

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens, de l'Association des Entreprises électriques suisses

**Band:** 91 (2000)

**Heft:** 24

**Artikel:** Rundsteuerpegelprobleme durch eine Beleuchtungsanlage

**Autor:** Mathys, René / Schreiber, Rolf

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-855639>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 15.10.2024

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

# Rundsteuerpegelprobleme durch eine Beleuchtungsanlage

## Aus der Praxis eines Netzbetreibers

Die Ausbreitung von Rundsteuersignalen und damit das sichere Ansprechen der Rundsteuerempfänger ist unter anderem abhängig von den jeweiligen Netzimpedanzen. Von besonderer Bedeutung ist das Zusammenwirken der Impedanzen von Netzinduktivitäten der Einspeisung und Kapazitäten für die Blindstromkompensation. Resonanzerscheinungen können ganze Netzteile für die Rundsteuersignale lahmlegen. Zudem erzeugen Rundsteueranlagen nennenswerte Beiträge zu den Netzurückwirkungen. Der folgende Beitrag zeigt ein solches Beeinflussungsproblem aus der Praxis eines Netzbetreibers auf.

■ René Mathys und Rolf Schreiber

### Einführung

Rundsteueranlagen sind für die Betriebsführung der EVU unentbehrlich. Rundsteuersignale werden dem Energienetz aufgezwungen; sie haben dadurch den Vorzug, dass sie an jedem beliebigen Punkt im Energienetz, ohne spezielle Leitungen zu verlegen, empfangen werden können.

Damit die Rundsteueranlagen zuverlässig funktionieren, müssen folgende Bedingungen erfüllt sein:

- Einwandfreie Funktion der Rundsteuerempfänger
- Einwandfreie Funktion der Sendeanlagen

(siehe auch VSE-Bulletin 2/97, Fehlschaltungen von Rundsteuerempfänger).

Solange die Rundsteuerung störungsfrei funktioniert, kann davon ausgegangen werden, dass im Netz alles ordnungsgemäss abläuft. Rundsteueranlagen verhalten sich auf Grund der Frequenzabhängigkeit der Netzimpedanzen sehr empfindlich. Im Resonanzfall (Serieresonanz: tiefe Impedanz und Parallelresonanz: hohe Impedanz) können die Sendepegel abgesaugt oder erhöht werden. Eine Störung an der Rundsteuerung in einem Teil vom Netz kann unter Umständen schon längere Zeit vorhanden

sein, ohne dass diese bemerkt wird, wenn zum Beispiel keine Wärmegeräte oder Beleuchtungsanlagen gesteuert werden müssen, funktionieren normalerweise alle Verbraucher einwandfrei, nur die Tarifumschaltungen erfolgen unkontrolliert und die Auswirkungen davon können teuer werden.

### Störungsbild

Wieder einmal half der Zufall. Bei einer Zählerablesung wurde festgestellt, dass das Tarifrelais auf Niedertarif stand und der Rundsteuerempfänger keine Schaltung ausgeführt hatte. Man konnte davon ausgehen, dass der Rundsteuerempfänger in der speisenden Transformatorstation korrekt schaltete, weil die Strassenbeleuchtung tagsüber richtigerweise ausgeschaltet war und bei der am Vorabend durchgeführten Strassenbeleuchtungskontrolle ordnungsgemäss brannte. Bei allen Kunden, die an dieser Transformatorstation angeschlossen sind, stand die Tarifumschaltung auf Niedertarif. Eine von Hand eingeleitete Rundsteuersendung (600 Hz, Niederspannungseinspeisung seriell über Einspeisetransformatoren in den NS-Transformatorsternpunkt) ergab in der Transformatorstation einen Pegelwert von  $1,7\% U_n$  oder etwa 4 Volt. Somit funktionierte der Rundsteuerempfänger RM 6, der für eine Funktionsspannung  $U_f$  von  $1,5\% U_n$  ausgelegt ist, normal. In den

