

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 52 (1961)
Heft: 9

Artikel: Die Gefahr gegenseitiger Beeinflussung von Netzkommandoanlagen in benachbarten Verteilnetzen
Autor: Pelpel, J.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-916833>

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: 22.02.2026

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

Die Gefahr der gegenseitigen Beeinflussung von Netzkommandoanlagen in benachbarten Verteilnetzen

von J. Pelpel, Montrouge

621.391.814 : 621.398 : 621.316.1

Der Autor nennt einleitend einige Gründe, die seines Erachtens für die Verwendung einer einheitlichen Steuerfrequenz sprechen und äussert sich dann zum Problem der gegenseitigen Beeinflussung benachbarter Netzkommandoanlagen. Der Verfasser kommt zum Schluss, dass die Behauptung, die Gefahr gegenseitiger Beeinflussung von Netzkommandoanlagen sei bei höheren Frequenzen geringer als bei niederen Steuerfrequenzen, mit Vorsicht aufzunehmen sei und erst noch näher geprüft werden müsse.

L'auteur mentionne tout d'abord quelques raisons qui, à son avis, militent en faveur d'une fréquence unique de télécommande centralisée et examine ensuite les problèmes posés par l'interaction entre des réseaux voisins télécommandés. Il arrive à la conclusion que l'affirmation selon laquelle les fréquences élevées présentent moins de risques d'interférences que les fréquences basses, semble prêter à caution et mérite une analyse plus serrée.

Aus zwei in letzter Zeit im Bull. SEV veröffentlichten Berichten¹⁾ geht hervor, dass die Gefahr der gegenseitigen Beeinflussung von Netzkommandoanlagen in benachbarten Verteilnetzen um so geringer ist, je höher die Steuerfrequenz liegt. Es wird daraus geschlossen, dass die tiefen Steuerfrequenzen wohl in nationalisierten und einheitlichen Netzen wie z. B. in Frankreich angewendet werden könnten, wo im ganzen Land überall die gleichen Steuerbefehle übertragen werden müssen; die tiefen Steuerfrequenzen seien aber nicht geeignet für ein Land mit einer grösseren Anzahl voneinander unabhängiger Elektrizitätswerke und mit unterschiedlichen Steuerbefehlen der verschiedenen Werke, wie dies z. B. in der Schweiz der Fall ist.

In der vorliegenden Studie soll diese These etwas näher untersucht werden.

1. Es steht fest, dass die Verwendung unterschiedlicher Steuerfrequenzen in benachbarten Verteilnetzen die Gefahr der gegenseitigen Beeinflussung auf ein Minimum reduziert. Dieser Punkt steht hier nicht zur Diskussion. Es ist aber folgendes zu bemerken:

a) Die Zahl der möglichen Steuerfrequenzen ist begrenzt. Wollte man für jedes Verteilnetz eine besondere, ausschliesslich diesem Netz zugeteilte Steuerfrequenz reservieren, so könnte nur eine sehr beschränkte Anzahl Netzkommandoanlagen installiert werden. Um diesen Nachteil vermeiden zu können, muss die für ein bestimmtes Netz gewählte Steuerfrequenz auch noch für andere, genügend weit entfernte Verteilnetze verwendet werden. Die Möglichkeit der gegenseitigen Beeinflussung der Netzkommandoanlagen muss in solchen Fällen von allen in Frage kommenden Gesichtspunkten aus gründlich geprüft werden.

b) Die Fabrikation von Netzkommando-Empfängern für eine grössere Anzahl von verschiedenen Frequenzen begrenzt notwendigerweise die Grösse der Fabrikationsserien; dies wirkt sich auf die Lieferfristen und auf die Verkaufspreise der Netzkommando-Empfänger aus.

c) Einer der wichtigsten Gründe für die Verwendung einer *einheitlichen* Steuerfrequenz für alle Verteilnetze ist nach unserer Auffassung die Möglich-

keit von Netzerweiterungen in den Grenzgebieten von zwei aneinanderstossenden Netzen.

