

Energy Converter

Die Lageenergie von 1 kg in 1 Meter Höhe soll möglichst weitgehend in elektrischer Energie eines Kondensators umgewandelt werden.

Die Umwandlung erfolgt über einen Dynamo.

Es ist klar, dass die Abwärtsbewegung langsam erfolgen muss, da am Ende sonst ein großer Teil als kinetische Energie vorliegt.

Lageenergie $W = m g h = 9,81 \text{ J}$

Energie eines Kondensators: $W = \frac{1}{2} C U^2$

Die Energie, die von einer elektrischen Quelle aufgebracht wird ist $W = Q U$, die Energie eines Kondensators ist $W = \frac{1}{2} Q U$, nur die Hälfte wird also in Energie des Kondensators umgewandelt.

$$\rightarrow U = \sqrt{\frac{W}{C}} = 313 \text{ V}$$

Dies stellt die theoretisch erreichbare Obergrenze dar.

Grundgedanke ist, mit dem Gewicht (1 kg) einen Dynamo anzutreiben. Die Spannung des Dynamos gibt man auf einen Transformator um die Spannung zu vergrößern.

Diese Spannung wird dann mit einer Graetzschaltung gleichgerichtet. Man erhält einen pulsierenden Gleichstrom der Form $U(t) = |U_0 \sin \omega t|$

Die Graetzschaltung und der Kondensator sind auf eine kleine Platine montiert.

Bisher durchgeführte Versuche

Der Dynamo (bronzegelagert) wird mit der Hand bewegt,

Der Trafo enthält Spulen mit 150 und 12 000 Windungen (3,26 kOhm).

b

Untersucht man die Spannungen mit einem Oszilloskop (ohne Graetzschaltung), so werden auf der Primärseite 0,6 V auf der Sekundärseite etwa 60 V als Spitzenspannung gemessen.

Schließt man über die Graetzschaltung den Kondensator an und parallel dazu ein Messgerät (hochohmig 10 MOhm), so scheint sich die Spannung mit jedem Drehen zu vergrößern.

Dreht man jedoch mit etwa konstanter Geschwindigkeit, so bleibt nach einiger Zeit die Spannung bei ca. 120 V. Diese kann nur vergrößert werden, wenn man die Drehgeschwindigkeit vergrößert.

→ Einerseits muss man beachten, dass es eine bestimmte Zeit braucht die Maximalspannung (in Abhängigkeit von f) zu erreichen.

→ Andererseits ist die Spannung um so größer, je größer die Drehgeschwindigkeit ist.

Um die Abhängigkeiten von verschiedenen Parametern zu untersuchen, simuliert man das Problem.

Es ist wichtig, dass man einen „guten“ Kondensator hat, es gibt viele Kondensatoren, die einen großen Leckstrom haben.

Folgende weiteren Messungen wurden durchgeführt:

- 1.) Der Dynamo wird ohne Trafo und weitere Belastung betrieben (mit unserem Kugellager und der Schnur, 1 kg) Die Wechselfrequenz bleibt in einem relativ breiten zeitlichen Bereich zwar nicht konstant, aber man hat den Eindruck, dass sie in einem weiten Bereich konstant ist. → Folie. Spitze ca 6 V.
- 2.) Man misst die Primärspannung, wenn der Kondensator und der Trafo angeschlossen sind. Es stellt sich heraus, dass dann die Spannung auf der Primärseite wesentlich geringer ist. Spitze etwa 2-3 V. → Folie.
- 3.) Es wurde die Ströme im Primär und Sekundärkreis durch Spannungsabfall an einem Widerstand gemessen. $I_1 = 0,7 \text{ A}$ (Spitze) $I_2 = 0,007 \text{ A}$ sekundär.

Modell I

Zunächst wird die Spannung, die auf den Kondensator gegeben wird, als gegeben angesehen. Rückwirkungen über den Transformator auf den Dynamo werden zunächst nicht berücksichtigt.

Die Amplitude der gelieferten Spannung sei $U_0 = 100 \text{ V}$.

Die Spannung von der Graetzschaltung hat dann den Verlauf $U(t) = |U_0 \sin \omega t|$

$$\begin{aligned} \text{Es ist} \quad U(t) &= |U_0 \sin \omega t| = I R + U_C = I R + Q / C && \text{also} \\ I(t) &= |U_0 \sin \omega t| - Q(t) / C && \text{Außerdem ist} \\ Q(t+dt) &= Q(t) + I(t) dt \\ U_C &= Q(t+dt) / C \end{aligned}$$

Dies ist schon fast das Möbius-Programm.

Die Simulation ergibt:

Je kleiner ω (im Programm statt ω) ist, um so stärker sind Schwankungen.

Je größer der Widerstand R ist, um so länger dauert es bis 95 % des Endwertes erreicht sind. Mit größerem R wird die Schwankung um den Gleichgewichtswert kleiner.

Je kleiner ω ist um so schneller geht die Annäherung an den Endwert, die Schwankung um diesen ist aber größer.

Es scheint nicht zweckmäßig, den Kondensator zu variieren, da er fest vorgegeben ist

Das so gezeigte Verhalten stimmt mit den Experimenten überein. (Langsames Ansteigen, kaum Schwankungen)

Dieses Verhalten wird auch in der Formel über die Welligkeit zum Teil wiedergegeben.

(siehe Dorn-Bader S 87)

$$\frac{DU}{U} = \frac{T}{2RC}$$

Auch in dieser Formel sieht man, dass die Welligkeit abnimmt, wenn R oder f ($f = 1/T$) größer wird. $\rightarrow K1$

(Modell II scheint mir aber jetzt nicht mehr so wichtig)

Man nimmt jetzt an, dass die erzeugte Spannung proportional zu f bzw. $\omega = 2\pi f$ ist.

Verluste im Transformator, Rückwirkungen auf den Generator werden auch jetzt nicht berücksichtigt.

Zunächst arbeitet man mit der Annahme, dass die ω linear wächst $\omega = \alpha t$

Die maximale Drehfrequenz wird gleich gelassen.

Wenn α variiert wird, muss also die Zeit und damit dt (bei konstanten 8000 Iterationen) entsprechend verändert werden. $t_{\max} = 100 / \alpha$, $dt = t_{\max} / 8000$.

So erreicht man immer wieder die gleiche Drehfrequenz f (bei uns $\omega = 100/\text{s}$, $f = 17 \text{ Hz}$)

Ergebnisse:

Hat man großes α (8, 2, 0,8) erreicht der Kondensator nicht seine Maximalspannung. Dies ist verständlich, da rasch hohe Spannungen erreicht werden und der Kondensator mit seiner Aufladung nicht nachkommt.

Es spielt aber keine Rolle, ob α 0,1 oder 0,05 ist, die erreichte Spannung bleibt gleich (etwa 640 V)

$\rightarrow L1, L2$

Manchmal erscheinen merkwürdige Resonanzerscheinungen? $L3$

Verändert man den Widerstand R ($R = 2000 \text{ Ohm}$ statt 13 kOhm), so treten bei $\alpha = 0,8$ merkwürdige Resonanzen auf, $\rightarrow L4$

Bei kleinen α -Werten 0,02 wird dies noch stärker ausgeprägt. $L4a$. Wahrscheinlich ist durch das langsame Ansteigen der Zustand des Kondensators gegenüber der momentan anliegenden Spannung empfindlicher?

Arbeitet man mit einer quadratischen Zunahme ($\omega = \alpha t^2$), so erreicht bei 13 kOhm der Kondensator nicht mehr seine Endspannung. $\rightarrow L5$

Versuch einer Energie bzw. Leistungsbilanz

mgv ist die Leistung, die durch den fallenden Körper geliefert wird

Diese setzt sich um

in ohmsche Verluste (Wärme) im Widerstand R_1 $I_1^2 R_1$

in ohmsche Verluste im Widerstand R_2 $I_2^2 R_2$

in mechanische Leistung zum Beschleunigen des drehende Körpers $J \omega \alpha$
(Ableitung von $\frac{1}{2} J \omega^2$)

in elektrische Leistung $1/C Q I$ (Ableitung von $\frac{1}{2} Q^2 / C$)

also $mg v = I_1^2 R_1 + I_2^2 R_2 + 1/C Q I_2 + J \omega \alpha$

Der Widerstand des Dynamos ist $2,2 \Omega$, die Spule hat z.B. $0,8 \Omega$. Insgesamt also primärseitig 3 Ohm

Die Sekundärspule hat (Phywe) 3560 Ohm .

Der Primärstrom hat etwa $0,7 \text{ A}$ Scheitelspannung

Die Sekundärseite hat $0,007 \text{ A}$ Scheitelspannung.

Die Größe der Spannung ist überraschenderweise fast unabhängig von der Drehfrequenz, dagegen hängt die Periodendauer davon ab.

Nimmt man einen dünneren Stab verkleinert sich die Form und die Größe des Stromes.

Im Mittel gilt:

Mittelwert von $I_1^2 R_1 = (0,7\text{A})^2 / 1,41 \cdot 3 \Omega = 1,04 \text{ W}$, Die Division durch $1,41$ entspricht dem Effektivwert des Stromes (zeitlich gemittelt über eine Periode)

$I_2^2 R_2 = (0,007 \text{ A})^2 / 1,41 \cdot 3560 \Omega = 0,124 \text{ W}$

$1/C Q I_2$ für $Q/C = 100 \text{ V}$ dann $1/C Q I_2 = 100\text{V} \cdot 0,007 \text{ A} = 0,7 \text{ W}$,

Die primärseitige Leistung wurde bei einem ähnlichen Versuch zu

$P = (0,7 \text{ A})^2 / 1,41 \cdot 3 \text{ Ohm}$ gemessen.

mgv ist für $v = 0,1 \text{ m/s}$ die Leistung 1 W .

Gedanke: man kann vor den Kondensator noch eine Diode setzen, so dass er sich nicht entladen kann.

$$mg v = U_0^2 \omega / (R_1 \cdot 1,41) + U_0^2 \omega n_v^2 / R_2$$

Es ist

$$v = r \omega,$$

Wenn $\alpha = 0$ dann $mg v = 1,04 \text{ W} + 0,027 \text{ W} + 0,5 \text{ W} = 1,57 \text{ W}$

oder $mg v = (U_0 \omega / R_1)^2 / 1,41 R_1 + ((U_0 \omega - U_c) / n_v)^2 / (1,41 R_2) + U_c I_2$

$$mg v = (U_0 \omega / R_1)^2 / 1,41 R_1 + I_2^2 R_2 + U_c I_2$$

Energy Converter

Für den Energy Converter gibt es bis jetzt 4 Lösungsansätze. Hier muss man meiner Meinung nach zuerst alle Möglichkeiten andenken und dann die Prioritäten setzen (funktionell oder originell).

1. Über eine senkrechte Führung fällt das Gewicht auf eine mit Piezoelementen zugepflasterte Fläche (einige hundert Piezoelemente wie sie z. B. in einfacher Ausführung in Feuerzeugen vorkommen). Der relativ hohe Spannungsspeak (trotz Parallelschaltung) im Bereich von 10 – 20kV müsste natürlich noch heruntertransformiert werden. Mit dem piezoelektrischen Effekt an sich wäre ein Wirkungsgrad von ca. 60% möglich. Aufgrund des hohen Materialaufwandes wurde diese Lösung bis jetzt nur angedacht.
2. Durch ein Rohr mit quadratischem Querschnitt und 2 gegenüberliegenden Kontaktplatten innen wird 1l stark ionenhaltige Flüssigkeit geleitet. Ein orthogonal dazu gelegenes B-Feld trennt die Ionen nach ihrer Ladung und erzeugt eine Spannung an den beiden Kontaktplatten. Das Ganze ist bekannt unter dem Namen MHD (magneto-hydrodynamischer Generator). Diese Lösung geht gerade in ihre Experimentalphase und bietet nach ersten Gesichtspunkten gute Aussichten auf Erfolg. Eine nähere Beschreibung ist nachzulesen im Dorn-Bader auf Seite 119.
3. Die theoretisch einfachste Art der Energieumwandlung bietet der klassische Dynamo. Die Lörcher haben hier anscheinend bereits eine funktionstüchtige Anlage aufgebaut. Mit allerlei optimierter Technik ist man auf ca. 300V gekommen ($\approx 45\%$ Wirkungsgrad). Wegen den Details müsste man sich mit ihnen kurzschließen.
Nachteil: Der Opponent ist auf diese Standardlösung garantiert vorbereitet.
4. Zu guter Letzt gibt es noch ein im Dorn-Bader auf Seite 19 vorgestelltes Wasserkraftwerk. Dabei wird Wasser in ionisierte Bruchstücke zerteilt und durch diese Ladungstrennung, die am Anfang per Zufallsprinzip den + und – Pol festlegt, wird die Trennungsrate von weiteren Wasserionen erhöht. Dabei wird eine Spannung von bis zu 10kV erreicht. Eine verbesserte Version dieser Lösung sieht eine ionenhaltige Flüssigkeit vor. Kommt dann noch ein B-Feld hinzu, ähnelt diese Lösung dem MHD. Entsprechend gut sind demnach die Erwartungen an diesen Ansatz. Vor allem sind diese beiden Lösungen auch mit einfachen Mitteln (ohne Laborausstattung) aufzubauen.

Theoretisch könnte man den Kondensator auf ungefähr 447V bringen.
Die praktischen Versuche in den nächsten Wochen werden eine klare Selektion ergeben.

Stephan Schnitzer