

Versuch 2 – Grundlagen-ET/IT: **Asynchronmaschine**

1. Versuchsziel

Kennenlernen der Belastungscharakteristik der Asynchronmaschine (ASM) sowie der Besonderheiten bei Stern-Dreieck-Anlauf, Betrieb am Einphasennetz und Betrieb als Generator.

2. Einführung

2.1. Grundlagen

Die meisten ASM werden am Dreiphasennetz (Drehstrom - Netz) betrieben. Dieses erzeugt im Ständer einer angeschlossenen Maschine, deren $m = 3$ Stränge (Ständerwicklungen) in Stern- oder Dreieckschaltung betrieben werden, ein Drehfeld, das mit der synchronen Winkelgeschwindigkeit

$$\Omega_0 = \frac{2 \pi f_1}{p}$$

Ω_0 - synchrone Winkelgeschwindigkeit

p - Polpaarzahl

f_1 - Netzfrequenz

umläuft. Wenn die ASM im Motorbetrieb mechanische Leistung abgibt, ist die Winkelgeschwindigkeit des Läufers geringer als die des Drehfeldes (asynchrones Verhalten). Diese Drehzahldifferenz führt zur transformatorischen Leistungsübertragung auf den Läufer.

Wenn die ASM anläuft und die Drehzahldifferenz zwischen dem synchron umlaufenden Feld und dem Rotor groß ist, können hohe Ströme fließen, die den Motor und das Netz stark belasten. Eine einfache Anlaßhilfe ist dann die Stern-Dreieck-Umschaltung. Dabei wird allerdings nicht nur der Strom sondern auch das erzeugte Moment reduziert. Es ist deshalb immer zu prüfen, ob bei der gegebenen Last ein sicherer Anlauf gewährleistet ist.

Benötigt man für eine Antriebsaufgabe nur eine geringe Stückzahl von Wechselstrommotoren, die am Einphasennetz arbeiten, kann es sinnvoll sein, auch für diese Aufgabe einen Drehstrom-ASM einzusetzen. Eine Einphasen-Wechselspannung baut jedoch kein Drehfeld auf. Dazu ist zusätzlich ein Kondensator, eine Induktivität oder ein Widerstand erforderlich, um eine Phasenverschiebung zu erzeugen. Die in diesem Fall meist eingesetzte Steinmetz-Schaltung ist in Bild 1 dargestellt.

Für die Dimensionierung des Betriebskondensators C_B gilt als Richtwert eine Kapazität von ca. $70 \mu\text{F}$ je 1 kW Leistung des ASM (bei 220 V , 50 Hz). Zusätzlich kann zur Verbesserung des Anlaufverhaltens ein Anlaufkondensator $C_A = 2 C_B$ parallel zu C_B geschaltet werden. Nach erfolgreichem Hochlauf muß dieser allerdings wieder abgeschaltet werden.

Für den Betrieb am Einphasen-Netz werden weiterhin spezielle Wechselstrom-ASM (Einphasen-ASM) angeboten. Dies sind entweder zweisträngige Motoren mit einem Haupt- und einem Hilfs-

strang, der über einen Betriebs- und evtl. Anlaufkondensator angeschlossen ist, oder Spaltpolmotoren.

