

Dimmbare elektronische Vorschaltgeräte für Niederdruck-Entladungslampen

Es werden zwei unterschiedliche, dimmbare Hochfrequenz-Vorschaltgeräte für Niederdruck-Entladungslampen (sog. Leuchtstofflampen) mit folgenden Eigenschaften präsentiert:

1. Elektronisches Vorschaltgerät (EVG) für Leuchtstofflampen mit einem Regelverhältnis des Lampenlichtstroms von 100 % bis 1 %

1.1 Physikalische Grundlagen

Die Niederdruck-Entladungslampen (Leuchtstofflampen, LL) werden hierbei mit einem Hochfrequenzstrom von etwa 30 kHz bis 70 kHz gespeist. Gegenüber dem konventionellen 50 Hz-Betrieb mit Drossel und Glimmstarter (konventionelles Vorschaltgerät, KVG) ergibt sich eine Steigerung der Lichtausbeute um ca. 10 % (Bild 1).

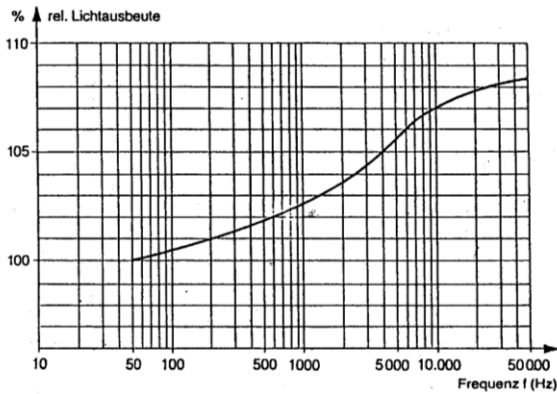


Bild 1 Frequenzabhängige rel. Lichtausbeute

Die physikalische Ursache für die Erhöhung der Lichtausbeute beruht darauf, daß mit zunehmender Betriebsfrequenz der Ionisationszustand in der Entladungsröhre (LL) nicht nach jedem Nulldurchgang des Lampenstroms wieder aufgebaut werden muß wie beim 50 Hz-Netzfrequenzbetrieb (Reduktion der Elektroden- und Rekombinationsverluste). Dies verdeutlichen die Bilder 2 und 3 bei 50 Hz und 40 kHz.

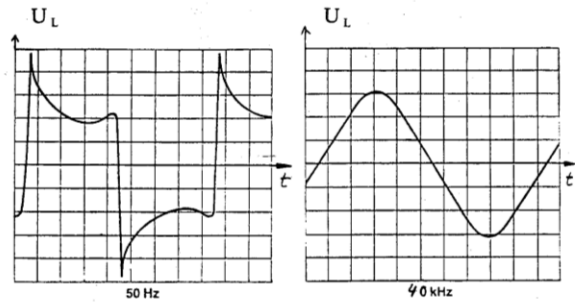


Bild 2. Lampenspannung bei 50 Hz-Betrieb

Bild 3. Lampenspannung bei HF-Betrieb

Bei 50 Hz-Netzfrequenz lassen die hohen Spannungsspitzen erkennen, daß die Lampe nach jedem Nulldurchgang des Lampenstroms wieder gezündet werden muß. Bei Hochfrequenzbetrieb fehlen diese Wiederezündspitzen, die Lampenspannung verläuft etwa sinusförmig.

1.2 Technische Realisierung

Das EVG läßt sich in 3 Funktionsgruppen unterteilen:



Bild 4. EVG-Funktionsgruppen

Die Funktionsgruppen werden in Bild 5 detaillierter dargestellt.

