Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 39 (1948)

Heft: 11

Artikel: Die Ausnützung der Adhäsion neuerer schweizerischer Elektrolokomotiven grosser Leistung

Autor: Kummer, W.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1059277

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: 02.10.2025

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

zipschaltbild einer gegengekoppelten Verstärkerstufe. u_e ist die der Stufe zugeführte Eingangsspannung, u_g die Gitterwechselspannung, u_a die Anodenwechselspannung und u_r derjenige Teil der

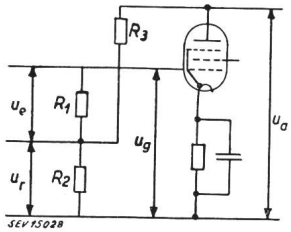

Fig. 7
Prinzipschaltbild einer gegengekoppelten Endstufe

Anodenwechselspannung, der dem Gitter zurückgeführt wird. Nimmt man an, dass die Schaltung nur mit rein ohmschen Widerständen arbeitet, so ist die Anodenspannung zur Gitterspannung um 180° in der Phase verschoben. Dann wird

$$u_g = u_e - u_r \tag{29}$$

Darin ist

$$u_r = \gamma u_a \tag{30}$$

wobei γ der Gegenkopplungsfaktor ist. Im vorliegenden Falle ist

$$\gamma = \frac{R_2}{R_2 + R_3} \tag{31}$$

Die Verstärkung der Stufe ist:

$$v_2 = \frac{u_a}{u_g} = \frac{u_a}{u_e - \gamma u_a} \tag{32}$$

Daraus ergibt sich für die Anodenspannung

$$u_a = u_e \frac{v_2}{1 + \gamma v_2} \tag{33}$$

woraus sich die tatsächliche Verstärkung der gegengekoppelten Verstärkerstufe als Verhältnis der Anoden- zur Eingangsspannung ergibt:

$$v' = \frac{u_a}{u_e} = \frac{v_2}{1 + \gamma v_2} \tag{34}$$

Für den Grad der Gegenkopplung, der das Verhältnis der Verstärkungen mit und ohne Gegenkopplung darstellt, erhält man

$$g = \frac{v'}{v_2} = \frac{1}{1 + \gamma v_2} \tag{35}$$

Wenn der Gegenkopplungsgrad für alle in Betracht kommenden Frequenzen gleich gross ist, dann hat die Gegenkopplung nur den einen Vorteil der Verzerrungsverminderung. Der grösste Vorteil der Gegenkopplung liegt jedoch darin, dass man den Grad der Gegenkopplung für verschiedene Frequenzen verschieden gross wählt, so dass man die Frequenzkurve des Empfängers und damit die Qualität der Wiedergabe nach Belieben ändern und günstig gestalten kann. Wenn man zum Beispiel in Reihe mit dem Gegenkopplungskanal einen Kondensator schaltet, wie die Serienkapazität der Kondensatoren

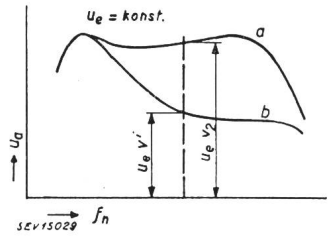

Fig. 8
Frequenzgang einer Endstufe ohne und mit Gegenkopplung

g und d in Fig. 1, so wird der Grad der Gegenkopplung für die tiefen Frequenzen kleiner gemacht. Auf diese Weise ist es möglich, die Wiedergabe der tiefen Frequenzen im Verhältnis zu den hohen Frequenzen zu verbessern. In Fig. 8 stellt die Kurve a den Frequenzgang der Endstufe ohne Gegenkopplung, Kurve b denjenigen mit Gegenkopplung dar.

Literatur

[1] DRP 706 536 vom 19. April 1943.

[2] *Feldtkeller, R.*, u. *W. Kautter:* Zur Theorie der Rückkopplung bei Hochfrequenzempfängern. Elektr. Nachr.-Techn. Bd. 8(1931), Nr. 3, S. 93...103.

[3] *Kautter, W.:* Die Herstellung von negativen Leitwerten mit Hilfe von Rückkopplungsschaltungen. Elektr. Nachr.-Techn. Bd. 10(1933), Nr. 5, S. 199...214.

[4] *Kautter, W.:* Über die Wirkung der Entdämpfung in Rundfunkempfängern. Elektr. Nachr.-Techn. Bd. 10(1933), Nr. 7, S. 287...302.

[5] *Kautter, W.:* Theorie der unerwünschten Schwingung in rückgekoppelten Audion-Schaltungen mit Gitterkreisanzapfung. Telefunken-Ztg. Bd. 17(1936), Nr. 73, S. 52...57.

[6] *Berechnungsgrundlagen.* Die B' für Hoch- und Zwischenfrequenz-Bandfilter. Philips Mh. App.-Fabr". Bd. —(1934), Nr. 19, S. 1...8; Nr. 20, S. 1...8, u. Nr. 21, S. 1...5.

[7] *Bandbreite.* Regelbare B'. Philips Mh. App.-Fabr". Bd. —(1938), Nr. 54, S. 9...20; Nr. 58, S. 65...76, u. Nr. 59, S. 81...89.

[8] *Brück, L.:* Gegenkopplungsschaltungen unter besonderer Berücksichtigung der Rundfunkempfänger. Telefunken-Röhre Bd. —(1937), Nr. 11, S. 244...277.

[9] *Brück, L.:* Frequenzgang und Schwingneigung gegengekoppelter Verstärker für Rundfunkempfänger. Telefunken-Röhre Bd. —(1938), Nr. 14, S. 237...253.

Adresse des Autors:
Hubert Gibas, Churchill Laan 57 II, Amsterdam-Z, Holland.

Die Ausnützung der Adhäsion neuerer schweizerischer Elektrolokomotiven grosser Leistung

Von *W. Kummer*, Zürich

621.335.11

Anschliessend an seine Arbeit von 1938, in der die Überlegenheit der elektrischen über die nichtelektrische Zugförderung im Schwerlastverkehr nachgewiesen wurde, betrachtet der Verfasser, an Hand bekannt gewordener Daten über die Ausnützung der Adhäsion neuerer schweizerischer Elektrolokomotiven grosser Leistung, die für den heutigen Schwerlastverkehr massgebenden Zahlenwerte.

Donnant suite à son étude de 1938 sur la supériorité de la traction électrique sur la traction non électrique dans le trafic lourd avec locomotives, et tenant compte des plus récents résultats sur l'utilisation de l'adhésion dans les modernes grandes locomotives électriques suisses, l'auteur analyse les chiffres déterminant le trafic lourd actuel.

In unserem Aufsatz «Gewichtsbeziehungen der Zugsbildung im elektrischen und im nichtelektrischen Bahnbetrieb» [1]) zeigten wir, dass der die Überlegenheit des elektrischen Betriebs ergebende Zusammenhang zwischen Lokomotivgewicht und Anhängegewicht der Eisenbahnzüge durch ein Produkt $a f$ bestimmt wird, wo a die sogenannte Adhäsionszahl, d. h. das Verhältnis des Reibungsgewichts G_r zum Lokomotivgewicht G_l, einschliesslich allfälliger Schlepptender mit vollem Inhalt, darstellt, und f die Reibungszahl bedeutet, die als das Verhältnis der Zugkraft F [2]) am Lokomotiv-Radumfang zum Gewichte G_r erscheint. Also bestehen die Beziehungen:

$$a = \frac{G_r}{G_l}; \quad f = \frac{F}{G_r}; \quad a f = \frac{F}{G_l}.$$

Die seit 1938 in Betrieb gesetzten schweizerischen Elektrolokomotiven grosser Leistung sind in mehr als einer Hinsicht durch ganz ausserordentliche Fortschritte gekennzeichnet; in einer reich dokumentierten und klaren Darstellung «Neueste Entwicklung der elektrischen Triebfahrzeuge, insbesondere der Lokomotiven, bei den schweizerischen Hauptbahnen», von *C. Bodmer, G. Borgeaud* und *A. Meyer* sind kürzlich ihre wichtigsten Typen gewürdigt worden [3]). Dieser Arbeit, insbesondere der in ihr gegebenen tabellarischen Darstellung der Hauptdaten von 12 neueren Lokomotivtypen der schweizerischen Hauptbahnen mit Einphasenwechselstrom-Betrieb entnehmen wir die für unsere Betrachtung erforderlichen technischen Daten, die wir in Tabelle I vereinigen und durch den von uns berechneten jeweiligen Wert von $a f$ ergänzen. Un-

Hauptdaten von 12 Lokomotivtypen Tabelle I

Unsere Numerierung	Lieferjahr	Bahnverwaltung	Lokomotiv-Reihe	Lokomotiv-Nummern	G_l t	G_r t	F kg	v km/h	f kg/t	$a f$ kg/t
1	1927...34	SBB	Ae $^4/_7$	10 901... 10 916	118	77	11 700	65	152	99
2	1927...34	SBB	Ae $^4/_7$	10 937... 11 802	123,3	79,4	12 500	65	158	101
3	1927...34	SBB	Ae $^4/_7$	10 939... 10 951	120	79	12 500	65	158	104
4	1931	SBB	Ae $^8/_{14}$	11 801	246	159 172	33 300	59	212 196	135
5	1932	SBB	Ae $^8/_{14}$	11 851	244,2	158 172	37 000	62	234 215	152
6	1939	SBB	Ae $^8/_{14}$	11 852	237,5	160,5 174	40 000	75	249 230	170
7	1939	BLS	Ae $^6/_8$	205 206	142	114	28 500	56,5	250	201
8	1941...45	SBB	Ae $^4/_6$	10 801... 10 812	106	80	17 600	84	220	166
9	1945	BLS	Ae $^4/_4$	251 252	80	80	14 200	75	178	178
10	1940	SBB	R Fe $^4/_4$	601...603	47	47	3 880	91	82,5	82,5
11	1945...47	SBB	Re $^4/_4$	401...426	56	56	8 040	83	143	143
12	1942...45	SBB	Be $^6/_8$	13 251	126	103	21 800	45	215	173

Für den Stand der Technik im Jahre 1938 gaben wir, bei Messung der Gewichte in t und der Zugkraft in kg, die Zahlenwerte:

Elektrischer Betrieb mit Fahrleitung:
$a f = 100...150$ kg/t

Betrieb mit Kolbendampfmaschinen:
$a f = 75...100$ kg/t

Betrieb mit Verbrennungs-Kraftmaschinen:
$a f = 50...120$ kg/t.

sere fünf ersten Nummern betreffen Lokomotiven, die vor 1938 in Betrieb kamen und also Werte $a f$ von 100...150 kg/t aufweisen, wie wir solche in unserer Arbeit von 1938 berücksichtigten. Dann folgen vier Nummern mit Werten $a f > 150$ kg/t, eine Nummer (10) mit $a f < 100$ kg/t [4]), eine mit $a f \sim 150$ kg/t und schliesslich wieder eine mit $a f > 150$ kg/t. Eine besondere Betrachtung muss nun den Werten f selbst gewidmet werden, weil

[1]) Bull. SEV Bd. 29 (1938), Nr. 17, S. 458...460.

[2]) In der früheren Arbeit (Fussnote 1) wurde für Zugkraft das Symbol Z verwendet. In Anwendung der Regeln für Buchstabensymbole und Zeichen (Bull. SEV 1947, Nr. 17) wird hier F gewählt.

[3]) Erschienen in der Schweiz. techn. Z. Bd. 44 (1947), Nr. 38/39, S. 620...650, und als Sonderdruck Nr. 3516 vom Januar 1948 der Schweizerischen Lokomotiv- und Maschinenfabrik, Winterthur.

[4]) Man beachte den extrem hohen Wert von v.

solche auftreten, die höher als rund 150 kg/t sind, d. h. über dem früher als Grenzwert betrachteten Werte liegen; auch schon für zwei Nummern vor dem Lieferjahr 1938 ist dies übrigens der Fall. Alle Werte f und af sind aus den in der Tabelle ebenfalls aufgeführten Werten G_r und G_l und aus den Werten F berechnet, die der sog. Stundenleistung entsprechen. Neben F gibt unsere Tabelle, aus den im folgenden gegebenen Gründen, auch die Geschwindigkeit v des Betriebes bei Stundenleistung. In bezug auf die Werte f ist nun zu sagen, dass die aus den Lokomotivdaten F und G_r folgenden Zahlen aus Sicherheitsgründen nicht höher sein sollten, als die rein physikalisch für die Haftreibung zwischen Rad und Schiene geltenden Zahlenwerte. Diese sind aber, wie allgemein bekannt, abhängig von der Fahrgeschwindigkeit, derart, dass der Maximalwert f_0 für ruhende Räder stets erheblich grösser ist als der Wert f für rasch bewegte Räder; dieser nimmt mit steigender Fahrgeschwindigkeit v etwa nach Massgabe des in Fig. 1 dargestellten Kurvenbildes stetig ab. Da f_0 schwerlich jemals Werte über 300 kg/t erreichen wird, so müssen wir die für die Lokomotiven nach unsern Nummern 4, 5, 6, 7, 8, 9 und 12 errechneten Werte f aus Sicherheitsgründen zunächst als für den Betrieb bedenklich hoch bezeichnen, und zwar auch dann noch, wenn die Abnahme von f in Abhängigkeit von v günstiger verläuft, als Fig. 1 angibt. Die nötige Sicherheit wird sich indessen dank reichlicher zusätzlicher Reibung zwischen Radspurkränzen und Schienenseitenflächen einstellen, die für Lokomotiven grosser Baulänge und für Fahrten auf kurvenreichen Strecken bestimmt zu erwarten ist. In bezug auf die Doppelwerte G_r und f bei den Lokomotiven nach unsern Nummern 4, 5 und 6 gibt die Veröffentlichung von Bodmer, Borgeaud und Meyer folgende Erklärung: «Als bemerkenswerte Neuerung an diesen Lokomotiven ist der Einbau eines sogenannten Adhäsionsvermehrers zu nennen. Die Einrichtung, die von jedem der beiden Führerstände aus betätigt werden kann, bewirkt eine Entlastung der mittleren Tragachse jeder Halblokomotive, womit eine Mehrbelastung der Triebachsen und in geringerem Masse auch der äussern Laufachsen eintritt. Die Entlastung dieser Tragachse wird mittels eines Doppelkolbenzylinders bewerkstelligt, der über Winkelhebel am Federbund der Tragachse angreift und diese unter dem Einfluss der Druckluft entlastet. Die Vermehrung des Triebachsdruckes beträgt im Mittel zirka 1,5 t pro Achse, d. h. das Adhäsionsgewicht kann bei Betätigung der besagten Einrichtung um zirka 12 t erhöht werden. Der Einbau dieses Adhäsionsvermehrers war mit Rücksicht auf die im Verhältnis zum Adhäsionsgewicht grosse Motorleistung notwendig.»

