

5-ДӘРІС



Асқарұлы Қыдыр
PhD., қауымдастырылған профессор

Тұрақты ток

Ток күші және ток тығыздығы

Электр зарядтарының бір бағыттағы реттелген қозғалысын *электр тогы* деп атайды. Егер қарастырылып отырған ортада зарядталған бөлшектердің реттелген қозғалысы электр өрісінің әсерінен өтетін болса ондай ток өткізгіштік тогы деп аталады. Ток бағыты \vec{E} электр өрісі кернеулігінің бағытымен сәйкес келеді. *Ток күші* деп бірлік уақытта өткізгіштің көлденең қимасынан өтетін заряд мөлшерімен өлшенетін скаляр шаманы айтады.

Егер dt уақытта мөлшері dq заряд тасымалданса, онда ток күші

$$I = \frac{dq}{dt}. \quad (15.1)$$

болады. Уақыт бойынша өзгермейтін ($I = const$) токты - *тұрақты ток* деп атайды. Ток күшінің өлшем бірлігі БХЖ-де - ампер (А). Бұл өлшем бірлік БХЖ-дегі негізгі бірліктердің бірі, ол екі токтың өзара әсерлесуі негізінде қабылданған. Токтың маңызды сипаттамаларының бірі – ток тығыздығы векторы \vec{j} . Ток тығыздығы векторы ток бағытымен бағытталған және оның сан мәні ток бағытына перпендикуляр dS ауданы арқылы өтетін dI ток күшінің осы ауданға қатынасына тең болады:

$$j = \frac{dI}{dS}, \quad (15.2)$$

мұндағы $dS - dI$ тогы өтетін аудан.

Егер ток кез келген аудан арқылы өтетін болса, онда

$$I = \int_S \vec{j} d\vec{S},$$

мұндағы $d\vec{S} = \vec{n} dS$, \vec{n} - бетке нормаль бірлік вектор. БХЖ-де ток

тығыздығының өлшем бірлігі: $[j] = \frac{A}{m^2}$. Сонымен, өткізгіштік тогының

болуының қажетті шарты – қарастырылып отырған ортада еркін электр зарядын тасымалдаушылардың (зарядталған бөлшектердің) және электр өрісінің болуы. П. Друде анықтап, Г. Лоренц дамытқан металдардың өткізгіштігінің классикалық электрондық теориясы тәжірибелік жолмен ұсынылған электр тогының негізгі заңдарын: Ом және Джоуль-Ленц заңдарын алуға мүмкіндік берді. Ток тығыздығы үшін Ом заңының өрнегі келесі түрде жазылады:

$$j = \frac{1}{\rho} E = \gamma E, \quad (15.3)$$

мұндағы \vec{E} және \vec{j} - векторларының бағыттары бірдей болғандықтан, соңғы өрнекті мына түрде жазуға болады:

$$\vec{j} = \frac{1}{\rho} \vec{E} = \gamma \vec{E}. \quad (15.4)$$

Ток тығыздығының жылулық қуаты үшін Джоуль-Ленц заңы мына түрге келеді:

$$\omega = \frac{1}{\rho} E^2 = \gamma E^2. \quad | \quad (15.5)$$

Бұл өрнектердегі γ - *меншікті электр өткізгіштігі*, оған кері шама, яғни $\rho = \frac{1}{\gamma}$ - *өткізгіштің меншікті кедергісі* деп аталады. (15.3) және (15.5) өрнектерден Ом және Джоуль заңдарының интегралдық түрлеріне өтуге болады.

Тармақталған тізбектерге арналған Кирхгоф ережелері

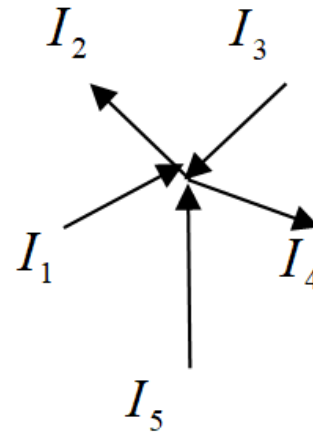
Күрделі, тармақталған тізбектердегі токты есептеу үшін Кирхгоф екі ереже ұсынды. Тармақталған тізбек үшін Кирхгофтың бірінші ережесі: түйінде (үштен кем емес өткізгіштер түйісетін нүктеде) түйіскен ток күштерінің алгебралық қосындысы нөлге тең болады. Шартты түрде түйінге бағытталған токтар - оң, одан шыққан - теріс деп алынады. Тұрақты ток тізбегіндегі түйінде зарядтардың жиналуы немесе азаюы мүмкін емес деген қорытындыға келеміз .

