

**Zeitschrift:** Bulletin de l'Association suisse des électriciens  
**Herausgeber:** Association suisse des électriciens  
**Band:** 34 (1943)  
**Heft:** 10

**Artikel:** Erfahrungen auf dem Gebiete des Gleichstrommaschinenbaues  
**Autor:** Dick, Emil  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1057726>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 24.12.2024

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

taktstellen selbst sind mit Silberbelag versehen, um die schädliche Erhöhung des Kontaktwiderstandes, die bei Cu-Kontakten durch Oxydierung auftreten würde, zu verhindern. Eine weitere Folge der Kräftekompensierung ist die Abwesenheit von Kräften, welche bei hohen Stromstärken der Einschaltung entgegenwirken. Damit ist die Einschaltkraft bei Einschalten auf Kurzschluss von derjenigen in stromlosem Zustand praktisch kaum verschieden, ein Vorteil, der sich nicht nur bei Handantrieb bemerkbar macht, sondern auch das Arbeiten des Federkraftantriebes erleichtert.

Jeder Pol besitzt einen Oelstandszeiger aus Plexiglas (Fig. 2).

Die Daten des in Fig. 6 abgebildeten Schalters für 20 kV Nennspannung und 600 A Nennstrom sind folgende: Abschaltvermögen 5800 A bei 20 kV, 11 500 A bei 10 kV, zulässiger Einschaltstrom 38 000 A (Scheitelwert), Abschaltzeit vom Augenblick der Betätigung bis zum Erlöschen des Bogens

0,05 s, Einschaltzeit mit Federkraftantrieb 0,2 s, Oelinhalt 3·2 l, entwickelte Gasmenge bei Abschalten von 5800 A unter 23 kV, ca. 20 l pro Pol (auf Atmosphärendruck reduziert), im Lichtbogen entwickelte Energie 100 kJ pro Pol.

Die Abmessungen sind: Minimale lichte Zellenbreite bei Einhalten von 180 mm Schlagweite gegen Erde und zwischen den Phasen 1080 mm, minimale Zellentiefe unter gleicher Voraussetzung 655 mm, Höhe von Klemme zu Klemme 760 mm. Dies ergibt eine Grundfläche der Zelle von 0,71 m<sup>2</sup> und einen für den Schalter benötigten Rauminhalt von 0,54 m<sup>3</sup>. Vergleichen wir damit die Zahlen für klassische Oelschalter von 0,95 m<sup>2</sup> und 2,0 m<sup>3</sup>, so weist dies auf interessante Möglichkeiten der Einsparung von Gebäuderaum hin, welche zu denjenigen hinzukommen, die sich aus der eingangs erwähnten Auslegung der ganzen Anlage in einer Ebene ergeben. Der Oelinhalt beträgt 6 l gegenüber 210 l beim alten Oelschalter.

## Erfahrungen auf dem Gebiete des Gleichstrommaschinenbaues

Von Emil Dick, Gümliigen

621.313.2

Wir freuen uns, hier aus den Erinnerungen eines der bekanntesten Elektriker unseres Landes berichten zu dürfen. Man spürt aus diesen kurzen Aufzeichnungen, welche grosse Kunst der Bau guter Gleichstrommaschinen vor 40 oder 25 Jahren war — auch heute noch kommen ja auf diesem heikeln Gebiet Versager vor — und man spürt auch, dass der Autor ein Meister seines Faches war.

Es sei daran erinnert, dass Ingenieur Dick ein erfolgreicher Erfinder besonders im Bereich der Fahrzeugbeleuchtung war (Dick-Regler) und es sei hier auch erwähnt, dass die drei verbreitetsten Zugbeleuchtungssysteme, d. h. jene von Brown Boveri (Aichele-Güttinger), von Pintsch-Grob und von Dick, von Schweizern geschaffen wurden<sup>1)</sup>.

Es werden 6 Maschinen besprochen, die trotz «normalem» Entwurf Kommutationsschwierigkeiten hatten und es werden die Massnahmen angegeben, die zu besserer Kommutation führten.

Red.

Nous avons le grand plaisir de reproduire dans ce Bulletin quelques souvenirs de l'un des électriciens les plus connus de notre pays. Ces brèves notes montrent combien il fallait être habile, il y a 40 ou 25 ans, pour construire de bonnes machines électriques — de nos jours, des succès se produisent encore dans ce délicat domaine — et prouvent que l'auteur était passé maître dans cet art.

