ETH zürich

ETH Library

# Theoretische und experimentelle Untersuchung über den rotierenden Gleichrichter

**Doctoral Thesis**

**Author(s):**
Kesselring, Fritz H.

**Publication date:**
1923

**Permanent link:**
https://doi.org/https://doi.org/10.3929/ethz-a-000096200

**Rights / license:**
In Copyright - Non-Commercial Use Permitted

This page was generated automatically upon download from the ETH Zurich Research Collection.
For more information, please consult the Terms of use.

# Theoretische und experimentelle Untersuchung über den rotierenden Gleichrichter.

VON DER

EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE IN ZÜRICH

ZUR ERLANGUNG

DER WÜRDE EINES DOKTORS DER TECHNISCHEN WISSENSCHAFTEN

GENEHMIGTE

PROMOTIONSARBEIT

VORGELEGT VON

**FRITZ H. KESSELRING,** DIPL. ELEKTRO-ING.

AUS **BACHTOBEL** (KT. THURGAU).

Referent: Herr Prof. Dr. K. Kuhlmann
Korreferent: Herr Prof. Dr. P. Debye.

292

ZÜRICH □ 1923.
Diss.-Druckerei Gebr. Leemann & Co. A.-G.
Stockerstr. 64.

Drehrichtung vorgeschoben. Es ergaben sich folgende Meßresultate:

$E_a = 40{,}0$ Volt
$E_g = 48{,}5$ Volt
$J_a = 2{,}98$ Amp.
$J_g = 5{,}05$ Amp.

$L_g = 0{,}03$ Henry.

No. 8 zeigt, wie verworren die Verhältnisse werden bei magnetischer Kopplung der Schleifringströme. Der Betrieb konnte nur bei starker Vorschiebung der Bürsten (25°) ermöglicht werden, dabei trat aber noch eine sehr starke Funkenbildung auf. Es zeigt sich in Übereinstimmung mit Beispiel II,[33]) daß die Schaltung mit magnetischer Kopplung im Gegensatz zum Quecksilberdampfgleichrichter für den Synchrongleichrichter vollkommen unbrauchbar ist. Besonders auffällig ist die Verzerrung der Transformatorspannung $e_a$ (1). Bei den Messungen ergaben sich im Mittel die folgenden Werte:

1 $E_a = 49{,}5$ Volt
2 $E_g =$ ca. 6 Volt
3 $J_a = 0{,}7$ Amp.
6 $J_g =$ ca. 1,2 Amp.

## Zusammenfassung.

Nachstehend sind die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung nochmals zusammengestellt. Es werden die Vor- und Nachteile des S. Gl. R.,[34]) verglichen mit dem Hg. Gl. R.,[35]) einander gegenübergestellt und daran anschließend die Mittel angeführt, die zur Behebung der Nachteile des S. Gl. R. Verwendung finden können. Als das bedeutendste Mittel wird dabei auch die Neukonstruktion des S. Gl. R., der Quecksilberstrahlgleichrichter, erwähnt, dessen Prinzip und Konstruktion sich als logische Folgerung aus den Ergebnissen der vorliegenden Untersuchung ergeben hat.

[33]) In der Arbeit nicht abgedruckt. Das Resultat ist aber direkt ersichtlich aus den Gleichungen 26) S. 89.

[34]) S. Gl. R. = Synchrongleichrichter.

[35]) Hg. Gl. R. = Quecksilberdampfgleichrichter.

## A. Vorteile des S. Gl. R.

1.) Der S. Gl. R. ist in seinem Aufbau bedeutend einfacher und daher billiger als der Hg. Gl. R.

2.) Er beansprucht weniger Platz und benötigt keinerlei Nebeneinrichtungen, wie Hochvakuumpumpe, Wasserkühlung, Dichtungen etc.

