

5. ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ

Магнитный поток: $\Phi = B \cdot S \cdot \cos \alpha$;

Э.д.с. индукции: $\mathcal{E}_i = -\frac{d\Phi}{dt}$;

Э.д.с. самоиндукции: $\mathcal{E}_{si} = -L \frac{dI}{dt}$;

Индуктивность соленоида: $L = \mu\mu_0 \frac{N^2}{\ell} S$

5.1 Проводящий плоский контур, имеющий форму окружности радиуса $r = 0,05$ м помещен в однородное магнитное поле так, что линии магнитной индукции поля направлены перпендикулярно плоскости контура. Сопротивление контура $R = 5$ Ом. Магнитная индукция меняется по закону $B = kt$, где $k = 0,2$ Тл/с. Определите: а) э.д.с. индукции, возникающую в этом контуре; б) силу индукционного тока; в) заряд, который протечет по контуру за первые 5 секунд изменения поля. Ответ: 1,6 мВ; 0,3 мА; 1,6 мКл.

5.2. Проводящая рамка помещена в однородное магнитное поле с индукцией $B = 0,1$ Тл. Плоскость рамки составляет с направлением магнитного поля угол $\varphi = 30^\circ$. Площадь рамки $S = 20$ см², сопротивление $R = 0,1$ Ом. Магнитное поле равномерно уменьшается до нуля за время $\Delta t = 0,1$ с. Определите: а) среднее значение э.д.с. индукции, возникающей в рамке; б) силу индукционного тока; в) заряд, который протечет по рамке за время уменьшения поля. Ответ: 1 мВ; 10 мА; 10^{-3} Кл.

5.3. В однородное магнитное поле, индукция которого $B = 0,1$ Тл, помещена квадратная рамка из медной проволоки так, что нормаль к плоскости рамки параллельна магнитному полю. Площадь поперечного сечения проволоки $s = 1$ мм², площадь рамки $S = 25$ см². Удельное сопротивление меди $\rho = 17,2$ нОм·м. Магнитное поле равномерно уменьшается до нуля за промежуток времени $\Delta t = 5$ с. Определите: а) среднее значение э.д.с. индукции, возникающей в рамке; б) силу индукционного тока; в) заряд, который протечет по рамке за время уменьшения поля. Ответ: 50 мкВ; 14,5 мА; 73 мКл.

5.4. В магнитное поле, индукция которого $B = 0,05$ Тл, помещена замкнутая накоротко катушка, состоящая из $N = 200$ витков проволоки. Сопротивление катушки $R = 40$ Ом, площадь поперечного сечения $S = 12$ см². Катушка помещена так, что ее ось составляет угол $\alpha = 60^\circ$ с направлением магнитного поля. Определите заряд, прошедший по катушке при исчезновении магнитного поля. Ответ: 150 мКл.

5.5. Катушка состоит из $N = 75$ витков и имеет сопротивление $R = 9$ Ом. Магнитный поток через ее поперечное сечение меняется по закону

$\Phi = kt$, где $k = 1,2 \text{ мВб/с}$. Определите: а) э.д.с. индукции, возникающую в этом контуре; б) силу индукционного тока; в) заряд, который протечет по контуру за первые 9 с изменения поля. Ответ: 90 мВ; 10 мА; 0,09 Кл.

5.6. Квадратная рамка из медной проволоки сечением $s = 1 \text{ мм}^2$ помещена в магнитное поле, индукция которого меняется по закону $B = B_0 \sin \omega t$, где $B_0 = 0,01 \text{ Тл}$ и $T = 0,02 \text{ с}$. Площадь рамки $S = 25 \text{ см}^2$. Удельное сопротивление меди $\rho = 17,2 \text{ нОм} \cdot \text{м}$. Плоскость рамки перпендикулярна к направлению магнитного поля. Найти зависимость от времени и наибольшее значение: а) магнитного потока, пронизывающего рамку; б) э.д.с. индукции, возникающей в рамке; в) тока, текущего по рамке. Ответ: $25 \cdot 10^{-6} \text{ Вб}$; 0,08 В; 0,23 А.

5.7. Проводящая рамка площадью $S = 200 \text{ см}^2$ равномерно вращается с частотой $n = 10 \text{ с}^{-1}$ относительно оси, лежащей в плоскости рамки и перпендикулярно линиям индукции однородного магнитного поля. Определите среднее значение э.д.с. индукции и заряд, прошедший по рамке за время, в течение которого магнитный поток, пронизывающий рамку, изменится от нуля до максимального значения. Индукция магнитного поля $B = 0,2 \text{ Тл}$, сопротивление рамки $R = 4 \text{ Ом}$. Ответ: 0,16 В; 1 мКл.

