

EAT FS 2019

Labor Synchronmaschine

Testat Laborbericht

Dozent: Prof. Dr. Adrian Omlin

Abgabe: 21. Dezember 2018

Autoren: Andy Fischer / Pascal Steck / Theo Zwahlen

Einführung

Im Rahmen des Moduls Leistungselektronik und elektrische Antriebssysteme (EAT) stehen mehrere Labortage zur Verfügung um das theoretische Wissen zu festigen und ein praktisches Verständnis zu erhalten. Unterschiedliche Aufgabenstellungen zu verschiedenen Themen aus dem Unterricht können dazu genutzt werden. Zu einer der Aufgabenstellungen soll ein Laborbericht verfasst werden.

Dieses Dokument setzt sich mit der Synchronmaschine auseinander und fasst den Schaltungsaufbau, die Messresultate und die Erkenntnisse daraus zusammen.

Insbesondere wird das Verhalten der SM am Netz als Generator und Motor, sowie als Generator im Inselbetrieb untersucht.

Zusammenfassung

blablabalabalaall de Andy hed alles eleige gmacht blablablablabal ond hed en riese Penis blablanal

Versuche

Laboreinrichtung

hier Foto von Versuchsaufbau allgemein, mit den drei Maschinen

Maschinensatz

<i>Bez.</i>	P_{Nenn}	p	f	<i>Spannung Δ / Y</i>	n_{Nenn}
Synchronmaschine	8.7 kW	2	50 Hz	220/380 V	1500 $\frac{1}{min}$
Gleichstrommaschine	8.5 kW	-	-	220 VDC	1500 $\frac{1}{min}$
Schleifring ASM	10 kW	2	50 Hz	230/400 V	1420 $\frac{1}{min}$

Messeinrichtungen

Bezeichnung	Nr
Messtrennverstärker 1	xxx
Messtrennverstärker 2	xxx
Amperezange	xxx
Oszilloskop	xxx
Multimeter	xxx
Drehzahl-und Drehmomentmessung	-
Polradwinkel-Messgerät	-
Dreiphasiges Leistungsmessgerät PM 3000	-
Wattmeter	-

Speisungen und Belastungen

Bezeichnung	Anwendungszweck
Chopper	zur Erregung der SM
Kastenwiderstand	Belastung ohmsch
Variac Einrichtung	Belastung reaktiv

Inbetriebsetzung

Als erstes sollen die Gleichstrommaschine sowie die ASM in Betrieb genommen werden und für die folgenden Messungen eingestellt werden.

Gleichstrommaschine

Die GM wird so eingestellt, dass sie beim Einschalten auf eine Drehzahl von $1500 \frac{1}{min}$ hochfährt. Dies entspricht gerade der Nenndrehzahl der SM.

ASM

Die Asynchronmaschine wird im späteren Verlauf als Dämpfung für den SM genutzt. Da es sich um eine Schleifringläufer ASM handelt, kann über den Rotorkreis ein Widerstand zugeschaltet werden. Dieser begrenzt den Anlaufstrom. Nach dem Hochfahren werden die Schleifringe kurzgeschlossen und die ASM kann als Kurzschlussläufer betrachtet werden.

Maschinenkennwerte

In diesem Abschnitt werden die charakteristischen Kennwerte der SM ermittelt.

Leerlaufkennlinie

Mit der Leerlaufkennlinie wird der Zusammenhang der induzierten Phasenspannung (Effektivwert) in Abhängigkeit des Erregerstroms dargestellt. Für diesen Versuch muss die SM mit der Gleichstrommaschine bei Nenndrehzahl gehalten werden ($1500 \frac{1}{min}$). Da die SM unbelastet ist, fließt kein Strom I_1 durch die Statorwicklung, ΔU beträgt 0 und die Polradspannung (induzierte Spannung) entspricht der Phasenspannung U_1 resp. U_{ph} .