Nehmen wir für unsere Überlegungen zwei benachbarte Verteilnetze A und B an, welche durch je eine Transformatorenstation gespiesen werden. Wenn man nun wegen der Belastungszunahme in einem einheitlichen, verstaatlichten Netz wegen der erhöhten Netzbelastung und der Bautätigkeit im versorgten Gebiet einen neuen Speisepunkt C schaffen muss, der zwischen den Speisepunkten A und B liegt, und diesem neuen Speisepunkt einen Teil der bisherigen Belastung der Speisepunkte A und B zuteilt, so ergeben sich dadurch für die Netzkommandoanlagen keine Schwierigkeiten, da die Steuerbefehle von allen drei Speisepunkten A, B und C mit der gleichen Frequenz ausgesendet werden. Alle Netzkommandoempfänger in den Gebieten A, B und C erhalten wie früher die für sie bestimmten Befehle. Ausserdem können allfällig notwendig werdende Aushilfsspeisungen von jedem dieser Speisepunkte ohne Schwierigkeiten für die Netzkommandoanlage übernommen werden.

Falls nun aber die Speisepunkte A und B zwei verschiedenen Elektrizitätswerken gehören, welche ihre Netze mit verschiedenen Frequenzen steuern, so sind bei dem vorstehend skizzierten Netzausbau durch Schaffung eines dritten Speisepunktes beträchtliche Schwierigkeiten zu erwarten, weil die Netzkommandoempfänger der neu geschaffenen Zone C ausgewechselt und an eine neue Steuerfrequenz angepasst werden müssen²⁾.

Wenn man für alle Netze die gleichen Steuerfrequenz verwendet, so werden diese Probleme viel einfacher und man kann eine grosszügige Ausdehnung der Netzkommandoanlagen in Aussicht nehmen.

Wir wollen nun untersuchen, wie gross die Gefahr gegenseitiger Beeinflussung benachbarter Netzkommandoanlagen ist, wenn überall die gleiche Frequenz verwendet wird. Ist die Gefahr der Beeinflussung durch Nachbarnetze bei hohen Steuerfrequenzen grösser oder kleiner als bei tiefen Steuerfrequenzen?

²⁾ Anmerkung der Schriftleitung: In diesem Falle wird man in der Schweiz praktisch nicht eine neue Speisezone C schaffen, sondern das Werk A wird eine neue Zone A₁ schaffen, die mit der dem Werk A entsprechenden Frequenz gesteuert wird, und das Werk B wird eine neue Zone B₁ schaffen, die mit der Frequenz B₁ gesteuert wird. So kann jedes der beiden Werke sein erweitertes Netz mit seiner Steuerfrequenz weiter betreiben und es müssen keine Empfänger ausgewechselt werden.

¹⁾ Siehe Bull. SEV Bd. 50(1959), Nr. 23, S. 1157...1160 und Bd. 51 (1960), Nr. 31, S. 1126...1127.

2. Wir haben den Eindruck, dass bei den bisherigen Diskussionen ein wesentlicher Punkt nicht genügend berücksichtigt worden ist, nämlich die Empfindlichkeit der Netzkommando-Empfänger.

Für die folgenden Betrachtungen nehmen wir an, dass eine Sendeanlage die Steuerbefehle mit einer *Sendespannung* U_E ($E = \text{émission}$) aussende, wobei diese Sendespannung in Prozent der 50 Hz-Netzspannung angegeben wird.

Die Empfänger müssen auf eine Ansprechspannung U_R ($R = \text{réception}$) ansprechen, welche so festzulegen ist, dass die Empfänger trotz der im Netz zwischen Sender und Empfänger auftretenden Spannungsabfälle auf alle Befehle einwandfrei und sicher ansprechen. Wir legen ferner noch eine *Grenzspannung*³⁾ U_S ($S = \text{seuil}$) fest, unterhalb der die Empfänger auf keinen Fall mehr ansprechen dürfen. Die im Verteilnetz auftretenden, von benachbarten Netzkommandoanlagen stammenden Störimpulse dürfen nicht grösser sein als die Grenzspannung U_S . Die Grenzspannung muss kleiner sein als die Ansprechspannung U_R und das Verhältnis

$$\frac{U_R}{U_S} > 1$$

hängt von den charakteristischen Konstruktionsdaten der Netzkommando-Empfänger ab.

