

Schwungradspeicherkraftwerk

Allgemeines:

Die Energieversorgung spielt heutzutage eine sehr wichtige, teilweise sogar lebensnotwendige, Rolle.



Nennen Sie Beispiele hierfür!



___Krankenhaus, Rechenzentrum, ...___

Schwungradspeicherkraftwerke werden für gewöhnlich zur kurzzeitigen Energiespeicherung eingesetzt.

Erläutern Sie knapp, was ein Kurzzeitspeicher ist.

Kurzzeitspeicher sind nur für die temporäre Speicherung von Energie gedacht, längerfristige Speicherung ist mit ihnen nicht möglich.

Aufbau und Funktionsweise von Schwungradspeicherkraftwerken

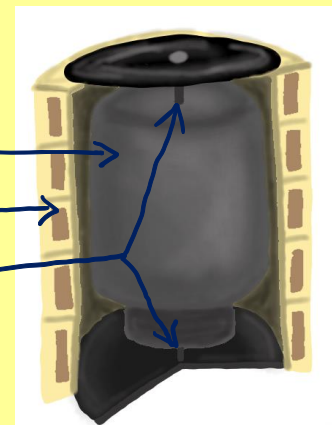


Aufbau:

Beschriften Sie die nebenstehende Skizze mit folgenden Begriffen:

1. Rotor
2. Gehäuse
3. Lager

Rotor →
Gehäuse →
Lager →



In welcher Form wird die elektrische Energie gespeichert?

Kreuzen Sie an!

thermische

kinetische

chemische

elektrische

Rotationsenergie

Alle sich bewegenden Körper besitzen eine Energie. Hierbei wird die Art der Bewegung unterschieden. Bewegt sich ein Körper geradlinig, so hat er eine kinetische Energie. Rotiert der Körper um eine Achse, so spricht man von einer Rotationsenergie.

Die Formel zur Berechnung der Rotationsenergie lautet:

$$E_{rot} = \frac{1}{2} \cdot J \cdot \omega^2 \quad \text{mit} \quad \begin{array}{l} J \dots \text{Trägheitsmoment} \\ \omega \dots \text{Winkelgeschwindigkeit} \end{array}$$

Speicherung der elektrischen Energie



Kreuzen Sie an!

Die überschüssig produzierte elektrische Energie soll zwischengespeichert werden.

Der Elektromotor ...

- wird ausgeschaltet.
- bewirkt keine Veränderung.
- versetzt den Rotor in Bewegung.
- bremst den Rotor.

Dadurch wird die elektrische Energie ...

- verbraucht.
- als mechanische Energie zwischengespeichert.
- vollständig in Wärme umgewandelt.

Die höchste Speicherkapazität erreicht der Rotor ...

- bei maximalem Wärmeverlust.
- bei minimalem Gewicht.
- bei minimaler Drehzahl.
- bei maximaler Drehzahl.

Bei maximaler Drehgeschwindigkeit schafft der Rotor ...

- ca. 100 Umdrehungen pro Minute.
- ca. 1 000 Umdrehungen pro Minute.
- ca. 10 000 Umdrehungen pro Minute.
- ca. 100 000 Umdrehungen pro Minute.
- ca. 1 000 000 Umdrehungen pro Minute.



Hier muss abgeschätzt werden.
Tipp: Ein PKW-Reifen schafft auf der Autobahn (130 km/h)
1 150 Umdrehungen pro Minute.

Rückumwandlung in elektrische Energie



Ergänzen Sie die Lücken!

Bei der Rückumwandlung der kinetischen Energie in elektrische Energie wird das Schwungrad nicht weiter vom Motor angetrieben. Dadurch wird der Rotor abgebremst, bis er zum Stillstand kommt. Dies kann wenige Sekunden oder Minuten dauern. In dieser Zeit fungiert der Elektromotor als Generator. Dieser wandelt die Rotations- Energie des Rotors in elektrische Energie um. Anschließend wird die so wiedergewonnene Energie in das Stromnetz eingespeist.

Generator, elektrische (2x), kinetische, Rotations-, abgebremst

Weiterführende Forschungsfragen:



Bearbeiten Sie folgende Aufgaben, um ein Schwungradspeicherkraftwerk zu optimieren.

1. Material des Rotors

Warum wird der Rotor aus Stahl oder faserverstärktem Kunststoff hergestellt?

Finden Sie mögliche Gründe!

_um enormen Kräften Stand zu halten _____

_niedriger Ausdehnungskoeffizient (Material darf sich nur wenig ausdehnen, um

_nicht mit dem Gehäuse zu kollidieren) _____

2. Lagerung des Rotors

Was sollte bei der Lagerung des Rotors beachtet werden?

Benennen Sie!

_minimale Reibung _____

3. Umgebung des Rotors

Was tritt zwischen dem drehenden Rotor und der ihn umgebenden Luft auf?

Nennen Sie mögliche Einflussgrößen!

_Reibung, Selbstentladung, Wärmeentwicklung _____

Wie ändert sich dadurch der Wirkungsgrad?

Kreuzen Sie an!

wird größer wird kleiner

Wie kann der Aufbau dementsprechend optimiert werden?

Erläutern Sie kurz!

_Reibung verringern, Vakuum statt Luft _____



Welche Vor- und Nachteile bringt ein Schwungradspeicherkraftwerk mit sich?
Notieren Sie Ihre Ergebnisse in der folgenden Tabelle!

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none">- Kurzzeitspeicher, schnelle Netzstabilisierung- Schnelle Reaktionszeit (< 40 ms bei Be- und Entladung)- Schnelle Ladungs- und Entladungszeit → zum Ausgleich von Stromausfällen- Hoher Wirkungsgrad (90-95%)- Wartungsarm, lange Lebensdauer (ca. 20 Jahre)- Ökologisch unbedenklich- Stromspeicher wird geräusch- und emissionsfrei betrieben- Große Energiespeicherkapazitäten	<ul style="list-style-type: none">- Kurzzeitspeicher, kurze Zeit- Investitionskosten hoch- Hohe Selbstentladung (bis zu 20 % in einer Stunde)- Hohes Gewicht- Hoher Verschleiß

Ein paar allgemeine Informationen zu realen Schwungradspeicherkraftwerken:

Die Funktionsweise von Schwungradspeichern ist bereits seit einigen Jahrzehnten allgemein bekannt, jedoch wurde sie erst durch den Rennsport populär [1]. Im Jahr 1998 siegten Mika Häkkinen und David Coulthard beim Großen Preis von Australien [2]. In ihrem Fahrzeug nutzen sie die Bremsenergie mittels eines Schwungradspeichers. Obwohl die Nutzung von Schwungradspeichern im Rennsport durch FIA verboten wurde [3], werden sie dennoch im Nahverkehr zur Energierückgewinnung eingesetzt, bspw. in Zwickau [4]. Beacon Power baute in den USA, nahe New York, eines der größten Schwungradspeicherkraftwerke der Welt. Es besteht aus 200 Einheiten von Schwungradspeichern, wobei jede dieser Einheiten über eine Speicherkapazität von 25 kWh verfügt [1]. Das Schwungradspeicherkraftwerk zählt mit einem Wirkungsgrad von 90 bis 95 % [5] zu dem effizientesten Kurzzeitspeicher.

[1] „Teil 5 der Wochenserie Stromspeicher: Schwungradspeicher von Beacon Power, Temporal Power und Rotokinetik UG“, Cleanthinking.de, Mirjam Schmidt, 24.02.2013, URL: <https://www.cleanthinking.de/teil-5-der-wochenserie-stromspeicher-schwungradspeicher-von-beacon-power-temporal-power-und-rotokinetik-ug/> (Stand 6/2021)

[2] „KERS für den ÖPNV“, heise Autos, Florian Pillau, 11.01.2016 URL: <https://www.heise.de/autos/artikel/Omnibus-Schwungradspeicher-von-Torotrak-3065313.html?seite=all> (Stand 6/2021)

[3] „Formel E: Klarstellung der FIA zum Nissan-Doppelmotor erwartet“, Formel E, Tobias Wirtz, 26.03.2019, URL: <https://e-formel.de/nachrichten/formel-e-news/formel-e-news-detail/formel-e-klarstellung-der-fia-zum-nissan-doppelmotor-erwartet-7230.html> (Stand 6/2021)

[4] „Energiespeicher für das Straßenbahnnetz“, rosseta Technik GmbH, 08/2006, URL: <http://www.rosseta.de/texte/bahnsr.pdf> (Stand 6/2020)

[5] „Schwungradspeicher – mechanisch Energie speichern“, energieheld, Philipp Kloth, URL: <https://legacy.energieheld.de/files/pdf/27570%20Schwungradspeicher%20%20mechanisch%20Energie%20speichern.pdf> (Stand 6/2021)