Rappelons que M. Dick fut un inventeur de grand mérite, notamment dans le domaine de l'éclairage des véhicules (régulateurs Dick) et que les trois systèmes d'éclairage électrique des trains les plus répandus, c'est-à-dire ceux de Brown Boveri (Aichele-Güttinger), de Pintsch-Grob et de Dick, ont tous été imaginés par des Suisses<sup>1)</sup>.

L'auteur décrit six machines qui, malgré des projets «normaux», présentaient des difficultés de commutation, et les mesures qui permirent d'améliorer la commutation.

Réd.

Ueber das Thema «Funkenbildung an Gleichstrommaschinen» ist in dieser Zeitschrift seit langer Zeit nicht mehr berichtet worden. Es scheint, dass das Wesen der Stromwendung richtig erkannt und dass heutzutage gar keine Schwierigkeiten mehr bestehen, gut kommutierende Maschinen zu bauen. Was man jedoch in keinem Lehrbuche und vermutlich auch in keinem Aufsatz vorfindet, sind solche Angaben, die besagen, welche Mittel in der Praxis nicht angewendet werden dürfen.

Nun fand ich beim Aufräumen meiner Akten Notizen über Gleichstrommaschinen vor, die 40 bis 25 Jahre zurückliegen. Kurzerhand wollte ich diese vergilbten Blätter vernichten. Doch kam mir im letzten Moment der Gedanke, dass eine Veröffentlichung der Aufzeichnungen doch nicht ganz «ohne» für den Berechner sein mögen. Aus den Notizen greife ich einige interessante Fälle heraus. Sie haben Bezug auf Maschinen, die Schwierigkeiten in der Funkenbekämpfung ergaben.

Zur Abschätzung des Gütegrades der Kommutierung dienten Anno dazumal folgende Erkenntnisse, bzw. Formeln:

1. Die in den von den Bürsten kurzgeschlossenen Ankerspulen erzeugte Reaktanzspannung

$$u_R = \frac{s}{k} \cdot l \cdot v \cdot A \cdot \frac{P}{a} \cdot \xi \cdot 10^{-6} \text{ Volt}$$

2. Die zwischen zwei Kollektorlamellen auftretende Lamellenspannung  $u_L = v \cdot l \cdot B_l \cdot 2 \cdot 10^{-6} \approx \frac{3 \cdot U \cdot P}{k} \text{ V}$

3. Die zwischen den Bürstenenden und der Bürstenmitte bei erregter, jedoch unbelasteter Maschine bestehende Spannung: Bürstenspannung<sup>2)</sup>

$$u_B = U \cdot \frac{b}{\tau} \cdot \frac{D \cdot p}{\pi(\tau - b)} \cdot \left[ \frac{b_1}{D_k} \right]^2 \text{ V}$$

<sup>1)</sup> «Die Schweiz und die Forschung», Bd. I, Verlag Hans Huber, Bern 1942, Heft 31, S. 113/213: «Der Anteil der Schweiz an der Elektrotechnik» von K. Sachs. Besprechung im Bull. SEV 1943, Nr. 7, S. 187.

<sup>2)</sup> Die Bürstenspannung  $u_B$  erzeugt in den von den Bürsten überbrückten Ankerspulen Kurzschlussströme. Sie treten am stärksten bei vollerregter und unbelasteter Maschine auf und können bei längerem Lauf unter Umständen eine unzulässige Erwärmung des Ankers bewirken, wie dies die Maschine des Falles IV zeigt.

4. Die bei nicht kompensierten Maschinen entstehende Rückwirkung der Anker-Amperewindungen ( $AW_A$ ) auf die Feld-Amperewindungen ( $AW_F$ ) ausgedrückt durch  $\alpha = \frac{AW_F}{AW_A} \cong 1,5$ .

