

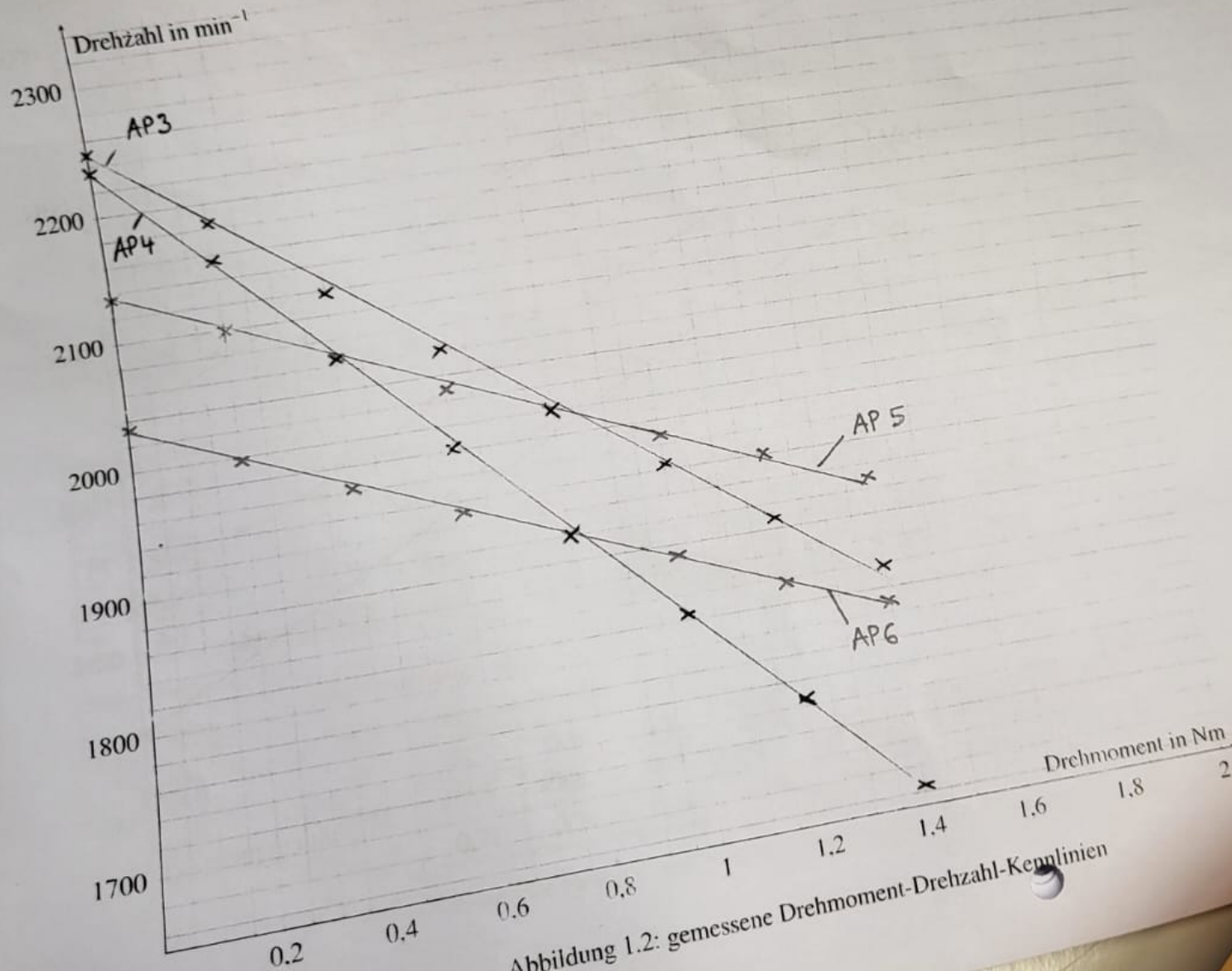


Abbildung 1.2: gemessene Drehmoment-Drehzahl-Kennlinien

Versuch 3 - Gleichstrommaschine



AP3	Ankervorwiderst.-Steuerung mit den vorgegeben Größen:									
M [Nm]	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6	
n [min ⁻¹]	2248	2183	2119	2060	2000	1946	1890	1839	/	
I_A [A]	0,06	0,3	0,53	0,74	0,96	1,18	1,4	1,6	/	