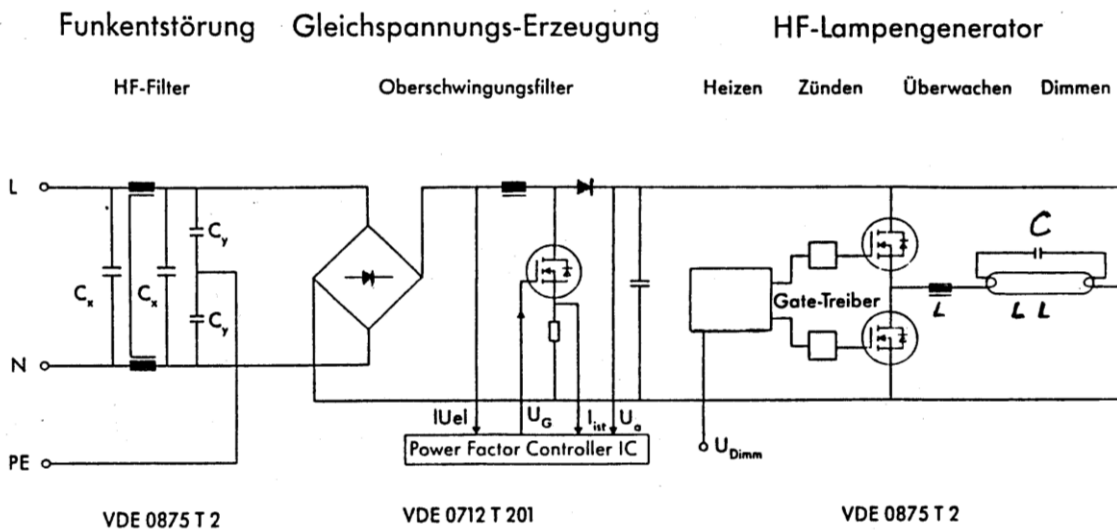


Bild 5. EVG-Blockschaltplan

Der in Bild 5 enthaltene HF- Lampengenerator besteht aus einer zwangsgesteuerten Halbbrückenschaltung, in deren Brückendiagonale eine Leuchtstofflampe LL mit Strombegrenzungsdrossel L und Zündkondensator C liegt.

Die Zündung der LL erfolgt über den Serienschwingkreis L, C; die erregende Frequenz liegt etwas oberhalb der Resonanzfrequenz des Serienschwingkreises; der dann fließende Strom heizt einmal die Lampenwendeln und bewirkt gleichzeitig eine Spannungsüberhöhung an dem Kondensator C, wodurch ein Zünden der LL eingeleitet wird.

Nach erfolgter Lampenzündung wird der Serienschwingkreis durch den dann wirkenden Lampenwiderstand stark bedämpft, wodurch sich die Betriebslampenspannung einstellt. Eine Helligkeitssteuerung (sog. Dimmern) wird durch Erhöhung der Generatorfrequenz erzielt.

Zum Betrieb des HF-Lampengenerators werden ein Gleichrichter und ein elektronisches Oberschwingungsfilter (OSF) verwendet, um die Netzstrom-Oberschwingungen gemäß VDE 0712 zu begrenzen (Bild 5). Der Transistor T des OSF wird über den Power-Factor-Controller-IC so gesteuert, daß aus dem speisenden Netz der Stromzeitverlauf i_e entnommen wird (Bild 5). (1), (2)

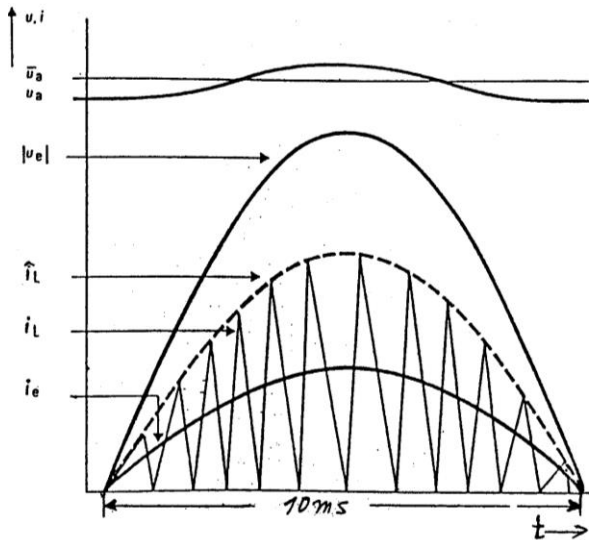


Bild 6 Strom- und Spannungszeitverläufe im Oberschwingungsfilter

Bild 6 zeigt die Wirkungsweise des aktiven Oberschwingungsfilters mit dreieckförmigem Stromverlauf, dargestellt an den Strom- und Spannungsverläufen über eine Netzhalbperiode.

Die Funkstörspannung auf der Netzleitung muß durch ein Funkentstörfilter gemäß VDE 0871 (Normalstörgrad, Grenze B) begrenzt werden, da das Gerät betriebsmäßig HF über 10 kHz erzeugt. Bild 7 zeigt eine geeignete Funkentstör-Filteranordnung.

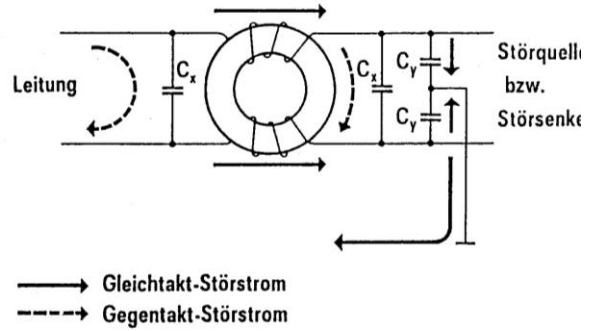


Bild 7 Funkentstörfilter

1.3 Vorteile des Gerätes

Durch Anwendung moderner Halbleiter-Elektronik und Betrieb der Lampen mit Hochfrequenzstrom wird eine Energieeinsparung bis zu 30% gegenüber konventionellen Vorschaltgeräten (Drosseln mit Glimmstartern) erreicht.

Das Gerät ist durch folgende Merkmale gekennzeichnet:

- Ausnutzung der größeren Lichtausbeute der Leuchtstofflampen bei Hochfrequenzbetrieb (ca. 30...70 kHz).
- Reduktion der Verluste im EVG durch Einsatz moderner Elektronik-Bauteile.
- Nahezu sinusförmige Netzstromentnahme in Phase mit der Netzspannung und hoher Leistungsfaktor, dadurch Entlastung des Versorgungsnetzes (geringere Verluste im Netz durch Begrenzung der Netzstromüberschwingungen und reduzierte Blindströme).
- Konstanter Lampenlichtstrom durch Ausregelung von Netzspannungsschwankungen.
- Geräuschloser Betrieb
- Kein Elektrodenflimmern und kein Stroboskopeffekt, da die Lampen quasi Gleichlicht aussenden.
- Betrieb auch an Gleichspannung möglich (Batterie-Notstromnetz).

2. Elektronisches Vorschaltgerät für Leuchtstofflampen mit Phasenanschnittsteuerung und damit kombinierter HF-Impuls-Überlagerung für sehr anspruchsvolle Helligkeitssteuerungen mit einem Lichtregelverhältnis von 10000 : 1!

In Hörsälen, Konferenzräumen, TV-Studios, Kinos, Theatern, Veranstaltungshallen usw. ist ein Helligkeits-Stellbereich von 100% bis 1% nicht ausreichend. Hier ist eine Helligkeitssteuerung in einem weiten Bereich von 100% bis 0,01% erforderlich, d.h. bis nahezu Null; jedenfalls aber so weit, daß auch im fensterlosen Raum quasi nichts mehr sichtbar ist. Dieses diffizile Helligkeitssteuer-Problem wird mit einem speziellen Phasenanschnittsteuergerät mit kombinierter HF-Impuls-Überlagerungselektronik gelöst. Bild 8 zeigt die Prinzipschaltung dieses neuartigen Gerätes.

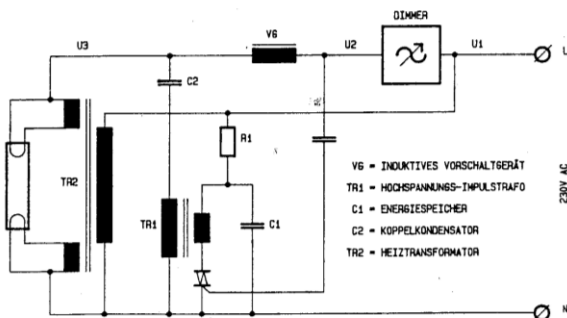


Bild 8 Helligkeitssteuergerät mit Phasenanschnitt und HF-Impuls-Überlagerung

Wegen der fallenden Strom-Spannungs-Charakteristik von Leuchtstofflampen und einer notwendigen hohen Wiederzündspannung läßt sich die Helligkeitssteuerung nur sehr beschränkt durch Herabsetzen der Spannung realisieren. Deshalb muß der Lampenstrom gesteuert werden und die Zündung mittels überlagerten HF-Impulsen bewirkt werden (Bild 9). Durch diese moderne, neuartige Technik ist es auch möglich, die Lampen in jeder beliebigen Dimmstellung, d.h. auch bei 1/10.000 des maximalen Lichtstroms, ohne störenden Lichtblitz einzuschalten (3), (4)

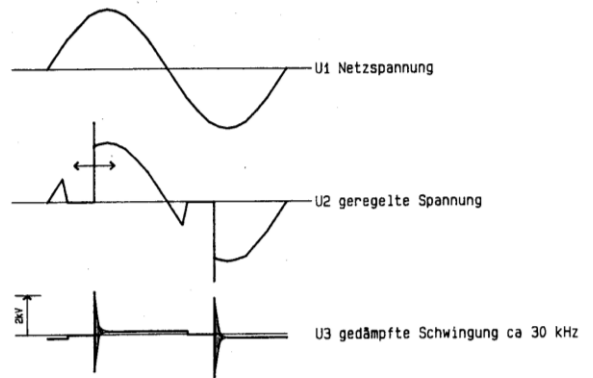


Bild 9 Signaldiagramm zur Schaltung nach Bild 8

3. Gemeinsame Vorteile der Geräte:

- Flackerfreier Sofortstart, auch beim Dimmbetrieb.
- Einsparung von Energiekosten durch zeit- und tageslichtabhängige Helligkeitssteuerung (Dimmbetrieb).
- Entlastung der mit fossilen Brennstoffen betriebenen Kraftwerke führt zu einer relevanten Verminderung der Schadstoffemission (z.B. SO₂, CO₂ - vgl. Treibhauseffekt). Zum Vergleich: 1989 wurden in den alten Bundesländern rd. 39 Mrd. kWh, das entspricht 11% der gesamten Kraftwerksleistung, für die elektrische Beleuchtung aufgewendet. Wegen dieser positiven Umweltaspekte wurde die o.g. Neuentwicklung mit dem Berliner Umweltpreis 1991 vom Senator für Stadtentwicklung und Umweltschutz ausgezeichnet.

Literatur:

- (1) Herfurth: Oberschwingungsfilter, der elektroniker, Nr. 6/1989
- (2) Marx, Karstädt, Albert: Elektronisches Vorschaltgerät Patentschutz EP 0439240 A2 vom 17.01. 91, DE 4001549 vom 20.01. 90, DE 4018865 vom 13.06. 90, Anmelder: Semperlux GmbH, D-1000 Berlin 48
- (3) Kamber: Einrichtung zur Steuerung der Helligkeit von Leuchtstofflampen mit überlagerten HF-Impulsen Europäisches Patent Nr. 165893, Inhaber: Starkstrom-Elektronik AG CH-3957 Spreitenbach
- (4) Marx, Karstädt, Albert, Kamber: A Dimmable Electronic HF-Ballast for Fluorescent Lamps. CIE Proceedings, 22nd Session Melbourne 1991 Volume 1, Part 2, S. 27-30 (Division 7)