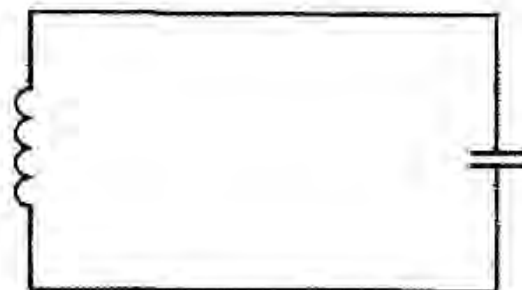


$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta q}{\Delta t} = q' \quad (2.7)$$

Бино бар ин муъодилаи (2.6)-ро чунин навиштан мумкин аст:

$$Li'i = -\frac{iq}{C} \quad (2.8)$$



Рас.28

Ҳосилаи замони қувваи ҷараён чизи дигаре нест ба ҷуз ҳосилаи дуюми замони барқа, мисли он ки ҳосилаи суръат (яъне шитоб) ҳосилаи дуюми замони координат мебошад¹. Дар муъодилаи (2.8) $i' = q''$ мегузорем ва тарафҳои чапу рости ин муъодиларо ба Li тақсим карда, муъодилаи асосии таҳлили ларзишҳои электромагнитии дар контури ларзишзо рӯйдихандаро меёбем:

$$q'' = -\frac{1}{LC}q \quad (2.9)$$

Агар шумо боби «Ларзишҳои механикӣ»-и китоби дарсии «Физика, 9»-ро ба ёд биёред ё онро такроран мутолиъа кунед, як чизи бисёр аҷиб бароятон равшан мешавад. Муъодилаи (2.9) ғайри ишоратҳои дар он истифодашуда бо чизи дигаре аз муъодилаи таҳлили ларзиши ҷисми сари фанар фарк намекунад, яъне дар сурати дар муъодилаи ифодакунандаи ларзишҳои механикӣ иваз кардани x ба q , шитоби ҷисм $a_x = x''$ ба q'' , k ба $1/C$ ва m ба L ҳамин формулаи (2.9) ҳосил мешавад.

* * * * *

Ҳамин тариқ, мо ин ҷо масъалаи асосии ларзишҳои электромагнитии озодро ҳал кардем, яъне муъодилае баровардем, ки ин ларзишҳоро ифода мекунад. Ин муъодила низ он гуна шакли риёзӣ дорад, ки муъодилаи таҳлили ларзиши ҷисми сари фанар ё ованги риёзӣ (раққосаки математикӣ) дошт.

¹Шитоб дар механика чун ҳосилаи замони суръат ёфта мешавад: $a_x = v_x'$ (ниг. китоби дарсии риёзиёти синфи X). Суръат бошад, ҳосилаи замони координат аст: $v_x = x'$. Бино бар ин шитоб ҳосилаи дуюми замони координат мебошад: $a_x = x''$. Пас, бузургии q'' ба қулӣ ба шитоб a_x монандӣ дорад. Ин мутобиқатро дар ҷадв. 1 низ инъикос кардан мумкин буд.



1. Суръати тағйироти энергияи электрикӣ дар контури ларзишзо ба чӣ баробар аст?
2. Суръати тағйироти энергияи магнитӣ дар контур ба чӣ баробар аст?

§15. Ларзишҳои мавзун.

Доманаи ларзиш. Давр ва басомади ларзиш.

Дар физикаи синфи 9 муъодилаи ҳаракат (яъне ифодаи қонуни дуёми Нйутон) барои таъхиси ҳаракати ҷисми сари фанар (пружин) ва ованги \dots (раққосаки математикӣ) оварда шуда буд. Вале мо кӯшише ҳам накардаем, ки ба воситаи он муъодила вобастагии координати ҷисми ларзонро ба вақт муқаррар кунем. Ин корро танҳо дар асоси таҳлили риёзӣ (таҳлили математикӣ) анҷом додан имкон дорад.

Биёед аз рӯйи вобастагии маълуми q'' ба q (муъодилаи 2.9) вобастагии барқа (заряди электрикӣ)-ро ба вақт муқаррар кунем. Ин кори осон нест ва кӯшиши зиёд, қадал мехоҳад, вале қариб ҳар яки шумо, хонандаҳои азиз, онро сомон дода метавонед.

Ларзишҳои мавзун (ларзишҳои ҳармоникӣ). Ҳосилаи дуёми замони барқа мувофиқи муъодилаи (2.9) ба бузургии барқа мутаносиб мебошад, вале аломати ба он муқобил дорад.

Хуб, барқа бо мурури замон чӣ тавр тағйир меёбад? Рӯшан аст, ки ин вобастагӣ бояд рафтори даврӣ дошта бошад. Шумо синус ва косинус ворӣ функцияҳои даврӣ медонед. Чунон ки маълум аст, ин функцияҳо он гуна хусусият доранд, ки ҳосилаи дуёми онҳо ба худӣ функцияҳо яъне ба синус ё косинус (вале бо аломати акс) мутаносиб мебошад. Дар таҳлили риёзӣ нишон дода мешавад, ки ҳеҷ функцияи дигар ин гуна хусусият надорад. Ин нуктаҳо имкон медиҳанд бо боварии том бигӯем, ки барқа (ё чараён) дар ларзишҳои озод бо мурури замон аз рӯйи қонуни синус ё косинус тағйир меёбанд.

Тағйироти замони даврии ин ё он бузургии физикиро дар сурати аз рӯйи қонуни синус ё косинус рӯй додани он ларзиши мавзун мегӯянд.

Ҷисми сари фанар (ё ованги риёзӣ) ларзиши мавзун мекунад ва муъодилаи ҳаракати он шаклан ва моҳиятан ба муъодилаи

(2.9) монандӣ дорад. Дар «Физика,9» ларзишҳои мавзун маҳз чун ҳаракатҳои шарҳ ёфтаанд, ки барои онҳо шитоб ба кӯчиши «минусйаломат» мутаносиб аст.

Доманаи ларзиш (амплитуди ларзиш). Яке аз бузургиҳои муҳими ташхисдиҳандаи ларзиш доманаи ларзиш мебошад. Доманаи ларзиши мавзун гуфта модули қимати зиёдтарини бузургии ларзонро мефаҳманд. Ин гуна модул модули барқа ё ҳар бузургии дигари давритағйирёбанда буда метавонад.

Доманаи ларзиш вобаста ба он ки дар лаҳзаи аввали вақт ба конденсатор чӣ миқдор барқа дода шудааст, гуногун буда метавонад. Ба иборати дигар, доманаи ларзиш ба шароити ибтидоӣ бастагӣ дорад. Лекин қимати зиёдтарини модули синус ва косинус 1 аст. Аз ин рӯ ҳалли муъодилаи (2.9)-ро танҳо бо синус ё косинус ифода кардан носоҳеҳ мебуд. Ҳал бояд дар шакли ҳосили зарби доманаи ларзиш q_m ва синус ё косинус ояд.

Ҳалли муъодилаи ташхиси ларзишҳои озод. Хуб, ҳалли муъодилаи (2.9) бояд чӣ гуна шакл дошта бошад? Содагирӣ карда,

$$q = q_m \cos t \quad \text{ё ин ки} \quad q = q_m \sin t$$

пиндоштан дуруст нест, зеро дар ин сурат ба ҷойи

$$q'' = -\frac{1}{LC} q$$

таносуби

$$q'' = -q_m \cos t = -q$$

ҳосил мешуд. Аммо агар шакли ҳалро каме тағйир диҳем, «лаъл ба даст меояд». Барои он ки дар ифодаи ҳосилаи дуёми q'' зареби $1/LC$ ояд, ҳалли муъодилаи (2.9)-ро дар шакли зайл менависем:

$$q = q_m \cos \sqrt{\frac{1}{LC}} t \quad (2.10)$$

Дар ин сурат ҳосилаи яқум шакли зайл мегирад:

$$q' = -\sqrt{\frac{1}{LC}} q_m \sin \sqrt{\frac{1}{LC}} t$$

Ҳосилаи дуюм

$$q'' = -\frac{1}{LC} q_m \cos \sqrt{\frac{1}{LC}} t = -\frac{1}{LC} q$$

мешавад, ки ин ҳамон муъодилаи (2.9) аст. Пас, ифодаи (2.10) ҳалли муъодилаи ибтидоӣ, яъне ҳалли муъодилаи (2.9) мебошад. Фаҳмост, ки ифодаи

$$q = q_m \sin \sqrt{\frac{1}{LC}} t \quad (2.11)$$

низ ҳалли муъодилаи аввала буда метавонад. Бузургии дойимии $\sqrt{\frac{1}{LC}}$ -ро, ки ба хусусиятҳои система бастагӣ дорад, бо ω_0 ишорат мекунем:

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad (2.12)$$

ки ин ифодаи (2.10)-ро шакли матлубтар медиҳад:

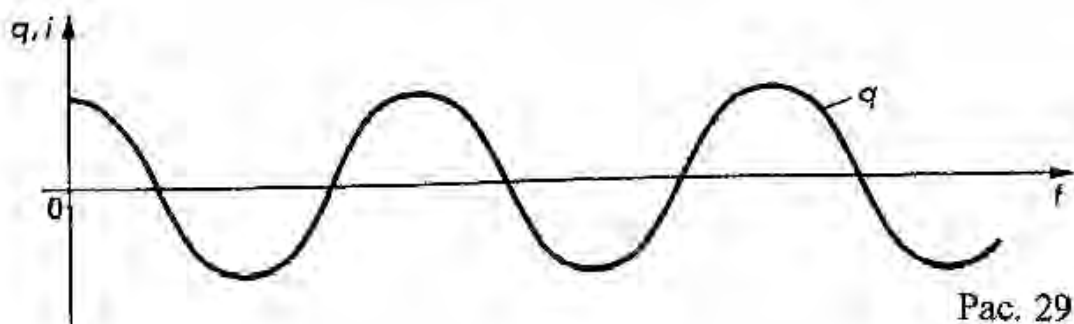
$$q = q_m \cos \omega_0 t \quad (2.13)$$

Худи муъодилаи (2.9), ки ларзишҳои электромагнитии озодро ифода мекунад, дар ин сурат басте сода мешавад:

$$q'' = -\omega_0^2 q \quad (2.14)$$

Хатти вобастагии барқа ба вақт мувофиқи (2.13) косину-сишакл аст (рас.29).

Давр ва басомади ларзишҳои мавзун. Акнун ба сари мазмуни физикии бузургии ω_0 биёем.



Рас. 29

Дар натиҷаи ларзишҳои электрикӣ қиматҳои барқии конденсатор ба таври даврӣ такрор мешаванд. Кӯтоҳтарин муддати вақте (T), ки дар тӯли он ларзиш комилан такрор мешавад, *даври ларзиш* ном гирифтааст.

Даври ларзиш агар маълум бошад, *басомади ларзиш*, яъне адади ларзишҳои дар воҳиди вақт рӯйдихандаро муъайян кардан осон аст. Бигзор, барои рӯй додани як ларзиш муддати вақти T зарур ояд – ба ин шарт адади ларзишҳои дар муддати 1 с рӯйдиханда ν -ро чунин ифода кардан мумкин аст:

$$\nu = \frac{1}{T} \quad (2.15)$$

Ба ёд меорем, ки дар Манзумаи байналмилалӣ воҳидҳо (SI) басомади ларзише ба сифати воҳид пазируфта шудааст, ки барои он адади ларзишҳо дар ҳар сония яқтост. Ин воҳидро *ҳертз* меноманд ва бо Hz (аз исми H , Ҳертз) ишорат мекунанд. Пас аз муддати вақти баробар ба як даври ларзиш T , яъне дар сурати ба қадри $\omega_0 T$ афзудани аргументи косинус қимати барқа такрор мешавад ва косинус қимати пешинаи худро соҳиб мегардад. Аз риёзиёт маълум аст, ки кӯтоҳтарин даври косинус 2π аст. Пас,

$$\omega_0 T = 2\pi$$

ё аз ин ҷо:

$$\omega_0 = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu \quad (2.16)$$

Ҳамин тариқ, бузургии ω_0 адади ларзишҳост, аммо на дар 1 с, балки дар муддати 2π с. Ин бузургӣ *басомади дойиравӣ*¹ ном гирифтааст.

Басомади ларзишҳои озодро *басомади хусусӣ* ё басомади хоси системаи ларзишзо мегӯянд.

Формулаи Томсон. Мо дидем, ки зариб (коэффисент)-и мутаносибӣ дар муъодилаи (2.9) маънии квадрати басомади

¹Минбаъд мо дар мақоми басомади дойиравӣ танҳо *басомад* хоҳем гуфт, ки мучазгар (кӯтоҳтар) аст. Басомади дойиравӣ ω_0 -ро аз басомади ν фарқ кардан мушкил нест, зеро ки ишоратҳо гуногунанд.

дойиравӣ дорад:

$$\omega_0^2 = \frac{1}{LC}$$

Даври ларзишҳои озоди контурӣ ин аст:

$$T = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi\sqrt{LC} \quad (2.17)$$

Ин ифода *формулаи Томсон* ном дорад (ба исми олими инглис Уиллям Томсон).

Афзудани даври ларзиш T -ро ба қадри зиёд шудани L ва C чунин шарҳ додан мумкин аст. Дар сурати зиёд шудани индуктивият (илко) чараён бо мурури замон оҳистатар меафзояд ва то қимати сифрӣ оҳистатар мерасад. Ва ҳар қадре ки гуноғӣ зиёд бошад, барои тағйири барқарорӣ конденсатор ҳамон қадри вақти тӯлонитар зарур аст.

Ларзишҳои ҳомӯшшаванда. Ларзишҳои озоди барқарорӣ ва чараён ба сабаби имкон доштани талафоти энергия дар асл начандон мавзун (начандон ҳармоникӣ) хоҳанд буд. Онҳо рафта-рафта хомӯш мешаванд. Густариши замони ларзишҳои хомӯшшавандаро мо дар рас.23 (дар тасвири осциллографӣ) дида будем.

Ҳар қадре ки муқовимати контур R зиёд бошад, даври ларзиш ҳамон қадри тӯлонитар хоҳад буд. Дар сурати ба қадри кофӣ зиёд будани муқовимат дар контур ларзиш ба вучуд намеояд. Конденсатор холӣ (бебарқарорӣ) мешавад, вале дар ин маврид аз сари нав барқаманд намешавад.

* * * * *

Шумо хуб меҳнат кардед. Муъодилаи дифференсиалиро ҳал кардед, ки ларзишҳои мавзунро тавсиф медиҳад. То охири китоб шумо ягон масъалаи аз ҷиҳати риёзӣ душвортареро дучор намеоед.

Исбот шуд, ки ларзишҳои электромагнитии озод дар контур аз рӯи қонуни синус ё косинус рӯи медиҳанд. Мо даври ларзиш ва инчунин басомади хусусии ларзишҳоро муқаррар кардем.



1. Чӣ гуна ларзишҳо ларзишҳои мавзунанд?
2. Басомади дойравии ларзиш бо даври ларзиш чӣ алоқамандӣ дорад?
3. Дар сурати бо конденсатори гунҷошаш ду мартаба камтар иваз кардани конденсатори контур даври ларзишҳои озод чӣ тағйирот мебинад?
4. Барқаш бо кулонҳо ифодашуда бо мурури замон чунин тағйир меёбад: $q = 3,5 \cdot 10^{-5} \cos 4\pi t$ Ларзиши ин барқа чӣ гуна домана (амплитуд) ва басомади дойравӣ дошта метавонад?
5. Дар рас.30 рафтори хатти ифодакунандаи ларзиши мавзуне тасвир ёфтааст. Домана ва даври ларзишҳои мавзунро муъайян кунед.
6. Аз рӯи он ки муъодилаҳои таъхисидиҳандаи ларзиши қисми сари фанар (пружин) ва ованги рибзӣ (раққосаки математикӣ) ва инчунин муъодилаи ифодакунандаи ларзиши барқа (2.9) монанд ҳастанд, даври ларзиши қисми сари фанар ва овангро ёбед.

§16. Фази ларзиш

Мо бо бузургиҳои асосии таъхисидиҳандаи ларзишҳои мавзун, яъне бо домана (амплитуд)-и ларзиши барқа (заряди электрикӣ), даври ларзиш T ,

басомади ларзиш ν ва басомади дойравии ларзиш ω_0 шинос шудем.

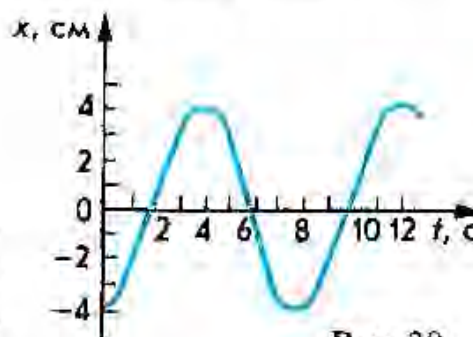
Дар ин қатор бояд бузургии дигаре бо номи фази ларзиш низ бошад. (Ин ном аз калимаи юнонии phasis баромадааст, ки маънии зухур, пайдоиш, марҳалаи инкишофи ин ё он падида дорад).

Дар сурати қимати муъайян доштани доманаи ларзишҳои мавзун барқаш конденсаторро аз рӯи аргументи синус ё косинус муъайян кардан мумкин аст:

$$\varphi = \omega_0 t$$

Бузургии φ -ро, ки дар аргументи синус (ё косинус) меояд, фази ларзишҳои аз рӯи қонуни синус (ё косинус) рӯйдиханда меноманд. Фази ларзишро бо воҳидҳои кунҷӣ – радианҳо ифода мекунанд.

Аз рӯи қиматҳои фаз на танҳо барқа, балки қувваи ҷараён ва волтажро низ, ки ларзиши онҳо ҳам мавзун (ҳармоникӣ)



Рас. 30

дорад:

$$\cos \varphi = \sin \left(\varphi + \frac{\pi}{2} \right), \quad (2.19)$$

Бино бар ин дар ташхиси ларзишҳои мавзун ба ҷойи формулаи $q = q_m \cos \omega_0 t$ формулаи зайлро истифода кардан мумкин аст:

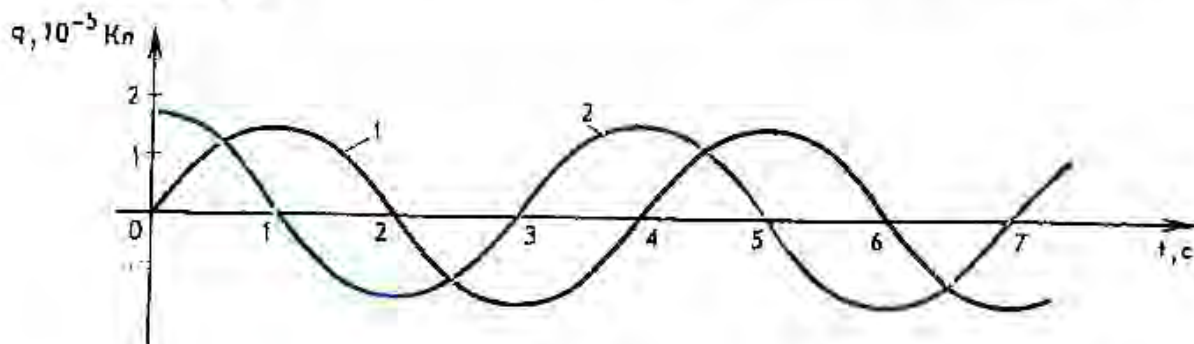
$$q = q_m \sin \left(\omega_0 t + \frac{\pi}{2} \right). \quad (2.20)$$

Аммо дар ин маврид фази ибтидоӣ, яъне кимати фаз дар лаҳзаи $t = 0$ на ба сифр, балки ба $\pi/2$ баробар мебошад.

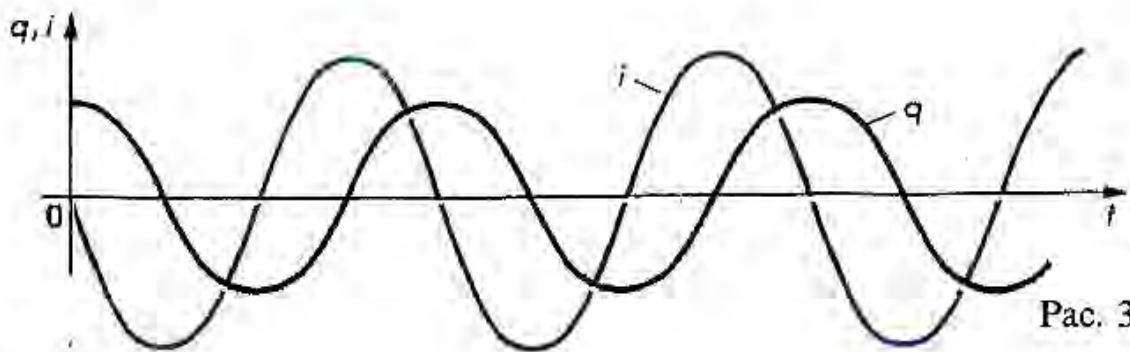
Одатан мо ларзишҳоро бо роҳи барқаманд кардани конденсатори контур меангезем. Барқии конденсатор дар лаҳзаи аввали вақт зиёди зиёд аст. Аз ин рӯ барои ташхис кардани ларзишҳо формулаи (2.13)-и ба косинус назар ба формулаи басинус хубтар аст.

Аммо агар мо ларзишҳои контуриро бо роҳи дар майдони магнитии тағйирёбанда ҷой додани ғалтаки контур биангезем, гап дигар аст. Дар ин маврид конденсатор дар лаҳзаи аввали вақт холӣ аз барқа мебошад ва бино бар ҳамин ларзишҳои барқаро бо формулаи (2.11) ифода кардан матлубтар мебуд.

Ғеҷиши фаз. Ларзишҳое, ки бо формулаҳои (2.10) ва (2.11) ташхис мешаванд, аз якдигар танҳо бо фази худ фарқ доранд. Фарқи фазҳо, ё чунон ки аксаран мегӯянд, ғеҷиши фазҳои ин ларзишҳо $\pi/2$ аст. Дар рас. 32 хатҳои ифодакунандаи тағйироти замони ду ларзиши мавзуне тасвир ёфтааст, ки фазҳои ба қадри $\pi/2$ ғеҷида доранд. Хатти 1 тасвири ларзишест, ки аз рӯйи қонуни синус



Рас. 32



Рас. 33

$$q = q_m \sin \omega_0 t$$

воқеъӣ мешавад ва хатти 2 ларзиши мувофиқи қонуни

$$q = q_m \sin \left(\omega_0 t + \frac{\pi}{2} \right) = q_m \cos \omega_0 t$$

рӯйдихандаро ифода мекунад. Барои ёфтани фарқи фазҳои ду ларзиш бузургии ларзонро ба воситаи ҳамон як функцияи тригонометрӣ – синус ё косинус ифода кардан мебояд.

Ларзишҳои мавзунӣ қувваи ҷараён. Дар сурати ба таври мавзун ларзидани қимати барқа қувваи ҷараён низ ҳамон тавр меларзад, яъне

$$i = q' = -q_m \sin \omega_0 t = I_m \cos \left(\omega_0 t + \frac{\pi}{2} \right). \quad (2.21)$$

хоҳад буд, ки ин ҷо $I_m = q_m \omega_0$ домана (амплитуд)-и ларзиши қувваи ҷараён мебошад. Ва чунон ки аз рас.33 аён аст, ларзиши фази қувваи ҷараён назар ба ларзиши барқа ба қадри $\pi/2$ пеш аст.

Домана, давр ва басомади ларзиш мушаххасоти мафҳум ва аёнии падидаи ларзиш мебошанд. Вале мафҳуми «фаз» ба ин дараҷа аён нест. Бо вучуди ин фазро ёфтан осон аст: фаз аргументи синус ё аргументи косинус аст. Дар муойиноти физикӣ на худи фаз, балки ғеҷиши он (ё худ фарқи фазҳо) роли муҳим дорад. Шумо ба ин ҳангоми омӯзиши чанд мавзӯӣ минбаъда яқин ҳосил мекунед.



1. Ларзиши барқа бо формулаи $q = 3,5 \cdot 10^{-5} \cos 4\pi t$ (бо кулонҳо) тавсиф мешавад. Фази ин ларзишҳо баъди 5 сонияи ибтидои ларзиш ба чӣ баробар мешавад?

2. Домана (қад, амплитуд)-и ларзишҳои барқа ва қувваи ҷараён дар мавриди холӣ (бебарқа) шудани конденсатор чӣ алоқамандӣ доранд?

§17. Ҷараёни электрикӣ тағйирёбанда

Ларзишҳои электромагнитии озоди контурӣ ба сабаби зудхамӯшшаванда будан амалан истифода намешаванд. Дар амалия аксаран ларзишҳои маҷбурии хамӯшнашаванда қор меоянд.

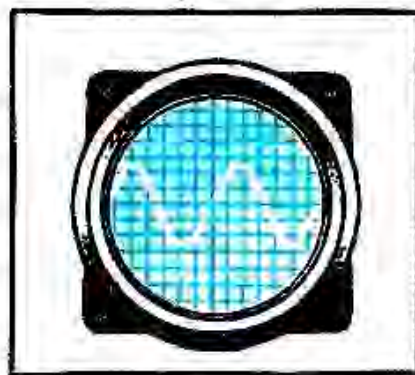
Ларзишҳои ҷараёни тағйирёбандае, ки барои равшан гардондани хонахову корхонаҳо истифода мешавад, маҳз ҳамин гуна ларзиш ҳастанд. Қувваи ҷараён ва волтаж бо мурури замон ба таври мавзун ё (чунон ки мегӯянд, ба таври ҳармоникӣ) тағйир меёбанд.

Ларзишҳои волтажро ба воситаи осциллограф ошкор сохтан осон аст. Агар волтажи таҳқиқшавандаро ба лавҳаҳои майли амудии осциллограф «пайвандем», мебинем, ки густараи замони он шакли синусӣ дорад (рас. 34).

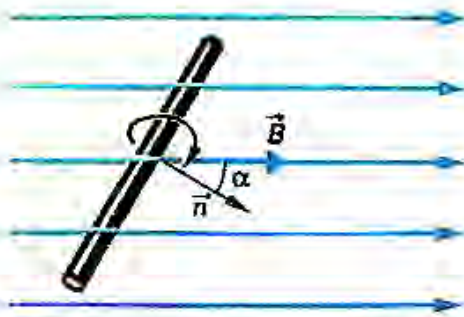
Суръати экранпаймоии шуоъи осциллографро (ки он бо басомади «аррамонанд» таъйин мешавад) дониста, басомади ларзишҳои санҷиданиро муъайян кардан мумкин аст.

Басомади ҷараёни тағйирёбанда гуфта адади ларзишҳои дар 1с рӯйдихандаи онро мефаҳманд. Басомади стандартии ҷараёни тағйирёбандаи саноъатӣ 50 Ҳз (ҳертз) аст. Ин он гуна маънӣ дорад, ки дар тӯли 1 с ҷараён 50 бор як сӯ ҷорӣ мешаваду 50 бори дигар – сӯйи муқобил. Дар бисёр мамлакатҳо мисли мамлақати мо ҳамин басомади 50 Ҳз басомади саноъатист. Вале дар ИМА ба сифати ин гуна басомад 60 Ҳз қабул шудааст.

Агар волтажи нӯғҳои занҷир ба таври мавзун (ба таври ҳармоникӣ) тағйир ёбад, пас, шиддати майдони электрикӣ андаруни ноқилҳои занҷир низ ба ҳамон тарз тағйир меназирад. Ин тағйироти мавзунӣ шиддати майдон боиси ларзиши мавзунӣ суръати ҳаракати мурағабии зарраҳои барқаманд ва



Рас.34



Рас. 35

аз ин $r\bar{u}$ боиси ларзиши мавзунӣ қувваи ҷараён мегардад.

Дуруст аст, ки ҳангоми тағйир ёфтани волтажи нӯғҳои занҷир майдони электрикӣ дар саросари занҷир онан (якбора) тағйир ёфта наметавонад. Густариши тағйироти майдон бо суръати хеле

баланд рӯй медиҳад. Аммо ин суръат беинтиҳо нест.

Лекин агар муддати густариши тағйироти майдон дар занҷир назар ба даври ларзиши волтаж хеле кӯтоҳ бошад, метавон гуфт, ки ҳангоми дар нӯғҳои занҷир тағйир ёфтани волтаж майдони электрикӣ дар саросари он якбора тағйир мепазирад ва дар ин маврид қувваи ҷараён дар ҳама буришҳои занҷир (занҷири содатарин, занҷири бешоха) дар ин ё он лаҳзаи вақт амалан ҳамон як қимат хоҳад дошт.

Волтажи тағйирёбандаро дар шабакаи равшаной генераторҳои маркази барқ (электростансия) ба вучуд меоваранд. Ба сифати намунаи содатарин генератори ҷараёни тағйирёбанда қоб (рамка)-и симинеро муойина кардан мумкин аст, ки дар майдони магнитии якҷинса гардиш меҳӯрад (ниг. §11). Сели индуксияи магнитие (Φ), ки ба қоби симини масоҳаташ S мезанад, ба косинуси кунҷи байни нормали сатҳи қоб ва вектори индуксияи магнитӣ мутаносиб аст (рас. 35):

$$\Phi = BS \cos \alpha$$

Дар сурати муназзамона гардиш хӯрдани қоб кунҷи α мутаносибан ба вақт меафзояд:

$$\alpha = 2\pi n t$$

ки ин ҷо n басомади гардиши қоб аст. Бино бар ин сели индуксияи магнитӣ ба таври мавзун тағйир меёбад:

$$\Phi = BS \cos 2\pi n t$$

Ин ҷо зариби $2\pi n$ адади ларзишҳои сели магнитӣ дар тӯли 2π аст, ки ин ҳамон басомади дойиравии $\omega = 2\pi n$ мебошад. Пас,

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

мешавад. Мувофиқи қонуни индуксияи электромагнитӣ қувваи муҳаррикаи электрикӣ (ҚуМЭ)-и индуксияи дар қоб пайдошаванда ба суръати тағйироти сели индуксияи магнитӣ, яъне ба ҳосилаи замони сели индуксияи магнитӣ баробар аст:

$$e = -\Phi' = -BS(\cos \omega t)' = BS \sin \omega t = \varepsilon_m \sin \omega t$$

ки ин ҷо $\varepsilon_m = BS\omega$ доманаи ларзиши ҚуМЭ-и индуксия мебошад.

Минбаъд мо ларзишҳои электрикии маҷбуриро меомӯзем, ки дар занҷир бо таъсири волтажи синусинизом ё косинусинизоми

$$u = U_m \sin \omega t \quad \text{ё} \quad u = U_m \cos \omega t \quad (2.22)$$

рӯй медиханд. Ин ҷо U_m доманаи волтаж, яъне қимати модулан зиёдтарини волтаж аст.

Агар волтаж дар занҷир бо басомади ω -тағйир пазирад, қувваи ҷараён ҳам бо ҳамон басомад тағйир мепазирад. Аммо ларзишҳои қувваи ҷараён бо ларзишҳои волтаж ҳамфаз набуда ҳам метавонанд. Бино бар ин дар мавриди умумӣ қувваи ҷараён барои лаҳзаи дилхоҳи вақт, яъне қимати онӣ (лаҳзагӣ)-и қувваи ҷараён чинин мешавад:

$$i = I_m \sin(\omega t + \varphi_c) \quad (2.23)$$

Ин ҷо I_m қимати модулан зиёдтарини қувваи ҷараён асту φ_c – фарқ (ғеҷиш)-и фазҳои ларзишҳои қувваи ҷараён ва волтаж.

