

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 51 (1960)

Heft: 20

Artikel: Gleichspannungsstabilisatoren : neue Lösungen in schaltungs- und fabriktechnischer Hinsicht

Autor: Witmer, K.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-917078>

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: 21.02.2026

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

nach Fig. 10 b. Der röhrchenförmige Seriekondensator von 400 pF ist so gross, dass er nicht merklich differenziert. Diese erste Differentiation begrenzt den Impulsanstieg in b auf 0,17 ns, doch ist die Impulslänge selbst gleich der Länge des Anstieges in a und beträgt etwa 2 ns. Darum wird eine zweite Differentiation mit einer kurzgeschlossenen Leitung ($l_3 = 5$ cm) ausgeführt. Die Impedanz ist $Z_5 = Z_3/2 = Z_4/2$, damit keine Nachimpulse auftreten, wie zu Fig. 9 ausgeführt wurde. Die von b nach f zurücklaufende Reflexion ($r = -0,5$) wird in einem Dämpfungsglied von beispielsweise 6 db geschwächt, so dass die nochmals verzögert wieder nach b zurückkehrende Störung eine Amplitude von 12,5% des Nutzimpulses besitzt (12 db weniger als $r = 0,5$).

Nach der zweiten Differentiation besitzt der in Fig. 10c dargestellte Nutzimpuls eine Fussbreite von $0,17 + 0,3 = 0,47$ ns und eine Amplitude von 600 mV. Die verschiedenen Nachimpulse von positiver und negativer Polarität liegen unter 75 mV und werden durch die Knickspannung einer Diode von 200 mV abgeschnitten. Die Länge des Ausgangsimpulses in Fig. 10d wird gleichzeitig auf 0,35 ns verkleinert. Der so hergestellte Impuls von etwa 400 mV Amplitude, 0,35 ns Fussbreite und 0,13 ns Dachbreite wurde als Schaltimpuls für einen Abtastoszillographen von 0,35 ns Zeitauflösung benutzt [1; 2].

Schlussbetrachtungen

Die Resultate, die mit dem beschriebenen Differenziernetzwerk erzielt wurden, dürfen nicht als Grenze des Er-

reichbaren angesehen werden. Die bei Tunneldioden und Dioden für Lawinendurchbruch (Avalanchodiodes) gemessenen Umschaltzeiten, in Verbindung mit niederohmigen Wellenleitern, lassen es erwarten, dass man Anstiegzeiten von weniger als 0,1 ns erzeugen kann. Für die Formung von Nadelimpulsen, die nicht kürzer als diese Anstiegzeit von 0,1 ns sein sollen, genügt dann eine einmalige Differentiation. Der Fortfall einer zweiten Differentiation, wie sie in dem beschriebenen Netzwerk notwendig war, bedeutet einen Gewinn an Impulsamplitude.

Literatur

- [1] Schlaepi, H. P. und H. P. Louis: Ein «Sampling Oszillograph» für $4 \cdot 10^{-10}$ sec Zeitauflösung. Helv. Phys. Acta Bd. 32 (1959), Nr. 4, S. 328...331.
- [2] Louis, H. P.: Messung von Signalen im Zeitbereich von Nanosekunden mittels Abtastoszillographen. Elektron. Rdsch. Bd. 14 (1960), Nr. 4, S. 137...144.
- [3] Kohn, G.: Die Erzeugung extrem steiler Impulskanten in mehrstufigen nichtlinearen Verstärkern. AEÜ Bd. 12 (1958) Nr. 3, S. 109...118.
- [4] Guggenbühl, W.: Der Spannungsdurchbruch der Flächentransistoren in einer allgemeinen Schaltung. AEÜ Bd. 13 (1959), Nr. 11, S. 451...461.
- [5] Cutler, C. C.: The Regenerative Pulse Generator. Proc. IRE Bd. 43 (1955), Nr. 2, S. 140...148.
- [6] Dietrich, F. A. und W. M. Goodall: Solid State Generator for $2 \cdot 10^{-10}$ Second Pulses. Proc. IRE Bd. 48 (1960), Nr. 4, S. 791...792.
- [7] Sharpless, W. M.: High-Frequency Gallium Arsenide Point-Contact Rectifiers. Bell Syst. techn. J. Bd. 38 (1959), Nr. 1, S. 259...269.

Adresse des Autors:

Dr. H. P. Louis, International Business Machines Corp., Forschungslaboratorium, Adliswil (ZH).

Gleichspannungsstabilisatoren

Neue Lösungen in schaltungs- und fabrikationstechnischer Hinsicht

Von K. Witmer, Herrliberg

621.316.72.1.024 : 621.385 + 621.382.3

Schaltungsprobleme

Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf röhren- bzw. transistorgeregelte Gleichspannungsstabilisatoren (stabilisierte Netzgeräte), wie sie vorzugsweise zur Speisung von elektronischen Geräten Verwendung finden. Das Regelorgan (Leistungsröhre bzw. -transistor) liegt bei diesen Geräten im allgemeinen in Serie zur Last, wogegen die sog. Parallel-Stabilisation nur ausnahmsweise zur Anwendung kommt.

Die Prinzipschaltung für solche Geräte gemäss Fig. 1 mit Röhren, und die analoge Schaltung nach Fig. 2 für transistorgeregelte Geräte kann als allgemein bekannt vorausgesetzt werden.

Die Vergleichsspannung (Referenzspannung) U_r wird im allgemeinen durch Glimmröhren bzw. Zenerdioden erzeugt. Für die sog. Referenzspannungsgeräte werden auch Normallemente zusammen mit «chopper-»stabilisierten Verstärkern verwendet. Auf diese Spezialgeräte wird jedoch in diesem Zusammenhang nicht näher eingegangen.

Die zu stabilisierende Ausgangsspannung U_0 muss zum Vergleich mit U_r potentiometriert werden, was folgendes zur Folge hat:

1. Durch diesen Spannungsteiler werden auch die Schwankungen ΔU_0 der Ausgangsspannung im gleichen Verhältnis herabgesetzt und ein Teil der nachfolgenden

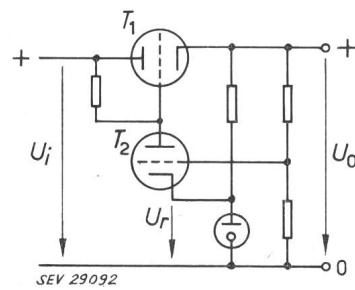


Fig. 1

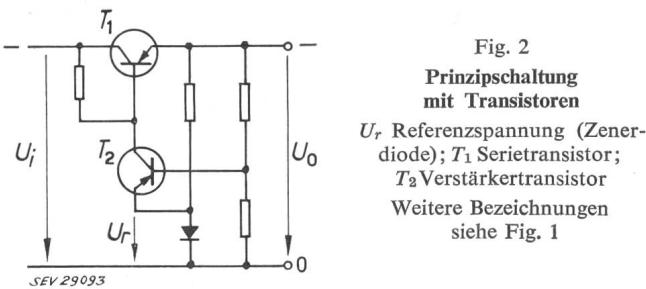
Prinzipschaltung mit Röhren

U_i ungeregelter Eingangsspannung; U_0 geregelte Ausgangsspannung; U_r Referenzspannung (Glimmröhre); T_1 Serieröhre; T_2 Verstärker- röhre

Verstärkung nur zum Wettmachen dieses Verlustes aufgewendet.

