

ՏՏԴ 53 +537.3

Ֆիզիկա

**«ՀԱՍՏԱՏՈՒՆ ՀՈՍԱՆՔԻ ՇՂԹԱՆԵՐ» ԲԱԺՆՈՒՄ Ա.Դ.ՍԱԽԱՐՈՎԻ  
ԽՆԴՐԻ ՀԵՏԱԶՈՏՄԱՆ ԴԻՏԱ-ՃԱՆԱԶՈՂԱԿԱՆ  
ԱՐԺԵՎՈՐՎԱԾՈՒԹՅԱՆ ՄԱՍԻՆ  
Մկու Մինասյան, Ա.Մ. Մինասյան**

**Բանալի բառեր.** *Կիրխոֆի հավասարումներ, համաչափություններ, EWB ծրագիր*  
**Ключевые слова:** *Уравнения Кирхгофа, симметрии, программа EWB.*  
**Key words:** *Kirchhoff equations, symmetry, EWB program.*

**О НАГЛЯДНО-ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ СТОРОНЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАДАЧИ А.Д.САХАРОВА В РАЗДЕЛЕ  
«ЦЕПИ ПОСТОЯННОГО ТОКА»  
М.В.Минасян, А.М.Минасян**

*Рассматриваются решения для сопротивления сложной цепи, а именно плоской разветвленной цепи по задаче А.Д.Сахарова. Авторское решение учитывает наличие инверсной симметрии, что упрощает систему уравнений Кирхгофа. Последующие два решения более наглядны и коротки. Они позволяют прийти к цепям с повышенной симметрией. Через программу EWB, - программу виртуальных измерений, - можно соотносить симметрии исходных и реконструированных цепей, проведя необходимую проверку падений напряжения или составляющих тока.*

**ABOUT THE VISUAL-COGNITIVE SIDE OF STUDY THE A.D.SAKHAROV TASK IN THE "DIRECT  
CURRENT CIRCUIT"  
M.V.Minasyan, A.M.Minasyan**

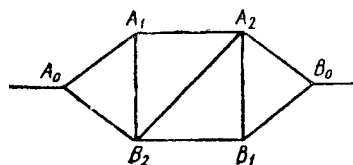
*We consider the solutions for resistance of the complex circuit, namely plane branched circuit on the task of A.D.Sakharov. The author's solution takes into account the existence of an inverse symmetry which simplified the system of Kirchhoff equations . The following two solutions are clearer and briefer. They allow you to come to circuits with greater symmetry. With the EWB program, - the virtual measurements program - can be correlated to symmetry of the original and reconstructed circuit, having the necessary verification of voltage drops or current components.*

*Դիտարկվում են լուծումներ բարդ շղթայի դիմադրության համար, այն է՝ հարթ ճյուղավորված շղթայի՝ ըստ Ա.Դ.Սախարովի խնդրի: Հեղինակի սոված լուծումը հենվում է ինվերսիոն համաչափության օգտագործման վրա, ինչը պարզեցնում է Կիրխոֆի հավասարումների համակարգը: Հաջորդ երկու լուծումները ավելի պարզ են և հակիրճ: Նրանք ենթադրում են անցում ավելի բարձր համաչափությամբ շղթաների: EWB ծրագրի օգնությամբ (այն է՝ վիրտուալ չափումների) հնարավոր է դառնում էլակետային և վերակառուցված շղթաների համադրումը՝ նրանցում ստուգելով անհրաժեշտ լարման անկումները կամ բաղադրիչ հոսանքները:*

Էլեկտրականության բուհական դասընթացներում կան հաստատուն հոսանքի բաժնի խնդիրներ, որոնցում պիտի որոշվի բարդ շղթայի դիմադրությունը և առկա են նրա բացահայտմանը օժանդակող համաչափություններ: Վերջիններիս ճանաչումը ինքնին բերում է ֆիզիկական բովանդակության խորացված ընկալմանը, ինչպես նաև նպաստում լուծման ընթացքի հնարավորինս պարզեցմանը:

Հետաքրքրական է ընթերցողին ծանոթացնել մի խնդրի ևս, որի բովանդակությունը մենք ներկայացնում ենք համաձայն Դ.Բ.Սախարովի [1] խնդրագրքի: Նշենք նաև լրացուցիչ տեղեկության առկայությունը [2] ձեռնարկում, ըստ որի խնդիրը առաջադրված է եղել Ա.Դ.Սախարովի կողմից և լուծված՝ համաչափությունների նրբին օգտագործմամբ:

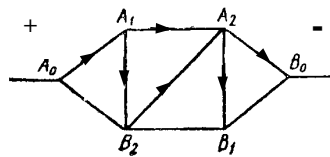
Բնագրի խնդրում (համար 26-26) տրված է նկ.1-ի գծագիրը և առաջարկվում է որոշել ճյուղավորված շղթայի դիմադրությունը, երբ տարբերում ունենք մեկական Օմ:



Նկ.1.