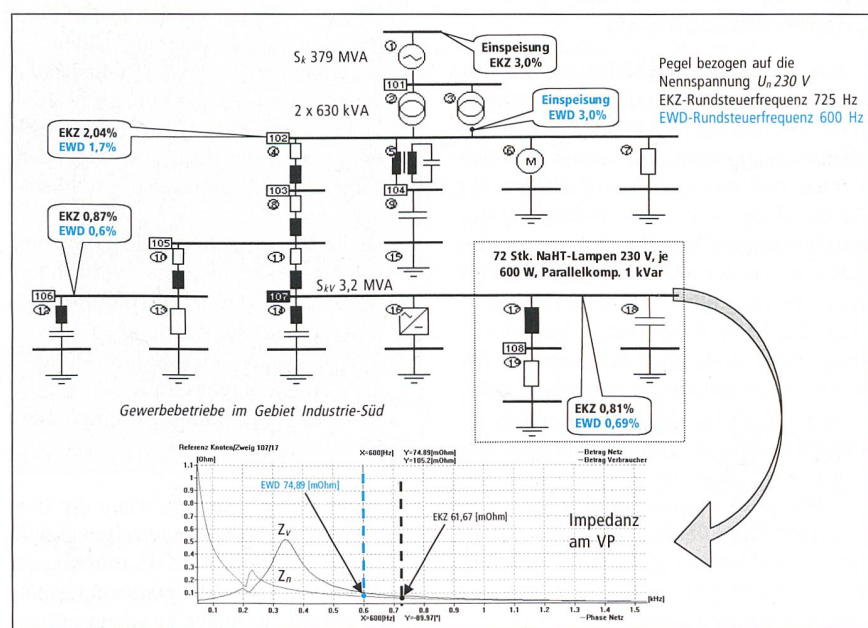


Bild 1 Pegelabsaugung der Rundsteuersignale durch unverdrosselte Kompensationskondensatoren in NaHT-Lampen im Gebiet Dietlikon Industrie-Süd.

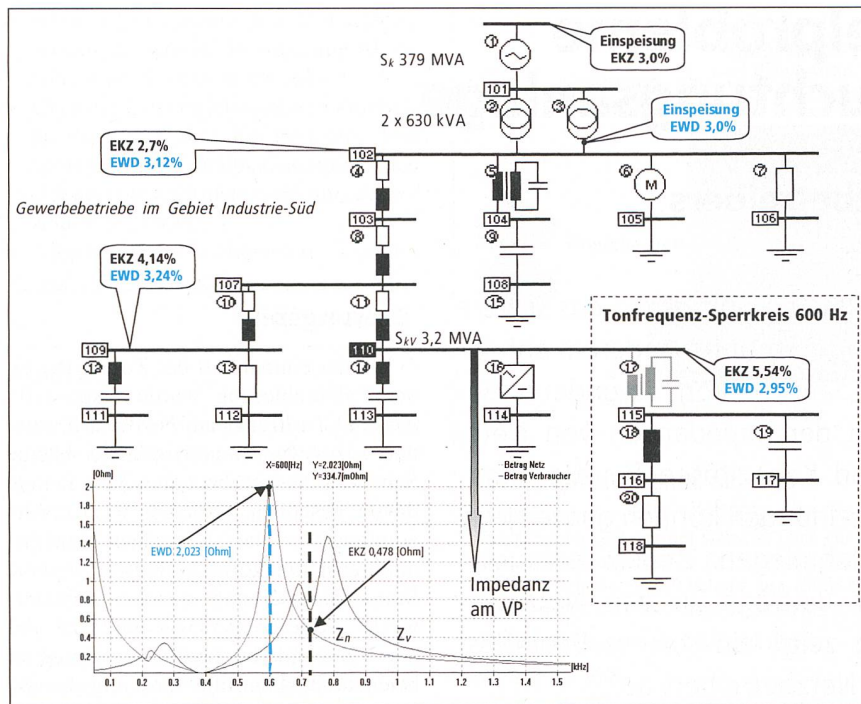


Bild 2 Anhebung des EKV 725-Hz-Rundsteuerpegels um 85% beim Einbau eines 600-Hz-EWD-Sperrkreises als Blocksperranlage (provisorische Massnahme).

Verteilkabine konnten nur noch Pegelwerte zwischen 0,6% und 0,69%  $U_n$ , das heisst 1,38 V bis 1,58 V gemessen werden. Die normalen Pegelwerte im Netz liegen zwischen 3 bis 3,7%  $U_n$  und sind damit noch unterhalb des international empfohlenen Sendepiegels von 4%  $U_n$ .

Die massive Pegelabsaugung im Gebiet Industrie-Süd musste einen Grund haben.

### Störungsuntersuchung und Sofortmassnahmen

Einige der Gewerbehäuser werden etagenweise an selbstständige Unternehmer vermietet. In einem Gebäude ist ein neuer Mieter eingezogen, der seine Fensterfronten vollständig abgedunkelt hat. Für dieses Objekt wurde durch den Elektroinstallateur eine Installationsanzeige eingereicht, aus der nur hervorgeht, dass für die Ergänzung der bestehenden Beleuchtung (20 kVA/3LN) einige Steckdosen vorgesehen sind. Über das Ausmass der Beleuchtungsanlage gab es keine detaillierten Angaben. Mit dem nur selten anwesenden Mieter wurde sofort ein Termin vereinbart, damit die installierte Anlage überprüft werden konnte.

In den Räumlichkeiten ist eine Pflanzanzuchtanlage mit grossflächiger intensiver Beleuchtung mittels Entladungslampen untergebracht.

Bei den Entladungslampen handelt es sich um 72 Stück Natrium-Hoch-

drucklampen zu 600 W, mit induktivem Vorschaltgerät und Parallelkondensator (1 kVar / 230 V) zur Kompensation der Blindleistung.

Gemäss den Empfehlungen zur Vermeidung unzulässiger Rückwirkungen auf die Tonfrequenz-Rundsteuerung (VSE 2.66) geht Folgendes hervor:

- Die Parallelkompensation von Leuchtstofflampen kann unter bestimmten Einflussgrössen zu unzulässig niedrigen Steuerpegeln führen. In ausgedehnten Beleuchtungsanlagen und bei Rundsteuerfrequenzen > 300 Hz können zusätzliche Massnahmen zur Impedanz-erhöhung, wie Verdrosselung oder Tonfrequenz-Sperrkreise, notwendig werden.
- Da in der Schweiz vorwiegend hohe Rundsteuerfrequenzen verwendet werden, ist die Parallelkompensation von Leuchtstofflampen unzulässig, so dass hier gegebenenfalls die Reihenkompensation oder elektronische Vorschaltgeräte eingesetzt werden müssen.
- Weiter ist zu beachten, wenn die Einspeisung der Tonfrequenzsignale, wie beim EW Dietlikon (ZH), einpolig im PEN-Leiter des Niederspannungsnetzes erfolgt, so haben Kompensationsanlagen, die im Dreieck geschaltet sind oder im Stern geschaltete Kom-

pensationsanlagen mit isoliertem Sternpunkt, keinen Einfluss auf diese Rundsteueranlage. Die Wahl der Verdrosselungsfrequenz hat sich in diesem Fall nach der Rundsteuerfrequenz von den EKZ, im übergeordneten Mittelspannungsnetz zu richten.

Die einzelnen Beleuchtungskörper sind mit Kabel und Stecker an Steckdosen angeschlossen und hängend über den Pflanzen angeordnet. Eine gleichmässige Aufteilung auf die drei Aussenleiter und den Neutralleiter wurde nicht konsequent eingehalten.

Bild 1 zeigt die mit dem Rechenprogramm «SimuNet» nachgebildeten Netzstrukturen und Impedanzen am Verknüpfungspunkt, mit unverdrosselten Kompensationskondensatoren. Deutlich zu erkennen sind die sehr tiefen Impedanzwerte im Bereich der Rundsteuerfrequenzen bei voll eingeschalteter Beleuchtung. Bei der EKV-Rundsteuerfrequenz von 725 Hz liegt die Netzimpedanz bei 61,67 mOhm. Dadurch wird der Steuerpegel auf 0,81%  $U_n$  abgeschwächt und gleichzeitig lassen die im Mittelspannungsnetz vorhandenen Oberschwingungen  $U_v$ , im Bereich der tiefen Netzimpedanzen die Oberschwingungen im Niederspannungsnetz stark ansteigen. In der Folge können sich bei den Kunden durchaus unverträgliche Betriebszustände einstellen. Die EWD-Rundsteuerfrequenz von 600 Hz trifft auf eine Netzimpedanz von 74,89 mOhm. Der gemessene Rundsteuerpegel beträgt nur noch 0,69%  $U_n$  und liegt somit erheblich unterhalb des Funktionspegels von 1,5%  $U_n$  der Rundsteuerempfänger.

Interessant war die Feststellung, dass bei der Ausserbetriebnahme von 20 Lampen der Rundsteuerpegel bei 600 Hz nur unwesentlich auf max. 0,9%  $U_n$ , etwa 2 Volt angestiegen war, sich aber beim zusätzlichen Ausschalten von vier Lampen, auf 2,1%  $U_n$ , etwa 4,8 Volt erhöht hat. Diese «sprunghafte» Veränderung des Rundsteuerpegels ist darauf zurückzuführen, dass sich in diesem schwingungsfähigen Netzsystem, im Zusammenwirken mit den übrigen Netzlasten, beim Impedanzverlauf im Bereich von 600 Hz eine resonanzbedingte Netzimpedanz-erhöhung ergeben hat. Grundsätzlich genügt für eine kritische Resonanzverstärkung bereits Resonanznähe zu einer typischen Oberschwingungsfrequenz.

Damit unverzüglich wieder ein ordnungsgemässer Rundsteuerbetrieb gewährleistet werden konnte, wurde dem Betreiber der Pflanzanzuchtanlage die Bedingung auferlegt, maximal 48 von 72 Lampen einzuschalten. Kontrollen der

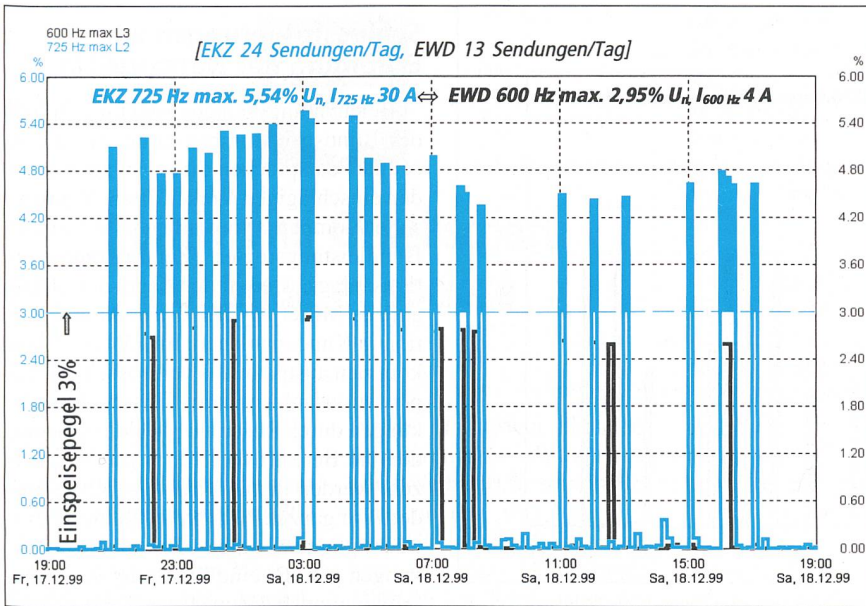


Bild 3 Gemessene Rundsteuerpegel EKZ 725 Hz und EWD 600 Hz mit einem 600-Hz-Tonfrequenz-Sperrkreis als Blocksperr.

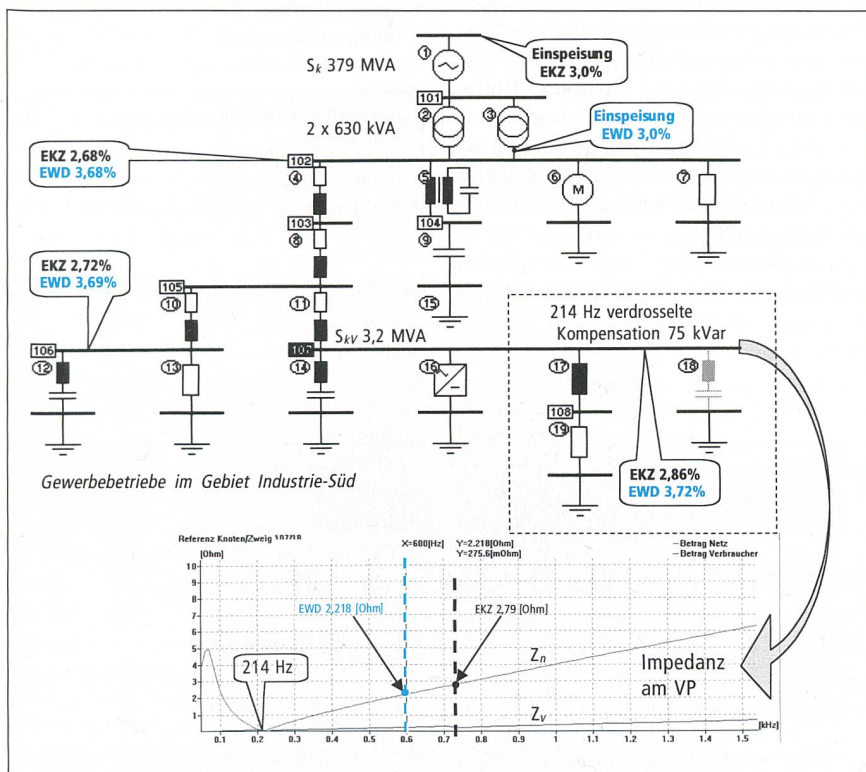


Bild 4 Rundsteuerpegel EKZ 725 Hz und EWD 600 Hz nach dem Einbau einer 75-kVar-Kompensationsanlage mit einer Verdrosselungsfrequenz von 214 Hz.

Rundsteuerpegel haben bestätigt, dass die Vereinbarung eingehalten wurde.

Klar war, dass für die störenden Beeinflussungen der Beleuchtungsanlage wirksame Abhilfemaßnahmen getroffen werden mussten. Als erste provisorische

Maßnahme wurde ein Tonfrequenz-Sperrkreis ( $p = 0,5\%$ , 75 kVar,  $f_{op} = 600$  Hz) als Blocksperr eingebaut, weil dieser innert kurzer Zeit verfügbar war. Der Sperrkreis bewirkt bei der zu sperrenden Rundsteuerfrequenz eine hohe Sperr-

impedanz (Bild 2). In unmittelbarer Nähe zur Rundsteuerfrequenz gibt es keine Probleme, aber links und rechts ergeben sich in Abhängigkeit von den jeweilig zugeschalteten Kompensationsleistungen, Serieresonanzstellen. Generell sind Sperrkreise in Oberschwingungsbelasteten Netzen nicht geeignet, weil dadurch Resonanzprobleme entstehen.

Das EKZ-Rundsteuersignal von 725 Hz wird durch den Impedanzverlauf (0,478 Ohm, kapazitiv) des 600-Hz-Tonfrequenz-Sperrkreises auf nahezu das Doppelte bis 5,54%  $U_n$  erhöht, bei einem gemessenen Strom  $I_{725\text{ Hz}}$  von 30 A.

Die Pegelhöhen sind betriebsbedingt von Änderungen der Kapazitäten und Induktivitäten der eingeschalteten Verbraucher sowie den Netzimpedanzen abhängig.

Kennzeichnend sind die 600-Hz-Pegelwerte für die der Tonfrequenz-Sperrkreis ausgelegt ist. Die Resonanzfrequenz (Parallelresonanz) entspricht der zu sperrenden Rundsteuerfrequenz und erreicht eine Impedanz von 2,023 Ohm. Die Rundsteuersignale mit einem Einspeisepiegel von 3%  $U_n$  verhalten sich stabil, die Pegelabweichung beträgt maximal 0,3%  $U_n$  bei einem gemessenen Strom  $I_{600\text{ Hz}}$  von 4 A.

Bild 3 zeigt die mit der Memobox 800 gemessenen Pegelwerte der Rundsteuersignale.

Die in Folge der Kompensationskondensatoren entstandenen Parallelresonanzstellen aus der Sicht der Verbraucher haben die Oberschwingungsbelastungen bei den Kunden ansteigen lassen, so dass die Grenzwerte zum Teil überschritten werden.

Sperrkreise sind in Netzen mit Oberschwingungen sehr problematisch, weil mehr Beeinflussungen durch Resonanzen entstehen können, als solche bereits vorhanden sind. Im Weiteren gilt für die Schweiz die generelle Verdrosselung für Kompensationsleistungen > 25 kVar. (Anmerkung: auf Sperrkreise muss für eine dauerhafte Lösung durchwegs verzichtet werden.)

### Abhilfemaßnahmen zur Vermeidung von Rundsteuerpegelproblemen durch Resonanzen und zur Reduzierung von Oberschwingungen

Damit eine beständige Netzverträglichkeit der Beleuchtungsanlage mit 72 Stück Natrium-Hochdrucklampen zu 600 W gewährleistet werden konnte, kam nur eine Lösung in Frage (Bild 4).

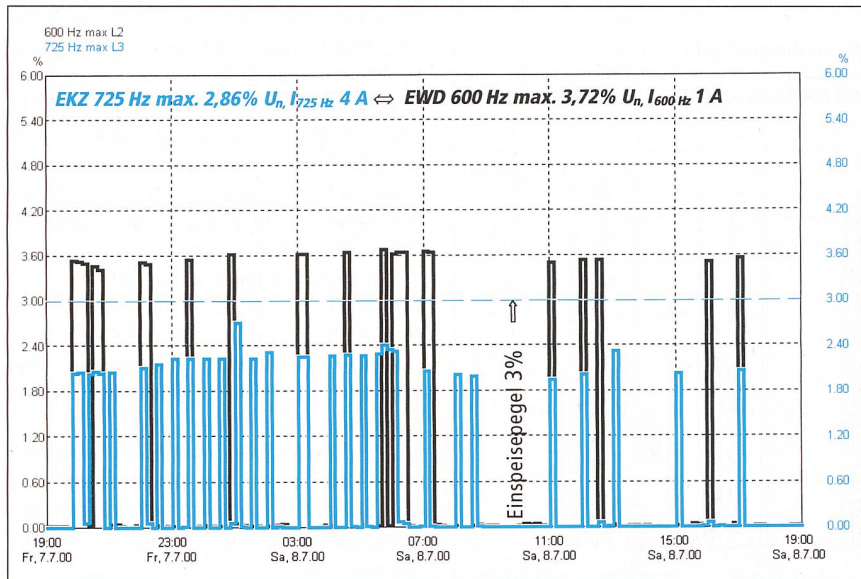


Bild 5 Gemessene Rundsteuerpegel EKZ 725 Hz und EWD 600 Hz nach dem Einbau einer 75-kVar-Kompensationsanlage mit einer Verdrosselungsfrequenz von 214 Hz.

