Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens

Herausgeber: Association suisse des électriciens

Band: 42 (1951)

Heft: 23

Artikel: Directions pour la mise à la terre, sur les territoires des chemins de fer électriques, des appareils électriques alimentés par les réseaux de distribution des entreprises électriques

Autor: Sibler, F.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1056901

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: 10.08.2025

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

42e année N° 23 Samedi, le 17 Novembre 1951

BULLETIN

DE L'ASSOCIATION SUISSE DES ELECTRICIENS

Directives pour la mise à la terre, sur les territoires des chemins de fer électriques, des appareils électriques alimentés par les réseaux de distribution des entreprises électriques

Communication de l'*Inspectorat des installations à courant fort (F. Sibler)* 621.316.99

Introduction

La question de la mise à la terre d'appareils, alimentés par un réseau avec mise au neutre, dans la zone d'influence de chemins de fer électriques a été posée fréquemment depuis que les réseaux à basse tension des entreprises électriques sont de plus en plus souvent aménagés pour la mise à la terre des consommateurs d'énergie au moyen du conducteur neutre (mise au neutre, selon le § 18, chiffre 1, des Prescriptions de l'ASE sur les installations intérieures). Lorsqu'on raccorde les bâtis de ces appareils au neutre, conformément à la disposition du chiffre 5 de l'article 26 de l'Ordonnance fédérale sur les installations électriques à fort courant, du 7 juillet 1933, il n'est pas possible d'éviter la présence de liaisons conductrices entre le réseau de distribution à 50 Hz et le réseau ferroviaire, car les parties métalliques d'engins de levage, ponts transbordeurs, etc., doivent également être connectées aux rails du chemin de fer, pour éviter des différences de potentiel (voir Ordonnance fédérale sur les installations électriques des chemins de fer, du 7 juillet 1933, art. 5, chiffre 1). On craignait donc que ces liaisons soient dangereuses et donnent lieu, dans certaines circonstances, à des incendies dans les installations intérieures des maisons, par exemple, si, lors de court-circuit au réseau du chemin de fer, le courant de traction retourne, en partie, au point d'alimentation, par des lignes d'installations intérieures et par les canalisations d'eau; on s'attendait à ce que ce courant charge exagérément les conducteurs neutres de faible section, reliés à des objets mis naturellement à la terre, par exemple les conducteurs neutres de petits chauffe-eau à accumulation, qui ne sont pas protégés par des coupe-circuit. Ces craintes ont incité l'Inspectorat des installations à courant fort à examiner les faits avec les organes compétents des Chemins de fer fédéraux (CFF), afin de réglementer clairement les mises à la terre dans la zone d'influence des installations ferroviaires.

Résultats des essais

Selon les indications des CFF, les rails sont normalement parcourus par des courants dont l'intensité peut atteindre 200 A. Les courants dans les rails ne représentent toutefois que la moitié environ du courant de service; l'autre moitié s'écoule par le sol et les canalisations d'eau. Mais, pour le cas de courts-circuits dans les installations de chemin de fer, des essais ont montré que les courants peuvent atteindre 2000 à 10 000 A, selon les distances qui séparent la sous-station d'alimentation et l'endroit du court-circuit. Or, déjà les anciens disjoncteurs, qui protégeaient les lignes de contact, déclenchaient en 0,6 à 0,8 s lors d'un court-circuit. Les nouveaux disjoncteurs à action rapide déclenchent en 0,1 à 0,15 s. Durant les prochaines années, les CFF installeront ces nouveaux disjoncteurs aussi dans les anciennes installations. A cause de sa durée très courte un courant de court-circuit du réseau ferroviaire, protégé par de tels disjoncteurs et relié à un réseau à basse tension à 50 Hz par des moteurs ou appareils mis au neutre qui est lui-même mis à la terre par une canalisation d'eau, ne causerait aucun dommage dans les installations intérieures, pas même dans les cas, où un courant de traction de l'ordre de 100 à 200 A (valeur qui n'est pratiquement jamais atteinte) circulerait dans le conducteur neutre de 1 mm² de section d'un chauffe-eau à accumulation. Des essais entrepris par la Station d'essai des matériaux de l'ASE, à la suite d'un grave incendie de fabrique (cf. Bull. ASE 1949, nº 14, p. 439...441) ont en effet prouvé que, dans un tube isolant renfermant 4 fils de cuivre isolés de 1,5 mm² de section, l'un des fils chargé avec 500 A n'a fondu qu'après 1,2 s environ. D'autres essais concernèrent des fils isolés d'une longueur d'environ 1 m, tendus à l'air libre. Des fils de cuivre de 1 mm² de section, avec gaine en caoutchouc, chargés avec 100 A ont fondu après 45 s, avec 250 A après 2,4 s environ, sans que l'isolation ne commença à brûler. Pour des conducteurs à isolation thermoplastique, les durées étaient plus courtes, probablement parce que l'échauffement provoque assez rapidement un soulèvement de la gaine, ce qui entrave l'évacuation de la chaleur développée dans le fil. Les résultats les plus intéressants, dans le cas qui nous occupe, consistent dans le fait que les conducteurs de 1 mm² de section de cuivre, avec gaine en caoutchouc ou en matière thermoplastique, chargés avec 100 A, n'étaient pas même tièdes au bout de 1 s, légèrement