Nach einem in der *Revue générale de l'Electricité* von den Herren Cahen und Pringent veröffentlichten Bericht⁴⁾ hängt das Verhältnis $\frac{U_E}{U_R}$ von der verwendeten Steuerfrequenz ab.

Dieses Verhältnis kann für belastete Niederspannungs-Freileitungsnetze folgende Werte erreichen:

bei 175 Hz	1,36
bei 485 Hz	2,5
bei 1000 Hz	4,8

Man sieht aus dieser kleinen Tabelle, dass das Verhältnis $\frac{U_E}{U_S}$, welches ein Maßstab für die Gefahr der Beeinflussung durch benachbarte Netzkommandoanlagen gleicher Steuerfrequenz darstellt, umso kleiner sein kann, je tiefer die verwendete Steuerfrequenz ist.

Von diesem Gesichtspunkt aus erscheint die von der *Electricité de France* gewählte einheitliche Steuerfrequenz von 175 Hz als vorteilhaft. Nach den veröffentlichten Pflichtenheften der EDF muss das Verhältnis $\frac{U_E}{U_S}$ kleiner als 3 sein, während das Verhältnis $\frac{U_E}{U_R}$ grösser als 1,5 sein muss.

Falls man bei höheren Frequenzen als 175 Hz die gleichen Sicherheiten gegen Störbeeinflussung durch benachbarte Netzkommandoanlagen mit gleicher Steuerfrequenz haben wollte, so müsste man folgende Werte verlangen:

$$\begin{aligned} \text{bei 485 Hz} \quad & \frac{U_E}{U_S} < 5,5 \text{ und } \frac{U_E}{U_R} > 2,8 \\ \text{bei 1000 Hz} \quad & \frac{U_E}{U_S} < 10,6 \text{ und } \frac{U_E}{U_R} > 5,3 \end{aligned}$$

Die Grenzbedingungen werden in den meisten schweizerischen Netzkommandoanlagen nur selten erfüllt.

³⁾ Auch minimale Ansprechspannung genannt.
⁴⁾ Rev. gén. Electr. Bd. 64(1955), Nr. 10, S. 75...84.

3. Die Gefahr der gegenseitigen Beeinflussung von benachbarten Netzkommandoanlagen, welche mit derselben Steuerfrequenz und mit dem gleich hohen Sendepiegel arbeiten, wird bestimmt durch das Verhältnis $\frac{U_E}{U_P}$, wobei U_E die Sendespannung des von uns betrachteten Netzes und U_P die vom Sender des Nachbar-netzes stammende, in unserm Netz empfangene Störspannung ist.

Das Verhältnis $\frac{U_E}{U_P}$ muss grösser sein als das im vorstehenden Abschnitt 2 definierte Verhältnis $\frac{U_E}{U_S}$.

Für unsere weiteren Betrachtungen führen wir noch den Wert U'_P ein. Es ist dies die im Verbindungsnetz auftretende Restspannung, wenn in einem bestimmten Verteilnetz die Steuerbefehle ausgesendet werden.

Im Falle von Serie-Einspeisung ist $U'_P \approx U_P$ und die im benachbarten Netz auftretende Steuerspannung ist fast gleich gross wie im Verbindungsnetz.

Anders verhält es sich bei Paralleleinspeisung, wo U_P sehr verschieden sein kann von U'_P .

Der Ankoppellungskreis des Senders im benachbarten Netz stellt einen in Resonanz befindlichen Nebenschluss dar, welcher für die Steuerfrequenz nur eine kleine Impedanz aufweist. Es ergibt sich deshalb eine Abschwächung des Steuerbefehls durch die Streureaktanz des Verbindungstransformators und U_P kann sehr viel kleiner werden als U'_P . Theoretisch würde diese Überlegung zugunsten der höheren Steuerfrequenzen sprechen, welche normalerweise parallel eingespeist werden. Aber praktisch müssen zwei Bedingungen erfüllt sein, damit diese Abschwächung der Steuerbefehle eintritt:

a) Der Ankoppellungskreis des Senders im Netz, in welchem die Spannung U_P gemessen wird, muss ganz genau auf die Steuerfrequenz des benachbarten Netzes abgestimmt sein. Wenn sich nämlich infolge von Temperaturänderungen eine Verstimmung einstellt, so kann der durch diesen Nebenschluss aufgenommene Strom in der Phasenlage vorwärts oder rückwärts verschoben werden. Es kann dann Resonanz auftreten und in diesem Falle könnte U_P grösser werden als U'_P . Da die Netzkommandosysteme mit hohen Steuerfrequenzen meist keine Frequenzregulierung besitzen, kann die genannte Erscheinung mit ziemlich grosser Wahrscheinlichkeit auftreten.

