

**Badische Landesbibliothek Karlsruhe**

**Digitale Sammlung der Badischen Landesbibliothek Karlsruhe**

**Experimentelle Untersuchung der Kommutation bei  
Gleichstrommaschinen**

**Arnold, Engelbert**

**Karlsruhe, [1908]**

Die Spannung ( $\Delta e$ ) zwischen den Bürstenkanten

[urn:nbn:de:bsz:31-289939](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:31-289939)

### Die Spannung ( $\Delta e$ ) zwischen den Bürstenkanten.

Als Kriterium für die Güte der Kommutation ist in Band I und II der »Gleichstrommaschine« neben der Reaktanzspannung  $e_s$  am Ende der Kurzschlusszeit erst der Maximal- und dann der Mittelwert der in den kurzgeschlossenen, zwischen den Bürstenkanten liegenden Spulen induzierten EMK, der sogenannten Kurzschlussspannung, berechnet worden. Es soll hier deshalb der Verlauf dieser Spannung an einigen Beispielen gezeigt werden.

Die Art der Aufnahme dieser Kurven ist aus dem allgemeinen Schema Fig. 1 nicht zu sehen, sie ist in Fig. 3 angedeutet.

Läuft eine der Hilfsbürsten auf die Lamellenisolation auf, so wird der Messtromkreis unterbrochen, die Spannung geht aber wegen mangelhafter Isolierung durch Verunreinigungen des Kommutators nicht ganz auf Null zurück. Diese Unterbrechung erfolgt zweimal während des Durchlaufens einer Lamelle. In den Figuren 30 bis 33 lassen sich diese Stellen gut erkennen. Sie sind mit  $a$ ,  $b$ ,  $c$  bezeichnet. Die Zeit, in welcher der Kommutator um eine Teilung fortschreitet, entspricht der Dauer einer Periode der Kurzschlussspannung. Während der ersten Hälfte der Periode ist nur eine Spule und während der zweiten Hälfte sind zwei Spulen kurzgeschlossen. Dementsprechend ist auch die Spannung zwischen den Enden der kurzgeschlossenen Spulen  $b$  und  $c$  ungefähr doppelt so gross wie zwischen  $a$  und  $b$ . Man misst in der angegebenen Weise nicht den genauen Wert der in den kurzgeschlossenen Spulen induzierten EMK, sondern einen um den Spannungsabfall in der Spule und am Kommutator kleineren Wert. Diese Spannungsabfälle sind jedoch klein gegen die gemessenen Potentialdifferenzen, so dass man ein sehr annäherndes Bild der induzierten EMK erhält.

Fig. 30 zeigt den Verlauf der Kurven für  $n = 800$  bei verstellten Bürsten. Die Bedeutung der Kurve ist aus der Figur selbst zu sehen. Die Erregung betrug 0,79 Amp.

Bei derselben Tourenzahl und Erregung ist Fig. 31 erhalten worden, doch waren die Bürsten noch weiter in der Drehrichtung verschoben, und zwar um  $49,8^\circ$ . Die Belastung betrug 30 Amp. Man ist dabei an der Funkengrenze, doch waren Funken noch nicht zu sehen. Der Verlauf der Kurzschlussspannung unterscheidet sich für



die Bürsten verschiedener Polarität nicht wesentlich, wie es ja auch für symmetrische Maschinen zu erwarten ist.

Weiter ist in Fig. 32 und 33 der Verlauf der Kurven für den Fall dargestellt, dass die Bürsten in der geometrisch neutralen Zone

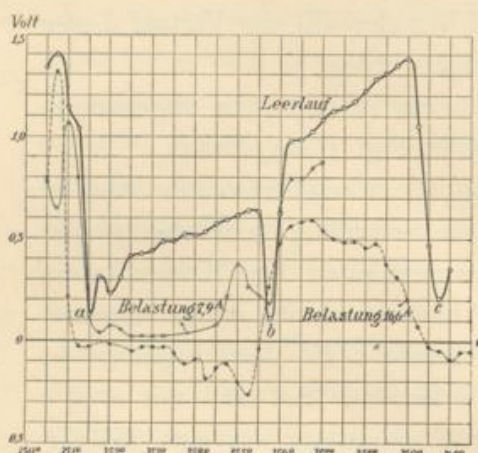


Fig. 30. Kurzschlussspannung  $\Delta e$  für Leerlauf und Belastung.

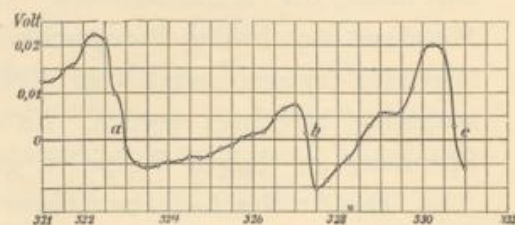


Fig. 32. Kurzschlussspannung bei Stellung der Bürsten in der geom. neutr. Zone und Leerlauf.

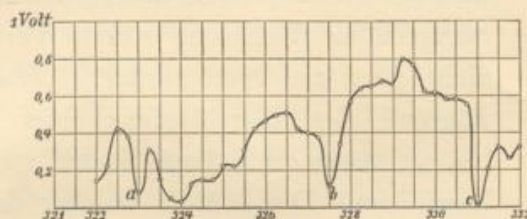


Fig. 33. Kurzschlussspannung  $\Delta e$  bei Stellung der Bürsten in der geometrisch neutralen Zone und 23,5 Ampère Belastung.

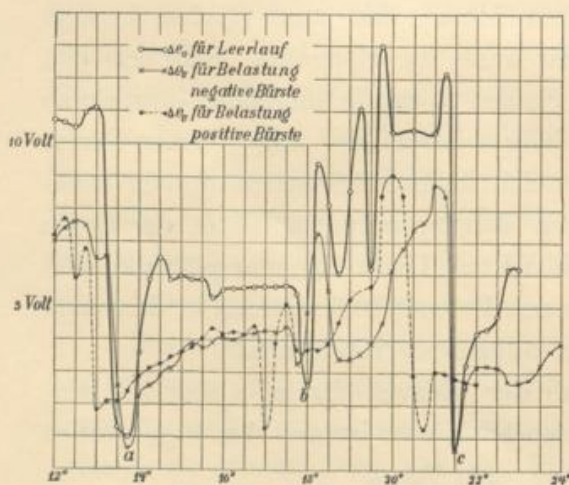


Fig. 31. Kurzschlussspannung  $\Delta e$ . Bürsten um  $49,8^\circ$  in der Drehrichtung verschoben. 30 Amp. Belastung.

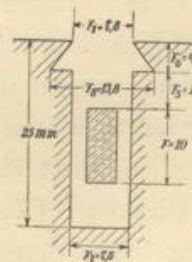


Fig. 34. Nut der Versuchsmaschine I.

sich befinden. Die Kurven der ersten Figur sind bei Leerlauf aufgenommen worden und die der zweiten bei 23,5 Amp. Belastung, wobei die Maschine noch ganz funkenfrei lief.



Da die Berechnung des Mittelwertes der Kurzschlussspannung einfach ist, soll hier für den Fall der Fig. 33 die Rechnung durchgeführt werden. Die Nut der Maschine ist in Fig. 34 dargestellt und die Maße sind eingeschrieben. Es ergeben sich also die Leitfähigkeiten zu:\*

$$\lambda_n = 1,25 \left[ \frac{r}{3r_3} + \frac{r_5}{r_3} + \frac{2r_6}{r_1 \cdot r_8} \right] = 1,8$$

$$\lambda_{ks} = 0,92 \log \frac{\pi \cdot l_1}{2r_1} = 0,513$$

$$\lambda_s \cong 0,8 \text{ (geschätzt)}$$

$$\lambda_{Ns} = \lambda_n + \lambda_{ks} + 0,5 \frac{l_t}{l_i} \cdot \lambda_s = 3,87.$$

Weiter ist die Zahl der kurzgeschlossenen Spulen höchstens

$$S_k = \left( \frac{b_1}{\beta} \right)_+ \cdot \frac{p}{a} = 2$$

und die auf den Umfang reduzierte Bürsten- und Lamellenbreite

$$b_D = b_1 \frac{D}{D_k} = 2,45 \text{ cm}$$

$$\beta_D = \beta \frac{D}{D_k} = 1,74 \text{ cm.}$$

Das Stromvolumen für 1 cm Ankerumfang wird  $AS$

$$AS = \frac{N \cdot i_a}{\pi \cdot D} = 40,5 \text{ Amp./cm.}$$

Die Ankerkonstante ist

$$\frac{N}{K} l_i \cdot v \cdot AS \cdot 10^{-6} = 0,039.$$

Die Kurzschlussspannung  $\Delta e_o$  für die Bürstenstellung in der neutralen Zone berechnet sich zu

$$\Delta e_o = 2 S_k \left( \frac{N}{K} \cdot l_i \cdot v \cdot AS \right) \left( \frac{l_t \lambda_{Ns}}{l_t + b_D - \frac{a}{p} \beta_D} + \lambda_{qo} \right) 10^{-6}$$

$\lambda_{qo}$  kann aus Band II der »Gleichstrommaschine« Fig. 343, S. 291 entnommen werden. Da die Versuchsmaschine, was Pollücke und Jochabstand vom Anker anlangt, von den gebräuchlichen Formen abweicht, so ist hier eine kleinere Leitfähigkeit  $\lambda_q$  zu erwarten.

\* s. E. Arnold: »Die Gleichstrommaschine«, zweite Auflage, S. 273.



Hier nicht wiedergegebene Messungen zeigen, dass Erreger und Ankerfeld auf einem grossen Teil der Pollücke sehr klein sind und dass man hier  $\lambda_{q_0} \cong 0,5$  zu setzen hat.

Setzt man die erhaltenen Werte in obige Formel ein, so wird

$$\Delta e_0 = 0,51 \text{ Volt.}$$

Für die Zeit, in der zwei Spulen kurzgeschlossen sind, ergibt sich aus Fig. 33 der Mittelwert

$$\Delta e_0 = 0,57 \text{ Volt,}$$

der Mittelwert für die ganze Kurzschlusszeit ist

$$\Delta e_0 = 0,38 \text{ Volt.}$$

Der für zwei Spulen gemessene und der berechnete Wert stimmen der Grössenordnung nach überein. Wenn man bedenkt, dass der gemessene Wert der Messanordnung wegen zu klein ist, wozu dann noch kommt, dass der berechnete Wert unter der Voraussetzung erhalten ist, dass die Bürsten abgehoben sind und der Kurzschlussstrom annähernd geradlinig verläuft, so muss man die Uebereinstimmung sogar gut nennen.

Aus den wiedergegebenen Versuchen sieht man, wie verschieden die Grösse der Kurzschlussspannung bei den verschiedenen Feldern sein kann, und dass man in starken kommutierenden Feldern höhere Mittelwerte zulassen kann als in schwachen. Auch ist der Unterschied zwischen Mittel- und Maximalwert der Kurven recht gross, so dass in Fällen, wo die Rechnung hohe Mittelwerte ergibt, Vorsicht geboten scheint.

### Feldkurven.

Nun seien auch noch einige Feldkurven wiedergegeben, die mit der in Fig. 1 mit  $s_1$  bezeichneten Hilfsspule erhalten worden sind. Diese Spule liegt mit der betrachteten Spule, in die der Widerstand eingebaut ist, in einer Nut und ist also mit ihr magnetisch gekuppelt.

Fig. 35 gibt die Feldkurve bei Leerlauf und abgehobenen Bürsten. Die Polform ist mit Rücksicht auf die nachfolgende Figur 36 eingezeichnet. Die Tourenzahl war  $n = 800$  und die Erregung in beiden Fällen  $i_e = 0,79$  Amp. Die Bürsten waren um  $49,8^\circ$  in der