Кирхгофтың бірінші ережесінің өрнегі былай болады:

$$\sum_{i=1}^n I_i = 0, \quad (15.6)$$

мұндағы n - түйінде тоғысатын ток саны. 15.1 -суретте көрсетілген А түйіні үшін (15.6) ереже былай жазылады:

$$I_1 - I_2 + I_3 - I_4 + I_5 = 0.$$



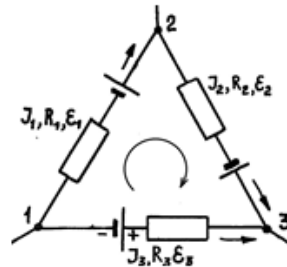
15.1-сурет. Түйіндегі токтардың бағыты

Кирхгофтың екінші ережесі тұйық тізбекке қолданылады да, ол былай айтылады: электр тізбегінің кез келген тұйық контурындағы ток күші мен кедергінің көбейтінділерінің алгебралық қосындысы осы контурдағы электрқозғаушы күштердің алгебралық қосындысына тең:

$$\sum_{i=1}^{m_1} I_i \cdot R_i = \sum_{i=1}^n \varepsilon_i , \quad (15.7)$$

мұндағы n - контурдағы тізбек бөліктерінің саны. Бұл ережені қолданған кезде контурдағы токтың оң бағытын таңдап алу керек. Токтың бағыты таңдалған бағытпен сәйкес келсе, оң деп алынады. Электрқозғаушы күшінің бағыты да токтың оң бағытымен сәйкестендіріледі. Кирхгофтың екінші ережесіне мысал ретінде, 15.2-суреттегі тізбекті қарастырайық. Контур тұйық және үш бөліктен тұрады. Контурдағы токтың оң бағытын сағат тілі бағытымен сәйкес таңдап алайық. Онда (15.7) өрнекке сәйкес келесі теңдеу орынды болады:

$$I_1 R_1 + I_2 R_2 - I_3 R_3 = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 - \varepsilon_3$$

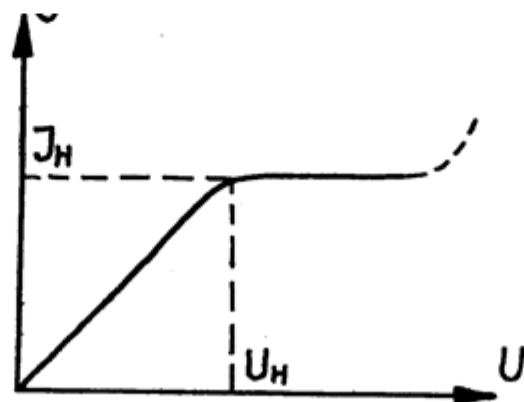


15.2-сурет. Кирхгофтың екінші ережесін қолдану

Газдардың электрөткізгіштігі

Газды ортада қалыпты жағдайда еркін зарядтар болмайды, орта электр тогын өткізбейді, оның молекулалары электрлік бейтарап. Газ молекулаларын иондаса (мысалы, рентген сәулелерімен), онда газдан электр тогы өтуі мүмкін. Бұл процесс газ разряды деп аталады, ал сыртқы иондаушы әсерінен болған разряд өздік емес разряд деп аталды. Ток күші I әраттас зарядталған электродтар арасындағы U кернеуге байланысты (15.3-сурет).

I



15.3-сурет. Өздік емес өткізгіштіктің вольт-амперлік сипаттамасы

Бастапқыда ол түзу сызықты заңдылықпен өзгереді де, осы бөліктегі тоқтығыздығы келесі өрнекпен анықталады:

$$j = qn_0(u_+ + u_-)E, \quad (15.8)$$

мұндағы q – элементар заряд, n_0 – иондар жұбының концентрациясы; u_+ және u_- – оң және теріс иондардың қозғалғыштығы (бірлік кернеуліктегі иондардың жылдамдығы); E – электродтар арасындағы электр өрісінің кернеулігі.

(15.8) өрнектегі $\gamma = qn_0(u_+ + u_-)$ -тұрақты коэффициент. Сондықтан (15.8) өрнегі Ом заңы болып табылады, яғни

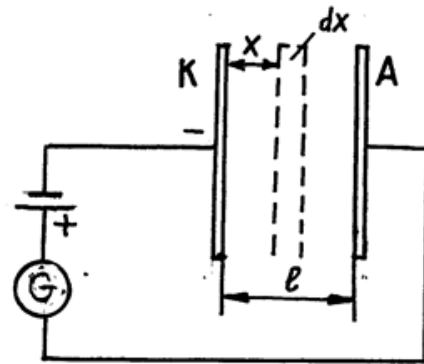
$$j = \gamma E,$$

мұндағы γ - газдардың меншікті электр өткізгіштігі.

15.3-суреттегі графиктен көрініп тұрғандай, U артқан сайын I токтың өсуі баяулайды да, кернеу U_k шамасына жеткенде ток қанығады. Бұл бірлік уақыт ішінде сыртқы әсерлердің себебінен пайда болған барлық N_o иондар жұбы электродтарға жететінін көрсетеді. Сондықтан қанығу тогы:

$$I_k = qN_o, \quad (15.9)$$

Яғни оның шамасы N_o иондау интенсивтігіне тәуелді. Демек, өздік емес газ разряды, иондау әсері тоқтаған кезде сөнеді. Егер сыртқы әсер тоқтаған кезде де газ разряды жүре берсе, онда бұл процесс өздік газ разряды деп аталады. Оны теріс зарядталған электрод – К катод бетінен жекелеген электрондардың ыршып шығуы арқылы түсіндіруге болады (15.4-сурет).



15.4-сурет. Ионизатор көмегімен өздік газ разрядын бақылау сұлбасы

Электродтар арасындағы электр өрісі күшті болған кезде электрондар жылдамдығы жоғарылайды да олар газ атомдарын иондайды. Атомнан босаған электрон бастапқы электронмен бірге А электродқа (анодқа) қарай ұмтылып, үдетіліп екінші ретті иондауды жүзеге асырады. Пайда болған электрондар үдей қозғалады және т.с.с. Яғни, электрондар саны жедел өседі. 15.4-суретке қарасақ, К электроды бетінен ұшып шығатын электрондар саны N_0 болсын. Катодтан X қашықтықта орналасқан dx қабатына дейін ұшып жететін электрондар саны $N > N_0$. Онда dx қабатындағы электрон саны:

$$dN = aNdx, \quad (15.10)$$

мұндағы a —пропорционалдық коэффициенті. Айнымалыларды ажыратып, интегралдағаннан кейін алатынымыз:

$$\ln N = aX + C, \quad (15.11)$$

мұндағы C —бастапқы шарт бойынша анықталатын интегралдау тұрақтысы. $X = 0$ кезінде $N = N_0$. Демек, $C = \ln N_0$ және (15.11) өрнегін потенцирлегеннен кейін мынаған тең болады:

$$N = N_0 e^{ax}. \quad (15.12)$$

Егер электродтар арасындағы қашықтық l болса, онда

$$N = N_0 e^{\alpha l}, \quad (15.13)$$

яғни, бір секундта электрондардың осындай саны анодқа жетеді. Бұған сәйкес келетін ток күші:

$$I = qN = N_0 e^{\alpha l}, \quad (15.14)$$

мұндағы q – электрон заряды. (15.9) формулаға сәйкес $qN_0 = I$ – қанығу тогы екенін ескерсек, (15.14) өрнекті келесі түрде жазуға болады:

$$I = I e^{\alpha l}. \quad (15.15)$$

(15.15) өрнектен өздігінен болатын газ разряды кезінде ток $e^{\alpha l}$ есе өсетінін көруге болады.

Ток ондаған мың есе өседі, бұл токты соққылы иондау нәтижесінде пайда болған электрондар арқылы ұстап тұруға болады. Осыдан газдың элементар көлеміндегі электрондардың қорытқы заряды оң иондардың қорытқы зарядына тең болған кезде газ иондау күйінің ең жоғарғы дәрежесіне жетеді. Мұндай газ газразрядтық плазма деп аталады. Жоғарыда келтірілген өздік және өздік емес газ разрядтары практикада кең қолданыс тапты. Мысалы, олар әртүрлі жарықтандырғыштар мен өлшегіш құралдардың негізі болып табылады.

Назарларыңызға рахмет!