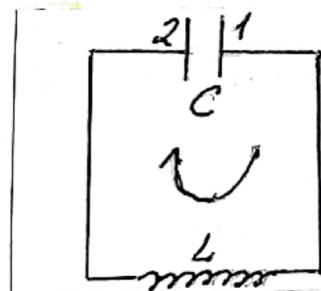


12. Տատանողական կոնտուր: Էլեկտրամագնիսական ազատ ներդաշնակ տատանումների առաջացումն իդեալական տատանողական կոնտուրում: Թոմսոնի բանաձևը: Էլեկտրական և մագնիսական դաշտերի էներգիաների փոխակերպումները Էլեկտրամագնիսական տատանումների ժամանակ: Ներդաշնակ Էլեկտրամագնիսական տատանումների լրիվ էներգիան: Մեխանիկական և Էլեկտրամագնիսական տատանումների համանմանությունը:

Տատանումներ կոչվում են որևէ համակարգի վիճակի այնպիսի փոփոխությունները, որոնք ժամանակի ընթացքում պարբերաբար կամ գրեթե պարբերաբար կրկնվում են: Էլեկտրական և մագնիսական դաշտերի, լիցքի, հոսանքի ուժի, լարման պարբերական կամ գրեթե պարբերական փոփոխությունները կոչվում են Էլեկտրամագնիսական տատանումներ:

Պարզագույն համակարգը, որում կարելի է ստանալ Էլեկտրամագնիսական տատանումներ տատանողական կոնտուրն է: Տատանողական կոնտուրը կազմված է C ունակությամբ կոնդենսատորից, L ինդուկտիվությամբ կոճից և R դիմադրությամբ հաղորդչից (դիմադրատարրից): Եթե կոնտուրը չի պարունակում դիմադրատարրը, իսկ նրա հաղորդալարերի և կոճի գալարների դիմադրությունն այնքան փոքր է, որ կարելի է անտեսել, այն անվանում են իդեալական տատանողական կոնտուր:

Տատանողական կոնտուրին էներգիա հաղորդելու համար կարելի է լիցքավորել կոնդենսատորը՝ այն որոշ ժամանակով միացնելով որևէ հոսանքի աղբյուրի: Դիցուք՝ 1 շրջադիրը սկզբում լիցքավորվում է դրական, իսկ 2-ը՝ բացասական լիցքով: Երբ փակում ենք բանալին, կոնդենսատորը սկսում է լիցքաթափվել, և կոնտուրում առաջանում է Էլեկտրական հոսանք: Հոսանքի ուժն աճում է, սակայն ոչ ակնթարթորեն, այլ աստիճանաբար: Սա պայմանավորված է ինքնամակածման երևույթով: Կոճում առաջանում է ինքնամակածման ԷԼՇՈւ, որը, Լենցի կանոնի համաձայն, խոչընդոտում է հոսանքի ակնթարթորեն մեծացմանը: Հոսանքի ուժը հասնում է իր առավելագույն արժեքին այն պահին, երբ կոնդենսատորը լրիվ լիցքաթափվում է: Չնայած նրան, որ այդ պահին կոճի ծայրերի միջև պոտենցիալների տարբերությունը հավասարվում է զրոյի, Էլեկտրական հոսանքը չի կարող իսկույն դադարել: Դրան կրկին խանգարում է ինքնամակածման ԷԼՇՈւ-ն, որը խոչընդոտում է հոսանքի նվազմանը: Արդյունքում՝ հոսանքը որոշ ժամանակ շարունակում է հոսել նախկին ուղղությամբ, և կոնդենսատորը սկսում է վերալիցքավորվել: Հոսանքը, հավասարվում է զրոյի այն պահին, երբ կոնդենսատորի շրջադիրների միջև լարումը հավասարվում է սկզբնականին, միայն այն տարբերությամբ, որ շրջադիրների լիցքերի նշանները հակադիր են սկզբնականներին, այսինքն՝ 1 շրջադիրը լիցքավորվում է բացասական, իսկ 2-ը՝ դրական լիցքով: Դրանից անմիջապես հետո կոնդենսատորը նորից սկսում է լիցքաթափվել, այնուհետև՝ վերալիցքավորվել, իսկ հոսանքի ուղղությունը դառնում է հակառակ սկզբնականին: Երբ կոճում մակածման հոսանքը դառնում է զրո, համակարգը վերադառնում է սկզբնական վիճակին, այսինքն՝ 1 շրջադիրը նորից լիցքավորվում է դրական, իսկ 2-ը՝ բացասական լիցքով, որից հետո ամբողջ պրոցեսը նույնությամբ կրկնվում է: Այսպիսով՝ տատանողական կոնտուրում տեղի են ունենում կոնդենսատորի լիցքի և լարման, ինչպես նաև կոճում հոսող հոսանքի ուժի տատանումներ: Գտնենք իդեալական կոնտուրում սեփական տատանումների հավասարումը: Օգտագործում ենք Օմի օրենքը անհամասեռ 1-2 տեղամասի համար: Հաշվի առնելով, որ ակտիվ դիմադրությունը՝ $R = 0$, իսկ տեղամասում գործող միակ ԷԼՇՈւ-ն՝ ինքնամակածման ԷԼՇՈւ-ն է, ստանում ենք՝



$$\varphi_1 - \varphi_2 - L \frac{dI}{dt} = 0 \quad (12.1)$$

$\varphi_1 - \varphi_2$ -ը կոնդենսատորի շրջադիրների միջև U լարումն է, որը կոնդենսատորի լիցքի և ունակության միջոցով արտահայտվում է $U = q/C$ բանաձևով: Եթե 1 շրջադիրի սկզբնական դրական լիցքը նշանակենք q_m , իսկ որևէ պահին նրա վրա մնացած դրական լիցքը՝ q , ապա շրջայով անցած լիցքը կլինի $q_m - q$: Հաշվի առնելով, որ հոսանքի ուժն անցած լիցքի ածանցյալն է ըստ ժամանակի, կստանանք՝

$$I = \frac{d(q_m - q)}{dt} = -\frac{dq}{dt} = -q \quad (12.2)$$

Այժմ (12.2)-ը և լարման արտահայտությունը տեղադրենք (12.1)-ի մեջ

$$\frac{q}{C} + Lq = 0 \quad \text{կամ} \quad q + \frac{1}{LC} q = 0 \quad (12.3)$$