3.) Der S. Gl. R. kann in einer Weise geschaltet werden, die eine bessere Ausnützung des Transformators ermöglicht. Es zeigt sich, daß der Transformator im Falle des S. Gl. R. für die 1,15 fache Gleichstromleistung; im Falle des Hg. Gl. R. dagegen für die 1,5 fache Gleichstromleistung zu bemessen ist, d. h. also: Es kann für die gleiche abgegebene Leistung eine kleinere Transformatortype verwendet werden.

4.) Beim S. Gl. R. läßt sich eine Serieschaltung angeben, die gestattet, in einfacher Weise hochgespannten Gleichstrom zu erzeugen.

5.) Der Transformator ist ein normaler Dreiphasentransformator ohne Nulleiter in der Mitte der Sekundärspulen. Er benötigt für die gleiche Gleichstromspannung sekundär nur die halbe Windungszahl vom Transformator des Hg. Gl. R.

6.) Der Wirkungsgrad des S. Gl. R. ist besonders bei kleineren Typen höher als beim Hg. Gl. R. (100 KVA-Type: $\eta = 97\%$).

7.) Der Spannungsabfall ist kleiner, da keine Anodendrosselspulen vorhanden sind.

8.) Eine Minimalbelastung, wie sie beim Hg. Gl. R. erforderlich ist, um ein Löschen des Lichtbogens zu verhindern, ist nicht notwenig.

9.) Die Zeit des Parallelarbeitens zweier Phasen ist im allgemeinen wesentlich länger als beim Hg. Gl. R., was eine kleinere Welligkeit und eine bessere Kurvenform der Schleifringströme ergibt, welche sich schon wesentlich mehr der Sinusform nähert.

10.) Der Einphasengleichrichter läßt sich in unserem Falle in einfacher Weise für beliebig kleine Welligkeit bauen, da der rotierende Umformer direkt mit dem Gleichrichter gekuppelt werden kann.

11.) Alle Vorgänge lassen sich mit Hilfe der entwickelten Theorie des S. Gl. R. leicht überblicken. Die komplizierten Erscheinungen im Lichtbogen fallen weg. Die Übernahme der Belastung durch eine bestimmte Phase ist im wesentlichen nur von der Bürstenstellung abhängig und daher beliebig einstellbar.

### B. Nachteile des S. Gl. R.

1.) Der S. Gl. R. ist eine rotierende Maschine, benötigt daher einer gewissen Wartung und Schmierung.

2.) Unter gewissen ungünstigen Verhältnissen kann der Synchronmotor ins Pendeln geraten, was Anlaß zu Funkenbildung geben kann.

3.) Die Kommutationsverhältnisse des S. Gl. R. sind auch im pendelungsfreien Betrieb äußerst ungünstig. Die Funkenbildung läßt sich beim S. Gl. R. nach Pollak nur bis zu einer Leistung von ca. 10 KVA unterdrücken.

4.) Der Einphasengleichrichter, System Pollak, ist unbrauchbar, da sich damit kein einigermaßen konstanter Gleichstrom erzeugen läßt.

### C. Mittel zur Behebung der unter B erwähnten Nachteile des S. Gl. R.

Zu 1.) Der bezüglich der Rotation erwähnte Mangel ist beim Quecksilberstrahlgleichrichter insofern verringert, als bei dieser Konstruktion keine bewegte, stromführende Teile mehr vorkommen, d. h. es sind weder Bürsten noch Schleifringe mehr vorhanden. Der einzige bewegliche Teil besteht aus einer Isolationstrommel.

Zu 2.) Im 3. Kapitel des II. Teiles werden die nachstehenden Forderungen, welche für einen pendelungsfreien Lauf des Synchrommotors von Wichtigkeit sind, abgeleitet:

Genügende Sättigung, kleine Ankerimpedanz, große synchronisierende Kraft, kleines Massenträgheitsmoment des Rotors, d. h. kleine Polzahl, hohe Eigenschwingungszahl, kleiner Ankerwiderstand zur Vermeidung von Eigenschwingungen, möglichst sinusförmige Spannungskurve.