tièdes au bout de 3 s et n'atteignaient, à l'extérieur, qu'une température de 55 à 60 °C au bout de 6 s. Avec une charge de 150 A l'isolation atteignait la température de la main au bout de 2,5 s (en partant de l'état froid) et environ 60 °C au bout de 4,5 s. Après une pause d'environ 2 minutes, le passage d'un courant de 150 A pendant 3 s dans le fil de 1 mm² de section ne porta la température extérieure de l'isolation qu'à environ 75 °C, de sorte que le conducteur pouvait encore être tenu à la main. Ces résultats montrent que la plus petite section de 1 mm² de cuivre, utilisée pour des conducteurs neutres, peut être chargée jusqu'à 150 A pendant 3 s ou de 200 A pendant 1 s, sans que la température de l'isolant ne devienne dangereuse.

Conclusions et recommandations

Ces résultats d'essais prouvent donc que la mise commune de boîtiers d'appareils, d'une part au neutre et d'autre part aux rails de chemins de fer, n'est pas aussi dangereuse qu'on ne le craignait. C'est du reste seul le danger d'un incendie qui entre en considération, car les différences de potentiel aux rails ne présentent aucun risque pour les personnes, lorsque les installations ferroviaires sont correctes. Selon les indications de la Direction générale des CFF, il y a, dans les installations des chemins de fer, des dizaines de cas où les appareils, alimentés par le courant à 50 Hz d'un réseau étranger, sont mis au neutre, sans qu'il ne se soit produit d'avaries jusqu'ici. Ces faits d'expérience affirment sans doute les considérations purement théoriques et prouvent pratiquement que la liaison entre les réseaux des entreprises électriques et les installations ferroviaires ne présente aucun danger, exception faite toutefois pour les installations de citernes et pour les gares situées près d'une sous-station de traction à 66/15 kV de grande puissance. Dans ces deux cas, il y a lieu de prendre des précautions spéciales, comme on le verra aux alinéas suivants.

Bien qu'il soit donc prouvé que la liaison simultanée d'appareils électriques avec les voies de chemins de fer et le conducteur neutre, mis à la terre, du réseau de distribution d'énergie électrique ne présente pas un danger effectif, il est néanmoins *préférable d'éviter normalement une telle liaison,* afin que les deux réseaux électriques demeurent autant que possible séparés. Une *séparation électrique* est même *indispensable* pour toutes les installations de *citernes* renfermant des liquides ou des gaz inflammables, lorsque ces installations sont desservies par une voie de branchement de chemin de fer. Dans ces citernes, de faibles étincelles et déjà un suréchauffement local par des courants vagabonds provenant du chemin de fer peuvent constituer un très grand danger. Pour y parer, les installations électriques doivent être complètement séparées des voies du chemin de fer et les tuyauteries d'amenée ou de soutirage des liquides respectivement des gaz doivent comporter des joints isolants appropriés. On empêche ainsi les courants vagabonds d'utiliser les tuyauteries pour passer des voies du chemin de fer à la terre par les citernes ou de retourner de la terre aux citernes, aux voies et ainsi aux points d'alimentation du chemin de fer.