*Grenzwerte für grosse Maschinen*

	ohne Wendepole	mit Wendepolen
Reaktanzspannung $u_R$	$= 3 \text{ V}$	$= 5 \text{ V}$
Lamellenspannung $u_L$	$= 25 \text{ V}$	$= 25 \text{ V}$
Bürstenspannung $u_B$	$\cong 3 \text{ V}$	$\cong 3 \text{ V}$

Die Bedeutung der in obigen Formeln vorkommenden Bezeichnungen ist in Tabelle I angeführt. Ausserdem bezeichnet

$A = \frac{s}{\pi \cdot D} \cdot \frac{I}{2 \cdot a}$  die spezifische Belastung pro cm

- Ankerumfang (Strombelag),
- $v$  die Ankerumfangsgeschwindigkeit in m/s,
- $B_l$  die Luftinduktion zwischen Anker und Polschuhen,
- $\xi$  Kommutationskonstante, bei offenen Nuten = 6  
bei halbgeschlossenen Nuten = 9

Zur Erzielung einer guten Kommutierung waren beim Entwurf noch folgende Erfahrungsgrössen zu berücksichtigen:

- Stromstärke pro Ankerstromzweig  $\cong 180 \text{ A}$
- Nutzenzahl pro Polpaar  $\cong 25$
- Stromvolumen pro Nute  $\cong 1200 \text{ A}$
- Wendepolschuhbreite  $b_w = 1,3 \dots 1,8 \text{ cm}$
- Wendepolschuhlänge  $l_w \cong 1 \text{ cm} + \text{Luftschnitte}$
- Wendepol-Kerndicke  $= 2 \dots 3 \cdot \frac{D \cdot \pi}{N}$
- Bürstenbreite  $b_1 \cong \frac{D_K \cdot \pi}{N}$

Daten von 6 Maschinen Tabelle I

	Fall	I	II	III	IV	V	VI
Leistung . kW	<i>P</i>	330	242	130	3	1500	240
Strom . . . A	<i>I</i>	2750	2200	162	25	2730	0/1200
Spannung . V	<i>U</i>	120	110	800	120	550	0 ± 600
Drehzahl min .	<i>n</i>	90	360	725	5000	500	720/800
Polpaarzahl .	<i>p</i>	8	4	2	2	5	3
Stromzweigpaare der Ankerwicklung .	<i>a</i>	8	8	1	1	5	1
Ankerdurchmesser . cm	<i>D</i>	200	94,4	56	9	150	66
Eisenlänge cm	<i>l</i>	26	34	34	6	30	27
Zahl der Ankerdrähte . . .	<i>s</i>	1248	456	378	408	620	(584) 292
Polteilung cm	$\tau$	39,2	37	44	7	47	34,5
Polbogen . cm	<i>b</i>	25,6	24	29,5	4,8	31,5	25,5
Kollektordurchmess. cm	$D_K$	140	55	43	6,5	90	55
Kollektorlänge . . cm	$l_K$	23	28	20,5	2,6	$2 \times 28$	$2 \times 14,5$
Lamellenzahl .	<i>k</i>	624	228	189	51	310	(292) 146
Nutzenzahl . . .	<i>N</i>	208	76	63	17	155	73
Luftabspalt cm	$\delta$	0,9	0,7	0,5	0,2	0,7	0,4
Feld- $AW$ / Anker- $AW$	$\alpha$	2	2,3	1,6	1,4	1,8	—
Strombel. A/cm	<i>A</i>	340	210	173	180	360	840

Kollektoroberfläche bei Kohlebürsten  $= \frac{D_K \cdot \pi \cdot l_K}{I} \cong 5 \text{ cm}^2/\text{A}$ .

Es soll nun an Hand ausgeführter Maschinen dargelegt werden, dass trotz Einhaltung dieser Zahlengrössen und Grenzwerte die Erfüllung genannter Bedingungen allein nicht genügt, um eine gute Kommutierung zu erhalten, sondern dass noch andere Momente einen wesentlichen Einfluss auf die Güte der Stromwendung ausüben. In Tabelle I sind nähere Angaben über sechs Maschinen enthalten.

Bevor ich auf die einzelnen Fälle eingehe, will ich nicht unterlassen, noch folgende Erfahrung mitzuteilen, die ich vor ungefähr 40 Jahren gemacht habe.

Bei zweipoligen Maschinen für Leistungen bis 30 kW, 440 V, hatte ich ermittelt, dass die Sehnwicklung in der Grösse von rund 85 % bezüglich Kommutierung bessere Resultate ergibt, als die Durchmesserwicklung. Es herrschte im weitem die Ansicht vor, dass Anker mit Wellenwicklung bei allfälligen Gussfehlern im Magnetgestell den Schleifenwicklungen vorzuziehen waren. Diese Begriffe bewogen mich, die Ankerwicklung der Maschinen für Fall I und II nach der Arnoldschen Formel der Reihenparallelwicklung  $p(y_1 + y_2) \pm 2a = s$  zu bestimmen.