b) Die Sender von benachbarten Netzen müssen einen eindeutig gegeneinander verschobenen Fahrplan für die Sendung der Steuerbefehle haben oder vollständig synchronisiert sein, weil der Sender in dem Moment, wo er mit dem Koppellungskreis verbunden wird, diesen verstimmt, so dass er seine Aufgabe als Nebenschluss in Resonanz nicht mehr erfüllen kann. Das vom Nachbarsender erzeugte Spannungsniveau U_P kann deshalb verschieden sein, je nachdem ob der eigene Sender Steuerbefehle aussendet oder nicht.

Zusammenfassend ist zu befürchten, dass dieser theoretische Vorteil, der zugunsten der Parallelankoppelung bei hohen Frequenzen spricht, oft illusorisch wird. Falls entsprechende Versuche in Funktion der Stabilität der ausgesendeten Steuerfrequenz und in Funktion der Abstimmung der Ankoppellungskreise in grossen und benachbarten, durch ein gemeinsames Hochspannungsnetz verbundenen Netzen durch-

geführt worden sind, so würden uns die erhaltenen Resultate sehr interessieren.

Im Falle der Serie-Einspeisung wächst die Spannung U_P normalerweise mit der Frequenz, da die Kurzschlussimpedanz des verbindenden Hochspannungsnetzes meist reaktiv ist.

Falls die Kapazität des Hochspannungs-Verbindungsnetzes gross ist, bildet sie mit der Kurzschlussreaktanz einen Parallelresonanzkreis, welcher die hochspannungsseitige Impedanz und den Wert $U_P \approx U_P$ erhöht.

In erster Annäherung gilt:

$$\frac{U_E}{U_P} \approx \frac{Z_A}{Z_{CC}}$$

In dieser Formel ist Z_A die Impedanz der Netzbelastung, welche umgekehrt proportional der Leistung des Verteilnetzes ist; ferner ist Z_{CC} die Kurzschlussimpedanz, welche umgekehrt proportional ist $P_{CC} \cdot \frac{50}{f}$.

In diesem Ausdruck ist P_{CC} die Kurzschlussleistung des Hochspannungsverbindungsnetzes und f die verwendete Steuerfrequenz.

Zusammengefasst gilt:

$$\frac{U_E}{U_P} \approx \frac{Z_A}{Z_{CC}} \approx \frac{P_{CC}}{P_R} \cdot \frac{50}{f}$$

wobei P_R = Netzbelastung des gesteuerten Netzes.

Man sieht also, dass im Falle der Serie-Einspeisung die verbleibende Störspannung U_P proportional der Steuerfrequenz ist. Diese Feststellung spricht zugunsten der tiefen Steuerfrequenzen. Die Formel ermöglicht es, mit genügender Sicherheit die Gefahr einer gegenseitigen störenden Beeinflussung benachbarter Netze mit Netzkommandoanlagen zu beurteilen. Die Formel zeigt, dass die Gefahr der gegenseitigen Beeinflussung mit wachsender Ausdehnung der Netze abnimmt, da die Kurzschlussleistung P_{CC} im Laufe der Zeit zunimmt.

Wenn wir $\frac{U_E}{U_S} > 3$ einsetzen und wenn $\frac{U_E}{U_P} \geq \frac{U_E}{U_S}$ ist, so ergibt sich als Bedingung zur Vermeidung jeglicher gegenseitigen Störung benachbarter Netzkommandoanlagen die Gleichung

$$P_R \cdot \frac{f}{50} \cdot 3 < P_{CC}$$

Einleitend werden Angaben über den Aufbau der hauptsächlichsten Tarifarten gemacht, die zur Verrechnung der verkauften elektrischen Energie angewandt werden. Anschliessend beschreibt der Verfasser eine Netztafel zur graphischen Ermittlung der in der Gleichung für den Durchschnittspreis auftretenden Grössen. Die Anwendung der Tafel für Tarifberechnungen wird anhand einiger Beispiele gezeigt.

