

# TEORIE ELEKTROMAGNETICKÉHO POLE

Základní otázky

28. 2. 2006

## Obecné

1. Klasifikace elektromagnetických jevů - typy polí, jejich zdroje
2. Síla současně působící na elektrický náboj v elektrickém a magnetickém poli (Lorentzova síla)
3. Co je a kdy lze použít princip superpozice

## Elektrostatické pole

Základní pojmy

4. Coulombův zákon, orientace vektorů
5. Definice intenzity elektrického pole
6. Gaussova věta v elektrostatickém poli, definice elektrického toku
7. Vyjádření vektorového pole  $E$  pomocí skalárního pole potenciálu  $\phi$
8. Skalární potenciál  $\phi$  buzený bodovým elektrickým nábojem  $Q$
9.  $E$  a  $\phi$  buzené nábojem rozmístěným na ploše nebo v objemu
10. Co je napětí a jak souvisí s  $E$  a  $\phi$
11. Laplaceova a Poissonova rovnice pro elektrický skalární potenciál

## Základní metody výpočtu elektrických polí

12. Kdy lze použít Gaussovu větu pro výpočet elektrostatických polí
13.  $E$  a  $\phi$  nabité vodivé koule
14.  $E$  a  $\phi$  dlouhého nabitého válcového vodiče
15.  $E$  a  $\phi$  osamocené neomezené nabitě rovinné vodivé folie
16. Metoda zrcadlení v elektrostatickém poli, použití pro výpočet el.pole

## Polarizace v dielektriku

17. Co je elektrický dipól, definice elektrického dipólového momentu, orientace použitých vektorů
18. Co je a jak je definována elektrická polarizace
19. Jak souvisí elektrická polarizace s prostorovým a plošným vázaným elektrickým nábojem
20. Definice elektrické indukce, jak souvisí s elektrickou susceptibilitou a permitivitou v lineárních prostředích, co je zdrojem  $E$ ,  $D$ ,  $P$
21. Gaussova věta elektrostatického pole pro elektrickou indukci, definice indukčního toku

## Energie, kapacita a síly v elektrostatickém poli

22. Energie soustavy bodových nábojů
23. Energie elektrostatického pole vyjádřena pomocí vektorů pole
24. Definice kapacity, význam všech použitých symbolů
25. Celková kapacita kapacitorů řazených sériově a paralelně
26. Energie nabitého kapacitoru
27. Princip virtuálních prací pro výpočet sil v elektrostatickém poli

## Podmínky na rozhraní v elektrickém poli

28. Podmínky pro tečné složky pole  $E$ ,  $D$  na rozhraní dvou dielektrik
29. Podmínky pro normálové složky pole  $E$ ,  $D$  na rozhraní dvou dielektrik
30. Čemu se rovná  $E$  (tečná a normálová složka) uvnitř a na povrchu vodiče v elektrostatickém poli

## Stacionární proudové pole

Základní pojmy

31. Definice elektrického proudu ve stacionárním proudovém poli
32. Rovnice kontinuity stacionárního proudu
33. Ohmův zákon v integrálním a diferenciálním tvaru
34. Definice elektromotorického napětí a jeho vztah ke svorkovému napětí zdroje

- 35. Joulový ztráty v proudovém stacionárním poli, objemová hustota ztrát
- 36. Definice odporu vodiče, celkový odpor rezistorů řazených sériově a paralelně
- 37. Analogie mezi elektrostatickým a stacionárním proudovým polem

### **Podmínky na rozhraní v proudovém poli**

- 38. Podmínky pro tečné složky proudové hustoty  $J$  na rozhraní dvou vodivých prostředí
- 39. Podmínky pro normálové složky proudové hustoty  $J$  na rozhraní dvou vodivých prostředí.

### **Stacionární a kvazistacionární magnetické pole**

#### Základní pojmy

- 40. Biotův-Savartův zákon, nakreslete orientaci vektorů
- 41. Co je magnetická indukce a její definice pomocí proudu  $I$  a pohybujícího se náboje  $Q$
- 42. Definice magnetického toku
- 43. Ampérův zákon celkového proudu

### **Základní metody výpočtu magnetických polí**

- 44. Kdy lze použít Ampérův zákon pro výpočet  $B$  nebo  $H$
- 45. Magnetické pole buzené tenkým proudovým vláknem
- 46. Magnetické pole uvnitř a vně masivního válcového vodiče
- 47. Metoda zrcadlení v magnetickém poli, použití pro výpočet magnetického pole

### **Magnetizace materiálu**

- 48. Co je magnetický dipól, definice magnetického dipólového momentu, orientace použitých vektorů
- 49. Co je a jak je definována magnetizace
- 50. Jak souvisí magnetizace s prostorovými a plošnými vázanými proudy v magnetiku
- 51. Jak souvisí magnetická indukce s magnetickou susceptibilitou a permeabilitou v lineárním prostředí

### **Energie, indukčnost, síly v magnetickém poli**

- 52. Energie magnetického pole vyjádřená pomocí vektorů pole
- 53. Statická definice vlastní a vzájemné indukčnosti
- 54. Energie nahromaděná v induktoru, energetická definice indukčnosti
- 55. Energie soustavy induktorů protékáných proudy
- 56. Vnitřní indukčnost vodiče kruhového průřezu
- 57. Velikost a směr síly působící mezi dvěma paralelními vodiči protékánými stejným proudem ve stejném směru a opačném směru
- 58. Princip virtuálních prací pro výpočet sil v magnetickém poli

### **Podmínky na rozhraní**

- 59. Podmínky pro normálové složky pole  $B$ ,  $H$  na rozhraní dvou magnetik.
- 60. Podmínky pro tečné složky pole  $B$ ,  $H$  na rozhraní dvou magnetik.
- 61. Lom siločar veličin magnetického pole na rozhraní s dokonale magneticky vodivým materiálem

### **Magnetické obvody**

- 62. Hopkinsonův zákon a definice reluktance

63. Vyjádření vlastní a vzájemné indukčnosti cívek pomocí reluktance

### **Kvazistacionární magnetické pole**

64. Faradayův indukční zákon – napětí indukované v nehybné smyčce v časově proměnném magnetickém poli

65. Napětí na koncích pohybujícího se vodiče v stacionárním magnetickém poli

66. Dynamická definice vlastní a vzájemné indukčnosti

### **Nestacionární elektromagnetické pole**

#### **Obecné vztahy**

67. Čtyři Maxwellovy rovnice v nestacionárním poli, obecná časová závislost veličin

68. Vlnová rovnice pro E nebo H v obecném prostředí mimo oblast zdrojů, obecná časová závislost

69. Energetická bilance elektromagnetického pole, obecná časová závislost, fyzikální význam jednotlivých členů

70. Poyntingův vektor, definice a zápis pomocí vektorů elektromagnetického pole

71. Podmínky na rozhraní dvou prostředí v nestacionárním poli pro tečné složky E, H

72. Podmínky na rozhraní dvou prostředí v nestacionárním poli pro normálové složky E, H

73. Rovnice kontinuity pro volné náboje a proudy v nestacionárním poli

#### **Fázory pro popis časově harmonicky proměnných polí**

74. Zápis okamžité hodnoty harmonicky proměnné veličiny E(H) pomocí fázoru, zápis časových derivací

75. Maxwellovy rovnice pro harmonicky proměnné nestacionární pole

76. Vlnová rovnice pro E nebo H v obecném prostředí mimo oblast zdrojů, harmonické časové změny pole, zápis pomocí fázorů

77. Časová střední hodnota energie elektrického a magnetického pole zapsána pomocí fázorů

#### **Rovinná harmonická elektromagnetická vlna**

##### **Obecné vztahy**

78. Co značí pojem rovinná harmonická elektromagnetická vlna a za jakých podmínek byla odvozena

79. Nakreslete orientaci E, H, k u rovinné vlny, jaký je vztah těchto tří vektorů.

80. Zápis fázoru E a H rovinné harmonické elektromagnetické vlny v obecném prostředí

81. Zápis okamžité hodnoty E a H harmonické elektromagnetické vlny v obecném prostředí

82. Jak je definována konstanta šíření a jak je obecně závislá na kmitočtu a parametrech prostředí

83. Co je a jak je definována vlnová délka a fázová rychlost

84. Co je a jak je definována skupinová rychlost

85. Co je a jak je definována vlnová impedance Z v obecném prostředí

86. Činný výkon přenášený rovinnou vlnou plochou  $1 \text{ m}^2$  v obecném prostředí

87. Výkon přeměněný v teplo v jednotce objemu, bilance činného výkonu

#### **Rovinná harmonická elektromagnetická vlna v ideálním dielektriku**

88. Čemu se rovná konstanta šíření v ideálním dielektriku (výpočet z vlastností prostředí)

89. Čemu se rovná vlnová délka a fázová rychlost v ideálním dielektriku (výpočet z vlastností prostředí)

90. Čemu se rovná vlnová impedance  $Z$  v ideálním dielektriku (výpočet z vlastností prostředí)

### **Rovinná harmonická elektromagnetická vlna v dobrém vodiči**

91. Čemu se rovná konstanta šíření v dobrém vodiči (výpočet z vlastností prostředí)

92. Čemu se rovná vlnová impedance  $Z$  v dobrém vodiči (výpočet z vlastností prostředí)

### **Polarizace elektromagnetické vlny**

93. Co je a jaké jsou typy polarizace elektromagnetické vlny

94. Za jakých podmínek dvě lineárně polarizované vlny vytvoří vlnu lineárně, kruhově a elipticky polarizovanou

### **Povrchový jev**

95. Povrchový jev ve vodivém poloprostoru, proud tekoucí poloprostorem

96. Co je a jak je definována hloubka vniku

97. Impedance vodiče při výrazném elektrickém povrchovém jevu, frekvenční závislost

### **Vedení vlny, vlna TEM na vedení**

98. Co značí pojem vlna typu TEM

99. Telegrafní (vlnová) rovnice pro časově proměnné napětí nebo proudy v případě dvou vodičového vedení, na kterém se šíří vlna TEM, význam všech použitých symbolů

100. Zápis řešení telegrafní rovnice pomocí fázorů, význam všech použitých symbolů

101. Konstanta šíření po vedení

102. Charakteristická impedance vedení s vlnou TEM u reálného a bezztrátového vedení

103. Charakteristická impedance koaxiálního vedení

104. Vlnová délka vlny TEM na ideálním dvou vodičovém vedení

105. Impedance na vstupu bezztrátového vedení s vlnou TEM délky  $l$  zakončeného impedancí  $Z_k$

106. Impedance na vstupu bezztrátového vedení s vlnou TEM délky  $l$  na konci zkratovaného nebo otevřeného

### **Numerické metody**

107. Jaký je princip metody konečných diferencí

108. Jaký je princip metody konečných prvků