



A XII-a Conferință Națională multidisciplinară – cu participare internațională
"Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii românești",
SEBEȘ, 2012

MODELAREA DE CÂMP A UNUI SISTEM READER-TAG RFID

George MAHALU, Radu PENTIUC

FIELD MODELLING OF A RFID READER-TAG SYSTEM

Determination of the magnetic field at large distances from the dipole, uses specific and distinguishable models from case which calculation is made for nearby points. The two situations are treated through distinctly ways in this paper. The results from this article will be used directly into design a magnetic field modelling for RFID reader-tag systems.

Cuvinte cheie: sistem RFID, câmp electromagnetic, potențial vector, modelare de câmp

Keywords: RFID system, electromagnetic field, vector potential, field modelling

1. Introducere

În problemele de modelare a câmpului electromagnetic în scopul realizării de adaptabilitate a structurilor de tip tag RFID la generatoarele active de citire, apare cu precădere necesitatea studierii câmpului magnetic, acesta fiind preponderent în fenomenul implicat.

Se constată că la distanțe relativ mici (ordinul lungimilor de undă) de antena generatorului de câmp, în așa numita regiune de câmp apropiat, modelarea trebuie realizată în mod specific, diferit de cazul distanțelor mari (regiunilor de câmp îndepărtat).

În cele ce urmează vor fi făcute două analize distincte, pentru cele două cazuri amintite, obținându-se rezultate specifice.

2. Câmpul magnetic la distanță produs de un cadru rectangular

Considerăm o spirală dreptunghiulară poziționată într-un sistem de axe de coordonate cu orientare particulară (figura 1).

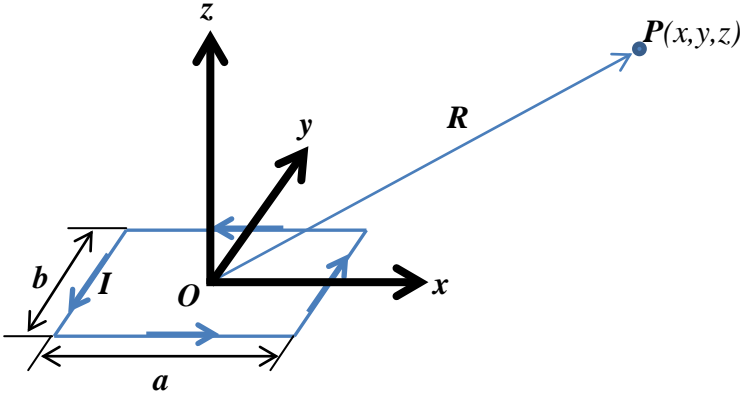


Fig. 1 Buclă dreptunghiulară de curent

Se constată că nu există curenți pe direcția Oz, astfel încât componenta \mathbf{A}_z este nulă. Există însă curenți pe direcția Ox de-a lungul celor două laturi de lungime a și pe direcția Oy de-a lungul laturilor de lungime b . Componentele corespunzătoare ale potențialului vector sunt \mathbf{A}_x și respectiv \mathbf{A}_y . Se poate arăta [1] că:

$$\mathbf{A}_x = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0 c^2} \frac{Iaby}{R^3} \quad (1)$$

În mod analog, găsim componenta potențialului vector după axa Oy:

$$\mathbf{A}_y = \frac{1}{4\pi\epsilon_0 c^2} \frac{Iabx}{R^3} \quad (2)$$

Evident $\mathbf{A}_z = \mathbf{0}$.

Privind ultimele trei ecuații tragem concluzia că potențialul vector, la distanțe mari de cadru, este configurat după linii circulare în jurul axei Oz, cu orientarea dată de sensul lui I în spirală. Modulul vectorului \mathbf{A} este proporțional cu Iab - produs numit *moment dipolar magnetic* (sau simplu *moment magnetic*). Suntem astfel conduși la o teoremă care afirmă că *potențialul vector al unei spire plane mici de formă oarecare este:*

$$\boldsymbol{\mu} = I\mathbf{S} \quad (3)$$

cu S notând aria spirei considerate.

Vectorul $\boldsymbol{\mu}$ este normal la planul spirei, sensul său fiind dat de regula burghiului drept.

Scrierea vectorială a rezultatelor obținute până acum, este:

$$\mathbf{A} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0 c^2} \frac{\boldsymbol{\mu} \times \mathbf{R}}{R^3} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0 c^2} \frac{\boldsymbol{\mu} \times \boldsymbol{\epsilon}}{R^2} \quad (4)$$

Calculul lui \mathbf{B} conduce la [1]:

$$B_x = -\frac{\mu}{4\pi\epsilon_0 c^2} \frac{\partial}{\partial z} \frac{x}{R^3} = \frac{3xz}{R^5} \quad (5)$$

$$B_y = -\frac{\mu}{4\pi\epsilon_0 c^2} \frac{\partial}{\partial z} \frac{y}{R^3} = \frac{3yz}{R^5} \quad (6)$$

$$B_z = \frac{\mu}{4\pi\epsilon_0 c^2} \left(\frac{\partial}{\partial x} \frac{x}{R^3} + \frac{\partial}{\partial y} \frac{y}{R^3} \right) = -\frac{\mu}{4\pi\epsilon_0 c^2} \left(\frac{1}{R^3} - \frac{3z^2}{R^5} \right) \quad (7)$$

3. Câmpul magnetic apropiat produs de un cadru rectangular

Vom pleca de la determinarea câmpului magnetic în jurul unui conductor lung, drept, de rază ρ , parcurs de curentul staționar I .

Vom considera că vectorul densitate de curent \mathbf{j} are doar componenta z nenulă. Valoarea acesteia este dată de relația următoare:

$$j_z = \frac{I}{\pi\rho^2} \quad (7)$$

și este definită în interiorul conductorului. Deoarece componentele x și y sunt nule, rezultă $A_x = 0$ și $A_y = 0$. Rămâne să determinăm componenta A_z . Pentru aceasta vom utiliza relația pentru potențialul electrostatic Φ al unui conductor cu o densitate de sarcină uniformă $\rho = \frac{j_z}{c}$. Considerând puncte P situate în vecinătatea conductorului (pentru a ne considera în aproximația câmpului apropiat), vom putea considera conductorul ca acționând asemenea unui conductor infinit lung.

În acest caz, potențialul electrostatic se scrie:

$$\Phi = -\frac{\sigma}{2\pi\epsilon_0} \ln r \quad (8)$$

cu $r = \sqrt{x^2 + y^2}$. Densitatea liniară de sarcină a fost notată cu σ .

În aceste condiții, avem:

$$A_x = -\frac{\pi\rho^2 j_z}{2\pi\epsilon_0 c^2} \ln r \quad (9)$$

Cum $\pi\rho^2 j_z = I$, obținem:

$$A_x = -\frac{I}{2\pi\epsilon_0 c^2} \ln r \quad (10)$$

$$B_x = -\frac{I}{2\pi\epsilon_0 c^2} \frac{y}{r^2} \quad (11)$$

$$B_y = \frac{I}{2\pi\epsilon_0 c^2} \frac{x}{r^2} \quad (12)$$

$$B_z = 0 \quad (13)$$

Liniiile de câmp magnetic sunt cercuri concentrice în planul Oxy , centrate pe axa conductorului.

Luând în considerare volumul prismatic construit cu baza pe conturul spirei cadru, vom determina câmpul magnetic în punctele secțiunilor acestuia cu plane paralele cu planul spirei.

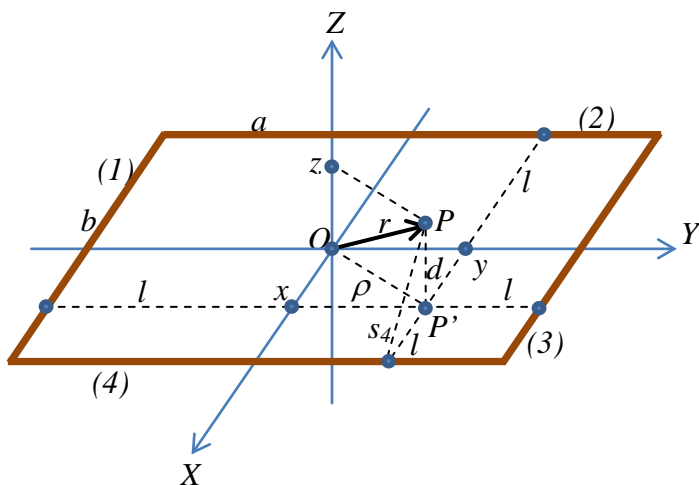


Fig. 2 Definirea punctelor P în care se calculează câmpul

Distanțele s_k intervin pe poziția variabilei r . Cele patru valori sunt:

$$s_1 = \sqrt{z^2 + \left(\frac{a}{2} + y\right)^2} \quad (14)$$

$$s_2 = \sqrt{z^2 + \left(\frac{b}{2} + x\right)^2} \quad (15)$$

$$s_3 = \sqrt{z^2 + \left(\frac{a}{2} - y\right)^2} \quad (16)$$

$$s_4 = \sqrt{z^2 + \left(\frac{b}{2} - x\right)^2} \quad (17)$$

Inducția magnetică în punctul P este:

$$B = \frac{I}{2\pi\epsilon_0 c^2} \left[\frac{1}{\sqrt{x^2 + \left(\frac{a}{2} + y\right)^2}} + \frac{1}{\sqrt{x^2 + \left(\frac{b}{2} + x\right)^2}} + \frac{1}{\sqrt{x^2 + \left(\frac{a}{2} - y\right)^2}} + \frac{1}{\sqrt{x^2 + \left(\frac{b}{2} - x\right)^2}} \right] \quad (18)$$

La distanța z de origine, pe axa Oz , inducția magnetică devine:

$$B = \frac{I}{\pi \varepsilon_0 c^2} \frac{\sqrt{z^2 + \left(\frac{a}{2}\right)^2} + \sqrt{z^2 + \left(\frac{b}{2}\right)^2}}{\sqrt{\left(z^2 + \left(\frac{a}{2}\right)^2\right)\left(z^2 + \left(\frac{b}{2}\right)^2\right)}} \quad (19)$$

4. Concluzii

Soluția de câmp îndepărtat este simplu de obținut dacă se aplică relațiile corespunzătoare dipolului magnetic. Problemele de modelare apar în cazul câmpului apropiat, când efectele de margine devin semnificative. Soluția prezentată în lucrare se dovedește originală, în acest sens.

Notă: Această lucrare a beneficiat de suport financiar prin proiectul “Progres și dezvoltare prin cercetare și inovare post-doctorală în inginerie și științe aplicate – PRiDE – Contract nr. POSDRU/89/1.5/S/57083”, proiect cofinanțat din Fondul Social European prin Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Feynman, Richard, P., *Fizica modernă*, vol.2, Editura tehnică, București 1970.
- [2] Purcell, Edward, M., *Electricitate și magnetism*, vol.2, Editura didactică și pedagogică, București 1982.
- [3] Samer, A. Masoud and Ahmad, A., Masoud, *Constrained Motion Control Using Vector Potential Fields*, IEEE TRANSACTIONS ON SYSTEMS, MAN, AND CYBERNETICS—PART A: SYSTEMS AND HUMANS, VOL. 30, NO. 3, MAY 2000.
- [4] Sinha, Siddhartha, *Retarded Potentials and Radiation*, Department of Physics Indian Institute of Science Bangalore, December 2003.

Conf.Dr.Ing. George MAHALU
Prof.Dr.Ing. Radu PENTIUC
Universitatea “Ștefan cel Mare” Suceava
membri AGIR
e-mail: mahalu@eed.usv.ro
radup@eed.usv.ro