ფაკულტეტი	საინჟინრო ტექნიკური
დეპარტამენტი	ენერგეტიკისა და ტელეკომუნიკაციის
სპეციალობა	ელექტრული ინჟინერია ჯგ. 6B211-23, 6B212-23
საგანი	ტექნიკური ელექტრომექანიკისა და ელექტროდინამიკის საფუძვლები
პედაგოგი	ზ. მარდალეიშვილი
გამოცდის სახე	დასკვნითი
სემესტრი	სწავლების მე-5 სემესტრი

	შეკითხვის, დავალების, საკითხის ან ტესტის შინაარსი	ტესტის შემთხვევაში ჩაწერეთ წერტილით გამოყოფილი პასუხები
1.	დანაკარგები მაგნიტურ სისტემაში ანუ ეგრეთწოდებული უქმი სვლის დანაკარგები, შედგებიან:	<u>გრიგალურ დენებზე და ჰისტერეზისზე დანაკარგებისაგან, რომლებიც წარმოიშვება ფოლადის გულანაში მთავარი მაგნიტური ნაკადის, დროის მიხედვით ცვალებადობის პროცესში.</u> გრიგალურ დენებზე დანაკარგებისაგან, რომლებიც წარმოიშვება ფოლადის გულანაში მთავარი მაგნიტური ნაკადის, დროის მიხედვით ცვალებადობის პროცესში. ჰისტერეზისზე დანაკარგებისაგან, რომლებიც წარმოიშვება ფოლადის გულანაში მთავარი მაგნიტური ნაკადის, დროის მიხედვით ცვალებადობის პროცესში.
2.	დანაკარგები მაგნიტურ სისტემაში ანუ ეგრეთწოდებული უქმი სვლის დანაკარგები:	<u>დაახლოებით პროპორციულია ინდუქციის კვადრატისა.</u> პროპორციულია დენის ძალის კვადრატისა. პროპორციულია წინაღობის კვადრატისა.
3.	დატვირთვის დანაკარგები ანუ ეგრეთწოდებული მოკლედ შერთვის დანაკარგები:	<u>ამ ჯგუფში ძირითად დანაკარგებს წარმოადგენს გრაგნილებში და გამომყვანებში ჯოულის დანაკარგები, ამავე ჯგუფს ეკუთვნის დამატებითი დანაკარგები გრაგნილებში, გამომყვანებში, ავზის კედლებში, გულანაში რომლებიც განპირობებულია ფანტვის ველით.</u> ძირითად დანაკარგებს წარმოადგენს გრაგნილებში და გამომყვანებში ჯოულის დანაკარგები, დანაკარგები გამომყვანებში, ავზის კედლებში, რომლებიც განპირობებულია ფანტვის ველით. ამ ჯგუფში ძირითად დანაკარგებს წარმოადგენს გრაგნილებში და გამომყვანებში ჯოულის დანაკარგები, ამავე ჯგუფს ეკუთვნის დამატებითი დანაკარგები გულანაში რომლებიც განპირობებულია ფანტვის ველით.

4.	ტრანსფორმატორის გულანას დამაგნიტების დროს, მთავარი მაგნიტური ნაკადი დამამაგნიტებელ ძალასთან დაკავშირებულია შემდეგი ფორმულით: (სადაც B და H ---გულანაში არეს ინდუქცია და დაძაბულობაა, S_c-გულანის აქტიური კვეთია, L-ინდუქციურობა)	F=BS$_c$=$\mu\mu_0 HS_c$. F=B/S$_c$=$\mu\mu_0 H/S_c$. F=H/S$_c$=$\mu\mu_0 H/S_c$. F=BLS$_c$=$\mu\mu_0 HLS_c$.
5.	ტრანსფორმატორის ინდუქციურობა მოკლედ შერთვისას წარმოადგენს ფანტვის ინდუქციურობას, რომელიც შეიძლება განისაზღვროს ფანტვის მაგნიტური არეს ენერგიის გამოსახულებიდან:	$W=\frac{Li^2}{2}=\frac{1}{2}\int BHdV$. $W=\frac{i^2}{2L}=\frac{1}{2}\int BHdV$. $W=\frac{L}{2i^2}=\frac{1}{2}\int BHdV$.
6.	სამგრაგნილიანი ტრანსფორმატორისათვის, თუ გრაგნილი 1 მიერთებულია ცვლადი დენის წყაროსთან, ხოლო გრაგნილებთან 2 და 3 მიერთებულია დატვირთეები, მაშინ პირველი გრაგნილისათვის შეიძლება დავწეროთ ე. მ. ძ.-ის შემდეგი განტოლება:	$u_1=L_1\frac{di_1}{dt}+M_{12}\frac{di_2}{dt}+M_{13}\frac{di_3}{dt}+i_1r_1$. $u_1=L_1\frac{di_1}{dt}+M_{12}\frac{di_2}{dt}+M_{13}\frac{di_3}{dt}$. $u_1=L_1\frac{di_1}{dt}+M_{12}\frac{di_2}{dt}+i_1r_1$. $u_1=L_1\frac{di_1}{dt}+M_{13}\frac{di_3}{dt}+i_1r_1$.
7.	სამგრაგნილიანი ტრანსფორმატორისათვის, თუ გრაგნილი 1 მიერთებულია ცვლადი დენის წყაროსთან, ხოლო გრაგნილებთან 2 და 3 მიერთებულია დატვირთეები, მაშინ მეორე გრაგნილისათვის შეიძლება დავწეროთ ე. მ. ძ.-ის შემდეგი განტოლება:	$u_2=-L_2\frac{di_2}{dt}-M_{21}\frac{di_1}{dt}-M_{23}\frac{di_3}{dt}-i_2r_2$. $u_2=-L_2\frac{di_2}{dt}-M_{21}\frac{di_1}{dt}-M_{23}\frac{di_3}{dt}$. $u_2=-L_2\frac{di_2}{dt}-M_{21}\frac{di_1}{dt}-i_2r_2$. $u_2=-L_2\frac{di_2}{dt}-M_{23}\frac{di_3}{dt}-i_2r_2$.

8.	სამგრაგნილიანი ტრანსფორმატორისათვის, თუ გრაგნილი 1 მიერთებულია ცვლადი დენის წყაროსთან, ხოლო გრაგნილებთან 2 და 3 მიერთებულია დატვირთეები, მაშინ მესამე გრაგნილისათვის შეიძლება დავწეროთ ე. მ. ძ.-ის შემდეგი განტოლება:	$u_3 = -L_3\frac{di_3}{dt} - M_{32}\frac{di_3}{dt} - M_{31}\frac{di_1}{dt} - i_3 r_3$. $u_3 = -L_3\frac{di_3}{dt} - M_{32}\frac{di_3}{dt} - M_{31}\frac{di_1}{dt}$. $u_3 = -L_3\frac{di_3}{dt} - M_{32}\frac{di_3}{dt} - i_3 r_3$. $u_3 = -L_3\frac{di_3}{dt} - M_{31}\frac{di_1}{dt} - i_3 r_3$.
9.	სამგრაგნილიან ტრანსფორმატორში ძაბვის ვარდნის რეაქტიული მდგენელი დამოკიდებულია:	საკუთარ ინდუქციურობაზე, გრაგნილების განსახილველი წყვილის ურთიერთ ინდუქციურობაზე, თითოეული გრაგნილის და მესამე გრაგნილის ურთიერთ ინდუქციურობაზე. გრაგნილების განსახილველი წყვილის ურთიერთ ინდუქციურობაზე, თითოეული გრაგნილის და მესამე გრაგნილის ურთიერთ ინდუქციურობაზე. საკუთარ ინდუქციურობაზე, თითოეული გრაგნილის და მესამე გრაგნილის ურთიერთ ინდუქციურობაზე.
10.	ავტოტრანსფორმატორში მაგნიტური არეს საშუალებით გადაეცემა სიმძლავრე:	$P_\varphi = k\varphi I_1(\omega_1 - \omega_2) = k\varphi I_{12}\omega_2$. $P_\varphi = k\varphi I_1(\omega_1 + \omega_2) = k\varphi I_{12}\omega_2$. $P_\varphi = k\varphi I_1 L(\omega_1 - \omega_2) = k\varphi I_{12} L\omega_2$.
11.	ავტოტრანსფორმატორი შეგვიძლია განვიხილოთ როგორც:	ერთგრაგნილიანი ტრანსფორმატორი, რომელიც როგორც წესი კონსტრუქციულად სრულდება ორი გრაგნილის სახით, რომლებიც შემდეგ ელექტრულად ერთდება. ორგრაგნილიანი ტრანსფორმატორი, რომელიც როგორც წესი კონსტრუქციულად სრულდება ორი გრაგნილის სახით, რომლებიც შემდეგ ელექტრულად ერთდება. სამგრაგნილიანი ტრანსფორმატორი, რომელიც როგორც წესი კონსტრუქციულად სრულდება ორი გრაგნილის სახით, რომლებიც შემდეგ ელექტრულად ერთდება.
12.	თუ სამფაზა ტრანსფორმატორში გამოვრთავთ ერთ ფაზას, მაშინ გრაგნილების შეერთების სქემის მიხედვით დარჩენილი ორი ფაზა ქმნის:	„ღია სამკუთხედს“ ან „ორსხივიან ვარსკვლავს“. მხოლოდ „ღია სამკუთხედს“. მხოლოდ „ორსხივიან ვარსკვლავს“.
13.	ტრანსფორმატორების ნორმალური პარალელური მუშაობისათვის საჭიროა:	ტრანსფორმატორების პირეელადი და მეორადი ნომინალური ძაბვების ტოლობა; გრაგნილების შეერთების ჯგუფების იგივეობა; მოკლედ შერთვის ძაბვების ტოლობა. ტრანსფორმატორების პირეელადი და მეორადი ნომინალური ძაბვების ტოლობა; გრაგნილების შეერთების ჯგუფების იგივეობა. ტრანსფორმატორების პირეელადი და მეორადი ნომინალური ძაბვების ტოლობა; მოკლედ შერთვის ძაბვების ტოლობა.
14.	დატვირთვის რყევის დრო., ქსელის საქირო ძაბვის შენარჩუნების მიზნით, ტრანსფორმატორებში	რეგულირება დამატებით გამომყვანების საშუალებით; რეგულირება გადამრთველის ხაშუალებით; ძაბვის რეგულირება დატვირთვის ქვეშ

	გათვალისწინებულია მეორადი ძაბვის რეგულირების შესაძლებლობა. არსებობს ასეთი რეგულირების საშუალებების რიგი:	იანსენის სქემით; სქემა დენშემზღუდავი რეაქტორით; დამატებითი ტრანსფორმატორები; ნორისის რეგულატორი; კოხი და შტერცელის ფირმის რეგულატორი. რეგულირება დამატებით გამომყვანების საშუალებით; ძაბვის რეგულირება დატვირთვის ქვეშ იანსენის სქემით; სქემა დენშემზღუდავი რეაქტორით; დამატებითი ტრანსფორმატორები; ნორისის რეგულატორი; კოხი და შტერცელის ფირმის რეგულატორი. რეგულირება დამატებით გამომყვანების საშუალებით; რეგულირება გადამრთველის ხაშუალებით; ძაბვის რეგულირება დატვირთვის ქვეშ იანსენის სქემით; სქემა დენშემზღუდავი რეაქტორით; კოხი და შტერცელის ფირმის რეგულატორი.
15.	ტრანსფორმატორის მოკლედ შერთვის რეჟიმის გამოსაკვლევად გამოიყენება ტრანსფორმატორის ძირითადი დიფერენციალური განტოლებები, რომლებიც ამ შემთხვევაში ჩაიწერება შემდეგი სახით:	$L_1\frac{dI_1}{dt}+M_{12}\frac{dI_2}{dt}+i_1r_1=u_1;\ L_2\frac{dI_2}{dt}+M_{12}\frac{dI_1}{dt}+i_2r_2=0.$ $L_1\frac{dI_1}{dt}-M_{12}\frac{dI_2}{dt}-i_1r_1=u_1;\ L_2\frac{dI_2}{dt}+M_{12}\frac{dI_1}{dt}+i_2r_2=0.$ $L_1\frac{dI_1}{dt}+M_{12}\frac{dI_2}{dt}+i_1r_1=u_1;\ L_2\frac{dI_2}{dt}-M_{12}\frac{dI_1}{dt}-i_2r_2=0.$ $L_1\frac{dI_1}{dt}-M_{12}\frac{dI_2}{dt}-i_1r_1=u_1;\ L_2\frac{dI_2}{dt}-M_{12}\frac{dI_1}{dt}-i_2r_2=0.$
16.	ტრანსფორმატორის გრაგნილებს შიგნით გადაძაბვებისაგან დაცვის საშუალებებია:	გრაგნილი შესავალი კოჭების გაძლიერებული იზოლაციით; ტევადური რგოლი; შემტანი გრაგნილის შუაში; გრაგნილის ფორმის შეცვლა; არამარეზონირებელი ტრანსფორმატორი; მეხმდგრადი ტრანსფორმატორი. ტევადური რგოლი; შემტანი გრაგნილის შუაში; გრაგნილის ფორმის შეცვლა; არამარეზონირებელი ტრანსფორმატორი; მეხმდგრადი ტრანსფორმატორი. გრაგნილი შესავალი კოჭების გაძლიერებული იზოლაციით; არამარეზონირებელი ტრანსფორმატორი; მეხმდგრადი ტრანსფორმატორი.
17.	სპეციალურ ტრანსფორმატორებს განეკუთვნება:	სამფაზა დენის ტრანსფორმირება ორფაზად; ტრანსფორმატორები ელექტროღუმელებისათვის; ტრანსფორმატორები რკალური ელექტროშედუღებისათვის; სიხშირის გამსამებელი ტრანსფორმატორები; კასკადური სქემები. ტრანსფორმატორები ელექტროღუმელებისათვის; ტრანსფორმატორები რკალური ელექტროშედუღებისათვის; სიხშირის გამსამებელი ტრანსფორმატორები; კასკადური სქემები. სამფაზა დენის ტრანსფორმირება ორფაზად; ტრანსფორმატორები

		ელექტროღუმელებისათვის; ტრანსფორმატორები რკალური ელექტროშედულებისათვის; კასკადური სქემები.
18.	მუდმივი დენის გენერატორის ღუზის მომჭერებზე წარმოქმნილი ძაბვა გამოითვლება ფორმულით:	$U_{\text{გ}} = E_{\text{გ}} - I_{\text{დატ}} R_{\text{გ}}$. $U_{\text{გ}} = E_{\text{გ}} + I_{\text{დატ}} R_{\text{გ}}$. $U_{\text{გ}} = I_{\text{დატ}} R_{\text{გ}}$.
19.	მუდმივი დენის გენერატორის გარე მახასიათებლის გამოსახულება უკუკავშირიანი სისტემისათვის ჩაიწერება შემდეგი სახით:	$U_{\text{გ}} = \frac{K_{\text{ს}}}{K_{\text{უკ}}(1+K_{\text{ს}})} U_{\text{დავ}} - \frac{I_{\text{დატ}} R_{\text{გ}}}{1+K_{\text{ს}}}$. $U_{\text{გ}} = \frac{K_{\text{ს}}}{K_{\text{უკ}}(1+K_{\text{ს}})} - \frac{I_{\text{დატ}} R_{\text{გ}}}{1+K_{\text{ს}}}$. $U_{\text{გ}} = \frac{K_{\text{ს}}}{K_{\text{უკ}}(1+K_{\text{ს}})} U_{\text{დავ}}$.
20.	ელექტროამძრავის უკუკავშირიანი სისტემის მექანიკური მახასიათებელი გამოითვლება ფორმულით:	$\omega = \frac{K}{K_{\text{უკ}}(1+K)} U_{\text{დ}} - \frac{M R_{\text{ღწ}}}{c_{\text{მ}}^2(1+K)}$. $\omega = \frac{K}{K_{\text{უკ}}(1+K)} - \frac{M R_{\text{ღწ}}}{c_{\text{მ}}^2(1+K)}$. $\omega = \frac{K}{K_{\text{უკ}}(1+K)} U_{\text{დ}}$ ..
21.	მუდმივი დენის აგზნების წრედის ძაბვების წონასწორობის დიფერენციალური განტოლება ჩაიწერება შემდეგი სახით:	$U_{\text{აგ}} = L \frac{dI_{\text{აგ}}}{dt} + R_{\text{აგ}} I_{\text{აგ}}$. $U_{\text{აგ}} = I_{\text{აგ}} \frac{dL}{dt} + R_{\text{აგ}} I_{\text{აგ}}$ .. $U_{\text{აგ}} = I_{\text{აგ}} \frac{dL}{dt}$.
22.	მუდმივი დენის გენერატორის გადამცემი ფუნქცია, როდესაც იგი მუშაობს დამაგნიტების მრუდის წრფივ უბანზე, ჩაიწერება ფორმულით:	$W(p) = \frac{K_{\text{გ}}}{T_{\text{აგ}} p + 1}$ .. $W(p) = \frac{K_{\text{გ}}}{T_{\text{აგ}} + 1}$ .. $W(p) = \frac{K_{\text{გ}}}{p + 1}$ ..

23.	როდესაც განიხილება ტრანსფორმატორის მუშაობა ფოლადის გულარას გავლენის გათვალისწინების გარეშე გარეშე, ე. ი. ვთვლით, რომ მაგნიტურ ნაკადებსა და მათ შემქმნელ დენებს შორის არსებობს სწორხაზოვანი დამოკიდებულება და ფოლადში დანაკარგები არ არის, მაშინ ტრანსფორმატორის პირველადი წრედისათვის დიფერენციალური განტოლება ჩაიწერება:	$u_1 - L_1 \frac{di_1}{dt} - M_{13} \frac{di_2}{dt} = i_1 r_1$. $u_1 - L_1 \frac{di_1}{dt} - M_{13} \frac{di_2}{dt} = 0$. $u_1 - L_1 \frac{di_1}{dt} - M_{13} = i_1 r_1$. $u_1 - M_{13} \frac{di_2}{dt} = i_1 r_1$.
24.	როდესაც განიხილება ტრანსფორმატორის მუშაობა ფოლადის გულარას გავლენის გათვალისწინების გარეშე გარეშე, ე. ი. ვთვლით, რომ მაგნიტურ ნაკადებსა და მათ შემქმნელ დენებს შორის არსებობს სწორხაზოვანი დამოკიდებულება და ფოლადში დანაკარგები არ არის, მაშინ ტრანსფორმატორის მეორადი წრედისათვის დიფერენციალური განტოლება ჩაიწერება:	$u_2 = -L_2 \frac{di_2}{dt} - M_{31} \frac{di_1}{dt} - i_2 r_2$. $u_2 = -M_{31} \frac{di_1}{dt} - i_2 r_2$. $u_2 = -L_2 \frac{di_2}{dt} - i_2 r_2$. $u_2 = -L_2 \frac{di_2}{dt} - M_{31} \frac{di_1}{dt}$.
25.	როდესაც ტრანსფორმატორის კვება ხდება პირველადი გრაგნილიდან, რეზულტატური დამამაგნიტებელი ძალა შეიძლება განხილულ იქნეს, როგორც პირველად გრაგნილში გამავალი დამამაგნიტებელი დენი i_0 გამრავლებული ω_1 ხვიათა რიცხეზე, რომელიც გამოითვლება ფორმულით:	$i_0\omega_1 = i_1\omega_1 + i_2\omega_2$. $i_0\omega_1 = i_1\omega_1 - i_2\omega_2$. $i_0\omega_1 = i_1\omega_1 + \omega_2$. $i_0\omega_1 = \omega_1 + i_2\omega_2$.
26.	თვითინდუქციის ემძ გამოითვლება ფორმულით:	$\mathcal{E} = -L\frac{dI}{dt}$. $\mathcal{E} = -L\frac{dB}{dt}$. $\mathcal{E} = -L\frac{dF}{dt}$. $\mathcal{E} = -L\frac{dH}{dt}$.

27.	სოლენოიდში მაგნიტური ველის ენერგია გამოითვლება ფორმულით:	$W_M = 0{,}5BHV$. $W_M = 0{,}5FHV$. $W_M = 0{,}5BLV$. $W_M = 0{,}5BHL$.
28.	დამაგნიტების ვექტორი გამოითვლება ფორმულით:	$\vec{M} = (\Delta V)^{-1} \sum_{i=1}^{N} \left(\vec{P}_{Am}\right)_i$. $\vec{M} = (\Delta V)^{-1} \sum_{i=1}^{N} (IB)_i$. $\vec{M} = (\Delta V)^{-1} \sum_{i=1}^{N} (BH_m)_i$.
29.	ჩაკეტილ კონტურზე ელექტრული ველის დაძაბულობის ცირკულაცია ტოლია:	$\oint E_l dl = -\frac{d\Phi}{dt}$. $\oint B dl = -\frac{d\Phi}{dt}$. $\oint H_l dl = -\frac{d\Phi}{dt}$. $\oint E_l dl = -\frac{dB}{dt}$.
30.	წანაცვლების დენის სიმკვრივის ვექტორი გამოითვლება ფორმულით:	$\vec{i} = \frac{d\vec{D}}{dt}$. $\vec{i} = \frac{d\vec{D}}{dx}$. $\vec{i} = \frac{d\vec{D}}{dy}$. $\vec{i} = \frac{d\vec{D}}{dz}$.
31.	ძრავას ლილვიდან მუშა მანქანისათვის გადაცემული მთელი სიმძლავრე, როდესაც ინერციის მომენტი ცვლადი სიდიდეა, გამოითვლება ფორმულით:	$P_{\text{დ}} = J\omega \frac{d\omega}{dt} + \frac{\omega^2}{2}\frac{dJ}{dt}$. $P_{\text{დ}} = J\omega \frac{d\omega}{dt} + \frac{\omega^2}{2}\frac{dJ}{dt} + m\rho^2$. $P_{\text{დ}} = J\omega \frac{d\omega}{dt} + \frac{\omega^2}{2}\frac{dJ}{dt} + M\omega$. $P_{\text{დ}} = J\omega \frac{d\omega}{dt} + \frac{\omega^2}{2}\frac{dJ}{dt} + m\omega^2$.
32.	მოძრაობის ძირითადი განტოლება, როდესაც ინერციის მომენტი ცვლადი სიდიდეა, ჩაიწერება ფორმულით:	$M = M_{\text{სტ}} + M_{\text{დ}} = M_{\text{სტ}} + J\frac{d\omega}{dt} + \frac{\omega}{2}\frac{dJ}{dt}$. $M = M_{\text{სტ}} + M_{\text{დ}} = M_{\text{სტ}} + \frac{\omega}{2}\frac{dJ}{dt}$. $M = M_{\text{სტ}} + M_{\text{დ}} = J\frac{d\omega}{dt} + \frac{\omega}{2}\frac{dJ}{dt}$. $M = M_{\text{სტ}} + M_{\text{დ}} = M_{\text{სტ}} + J\frac{d\omega}{dt}$.

