Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 93 (2002)

Heft: 15

Artikel: Quaité de tension des réseaux basse tension

Autor: Häusermann, Markus / Hug, Marcel / Marattel, Stephan

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-855434

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: 09.07.2025

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

Qualité de tension des réseaux basse tension

Dimensionnement de la section du conducteur neutre dans les canalisations préfabriquées à basse tension

La qualité du courant électrique est généralement vue sous l'angle d'un «approvisionnement exempt de perturbations» et comprend les caractéristiques de la fiabilité d'approvisionnement et de la qualité de tension. Cette dernière peut être entravée par des harmoniques et des asymétries, des instabilités et baisses de tension. La qualité de la tension des réseaux publics d'approvisionnement à moyenne et basse tension est décrite à la Norme Européenne EN 50160 [1], qui a le statut d'une norme suisse. Cette norme règle les caractéristiques de la tension d'alimentation avec des limites supérieures mais pas le niveau de compatibilité des différents récepteurs.

Le présent article expose de manière plus précise le problème des harmoniques sur le réseau à basse tension. Il s'avère qu'actuellement, dans certaines situations, des sections de conducteur neutre nettement supérieures à 100% de la section des conducteurs extérieurs sont nécessaires afin de garantir une exploitation sûre et exempte de perturbations des installations de distribution basse tension.

Markus Häusermann, Marcel Hug, Stephan Morattel, Pius Villiger

Qualité de la tension des réseaux basse tension

Beaucoup de consommateurs pensent que la qualité de tension du réseau à basse tension dépend largement du réseau de distribution générale. Mais bien souvent, on oublie que les consommateurs eux-mêmes contribuent dans une large mesure à influencer la qualité d'approvisionnement par des répercussions sur le réseau que provoquent leurs moyens d'exploitation. Les exploitants de réseaux s'efforcent de fournir à leurs clients une énergie électrique de haute qualité, ceci fiablement et économiquement, par l'intermédiaire du réseau haute et moyenne tension. Les perturbations émises par certains récepteurs (générateurs et sources de perturbations) sur le réseau à basse tension peuvent entraver la qualité de la tension et avoir ainsi des répercussions involontaires sur d'autres utilisateurs (récepteurs, drains) (figure 1).

La tension peut être influencée d'une part par les répercussions sur le réseau de récepteurs non linéaires, d'autre part par de fausses manœuvres et des commutations sur le réseau. Des exemples typiques de sources de perturbations sont les alimentations à commutation ou à découpage (bon marché) comme on les trouve souvent dans les PC, moniteurs et imprimantes, les tubes fluorescents ou les récepteurs à électronique de puissance comme les ventilateurs à réglage de vitesse, variateurs de lumière etc. (tableau).

Perturbations possibles

L'état d'asymétrie de tension dans lequel les valeurs effectives des tensions conducteur–terre sont inégales apparaît essentiellement, sur les réseaux moyenne et haute tension, par suite de charges asymétriques. Sur le réseau triphasé à basse tension, si la planification est bien faite, les asymétries n'ont presque aucune importance étant donné que les charges monophasées peuvent à peu de frais être également réparties sur les conducteurs extérieurs.

Les fluctuations de tension (de forme sinusoïdale, rectangulaire ou en rampe, etc.) provoquent des fluctuations de luminosité des lampes à incandescence et à fluorescence, que l'on appelle scintillement, et qui sont plus ou moins gênantes suivant l'amplitude et la fréquence de

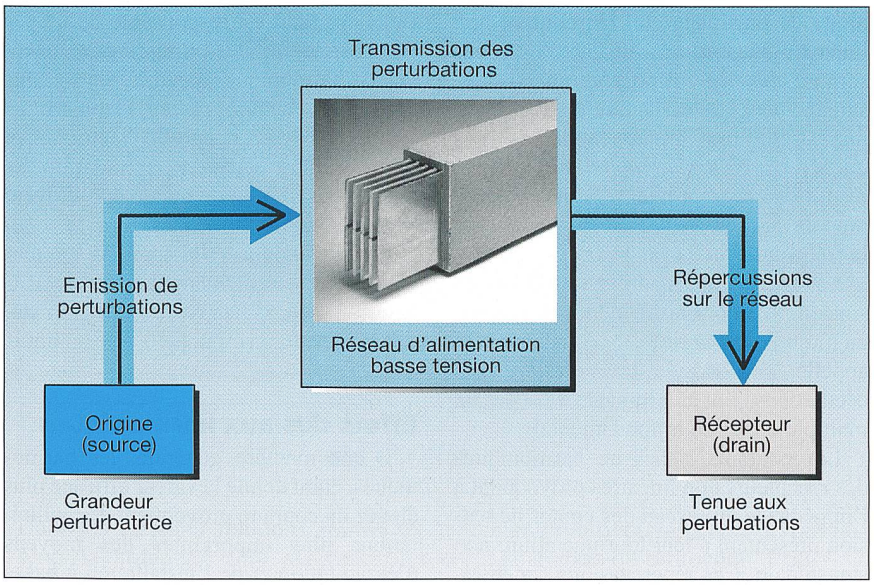


Figure 1 Modèle simple de perturbations sur le réseau à basse tension, sur la base du modèle CEM avec source de perturbations, transmission des perturbations par une canalisation basse tension et récepteur

Répercussions sur le réseau	Source de perturbations	Drain de perturbations	Répercussions
Harmoniques	Charges non linéaires	Récepteurs électriques, machines électriques, télécommandes centralisées	Échauffement supplémentaire, perturbations du fonctionnement
Asymétrie de tension	Charges asymétriques	Machines électriques	Échauffement supplémentaire
Fluctuations de tension	Récepteurs à ΔS défauts de court-circuit et de perte à la terre, commutations	Tous moyens d'exploitation et récepteurs	Perturbations du fonctionnement
Scintillement	Récepteurs à ΔS	Luminaires de tous types	Fluctuations de la densité lumineuse

Répercussions sur le réseau à basse tension

répétition. Pour les appareils électriques et électroniques d'une consommation de moins de 16 A par conducteur, la norme SN EN 61000-3-3 [2] fixe des limites pour les fluctuations de tension et le scintillement sur les réseaux à basse tension. Pour les appareils au courant nominal de 16 A à 75 A, la norme applicable est la IEC 61000-3-11 [3].

Les baisses de tension ne sont généralement pas dues aux répercussions sur le réseau de certains récepteurs mais à des courts-circuits ou manœuvres de commutation sur le réseau de transmission.

Générateurs d'harmoniques

Les *récepteurs linéaires* empruntent au réseau, lorsque l'on applique une tension sinusoïdale, un courant sinusoïdal également. Exemples: lampes à incandescence, chauffages à résistance etc. En revanche, les *récepteurs non linéaires* auxquels on applique une tension sinusoïdale consomment un courant non sinusoïdal. Exemples: alimentations à commutation, tubes fluorescents, récepteurs à électronique de puissance etc. Un courant non linéaire, c'est-à-dire un courant consommé dont la forme n'est plus sinusoïdale, peut être partagé selon Fourier en une oscillation fondamentale de fréquence f et en *harmoniques* de fréquence $n \cdot f$, le nombre ordinal n représentant le rapport entre la fréquence harmonique et la fréquence du réseau.

Les harmoniques sont des oscillations sinusoïdales dont la fréquence représente un multiple entier de la fondamentale. On appelle *harmoniques intermédiaires* les oscillations dont la fréquence n'est pas un multiple entier de la fondamentale.

