

# Stellergespeiste Gegendrehfeld-Asynchronmaschinen als Erregermaschinen in büstenlosen Erregungssystemen

Autor(en): Rohrer, Hansjürg / Wüthrich, Andreas

Objekttyp: Article

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens, de l'Association des Entreprises électriques suisses**

Band (Jahr): **81 (1990)**

Heft 19

PDF erstellt am: **12.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-903169>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Stellergespeiste Gegendrehfeld-Asynchronmaschinen als Erregermaschinen in bürstenlosen Erregungssystemen

Hansjürg Rohrer und Andreas Wüthrich

*Bei Drehzahlvariablen Stromrichteromotoren werden zur bürstenlosen Erregung drehstromsteller-gespeiste Frequenzumformer-Erregermaschinen (Asynchronmaschinen) eingesetzt. Ihre Rotorwicklung ist über einen mitrotierenden Diodengleichrichter mit der Erregerwicklung des Stromrichter-motors verbunden. Je nach Belastung der Erregermaschine kann der Drehstromsteller im Lückbetrieb sein. Die Kommutierung des rotierenden Gleichrichters wird während der Stromlücken des Stellers erschwert, und es treten Effekte auf, welche früher nicht erklärt werden konnten.*

*Pour des moteurs à vitesse variable alimentés par convertisseurs à fréquence variable, on emploie des excitatrices (machines asynchrones) alimentées par convertisseurs à fréquence fixe. Le bobinage rotorique des excitatrices est raccordé à l'enroulement d'excitation du moteur par un redresseur à diodes tournantes. Selon la charge de l'excitatrice, l'onduleur à fréquence fixe peut être en service avec interruption de courant. Il s'en suit alors une commutation du redresseur tournant plus difficile et l'apparition d'effets jadis inexpliqués.*

## Adressen der Autoren

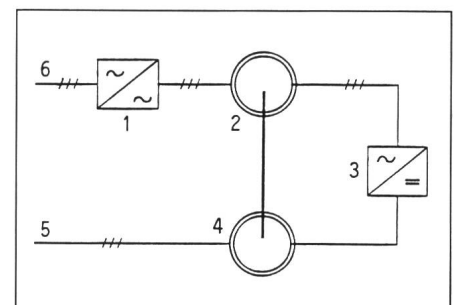
Hansjürg Rohrer, Dr.Ing., Dipl. Ing. ETH,  
ABB Kraftwerke AG, 5400 Baden und  
Andreas Wüthrich, Dipl. Ing. HTL,  
4945 Rohrbachgraben

Die elektrische Leistung für die Rotorwicklung (Erregerleistung) von Synchronmaschinen kann über Bürsten und Schleifringe oder mit bürstenlosen Erregungseinrichtungen auf den Rotor übertragen werden. Bürstenlose Erregungseinrichtungen werden bei Synchronmaschinen (Generatoren und Motoren) im Leistungsbereich von weniger als 100 kW bis zu einigen 100 MW eingesetzt. Sie bestehen üblicherweise aus einem Spannungsregler, einer Aussenpolsynchronmaschine als Erregermaschine und einem rotierenden Diodengleichrichter. Der Spannungsregler speist die stationäre Erregerwicklung der von der Hauptmaschine angetriebenen Erregermaschine mit Gleichstrom. In der rotierenden Ankerwicklung der Erregermaschine wird Drehspannung induziert, welche in den rotierenden Dioden gleichgerichtet und der Rotorwicklung der Hauptmaschine zugeführt wird [1]. Diese Erregungsschaltung liefert im Stillstand natürlich keine Leistung, denn im Stillstand wird im Rotor der Aussenpolsynchronmaschine keine Spannung induziert.

Falls die Hauptmaschine auch im Stillstand erregt werden soll (für synchronen Anlauf), so muss dies entweder über Hilfsschleifringe geschehen, oder für die Erregermaschine ist anstelle der Aussenpolsynchronmaschine ein Frequenzumformer zu verwenden. Ein Frequenzumformer ist eine normale Asynchronmaschine mit bewickeltem Rotor (kein Kurzschlussläufer). Da in diesem Anwendungsfall die Rotorströme direkt auf dem Rotor weiterverwendet werden, ist der Frequenzumformer hier ohne Schleifringe ausgeführt. Die Drehrichtung des Statorfeldes ist üblicherweise entgegengesetzt der mechanischen Rotordrehrichtung, so dass die Maschine auch als

Gegendrehfeld-Asynchronmaschine bezeichnet wird. Der Stator der Ge-

gendrehfeld-Maschine kann mit einem üblichen Drehstromsteller mit variabler Spannung und konstanter Frequenz  $f_s$  (i.a. Netzfrequenz) gespeist werden (Bild 1). Die Frequenz der in der Rotorwicklung induzierten Drehspannung variiert zwischen Stellerfrequenz  $f_s$  (im Stillstand) und  $f_s + p n$  ( $p$  = Polpaarzahl der Erregermaschi-



**Bild 1** Prinzipschema einer bürstenlosen Erregungseinrichtung mit Gegendrehfeld-Erregermaschine

- 1 Drehstromsteller
- 2 Erregermaschine (Frequenzumformer, Gegendrehfeld-Asynchronmaschine)
- 3 rotierender Gleichrichter
- 4 Hauptmaschine (Synchronmaschine)
- 5 frequenzvariable Speisung der Hauptmaschine
- 6 Netz

ne,  $n$  = Drehzahl des Wellenstranges). Anwendungsbereiche solcher schon im Stillstand wirksamer bürstenloser Erregungseinrichtungen sind drehzahlvariable Stromrichteromotoren zum Antrieb von Pumpen, Ventilatoren, Kompressoren im Leistungsbereich von 100 kW bis 30 MW mit Drehzahlen bis über  $6000 \text{ min}^{-1}$  [2,3] und Gasturbinengeneratoren, welche

als Motor die Gasturbine bis zur Zündzahl hochfahren.