* * * * *

Дар занҷирҳои саноъатии ҷараёни тағйирёбанда қувваи ҷараён ва волтаж ба таври мавзун бо басомади 50 Ҳз (ҳертз) тағйир меёбанд. Волтажи тағйирёбандаро дар ин гуна занҷирҳо дар марказҳои барқ ба воситаи генераторҳо ҳосил мекунам.



1. Дар занҷири электрикӣ дар чӣ гуна шароит ларзиши электромагнитии маҷбури ба вуҷуд меояд?

2. Оё қимати онӣ (қимати лаҳзагӣ)-и қувваи ҷараёни тағйирёбанда дар ҳама қитъаҳои занҷири сода (занҷири бешоха) якхела буда метавонад?

§18. Муқовимати фаъол.

Қиматҳои самарбахши қувваи ҷараён ва волтаж

Акнун биёед ба омӯзиши муфассалтари фарояндҳои пардозем, ки дар занҷири ҷараёни тағйирёбанда рӯй медиҳанд.

Қувваи ҷараён дар занҷири барезистор. Бигзор занҷир аз ноқилҳои пайваस्तкунанда ва бори дорои муқовимати муъайян, вале кам-индуктивият (кам-илқо) иборат бошад (рас. 36). Ин бузургиро, ки мо онро то ҳол муқовимати электрикӣ ё мухтасаран муқовимат ном бурдем, акнун муқовимати фаъол мегӯем.

Ҳап дар он аст, ки занҷири ҷараёни тағйирёбанда муқовимати навъи дигар низ дошта метавонад. Муқовимати R бошад, аз он рӯ «муқовимати фаъол» ном гирифтааст, ки дар сурати вучуд доштани он занҷир энергияи аз генератор (ба занҷир) дохилшавандаро фуру мебарад. Ин энергия ба энергияи дохилии ноқилҳои таркибдиҳандаи занҷир бадал мешавад – далел ин аст, ки ноқилҳо гарм мешаванд.

Бигзор волтаж дар нӯгҳои занҷир аз рӯи қонуни косинусинизоми

$$u = U_m \cos \omega t$$

тағйир ёбад. Қимати онӣ (лаҳзагӣ)-и қувваи ҷараёни тағйирёбанда ба қимати онии волтаж мутаносиб аст (чунонки дар мавриди ҷараёни дойимӣ буд). Бино бар ин барои ёфтани қимати онии қувваи ҷараён қонуни Омро татбиқ кардан мумкин аст:

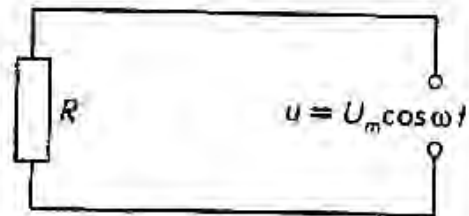
$$i = \frac{u}{R} = \frac{U_m \cos \omega t}{R} = I_m \cos \omega t \quad (2.24)$$

Дар ноқили дорои муқовимати фаъол ларзиши қувваи ҷараён бо ларзиши волтаж ҳамфаз меояд (рас. 37) ва доманаи қувваи ҷараён ин хел ёфта мешавад:

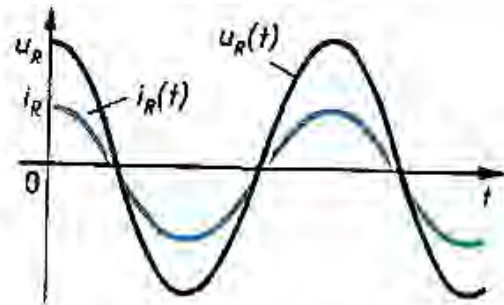
$$I_m = \frac{U_m}{R} \quad (2.25)$$

Тавон дар занҷири барезистор.

Дар занҷири ҷараёни тағйирёбандаи саноъатӣ қувваи ҷараён ва волтаж бaсе зуд (ба басомади 50 Ҳз) тағйир меёбанд. Бино бар ин ҳангоми аз ноқил, чунончи аз сими лампаи электрикӣ ҷорӣ будани ҷараён миқдори энергияи дар шакли гармо хориҷшаванда низ бaсе зуд тағйир хоҳад ёфт. Вале ин тағйироти фаврӣ аз назари мо ниҳон мемонад.



Рас. 36.



Рас. 37.

Аксаран моро лозим меояд, ки қимати миёнаи тавони ҷараёнро барои ин ё он қитъаи занҷир ва барои муддати назар ба як даври ларзиш хеле зиёд муъайян кунем. Барои ин кофист, ки тавони миёнаро барои як давр муъайян кунем. Қимати миёнаи тавони якдаврӣ (тавони ба тӯли як даври ларзиш ростоянда)-и ҷараёни тағйирёбанда гуфта нисбати энергияи дар муддати як давр ба занҷир воридшударо бар муддати як даври ларзиш мефаҳманд.

Тавони ҷараёни электрикӣ дар қитъаи муқовиматаш R ҷоришаванда ин тавр ёфта мешавад:

$$P = I^2 R \quad (2.26)$$

Ҷараёни тағйирёбандаро барои фосилаи бисёр кӯтоҳи вақт собит (дойимӣ) пиндоштан мумкин аст. Бино бар ин тавони онӣ дар занҷири ҷараёни тағйирёбанда барои қитъаи муқовиматаш R аз рӯи формулаи зер ёфта мешавад:

$$p = i^2 R \quad (2.27)$$

Биёед қимати тавони якдавриро ҳисоб кунем. Барои ин аввал формулаи (2.27)-ро андак тағйир медихем: ифодаи барои қувваи ҷараён эҷодшудаи (2.24)-ро ба (2.27) мегузорем ва бо назардошти ин ки

$$\cos^2 \alpha = \frac{1 + \cos 2\alpha}{2}$$

аст, ин гуна ифода ҳосил мекунем:

$$p = \frac{I_m^2}{2} R (1 + \cos 2\omega t) = \frac{1}{2} I_m^2 R + \frac{1}{2} I_m^2 R \cos 2\omega t \quad (2.28)$$

Нигора (график)-и вобастагии замони тавони онӣ дар рас. 38 бо хатти ранга тасвир ёфтааст. Дар тӯли чаҳоряк давр, вақте ки $\cos 2\omega t > 0$ аст, тавон дар ҳар лаҳзаи вақт назар ба бузургии $I_m^2 R / 2$ зиёд мебошад. Аммо дар тӯли чаҳоряк даври оянда, вақте ки $\cos 2\omega t < 0$ мешавад, тавон дар ҳар лаҳзаи вақт назар ба $I_m^2 R / 2$ кам хоҳад буд.

Қимати миёнаи бузургии $\cos 2\omega t$ барои як давр баробари сифр аст. Ин функсия дар тӯли чаҳоряки давр як қатор қиматҳои мусбат мегираду дар тӯли чаҳоряки ояндаи давр соҳиби ҳамон гуна қатори қиматҳои манфӣ мегардад. Дар натиҷа тавони миёнаи якдаврии ҷараён баробари $I_m^2 R / 2$ асту энергияи дар тӯли ним давр хориҷшаванда ададан ҳамчени масоҳати росткунҷаи $Oabc$ мебошад.

Ҳамин тариқ, тавони миёна p ба узуви аввали ифодаи (2.28) баробар будааст:

$$\bar{p} = \bar{i}^2 R = \frac{I_m^2 R}{2} \quad (2.29)$$

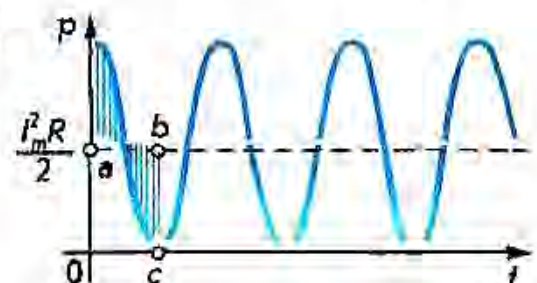
Қиматҳои самарбахши қувваи ҷараён ва волтаж. Аз формулаи (2.29) аён аст, ки бузургии $I_m^2 / 2$ қимати миёнаи якдаврии квадрати қувваи ҷараён мебошад:

$$i^2 = \frac{I_m^2}{2} \quad (2.30)$$

Бузургии баробар ба решаи квадрати қимати миёнаи квадрати ҷараён қимати самарбахши қувваи ҷараёни тағйирёбанда ном гирифтааст. Ин бузургӣ бо ҳарфи I ишорат мешавад:

$$I = \sqrt{i^2} = \frac{1}{\sqrt{2}} I_m \quad (2.31)$$

Бузургии қувваи ҷараёни дойи-



Рас.38

миро тавре интихоб кардан мумкин аст, ки энергияи дар ин ё он муддат дар қитъаи муқовиматаш R хориҷкардаи ин ҷараён ҳамчени энергияи дар ҳамон муддати вақт хориҷкардаи ҷараёни тағйирёбанда бошад. Барои ин зарур аст, ки қувваи ҷараёни дойимӣ ҳамчени қимати самарбахши қувваи ҷараёни тағйирёбанда бошад. *Қимати самарбахши қувваи ҷараёни тағйирёбанда ҳамчени ҳамон қадар қувваи ҷараёни дойимист, ки дар ноқил дар ҳамон муддати вақт ҳамон миқдор энергия хориҷ мегардонад.*

Қимати самарбахши волтажи тағйирёбанда мисли қимати самарбахши қувваи ҷараён чунин ёфта мешавад:

$$U = \sqrt{u^2} = \frac{1}{\sqrt{2}} U_m \quad (2.32)$$

Дар формулаи (2.25) қиматҳои зиёдтарини қувваи ҷараён ва волтажро ба қиматҳои самарбахши онҳо иваз мекунем:

$$\boxed{I = \frac{U}{R}} \quad (2.33)$$

Ҳамин аст ифодаи қонуни Ом барои қитъаи резистордори занҷири ҷараёни тағйирёбанда.

Дар муойинаи ларзишҳои электрикӣ мо аксаран бо қиматҳои барои ин ё он лаҳзаи вақт муъайяншудаи қувваи ҷараён, волтаж ва м. ин. саруқор мегирем (он сон ки дар мавриди омӯзиши ларзишҳои механикӣ буд). Муойинаи хусусиятҳои умумии ларзишҳо домана (амплитуд, қад), давр ва басомади ларзиш, қиматҳои самарбахши қувваи ҷараён ва волтаж ва инчунин тавони миёна бисёр муҳим аст. Амперметрҳои волтметрҳои ҷараёни тағйирёбанда маҳз қиматҳои самарбахши қувваи ҷараёну волтажро нишон медиҳанд.

Ғайр аз ин, муойинаи қиматҳои самарбахш боз аз он ҷиҳат матлуб аст, ки барои ёфтани қимати миёнаи тавони ҷараёни тағйирёбанда p ё, чунон ки мегӯянд, барои ёфтани тавони ҷараёни тағйирёбанда P маҳз ҳамин қиматҳо истеъмол мешаванд:

$$P = I^2 R = UI$$

* * * * *

Ларзишҳои қувваи ҷараён дар занҷири резистордор бо ларзишҳои волтаж ҳамфаз меоянд. Тавони ҷараён дар занҷири ҷараёни тағйирёбанда аз рӯи қиматҳои самарбахши қувваи ҷараён ва волтаж ёфта мешаванд.

- ?**
1. Қувваи ҷараёни тағйирёбанда ва волтаж дар занҷири барезистор (занҷири резистордор) чӣ алоқамандӣ доранд?
 2. Дар шабакаҳои равшанӣ волтажи тағйирёбандаи 220В ё 127В истифода мешавад. Домана (амплитуд)-и волтаж дар ин шабакаҳо чиқадарист?
 3. Мафҳумҳои «Қимати самарбахши қувваи ҷараён» ва «қимати самарбахши волтаж» чӣ маънӣ доранд?

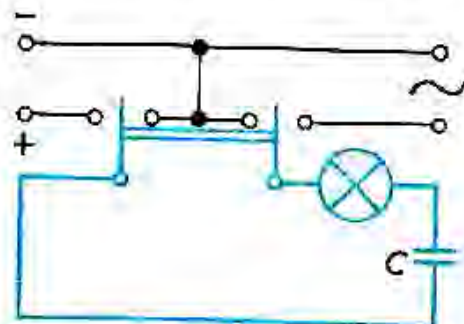
§19. Конденсатор дар занҷири ҷараёни тағйирёбанда

Ҷараёни дойимӣ дар занҷире, ки конденсатор дорад, вуҷуд дошта наметавонад, зеро дар ин сурат занҷир канда аст (дар байни рӯяҳои конденсатор моддаи диэлектрикӣ мавҷуд аст, ки ҷараёнро намегузаронад).

Аммо ҷараёни тағйирёбанда дар занҷири конденсатордор ҷорӣ буда метавонад. Ба ин дар таҷрибаи содае бовар ҳосил кардан осон аст.

Бигзор манбаҳои волтажи дойимӣ ва тағйирёбанда дошта бошем. Бигзор волтажи дойимӣ дар нӯгҳои занҷир ҳамчун қимати самарбахши волтажи тағйирёбанда бошад. Бигзор занҷире дошта бошем иборат аз конденсатор ва тафслампае (рас.39), ки бо якдигар паёпай пайвастанд. Дар сурати ба занҷир пайвастанани манбаи волтажи дойимӣ (яъне дар сурати тарафи чап гардондани калид) лампа дарнамегирад. Аммо агар калидро тарафи рост гардонем, яъне занҷирро бо манбаи ҷараёни тағйирёбанда пайвандем, лампа дармегирад, ба шарте, албатта, ки конденсатор гунҷойиши ба қадри кофӣ зиёд дошта бошад.

Биёед мулоҳиза кунем: чӣ навъ мешавад, ки ҷараёни тағйирёбанда



Рас. 39.

дар занҷири канда ҷорӣ бошад (барқаҳои электрикӣ дар фазои байни рӯяҳои конденсатор ин сӯ – он сӯ кӯчида наметавонанд-кӯ)?

Ғап дар он аст, ки конденсатор бо таъсири волтажи тағйирёбанда ба таври даврӣ пур (барқаманд) ва холи (бебарқа) мешавад ва ҷараёне, ки ҳангоми пур шуданҳову холи шуданҳои конденсатор ба вучуд меояд, мӯяки лампаро метафсонад.

Акнун биед бинем, ки қувваи ҷараён дар занҷире, ки танҳо конденсатор дорад, чӣ тавр тағйир мепазирад (рас.40). Муқовимати ноқилҳо ва рӯяҳои конденсаторро ба эътибор намегирем.

Волтажи байни рӯяҳои конденсатор баробари волтажи нӯгҳои занҷир мебошад:

$$u = \varphi_1 - \varphi_2 = \frac{q}{C}$$

Пас,

$$\frac{q}{C} = U_m \cos \omega t \quad (2.34)$$

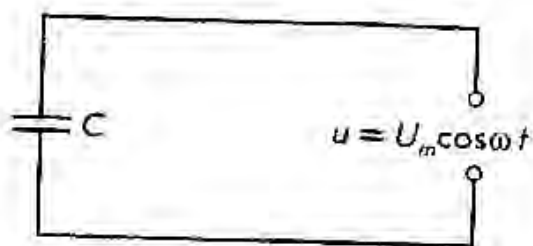
аст. Барқаи конденсатор бо қонуни

$$q = CU_m \cos \omega t \quad (2.35)$$

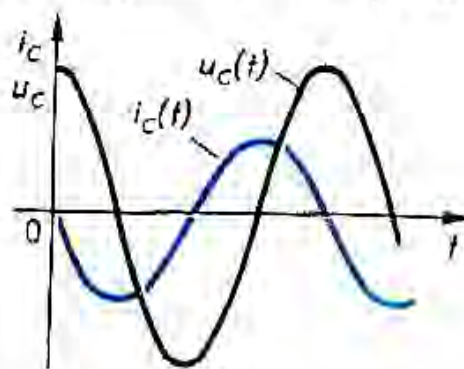
тағйир меёбад. Қувваи ҷараён, ки маънии ҳосилаи замони барқа дорад, чинин ифода карда мешавад:

зарурат $i = q' = -U_m C \omega \sin \omega t = U_m C \omega \cos \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right), \quad (2.36)$

яъне ларзишҳои қувваи ҷараён назар ба ларзишҳои волтажи рӯяҳои конденсатор ба қадри $\pi/2$ пешӣ доранд (рас. 41). Ин он



Рас. 40



Рас. 41

гуна маънӣ дорад, ки дар лаҳзаи оғози барқаманд шудани конденсатор қувваи ҷараён зиёди зиёд асту волтаж қимати сифрӣ дорад. Ва гоҳи ба авҷ расидани волтаж қувваи ҷараён сифрӣ мешавад ва ғ.

Доманаи қувваи ҷараён чунин ифода карда мешавад:

$$I_m = U_m C \omega \quad (2.37)$$

Агар

$$\frac{1}{\omega C} = X_C \quad (2.38)$$

ишорат кунем ва ба ҷойи қувваи ҷараёну волтаж қиматҳои самарбахши онҳоро истифода кунем,

$$I = \frac{U}{X_C} \quad (2.39)$$

мешавад. Бузургии X_C , яъне бузургии чаппаи ҳосили зарби басомади дойиравӣ ва гунҷойиши конденсатор *муқовимати гунҷойишӣ* ном гирифтааст. Роли ин бузургӣ ба роли муқовимати фаъол, яъне муқовимати R дар ифодаи қонуни Ом монанд мебошад. Қимати самарбахши қувваи ҷараён ва қимати самарбахши волтажи байни рӯяхои конденсатор айнан ҳамон тавр алоқаманданд, ки қувваи ҷараён ва волтажи қитъаи занҷири ҷараёни дойимӣ мувофиқи қонуни Ом алоқамандӣ доранд. Ин имкон медиҳад, ки бузургии X_C чун муқовимати ба ҷараёни тағйирёбанда доштаи конденсатор (муқовимати гунҷойишӣ) муойина шавад.

Ҳар қадре ки гунҷойиши конденсатор зиёд бошад, ҷараёни барқаманд кардани он (он ки дар натиҷаи пур ва холӣ шудани конденсатор ба вучуд меояд) ҳамон қадр бештар хоҳад буд. Инро санҷидан душвор нест: дар сурати зиёд кардани гунҷойиши конденсатор тафси лампа зиёд мешавад. Бо вучуде ки муқовимати конденсатор ба ҷараёни дойимӣ беҳад зиёд аст, ҳамон муқовимат ба ҷараёни тағйирёбанда, яъне X_C қимати ниҳойӣ дорад. Ин муқовимат ба қадри афзудани гунҷойиш кам мешавад. Ба қадри афзудани басомад низ.

Инро низ мушоҳида кардан душвор нест, ба шарте ки барои

физо додани занчири дар рас.39 тасвиршуда генератори танзимшаванда басомади ҷараёни тағйирёбанда истифода шавад. Басомади ҷараёни тағйирёбандаро оҳиста-оҳиста зиёд карда, дидан мумкин аст, ки тафси лампа зиёд мешавад, зеро дар ин маврид муқовимати X_C кам ва, аз ин ҳисоб, қувваи ҷараён зиёд мешавад.

Дар хотимаи ин банд бояд бигӯем, ки дар тӯли ҷаҳорҷак даври ларзиш, яъне гоҳи то ба ҳадди зиёдтарин пур (барқаманд) шудани конденсатор занҷир энергия мегирад ва онро дар шакли энергияи майдони электрикӣ захира мекунад; ва дар ҷаҳорҷак даври дигар, яъне ҳангоми холӣ (пардаҳт) шудани конденсатор ин энергия ба шабака бозмегардад.

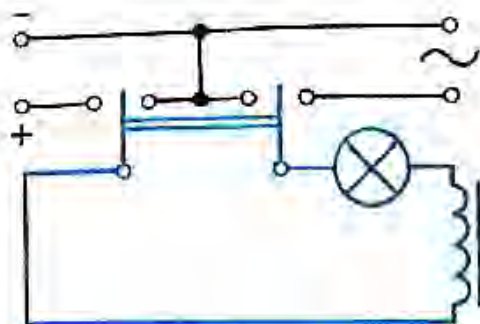
Муқовимати занчири конденсатордор ба ҳосили зарби гунҷойиш ва басомад мутаносиби чаппа мебошад. Ларзишҳои қувваи ҷараён аз ларзишҳои волтаж ба қадри $\pi/2$ пешӣ доранд.

- ?**
1. Қиматҳои самарбахши қувваи ҷараён ва волтажи рӯяхои конденсатор дар занчири ҷараёни тағйирёбанда чӣ алоқамандӣ доранд?
 2. Оё занцире, ки танҳо конденсатор дорад, энергия хориҷ мекунад? Муқовимати худи занҷирро ба назар нагиред.
 3. Калиди занҷир як навъ конденсатор аст. Пас, ҷарост, ки калид занҷирро на мисли конденсатор, балки ба қуллӣ қанда мекунад?

§20. Ғалтаки индуктивият (илқоғалтак) дар занчири ҷараёни тағйирёбанда

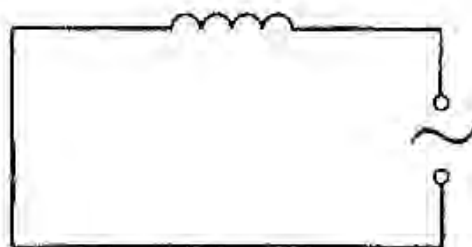
Ғалтаки индуктивият қувваи ҷараёни тағйирёбандаро дар занҷир кам мекунад. Инро дар таҷрибаи содае озмудан мумкин аст.

Бигзор занчири таҷрибавии мо аз ғалтаки дорои индуктивияти зиёд ва тафслампае иборат бошад (рас.42). Ин занҷирро ба воситаи калиди дуқуша ба занчири ҷараёни тағйирёбанда ё ба занчири волтажи дойимӣ пайвастан мумкин аст. Фаҳмоист, ки дар ин маврид волтажи дойимӣ ва қимати



Рас. 42.

Рас. 43.



самарбахши волтажи тағйирёбанда бояд байни худ баробар бошанд. Таҷриба нишон медиҳад, ки чароғ дар сурати истифода шудани волтажи дойимӣ равшантар мешавад. Пас, дар занчири муойинашаванда қимати самарбахши қувваи чараёни тағйирёбанда назар ба қувваи чараёни дойимӣ камтар будааст.

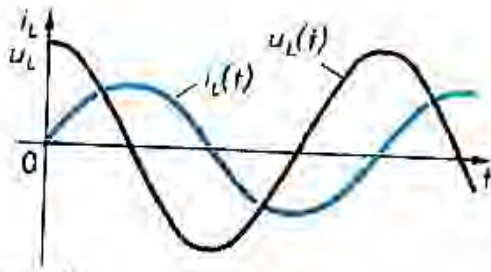
Сабабгори ин рӯйдод падидаи худ-индуксия (худ-илқо) аст. Дар боби 1 (§8) гуфта шуд, ки дар сурати ба манбаъи волтажи дойимӣ пайвастании ғалтаки индуктивият қувваи чараён дар занчир на якбора, балки оҳиста-оҳиста зиёд мешавад. Майдони электрикии тӯфонии ҳангоми афзудани қувваи чараён пайдошаванда монеъи ҳаракати электронҳо мегардад ва танҳо пас аз гузаштани муддате қувваи чараён то ба қимати зиёдтарини худ (қимати мутобиқ ба бузургии волтажи занчир) мерасад.

Агар волтаж зуд тағйир ёбад, қувваи чараён то ба қиматҳое, ки дар сурати дойимӣ будани волтаж бо мурури замон ба онҳо мерасид, расида наметавонад.

Хулоса, қимати зиёдтарини қувваи чараёни тағйирёбанда (яъне доманаи он) маҳдуд аст: онро падидаи индуктивият (худ-илқо)-и занчир маҳдуд мекунад ва ҳар қадре ки индуктивият ва басомади волтажи тағйирёбанда зиёд бошанд, қувваи чараёни номбурда ҳамон кадр камтар хоҳад буд.

Биёед қувваи чараёнро дар занчире муъайян кунем, ки як ғалтаки индуктивият (илқоғалтак) дошт а бошад ва индуктивияти фаъоли онро ба назар нагирифта мумкин бошад. Ин гуна занчир дар рас.43 тасвир ёфтааст. Аввал ҳамбастагии волтажи нӯғҳои ғалтак ва қувваи муҳаррикаи электрикӣ (ҚуМЭ)-и худ-индуксияи дар он пайдошавандаро муқаррар мекунем.

Агар ғалтак муқовимат надошта бошад ($R=0$), шиддати



Рас. 44.

майдони электрикӣ низ андаруни ноқил дар ҳар лаҳзаи вақт бояд сифрӣ бошад. Дар акси ҳол қувваи ҷараён мувофиқи қонуни Ом беҳад зиёд мебуд. Сифрӣ будани шиддати майдон аз он рӯ имконпазир аст, ки шиддати

майдони электрикии тӯфонӣ (E_i) -и зодаи майдони магнитии тағйирёбанда дар ҳар нукта модулан баробар, вале самтан муқобили шиддати майдони кулонӣ (E_k) -и дар ноқил офаридаи барқаҳои кутбҳои манбаъ ва барқаҳои ноқилҳои занҷир мебошад.

Аз баробари $E_i = -E_k$ бармеояд, ки кори хоси майдони тӯфонӣ (яъне ҚумЭ-и худ-индуксия e_i) модулан баробар, вале самтан муқобили кори хоси майдони кулонӣ мебошад. Азбаски кори хоси майдони кулонӣ ба волтажи нӯгҳои ғалтак баробар мебошад, пас, чунин навиштан мумкин аст:

$$e_i = -u.$$

Дар сурати ба таври мавзун (ба таври ҳармоникӣ), яъне аз рӯи қонуни

$$i = I_m \sin \omega t$$

тағйир ёфтани қувваи ҷараён ҚумЭ-и худ-индуксия ин кадр хоҳад буд:

$$e_i = -Li' = -L\omega I_m \cos \omega t \quad (2.40)$$

Азбаски $u = -e_i$ аст, пас, волтажи нӯгҳои ғалтак баробари

$$u = L\omega I_m \cos \omega t = L\omega I_m \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right) = U_m \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right)$$

мешавад, ки ин ҷо $U_m = L\omega I_m$ домана (амплитуд)-и волтаж аст.

Пас, ларзишҳои волтажи нӯгҳои ғалтак аз ларзишҳои қувваи ҷараён ба кадри $\pi/2$ пешӣ доранд ё худ ларзишҳои қувваи ҷараён аз ларзишҳои волтаж ба кадри $\pi/2$ ақибанд.

Дар лаҳзаи ба нуктаи авҷ (максимум) расидани волтаж қувваи

чараён сифрӣ мешавад (рас.44). Ва дар лаҳзаи сифрӣ шудани волтаж қувваи чараён модулан зиёди зиёд хоҳад буд.

Доманай қувваи чараёни дар ғалтак қоришаванда

$$I_m = \frac{U_m}{\omega L} \quad (2.41)$$

аст. Агар

$$\omega L = X_L \quad (2.42)$$

ишорат кунем ва ба ҷойи доманаҳои қувваи чараёну волтаж қиматҳои самарбахши онҳоро бигзорем, мебинем, ки

$$I = \frac{U}{X_L} \quad (2.43)$$

мебошад. Бузургии X_L , ки ба ҳосили зарби басомади дойиравӣ ва зариби индуктивият баробар аст, *муқовимати индуктивӣ* (*муқовимати илқой*) ном дорад.

Мувофиқи формулаи (2.43) қимати самарбахши қувваи чараён бо қимати самарбахши волтаж ва муқовимати индуктивӣ таносубе дорад, ки он ба ифодаи қонуни Ом барои занҷири чараёни дойимӣ монанд мебошад.

Муқовимати индуктивӣ ба басомади ларзиш ω вобаста аст. Чараёни дойимӣ индуктивияти ғалтакро умуман «ҳис намекунад». Барои қимати $\omega = 0$ муқовимати индуктивӣ сифрӣ ($X_L = 0$) мебошад.

Ҳар қадре ки волтаж зудтар тағйир пазирада, ҚуМЭ-и худ-индуксия ҳамон қадр бештар ва доманай қувваи чараён ҳамон қадр хурдтар меоянд.

Вобастагии муқовимати индуктивиро ба басомад дар таҷрибае ошкор сохтан осон аст, ки барои ғизо додани занҷири дар рас.42 тасвиршуда генератори танзимшаванда басомади чараёни тағйирёбандаро истифода кунем. Дар ин гуна таҷриба имкони тағйир додани индуктивияти ғалтак (чунончи, имкони тағйир додани адади печҳои он)-ро низ дар назар доштан мебояд. Дар сурати зиёд кардани басомад индуктивият қувваи чараён дар занҷир кам мешавад ва чароғ хира месӯзад. Ин он гуна маънӣ дорад, ки бо зиёд шудани L ва ω -муқовимати занҷир меафзояд.

Ғалтаки индуктивият (*илқоғалтак*) ба ҷараёни тағйирёбанда муқовимат мекунад. Ин муқовимат, ки мо онро муқовимати индуктивӣ номидем, ба ҳосили зарби зариви индуктивият ва басомад баробар аст. Дар занҷири электрикии ғалтакдор ларзишҳои қувваи ҷараён аз ларзишҳои волтаж ба қадри $\pi/2$ пешӣ доранд.



1. Қиматҳои самарбахши қувваи ҷараён ва волтаж дар ғалтаки индуктивият (*илқоғалтак*)-и муқовимати фаъолаш назарногир чӣ тавр алоқаманданд?
2. Сабаб чист, ки ҚумЭ-и худиндуксия ва волтажи нӯғҳои ғалтак аломати муқобил доранд?

§21. Резонанс дар занҷири электрикӣ

Ҳангоми муоյинаи ларзишҳои механикии маҷбурӣ мо шуморо бо резонанс ном рӯйдоди муҳим шиносонда будем. Резонанс дар сурате рӯй медиҳад, ки басомади хусусии система ҳамчени басомади тағйироти қувваи берунӣ (қувваи ларздиҳанда) бошад. Ва агар сойиш кам бошад, доманаи ларзишҳои маҷбурии муқарраршуда якбора меафзояд. Ҳамранг будан, ё чунон ки мегӯянд, овор омадани қонунҳои ларзишҳои механикиву электромагнитӣ имкон медиҳад хулоса бигирем, ки падидаи резонанс дар занҷири электрикӣ низ ба вуҷуд омада метавонад, ба шарте ки он занҷир контури ларзишзои соҳиби ин ё он басомади хусусии ларзиш бошад.

Дар ларзишҳои механикӣ резонанс барои қиматҳои ками зариви сойиш ба хубӣ зоҳир мегардад. Дар занҷири электрикӣ роли зариви сойишро муқовимати фаъол R мебозад. Маҳз ҳамин муқовимат аст, ки боиси ба энергияи дохилии ноқил табдил ёфтани энергияи ҷараён мегардад (ноқил гарм мешавад). Бино бар ин дар контури ларзишзо резонанс дар сурати кам будани муқовимати фаъол хубтар зоҳир мешавад.

Агар муқовимати фаъол кам бошад, басомади ларзишҳои хусусии контуриро ин тавр баҳоодод кардан мумкин аст:

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

Кувваи ҷараён дар ларзишҳои маҷбури дар сурате ба авҷ мерасанд (максимум мегирад), ки басомади волтажи тағйирёбандаи ба контур «васлшуда» ҳамчени басомади хусусии контури ларзишзо бошад, яъне

$$\omega = \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad (2.44)$$

Резонанс (дар контури ларзишзо) – ин падидаи якбора афзудани доманаи ларзишҳои маҷбурии кувваи ҷараён мебошад, ки дар натиҷаи ба басомади хусусии контури ларзишзо ҳамчен омадани басомади волтажи тағйирёбандаи берунӣ рӯй медиҳад.