Խնդրին առնչվող ցուցման մեջ նշվում է, որ առկա է համաչափություն, և կարելի է  $A_0, A_1, A_2$  կետերի պոտենցիալները նշանակել  $a_0, a_1, a_2$ , իսկ  $B_0, B_1, B_2$  կետերինը՝  $b_0, b_1, b_2$ : Եթե  $a_0 = -b_0$ , ապա  $a_1 = -b_1$  և  $a_2 = -b_2$ :  $A_1$  և  $A_2$  կետերի համար պիտի կազմվի հոսանքների հաշվեկշռի երկու հավասարում՝ որոշելու անհայտ  $a_1$  և  $a_2$  մեծությունները, նախապես ընդունելով  $a_0 = -b_0 = \frac{1}{2}b$ : Գումարային հոսանքը ստացվում է  $\frac{11}{15}$  Ա, ուրեմն և որոնվող դիմադրությունը՝  $\frac{15}{11}$  Օմ:

Այժմ դեկավարվենք ցուցումով և փորձենք մանրամասնել նրանում առաջարկված քայլերը՝ նշանակելով  $a_0 - b_0 = b$  Վ: Ընտրենք ճյուղերի հոսանքները ըստ նկ.2-ի:



Նկ.2.

Շղթայի հետազոտվող տեղամասում  $A_1$  և  $A_2$  կետերին առնչվող հոսանքները բավարարում են  $i_{01} - i_{12} - i'_{12} = 0$  և  $i_{12} + i_{22} - i_{20} - i'_{21} = 0$  հավասարումներին: Հաշվի առնելով, որ ճյուղերի դիմադրությունները հավասար են մեկական Օմ-ի, և հոսանքները թվապես հավասարվում են ճյուղերում առկա լարումներին, ստանում ենք հետևյալ համակարգը.

$$\begin{cases} (a_0 - a_1) - (a_1 - a_2) - (a_1 - b_2) = 0, & (1) \end{cases}$$

$$\begin{cases} (a_1 - a_2) + (b_2 - a_2) - (a_2 - b_0) - (a_2 - b_1) = 0: & (2) \end{cases}$$

Առաջինից ունենք  $a_1 = \frac{a_0}{3} = \frac{b}{6}$ , երկրորդից՝  $a_2 = -\frac{a_0}{5} = -\frac{b}{10}$ :

Ստանանք  $A_0$  կետով ընթացող հոսանքի գումարային մեծությունը՝ կախված  $b$  լարումից.

$$i_0 = i_{01} + i_{02} = (a_0 - a_1) + (a_0 - b_2) = \left(\frac{b}{2} - \frac{b}{6}\right) + \left(\frac{b}{2} - \frac{b}{10}\right) = \frac{1}{3}b + \frac{2}{5}b = \frac{5+6}{15}b = \frac{11}{15}b:$$

Խնդրում որոնվող դիմադրությունն է՝  $\frac{b}{i_0}$ , ինչից և ստանում ենք ակնկալվող  $15/11$  Օմ

պատասխանը: Նկատենք, որ այս լուծման մեջ հենակետային դարձած առանձնահատկությունը նրանումն էր, որ պայմանական գրոյական պոտենցիալը  $A_2B_2$  հատվածի միջնակետումն է, և հնարավոր է նրա շուրջը գծագրի հարթության մեջ  $\pi$  ռադիանով պտույտ: Եթե չունենք այլընտրանքային լուծում, կարելի է ավարտել այս քննարկումը:

Դիցուք դուք տեղեկացված չէք բնագրի թվով 12-րդ վերահրատարակման մասին, սակայն մի առիթով ծանոթացել եք նկ.1-ի գծագրին: Օրինակ, հանդիպում ենք [2]-ում բարդ շղթայի հետազոտման խնդրի (հեղինակն է համարվում Անդրեյ Սախարովը), որում բերվում է միայն պատասխանը, ինչպես նաև նշվում խնդրի նրբագեղ լուծման գոյությունը՝ ստացված համաչափություններից: Այդ պահից ձեզ դժվար է չփորձել անձնապես վերագտնել հեղինակի մտքի ընթացքը:

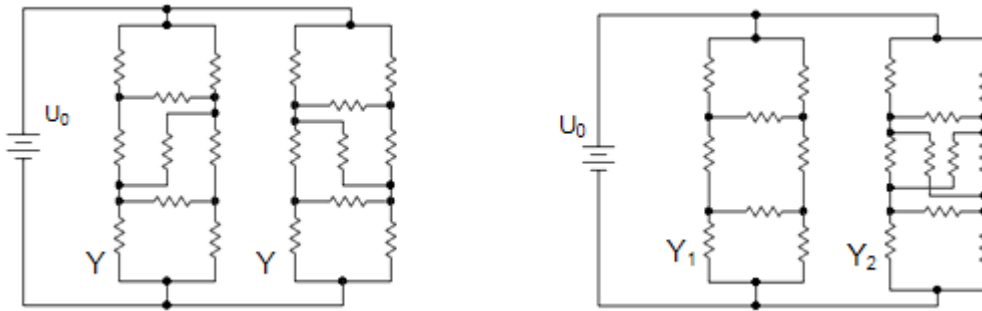
Զննում ենք խնդիրը, և սկսում են ուրվագծվել արդյունքներ, որոնք գուցե և ինքնատիպ են: Չէ որ այս պարագայում ոչ լուծումը և ոչ էլ ցուցումը մեզ հայտնի չեն:

Դիտարկենք վերլուծության մի տարբերակը՝ նկ.3-ում ներկայացվող ձևով:

Պոտենցիալների  $U_0$  (օրինակ,  $U_0 = 12$  Վ) տարբերությամբ երկու հորիզոնական հո-

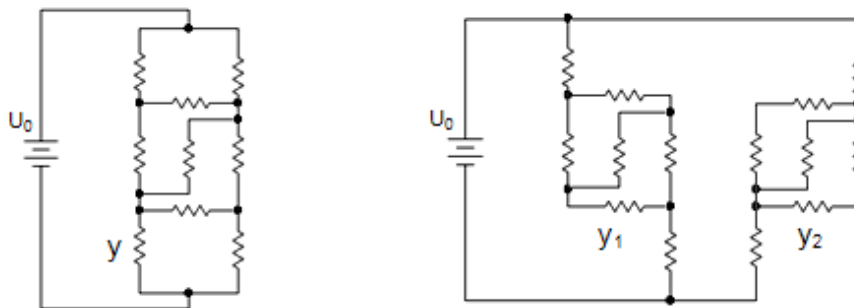
սանքագծերի միջև ձախից կառուցում ենք տրված շղթան և նրա հայելային արտապատկերումը (նմանակը): Յուրաքանչյուրի դիմադրությունն է  $R$ , հաղորդա-կանությունը՝  $Y = 1/R$ : Չույզի արդյունարար հաղորդականությունն է  $2Y$ : Միաժամանակ այդ գումարային հաղորդականությունը հավասար է երկու փոփոխված շղթաների, որոնք տրված են աջից, հաղորդականությունների գումարին՝  $Y_1 + Y_2$ : Այդ շղթաների դիմադրություններն են  $R_1 = 3/2$  և  $R_2 = 5/4$ , հաղորդականությունները՝  $Y_1 = 1/R_1 = 2/3$  և  $Y_2 = 1/R_2 = 4/5$ :

Տեղի ունի  $Y = \frac{1}{2}(Y_1 + Y_2) = \frac{1}{2}\left(\frac{2}{3} + \frac{4}{5}\right) = \frac{1}{2}\left(\frac{10+12}{15}\right) = \frac{11}{15}$ , որտեղից՝  $R = 15/11$  Օմ:



Նկ.3.

Վերլուծության մյուս տարբերակը տալիս ենք նկ.4-ով:



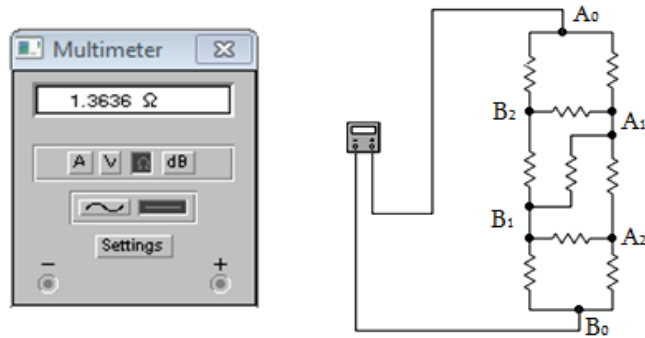
Նկ.4

Ձախ կողմում հետազոտվող շղթան է, որի դիմադրությունը և հաղորդականությունը կնշանակենք համապատասխանաբար  $r$  և  $y = 1/r$ : Նկարի աջ կողմում նույն շղթան տրոհված է ձյուղերի, որոնց համար՝  $y_1 = 1/r_1$  և  $y_2 = 1/r_2$ : Համաչափություններից պարզ է դառնում, որ  $r_1 = 3$ ,  $r_2 = 5/2$ : Դրա արդյունքում՝  $y = y_1 + y_2 = \frac{1}{3} + \frac{2}{5} = \frac{11}{15}$ : Որտեղից՝  $r = \frac{15}{11}$  Օմ:

Այս լուծումների առաջին քայլում կարևոր է օբյեկտի նպաստավոր կերպարանափոխումը: Այն բերվում է ավելի բարձր համաչափությամբ տեղամասերի համակցության: Օրինակ, աջակողմյան շղթաները նկ.3 և նկ.4-ում առանձին-առանձին օժտված են հայելային համաչափությամբ, ինչի հաշվին նրանց դիմադրությունները անմիջականորեն հաշվարկվում են: Հաջորդ քայլում կարևոր է դառնում վերադրելիության ընկալումը և օգտագործումը: Այս ուղին արդյունավետ է ինչպես շղթայի բարդեցման, այնպես էլ ավելի պարզ բաղադրիչների բերման տարբերակներում:

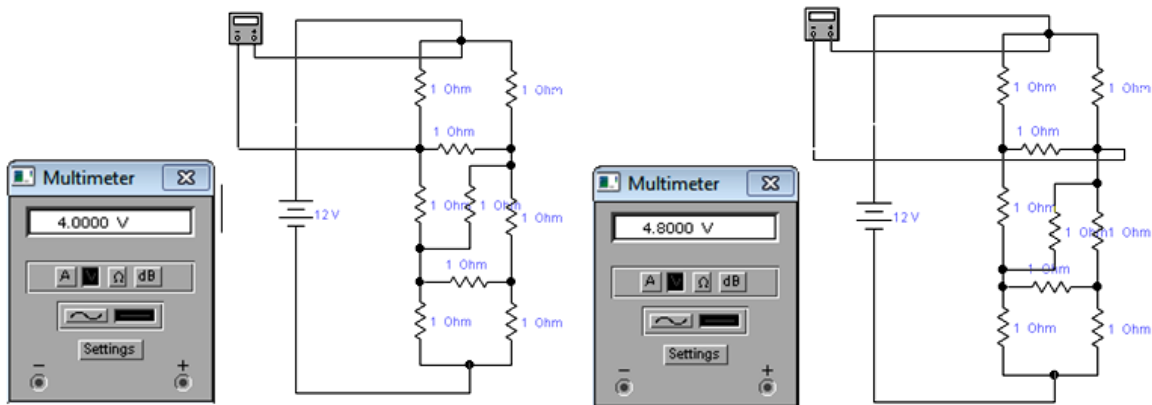
Խնդրի այսպիսի լուծումը կարելի է դարձնել պրակտիկումի նյութ և հանգեցնել համակարգվող չափումների: Օգտագործվում է վիրտուալ լաբորատորիայի EWB ծրագիրը՝ ըստ [2]-ի: Նրա շրջանակում բացահայտում ենք բարդ շղթայի առանձին տեղամասերի հոսանքները

և համապատասխան լարման անկումները: Վերջիններիս վերաբերող ցուցմունքները ընթերցվում են վիրտուալ մուլտիմետրի էկրանից: Կարելի է և անմիջապես պարզորոշել խնդրում որոնվող դիմադրությունը, ինչպես նկ.5.-ում:



Նկ.5.  $A_0 B_0$  տեղամասի դիմադրության չափման ցուցմունքը՝ 1,3636 Ω, հավասարվում է Ա.Դ.Սախարովի խնդրի պատասխանին:

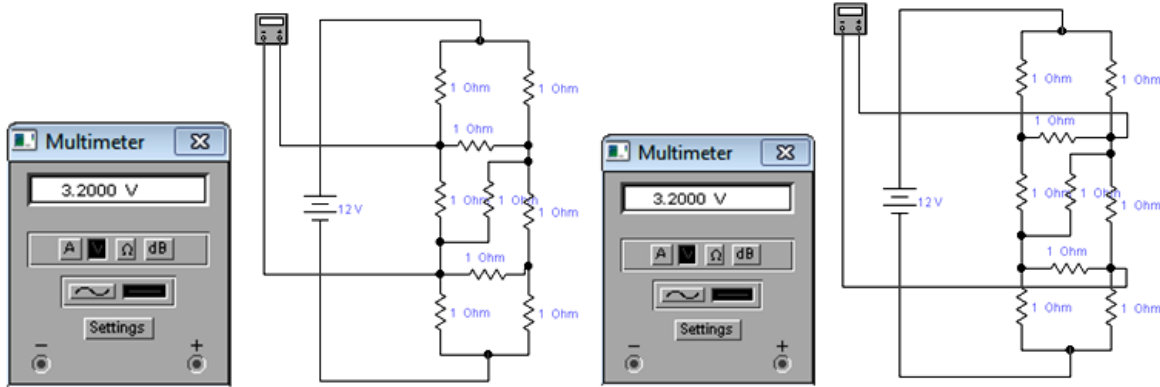
Անդրադառնանք տեղամասերի լարումները ներկայացնող ցուցմունքներին՝ ստացված բարդ շղթայի հանդիպակած ճյուղերի համար (նկ.6): Առաջին բջջի ձախից և աջից հետագոտումով ստացված են համապատասխանորեն 4,0 Վ և 4,8 Վ լարման անկումներ: Դրանք արդեն իսկ կրավարարեն խնդրի ճիշտ պատասխանի ստացմանը, եթե հաշվի առնվի նաև սնուցող աղբյուրի էլ.Չ.ու.-ն (12 Վ):



Նկ.6.Տեղամասերի լարումների չափումը մուլտիմետրի օգնությամբ:

Նկ.7-ի պարագայում երկու չափումներում ստացված են նույն 3,2 Վ մեծությունները:

Նախորդող չափման հետ համադրելիս դա թույլ է տալիս պարզել նաև լարման անկումը  $A_1 B_1$  անկյունագծով տեղակայված միջանկյալ ռեզիստորի վրա, իսկ ընդհանուր առմամբ՝  $B_2 A_2$ ,  $A_1 B_1$ ,  $A_2 B_0$  և  $B_1 B_0$  տեղամասերում:



Նկ.7. Երկողմանի չափումներ բարդ շղթայի միջնամասային օղակում, որոնցով որոշվում են  $B_2B_1$  և  $A_1A_2$  ճյուղերի վրա լարման անկումները:

Դիտարկելով նկ.7.-ի չափումների արդյունքը, ցանկալի է մեկնաբանել դրանցում միևնույն լարման ստացումը: Արդյոք չափված լարումների արժեքներով հաստատվում է Ա.Դ.Սախարովի կողմից օգտագործված համաչափությունը:

Ամփոփելով նկատենք, որ վերադրման սկզբունքը այս խնդրի պարագայում հնարավոր է դարձնում, որ բարդ շղթան բերվի ավելի պարզ ճյուղերի համակցության, որոնցից յուրաքանչյուրում համաչափության կարգը ավելի բարձր է: Իսկ EWB ծրագրը օգնում է յուրաքանչյուր բացահայտվող համաչափություն հաստատել նաև չափումներով:

**ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ**

1. Сахаров Д.И. Сборник задач по физике. Учеб. пособие для студентов пед. ин-тов. Изд. 12-е. М., «Просвещение», 1973г.
2. Кардашев Г.А. Виртуальная электроника. Компьютерное моделирование аналоговых устройств. Москва: Горячая линия-Телеком, 2002г., стр.36.

**Տվյալներ հեղինակների մասին.**

Մելս Մինասյան, ԱրԴՀ Ֆ/մ.գ.թ., դոցենտ  
[mels40@mail.ru](mailto:mels40@mail.ru),

Ա.Մ.Մինասյան  
[anshog@mail.ru](mailto:anshog@mail.ru)

Նողվածը տպագրության է նրաշխարհում լսմբագրական կոլեգիայի անդամ, ֆ.մ.գ.դ. - Ալեքսանյանը: