

**Zeitschrift:** Bulletin de l'Association suisse des électriciens  
**Herausgeber:** Association suisse des électriciens  
**Band:** 16 (1925)  
**Heft:** 9

**Artikel:** Possibilité de surtension de résonance lors de terres accidentelles dans les réseaux avec mise à la terre du neutre  
**Autor:** Rump, Sigurd  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1057297>

### **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:** 18.01.2025

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

Da nach den Angaben Bendmanns  $\left(\frac{I_k}{I}\right)^2 t_k =$  ungefähr 8000 ist, so muss für  $C = I^2 R = 10$  Watt der Wert  $A =$  ungefähr 80 000 Wattsekunden sein; nach der Fig. 2 erhält man also folgende zusammengehörige Werte:

$$G = 1000 \text{ Gramm} \dots \text{Erwärmung } \tau_e - \tau_a = \text{ungefähr } 200^\circ \text{ C}$$

$$G = 2000 \text{ Gramm} \dots \text{Erwärmung } \tau_e - \tau_a = \text{ungefähr } 100^\circ \text{ C}.$$

Bei mässiger Erwärmung sind also für die von Bendmann angegebenen Werte sehr schwere Spulen erforderlich; leichtere Spulen führen aber notwendigerweise zu hoher Erwärmung, die bei Baumwollenspinnung schon bedenklich werden kann.

Jedenfalls sieht man aus allen Erwägungen und Berechnungen, dass grosse Kupfergewichte  $G$  und geringe Verluste ( $C = I^2 R$ ) anzustreben sind, wenn man die Erwärmung niedrig halten und doch grosse Werte  $I_k$  und  $t_k$  erzielen will.

## Possibilité de surtension de résonance lors de terres accidentelles dans les réseaux avec mise à la terre du neutre.

Par Sigurd Rump, ingénieur, Baden.

*Der Autor beschreibt eine Ueberspannungsercheinung in einem Drehstromnetz anlässlich von Versuchen mit direkter Nullpunkterdung. Bei leerlaufendem Netz wurde ein Erdschluss eingeleitet, wobei ein Isolatorüberschlag auf einer gesunden Phase auftrat. In belasteten Netzen ist diese Gefahr infolge der Dämpfung nicht zu befürchten.*

*L'auteur décrit un phénomène de surtension dans un réseau triphasé, observé à l'occasion d'essais de mise à la terre directe du neutre. Le réseau étant sous tension et à vide, on a mis une phase à la terre, ce qui a provoqué le claquage d'un des isolateurs d'une phase saine. Dans un réseau chargé ce danger n'est toutefois pas à craindre à cause de l'amortissement.*

On admet en général que dans les réseaux à haute tension toutes les surtensions par suite de terres sont évitées par une mise à la terre du neutre. Cela est aussi juste s'il s'agit de surtensions causées par une terre intermittente.

Un essai a été fait dans un réseau triphasé avec neutre mis à la terre et terre sur une des phases. Contre toute attente il se produisit un claquage sur une phase saine. On put suivre la

marche du phénomène dans tous ses détails au moyen d'oscillogrammes, d'où il ressortit que la perturbation était due à des surtensions de résonance.

Le schéma des connexions du réseau d'essai est donné par la fig. 1. Ce réseau comprenait un alternateur de 13000 kVA, un transformateur de 13000

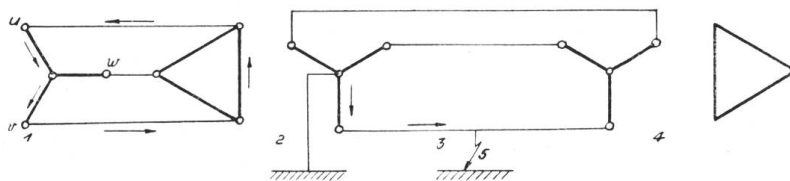


Fig. 1.

Schéma des connexions.

- 1) Alternateur, 13000 kVA, 8,6 kV.
- 2) Transformateur, 13000 kVA, 8,6/78 kV.
- 3) Ligne aérienne de 100 km environ.
- 4) Transformateur, 13000 kVA, 72,6/56 kV.
- 5) Terre.

kVA, rapport de transformation 8,6/78 kV, et une ligne aérienne longue de 100 km environ, à laquelle était connecté un groupe de transformateurs, fonctionnant à vide, de 13000 kVA et 72,6/56 kV.

La distribution des courants est indiquée par des flèches. Les deux phases saines de la ligne ne transportent aucune puissance si nous négligeons le courant de magnétisation du transformateur 4<sup>1)</sup>. L'alternateur est alors court-circuité sur

<sup>1)</sup> Voir III<sup>e</sup> Conférence internationale des grands réseaux électriques à Paris 1925, MM. Bauer, Forrer, Rump: Rapport sur des essais de mise à la terre du neutre.

deux phases. La tension  $u-v$  disparaîtra donc pratiquement dans le diagramme des tensions, de sorte que nous obtiendrons à peu près la fig. 2.

Les vecteurs des tensions sont dessinés en traits pleins, tandis que les connexions entre alternateurs et transformateurs sont représentées par des traits fins. Il est visible que les tensions des phases saines de la ligne correspondent aux tensions  $u-w$  et  $v-w$  de l'alternateur.

Si nous faisons abstraction de la tension  $u-v$ , ce qui est permis si l'on ne considère que les deux phases saines, le schéma de la fig. 1 sera remplacé par le schéma simplifié de la fig. 3.

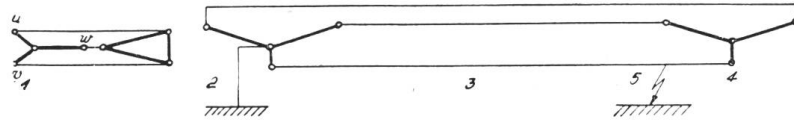


Fig. 2.

Diagramme des tensions (voir fig. 1).

- 1) Diagramme des tensions de l'alternateur.
- 2) Diagramme des tensions du transformateur.
- 3) Ligne aérienne.
- 4) Diagramme des tensions du transformateur.
- 5) Terre.

Les enroulements primaires du transformateur 2 sont connectés en parallèle.

L'alternateur 1 charge la capacité de la ligne 3 par l'intermédiaire du transformateur 2, et fournit également le courant de magnétisation au transformateur 4 (ce courant est petit comparé au courant de court-circuit à l'endroit de la terre; c'est pour cela qu'il a été négligé dans le schéma de la fig. 1).

La capacité 5 de la ligne 3 se compose des capacités des phases saines entre elles, des phases saines par rapport à la terre et des phases saines par rapport à la phase atteinte de perturbation.

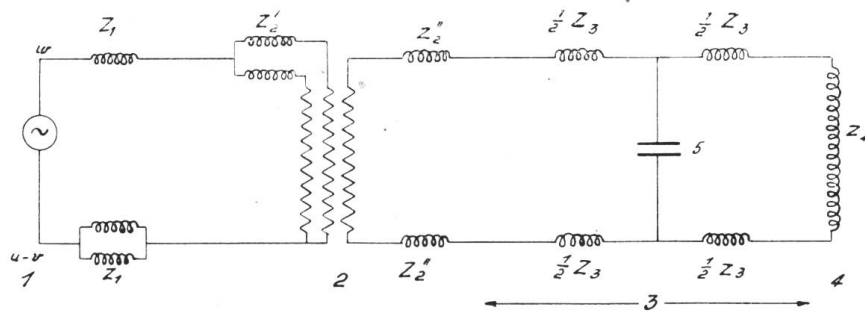


Fig. 3.

Schéma simplifié.

- 1) Alternateur.
  - 2) Transformateur, enroulements primaires reliés en parallèle.
  - 3) Ligne aérienne.
  - 4) Transformateur, enroulements secondaires en série.
  - 5) Capacité de la ligne 3.
- $z_1$ ) Impédance de dispersion par phase de l'alternateur 1.  
 $z_2$ ) Impédance de dispersion par colonne de l'enroulement primaire du transformateur 2.  
 $z_2'$ ) Impédance de dispersion par colonne de l'enroulement secondaire du transformateur 2.  
 $z_3$ ) Impédance par phase de la ligne aérienne 3.  
 $z_4$ ) Impédance à vide pour deux colonnes du transformateur 4.

des phases saines par rapport à la terre et des phases saines par rapport à la phase atteinte de perturbation.

Le courant de capacité traverse les impédances de dispersion des phases saines du transformateur 2, l'impédance de dispersion de la phase  $w$  de l'alternateur et se partage pour traverser les phases  $u$  et  $v$  de ce dernier; les impédances de dispersion de ces deux phases sont donc à connecter en parallèle dans le schéma simplifié.

Les impédances de l'alternateur et de l'enroulement primaire du transformateur 2 doivent être rapportées à la tension du réseau en tenant compte du rapport de transformation du transformateur simplifié 2.

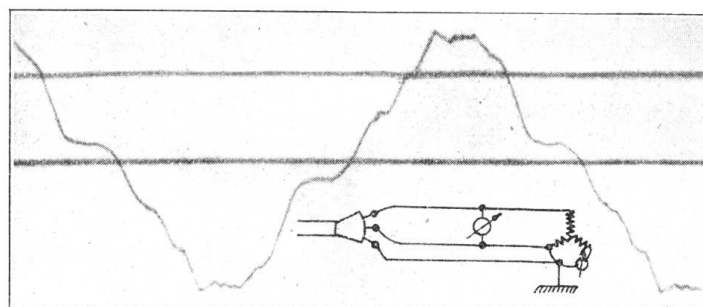


Fig. 4.

Tension d'un alternateur lors d'un court-circuit bipolaire.

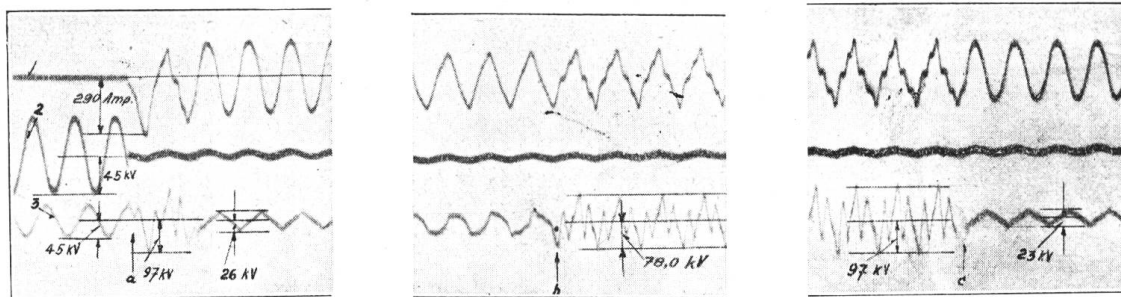
Analyse de la courbe:

1 Harmonique	100 0/0	7 Harmonique	7 0/0	13 Harmonique	3 0/0
3 "	15 0/0	9 "	1 0/0	15 "	2 0/0
5 "	6 0/0	11 "	0,4 0/0	17 "	1 0/0

Ce rapport est égal à deux fois le rapport du nombre des spires d'une colonne de ce transformateur.

On sait que lors d'un court-circuit bipolaire d'un alternateur, la courbe de la tension entre la phases ouverte et l'arme des phases court-circuitées est fortement déformée. La fig. 4 en donne un exemple. Il y aura dès lors un certain danger qu'un harmonique supérieur contenu dans cette courbe soit en résonance avec le circuit décrit plus haut.

Les claquages qui se sont produits au cours des essais mentionnés plus haut s'expliquent en effet de cette façon. Si l'on calcule les inductivités du circuit de la fig. 3, en tenant compte de l'impédance à vide du transformateur 4 (en parallèle avec la capacité du réseau), on obtient la résonance pour une fréquence comprise



„a“ Instant auquel se produit le contact à la terre.

Instant critique „b“.

Instant critique „c“.

Fig. 5.

Oscillogramme d'une terre dans un réseau avec neutre mis à la terre.

- 1) Courant de court-circuit c'est-à-dire courant de terre.
- 2) Tension par rapport à la terre de la phase atteinte de perturbation.
- 3) Tension par rapport à la terre d'une des phases saines.

entre le 3<sup>e</sup> et le 5<sup>e</sup> harmonique supérieur de la fréquence 50 (fréquence du réseau). La fig. 5 montre l'oscillogramme correspondant.

A l'instant du contact à la terre (point „a“ fig. 5), la tension des phases saines contient de très forts harmoniques supérieurs du 3<sup>e</sup> et du 5<sup>e</sup> ordre, et cette tension atteint jusqu'à 69 kV eff.  $\left(\frac{\text{Amplitude}}{\sqrt{2}}\right)$ . La tension, peu après avoir atteint ce maxi-

imum, tombe à 18 kV eff. et conserve cette valeur pendant 100 périodes environ. Durant ce temps les 3<sup>e</sup> et 5<sup>e</sup> harmoniques sont à peine visibles. En „b“ la courbe de la tension est de nouveau déformée et la tension croît jusqu'à ce qu'elle ait atteint de nouveau 69 kV eff. (c'est-à-dire la même tension que peu après le contact à la terre). A cet instant „c“ la tension tombe de nouveau à 18 kV. Le claquage observé se produisit sur un poteau de bois, sur une distance de 12 cm d'air environ; la tension de claquage correspondante est d'environ 70 kV eff.

La perturbation s'explique donc comme suit: le claquage se produisit au moment „a“ où la tension atteignit la tension de claquage c'est-à-dire 70 kV. La résistance du poteau de bois joua le rôle d'amortisseur dans le circuit de résonance, et elle suffit pour faire disparaître la surtension. Le courant resta petit à cause de la grande résistance du poteau. Ainsi l'arc put s'éteindre en „b“ et le phénomène recommença, la tension croissant de nouveau jusqu'à ce qu'un nouveau claquage se produisit, en „c“.

