

Оқшауланған өткізгіштердің сыйымдылығы аз болады. Өткізгіштерді өзін қоршаған денелермен салыстырғанда шамалы потенциалды бола тұрып, едәуір зарядтарды жинақтайтын қондырғылар – **конденсаторлар** деп аталады. Зарядталған өткізгішке кез келген денені жақындатқанда өткізгіш потенциалы абсолют шамасы бойынша азаяды, сөйтіп өткізгіштің сыйымдылығы артады. Конденсаторларды бір-біріне жақын орналасқан өткізгіштер түрінде жасайды. Конденсаторды құрайтын өткізгіштерді оның **астарлары** деп атайды, олардың арасын **диэлектрикпен** толтырады. Конденсатордың сыйымдылығына сыртқы денелер әсер етпеуі үшін астарларына ондағы жинақталған зарядтар бір-біріне қатысты орналастындай, туғызатын өріс толығымен конденсатордың ішінде шоғырланатындай пішін беруге болады.

Екі пластинканың арасындағы өріс кернеулігі

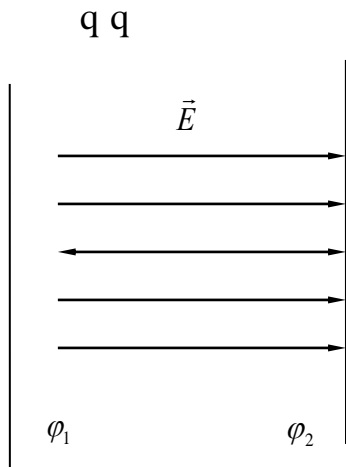
$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon\varepsilon_0} = \frac{q}{\varepsilon\varepsilon_0 S} \quad (3.47)$$

мұндағы $\sigma = \frac{q}{S}$; σ – зарядтың беттік тығыздығы.

Астарлардың арасындағы потенциалдар айырмасы: $\varphi_1 - \varphi_2 = Ed = qE / \varepsilon\varepsilon_0 S$

осыдан

$$C = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d} \quad (3.48)$$



3.11-сурет

мұндағы d – конденсаторлардың астарларының арақашықтығы.

Сондықтана бір-біріне жақын орналасқан пластина, екі коаксилды цилиндр және екі концентрлі сфера сияқты конденсаторлар түрі практикада жиі қолданылады. Электр өрісі конденсатордың ішінде шоғырланғандықтан, электрлік ығысудың сызықтары бір астардан басталып, екіншісінде аяқталады және астарларда пайда болатын еркін зарядтардың шамасы бірдей де, таңбалары қарама-қарсы болады. Сонымен, **конденсаторлардың сыйымдылығы** деп конденсаторлар астарларында жинақталған q зарядқа пропорционал және олардың арасындағы потенциалдар айырымына кері пропорционал физикалық шаманы айтамыз: $\tilde{N} = \frac{q}{(\varphi_1 - \varphi_2)}$; Астарларының ауданы S , ондағы зарядтың шамасы q болатын жазық конденсатордың

сыйымдылығын анықтау үшін, алдымен астарлардың арасындағы өріс кернеулігін және пластиналар арасындағы диэлектрик бар. Конденсаторлар сыйымдылықтан басқа шекті кернеумен сипатталады, яғни

бұл оның тесіліп кету қаупін тудырмайтын конденсатордың астарларына берілуге тиісті кернеу болып табылады. Егер бұл кернеуді жоғарлатсақ, астарлардың арасынан ұшқын шығады, сөйтіп диэлектрик бүлінеді де, конденсаторлар істен шығады. Астарлардың шыдамдылығы астарлардың пішініне, қалыңдығына және диэлектриктің қасиетіне байланысты. Конденсаторлардың сыйымдылығын көбейтуге және жұмысшы кернеудің мүмкін болатын мәндерін арттыруға болады, бұл мәселені шешу үшін конденсаторды батареяларға қосу керек.

