrom-Netz.
- 2 Netz-Impedanz.
- 3 Messgruppe.
- 4 Transformatoren-Impedanz.
- 5 Belastungsgruppe.

gebildet sein, bestehend aus einphasigen, an die vorhandenen Spannungswandler angeschlossenen Klingen-Transformatoren, 6 kleinen Hilfsmutatoren (z. B. Kuprox- oder Selen-) und einem Voltmeter für einen Messbereich von beispielsweise 6 V. Die Sekundärwicklungen dieser Messtransformatoren sind in Zickzack gemäss Fig. 2 zu schalten, wobei deren Primärwicklungen nach Wunsch in Stern oder Dreieck schaltbar sind. Während die Primärwicklungen der Transformatoren der Messgruppe genau wie die Primärwicklung der Belastungsgruppe geschaltet werden müssen, erfolgt der Anschluss der Hilfsmutatoren nach Fig. 2,

- a) bei Sternschaltung der Sekundärseite der Belastungsgruppe an die Klemmen 1,
- b) bei Gabel- oder Saugdrosselspulen-Schaltung der Sekundärseite der Belastungsgruppe an die Klemmen 2.

Die Ermittlung des Spannungsabfalles im Primärnetz bis zum Anschlusspunkt der Messgruppe erfolgt dann in folgender Weise durch zwei Versuche mit drei Ablesungen (siehe Fig. 3):

Versuch Nr. 1.

	Belastungsgruppe	Messgruppe
Belastung	ca. 10 % der Nennlast, womöglich auf Wasserwiderstand.	Belastung auf konstanten ohmschen Widerstand.
Ablesung	Belastungsstrom I'_{g1} Gleichspannung U'_{g1}	Gleichspannung U'_{g2}

Versuch Nr. 2.

Belastung	mindestens Nennlast (I_{gN}) womöglich höher	wie unter Versuch 1
Ablesung	Belastungsstrom I''_{g1} Gleichspannung U''_{g1}	Gleichspannung U''_{g2}

Hieraus berechnet man vorerst den Gleichspannungsabfall ΔU_{g2N} der Messgruppe, für die Nennbelastung I_N der Belastungsgruppe

$$\Delta U_{g2N} = (U'_{g2} - U''_{g2}) \frac{I_{gN}}{I''_{g1} - I'_{g1}}$$

Dieser Abfall ergibt im Verhältnis zur Gleichspannung der Messgruppe bei Leerlauf der Belastungsgruppe den relativen Abfall $\Delta 2_N$ des Netzes, bei Nennlast der Belastungsgruppe. Es ist nun die Gleichspannung U_{g20} der Messgruppe bei Leerlauf der Belastungsgruppe

$$U_{g20} = \frac{U'_{g2} - U''_{g2}}{I''_{g1} - I'_{g1}} \cdot I'_{g1} + U'_{g2}$$

und also der relative Spannungsabfall

$$\frac{\Delta U_{g2N}}{U_{g20}} = \Delta 2_N$$

$$\Delta 2_N = \frac{(U'_{g2} - U''_{g2})}{\frac{U'_{g2} - U''_{g2}}{I''_{g1} - I'_{g1}} \cdot I'_{g1} + U'_{g2}} \cdot \frac{I_{gN}}{I''_{g1} - I'_{g1}}$$

Dieser relative Spannungsabfall ergibt, multipliziert mit der Leerlaufspannung U_{g10} der Belastungsgruppe gemäss

$$U_{g10} = \frac{U'_{g1} - U''_{g1}}{I''_{g1} - I'_{g1}} \cdot I'_{g1} + U'_{g1}$$

den absoluten Teilspannungsabfall in V der Spannung der Belastungsgruppe, welcher durch die vor dem Anschlusspunkt der Messgruppe liegende Impedanz des Primärnetzes verursacht wird, also

$$\Delta U_{gz} = \frac{\frac{U'_{g1} - U''_{g1}}{I''_{g1} - I'_{g1}} \cdot I'_{g1} + U'_{g1}}{\frac{U'_{g2} - U''_{g2}}{I''_{g1} - I'_{g1}} \cdot I'_{g1} + U'_{g2}} \cdot \frac{U'_{g2} - U''_{g2}}{I''_{g1} - I'_{g1}} \cdot I_{gN}$$

Ist die Belastung I_{g1} nach Versuch 1 gegenüber der Belastung I''_{g1} vernachlässigbar, so ergibt sich der netzseitige Spannungsabfall aus der einfacheren Beziehung

$$\Delta U_{gz} = \frac{U'_{g1}}{U'_{g2}} \cdot \frac{I_{gN}}{I'_{g1}} (U'_{g2} - U''_{g2})$$

Voraussetzung für richtige Messung ist, dass die Netzspannung bei konstanter Belastung der Belastungsgruppe unveränderlich ist. Dies kann bei-

spielsweise durch Kontrolle der Gleichspannung vor und nach der Belastung der Belastungsgruppe kontrolliert werden.

Die Energieversorgung der österreichischen Bundesbahnen im Raume westlich von Salzburg.

Von H. Schmidt, Wien.

Berichtigung.

In Fig. 1 (Uebersichtskarte), S. 139 dieses Aufsatzes, erschienen im Bulletin des SEV 1937, Nr. 7, sind folgende Fehler zu korrigieren:

1. St. Margrethen liegt auf Schweizer Boden, nicht in Oesterreich.

- Die Strecke Feldkirch-Buchs der Oesterr. Bundesbahnen sowie die Anschlußstrecken der Deutschen Reichsbahn von Kufstein Richtung Rosenheim und von Salzburg Richtung München und die vom Brenner nach Süden abgehende Anschlußstrecke der Italienischen Staatsbahnen stehen in *elektrischem Betrieb* und wären als solche zu bezeichnen.
- Die private Montafoner Bahn Bludenz-Schrüns ist von vorneherein als elektrische Bahn gebaut worden und sollte als *elektrisch betriebene* Strecke gekennzeichnet werden.
- Hingegen ist die Strecke Reutte i. T. Pfronten nicht elektrifiziert und sollte als *Dampfstrecke* gekennzeichnet werden.
- Der Fluss Salzach ist irrtümlich als Enns bezeichnet.

Hochfrequenztechnik und Radiowesen — Haute fréquence et radiocommunications

Hochfrequenztagung des SEV: siehe Seite 192.

Das Vertikaldiagramm der Rundfunkantennen.

621.396.671

In den letzten Jahren wurden verschiedene Antennen umgebaut, um die Zone des schwundfreien Empfanges auszuweiten. Zu diesem Zwecke sollte die Ausstrahlung in horizontaler Richtung (Bodenwelle) gross, diejenige nach oben, mit Elevationswinkeln von 45 bis 90° (Raumwelle) gering sein¹⁾. Die Nachmessung des Vertikaldiagramms einiger Antennen vom Flugzeug aus ergab trotz günstigen praktischen Ergebnissen nicht den erwarteten Verlauf. Durch Nachprüfung an Modellantennen wurde in Amerika als Ursache eine von der Sinusform abweichende Stromverteilung in der Antenne nachgewiesen. Deutsche Untersuchungen²⁾ zeigen, dass man die richtige Stromverteilung in der Antenne angenähert finden kann, wenn man sie aus der fortschreitenden und aus der reflektierten Welle zusammensetzt, wobei die vereinfachende Annahme gemacht wird, der Wellenwiderstand und

nungen wurden an horizontal angeordneten Modellantennen experimentell geprüft, die mit ca. 40 Watt bei 3 m Wellenlänge erregt wurden. Ein feststehender Empfänger in 70 m Entfernung am Boden mit horizontaler Rahmenantenne angeordnet ermöglichte die Messung des «Vertikal»diagramms, indem die Modellantenne um eine vertikale Achse gedreht wurde. Der wirkliche Erdboden störte bei dieser Versuchsanordnung nicht, dagegen musste im Modell der fehlende Erdboden durch eine zweite, gleiche Modellantenne, spiegelbildlich angeordnet, ersetzt werden. In Fig. 1 sind die berechneten Strahlungsdiagramme aufgezeichnet, in Fig. 2 die entsprechenden Versuchsergebnisse. Es zeigt sich, dass eine Annäherung an die sinusförmige Stromverteilung erfolgt, wenn der Strahlungswiderstand im Verhältnis zum Wellenwiderstand klein, also die Dämpfung gering ist. Bei den Antennen von Mühlacker und Langenberg, deren Höhe etwa 0,35 λ beträgt, kann mit einem Strahlungswiderstand von 20...25 Ohm gerechnet werden, bei einem Wellenwiderstand

