

Խ. ԱՐՈՎՅԱՆԻ ԱՆՎԱՆ ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՊԵՏԱԿԱՆ ՄԱՆԿԱՎԱՐԺԱԿԱՆ
ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆԻ ԳԻՏԱԿԱՆ ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ
УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ АРМЯНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ПЕДАГОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА ИМ. Х. АБОВЯНА

Հումանիտար գիտություններ №4 (33) 2017 Гуманитарные науки

ՀՏԴ 621.319

ԿՈՆԴԵՆՍԱՏՈՐՆԵՐԻ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔԱՅԻՆ ՏԵՍԱԿՆԵՐԸ ԵՎ ԴՐԱՆՑ
ԱՌՆՉՎՈՂ ԿԻՐԱՌԱԿԱՆ ԲՆՈՒՅԹԻ ԽՆԴԻՐՆԵՐ
Վ. Ն. ՊԵՏՐՈՍՅԱՆ, Ն. Լ. ՊԵՏՐՈՍՅԱՆ, ՉԳ. Ա. ԷԼՈՅԱՆ

¹ ՀԱՊՀ Կապանի մասնաճյուղ,

² Խ. Արուստյանի անվան հայկական մանկավարժական համալսարան,
010, Երևան, Տիգրան Մեծի 17
email: egarik59@yahoo.com

Հոդվածում առաջարկվում է մեթոդիկա բարդ համակարգի կամ կառուցվածքի էլեկտրատնակությունը որոշելու համար, ըստ որի համակարգը բերվում է պարզ կոնդենսատորներից որևէ մեկի դեպքին և համապատասխան ձևափոխություններից հետո կարելի է գտնել արտաքինից շատ դժվար թվացող համակարգի էլեկտրատնակությունը:

Աշխատանքը հատկապես կարևոր է նմանատիպ խնդիրներ լուծելիս ուսանողների տեսական գիտելիքների ստուգման և առաջարկվող մեթոդիկան կիրառելու համար:

Բանալի բառեր. Կոնդենսատորներ, դիէլեկտրիկ, դիէլեկտրիկ թափանցելիություն:

Ներկայացված է խմբագրություն 22.06.2016թ.

Ներկայումս կոնդենսատորներն զործնական կիրառություն են գտել էլեկտրատեխնիկայի գրեթե բոլոր բնագավառներում:

Կոնդենսատորի պատմությունը սկսվում է 1975 թվականից, երբ առաջին անգամ ի հայտ եկավ այսպես կոչված «Լեյդենյան շիշը»: Այն թույլ էր տալիս կուտակել և պահպանել համեմատաբար մեծ՝ միկրոկուլոնի կարգի լիցքի քանակություն: Լեյդենյան շիշի հայտնագործումը խթան դարձավ էլեկտրականության, մասնավորապես նրա տարածման արագության և որոշ նյութերի էլեկտրական հատկությունների ուսումնասիրման համար: Պարզվեց, որ մետաղները և ջուրը էլեկտրականության լավ հաղորդիչներ են: Շնորհիվ լեյդենյան շիշի առաջին անգամ հաջողվեց արհեստական ճանապարհով ստանալ էլեկտրական կայծ:

Կոնդենսատորներն օգտագործվում են հաճախակախվածության հատկություններով օժտված տարբեր էլեկտրական շղթաների, մասնավորապես, ֆիլտրերի, հետադարձ կապի շղթաների, տատանողական կոնտուրների և այլնի, կառուցման համար:

Կոնդենսատորն արագ լիցքաթափելիս կարելի է ստանալ մեծ հզորության իմպուլս, օրինակ, լուսաբոնկումներում, օպտիկական գեներացմամբ իմպուլսային լազերներում:

Քանի որ կոնդենսատորն ընդունակ է երկար ժամանակ պահպանելու լիցքը, ապա այն կարելի է օգտագործել որպես հիշողության մարտկոց կամ էլեկտրական էներգիայի պահպանման (պահեստավորման) սարք:

Արդյունաբերական էլեկտրոնիկայում կոնդենսատորներն օգտագործում են ռեակտիվ հզորության մարման համար և բարձր հարմոնիկների ֆիլտրերում:

Որպես փոքր տեղափոխությունների տվիչներ, թիթեղների միջև եղած հեռավորության փոքր փոփոխությունները խիստ նկատելի կերպով ազդում են կոնդենսատորի ունակության վրա:

Կոնդենսատորներն օգտագործում են որոշ պաշտպանիչների աշխատանքի տրամաբանության իրագործման համար:

Կոնդենսատորների դասակարգումները ներկայացվում են տարբեր կերպ. ըստ նշանակության, ըստ դիէլեկտրիկի տիպի, ըստ կառուցվածքի, ըստ պարամետրերի և այլն:

Աշխատանքում մենք դիտարկել ենք ըստ կառուցվածքի կոնդենսատորների որոշակի տեսակներ և դրանց ունակությունների որոշման հետ կապված կիրառական խնդիրներ:

Դիտարկենք երկու հաղորդիչ, որոնց միջև առկա է էլեկտրական լարում, և ենթադրենք, որ մի հաղորդիչից դուրս եկող էլեկտրական շեղման բոլոր զծերը վերջանում են մյուսի վրա: Հաղորդիչների այդպիսի գույգը անվանում են պարզ *կոնդենսատոր*:

Պարզ կոնդենսատոր է հանդիսանում երկու համակենտրոն գնդաձև լարերից բաղկացած հաղորդիչների համակարգը, քանի որ ներքին գնդաձև լարից դուրս եկող մակաձման բոլոր զծերը պարտադիր վերջանում են արտաքին գնդաձև լարի վրա:

Երկու հաղորդիչ զուգահեռ թիթեղները նույնպես կարելի է համարել պարզ կոնդենսատոր (հարթ կոնդենսատոր), եթե թիթեղների միջև եղած հեռավորությունը փոքր է համեմատած նրանց չափերի հետ:

Պարզ կոնդենսատոր է նաև երկու համառանցք գլանների տեսք ունեցող հաղորդիչների համակարգը, եթե գլանների երկարությունը շատ մեծ է նրանց միջև եղած շերտի չափերից:

Երեք դեպքերում էլ կոնդենսատոր կազմող երկու հաղորդիչները կոչվում են կոնդենսատորի թիթեղներ:

Քանի որ էլեկտրական մակաձման (ինչպես և էլեկտրական դաշտի լարվածության) զծերը սկսվում և ավարտվում են էլեկտրական լիցքերի վրա, ապա այստեղից հետևում է, որ պարզ կոնդենսատորների թիթեղների վրա գտնվող լիցքերը մեծությամբ հավասար են և նշանով հակառակ:

Կոնդենսատորի հիմնական բնութագրիչ մեծությունը նրա էլեկտրաունակությունն կամ պարզապես ունակությունն է՝

$$C = \frac{q}{U} : \quad (1)$$

(1)-ից հետևում է, որ $C = q$, երբ $U = 1$: Դա նշանակում է, որ կոնդենսատորի ունակությունը չափվում է այն լիցքով, որը գտնվում է թիթեղներից յուրաքանչյուրի վրա, երբ թիթեղների միջև եղած լարումը հավասար է մեկ միավորի:

Դիցուկ՝ C_0 -ն ցանկացած տիպի կոնդենսատորի ունակությունն է, երբ նրա թիթեղները գտնվում են վակուումային պայմաններում:

Ենթադրենք C -ն նույն կոնդենսատորի ունակությունն է, երբ նրա թիթեղների միջև եղած ողջ տարածությունը լցված է այլ համասեռ դիէլեկտրիկով:

$$\varepsilon = \frac{C}{C_0} \quad (2)$$

հարաբերությունը կոչվում է դիէլեկտրիկի *հարաբերական դիէլեկտրիկական* կամ պարզապես *դիէլեկտրիկական թափանցելիություն*:

Վերևում նշված պարզ կոնդենսատորների ունակությունները հաշվելու համար նախ ենթադրում ենք, որ կոնդենսատորի թիթեղներից յուրաքանչյուրի վրա գտնվում է q լիցք, և հաշվում ենք $U(x, y, z)$ պոտենցիալը դիտարկվող կոնդենսատորի էլեկտրական դաշտում: Այս խնդրի լուծումից ստացվում է կոնդենսատորի թիթեղների միջև եղած U լարման արժեքը, իսկ ունակությունը (1) բանաձևով:

Դիտարկենք ունակությունների որոշման կոնկրետ օրինակներ:

Օրինակ 1: *Հարթ կոնդենսատոր:* Հաշվենք պոտենցիալների տարբերությունը դրական լիցքավորված թիթեղի և նրանից x հեռավորություն ունեցող կամայական կետի միջև: Հարթ կոնդենսատորում էլեկտրական դաշտի լարվածությունը արտահայտվում է $E = \sigma/\varepsilon_0$ բանաձևով, որտեղ σ -ն լիցքի մակերևութային խտության արժեքն է թիթեղներից յուրաքանչյուրի վրա: Ուստի կարող ենք գրել՝

$$U = \int_0^x E dx = \frac{\sigma}{\varepsilon_0} \int_0^x dx = \frac{\sigma}{\varepsilon_0} x: \quad (3)$$

