

Zeitschrift: bulletin.ch / Electrosuisse

Herausgeber: Electrosuisse

Band: 115 (2024)

Heft: 1

Artikel: Spannungshaltung bei hoher Einspeisung = Maintien de la tension en cas de forte injection

Autor: Cuony, Peter / Kaeser, Cyril

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1075044>

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: 03.04.2026

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



HS/MS-Transformatoren (25 MVA) mit dynamischer Regelung der Sekundärspannung.

Spannungshaltung bei hoher Einspeisung

Dynamische Spannungsregelung im Umspannwerk | Nach den Niederspannungsnetzen wird die Spannungshaltung bei hoher Photovoltaik-Einspeisung nun auch in den Mittelspannungsnetzen herausfordernd. Eine Lösung ist die dynamische Spannungsregelung im Umspannwerk, wie die Ergebnisse eines von Groupe E in Payerne durchgeführten Pilotprojekts zeigen.

PETER CUONY, CYRIL KAESER

Die Schweizer Stromnetze wurden im letzten Jahrhundert so aufgebaut, dass der Strom von wenigen grossen Wasserkraft- und Atomkraftwerken zu vielen Verbrauchern transportiert werden kann, und dies für eine maximale Verbrauchsleistung von etwa 10 GW. Seit einigen Jahren speisen jedoch immer mehr Photovoltaikanlagen dezentral Strom in das Verteilnetz ein, wodurch der Stromfluss im Stromnetz zu bestimmten Tageszeiten umgekehrt wird.

Ende 2023 waren bereits mehr als 5 GW PV-Leistung an das Schweizer

Stromnetz angeschlossen. Die Verteilnetzbetreiber (VNB) spüren die Auswirkungen immer stärker, hauptsächlich in den ländlichen Stromnetzen mit grossen Dächern, aber geringer und mittlerer Einwohnerdichte. Angesichts der 40 bis 50 GW PV-Leistung, die verschiedene Szenarien für die nächsten 25 Jahre vorhersagen, ist klar, dass sich die Schweiz erst am Anfang des Transformationsprozesses befindet und dass sich die Verteilnetze schnell den neuen Entwicklungen anpassen müssen, wenn sie nicht zu einer Bremse für die Energiewende werden sollen.

Mittelspannungsnetze unter Druck

Glücklicherweise gibt es intelligente Lösungen, die den VNB helfen, mit diesen Herausforderungen umzugehen. Groupe E hat in ihrer Smart-Grid-Strategie 18 Smart-Grid-Ansätze identifiziert, mit verschiedenen Reifegraden im Hinblick auf eine grossflächige Einführung. Eine dieser Smart-Grid-Lösungen ist der regelbare Ortsnetztransformator (Ront), den Groupe E schon seit mehr als fünf Jahren bei Bedarf einsetzt. Der Ront transformiert die Mittelspannung (MS) in Niederspan-

nung (NS) und umgekehrt und kann mit einem Stufenschalter das Transformationsverhältnis anpassen, um die Spannung im NS-Netz bei hohen PV-Einspeisungen zu stabilisieren.

Groupe E betrieb im Jahr 2023 dreissig solcher Transformatoren, die die Spannung je nach Höhe und Richtung der durchfliessenden Leistung regeln. Doch seit einigen Jahren beginnen sich nicht nur die Spannungen in den NS-Netzen (Netze in den Quartieren), sondern auch die Spannungen in den MS-Netzen (Netze zwischen den Dörfern) den Spannungsgrenzen anzunähern, die in Situationen mit hoher PV-Einspeisung noch toleriert werden.

Variable Sekundärspannung

Nach dem Vorbild des deutschen VNB Bayernwerk Netz und mit finanzieller Unterstützung des Kantons Waadt hat Groupe E beschlossen, ein Pilotprojekt zur Einführung einer dynamischen Spannungsregelung in einem Umspannwerk zu starten, um die Spannungen im MS-Netz zu stabilisieren. Hier verbindet der Transformator das Hochspannungsnetz mit dem Mittelspannungsnetz und versorgt eine Region mit mehreren Tausend Einwohnern. Diese Transformatoren können ihre Übersetzungsverhältnisse automatisch mit einem Spannungsregler anpassen, der Anweisungen an den Stufenwechsler sendet. Auf diese Weise wird die Spannung automatisch gemäss den Spannungsschwankungen im HS- und im MS-Netz reguliert, um die Sekundärspannung stabil zu halten (18 kV in den Freiburger und Waadtländer MS-Netzen von Groupe E).

Bisher haben die Spannungsregler in allen Umspannwerken von Groupe E die Sekundärspannung des HS-/MS-Transformators gemessen, um dem Stufenschalter die Sollwerte vorzugeben: Man spricht hier von einer festen Regelung oder U(U). Bei diesem Pilotprojekt misst der Spannungsregler den Strom, der durch den HS/MS-Transformator fliesst, um dem Stufenschalter einen Sollwert vorzugeben. In dieser Situation spricht man von einer dynamischen Regelung oder U(P). Die Sekundärspannung des Transformators ist also nicht mehr fest auf 18 kV eingestellt, sondern schwankt gemäss einer noch festzulegenden U(P)-Kurve.

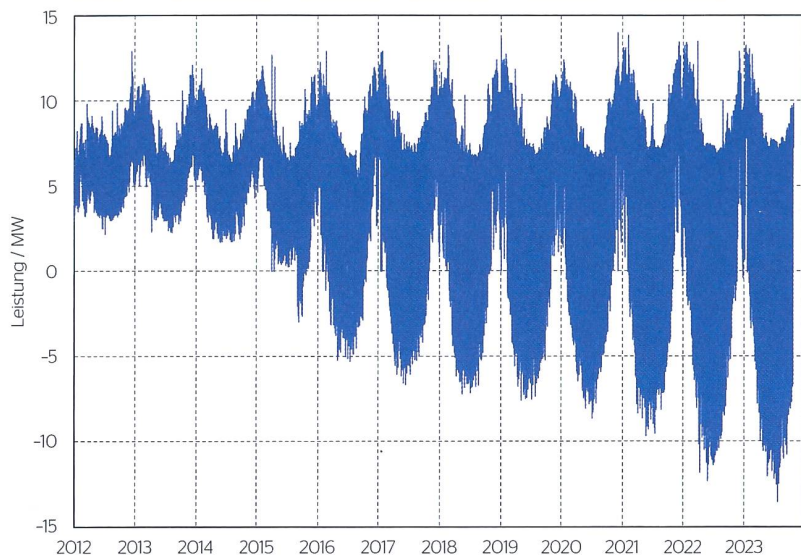


Bild 1 Leistung, die in den Jahren 2012 bis 2023 durch den HS/MS-Transformator in Payerne floss. Im Jahr 2023 war die maximale Rückspeiseleistung von der Mittelspannung in die Hochspannung (negative Werte) zum ersten Mal höher als die maximale Bezugsleistung für den Verbrauch (positive Werte).

Ein Pionierprojekt in der Schweiz

Dieses Pilotprojekt, das erste seiner Art in der Schweiz, wurde im Umspannwerk Payerne durchgeführt. Dieses versorgt über zwei 25 MVA HS/MS-Transformatoren neun MS-Netze in der Region, von denen einige eine hohe PV-Durchdringung aufweisen. **Bild 1** zeigt die Entwicklung der Leistungsflüsse, die auf einem der beiden Transformatoren in den letzten zehn Jahren gemessen wurden.

Während die maximale Last durch den Verbrauch in den letzten zehn Jahren konstant geblieben ist, stieg die maximale Einspeisung aus dezentraler Erzeugung kontinuierlich an. In den ersten Jahren des PV-Einsatzes sank die verbrauchsbedingte Mindestlast im Sommer. Im Jahr 2015 wurde über diesen Transformator erstmals Strom von den MS-Netzen in das HS-Netz eingespeist. Groupe E geht davon aus, dass die Einspeiseleistung weiter zunehmen wird und 2024 die -20-MW-Grenze und 2026 die -30-MW-Grenze überschreiten wird.

Implementierung der dynamischen Regelung

Um die dynamische Regelung zu implementieren, mussten die alten Spannungsregler im Umspannwerk Payerne durch Spannungsregler des

Typs MR Tapcon BU mit dynamischer Regelfunktion ersetzt und einige Anpassungen an der Verkabelung und den Signalen vorgenommen werden. Der Transformator-Stufenschalter blieb unverändert.

Bevor es in die Realisierungsphase ging, wurden alle MS- und NS-Netze simuliert, die vom Umspannwerk Payerne versorgt werden, um die Wirkung der dynamischen Regelung mit verschiedenen U(P)-Kurven zu bewerten. Diese Simulationen zeigen, dass die kritischen Spannungsfälle, die bei einer festen Regelung auftreten, mit dieser neuen Regelung deutlich reduziert werden können.

Bild 2 zeigt die U(P)-Kurve, die in den Spannungsreglern von Payerne implementiert wurde. Wenn die Stromnetze in Payerne hauptsächlich zur Versorgung von Verbrauchern dienen (geringer Anteil dezentraler Stromerzeugung), wird die Leistung, die durch den Transformator von HS zu MS fliesst, positiv gemessen (rechts im Bild). Mit dieser neuen dynamischen Spannungsregelung steigt mit zunehmendem Verbrauch die MS-Spannung im Umspannwerk Payerne bis zum definierten Maximalwert von 18,36 kV (102% der Spannung $U_0 = 18$ kV bei Nulllast). Umgekehrt wird die MS-Spannung gesenkt, wenn der Strom von den PV-Anlagen über die MS-Netze

zurück in das HS-Netz fließt. Die Spannung wird bis zu dem durch die Kurve festgelegten Minimalwert von 17,64 kV (98% der Spannung $U_0 = 18$ kV) gesenkt.

Spannungshaltung innerhalb des Toleranzbandes

Die Spannung am Anfang der MS-Leitungen kann daher zwischen 17,64 kV und 18,36 kV schwanken, je nach Auslastung des Transformators und des Payerne-Netzes. Der Einfluss dieser variablen Spannung im Umspannwerk sowie ihr Nutzen für die Aufrechterhaltung der Spannung innerhalb des definierten Toleranzbereichs sind in **Bild 3** dargestellt. In der Bezugssituation (blaue Linie) sinkt die Spannung entlang der MS-Leitung, in der Einspeisesituation (grüne Linie) steigt diese Spannung.

Bild 3a zeigt einen HS/MS-Trafo mit fixer Spannung am Anfang der MS-Leitung. Die Aufrechterhaltung der Spannung innerhalb eines tolerierbaren Spannungsbandes von $\pm 2\%$ (rote Linien) ist in diesem Fall am Ende der MS-Leitung nicht mehr möglich. **Bild 3b** zeigt das gleiche Netz in der gleichen Situation, jedoch mit einer dynamischen U(P)-Regelung, die die MS-Spannung im Umspannwerk in der Verbrauchssituation erhöht und in Einspeisesituationen senkt. Die Spannungshaltung innerhalb des Toleranzbandes wird deutlich verbessert.

Vorteile für die Einspeisung und für den Verbrauch

Um die Auswirkungen der dynamischen Spannungsregelung im Umspannwerk auf die MS-Netze in der Region zu validieren, wurden Messungen in verschiedenen Trafostationen entlang der MS-Leitungen durchgeführt. **Bild 4** zeigt Messungen für beide Arten der Regulierung in der Trafostation Châtelard in der Nähe des Umspannwerkes und in der Trafostation Vuaty am Ende der MS-Leitung. Wie erwartet, zeigt die dynamische Regelung grössere Spannungsschwankungen am Anfang der Leitung (**Bild 4a**), aber diese sind vom Transformator einfach zu kontrollieren. Die positive Wirkung der neuen Regelung zeigt sich am Ende der Leitung (**Bild 4b**), der Stelle, die gewöhnlich Probleme mit der Aufrechterhaltung des Spannungsniveaus in ländlichen

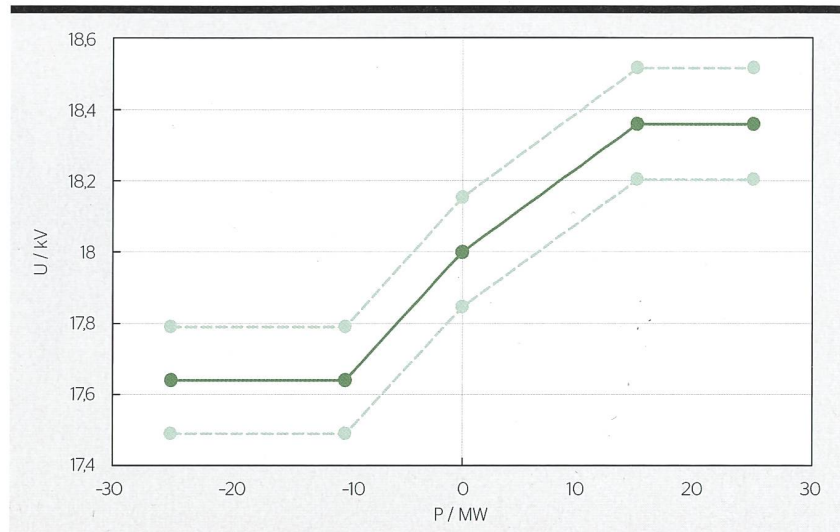


Bild 2 Die U(P)-Kurve, mit einem Totband, das in den Transformatoren in Payerne implementiert wurde.

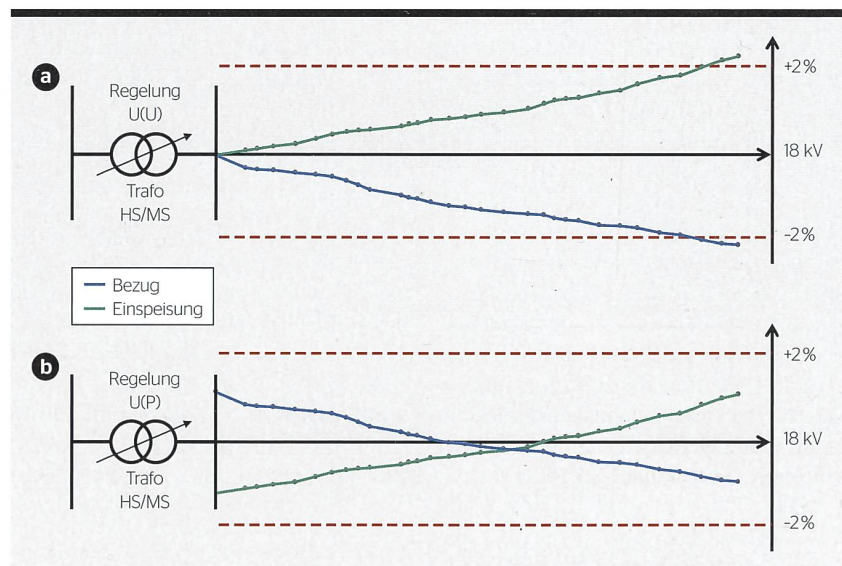


Bild 3 Entwicklung der Spannung entlang einer Mittelspannungsleitung mit 30 MS/NS-Transformatoren (kleine graue Punkte): **a**) mit fixer Regelung und **b**) mit dynamischer Regelung.

Netzen bereit. Die Messungen zeigen, dass die Spannungsschwankungen dort mit der U(P)-Regelung stark reduziert werden.

Die Reduzierung der Spannung bei hoher Einspeisung und die Erhöhung der Spannung bei hohem Bezug bietet einen zusätzlichen Spannungsspielraum auf der MS-Leitung, um mehr PV-Anlagen anschliessen zu können. Auch in Verbrauchsrichtung gibt es Vorteile: So können mehr Wärmepumpen und Ladestationen für Elektrofahrzeuge angeschlossen werden, ohne dass das Netz konventionell verstärkt werden muss.

Erhöhte Aktivität des Stufenschalters

Als Quelle der Besorgnis wurde die Anzahl der Schaltungen des Stufenschalters im Verlauf des Projekts aufmerksam verfolgt. Tatsächlich zeigten die in der Studienphase des Projekts durchgeführten Simulationen, dass der Stufenschalter bei einer dynamischen Regelung deutlich öfter schalten würde.

Die Überwachung der Anzahl der Stufenwechsel an den HS/MS-Trafos in Payerne bestätigte diese Simulationen: Es wurde eine Erhöhung der Anzahl der Stufenwechsel um 20 bis 40% beobachtet. Durch die erhöhte Aktivität des

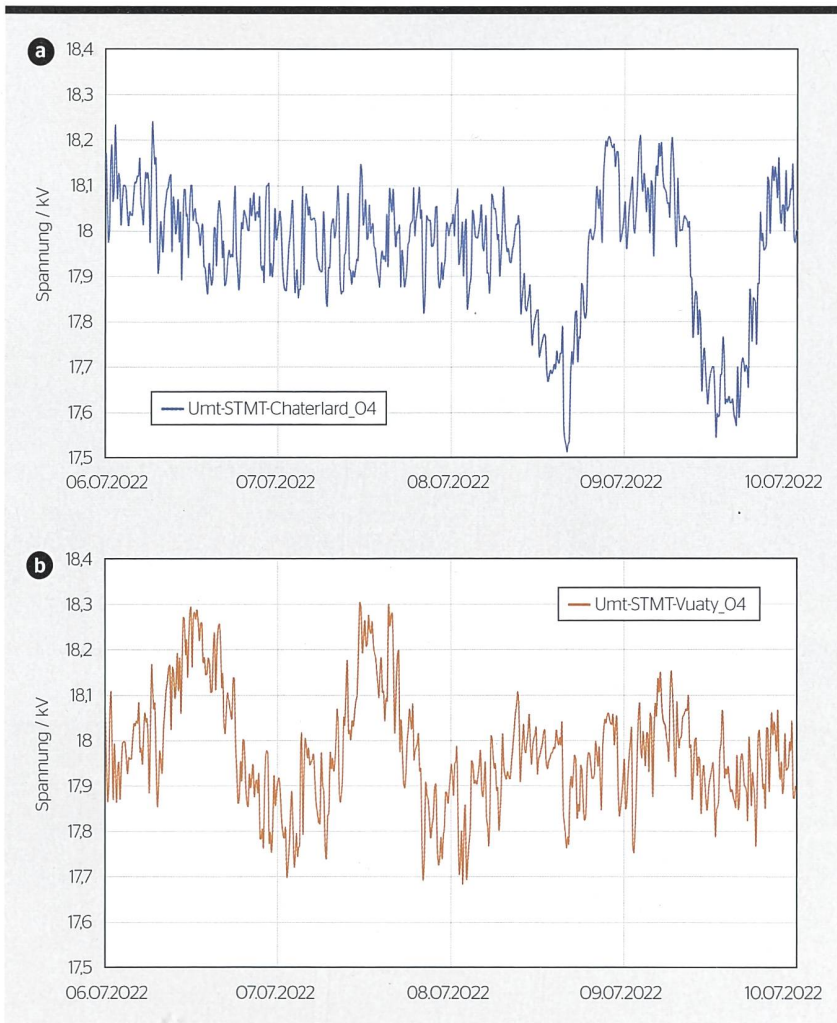


Bild 4 Gemessene Spannung in der Trafostation **a)** Châtelard, nahe des Umspannwerkes Payerne, und **b)** Vuaty, am Ende der MS-Leitung, während vier Tagen, mit fixer U(U)-Regelung am 6. und 7. Juli 2023 und mit dynamischer U(P)-Regelung am 8. und 9. Juli 2023.

Stufenschalters könnte er vorzeitig abgenutzt werden und somit höhere Wartungskosten verursachen. Dieser letzte Punkt muss jedoch noch weiter untersucht werden und hängt stark von der Art des verwendeten Stufenschalters ab. Groupe E verfügt noch nicht über genügend Erfahrung mit der Wartung der unter Vakuum arbeitenden

Stufenschaltern, wie sie im Umspannwerk Payerne eingesetzt werden, um die Auswirkungen der erhöhten Anzahl von Stufenwechseln messen zu können.

Ein zusätzliches, kostengünstiges Werkzeug

Die Kosten für den Austausch der Regler im Umspannwerk betragen

etwa 40 000 CHF, was im Vergleich zu anderen Lösungen zur Spannungssenkung bei hoher PV-Einspeisung bescheiden ist. Für ein neues Umspannwerk, das bereits mit dem richtigen Spannungsregler ausgestattet ist, werden die Mehrkosten für die dynamische U(P)-Regelungsfunktion auf 5000 bis 7000 CHF geschätzt. Diese Lösung wird heute in den ländlichen Netzen von Groupe E eingesetzt, um den Spannungsanstieg aufgrund der PV-Einspeisung an sonnigen Tagen zu begrenzen. Sie wird aber auch nützlich sein, um die zu erwartenden Spannungsabfälle am Ende des Tages im Winter zu bekämpfen, die durch den Verbrauch von Wärmepumpen und Ladeinfrastrukturen für Elektroautos verursacht werden, die in den nächsten Jahren hinzukommen.

Mit diesem Pilotprojekt konnte gezeigt werden, dass die dynamische Spannungsregelung im Umspannwerk viele Vorteile mit sich bringt und einfach zu implementieren ist. Es gibt nicht die eine Lösung, mit der das Stromnetz für die laufende Energiewende fit gemacht werden kann. Vielmehr sind es viele technische Lösungen, die intelligent kombiniert werden und das Stromnetz in die Lage versetzen, sich schnell an neue Herausforderungen anzupassen. Mit diesem Demonstrationsprojekt wurde die Lösung der dynamischen Spannungsregelung im Umspannwerk zu den standardisierten Werkzeugen in der Smart Grid Toolbox von Groupe E hinzugefügt.

Autoren

Peter Cuony ist bei Groupe E für die Produkte zur Stromverteilung zuständig.
→ Groupe E SA, 1763 Granges-Paccot
→ peter.cuony@groupe-e.ch

Cyril Kaeser ist Betriebsingenieur und Smart-Grid-Spezialist bei Groupe E.
→ cyril.kaeser@groupe-e.ch



**SAVE THE
DATE**

LAC Lugano Arte e Cultura

Generalversammlung Electrosuisse

Assemblée générale Electrosuisse

23. Mai 2024, 10.30 Uhr | LAC Lugano Arte e Cultura

Das Programm sowie die Traktanden und Anträge stehen ab Ende März auf www.electrosuisse.ch/gv zur Verfügung.

Die Mitglieder von Electrosuisse erhalten eine persönliche Einladung zur Generalversammlung.

23 mai 2024, 10h30 | LAC Lugano Arte e Cultura

Le programme ainsi que l'ordre du jour et les propositions seront disponibles à partir de fin mars sur www.electrosuisse.ch/gv.

Les membres d'Electrosuisse recevront une invitation personnelle à l'assemblée générale.



electrosuisse.ch/gv

**electro
SUISSE**





Transformateurs HT/MT de 25 MVA avec régulation dynamique de la tension secondaire.

Maintien de la tension en cas de forte injection

Régulation dynamique de la tension aux postes de transformation HT/MT | Après les réseaux BT, c'est au tour des réseaux MT de s'approcher des limites de tension tolérées en cas de forte injection photovoltaïque. Une solution consiste à mettre en place une régulation dynamique de la tension dans le poste de transformation HT/MT, comme le montrent les résultats d'un projet pilote réalisé par Groupe E, à Payerne.

PETER CUONY, CYRIL KAESER

Les réseaux électriques suisses ont été construits dans les décennies précédentes en partant de quelques grandes centrales de productions hydroélectriques et nucléaires pour aller vers un grand nombre de consommateurs, et ceci, pour une puissance de consommation maximale d'environ 10 GW. Or, depuis quelques années, de plus en plus d'installations photovoltaïques (PV) injectent du courant de manière décentralisée dans le réseau de distribution, ce qui tend à

inverser le flux d'électricité dans le réseau électrique à certains moments de la journée.

En 2023, la puissance photovoltaïque raccordée au réseau électrique suisse a dépassé 5 GW, et les gestionnaires de réseau de distribution (GRD) commencent à en sentir les effets principalement sur les réseaux de distribution dits de campagne (à faible et moyenne densité d'habitants). Au vu des 40 à 50 GW de puissance photovoltaïque installée que différents scénarios pré-

voient dans les prochains 25 ans, il est clair que la Suisse ne se trouve actuellement qu'au début de son processus de transformation, et que les GRD doivent penser les réseaux de distribution différemment pour que ceux-ci ne deviennent pas un frein à la transition énergétique.

Réseaux moyenne tension sous pression

Heureusement, il existe aujourd'hui de nouvelles solutions intelligentes

qui permettent aux GRD d'élargir leur boîte à outils pour faire face à ces défis. Dans sa stratégie smart grid, Groupe E a recensé, en 2020, 18 nouveaux outils smart grid - à différents niveaux de maturité - dans la perspective d'un déploiement à grande échelle. Les transformateurs réglables MT/BT constituent, par exemple, une solution intelligente déjà déployée en cas de besoin depuis plus de cinq ans. Ces transformateurs reliant le réseau moyenne tension au réseau basse tension sont utilisés pour stabiliser la tension sur le réseau BT en cas de forte injection photovoltaïque.

En 2023, Groupe E exploite 30 de ces transformateurs qui régulent la tension en fonction du niveau et du sens de la puissance qui transite. Mais depuis quelques années, ce ne sont plus seulement les tensions des réseaux basse tension (réseau de quartiers), mais aussi celles des réseaux moyenne tension (le réseau entre les villages) qui commencent à se rapprocher des limites de tension tolérées lors des situations de forte injection photovoltaïque.

Tension secondaire variable

En s'inspirant du GRD allemand Bayernwerk Netz, et avec le soutien financier du canton de Vaud, Groupe E a décidé de lancer un projet pilote pour la mise en place d'une régulation dynamique de la tension dans un poste de transformation HT/MT afin de stabiliser les tensions sur le réseau MT. Ici, le transformateur relie le réseau haute tension au réseau moyenne tension, et alimente une région avec plusieurs milliers d'habitants. Ces transformateurs peuvent adapter leurs rapports de transformation de manière automatique à l'aide d'un régulateur de tension qui envoie des consignes au changeur de prises, aussi appelé insérateur. De cette manière, la tension est régulée automatiquement selon les variations de tension sur le réseau HT et sur le réseau MT de sorte à maintenir une tension secondaire fixe (18 kV sur les réseaux MT fribourgeois et vaudois de Groupe E).

Jusqu'à présent, tous les régulateurs de tension dans tous les postes HT de Groupe E mesuraient la tension secondaire du transformateur HT/MT pour

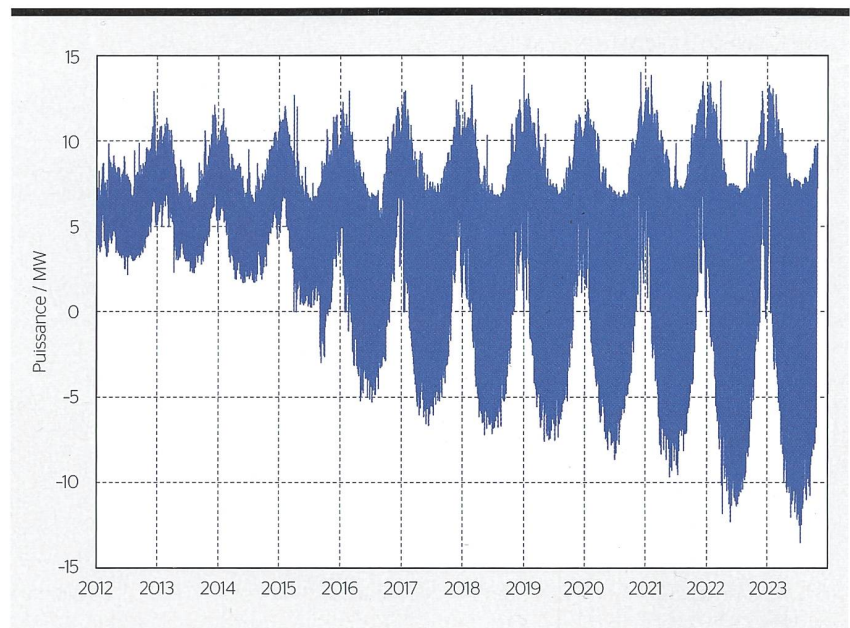


Figure 1 Puissance transitant par le transformateur HT/MT de Payerne pour les années 2012-2023. En 2023, la puissance maximale d'injection de la moyenne tension vers la haute tension (valeurs négatives) a été pour la première fois supérieure à la puissance maximale de soutirage pour la consommation (valeurs positives).

donner les consignes au changeur de prises: on parle ici de régulation fixe ou U(U). Pour ce projet pilote, le régulateur de tension mesure le courant transitant dans le transformateur HT/MT pour donner une consigne au changeur de prises. Dans cette situation, on parle de régulation dynamique ou U(P). La tension secondaire du transformateur HT/MT n'est donc plus fixe à 18 kV, mais varie selon une courbe U(P) à définir.

Un projet inédit en Suisse

Ce projet pilote, premier de son genre en Suisse, a été réalisé sur le poste de transformation de Payerne. Celui-ci alimente, via deux transformateurs HT/MT de 25 MVA, neuf réseaux MT dans la région, dont certains présentent une forte pénétration photovoltaïque. La **figure 1** montre l'évolution du flux de puissance mesuré sur l'un de ces deux transformateurs au cours des dix dernières années.

Si la charge en consommation est restée relativement constante ces dernières années, l'injection maximale de production décentralisée ne cesse de croître. Les premières années de déploiement photovoltaïque ont d'abord diminué en été la charge minimale liée à la consommation: ce n'est qu'en 2015 que ce poste a injecté du cou-

rant en direction du réseau HT pour la première fois. Groupe E prévoit que les puissances d'injection vont continuer à augmenter chaque année, et dépasser les -20 MW en 2024 et les -30 MW en 2026.

Implémentation de la régulation dynamique

Pour implémenter la régulation dynamique, il a fallu remplacer les anciens régulateurs de tension par des régulateurs de tension de type MR Tapcon BU avec fonction de régulation dynamique, et faire quelques adaptations de câblage et de signaux pour intégrer cette nouvelle fonction. La partie primaire du régulateur (changeur de prise du transformateur) n'a quant à elle pas été modifiée.

Avant de passer en phase de réalisation, des simulations ont été effectuées sur l'ensemble des réseaux MT et BT alimentés par le poste de Payerne afin d'évaluer l'effet de la régulation dynamique avec différentes courbes U(P). Ces simulations ont démontré que les cas critiques de tensions rencontrés avec une régulation fixe pouvaient être nettement améliorés avec ce nouveau type de régulation.

La courbe U(P), illustrée dans la **figure 2**, a été définie comme courbe à implémenter dans les régulateurs de

tension de Payerne. Quand les réseaux électriques de Payerne servent principalement à alimenter des consommateurs qui soutirent de l'énergie du réseau (faible taux de production décentralisée), la puissance traversant le transformateur de la HT vers la MT est mesurée en positif (côté droit du graphique). Avec cette nouvelle régulation dynamique de la tension, plus il y a de soutirage, plus la tension MT au poste de Payerne augmente, jusqu'à la valeur maximale définie de 18,36 kV (102% de la tension $U_0=18$ kV à charge nulle). À l'inverse, plus les installations de production d'électricité produisent dans le réseau de Payerne, plus la tension MT va diminuer jusqu'à atteindre la valeur minimale fixée par la courbe de 17,64 kV (98% de la tension $U_0=18$ kV).

Maintien de la tension dans la bande de tolérance

La tension au départ des lignes MT peut donc varier entre 17,64 kV et 18,36 kV, selon la charge du transformateur et du réseau payernois. L'influence de cette tension variable au poste HT/MT ainsi que son intérêt pour maintenir la tension dans la plage de tolérance définie sont illustrés dans la figure 3. En situation de soutirage (ligne bleue), la tension diminue le long de la ligne, et en situation d'injection (ligne verte), la tension augmente le long de la ligne MT.

La figure 3a montre le transformateur HT/MT avec une régulation fixe de la tension au départ de la ligne MT. Le maintien de la tension dans une bande de tension tolérable de $\pm 2\%$ (lignes rouges) n'est pas possible dans ce cas. La figure 3b montre le même réseau dans les mêmes situations, mais avec une régulation dynamique U(P) qui augmente la tension MT au poste lors des situations de soutirage, et qui diminue la tension dans les situations d'injection. Le maintien de la tension dans la bande de tolérance est nettement amélioré.

Des avantages pour l'injection ainsi que pour la consommation

Afin de valider l'effet de la régulation dynamique de la tension au poste, des mesures ont été effectuées dans diverses stations le long de la ligne MT. La figure 4 montre des mesures réalisées pour les deux types de régulation

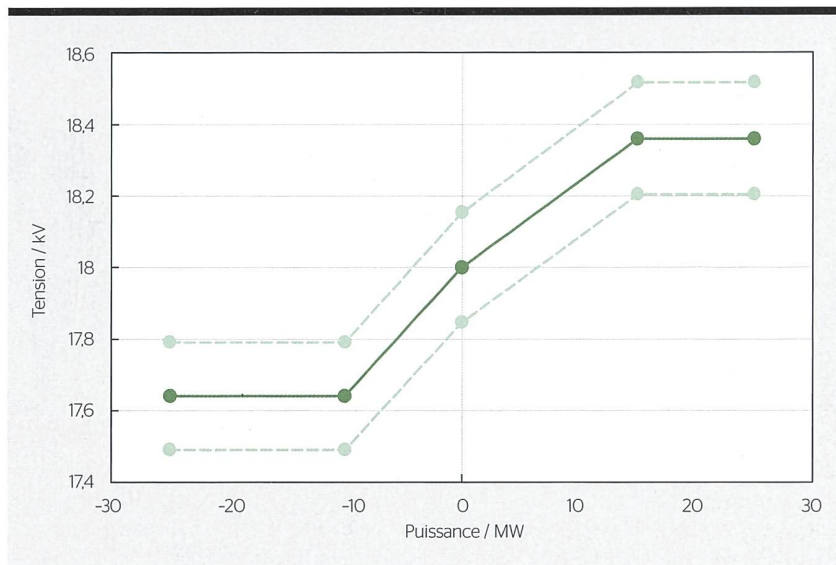


Figure 2 Courbe U(P), avec sa bande morte, implémentée dans les transformateurs à Payerne.

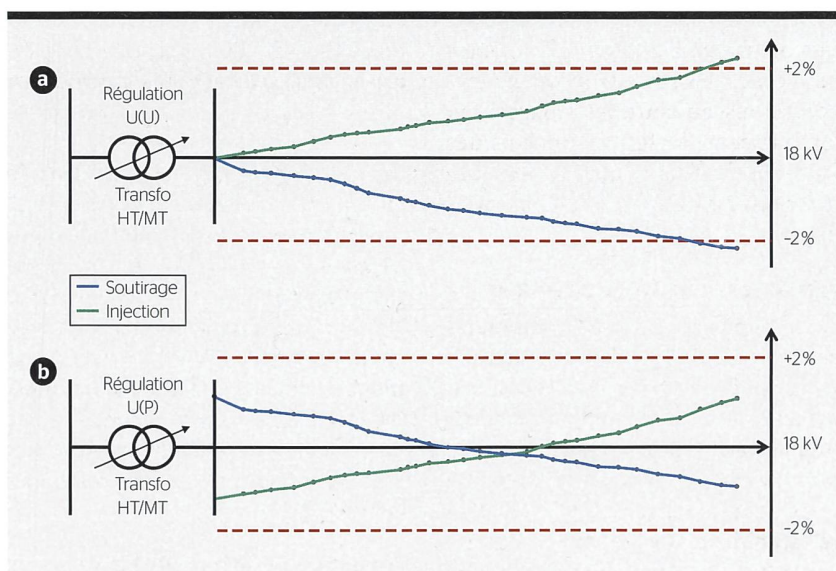


Figure 3 Schéma de principe montrant l'évolution de la tension le long d'une ligne MT depuis le poste de transformation HT/MT alimentant 30 transformateurs MT/BT (petits points gris) : a) avec régulation fixe et b) avec régulation dynamique.

dans la station Châtelard – une station en début de ligne – et dans la station Vuaty située en fin de ligne MT. Comme attendu, la régulation dynamique fait apparaître de lentes variations de tension journalières en début de ligne (figure 4a), mais celles-ci sont d'une amplitude bien maîtrisée. L'effet bénéfique de cette nouvelle régulation se produit en fin de ligne (figure 4b), l'endroit qui pose normalement des problèmes par rapport au maintien du niveau de la tension dans les réseaux de campagne. Les mesures montrent que les variations lentes de

tension y sont fortement réduites avec la régulation U(P).

La réduction de la tension en situation de forte injection et son augmentation en cas de fort soutirage offrent une marge supplémentaire en tension sur la ligne MT pour raccorder davantage d'installations PV. Des avantages sont aussi à constater dans le sens de la consommation : il sera ainsi possible de raccorder plus de pompes à chaleur et d'infrastructures de recharge pour véhicules électriques sans avoir besoin de renforcer le réseau de manière conventionnelle.

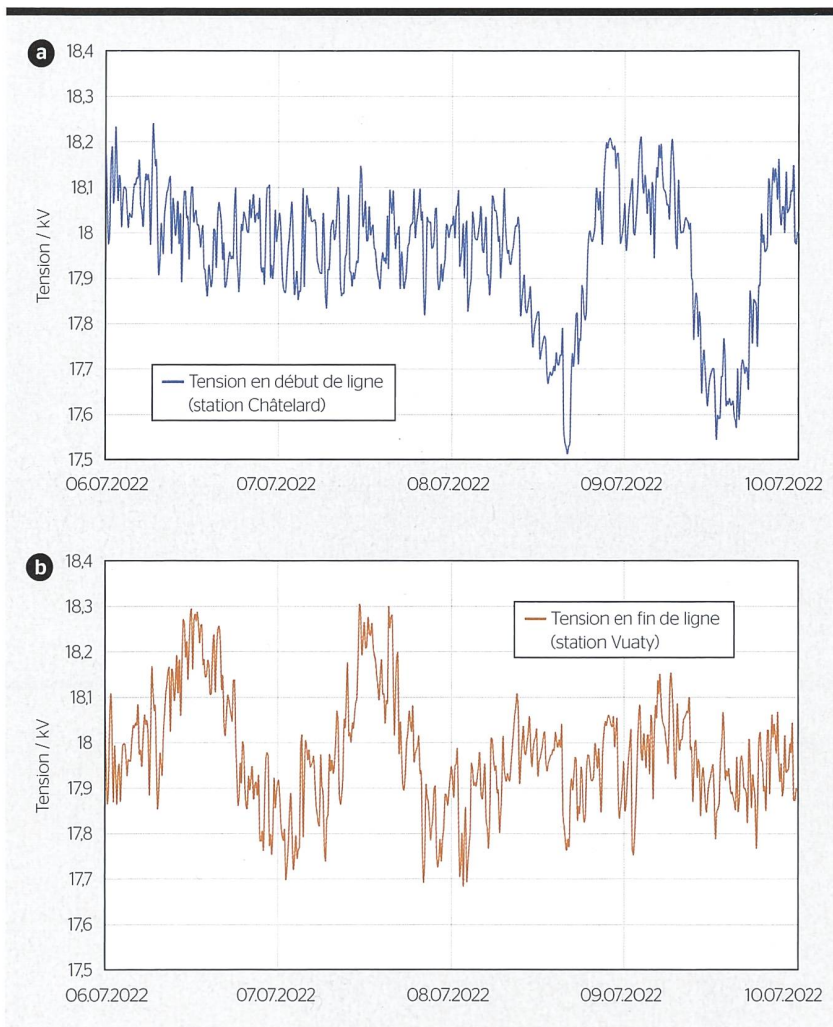


Figure 4 Tension mesurée dans le réseau MT durant 4 jours, avec régulation fixe U(U) les 6 et 7 juillet, et régulation dynamique U(P) les 8 et 9 juillet: **a)** dans la station Châtelard, proche du poste HT de Payerne, et **b)** dans la station Vuaty située en fin de ligne MT.

Influence sur le nombre de changements de prises

Source d'inquiétude, le nombre de changements de prises des insérateurs a été suivi avec attention au cours de ce projet. En effet, les simulations réseau effectuées dans la phase d'étude du projet ont montré une augmentation significative de leur nombre avec une régulation dynamique.

Le monitoring du nombre de changements de prises sur les transformateurs HT/MT de Payerne a confirmé

ces simulations, avec une augmentation de leur nombre de 20 à 40%. Ceci peut mener à une usure prématurée du changeur de prise, qui pourrait entraîner une augmentation des coûts d'entretien des insérateurs. Toutefois, ce dernier point reste à confirmer et dépend fortement du type d'insérateur utilisé. Groupe E ne dispose pas encore de suffisamment d'expérience en matière d'entretien du type d'insérateur travaillant sous vide mis en œuvre au poste de Payerne pour pouvoir

mesurer réellement l'impact de l'augmentation du nombre de changements de prises.

Un outil de plus, et à un prix raisonnable

Le changement des régulateurs du poste a coûté environ 40 000 CHF, ce qui est modeste par rapport à d'autres solutions permettant de baisser la tension en situation de forte injection PV. Pour un nouveau poste déjà équipé du bon régulateur de tension, les surcoûts pour rajouter la fonction de régulation dynamique U(P) sont estimés entre 5000 et 7000 CHF. Si cette solution est aujourd'hui mise en place dans nos réseaux de campagne afin de limiter les augmentations de tension dues à l'injection PV lors des belles journées ensoleillées, elle sera aussi utile pour combattre les baisses de tension attendues en fin de journée en hiver, provoquées par la consommation des pompes à chaleur et des infrastructures de recharge pour véhicule électrique qui seront installées ces prochaines années.

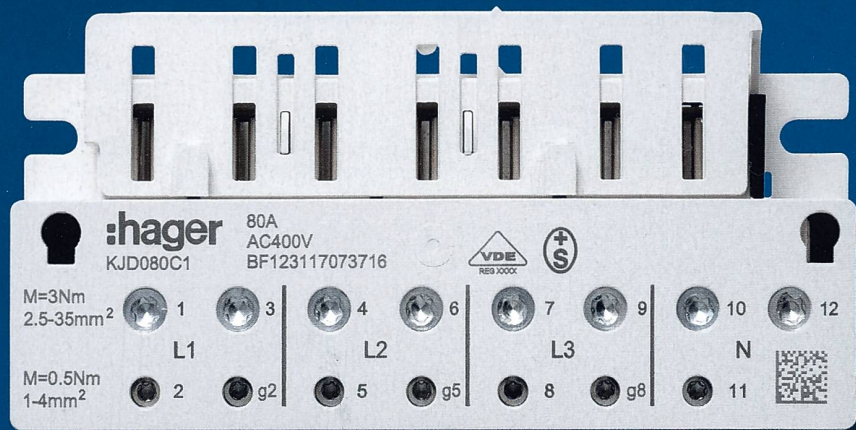
Avec ce projet pilote, il a été possible de démontrer que la régulation dynamique de la tension au poste HT apporte de nombreux avantages et qu'elle est facile à mettre en place. Il n'existe pas une solution unique qui permette d'adapter le réseau électrique pour la transition énergétique en cours. Mais ce sont de nombreuses solutions techniques, combinées intelligemment, qui permettront au réseau électrique de s'adapter rapidement aux nouveaux défis. Avec ce projet démonstrateur, la solution de la régulation dynamique de la tension au poste HT est venue s'ajouter aux outils standardisés dans la boîte à outils smart grid de Groupe E.

Auteurs

Peter Cuony est responsable des produits pour la distribution électrique chez Groupe E.
→ Groupe E SA, 1763 Granges-Paccot
→ peter.cuony@groupe-e.ch

Cyril Kaeser est ingénieur d'exploitation spécialiste smart grid chez Groupe E.
→ cyril.kaeser@groupe-e.ch

Bornes à enfichage




Technique à enfichage côté compteur

pour 63 A et 80 A

Les bornes à enfichage avec technique à enfichage côté compteur sont disponibles pour les bornes de type 63 A – et désormais aussi pour celles de type 80 A. La poignée de pontage robuste vous permet de remplacer rapidement et en toute sécurité des compteurs kWh, sans devoir manipuler des vis sous tension et sans interrompre l'exploitation de l'installation en aval.

hager.ch/zsk



Swiss made 

:hager