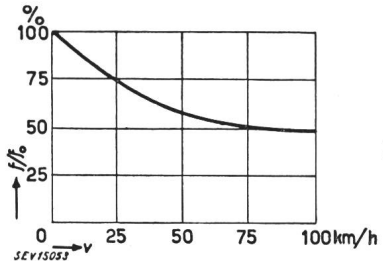

Fig. 1
Haftreibung und Fahrgeschwindigkeit
(v in km/h)

Bedenkt man, dass im Eisenbahnbetrieb noch vor wenigen Jahrzehnten niemand gewagt hätte, bei höheren Geschwindigkeiten eine Ausnützung der Adhäsion über 150 kg/t hinaus zu verwirklichen, so muss man die mit dem elektrischen Betrieb verknüpfte Entwicklung staunend zur Kenntnis nehmen. Mit dem Hinauftreiben der durch den Zahlenwert f gegebenen Ausnützung der Adhäsion wird gleichzeitig ein Hinauftreiben der Grösse af erreicht, die nach unserer Arbeit von 1938 die Überlegenheit der elektrischen über die nichtelektrische Zugförderung im Schwerlastverkehr begründet, und zwar um so ausgeprägter, je steiler die Bahnlinie ist. Die Lokomotiven nach unsern Nummern 6, 7, 8, 9 und 12 stellen entsprechende Beispiele mit erhöhten Zahlenwerten af dar. An der Inferiorität der nichtelektrischen Zugförderung dürften auch die in einer noch nicht prognostizierbaren Zukunft zu erwartenden, unmittelbar mit Atomenergie zu betreibenden Lokomotiven teilnehmen; sie dürften also nicht imstande sein, den aus Fahrleitungen gespeisten elektrischen Lokomotiven ihren Rang streitig zu machen.

Adresse des Autors:
Prof. Dr. *W. Kummer*, Samariterstrasse 12, Zürich 32.

«Studie über den Parallelbetrieb der Kraftwerke der Bernischen Kraftwerke A.-G.»

Von *Ch. Jean-Richard*, Muri (BE)

Bull. SEV Bd. 39(1948), Nr. 6, S. 174...175 (grüne Ausgabe)

Berichtigung

Auf S. 174, Spalte links, muss der letzte Satz im 1. Abschnitt richtig lauten: «Die *reaktive Lade*leistung (nicht: relative Nachleistung) beträgt 41 MVar bei 150 kV.»

Technische Mitteilungen — Communications de nature technique

Der Relaisschutz von Transformatoren

[Nach: Relay Protection of Transformers.
Electr. Engng. Bd. 66(1947), Nr. 10, S. 964...968.]

621.316.925 : 621.314.21

Das Relaiskomitee der AIEE veröffentlicht einen Bericht über den Relaisschutz von Transformatoren auf Grund einer Umfrage, an der sich 28 Gesellschaften in den USA und in Kanada beteiligten, die Transformatoren mit einer totalen Leistung von 56 Mill. kVA besitzen.

Der Differentialschutz wird von 24 dieser Gesellschaften für Transformatoren über 1000 kVA angewendet. In Fällen, wo die Transformatoren oberspannungsseitig ohne Schalter an eine Leitung angeschlossen werden, erfolgt die Auslösung der Schalter an den Speisepunkten dieser Leitung über eine Hilfsleitung, durch Hochfrequenz oder (bei 8 Gesellschaften) durch die Einleitung eines einpoligen Kurzschlusses mittels eines Erdungstrenners in der Transformatorenstation.

Der Ansprechstrom der Relais wird zwischen 30 und