In der Hauptverteilung wurde eine auf 214 Hz verdrosselte 75-kVar-Kompensationsanlage (400 V, Dreieckschaltung) mit automatischem Blindleistungsregler eingebaut. Die Impedanzwerte für die Rundsteuerfrequenzen sind > 2 Ohm und stellen somit keine Beeinträchtigungen für die Rundsteuerpegel dar. Eine verdrosselte Kompensationsanlage verhindert wirkungsvoll Netzresonanzen. In unserem Netz werden in der Regel Kompensationsanlagen mit einer Verdrosselungsfrequenz von 214 Hz (induktive Impedanz ab der 5. OS) eingesetzt. Diese bieten den Vorteil, dass zum Beispiel die 5. Oberschwingung (250 Hz) um 50 bis 60% reduziert wird, gegenüber einer Verdrosselungsfrequenz von 189 Hz, deren Reduktion der 5. OS nur 15 bis 20% beträgt. Der weitere Nutzen einer 214-Hz-Verdrosselung liegt darin, dass in der Nähe der Resonanzfrequenz Oberschwingungsanteile aus dem Netz herabgesetzt werden und dadurch zur OS-Säuberung im Netz beigetragen wird.

Bei allen Entladungslampen wurden jeweils die zwei eingebauten, parallel geschalteten 30-µF-Kondensatoren für die Erhöhung des Leistungsfaktors ausgebaut, so dass nur noch eine 600-W-Drosselspule und das Zündgerät übrig geblieben sind. Dadurch, dass die induktive Blindleistung nicht mehr wie bei der Einzelkompensation der Entladungslampen am Ort ihrer Entstehung kompensiert wird, erhöht sich der Strom in der Lam-

penzuleitung von 2,92 A auf 5,15 A. Die Gruppenkompensation erfordert die Vergrößerung der Leitungsquerschnitte von 1,5 mm<sup>2</sup> auf 2,5 mm<sup>2</sup> für je drei Entladungslampen pro 16-A-Steckdose.

Für die Einhaltung der Netzqualität ergeben sich mit dieser Vorgehensweise klare Verhältnisse zwischen Induktivitäten und Kapazitäten.

Die Wirksamkeit der getroffenen Massnahmen sind im Bild 5 mit den gemessenen Rundsteuersignalen dargestellt.

## Schlussfolgerungen zur Erhöhung der Netzqualität

Beleuchtungsanlagen sind hinsichtlich der Blindstromkompensation zu prüfen; oftmals entsprechen diese Anlagen nicht den einschlägigen Vorschriften. Verdrosselte Kompensationsanlagen mit einem Blindleistungsregler (Zentralkompensationsanlage) sind in der Regel das effizienteste Mittel zur Blindstromkompensation in Kundenanlagen. Im EW Dietlikon kommen ausnahmslos verdrosselte Kompensationsanlagen zum Einsatz. Auswirkungen durch Resonanzprobleme, besonders im Bereich von Rundsteuerfrequenzen, werden damit wirkungsvoll verhindert. Im ganzen Netz treten keine Beeinträchtigungen durch Resonanzverstärkungen auf, die eine Erhöhung der Oberschwingungsbelastung zur Folge haben. Durch die Saugwirkung der verdrosselten Kompensationsanlagen auf Oberschwingungsströme wird die Netzqualität nachhaltig verbessert.

- Als Grundsatz gilt: Warum sich mehr Probleme schaffen, als bereits vorhanden sind.

### Adressen der Autoren

René Mathys  
Elektrizitätswerk Dietlikon  
Bahnhofstrasse 60  
8305 Dietlikon

Rolf Schreiber  
Elektrizitätswerke des Kantons Zürich (EKZ)  
Postfach  
8022 Zürich

## Problèmes de télécommande dus à une installation d'éclairage

### Expérience faite par un exploitant de réseau

L'envoi de signaux télécommandés et de ce fait, leur réception sûre dépendent, entre autres, de l'impédance du réseau. L'interaction des impédances d'inductivités de réseau de l'injection et des capacités nécessaires pour compenser le courant réactif est d'une importance particulière. L'apparition de résonances peut paralyser des zones entières du réseau. De plus, les installations de télécommande peuvent entraîner des répercussions importantes sur le réseau. Le présent article met en évidence un problème d'influence de ce genre auquel un exploitant de réseau est confronté.