*Fall I*

$s = 8(71 + 83) + 2 \cdot 8 = 1248$ . Die Wicklung ist somit um eine Nutenteilung, bezogen auf den symmetrischen Wickelschritt  $\frac{71 + 83}{2} = 77$ , geseht.

Zur Stromableitung vom Kollektor dienten pro Ableitungsstift 5 Doppelbürsten  $5 \times 30 \text{ mm}$  (Metallblattbürsten mit vorgesetzter Kohle  $7 \times 30$ ). Der Generator wurde neben dem als Seilscheibe ausgeführten Schwungrad der liegenden Zweizylinder-Verbund-Dampfmaschine aufgestellt. Der Platz zur Bedienung der Bürsten war besonders im untern Teil der Maschine unzureichend, weshalb auch das Nachstellen der untern Bürsten ziemlich erschwert war. Kommutierung: «Schwache Perlfunken tauchten an einzelnen Bürsten auf und verschwanden nach kurzer Zeit wieder». Nach vierjährigem Betrieb wurden die Doppelbürsten durch weiche Kohlebürsten ersetzt, um die Wartung zu erleichtern, gleichzeitig wurden an der Ankerwicklung 13 Ausgleichsringe angebracht. Um eine übermässige Erwärmung des Kollektors zu verhüten, wurde der Kollektor durch einen Ventilator gekühlt. Wie aus dem später zu behandelnden Fall II hervorgeht, wirkt der verkürzte Wickelschritt  $y_1 < y_2$  ungünstig auf den Stromverlauf der im Kurzschluss befindlichen Ankerspule. Wegen der kleinen Reaktanzspannung  $u_R = 1,0 \text{ V}$  und der niedern Lamellenspannung  $u_L = 4,6 \text{ V}$  kam der Nachteil des verkürzten Wickelschrittes nicht zur Wirkung.

*Fall II*

Die Ankerwicklung des 242-kW-Motors wurde ebenfalls mit verkürztem Wickelschritt ausgeführt, entsprechend der Gleichung  $4(53 + 57) + 2 \cdot 8 = 456$ .

Die Ankerstäbe waren in halbgeschlossenen Nuten untergebracht. Die 8 Ableitungsbolzen waren mit 6 Doppelbürsten gleicher Dimension wie im Fall I versehen. Die Kommutation war neben andern unerfreulichen Eigenschaften unbefriedigend, selbst dann, als 6 Ausgleichsringe angebracht worden waren. Jede dritte Lamelle brannte an. Auch nach Ueberdrehen des Kollektors traten die Brandflecken wieder auf. Nach anderthalbjähriger Betriebsdauer wurde dann die Maschine durch eine andere mit  $p = 6$ ,  $a = 6$ , deren Anker eine Schleifenwicklung mit Ausgleichsringen erhielt und deren Kollektor mit Kohlebürsten versehen war, umgetauscht.

#### Fall III

Die Ankerwicklung wurde mit verkürztem Wickelschritt ausgeführt. Stabzahl  $s = 2$  ( $91 + 99$ ) —  $2 = 378$ . Es feuerten die Kohlebürsten bei den verschiedensten Sorten, die ausprobiert wurden. Als dann der Anker mit unverkürztem Wickelschritt  $y_1 = y_2 = 95$  umgewickelt worden war, lief der Generator von Null bis 1,25facher Belastung funkenfrei, ohne Bürstenverschiebung. Dieser Fall ist besonders lehrreich. Er besagt, dass die Ankerwicklung mehrpoliger Maschinen mit Wellenwicklung nur dann einwandfrei arbeiten wird, wenn die Wickelschritte  $y_1$  und  $y_2$  gleich gross ausgeführt worden sind, dass dagegen bei zweipoligen Maschinen die Ankerwicklung mit verkürztem Schritt (Sehnenwicklung) hinsichtlich Kommutierung bessere Resultate ergibt als mit unverkürztem Schritt (Durchmesserwicklung).