Aus dem IV. Teil (experimentelle Untersuchung) geht hervor, daß der untersuchte Motor überhaupt nicht zum Pendeln zu bringen war. D. h. also:

In den weitaus meisten Fällen lassen sich die Pendelungen des Synchronmotors durch richtige Konstruktion desselben vermeiden.

Für ganz kritische Fälle werden im 3. Kapitel des 2. Teiles einige Methoden angeführt, die gestatten, die Pendelungen des Motors für die Kommutation mehr oder weniger unschädlich zu machen.

Aus all dem geht hervor:

Der Einwand betreffend die Pendelungen des Synchronmotors ist nicht stichhaltig. Die Pendelungen bilden keinen ernstlichen Hinderungsgrund für die Weiterentwickelung des S. Gl. R.

Zu 3.) Um die Funkenbildung infolge der ungünstigen Kommutationsverhältnisse zu unterdrücken, werden folgende Vorschläge gemacht:

a) Der Transformator soll möglichst kleine Streuung haben.

b) Der Transformator ist primär in Dreieck zu schalten.

c) Die Bürstenbreite, sowie die Bürstenverschiebung sind mit Hilfe der abgeleiteten Theorie derart zu bestimmen, daß der auszuschaltende Strom im Moment des Bürstenwegganges eine möglichst horizontale Tangente aufweist.

d) Anwendung von Hilfslamellen, die über einen passenden Widerstand mit den Hauptlamellen verbunden sind. (Grenzleistung ca. 12 KVA.)

e) Anwendung von Abschaltlamellen. Diese Anordnung stellt theoretisch eine wesentliche Verbesserung dar, ist aber praktisch nicht brauchbar, da der Wirkungsgrad zu stark beeinträchtigt wird.

f) Verwendung von Schaltpolen. Diese Anordnung, die den Wendepolen der Gleichstrommaschinen nachgebildet ist, dürfte unter den bisher genannten Mitteln die wesentlichste Neuerung darstellen. Der Einfluß der Schaltpole konnte allerdings im Rahmen dieser Arbeit nicht genauer untersucht werden; als

Grenzleistung kann aber immerhin 50 bis 100 KVA gesetzt werden.

g) Der Quecksilberstrahlgleichrichter, dessen Prinzip mit folgenden Worten kurz erläutert sei: Da das Feuern des S. Gl. R. (falls die Konstruktion so getroffen wird, daß kein Rundfeuer entstehen kann) auf die Gleichrichtung an und für sich keinen schädlichen Einfluß hat, wird beim Quecksilberstrahlgleichrichter die Funkenbildung nicht speziell unterdrückt; die Anordnung ist aber so getroffen, daß das Feuern dem Kollektor nicht schadet. Dies wird dadurch erreicht, daß die Bürsten aus einer gut leitenden Flüssigkeit bestehen, die teilweise durch die beim Abschalten frei werdende Energie verdampft wird und sich nachher wieder kondensiert. Bei Verwendung von Quecksilber wird gleichzeitig die Ventilwirkung des Lichtbogens ausgenutzt; ein Vakuum ist aber nicht erforderlich. Infolge der eigenartigen Konstruktion des Antriebes, der keine durchgehende Welle aufweist, war es möglich, die Verschlammung des Quecksilbers zu vermeiden.

Versuche, die im elektrotechnischen Laboratorium der E. T. H. an einem Modell ausgeführt wurden, haben sehr günstige Resultate ergeben.[36])

Zu 4.) Der Einwand gegen den Einphasengleichrichter fällt dahin bei Anwendung der im III. Teil erwähnten Schaltung; es läßt sich damit eine beliebig kleine Welligkeit erreichen.

---

[36]) Es sei noch bemerkt, daß die abgeleitete Theorie ohne Einschränkung auch für den Quecksilberstrahlgleichrichter gilt.