AP4	Ankervorwiderst.-Steuerung mit den vorgegeben Größen:									
M [Nm]	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6	
n [min ⁻¹]	2237	2147	2065	1981	1900	1827	1745	1665	/	
I_A [A]	0,075	0,3	0,51	0,74	0,95	1,18	1,4	1,62	/	

AP5	Ankerspannungs-Steuerung mit den vorgegeben Größen:									
M [Nm]	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6	
n [min ⁻¹]	2137	2099	2064	2030	2000	1969	1939	1913	/	
I_A [A]	0,06	0,3	0,52	0,742	0,96	1,18	1,4	1,6	/	

AP6	Ankerspannungs-Steuerung mit den vorgegeben Größen:									
M [Nm]	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6	
n [min ⁻¹]	2035	1997	1962	1928	1900	1868	1838	1810	1782	
I_A [A]	0,054	0,29	0,51	0,74	0,96	1,18	1,4	1,6	/	

Tabelle 1.2: Messtabelle für die Kennlinien des Steuerverfahrens aus Aufgabe 3 und 4.

Versuch 3 - Gleichstrommaschine

betriebsbereich werden, die
verschiedene werden, die

measure until
 $I_A < I_{AN}$ ⚡

	natürliche Kennlinie mit den vorgegeben Größen: $U_F = 220\text{ V}$, $U_A = 220\text{ V}$, $I_F = 0,3\text{ A}$											
M [Nm]	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,1
n [min ⁻¹]	2253	2217	2184	2153	2123	2095	2067	2040	/	/	/	/
I _A [A]	0,07	0,3	0,52	0,74	0,96	1,18	1,39	1,63	↗ $I_A > I_{AN}$	/	/	/

AP1	Feld - Steuerung (vary R _{VF} after setting torque) mit den vorgegeben Größen:											
M [Nm]	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,1
n [min ⁻¹]	2372	2333	2300	2265	2232	2200	2172	2143	/	/	/	/
I _A [A]	0,075	0,3	0,54	0,77	1	1,23	1,46	1,71	/	/	/	/

AP2	Feld - Steuerung mit den vorgegeben Größen:											
M [Nm]	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,1
n [min ⁻¹]	2453	2409	2370	2334	2299	2267	2241	2211	/	/	/	/
I _A [A]	0,06	0,32	0,56	0,79	1,03	1,27	1,52	1,78	/	/	/	/

	- Steuerung mit den vorgegeben Größen:											

Tabelle 1.1: Messtabelle für die natürliche Kennlinie, sowie der Kennlinien des Steuerverfahrens aus Aufgabe 2

Versuch 3 - Gleichstrommaschine

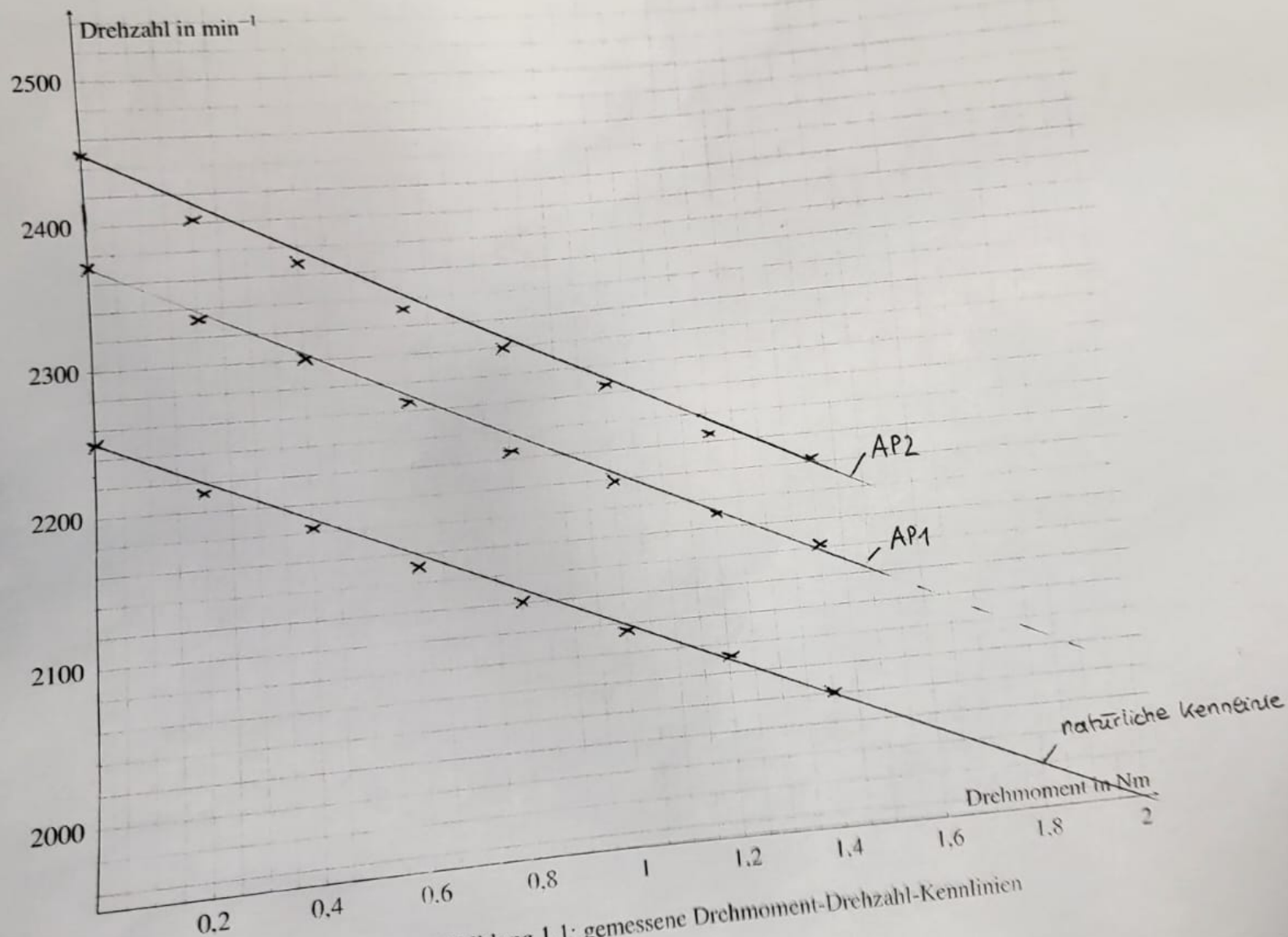


Abbildung 1.1: gemessene Drehmoment-Drehzahl-Kennlinien

Aufgabe 3.1: Auswertung und Eigenschaften des Steuerverfahrens

Nun soll das Steuerverfahren genauer betrachtet und ausgewertet werden.

- Bestimmen Sie für die drei Einstellungen (Kombinationen aus Erregerstrom/-Spannung und Ankerspannung/-Spannung, ggf. Vorwiderstände, einmal natürliche Kennlinie und beide Verläufe aus diesem Aufgabenteil) die mittleren Steigungen der Drehmoment-Drehzahl-Kennlinien und bestimmen Sie daraus die theoretischen Anlaufpunkte der Maschine.

$$AP3: a = \frac{1946 - 2248}{1 - 0} = -302$$

$$M = \frac{n_0}{302} = \frac{2248}{302} = 7,44 \text{ Nm}$$

$$AP4: a = \frac{1827 - 2237}{1 - 0} = -410$$

$$M = \frac{2237}{410} = 5,46 \text{ Nm}$$

- Wie heißt dieses Stellverfahren? Welche Steigungen haben Sie anhand Ihrer Vorbereitung erwartet?

Ankervorwiderstandsteuerung

$$a_{nat} > a_{AP3} > a_{AP4}$$

- Vergleichen Sie die berechneten Wirkungsgrade. Was sagen diese über das Steuerverfahren aus?

$$\eta_{\text{Nennpunkt}} > \eta_{AP3} \approx \eta_{AP4}$$

Wirkungsgrad wird bei diesem Steuerverfahren schlechter als im Nennpunkt, bleibt aber ca. konstant bei Änderung des Ankervorwiderst.

