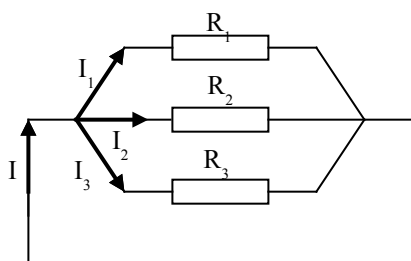


4. VEZIVANJE OTPORA I KIRHOFOVA PRAVILA (ZAKONI)

4.1. PRVI KIRHOFOV ZAKON

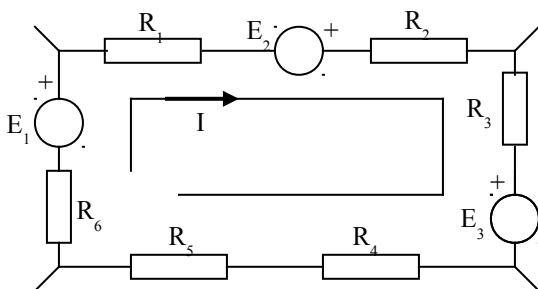


Prvi Kirhofov zakon govori o strujama u čvornom mestu (sl.3). On glasi: **Zbir svih struja koje ulaze u jaedn čvor jednak je zbiru svih struja koje iz njega izlaze.** To znači, za našu sliku:

$$I = I_1 + I_2 + I_3 \quad \text{ili} \quad I - I_1 - I_2 - I_3 = 0.$$

Što znači, da je algebarski zbir svih struja u čvornom mestu jednak 0, s tim da se struje koje ulaze u čvor označe sa +, a izlaze za predznakom -

4.2 DRUGI KIRHOFOV ZAKON



Da bi se drugi Kirhofov zakon mogao praktično primenjivati u praksi treba pre toga poznavati električne sile (veličine) koje teraju struju (elektrone) kroz električno kolo, slika 4, ili se pak njoj suprotstavljaju. To su:

1. elektromotorna sila E
2. kontraelektromotorna sila E_K i
3. elektrootporna E_R

Elektromotorna sila je sila koju stvara električni izvor. Zanimajući njom kroz kolo prolaze struja, jer je ona svojom potencijalnom razlikom (koja se stvara na izvoru usled pretvaranja neke neelektrične veličine u električnu) omogućila usmereno kretanje elektrona (od - ka +, sa tim da je tehnički smer obrnut, tj. od + ka -). Ona je istog smera kao i struja, pa se obeležava sa predznakom +.

Suprotno elektromotornoj sili postoji i **kontraelektromotorna sila** koja deluje suprotno od smera struje (tehnički smer) pa se ona obeležava sa predznakom -. Kontraelektromotorna sila se javlja kod motora (koji imaju suprotan proces rada), kao i kod izvora (generatora) koji se suprotno vežu (pogrešno) u odnosu na smer struje.

Kako se električni otpori suprotstavljaju prolasku električne struje, možemo konstantovati da će oni svojom nekom silom da se suprotstavljaju tom prolasku struje. Ta sila kojom se otpornik suprotstavlja prolasku električne struje naziva se **elektrootporna sila**. Elektrootporna sila je jednaka omskom padu napona, jer da bi se ova sila savladala na datom otporniku mora da deluje određeni napon (pad napona) koji je brojno jednak elektrootpornoj sili ali suprotnog smera. To znači da je elektrootporna sila jednaka:

$E_R = -I \cdot R = -U_R$. Ona je takođe obeležena sa predznakom -, jer se suprotstavlja prolasku struje.

Opšti je zaključak, da je samo elektromotorna sila pozitivna (istog je smera kao i struja), dok su druge dve negativne. Predznak + ili - može se odrediti i na osnovu potencijala, koji idući u smeru struje ili raste ili opada za datu električnu silu. **Ako potencijal raste idući u smeru struje sila je pozitivna, a ako opada sila je negativna.**

Konkretno za dato kolo na slici 4 sledi:

$$E_1 - I R_1 + E_2 - I R_2 - I R_3 - E_3 - I R_4 - I R_5 - I R_6 = 0$$

Navedeni izraz predstavlja **drugi Kirhofov zakon, koji glasi: ZBIR SVIH ELEKTRIČNIH SILA U ZATVORENOM KOLU (KONTURI) JEDNAK JE NULI, poštujući njihove predznake.**

Kako predhodnu jednačinu možemo napisati:

$$(E_1 + E_2) - E_3 = I R_1 + I R_2 + I R_3 + I R_4 + I R_5 + I R_6$$

E_1 i E_2 predstavljaju elektromotorne sile (potencijal raste idući u smeru struje),
 E_3 ... kontraelektromotorna sila (potencijal opada idući u smeru struje)
 $I R_1, I R_2, \dots, I R_6$... elektrotopne sile tj. omski pad napona (potencijal opada idući u smeru struje).
 Konačno, drugi Kirhofov zakon se može definisati i na sledeći način (zadnji obrazac), **algebarski zbir svih elektromotornih i kontraelektromotornih sila jednak je zbiru svih omskih padova napona u zatvorenoj konturi (petlji), odnosno zatvorenom kolu.**

Navedena definicija se može matematički napisati :

$$\Sigma E = \Sigma I R$$

4.2.VEZIVANJE OTPORA

Redna veza

Ako umesto E_1, E_2 i E_3 u kolu prema slici 9 priključimo samo jedan izvor koji daje napon U , tada drugi Kirhofov zakon za to kolo glasi:

$$U = I R_1 + I R_2 + I R_3 + I R_4 + I R_5 + I R_6 \quad / : I \Rightarrow U / I = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6 .$$

Sledi, **kod redne veze otpora ukupni (ekvivalentni) otpor je jednak zbiru pojedinačnih :**

$$R = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

a recipročna vrednost ekvivalentne provodnosti je jednaka zbiru recipročnih vrednosti pojedinačnih provodnosti:

Paralelna veza

Prema prvom Kirhofovom zakonu
 $I / U = 1 / R_1 + 1 / R_2 + 1 / R_3 \Rightarrow$

$$\frac{1}{G} = \frac{1}{G_1} + \frac{1}{G_2} + \dots + \frac{1}{G_n}$$

$$I_3 = U / R_1 + U / R_2 + U / R_3 \quad / : U$$

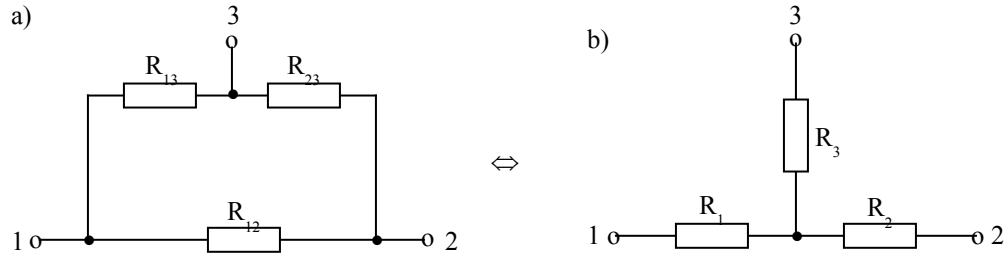
$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

$$G = G_1 + G_2 + \dots + G_n$$

Dakle, **kod paralelne veze, ukupna provodnost jednaka je zbiru pojedinačnih provodnosti.**

Mešovita veza , je kombinacija dveju predhodnih veza.

Veza u trougao i veza u zvezdu i njihova transformacija



Sl.5.

Transformacija je potrebna, kako bi se nakon nje olakšao postupak pri rešavanju zadatka.

Kod transformacije (pretvaranja) veze otpora u zvezdu u vezu u trougao i obrnuto, slika 5, važi opšte pravilo da otpor između stezaljki 1 - 2, 2 - 3 i 3 - 1 ostane konstantan za obe veze (ovo važi i za ostale veze). Primenjujući ovo pravilo dolazi se do sledećih izraza, pomoću kojih se direktno prelazi sa veze u trougao u vezu u zvezdu i obrnuto.:

$$R_{12} = R_1 + R_2 + \frac{R_1 \cdot R_2}{R_3}$$

$$R_{23} = R_2 + R_3 + \frac{R_2 \cdot R_3}{R_1}$$

$$R_{13} = R_1 + R_3 + \frac{R_1 \cdot R_3}{R_2}$$

$$R_1 = \frac{R_{12} \cdot R_{13}}{R_{12} + R_{23} + R_{13}}$$

$$R_2 = \frac{R_{12} \cdot R_{23}}{R_{12} + R_{23} + R_{13}}$$

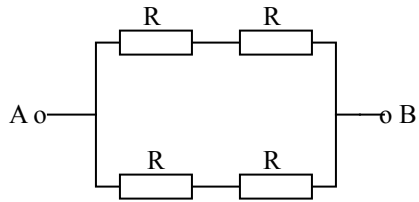
$$R_3 = \frac{R_{13} \cdot R_{23}}{R_{12} + R_{23} + R_{13}}$$

gde su:

- $R_{12}, R_{23}, R_{13} \dots$ otpori u trouglu, slika 5 a)
- R_1, R_2 i $R_3 \dots$ otpori u zvezdi, slika 5 b).

ZADACI:

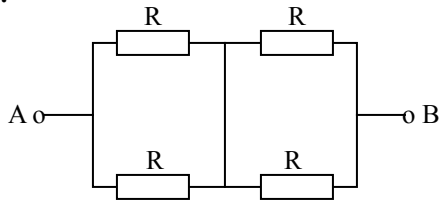
4.1.



Sl.4.1.

Koliki je ekvivalentni otpor, prema sl. 4.1 ?

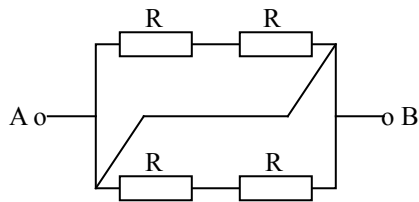
4.2.



Sl.4.2.

Koliki je ekvivalentni otpor prema sl.4.2 ?

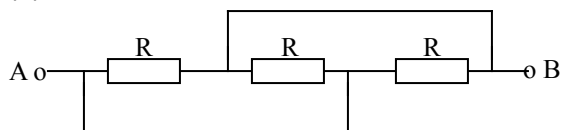
4.3.



Sl.4.3.

Koliki je ekvivalentni otpor prema sl.4.3 ?

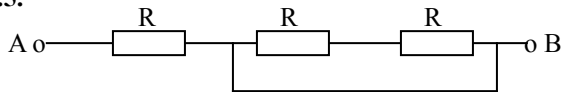
4.4.



Sl.4.4.

Koliki je ekvivalentni otpor prema sl.4.4 ?

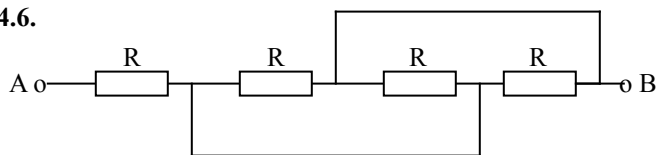
4.5.



Sl.4.5.

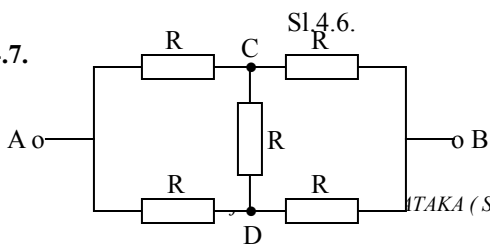
Koliki je ekvivalentni otpor prema sl.4.5 ?

4.6.



Koliki je ekvivalentni otpor prema sl.4.6 ?