33.	მოძრაობის ძირითადი განტოლება, როდესაც ინერციის მომენტი მუდმივი სიდიდეა, ჩაიწერება ფორმულით:	$M = M_{\text{სტ}_{\text{სტ}}} + M_{\text{დ}_{\text{დ}}} = M_{\text{სტ}_{\text{სტ}}} + J\frac{\omega}{2}\frac{dJ}{dt}$. $M = M_{\text{სტ}} + M_{\text{დ}} = M_{\text{სტ}} + J\frac{\omega}{2}\frac{dJ}{dt}$. $M = M_{\text{სტ}} + M_{\text{დ}} = J\frac{d\omega}{dt} + \frac{\omega}{2}\frac{dJ}{dt}$. $M = M_{\text{სტ}} + M_{\text{დ}} = M_{\text{სტ}} + J\frac{d\omega}{dt} + \frac{\omega}{2}\frac{dJ}{dt}$.
34.	ელექტრომექანიკური ამძრავის კუთხური აჩქარება გამოითვლება ფორმულით:	$\varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = \frac{M-M_{\text{სტ}}}{J}$. $\varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = \frac{M}{J}$. $\varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = \frac{M+M_{\text{სტ}}}{J}$. $\varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = \frac{M-M_{\text{სტ}}}{J}$.
35.	წრფივად მოძრავი მექანიზმებისათვის, როდესაც მოძრავი ელემენტის მასა მუდმივი სიდიდეა, მოძრაობის ძირითადი განტოლება გამოისახება ფორმულით:	$F = F_{\text{სტ}} + F_{\text{დ}} = F_{\text{სტ}} + m\frac{dv}{dt}$. $F = F_{\text{სტ}} + F_{\text{დ}} = F_{\text{სტ}} + v\frac{dm}{dt}$. $F = F_{\text{სტ}} + F_{\text{დ}} = m\frac{dv}{dt}$. $F = F_{\text{სტ}} - F_{\text{დ}} = F_{\text{სტ}} - m\frac{dv}{dt}$.
36.	დრეკადი ელემენტით შეერთებული ორმასიანი სისტემის მოძრაობის ძირითადი განტოლება m_1 მასის ამძრავი ბორბლისათვის გამოისახება ფორმულით:	$m_1\frac{d^2x}{dt^2} = F - F_{\text{სტ}_{\text{სტ}}} = F - C(X-Y)$. $m_1\frac{d^2x}{dt^2} = F + F_{\text{სტ}} = F + C(X-Y)$. . $m_1\frac{d^2x}{dt^2} = F + F_{\text{სტ}} = F + C(X+Y)$. . $m_1\frac{d^2x}{dt^2} = F + F_{\text{სტ}} = C(X-Y)$. .
37.	დრეკადი ელემენტით შეერთებული ორმასიანი სისტემის მოძრაობის ძირითადი განტოლება m_2 მასის ტვირთისათვის გამოისახება ფორმულით:	$m_2\frac{d^2y}{dt^2} = F_{\text{დრ}_{\text{დრ}}} - F_{\text{სტ}_{\text{სტ}}} = C(X-Y) - m_2g$.. $m_2\frac{d^2y}{dt^2} = F_{\text{დრ}} + F_{\text{სტ}} = C(X-Y) - m_2g$.. $m_2\frac{d^2y}{dt^2} = F_{\text{დრ}} + F_{\text{სტ}} = C(X-Y) + m_2g$.. $m_2\frac{d^2y}{dt^2} = F_{\text{დრ}} - F_{\text{სტ}} = m_2g$..

38.	დრეკადი ელემენტით შეერთებული ორმასიანი სისტემა კონსერვატულია, როდესაც სამართლიანია განტოლება:	$\frac{d^2\Delta}{dt^2}+\omega^2\Delta=\frac{F}{m_1}+\frac{F_{ხტ}}{m_2}$. $\frac{d^2\Delta}{dt^2}=\frac{F}{m_1}+\frac{F_{ხტ}}{m_2}$. $\omega^2\Delta=\frac{F}{m_1}+\frac{F_{ხტ}}{m_2}$. $\frac{d^2\Delta}{dt^2}-\omega^2\Delta=\frac{F}{m_1}-\frac{F_{ხტ}}{m_2}$.
39.	ელექტროამძრავების ამუშავების დროის ხანგრძლივობა გამოითვლება ფორმულით:	$t_{ამ}=\int_0^{\omega_{ხტხტ}} J\frac{d\omega}{M+M_{ხტხტ}}$. $t_{ამ}=\int_0^{\omega_{ხტ}} J\frac{d\omega}{M+M_{ხტ}}$. $t_{ამ}=\int_0^{\omega_{ხტ}} J\frac{d\omega}{M}$. $t_{ამ}=\int_0^{\omega_{ხტ}} J\frac{d\omega}{M_{ხტ}}$.
40.	მუდმივი დენის დამოუკიდებელ აგზნებიანი ძრავის ელექტრომექანიკური მახასიათებლის ანალიზური გამოსახულება ჩაიწერება ფორმულით:	$\omega=\frac{K-I_{ღ_ღ}R_{ღ_ღ}}{K\varphi}=\frac{U}{C}-\frac{R_{ღ_ღ}}{C}I_ღ$. $\omega=\frac{K+I_ღR_ღ}{K\varphi}=\frac{U}{C}+\frac{R_ღ}{C}I_ღ$. $\omega=\frac{K-I_ღR_ღ}{K\varphi}=\frac{R_ღ}{C}I_ღ$. $\omega=\frac{K-I_ღR_ღ}{K\varphi}=\frac{U}{C}$.

41.	მუმივი დენის ძრავას ელექტრომაგნიტური მომენტი განისაზღვრება ფორმულით:	$M=\frac{pN}{2\pi a}\Phi I_R=K\Phi I_R=CI_R$. $M=\frac{pN}{2\pi a}I_R=KI_R=CI_R$.. $M=\frac{pN}{2\pi a}\Phi=K\Phi=CI_R$.. $M=\frac{pN}{2\pi a}\Phi I_R=I_R=CI_R$..
42.	ასინქრონული ძრავისათვის, ძრავაში გამავალი დენი, დამაგნიტების დენის გაუთვალისწინებლად, ტოლია სტატორის გრაგნილზე დაყვანილი როტორის დენის და გამოითვლება ფორმულით:	$I_1\approx I_2=\frac{U_{\text{ფ}}}{Z}=\frac{U_{\text{ფ}}}{\sqrt{\left(R_1+\frac{R_2}{S}\right)^2+X_{\text{მკ}}^2}}$. $I_1\approx I_2=\frac{U_{\text{ფ}}}{Z}=\frac{U_{\text{ფ}}}{\sqrt{\left(R_1+\frac{R_2}{S}\right)^2-X_{\text{მკ}}^2}}$. $I_1\approx I_2=\frac{U_{\text{ფ}}}{Z}=\frac{U_{\text{ფ}}}{\sqrt{\left(R_1-\frac{R_2}{S}\right)^2-X_{\text{მკ}}^2}}$. $I_1\approx I_2=\frac{U_{\text{ფ}}}{Z}=\frac{U_{\text{ფ}}}{\sqrt{\left(R_1-\frac{R_2}{S}\right)^2-X_{\text{მკ}}^2}}$.
43.	ასინქრონული ძრავის მაქსიმალური მომენტი გამოითვლება ფორმულით:	$M_{\text{კრ}_{\text{კრ}}}=\frac{3U_{\text{ფ}}^2}{2\omega_0\left(R_1\pm\sqrt{R_1^2+X_{\text{მკ}}^2}\right)}$. $M_{\text{კრ}}=\frac{3U_{\text{ფ}}^2}{2\omega_0\left(R_1-\sqrt{R_1^2+X_{\text{მკ}}^2}\right)}$. $M_{\text{კრ}}=\frac{3U_{\text{ფ}}^2}{2\left(R_1\pm\sqrt{R_1^2+X_{\text{მკ}}^2}\right)}$.. $M_{\text{კრ}}=\frac{U_{\text{ფ}}^2}{\omega_0\left(R_1\pm\sqrt{R_1^2+X_{\text{მკ}}^2}\right)}$.

44.	ასინქრონული ძრავის მექანიკური მახასიათებლის განტოლება:	$M=\dfrac{3U_{ფ}^{2}R_{2}^{/}}{\omega_0 S\left[\left(R_1+\frac{R_2^{/}}{S}\right)^2+X_{\partial\beta}^{2}\right]}$. $M=\dfrac{3U_{ფ}^{2}R_{2}^{/}}{\omega_0 S\left[\left(R_1-\frac{R_2^{/}}{S}\right)^2+X_{\partial\beta}^{2}\right]}$. $M=\dfrac{U_{ფ}^{2}R_{2}^{/}}{\omega_0 S\left[\left(R_1-\frac{R_2^{/}}{S}\right)^2+X_{\partial\beta}^{2}\right]}$. $M=\dfrac{3U_{ფ}^{2}}{\omega_0 S\left[\left(R_1-\frac{R_2^{/}}{S}\right)^2+X_{\partial\beta}^{2}\right]}$.
45.	ძრავას ლილვიდან მუშა მანქანისათვის გადაცემული მთელი სიმძლავრე, როდესაც ინერციის მომენტი ცვლადი სიდიდეა, გამოითვლება ფორმულით:	$P_{ლ_{ლ}}=J\omega\frac{d\omega}{dt}+\frac{\omega^2}{2}\frac{dJ}{dt}$. $P_{ლ}=J\omega\frac{d\omega}{dt}+\frac{\omega^2}{2}\frac{dJ}{dt}+m\rho^2$. $P_{ლ}=J\omega\frac{d\omega}{dt}+\frac{\omega^2}{2}\frac{dJ}{dt}+M\omega$. . $P_{ლ}=J\omega\frac{d\omega}{dt}+\frac{\omega^2}{2}\frac{dJ}{dt}+m\omega^2$. .