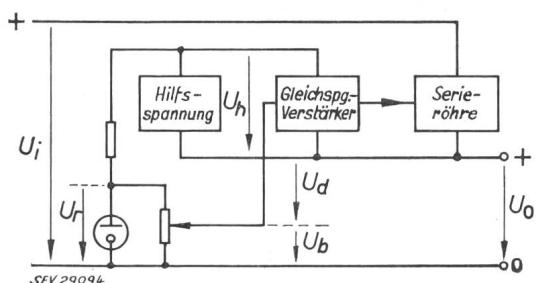
2. Es ist sehr oft wünschenswert, die Ausgangsspannung annähernd bis auf 0 regeln zu können. Der Fusspunkt

von U_r darf dann nicht an 0 liegen, sondern an einer Hilfsspannung U_h , die in Fig. 1 negativ, in Fig. 2 positiv gegen 0 und grösser als U_r sein muss. Für gute Stabilität muss diese Hilfsspannung stabilisiert sein, da sie das Referenzelement speist.



3. Bei in weiten Grenzen variabler Ausgangsspannung U_0 ändert sich in Fig. 1 und 2 auch der Strom durch das Referenzelement stark, was für gute zeitliche Stabilität nicht wünschenswert ist. Ebenso sind in diesem Fall die Betriebsbedingungen für den Verstärker T_2 grossen Änderungen unterworfen.

Neben diesen hauptsächlichen Nachteilen der gezeigten Prinzipschaltungen treten zum Teil als Folgeerscheinungen sekundäre Nachteile auf. Mit mehr oder weniger Aufwand lassen sich diese Nachteile umgehen oder vermindern, aber sehr oft treten dann sozusagen tertiäre Nachteile auf, wie z. B. erhöhte Schwingungsneigung. Geräte mit in weiten Grenzen variabler Ausgangsspannung und gleichzeitig über den ganzen Bereich guten Regeleigenschaften werden daher oft bei entsprechendem Aufwand recht kompliziert und unübersichtlich in der Wirkungsweise.



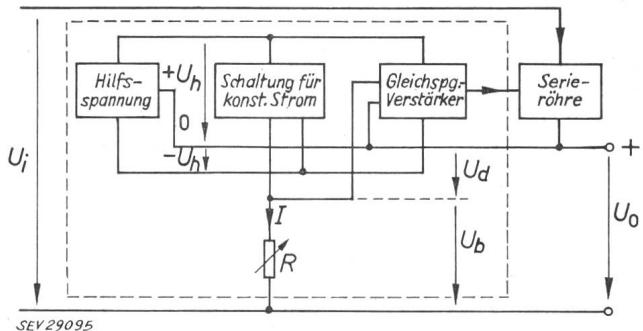
Eine ansprechende Schaltung wurde beschrieben von D. J. H. Admiraal¹⁾. Die Wirkungsweise ist aus Fig. 3 ersichtlich.

Aus der Referenzspannung U_r wird durch Potentiometrieren eine Bezugsspannung U_b (Sollwert) gewonnen. Die Differenz zwischen dieser und der Ausgangsspannung U_0 (Istwert) erscheint als U_d am Eingang des Verstärkers, der ausgangsseitig das Serieelement steuert. Es ist somit immer annähernd $U_0 = U_b$.

Die Schwankungen ΔU_0 der Ausgangsspannung liegen in voller Grösse am Verstärkereingang, die Ausgangsspannung

¹⁾ Admiraal, D. J. H.: A Stabilized dc Supply Unit for Output Voltages of 0 to 300 V. Electronic Appl. Bull. Bd. 14(1953), Nr. 5, S. 61...71.

nung U_0 selbst kann bis auf 0 geregelt werden, die Betriebsbedingungen des Verstärkers sind konstant. Anderseits ist die gezeigte Erzeugung der Bezugsspannung durchaus nicht ideal. Die Speisespannung für das Referenzelement ist gleich $U_0 + U_h$ und somit abhängig von U_0 . Für grosse Ausgangsspannung müssen mehrere Referenzelemente (Glimmröhren, Zenerdioden) in Serie geschaltet werden, die bei kleiner Ausgangsspannung anderseits wieder sukzessive kurzgeschlossen werden müssen. Ein kontinuierliches stufenloses Variieren der Ausgangsspannung über grössere Bereiche ist somit nicht möglich.