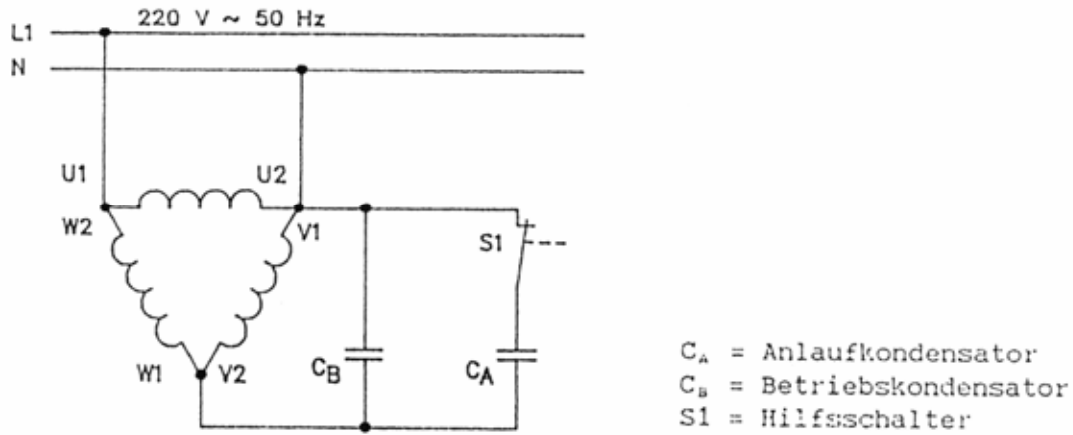


Bild 1: Steinmetzschaltung

Soll eine ASM, die am Drehstromnetz angeschlossen ist, im Generatorbetrieb arbeiten, ist der Läufer mechanisch mit einer Drehzahl anzutreiben, die größer als die Drehfelddrehzahl ist. Die Blindleistung, die die ASM zum Aufbau des magnetischen Feldes benötigt, wird aus dem Drehstromnetz bezogen.

Soll die ASM allein (im Inselbetrieb) als Generator arbeiten, sind Kondensatoren parallel zu schalten. Der Restmagnetismus des Eisens sorgt dafür, daß sich (bei ausreichend großen Kondensatoren) Selbsterregung einstellt.

2.2. Anschlußbezeichnung und Drehsinn

Dreiphasen-Maschinen besitzen drei Stränge mit den Kennbuchstaben U, V, W für deren Anschlüsse (Primärwicklung) (Bild 2). Für positive Drehrichtung gilt: Anschluß L1 an U1, L2 an V1 und L3 an W1.

Die Anschlüsse der Sekundärwicklung des Läufers sind mit K, L und M gekennzeichnet.

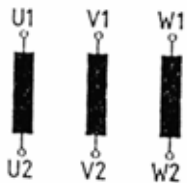


Bild 2: Dreiphasen-Asynchronmotor mit Käfigläufer (ASM/KL) in offener Schaltung, z.B. für Stern-Dreieck-Anlauf

2.3 Leistungsschild

Bild 3 gibt die Leistungsschilder der verwendeten Asynchronmaschinen wider. Sie enthalten die bei Bemessungsbetrieb zu gewährleistenden Daten.

Achtung: Durch die versuchsbedingten Eingriffe am Motor ändert sich die angegebene Schutzart zu einer niedrigeren Schutzart hin.

Typ 732 11	
3 ~ MOTOR	Nr. 200 26 984
Δ / Y 380 / 660 V	1.05 / 0,61 A
0.37 KW S 1	$\cos\phi$ 0.73
1400 U/min	50 Hz
V	
A	
Isol.-Kl. F	IP 54
t	
VDE 0530	

Typ 732 28 (732 33)	
3 ~ MOTOR	Nr. 200 26 988
Δ / Y 220 / 380 V	1.12 / 0.65 A
0.22 KW S 1	$\cos\phi$ 0.78
1400 U/min	50 Hz
V	
A	
ROTOR 100	1.5 A
Isol.-Kl. B	IP 44
t	
VDE 0530	

Bild 3: Leistungsschilder der eingesetzten Maschinen

2.4. Raumzeiger der Spannung - Meßschaltung

Die drei Stränge (Wicklungen) der Maschine a, b und c sind identisch ausgeführt und räumlich um 120° gegeneinander versetzt auf dem Umfang der Maschine angeordnet. Sie werden durch die im Bild 4 angegebenen drei Zeiger (Spulenachsen) a, b und c repräsentiert. Die Spannung U_U wird an Strang a, U_V an Strang b und U_W an Strang c angelegt.