De même, dans les *installations générales des gares,* il peut être nécessaire, à titre de précaution spéciale, de réaliser la séparation complète, non seulement des réseaux de distribution à basse tension, mais aussi de toutes les canalisations d'eau, conduites de gaz, etc., alimentant la gare, lorsque celle-ci se trouve près d'une sous-station de traction. Si, à ces endroits, les voies sont reliées au conducteur neutre mis à la terre du réseau à 50 Hz, ainsi qu'aux canalisations métalliques venant de l'extérieur, il est en effet probable que des courants de traction très intenses reviennent au point d'alimentation du chemin de fer par ces liaisons métalliques et par les voies. Pour se rendre compte des conditions réelles dans ces gares, des mesures de contrôle doivent être entreprises. Si ces mesures montrent que les liaisons sont parcourues par des courants de traction considérables, il sera probablement nécessaire de créer une sorte d'île électrique pour la région de la gare, comme cela se fait pour les installations de citernes. Dans ce but, il y a lieu d'éviter toute liaison métallique des voies avec le conducteur neutre du réseau et d'insérer des joints isolants dans les autres canalisations métalliques provenant de l'extérieur. Lors du branchement à un réseau à basse tension, un tel isolement s'obtient parfaitement par un *transformateur de protection* à enroulements séparés, avec rapport de transformation de 1:1. Cet isolement est d'ailleurs réalisé, sans autre, lorsque les installations ferroviaires sont alimentées par l'intermédiaire d'un transformateur à haute tension, comme c'est p. ex. le cas dans les grandes gares.

Dans les *petites gares,* qui n'ont pas besoin d'un transformateur à haute tension et où on ne tient pas à installer un transformateur d'isolement, pour le branchement à un réseau de distribution à basse tension, on peut néanmoins obtenir la séparation *en renonçant à la mise au neutre* des installations ferroviaires et en se bornant à relier aux voies les appareils pour lesquels une mesure de protection est prescrite. Ce renoncement à la mise au neutre des appareils ferroviaires n'est toutefois admissible que lorsque les conducteurs neutres des réseaux de distribution à 50 Hz sont reliés à des canalisations d'eau étendues, ne présentant qu'une faible résistance de passage à la terre. Dans les villes et les grandes localités, où les réseaux métalliques de distribution d'eau possèdent des emboîtements à vis shuntés, cette condition est presque toujours remplie, car ces canalisations offrent normalement, comme les voies des chemins de fer, une résistance de passage à la terre inférieure à 1 Ω. Mais, lorsque les mises à la terre du conducteur neutre du réseau de distribution d'énergie électrique ont, dans leur ensemble, une résistance de passage à la terre plus élevée (2 à 20 Ω), les appareils à courant fort doivent être mis au neutre aussi sur le terrain du chemin de fer. Il en résulte évidemment des liaisons conductrices entre les voies et le réseau de distribution, mais la résistance de passage à la terre du

neutre empêche que d'importants courants de traction ne circulent dans le conducteur neutre du réseau, du moins tant que l'on ne se trouve pas à proximité d'une sous-station du chemin de fer.

Considérations juridiques

Le renoncement à mettre au neutre des appareils électriques alimentés par un réseau de distribution mis à la terre par le neutre est, à vrai dire, contraire aux dispositions du chiffre 5 de l'article 26 de l'Ordonnance fédérale, car celles-ci précisent que dans les installations à basse tension mises à la terre par le neutre, il y a lieu de raccorder au conducteur neutre, sans exception, toutes les parties métalliques pour lesquelles il est prescrit de prendre des mesures spéciales de protection. De cette manière, le législateur voulait éviter qu'en cas de défauts d'isolement à des appareils qui ne sont pas mis au neutre, mais reliés à une électrode de terre artificielle, le conducteur neutre du réseau ou un de ces appareils n'atteigne une tension de contact dangereuse, par rapport à la terre. Cela serait surtout dangereux dans le cas du conducteur neutre, car sa tension se transmettrait à tous les appareils mis au neutre. Dans les installations de gares de grandes localités, où la somme des résistances de passage à la terre des voies et des terres du conducteur neutre du réseau à courant fort est normalement inférieure à 1 Ω, la disposition du chiffre 5 de l'article 26 de l'Ordonnance fédérale est certainement satisfaite, même lorsque, sur le territoire du chemin de fer, les appareils ne sont pas reliés au neutre, mais uniquement aux voies, étant donné que la terre du conducteur neutre et les voies possèdent ensemble une résistance qui n'est pas plus élevée que celle d'un raccordement direct au conducteur neutre. Il est d'ailleurs facile de se rendre compte dans chaque installation ferroviaire, par des mesures au moyen d'un appareil approprié (par exemple un essayeur de terre de la S. A. Trüb, Täuber & Cie, Zurich, type EWT, ou de la EMA, Meilen, type EP), si, lors d'une mise à la terre accidentelle directe, l'intensité du courant est suffisante pour faire fonctionner en moins de 5 s les coupe-circuit de l'installation intérieure. En réalité, le courant de défaut provenant d'une mise à la terre accidentelle directe sera, dans ces conditions, pratiquement du même ordre, pour le raccordement des boîtiers d'appareils aux voies, que pour le raccordement au conducteur neutre du réseau.