Les courants riches en harmoniques des récepteurs non linéaires provoquent à l'impédance du réseau des chutes de tension présentant à leur tour une allure non sinusoïdale. Ces répercussions sur le réseau entravent la qualité de la tension pour les récepteurs raccordés aux réseaux environnants. Etant donné que les courants des récepteurs «voient» une impédance de réseau essentiellement inductive, l'amplitude de la chute de tension augmente presque proportionnellement à la fréquence. Aussi des courants d'harmoniques relativement faibles peuvent-ils entraîner des distorsions considérables de la tension du réseau. Dans certains cas, les harmoniques peuvent provoquer des scintillements ou des perturbations des systèmes de télécommande centralisée. La part d'harmoniques est cependant généralement de quelques pour-cent par rapport à la fondamentale de la tension du réseau.

Etant donné que de plus en plus de récepteurs non linéaires sont reliés au réseau à basse tension, la qualité du réseau aura tendance à diminuer, c'est-à-dire que la teneur en harmoniques tendra à augmenter. Afin de garantir une exploitation exempte de perturbations des installations électriques délicates, en particulier des installations d'informatique, les harmoniques de la tension raccordée ne doivent pas dépasser une certaine limite. Le client final est responsable de ne pas dépasser les limites admises pour le niveau d'harmoniques aux différents points de raccordement au réseau. Depuis le 1er janvier 2001, les appareils électriques et électroniques d'une consommation de moins de 16 A par conducteur doivent respecter certaines limites pour les courants harmoniques, fluctuations de tension et le scintillement. La norme IEC 61000-3-2 [4, 5] fixe ces limites et en décrit la mesure jusqu'à la 40e harmonique.

Effets dus aux harmoniques

D'une manière générale, les harmoniques, étant donné la valeur efficace plus élevée du courant, provoquent des sollicitations plus importantes des moyens d'exploitation et de l'installation à basse tension, que celle-ci soit réalisée au moyen de canalisations préfabriquées basse tension ou de câbles. Etant donné que les harmoniques en phase de courant et de tension convertissent de la puissance, on peut assister à un échauffement local des conducteurs. Suivant leur ordre, les harmoniques constituent des systèmes de tension en phase ou déphasés (systèmes homopolaires). Dans les machines électriques, les systèmes de tension de sens opposé provoquent des couples opposés également qui se superposent au couple direct de la fondamentale pour donner naissance à un couple oscillant. Cela provoque une marche irrégulière des machines et éventuellement aussi des bruits gênants.

Sur les réseaux triphasés à basse tension ayant un quatrième conducteur pour le retour (réseaux TT et TN), il se produit dans le conducteur neutre ou PEN une addition des courants harmoniques dont l'ordre est divisible par trois. Ces courants provoquent des pertes supplémentaires qui augmentent encore aux fréquences supérieures par suite de l'effet pelliculaire (skin effect). Si des mesures particulières de planification ne sont pas prises, cela peut aboutir à une augmentation massive des sollicitations thermiques du conducteur neutre par rapport aux conducteurs extérieurs. Selon les dispositions de la norme européenne IEC 60439 [6, 7] la règle pour une charge à peu près symétrique est que la section minimale du conducteur de protection (PE) et du conducteur neutre (N) doit être d'au moins 25% de celle des conducteurs extérieurs si ceux-ci ont plus de 800 mm². Si un courant plus important circule par suite d'harmoniques ou de charges asymétriques, la section du conducteur neutre doit être adaptée en conséquence[1] ou bien le conducteur doit être protégé du surcourant par des mesures appropriées.

Des courants élevés sur le conducteur neutre peuvent provoquer aussi facilement des chutes de tension inadmissibles dans une installation de distribution. Sur les réseaux TN-C où le conducteur neutre

et le conducteur de protection sont identiques, de telles chutes de tension du conducteur PEN entraînent des potentiels pouvant provoquer des pannes ou des défaillances de récepteurs délicats comme par exemple les installations d'informatique.

En résumé, lors de la planification et le dimensionnement de la section du conducteur neutre des réseaux de distribution à basse tension comportant un nombre important de récepteurs non linéaires, il convient d'observer les règles fondamentales suivantes:

- pas de conducteur neutre de section <100% de celle des conducteurs extérieurs;
- si les récepteurs sont en majorité non linéaires: ne pas prévoir de réseaux TN-C et prévoir une section de conducteur neutre >100% de celle des conducteurs extérieurs.

Les canalisations préfabriquées à basse tension à section de conducteur neutre 200% offrent une bonne protection contre la surcharge thermique et évitent en outre les chutes de tension sur le conducteur PEN.

Réduction des courants harmoniques et mesures de protection

Les mesures visant à remédier aux répercussions sur le réseau ou les mesures ciblées d'amélioration de la qualité de tension peuvent être appliquées à divers éléments de la chaîne active selon figure 1. Les mesures peuvent être réalisées au récepteur (source) en limitant l'émission de perturbations, au récepteur perturbé (drain), en améliorant son immunité aux perturbations ou au niveau de la propagation des grandeurs perturbatrices sur le réseau à basse tension (propagation des perturbations). Outre les nécessités et possibilités purement techniques, il faut ici examiner aussi soigneusement les aspects économiques des différentes mesures et faire le bilan des avantages et inconvénients.

Mesures à prendre au niveau des récepteurs

Les grands consommateurs d'énergie doivent veiller à ce que les récepteurs raccordés ne provoquent pas de répercussions inadmissibles sur d'autres utilisateurs du réseau, ceci aussi bien sur leur propre réseau de distribution que sur le réseau supérieur. Dès la planification des installations, il faut veiller à éviter que les courants harmoniques ne provoquent à l'avenir une surcharge thermique de l'installation à basse tension par suite d'une augmentation du nombre de récepteurs non linéaires. Une manière relativement économique et fiable de protéger son propre réseau de distribution basse tension consiste à adapter la section du conducteur neutre ou PEN. L'utilisation des conduites préfabriquées à basse tension à section de conducteur neutre de 200% des conducteurs extérieurs au lieu des 100% habituels garantit une charge optimale du réseau même lorsque les courants harmoniques sont relativement élevés.

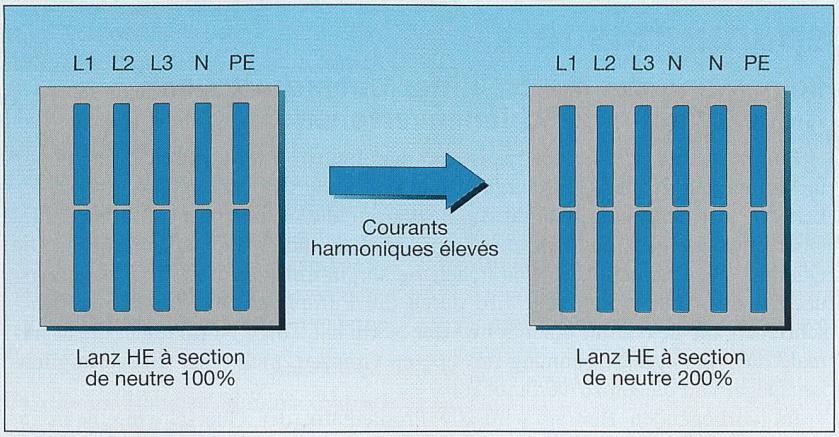
L'emploi d'installations de filtrage dans les grands réseaux de bâtiments ou d'alimentations industrielles représente une mesure au niveau récepteur réduisant ou même supprimant les perturbations produites. Tandis que dans les installations de filtrage passives les différents circuits de filtrage doivent être adaptés soigneusement à une fréquence harmonique donnée, c'est-à-dire que les courants harmoniques sont absorbés du réseau, les installations de filtrage actives permettent de réaliser une amélioration ciblée de la forme sinusoïdale au point de raccordement d'un réseau de distribution à basse tension. Des installations de filtrage actives ou UPCS (Unified Power Conditioning Systems), dans lesquelles un onduleur autopiloté sert à compenser la puissance déwattée de perturbation par introduction d'un spectre harmonique inverse, peuvent s'employer de manière très flexible, même très locale, lors d'extensions ou de modifications du réseau. Si en revanche les installations de filtrage servent à compenser les oscillations harmoniques sur le réseau de distribution supérieur, ceux-ci comptent parmi les mesures au niveau réseau.