Ikonstanter Bezugstrom; R Regelwiderstand zur Gewinnung von U_b
Weitere Bezeichnungen siehe Fig. 1 und 3

Man kann natürlich die Referenzelemente aus einer weiteren Hilfsspannung speisen, die grösser sein muss als $U_{0 \max}$. Einsteils führt dies zu grösserem Aufwand und anderseits ist man bestrebt, bei solchen Geräten womöglich die bereits stabilisierte Ausgangsspannung selbst zur Speisung der Referenzelemente heranzuziehen (siehe Fig. 1 und 2).

Eine zweckmässige und relativ einfache Lösung zur Erzeugung der gewünschten Bezugsspannung U_b zeigt Fig. 4.

Durch eine geeignete Schaltung, enthaltend ein Referenzelement, wird ein konstanter Strom I erzeugt, dessen Spannungsabfall an einem Widerstand R die gewünschte Bezugsspannung U_b ergibt. Eine Schaltung für konstanten Strom zeichnet sich dadurch aus, dass sie einen konstanten Strom liefert, unabhängig von der über ihr liegenden Speisespannung (Stromquelle mit sehr hohem dynamischem Innenwiderstand). Im vorliegenden Fall wird als Speisespannung die Summe $U_0 + U_h$ verwendet, wobei U_h die bereits für die Speisung des Verstärkers benötigte Hilfsspannung ist. Die über der Schaltung selbst liegende Spannung ist dabei immer annähernd gleich U_h , da ja U_d sehr klein wird. Die Anforderungen an die Schaltung sind somit relativ bescheiden.

Schaltungen für konstanten Strom sind bekannt; Fig. 5 zeigt als Beispiel eine Prinzipschaltung, die sich für den vorliegenden Zweck sehr gut bewährt hat.

Der konstante Strom I ist praktisch gleich dem Strom durch das Referenzelement selbst. Der Spannungsabfall von I an R' wird konstant gehalten durch das über den Differentialverstärker T_2 gesteuerte Serieelement T_1 . Eine Schaltung mit Transistoren und einer Zenerdiode als Referenzelement kann analog aufgebaut werden.

Mit einer Schaltung gemäss Fig. 5 in einer Anordnung nach Fig. 4 kann eine Stabilität der Bezugsspannung erreicht werden, die praktisch derjenigen des Referenzelementes U_r entspricht. Für kleinere Anforderungen lässt sich die Schaltung für konstanten Strom entsprechend vereinfachen.

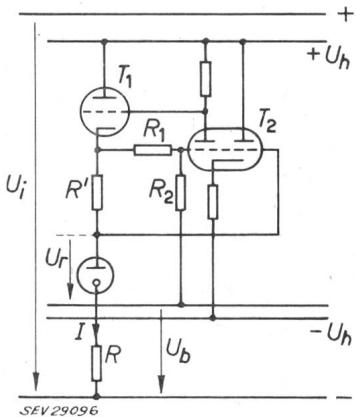


Fig. 5

Schaltungsbeispiel für konstanten Bezugstrom I

R Widerstand zur Gewinnung von U_b ; R' Widerstand mit grosser Konstanz; R_1, R_2 Spannungsteiler; U_b Bezugsspannung; U_h Hilfsspannung

Weitere Bezeichnungen siehe Fig. 1

Der Widerstand R kann je nach der gewünschten Ausgangsspannung fest, in Stufen oder kontinuierlich (Fig. 4) variabel sein. Die Grösse der Ausgangsspannung U_0 hat keinen Einfluss auf die Betriebsbedingungen der gesamten Steuerschaltung. Insbesondere kann U_0 von 0 bis zu einem Maximalwert variiert werden, der in keiner Weise durch die Bezugsspannung oder die Betriebsbedingungen des Verstärkers begrenzt ist.