Trägt man die Momentanwerte der Spannungen auf den Zeigern a, b und c ab, läßt sich durch vektorielle Addition der drei Zeiger ein resultierender Raumzeiger der Spannung bestimmen. In Abhängigkeit von der Zeit beschreibt dieser Zeiger einen bestimmten Verlauf. Dies ist ein Kreis, wenn die drei Spannungen sinusförmige sind, die gleiche Amplitude besitzen und 120° gegeneinander phasenverschoben sind. Weichen die Spannungen von diesem Idealverlauf ab, kann das an der Kurvenform (Ellipsen bei unterschiedlich großen Amplituden und Phasenverschiebungen) erkannt werden.

Die Meßschaltung in Bild 4 führt die vektorielle Addition der drei Spannungen so aus, dass sie auf einem Oszilloskop im x,y Mode dargestellt werden können.

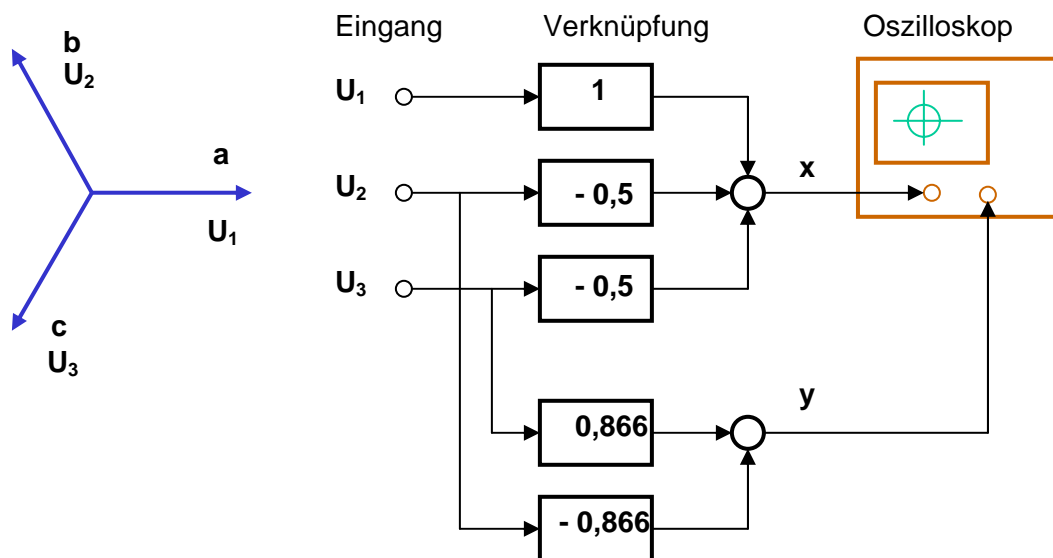


Bild 4: Meßschaltung zur Bestimmung des Raumzeigers der Spannung (Raumzeiger Indikator)

3. Kontrollfragen und Aufgabe

- Wie wird im ASM ein Drehfeld erzeugt?
- Skizzieren Sie die funktionale Abhängigkeit der Drehzahl n bzw. des Schlupfes s vom Moment M für ASM mit den folgenden Parametern (Betrieb am 50 Hz Netz).

p	2	4
M_K/M_N	2	2
M_S/M_N	1,2	1,2
M_A/M_N	1,8	1,9
M_N	2,5 Nm	2,5 Nm
s_N	0,05	0,05

Welche Kennwerte bezeichnen die angegebenen Formelzeichen?

- Welche Zusammenhänge bestehen zwischen der aufgenommenen Wirkleistung P_1 , der Blindleistung Q_1 , der Scheinleistung S_1 , dem Leistungsfaktor $\cos \varphi$, der abgegebenen Leistung P_2 und dem Wirkungsgrad η ?
- Wie arbeitet ein elektrodynamisches Wattmeter und wie wird es angeschlossen (Wechselstrom- und Drehstromkreis)?
- Welcher der beiden in 2.3. vorgestellten Motoren ist für Y/ Δ - Anlauf und welcher für den Betrieb an Wechselspannung 230 V (Steinmetzschtaltung) geeignet?
- Bestimmen Sie aus den Leistungsschilddaten in Bild 3 das Bemessungsmoment und die aufgenommene Leistung. Wie ändern sich der aufgenommene Strom und das abgegebene Moment bei Y/ Δ - Umschaltung für die Zeit des Betriebes in Y - Schaltung?
- Zeichnen Sie im beiliegenden Übungsblatt den Raumzeiger der Spannung ein.

4. Literaturhinweise

- [1] Fischer, R.: Elektrische Maschinen. Hanser-Verlag
- [2] Kremser, A.: Grundzüge elektrischer Maschinen und Antriebe. Teubner
- [3] Vogel, J.: Elektrische Antriebstechnik. Hüthig Verlag
- [4] Müller, G.: Elektrische Maschinen - Grundlagen, Aufbau und Wirkungsweise. Verlag Technik
- [5] Lämmerhirt, E.H.: Elektrische Maschinen und Antriebe. Hanser-Verlag

Literatur zur Meßtechnik z.B.:

- [6] Felderhoff, R.: Elektrische und elektronische Meßtechnik. Hanser

5. Geräte

Netzabnahmefeld 400 V

FI-Schalter

Motorschutzschalter

Sicherheitsbuchsen L1, L2, L3, N, PE

Magnetpulverbremse oder Pendelmaschine mit Steuergerät zur Anzeige der Drehzahl des Tachogenerators und Einstellung des Moments

Tachogenerator

2 Asynchronmaschinen

Leistungsmesser

2 Multimeter

kapazitive Last (verschiedene untereinander kombinierbare MP-Kondensatoren)

Schalter

Drucktaster

Stern Dreieck Schalter

Raumzeiger Indikator

Oszilloskop

6. Versuchsdurchführung

6.1. Aufnahme der Belastungskennlinien des ASM/SL in Sternschaltung

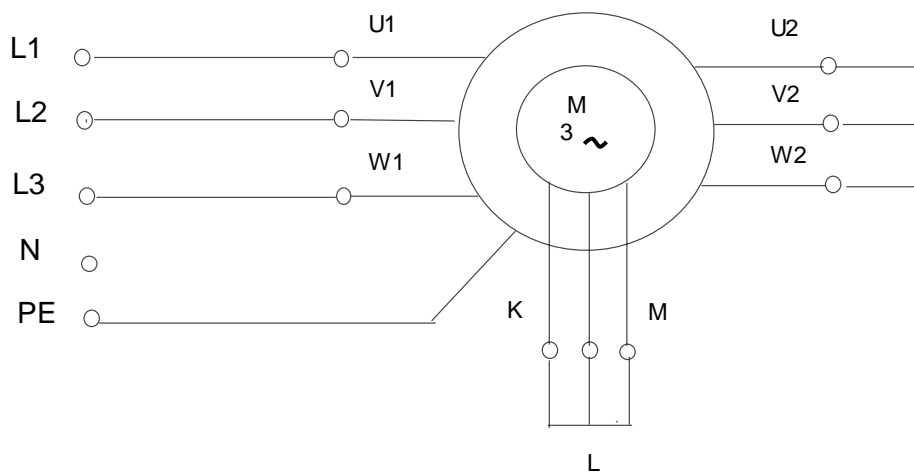


Bild 5: Stromlaufplan für den Anschluß der Maschine

- Wählen Sie den geeigneten Motor aus.
- Skizzieren Sie die Meßschaltung einschließlich Meßgeräten im Protokoll. Bauen Sie die Schaltung auf und lassen Sie unter Vorlage der Meßschaltung die Versuchsanordnung abnehmen.
- Messen Sie die Spannung, den Strom, die von der Maschine aufgenommene Leistung und die Drehzahl in Abhängigkeit von der Belastung der Maschine (Moment) für $M \leq 1,5 M_N$ einschließlich Meßpunkt bei $M = M_N$ (5 ... 6 Werte)