Էլեկտրոդների միջև եղած U_0 պոտենցիալների լրիվ տարբերությունը հավասար է՝

$$U_0 = \frac{\sigma}{\varepsilon_0} d, \quad (4)$$

որտեղ d -ն թիթեղների միջև եղած հեռավորությունն է: Ուրեմն՝

$$U = U_0 \frac{x}{d}: \quad (5)$$

Այսինքն հարթ կոնդենսատորում պոտենցիալի փոփոխությունը գծային է:

Այս հաշվարկներում մենք հաշվի չենք առել դաշտի համասեռության խախտումները թիթեղների սահմանային տիրույթներում:

Կոնդենսատորի ունակությունը հաշվելու համար մենք կենթադրենք, որ թիթեղների միջև եղած d հեռավորությունը շատ փոքր է թիթեղների չափերից: Այդ դեպքում էլեկտրական դաշտի համասեռության սահմանային խախտումները կարելի է անտեսել:

Եթե յուրաքանչյուր թիթեղի մակերեսը S է, ապա թիթեղի լրիվ լիցքը կլինի $q = \sigma \cdot S$: Հաշվի առնելով դա և օգտվելով (4)-ից ունակության համար կստանանք՝

$$C = \frac{q}{U} = \frac{\varepsilon_0 S}{d}: \quad (6)$$

Եթե միջթիթեղային դիէլեկտրիկը վակուումի փոխարեն ε դիէլեկտրիկական թափանցելիությամբ այլ նյութ է, որն ամբողջությամբ լրացնում է միջթիթեղային տարածքը, ապա այդ դեպքում ունակությունը կլինի ε անգամ մեծ.

$$C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon S}{d}: \quad (7)$$

Օրինակ 2: *Գնդային կոնդենսատոր:* Ունենք $\ll +q \gg$ և $\ll -q \gg$ լիցքերով համակենտրոն գնդաձև տեսքով երկու էլեկտրոդներ, որոնցից ներքինի շառավիղը R_1 է, իսկ արտաքին գնդաձև տեսքով R_2 : Դաշտի E լարվածությունը այդպիսի էլեկտրոդների միջև որոշվում է

$$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q}{r^2}, \quad (8)$$

որտեղ r -ը գնդաձև տեսքերի կենտրոնից մինչև տվյալ կետն եղած հեռավորությունն է: Հետևաբար, պոտենցիալների տարբերությունը՝ ներքին գնդաձև տեսքի կենտրոնից r հեռավորության վրա գտնվող կոնդենսատորի ներսի որևէ կետի միջև հավասար կլինի՝

$$U = \int_{R_1}^R E dr = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0} \int_{R_1}^R \frac{dr}{r^2} = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0} \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{r} \right): \quad (9)$$

Այս բանաձևում r -ի փոխարեն տեղադրելով R_2 , մենք կստանանք էլեկտրոդների միջև եղած U_0 պոտենցիալների տարբերությունը.

$$U_0 = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right): \quad (10)$$

(9) և (10) բանաձևերից կարող ենք գրել՝

$$U = U_0 \frac{1/R_1 - 1/r}{1/R_1 - 1/R_2}: \quad (11)$$

Այսպիսով, չափելով էլեկտրոդների միջև եղած U_0 պոտենցիալների տարբերությունը (լարումը), (11) բանաձևով կարող ենք հաշվել պոտենցիալը դաշտի ցանկացած կետում:

(10) բանաձևից օգտվելով վակուումում գնդային կոնդենսատորի ունակության համար կստանանք՝

$$C = \frac{q}{U_0} = \frac{4\pi\epsilon_0}{1/R_1 - 1/R_2}: \quad (12)$$

Իսկ եթե գնդաձև էլեկտրոդների միջև եղած տարածությունը լցված է համասեռ դիէլեկտրիկով, ապա կոնդենսատորի ունակության (12) բանաձևում համարիչում կավելանա ϵ դիէլեկտրիկական թափանցելիությունը:

Եթե արտաքին գնդաձևի R_2 շառավիղը շատ մեծ է ներքին գնդաձևի R_1 շառավիղից ($R_2 \gg R_1$), ապա (12) բանաձևը պարզվում է և ընդունում հետևյալ տեսքը.