L'inspectorat des installations à courant fort estime donc que les dispositions légales concernant la mise à la terre par le neutre n'ont pas besoin d'être strictement appliquées pour les installations ferroviaires, sous certaines conditions. Sa manière de voir est motivée par le fait qu'il n'en résulte pas de nouveaux dangers et que le but auquel tend l'article 26 de l'Ordonnance fédérale est néanmoins atteint. De plus, le renoncement à la mise au neutre présente, pour les réseaux à courant fort des entreprises électriques, l'avantage très important d'une séparation nette entre le réseau de l'entreprise électrique et celui du chemin de fer. De la sorte, on évite non seulement le passage, par le conducteur neutre du réseau et par ses liaisons avec des canalisations d'eau, de courants de court-circuit provenant de l'exploitation ferroviaire, mais aussi l'écoulement continuel (très dangereux dans certaines circonstances) de courants de service du chemin de fer qui pourrait se produire lorsque la charge d'un train est considérable ou à proximité de points d'alimentation du chemin de fer.

Résumé

En résumé, pour les appareils électriques alimentés par le réseau à 50 Hz d'une entreprise électrique et qui se trouvent sur le territoire d'un chemin de fer électrique, il y a lieu de prendre, *selon le mode d'alimentation,* les *mesures de protection suivantes:*

1º *Pour les installations d'un chemin de fer, qui sont raccordées au réseau d'une entreprise électrique, par l'intermédiaire d'un transformateur à haute tension ou d'un transformateur d'isolement à basse tension:*

Le point neutre basse tension du réseau alimentant le territoire ferroviaire et la terre de protection du poste de transformation doivent être tous deux raccordés aux voies (article 13, chiffre 2, Ordonnance fédérale). Les appareils à courant fort peuvent être mis à la terre directement par le neutre ou par l'intermédiaire des voies, qui constituent le conducteur neutre prolongé du réseau.

2º *Pour les installations d'un chemin de fer, qui sont raccordées directement, c'est-à-dire sans transformateur d'isolement, à un réseau à basse tension avec mise à la terre par le neutre:*

Pour ce mode d'alimentation, il existe deux possibilités de mise à la terre des appareils à courant fort.

a) Dans les gares de moyenne grandeur, situées dans des localités qui possèdent des canalisations d'eau étendues et offrant une très faible résistance de passage à la terre, les appareils à courant fort pour lesquels une mesure de protection est exigée ne seront pas reliés au neutre, mais pourront être mis à la terre par les voies du chemin de fer. Toutefois, le conducteur neutre du réseau doit être raccordé aux canalisations d'eau de la localité.

b) Aux endroits où il n'est pas possible de mettre le point neutre basse tension à une terre de très faible résistance, il faut raccorder les appareils à courant fort au neutre du réseau à 50 Hz, malgré le fait qu'il en résultera des liaisons métalliques entre les voies, respectivement le réseau du chemin de fer et le réseau de l'entreprise électrique.

3º *Pour les installations d'un chemin de fer, qui sont raccordées à un réseau à basse tension avec mise à la terre par des électrodes:*

On reliera aux voies du chemin de fer tous les appareils à courant fort qui doivent être mis à la terre, car les voies constituent la meilleure électrode de protection; c'est la façon la plus efficace pour éviter des tensions de contact élevées, lors d'une mise à la terre accidentelle.

Directives générales:

a) L'alimentation d'installations ferroviaires par un réseau de distribution à basse tension, avec interposition de transformateurs d'isolement, entre principalement en ligne de compte à proximité de sous-stations de traction, où des mesures de contrôle ont montré que d'importants courants de retour aux voies et à la sous-station ferroviaire passeraient par le réseau de l'entreprise électrique, s'il existait une liaison conductrice entre le conducteur neutre du réseau et les voies.

b) Les installations électriques et les tuyauteries de citernes à liquides et gaz facilement inflammables doivent toujours être complètement séparées métalliquement des voies de chemin de fer, pour éviter le risque que les courants vagabonds qui circuleraient au cas contraire dans ces tuyauteries provoquent, aux endroits de liaison ou dans les tuyaux, des échauffements, des étincelles et parfois des corrosions, qui constitueraient de très graves dangers.