Доманаи кувваи ҷараён дар лаҳзаи резонанс. Ҳангоми резонанс дар контури ларзишзо (мисли мавриди резонанси механикӣ) барои аз манбаъи берунӣ ба контури ларзишзо ворид гардидани энергия шароити мусоъид фароҳам меояд. Тавони ҷараёни контурӣ дар мавриде зиёди зиёд хоҳад буд, ки кувваи ҷараён ва волтаж ҳамфаз бошанд.

Бояд фаҳмо бошад, ки баъди пайвастании волтажи тағйирёбандаи берунӣ қимати резонансии кувваи ҷараён на якбора муқаррар мешавад. Муқаррар шудани ларзишҳо ба таври тадриҷӣ рӯй медиҳад. Доманаи ларзишҳои кувваи ҷараён то даме меафзояд, ки энергияи дар тӯли як давр дар резистор хоричшаванда ба энергияи дар ҳамон муддат ба контур воридшаванда баробар ояд, яъне

$$\frac{I_m^2 R}{2} = \frac{U_m I_m}{2}$$

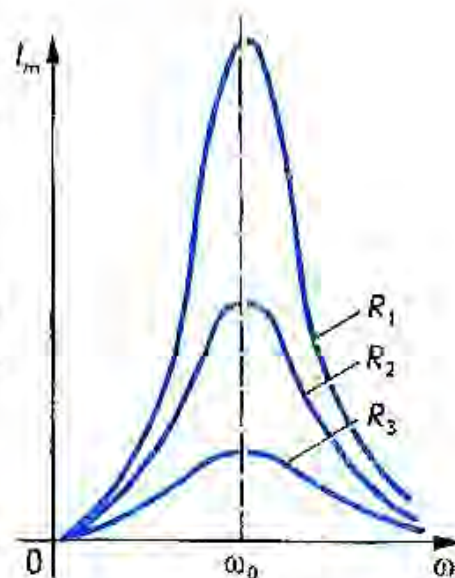
Ин муъодила баъди ислоҳ кардан шакли содае мегирад:

$$I_m R = U_m, \quad (2.45)$$

яъне доманаи ларзишҳои резонансии кувваи ҷараён бояд ин тавр ёфта шавад:

$$I_m = \frac{U_m}{R} \quad (2.46)$$

Дар мавриди $R \rightarrow 0$ доштан қимати резонансии кувваи ҷараён беҳад



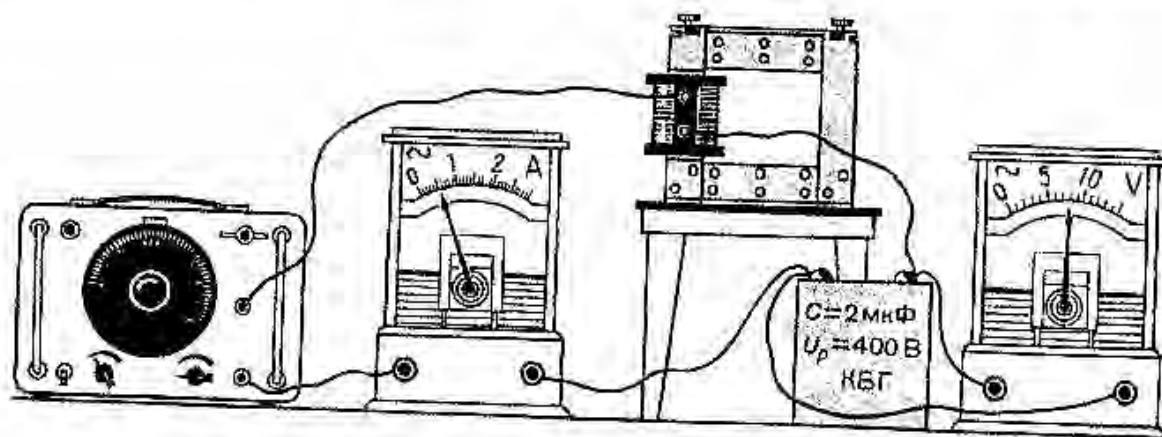
Рас. 45.

меафзояд: $(I_m)_{рез} \rightarrow \infty$. Ва баръакс, ба қадри зиёд шудани R қимати резонансии қувваи ҷараён кам мешавад. Дар сурати зиёд будани муқовимат дар бораи резонанс сухан рондан маъние надорад. Вобастагии доманаи қувваи ҷараён ба басомад барои муқовиматҳои гуногуни $R_1 < R_2 < R_3$ дар рас. 45 тасвир ёфтааст.

Ҳангоми резонанс ҳамзамон бо қувваи ҷараён волтажи нӯгҳои ғалтаки индуктивият ва рӯяҳои конденсатор якбора меафзояд. Ин волтажҳо дар сурати кам будани муқовимати ғалтаки назар ба волтажи берунии қимати чандин бор зиёд гирифта метавонанд.

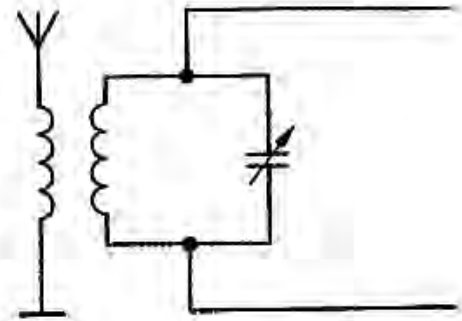
Барои дар занҷири электрикӣ мушоҳида кардани падидаи резонанс дастгоҳе истифода мешавад, ки дар рас.46 тасвир ёфтааст. Ин ҷо ба сифати манбаи волтаж манбаи берунии волтажи тағйирёбандаи танзимшаванда басомад истифода шудааст. Басомади ларзишҳои волтажи беруниро тадриҷан зиёд карда, дидан мумкин аст, ки дар занҷир қувваи ҷараён (ки бо амперметр чен мешавад) ва нӯгҳои ғалтаки индуктивият ё рӯяҳои конденсатор (ки ба воситаи вольтметр чен мешавад) чӣ тавр тағйир мепазиранд. Ин бузургӣҳо ҳангоми резонанс даҳҳо ва ҳатто садҳо бор меафзоянд.

Истифодаи резонанс дар радиоолоқа. Радиомавҷҳои афкандаи фиристандаҳои гуногуни мавҷҳои радио дар мавҷрабо (антен)-и радиодастгоҳи қабул ҷараёнҳои тағйирёбандаи гуногунбасомад меангезанд (ҳар дастгоҳи мавҷферистанда дар рӯи басомади муъайян амал мекунад). Мавҷрабои дастгоҳи қабул бо контури ларзишзо ба таври индуктивӣ



Рас.46.

пайваст (яъне илқопайваст) аст (рас.47). Ба василаи индуксияи электромагнитӣ дар ғалтаки контурӣ қувваҳои муҳаррикаи электрикии тағйирёбандаи хоси басомадҳои индуксияшуда ва қувваҳои ҷараёнҳои хоси ин басомадҳо ба вучуд меоянд.



Рас.47.

Аммо ларзишҳои қувваи ҷараён дар контур ва волтаж дар нӯгҳои контур танҳо ҳангоми резонанс бузургии зиёд доранд. Ҳаминро дар назар дошта, мегӯянд, ки контур аз ҳама ларзишҳои дар мавҷрабо ангехташуда танҳо яктоашро «интихоб мекунад» – ҳамонеро, ки басомади ларзиши он ҳамчени басомади хусусии контур бошад. Ба басомади матлуб ω_0 чӯр кардани контур маъмулан бо роҳи тағйир додани гуногуноии контур ба даст меояд. Моҳияти амали ба ин ё он радиомавҷ чӯр кардани радиодастгоҳи қабул низ дар ҳамин аст.

Зарурати ба назар гирифтани имкони рӯйдоди резонанс дар занҷири электрикӣ. Дар баъзе мавридҳо падидаи резонанс занҷири электрикиро хароб карда метавонад (хусусан дар мавридҳои, ки ҳангоми эҷод кардани занҷир ин имкон аз назар дур монда бошад). Ҷараёнҳои дорой қувваи беш аз ҳадди муъайян ноқилҳои дастгоҳро тафсонда метавонанд, волтажҳои беш аз ҳадди муъайян боиси рӯй додани рахнаи ойиқҳо (изоляциясияҳо) гардида метавонанд ва ғ. Ин навъ харобихо дар асри гузашта, вақте ки на ҳама қонуниятҳои ларзишҳои электрикӣ ё маълум буданд ё ба назар гирифта намешуданд, борҳо рӯй додаанд.

* * * * *

Ҳангоми истифода кардани ларзишҳои электромагнитии маҷбури рӯй додани падидаи резонанс – афзоиши якбораи домана (*амплитуд*)-и ларзиши қувваи ҷараён ва волтаж имконпазир мебошад. Ин падида дар натиҷаи ҳамчун омадани басомади ларзишҳои волтажи тағйирёбандаи берунӣ бо басомади ларзишҳои хусусии дастгоҳи истифодакунандаи мавҷҳо рӯй медиҳад. Радиоалоқа бар истифодаи падидаи резонанс асос ёфтааст.



1. Оё домана (амплитуд)-и қувваи ҷараён ҳангоми дар контури ларзишзои муқовимати фаъолаш R рӯй додани резонанс назар ба қувваи ҷараёни дойимие, ки дар занҷири дорои ҳамин гуна муқовимати фаъол ва волтажи дойимии доманааш ҳамчени доманаи волтажи тағйирёбанда ҷорист, зиёд буда метавонад?
2. Фазҳои ларзишҳои қувваи ҷараён ва волтаж ҳангоми резонанс чӣ қадр фарқ мекунад?
3. Хусусиятҳои резонансии контури ларзишзо дар чӣ гуна шароит хубтар зоҳир мегарданд?

§22. Генератори ба транзистор.

Ларзишҳои хуббахудӣ (автоларзишҳо)

Ларзишҳои маҷбурие, ки мо то ҳол дар бораи онҳо сухан рондем, аз асари волтажи тағйирёбандаи зодаи генераторҳои маркази барқ ба вуҷуд меоянд. Ин гуна генераторҳо ларзишҳои баландбасомадери, ки барои воқеъӣ гардонидани радиоалоқа заруранд, ба вуҷуд оварда наметавонанд. Барои ин мебоянд, ки суръати гардиши ротори генератор бағоят зиёд бошад. Ларзишҳои баландбасомадро ба воситаи дастгоҳҳои навъи дигар, чунончи ба воситаи генераторҳои ба транзистор ба вуҷуд овардан мумкин аст. Номини ин генератор аз он ҷо пайдо шудааст, ки яке аз қисмҳои он **транзистор** ном асбоби нимноқилист (аз калимаҳои англисии *transfer* — интиқол додан ва *resistor* — муқовимат).

Генератор асбобест мураккаб. Вале омӯзиши сохт ва дарки кори он барои шумо, хонандаҳои азиз, чандон душвор нест.

Системаҳои худларз. Дар занҷири электрикӣ ларзишҳои маҷбурии хомӯшнашаванда ба василаи волтажи даврии берунии ниғаҳдорӣ мешаванд. Бар иловаи ин тарзҳои дигари ба вуҷуд овардани ларзишҳои хомӯшнашаванда низ имконпазиранд.

Бигзор дар системае, ки ларзишҳои электромагнитии озодро нигоҳдорӣ карда метавонад, манбаъи энергияе мавҷуд бошад.

Агар худи система рафти ба контури ларзишзо ворид гардидани энергияро (барои пур кардани ҷойи энергияи талафшуда) низом дода тавонад, дар ин гуна система ларзишҳои хомӯшнашаванда пайдо шуда метавонанд.

Системаҳое, ки дар онҳо ларзишҳои хомӯшнашаванда аз

ҳисоби манбаъи дохилисистемии энергия ниғаҳдорӣ мешаванд, *системаҳои худларз* ном гирифтаанд. Ларзишҳои хомӯшнашавандае, ки дар система бе ёрмандии қувваҳои даврии берунӣ вучуд дошта метавонанд, *автоларзии ёларзиши худбахудӣ* ном доранд.

Генератори батранзистор мисоли системаи худларз мебошад. Ин генератор қисмҳои таркибии зайл дорад: транзистор, манбаъи энергия ва контури ларзишзои иборат аз конденсатори дорои ғунҷоиши C ва ғалтаки индуктивият (яъне илқоғалтак)-и соҳиби илқои L .

Тавлиди ларзишҳои хомӯшнашаванда дар контур. Чунон ки дидем, агар конденсатори контури ларзишзо барқаманд (заряднок) бошад, дар контур ларзишҳои хомӯшнашаванда ба вучуд меоянд. Дар охири ҳар як даври ояндаи ларзиш барқайи рӯяҳои конденсатор назар ба аввали давр камтар мешавад. Миқдори умумии барқа бобақост, албатта, вале дар ин маврид миқдори барқайи мусбат дар яке аз рӯяҳо ва барқайи манфӣ дар рӯяи дигар ба қадри модулан баробар кам мешавад. Дар натиҷа энергияи ларзишҳо мекоҳад, зеро он ба квадрат (яъне тавони ду)-и бузургии барқайи яке аз рӯяҳо мутаносиб мебошад (ин аз формулаи 2.1 аён аст). Барои он ки ларзишҳо хамӯш нагарданд, зарур аст, ки ҷойи энергияи талафшуда дар ҳар даври ларзиш пур карда шавад.

Барои пур кардани ҷойи энергияи талафшудаи контур ба конденсатор тадриҷан энергия додан мебояд. Ин дар сурате имконпазир аст, масалан, ки контур дар ҳар давр ба манбаъи энергия пайваста шавад. Конденсаторро танҳо дар ҳамон фосилаҳои вақт ба манбаъ пайвастан мебояд, ки рӯяи ба қутби мусбати манбаъ васлшудаи он мусбатбарқаманд бошад (рас.48). Танҳо дар ҳамин маврид контур аз манбаъ энергия гирифта, ҷойи энергияи талафшударо пур карда метавонад.

Аммо агар калидро дар лаҳзае бандем, ки рӯяи ба қутби мусбати манбаъ васлшуда манфибарқа бошад, он гоҳ конденсатор ба воситаи манбаъ холӣ (бепарқа, пардаҳт) мешавад (рас. 49), яъне дар ин маврид энергияи конденсатор мекоҳад.

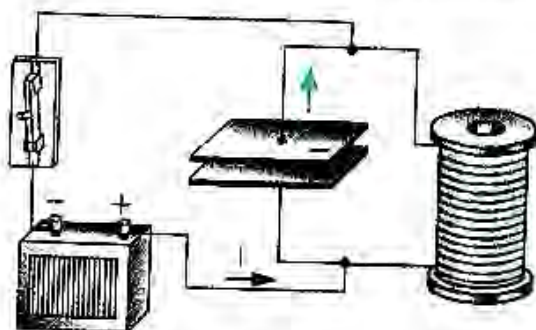
Пас, дар сурати ба конденсатори контур ҳамеша пайваст

будани манбаъ контур ларзишҳои хомӯшнашавандаи худро нигаҳдорӣ карда наметавонад, зеро дар тӯли ним давр контур аз манбаъ энергия мегирад дар муддати ним даври оянда онро «аз даст» медиҳад. Бино бар ин манбаъро ба контур танҳо дар лаҳзаҳои мусоъид пайвастан мебояд. Барои ин калид (ё чунонки мегӯянд, даричаи контур)-ро худкор кардан зарур аст. Ин гуна калид бояд бағоят зудкор бошад. Транзистор маҳз ҳамин гуна калиди бешаст (беинерсия) аст.

