Zeitschrift: bulletin.ch / Electrosuisse

Herausgeber: Electrosuisse

Band: 114 (2023)

Heft: 8

Artikel: Transienten im Niederspannungsnetz = Transitoires dans le réseau basse tension

Autor: Heiniger, Lukas / Rothermann, Philippe / Providoli, Stefan

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1053205

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: 09.12.2025

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

Transienten im Niederspannungsnetz

Transiente Spannungsereignisse | Bei vielen Power-Quality-Messungen im Netz wurden öfter transiente Spannungseinbrüche von bis zu 200 V aufgezeichnet. Eine Erklärung für dieses Phänomen wurde bisher nicht abschliessend gefunden. Mit verschiedenen Messkampagnen konnte die PQ-Fachstelle der BKW nun eine konkrete Quelle für diese Spannungstransienten identifizieren.

LUKAS HEINIGER, PHILIPPE ROTHERMANN, STEFAN PROVIDOLI

Im Verteilnetz der BKW wurden transiente Spannungsänderungen festgestellt, bei denen die Spannung im oberen oder unteren Bereich der Sinushalbwelle für etwa 0,1 bis 0,5 ms einbrach, begleitet von einer Stromspitze **(Bild 1)**. Registriert wurde das Phänomen von der Hüllkurventriggerfunktion des Oszilloskops eines PQ-Messgeräts. Diese transienten Vorgänge stehen zwar nicht in direktem Zusammenhang mit der Power Quality, aber es ist im Interesse der PQ-Fachgruppe der BKW, die Quelle dieser Phänomene zu identifizieren.

Die Transienten wurden mit einer praktischen Methode erforscht: Verschiedene Messungen wurden im Hoch- und Niederspannungsnetz der BKW durchgeführt, wobei auf eine grosse Anzahl von PQ-Messungen in der Region Wohlen bei Bern zurückgegriffen wurde. Zusätzliche Labormessungen an spezifischen Verbrauchern halfen, das Phänomen besser zu verstehen.

Um auszuschliessen, dass diese transienten Spannungseinbrüche und Stromspitzen nicht ein Resultat von Ereignissen im Hochspannungsnetz waren, wurde eine mehrwöchige Messung in der Unterstation Mühleberg auf der 132-kV-Sammelschiene durchgeführt. Die Messung bestätigte, dass diese Transienten nicht im Hochspannungsnetz auftraten.

Flächendeckende Messungen in Trafostationen

Im Raum Wohlen bei Bern hat die BKW in diversen Trafostationen (TS) stationäre PQ-Messgeräte installiert. Im Zeitraum vom 9.5.2022 bis 19.5.2022 wurden 23 dieser Messgeräte für die Transientenmessung eingesetzt. Die Auswertung **(Bild 2)** zeigt,

Bilder: BKW

dass in dieser Zeit bei allen Trafostationen der Hüllkurventrigger wegen transienten Spannungseinbrüchen angesprochen hat. Bei sieben TS wurden weniger als fünf Transienten registriert. Die meisten Transienten traten bei vier TS auf, wobei die TS Alpenblick mit 1315 registrierten Transienten herausstich. Diese TS in Uettligen versorgt ein Schulhaus und viele Einfamilienhäuser. Mit knapp 800 Ereignissen liegt die TS Schleipfen an zweiter Stelle. Dies ist ein Mast-Trafo, der nur drei Hausanschlüsse versorgt.

Der Vergleich der Transienten auf einer Zeitachse zeigt, dass sie bei allen TS zu unterschiedlichen Zeiten registriert wurden. Da ein gemeinsames Muster nicht erkennbar ist, liegt die Quelle der Transienten lokal in den jeweiligen Trafokreisen. Sie werden nicht spürbar über das Mittelspannungsnetz übertragen.

Bei der TS Alpenblick werden die Transienten häufiger auf Phase L1 und meist während den Arbeitszeiten gemessen, was mit der dort angeschlossenen Schule zusammenhängen könnte. Bei der TS Talmatt und Schleipfen sind die Transienten hingegen ohne erkennbare Regelmässigkeit messbar (**Bild 3**).

Basierend auf den Erkenntnissen dieser flächendeckenden Messkampagne wurde anschliessend eine fokussierte Messkampagne im Trafokreis Schleipfen durchgeführt. Diese wird im Folgenden beschrieben.

Messung Trafokreis Schleipfen

Beim Trafokreis Schleipfen handelt es sich um einen Mast-Trafo, der drei Hausanschlüsse versorgt – ein Bauernhaus und zwei Wohnhäuser. Dieser Trafokreis bietet eine gute Ausgangslage für eine Prüfung der angeschlossenen Verbraucher und für fokussierte Messungen. In der Hauptverteilung des Bauernhauses sowie jener des angrenzenden Auszugshauses (Mundart «Stöckli») wurde je ein PQ-Messgerät (PQ-Box 200) eingebaut. Die Messungen zeigen, dass die Transienten über den ganzen Tag verteilt auftreten, jedoch öfter in den Abendstunden und weniger oft in der Nacht und in den Morgenstunden. Zwischen etwa 3:30 und 5:30 Uhr wurde keine einzige Transiente registriert. Zudem deuten die Messungen an, dass diverse Transienten an beiden Messpunkten simultan auftreten – also eine gegenseitige Wechselwir-

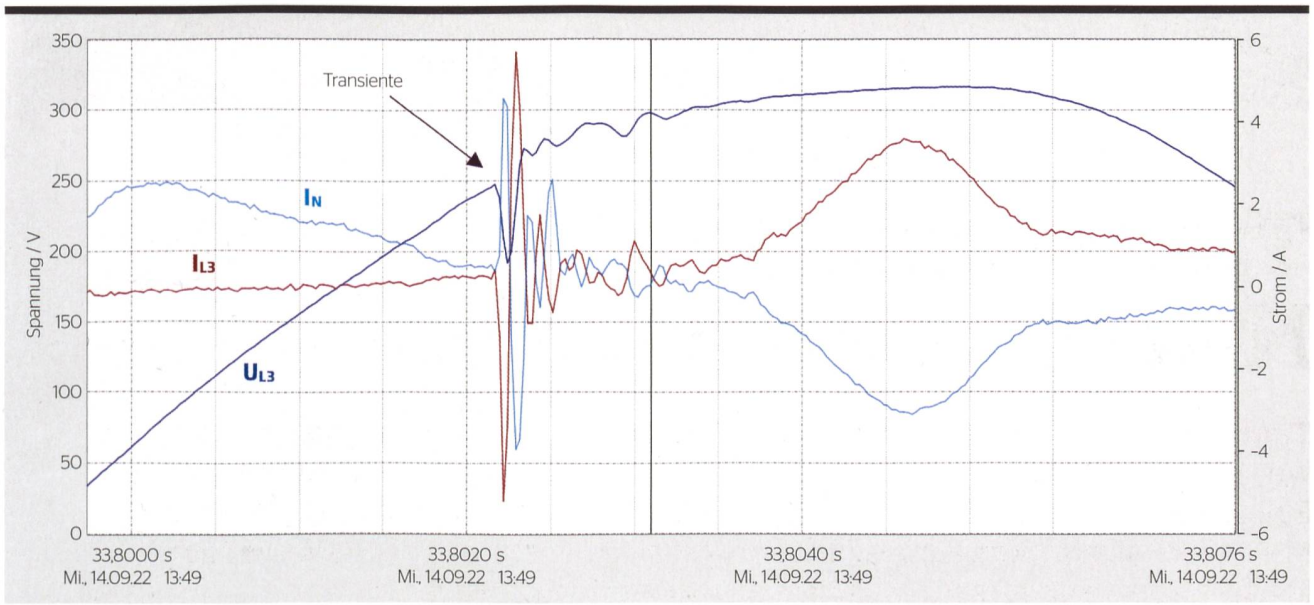


Bild 1 Transiente im Trafokreis Schleipfen vom 14. 9. 2022 um 13:49:33.

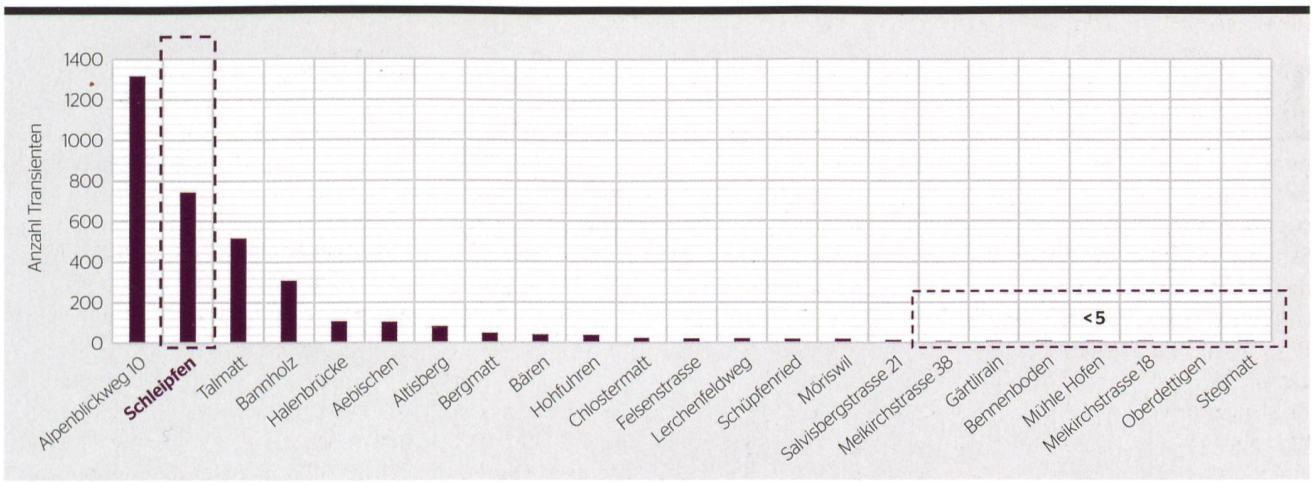


Bild 2 Anzahl transienter Spannungseinbrüche auf allen drei Phasen im Raum Wohlen bei Bern zwischen 9. 5. 2022 und 19. 5. 2022.

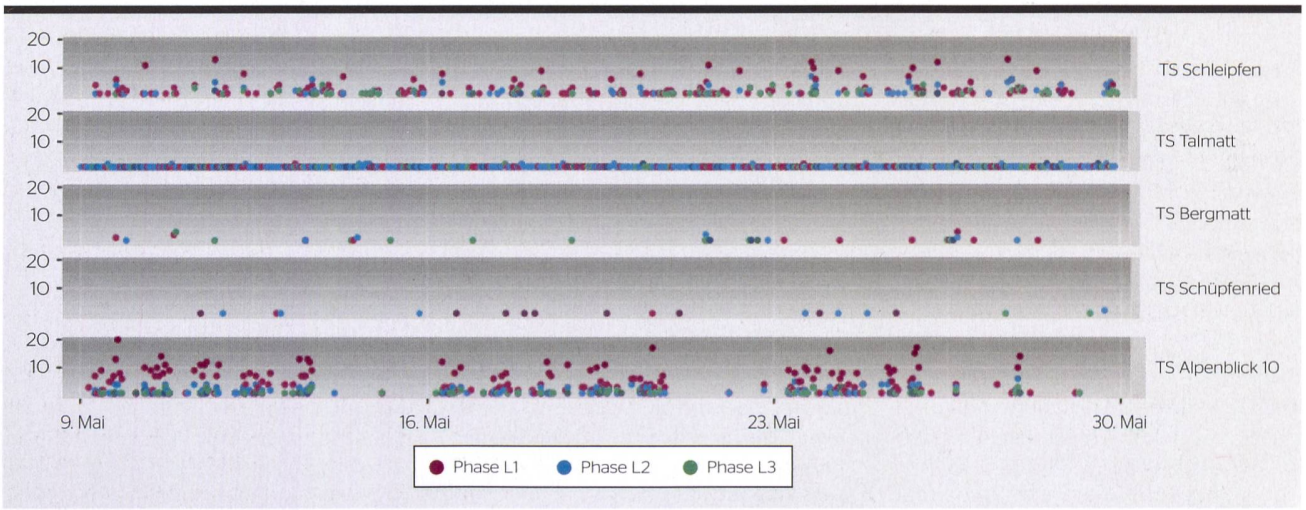


Bild 3 Anzahl der Transientenereignisse im Zeitverlauf. Jeder Punkt repräsentiert die mittlere Häufigkeit innerhalb einer Stunde.

kung vorhanden ist. Vermutlich breiten sich diese Stromtransienten über die Sekundärwicklung des Trafos auf die anderen Phasen aus. Ausserdem wurden die Verbraucher an beiden Anschlüssen visuell geprüft. Bei den Verbrauchern handelt es sich um gewöhnliche Geräte, Maschinen und Anlagen, wie sie auf Bauernhöfen und in Haushalten vorkommen. Es wurde kein auffälliger Verbrauchertyp gefunden. Die Quelle dieser Transienten in diesem Trafokreis wäre daher nur über längeres Ausschalten der einzelnen Sicherungsgruppen lokalisierbar, was bei diesen Anschlüssen verständlicherweise nicht möglich war. Die Feldmessungen erlauben folgende Schlüsse:

- **Lokales Phänomen:** Die Transienten werden von lokalen Verbrauchern verursacht und verbreiten sich nicht über das Mittelspannungsnetz.
- **Kein Einfluss auf die Hochspannung:** Es kann kein Einfluss der Transienten auf die Hochspannungsebene gemessen werden.
- **Häufigkeit:** Die Transienten treten bei allen gemessenen TS auf, jedoch nur bei vier in konzentrierter Form (309- bis 1315-mal in 20 Tagen)
- **Teilweise simultanes Auftreten:** Die Transienten treten teilweise an zwei Messpunkten im NS-Netz gleichzeitig auf und werden vermutlich über die Sekundärwicklung des Trafos übertragen.

Die beschriebenen Messkampagnen erlauben den Schluss, dass die Transienten von alltäglichen Verbrauchern im NS-Netz verursacht werden.

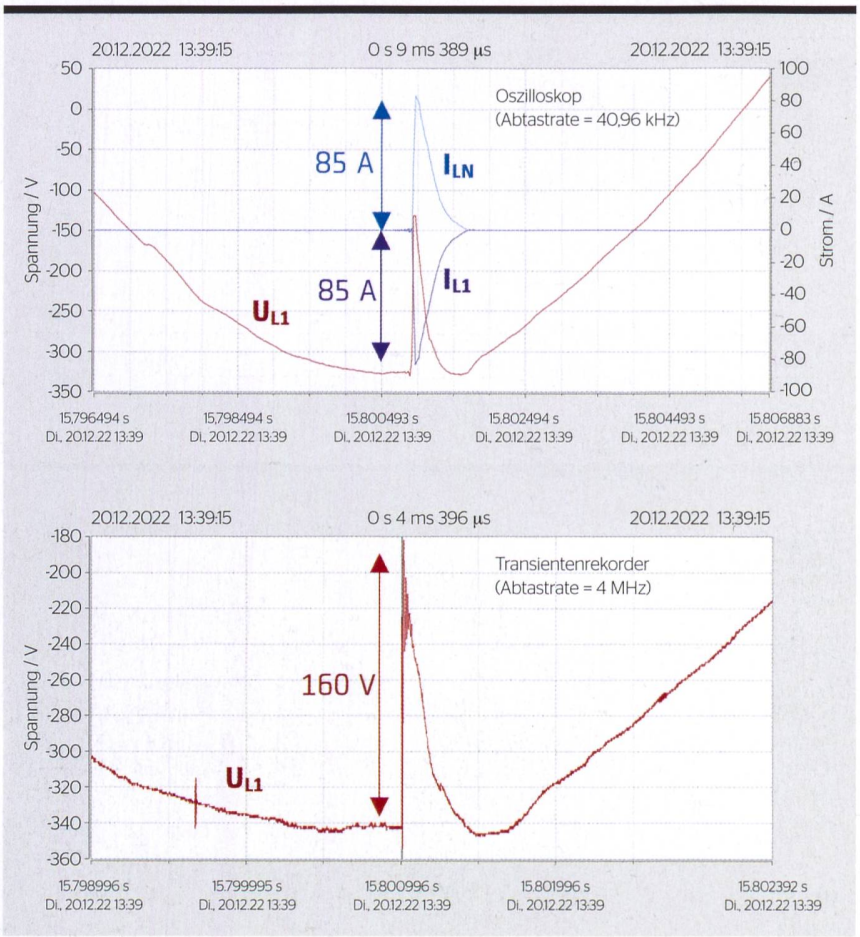


Bild 4 Einschaltverhalten beim Einstecken des Netzteils eines Laptops.

Labormessung

Gestützt auf die Erkenntnis, dass die Transienten durch gewöhnliche Verbraucher verursacht werden, wurden verschiedene elektronische Verbraucher aus Haushalten (Laptops, Mobiltelefone, Tablets und Fernseher) im Labor mit einem PQ-Messgerät (PQ-Box 200) ausgemessen, um die Quelle der Transienten zu identifizieren. Die Messungen zeigten dabei klar, dass die Transienten von den Netzteilen der Verbraucher verursacht wurden. Beispielhaft ist in **Bild 4** der Strom- und Spannungsverlauf aufgezeigt, der beim

Einstecken eines Laptop-Netzteils gemessen wurde. Die Ströme betrugen im 10-ms-Mittelwert beim Einstecken nur rund 7 A. Anhand der Oszilloskopaufnahme ist aber erkennbar, dass die Stromspitze deutlich höher ansteigt – auf etwa 85 A. Jede dieser Einschaltspitzen verursacht einen transienten Spannungseinbruch. Dieses Einschaltverhalten kann bei allen gemessenen Verbrauchern beobachtet werden.

Die Messungen zeigen, dass die Einschaltströme beim Einstecken von Laptop-Netzteilen – unabhängig vom Hersteller – Werte von 80 bis 100 A erreichen **(Bild 4)**. Bei kleineren Geräten, Tablets und Mobiltelefonen, liegt der Einschaltstrom mit 45 A und 15 A tiefer.

Die Labormessung wurde analog im Feld wiederholt. Dabei wurden dieselben Geräte bei einer Steckdose in einer Hausinstallation ein- und ausgesteckt, während ein zusätzliches PQ-Messgerät in der vorgelagerten Trafostation die Spannungen und Ströme aufzeichnete. Dabei konnte eindeutig bewiesen werden, dass die Strom- und Spannungstransienten, die beim Einstecken der Netzteile entstehen, auch in der vorgelagerten Trafostation messbar sind. Die beim Trafo gemessenen transienten Spannungseinbrüche erreichten dabei Werte von bis zu 100 V.

Schlussfolgerungen aus der Labormessung:

- **Grösse der Transienten:** Die Einschaltspitzen bei den Laptop-Netzteilen betragen zwischen 80 und 100 A. Die Spannung fällt dabei um 190 bis 220 V ab. Bei kleineren Geräten ist der Einschaltstrom – und somit der Spannungseinbruch – kleiner.
- **Kurvencharakteristik:** Alle Einschaltspitzen haben eine ähnliche Kurvencharakteristik – eine steile ansteigende Flanke mit einer Stirnzeit von ca. 50 bis 220 µs und eine Rückenhalbwertszeit von ca. 150 bis 700 µs mit einer exponentiell abfallenden Charakteristik.
- **Gradient der Einschaltspitzen:** Stirn- und Rückenhalbwertszeit korrelieren mit der Höhe der Einschaltstromspitze. Der Gradient der ansteigenden Flanke ist also bei allen gemessenen Einschaltspitzen ähnlich.
- **Lichtbogen:** Die hohen Einschalttransienten gehen oft mit einem Lichtbogen einher, der beim Einstecken des Verbrauchers an der Steckdose entsteht. Der Lichtbogen äussert sich in einer Oszillation von Strom und Spannung.
- **Einfluss auf NE6-Trafo:** Die Transienten sind ebenfalls in der vorgelagerten Trafostation messbar.

Die aus den beschriebenen Feld- und Labormessungen gewonnenen Erkenntnisse erlauben das folgende Fazit.

Fazit

Es konnte aufgezeigt werden, dass die Transienten, welche bei vielen Power-Quality-Messungen im Niederspannungsnetz registriert werden, unter anderem durch alltägliche Verbraucher im Niederspannungsnetz verursacht werden. Durch das Zuschalten der Netzteile von elektronischen Geräten ans Netz wurden Einschaltspitzen von bis zu 100 A gemessen, welche die Spannung um bis zu 220 V einbrechen lassen.

Die Messungen zeigten, dass sich diese Transienten ebenfalls auf die vorgelagerte Trafostation auswirken, wo zeitgleich mit dem Zuschalten der Netzteile transiente Spannungseinbrüche von bis zu 100 V gemessen wurden. Es ist naheliegend, dass neben den gemessenen Netzteilen noch weitere Verbraucher mit vergleichbaren elektrischen Eigenschaften solche Transienten verursachen. Zudem konnte anhand verschiedener Feldmessungen aufgezeigt werden, dass diese Transienten nur lokal im Niederspannungsnetz auftreten und sich nicht auf die höheren Spannungsebenen ausbreiten. Nach aktueller Kenntnis haben diese Transienten auf die Verbraucher im Netz oder den Netzbetrieb keine nachweisbaren negativen Effekte.

Autoren

Lukas Heiniger ist Elektroingenieur bei der BKW.
→ BKW AG, 3203 Mühleberg
→ lukas.heiniger@bkw.ch

Philippe Rothermann ist Leiter Netzbetrieb Planung & Engineering bei der BKW.
→ philippe.rothermann@bkw.ch

Stefan Providoli ist Redaktor beim VSEK.
→ VSEK, 5200 Brugg
→ s.providoli@vsek.ch

Ein kleiner Schritt für den Versorger,
ein großer Schritt in Richtung Smart Grid

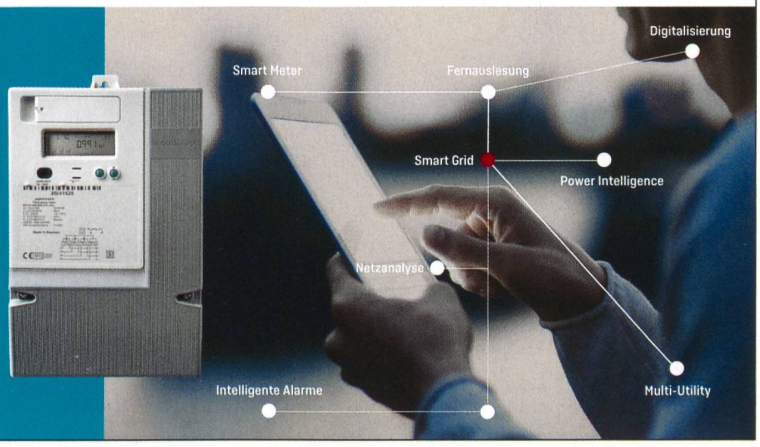
kamstrup

Beschreiten Sie neue Wege mit der Smart Metering Funklösung OMNIA

- Geringe Installations- und Betriebskosten bei höchster Verfügbarkeit > 99,5 %
- Redundantes System – minimale Anzahl an Datenkonzentratoren
- Erfassung der Netzqualität
- Geeignet für Stadt, Berg und Tal

kamstrup.com/omnia

Kamstrup A/S Schweiz · Industriestrasse 47
8152 Glattbrugg · T: 043 455 70 50 · info@kamstrup.ch



Transitoires dans le réseau basse tension

Événements transitoires au niveau de la tension | De nombreuses mesures de qualité de l'alimentation dans le réseau ont mis en évidence des chutes de tension transitoires atteignant jusqu'à 200 V. Jusqu'à présent, aucune explication concluante n'avait été trouvée pour ce phénomène. Grâce à diverses campagnes de mesure, le groupe de travail PQ de BKW a désormais pu identifier une source concrète.

LUKAS HEINIGER, PHILIPPE ROTHERMANN, STEFAN PROVIDOLI

Ces dernières années, BKW a enregistré de plus en plus de variations de tension transitoires lors de mesures de qualité de l'alimentation (Power Quality, PQ) réalisées dans son réseau de distribution. La forme de ces transitoires était toujours très similaire. La tension s'effondrait dans la partie supérieure ou inférieure de la demi-onde sinusoïdale pendant environ 0,1 à 0,5 ms, et cet effondrement était accompagné d'une pointe de courant **(figure 1)**. Ce phénomène a été enregistré par la fonction de déclenchement sur dépassement de seuils enveloppe de l'oscilloscope de l'appareil de mesure PQ. Ces phénomènes transitoires ne sont pas en relation directe avec la qualité de l'alimentation, mais il est dans l'intérêt du groupe de travail PQ de BKW d'identifier leurs sources.

Ces transitoires ont été étudiés avec une méthode pratique: différentes mesures ont été réalisées sur le réseau haute et basse tension de BKW, tout en ayant recours à un grand nombre de mesures de qualité effectuées dans la région de Wohlen bei Bern. Des mesures supplémentaires réalisées en laboratoire sur des consommateurs spécifiques ont contribué à mieux comprendre le phénomène.

Afin d'exclure que les creux de tension et les pics de courant transitoires observés ne soient pas le résultat d'événements survenus dans le réseau haute tension, une mesure a été effectuée pendant plusieurs semaines sur le jeu de barres 132 kV de la sous-station de Mühleberg. Cette mesure a confirmé que ces transitoires ne se produisaient pas dans le réseau haute tension.

Mesures dans les stations transformatrices

Dans la région de Wohlen bei Bern, BKW a installé des appareils de mesure PQ fixes dans diverses stations transformatrices (ST). Durant la période du 9 au 19 mai 2022, 23 de ces appareils ont été utilisés pour les mesures de transitoires. L'analyse montre qu'au cours de cette période, des creux de tension transitoires ont provoqué des déclenchements sur dépassement de seuils enveloppe dans toutes les stations de transformation **(figure 2)**. Pour sept de

Figures: BKW

ces stations, moins de cinq transitoires ont été enregistrés. La plupart des transitoires sont apparus sur quatre stations, celle d'Alpenblick se distinguant avec 1315 transitoires enregistrés. Située à Uettligen, cette station de transformation alimente de nombreuses maisons individuelles ainsi qu'un bâtiment scolaire. Avec près de 800 déclenchements, la station Schleipfen arrive en deuxième position. Il s'agit d'un transformateur sur poteau qui n'alimente que trois raccordements domestiques.

La comparaison des transitoires sur un axe temporel a montré que les transitoires ont été enregistrés à des moments différents pour toutes les stations. Comme il n'y a pas de schéma commun reconnaissable, la source des transitoires se situe localement dans les circuits de transformation respectifs. Ceux-ci ne sont pas transmis de manière perceptible par le réseau moyenne tension.

À la station Alpenblick, les transitoires sont plus souvent mesurés sur la phase L1 et principalement pendant les heures de travail, ce qui pourrait être lié à l'école qui y est raccordée. Dans les stations de Talmatt et Schleipfen, en revanche, les transitoires sont observés sans régularité apparente (**figure 3**).

Suite aux résultats de cette campagne de mesure réalisée à grande échelle, une campagne ciblée a été menée dans le circuit de transformation de Schleipfen.

Mesure du circuit de transformation de Schleipfen

Le circuit de transformation de Schleipfen correspond à un transformateur sur poteau alimentant une ferme et deux maisons. Ce circuit offre une bonne situation de départ pour un contrôle des consommateurs raccordés et pour des mesures ciblées.

Un appareil de mesure PQ (PQ-Box 200) a été installé dans la distribution principale de la ferme et un autre dans celle de la dépendance. Les mesures montrent que les transitoires sont répartis sur toute la journée, mais que leur concentration est plus élevée le soir. Entre 3h30 et 5h30 environ, en revanche, aucun transitoire n'a été enregistré. De plus, il a été observé que divers transitoires apparaissent simultanément aux deux points de mesure – il y a donc une interaction mutuelle. Ces transitoires de courant se propagent probablement aux autres phases

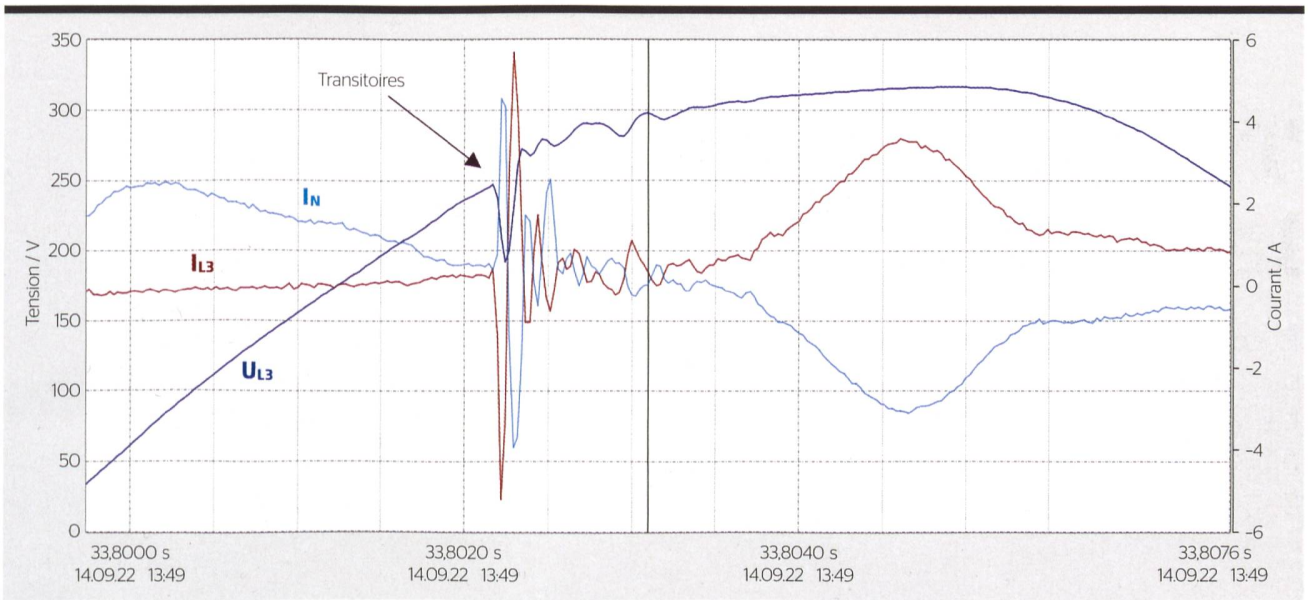


Figure 1 Transitoires dans le circuit de transformation de Schleipfen, mesurés le mercredi 14.09.2022 à 13:49:33.

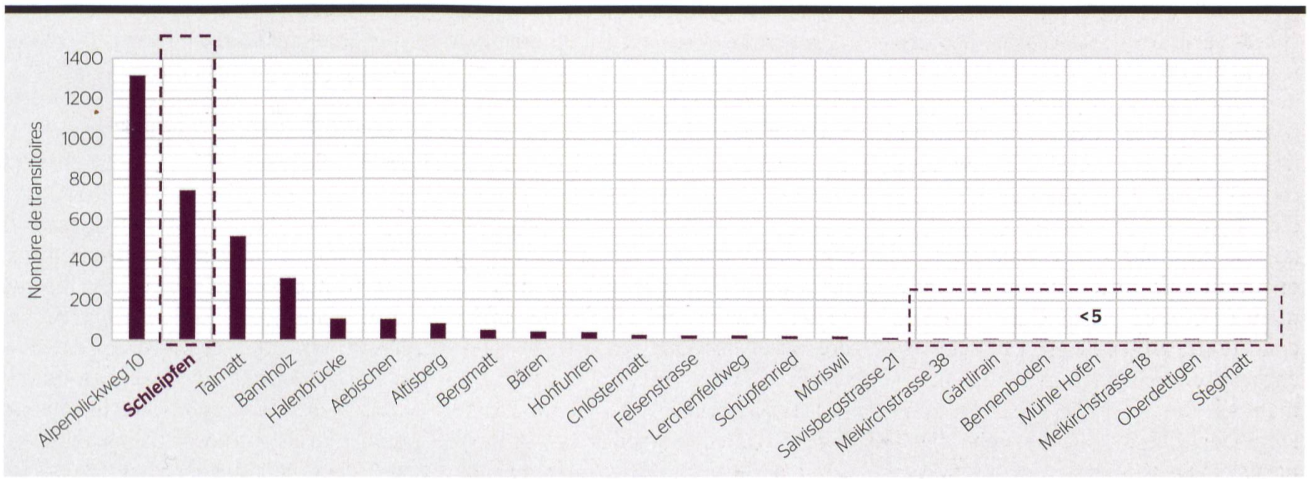


Figure 2 Nombre de creux de tension transitoires enregistrés sur les trois phases dans la région de Wohlen bei Bern du 9 mai 2022 au 19 mai 2022.

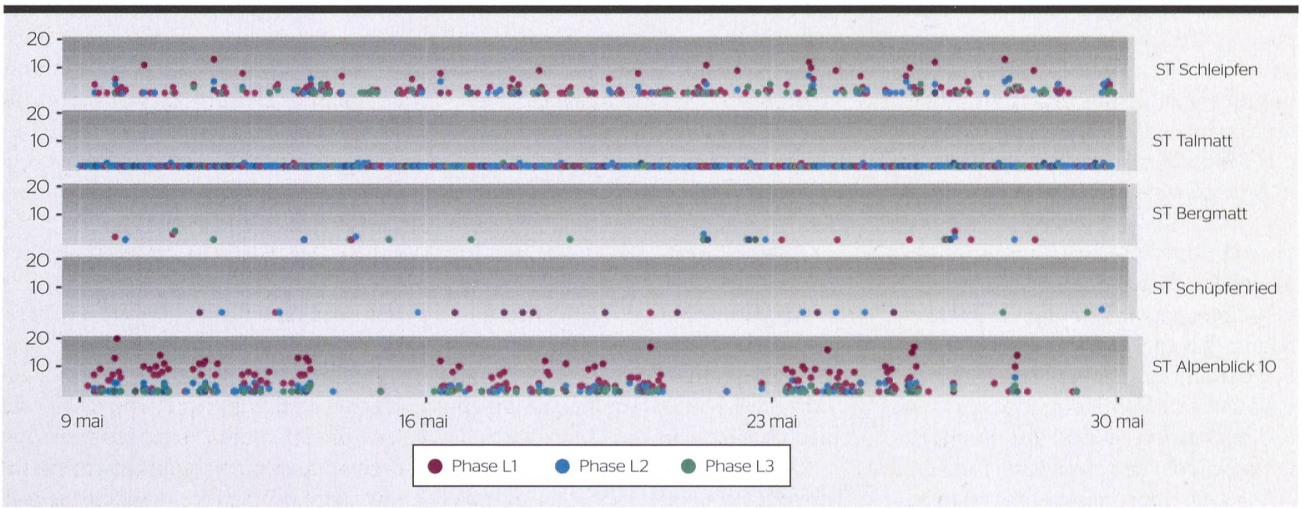


Figure 3 Nombre d'événements transitoires au cours du temps. Chaque point représente la fréquence moyenne sur une heure.

via l'enroulement secondaire du transformateur. Les consommateurs reliés aux deux raccordements ont également été contrôlés visuellement. Ces consommateurs sont des appareils, des machines et des installations ordinaires, comme on en trouve dans toutes les fermes et dans tous les ménages. Aucun type spécial de consommateur n'a été trouvé. La source de ces transitoires dans ce circuit de transformation ne pourrait donc être localisée qu'en coupant les différents groupes de fusibles pendant une période prolongée, ce qui n'était naturellement pas possible avec ces raccordements.

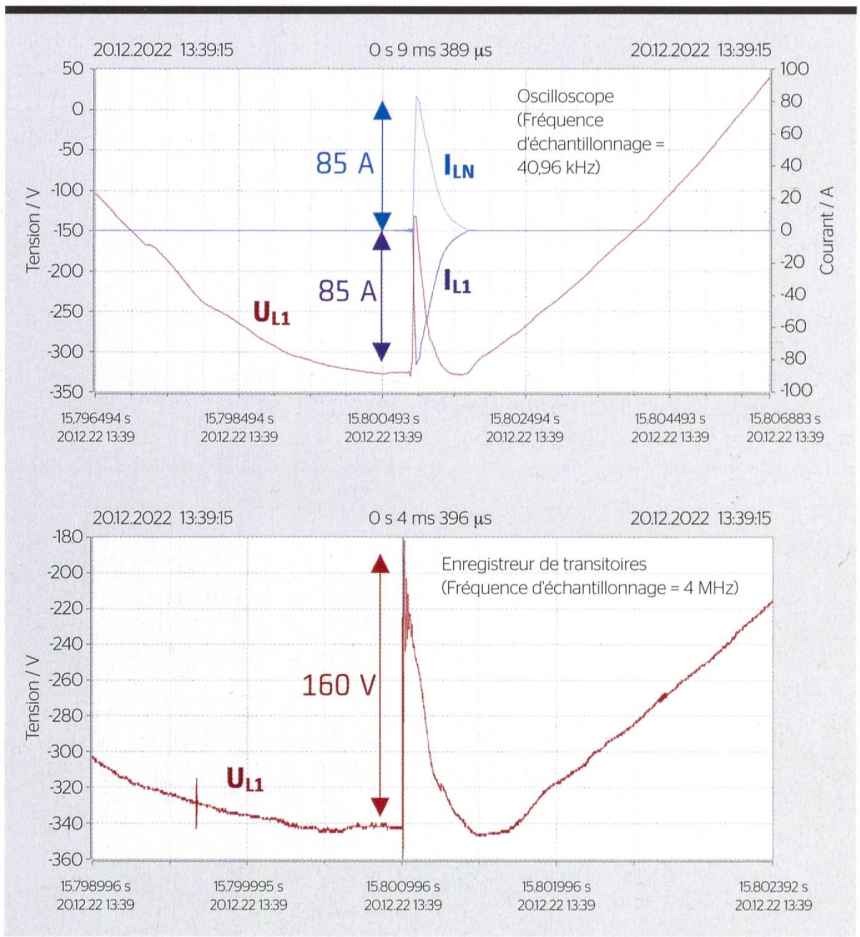


Figure 4 Comportement au démarrage lors du branchement du bloc d'alimentation d'un ordinateur.

Les mesures effectuées sur le terrain permettent de tirer les conclusions suivantes:

- **Phénomène local:** les transitoires sont provoqués par des consommateurs locaux et ne se propagent pas sur le réseau moyenne tension.
- **Pas d'influence sur la haute tension:** aucune influence des transitoires au niveau de la haute tension n'a pu être mesurée.
- **Fréquence:** les transitoires apparaissent sur toutes les stations transformatrices mesurées, mais sur seulement quatre d'entre elles avec une grande fréquence (309 à 1315 fois en 20 jours).
- **Apparition en partie simultanée:** les transitoires apparaissent parfois simultanément en deux points de mesure du réseau BT et sont probablement transmis par le biais de l'enroulement secondaire du transformateur.

Les campagnes de mesure décrites permettent de conclure que les transitoires sont causés par des consommateurs ordinaires sur le réseau BT.

Mesures en laboratoire

Sur la base de ce constat, différents consommateurs électroniques ordinaires (ordinateurs portables, téléphones mobiles, tablettes et téléviseurs), que l'on trouve dans chaque ménage, ont été mesurés en laboratoire avec un appareil de mesure PQ-Box 200 afin d'identifier la source des transitoires. Les mesures ont clairement indi-

qué que ceux-ci étaient causés par les blocs d'alimentation des consommateurs mesurés. La **figure 4** montre, par exemple, l'évolution du courant et de la tension lors du branchement d'un bloc d'alimentation d'ordinateur portable. Au moment de la connexion, les courants mesurés s'élevaient en moyenne sur une durée de 10 ms à seulement 7 A environ. L'enregistrement de l'oscilloscope montre toutefois que la pointe de courant est en réalité nettement plus élevée: elle atteint environ 85 A. Chacune de ces pointes provoque un creux de tension transitoire. Ce comportement au démarrage peut être observé sur tous les consommateurs mesurés.

Les mesures montrent qu'au moment du branchement des blocs d'alimentation d'ordinateurs portables, les courants d'appel transitoires atteignent des valeurs de 80 à 100 A (**figure 4**). Pour les appareils plus petits tels que les tablettes et les téléphones portables, le courant d'appel transitoire est plus faible, respectivement de 45 A et 15 A.

Les mesures en laboratoire ont été répétées de manière analogue sur le terrain. Les mêmes appareils ont été branchés et débranchés d'une prise dans une installation domestique, tandis qu'un appareil de mesure PQ supplémentaire enregistrait les tensions et les courants dans le poste de transformation en amont. Il a ainsi pu être clairement prouvé que les transitoires de courant et de tension qui surviennent lors du branchement des différentes alimentations peuvent également être mesurés dans le poste de transformation en amont. Les chutes de tension transitoires mesurées au niveau du transformateur ont atteint des valeurs allant jusqu'à 100 V.

Les mesures en laboratoire permettent de faire les constats suivants:

- **Ordre de grandeur des transitoires:** les pics de démarrage correspondant aux blocs d'alimentation d'ordinateurs portables atteignent entre 80 et 100 A. La tension chute alors de 190 à 220 V. Pour les appareils plus petits, le courant d'appel transitoire – et donc le creux de tension – est plus faible.
- **Caractéristiques de courbe:** tous les pics de démarrage ont des caractéristiques de courbe similaires – un front raide avec une durée de front d'environ 50 à 220 µs et une durée de queue jusqu'à mi-valeur d'environ 150 à 700 µs, avec une caractéristique de décroissance exponentielle.
- **Gradient des pics de démarrage:** les durées de front et de queue jusqu'à mi-valeur sont en corrélation avec l'amplitude de la pointe du courant d'appel. Le gradient du front de montée est donc similaire pour tous les pics de démarrage mesurés.
- **Arc électrique:** les transitoires d'enclenchement élevés sont souvent accompagnés d'un arc électrique qui se produit lorsque le consommateur est branché à la prise de courant. L'arc électrique se manifeste par une oscillation du courant et de la tension.
- **Influence sur le transformateur NR6:** les transitoires peuvent également être mesurés dans le poste de transformation en amont.

Les résultats obtenus à partir des mesures réalisées sur le terrain et en laboratoire décrites ci-dessus ont permis d'aboutir à diverses conclusions.

Conclusions

Il a été démontré que les transitoires enregistrés lors de nombreuses mesures de qualité d'alimentation dans le réseau basse tension sont, entre autres, causés par des consommateurs ordinaires de ce même réseau. La connexion de blocs d'alimentation d'appareils électroniques au réseau a permis de mesurer des pics de démarrage pouvant atteindre jusqu'à 100 A, faisant chuter la tension de jusqu'à 220 V.

Les mesures ont montré que ces transitoires affectaient également le poste de transformation en amont, où des chutes de tension transitoires allant jusqu'à 100 V ont été mesurées simultanément à la connexion des alimentations électriques. Il est évident que les alimentations mesurées ne sont pas les seules à provoquer de tels transitoires; d'autres consommateurs ayant des propriétés électriques comparables le font aussi. De plus, diverses mesures sur le terrain ont montré que ces transitoires n'apparaissent que localement dans le réseau basse tension et ne se propagent pas aux niveaux de tension plus élevés. Dans l'état actuel des connaissances, ces transitoires n'ont pas d'effets négatifs démontrables sur les consommateurs ou sur l'exploitation du réseau.

Auteurs

Lukas Heiniger est ingénieur en génie électrique chez BKW.
→ BKW AG, 3203 Mühleberg
→ lukas.heiniger@bkw.ch

Philippe Rothermann est responsable Exploitation du réseau – Planification & Ingénierie chez BKW.
→ philippe.rothermann@bkw.ch

Stefan Providoli est rédacteur à l'ASCE (Association suisse pour le contrôle des installations électriques, VSEK).
→ VSEK, 5200 Brugg
→ s.providoli@vsek.ch