D'une manière générale, une installation de filtrage pur est sans effet lors de variations de fréquence et d'interruptions ou même de pannes prolongées de courant. Pour les récepteurs ou parties de réseau particulièrement critiques et délicats, on exige aujourd'hui une alimentation sans coupure (ASC). On emploie des installations ASC rotatives ou statiques qui sont insérées entre le réseau et les récepteurs ou des UPCS avec accumulateur d'énergie approprié. L'impédance de sortie de ces installations est typiquement petite même pour les fréquences élevées, ce qui fait que les perturbations de la tension de sortie par les récepteurs non linéaires restent faibles. Les frais d'installation, en particulier pour une consommation élevée, augmentent en consé-

Conduites préfabriquées basse tension Lanz HE à section de neutre 200%

Lanz fournit sur demande des conduites préfabriquées isolées et moulées sous résine Lanz HE avec des sections de neutre de 200% des conducteurs extérieurs, dans les exécutions suivantes:

- avec conducteurs en aluminium pour courants nominaux 50 Hz de 1580 A à 2500 A;
- avec conducteurs en cuivre pour courants nominaux de 50 Hz de 2060 A à 3175 A.



Dans les versions standard, toutes les conduites préfabriquées Lanz HE ont le type de protection IP54, avec raccords enrobés le type de protection IP68.

quence suivant les exigences posées à la qualité de la tension.

Mesures à prendre au niveau du réseau

Une compensation des harmoniques, en particulier de la 3ème harmonique, peut être réalisée au moyen de transformateurs à enroulement triangulaire ou à point étoile isolé entre deux réseaux. Etant donné que la 3ème harmonique et ses multiples constituent des systèmes homopolaires, elles ne peuvent normalement pas passer du réseau basse tension triphasé au réseau moyen tension supérieur ou en tous cas de manière très limitée seulement dans les réseaux réels.

Afin de réduire ou de limiter les répercussions sur le réseau, la puissance de court-circuit au point de raccordement au réseau supérieur peut être augmentée par des renforcements de réseau. Cette mesure vise à réduire au minimum le rapport entre la résistance interne du réseau et l'impédance du récepteur ou à augmenter le plus possible la relation entre la puissance de court-circuit du réseau et la puissance de court-circuit de l'appareil. D'une manière générale, la puissance de court-circuit ne peut être augmentée à volonté. Dans le cas d'harmoniques et d'harmoniques intermédiaires, il faut également tenir compte du fait que les points de résonance sur le réseau sont décalés vers les fréquences plus élevées lorsqu'on augmente la puissance de court-circuit. Très souvent, pour de telles optimisations, il est nécessaire d'avoir recours à des limiteurs de courant de court-circuit avec ou sans interruption.

Une autre possibilité d'écarter les perturbations inadmissibles des récepteurs délicats consiste à procéder à une séparation du réseau. Le réseau est alors séparé en une partie «calme» et une partie «perturbée». Il faut cependant remarquer que même une séparation de réseau ne permet pas de supprimer certains courants harmoniques.

Résumé

L'évolution technique fait que l'on a de plus en plus souvent recours à des moyens d'exploitation électroniques à caractéristique non linéaire. Les répercussions de ces récepteurs sur le réseau déforment la tension sinusoïdale au point de raccordement. Les courants harmoniques qui en résultent sur le réseau de distribution à basse tension provoquent des courants plus élevés des moyens d'exploitation raccordés et de l'installation électrique.

Du fait que la qualité de la tension d'alimentation est dégradée, il faut s'attendre à des problèmes de plus en plus fréquents avec les récepteurs délicats. Ces exigences particulières posées à la qualité de tension ne peuvent être résolues que par des mesures individuelles au niveau du consommateur.