#### Fall IV

Die Ankerwicklung der Dynamo wurde mit den Wickelschritten  $y_1 = y_2 = 25$  ausgeführt. Versuchsweise wurden zuerst Kohlebürsten von 12 mm Breite aufgesetzt. Bei unbelasteter, jedoch voll-erregter Dynamo erhitzen sich die Ankerdrähte dermassen, dass das Zinn aus den Lötstellen am Kollektor herausgeschleudert wurde. Bei 8 mm Bürstenbreite verschwand diese Erscheinung. Die nachrechnung der Bürstenspannung ergibt

$$u_B = 120 \cdot \frac{4,8}{7} \cdot \frac{9 \cdot 2}{\pi(7-4,8)} \cdot \left| \frac{0,8}{6,5} \right|^2 = 3,25 \text{ V}$$

#### Fall V

Der Wendepolgenerator war in jeder Beziehung einwandfrei entworfen; dennoch machte die Maschine im Betrieb, was Stromwendung betrifft, grosse Schwierigkeiten, bis diese nach vieler Arbeit beseitigt werden konnten. Die noch fehlenden Daten der Maschine sind: Der Anker erhielt eine Schleifen-Treppenwicklung, Sprung Nute 1 in Nute 16/17 mit 14 Ausgleichsringen. Fünf Luftschlitze von je 1 cm Breite waren im Ankereisen verlegt, die gesamte Kernlänge des Ankereisens betrug daher 35 cm. Die Polschuhlänge war ebenfalls 35 cm, dagegen die Eisenlänge der Wendepole 28 cm. Luftspalt der Wendepole  $\delta_w = 1,5$  cm. Windungen pro Wendepol 5 gegen Jochseite und 4 gegen den Anker. Zwei Wendepolzweige in Parallelschaltung, die 9 Windungen pro Wendepol waren somit

vom halben Maschinenstrom durchflossen. Ein Parallelwiderstand zur Wendepolwicklung ermöglichte die Einstellung des Wendefeldes, was anderseits auch durch die zwischen Joch und Wendepolkern verlegten Zwischenbleche zu erreichen war. Die Maschine war nicht funkenfrei zu bekommen, trotz Versuchen mit allen möglichen Kohlesorten. Ich wurde nun mit der Sonderaufgabe betraut, die Maschine auf «gleich» zu bringen.

Nachrechnung nach den eingangs erwähnten Formeln:

$$\text{Reaktanzspannung } u_R = 2 \cdot 30 \cdot 39,3 \cdot 360 \cdot \frac{5}{5} \cdot 6 \cdot 10^{-6} = 5,2 \text{ V}$$

$$\text{Lamellenspannung } u_L = \frac{3 \cdot 550 \cdot 5}{310} = 26,5 \text{ V}$$

Bürstenspannung

$$u_B = 550 \cdot \frac{31,5}{47} \cdot \frac{150 \cdot 5}{\pi(47-31,5)} \cdot \left( \frac{1,8}{90} \right)^2 = 2,3 \text{ V}$$

Bürstenmaterial: weiche Kohlebürsten, Breite 1,8 cm. Die Spannungswerte von  $u_R$ ,  $u_L$  überschreiten die früher angegebenen Grenzwerte nur unbedeutend; im weitern ist die Grösse der Ankerückwirkung, ausgedrückt durch  $\alpha = 1,6$ , als ausreichend zu bezeichnen.

Nachrechnung der Wendepolwicklung:

$$\begin{aligned} AW_w/\text{Pol} &= A \left( \frac{\tau}{2} + 0,8 \cdot \xi \cdot \delta_w \cdot \frac{l}{l_w} \right) \\ &= 360 \left( \frac{47}{2} + 0,8 \cdot 6 \cdot 1,5 \cdot \frac{35}{28} \right) = 11700 \end{aligned}$$