- Zeichnen Sie die Kennlinien für den Leiterstrom I_L , die von der Maschine aufgenommene Leistung P_1 , die abgegebene Leistung P , den Wirkungsgrad η , den Leistungsfaktor $\cos \varphi$, die Drehzahl n und den Schlupf s in Abhängigkeit vom Lastmoment in e i n Diagramm. Tragen Sie in das Kennlinienfeld das Bemessungsmoment, die Bemessungsdrehzahl und die Bemessungsleistung ein.

Auswahl: Bereiten Sie sich auf alle 3 Aufgaben vor.

Je nach Versuchsstand können von den folgenden 3 Aufgaben 2 ausgewählt und durchgeführt werden.

6.2. Steinmetzschaltung (Wahlversuch)

- Berechnen Sie die Größe des Anlauf- und des Betriebskondensators.
- Bauen Sie die Schaltung auf.
Schließen Sie den Betriebskondensator über einen Schalter und den Anlaufkondensator über einen Taster an.
Achtung : Auf den Kondensatoren kann sich noch Restladung befinden !
Verbinden Sie den Raumzeiger Indikator mit dem Motor und dem Oszilloskop.
Nehmen Sie die Schaltung nach Abnahme in Betrieb.
- Versuchsdurchführung
Anlauf: Am unbelastetem Motor ist zu prüfen, ob er bei zugeschaltetem Betriebskondensator ohne und mit Anlaufkondensator in der Lage ist, den Anlauf zu vollziehen.
Messen Sie den Strom vor dem Zuschalten des Anlaufkondensators und nach vollzogenem Hochlauf.
Beurteilen Sie den Verlauf des Raumzeigers.
Laufruhe: Nach vollzogenem Hochlauf ist zu prüfen, wie sich die (kurzzeitige) Zuschaltung des Anlaufkondensators auf die Laufruhe und die Größe des Stromes auswirkt.
Beurteilen Sie den Verlauf des Raumzeigers.
Belastbarkeit: Der laufende Motor wird mit einem Lastmoment $M = 0,7 \text{ Nm}$ belastet. Bestimmen Sie Drehzahl und Strom mit und ohne Betriebskondensator.
- Diskutieren Sie das ermittelte Verhalten (kurze schriftliche Darlegung) in Hinsicht auf Laufruhe, Belastbarkeit, Stromaufnahme und Form des sich aufbauenden Drehfeldes.

6.3. Stern-Dreieck-Umschaltung

- Wählen Sie den für Stern/Dreieck - Umschaltung geeigneten Motor aus!
Verschalten Sie den Motor unter Benutzung des Y/ Δ - Umschalters!
Lassen Sie die Schaltung überprüfen!
- Es sind für Stern- und Dreieckschaltung die Betriebskennlinien für die Drehzahl und den Strom in Abhängigkeit vom Moment zu bestimmen und in einem gemeinsamen Diagramm gegenüberzustellen.

Messen Sie dazu bei

- minimal einstellbarer Last
- $0,7 M_N$
- M_N
- M_K
- M_A

und ergänzen sie daraus die vollständigen Kennlinien.

Führen Sie die Messungen zum Kippmoment und zum Anlaufmoment möglichst zügig durch!
!

