



Doctoral Thesis

## Die Schnellentregung von Synchronmaschinen

**Author(s):**

Zwicky, Rudolf

**Publication Date:**

1952

**Permanent Link:**

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000088991> →

**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](#).

# DIE SCHNELLENTREGUNG VON SYNCHRONMASCHINEN

Von der  
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE  
IN ZÜRICH

zur Erlangung der Würde eines Doktors der  
TECHNISCHEN WISSENSCHAFTEN

genehmigte  
PROMOTIONSARBEIT

vorgelegt von

**RUDOLF ZWICKY**

dipl. El.-Ing. E. T. H.

von Mollis

Referent: Herr Prof. E. Dünner

Korreferent: Herr Prof. Dr. B. Bauer

## 9. Zusammenfassung

Mit der Schnellentregung elektrischer Maschinen wird das Ziel verfolgt, die weiteren Auswirkungen eines bereits eingetretenen Defektes nach Möglichkeit zu vermindern. Zur Beschleunigung des Feldabbaues bestehen grundsätzlich die beiden Möglichkeiten, die Erregerwicklung auf einen Entladewiderstand umzuschalten oder eine Gegenspannung in den Erregerkreis einzuführen. Selbstverständlich können beide Methoden kombiniert werden, wodurch eine grosse Zahl verschiedener Schaltungen entsteht.

Ausser der grossen Zeitkonstanten der Erregerwicklung sind es die dämpfenden Einflüsse der massiven Eisenteile und der Dämpferwicklung, welche sich einem raschen Abbau der magnetischen Feldenergie entgensetzen. In der vorliegenden Arbeit wird vorerst gezeigt, wie sich die entsprechenden zusätzlichen Zeitkonstanten aus den Abmessungen des aktiven Teils berechnen lassen. Die einzelnen Dämpfungseinflüsse werden zusammengefasst, wonach das Erregersystem als Transformator dargestellt werden kann, dessen kurzgeschlossene Sekundärwicklung die erwähnten dämpfenden Einflüsse wiedergibt.

Nachdem dieses Ersatzschema aufgestellt ist, lassen sich die Differentialgleichungen für die einzelnen Entregungsschaltungen ohne weiteres aufstellen. Wegen der Berücksichtigung des Dämpfungskreises entsteht jedoch schon bei leerlaufender Synchronmaschine für einzelne Schaltungen eine Differentialgleichung dritter Ordnung. Deren Auflösung bietet im konkreten Einzelfalle keinerlei Schwierigkeiten, doch ist die Anschrift einer übersichtlichen, allgemeinen Lösung nicht mehr möglich. Dieser Umstand lässt es als ratsam erscheinen, für die vergleichende Untersuchung der verschiedenen Entregungsschaltungen auf den vereinfachten Fall zurückzugreifen, in welchem die Widerstandsentregung mit einer konstanten Gegenspannung kombiniert wird.

Zur eindeutigen Kennzeichnung der Güte eines Schnellentregungsvorganges wird eine äquivalente Entregungszeit definiert, die auf einer linearen zeitlichen Integration der Statorspannung fusst. Sie ist ein direktes Mass für die Zerstörungswirkung, welche von der

häufigsten Störung, nämlich einem mit relativ schwachem Strom brennenden Erdschlusslichtbogen, nach Einleitung der Entregung noch ausgeübt werden kann. Es wird weiter gezeigt, welche Mittel anzuwenden sind, um die äquivalente Entregungszeit möglichst klein zu machen, ohne dass die an der Erregerwicklung auftretenden Ueberspannungen unzulässig gross werden. Daraus lassen sich wertvolle Rückschlüsse auf die Zweckmässigkeit der einzelnen Entregungsschaltungen ziehen.

An Dreiphasenmaschinen liefert die Widerstandsentsregung bereits gute Resultate, die durch Anwendung eines nichtlinearen Widerstandes noch verbessert werden können. Bei den Gegenspannungsmethoden erweisen sich Schaltungen mit Zusatzwiderstand, also z.B. die Methode mit dem Schwingungswiderstand, ebenfalls als vorteilhaft, sofern man vom zusätzlichen Aufwand an Schaltelementen absieht. Hingegen ergeben Gegenspannungsschaltungen ohne Zusatzwiderstand im Erregerkreis bei Dreiphasenmaschinen mit normal ausgelegtem Erreger eine ziemlich langsame Entregung. Ihre Ueberlegenheit über die andern Methoden tritt erst bei den stark gedämpften Einphasengeneratoren in Erscheinung.

Wird die Entregung nach Abschaltung von Statorlast vorgenommen, so tritt eine zusätzliche Beeinflussung durch die plötzlich wegfallende Ankerrückwirkung auf. Die dadurch bedingte Veränderung der äquivalenten Entregungszeit lässt sich mit hinreichender Genauigkeit durch einen Vorbelastungsfaktor erfassen, der aus dem Lastzustand berechnet werden kann.

Bei Entregung im Kurzschluss ändern sich die Vorgänge von Grund auf. Da die Zeitkonstanten im Kurzschluss ohnehin stark reduziert sind, liegt das Hauptaugenmerk nicht mehr auf einer möglichst grossen Entregungsgeschwindigkeit, sondern auf der Beherrschung der Ueberspannungen der Erregerwicklung. Die Rücksicht hierauf setzt dem Zusatzwiderstand Grenzen. Seine Bemessung stellt deshalb immer einen Kompromiss dar zwischen der Entregungsgeschwindigkeit im Leerlauf und der Verhinderung zu grosser Ueberspannungen im Kurzschluss.

Von diesem Gesichtspunkt aus erweisen sich nichtlineare Widerstände, an denen der Spannungsabfall mit zunehmendem Strom nur noch wenig ansteigt, als sehr vorteilhaft.

An zwei kleineren Synchronmaschinen wurden Entregungsversuche vorgenommen. Es zeigte sich dabei, dass die Vorausberechnung und Erfassung der dämpfenden Einflüsse mit befriedigender Genauigkeit möglich ist. Der Vergleich zahlreicher Entregungsversuche mit den berechneten Ergebnissen liefert eine gute Bestätigung der Theorie.