հնչալես տեսնում ենք, սա ներդաշնակ տատանումների դիֆերենցիալ հավասարում է, հետևաբար՝ կոնդենսատորի շրջադիրների լիցքը փոփոխվում է ներդաշնակության օրենքով՝

$$q = q_m \cos(\omega_0 t + \alpha) \quad (12.4)$$

որտեղ տատանումների շրջանային հաճախությունն է $\omega_0 = 1/\sqrt{LC}$, որը կոչվում է նաև կոնտուրի սեփական հաճախություն: Տատանումների պարբերության համար ստանում ենք՝

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

Այս բանաձևը կոչվում է **Թոմսոնի բանաձև**:

Կոնդենսատորի վրա լարումը լիցքից տարբերվում է միայն $1/C$ գործակցով, ուստի՝

$$U = \frac{q_m}{C} \cos(\omega_0 t + \alpha) = U_m \cos(\omega_0 t + \alpha) \quad (12.5)$$

Հոսանքի ուժի արտահայտությունը կստատանք ածանցելով (12.4)-ը և հաշվի առնելով, որ $I = -dq/dt$ ՝

$$I = \omega_0 q_m \sin(\omega_0 t + \alpha) = I_m \sin(\omega_0 t + \alpha) \quad (12.6)$$

(12.4)-(12.6) բանաձևերից հետևում է, որ այն պահին, երբ հոսանքը հասնում է առավելագույն արժեքին, լիցքը և լարումը դառնում են զրո, և ընդհակառակը: (12.5) և (12.6)-ից հետևում են լարման և հոսանքի լայնության արժեքների համար հետևյալ առնչությունները

$$U_m = \frac{q_m}{C}, \quad I_m = \omega_0 q_m$$

Տատանողական կոնտուրում տեղի են ունենում էներգիայի պարբերական փոխակերպումներ մի ձևից մյուսը և հակառակը: Սկզբում, երբ կոնդենսատորի լիցքն առավելագույնն է, իսկ հոսանքի ուժը հավասար է զրոյի, կոնդենսատորի էլեկտրական դաշտի էներգիան առավելագույնն է և հավասար

$$W_{el} = \frac{q_m^2}{2C}$$

Կոնդենսատորի լիցքաթափմանը զուգընթաց էլեկտրական դաշտի էներգիան նվազում է, բայց միաժամանակ աճում է հոսանքի մագնիսական դաշտի էներգիան: Երբ կոնդենսատորը լրիվ լիցքաթափվում է, ամբողջ էներգիան վերածվում է մագնիսական դաշտի էներգիայի՝

$$W_{mag} = \frac{LI_m^2}{2}$$

Այնուհետև մագնիսական դաշտի էներգիան կրկին փոխակերպվում է էլեկտրական դաշտի էներգիայի, և այս պրոցեսը պարբերաբար կրկնվում է: Սա է պատճառը, որ այսպիսի տատանումները կոչվում են **էլեկտրամագնիսական**:

Տատանողական կոնտուրի լրիվ էներգիան ժամանակի ցանկացած պահի հավասար է

$$W = \frac{q^2}{2C} + \frac{LI^2}{2} = \frac{q_m^2}{2C} = \frac{LI_m^2}{2}$$

Այս դատողությունները ճիշտ են իդեալական կոնտուրի համար, որի դիմադրությունը զրո է: Եթե էներգիայի կորուստներ չլինեին, ապա նկարագրված պրոցեսը կշարունակվեր անվերջ երկար ժամանակ և տատանումները կլինեին չմարող: Սակայն իրականում էներգիայի կորուստներն անխուսափելի են, քանի որ կոճը և միացման հաղորդալարերն օժտված են ակտիվ դիմադրությամբ: Դա բերում է էլեկտրամագնիսական դաշտի էներգիայի աստիճանաբար փոխակերպմանը ջերմության:

Էլեկտրամագնիսական տատանումները համանման են մեխանիկական տատանումներին, մասնավորապես՝ զսպանակին ամրացված բեռի տատանումներին: x շեղման դերը կատարում է q լիցքը: F ուժի դերը կատարում է U լարումը, իսկ k կոշտության դերը՝ $1/C$ մեծությունը: Մարմնի իներտության չափի՝ m զանգվածի, դերը կատարում է կոճի L ինդուկտիվությունը, իսկ v արագության դերը՝ I հոսանքի ուժը: Այս համանմանությունները կարող ենք գրել աղյուսակի տեսքով՝

$$m \leftrightarrow L, x \leftrightarrow q, v \leftrightarrow I, k \leftrightarrow \frac{1}{C}, F \leftrightarrow U$$

Նշենք, որ Թոմսոնի բանաձևը կարելի է «արտածել»՝ օգտագործելով այս աղյուսակը և զսպանակավոր ճոճանակի տատանումների պարբերության $T = 2\pi\sqrt{m/k}$ հայտնի բանաձևը: