

Versuch Nummer ASM-3 :

A S Y N C H R O N M A S C H I N E (ASM)  
=====

BETRIEBSVERHALTEN - NETZBETRIEB - INSELBETRIEB

1. Ziel des Praktikums

In diesem Praktikum werden folgende Versuche durchgeführt:

1. Als Ergänzung zum Versuch ASM 2 wird im Netzbetrieb die Stromortskurve aufgenommen und ausgewertet.
2. Die Leerlaufkennlinie wird aufgenommen und daraus die, für den Inselbetrieb erforderliche Netzkapazität bestimmt.
3. Abschliessend wird das Generatorverhalten der ASM im Inselbetrieb untersucht.

Diese Praktikumsanleitung bezieht sich auf die Vorlesung "Grundzüge Elektrische Maschinen" von Prof. Dr. K. Reichert. Daraus werden folgende Kapitel als bekannt vorausgesetzt:

- Grundzüge Teil 1 : Kapitel 1 ; Einleitung
- Grundzüge Teil 1 : Kapitel 2 ; Grundgesetze
- Grundzüge Teil 2 : Kapitel 6 ; Asynchronmaschine

Als zusätzliche Literatur wird empfohlen:

- Fischer: "Elektrische Maschinen", C. Hanser-Verlag
- Bödefeld-Sequenz: "Elektrische Maschinen", Springer-Verlag

## 2. Theoretische Grundlagen

### 2.1 Leerlauf

In einer leerlaufenden ASM fließt kein Rotorstrom. Ein Leerlaufstrom im Stator baut das Drehfeld auf. Die Feldlinien können in zwei Gruppen aufgeteilt werden. Diejenigen, welche mit der Rotorwicklung verkettet sind bilden das Hauptfeld aus, die restlichen erzeugen ein Statorstreufeld.

Die magnetische Energie bei Leerlauf ist vor allem im Hauptfeld  $\Phi_h$  gespeichert, welches also das Statorjoch, den Luftspalt und das Rotoreisen durchsetzt.

Wird die magnetische Induktion  $B$ , welche proportional der angelegten Leerlaufspannung zu gross, sättigt das Eisen. Damit wird dessen magnetischer Leitwert kleiner. Das Resultat ist der nichtlineare Zusammenhang von Strom und Spannung.

Der Leerlaufversuch ergibt die Kennlinie  $U_1=f(I_1)$ , die Sättigungsverhältnisse sowie die Reaktanz  $X_1 = X_{1\sigma}+X_{1h}$ .

Der Betriebszustand Leerlauf kann auf zwei Arten erreicht werden:

1. Die Maschine läuft synchron mit dem Netz, der Rotorkreis ist geschlossen
2. Die Maschine steht still, die Rotorkreise sind offen

Die beiden Fälle unterscheiden sich in der Grösse der Eisenverluste, welche in diesem Versuch vernachlässigt werden.

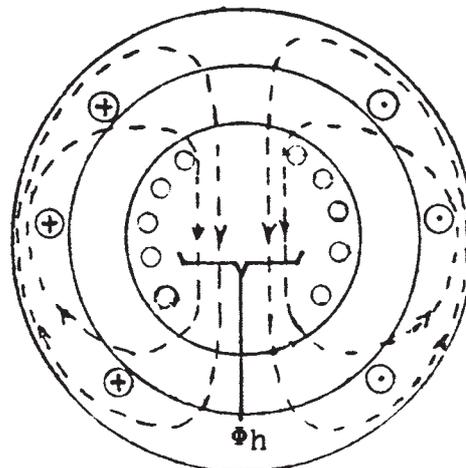


Bild 2.1 Feldlinienverlauf des Hauptfeldflusses

## 3.2 Messungen am starren Netz

### 3.2.1 Messung der Stromortskurve

Diese Messung dient zur Verifikation der im Versuch ASM 2 gerechneten Stromortskurve. Die Messung von Strömen nach Betrag und Phase ist nicht trivial und wird dadurch umgangen, dass Wirk- und Blindleistungen gemessen werden. Dies ist auch bei der Aufnahme der Stromortskurve der Fall. Gemessen wird in unserem Fall somit der Ossannakreis der Leistungen. Durch eine geeignete Skalierung der Kurve (Per-Unit\_Darstellung) kann das Resultat mit dem im Versuch ASM 2 berechneten, verglichen werden.

Damit die Maschine im linearen Bereich arbeitet, wird sie statorseitig mit der reduzierten Spannung von 110 Volt, welche über das Wahlnetz verfügbar ist, gespeist. Der Stator wird in Stern geschaltet.

Es muss sichergestellt werden, dass die Drehrichtung des Feldes mit der Drehrichtung der Antriebsmaschine übereinstimmt. Im aktiven und passiven Bereich der Maschine werden sodann die Betriebspunkte mit Hilfe der Gleichstrommaschine gefahren. Dabei muss die GM als fremderregte Maschine geschaltet werden. Neben der gegebenen Frequenz ist die Schlupffrequenz, die Wirk- und die Blindleistung aufzunehmen.

Damit jetzt ein direkter Vergleich mit den im ASM Versuch 2 gemachten Berechnungen möglich ist, müssen die gemessenen Leistungen mit der, auf 110 Volt und Sternschaltung umgerechneten Bezugsleistung, dividiert werden.

### 3.2.2 Leerlaufkennlinie

Die Leerlaufmessung dient zur Konstruktion der in Bild 2.6 gegebenen Graphik. Die Strangspannung wird in Funktion des Leiterstromes aufgenommen. Der Stator der Maschine wird in Dreieck geschaltet und von der ferngesteuerten Quelle, welche über das Wahlnetz verfügbar ist, gespeist.

Um Hystereseinflüsse zu eliminieren, soll die Messreihe im gesättigten Bereich bei einem Leerlaufstrom von maximal 10 [A] beginnen. Bei 380 [V] wird für die Berechnung der Kapazität der aufgenommene Blindstrom bestimmt.

### 3.3 Messung im Inselbetrieb

Für die Erregung der entregten Maschine, werden zwei Klemmen des kurzgeschlossenen Rotors geöffnet und über einen Vorwiderstand kurz mit 48 Volt gespeist. Dies geschieht mit Hilfe der roten Schaltkästchens

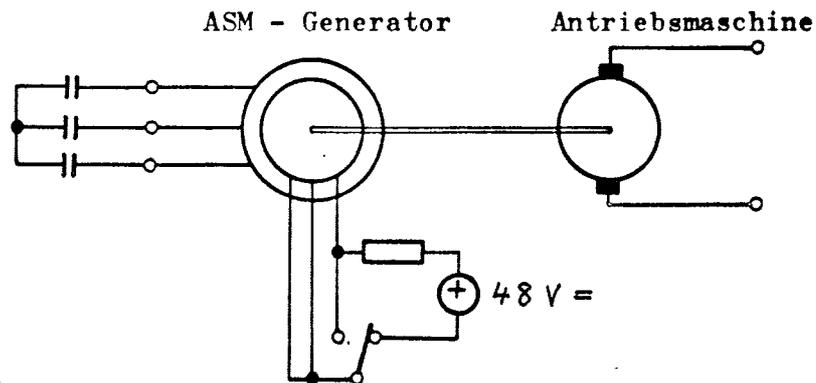


Bild 3.1 Erregung des Inselgenerators

Die Kapazität wird direkt mit dem Stator verbunden, damit die Messgeräte für die Messung des Laststroms frei werden. Der blaue Lastwiderstand wird an Stelle der 380 V Speisung an den Messgeräten vorgeschaltet.

## 4. Aufgabenstellungen

### 4.1 Vorbereitende Aufgaben

- Stromortskurve
1. Man bestimme die neue Bezugsleistung (Nennleistung) der 10 KVA Maschine, wenn sie mit 110 Volt an Stelle von 380 Volt gespeist wird und nicht in Dreieck sondern in Stern geschaltet ist.
  2. Wozu dient die Schlupfgerade ? Aus welchen Punkten wird sie vorzugsweise konstruiert ? Man überlege sich das Vorgehen, wenn sie mit Hilfe des Strahlensatzes aus den Punkten  $s=0.0$ ,  $s=1.0$  und  $s=.4$  konstruiert werden soll.

3. Wo liegt auf der Stromortskurve der Betriebspunkt  $s=0$ , wenn die Eisen- und primären Kupferverluste vernachlässigt werden können ?

- Inselbetrieb

1. Welche Bedingungen müssen für den Inselbetrieb erfüllt sein?
2. Wodurch wird die Spannung im Inselbetrieb begrenzt ?
3. Wie verhält sich die Klemmenspannung bei Speisung eines induktiven oder kapazitiven Verbrauchers.

#### 4.2 Experimenteller Teil

1. Man führe die Messung der Stromortskurve aus und zeichne diese in p.u. auf. Unter der Annahme, dass  $R_1 = R_2'$  ist sollen die Leistungsgerade, Momentengerade und die Schlupfgerade eingezeichnet werden. Das Kippmoment und der Kippschlupf können nun herausgemessen und in MKS - Grössen umgerechnet werden.
2. Mit Hilfe der variablen Quelle messe man die Leerlaufkennlinie und ermittle die erforderliche Kapazität C für 50 [Hz] und 380 [V].
3. Bei Ohmscher Last (blauer Widerstand), messe man die Statorfrequenz in Funktion des Lastwiderstandes ( $U/I$ ) bis zum Punkt der Entregung.
4. Man trage die Spannung in Funktion des Lastwiderstandes auf und skaliere die Kurve mit der Frequenz.
5. Man trage die Frequenz in Abhängigkeit des Lastwiderstandes auf.

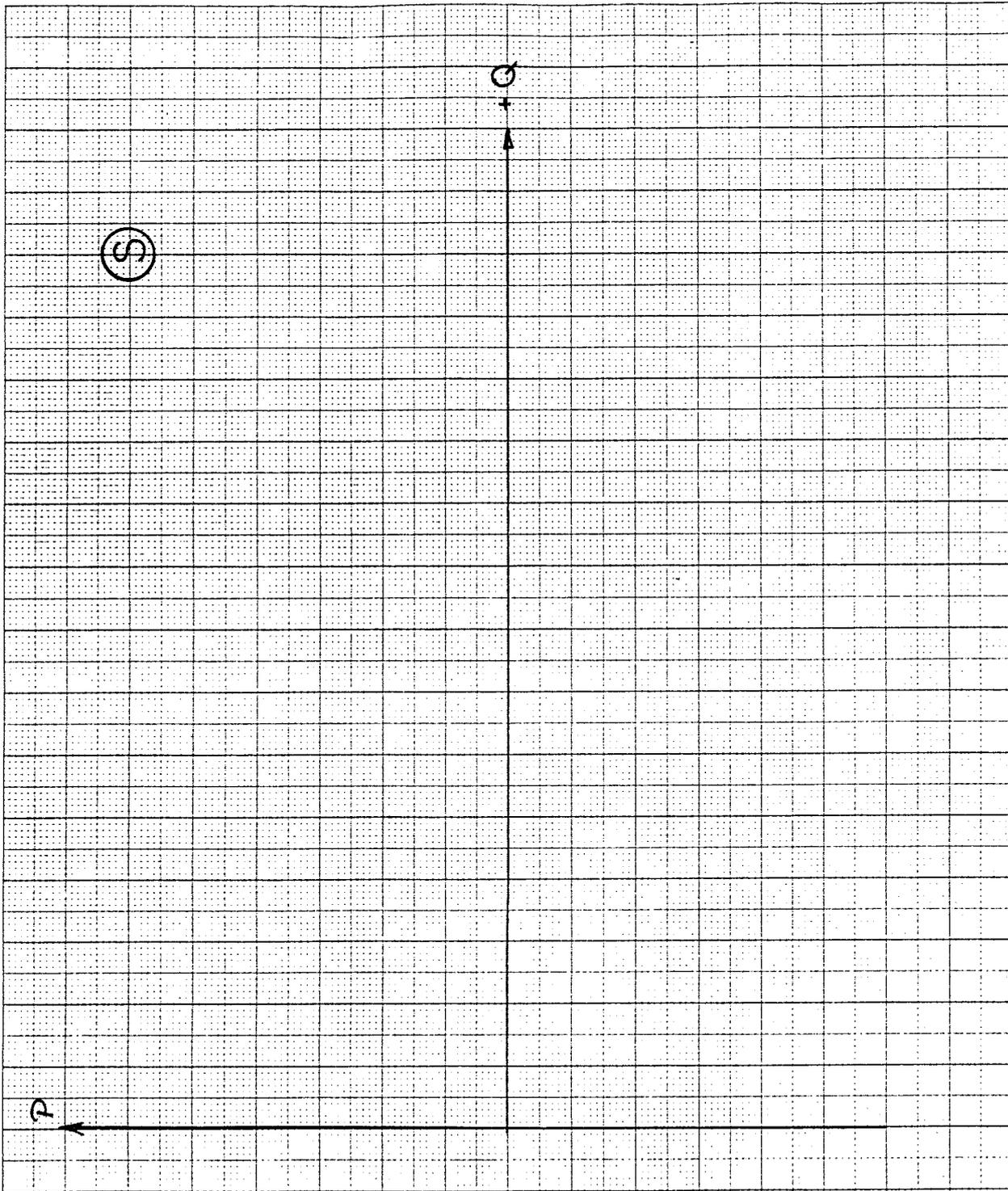
5. Messprotokolle

---

5.1 Stromortskurve

- Speisung 110 [V] auf der Wahlleitung
- Maschine in Sternschaltung
- Spannungswahlschalter auf Stellung "KL" (Klemmen)
- Spannungsbereichschalter wo nötig auf Stellung 110 [V]
- Feinregulierung der Schlupffrequenz über den Erregerstrom der Antriebsmaschine

DC Anker- spannung [V]	Frequenz f1=50 [Hz] f2 :	Schlupf s [pu]	Sb = ..... [VA]			
			P1	Q1	P1/Sb	Q1/Sb
220	- ...	...	...	...	...	...
220	- ...	...	...	...	...	...
220	- ...	...	...	...	...	...
220	0.0	...	...	...	...	...
220	+ ...	...	...	...	...	...
110	...	...	...	...	...	...
110	...	...	...	...	...	...
96	...	...	...	...	...	...
96	...	...	...	...	...	...
48	...	...	...	...	...	...
48	...	...	...	...	...	...
0	...	1.0	...	...	...	...
-220	...	2.0	...	...	...	...

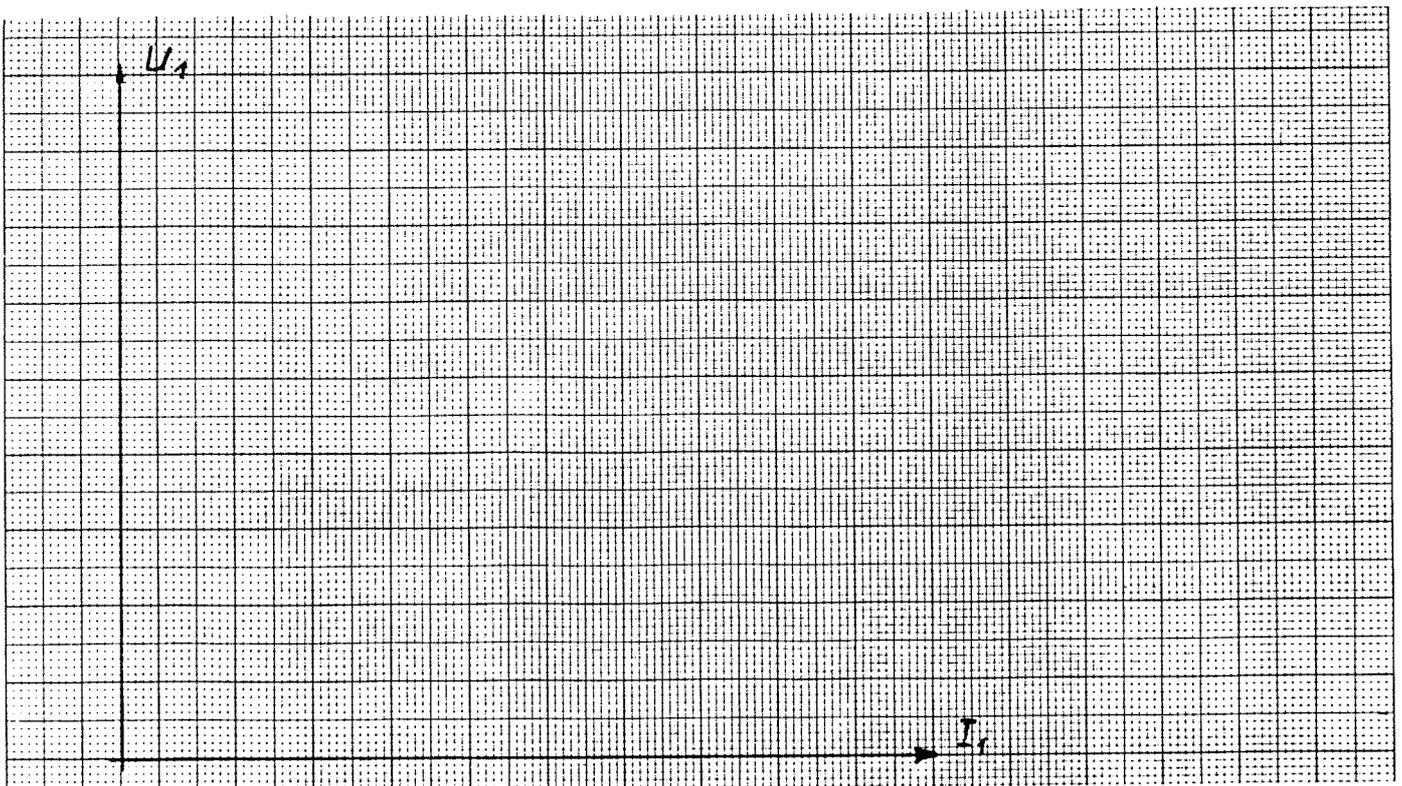


$M_k = \dots \dots \dots$  [Nm];  $s_k = \dots \dots \dots$  [pu]

5.2 Leerlaufmessung

- Variable Quelle auf der Wählleitung
- Stator in Dreieckschaltung

Leiterstrom [A]	Strangstrom I <sub>D</sub> [A]	Strangspannung [V]	Kapazitäten in Dreieck:
.....	.....	380.	
10	...	...	C = ----- = ...
9	...	...	
8	...	...	
7	...	...	
6	...	...	
5	...	...	Q = ... = ... [kVar]
4	...	...	
3	...	...	
2	...	...	
1	...	...	



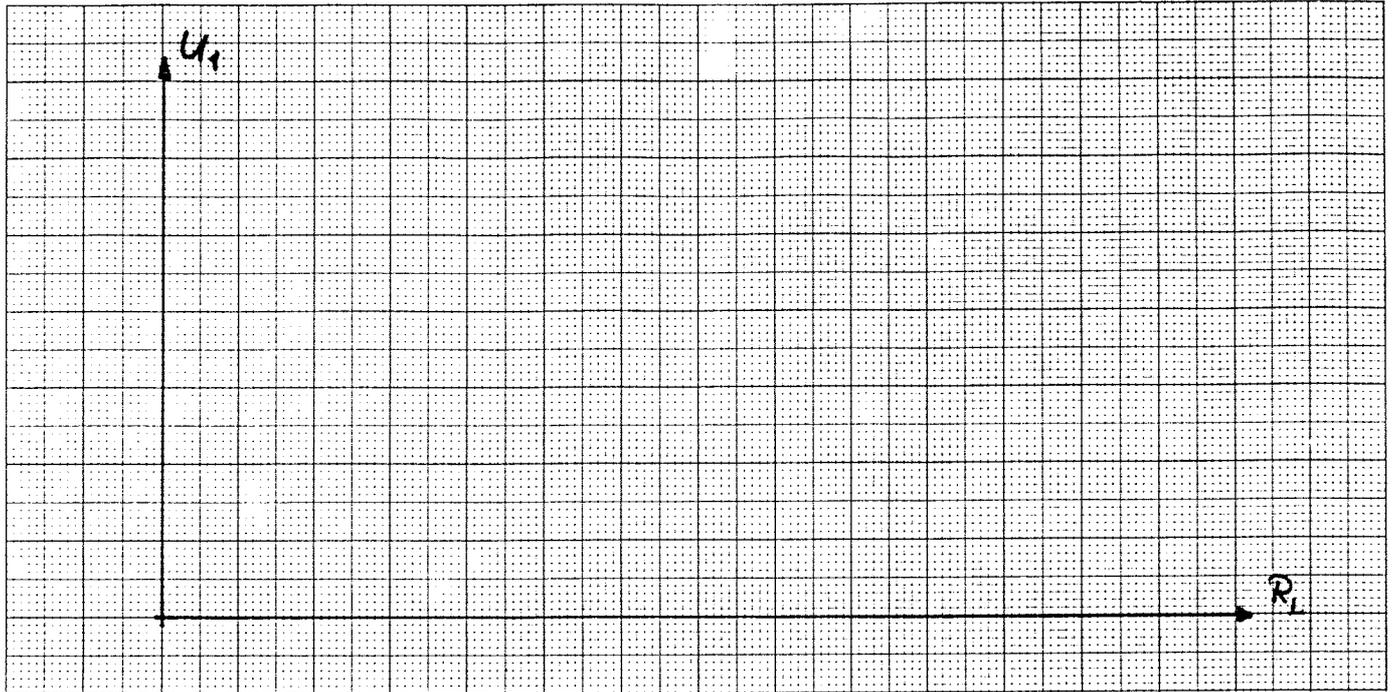
### 5.3 Belastung der Maschine im Inselbetrieb

- Kapazitätsschaltung an die Maschinenklemmen
- Blauer Widerstand an Stelle der Netzspeisung

Laststrom [A]	Spannung [V]	Frequenz [Hz]	Last R1 [Ohm]
1	...	...	...
2	...	...	...
3	...	...	...
4	...	...	...
5	...	...	...
6	...	...	...
7	...	...	...
8	...	...	...
9	...	...	...
10	...	...	...

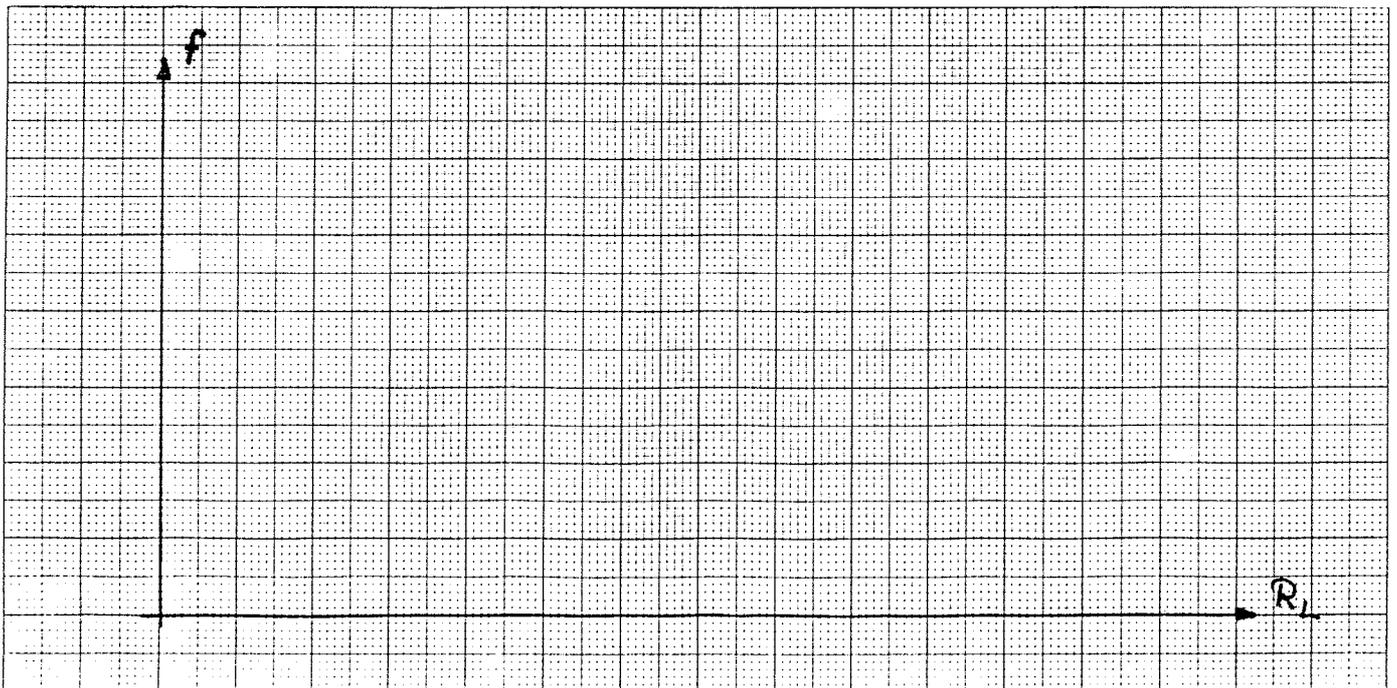
5.4 Spannung in Funktion des Lastwiderstandes

---



5.5 Frequenz in Funktion des Lastwiderstandes

---



$M_k = \dots \dots \dots = \dots \dots \dots$  [Nm];  $s_k = \dots \dots \dots$  [pu]