

УПРАЖНЕНИЕ № 7

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ИНДУКТИВНИ БОБИНИ



7.1 Основни понятия и определения

Индуктивните бобини са пасивни електротехнически елементи, създаващи в електрическите вериги индуктивно електрично съпротивление X_L , Ω при протичането на променлив ток.

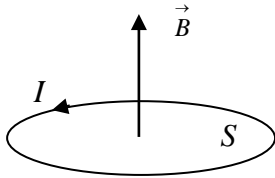
Състоят се от основа (макара) от електроизолационен материал и намотки от проводников материал, разположени по определен начин с оформени изводни краища. В зависимост от работния честотен обхват индуктивните бобини се изработват без или с магнитна сърцевина. Сърцевината може да бъде отворена или затворена.

Бобините се използват в трептящи кръгове, за връзка между отделни електрични вериги, като дросели, посредством които се разделят постоянни и променливи токове или променливи токове с различни честоти.

Основен параметър на индуктивните бобини е индуктивността L . Тя е скаларна величина. Отразява свойството всеки проводник или съвкупност от проводници (токов контур) с протичащ ток да създава магнитно поле.

Магнитното поле на токов контур (фиг. 7.1) се характеризира със скаларната величина *магнитен поток* Φ , която е равна на произведението от големината на индукцията B и площта S , заградена от контура:

$$\Phi = B \cdot S.$$



фиг. 7.1

Дименсията за магнитен поток е Вебер (Wb):

$1 \text{ Wb} = 1 \text{ T} \cdot 1 \text{ m}^2$, т.е. 1 Wb е потокът на хомогенно поле с индукция 1 T през 1 m^2 площ, перпендикулярна на полето.

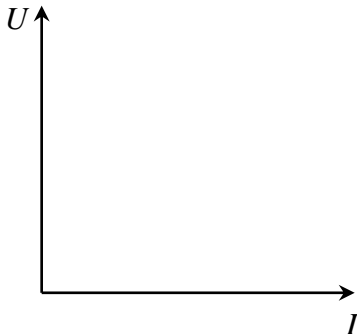
Индуктивността L на контура се изразява чрез уравнението

$$L = \frac{\Phi}{I}.$$

Дименсията за индуктивност е Хенри (H):

$$1 \text{ H} = \frac{1 \text{ Wb}}{1 \text{ A}}.$$

Индуктивност 1 H има контур, създаващ магнитен поток 1 Wb при протичане на ток през него 1 A .



фиг. 7.2

Когато върху идеална бобина е приложено променливо синусоидално напрежение, през нея преминава синусоидален ток, който изостава от напрежението с четвърт период ($T/4$), т.е. фазовата разлика между напрежението и тока φ е $-\pi/2$. Съответната векторна диаграма е изобразена на фиг. 7.2.

Бобината притежава индуктивно (реактивно) съпротивление:

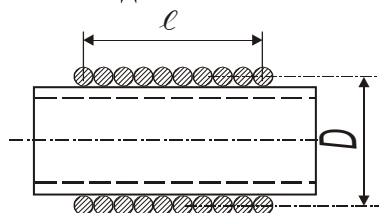
$$X_L = \omega \cdot L = 2\pi \cdot f \cdot L, \quad (7.1)$$

където ω е кръгова честота, f – честота на напрежението (тока).

Индуктивността се определя от конструкцията, размерите, броя на навивките на бобината, от магнитната сърцевина (ако има такава)

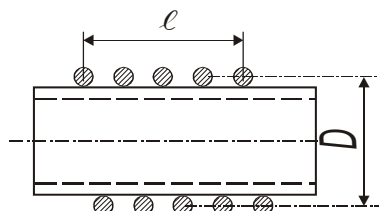
В следващите примери индуктивността L е в μH , w – брой навивки; всички размери са в cm .

Еднослойна бобина при плътна намотка (навивка до навивка)



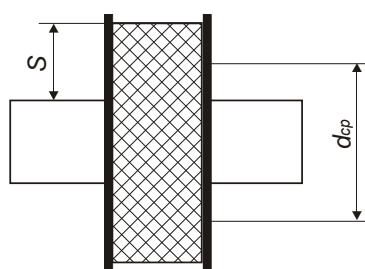
$$L = \frac{0,01D^2 w^2}{l + 0,44D} \quad (7.2)$$

Еднослойна бобина с разрежена намотка за ултракъси вълни (УКВ)



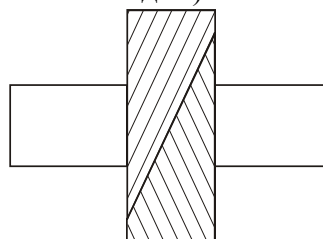
$$L \approx \frac{0,01D^2 w^2}{l + 0,44D} \quad (7.2)$$

Многослойна бобина с проводник, навит "накуп"



$$L = \frac{0,08.d_{cp}^2 w^2}{3d_{cp} + 9(l + s)} \quad (7.3)$$

Многослойна бобина с кръстосана машинна плетка (2 последователни навивки не са съседни)



$$L = \frac{0,0787.d_{cp}^2 w^2}{3d_{cp} + 9l + 10s} \quad (7.4)$$

Фиг. 7.3

При наличие на магнитна сърцевина индуктивността на бобината L_c е μ_{ref} пъти по-голяма в сравнение с индуктивността L без сърцевина.

$$L_c = \mu_{ref} \cdot L, \quad (7.5)$$

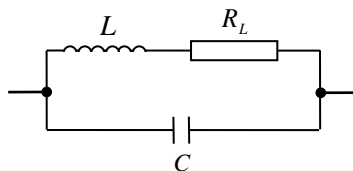
където μ_{ref} е ефективна относителна магнитна проницаемост; тя зависи от магнитните свойства и формата на сърцевината. Обикновено:

$$\mu_{ref} = (0,25 \div 0,5) \mu_r;$$

тук μ_r е относителна магнитна проницаемост на материала на сърцевината.