5.8. В однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,35 \text{ Тл}$ равномерно с частотой $n = 480 \text{ мин}^{-1}$ вращается рамка, содержащая $N = 500$ витков площадью $S = 50 \text{ см}^2$. Ось вращения лежит в плоскости рамки и перпендикулярна линиям индукции. Определите максимальную э.д.с. индукции, возникающую в рамке. Какой по модулю заряд пройдет через рамку за один ее оборот? Сопротивление рамки $R = 17 \text{ Ом}$. Ответ: 44 В; 0,2 Кл.

5.9. Круговой контур радиусом $r = 2 \text{ см}$ помещен в однородное магнитное поле, индукция которого $B = 0,2 \text{ Тл}$. Плоскость контура перпендикулярна к направлению магнитного поля. Сопротивление контура $R = 1 \text{ Ом}$. Какой заряд пройдет через контур при повороте его на угол $\alpha = 90^\circ$. Ответ: 250 мКл.

5.10. В однородном магнитном поле, индукция которого $B = 0,1 \text{ Тл}$, вращается короткая катушка, состоящая из $N = 200$ витков. Ось вращения катушки перпендикулярна к ее оси и к направлению магнитного поля. Период обращения катушки $T = 0,2 \text{ с}$, площадь поперечного сечения $s = 4 \text{ см}^2$. Найти максимальную э.д.с. индукции во вращающейся катушке. Ответ: 1,26 мВ.

5.11. В однородном магнитном поле, индукция которого $B = 0,8 \text{ Тл}$, равномерно вращается рамка с угловой скоростью $\omega = 15 \text{ рад/с}$. Площадь рамки $S = 150 \text{ см}^2$. Ось вращения находится в плоскости рамки и составляет угол $\alpha = 30^\circ$ с направлением магнитного поля. Найдите максимальную э.д.с. индукции во вращающейся рамке. Ответ: 0,09 В.

5.12. Рамка из провода сопротивлением $R = 0,01$ Ом равномерно вращается в однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,05$ Тл. Ось вращения лежит в плоскости рамки и перпендикулярна линиям индукции. Площадь рамки $S = 100$ см². В начальный момент времени нормаль к плоскости рамки составляет угол $\alpha_1 = 0^\circ$ с направлением поля. Определите, какой заряд протечет через рамку за время ее поворота на угол: а) от $\alpha_1 = 0^\circ$ до $\alpha_2 = 30^\circ$; б) от $\alpha_2 = 30^\circ$ до $\alpha_3 = 60^\circ$; в) от $\alpha_3 = 60^\circ$ до $\alpha_4 = 90^\circ$. Ответ: 6,7 мКл; 18,3 мКл; 25 мКл.

5.13. Проволочное кольцо радиусом $r = 10$ см лежит на столе. Какой заряд протечет по кольцу, если его повернуть с одной стороны на другую? Сопротивление кольца $R = 1$ Ом. Вертикальная составляющая индукции магнитного поля Земли $B = 50$ мкТл. Ответ: 3,14 мКл.

5.14. Тонкий медный провод массой $m = 1$ г согнут в виде квадрата, и концы его замкнуты. Квадрат помещен в однородное магнитное поле индукцией $B = 0,1$ Тл так, что плоскость его перпендикулярна линиям индукции поля. Определите заряд, который протечет по проводнику, если квадрат, потянув за противоположные вершины, вытянуть в линию. Плотность меди $\rho_{\text{меди}} = 8,93$ г/см³, удельное сопротивление $\rho = 17$ нОм·м. Ответ: 41,4 мКл.

5.15. По длинному прямому проводу течет ток $I = 0,02$ А. Вблизи провода расположена квадратная рамка из тонкого провода сопротивлением $R = 1$ Ом. Провод лежит в плоскости рамки и параллелен двум ее сторонам, расстояния до которых от провода равны соответственно $a = 10$ см и $b = 20$ см. Рамку повернули на 180° вокруг оси OO' , параллельной проводу и отстоящей от провода на расстояние b . Найдите заряд, прошедший по рамке, за время ее поворота. Ответ: 0,44 нКл.

5.16. По длинному прямому проводу течет ток $I = 0,025$ А. Вблизи провода расположена квадратная рамка из тонкого провода сопротивлением $R = 0,5$ Ом. Провод лежит в плоскости рамки и параллелен двум ее сторонам, расстояния до которых от провода равны соответственно $a = 10$ см и $b = 20$ см. Рамку удалили от провода вдоль прямой, перпендикулярной проводу на расстояние $c = 10$ см. Найдите заряд, прошедший по рамке за время ее перемещения. Ответ: 0,29 нКл.

