

Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens
Herausgeber: Association suisse des électriciens
Band: 35 (1944)
Heft: 21

Artikel: Dimensionierung der Selengleichrichter-Elemente bei Batterie-Ladung
Autor: Zellweger, C.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1056997>

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: 20.01.2026

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

Dimensionierung der Selengleichrichter-Elemente bei Batterie-Ladung

Von C. Zellweger, Zürich

621.314.634

Es wird gezeigt, dass bei der Berechnung von Trockengleichrichtern für Batterieladung der Formfaktor und die Ueberspannung im speisenden Wechselstromnetz sorgfältig berücksichtigt werden müssen. Der in Frage kommende Formfaktor lässt sich durch Einbau eines Ladewiderstandes oder einer Ladedrosselspule erreichen. Bei Berücksichtigung folgender Wegleitung gewährleisten die Selengleichrichterelemente einen störungsfreien Betrieb bei praktisch unbeschränkter Lebensdauer.

Einleitung

Selengleichrichter-Elemente haben eine praktisch unbegrenzte Lebensdauer, sofern sie den verlangten Betriebsbedingungen entsprechend dimensioniert sind. Erfahrungsgemäss wird bei der Berechnung des Stromkreises für Batterie-Ladegleichrichter, besonders für einphasigen Netzanschluss, die aussergewöhnliche Arbeitsweise viel zu wenig berücksichtigt. Daraus resultiert oftmals eine unrichtige Dimensionierung der Selengleichrichterelemente, was dann zu deren übermässig starken Alterung oder sogar zur gänzlichen Zerstörung führt.

Als Wegleitung für die richtige Berechnung eines Ladegleichrichter-Stromkreises in Verbindung mit Senelementen mögen daher die folgenden Ausführungen dienen.

Allgemeines

Selengleichrichter, die zum Laden von Batterien benützt werden, sind mit einem zusätzlichen Strombegrenzungsglied auszurüsten. Für kleine Leistungen genügt ein Ladewiderstand, bei grösseren Leistungen wird zweckmässig eine Ladedrosselspule vorgesehen. Das zusätzliche Strombegrenzungsglied

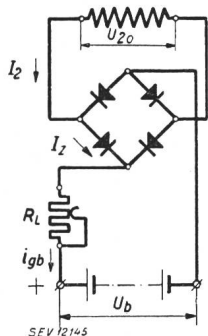


Fig. 1a.
Prinzip-Stromkreis
eines Ladegleichrichters in
Einphasen-Grätzschaltung

U_{20} sek. Wechselspannung.
 I_2 sek. Strom im Transformator.
 I_z sek. Strom im Gleichrichterelement.
 U_b Batterie-Gegenspannung.
 i_{gb} Ladestrom (arith. Mittelwert).
 R_L Ladewiderstand.

dient einerseits zur Fixierung eines maximal zulässigen Formfaktors und andererseits zur Begrenzung des Ueberstromes bei Netzueberspannung. Die grundsätzliche Schaltung eines einfachen Ladegleichrichters der gebräuchlichsten Ausführung zeigt Fig. 1a.

Berücksichtigung des Formfaktors

Für die strommässige Dimensionierung der Selengleichrichter-Elemente ist der Effektivwert des Gleichstromes massgebend, da dieser die Erwärmung der Gleichrichterscheiben verursacht. Von den Lieferanten werden jedoch in der Regel die für die Selengleichrichterscheiben zulässigen Belastungsströme als arithmetische Mittelwerte im Gleichstromkreis bei Widerstandsbelastung angege-

ben. Es ist daher wichtig, das Verhältnis zwischen Effektivwert und arithmetischem Mittelwert, d. h. den Formfaktor, zu kennen und zu berücksichtigen. Bei Widerstandsbelastung ist der Formfaktor $k_r = 1,11$; bei Batterieladung liegt er jedoch zwischen 1,2 und 1,9, weil der Ladestrom infolge der Batterie-Gegenspannung U_b nur während kurzer Zeit fliessen kann. In Fig. 1b sind die Strom- und Spannungsverhältnisse bei Batterieladung und Einphasen-Zweiweggleichrichtung dargestellt.

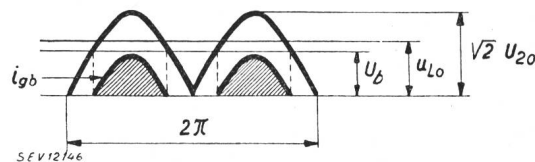


Fig. 1b.

Strom- und Spannungsverhältnisse bei Batterieladung in der Schaltung nach Fig. 1a

U_b Batterie-Gegenspannung.
 u_{20} Ladespannung (arith. Mittelwert)
 $\sqrt{2} U_{20}$ Scheitelwert der sek. Wechselspannung.
 i_{Gb} Ladestrom.

Der Formfaktor k_b bei Batterieladung wird bestimmt durch das Verhältnis der Batteriegegenspannung zum Scheitelwert der Wechselspannung, das mit ε bezeichnet wird.

Der Formfaktor k_b berechnet sich wie folgt:

$$k_b = \frac{\sqrt{\frac{1}{2} (1 + 2\varepsilon^2) \arccos \varepsilon - 3\varepsilon \sqrt{1 - \varepsilon^2}}}{\frac{2}{\pi} (\sqrt{1 - \varepsilon^2} - \varepsilon \cdot \arccos \varepsilon)} \quad (1)$$

$$\text{Spannungsverhältnis } \varepsilon = \frac{U_b}{\sqrt{2} U_{20}} \quad (2)$$

Bei Batterieladung sinkt der arithmetische Mittelwert des Gleichrichterstromes bei zunehmendem Formfaktor im Verhältnis $\frac{k_r}{k_b}$.

$$\text{Es ist } i_{Gb} = \frac{k_r}{k_b} \cdot i_{gr} \quad (3)$$

Dabei bedeutet i_{gr} den Gleichstrom-Mittelwert bei ohmscher Belastung und $k_r = 1,11$.

In Fig. 2 sind der Formfaktor k_b und das Verhältnis k_r/k_b in Abhängigkeit des Spannungsverhältnisses ε dargestellt.

Die Erfahrung zeigt, dass die Selengleichrichterelemente am günstigsten ausgenützt werden, wenn

der Gleichrichter für einen Formfaktor $k_b = 1,3$ ausgelegt wird. Damit ist das Spannungsverhältnis ε zu 0,435 bestimmt und der Effektivwert der Wechselspannung festgelegt.

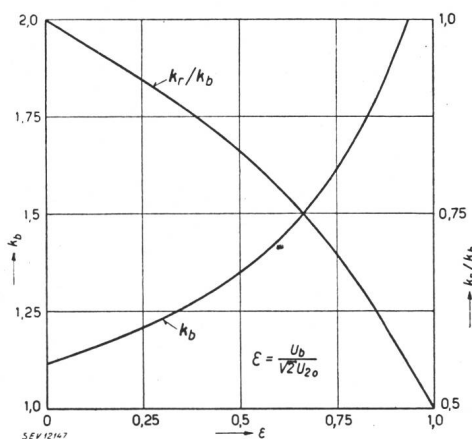


Fig. 2.
Formfaktor bei Batterieladung

Der Gesamtwiderstand R' im Gleichrichterkreis ist nun so zu bemessen, dass der zugrunde gelegte Formfaktor $k_b = 1,3$ daraus resultiert. Zur Erreichung eines genügend hohen Gesamtwiderstandes R' ist der Einbau eines Ladewiderstandes, oder, bei grösseren Leistungen, einer Ladedrosselspule nötig, da im allgemeinen der innere Widerstand des Selengleichrichterelementes und des Transformators nicht gross genug ist.

Berücksichtigung der Netzüberspannung

Für den allgemeinen Gebrauch zugelassene Starkstromgeräte sollen ohne weiteres auch bei 10 % Ueberspannung im speisenden Netz richtig arbeiten. Dabei ist zu beachten, dass bei einem Gleichrichter für Batterieladung der abgegebene Strom nicht proportional mit der Netzspannung steigt, wie dies bei Widerstandslast der Fall ist, sondern wesentlich stärker. Der Stromanstieg kann bei 10 % Ueberspannung bis 80 % betragen. Es ist daher sehr wichtig, dass die bei Ueberspannung im Netz zu erwartende Erhöhung des Belastungsstromes berechnet und bei der Wahl des Selengleichrichterelementes berücksichtigt wird, wenn dessen Ueberlastung vermieden werden soll.

Der Belastungsstrom des Batterieladegleichrichters ist proportional der Differenz der Ladespannung und der Batteriespannung. Die Ladespannung u_{L0} ist dabei definiert als arithmetischer Mittelwert der Gleichspannung bei abgetrennter Batterie, also im Leerlauf des Gleichrichters.

Der bei 10 % Netzüberspannung auftretende Ladestrom ist annähernd

$$i_{g \max} = \frac{(1,1 u_{L0}) - U_b}{u_{L0} - U_b} \cdot i_{gb} \quad (4)$$

Durch die Festlegung des Formfaktors auf 1,3 und die entsprechende Wahl des Gesamtwiderstandes R' im Gleichrichterkreis ist i_{gb} und damit auch $i_{g \max}$ ebenfalls bestimmt.

Es ist ferner zu kontrollieren, ob die max. zulässige Spannung pro Selengleichrichterscheibe auch bei 10 % Ueberspannung im Netz nicht überschritten wird.

Berechnungsbeispiel eines ausgeführten Ladegleichrichters ¹⁾

a) mit Ladewiderstand:

Blei-Akkumulator	n	= 30 Zellen in Serie
Anfangsladestrom	i_{gb}	= 6 A
Endladestrom	i_{gb}	= 3,4 A
Batteriespannung am Anfang	U_{b1}	= 63 V (2,1 V pro Zelle)
Batteriespannung am Ende	U_{b2}	= 80 V (2,67 V pro Zelle)
Formfaktor	k_b	= 1,3
Verhältnisswert	k_r/k_b	= 0,855
Spannungsverhältnis	ε	= 0,435
Netz-Ueberspannung		= 10 %

Selenelementsatz 60/8 BIK b 8.1.2 (112 Ø) in Einphasen-Grätzschaltung und Kühlplattenausführung, bestehend aus 2 Einzelelementen mit je 16 Selscheiben von 112 mm Ø; pro Zweig 8 Scheiben in Serie.

Nennstrom $i_{gb} = 8$ A bei einwandfreier Kühlung ²⁾.

Die sek. Wechselspannung ergibt sich zu

$$U_{2o} = \frac{U_{b1}}{\sqrt{2} \cdot \varepsilon} = \frac{63}{\sqrt{2} \cdot 0,435} = 102 \text{ V im Leerlauf.}$$

Ladespannung $u_{L0} = 0,9 \cdot U_{2o} = 0,9 \cdot 102 = 91,8$ V (Gleichspg.)
Spannung pro Scheibe bei 10 % Ueberspannung:

$$U_s = \frac{1,1 \cdot U_{2o}}{Z} = \frac{1,1 \cdot 102}{8} = 14 \text{ V/Scheibe}$$

Z Anzahl Scheiben pro Zweig in Serie.

Für dieses Beispiel setzt sich der auf die Gleichstromseite bezogene Stromkreiswiderstand R' folgendermassen zusammen:

Transformator-Widerstand (primär und sekundär, bezogen auf die Gleichstromseite)	$R_T = 1,11 \Omega$
Selenelement-Durchgangswiderstand (bei 6 A Ladestrom)	$R_d = 3,65 \Omega$
Ladewiderstand	$R_L = 1,66 \Omega$
Gesamtwiderstand für die Strombegrenzung bei einem Ladestrom von 6 A	$R' = 6,42 \Omega$
Max. Ladestrom bei 10 % Ueberspannung:	

$$i_{g \max} = \frac{(1,1 \cdot 91,8) - 63}{91,8 - 63} \cdot 6 = 1,32 \cdot 6 = 7,9 \text{ A}$$

Die Berechnung zeigt, dass der max. Ladestrom infolge der Netzüberspannung von 10 % von 6 auf 7,9 A ansteigt, aber den zulässigen Wert von 8 A nicht überschreitet. Auch die Spannung pro Gleichrichterscheibe liegt innerhalb der zulässigen Grenzen.

Aus Fig. 3 ist der Spannungsabfall und Durchgangswiderstand des Selengleichrichterelementes sowie der Gesamtstromkreis-Widerstand ersichtlich. Fig. 4 zeigt die Ladecharakteristik des vorstehend berechneten Gleichrichters.

b) ohne Ladewiderstand:

Würde der Ladewiderstand weggelassen, ergäben sich folgende Daten:

Der Stromkreiswiderstand beträgt nur noch:

Transformatorwiderstand	$R_T = 1,11 \Omega$
Selenelement-Durchgangswiderstand	$R_d = 3,65 \Omega$
Gesamtwiderstand	$R' = 4,76 \Omega$

¹⁾ Fabrikat Standard Telephon & Radio A.-G., Zürich.

²⁾ Gleichstrommittelwert bei Batterieladung. In neueren Katalogen ist die Belastbarkeit der Selengleichrichter Elemente ausser für Widerstandslast auch für Batterieladung angegeben.

Der Formfaktor k_b steigt auf 1,34; das Spannungsverhältnis ε wird 0,495 und damit die sekundäre Leerlauf-Wechselspannung

$$U_{20} = \frac{63}{\sqrt{2} \cdot 0,495} = 89,8 \text{ V}$$

Ladespannung: $u_{L0} = 0,9 \cdot 89,8 = 80,8 \text{ V}$ (Gleichspannung).
Max. Ladestrom bei 10 % Ueberspannung:

$$i_{g \max} = \frac{(1,1 \cdot 80,8) - 63}{80,8 - 63} \cdot 6 = 8,76 \text{ A}$$

Das als Beispiel genommene Selengleichrichterelement darf aber bei einem Formfaktor von 1,3 nur mit 8 A, bei

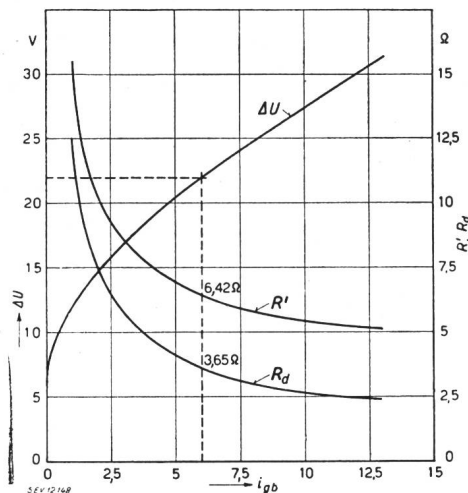


Fig. 3.

Spannungsabfall und Durchgangswiderstand eines Selengleichrichter-Elementsatzes bei Einphasen-Grätzschaltung
Typ 63/8 BIKfb 8.1.2 (112 Ø). Ladung von 30 Bleizellen: 63...80 V, 6...3,4 A. i_{gb} Ladestrom. ΔU Spannungsabfall des Elementsatzes, R_d Durchgangswiderstand des Elementsatzes, R' Widerstand des gesamten Stromkreises inkl. Ladewiderstand.

einem Formfaktor von 1,34 also nur mit $8 \cdot 1,3/1,34 = 7,76 \text{ A}$ belastet werden.

Bezüglich Verluste und damit Erwärmung ist es infolge Weglassens des Ladewiderstandes um den Faktor

$$k_b = \left(\frac{8,76}{7,76} \right)^2 = 1,275$$

also um 27,5 % überlastet.

Daraus ersieht man die Notwendigkeit eines richtig bemessenen zusätzlichen Strombegrenzungsgliedes.

Wird der Ladewiderstand weggelassen, fehlt auch eine leichte Einstellbarkeit des Ladestromes. Regulierzapfungen am Transformator für das Einstellen des Ladestromes sind

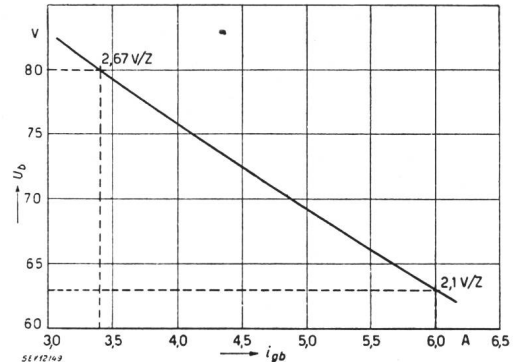


Fig. 4.

Lade-Charakteristik eines Selens-Trockengleichrichters bei Einphasen-Grätzschaltung
30 Bleizellen: 63...80 V, 6...3,4 A.

nicht nur unzweckmässig, weil sie nur eine grobe Einstellung ermöglichen, sondern auch weil sie das Spannungsverhältnis ε und damit den Formfaktor k_b beeinflussen. Daraus würde nur eine noch grössere Ueberlastung entstehen. Hingegen werden zweckmässigerweise auf der Netzseite des Transformators Regulierzapfungen bei $\pm 5\%$ vorgesehen, um Abweichungen des mittleren Wertes der Netzspannung vom Sollwert ausgleichen zu können.

Les secrets de la liste des abonnés au téléphone

Conférence donnée lors de la 3^e Journée des Télécommunications, le 2 septembre 1944, à Neuchâtel, par A. Auberson, Berne.

654.15.021.5

L'auteur qui s'est occupé pendant 40 ans de la publication des listes suisses d'abonnés au téléphone parle de l'utilité de ces documents et des modifications successives qui y ont été apportées. Les problèmes actuels et les vœux personnels des abonnés au téléphone dont on ne peut, pour des raisons pratiques, pas toujours tenir compte, sont exposés d'une façon très explicite.

Der Autor, der sich während 40 Jahren mit der Herausgabe der schweizerischen Telefon-Teilnehmerverzeichnisse befasst hat, spricht von der Nützlichkeit dieser Listen sowie von den Abänderungen, die seit ihrem Bestehen angebracht wurden. Die gegenwärtigen Probleme und die besonderen Wünsche der Telefonabonnenten, denen aus praktischen Gründen nicht immer entsprochen werden kann, werden weitgehend erörtert.

Au cours de ma longue carrière administrative je me suis occupé, entre autres, pendant 40 ans environ, de la publication des listes d'abonnés au téléphone. J'en ai vu l'éclosion et le développement. J'ai été, pour ainsi dire, le «dictateur» qui a présidé à toutes les modifications successives dans la con-texture et la présentation de ces documents. C'est pourquoi mon ancien chef, M. Möckli, a bien voulu me prier de vous parler de nos listes d'abonnés.

Le titre donné à ma causerie pourrait induire en erreur. En effet, un secret est ce qui doit être caché. Or, si secrets il y avait, je n'oserais pas les dévoiler. Les «secrets» dont j'aurai à parler ne sont donc pas des secrets proprement dits, mais simplement certaines choses dont l'abonné ou l'utilisateur du téléphone ne

se rend pas compte, des renseignements qu'il a intérêt à connaître, ne serait-ce que pour dissiper les fausses idées qu'il se fait au sujet de telle ou telle disposition concernant l'arrangement ou la rédaction des listes. Car, ne l'oublions pas, l'abonné ou l'utilisateur est toujours plus intelligent que le soi-disant «bureaucrate» qui lui empoisonne l'existence.

Je commence mon petit exposé par une vérité à M. de la Palisse: La liste des abonnés au téléphone est une nécessité!

La liste des abonnés est un complément indispensable de l'organisation téléphonique. Le bon fonctionnement du service dépend, en effet, dans une large mesure, de l'exactitude et de l'étendue des renseignements que la clientèle y trouve. Il consti-