Elektrizitätswerke haben laufend Tarifprobleme zu bearbeiten. Sehr oft handelt es sich um die Berechnung der Preise der an grössere Abnehmer abzugeben elektrischen Energie, verbunden mit der Ermittlung von durchschnittlichen Arbeits- oder Leistungspreisen, der Benutzungsdauer, der Leistungsbeanspru-

Mit andern Worten heisst das, dass bei einer Steuerfrequenz von 175 Hz die Kurzschlussleistung des Hochspannungs-Verbindungsnetzes mindestens 10,5 mal grösser sein muss als die Belastung im Netz, in welchem in einem bestimmten Moment die Steuerbefehle gesendet werden. Diese Bedingung kann sehr leicht erfüllt werden und soviel uns bekannt ist, ergeben sich bei den rund 100 in Frankreich installierten Sendern mit 175 Hz in einem Netz mit einem Anschlusswert von 6000 MW bei 50 Hz gar keine Probleme in bezug auf gegenseitige Störung von benachbarten Sendern.

Im Falle der Parallelankoppelung des Senders ist die Störspannung U_P vom benachbarten Netz her unabhängig von der Wahl der Steuerfrequenz für einen gegebenen Sendepegel U_E . Dies gilt unter der Voraussetzung, dass die Impedanz des Verbindungsnetzes rein reaktiv sei.

Wenn man die Kapazität des Netzes berücksichtigt, so können Resonanzen auftreten und wenn man die Steuerfrequenz kontinuierlich steigert, so ergibt sich für U_P ein Höchstwert bei einer bestimmten Frequenz, welche von der Charakteristik des Netzes abhängig ist. Dies veranlasst einzelne Konstrukteure, die Steuerfrequenz in Abhängigkeit von den Netzdaten zu wählen. Aber diese Netzdaten ändern sich im Laufe der Zeit, so dass eine bestimmte Frequenz, welche in einem gegebenen Zeitpunkt als optimal erscheint, in Zukunft nicht mehr so günstig zu sein braucht. Wir sind deshalb der Ansicht, dass es besser ist, für alle Netze, unabhängig von ihren charakteristischen Daten, ein einziges, allgemein gültiges System zu wählen.

Wenn man die Vorteile der Serie- und der Parallelankoppelung miteinander vergleicht, so stellt man fest, dass die Störspannung U_P des benachbarten Netzes für Frequenzen von ca. 500 Hz bei beiden Ankoppelungssystemen ungefähr gleich gross ist.

Für Frequenzen unter 500 Hz wird diese Störspannung U_P kleiner bei Serieankoppelung; für Frequenzen über 500 Hz ist die Parallelankoppelung günstiger.

Zum Schluss möchten wir festhalten, dass die Behauptung, die Gefahr gegenseitiger Beeinflussung von Netzkommandoanlagen sei bei höheren Frequenzen geringer als bei niederen Steuerfrequenzen, mit Vorsicht aufzunehmen ist und näher geprüft werden muss.

Aus dem Französischen übersetzt

Adresse des Autors:

J. Pelpel, Direktor der Compagnie des Compteurs, Place des Etats-Unis, Montrouge, près Paris.

Graphische Ermittlung von Tarifgrössen

von M. Nussbaumer, Basel

518.3 : 621.311.03.13 : 658.8.035

Après avoir rappelé sommairement la structure des modes les plus usités de tarification de l'énergie électrique, l'auteur décrit un système nomographique qui permet de déterminer les différents éléments constitutifs du prix moyen. Quelques exemples illustrent ensuite l'usage des diagrammes présentés.

chung, der Durchschnittspreise oder um die Ermittlung der Gesamtabgabe entsprechenden Einnahmen, wenn die übrigen Angaben bekannt sind.

In der Regel werden diese Grössen ohne Berücksichtigung des zwischen ihnen bestehenden mathematischen Zusammenhanges bestimmt, d. h. es wird ein