Aufgabe 2: Steuerverfahren: Feldsteuerung

Nun soll die Maschine in einem Arbeitspunkt API betrieben werden. Für diesen Arbeitspunkt soll gelten:

$$M_{API} = 0,4 \text{ Nm}$$

$$n_{API} = 2300 \text{ min}^{-1}$$

- Wie kann dieser Arbeitspunkt erreicht werden?

$M = 0,4$ einstellen, dann

R_{VF} erhöhen, bis 2300 min^{-1}

- Messen Sie alle für den Wirkungsgrad notwendigen Größen in diesem Arbeitspunkt.

$$(U_A = 220 \text{ V})$$

$$U_F = 197 \text{ V}$$

$$I_A = 0,54 \text{ A}$$

$$I_F = 0,25 \text{ A}$$

- Berechnen Sie den Wirkungsgrad η_{API} für den Arbeitspunkt API.

$$\eta_{API} = \frac{0,4 \text{ Nm} \cdot 2\pi \cdot 2300 \cdot \frac{1}{60} \text{ s}^{-1}}{197 \text{ V} \cdot 0,25 \text{ A} + 220 \text{ V} \cdot 0,54 \text{ A}} = 57,3 \%$$

- Nehmen Sie für diesen Betriebszustand die Drehmoment-Drehzahl-Kennlinie ab dem Leerlaufpunkt auf.
Der Anker-Strom darf auch hier nicht größer als der Nennstrom werden. Tragen Sie ihre Messergebnisse in Tabelle (1.1) auf Seite 11 ein und zeichnen Sie die Kennlinie in Diagramm (1.1) auf Seite 13 ein.
Achten Sie darauf, dass beim Einzeichnen zu erkennen ist, was zu welcher Messung gehört.

Aufgabe 4 (Zusatz): Steuerverfahren: Ankerspannungssteuerung

Die Maschine soll nun nochmals in den Arbeitspunkten AP3 und AP4 betrieben werden. Allerdings soll ein anderes Steuerverfahren zum Einsatz kommen. Zur Unterscheidung werden dafür AP5 und AP6 verwendet mit:

$$M_{AP5} = M_{AP3} = 0,8 \text{ Nm}$$

$$n_{AP5} = n_{AP3} = 2000 \text{ min}^{-1}$$

und

$$M_{AP6} = M_{AP4} = 0,8 \text{ Nm}$$

$$n_{AP6} = n_{AP4} = 1900 \text{ min}^{-1}$$

- Welches andere Steuerverfahren kann verwendet werden?

Ankerspannungssteuerung

- Messen Sie alle für die Berechnung der Wirkungsgrade η_{AP5} und η_{AP6} nötigen Werte und berechnen Sie diese.

$$\begin{aligned} \text{AP5: } U_A &= 208 \text{ V} & \left(\begin{array}{l} U_F = 220 \text{ V} \\ I_F = 0,3 \text{ A} \end{array} \right) \\ I_A &= 0,97 \text{ A} \end{aligned}$$

$$\eta_{AP5} = \frac{0,8 \text{ Nm} \cdot 2\pi \cdot 2000 \cdot \frac{1}{60} \text{ s}^{-1}}{208 \text{ V} \cdot 0,97 \text{ A} + 220 \text{ V} \cdot 0,3 \text{ A}} = 62,57\%$$

$$\begin{aligned} \text{AP6: } U_A &= 200 \text{ V} & \eta_{AP6} &= 64,7\% \\ I_A &= 0,9 \text{ A} \end{aligned}$$

- Messen Sie auch hierfür die Drehmoment-Drehzahl-Kennlinie ab dem Leerlaufpunkt und tragen Sie die Messergebnisse in Tabelle (1.2) ein.
Achten Sie darauf, dass der Anker-Strom seinen Nennwert nicht überschreitet.
- Zeichnen Sie die gemessenen Werte in Diagramm (1.2) auf Seite 14 ein.
Achten Sie darauf, dass man erkennen kann, welche Werte zu welcher Messung gehören.
- Vergleichen Sie dieses Steuerverfahren mit dem aus der vorherigen Aufgabe.

Versuch 3 - Gleichstrommaschine

Nun soll diese Messung für einen weiteren Arbeitspunkt (AP4) wiederholt werden. Dieser ist gegeben durch:

$$M_{AP4} = 0,8 \text{ Nm}$$

$$n_{AP4} = 1900 \text{ min}^{-1}$$

- Bringen Sie die Maschine mit dem selben Stellverfahren wie bei AP3 nun in den Arbeitspunkt AP4. Messen Sie alle für die Berechnung des Wirkungsgrads η_{AP4} notwendigen Größen.

$$U_A = 198 \text{ V}$$

$$I_A = 0,95 \text{ A}$$

$$\begin{pmatrix} U_F = 220 \text{ V} \\ I_F = 0,3 \text{ A} \end{pmatrix}$$

- Berechnen Sie den Wirkungsgrad η_{AP4} .

$$\eta_{AP4} = \frac{0,8 \text{ Nm} \cdot 2\pi \cdot 1900 \cdot \frac{1}{60} \text{ s}^{-1}}{198 \text{ V} \cdot 0,95 \text{ A} + 220 \text{ V} \cdot 0,3 \text{ A}} = 62,64 \%$$

- Messen Sie auch hierfür die Drehmoment-Drehzahl-Kennlinie ab dem Leerlaufpunkt und tragen Sie die Messergebnisse in Tabelle (1.2) ein.
Achten Sie darauf, dass der Anker-Strom seinen Nennwert nicht überschreitet.
- Zeichnen Sie die gemessenen Werte in Diagramm (1.2) auf Seite 14 ein.
Achten Sie darauf, dass man erkennen kann, welche Werte zu welcher Messung gehören.

Aufgabe 2.1: Auswertung und Eigenschaften des Steuerverfahrens

Nun soll das Steuerverfahren genauer betrachtet und ausgewertet werden.

- Bestimmen Sie für die drei Einstellungen (Kombinationen aus Erregerstrom/-Spannung und Ankerspannung/-Spannung, ggf. Vorwiderstände) jeweils die mittleren Steigungen der Drehmoment-Drehzahl-Kennlinien und bestimmen Sie daraus die theoretischen Anlaufpunkte der Maschine.

AP1:

$$\text{Steigung: } a = \frac{2095 - 2253}{1 - 0} = -158 \frac{1}{\text{Nm} \cdot \text{min}}$$

$$n = -158 \cdot M + n_0 \quad n=0$$

$$M = \frac{n_0}{158} = 14,26 \text{ Nm}$$

$$\text{AP2: } a = \frac{2200 - 2372}{1 - 0} = -172 \frac{1}{\text{Nm} \cdot \text{min}}$$

$$n = -172 \cdot M + n_0$$

$$\rightarrow M = \frac{2372}{172} = 13,8 \text{ Nm}$$

$$\text{AP3: } a = \frac{2267 - 2453}{1 - 0} = -186 \frac{1}{\text{Nm} \cdot \text{min}}$$

$$M = \frac{2453}{186} = 13,19 \text{ Nm}$$

- Wie heißt dieses Stellverfahren? Welche Steigungen haben Sie anhand Ihrer Vorbereitung erwartet?

Feldsteuerung

$$a_{\text{nat}} > a_{\text{AP1}} > a_{\text{AP2}}$$

- Vergleichen Sie die berechneten Wirkungsgrade. Was sagen diese über das Steuerverfahren aus?

$$\eta_{\text{Nennpunkt}} > \eta_{\text{AP2}} > \eta_{\text{AP1}}$$

Wirkungsgrad wird für höhere Drehzahlen besser, bleibt aber schlechter als der Wirkungsgrad im Nennpunkt

Versuch 3 - Gleichstrommaschine

Nun soll diese Messung für einen weiteren Arbeitspunkt (AP2) wiederholt werden. Dieser ist gegeben durch:

$$M_{AP2} = 0,4 \text{ Nm}$$

$$n_{AP2} = 2370 \text{ min}^{-1}$$

- Bringen Sie die Maschine mit dem selben Stellverfahren wie bei AP1 nun in den Arbeitspunkt AP2. Messen Sie alle für die Berechnung des Wirkungsgrades η_{AP2} notwendigen Größen.

$$(U_A = 220 \text{ V})$$

$$U_F = 175 \text{ V}$$

$$I_A = 0,55 \text{ A}$$

$$I_F = 0,21 \text{ A}$$

- Berechnen Sie den Wirkungsgrad η_{AP2} .

$$\eta_{AP2} = \frac{0,4 \text{ Nm} \cdot 2\pi \cdot 2370 \cdot \frac{1}{60} \text{ s}^{-1}}{220 \text{ V} \cdot 0,55 \text{ A} + 175 \text{ V} \cdot 0,21 \text{ A}} = 62,9 \%$$

- Messen Sie auch hierfür die Drehmoment-Drehzahl-Kennlinie ab dem Leerlaufpunkt und tragen Sie die Messergebnisse in Tabelle (1.1) ein.
Achten Sie darauf, dass der Anker-Strom seinen Nennwert nicht überschreitet.
- Zeichnen Sie die gemessenen Werte in Diagramm (1.1) auf Seite 13 ein.
Achten Sie darauf, dass man erkennen kann, welche Werte zu welcher Messung gehören.

Aufgabe 2: Steuerverfahren: Feldsteuerung

Nun soll die Maschine in einem Arbeitspunkt API betrieben werden. Für diesen Arbeitspunkt soll gelten:

$$M_{API} = 0,4 \text{ Nm}$$

$$n_{API} = 2300 \text{ min}^{-1}$$

- Wie kann dieser Arbeitspunkt erreicht werden?

$M = 0,4$ einstellen, dann

R_{VF} erhöhen, bis 2300 min^{-1}

- Messen Sie alle für den Wirkungsgrad notwendigen Größen in diesem Arbeitspunkt.

$$(U_A = 220 \text{ V})$$

$$U_F = 197 \text{ V}$$

$$I_A = 0,54 \text{ A}$$

$$I_F = 0,25 \text{ A}$$

- Berechnen Sie den Wirkungsgrad η_{API} für den Arbeitspunkt API.

$$\eta_{API} = \frac{0,4 \text{ Nm} \cdot 2\pi \cdot 2300 \cdot \frac{1}{60} \text{ s}^{-1}}{197 \text{ V} \cdot 0,25 \text{ A} + 220 \text{ V} \cdot 0,54 \text{ A}} = 57,3 \%$$

- Nehmen Sie für diesen Betriebszustand die Drehmoment-Drehzahl-Kennlinie ab dem Leerlaufpunkt auf.
Der Anker-Strom darf auch hier nicht größer als der Nennstrom werden. Tragen Sie ihre Messergebnisse in Tabelle (1.1) auf Seite 11 ein und zeichnen Sie die Kennlinie in Diagramm (1.1) auf Seite 13 ein.
Achten Sie darauf, dass beim Einzeichnen zu erkennen ist, was zu welcher Messung gehört.

Aufgabe 4 (Zusatz): Steuerverfahren: Ankerspannungssteuerung

Die Maschine soll nun nochmals in den Arbeitspunkten AP3 und AP4 betrieben werden. Allerdings soll ein anderes Steuerverfahren zum Einsatz kommen. Zur Unterscheidung werden dafür AP5 und AP6 verwendet mit:

$$M_{AP5} = M_{AP3} = 0,8 \text{ Nm}$$

$$n_{AP5} = n_{AP3} = 2000 \text{ min}^{-1}$$

und

$$M_{AP6} = M_{AP4} = 0,8 \text{ Nm}$$

$$n_{AP6} = n_{AP4} = 1900 \text{ min}^{-1}$$

- Welches andere Steuerverfahren kann verwendet werden?

Ankerspannungssteuerung

- Messen Sie alle für die Berechnung der Wirkungsgrade η_{AP5} und η_{AP6} nötigen Werte und berechnen Sie diese.

$$\begin{aligned} \text{AP5: } U_A &= 208 \text{ V} & \left(\begin{array}{l} U_F = 220 \text{ V} \\ I_F = 0,3 \text{ A} \end{array} \right) \\ I_A &= 0,97 \text{ A} \end{aligned}$$

$$\eta_{AP5} = \frac{0,8 \text{ Nm} \cdot 2\pi \cdot 2000 \cdot \frac{1}{60} \text{ s}^{-1}}{208 \text{ V} \cdot 0,97 \text{ A} + 220 \text{ V} \cdot 0,3 \text{ A}} = 62,57\%$$

$$\begin{aligned} \text{AP6: } U_A &= 200 \text{ V} & \eta_{AP6} &= 64,7\% \\ I_A &= 0,9 \text{ A} \end{aligned}$$

- Messen Sie auch hierfür die Drehmoment-Drehzahl-Kennlinie ab dem Leerlaufpunkt und tragen Sie die Messergebnisse in Tabelle (1.2) ein.
Achten Sie darauf, dass der Anker-Strom seinen Nennwert nicht überschreitet.
- Zeichnen Sie die gemessenen Werte in Diagramm (1.2) auf Seite 14 ein.
Achten Sie darauf, dass man erkennen kann, welche Werte zu welcher Messung gehören.
- Vergleichen Sie dieses Steuerverfahren mit dem aus der vorherigen Aufgabe.

Versuch 3 - Gleichstrommaschine

Nun soll diese Messung für einen weiteren Arbeitspunkt (AP4) wiederholt werden. Dieser ist gegeben durch:

$$M_{AP4} = 0,8 \text{ Nm}$$

$$n_{AP4} = 1900 \text{ min}^{-1}$$

- Bringen Sie die Maschine mit dem selben Stellverfahren wie bei AP3 nun in den Arbeitspunkt AP4. Messen Sie alle für die Berechnung des Wirkungsgrads η_{AP4} notwendigen Größen.

$$U_A = 198 \text{ V}$$

$$I_A = 0,95 \text{ A}$$

$$\begin{pmatrix} U_F = 220 \text{ V} \\ I_F = 0,3 \text{ A} \end{pmatrix}$$

- Berechnen Sie den Wirkungsgrad η_{AP4} .

$$\eta_{AP4} = \frac{0,8 \text{ Nm} \cdot 2\pi \cdot 1900 \cdot \frac{1}{60} \text{ s}^{-1}}{198 \text{ V} \cdot 0,95 \text{ A} + 220 \text{ V} \cdot 0,3 \text{ A}} = 62,64 \%$$

- Messen Sie auch hierfür die Drehmoment-Drehzahl-Kennlinie ab dem Leerlaufpunkt und tragen Sie die Messergebnisse in Tabelle (1.2) ein.
Achten Sie darauf, dass der Anker-Strom seinen Nennwert nicht überschreitet.
- Zeichnen Sie die gemessenen Werte in Diagramm (1.2) auf Seite 14 ein.
Achten Sie darauf, dass man erkennen kann, welche Werte zu welcher Messung gehören.

Aufgabe 2.1: Auswertung und Eigenschaften des Steuerverfahrens

Nun soll das Steuerverfahren genauer betrachtet und ausgewertet werden.

- Bestimmen Sie für die drei Einstellungen (Kombinationen aus Erregerstrom/-Spannung und Ankerspannung/-Spannung, ggf. Vorwiderstände) jeweils die mittleren Steigungen der Drehmoment-Drehzahl-Kennlinien und bestimmen Sie daraus die theoretischen Anlaufpunkte der Maschine.

AP1:

$$\text{Steigung: } a = \frac{2095 - 2253}{1 - 0} = -158 \frac{1}{\text{Nm} \cdot \text{min}}$$

$$n = -158 \cdot M + n_0 \quad n=0$$

$$M = \frac{n_0}{158} = 14,26 \text{ Nm}$$

$$\text{AP2: } a = \frac{2200 - 2372}{1 - 0} = -172 \frac{1}{\text{Nm} \cdot \text{min}}$$

$$n = -172 \cdot M + n_0$$

$$\rightarrow M = \frac{2372}{172} = 13,8 \text{ Nm}$$

$$\text{AP3: } a = \frac{2267 - 2453}{1 - 0} = -186 \frac{1}{\text{Nm} \cdot \text{min}}$$

$$M = \frac{2453}{186} = 13,19 \text{ Nm}$$

- Wie heißt dieses Stellverfahren? Welche Steigungen haben Sie anhand Ihrer Vorbereitung erwartet?

Feldsteuerung

$$a_{\text{nat}} > a_{\text{AP1}} > a_{\text{AP2}}$$

- Vergleichen Sie die berechneten Wirkungsgrade. Was sagen diese über das Steuerverfahren aus?

$$\eta_{\text{Nennpunkt}} > \eta_{\text{AP2}} > \eta_{\text{AP1}}$$

Wirkungsgrad wird für höhere Drehzahlen besser, bleibt aber schlechter als der Wirkungsgrad im Nennpunkt