46.	ინდუქციურ პოტენციალთა სხვაობა: თვითმფრინავი, რომლის ფრთების გაშლის სიგრძეა l =20მ, მიფრინავს ჩრდილოეთის მიმართულებით 960კმ/სთ სიჩქარით და სიმაღლეზე, სადაც დედამიწის მაგნიტური ველის ვერტიკალური მდგენელია 6 · 10⁻⁵ტ. განსაზღვრეთ პოტენციალთა სხვაობა ფრთების ბოლოებზე. რომელ ფრთაზეა მეტი პოტენციალი?	მოც: $l = 20$ მ $v = 960 \frac{კმ}{სთ} = 960 \cdot \frac{5}{18} = \frac{800}{3}$ მ/წმ $B = 6 \cdot 10^{-5}$ტლ -------------------------------- ვიპოვოთ პოტენციალთა სხვაობა: $\mathcal{E} = Bvl \sin\theta = 6 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{800}{3} \cdot 20 \cdot \sin 90° = 0.32$ ვ მეტი პოტენციალის მქონე ფრთის განსასაზღვრად ვიყენებთ მარჯვენა ხელის წესს. ხელი ისე მოვათავსოთ, რომ მაგნიტური ველის ქვემოთ მიმართლი ვექტორი ხელის გულში შედიოდეს, ხოლო ცერა თითი მივმართოთ თვითმფრინავის მოძრაობის მიმართულებით. გაშლილი ოთხი თითი გვიჩვენებს დენის მიმართულებას. ამ შემთხვევაში, დენი მოძრაობს მარცხნივ, ე.ი. მარცხენა ფრთაზე დადებითი მუხტი გროვდება, ამიტომაც მეტი პოტენციალიც **მარცხენა ფრთაზეა**. *პასუხი: 0.32 ვ, მარცხენა ფრთა*
47.	ინდუქციური ელექტრული ველის დაძაბულობა: r რადიუსის მქონე წრიული გამტარი მოთავსებული მაგნიტურ ველში, რომელიც გამტარის სიბრტყის მართობულია. მაგნიტური ველი იცვლება კანონით $B = kt$. განსაზღვრეთ ინდუქციური ელექტრული ველის დაძაბულობის სიდიდე.	$\Phi = B \cdot S$ $S = \pi r^2, \quad B = kt$ $\Phi = (kt) \cdot (\pi r^2)$ $\varepsilon = \left\lvert \frac{d\Phi}{dt} \right\rvert = \frac{d}{dt}(k \cdot t \cdot \pi r^2) = k\pi r^2 \cdot \frac{dt}{dt} = k\pi r^2$ $\varepsilon = E \cdot 2\pi r$ $E \cdot 2\pi r = k\pi r^2$ $E = \frac{k\pi r^2}{2\pi r} = \frac{kr}{2}$
48.	დენი სოლენოიდში: l =1მ სიგრძის და d =10 სმ დიამეტრის სოლენოიდში, რომლის ხვიათა რიცხვი N = 2000, გადის I =1ა დენი. სოლენოიდს თანაბრად ჭიმავენ v=40მ/წმ სიჩქარით. ამავე დროს სოლენოიდის ბოლოებზე მოდებული ძაბვა იცვლება ისე, რომ დენი გამტარში არ იცვლება. რისი ტოლი იქნება პოტენციალთა სხვაობის ცვლილება მაშინ, როდესაც სოლენოიდის სიგრძე ორჯერ გაიზრდება. დიამეტრის ცვლილება უგულებელყავით.	მოც: $l = 1$ მ $d = 10$ სმ $= 0.1$ მ $N = 2000$ $I = 1$ ა $v = 40 \frac{მ}{წმ}$ -------------------------- $L(I) = \frac{\mu_0 N^2 S}{l}$ $\lambda = LI$ $U = \frac{d\lambda}{dt} = L\frac{dI}{dt} + I\frac{dL}{dt} = 0 + I\frac{dL}{dt} = I\frac{dL}{dt}$

		$$\frac{dL}{dt} = -\frac{\mu_0 N^2 S}{l^2}\frac{dl}{dt} = -\frac{L}{l}v$$ $$U = I\frac{dL}{dt} = -I\frac{\mu_0 N^2 S v}{l^2}$$ ვინაიდან ძაბვა უკუპროპორციულია სოლენოიდის სიგრძის კვადრატისა, მისი სიგრძის ორჯერ გაზრდის შემდეგ ძაბვა ოთხჯერ შემცირდება. $$U_{საბოლოო} = \frac{1}{4}U_{საწყისი}$$ ვიპოვოთ საწყისი ძაბვა: $$S = \pi r^2, \quad \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}\frac{ჰ}{მ}, \quad r = \frac{d}{2}$$ $$U_{საწ} = -I\frac{\mu_0 N^2 \pi r^2 v}{l^2} = -\frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 2000^2 \cdot \pi \cdot \left(\frac{0.1}{2}\right)^2 \cdot 40}{1^2} = -0.16\pi^2 \text{ ვ}$$ $$U_{საბ} = \frac{-0.16\pi^2}{4} = -0.04\pi^2 \text{ ვ}$$ ვიპოვოთ პოტენციალთა სხვაობა: $$\Delta U = U_{საბ} - U_{საწ} = -0.04\pi - (-0.16\pi) = 0.12\pi^2 = 0.12 \cdot 3.14^2 = 1{,}18 \text{ ვ}$$
49.	კვადრატული გამტარი ჩარჩო მუდმივ მაგნიტურ ველში: კვადრატული გამტარი ჩარჩო ზომებით $L \times L$ მოძრაობს მუდმივი v სიჩქარით და შედის მუდმივი მაგნიტის პოლუსებს შორის, რომლის მაგნიტური ველის ინდუქციის სიდიდეა B. ჩარჩოს სიბრტყე და სიჩქარე ველის მართობულია. განსაზღვრეთ დენი გამტარში. აღწერეთ ჩარჩოს მოძრაობა მაგნიტურ ველში. გამოთვალეთ აღძრული დენის სიმძლავრე.	
50.	ფარადეის დისკო: გამტარი დისკო ბრუნავს თავისი ღერძის გარშემო მუდმივი კუთხური სიჩქარით მუდმივ მაგნიტურ ველში, რომელიც დისკოს ზედაპირის მართობულია. განსაზღვრეთ პოტენციალთა სხვაობა დისკოს ცენტრსა და დისკოს შემომსაზღვრელი წრეწირის რომელიმე წერტილს შორის.	

51.	რხევით კონტურში ელექტრომაგნიტური რხევები, რხევის დინამიკური განტოლება, ტომსონის ფორმულა, წრედში აღძრული რხევების ენერგია, მუხტის და დენის ძალის ჰარმონიული ცვლილების განტოლებები. იძულებითი ელექტრული რხევები.	
52.	ელექტრმაგნიტური რხევები: იპოვეთ დროის ის მომენტი, როდესაც რხევით კონტურში კონდენსატორის ელექტრული ენერგია უტოლდება კოჭას მაგნიტურ ენერგიას. ეს დრო გამოსახეთ პერიოდით.	
53.	დენი რხევით კონტურში: განსაზღვრეთ დენის ძალის მნიშვნელობა რხევით კონტურში დროის იმ მომენტში, როდესაც კოჭას მაგნიტური ველის ენერგია ორჯერ ნაკლებია კონდენსატორის ენერგიაზე, თუ დენის ამპლიტუდა უდრის 0.25ა.	
54.	მაგნიტურ ველში მბრუნავი გამტარი ჩარჩო: სპილენძისგან დამზადებული ხვიებისგან შემდგარი კვადრატული გამტარი ჩარჩო, რომლის ხვიის ფართობია S = 625სმ^2 , ბრუნავს B = 0.01ტლ ინდუქციის მქონე ერთგვაროვან მაგნიტურ ველში ჩარჩოს სიბრტყეში მდებარე ღერძის გარშემო n = 20წმ$^{-1}$ სიხშირით. განსაზღვრეთ რამდენით შეიცვლება გამტარის ტემპერატურა t =1წთ-ის განმავლობაში. სპილენძის კუთრი წინაღობა ρ = 1.7 · 10 –8 ომი.მ, კუთრი სითბოტევადობა c = 378 ჯ/კგ კელ და სიმკვრივე ρ_0 = 8.8 · 10 3 კგ/მ^3 . სითბოს ცვლა გარემოსთან უგულებელყავით.	
55.	ნათურა ცვლადი დენის წრედში: ნეონის ნათურა ჩართულია ცვლადი დენის წრედში, რომლის ძაბვის ეფექტური მნიშვნელობა Uეფ = 120ვ. განსაზღვრეთ ნეონის ნათურას ნათების ხანგრძლივობა პირველ ნახევარპერიოდში, თუ	

	ნათურა ინთება და ქრება U = 85ვ ძაბვაზე. ძაბვის რხევის პერიოდი უდრის T = 0.06წმ.	
56.	მაგნიტური ინდუქციის ნაკადი რხევით კონტურში: რხევით კონტურში ძაბვის ამპლიტუდა U_0 = 1.2ვ. კოჭას ინდუქტივობა L = 5მკჰნ, ხოლო კონდენსატორის ტევადობა C = 13330პფ. იპოვეთ დენის ძალის ეფექტური მნიშვნელობა და გამოთვალეთ ინდუქციის მაქსიმალური ნაკადი კოჭაში. წრედის აქტიური წინაღობა უგულებელყავით.	
57.	მობრუნების კუთხე: B = 0.1ტლ ინდუქციის ერთგვაროვან მაგნიტურ ველში მოთავსებულია ბრტყელი მართკუთხა ჩარჩო, რომლის ფართობია S = 10 3 სმ^2 , ხოლო წინაღობა R = 2ომი. ჩარჩოს სიბრტყე ველის მართობულია. ხვიაში ჩართულია გალვანომეტრი. ჩარჩოს მობრუნებისას მასში გაიარა $q = 7.5 \cdot 10^{-3}$ კ მუხტმა. იპოვეთ ჩარჩოს მობრუნების კუთხე.	
58.	რეოსტატზე გამოყოფილი სიმძლავრე: B = 1 ტლ ინდუქციის მქონე მაგნიტური ველის მართობულად მოთავსებულია ლითონის წრიული დისკო, რომლის რადიუსია r = 10სმ. დისკო ბრუნავს ცენტრზე გამავალი ღერძის გარშემო n = 100წმ$^{-1}$ სიხშირით. დისკო ორი კონტაქტით (ერთი ცენტრზე, ხოლო მეორე დისკოს კიდეზე გამავალი) შეერთებულია R = 5ომი წინაღობის მქონე რეოსტატთან. იპოვეთ რეოსტატზე გამოყოფილი სიმძლავრე.	
59.	კოჭაში ჩადგმული კოჭა: 20სმ სიგრძის და 1000 ხვიის მქონე კოჭაში ჩადგმულია 2სმ. დიამეტრის და 200 ხვიის მქონე კოჭა. თუ დენი დიდ სოლენოიდში	

	იცვლება 150ა/წმ სისწრაფით, რისი ტოლი იქნება პატარა კოჭაში აღძრული ინდუქციის ე.მ.ძ.?	
60.	პოტენციალთა სხვაობა გამტარის ბოლოებზე: რეაქტიული თვითმფრინავი, რომლის ფრთების გაშლი სიგრძეა 50მ, ჰორიზონტალურად მიფრინავს 800კმ/წმ სიჩქარით. განსაზღვრეთ ფრთების ბოლოებს შორის პოტენციალთა სხვაობა, თუ დედამიწის მაგნიტური ველის ვერტიკალური მდგენელი ტოლია $B = 5 \cdot 10$ –5ტლ. შეიძლება თუ არა ამ პოტენციალთა სხვაობით თვითმფრინავის სიჩქარის განსაზღვრა?	

...