Конденсаторларды (3.11-сурет) параллель қосқанда олардың астарларының потенциалдары $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$, сыйымдылықтары C_1, C_2, C_3 , зарядтары q_1, q_2, q_3 болады. Жеке конденсатордың астарлары үшін зарядтардың шамалары:

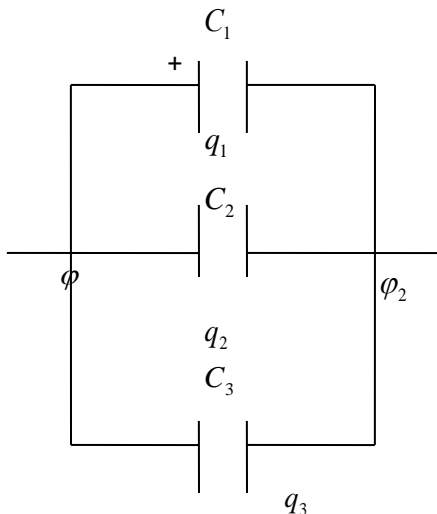
$$q = \sum_{i=1}^n q_i = (\varphi_1 - \varphi_2)(C_1 + C_2 + C_3). \quad (3.49)$$

Барлық батареялардың толық сыйымдылығы:

$$C = q/(\varphi_1 - \varphi_2) = C_1 + C_2 + C_3 = \sum_{i=1}^3 C_i \quad (3.50)$$

Сөйтіп, параллель қосқанда конденсаторлардың сыйымдылығы қосылады.

Яғни, кез келген екі пластиканың арасындағы потенциалдар айырымы тұрақты болады.



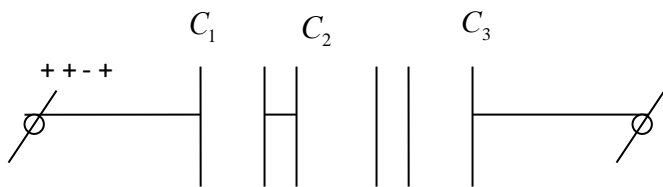
(3.12-сурет)

$$q_1 = \tilde{N}_1(\varphi_1 - \varphi_2), \quad q_2 = \tilde{N}_2(\varphi_1 - \varphi_2), \quad q_3 = \tilde{N}_3(\varphi_1 - \varphi_2)$$

Конденсаторларды тізбектегі қосу

Тізбектей қосылған конденсаторлардың астарларындағы зарядтар тең болады, бірақ потенциалдар айырмасы мен сыйымдылықтары әртүрлі болады. (3.12– сурет)

$$\Delta\varphi_1 = \frac{q}{\tilde{N}_1}; \quad \Delta\varphi_2 = \frac{q}{\tilde{N}_2}; \quad \Delta\varphi_3 = \frac{q}{\tilde{N}_3}; \quad (3.51)$$



(3.13-сурет)

Барлық батарея үшін потенциалдар айырмасы

$$\Delta\varphi = \Delta\varphi_1 + \Delta\varphi_2 + \Delta\varphi_3 = q \left(\frac{1}{\tilde{N}_1} + \frac{1}{\tilde{N}_2} + \frac{1}{\tilde{N}_3} \right) \quad (3.52)$$

$$\Delta\varphi = \frac{q}{\tilde{N}} = q \sum \frac{1}{\tilde{N}_i};$$

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}; \quad (3.53)$$

Сонымен тізбектей қосқанда конденсаторлардың сыйымдылықтарының кері шамаларының қосындысына тең болады.

Электр өрісінің энергиясы

Зарядталған денелердің өз ара әсерлесу күштері консервативтік күш болғандықтан зарядтар жүйесінің потенциалдық энергиясы болады. Бір – бірінен r қашықтықта тұрған q_1 және q_2 нүктелік зарядтардың

потенциалдық энергиясын анықтаймыз. Бұл екі заряд бірінің өрісінде бірі тұрады. Сонда олардың сәйкес потенциалдық энергиялары $E_1 = q_1\varphi_{12}$, $E_2 = q_2\varphi_{21}$, мұндағы φ_{12} және φ_{21} зарядтар тұрған нүктелердегі зарядтардың потенциалдары. Олай болса, осы потенциалдар өрнегі

$$\varphi_{12} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q_2}{r} \quad \text{және} \quad \varphi_{21} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q_1}{r} \quad \text{болады.}$$

Зарядтар жүйесінің энергиялары өзара тең $E_1 = E_2 = E_p$,

$$\text{Сондықтан } E_p = q_1\varphi_{12} = q_2\varphi_{21} = \frac{1}{2}(q_1\varphi_{12} + q_2\varphi_{21}) = \frac{1}{2} \sum q_i\varphi_i;$$

Бұл теңдік зарядтар жүйесінің энергиясы болып табылады.

Егер де осы зарядтар жүйесіне басқа да бірнеше зарядтарды жақындатсақ, онда барлығының әсерлесуі кезіндегі толық энергия мынаған тең

$$E = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n q_i\varphi_i \quad (3.54)$$

Зарядталған конденсатордың энергиясы

Кез келген өткізгіштер сияқты зарядталған конденсаторларда да энергиялары болады. C – конденсаторлардың сыйымдылығы, q – оның астарларындағы зарядтың шамасы, Δq – конденсатор астарларының арасындағы потенциалдар, айырымы. Осы өрнектің көмегімен жазық конденсатор астарларының бір-біріне тартылу күшін анықтауға болады. Арақашықтығы x болатын пластикаларды dx

арақашыққа жақындатамыз. Сонда F күшінің әсерінен жұмыс істеледі. Бұл жұмыс жүйеснің потенциалдық энергиясының кему салдарынан орындалады.

Бұдан F күш мұндағы минус таңбасы күштің ара қашықтықты (x -ті) азайтуға тырысатынын, яғни тартылыс күшін көрсетеді. Конденсатор астарларына әсер ететін электр күшінен басқа, олардың орнын ауыстыруына ықпал жасайтын, диэлектрик жағынан механикалық күш әсер етеді. Қашықтаған сайын шама жағынан азая беретін астарлардың шетінде сиретілген өріс болады, сөйтіп диэлектрик молекулалары өрісі күштірек аймаққа тартатын күш әсеріне ұшырайды. Осының салдарынан конденсатор астарларының арасындағы қысым артып, пондеромоторлық күштің әсері күштің әсері байқалады.

Конденсатордың астарларының арасында заряды бір астардан, екінші астарға көшірілгенде істелетін жұмыс

$$dA = \varphi \cdot d \cdot q = \tilde{N} \varphi d\varphi; \quad A = \int \tilde{N} \varphi d\varphi = \frac{\tilde{N}}{2} \varphi^2$$

$$A = E = \frac{\tilde{N} \varphi^2}{2} = \frac{q^2}{2\tilde{N}}; \quad E = \frac{q^2}{2\tilde{N}}; \quad (3.55)$$

Электростатикалық өрістің энергиясы Зарядталған конденсатордың энергиясы оның астарларындағы өрістің энергиясын сипаттайтын, шамамен өрнектеуге болады. Ол үшін жазық конденсатор сыйымдылығының мәнін (3.7.6) өрнекке қойып, оның өрісіндегі энергиясын табуға болады

$$E_p = \frac{\tilde{N}}{2} (\Delta\varphi)^2 = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{2d} (\Delta\varphi)^2 \quad (3.56)$$

Конденсатор астарлары арасындағы потенциалдар айырымының оның кернеулігімен байланысын $\Delta\varphi = Ed$. ескеріп, мына өрнекті аламыз

$$E_p = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 Sd}{2} E^2 = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 V}{2} E^2 \quad (3.57)$$

мұндағы $Sd = V$ – астарларының арасындағы өріс алып тұрған көлем. Егер де (3.55) және (3.56) өрнектерді салыстырсақ, онда (3.55) өрнек конденсатордың энергиясын астарларының арасындағы зарядпен, (3.56) өрнек өріс кернеулігімен байланыстырады. Өріс біртекті болғанда, ондағы энергия кеңістікте тұрақты тығыздықпен тарайды деп, өрістің энергиясын сол өріс толып тұрған көлемге бөлеміз

$$\varpi = \frac{E_p}{V} = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 E^2}{2}; \quad (3.58)$$

Электрлік ығысу векторының мәнін, яғни $D = \varepsilon\varepsilon_0 E$; ескеріп, өрістің тығыздығын басқа түрде былайша жазуға болады

$$\varpi = \frac{DE}{2} \quad (3.59)$$

Изотропты диэлектриктерде (3.59) теңдік дұрыс болып, онда векторларының бағыттары сәйкес болады.