Je nach Belastung der Erregermaschine kann der Drehstromsteller im Lückbetrieb sein, d.h. die Stellerströme weisen nicht ein einziges Leitintervall, sondern zwei durch eine Lücke getrennte Leitintervalle pro Halbperiode auf. Die Vermutung liegt nahe, dass die Kommutierung (Stromübergang von einer Diode zur nächsten) des rotierenden Gleichrichters während der Stromlücken des Stellers erschwert wird. Da die rotierenden Teile solcher Erregungssysteme aber normalerweise elektrisch unzugänglich sind, sind auch die aus dem Zusammenwirken Steller-Erregermaschine-Gleichrichter resultierenden Effekte auf den Rotoren bis anhin nicht dargestellt worden.

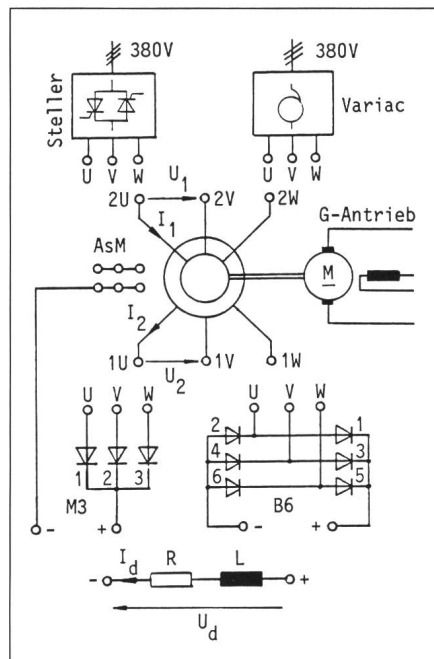
Im Rahmen einer Diplomarbeit an der HTL Burgdorf wurden eine solche Anordnung (Drehstromsteller, Asynchronmaschine, Diodengleichrichter, R-L-Last) aufgebaut und die Verläufe von Strömen und Spannungen für verschiedene Gleichrichterschaltungen – auch im Vergleich zur Sinusspeisung der Erregermaschine – aufgenommen und qualitativ untersucht.

## Versuchsaufbau

Bild 2 zeigt die Komponenten des Versuchs mit den verschiedenen Möglichkeiten des Aufbaus. Die Asynchronmaschine (AsM) konnte, im Stillstand oder mit einer Gleichstrommaschine (G-Antrieb) mit fester Drehzahl angetrieben, über einen Drehstromsteller oder einen verstellbaren Transformator (Variac) gespeist und über einen Gleichrichter in Mittelpunktschaltung (M3) oder Brückenschaltung (B6) mit einem R-L-Kreis belastet werden.

Die Asynchronmaschine (Typ MBPPVX 160 M4, 380 V, 16 A, 7.5 kW, 1420 min<sup>-1</sup>) hat eine über Schleifringe herausgeführte Rotorwicklung. Die (bei üblichen Frequenzumformer-Erregermaschinen fehlenden) Schleifringe ermöglichten hier erst die stationäre Messung der Rotorgrößen. Aus Gründen der Spannungsverhältnisse wurde die Maschine im Versuch mit umgekehrtem Leistungsfluss betrieben, die Einspeisung erfolgte also in die Rotorwicklung, die Belastung an der Statorwicklung. Da das Ersatzschaltbild der Schleifringläufer-

Asynchronmaschine vom Rotor und vom Stator aus gesehen qualitativ gleich ist, hat die Umkehrung des Leistungsflusses keinen Einfluss auf die Untersuchungen. Im Gleichrichter wurden handelsübliche Dioden verwendet. Die Gleichstromlast soll die Erregerwicklung einer Synchronmaschine (Hauptmaschine) darstellen, sie umfasste also einen Widerstand ( $R$ ) und eine grosse Induktivität ( $L$ ).



**Bild 2 Versuchsaufbau**

- Statorspeisung der Erregermaschine: Steller oder Variac
- AsM: Erregermaschine (Frequenzumformer, Gegendrehfeld-Asynchronmaschine)
- G-Antrieb: Antrieb mit fester Drehzahl
- Gleichrichterschaltung: M3 oder B6
- R-L-Last: Simulation der Erregerwicklung der Hauptmaschine

Die zuerst durchgeführten Messungen an der mit konstanter Drehzahl angetriebenen Maschine waren wegen der unterschiedlichen Stator- und Rotorfrequenzen schwierig zu interpretieren und nicht darstellbar. Es zeigte sich aber, dass die prinzipiellen Kurvenverläufe und Zusammenhänge von Strömen und Spannungen bei stillstehender Maschine gleich wie bei drehender Maschine waren. Aus diesem

Grunde wurde der Rotor in verschiedenen Stellungen blockiert und alle Messungen und Interpretationen in diesem Zustand durchgeführt.

## Spannungen und Ströme an Steller, Asynchronmaschine und Gleichrichter

Für drei der Vielzahl der in den Versuchen untersuchten Fälle soll hier der Verlauf der Ströme und Spannungen dargestellt und erklärt werden. Für alle drei Fälle ist der Rotor in der Stellung maximaler Stator-Rotor-Kopplung, d.h. fluchtender Stator- und Rotorwicklungsspulen blockiert. Für andere Rotorstellungen ändern sich wohl die Phasenlagen und auch leicht die Amplituden, die prinzipiellen Verläufe bleiben aber erhalten.