შენიშვნა საკითხების ცხრილის ბოლო სვეტი ივსება შემდეგნაირად საკითხს მიეწერება 1,2,3, . . . რიცხვები. რაც ნიშნავს, რომ იქმნება შესწავლილი თემების პირობითი ჯგუფები. ბილეთის ფორმირებისას პედაგოგს შეუძლია შეარჩიოს ბილეთში შემავალი საკითხების რაოდენობა და გაანაწილოს იგი სხვადასხვა ჯგუფების მიხედვით. იხილეთ მესამე ცხრილის განმარტება.

1	2	3
5	10	5

შენიშვნა ცხრილის პირველი სტრიქონი ნიშნავს, რომ მაგალითად, საგამოცდო საკითხებში პირველი, მეორე, მესამე და ა.შ. ჯგუფის ან სირთულის დავალებებია. ცხრილის მეორე სტრიქონი ნიშნავს, რომ პირველი ჯგუფიდან (სირთულიდან) ბილეთში შევა 1, მეორე ჯგუფიდან 3 და მესამედან 3 საკითხი (დავალება, ტესტი) და ა. შ.

ფაკულტეტის დეკანი ———————————————

დეპარტამენტის კოორდინატორი ——————————

საგნის პედაგოგი ——————————————————

ავთანდილ შურღაია

ფიზიკა ამოცანებში

ცვლადი დენი და ელექტრომაგნიტური ინდუქცია

ელექტრომაგნიტური ინდუქციის კანონის თანახმად, გამტარით შემოსაზღვრული ფართობის გამჭოლი მაგნიტურ ინდუქციის ნაკადის ცვლილების დროს გამტარში აღიძვრება ინდუქციის ემძ, რომელიც გამოითვლება ფორმულით

$$\mathcal{E}_i = -\frac{\Delta\phi}{\Delta t}.$$

მინუს ნიშანი განსაზღვრული ლენცის წესის თანახმად, რომლის მიხედვით აღძრული ინდუქციური დენი მიმართულება ისეთია, რომ მის მიერ შექმნილი მაგნიტური ინდუქციის ნაკადის ცვლილება ეწინააღმდეგება ამ დენის შემქმნელი მაგნიტური ველის ინდუქციის ნაკადის ცვლილებას. აქ უნდა განვასხვავოთ ორი შემთხვევა. მაგნიტური ინდუქციის ნაკადი შეიძლება შეიცვალოს, თუ მოძრაობს ჩარჩო მუდმივ მაგნიტურ ველში გარკვეული სიჩქარით. ამ დროს გამტარის ბოლოებზე აღძრული პოტენციალთა სხვაობის მიზეზი არის დამუხტულ ნაწილაკზე მოქმედი ლორენცის ძალა, რომელიც გამტარში მუხტების განცალკევებას იწვევს. მსგავსი შედეგი დგება მაშინაც, როდესაც გამტარი უძრავია, მაგრამ მაგნიტური ველი იცვლება დროში. ეს კი თვისობრივად განსხვავებული მოვლენაა, რაც მდგომარეობს იმაში, რომ ცვლადი მაგნიტური ველი აღძრავს ცვლად ელექტრულ ველს (სწორედ ეს იყო მნიშვნელოვანი და ახალი ამ მოვლენის აღმოჩენის დროს). მათემატიკურად ორივე შემთხვევა აღიწერება ზემოთ მოტანილი ფორმულით, რომელშიც მაგნიტური ინდუქციის ნაკადი განიმარტება როგორც მაგნიტური ველის და გამტარით შემოფარგლული ზედაპირის ფართობის ნამრავლი ამ ზედაპირის ნორმალსა და მაგნიტური ველის მიმართულებას შორის კუთხის კოსინუსზე:

$$\phi = BS\cos\alpha.$$

46

ინდუქციურ პოტენციალთა სხვაობა: თვითმფრინავი, რომლის ფრთების გაშლის სიგრძეა l =20მ, მიფრინავს ჩრდილოეთის მიმართულებით 960კმ/სთ სიჩქარით და სიმაღლეზე, სადაც დედამიწის მაგნიტური ველის ვერტიკალური მდგენელია $6 \cdot 10^{-5}$ტ. განსაზღვრეთ პოტენციალთა სხვაობა ფრთების ბოლოებზე. რომელ ფრთაზეა მეტი პოტენციალი?

ამოხსნა:

თვითმფრინავის ელექტრონებზე მოქმედებს ლორენცის ძალა, რადგან ისინი თვითმფრინავთან ერთად მოწესრიგებულად მოძრაობენ მაგნიტურ ველში მის მართობულად. ინდუქციურ პოტენციალთა სხვაობა ფრთების ბოლოებზე გამოითვლება ფორმულით:

$$U = -\frac{\Delta\phi}{\Delta t}.$$

მოც: $\ell = 20$მ

$V = 960$ კმ/სთ $= 960 \cdot \frac{5}{18} = \frac{800}{3}$ მ/წმ

$B = 6 \cdot 10^{-5}$ ტლ

თვითმფრინავი მოძრაობს მუდმივ მაგნიტურ ველში და მაგნიტური ინდუქციის ნაკადის ცვლილება გამოწვეულია იმ ფართობის ცვლილებით, რომელსაც მაგნიტური ველის ძალწირები განჭოლავენ: $\Delta S/\Delta t$. ამიტომ

$$\frac{\Delta\phi}{\Delta t} = B\frac{\Delta S}{\Delta t} = Bvl.$$

ამრიგად

$$U = -Bvl = \cancel{1.07\cdot 10^{-3}}\text{ვ.} = 6\cdot 10^{-5}\cdot\frac{800}{3}\cdot 20 = 0.32\text{ ვ}$$

მეორე მხრივ ლორენცის ძალია გავლენით ელექტრონები აღმოსავლეთის მიმართულებით ამოძრავდებიან (მარჯვენა ხელის წესის თანახმად) და ეს გაგრძელდება მანამდე, ვიდრე ლორენცის ძალის მუშაობა არ გაუტოლდება ელექტრონების მიერ შექმნილი ელექტრული ველის მუშაობას, ანუ

$$qU = -qBvl.$$

ნიშანი მინუსი მიუთითებს, რომ ელექტრონების მოძრაობის მიმართულებით პოტენციალი მცირდება. ეს ნიშნავს, რომ აღმოსავლეთის მხარეს ფრთის წვერს ყველაზე დაბალი პოტენციალი აქვს.

47

ინდუქციური ელექტრული ველის დაძაბულობა: r რადიუსის მქონე წრიული გამტარი მოთავსებული მაგნიტურ ველში, რომელიც გამტარის სიბრტყის მართობულია. მაგნიტური ველი იცვლება კანონით $B = kt$. განსაზღვრეთ ინდუქციური ელექტრული ველის დაძაბულობის სიდიდე.

ამოხსნა

ინდუქციის ემძ სიდიდე გამოითვლება ფორმულით

$$\mathcal{E}_i = \frac{\Delta\phi}{\Delta t} = k\pi r^2.$$

მეორეს მხრივ ემძ ტოლია გამტარში ერთეული დადებით მუხტის გადადგილებაზე შესრულებული მუშაობის

$$\mathcal{E}_i = \frac{F\cdot 2\pi r}{q} = \frac{qE\cdot 2\pi r}{q} = 2\pi r E.$$

ორივე ფორმულის გაერთიანებით მივიღებთ:

$$E = \frac{kr}{2}.$$

48

დენი სოლენოიდში: l =1მ სიგრძის და d =10 სმ დიამეტრის სოლენოიდში, რომლის ხვიათა რიცხვი N = 2000, გადის I =1ა დენი. სოლენოიდს თანაბრად ჭიმავენ v =40მ/წმ სიჩქარით. ამავე დროს სოლენოიდის ბოლოებზე მოდებული ძაბვა იცვლება ისე, რომ დენი გამტარში არ

იცვლება. რისი ტოლი იქნება პოტენციალთა სხვაობის ცვლილება მაშინ, როდესაც სოლენოიდის სიგრძე ორჯერ გაიზრდება. დიამეტრის ცვლილება უგულებელყავით.

ამოხსნა

განმარტების თანახმად, მაგნიტური ინდუქციის ნაკადი სოლენოიდში $\phi = NBS$, სადაც B არის მაგნიტური ველის ინდუქცია, ხოლო S ხვიის განივკვეთის ფართობი. სოლენოიდის მაგნიტური ინდუქციის სიდიდე ტოლია

მოც: $l=1$მ
$d=10$სმ$=0,1$მ
$N=2000$
$I=1$ა
$v=40$მ/წმ

$$B = \frac{\mu_0 NI}{l}.$$

ამრიგად,

$$\phi = \frac{\mu_0 N^2 IS}{l}.$$

ამოცანის პირობის თანახმად, დენი სოლენოიდში მუდმივია და მაშასადამე მაგნიტური ინდუქციის ნაკადი იცვლება სოლენოიდის გეომეტრიის ცვლილების, ანუ სიგრძის ცვლილების გამო (დიამეტრი უცვლელია).

სოლენოდის სიგრძე იცვლება წესით $l = l_0 + vt$. ნაკადის ცვლილების სისწრაფის სიდიდე იქნება

$$\frac{\Delta\phi}{\Delta t} = \frac{\mu_0 N^2 IS}{\Delta t}\left(\frac{1}{l_0 + vt} - \frac{1}{l_0 + v(t+\Delta t)}\right).$$

თუ Δt უსასრულოდ მცირეა ($\Delta t \to 0$), მაშინ

$$\frac{\Delta\phi}{\Delta t} = \frac{\mu_0 N^2 ISv}{(l_0 + vt)^2}. \qquad (\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7})$$

სოლენოიდის სიგრძე გაიზრდება ორჯერ t_0 დროში, რომელიც გამოითვლება ფორმულით

$$l_0 + vt_0 = 2l_0 \quad \Rightarrow \quad t_0 = \frac{l_0}{v}.$$

დროის ამ მომენტისთვის

$$\frac{\Delta\phi}{\Delta t} = \frac{\mu_0 N^2 ISv}{4{l_0}^2} = \frac{\mu_0 N^2 I\pi d^2 v}{16\,{l_0}^2} \approx \cancel{0.004}3. = \frac{4\pi\cdot 10^{-7}\cdot 2000^2\cdot 1\cdot \pi\cdot 0{,}1^2\cdot 40}{16\cdot 1^2} = \; = 0{,}39\ 3$$

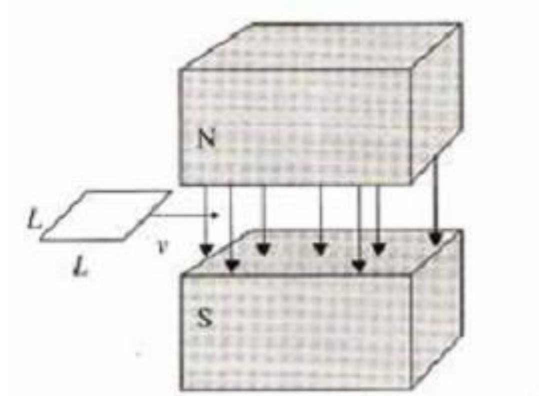
სწორედ ეს სიდიდე განსაზღვრავს პოტენციალთა სხვაობის ცვლილებას სოლენოიდის ბოლოებზე დროის იმ მომენტისთვის, როდესაც მისი სიგრძე ორჯერ გაიზრდება.