$$C = 4\pi\epsilon_0 R_1: \quad (13)$$

Այս արդյունքը ճիշտ է նաև այն դեպքում, եթե արտաքին թիթեղն ունի ոչ գնդաձևային՝ կամայական ձև, այն պայմանով, որ նրա չափերը շատ անգամ մեծ են ներքին գնդաձևի շառավիղից:

Եթե, ընդհակառակը, թիթեղների միջև ընկած $d = R_2 - R_1$ շերտը շատ անգամ փոքր է գնդաձևների r միջին շառավիղից, ապա (12)-ը կարելի է ներկայացնել հետևյալ տեսքով.

$$C = 4\pi\epsilon_0 \frac{R_1 R_2}{R_2 - R_1} \approx 4\pi\epsilon_0 \frac{r^2}{d} = \frac{\epsilon_0 S}{d}, \quad (14)$$

որտեղ $S = 4\pi \cdot r^2$ -ին թիթեղների մակերևույթի մակերեսն է: Այսինքն նեղ շերտի դեպքում գնդային և հարթ կոնդենսատորների ունակությունների արտահայտությունները համընկնում են:

Օրինակ 3: *Գլանային կոնդենսատոր:* Դիցուկ՝ կոնդենսատորը կազմված է երկու համաառանցք գլաններից, ընդ որում ներքին գլանի շառավիղը R_1 - է, իսկ արտաքին գլանինը՝ R_2 : Գլանների երկարությունը նրանց միջև եղած շերտի համեմատ կհամարենք շատ մեծ: Դիտարկենք պոտենցիալի բաշխումը համաառանցք գլանների միջև ենթադրելով, օրինակ, ներքին գլանի լիցքը հավասար է $+q$, իսկ արտաքին գլանինը $-q$: Լիցքի զծային խտության մեծությունը յուրաքանչյուր գլանի վրա λ - է ($\lambda = q/l$, որտեղ l -ը՝ գլանի երկարությունն է):

Դաշտի լարվածությունը գլանների միջև առանցքից r հեավորության վրա որոշվում է հետևյալ բանաձևով.

$$E = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{\lambda}{r}: \quad (15)$$

Ինչպես և նախորդ օրինակում, դաշտի լարվածությունն էլեկտրոդների միջև կախված չէ արտաքին գլանի շառավիղից: Եթե արտաքին էլեկտրոդի չափերը շատ մեծ է ներքին գլանի շառավիղից, ապա դաշտի լարվածությունը նրան մոտ կետերում կախված չէ արտաքին էլեկտրոդի ձևից:

Այժմ դիտարկենք պոտենցիալի բաշխումը համաառանցք գլանների միջև: Դաշտի լարվածության համար գրված (15) բանաձևը հաշվի առնելով ներքին գլանի և

էլեկտրոդների միջև գտնվող ցանկացած կետի միջև պոտենցիալների տարբերության համար կունենանք՝

$$U = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} \int_{R_1}^r \frac{dr}{r} = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} \ln\left(\frac{r}{R_1}\right): \quad (16)$$

Այստեղ R_1 -ը ներքին գլանի շառավիղն է, λ -ն՝ լիցքի գծային խտությունը ներքին գլանի վրա: Գլանների միջև պոտենցիալների U_0 լրիվ տարբերությունը հավասար է՝

$$U_0 = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} \ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right), \quad (17)$$

որտեղ R_2 -ը արտաքին գլանի շառավիղն է: (16) և (17) բանաձևերից ստանում ենք՝

$$U = U_0 \frac{\ln(r/R_1)}{\ln(R_2/R_1)}: \quad (18)$$

Գլանային կոնդենսատորում պոտենցիալի փոփոխությունը լոգարիթմական է:

(17) բանաձևի հաշվառմամբ գլանային կոնդենսատորի միավոր երկարության ունակության համար կստանանք՝

$$C_1 = \frac{\lambda}{U_0} = \frac{2\pi\epsilon_0}{\ln(R_2/R_1)}: \quad (19)$$

l երակրություն ունեցող գլանային կոնդենսատորի ունակությունը կլինի՝

$$C = C_1 \cdot l = \frac{2\pi\epsilon_0 l}{\ln(R_2/R_1)}: \quad (20)$$

Եթե կոնդենսատորի թիթեղների միջև առկա է ϵ դիէլեկտրիկական թափանցելիությամբ դիէլեկտրիկ, ապա այդ դեպքում ունակությունը կլինի՝

$$C = \frac{2\pi\epsilon_0 \epsilon l}{\ln(R_2/R_1)}: \quad (21)$$

Եթե գլանների շառավիղների $R_2 - R_1$ տարբերությունը նշանակենք d -ով ($R_2 - R_1 = d$), ապա (21) բանաձևի փոխարեն կարող ենք գրել՝

$$C = \frac{2\pi\epsilon_0 \epsilon l}{\ln(1 + d/R_1)}: \quad (22)$$

(21) բանաձևը, մասնավորապես, արտահայտում է մետաղական հաղորդչից, նրան շրջապատող դիէլեկտրիկից և մետաղական պատյանից բաղկացած մալուխի ունակությունը:

Եթե գլանների միջև եղած $R_2 - R_1 = d$ հեռավորությունը համեմատած գլանների շառավիղների հետ բավականին փոքր է, ապա (20) բանաձևն էապես պարզվում է: Այդ դեպքում $\ln(R_2/R_1)$ -ը կարելի է վերածել շարքի և սահմանափակվել միայն առաջին կարգի անդամներով.

$$\ln(R_2/R_1) = \ln(1 + d/R_1) \approx d/R_1: \quad (23)$$

Ունակությունը կլինի՝

$$C = \frac{2\pi\epsilon_0 l}{d/R_1} = \frac{\epsilon_0 S}{d}, \quad (24)$$

որտեղ S -ով նշանակված է կոնդենսատորի թիթեղների մակերեսը. $S = 2\pi R_1 l$:

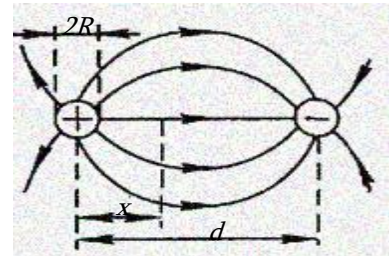
Այս դեպքում, նույնպես, ունակությունը արտահայտվում է այն նույն բանաձևով ինչ-որ հարթ կոնդենսատորինը:

Նշենք, որ այս արդյունքն ունի համընդհանուր բնույթ և ճիշտ է ցանկացած ձևի թիթեղներ ունեցող կոնդենսատորի համար, եթե միայն թիթեղների միջև եղած շերտը թիթեղների կորության շառավղի համեմատ շատ փոքր է:

Այժմ դիտարկենք կիրառական խնդիրներ, որտեղ անհրաժեշտ է որոշել համակարգի կամ կառուցվածքի ունակությունը:

Խնդիր 1: Տրված է միևնույն R շառավղով գլանային տեսք ունեցող երկու զուգահեռ լարերից բաղկացած գիծ, որոնց միջև հեռավորությունը d - է (նկ. 1): Որոշել այդ երկլարանի գծի ունակությունը միավոր երկարության վրա:

Լուծում: Կհամարենք, որ լարերի շրջապատում եղած մնացած բոլոր մարմինները, ներառյալ նաև երկրագունդը գտնվում են, d -ի համեմատ շատ մեծ հեռավորությունների վրա, և այդ պատճառով երկու հաղորդիչները կդիտարկենք որպես պարզ կոնդենսատոր:



Նկ. 1

Եթե d հեռավորությունը համեմատելի է R -ի հետ, լիցքերը հաղորդալարերի մակերևույթով կբաշխվեն անհավասարաչափ, և էլեկտրական դաշտի հաշվարկը կլինի բարդ: Այդ պատճառով մենք կենթադրենք, որ $d \gg R$: Այդ դեպքում կարելի է համարել, որ յուրաքանչյուր գլան լիցքավորված է հավասարաչափ և նրանց ստեղծած դաշտի լարվածությունը կարելի է գտնել (15) բանաձևով: Քանի որ էլեկտրաստատիկ դաշտում լարումը (պոտենցիալների տարբերությունը) կախված չէ ճանապարհի ձևից, այդ իսկ պատճառով այն հաշվելու համար մենք կընտրենք պարզ հետագիծ, որն ուղիղ գծով միացնում է հաղորդիչների առանցքները և ուղղահայաց է նրանց մակերևույթներին: Դաշտի լարվածությունն այդ գծի վրա ընկած որևէ կետում (նկ. 2) հավասար է՝

$$E = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} \frac{1}{x} + \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} \frac{1}{d-x}, \quad (25)$$

որտեղ λ -ն միավոր երկարության լիցքի մեծությունն է լարերից յուրաքանչյուրի վրա: Հաղորդալարերի միջև եղած լարման համար կարող ենք գրել.

$$U = \int_R^{d-R} E dx = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} \int_R^{d-R} \frac{dx}{x} + \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} \int_R^{d-R} \frac{dx}{d-x} = \frac{\lambda}{\pi\epsilon_0} \ln \frac{d-R}{R} \approx \frac{\lambda}{\pi\epsilon_0} \ln \frac{d}{R}: \quad (26)$$