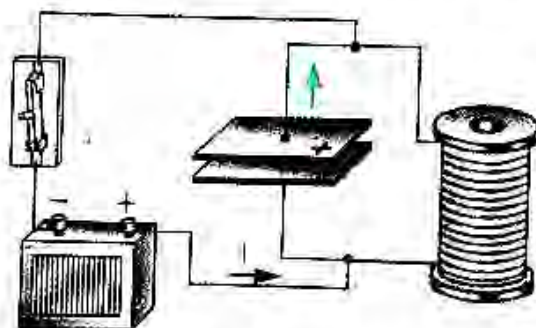
Транзистор аз се нимнокили гуногун таркиб ёфтааст: *баз* (бун), *коллектор*, *эмиттер*. Дар эмиттер ва коллектор ҳомилони асосии барқа якхелаанл, чунончи *чавф* мебошанд (онҳоро нимноқилҳои навъи *p* ё мухтасаран *p*-*нимноқилҳо* мегӯянд); аммо ноқилони асосии баз аломати дигар – аломати муқобил доранд, масалан электронанд (ва нимноқилҳои навъи *n* ё худ *n*-*нимноқилҳо* ном гирифтаанд). Тарҳи транзистор дар рас.50 омадааст.

Кори генератори батранзистор. Тарҳи содаи генератори батранзистор дар рас.51 тасвир ёфтааст. Контури ларзишзо паёпай бо манбаъи волтаж ва транзистор тавре пайваस्त шудааст, ки эмиттер потенциали мусбат дошта бошаду коллектор – потенциали манфӣ. Дар ин сурат марзи эмиттер – баз (ки *гузарҷойи эмиттерӣ* ном гирифтааст) гузаргоҳи ростакӣ аст, вале марзи баз – коллектор (*гузарҷойи коллекторӣ*) гузаргоҳи чаппа мебошад ва, аз ин рӯ, дар ин маврид чараён дар занҷир қорӣ нахоҳад буд. Ин мутобиқи ҳолати қанда (қушода) будани калид дар рас. 48 ва 49 мебошад.

Барои он ки дар занҷир чараён ба вуҷуд ояд ва хангоми ларзиш ҷойи энергияи талафшудаи конденсатори контурро пур карда тавонад, ба баз потенциали нисбат ба эмиттер манфӣ

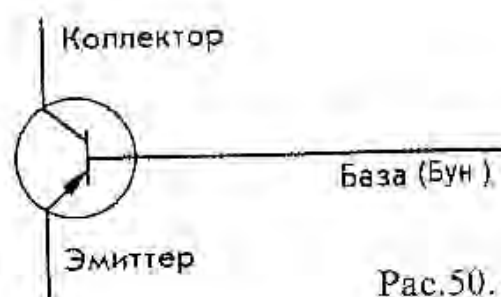


Рас.48.



Рас.49.

додан мебояд ва ин кор бояд дар лаҳзаҳое сурат бигирад, ки рӯяи болои конденсатор (рас.51) дорои барқай мусбат бошад рӯяи поён – дорои барқай манфӣ. Ин ҳолат мутобиқи мавриди баста будани калидест, ки дар рас. 48 омадааст.



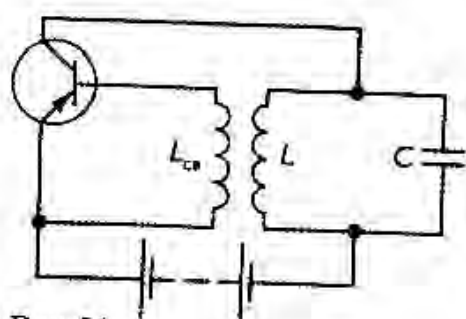
Рас.50.

Дар лаҳзаҳои манфӣ будани рӯяи боло ва мусбат будани рӯяи поён чараён дар занҷир набояд қорӣ бошад. Барои ин мебояд, ки баз потенциали нисбат ба эмиттер мусбат дошта бошад. Ҳамин тариқ, барои пур шудани қойи талафи энергияи ларзишҳои контурӣ волтаж дар гузарҷойи эмиттерӣ бояд аломати худро ба таври даврӣ муназзамона бо ларзишҳои контурии волтажи нӯғҳои контур тағйир диҳад. Дар ин маврид, чунон ки мегӯянд, бояд *робитаи акс* вучуд дошта бошад.

Робитаи акс (ё аксробита) дар генератори мисолшуда робитаи индуктивӣ мебошад. Ба гузарҷойи эмиттерӣ ғалтаке пайваста шудааст, ки индуксияи $L_{роб}$ дорад ва бо ғалтаки контурии соҳиби индуксияи L ба таври индуктивӣ пайваस्त (яъне илқопайваст) аст. Ларзишҳои контурӣ ба сабаби вучуд доштани индуксияи электромагнитӣ дар нӯғҳои ғалтаки яқум ва тавассути он дар гузарҷойи эмиттерӣ волтажро ларзиш медиҳанд. Агар фази ларзишҳои волтаж дар гузарҷойи эмиттерӣ дуруст интиҳоб шуда бошад, он гоҳ «таконҳои» энергиябахши чараён дар занҷири контур дар лаҳзаҳои мусоъид рӯй медиҳанд ва ларзишҳои контуриро аз хомӯш шудан нигоҳ медоранд. Домана (амплитуд)-и ларзишҳои контурӣ бошад, баръакс, то даме меафзояд, ки қойи энергияи дар контур талафшуда аз ҳисоби энергияи манбаъ пур нашавад. Ҳар қадре ки волтажи манбаъ зиёд бошад, ин доманаи ларзиш ҳамон қадр зиёд хоҳад буд. Афзоиши волтаж боиси тақвияти «таконҳои» конденсаторпуркунанда мегардад.

Басомади ларзишҳои контурӣ мувофиқи формулаи Томсон ба индуктивияти ғалтак L ва гунҷойиши конденсатор C вобаста аст:

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}.$$



Рас.51.

яъне басомади ларзишҳо дар сурати кам будани L ва C зиёд хоҳад буд. Пайдоиши ларзишҳои генераторӣ (ангехтҳои генератор)-ро ба воситаи осциллограф ошкор сохтан осон аст. Барои ин рӯяҳои конденсаторро ба лавҳаҳои амудимайлдиҳандаи осциллограф пайвастан мебояд.

Генераторҳои батранзистор дар бисёр олатҳои дастгоҳҳои радиотехникӣ – дар дастгоҳҳои тақвияти радиомавҷҳо, дастгоҳҳои қабули ирсоли радиомавҷҳо ва ғ. истифода мешаванд.

Чузъиёти асосии системаи худларз. Ин гуна чузъиётро дар мисоли генератори батранзистор муойина кардан мумкин аст (рас.52):

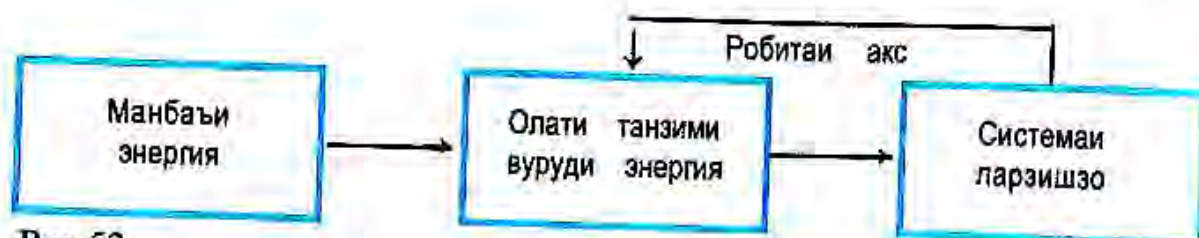
1) манбаи энергияе, ки ларзишҳои хомӯшнашаванда аз ҳисоби он нигаҳдорӣ мешаванд (дар генераторҳои батранзистор ин манбаи волтажи дойимист);

2) системаи ларзишзо, яъне ҳамон чузъи системаи худларзишдиҳандае, ки воситаи офариниши ларзишҳо мебошад (ин ҳамон контури ларзишзост);

3) олати танзими вуруди энергия аз манбаъ ба системаи ларзишзо, яъне ба «дарича» (дар генератори батранзистор роли даричаро транзистор мебозад);

4) олати таъмини робитаи акс, яъне робитае, ки ба воситаи он система кори «дарича»-ро идора мекунад (дар генератори батранзистор ин робитаи индуктивии ғалтаки контур бо ғалтаке мебошад, ки дар занҷири эмиттер - баз пайваст аст).

Мисолҳои системаҳои дигари худларз. Ларзишҳои худбахудӣ (ё автоларзишҳо)-ро на танҳо дар системаҳои электрикӣ, балки инчунин дар системаҳои механикӣ низ ангехтан мумкин аст.



Рас.52.

Соъатҳои раққосакдор (чархаке бо фанар, ки гоҳ як сӯ ва гоҳе сӯйи муқобил гардиш меҳӯрад) ё соъатҳои овангдор аз ҳамин навъ системаҳо хастанд. Манбаъи энергия дар ин гуна соъатҳо энергияи потенциалии санги бардошта ё фанар (пружин)-и фишурда мебошад.

Зангӯлаи электрикӣ (бо олати канандаи занҷири электрикӣ), хуштак, шайпурҳои арғунун ва амсоли инҳо ҳам навъе аз системаҳои худларз мебошанд. Дилу шӯши одамро низ чун системаҳои худларз муойина кардан мумкин аст.

* * * * *

Мо бо мураккабтарин навъи ларзиш – бо ларзишҳои худбахудӣ шинос шудем. Дар системаҳои худларз ларзишҳои бисе гуногунбасомад ба вуҷуд оварда мешавад. Бе ин гуна системаҳо на радиоалоқа вуҷуд медошту на телевизион ва на олатҳои м.ин.



1. Системаи худларз чӣ гуна система аст?
2. Ларзиши худбахудӣ аз ларзиши маҷбурӣ ва ларзиши озод чӣ фарқ дорад?
3. Хусусиятҳои р-п-гузариширо (ки дар шимноқилҳо рӯй медиҳад) тавсиф диҳед.
4. Сохти транзистор чӣ гуна аст?
5. Транзистор дар тавлиди ларзишҳои худбахудӣ чӣ дорад?
6. Робитаи акс дар генератори транзисторӣ (батранзистор) чӣ тавр истифода мешавад?
7. Системаи худларз аз чӣ гуна ҷузъҳо таркиб ёфтааст?
8. Шумо чӣ гуна мисолҳои системаҳои худларзро медонед, ки аз матни дар ин ҷо мутолиъакардаатон берун монда бошанд?

* * * * *

Бо ҳамин мо омӯзиши ларзишҳои электромагнитиро хотима медиҳем. Аммо тавачҷӯхи шуморо ба як ҷиҳати умумии ҳама рӯйдодҳои марбут ба ларзишҳо ҷалб мекунем. Дар омӯзиши падидаҳои даврӣ такроршаванда асосан ҷиҳатҳои қобили тавачҷӯханд, ки хусусиятҳои такроршавандагии он рӯйдодҳоро тавсиф медиҳанд, на онҳое, ки ба ҳолати системаи ларзон марбутанд. Ба иборати дигар, бузургихосро доништан муҳим аст, ки падидаҳои номбурдари умуман тавсиф медиҳанд – домана (амплитуд)-и ларзиш ва даври ларзиш маҳз ҳамин гуна бузургинанд.

Дар омӯзиши ларзишҳои маҷбурӣ таносуби басомадҳои волтажи беруни ва ларзишҳои озодро доништан муҳим аст, зеро ҷараёни ин ё он рӯйдод ва суръати он маҳз ба воситаи ҳамин таносуб дарк мешавад.

Бисёр ҷолиб аст, ки фарояндҳои гуногунтабиъат як рафти умумӣ доранд ва рафтори фарояндҳои механикӣ-электромагнитиро бо ҳамон як навъ муоъдилаҳои риёзӣ (математикӣ)-и ташхисдиҳандаи рӯйдодҳои механикӣ ифода кардан имконпазир аст.

Намунаи ҳалли масъалаҳо

1. Зиёдтарин қимати барқии рӯяҳои конденсатори контури ларзишзо $q_m = 10^{-6}$ Кл ва зиёдтарин қимати қувваи ҷараён дар контур $I_m = 10^{-3}$ А аст. Даври ларзишро ёбед. Талафи энергияро дар поқилҳои пайвастанда ба назар нагиред.

Ҳал. Мувофиқи қонуни бақои энергия зиёдтарин қимати энергияи майдони электрикӣ конденсатор ба қимати зиёдтарини энергияи майдони магнитии ғалтаки индуктивият (илқоғалтак) баробар аст, яъне

$$\frac{q_m^2}{2C} = \frac{LI_m^2}{2}$$

Аз ин ҷо:

$$LC = \frac{q_m^2}{I_m^2} \quad \text{ё ки} \quad \sqrt{LC} = \frac{q_m}{I_m}$$

Пас:

$$T = 2\pi\sqrt{LC} = 2\pi\frac{q_m}{I_m} \approx 6,3 \cdot 10^{-3} \text{ с}$$

2. Қоб (рамка)-и масоҳаташ $S=3000\text{см}^2$ $N=200$ печ дорад ва дар майдони магнитии якҷинсаи дорон индуксия (илқо)-и $B=1,5 \cdot 10^{-2}$ Тл гардиш меҳӯрад. Қувваи муҳаррикаи электрикӣ (ҚуМЭ)-и зиёдтарин дар қоб $\mathcal{E}_m = 1,5$ В аст. Муддати як давр задани қобро ёбед.

Ҳал. Домана (амплитуд)-и ҚуМЭ-и индуксия барои як печи қоб ба $BS\omega$ баробар аст.

Азбаски қувваҳои муҳаррикаи электрикӣ (ҚуМЭ)-и дар печҳои алоҳидаи қоб пайдошуда зам мешаванд, пас, барои доманаи умумии ҚуМЭ дар қоби дорои N печ

$$\varepsilon_m = NBS\omega$$

хоҳад буд. Аз ин ҷо:

$$\omega = \frac{\varepsilon_m}{NBS}$$

Он гоҳ муддати як гардиш хӯрдани қобро ин тавр ёфтан мекояд:

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi NBS}{\varepsilon_m} = 3,8 \cdot 10^{-2} \text{ с}$$

3. Ғалтаки муқовимати индуктивияш $X_L = 500$ Ом ба манбаъи волтажи тағйирёбандае пайваст аст, ки басомади $\nu = 1000$ Ҳз (хертз) дорад. Қимати самарбахши волтажро $U = 100$ В гирифта, доманаи қувваи ҷараёни занҷир I_m ва индуктивияти ғалтак L -ро ёбед. Муқовимати фаъоли ғалтакро ба назар нагирифта мумкин аст.

Ҳал. Муқовимати индуктивии ғалтакро ин тавр ифода кардан мумкин аст:

$$X_L = \omega L = 2\pi\nu L$$

Аз ин ҷо:

$$L = \frac{X_L}{2\pi\nu} = 0,08 \text{ Ҳн.}$$

Доманаи волтаж бо қимати самарбахши он чунин алоқаманд аст: $U_m = U\sqrt{2}$. Бино бар ин барои доманаи қувваи ҷараён натиҷаи зайл ба даст меояд:

$$I_m = \frac{U_m}{X_L} = \frac{U\sqrt{2}}{X_L} = 0,28 \text{ А}$$

4. Ғалтаке бо индуктивияти $L = 10$ м Ҳн ба занҷири ҷараёни тағйирёбандаи соҳиби басомади $\nu = 500$ Ҳз пайваст аст. Дар ин занҷир конденсатори доронҷӣ гуна гунҷойишро пайвастан мекояд, ки резонанс рӯй дода тавонад?

Хал. Дар шарти масъала гап дар бораи контури ларзишзо меравад – ҳамин аст занҷири электрикӣ. Резонанс дар ин гуна занҷир он гоҳ рӯй медиҳад, ки басомади ҷараёни тағйирёбанда ҳамчени басомади хусусии контури ларзишзо ($\nu = \nu_0$) шавад.