Das ergibt eine Windungszahl der Wendepole =  $\frac{11700}{2730} = 4,3$  bzw. 8,6 Windungen, vom halben Ma-

schinenstrom durchflossen. Ausführung 9 Windungen/Pol. Stimmt somit mit der Rechnung überein. Nun mutmasste ich zuerst Kontaktfehler in den Verbindungsstellen der Ankerwicklung und Anschlüsse zum Kollektor, da die Ankerwicklung aus rechteckig gewalztem Kupferseil hergestellt war. Infolgedessen liess ich alle Lötstellen mit Rücksicht auf die hohe Ankerumfangsgeschwindigkeit und der dabei auftretenden Zentrifugalkräfte mit reinem Zinn löten. Die Probe zeigte keine Besserung der Stromwendung. Nun sagte ich mir, dass möglicherweise das Uebel von der Ankerrückwirkung herühren könnte. Um diese zu vermindern, liess ich die Polschuhe exzentrisch ausbohren, so dass der Luftspalt an der ablaufenden Polschuhseite von 0,7 auf 1,0 vergrössert wurde. Aber auch diese Massnahme führte nicht zum Ziele. Nun war guter Rat teuer. Der Fehler musste anderswo liegen, aber wo? Nun kannte ich von früher her die Vorzüge der kompensierten Maschine, ihre Unempfindlichkeit in Sachen Kommutierung, selbst bei sehr starken Ueberlastungen. Da bei solchen Maschinen die Kompensationswicklung sich fast unmittelbar über der Ankerwicklung befindet, kam mir der Gedanke, zur Verminderung der Streuung den Schwerpunkt der Amperewindungen der Wendepole gegen den Anker zu verschieben. Der Raum zwischen der Wendepol- und Magnetwicklung genügte gerade

zur Erhöhung der Windungszahl des Wendepoles auf der Ankerseite von 4 auf 5 Windungen, was eine Verminderung der Windungen auf der Jochseite von 5 auf 4 bedingte. Nach dieser Umänderung lief die Maschine von Null bis Vollbelastung funkenfrei. Niemand war glücklicher als ich, mein Monteur und die Maschine.

#### Fall VI

Steuerdynamo mit Kompensations- und Wendepol-Wicklung für die Speisung eines Walzwerk-motors.

Die Ankerwicklung war nach der Formel  $3(97 + 99) - 2 \cdot 2 = 584$  Stäbe gewickelt.  $p = 3$ ,  $a = 2$ ,  $k = 292$ . Die Maschine feuerte stark. Es wurden dann je zwei in den Nuten nebeneinanderliegende Stäbe auf Antriebseite mit Bügeln untereinander verbunden, und man erhielt eine Ankerwicklung  $a = 1$  mit dem Wickelschritt  $y_1 = y_2 = 49$ . Luftspalt  $\delta_w = 0,9$  cm bei den Wendepolen. Vom Hauptstrom durchflossene Kompensationswindungen pro Pol = 12; von diesen befinden sich zwei Windungen ausserhalb der Polschuhflanken. Windungszahl der Wendepole  $W_w = 4\frac{1}{2}$ . Nachrechnung:

$$AW_{K+W} = 840 \left( \frac{34,5}{2} + 0,8 \cdot 6 \cdot 0,9 \right) = 18\ 200$$

$$AW_K = 12 \cdot 1200 = 14\ 400$$

$$AW_W = 3\ 800$$

somit  $W_w = \frac{3800}{1200} = 3,2$  Windungen. Ausführung

der Wendepolwicklung war  $4\frac{1}{2}$ ; das Wendefeld ist deshalb zu stark. Wegen der Stossbelastung wurde eine Drosselspule parallel zur Wendepolwicklung geschaltet, um dem Wendefeld die richtige Stärke und Phase zu geben. Es ist nun interessant, die

Grössen zu bestimmen, die sich bei der Stosslast von 1200 A ergeben.

$$\text{Reaktanzspannung } u_R = 2 \cdot 27 \cdot 26 \cdot 840 \cdot \frac{3}{1} \cdot 6 \cdot 10^{-6} = 21 \text{ V}$$

$$\text{Lamellenspannung } u_L = \frac{2,5 \cdot 600 \cdot 3}{292} = 31 \text{ V}$$

Bürstenspannung

$$u_B = 600 \cdot \frac{25,5}{34,5} \cdot \frac{66 \cdot 3}{\pi(34,5 - 25,5)} \cdot \left( \frac{2}{55} \right)^2 = 4,1 \text{ V}$$

Ankerbelag  $A = 840$  A/cm

Stromvolumen pro Nut =  $600 \cdot 4 = 2400$  A

Die errechneten Grenzwerte übersteigen die anfangs gegebenen ganz gewaltig. Da jedoch die Maschine einwandfrei arbeitete (und sogar Stossbelastungen bis zu 1800 A vertrug), sind bei kompensierten Maschinen genannte Werte zulässig. Hierzu ist zu bemerken, dass bei kompensierten Maschinen:

1. die Reaktanzspannung  $u_R$ , mag sie noch so gross sein, durch das Wendefeld schon im Entstehen vernichtet wird, vorausgesetzt, dass die Eisensättigung im Wendepol- und Jochquerschnitt in den zulässigen Grenzen bleibt;

2. die verhältnismässig hohe Lamellenspannung  $u_L$  noch kein Ueberschlagen am Kollektor verursacht, da ja sozusagen keine Feldverzerrung mit Rücksicht auf die Unterdrückung des Ankerquerfeldes stattfinden kann;

3. die Bürstenspannung  $u_B$  bei belasteter Maschine abnimmt, da das die Bürstenspannung erzeugende Feld in der Wendefeldzone eine mit der Belastungszunahme zunehmende Abflachung erfährt.

## Technische Mitteilungen — Communications de nature technique

### Serie- oder Compoundmotor für Trolleybusse?

(Nach C. Bodmer, Bull. Oerlikon 1942, Nr. 238)

621.333 : 629.113.62

Die Frage, welche der beiden Motorarten die richtige sei, konnte bisher nie eindeutig beantwortet werden, weil die Vergleiche auf verschiedenen Grundlagen mit stets subjektiven und objektiven Verschiedenheiten nie eindeutige Schlüsse zulassen.

Die Städtische Strassenbahn Zürich hat seit drei Jahren einen wohl einzig dastehenden Vergleich durchgeführt. Auf ihrer ersten Trolleybuslinie mit Horizontal- und Steigungstrecken bis 70 Promille, mit verkehrsreichen, engen und freien weiten Strassen und stark wechselndem Verkehr, wurden 6 sonst gleiche Trolleybusse<sup>1)</sup>, wovon drei mit Serie- und drei mit Compoundmotor, seit drei Jahren im genau gleichen Dienst betrieben und so ein Vergleich ermöglicht, der wirklich nur den Unterschied der beiden Motorarten zeigte. Jedes System hat seine Vorteile gegenüber dem andern gezeigt, nämlich:

a) der *Seriemotor* gegenüber Compoundmotor:  
kleineres Gewicht, einfacheres Schaltschema, daher geringerer Preis, keine fahrdrahtabhängige Bremse;

b) der *Compoundmotor* gegenüber Seriemotor:  
leichtere Bedienung im starken Verkehr, weil Fahren und

Nutzbremsen vom gleichen Pedal geleitet wird, geringerer Energieverbrauch (21 % auf der erwähnten Strecke).

Der sonst betonte Vorteil des robusteren Seriemotors hat sich bisher nicht gezeigt, weil beide Motorarten bisher gleich störungsfrei gearbeitet haben. Anfänglich sind zwar einige Schwierigkeiten am Kollektor beider Motorarten entstanden, die aber nach Wahl geeigneter Kohlenabmessungen und Kohlenmarke bei beiden Motorarten gleichzeitig vollständig verschwunden sind.

Das Ergebnis des dreijährigen Vergleiches ist damit für beide Motorarten sehr günstig. Je nachdem mehr Wert auf einfachere, leichtere Einrichtung und Unabhängigkeit der Bremse vom Fahrdraht oder auf angenehmere Bedienung und Energieersparnis gelegt wird, ist die eine oder andere Motorart vorteilhafter.

Die Städtische Strassenbahn Zürich hat für die weitem, im Sommer 1942 in Betrieb gesetzten Trolleybusse<sup>2)</sup> den Seriemotor gewählt, ohne massgebende Gründe gegen den Compoundmotor.

### 100 Jahre Escher-Wyss-Turbinenbau

Der Turbinenbau, den Escher Wyss vor mehr als 100 Jahren aufgenommen hat, beschränkte sich in seiner ersten Phase ausschliesslich auf Wasserturbinen. Diese dienten in der Zeit der mechanischen Kraftübertragung zum Antrieb der Fabri-

<sup>1)</sup> Siehe Bull. SEV 1939, Nr. 13, S. 345, und Bull. Oerlikon 1939, Nr. 215/216.

<sup>2)</sup> Bull. SEV 1942, Nr. 14, S. 401.