Երկլար գծի միավոր երկարության ունակության համար կստանանք՝

$$C_1 = \frac{\lambda}{U} = \frac{\pi\epsilon_0}{\ln(d/R)}: \quad (27)$$

Խնդիր 2: Գտնել R շառավղի ունեցող երկու միատեսակ մետաղական գնդերից բաղկացած համակարգի փոխադարձ ունակությունը: Գնդերի կենտրոնների միջև եղած l հեռավորությունը շատ մեծ է նրանց շառավղից՝ $l \gg R$: Գնդերը գտնվում են ϵ դիէլեկտրիկական թափանցելիությամբ համասեռ միջավայրում:

Լուծում: Նման համակարգը լիարժեք իմաստով կոնդենսատոր չի հանդիսանում, քանի որ էլեկտրական դաշտը ամբողջապես կենտրոնացված չէ նրա ներսում: Սակայն

ունակության հաշվման վրա այն չի ազդում: Մտովի լիցքավորենք յուրաքանչյուր գունդը մեծությամբ միևնույն, սակայն նշանով հակառակ q լիցքով: Այդ դեպքում ունակությունը՝

$$C = \frac{q}{U}, \quad (28)$$

որտեղ U -ն գնդերի միջև եղած լարումն է: Գնդերի միջև եղած կամայական l հեռավորության դեպքում նրանց դաշտը կենտրոնահամաչափ չէ, քանի որ յուրաքանչյուր գունդ իր դաշտով էլեկտրաստատիկ մակածման հետևանքով ազդում է մյուս գնդի լիցքերի բաշխման վրա: Բայց, եթե իրագործվում է $l \gg R$ պայմանը, ապա այդ դեպքում կարելի է դաշտի աղավաղումը անտեսել և էլեկտրական դաշտի լարվածությունը հաշվել որպես համասեռ դիէլեկտրիկում գտնվող երկու կետային լիցքերից կազմված համակարգի դաշտ: Երկու գնդերը միացնող ուղղի երկայնքով դաշտի լարվածությունը կլինի՝

$$E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^2} + \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon(l-r)^2}, \quad (29)$$

որտեղ r -ը գնդերից որևէ մեկի կենտրոնից մինչև դաշտի տվյալ կետն եղած հեռավորությունն է: Այդ դեպքում լարումը՝

$$U = \int_R^{l-R} E(r)dr = \frac{q \cdot 2}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{l-R} \right) \approx \frac{q}{2\pi\epsilon_0\epsilon} \frac{l-R}{R}. \quad (30)$$

Ունակության համար կունենանք՝

$$C = \frac{q}{U} = \frac{q}{\frac{q}{2\pi\epsilon_0\epsilon} \frac{l-R}{R}} = 2\pi\epsilon_0\epsilon R \frac{l}{l-R}. \quad (31)$$

Մի փոքր ձևափոխենք $l/(l-R)$ հարաբերությունը.

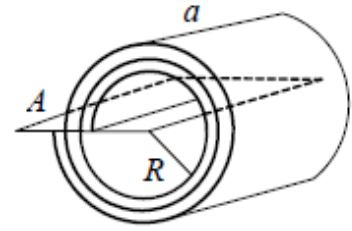
$$\frac{l}{l-R} = \frac{1}{\frac{l-R}{l}} = \frac{1}{1 - \frac{R}{l}}. \quad (32)$$

Ստացված արտահայտության համարիչը և հայտարարը բազմապատկելով $(1+R/l)$ - ով (լծորդով) և հաշվի առնելով, որ $(R/l)^2 \ll 1$, ունակության համար կստանանք.