Fabrikationsprobleme

Gleichspannungsstabilisatoren werden in erster Linie verwendet zur Speisung von elektronischen Geräten aller Art. Die Anforderungen an das Speisegerät sind dementsprechend von Fall zu Fall sehr verschieden, und der Fabrikant von solchen Geräten sieht sich gezwungen, sich entweder auf die Fabrikation der meistverlangten Typen zu beschränken oder laufend Spezialanfertigungen herzustellen. Selbst mit einem Programm von z. B. 100 verschiedenen Typen kann ein Grossteil der vorkommenden Bedürfnisse nicht befriedigt werden. Die hauptsächlichsten Parameter für diese Geräte sind dabei:

1. Ausgangsspannung (von 1 V bis über 2 kV)
2. Belastungsstrom (von 1 mA bei hohen, bis zu 10 A bei tiefen Spannungen)
3. Ausgangsimpedanz (von 10Ω bis $1 \text{ m}\Omega$)
4. Restwelligkeit (von 1% bis $1 \cdot 10^{-6}$ der Ausgangsspannung)

5. Regelgenauigkeit gegen Netzspannungs- und Belastungsschwankungen (von 1% bis 0,01%).

6. Zeitliche Stabilität (von 1% bis 0,01% pro Tag).

Die rationelle Fabrikation einer sehr grossen Zahl von verschiedenen Typen mit kurzen Lieferfristen und kleinen Entwicklungskosten führt notwendigerweise auf eine Art «Baukastensystem». Dies ist um so besser durchführbar, je universeller die verwendete Grundschaltung ist und je mehr Bauelemente vorausfertigert werden können. Diese Bedingungen werden aber von der Prinzipschaltung nach Fig. 4 in nahezu idealer Weise erfüllt, indem die gesamte Steuerschaltung mit Ausnahme des Widerstandes R unabhängig von Ausgangsspannung und Belastungsstrom vorausfertigert werden kann.

Die aufgeführten Parameter 3...6 sind im allgemeinen mehr oder weniger abhängig voneinander, indem z. B. kleinere Ausgangsimpedanz, kleinere Restwelligkeit und bessere Regelgenauigkeit durch die gleiche Massnahme, nämlich grössere Verstärkung erreicht werden. Gleichzeitig muss in diesem Fall natürlich auch die Stabilität der Bezugsspannung den erhöhten Anforderungen angepasst werden. Die Parameter 3...6 können unter dem Sammelbegriff Regeleigenschaften zusammengefasst werden. Für die Fabrikation im Baukastensystem erweist sich eine Einteilung der Geräte in verschiedene Klassen bezüglich der Regeleigenschaften als zweckmäßig und leicht durchführbar, und es zeigt sich, dass mit 2...3 Klassen dem Grossteil der Anforderungen entsprochen werden kann. Bei vorläufig je drei Klassen für röhren- bzw. transistorbestückte Geräte ergibt sich eine Zahl von 6 vorausfertigten Steuereinheiten.

Die Serieelemente (Regelorgan) lassen sich unter gewissen Voraussetzungen ebenfalls normen und je nach verlangter Ausgangsspannung und Belastungsstrom parallelenschalten, so dass schliesslich nur noch Eingangstransformator und Gleichrichter von Fall zu Fall zu dimensionieren sind. Auch hier ist jedoch eine gewisse beschränkte Normung möglich.

Neben den reinen Schaltungsproblemen sind für die Fabrikation im Baukastensystem eine Reihe von konstruktiven Problemen zu lösen. Es sei nur darauf hingewiesen, dass ein solches Gerät bei gleichen Leistungen z. B. einmal als Einschubeinheit für Gestelleinbau, dann als Tischmodell mit möglichst schmaler Front oder als Einbaueinheit auszuführen ist. Diese Probleme führen zum Teil auf neuartige konstruktive Lösungen, worauf jedoch hier nicht näher eingegangen werden soll.

Es hat sich gezeigt, dass mit dem beschriebenen Baukastensystem dem weitaus grösssten Teil aller Kundenwünsche entsprochen werden kann und zugleich ein Typenprogramm an «Standardausführungen» von bisher unerreichter Vielseitigkeit realisierbar ist.

Adresse des Autors:

Dr. K. J. Witmer, Bergstrasse, Herrliberg (ZH).