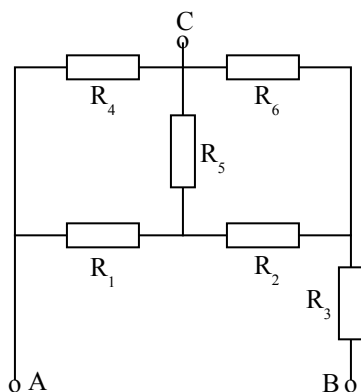
4.7.



Sl.4.7.

Koliki je ekvivalentni otpor, između tačaka A i B; na slici 4.7 ?

4.8.



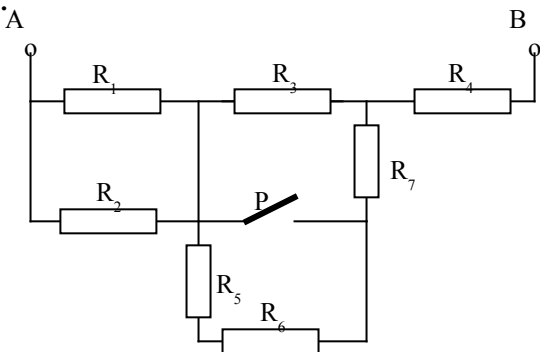
Sl.4.8.

Kolika je ekvivalentna otpornost, prema Slici 4.8, između tačaka:

- A i C,
- B i C i
- A i B

Brojni podaci: $R_1 = 1\ \Omega$; $R_2 = 2\ \Omega$; $R_3 = 5\ \Omega$;
 $R_4 = 6\ \Omega$; $R_5 = 3\ \Omega$ i $R_6 = 4\ \Omega$.

4.9.



Sl.4.9.

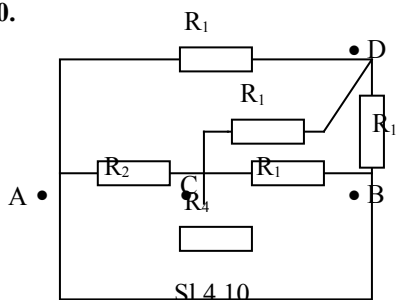
U kolu na slici 4.9. poznato je:

$R_1 = 300\ \Omega$; $R_2 = 600\ \Omega$; $R_3 = 600\ \Omega$;
 $R_4 = 180\ \Omega$; $R_5 = 200\ \Omega$; $R_6 = 400\ \Omega$;
 $R_7 = 300\ \Omega$.

Koliki je ekvivalentni otpor između tačaka A i B, kada je:

- P otvoren;
- P zatvoren.

4.10.

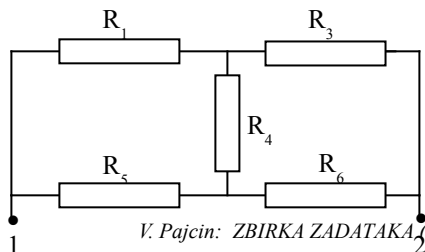


Sl.4.10.

Ako se za tačke A i B grupe od 5 otpornika prikazane na sl.19. priključi otpornik otpornosti R_4 , ekvivalentna otpornost između tačaka A i B iznosi R_e . Kolika će biti otpornost R_2 ako je:

$R_1 = 9\ \Omega$; $R_4 = 2,2\ \Omega$; $R_e = 1,716\ \Omega$

4.11.



V. Pajcin: ZBIRKA ZADATAKA, SA 1

Sl.4.11.

Četiri otpornika poznate otpornosti vezani su kao što je prikazano na slici 4.11. Ako je ekvivalentna otpornost između tačaka 1 i 2 R_{12} , odrediti nepoznatu otpornost R_5 .

Brojni podaci: $R_1 = 2\ \Omega$; $R_3 = 100\ \Omega$; $R_4 = 40\ \Omega$;
 $R_5 = 60\ \Omega$; $R_{12} = 42,7\ \Omega$.