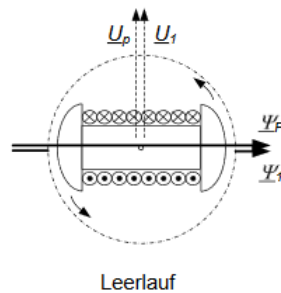


Abbildung 1 – Leerlaufbetrieb ¹

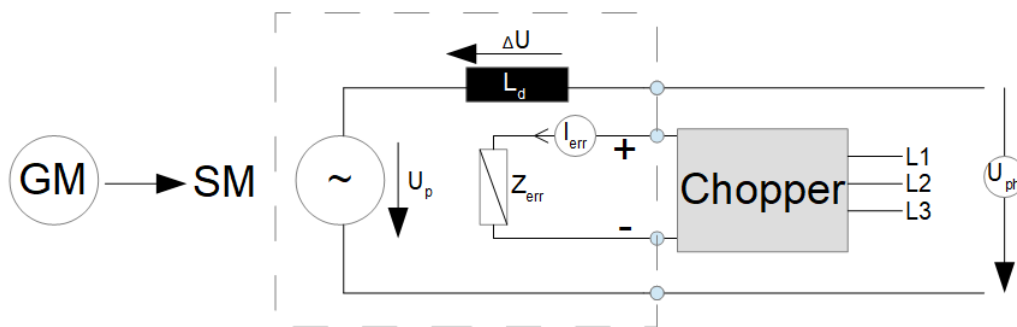


Abbildung 2 – Schaltungsaufbau im VZS

¹Aus dem Skript 'Leistungselektronik und elektrische Antriebe' Kapitel 'Drehfeldmaschinen'

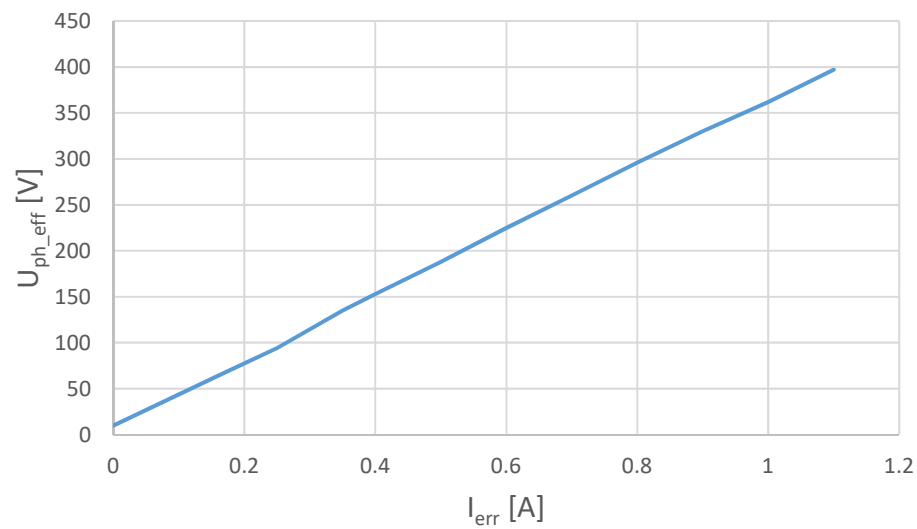


Abbildung 3 – Phasenspannung in Abhängigkeit des Erregerstroms

Der Grafik ist zu entnehmen, dass die Phasenspannung durch das Erhöhen des Erregerstroms linear zunimmt. Die Kennlinie entspricht der Magnetisierungskennlinie der Synchronmaschine.

Verwendete Messwerkzeuge: Multimeter (I_{err}), Oszilloskop und Messtrennverstärker $1(U_{ph})$

Kurzschlusskennlinie

Im Kurzschlussfall ($U_1 = 0V$) fällt die induzierte Spannung U_p über der Statorwicklung ΔU ab. Abhängig vom Erregerstrom verändert sich die induzierte Spannung und somit auch der Phasenstrom I_1 resp. I_{ph} . Mit der Kurzschlusskennlinie soll dieser Zusammenhang grafisch dargestellt werden. Auch in diesem Aufbau wird die SM mit der Gleichstrommaschine bei der Nenndrehzahl betrieben.