5.17. По длинному прямому проводу течет ток. Вблизи провода расположена квадратная рамка из тонкого провода сопротивлением $R = 0,02$ Ом. Провод лежит в плоскости рамки и параллелен двум ее сторонам, расстояния до которых от провода равны $a = 10$ см и $b = 20$ см. Найти силу тока в проводе, если при его выключении через рамку прошел заряд $q = 693$ мКл. Ответ: 1кА.

5.18. По длинному прямому проводу течет ток. Вблизи провода расположена квадратная рамка из тонкого провода сопротивлением $R = 0,01$ Ом. Провод лежит в плоскости рамки и параллелен двум ее сторонам, расстояния до которых от провода равны $a = 10$ см и $b = 20$ см.

Определите, какой заряд прошел через рамку при включении тока $I = 0,5$ кА в проводе. Ответ: 0,7 мКл.

5.19. На расстоянии $a = 1$ м от длинного прямого провода с током $I = 1$ кА находится кольцо радиусом $r = 1$ см. Кольцо расположено так, что магнитный поток, пронизывающий его, максимален. Определите, какой заряд протечет по кольцу при выключении тока в проводе. Сопротивление кольца $R = 10$ Ом. Ответ: $6,3 \cdot 10^{-9}$ Кл.

5.20. На расстоянии 1 м от длинного прямого провода с током 1 кА находится кольцо радиусом 1 см. Кольцо расположено так, что магнитный поток, пронизывающий его, максимален. Кольцо перемещают вдоль прямой, перпендикулярной проводу, удаляя его от провода. Определите, на какое расстояние переместили кольцо, если за время перемещения по кольцу прошел заряд $q = 3,14$ нКл. Сопротивление кольца $R = 10$ Ом. Ответ: 1 м.

5.21. На расстоянии $a = 100$ см от длинного прямого провода с током $I = 1000$ А находится кольцо радиусом $r = 0,01$ м. Кольцо расположено так, что магнитный поток, пронизывающий его, максимален. Определите, какой заряд протечет по кольцу, если его переместить в бесконечность. Сопротивление кольца $R = 10$ Ом. Ответ: 6,3 нКл.

5.22. Между полюсами электромагнита помещена катушка, соединенная с баллистическим гальванометром. Ось катушки параллельна линиям магнитной индукции. Сопротивление катушки $R_1 = 4$ Ом, количество витков $N = 15$, площадь $S = 2$ см². Сопротивление гальванометра $R_2 = 46$ Ом. При выключении тока в обмотке электромагнита по цепи гальванометра протекает заряд $q = 90$ мКл. Определите магнитную индукцию поля электромагнита. Ответ: 1,5 Тл.

5.23. Катушка, соединенная с баллистическим гальванометром помещена между полюсами электромагнита. Ось катушки параллельна линиям магнитной индукции. Площадь поперечного сечения катушки $S = 3$ мм², число витков $N = 60$. Магнитная индукция поля электромагнита $B = 0,02$ Тл. Сопротивление катушки, гальванометра и соединительных проводов $R = 40$ Ом. Катушку поворачивают вокруг оси OO' , перпендикулярной оси катушки и проходящей через ее середину на угол 180° . Определите заряд, прошедший через катушку при этом повороте. Ответ: 180 нКл.

5.24. С помощью реостата в катушке равномерно увеличивают силу тока от $I_1 = 0,1$ А до $I_2 = 0,2$ А в течение времени $\Delta t = 1$ с. Катушка имеет длину $\ell = 10$ см, число витков $N = 150$, площадь $S = 25$ см², сопротивление $R = 10$ Ом. Определите среднее значение э.д.с. самоиндукции, возникающей в контуре и заряд, прошедший через катушку за время увеличения тока. Ответ: 40 мкВ; 0,15 Кл.

5.25. Катушка с очень малым омическим сопротивлением и индуктивностью $L = 4$ мГн соединена параллельно с проводом сопротивле-

нием $R_1=2,5$ Ом. Определите заряд, который протечет по катушке при размыкании ключа К (рис. 5.25). Э.Д.С. источника тока равна 6 В, сопротивление $R_2=12$ Ом. Ответ: $8 \cdot 10^{-4}$ Кл.

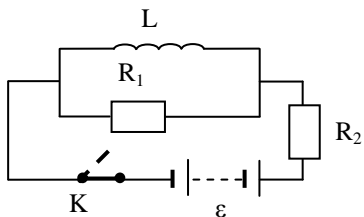


Рис.5.25