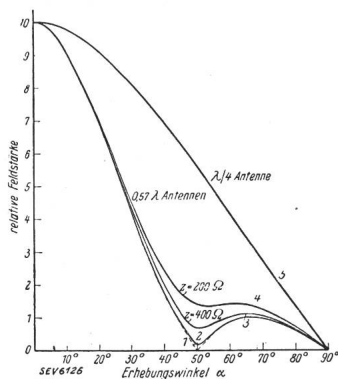


Fig. 1.

Gerechnete Strahlungsdiagramme verschiedener Antennenanordnungen:

- 1 rein sinusförmige Stromverteilung ohne fortschreitende Welle.
- 2 Speisung im Strombauch,
- 3 u. 4 Speisung im Fusspunkt,
- 5 $\lambda/4$ Antenne.

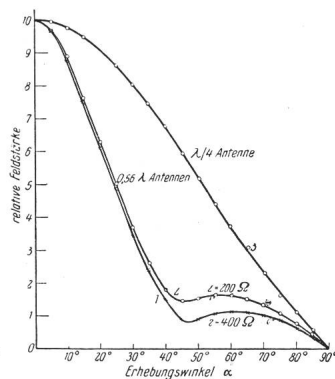


Fig. 2.

Gemessene Antennendiagramme verschiedener Antennen-Anordnungen mit gleichbleibendem Querschnitt des Strahlers.

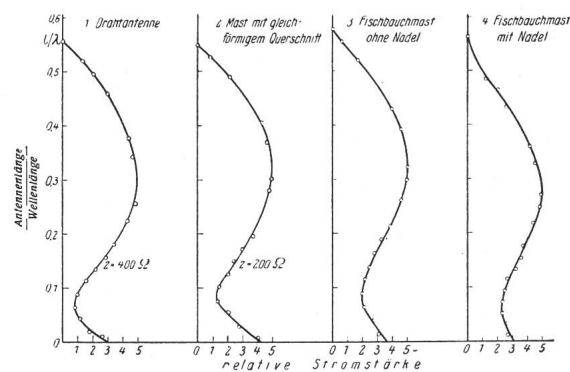


Fig. 3.

Gemessene Stromverteilung von vier verschiedenen Antennen.

der Strahlungswiderstand seien über die Antennenlänge konstant. Man kann auch sagen, neben der gewöhnlich berücksichtigten stehenden Welle, welche eine sinusförmige Stromverteilung ergibt, muss noch die fortschreitende Welle wenigstens angenähert in Betracht gezogen werden. Die Berech-

von ca. 500 Ohm. Da diese Antennen einen sehr hohen Wirkungsgrad besitzen, ist ein Strahlungswiderstand der genannten Grösse noch tragbar. Für selbststrahlende Eisenmasten ist die Höhe etwa 0,5 λ und der Strahlungswiderstand darum 90...100 Ohm; gleichzeitig sinkt der Wellenwiderstand wegen des grossen Querschnittes auf ca. 200 Ohm und demnach ist in Uebereinstimmung mit der Messung eine grössere Restfeldstärke im Strahlungsminimum zu erwarten. Fig. 3 zeigt gemessene Stromverteilungskurven für Modelle von verschiedenen Antennenarten.

K. E. M.

¹⁾ Vgl. die Angaben im Bull. SEV, Bd. 25 (1934), S. 129 und S. 443.

²⁾ W. Berndt und A. Gothe, Untersuchungen über das Vertikaldiagramm hoher Rundfunkantennen, Telefunken Ztg., Nr. 72, März 1936; Vgl. auch E. Metzler, Bull. SEV, Bd. 27 (1936), S. 595.