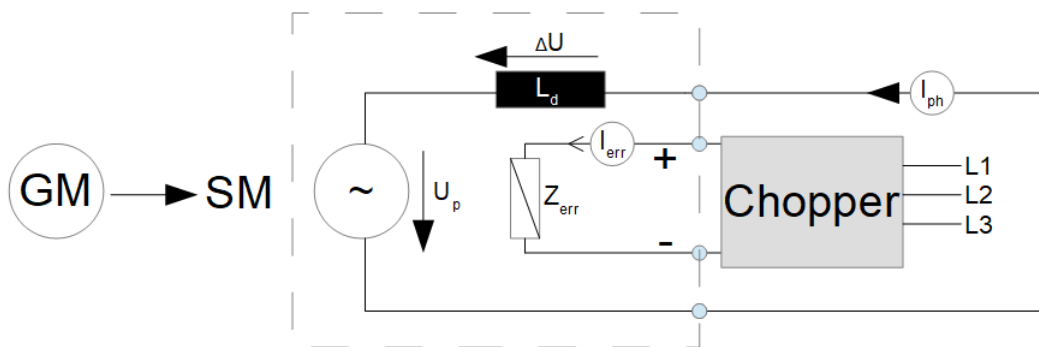


Abbildung 4 – Schaltungsaufbau im VZS



Abbildung 5 – Zeigferdiagramm im VZS

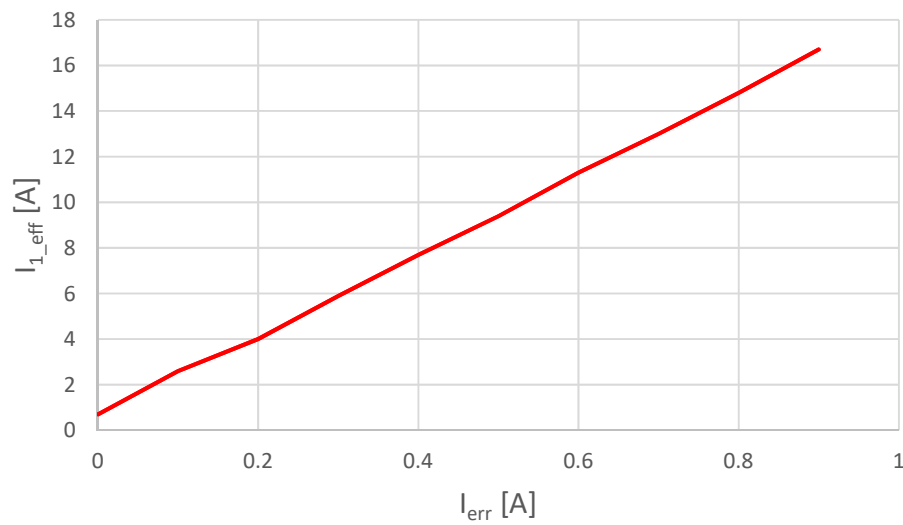


Abbildung 6 – Phasenstrom in Abhängigkeit des Erregerstroms

Auch die Kurzschlusskennlinie verhält sich linear. Der Effektivwert des Phasenstroms nimmt proportional zum Erregerstrom zu.

Verwendete Messwerkzeuge: Multimeter (I_{err}), Oszilloskop und Amperezange (I_{ph})

Längsreaktanz X_d

Anhand der Messresultat vom Leerlauf-resp. Kurzschlussversuch lässt sich die Längsreaktanz X_d berechnen. Da die SM mit der Nenndrehzahl betrieben wurde, dreht sich der Rotor mit der selben Winkelgeschwindigkeit wie das Statordrehfeld. In diesem Betriebsfall kann entsprechend nur die Längsreaktanz bestimmt werden.

Es gilt:

$$\underline{\Delta U} = j \cdot X_d \cdot \underline{I_1}$$

resp:

$$X_d = \frac{\underline{\Delta U}}{j \cdot \underline{I_1}} = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L_d$$

Im Leerlauffall gilt unter Vernachlässigung des Wicklungswiderstands vom Stator

$$\Delta U = \underline{U_1}.$$

Der Phasenstrom I_1 kann, bei selbem Erregerstrom, der Kennlinie beim

Kurzschlussversuch entnommen werden. Für einen Erregerstrom von 0.4A ergibt sich:

- $\underline{U_{ph_{eff}}} = \Delta U = 150 \text{ V}$
- $\underline{I_{1_{eff}}} = 8 \text{ A}$

und somit:

$$\underline{\underline{L_d}} = \frac{150V}{j \cdot 8A \cdot 2 \cdot \pi \cdot 50Hz} = \underline{\underline{59.7mH}}$$

Schwebeverfahren

Zur Ermittlung der Längs -und Querreaktanz wird in diesem Versuch das Schwebeverfahren angewendet. Dazu wird die SM über die Gleichstrommaschine mit einem kleinen Schlupf betrieben. Gleichzeitig wird der Stator der SM mit reduzierter Spannung (Variac) gespeist. Die Erregerwicklung wird für diesen Versuch nicht betrieben.

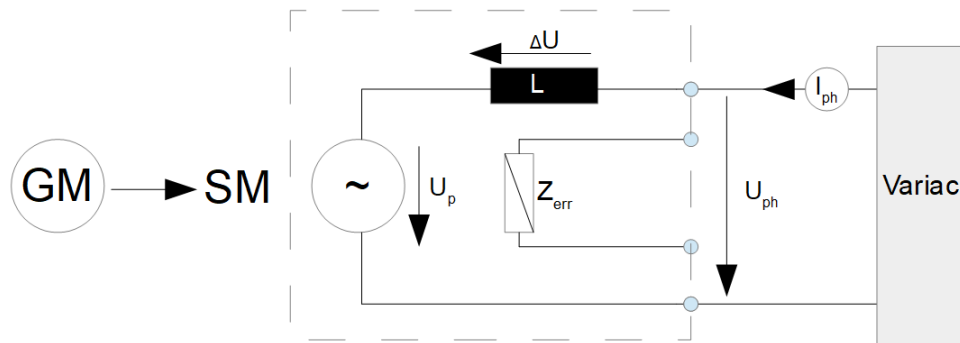


Abbildung 7 – Schaltungsaufbau im VZS

Die Phasenspannung am Stator wurde mit dem Variac auf einen Effektivwert von ungefähr 50V gedrosselt (Abbildung 8).

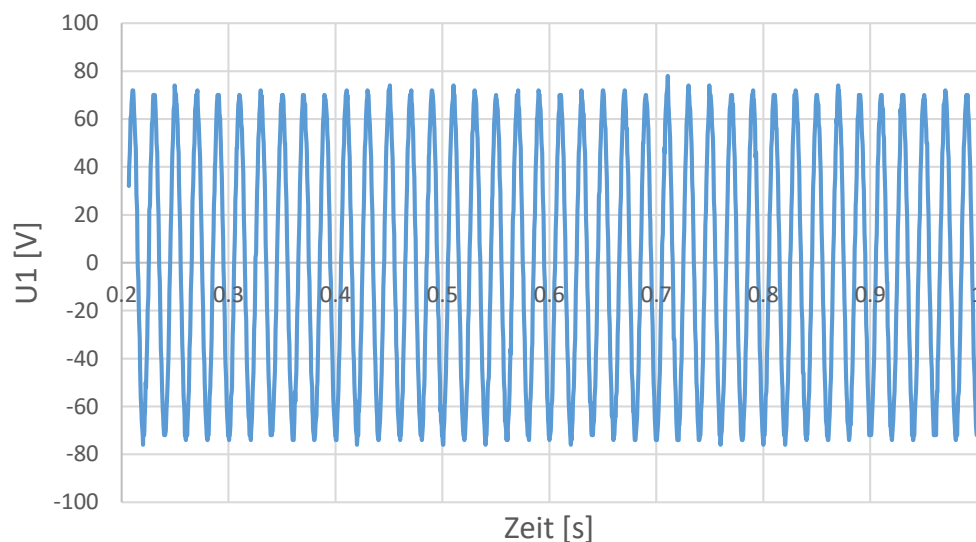


Abbildung 8 – Phasenspannung U_1 resp U_{ph}

Der zugehörige Phasenstrom:

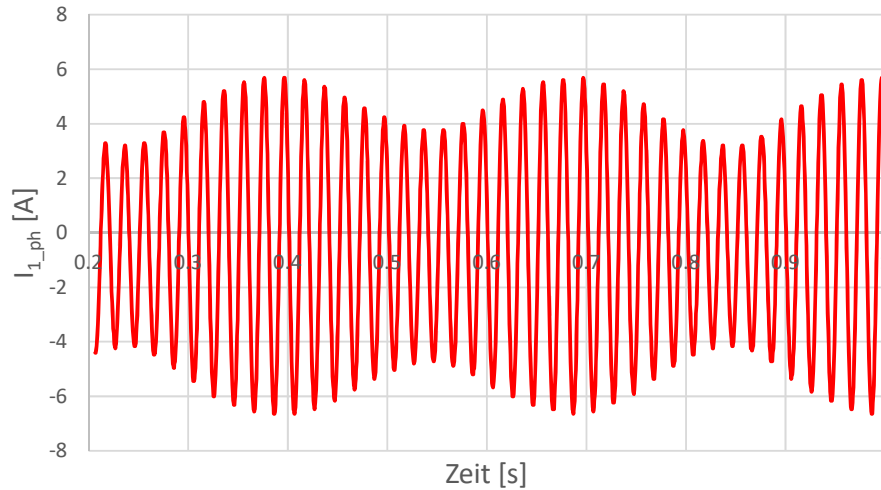


Abbildung 9 – Phasenstrom I_1 resp I_{ph}

Da die Polradspannung U_p beim Schwebeverfahren 0V beträgt, fällt die gesamte Spannung U_1 über der Impedanz der Maschine ab. Zur Bestimmung der Längsreaktanzen X_d , resp. Querreaktanzen X_q wird der Verlauf des Phasenstroms betrachtet (Abbildung 9).

Längsreaktanzen

Die Längsreaktanzen werden zum Zeitpunkt, wenn der Strom maximal ist berechnet (z.B. $t = 0,7\text{s}$). Zu diesem Zeitpunkt ist die Hauptinduktivität am kleinsten aufgrund des geringen Luftspalts, ein grösserer Phasenstrom kann fließen.

$$\underline{\underline{L_d}} = \frac{\frac{U_1}{\sqrt{2}}}{j \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot \frac{I_{ph}}{\sqrt{2}}} = \frac{\frac{75\text{V}}{\sqrt{2}}}{j \cdot 2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot \frac{5,8\text{A}}{\sqrt{2}}} = \underline{\underline{41\text{mH}}}$$

Begründen wieso der Wert für L_d so stark abweicht von den berechneten 60mH

Querreaktanz

Die Querreaktanz wird zum Zeitpunkt, wenn der Strom minimal ist berechnet (zb. $t = 0,55s$). Zu diesem Augenblick ist die Hauptinduktivität am grössten aufgrund des grossen Luftspalts, ein kleinerer Phasenstrom kann fliessen.

$$\underline{\underline{L_q}} = \frac{\frac{U_1}{\sqrt{2}}}{j \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot \frac{I_{ph}}{\sqrt{2}}} = \frac{\frac{75V}{\sqrt{2}}}{j \cdot 2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot \frac{3.9A}{\sqrt{2}}} = \underline{\underline{61mH}}$$

Verwendete Messwerkzeuge: Oszilloskop, Amperezange (I_{ph}),
Messtrennverstärker 1 (U_{ph})

Schluss teil

Fazit