Un amortissement relativement faible a donc suffi pour faire disparaître la surtension, c'est-à-dire qu'une charge, même petite du réseau, évitera tout danger de tels phénomènes de résonance. Lors d'essais antérieurs avec même schéma, mais avec le transformateur 4 (fig. 1) en charge, on n'observa ni augmentation de tension, ni claquage.

On peut résumer comme suit:

- 1<sup>o</sup> Que des phénomènes de résonance ne se produiront que dans des réseaux

absolument à vide, ce qui n'arrive jamais ou presque jamais.

2<sup>o</sup> Que c'est seulement par hasard que le réseau est en résonance avec un harmonique supérieur existant.

3<sup>o</sup> Que la ligne présentait un défaut de construction à l'endroit du claquage; le claquage ne se serait certainement pas produit sans ce défaut.

Il est inutile de vouloir introduire un amortissement dans le circuit de résonance en effectuant la mise à la terre du neutre par l'intermédiaire d'une résistance, car cette résistance ne serait pas intercalée dans le circuit de résonance.

On voit qu'une mise directe du neutre à la terre, si simple soit-elle, exige au préalable une étude exacte afin d'éviter par la suite des surprises désagréables.

Les essais dont il est parlé ici ont été exécutés dans le réseau de la Société suisse pour le transport et la distribution d'électricité, avec l'aide de la S. A. Brown, Boveri & Cie. Il n'est agréable de remercier ici M. le Dr. Bauer du concours qu'il nous a prêté.

## Exposition de téléphonie et de télégraphie sans fil à Zurich.

Par le Secrétariat général de l'A.S.E. et de l'U.C.S. (*H. Bourquin*, ingénieur).

Du 14 au 23 août 1925, la Tonhalle donnait asile à la première exposition de téléphonie et de télégraphie sans fil organisée à Zurich. Les 38 stands des exposants étaient répartis avec goût dans la grande et la petite salle de la Tonhalle et offraient aux regards des visiteurs une image assez complète, sinon très claire, de ce que l'industrie — et l'industrie suisse tout particulièrement — est capable de produire dans le domaine d'une science relativement nouvelle. Depuis les pièces détachées très simples jusqu'aux appareils les plus compliqués avec leurs accessoires, le visiteur trouvait à peu près tout ce qui est nécessaire à la construction et à l'installation de stations réceptrices de radiotéléphonie; seulement, quelques stands rappelaient un peu trop les étalages forains et ils auraient beaucoup gagné à être moins surchargés; car le regard se perdait souvent dans un fouillis de manettes, de pièces moulées, de condensateurs et de résistances, alors qu'il aurait eu plus de plaisir à se reposer sur quelques assemblages clairement présentés et démontrant la qualité plutôt que la quantité de travail fourni par l'exposant. Reconnaissons toutefois que d'autres maisons avaient observé ce principe et su présenter leurs produits de façon plus attrayante. Si les appareils que l'on trouve actuellement sur le marché comprennent d'assez nombreux types, depuis le simple détecteur à cristal, destiné à la réception au casque d'émissions rapprochées avec antenne extérieure, jusqu'aux postes à 7, 8 ou même 9 lampes, pour la réception sur cadre de stations lointaines en haut-parleur, il n'y a pas de différences notables à constater entre la réalisation d'un type donné par des maisons différentes; autrement dit les tâtonnements diminuent, la construction devient plus méthodique, la production se stabilise, ce dont on ne saurait que se louer. L'exposition de Zurich n'a pas présenté non plus d'innovations de principe dans le domaine des appareils de téléphonie et de télégraphie sans fil, lesquels paraissent mis au point pour le moment; par contre ce sont les accessoires que les constructeurs s'appliquent actuellement à améliorer et l'on a pu voir en particulier des redresseurs permettant de porter la plaque des triodes au potentiel positif constant sans passer par la batterie d'accumulateurs ou la pile sèche de 80 volts, mais en branchant directement l'appareil sur un réseau alternatif à 110 ou 220 volts. Plusieurs maisons exposaient aussi des redresseurs de courant pour la charge des batteries de chauffage et de plaque, les tensions de 4 et 80 volts pouvant être prises sur le même tableau. Signalons aussi les antennes „en corbeilles“, dont plusieurs exemplaires étaient suspendus au plafond de la grande salle, pour capter les ondes étrangères et permettre aux appareils de quelques exposants une démonstration de leur fonctionnement. A tort ou