### Sinusspeisung, Gleichrichter in Mittelpunktschaltung M3

Die Speisung erfolgt hier nicht über einen Drehstromsteller, sondern mit sinusförmiger Spannung über einen Variac (Fall a in Bild 3). Dieser Fall hat in der Praxis keine Bedeutung, dient aber als Referenz für die nachfolgende Betrachtung der Stellerspeisung. Die Kurvenverläufe entsprechen denen eines ungesteuerten Stromrichters mit grosser induktiver Last. Der Gleichstrom  $I_d$  ist praktisch glatt, die Gleichspannung  $U_d$  weist die bekannte Welligkeit und Kommutierungseinbrüche auf. Die Kommutierungsdauer ist durch die in den Kommutierungskreisen liegende Kurzschlussreaktanz der Maschine bestimmt. Es treten keine hohen Spannungsspitzen auf.

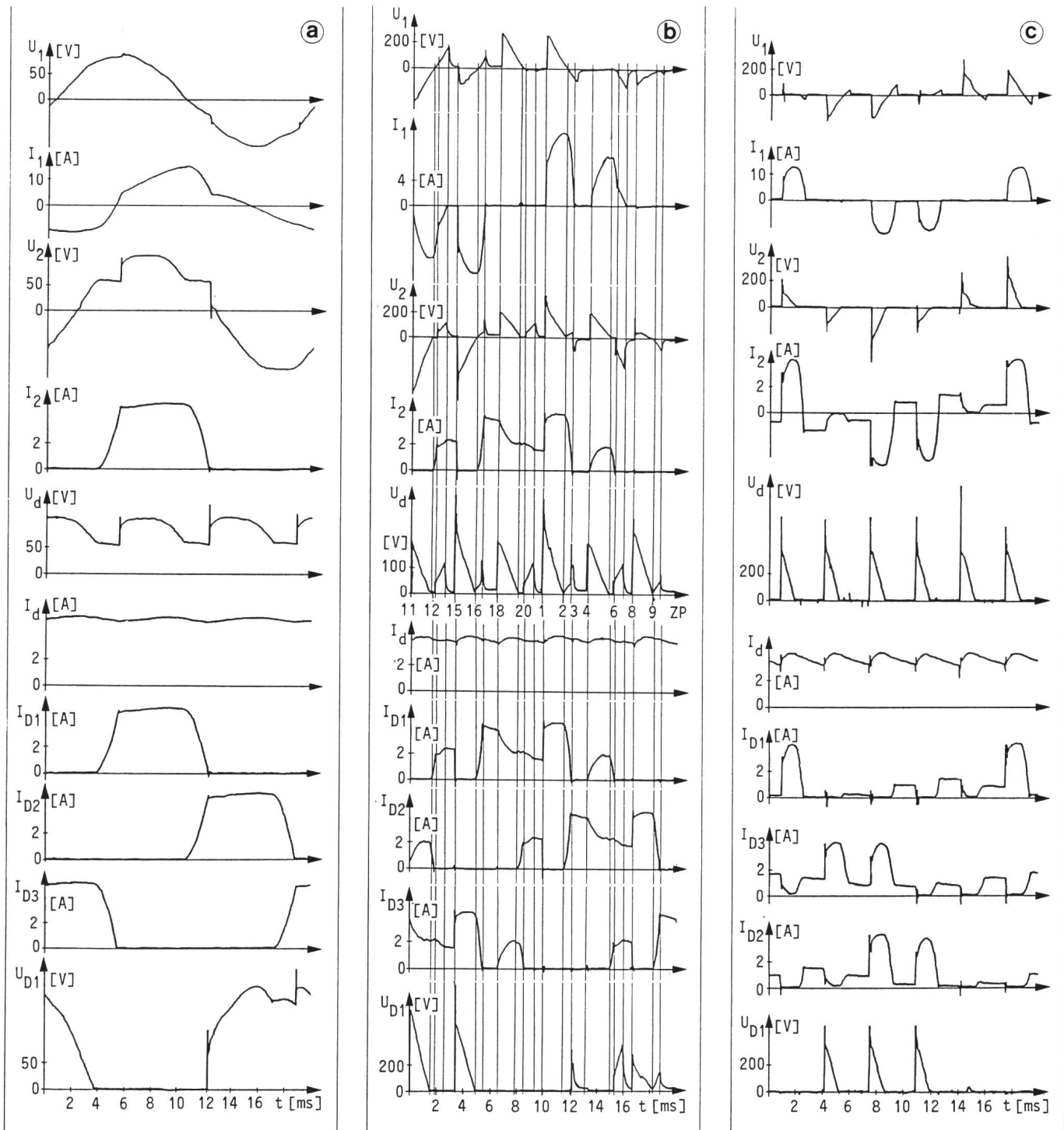
### Stellerspeisung, Gleichrichter in Mittelpunktschaltung M3

Der Verlauf aller Ströme und Spannungen wird hier durch die primären Spannungs- und Strompulse des Stellers bestimmt (Fall b in Bild 3). Beim Einschalten der Stellerzweige (Zeitpunkte 1, 8, 15) entstehen Überspannungen in der Gleichspannung  $U_d$  und der Diodensperrensparnungen  $U_{D1...U_{D3}}$ . Auffallend sind auch die «Kurzschlüsse» des Gleichrichters ( $U_d = 0$ ), welche für vorgegebene Gleichstromlast (vorgegebener Mittelwert von  $U_d$ ) höhere Spannungsmaxima der Gleichspannung als im Fall der Sinusspeisung bedeuten. Der Verlauf der Spannungen und Ströme wird im folgenden Abschnitt erklärt und interpretiert.