Аммо азбаски

$$\nu_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

мебошад, пас, ν -ро низ ҳамин ҳел ифода кардан мумкин аст:

$$\nu = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Аз ин ҷо:

$$C = \frac{1}{4\pi^2 L \nu^2} = 10^{-5} \text{ Ф} = 10 \text{ мкФ}$$

Машқи 2

1. Баъди он ки ба конденсатори контури ларзишзо барқои $q=10^{-5}$ Кл доданд, дар контур ларзишҳои хомӯшшаванда ба вуҷуд омад. То дами қомилан хомӯш гардидани ларзишҳо дар контур чӣ миқдор гармо хориҷ мешавад? Гунҷойиши конденсаторро $C=0,01$ мкФ гиред.

2. Контури ларзишзо аз ғалтаки индуктивие иборат аст бо индуктивияти $L=0,003$ Ҳн (ҳенрӣ) ва конденсатори ҳамвори соҳиби гунҷойиши $C=13,4$ пФ. Даври ларзишҳои озоди контуриро ёбед. Дар сурати дар фазои байни рӯяҳои конденсатор ҷой додани диэлектрики нуфузпазирии диэлектрикиаш $\epsilon = 4$ даври ҳамин ларзишҳо чӣ тағйирот мебинад?

3. Худуди тағйироти индуксияи ғалтаки контури ларзишзо бояд чӣ қадр фарох бошад, ки басомади ларзишҳо дар он аз 400 то 500 Ҳз (ҳертз) тағйир ёфта тавонад? Гунҷойиши конденсаторро 10 мкФ гиред.

4. Қоб (рамқа)-и симини масоҳаташ 100 см^2 дар майдони магнитии якҷинса бо басомади 50 гш/с гардиш меҳӯрад. Қувваи муҳаррикаи электрикӣ (ҚуМЭ)-еро ёбед, ки дар сурати 0,2 Тл будани индуксияи магнитӣ дар қоб илқо мешавад.

5. Дар қоби симини масоҳаташ $S=100 \text{ см}^2$ ҚуМЭ-и индуксияе ангехта мешавад, ки домана (амплитуд)-и $\epsilon_m = 1,4$ В дорад. Қоб $N=200$ печ сим дорад ва дар майдони магнитии якҷинсаи соҳиби индуксияи $B=0,15$ Тл

гардиш мехӯрад. Дар лаҳзаи аввали гардиши қоб ҳамвори он нисбат ба вектори \mathbf{B} мавқеъи амудӣ дорад. ҚуМЭ-и дар қоб индуксияшударо барои лаҳзаи $t=0,1$ сонияи баъди оғози гардиш ёбед.

6. Ғалтаки индуктивияташ $L = 0,08 \text{ Ҳн}$ (ҳенрӣ) ба манбаъи волтажи тағйирёбандаи басомадаш $\nu = 1000 \text{ Ҳз}$ (хертз) васл шудааст. Қимати самарбахши волтажро $U = 100 \text{ В}$ гирифта, доманаи қувваи чараёни дар занҷир пайдошавандаро ёбед.

Мухимтарин хулосаҳои боби дуюм¹

1. Дар ларзишҳои электромагнитӣ барқа (заряди электрикӣ), қувваи чараён ва волтаж (номи пешинааш: шиддат) ба таври даврӣ тағйир меёбанд. Ларзишҳои электромагнитӣ ин гуна навъҳо дорад: озод, маҷбурӣ ва худбахудӣ.

2. Содатарин системае, ки дар он ларзишҳои электромагнитӣ ба вучуд омада метавонанд, контури ларзишзо мебошад. Контури ларзишзо аз ғалтаки симин ва конденсатор иборат аст. Муъодилаи ташҳиси ларзишҳои электромагнитӣ шакли зайл дорад:

$$q'' = -\omega_0^2 q$$

ки ин ҷо q барқаи конденсатор асту q'' – ҳосилаи дуҷуми

замони барқа ва $\omega_0^2 = \frac{1}{LC}$ бузургии дойимиест, ки ба

индуктивият (илқо) ва гунҷойиши контури ларзишзо бастагӣ дорад. Айнан ҳамин гуна муъодила барои ташҳиси ларзишҳои чисми сари фанар (пружин) ва ованги риёзӣ (ракқосаки математикӣ) истифода мешавад.

3. Ҳалли муъодилаи ташҳисдиҳандаи ларзишҳои озод ба воситаи косинус ё синус ифода карда мешавад:

$$q = q_m \cos \omega_0 t \quad \text{ё} \quad q = q_m \sin \omega_0 t$$

4. Ларзишҳои аз рӯи қонуни косинус ё қонуни синус рӯйдиханда ларзишҳои мавзун (ларзишҳои ҳармоникӣ) ном доранд.

Зиёдтарин қимати барқа q_m доманаи ларзиши барқа ном дорад.

¹Ин ҷо аз рӯи тавсияҳои амал кунед, ки мо дар поёни боби 1 оварда будем.

Бузургии ω_0 -ро *басомади дойравии ларзиш* номидаанд. Ин бузургӣ бо адади ларзишҳо дар як сония ν алоқамандии зайл дорад: $\omega_0 = 2\pi\nu$

Кӯтохтарин фосилаи вақте ки дар тӯли он як ларзиши пурра рӯй мебахад (ё чараёни ларзиш комилан такрор мешавад), *даври ларзиш* ном гирифтааст. Даври ларзиш T бо басомади дойравӣ ω_0 ин тавр алоқаманд мебошад:

$$T = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi\sqrt{LC}$$

Бузургии тахти аломати косинус (ё синус)-ро *фази ларзиш* мегӯянд. Фаз ҳолати системаи ларзишзоро барои ин ё он лаҳзаи вақт ва ин ё он қимати домана (амплитуд) ифода мекунад.

5. Ларзишҳои контурӣ ба сабаби дар контур вучуд доштани сойиш бо мурури замон хомӯш мешаванд.

6. Ларзишҳои маҷбури, яъне чараёни электрикии тағйирёбанда дар занҷири электрикӣ бо таъсири волтажи тағйирёбандаи берунӣ ба вучуд меоянд. Дар байни ларзишҳои волтаж ва қувваи чараён дар мавриди умумӣ ғеҷиши фаз (φ) вучуд дорад.

7. Тавони миёнаи чараёни электрикии тағйирёбанда бо қиматҳои самарбахши қувваи чараёни занҷир ва волтажи нӯгҳои он таъйин мешавад.

8. Дар сурати ҳамчен омадани басомади волтажи тағйирёбандаи берунӣ ва басомади контури ларзишзо доманаи ларзишҳои маҷбурии қувваи чараён якбора меафзояд. Ин падида *резонанс* ном дорад.

Баробари зиёд шудани қувваи чараён волтажи рӯяҳои конденсатор ва нӯгҳои ғалтак меафзояд.

9. Ларзишҳои худбахудӣ (автоларзишҳо) дар контури ларзишзои генератори транзисторӣ аз ҳисоби энергияи манбаъи волтажи дойимӣ ангехта мешаванд. Дар ин гуна генератор *транзистор* ном олате истифода мешавад, ки ду соҳаи $p-n$ гузариш дорад. Ларзишҳои чараёни контур боиси ларзиши волтажи байни эмиттеру баз мегардад ва ин ларзишҳо, дар навбати худ, барои идора кардани қувваи чараёни дар контури ларзишзо ҷоришаванда ба кор мераванд (ин ҳилла *робитаи акс* ном гирифтааст).

Энергияи электрикӣ дар муқобили ҳама навъҳои дигари энергия бартарӣҳои бисёр дорад. Онро ба воситаи сим бо талафи андак ба масофаҳои тӯлонӣ нақл кардан (интиқол додан) ва дар байни истеъмолкунандагон тақсим кардан осон аст. Аммо аз ҳама муҳим ин аст, ки энергияи электрикиро ба воситаи дастгоҳҳои начандон мураккаб ба навъҳои дигари энергия – энергияи механикӣ, энергияи дохилӣ, энергияи рӯшноӣ ва ғ. табдил додан имконпазир ва осон мебошад.

Чараёни тағйирёбанда дар муқобили чараёни дойимӣ он гуна бартарӣ дорад, ки дар ин маврид волтаж ва қувваи чараёнро дар ҳудуди хеле фарох табдил додан мумкин аст. Ин гуна табдилот дар бисёр дастгоҳҳои электротехникови радиотехникӣ зарурат дорад. Вале зарурати аз ҳама зиёди табдили волтаж ва қувваи чараён дар сурати ба масофаҳои дур интиқол додани энергияи электрикӣ ба миён меояд.

§23. Таълиқи энергияи электрикӣ

Пеш аз ҳама бо олатҳои шинос мешавем, ки чараёни электрикӣ ҳосил мекунанд.

Энергияи электрикӣ ба воситаи генераторҳо ба вучуд оварда мешавад. Генератор (муваллид) дастгоҳест, ки ин ё он навъи энергияро ба энергияи электрикӣ табдил медиҳад. Батарҳои галванийӣ, мошинаҳои электростатикӣ, гармобатарҳо¹, батареҳои офтобӣ ва дастгоҳҳои м. ин. – ҳама ба синфи генераторҳо мансубанд.

Имкони эҷоди навъҳои усулан нави генераторҳо таҳқиқ

¹Дар гармобатарҳо (батарҳои ҳароратӣ) он чизати ду тамоси ноқилҳои гуногунҷинс истифода мешавад, аз ҳисоби фарқи ҳароратҳои ҷойҳои тамоси ноқилҳо қувваи муҳаррикаки электрикӣ (КумЭ) ба вучуд меояд.

мешавад. Чунончи, олатҳои гармохориҷкунандае бунёд карда мешавад, ки дар онҳо энергияи дар натиҷаи воқуниши ҳидрогену оксиген хориҷшаванда бевосита ба энергияи электрикӣ табдил меёбад. Соҳаи истифодаи ҳар яки ин генераторҳо ба хусусиятҳои онҳо вобастагӣ дорад. Чунончи, мошинаҳои электростатикӣ волтажи баланд ҳосил карда метавонанд, вале наметавонанд, ки дар занҷир ҷараёни камубеш пурқувват ба вуҷуд биёранд; батареҳои галванийӣ ҷараёни пурқувват ҳосил карда метавонанд, вале муддати қори онҳо зиёд нест ва ғ.

Дар замони мо доираи татбиқи *генераторҳои индуксионии* электромеханикии ҷараёни тағйирёбанда торафт васеътар мешавад. Дар ин генераторҳо энергияи механикӣ ба энергияи электрикӣ бадал мешавад. Қори онҳо бар падидаи индуксияи электромагнитӣ (*илқои электромагнитӣ*) асос ёфтааст. Ин навъ генераторҳо сохти нисбатан сода доранд ва имкон медиҳанд, ки ҷараёнҳои пурқувват ва волтажҳои ба қадри кофӣ баланд ҳосил карда шаванд.

Минбаъд мо генератор гуфта маҳз ҳамин навъи генераторҳо – генераторҳои электромеханикии индуксиониро дар назар хоҳем дошт.

Генератори ҷараёни тағйирёбанда. Тарзи қори генератори ҷараёни тағйирёбандаро мо дар §17 муойина карда будем.

Генераторҳои индуксионӣ бисе гуногунанд. Вале онҳо чузӯҳои якхелаи бисёр доранд. Чунончи, дар ҳамаи онҳо барои ба вуҷуд овардани майдони магнитӣ магнити дойимӣ ё электромагнит истифода мешавад. Ё печак (печиш)-генераторро гирем, ки дар он қувваи муҳаррикаи электрикӣ (ҚуМЭ)-и тағйирёбанда индуксия мешавад. (Дар модели муойинашудаи генератор ба сифати печак қоби симин ё худ рамкаи симин истифода шуда буд). Азбаски ҚуМЭ-ҳои дар печҳои паёпай пайваस्तшудаи печак индуксияшаванда зам мешаванд, пас, домана (амплитуд)-и ҚуМЭ-и индуксионӣ дар қоб ба адади печҳои он мутаносиб мебошад. Вай инчунин ба доманаи сели магнитии тағйирёбанда $\Phi_m = BS$, ки ҳар як печи печакро «буррида мегузарад», мутаносиб аст (ниг. § 17).

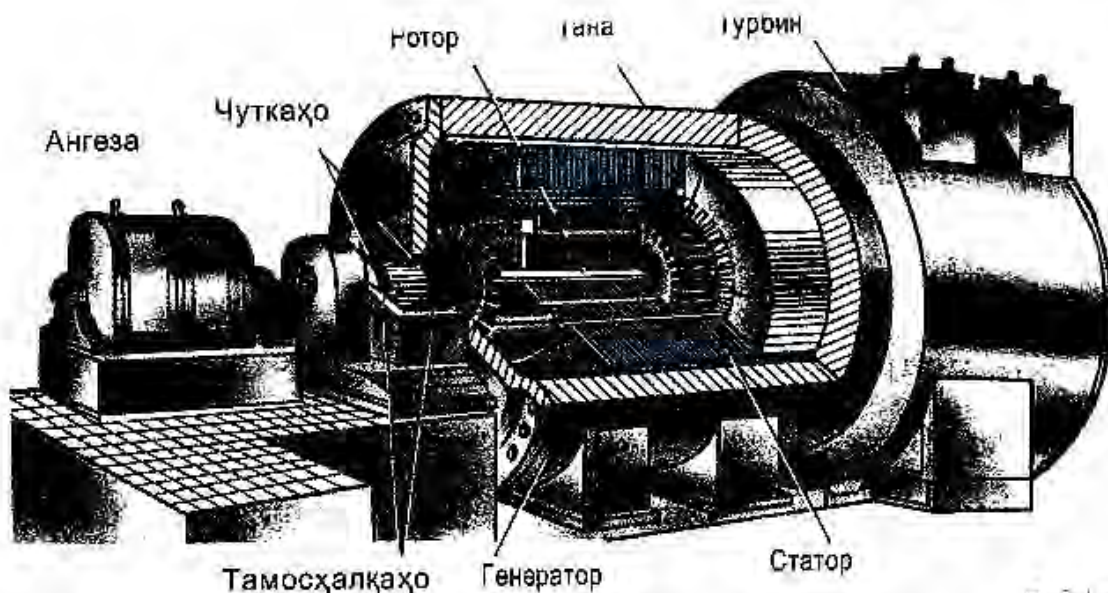
Барои ба вуҷуд овардани сели магнитии шадид дар

генераторҳои индуксионӣ системаи магнитии махсусе истифода мешавад, ки аз ду магза (дилак) иборат аст. Печакҳои офарандаи майдони магнитӣ дар комахо (холигоҳҳо)-и яке аз магзаҳо ҷой дода мешаванду дар комахои магзаи дуюм печакҳои хобонда мешавад, ки дар онҳо бояд ҚумЭ индуксия шавад. Яке аз магзаҳо (аксаран магзаи дарунӣ) ҳамроҳи печидаи худ гирди меҳвари уфукӣ ё амудӣ гардиш мекунад. Ҳамин аст, ки онро *ротор* мегӯянд (аз калимаи латинии *rotare* – гардидан). Магзаи беҳаракат якҷо бо печидааш *статор* ном гирифтааст (аз калимаи латинии *stator* – қарор истода, беҳаракат истода). Фосилаи байни магзаҳои статор ва ротор бояд ҳатталимкон кам бошад, то ки сели индуксии магнитӣ ҳатталимкон шадидтар ояд.

Дар модели дар рас.24 тасвирёфтаи генератор ба сифати ротор қоби симин (бе магза) истифода шудааст. Майдони магнитии дар ин генератор истифодашавандаро магнити дойимӣ ба вуҷуд меоварад. Фаҳмост, ки агар қобро қарор нигоҳ дорему магнитро дар гирди он гардиш диҳем ҳам, худи ҳамон натиҷа ба даст меояд.

Аммо дар генераторҳои бузург (генераторҳои саноъатӣ) маҳз электромагнитро, ки чун ротор хидмат мекунад, гардиш медиҳанд, вале печакҳои, ки ҚумЭ маҳз дар онҳо бояд ба вуҷуд ояд, дар комахои статор хобонда шудаанд ва беҳаракатанд, яъне дар ҳоли ночунбон «қор мекунанд». Гап дар он аст, ки барои бо ҷараён таъмин кардани ротор ва аз печакҳои ротор ба занҷири берун додани ҷараён ногузир масъалаи истифодаи ҷўткаҳои лағзон (контактҳои лағзон) пеш меояд. Барои ин нўгҳои печакҳои роторро бо ҳалқаҳои тамос пайвастан мебояд (рас.53). Ҷўткаҳо низ беҳаракатанд. Онҳоро ба тамосҳалқаҳо андак фишурда медоранд, яъне ҷўткаҳо воситаи бо занҷири беруна робита додани печакҳои ротор мебошанд. Қувваи ҷараёне, ки дар печакҳои электромагнит (барои ба вуҷуд овардани майдони магнитӣ) ҷорист, назар ба қувваи ҷараёне, ки генератор ба занҷири берунӣ медиҳад, хеле кам мебошад. Бино бар ин ҷараёни тавлидшавандаро аз печакҳои беҳаракат гирифтаан (барои истифода берун баровардан) матлуб аст.

Ҷўткаҳои лағзон барои ба электромагнити гардон додани



Рас.53.

чараёни лозимӣ истифода мешаванд. Барои ба вучуд овардани ин чараён генератори алоҳидае корбаст мешавад, ки дар худӣ ҳамон меҳвар шинонда шудааст. (Чараёни ба ин мақсад истифодашавандаро маъмулан аз печаки статории худӣ ҳамон генератор мегиранд ва онро ба воситаи олати яксӯкунанда яксӯ (рост) карда, баъд ба печаки ротор медиханд).

Дар генераторҳои камтавон майдони магнитиро магнити дойимии гардон ба вучуд меоварад. Дар ин гуна генераторҳо тамосҳалқаҳо ва чӯткаҳо умуман лозим намешаванд.

Дар печакҳои беҳаракати статорӣ ба вучуд омадани ҚУМЭ он гуна шарҳ дорад, ки ҳангоми гардиш хӯрдани ротор сели магнитӣ тағйир меёбад ва дар печакҳои статор майдони электрикӣ тӯфонӣ ба вучуд меоварад.

* * * * *

Генераторҳои дар замони мо барои ҳосил кардани чараёни электрикӣ истифодашаванда дастгоҳҳои азиме ҳастанд, ки муддати дурудароз бефосила амал карда метавонанд ва назар ба ҳама гуна иншооти дигари чараёнофаранда босарфаранд.



1. Чараёни тағйирёбанда дар муқобили чараёни дойимӣ чӣ бартарӣҳо дорад?
2. Қори генератори чараёни тағйирёбанда бар истифодаи чӣ гуна падидаи физикӣ асос ёфтааст?

§ 24. Трансформатор

Агар чараёни электрикиро қариб бе талафи камтарин табдил додан имкон намедошт, майдони истифодаи он ҳеҷ гоҳ он қадр фарох намебуд, ки ҳоло ҳаст.

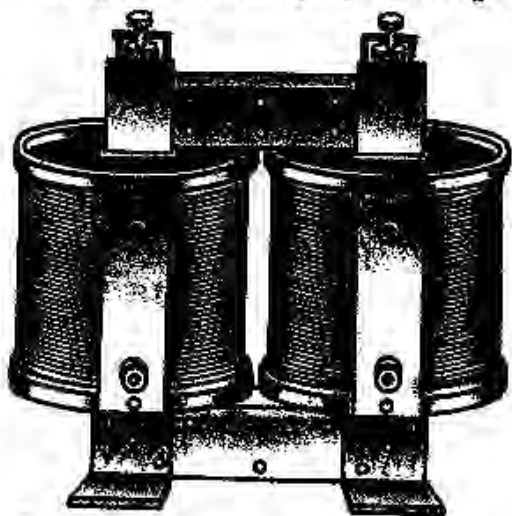
Таъйиноти трансформаторҳо. Қувваи муҳаррикаи электрикӣ (ҚуМЭ)-и генераторҳои пуртавоии марказҳои барқ (электростансияҳо) хеле зиёд аст. Аммо дар амалияи зиндагонӣ дар аксари мавридҳо волтажҳои начандон баландро истифода кардан лозим меояд.

Чараёни тағйирёбанда ба воситаи *трансформатор* ном олат табдил дода мешавад. Трансформатор волтажи бадалшавандаро бе талафи тавон (тавоноӣ) чанд карат кам ё зиёд карда метавонад.

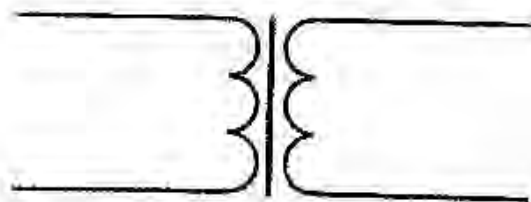
Трансформаторро нахустин бор с.1878 олими рус П.Яблочков барои «ғизо додани» шамъҳои электрикии ҳамон вақт ихтироъкардаи худ ба кор бурдааст.

Сохти трансформатор. Трансформатор аз магза (дилак)-и сарбасте иборат мебошад, ки аз варақаҳои пӯлодин чида шудааст ва ба он ду (баъзан беш аз ду) ғалтаки симин – печак кашидаанд (рас.54). Яке аз ин печакҳо ба манбаи волтаж пайваستا мешавад. Ин печак *печакӣ* якум ном дорад. Ҳама асбобҳои олатҳои барқистеъмолкунанда, яъне «бори занҷир» ба печакӣ дигар – *печакӣ дуюм* пайваستا мешаванд. Ишорати шартии трансформатор дар рас.55 тасвир ёфтааст.

Кори трансформатори бебор. Кори трансформатор бар падидаи индуксияи электромагнитӣ (илқои электромагнитӣ) асос ёфтааст. Дар сурати дар печакӣ якум ҷорӣ будани чараёни тағйирёбанда дар магза (дилак)-и транс-



Рас.54.



Рас.55.

форматор сели магнитие пайдо мешавад, ки он дар ҳар печак ҚуМЭ-и индуксионӣ ҳосил мекунад. Мағзаи пӯлодин майдони магнитиро тарокум медиҳад (концентратсия мекунад), он тавр ки сели магнитӣ амалан танҳо дар даруни мағза вучуд дорад ва дар ҳама буришҳои мағза якхела аст.

ҚуМЭ-и онӣ (лаҳзагӣ)-и индуксионӣ e дар ҳар яке аз печҳои печакӣ яқум ё печакӣ дуҷум ҳамон як бузургӣ дорад ва мувофиқи қонуни Фарадей ин тавр ёфта мешавад:

$$e = -\Phi' \quad (3.1)$$

Ин ҷо Φ' ҳосилаи замони сели индуксияи магнитӣ мебошад. Агар $\Phi = \Phi_m \cos \omega t$ бошад, пас,

$$\Phi' = -\omega \Phi_m \sin \omega t \quad (3.2)$$

мешавад. Он гоҳ чунин навиштан мумкин аст:

$$e = \omega \Phi_m \sin \omega t$$

ё ки

$$e = \varepsilon_m \sin \omega t \quad (3.3)$$

Дар ин ифода $\varepsilon_m = \omega \Phi_m$ домана (амплитуд)-и ҚуМЭ-и дар як печ пайдошуда мебошад.

ҚуМЭ-и индуксионӣ дар печакӣ яқум дар сурати N_1 -то печ доштани он баробари $N_1 e$ аст. Мисли ҳамин, дар печакӣ дуҷум ҚуМЭ-и пурра ба $N_2 e$ баробар мебошад (N_2 адади печҳои ин печак аст). Аз ин ҷо бармеояд, ки ҚуМЭ-ҳои индуксионӣ дар печакҳои яқуму дуҷум чунин нисбат доранд:

$$\frac{e_1}{e_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad (3.4)$$

Муқовимати фаъоли печакҳои трансформатор чандон зиёд нест. Онро ба назар нагирифта мумкин аст. Чунин ки бошад, модули волтажи нӯгҳои ғалтак тақрибан баробари модули ҚуМЭ-и индуксионӣ хоҳад буд (ниг. § 20):

$$|u_1| \approx |e_1| \quad (3.5)$$

Дар сурати кушода будани печакӣ дуҷуми трансформатор ҷараён дар он ҷорӣ буда наметавонад. Он гоҳ

$$|u_2| \approx |e_2| \quad (3.6)$$

хоҳад буд. Қиматҳои онҳо e_1 ва e_2 -и ҚумЭ ҳамроҳангона бо якдигар тағйир меёбанд – дар ҳамон як лаҳза авҷ (максимум) мегиранду дар ҳамон як лаҳза сифрӣ мешаванд. Бино бар ин нисбати бо ифодаи (3.4) мувайяншавандаи онҳоро бо нисбати қиматҳои самарбахшии ин ҚумЭ-ҳо ε_1 ва ε_2 ё, дар асоси ифодаҳои (3.5) ва (3.6), бо нисбати қиматҳои самарбахшии волтажҳо U_1 ва U_2 иваз кардан ҷоиз аст:

$$\frac{U_1}{U_2} \approx \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \frac{N_1}{N_2} = K \quad (3.7)$$

Бузургии K *зариби табдилот* (коэффисенти трансформатсия) ном гирифтааст. Дар сурати $K > 1$ будан трансформатор волтажро кам мекунад дар сурати $K < 1$ будан онро меафзояд.

Кори трансформатори бабор. Агар нӯгҳои печакӣ дуҷумро ба занҷири барқистеъмолкунанда пайвандем ё, чунон ки меғӯянд, трансформаторро бор кунем, қувваи ҷараён дар печакӣ дуҷум дигар сифрӣ намебошад. Ҷараёни дар ин маврид пайдошаванда дар магзайи трансформатор сели магнитии тағйирёбандаи ба худ ҳосе ба вучуд меоварад, ки он мувофиқи қоидаи Ленс бояд тағйироти сели магнитиро дар магза кам кунад.

Лекин хурд шудани доманаи ларзиши сели магнитии натиҷавӣ, дар навбати худ, бояд ҚумЭ-и индуксиониро дар печакӣ яқум кам кунад. Вале ин имконнопазир аст, зеро мувофиқи (3.5) $|u_1| \approx |e_1|$ мебошад. Бино бар ин ҳангоми сарбаст кардани занҷири печакӣ дуҷум қувваи ҷараён дар печакӣ яқум худбахуд меафзояд. Доманаи ин ҷараён тавре меафзояд, ки қимати пешинаи доманаи ларзишҳои сели магнитии натиҷавиро барқарор кунад.

Афзоиши қувваи ҷараён дар занҷири печакӣ яқум мувофиқи қонуни бақои энергия сурат мегирад: ҷойи энергияи талафдодаи печакӣ дуҷум аз ҳисоби шабакаӣ барқ ба воситаи печакӣ яқум пур мешавад. Тавони занҷири печакӣ яқум дар сурати ба бори муқаррарӣ (бори исмӣ ё номиналӣ) наздик будани

бори трансформатор тақрибан баробари тавони печаки дуҷум мебошад:

$$U_1 I_1 \approx U_2 I_2 \quad (3.8)$$

ё худ:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1} \quad (3.9)$$

Ин он гуна маънӣ дорад, ки дар сурати ба воситаи трансформатор ин ё он дараҷа зиёд кардани волтаж қувваи ҷараён ҳамон дараҷа кам мешавад (ва баръакс).

Дар трансформаторҳои пуртавони ҳозира талафи умумии энергия аз 2-3 дарсад (%) беш нест.

* * * * *

Трансформатор ҷараёни электрикии тағйирёбандаро тавре табдил медиҳад, ки ҳосили зарби қувваи ҷараён ба волтаж дар ҳарду печаки он тақрибан якхела мемонад.



1. Зариби табдилот (коэффициенти трансформатсия) чист?
2. Сабаб чист, ки трансформатори бебор (он ки ба занҷири истеъмолкунанда пайваст набошад) энергияи хеле кам истеъмол мекунад?

§25. Истеҳсол ва истифодаи энергияи электрикӣ

Дар замони мо дараҷаи истеҳсол ва истифодаи энергия¹ яке аз аломатҳои рушди қувваҳои истеҳсолкунанда гардидааст. Ва ин ҷо ҳиссаи энергияи электрикӣ аз ҳама беш аст, зеро ин навъи энергия ба маънии томи калима назар ба навъҳои дигар истеъмолбобтар аст. Умуман истеъмоли энергия дар дунё дар ҷаҳон аср, вале истеъмоли энергияи электрикӣ дар ҳар даҳсола ду бор меафзояд. Ин он гуна маънӣ дорад, ки дар саросари ҷаҳон майдони истифодаи энергияи электрикӣ то рафт фарохтар шудан дорад.

¹Албатта, дар ин маврид ҳуди энергия гум намешавад. Вазифаи энергетика танҳо ин аст, ки энергияи истифодашавандаро дар шакли қобили истеъмол ҳосил кунад. Энергия ҳангоми истеъмол охири охири асосан ба энергияи дохилӣ (яъне ба гармо) табдил меёбад.

Истеҳсоли энергияи электрикӣ. Энергияи электрикӣ дар марказҳои хурду бузурги барқ асосан ба воситаи генераторҳои индуксионии электромеханикӣ (илқо-генераторҳои электромеханикӣ) ҳосил карда мешавад. Асосан ду навъи маркази барқ (электростансияҳо) мавҷуд аст: марказҳои ҳароратӣ ва обӣ. Онҳо аз якдигар бо он фарқ мекунанд, ки барои гардиш додани роторҳои генераторҳошон воситаҳои гуногун (гармои сӯзиш ё энергияи оби ғалтон) истифода мешавад.

Марказҳои ҳароратӣ ба сифати манбаъи энергияи гармои сӯзиши ангишт, газ, нафт, мазут, варақсанг ва ғ.-ро истифода мекунанд. Роторҳои генераторҳои электрикӣ ба воситаи турбинҳои бухорӣ ё газӣ ва ё ба воситаи муҳаррикҳои дарунсӯз гардиш дода мешаванд. Босарфатарин маркази барқ маркази бухортурбини ҳароратӣ (МБХ, русиаш ТЭС) мебошад. Аксари МБХҳо ба сифати сӯзишворӣ ҳокаи ангиштро истифода мекунанд. Барои ҳосил кардани 1 кВт•с энергияи электрикӣ чандсад гиром ангишт сарф мешавад. Беш аз 90 дарсади энергияи дар деги бухор хориҷкардаи сӯзишворӣ ба бухор дода мешавад. Дар турбин энергияи кинетикии тираки бухор ба ротор дода мешавад. Наварди турбин ба наварди генератор ба таври ночунбон маҳкам аст.

Турбогенераторҳои бухорӣ бисе саръҷархишанд – адади гардиши онҳо дар ҳар дақиқа то ба чанд ҳазор мерасад. Аз физикаи синфи 10 маълум аст, ки суд (коэффисенти кори фонданок)-и муҳаррикҳои ҳароратӣ ба қадри зиёд кардани ҳарорати ибтидоии ҷисми кори меафзояд. Бино бар ин бухори ба турбин равонашавандаро ҳатталимкон гармтару фишурдатар (то ҳароратҳои 550°C ва фишорҳои 25 МПа) мекунанд.

Суди МБХҳо то ба 40 дарсад мерасад. Қисми зиёди гармо (энергия) ҳамроҳи бухори корхӯрда талаф мешавад. Табдилоти дар ин гуна мавридҳо рӯйдихандаи энергия дар рас.56 тасвир ёфтааст.

Марказҳои ҳароратии махсуси барқ, ки гармоэлектросентрал (ГЭС; русиаш ТЭЦ) ном гирифтаанд, имкон медиҳанд, ки ҳиссаи хеле зиёди бухори партовӣ (бухори корхӯрда) дар муассисаҳои саноъатӣ ва эҳтиёҷоти рӯзгор (гарм кардан ва бо оби гарм таъмин гардондани биноҳои иқоматӣ ва ғ.) истифода