Сърцевините са затворени (тороидални, чашкообразни и др.) и отворени (цилиндрични). Чашкообразната магнитна сърцевина може да е без или с въздушна междина. Във втория случай ефективната относителна магнитна проницаемост е по-малка.

Една реална бобина се представя с еквивалентна схема, показана на фиг. 7.4.



фиг. 7.4

R_L е активно съпротивление, което отразява загубите на мощност P в бобините съгласно уравнението:

$$R_L = \frac{P}{I^2}.$$

Състои се от:

- съпротивление на проводника на намотката;
 - съпротивление, обусловено от диелектричните загуби в макарата и изолацията на проводника;
 - съпротивление на загубите в сърцевината;
- и др.

Капацитетът на бобините е паразитен и се определя от капацитета между отделните навивки. Зависи от материала и конструкцията на макарата, изолацията на проводника, от вида на намотките, броя на навивките и др.

Качественият фактор на бобина Q_L е равен на отношението между индуктивното съпротивление (X_L) при дадена честота и активното ѝ съпротивление R_L при същата честота.

$$Q_L = \frac{X_L}{R_L} = \frac{\omega \cdot L}{R_L} = \frac{2 \cdot \pi \cdot f \cdot L}{R_L}.$$

До честоти $3 \div 4$ MHz феромагнитните сърцевини увеличават Q_L . Немагнитните сърцевини намаляват Q_L .

Въздушна междина (например при чашкообразен магнитопровод) намалява Q_L

Използваните в радиоапаратите бобини имат качествен фактор в границите $30 \div 300$.

7.2. Задачи за изпълнение

1. Изчисляване на индуктивността на две бобини без магнитна сърцевина по предоставени данни.
2. Измерване на индуктивността L и качествения фактор Q_L на същите бобини.
3. Измерване на индуктивността и качествения фактор на бобините от т.2, магнитна сърцевина и определяне на ефективната относителна магнитна проницаемост $\mu_{\text{реф}}$ на сърцевината.
4. Изследване на зависимостта на индуктивността L и качествения фактор Q_L на бобината с чашкообразна сърцевина от размера на въздушната междина δ ; Определяне на $\mu_{\text{реф}}$ във функция от δ .

7.3. Методични указания за провеждане на изпитванията

По точка 1 от заданието

Индуктивността на предоставените бобини се изчислява по уравненията приведени на фиг. 7.3.

По точка 2 от заданието

Измерването на индуктивността L и качествения фактор Q_L се извършва с цифров уред ELC-131 D при две честоти 120 Hz и 1 kHz.

По точка 3 от заданието

За част от изследваните в т.2 бобини се измерват индуктивността и качествения фактор с магнитни сърцевини и се определя ефективната относителна магнитна проницаемост по уравнение (7.5)

По точка 4 от заданието

Измерват се индуктивността и качественият фактор на бобина без сърцевина, със сърцевина, със сърцевина без въздушна междина и при различни размери на въздушната междина. Изчислява се μ_{ref} по уравнение (7.5).

Забележка ако се използва уред LC метър, по точки 2,3,4 се измерва само L .

Данните от изчисленията и измерванията се представят в табличен и графичен вид

7.4. Тест за самопроверка

1. Посочете правилното уравнение за индуктивност L на токов контур. (B - магнитна индукция; S – площ, заградена от контура; Φ – магнитен поток; I – големината на тока през контура)

а) $L = \frac{I}{\Phi}$; б) $L = \frac{\Phi}{I}$; в) $L = \frac{B}{I}$; г) $L = \frac{\Phi}{B}$.

2. Посочете правилното уравнение за индуктивно съпротивление на бобина (ω – кръгова честота)

а) $X_L = \frac{1}{\omega L}$; б) $X_L = \omega L$; в) $X_L = \frac{L}{\omega}$; г) $X_L = \frac{\omega}{L}$.

3. Кое от следващите уравнения за индуктивност бобина не е вярно? (f - честота)

а) $X_L = 2\pi fL$; б) $X_L = 2\pi L$; в) $X_L = \omega L$

4. Посочете правилното уравнение за ефективна относителна магнитна проницаемост μ_{ref} на магнитна сърцевина (L – индуктивност на бобина без сърцевина; L_C – индуктивност на бобина със сърцевина;)

а) $\mu_{ref} = \frac{L}{L_C}$; б) $\mu_{ref} = \frac{L_C}{L}$; в) $\mu_{ref} = \frac{L_C - L}{L}$; г) $\mu_{ref} = \frac{L_C - L}{L_C}$.

5. Кое от следващите уравнения за качествен фактор на бобина не е правилно? (R_L – активно съпротивление на бобината)

а) $Q_L = \frac{X_L}{R_L}$; б) $Q_L = \frac{\omega L}{R_L}$; в) $Q_L = \frac{2\pi L}{R_L}$; г) $Q_L = \frac{2\pi fL}{R_L}$.

6. Как влияе магнитната сърцевина върху индуктивността L и качествения фактор Q_L на бобина?

- а) L нараства, Q_L намалява;
- б) L и Q_L намаляват;
- в) L и Q_L нарастват;
- г) L намалява, Q_L нараства.

7. Как влияе размерът на въздушната междина δ на магнитната сърцевина върху индуктивността L_C и качествения фактор Q_L .

- а) при увеличаване на δ L_C и Q_L намаляват;
- б) при увеличаване на δ L_C нараства, Q_L намалява;
- в) при увеличаване на δ L_C и Q_L нарастват;
- г) при увеличаване на δ L_C намалява, Q_L нараства;