L'établissement d'assurance contre les incendies du Canton de Berne, auquel nous avons donné connaissance des résultats de nos recherches et des expériences faites jusqu'ici, a également approuvé les présentes directives pour le raccordement d'installations ferroviaires à des réseaux de distribution d'entreprises électriques.

Du calcul d'un tarif binôme

Par *Ch. Morel*, Feldmeilen

621.317.8

Dans une étude précédente[1]*, nous avons essayé de dégager les grandes lignes des méthodes statistiques modernes, en exposant les principes mathématiques qui régissent les calculs. Nous avons fait ressortir l'idée de la collectivité ou population et montré les relations entre les caractéristiques d'un échantillon et celles de la population dont il est tiré. Nous allons essayer, dans la présente étude, d'appliquer cette idée de la collectivité au calcul d'un tarif binôme. La notation utilisée pour les calculs peut paraître compliquée. Elle est cependant nécessaire pour éviter des confusions et ne sort pas du cadre usuel en statistique mathématique.*

La méthode de calcul exposée ci-après n'est pas nouvelle. Elle a déjà fait ses preuves dans la pratique. La présente étude cherche seulement à la fixer par un exposé mathématique.

In früheren Studien[1]*) wurde an Beispielen aus dem Tarifwesen versucht, die Grundzüge der mathematischen Statistik und den Begriff der Kollektivität herauszuschälen. Auch die Beziehungen zwischen einer Grundgesamtheit und den daraus entnommenen Stichproben wurden dabei gestreift. In der vorliegenden Arbeit soll der Begriff der Kollektivität auf die Berechnung eines Zweigliedtarifes angewendet werden. Die für die Berechnungen gebrauchten Bezeichnungen mögen auf den ersten Blick kompliziert erscheinen. Sie sind jedoch notwendig, um Verwechslungen zu vermeiden, und bleiben im Rahmen des in der mathematischen Statistik Üblichen.*

Die Rechnungsmethode ist nicht neu, sie hat sich in der Praxis bereits bewährt. Sie soll jedoch in ein mathematisches Gewand gekleidet und so festgehalten werden.

Exposé du problème

Une entreprise d'électricité désire modifier ses tarifs (pour les ménages par exemple) et passer du système différencié (plusieurs tarifs monômes) au système à compteur unique (tarif binôme). Pour cela, elle a fait une enquête statistique préliminaire et dispose d'indications sur un échantillon de n abonnés, relatives à l'année de référence choisie.

Situation de départ

Pendant l'année de référence, un abonné quelconque (i) a consommé au total v_i kWh. Cette consommation individuelle est la somme des consommations effectuées à chacun des différents tarifs:

$$v_i = v_{i1} + v_{i2} + v_{i3} + \dots$$

La consommation totale est égale à la somme des consommations individuelles:

$$V = \mathop{\mathrm{S}}_{i=1}^{n} v_i$$

La consommation moyenne par abonné est:

$$\bar{v} = \frac{\mathop{\mathrm{S}}_{i=1}^{n} v_i}{n} = \frac{V}{n}$$

La facture r_i de l'abonné (i) se compose de montants partiels égaux au produit de la consommation (v) par le taux (g) du tarif en question, ainsi que de la location des appareils tarifaires c_i:

$$r_i = c_i + v_{i1}\, g_1 + v_{i2}\, g_2 + v_{i3}\, g_3 + \dots$$

On peut écrire

$$r_i = c_i + v_i\, g_i$$

ou

$$v_i = v_{i1} + v_{i2} + v_{i3} + \dots$$

et

$$g_i = \frac{v_{i1}\, g_{i1} + v_{i2}\, g_{i2} + v_{i3}\, g_{i3} + \dots}{v_{i1} + v_{i2} + v_{i3} + \dots}$$

Le terme g_i est donc le taux moyen, location des appareils tarifaires non comprise. Par analogie on aura, pour les recettes totales,

$$R = \mathop{\mathrm{S}}_{i=1}^{n} r_i$$

et la recette (ou facture) moyenne par abonné

$$\bar{r} = \mathop{\mathrm{S}}_{i=1}^{n} \frac{r_i}{n} = \frac{R}{n}$$

Situation recherchée

Le nouveau tarif binôme aura la forme générale

$$h = a\, u + b\, v$$

Le terme $a\, u$ est dit «redevance». Il est égal au

[1]) voir *Morel, Ch.:* Mathematische Statistik und Tarifwesen, Teil I, Bull. ASE t. 38(1947), nº 6, p. 141...149; Teil II, Bull. ASE t. 39(1948), nº 6, p. 161...174.