**Stellerspeisung, Gleichrichter in Brückenschaltung B6**

Auch in diesem Fall bestimmen die

Pulse des Stellers alle Ströme und Spannungen (Fall *c* in Bild 3). Die Verläufe sind ähnlich wie bei Mittelpunktschaltung des Gleichrichters, weshalb auf eine genauere Interpretation verzichtet wird.



**Bild 3** Strom- und Spannungsverläufe über eine Netzperiode

- a* Gleichrichter in M3-Schaltung, Sinusspeisung
- b* Gleichrichter in M3-Schaltung, Stellerspeisung
- c* Gleichrichter in B6-Schaltung, Stellerspeisung

$I_{D1}, I_{D2}, I_{D3}$  Ströme der Dioden 1, 2, 3

$U_{D1}$  Sperrspannung der Diode 1

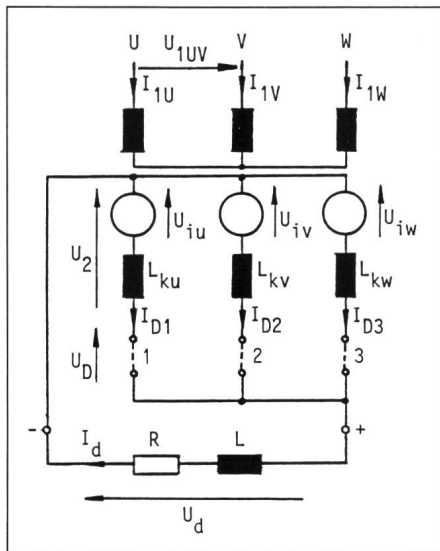
*t* Zeit

ZP Zeitpunkte 1...20 und Anfangszeitpunkte der Teilintervalle 11...120

restliche Größen siehe Bild 2

### Spannungs- und Stromverläufe bei Stellerspeisung und Mittelpunktschaltung

Im folgenden werden die Verläufe der Spannungen und Ströme im Fall *b* (Stellerspeisung, Gleichrichter in Mittelpunktschaltung M3) im Detail erklärt und interpretiert. Dazu wird ein vereinfachtes Ersatzschaltbild der Maschine benutzt (Bild 4), welches aber für diesen Zweck vollkommen genügt.



**Bild 4 Ersatzschaltbild**  
Anordnung bei maximaler Kopplung der Wicklungen und M3-Gleichrichter

Für die Kommutierungsinduktivitäten  $L_{ku}$ ,  $L_{kv}$  und  $L_{kw}$  im Gleichrichterstromkreis ist je nach Zustand des Primärkreises (Stellerkreis) entweder die Kurzschlussinduktivität (Streuinduktivität)  $L_{\sigma}$  der Maschine oder ihre Hauptinduktivität  $L_h$  einzusetzen: im leitenden Zustand können die Kommutierungsströme über die kleine Induktivität  $L_{\sigma}$  fließen, in der Stromlücke des Stellers schliessen sich die Kommutierungsstromkreise über die grosse Hauptinduktivität  $L_h$ .

#### Teilintervalle I1...I20

In Bild 5 sind die Leitzustände während der an die nummerierten Zeitpunkte 1...7 in Bild 3 anschliessenden Teilintervalle I1...I7 aufgeführt. Dabei spielen sich die nachfolgend beschriebenen Vorgänge ab, beginnend mit dem Einschalten von  $U_{1uv}$ .

- Teilintervall I1: Der Stellerzweig UV schaltet ein. Die induzierte Spannung  $U_{iu} - U_{iv}$  bewirkt den Kommutie-

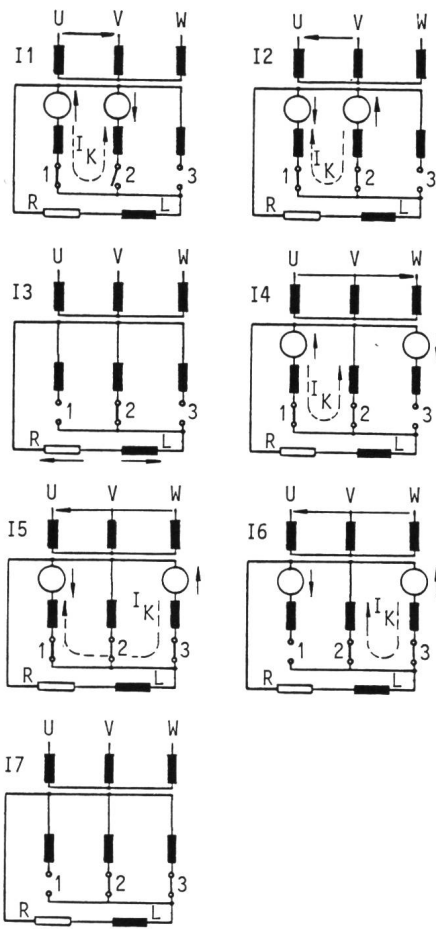
rungsstrom  $I_K$ , der wegen der kleinen Kommutierungsinduktivität  $L_{\sigma}$  sehr schnell ansteigt. Mit dem Ende der Kommutierung wird  $U_d \approx U_{iu}$ , die Diode 1 führt den gesamten Strom, der sich im Gleichstromkreis aufbaut.

- Teilintervall I2: Nulldurchgang von  $U_{1uv}$ .  $I_1$  nimmt ab und induziert  $U_{iu}$  und  $U_{iv}$ . Diese Spannungen lassen den Strom auf die Diode 2 kommutieren. Da  $U_{iu}$  und  $U_{iv}$  nur klein sind, verläuft die Kommutierung langsamer.

- Teilintervall I3: Die Energie im Primärkreis ist abgegeben.  $I_1 = 0$ ,  $U_{iu} = 0$ ,  $I_{D1} = 0$ ,  $I_{D2} = I_d$ . Freilaufzustand.

- Teilintervall I4: Der Stellerzweig UV schaltet ein. Die induzierte Spannung  $U_{iu}$  bewirkt die Kommutierung des Stroms von Diode 2 auf Diode 1. Die Kommutierung verläuft langsam, weil  $I_{iv} = 0$  und damit die Kommutierungsinduktivität der Hauptinduktivität  $L_h$  entspricht.  $I_1$  steigt wie  $I_{D1}$  langsam an.

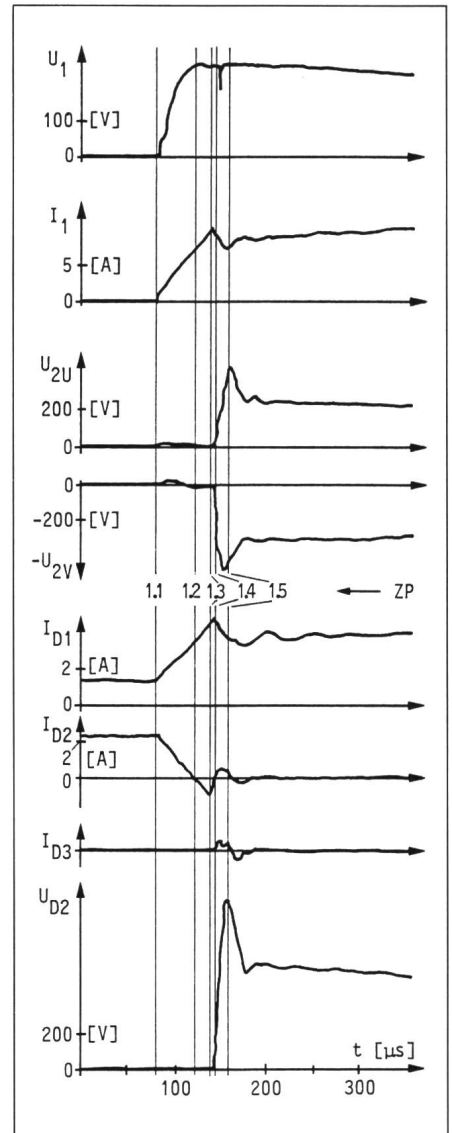
- Teilintervall I5: Nulldurchgang von  $U_{1vw}$ . Die induzierte Spannung wechselt das Vorzeichen weil  $I_1$  abnimmt



**Bild 5 Ersatzschaltbilder für verschiedene Teilintervalle**

I1...I7 Ersatzschaltbilder für Teilintervalle I1...I7 (siehe Legende zu Bild 3)

und bewirkt die Kommutierung des Stromes von Diode 1 auf Diode 3.  $I_{D2}$  bleibt konstant, alle 3 Ventile leiten, und damit ist  $U_d = 0$  (sekundärer «Kurzschluss»)



**Bild 6 Strom- und Spannungsverläufe bei schneller Kommutierung der Gleichrichterströme**

ZP Zeitpunkte 1.1...1.5 innerhalb des Teilintervalls I1 und Anfangszeitpunkte der Intervalle I1...I1.5  
 $U_{2U}$ ,  $U_{2V}$  sekundäre Strangspannungen an U, V  
 $U_{D2}$  Sperrspannung der Diode 2  
 restliche Grössen siehe Bild 2

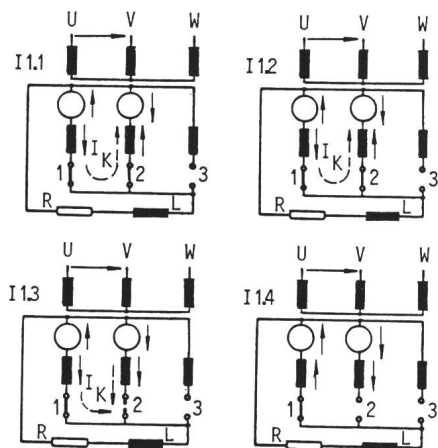
- Teilintervall I6:  $I_{D1} = 0$ , Diode 1 sperrt. Da  $I_1$  noch fliesst, kommutiert  $I_{D2}$  auf Diode 3.  $U_{iv} = 0$  weil  $I_{iv} = 0$ .

- Teilintervall I7: Die Energie im Primärkreis ist abgegeben.  $I_1 = 0$ ,  $U_{iw} = 0$ . Freilaufzustand.

- Teilintervall I8: Von hier ab wiederholen sich mit zyklischer Vertauschung die Vorgänge ab Zeitpunkt 1. Das Teilintervall I8 entspricht dabei dem Teilintervall I1.

**Teilintervall I1 im Detail**

In den Zeitpunkten 1, 8 und 15 fallen die Spannungsspitzen auf. Im Bild 6 sind die genaueren Zusammenhänge im Zeitpunkt 1 in vergrössertem Zeitmassstab sichtbar. Dabei spielen sich folgende Vorgänge ab (siehe Bild 7):



**Bild 7** Ersatzschaltbilder der Teilintervalle aus Bild 6

- Teilintervall I1.1:  $U_{uv}$  wird eingeschaltet. Da die Sekundärseite praktisch kurzgeschlossen erscheint, steigt  $I_l$  schnell an und induziert  $U_{iu}$  und  $U_{iv}$ . Damit entsteht ein Kommutierungsstrom  $I_K$ , der durch sein rasches Ansteigen Spannungen in  $L_{ku}$  und  $L_{kv}$  er-

zeugt. Die Spannungen  $U_{2u}$  und  $U_{2v}$  über den Maschinenwicklungssträngen U und V, und somit auch die Gleichspannung  $U_d$ , bleiben praktisch 0.

- Teilintervall I1.2:  $I_{D2} = 0$ . Wegen des Trägerstaueffekts kann  $I_K$  weiterfliessen.  $U_d = 0$

- Teilintervall I1.3: Die Ladungsträger in Diode 2 sind abgebaut,  $I_{D2}$  reißt sehr schnell ab. Diese Stromänderung erzeugt an der Induktivität  $L_{kv}$  die Spannung  $U_{Lkv}$ .

- Teilintervall I1.4: Diode 2 sperrt.  $U_2, U_d, U_{D2}$  beginnen sich aufzubauen, da kein sekundärer Kurzschluss mehr besteht.  $I_{D1}$  nimmt auf seinen Sollwert ab, diese Änderung erzeugt an der Induktivität  $L_{ku}$  die Spannung  $U_{Lku}$ .  $U_{D2} = U_{2u} + U_{2v} = U_{iu} + U_{iv} + U_{Lku}$ ;  $I_d = I_{D1}$ .

- Teilintervall I1.5: Die Spannungsmaxima sind erreicht, die Werte schwingen auf die durch den Steller gegebene Grösse ein.

**Zusammenfassung**

In einer Ersatzanordnung bestehend aus Drehstromsteller, Frequenzumformer, Gleichrichter und R-L-Last wurden die normalerweise unzugänglichen Ströme und Spannungen gemessen, welche im Rotor von drehstromstellergespeisten bürstenlosen Erregungseinrichtungen auftreten. Die Messresultate erleichtern das Verständnis der Vorgänge beim Zusammenwirken der zwei über den Frequenzumformer gekoppelten Stromrichter. Die schon zuvor vermutete Erschwerung der Kommutierungen des Gleichrichters wegen der Stromlücken des Drehstromstellers kann nachge-

wiesen werden. Dabei treten höhere

Kommutierungs-Spannungsspitzen als bei Sinusspeisung auf. Durch gleichzeitiges Leiten aller drei Dioden der M3-Mittelpunktschaltung oder von drei parallelen Dioden der B6-Brückenschaltung während Teilabschnitten einer Periode verschwindet die Gleichspannung im Lastkreis zeitweise («Kurzschluss» des Gleichrichters). Für einen vorgegebenen Lastfall im Gleichstromkreis (vorgegebener Mittelwert der Gleichspannung) werden die Maximalwerte der Gleichspannung bei Stellerspeisung grösser als bei Sinusspeisung. Mit entsprechender Dimensionierung der Elemente in den Rotorkreisen, durch Beschaltung der Dioden oder durch Beschaltung des Stellers sind diese Effekte aber problemlos beherrschbar, was auch eine Vielzahl im ganzen Leistungsbereich in Betrieb stehender Antriebe mit bürstenlosen Erregungseinrichtungen dieser Art beweist.

**Literatur**

[1] W. Merhof: Die bürstenlose Erregung von Synchronmaschinen durch rotierende Halbleiter-Gleichrichter. Brown Boveri Mitteilungen 54 (1967) Nr. 9, S. 539...553.  
 [2] A. Meyer, H. Rohrer, K.M. Weber: Variable High-speed Electrical Motors for Large Boiler Feed Pumps in Power Generation Plants. American Power Conference, Chicago, Illinois, April 14...16, 1986.  
 [3] A. Meyer, H. Rohrer: Berechnungen und vergleichende Messungen am System Stromrichter-Synchronmotor. Brown Boveri Technik 72 (1985) Nr. 2, S. 71...77.

Die Autoren danken Herrn Dipl.Ing. Heinz Hagemeyer, Dozent für elektrische Maschinen an der Ingenieurschule Burgdorf für die Unterstützung dieser Arbeit.

**Corrigendum**

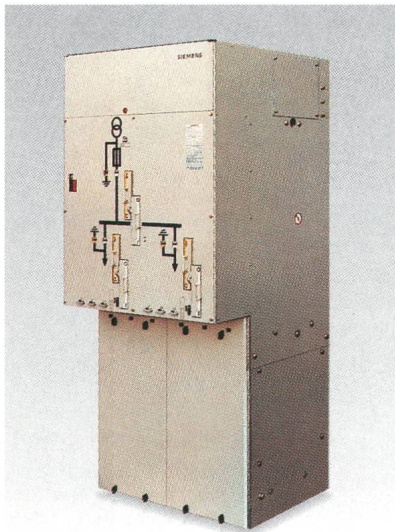
Une erreur regrettable s'est glissée dans les pages 17/18 du bulletin ASE/UCS 15/1990:

Dans l'article «Matériaux supraconducteurs» de Bernd Seeber les figures 3 et 4 ont été confondues; elles devraient être adjointes aux légendes 4 et 3 respectivement. Nous prions d'excuser cette inadvertance. Réd.

## Mittelspannungs-Lasttrennschalteranlage 8DJ10

# Sicherheit durch Qualität

Wartungsfreiheit und Klimaunabhängigkeit sicherzustellen erfordert besondere Maßnahmen in Konstruktion, Prüfung, Fertigung und Qualitätssicherung – personenbezogen, nachprüfbar!



Bei unserer SF<sub>6</sub>-isolierten Lasttrennschalteranlage 8DJ10 haben wir viel dafür getan.

- Z.B. kennt die konstruktive Konzeption unserer 8DJ10 keine Kompromisse, wenn es um die Gasdichtigkeit geht – statt Dichtungen wird der rostfreie Anlagenbehälter hermetisch verschweißt.
- In einer Vielzahl von Prüfungen hat sich das gute Verhalten der Schaltanlage und ihrer Komponenten bei extremen Temperaturen ebenso wie unter Betauung und Verschmutzung bei ständig anstehender Betriebsspannung erwiesen.
- Für jede Einzelanlage existiert ein personenbezogenes, fertigungsbegleitendes Qualitätssicherungsprotokoll mit allen Fertigungs- und Prüfschritten, mit allen Meß- und Prüfdaten, jederzeit nachvollziehbar und nachprüfbar.

Ihre Sicherheit:

Mehr als 10.000 im Betrieb befindliche Lasttrennschalteranlagen beweisen die Qualität.

Schreiben Sie uns bitte, wenn Sie mehr über den hohen Qualitätsstandard der 8DJ10 wissen wollen.

Hier ist unsere Adresse:

Siemens-Albis AG  
Energieversorgung VEE  
Freilagerstr. 28  
8047 Zürich  
Tel. 01/4954451

Bitte senden Sie mir  
nähere Informationen  
zur 8DJ10

---

Name

Straße/Nr.

PLZ/Ort

41.A.05

**Mittelspannungs-  
Schaltanlagen  
von Siemens**

# SIEMENS

Baujahr 1989

10

Nr. CV 06-1525/006 IEC 129/265/298/420/694

E 0670 T2/T3/T6

U

24

kV, U<sub>w</sub>

125

kV, f 50/60 Hz

U<sub>a</sub>

## Kabelabzweig

Erdungsschalter  
n 102

Lasttrennschalter

I<sub>n</sub> 630 A

I<sub>ma</sub> 40 kA

40

I<sub>th</sub> 16 kA

16

## Transformator - Abz

rennschalter  
A 1)



(Falls Sie es noch nicht wissen sollten:)



## versilbern Aluminium...

**... und wir verchromen (matt, hart und glanz), vernickeln, verkupfern, verzinnen oder vergolden Aluminium - je nachdem.**

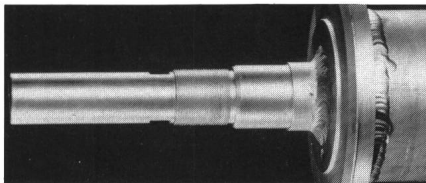
**D**enn bis vor kurzem konnte Aluminium nicht serienmässig galvanisiert werden. (Nur die anodische Oxydation war möglich.) Aber nach vierjähriger Versuchszeit und zwanzigjähriger Produktion haben wir die nötige Erfahrung, die vorteilhaften Eigenschaften von Aluminium, wie

- geringes Gewicht,
- leichte Verformbarkeit (Spritzguss, Druckguss),
- leichte mechanische Verarbeitung,
- Vielzahl von vorgeformten Profilen für konstruktive Zwecke usw. mit den Vorteilen des galvanischen Veredelns zu verbinden.

Wir können Aluminium und dessen Legierungen (wie alle anderen Metalle) veredeln. Dass hier in technisches Neuland vorgestossen wurde, dürfte auch für Sie interessant sein:

Drei Beispiele der Anwendungsmöglichkeiten sollen Sie von der Fortschrittlichkeit und der Qualität der Aluminiumveredlung überzeugen:

1. Hartchromschichten auf Aluminiumlegierungen ergeben Oberflächeneigenschaften, die in Härte und Gleitfähigkeit beste Stähle übertreffen. Man kann also das leichte Gewicht von Aluminium mit den hervorragenden Oberflächeneigenschaften des Chroms verbinden. Die auf Leichtbautechnik angewiesene Flugzeugindustrie macht hiervon steigenden Gebrauch.



*Leiterelement der Hochfrequenztechnik aus Aluminium, galvanisch versilbert.  
Dieses Verfahren gestattet es, Kupfer mit Aluminiumlegierungen (bis 12% Si) zu ersetzen, indem letztere galvanisch versilbert werden.*

2. Durch Verwendung vergoldeter oder versilberter Aluminiumguss-Schaltenelemente, ist es möglich, unter Beibehalt der guten elektrischen Leitfähigkeit des Aluminiums, eine erhebliche Preis- und Gewichtsreduktion zu erzielen.

In der Schwachstromtechnik konnte die Oberflächenleitfähigkeit auf den Aluminiumgehäusen vergrößert werden.

3. Gehäuse und einige Bestandteile von optischen und mechanischen Messinstrumenten können aus Aluminium gespritzt werden. Auch hier wird eine bedeutende Gewichtsersparnis erzielt. - Mess- und Gleitflächen können auch mattverchromt werden.

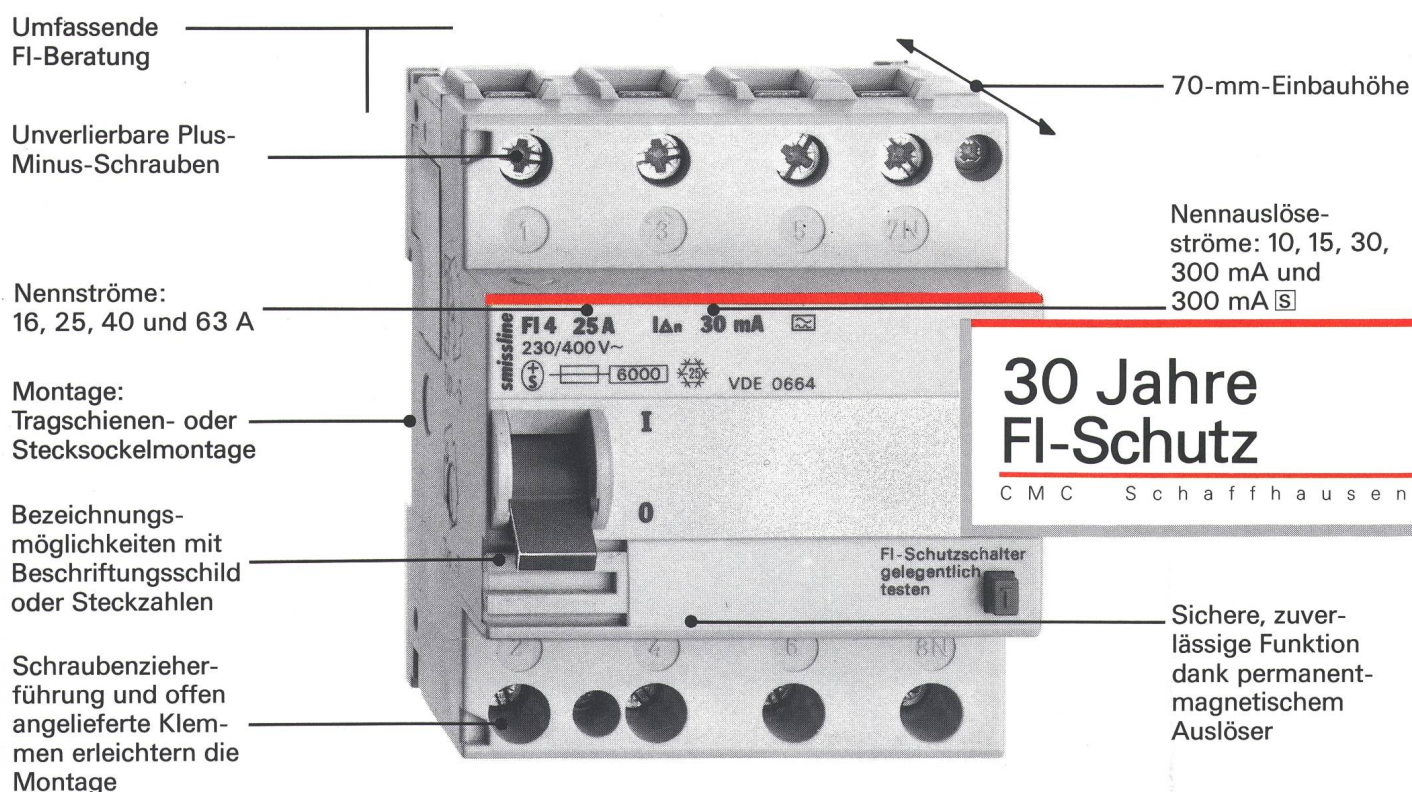
**U**nser jahrelange Forschung, Entwicklung und industrielle Produktion geben uns in der Aluminiumveredlung die nötige Erfahrung, auch Ihre Spezialprobleme auf diesem Gebiet zu lösen.

Zu einem Gespräch sind wir gerne bereit. Lassen Sie sich von einem unserer Ingenieure beraten. Oder rufen Sie uns einfach an.

Steiger SA Atelier galvanotechnique  
1800 Vevey  
021/9217277



# Der FI-Schutzschalter für Ihre Sicherheit: smissline FI von CMC Schaffhausen



smissline-Fehlerstromschutzschalter sind der beste Personen- und Sachschutz für alle neuen und bestehenden Anlagen. Die Abschaltung erfolgt in Sekundenbruchteilen, noch bevor Gefahren für

## smissline: 4 Schutzapparate 2 Montagearten

Menschen, Tiere und Sachen auftreten können. Das Prinzip der permanent-magnetischen Auslösung gewährleistet eine optimale, sichere Funktion, auch bei Unterspannung und Neutralleiter-Unterbruch.

Doch smissline umfasst mehr, viel mehr. Darum können Sie jetzt innovativ planen und installieren. Sprechen Sie mit Ihrem Elektro-Grossisten oder direkt mit CMC Schaffhausen: 053 838 111



**CMC Carl Maier+Cie AG**  
Apparate Systeme Anlagen  
CH-8201 Schaffhausen

Bitte senden Sie mir:

- Die Technische Liste C10:  
Die smissline-Fehlerstromschutz-  
apparate für Tragschienenmontage
- Die Technische Liste A10:  
Die 4 Schutzapparate im Steck-  
sockelsystem smissline-S
- Die gesamte FI-Dokumentation

Name \_\_\_\_\_

Firma \_\_\_\_\_

Adresse \_\_\_\_\_

# Das Rohn-Konzert: Trio mit drei Solisten

Moment. Nicht, dass Sie jetzt meinen, der Rohn hätte den Strom an den Nagel gehängt. Wir möchten ja bloss versinnbildlichen, was es mit den Rohn-Dienstleistungen auf sich hat – Elektro-Installations-technik, Kabel- und Freileitungsbau, Elektro-Ingenieurbüro. Ihr Vorteil ist, dass Sie die Rohn-Dienstleistungen allein, im Paar oder alle zusammen beanspruchen können. Je nachdem, was Sie gerade brauchen. Und damit ist Rohn für kleine Stromsorgen, für grosse Stromsorgen und selbst für kleine und grosse Stromsorgen die richtige Adresse. So, und jetzt klingt die Schlagzeile doch ganz gut, oder?

Den Rohn finden Sie in 4553 Subingen/ SO,  
Telefon 065/44 18 22. Oder in 4934 Madiswil/ BE,  
Telefon 063/56 14 13.

**rohn**

Planung, Zuleitung und Installation.  
Wir machen alles in Strom.

B, T & V



**ALPHA AG** Schloßstrasse 15 CH-2560 Nidau (Schweiz) Tel. 032 51 54 54 Fax 032 51 68 63

**Wünschen Sie:**

- eine wirtschaftliche Lösung bei der Wahl Ihrer **TRENNER** ?
- Trenner von hohem Qualitätsstandard zu besitzen?

**Wenn JA, wenden Sie sich an uns, um mehr über unser Trenner-Programm 12 kV bis 525 zu erfahren → Referenzen in der GANZEN WELT**