$$C \approx 2\pi\epsilon_0\epsilon R \left(1 + \frac{R}{l} \right): \quad (33)$$

Ստացված արտահայտությունից երևում է, որ երբ $l \rightarrow \infty$, ապա $C = 2\pi\epsilon_0\epsilon R$ (կախված չէ գնդերի միջև եղած հեռավորությունից): Բնականաբար հարց է առաջանում. կարելի՞ է այս արդյունքն ընդունել այնպես, որ կարծես երկրորդ գունդն ընդհանրապես չկա, քանի որ այն գտնվում է անվերջությունում: Սակայն այդ դեպքում առանձնացված գնդի ունակությունը պետք է հավասար լիներ $2\pi\epsilon_0\epsilon R$, չնայած հայտնի է, որ առանձնացված գնդի ունակությունը հավասար է $4\pi\epsilon_0\epsilon R$: Փորձենք հասկանալ այս թվացյալ <<սխալը>>: Ըստ սահմանման՝ հաղորդչի ունակությունը՝ $C = q/\varphi$: Այստեղ φ -ի տակ պետք է հասկանալ հաղորդչին q լիցք հաղորդելիս նրա պոտենցիալի փոփոխությունը, այլ ոչ թե պոտենցիալը: Եթե $-q$ լիցքով գունդը գտնվում է անվերջությունում, գնդի պոտենցիալը, որի ունակությունը մենք փնտրում ենք անվերջ հեռու կետի նկատմամբ, արդեն հավասար է՝ $q/4\pi\epsilon_0\epsilon R$: Գնդին q լիցքի հաղորդումը մեծացնում է նրա պոտենցիալը ճիշտ նույն $q/4\pi\epsilon_0\epsilon R$ չափով: Եվ այդ դեպքում առանձնացված գնդի ունակությունը անկախ լիցքավորված մյուս գնդի անվերջությունում գտնվելու հանգամանքից, կլինի հավասար՝ $4\pi\epsilon_0\epsilon R$:

Խնդիր 3: Հարթ կոնդենսատորը պատրաստված է միմյանցից d հեռավորության վրա գտնվող a լայնությամբ և l երկարությամբ երկու զուգահեռ թիթեղներից (հաղորդիչ ժապավեններից): Թիթեղների ներքև լցնող նյութի դիէլեկտրիկական թափանցելիությունը ε -է: Թիթեղներից մեկի մակերևույթը պատում են b հաստությամբ մեկուսիչ բարակ շերտով, որից հետո զույգը մի ծայրից փաթաթելով, տրված հարթ կոնդենսատորից ստանում են բազմազալար, կամ, այսպես կոչված, <<փաթեթային կոնդենսատոր>>, որի ներքին շառավիղը՝ $R \gg d$: Որոշել ստացված կոնդենսատորի ունակությունը:



Նկ. 2

Լուծում: Ստացված կոնդենսատորը մտովի հատենք A հարթությամբ, որի մի կողմը համընկնում է կոնդենսատորի առանցքի հետ (նկ. 2): Այդ դեպքում բազմազալար կոնդենսատորը կվերածվի մի քանի գրեթե զլանային կոնդենսատորների, որոնց կորության շառավիղները φ անկյան հետ սահուն փոխվում է

$$r = r_0 + \frac{\varphi(d+b)}{2\pi}, \quad (0 \leq \varphi < 2\pi) \quad (34)$$

օրենքով, որտեղ r_0 -ն կամայական գալարի սկզբնական շառավիղն է $\varphi = 0$ դեպքում: Բոլոր ստացված զլանային կոնդենսատորները կազմում են զուգահեռ միացված կոնդենսատորների համակարգ, այնպես որ նրանց գումարային ունակությունը հավասար է առանձին կոնդենսատորների ունակությունների գումարին: Եթե համարենք, որ φ անկյունը փոխվում է անընդհատ, ապա այդ դեպքում ամբողջ բազմազալար կոնդենսատորի կորության շառավիղի համար կարելի է գրել՝

$$r = R + \frac{\varphi(d+b)}{2\pi}, \quad (0 \leq \varphi < \Phi): \quad (35)$$

Այստեղ Φ -ն՝ կոնդենսատորի սկզբնակետից մինչև նրանից l հեռավորության վրա գտնվող վերջնական կետը լրիվ պտույտի անկյունն է: Փոքր φ անկյունների դեպքում կարելի է մոտավորապես ընդունել՝

$$\Phi \approx \frac{l}{R}: \quad (36)$$

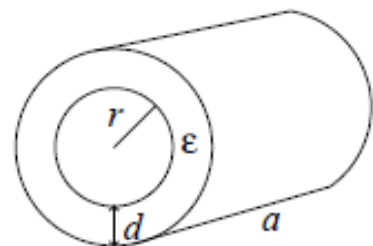
Արդյունքում մեր խնդիրը հանգում է գրեթե զլանային կոնդենսատորի ունակության հաշվարկի, որի ներքին կազմագիծն իրենից ներկայացնում է պարուրագիծ: Այդ պարուրագծի յուրաքանչյուր փոքր տարրը կարելի է դիտարկել որպես շրջանագծի աղեղ: Դա նշանակում է, որ սկզբում հարկ կլինի ստանալ արտահայտություն զլանային կոնդենսատորի համար, այնուհետև գտնել կենտրոնից $d\varphi$ անկյան տակ գտնվող անվերջ փոքր տարրի ունակությունը և միայն դրանից հետո գումարել ըստ բոլոր անկյունների՝ գրոյից մինչև Φ :

