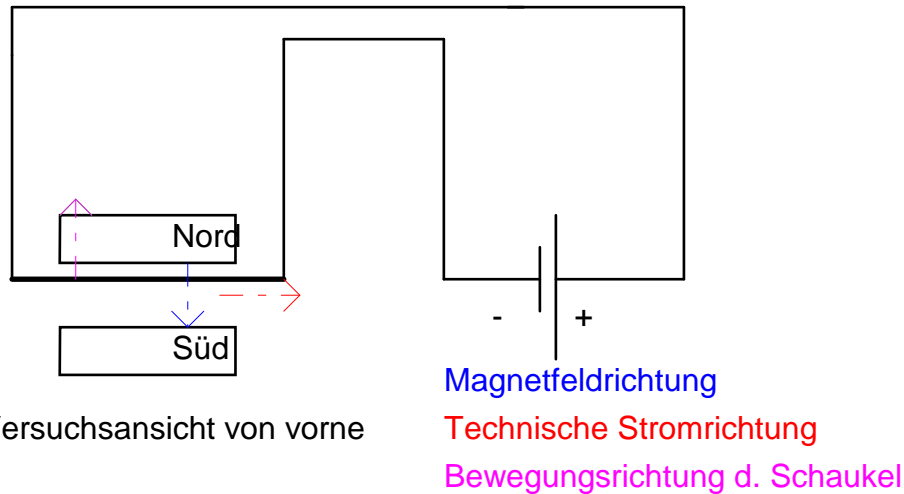


Die Lorentzkraft

Versuch:



Versuchsansicht von vorne

Magnetfeldrichtung

Technische Stromrichtung

Bewegungsrichtung d. Schaukel

Eine Leiterschaukel befindet sich in einem Magnetfeld eines Hufeisenmagneten.

Beobachtung:

Fließt durch die Leiterschaukel elektrischer Strom, so bewegt sich die Leiterschaukel.

Ergebnis:

Das Magnetfeld bewirkt auf den stromdurchflossenen Leiter eine Kraft, die senkrecht zur Magnetfeldrichtung

und senkrecht zur technischen Stromrichtung steht. Diese Kraft wird als Lorentz-Kraft bezeichnet.

Wie kann man die Bewegungsrichtung der Leiterschaukel bei bekannter technischer Stromrichtung und bekannter Richtung des Magnetfeldes vorhersagen?

Legt man den Daumen in die Richtung der technischen Stromrichtung, und den Zeigefinger in die Richtung des Magnetfelds, dann zeigt der Mittelfinger die Bewegungsrichtung der Leiterschaukel an. (UVW-Regel oder zweite **rechte Handregel**)

Elektromotorisches Prinzip:

Investiert man elektrische Energie, dann erhält man unter Vermittlung eines Magnetfeldes kinetische Energie.

Anmerkung:

Die zweite Handregel besitzt in der Fachliteratur noch einen zweiten Namen:

Ursache (für die Kraftwirkung) ist der elektrische Stromfluss, der durch den Daumen angezeigt wird.

Vermittlung durch das Magnetfeld wird durch den Zeigefinger angezeigt.

Wirkung der Kraft wird durch den Mittelfinger angezeigt.

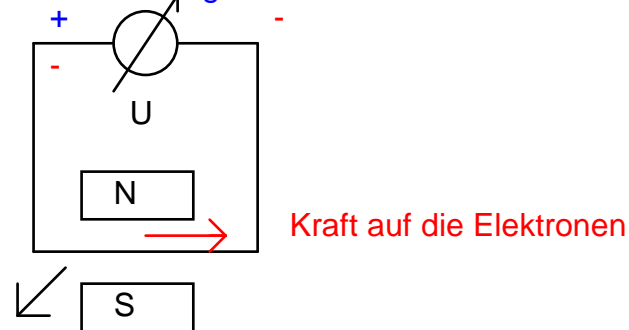
Daher bezeichnet man die zweite Handregel auch als UVW-Regel

Das Generatorprinzip:

Versuchsbeschreibung:

Eine Leiterschaukel wird durch ein homogenes Magnetfeld bewegt und an ihren Enden wird ein Spannungsmessgerät angeschlossen.

Elektronenmangel Elektronenüberschuss



Bewegungsrichtung der Leiterschaukel

Beobachtung:

Bewegt man die Leiterschaukel aus dem Magnetfeld heraus, dann misst man eine Spannung.

Begründung:

Durch Leiterschaukelbewegung werden dort befindlichen Elektronen aus dem Magnetfeld heraus bewegt. Nach der UVW-Regel folgt, dass die Elektronen dadurch eine Kraft von links nach rechts erfahren. => Daher werden die

Elektronen beschleunigt.

Der Elektromotor

Bisher an der Leiterschaukel erkannt:

- Man kann mit Hilfe eines Magnetfelds die elektrische Energie in kinetische Energie umwandeln.

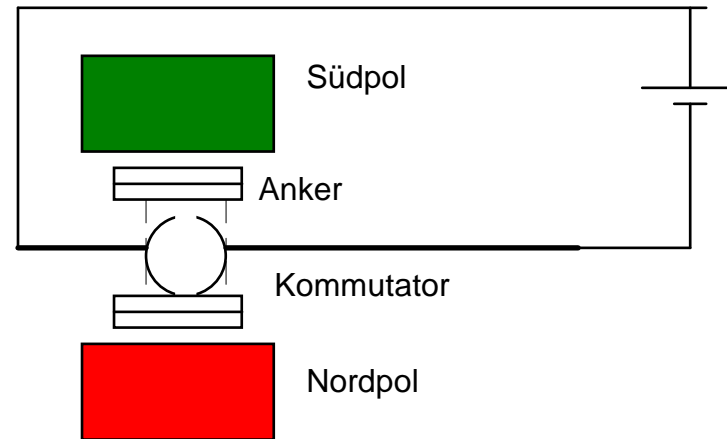
Technisches Problem der Leiterschaukel:

- Die Bewegung der Leiterschaukel hört mit dem Austritt der Leiterschaukel aus dem Magnetfeld auf.

Lösung des Problems:

Ein drehbar gelagerter, fest installierter Leiter kann das Magnetfeld nicht verlassen. => Man ersetzt die Schaukel durch einen Rotor.

Bauteile eines Elektromotors:

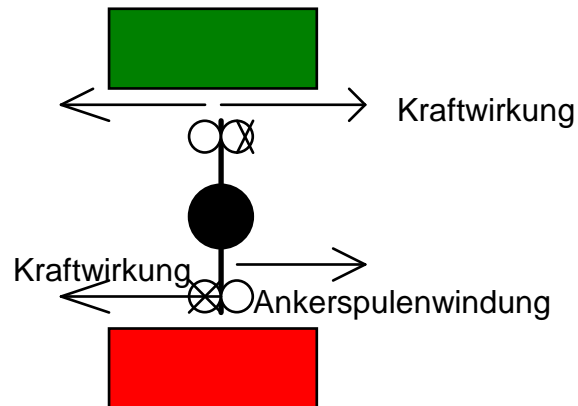


- Permanentmagnet
- Kommutator (Umpolung der Stromrichtung). Er besteht aus zwei isolierten Halbringen, die aus Messing sind und damit leitende Oberfläche besitzen
- Drehbar gelagerter Anker, der von Spule umwickelt ist.
- Schleifkontakte am Kommutator, auch Bürsten genannt, in unserem Modell zwei Kohlestifte.

Der Totpunkt eines Elektromotors:

Bei der Betrachtung des Kommutators und des Ankers fällt auf, dass der Kommutatorschlitz senkrecht zu den Spulenwindungen steht. Der Grund dafür ist der sogenannte Totpunkt des Elektromotors:

Skizze:



Steht der Anker so im Magnetfeld, dass die Spulenwindungen senkrecht zum Magnetfeld stehen, dann heben sich die wirkenden Kräfte auf => Stehenbleiben des Motors. (Totpunkt)

Daher wird im Totpunkt der Strom kurz abgeschaltet, damit der Motor weiterdreht. => Der Schlitz des Kommutators muss senkrecht zu den Spulenwindungen stehen. Im Totpunkt wird die Spannung umgepolt.

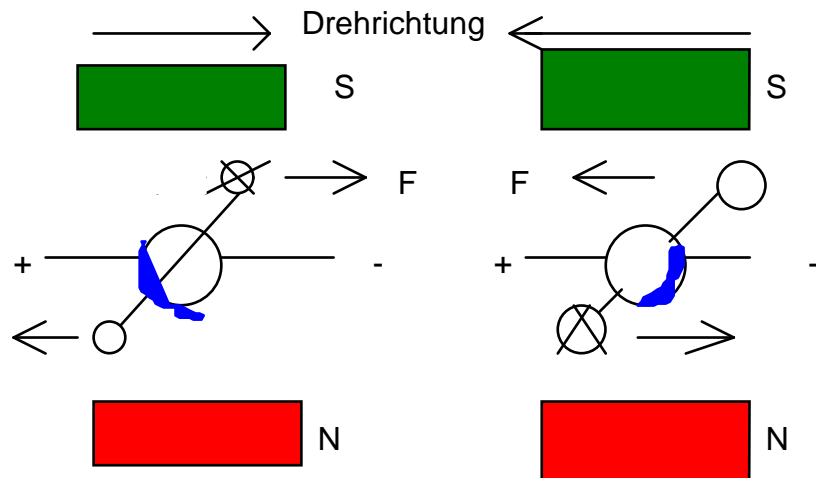
Untersuchung zur Totpunktstellung

Bisher erkannt:

Der Motor bleibt an der Totpunktstellung stehen, d.h. wenn die Windungen des Ankers senkrecht zu den Magnetfeldlinien stehen.

Grund für das Stehenbleiben des Motors:

Dazu betrachten wir den Motor erst ohne Kommutator:



Ohne Kommutator wechselt der Motor bei Überschreiten der Totpunktstellung seine Drehrichtung.

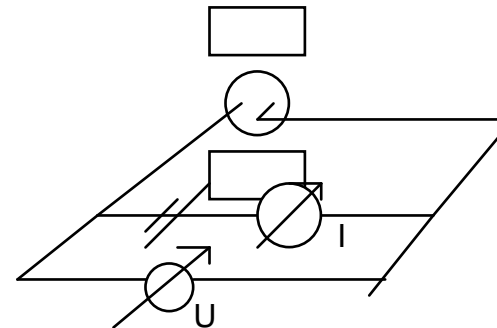
=> Pendelbewegung um die Totpunktstellung bis zum Stillstand.

Merksatz:

Der Kommutator hat die Aufgabe den Totpunkt zu überwinden. Durch das Umpolen der Stromrichtung sorgt er dafür, dass der Drehsinn des Motors sich nicht ändert, wenn der Anker die Totpunktstellung überschreitet.

Quantitative Beschreibung des Elektromotors:

Versuch:



Messdaten:

Vor Betriebsbeginn	Während des Betriebs
U=6,0 V	U=6,0 V
I=1,14 A	I=0,50 A

Ziel: Aus den Messdaten soll der Wirkungsgrad des

Motors bestimmt werden.

Wirkungsgrad:

$$\eta = \frac{P_{\text{nutz}}}{P_{\text{auf}}} = \frac{P_{\text{Betrieb}}}{P_{\text{vor}}} = \frac{U \cdot I_{\text{Betrieb}}}{U \cdot I_{\text{vor}}} = \frac{I_{\text{Betrieb}}}{I_{\text{vor}}}$$

$$\eta = \frac{0,50 \text{ A}}{1,14 \text{ A}} = 0,44 = 44 \%$$

Warum sinkt die Stromstärke während des Betriebs ab?

Die Stromstärke sinkt einerseits aufgrund des erhöhten Widerstands, der sich wegen der Reibung innerhalb des Leiters erhöht.

Andererseits sinkt die Stromstärke während des Betriebs ab, weil durch die Drehbewegung der Leiterschleife (Spule) in dem Magnetfeld ein Strom induziert wird, der entgegen des ursprünglichen Stromes wirkt. (Regel von Lenz)

Induktion im ruhenden Leiter

Versuch

Neben eine Spule, die an eine Stromquelle angeschlossen ist, wird eine zweite Spule gestellt, die nur mit einem Spannungsmessgerät verbunden ist.

Die erste Spule wird zunächst mit Gleichstrom und im Anschluss mit Wechselstrom betrieben.

Beobachtung:

Im ersten Fall misst man an der zweiten Spule nur dann eine Spannung, wenn die Stromquelle ein- bzw. ausgeschaltet wird.

Im zweiten Fall registriert man eine Spannung an der zweiten Spule, solange die Stromquelle in Betrieb ist.

Erklärung:

Fall 1 -Verwendung von Gleichstrom für den Betrieb der ersten Spule:

Beim Einschalten baut sich aufgrund des einsetzenden Stromflusses ein Magnetfeld um die erste Spule auf.

Dessen Änderung verursacht in der zweiten Spule einen Stromfluss.

Ist die Stromquelle und das Magnetfeld der ersten Spule vollständig aufgebaut, dann ändert sich die Stärke des Magnetfeld nicht und in der zweiten Spule wird keine Spannung gemessen.

Fall 2 - Verwendung von Wechselstrom

Der Wechselstrom ändert ständig die Richtung des Stromflusses. Daher ändert sich ebenfalls ständig die Richtung des Magnetfeldes der ersten Spule und somit auch dessen Stärke. Daher misst man an der zweiten Spule eine permanente Wechselspannung.

Merksatz:

Ändert sich das Magnetfeld der Spule, die an die Stromquelle angeschlossen ist, dann wird in der zweiten Spule, die nicht an der Stromquelle angeschlossen ist, eine Spannung induziert. Der erste Spule wird als Primärspule bezeichnet, die zweite Spule ist die Sekundärspule.

Der Transformator

Steckt man zwei Spulen mit unterschiedlichen Windungen auf ein Eisenjoch (U-Kern), dann entsteht ein Transformator.

Versuch:

Auf der Primärseite befindet sich eine Spule mit 300 Windungen

Auf der Sekundärseite befindet sich eine Spule mit 600 Windungen.

$$\frac{n_S}{n_P} = \frac{600}{300} = 2$$

Messung der Spannung auf der Primärseite und der Sekundärseite:

U_P	2,00 V	4,00 V	6,00 V	8,00 V
U_S	4,00 V	8,00 V	12,0 V	16,0 V
$\frac{U_S}{U_P}$	2	2	2	2

Vergleicht man das Verhältnis der Windungszahlen mit dem Verhältnis der Spannungen, dann stellt man fest, dass diese Verhältnisse gleich groß sind.

Merksatz: Transformatorgleichung:

$$\frac{U_S}{U_P} = \frac{n_S}{n_P}$$

S: Sekundär und P: Primär

n: Windungsanzahl und U: Spannung

Stromleitung

Im 19. Jahrhundert wurde diskutiert, ob man zur Stromleitung entweder Gleichstrom oder Wechselstrom verwenden sollte. Die erste Stromleitung in Bayern wurde von Oskar von Miller konzipiert. Diese bestand aus einer 80 km langen Stromleitung vom Mangfalltal nach München.

Modell 1: Gleichstromversorgung

Technische Daten: Spannung $U=220\text{ V}$

Widerstand der Leitung: $R=40\text{ Ohm}$

Ziel: Aus diesen Daten soll der Wirkungsgrad der Leitung bestimmt werden.

Lösung:

1. Berechnung der Stromstärke:

$$R = \frac{U}{I} \Rightarrow I = \frac{U}{R} = \frac{220\text{ V}}{40\ \Omega} = 5,5\text{ A}$$

2. Berechnung der aufgewandten Leistung:

$$P = UI = 220\text{ V} \cdot 5,5\text{ A} = 1210\text{ VA} = 1210\text{ W} = 1,2\text{ kW}$$

3. Berechnung der Verlustleistung:

Durch die Elektronenbewegung durch den Leiter kommt es aufgrund von Reibungseffekten der Elektronen im Leiter zu einer Erwärmung des Leiters und damit zu einem Verlust an elektrischer Leistung.

=> Erhöhung des elektrischen Widerstands um 20 Ohm.

$$I = \frac{U}{R} = \frac{220\text{ V}}{20\ \Omega + 40\ \Omega} = \frac{220\text{ V}}{60\ \Omega} = 3,67\text{ A}$$

$$P_V = U \cdot I = 220\text{ V} \cdot 3,67\text{ A} = 807\text{ VA} = 807\text{ W}$$

4. Schritt: Berechnung der Nutzleistung:

$$P_{Nutz} = P - P_V$$

$$P_{Nutz} = 1200\text{ W} - 807\text{ W}$$

$$P_{Nutz} = 393\text{ W}$$

5. Berechnung des Wirkungsgrades:

$$\eta = \frac{P_{Nutz}}{P} = \frac{393\text{ W}}{1200\text{ W}} = 0,33 = 33\%$$

=> Wirkungsgrad einer Gleichstromleitung ist gering und daher technisch nicht sinnvoll.

Die Wechselstrom-Übertragung

Alternative:

Vom Kraftwerk wird eine Spannung von 360 V und einer Stromstärke von 63 A geliefert. Dieser Strom wird durch einen Transformator mit einem Übersetzungsverhältnis von 1:100 Windungen beim Einspeisevorgang transformiert. Die Stromleitung besitzt einen Widerstand von 1000 kOhm. Bestimme aus diesen Daten den Wirkungsgrad der Stromleitung.

Lösung:

1. Schritt: Berechnung der Gesamtleistung

$$P = UI = 360V \cdot 63A = 22680W$$

2. Schritt: Berechnung der Spannung auf der Sekundärseite:

$$\frac{U_s}{U_p} = \frac{n_s}{n_p} \Rightarrow U_s = U_p \cdot \frac{n_s}{n_p}$$

$$U_s = 360V \cdot \frac{100}{1} = 36000V$$

3. Schritt: Stromstärke in der Stromleitung:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{36000V}{500000\Omega} = 0,072A$$

4. Schritt: Leistung des Widerstands (Verlustleistung)

$$P_V = UI = 36000V \cdot 0,072A = 2592W$$

5. Schritt: Nutzleistung bestimmen:

$$P_{Nutz} = 22680W - 2592W = 20088W$$

6. Schritt: Wirkungsgrad bestimmen:

$$\eta = \frac{P_{Nutz}}{P} = \frac{20088W}{22680W} = 0,9 = 90\%$$

Stromleitung

Im 19. Jahrhundert wurde diskutiert, ob man zur Stromleitung entweder Gleichstrom oder Wechselstrom verwenden sollte. Die erste Stromleitung in Bayern wurde von Oskar von Miller konzipiert. Diese bestand aus einer 80 km langen Stromleitung vom Mangfalltal nach München.

Modell 1: Gleichstromversorgung

Technische Daten: Spannung $U=220\text{ V}$

Widerstand der Leitung: $R=40\text{ Ohm}$

Ziel: Aus diesen Daten soll der Wirkungsgrad der Leitung bestimmt werden.

Lösung:

1. Berechnung der Stromstärke:

$$R = \frac{U}{I} \Rightarrow I = \frac{U}{R} = \frac{220\text{ V}}{40\ \Omega} = 5,5\text{ A}$$

2. Berechnung der aufgewandten Leistung:

$$P = UI = 220\text{ V} \cdot 5,5\text{ A} = 1210\text{ VA} = 1210\text{ W} = 1,2\text{ kW}$$

3. Berechnung der Verlustleistung:

Durch die Elektronenbewegung durch den Leiter kommt es aufgrund von Reibungseffekten der Elektronen im Leiter zu einer Erwärmung des Leiters und damit zu einem Verlust an elektrischer Leistung.

=> Erhöhung des elektrischen Widerstands um 20 Ohm.

$$I = \frac{U}{R} = \frac{220\text{ V}}{20\ \Omega + 40\ \Omega} = \frac{220\text{ V}}{60\ \Omega} = 3,67\text{ A}$$

$$P_V = U \cdot I = 220\text{ V} \cdot 3,67\text{ A} = 807\text{ VA} = 807\text{ W}$$

4. Schritt: Berechnung der Nutzleistung:

$$P_{Nutz} = P - P_V$$

$$P_{Nutz} = 1200\text{ W} - 807\text{ W}$$

$$P_{Nutz} = 393\text{ W}$$

5. Berechnung des Wirkungsgrades:

$$\eta = \frac{P_{Nutz}}{P} = \frac{393\text{ W}}{1200\text{ W}} = 0,33 = 33\%$$

=> Wirkungsgrad einer Gleichstromleitung ist gering und daher technisch nicht sinnvoll.

Die Wechselstrom-Übertragung

Alternative:

Vom Kraftwerk wird eine Spannung von 360 V und einer Stromstärke von 63 A geliefert. Dieser Strom wird durch einen Transformator mit einem Übersetzungsverhältnis von 1:100 Windungen beim Einspeisevorgang transformiert. Die Stromleitung besitzt einen Widerstand von 1000 kOhm. Bestimme aus diesen Daten den Wirkungsgrad der Stromleitung.

Lösung:

1. Schritt: Berechnung der Gesamtleistung

$$P = UI = 360V \cdot 63A = 22680W$$

2. Schritt: Berechnung der Spannung auf der Sekundärseite:

$$\frac{U_s}{U_p} = \frac{n_s}{n_p} \Rightarrow U_s = U_p \cdot \frac{n_s}{n_p}$$

$$U_s = 360V \cdot \frac{100}{1} = 36000V$$

3. Schritt: Stromstärke in der Stromleitung:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{36000V}{500000\Omega} = 0,072A$$

4. Schritt: Leistung des Widerstands (Verlustleistung)

$$P_V = UI = 36000V \cdot 0,072A = 2592W$$

5. Schritt: Nutzleistung bestimmen:

$$P_{Nutz} = 22680W - 2592W = 20088W$$

6. Schritt: Wirkungsgrad bestimmen:

$$\eta = \frac{P_{Nutz}}{P} = \frac{20088W}{22680W} = 0,9 = 90\%$$