49

კვადრატული გამტარი ჩარჩო მუდმივ მაგნიტურ ველში: კვადრატული გამტარი ჩარჩო ზომებით $L \times L$ მოძრაობს მუდმივი v სიჩქარით და შედის მუდმივი მაგნიტის პოლუსებს შორის, რომლის მაგნიტური ველის ინდუქციის სიდიდეა B. ჩარჩოს სიბრტყე და სიჩქარე ველის

მართობულია. განსაზღვრეთ დენი გამტარში. აღწერეთ ჩარჩოს მოძრაობა მაგნიტურ ველში. გამოთვალეთ აღძრული დენის სიმძლავრე.

ამოხსნა



ნახ. 1

გამტარში გამავალი დენი ტოლი იქნება

$$I = \frac{\mathcal{E}_i}{R},$$

სადაც R არის გამტარის წინაღობა, ხოლო $\mathcal{E}_i$ გამტარში აღძრული ინდუქციის ემძ, რომელიც ტოლია

$$\mathcal{E}_i = BVL.$$

ლენცის წესის თანახმად, ეს დენი მიმართული იქნება საათის ისრის მოძრაობის საპირისპიროდ. ამიტომ ჩარჩოს მაგნიტურ ველში მყოფ გვერდზე მოქმედებს ძალა. რომელიც ეწინააღმდეგება ჩარჩოს მოძრაობას. ეს ძალა ტოლია

$$F = BIL = \frac{B^2L^2v}{R}.$$

ამიტომ, რომ შევინარჩუნოთ ჩარჩოს სიჩქარე, მასზე გარედან უნდა ვიმოქმედოთ ამ ძალის საპირისპირო და სიდიდით მისი ტოლი ძალით. ეს კი ნიშნავს, რომ ეს ძალა შეასრულებს მუშაობას. ცხადია, ეს მუშაობა არ იხარჯება ჩარჩოს კინეტიკური ენერგიის გაზრდაზე - მის ხარჯზე იზრდება გამტარის შინაგანი ენერგია და გამტარი თბება. ამ დროს გამომუშავებული სიმძლავრე ტოლი იქნება

$$P = FV = \frac{B^2L^2v^2}{R}.$$

მეორე მხრივ, გამტარში აღძრული დენის სიმძლავრე ტოლია

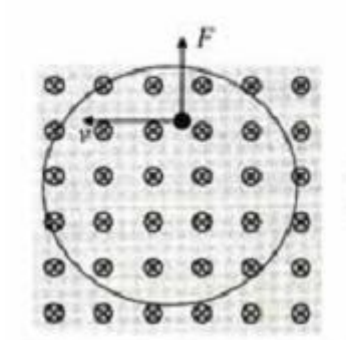
$$P = \mathcal{E}_i I = \frac{B^2L^2v^2}{R},$$

ეს ემთხვევა გარეშე ძალის მიერ გამომუშავებულ სიმძლავრეს და ეს ფაქტი გამოხატავს ენერგიის მუდმივობის კანონს.

50

ფარადეის დისკო: გამტარი დისკო ბრუნავს თავისი ღერძის გარშემო მუდმივი კუთხური სიჩქარით მუდმივ მაგნიტურ ველში, რომელიც დისკოს ზედაპირის მართობულია. განსაზღვრეთ პოტენციალთა სხვაობა დისკოს ცენტრსა და დისკოს შემომსაზღვრელი წრეწირის რომელიმე წერტილს შორის.

ამოხსნა



ნახაზზე ჯვარი რგოლში ნიშნავს, რომ მაგნიტური ველის ძალწირები შედიან სიბრტყეში მის მართობულად. F არის ძალა, რომლითაც მაგნიტური ველი მოქმედებს ელექტრონზე ცენტრიდან დისკოს რადიუსის r ტოლ მანძილზე. ეს ძალა ტოლია

$$F = evB.$$

აქ e არის ელექტრონის მუხტის სიდიდე, v მისი სიჩქარე, ხოლო B მაგნიტური ველის ინდუქციის სიდიდე. ამ ძალის მუშაობით შიძლება გამოვთვალოთ პოტენციალთა სხვაობა დისკოს ცენტრსა და მის შემომსაზღვრელ წრეწირს შორის (მოითხოვს პოტენციალთა სხვაობის გრადიენტის განხილვას). იგივე შედეგი შეიძლება მივიღოთ ელექტრომაგნიტური ინდუქციის კანონის გამოყენებით. კერძოდ, საძიებელი პოტენციალთა სხვაობის სიდიდე იქნება

$$U = \frac{\Delta\phi}{\Delta t},$$

რომელშიც მაგნიტური ინდუქციის ნაკადის ცვლილება განპირობებულია დისკოს ბრუნვის დროს რადიუსის მიერ შემოწერილი ფართობის ცვლილების სისწრფით:

$$U = B\frac{\Delta S}{\Delta t}.$$

ფართობი S არის წრეწირის სექტორის ფართობი და იგი ტოლია

$$S = \frac{1}{2}R^2\theta.$$

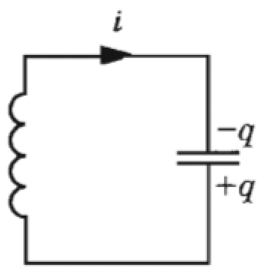
აქ $\theta = \omega\Delta t$ არის დისკოს რადიუსის შემობრუნების კუთხე. მარტივი გარდაქმნებით მივიღებთ, რომ საძიებელი პოტენციალთა სხვაობის სიდიდე ტოლია:

$$U = \frac{1}{2}BR^2\omega.$$

ავთანდილ შურღაია

5

ცვლადი დენი



მიმდევრობით ერთმანეთთან მიერთებული ინდუქციური კოჭა და დამუხტული კონდენსატორი წარმოადგენს რხევით კონტურს - წრედს, რომელშიც აღიძვრება ელექტრომაგნიტური რხევები. რხევის დინამიურ განტოლებას აქვს შემდეგი სახე:

$$\frac{d^2q}{dt^2}+\frac{1}{LC}q=0. \qquad (1)$$

აქ L არის კოჭას ინდუქტიობა, ხოლო C კონდენსატორის ტევადობა. ელექტრომაგნიტური რხევების ციკლური სიხშირეა

$$\omega_0=\sqrt{\frac{1}{LC}}, \qquad (2)$$

ხოლო პერიოდი

$$T=2\pi\sqrt{LC}, \qquad (3)$$

რომელიც ცნობილია ტომსონის ფორმულის სახელით. წრედში აღძრული რხევების ენერგია გამოითვლება ფორმულით:

$$W=\frac{LI^2}{2}+\frac{q^2}{2C}. \qquad (4)$$

თუ შევადარებთ ელექტრომაგნიტურ რხევებს მექანიკურს, მაშინ კოორდინატის ანალოგიური ცვლადი იქნება ელექტრული მუხტი, ხოლო სიჩქარის - დენი. შესაბამისად კინეტიკურ ენერგიას შეესატყვისება კოჭას ენერგია, ხოლო პოტენციურ ენერგიას კონდენსატორის ენერგია.

(1) ფორმულით მოცემული განტოლება აღწერს მიულევად რხევებს, რომლის მიხედვით მუხტი და დენი წრედში იცვლება ჰარმონიული წესით:

$$q = q_0 \cos \omega_0 t, \quad I = -q_0 \omega_0 \sin \omega_0 t = I_0 \cos(\omega_0 t + \frac{\pi}{2}).$$

იძულებითი ელექტრული რხევები აღიძვრება გამტარ ჩარჩოში, რომელიც ბრუნავს მუდმივ მაგნიტურ ველში. თუ ჩარჩოს ვაბრუნებთ მაგნიტურ ველში ω კუთხური სიჩქარით, მაშინ ჩარჩოს გამჭოლი მაგნიტური ინდუქციის ნაკადი შეიცვლება წესით:

$$\Phi = BS \cos \omega t,$$

ხოლო ჩარჩოში აღიძვრება ინდუქციის ე.მ.ძ.:

$$\mathcal{E} = -\frac{d\Phi}{dt} = \mathcal{E}_0 \sin \omega t, \text{ სადაც } \mathcal{E}_0 = BS\omega.$$

კოჭაში გამავალი დენის მიერ შექმნილი მაგნიტური ინდუქციის ნაკადი თვით ამ დენის პროპორციულია: $\Phi = LI$. თუ კოჭაში გამავალი დენი ცვლადია, მაშინ მაგნიტურ ინდუქციის ნაკადიც იცვლება და კოჭაში აღიძვრება ინდუქციის ე.მ.ძ. ამ მოვლენას თვითინდუქციას უწოდებენ. ამ დროს ინდუქციის ე.მ.ძ. გამოითვლება ფორმულით:

$$\mathcal{E} = -L\frac{dI}{dt}.$$

ცვლადი დენის სიმძლავრე განისაზღვრება ფორმულით

$$P = I_{ეფ} U_{ეფ} = \frac{I_0 U_0}{2},$$

სადაც I_0 და U_0 წარმოადგენენ დენის და ძაბვის ამპლიტუდებს წრედის უბანზე.

რხევითი კონტური: რხევით კონტურში ჩართული კონდენსატორის ფირფიტებს შორის მანძილი გაზარდეს ოთხჯერ. როგორ შეიცვლება რხევის პერიოდი?

კონდენსატორის ფირფიტებს შორის d მანძილის ოთხჯერ გაზრდით მისი ტევადობა ოთხჯერ შემცირდება, რადგან

$$C = \frac{\varepsilon_0 S}{d}.$$

შესაბამისად რხევის პერიოდი $T = 2\pi\sqrt{LC}$ შემცირდება ორჯერ.

52

ელექტრმაგნიტური რხევები: იპოვეთ დროის ის მომენტი, როდესაც რხევით კონტურში კონდენსატორის ელექტრული ენერგია უტოლდება კოჭას მაგნიტურ ენერგიას. ეს დრო გამოსახეთ პერიოდით.

ა ორხნა

პირობის თანახმად

$$\frac{LI^2}{2} = \frac{q^2}{2C}.$$

გავიხსენოთ, რომ

$$q = q_0 \cos\frac{2\pi}{T}t \quad \text{და} \;\; I = -I_0 \sin\frac{2\pi}{T}t.$$

ამიტომ

$$LI_0^2 \sin^2\frac{2\pi}{T}t = \frac{q_0^2}{C}\cos^2\frac{2\pi}{T}t,$$

საიდანაც ვღებულობთ

$$\sin^2\frac{2\pi}{T}t = \cos^2\frac{2\pi}{T}t,$$

რომლის ამოხსნაა

$$\frac{2\pi}{T}t = \frac{\pi}{4}.$$

აქედან $t = T/8$. გავიხსენოთ, რომ მექანიკურ მიულევად რხევებში კინეტიკური ენერგია უტოლდება პოტენციურ ენერგიას მინიმუმ პერიოდის მერვედი დროის შემდეგ.

53

დენი რხევით კონტურში: განსაზღვრეთ დენის ძალის მნიშვნელობა რხევით კონტურში დროის იმ მომენტში, როდესაც კოჭას მაგნიტური ველის ენერგია ორჯერ ნაკლებია კონდენსატორის ენერგიაზე, თუ დენის ამპლიტუდა უდრის 0.25ა.

ამოხსნა

რხევით კონტურში აღძრული ელექტრომაგნიტური რხევების სრული ენერგია

$$W = W_{\text{ელ}} + W_{\text{მაგ}}.$$

პირობის თანახმად $W_{\text{ელ}} = 2W_{\text{მაგ}}$. ამიტომ $W = 3W_{\text{მაგ}}$. მეორეს მხრივ სრული ენერგია ტოლია მაქსიმალური მაგნიტური ენერგიის (რხევა მიულევადია და სრული ენერგია მუდმივი სიდიდეა). ამის გათვალისწინებით გვექნება

$$\frac{L\,I_0^2}{2} = \frac{3LI^2}{2},$$

საიდანაც მივიღებთ

$$I = \frac{I_0}{\sqrt{3}} = 0.14\text{ა}.$$

54

მაგნიტურ ველში მბრუნავი გამტარი ჩარჩო: სპილენძისგან დამზადებული ხვიებისგან შემდგარი კვადრატული გამტარი ჩარჩო, რომლის ხვიის ფართობია $S = 625\text{სმ}^2$, ბრუნავს $B = 0.01$ტლ ინდუქციის მქონე ერთგვაროვან მაგნიტურ ველში ჩარჩოს სიბრტყეში მდებარე ღერძის გარშემო $n = 20\text{წმ}^{-1}$ სიხშირით. განსაზღვრეთ რამდენით შეიცვლება გამტარის ტემპერატურა $t =$

1წთ-ის განმავლობაში. სპილენძის კუთრი წინაღობა $\rho = 1.7 \cdot 10^{-8}$ ომი მ, კუთრი სითბოტევადობა $c = 378$ ჯ/კგ კელ და სიმკვრივე $\rho_0 = 8.8 \cdot 10^3$ კგ/მ^3. სითბოს ცვლა გარემოსთან უგულებელყავით.

ამოხსნა

ინდუქციური დენი, რომელიც აღიძვრება მაგნიტურ ველში მბრუნავ გამტარში, ცხადია გამტარს ათბობს. ტემპერატურის ცვლილება გამოითვლება ფორმულით:

მოც: $S = 625$ სმ$^2 = 625 \cdot 10^{-4}$ მ^2
$B = 0,01$ ტს
$n = 20$ წმ$^{-1}$
$t = 1$წთ$= 60$ წმ
$\rho = 1,7 \cdot 10^{-8}$ ომი·მ
$c = 378$ (ჯ/კგ)
$\rho_0 = 8,8 \cdot 10^3$ კგ/მ^3

$$\Delta T = \frac{Pt}{cm},$$

სადაც P არის ინდუქციური დენის სიმძლავრე და

$$P = \frac{{\mathcal{E}_{ეფ}}^2}{R} = \frac{\mathcal{E}_0^2}{2R}.$$

აქ $\mathcal{E}_0 = BS\omega N = 2\pi nBSN$, N არის ხვიების რიცხვი. გამტარის წინაღობა ტოლია

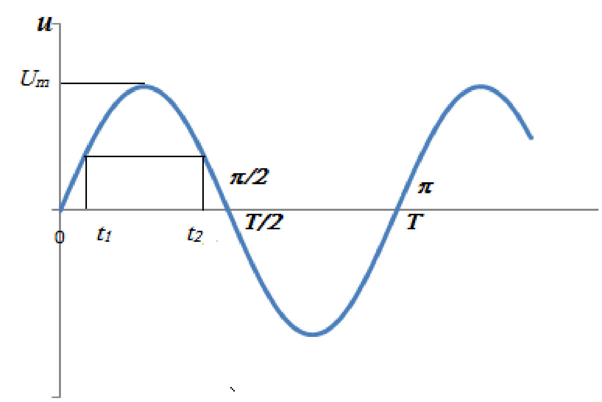
$$R = \rho \frac{l}{s}.$$

რომელშიც გამტარის სიგრძე $l = 4\sqrt{S}N$, ხოლო s არის გამტარის განივკვეთის ფართობი. გამტარის მასას გამოვთვლით სიმკვრივის მეშვეობით: $m = \rho_0 sl = 4\rho_0 s\sqrt{S}N$. ყველა ფორმულის გაერთიანებით მივიღებთ:

$$\Delta T = \frac{n^2\pi^2 B^2 St}{8\rho\,\rho_0 c} = \cancel{3.24}°\text{C}. = \frac{20^2 \cdot 3,14^2 \cdot 0,01^2 \cdot 625 \cdot 10^{-4} \cdot 60}{8 \cdot 1,7 \cdot 10^{-8} \cdot 8,8 \cdot 10^3 \cdot 378} = 3,27°\text{C}$$

55 **ნათურა ცვლადი დენის წრედში:** ნეონის ნათურა ჩართულია ცვლადი დენის წრედში, რომლის ძაბვის ეფექტური მნიშვნელობა $U_{ეფ} = 120$ვ. განსაზღვრეთ ნეონის ნათურას ნათების ხანგრძლივობა პირველ ნახევარპერიოდში, თუ ნათურა ინთება და ქრება $U = 85$ვ ძაბვაზე. ძაბვის რხევის პერიოდი უდრის $T = 0.06$წმ.

ამოხსნა:



ნეონის ნათურა პირობის თანახმად ანთებული იქნება დროის იმ შუალედში, რომლისთვისაც ძაბვა აკმაყოფილებს პირობას $U \geq 85$ვ. ძაბვის ცვლილების გრაფიკი წარმოადგენს სინუსოიდას. საძიებელი დრო $\Delta t = t_2 - t_1$, ხოლო დროის მომენტები t_2 და t_1 მოიძებნება განტოლებიდან

$$U = U_0 \sin\frac{2\pi}{T}t.$$

ძაბვის ამპლიტუდა $U_0 = \sqrt{2}U_{ეფ}$. რიცხვითი მნიშვნელობების ჩასმის შემდეგ მივიღებთ განტოლებას

$U_0 = 120 \cdot \sqrt{2} = 170ვ$

$85 = 170 \cdot \sin\frac{2\pi}{T} \cdot t \rightarrow \sin\frac{2\pi}{T}t = \frac{170}{85} \rightarrow$

$$\sin\frac{2\pi}{T}t = \frac{1}{2},$$

რომლის ამოხსნები პირველ ნახევარ პერიოდში იქნება

$$\frac{2\pi}{T}t_1 = \frac{\pi}{6} \;\rightarrow\; t_1 = \frac{T}{12},$$

$$\frac{2\pi}{T}t_2 = \frac{5\pi}{6} \;\rightarrow\; t_2 = \frac{5T}{12}.$$

საძიებელი დროისთვის მივიღებთ

$$\Delta t = \frac{T}{3} = 0.02წმ.$$

56

მაგნიტური ინდუქციის ნაკადი რხევით კონტურში: რხევით კონტურში ძაბვის ამპლიტუდა $U_0 = 1.2ვ$. კოჭას ინდუქტივობა $L = 5მკჰნ$, ხოლო კონდენსატორის ტევადობა $C = 13330პფ$. იპოვეთ დენის ძალის ეფექტური მნიშვნელობა და გამოთვალეთ ინდუქციის მაქსიმალური ნაკადი კოჭაში. წრედის აქტიური წინაღობა უგულებელყავით.

ამოხსნა

ძალის ეფექტური მნიშვნელობის გამოსათვლელად ვისარგებლოთ ფორმულით $I_{ეფ} = I_0/\sqrt{2}$ და ფაქტით, რომ კოჭას მაქსიმალური მაგნიტური ენერგია ტოლია კონდენსატორის მაქსიმალური ელექტრული ენერგიის:

$$\frac{LI_0^2}{2} = \frac{CU_0^2}{2}.$$

$I_{ეფ} = 1,2 \cdot \sqrt{\frac{13330 \cdot 10^{-12}}{2 \cdot 5 \cdot 10^{-6}}} = 0,044 = 44მა$

მარტივი გარდაქმნებით დენის ეფექტური მნიშვნელობისთვის მივიღებთ

$$I_{ეფ} = U_0\sqrt{C/2L} = 44მა.$$

მაგნიტური ინდუქციის ნაკადი, როგორც ცნობილია, დენი პირდაპირპროპორციულია. ამიტომ მისი მაქსიმალური მნიშვნელობა იქნება

$$\Phi = LI_0 = L\,U_0\sqrt{C/L} = \cancel{1.1 \cdot 10^{-8}}ვბ.$$

$= 5 \cdot 10^{-6} \cdot 1,2 \cdot \sqrt{\frac{13330 \cdot 10^{-12}}{5 \cdot 10^{-6}}} = 3,1 \cdot 10^{-7}ვბ$

მოც! $U_0 = 1,2ვ$

$L = 5მკჰნ = 5 \cdot 10^{-6}ჰნ$

$C = 13330პფ = 13330 \cdot 10^{-12}ფ$

მოც: $B = 1$ ტლ

$S = 10^3$ სმ$^2 = 10^3 \cdot 10^{-4}$ მ$^2 = 0,1$ მ^2

$R = 2$ ომი

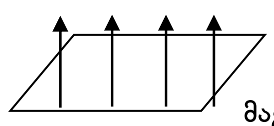
$q = 7,5 \cdot 10^{-3}$ კ

$\alpha = ?$

57

მობრუნების კუთხე: $B = 0.1$ტლ ინდუქციის ერთგვაროვან მაგნიტურ ველში მოთავსებულია ბრტყელი მართკუთხა ჩარჩო, რომლის ფართობია $S = 10^3$სმ^2, ხოლო წინაღობა $R = 2$ომი. ჩარჩოს სიბრტყე ველის მართობულია. ხვიაში ჩართულია გალვანომეტრი. ჩარჩოს მობრუნებისას მასში გაიარა $q = 7.5 \cdot 10^{-3}$კ მუხტმა. იპოვეთ ჩარჩოს მობრუნების კუთხე.

ამოხსნა:



ჩარჩოს მობრუნებისას რაღაც α კუთხით, ჩარჩოში აღიძვრება ინდუქციის ე.მ.ძ., რომლის სიდიდე ტოლია ჩარჩოს გამჭოლი მაგნიტური ინდუქციის ნაკადის ცვლილების სისწრაფის

$$\mathcal{E} = \frac{\Delta\phi}{\Delta t},$$

რომელშიც

$$\phi = BS\cos a$$

არის ჩარჩოს გამჭოლი მაგნიტური ინდუქციის ნაკადი. მაგნიტური ველი არის ერთგვაროვანი, ხოლო ჩარჩოს ფართობი მუდმივია, ინდუქციის ე.მ.ძ. აღიძვრება კუთხის ცვლილების გამო დროში. სასრულ დროში ინდუქციის ნაკადის ცვლილება იქნება

$$\Delta\phi = BS(1 - \cos a) = 2BS\sin^2\frac{a}{2}.$$

თუ გამოვიყენებთ ომის კანონს, მცირე გარდაქმნების შემდეგ მივიღებთ შემდეგ გამოსახულებას a კუთხისთვის:

$$\sin^2\frac{a}{2} = \frac{qR}{BS} = 0.87. \quad a = 120°.$$

58

რეოსტატზე გამოყოფილი სიმძლავრე: $B = 1$ ტლინდუქციის მქონე მაგნიტური ველის მართობულად მოთავსებულია ლითონის წრიული დისკო, რომლის რადიუსია $r = 10$სმ. დისკო ბრუნავს ცენტრზე გამავალი ღერძის გარშემო $n = 100$წმ$^{-1}$ სიხშირით. დისკო ორი კონტაქტით (ერთი ცენტრზე, ხოლო მეორე დისკოს კიდეზე გამავალი) შეერთებულია $R = 5$ომი წინაღობის მქონე რეოსტატთან. იპოვეთ რეოსტატზე გამოყოფილი სიმძლავრე.

ამოხსნა

მოც: $B = 1$ ტლ

$r = 10$ სმ $= 0,1$ მ

$n = 100$ წმ$^{-1}$

$R = 5$ ომი

დისკოს ბრუნვის დროს დისკოს გამჭოლი მაგნიტური ინდუქციის ნაკადი იცვლება იმის გამო, რომ დროში იცვლება დისკოს L რკალით და რადიუსები შემოსაზღვრული წრიული სექტორის ფართობი. ფართობის ცვლილება იქნება

$$\Delta S = \frac{\Delta L r}{2} = \frac{\Delta\varphi r^2}{2}.$$

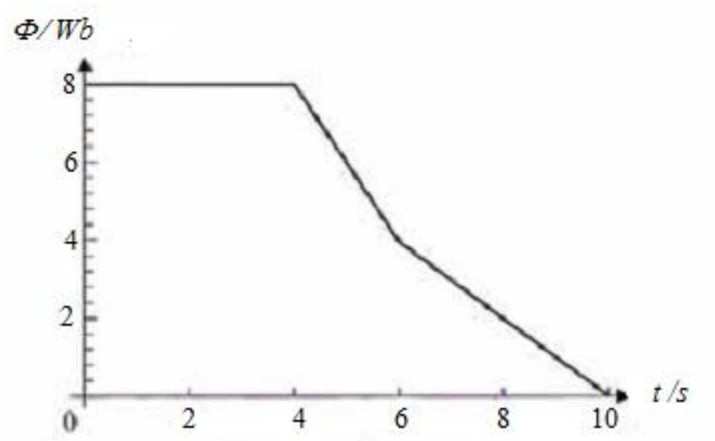
ამიტომ წრედში აღძრული ინდუქციის ე.მ.ძ. ტოლია

$$\mathcal{E} = \frac{\Delta\phi}{\Delta t} = B\frac{r^2\Delta\varphi}{2\Delta t} = \frac{B\omega}{2}r^2 = B\pi n r^2.$$

აქ $\omega = 2\pi n$ არის ბრუნვის კუთხური სიჩქარე. რეოსტატზე გამოყოფილი სიმძლავრე ტოლი იქნება

$$P = \frac{\mathcal{E}^2}{R} = \frac{B^2\pi^2 n^2 r^4}{R} = 1.96\text{ვტ}.$$

ინდუქციის ე.მ.ძ.: ნახ. 1-ზე მოცემულია გამტარი ჩარჩოს გამჭოლი მაგნიტური ინდუქციის ნაკადის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი. დახაზეთ ინდუქციის ე.მ.ძ. როგორც დროზე დამოკიდებული სიდიდის გრაფიკი.



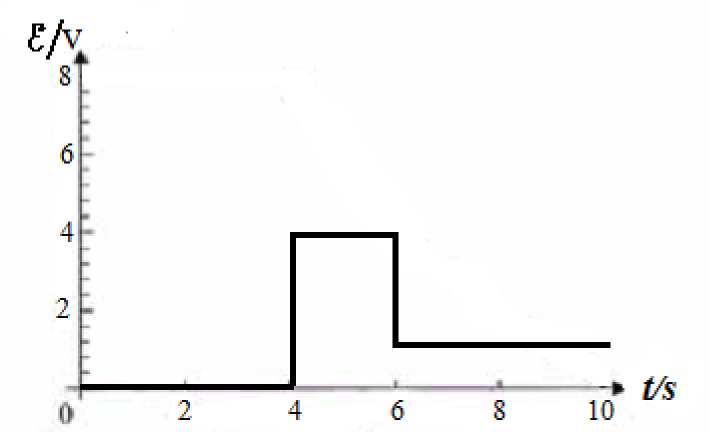
ნახ. 1

საძიებელი გრაფიკის დასახაზად საჭიროა, გავაანალიზოთ ინდუქციის ნაკადის დროზე დამოკიდებულების მოცემული გრაფიკი. რადგან ინდუქციის ე.მ.ძ. ტოლია ინდუქციის ნაკადის ცვლილების სისწრაფე აღებული მინუს ნიშნით

$$\mathcal{E} = -\frac{\Delta\phi}{\Delta t},$$

იგი წარმოადგენს ნახაზზე მოცემული გრაფიკის მხები წრფის დახრილობას დროის ნებისმიერ მომენტში. ნახაზიდან ვხედავთ, რომ პირველი ოთხი წამის განმავლობაში მაგნიტური ინდუქციის ნაკადი მუდმივია, რაც ნიშნავს, რომ ამ დროს ინდუქციის ე.მ.ძ. ნულის ტოლია, ოთხი წამიდან

დაწყებული ექვსი წამის ჩათვლით გრაფიკის დახრილობა ტოლია -4, ხოლო ექვსი წამიდან ათი წამის ჩათვლით იგი უდრის -1. ორივე ინტერვალში ინდუქციის ე.მ.ძ. იქნება დადებითი სიდიდე. ამ მონაცემებით საძიებელ გრაფიკს აქვს შემდეგი სახე.



59

კოჭაში ჩადგმული კოჭა: 20სმ სიგრძის და 1000 ხვიის მქონე კოჭაში ჩადგმულია 2სმ. დიამეტრის და 200 ხვიის მქონე კოჭა. თუ დენი დიდ სოლენოიდში იცვლება 150ა/წმ სისწრაფით, რისი ტოლი იქნება პატარა კოჭაში აღძრული ინდუქციის ე.მ.ძ.?

ამოხსნა

მოც: $l=20სმ=0,2მ$
$N_1=1000$
$N_2=200$
$d=2სმ=0,2მ$
$\mathcal{E}=?$

პირობის თანახმად დიდ კოჭაში გადის ცვლადი დენი. შესაბამისად ორივე კოჭას განჭოლავს დროში ცვლადი მაგნიტური ველი. მცირე კოჭაში აღძრული ინდუქციის ე.მ.ძ. იქნება

$$\mathcal{E} = -\frac{\Delta\phi}{\Delta t}.$$

მცირე კოჭის გამჭოლი მაგნიტური ველის ინდუქცია კოჭაში მიმართულია კოჭას ღერძის პარალელურად. მისი სიდიდე კი უდრის

$$B = \frac{\mu_0 N_1 I}{L}.$$

აქ N_1 არის დიდი კოჭას ხვიათა რიცხვი, I კოჭაში გამავალი დენი, ხოლო L ამ კოჭას სიგრძე. მცირე კოჭას განჭოლავს მაგნიტური ინდუქციის ნაკადი

$$\phi = BSN_2,$$

სადაც S არის მცირე კოჭას ერთი ხვიის ფართობი, ხოლო N_2 კოჭაში ხვიათა რიცხვი. შესაბამისად საძიებელი ინდუქციის ე.მ.ძ. ტოლია

$$\mathcal{E} = -\frac{\mu_0 N_1 N_2 \pi d^2}{4L}\frac{\Delta I}{\Delta t}.$$

თუ გავითვალისწინებთ, რომ $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$, მივიღებთ: $\mathcal{E} = -0.06$ვ. მინუს ნიშანი მიუთითებს, რომ დენის მიმართულება მცირე კოჭაში დიდ კოჭაში გამავალი დენის საპირისპიროა.

მოც: $l=50$მ
$v=800$კმ/სთ $=800000$ მ/სთ
$B=5\cdot10^{-5}$ტლ

60

პოტენციალთა სხვაობა გამტარის ბოლოებზე: რეაქტიული თვითმფრინავი, რომლის ფრთების გაშლი სიგრძეა 50მ, ჰორიზონტალურად მიფრინავს 800კმ/წმ სიჩქარით. განსაზღვრეთ ფრთების ბოლოებს შორის პოტენციალთა სხვაობა, თუ დედამიწის მაგნიტური ველის ვერტიკალური მდგენელი ტოლია $B = 5\cdot 10^{-5}$ტლ. შეიძლება თუ არა ამ პოტენციალთა სხვაობით თვითმფრინავის სიჩქარის განსაზღვრა?

ამოხსნა

თვითმფრინავი მოძრაობს მოცემული მაგნიტური ველის მართობული მიმართულებით, რის გამოც ფრთებში მოხდება მუხტების განცალკევება (ლორენცის ძალის მოქმედებით) და ბოლოებზე აღიძვრება პოტენციალთა სხვაობა, რომელიც ტოლია

$$\Delta\varphi = Blv = 0.55\text{ვ}.$$

სიჩქარე რომ განვსაზღვროთ, საჭიროა გაიზომოს პოტენციალთა სხვაობა. თუ ფრთების ბოლოებს შევაერთებთ გამტარით და მივუერთებთ ვოლტმეტრს, მაშინ თანაბრად მოძრავი თვითმფრინავის ფრთებით და გამტარით შექმნილი ფართობის გამჭოლი ინდუქციის ნაკადი იქნება მუდმივი და ინდუქციის ე.მ.ძ. არ აღიძვრება. ამრიგად თვითმფრინავის სიჩქარესაც ვერ განვსაზღვრავთ (პოტენციალთა სხვაობა კონტურის ნებისმიერ ორ წერტილს შორის იქნებ ნულის ტოლი). ინდუქციის ე.მ.ძ. აღმოჩენა შესაძლებელია მხოლოდ თვითმფრინავის მოხვევის დროს, როდესაც შეიცვლება ინდუქციის ნაკადი - ამ დროს იცვლება კუთხე კონტურის სიბრტყესა და მაგნიტური ველის მიმართულებას შორის.

წრიული ფირფიტის ვარდნა მაგნიტურ ველში: მეტალის თხელი წრიული ფირფიტა თავისუფლად ვარდება და შედის ელექტრომაგნიტის პოლუსებს შორის ღრიჭოში ისე, რომ მაგნიტური ინდუქციის წირები ფირფიტის სიბრტყის მართობულია. როგორ შეიცვლება ვარდნის აჩქარება? მაგნიტური ველი პოლუსებს შორის ჩათვალეთ მუდმივად.

მაგნიტურ ველში შესვლისას ფირფიტაზე იმოქმედებს დამამუხრუჭებელი ძალა, რადგან ფირფიტაში აღიძვრება ინდუქციური დენი და g აჩქარება შემცირდება. ფირფიტის მოძრაობისას პოლუსებს შორის ველში ფირფიტის გამჭოლი ინდუქციის ნაკადი არ იცვლება და აჩქარება კვლავ გაუტოლდება g. მაგნიტური ველიდან გამოსვლის დროს აჩქარება ისევ შემცირდება.