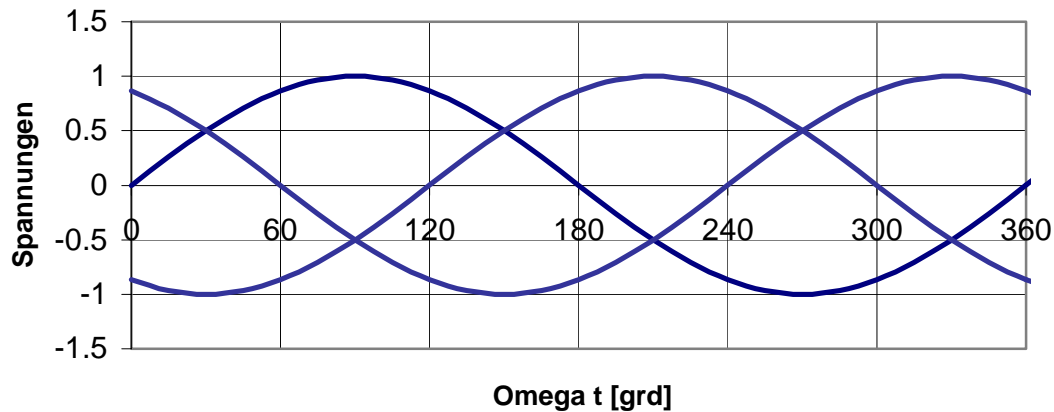
- Diskutieren Sie das Ergebnis in Bezug auf Stromaufnahme und Moment während des Anlaufs!

6.4. ASM als Generator

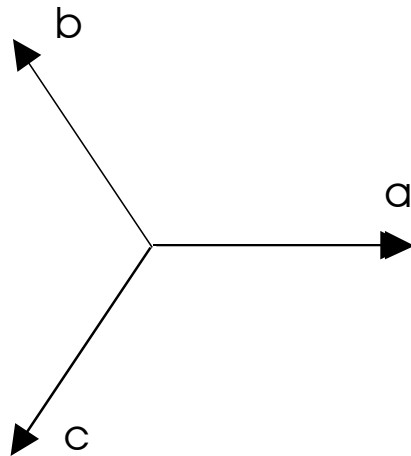
- Die ASM/SL wird als Motor und die ASM/KL als Generator betrieben.
Koppeln Sie mechanisch beide ASM miteinander.
Verschalten Sie die ASM/SL als Motor am Dreiphasennetz.
- Schalten Sie parallel zu der als Generator in Dreieckschaltung betriebenen Kurzschlußläufermaschine die Kondensatoren der kapazitiven Last in Dreieckschaltung.
Zur Bestimmung der Größe der Kondensatoren bestimmen Sie die im Motorbetrieb aufgenommene Blindleistung. Darauf aufbauend wird berechnet, wie groß bei einer Ausgangsspannung des Generators von 400 V die Kondensatoren sein müssen, damit sie die gleiche Blindleistung liefern.
Um einen sicheren Anlauf zu gewährleisten, wird mit dem doppelten Wert der berechneten Kapazität gearbeitet.
- Verschalten Sie ein Multimeter zur Messung der Ausgangsspannung.
Lassen Sie die Schaltung abnehmen.
- Bestimmen sie die generatorisch erzeugte Spannung ohne und mit Kondensatoren.

zu Versuch 2 - Grundlagen: **Asynchronmaschine**
Übungsaufgabe Raumzeiger

Spannungen (normiert) U_U , U_V und U_W im Dreiphasennetz



Spulenachsen a, b und c



Tragen Sie für die Winkel 0° , 30° , 60° und 90° den resultierenden Raumzeiger der Spannung in die Skizze der Spulenachsen ein.

- Übernehmen Sie dazu die Größe der Spannungen aus dem Diagramm $U(\omega t)$ und tragen Sie die Spannungen auf den dazugehörigen Achsen a, b bzw. c ab.
- Führen Sie die vektorielle Addition sowohl grafisch als auch nach der Meßschaltung von Bild 4 der Versuchsanleitung aus.

Auf welcher Kurve liegen die Endpunkte des Raumzeigers?