Pour que le conducteur neutre ou PEN ne soit pas surchargé dans les grandes installations de distribution à basse tension par les courants harmoniques provoqués par les récepteurs non linéaires, il convient de prévoir un conducteur neutre d'une section nettement supérieure à 100% de celle des conducteurs extérieurs. Les conduites préfabriquées à basse tension à section de conducteur neutre 200% (voir cadre) permettent d'assurer à l'avenir également la fiabilité de fonctionnement d'une installation de distribution et – en comparaison d'autres mesures réalisées au niveau des consommateurs – sont particulièrement intéressantes sur le plan économique.

Spannungsqualität im Niederspannungsnetz

Bemessung des Neutralleiter-Querschnitts von Niederspannungs-Schienenverteilern

Power Quality wird üblicherweise mit dem Begriff «störungsfreie Versorgung» in Verbindung gebracht und umfasst die Merkmale der Versorgungszuverlässigkeit und der Spannungsqualität. In Bezug auf die Spannungsqualität sind dies Oberschwingungen und Unsymmetrien, Flicker und Spannungseinbrüche. Die Qualität der Spannung in öffentlichen Versorgungsnetzen im Mittelspannungs- und Niederspannungsbereich wird durch die Europäische Norm EN 50160 beschrieben, die den Status einer Schweizer Norm hat. Diese Norm regelt die Merkmale der Versorgungsspannung mit oberen Grenzen, nicht aber die Verträglichkeitspegel von einzelnen Verbrauchern.

Im vorliegenden Beitrag wird die Problematik der Oberschwingungen im Niederspannungsnetz etwas genauer betrachtet. Es zeigt sich, dass heute in bestimmten Situationen Neutralleiter-Querschnitte von deutlich mehr als 100% des Aussenleiter-Querschnittes notwendig sind, um einen störungsfreien und sicheren Betrieb von Niederspannungs-Verteilanlagen sicherzustellen.

Références

[1] SN EN 50160; 1999 (F): Caractéristiques de la tension fournie par les réseaux publics de distribution.

[2] SN EN 61000-3-3; 1995 (F): Compatibilité électromagnétique (EMC). Section 3: Limitation des fluctuations de tension et du flicker dans les réseaux basse tension pour les équipements ayant un courant appelé ≤ 16 A.

[3] IEC 61000-3-11; 2000 (F): Compatibilité électromagnétique (EMC). Partie 3-11: Limites – Limitation des variations de tension, des fluctuations de tension et du papilotement dans les réseaux publics d'alimentation basse tension – équipements ayant un courant appelé ≤ 75 A.

[4] IEC 61000-3-2; 2000 (F): Compatibilité électromagnétique (EMC). Partie 3: Limites – Limites pour les émissions de courant harmonique (courant appelé par les appareils ≤16 A par phase).

[5] IEC 61000-3-2 A1; 2001 (F): Compatibilité électromagnétique (EMC). Partie 3: Limites – Limites pour les émissions de courant harmonique (courant appelé par les appareils ≤16 A par phase).

[6] IEC 60439-1; 1999 (F): Ensembles d'appareillage à basse tension. Partie 1: Ensembles de série et ensembles dérivés de série.

[7] IEC 60439-2; 2000 (F): Ensembles d'appareillage à basse tension. Partie 2: Règles parrticulières pour les canalisations préfabriquées.

Adresses des auteurs

Markus Häusermann, Lanz Oensingen AG, CH-4702 Oensingen, markus.haeusermann@lanz-oens.com

Marcel Hug, Lanz Oensingen AG, CH-4702 Oensingen, marcel.hug@lanz-oens.com

Stephan Morattel, Lanz Oensingen SA, 1001 Lausanne, stephan.morattel@lanz-oens.com

Pius Villiger, Lanz Oensingen AG, CH-4702 Oensingen, pius.villiger@lanz-oens.com

[1] Voir également remarque à ce sujet à la NIBT, chapitre 5.2.3.4