Այսպիսով՝ խնդրի առաջին մասը կազմում է զլանային կոնդենսատորի ունակության հաշվարկը $r \gg d$ պայմանի դեպքում (նկ. 3): Այս դեպքում օգտվելով (22) բանաձևից առանձնացված զլանային կոնդենսատորի ունակության համար կարող ենք գրել՝

$$C' = \frac{2\pi a \varepsilon_0 \varepsilon}{\ln(1+d/r)}: \quad (37)$$

(Այս դեպքում որպես զլանի երկարության ընդունվում է Φ -ն, իսկ ներքին շառավիղը r -է):

Այս արտահայտությունը ճիշտ է d և r պարամետրերի ցանկացած հարաբերակցության ժամանակ, սակայն ունի ստանալ նրա մոտավոր



Նկ. 3

պատկերը $d \ll r$ ($d/r \ll 1$) դեպքում: Դա կապված է տարբեր r -երի համար (37) արտահայտության գումարման գույքի տեխնիկական դժվարությունների հետ: Այդ պատճառով կօգտվենք $x \ll 1$ պայմանի դեպքում լոգարիթմի՝ շարքի վերածման բանաձևից. $\ln(1+x) \approx x$: Արդյունքում ստանում ենք՝

$$C' \approx \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon ar}{d} : \quad (38)$$

Առանձնացնենք կենտրոնից $d\varphi$ անկյան տակ գտնվող մակերևույթի անվերջ փոքր տարր: Ակնհայտ է, որ նրա ունակությունը՝

$$dC = C' \frac{d\varphi}{2\pi} = \frac{\epsilon_0\epsilon ar}{d} d\varphi : \quad (39)$$

Այս արտահայտությունն ինտեգրելով բազմազալար կոնդենսատորի լրիվ ունակության համար կստանանք.

$$C = \int_0^\Phi \frac{\epsilon_0\epsilon a}{d} r(\varphi) d\varphi, \quad (40)$$

որտեղ $r(\varphi)$ -ն տրվում է (35) արտահայտությամբ: (36) բանաձևը հաշվի առնելով վերը քննարկված արդյունքում կստանանք՝

$$C = \frac{\epsilon_0\epsilon a}{d} \int_0^\Phi \left(R + \frac{\varphi(d+b)}{2\pi} \right) d\varphi = \frac{\epsilon_0\epsilon al}{d} \left[1 + \frac{l(d+b)}{4\pi R^2} \right] : \quad (41)$$

Ստացված արտահայտությունից երևում է, որ ժապավենի պտտումը և նրա վերածումը բազմազալար փաթեթի բերում է ունակության մեծացման:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

1. И. В. Савельев. Курс общей физики. Т 2, М., <<Наука>>, 1982, 496 с.
2. Задачи по физике. Под ред. О. Я. Савченко. М.: <<Наука>>, 1981, 432 с.
3. Н. Н. Брандт, Г. А. Миронова, А. М. Салецкий. Электростатика в вопросах и задачах. Пособие по решению задач для студентов: Учебное пособие. СПб. Изд. <<Лань>>, 2010, 288 с.
4. Д. Ф. Киселев и др. Электричество и магнетизм. Методика решения задач /Учебное пособие/. М.: МГУ, 2010, 332 с.

РЕЗЮМЕ
СТРУКТУРНЫЕ ТИПЫ КОНДЕНСАТОРОВ И СВЯЗАННЫЕ С НИМИ ЗАДАЧИ
ПРИКЛАДНОГО ХАРАКТЕРА
Л. Н. ПЕТРОСЯН, Н. Л. ПЕТРОСЯН, Г. А. ЭЛОЯН

В статье предлагается методика для определения электроемкости сложной системы или структуры, в соответствии с которым система преобразуется одного из случаев простого конденсаторов и после внесения соответствующих изменений можно найти внешне сложно кажущийся электроемкость системы.

Работа особенно важна при решении подобных задач для тестирования теоретических знаний и применения студентов предлагаемой методики.

SUMMARY
STRUCTURAL TYPES OF CAPACITORS AND RELATED PROBLEMS OF APPLIED
NATURE
L. N. PETROSYAN, N. L. PETROSYAN, G. A. ELOYAN

The paper proposes a technique for determining the electrical capacity of a complex system or structure, according to which the system is converted from one of the case of simple capacitors and after making appropriate changes, one can find an externally complex apparent electric system of the system.

The work is especially important in solving similar tasks for testing theoretical knowledge and applying the students to the proposed methodology.