

Tentamen Toegepaste Thermodynamica en Energieconversies

Deel B: Elektriciteit en kernenergie

Woensdag 7 november 2007 van 9.00-11.00 uur

Vermeld op elk nieuw vel: naam en administratienummer.

Geef korte en bondige antwoorden.

Tussen haakjes staat het aantal punten dat per vraag kan worden behaald.

Bij deze toets mag het bijgevoegde formuleblad worden gebruikt evenals een calculator.

Wil je ook het bijgevoegde evaluatieformulier invullen en inleveren

1. Wisselstroomgenerator

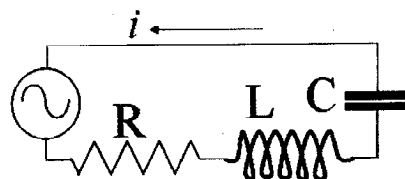
We beschouwen een Amerikaanse wisselstroomgenerator met een mechanisch vermogen van 250 MW en een frequentie van 60 Hz. De rotor van deze generator is gekoppeld aan de as van een turbine, die met een rendement van 34% thermische energie omzet in mechanische energie. Om de rotor van deze generator bevinden zich 20 windingen, die het magneetveld in de ferromagnetische kern opwekken ($\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Wb/A.m; $\mu_r = 5.000$). De rotor bestaat uit een cylinder met een straal van 0.75 meter en een lengte van 5 meter. De gemiddelde statorspanning is 2.5 kV.

- Hoe groot is de torsie die door de turbine wordt uitgeoefend op de rotoras? (5)
- Wat is het elektrisch vermogen dat wordt opgewekt in de de statorspoel? (5)
- Bereken de gemiddelde stroomsterkte die door de generator wordt geleverd. En hoe groot is de amplitude van deze wisselstroom? (5)
- Wat is de gemiddelde stroomsterkte in de 380 kV hoogspanningskabels die aan de generator zijn gekoppeld? Neem aan dat er geen verliezen zijn in de transformator. (5)
- Hoe groot is het magnetisch veld in de rotor? [Hint: bereken eerst de magnetische flux in een stroomkring in de stator en gebruik de wet van Faraday]. (10)
- Bereken uit dit magneetveld de grootte van de stroom door de rotorspoelen. (Indien geen antwoord op vraag e reken dan met de waarde $B = 1$ Tesla voor het magneetveld.) (10)

610

2. Resonantie in LRC circuit

Een basale vorm van een radio bestaat uit een LRC circuit, waarbij de waarden van de componenten zo kunnen worden aangepast dat een perfecte ontvangst van één bepaalde zender kan worden bereikt: alleen de signalen met een frequentie gelijk aan de resonantiefrequentie van het LRC circuit worden versterkt, terwijl frequenties vlak naast de resonantiefrequentie niet of nauwelijks worden versterkt.



In de tekening is een serie schakeling weergegeven met elementen L, R en C. De weerstand R is constant en is $R = 1000 \Omega$. Zowel de spoel als de condensator zijn

variabel. Om een AM frequentie van 1200 kHz te ontvangen is de spoel zo afgesteld dat $L = 0.2$ mH (maar deze kan variëren van 0.1-0.5 mH). De condensator kan variëren van 1 – 100 pF. (1 pF = 1 picofarad = 10^{-12} F)

- Laat zien dat de uitdrukking voor de resonantiefrequentie is $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$.
Beschouw daartoe de impedantie Z en beargumenteer wanneer resonantie optreedt. (5)
- Wat is de waarde van de condensator? (5)
- Wat zijn de reactanties X_C en X_L bij de resonantiefrequentie? Wat is de impedantie Z . (5)
- Teken schematisch het fase diagram voor het geval dat het circuit in resonantie is, en voor het geval dat de frequentie f lager is dan de resonantiefrequentie. Loopt de spanning dan achter of voor op de stroom? (10)
- Kun je met alleen variëren van de condensator afstemmen op 800 kHz? Houdt dus L op 0.2 mH. (5)
- Wat is de verhouding van de stroom bij de resonantiefrequentie van 1200 kHz en een frequentie van 1100 kHz. Hoe kan die verhouding worden vergroot, zodat een betere scheiding tussen de frequenties kan worden bereikt? (10)

40

3. Kernfusie

In de film Spiderman 2 probeert Dr. Otto Octavius (Doc Ock) kernfusie te bewerkstelligen door met een 8-tal laser stralen implosie te veroorzaken in een bolletje tritium van 5 cm diameter. Het lukt, in de film worden de bolletjes gecompriëerd tot een diameter van 1 cm, maar het loopt natuurlijk uit de hand. Overigens heeft Oscorp, die het werk van Doc Ock financiert, een enorme hoeveelheid tritium bolletjes op voorraad, om daarmee natuurlijk de wereld te kunnen domineren. Gelukkig voorkomt Spiderman dat.

We nemen aan dat het bolletje tritium uit de film bestaat uit evengrote hoeveelheden deuterium en tritium, anders zal er geen sprake zijn van fusie. De deeltjesdichtheid in ongecompriëerde toestand is $10^{28}/\text{m}^3$

- Wat is de gemiddelde massa van een D-T kern? Wat zijn de inhoud en gewicht van het D-T bolletje? (5)
- Wat is de bereikte compressieverhouding? (5)
- Stel dat je energie van de D-T kernen in gecompriëerde toestand gelijk is aan 5 keV. Wat is dan de gemiddelde snelheid? (10)
- Aannemende dat de opsluittijd de tijd is die een kern nodig heeft om de straal van het gecompriëerde bolletje af te leggen, wat is dan de opsluittijd. (5)
- Hoe groot is dan $n\tau$, en voldoet dit aan het Lawson criterium? (5)
- Stel nu dat de energie van de D-T kernen in ongecompriëerde toestand gelijk is aan 5 eV, m.a.w. een factor 1000 lager dan in de gecompriëerde toestand. Wat is nu $n\tau$, en voldoet dit aan het Lawson criterium? Is Hollywood geloofwaardig? (10)

40