ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

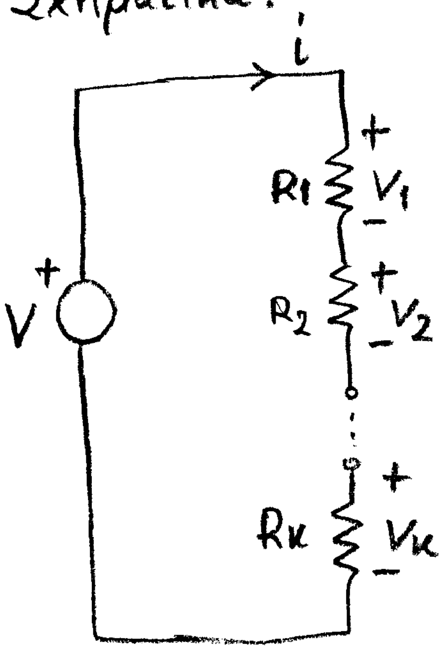
ΒΟΗΘΗΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΙΛΥΣΗΣ ΗΛ ΔΙΚΤΥΩΝ

7.1) Διαιρέτης τάσεως

Είναι ενας χρήσιμος κανόνας (ενα "εργαλειο") που βοηθάει πολύ στην ανάλυση ηλ δικτύων.

Εφαρμόζεται οταν εχουμε αντιστάσεις συνδεδεμενες εν σειρά (διαρρεόμενες από το ίδιο ρεύμα i)

Σχηματικά:



η τάση V κατανεμεται (διαιρειται) στις τάσεις $V_1, V_2, \ldots, V_k$ και βέβαια ισχυει

$$V = V_1 + V_2 + \ldots + V_k$$

Με ποιον τρόπο κατανεμεται;

Σκεπτικό: θα είναι $i = \dfrac{V}{R_1 + R_2 + \ldots + R_k}$

και $V_1 = i R_1 = V \dfrac{R_1}{R_1 + R_2 + \ldots + R_k}$

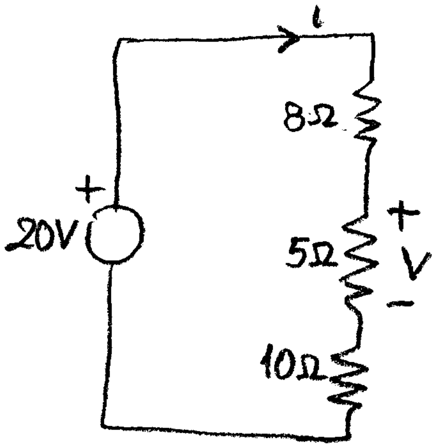
$$V_2 = i R_2 = V \frac{R_2}{R_1 + R_2 + \ldots + R_k}$$

$$\vdots$$

$$V_k = i R_k = V \frac{R_k}{R_1 + R_2 + \ldots + R_k}$$

Παραδείγματα εφαρμογής του διαιρέτη τάσεως

1) Στο δίκτυο του σχήματος υπολογίστε την τάση V

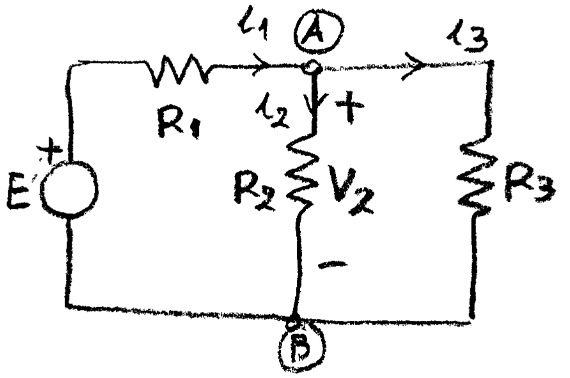


Προφανώς

$$V = 20\frac{5}{8+5+10} = 20\cdot\frac{5}{23}$$

$$\Rightarrow V = 4.348 \text{ Volts}$$

2) Στο δίκτυο του σχήματος είναι σωστή η σχέση



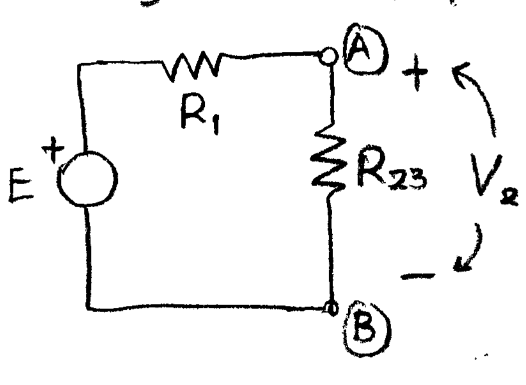
$$V_2 = E\frac{R_2}{R_1+R_2} \;;$$

Απ/ <u>ΔΕΝ</u> είναι σωστή

διότι οι R_1 και R_2 ΔΕΝ διαρρέονται από το ίδιο ρεύμα – <u>ΔΕΝ</u> είναι εν σειρά!

Πως θα βρούμε την τάση V_2 εφαρμόζοντας τον κανόνα του διαιρέτη τάσεως;

<u>Απάντηση:</u> η R_2 είναι παράλληλα συνδεδεμένη με την R_3 (έχουν κοινή τάση στα άκρα τους, προφανώς την τάση V_2) άρα ξανασχεδιάζουμε το δίκτυο



εδώ $R_{23} = R_2 // R_3 = \dfrac{R_2 R_3}{R_2+R_3}$

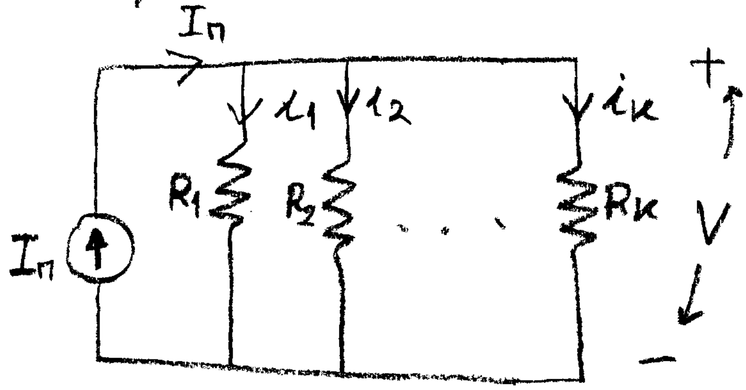
και $V_2 = E\dfrac{R_{23}}{R_1+R_{23}}$

σωστή σχέση! ⌋ 3h

7.2) Διαιρέτης ρεύματος

Αναφέρεται στην περίπτωση που έχουμε αντιστάσεις συνδεδεμένες παράλληλα (έχουν κοινή τάση V)

Σχηματικά



Το ολικό ρεύμα I_Π κατανέμεται στα ρεύματα

$i_1, i_2, \ldots, i_K$

και ισχύει $I_\Pi = i_1 + i_2 + \ldots + i_K$

Με ποιόν τρόπο κατανέμεται;

Σκεπτικό: Θα είναι $V = I_\Pi \cdot R_{ισ} \Rightarrow V = I_\Pi \cdot \dfrac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \ldots + \frac{1}{R_K}}$

(διότι $\dfrac{1}{R_{ισ}} = \dfrac{1}{R_1} + \dfrac{1}{R_2} + \ldots + \dfrac{1}{R_K}$)

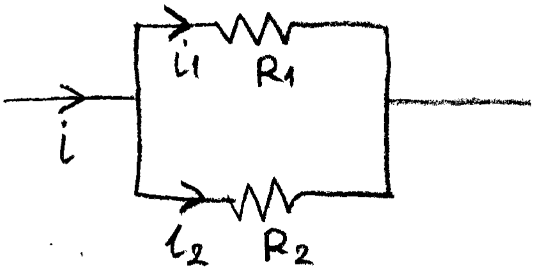
άρα $i_1 = \dfrac{V}{R_1} = V \cdot \dfrac{1}{R_1} = I_\Pi \dfrac{\frac{1}{R_1}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \ldots + \frac{1}{R_K}}$

όμοια $i_2 = I_\Pi \dfrac{\frac{1}{R_2}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \ldots + \frac{1}{R_K}}$

$\vdots$

$i_K = I_\Pi \dfrac{\frac{1}{R_K}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \ldots + \frac{1}{R_K}}$

Ειδική περίπτωση $K=2$ (εύρεση τύπου)



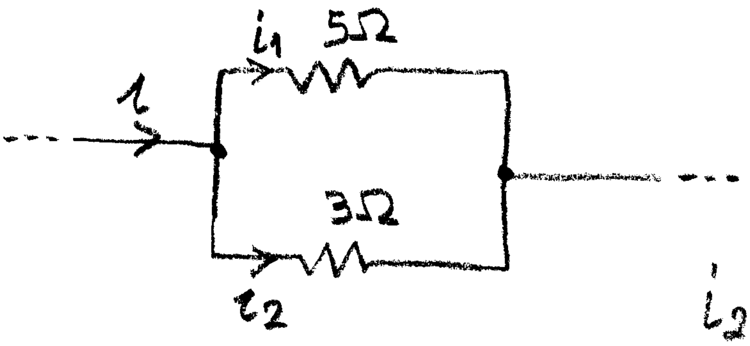
Εδώ ισχύει

$$i_1 = i \frac{\frac{1}{R_1}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} = i \frac{\frac{1}{R_1}}{\frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2}}$$

ή $\boxed{i_1 = i \frac{R_2}{R_1 + R_2}}$

αντίστοιχα $\boxed{i_2 = i \frac{R_1}{R_1 + R_2}}$

Εφαρμογή:



αν $i = 2A$

υπολογίστε το ρεύμα i_2

$$i_2 = 2 \frac{5}{5+3} = 1.25A$$

και $i_1 = 2 \frac{3}{5+3} = 0.75A$

Προφανώς $i_1 + i_2 = i = 2\,A$

7.3) Θεώρημα Επαλληλίας (ή Θεωρ. Υπερθέσεως)

Είναι ενα πολύ βασικο θεώρημα στην θεωρια κυκλωμάτων αλλα και γενικότερα στην Η/Μ θεωρια

- Για την θεωρία κυκλωμάτων διατυπωνεται ως εξής:

„ Σε ενα ηλ. δίκτυο που έχει περισσότερες απο μια ηλ πηγες (2, 3... κλπ) η τάση και το ρευμα σε καθε κλαδο του δικτύου μπορεί να γραφει ως άθροισμα n - συνιστωσων οπου n ο αριθμος των πηγών Η καθε συνιστώσα (τάσεως ή ρεύματος) οφειλεται στην "δράση„ μιας μονο πηγής ενω οι υπολοιπες πηγες "μηδενοποιουνται. „ (ΠΡΟΣΟΧΗ! Το Θεωρ Επαλληλιας ΔΕΝ ΙΣΧΥΕΙ για την ισχυ!)

- Τι σημαινει „μηδενοποίηση„ πηγής;

Για ιδανικη πηγη τάσεως → αντικατάσταση με βραχυκύκλωμα

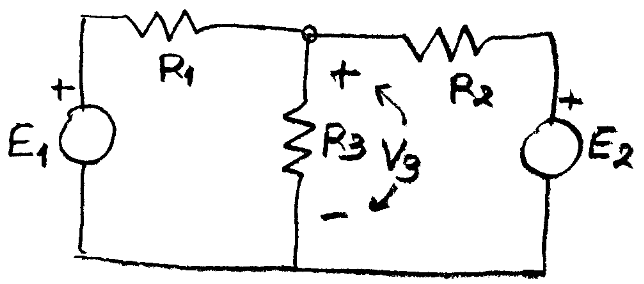
Για ιδανικη πηγη ρεύματος → αντικατάσταση με ανοικτοκύκλωμα

Το θεώρημα αυτό ειναι πολύ χρήσιμο στις εφαρμογές και εκφράζει μια θεμελιωδη αρχή.

Ακολουθούν παραδείγματα

Παράδειγμα 1

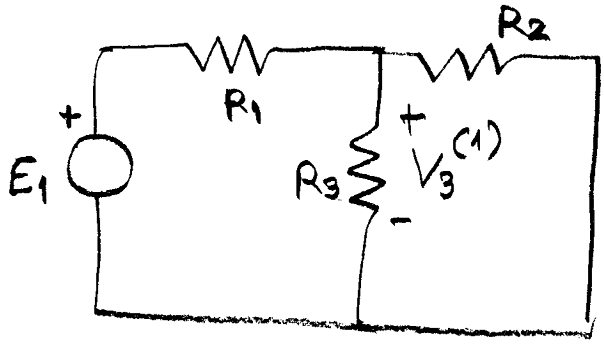
Έστω το ηλ. δίκτυο



υπολογίστε την τάση V_3 με εφαρμογή του θεωρ. Επαλληλίας

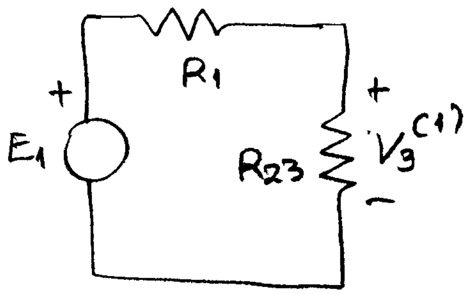
Απ/

1) Δρά μόνον η E_1 (η E_2 βραχυκυκλώνεται)



εδώ ονομάζουμε την τάση στην R_3, $V_3^{(1)}$

υπολογίζουμε την $V_3^{(1)}$ π.χ με διαιρέτη τάσης



η $R_{23} = R_2 // R_3 = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}$

(οι R_2 και R_3 είναι παράλληλα συνδεδεμένες)

άρα

$$V_3^{(1)} = E_1 \frac{R_{23}}{R_1 + R_{23}}$$

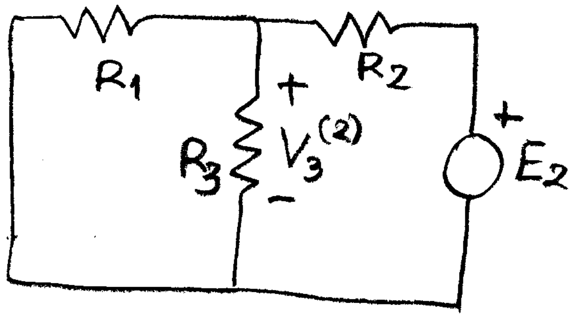
ή

$$V_3^{(1)} = E_1 \frac{\frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}}{R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}} = E_1 \frac{\frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}}{\frac{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3}{R_2 + R_3}}$$

άρα

$$\boxed{V_3^{(1)} = E_1 \frac{R_2 R_3}{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3}}$$

2) Δρά μόνον η E_2 (η E_1 βραχυκυκλώνεται)

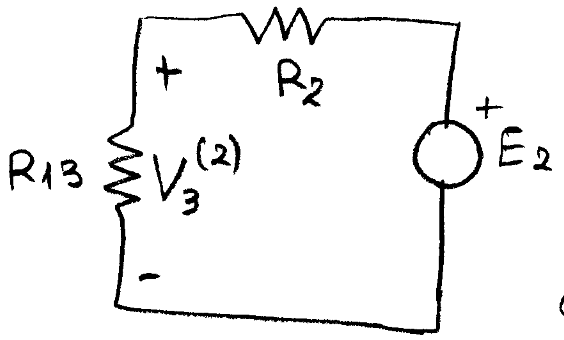


εδώ ονομάζουμε την τάση στην R_3, $V_3^{(2)}$

υπολογίζουμε την $V_3^{(2)}$ πάλι με διαιρέτη τάσεως

Τώρα $R_1 // R_3$ και $R_{13} = \dfrac{R_1 R_3}{R_1 + R_3}$

άρα



$$V_3^{(2)} = E_2 \frac{\dfrac{R_1 R_3}{R_1 + R_3}}{R_2 + \dfrac{R_1 R_3}{R_1 + R_3}}$$

άρα $$V_3^{(2)} = E_2 \frac{\dfrac{R_1 R_3}{R_1 + R_3}}{\dfrac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_1 R_3}{R_1 + R_3}}$$

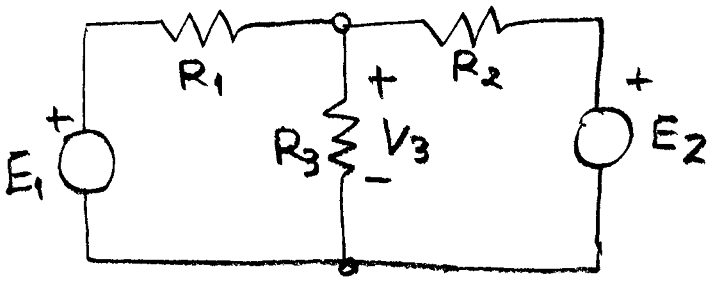
ή $$V_3^{(2)} = E_2 \frac{R_1 R_3}{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_1 R_3}$$

Άρα τελικά

$$V_3 = V_3^{(1)} + V_3^{(2)} = E_1 \frac{R_2 R_3}{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3} + E_2 \frac{R_1 R_3}{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3}$$

Παρατήρηση

αν υπολογίζαμε απ' ευθείας την τάση V_3 με εφαρμογή του θεωρ. Millman θα είχαμε:



$$V_3 = \frac{\frac{E_1}{R_1} + \frac{E_2}{R_2}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}} = \frac{\frac{R_2E_1 + R_1E_2}{R_1R_2}}{\frac{R_2R_3 + R_1R_3 + R_1R_2}{R_1R_2R_3}}$$

$$\Rightarrow \boxed{V_3 = \frac{R_2R_3E_1 + R_1R_3E_2}{R_1R_2 + R_1R_3 + R_2R_3}}$$

Βρήκαμε προφανώς το ίδιο αποτέλεσμα

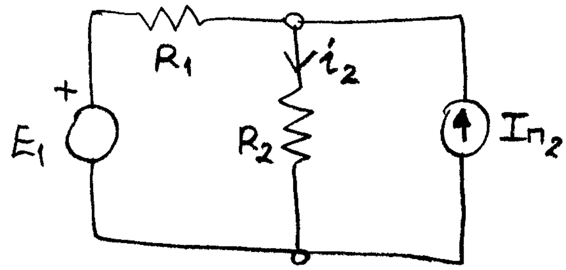
Σημείωση - Παρατήρηση

Στο συγκεκριμένο παράδειγμα ίσως να φαίνεται ότι το θεωρ Millman βρίσκει πιο γρήγορα την λύση, και αυτό είναι σωστό.

Παρ' όλα αυτά δεν μειώνεται η μεγάλη σημασία του θεωρήματος επαλληλίας!

Παράδειγμα 2

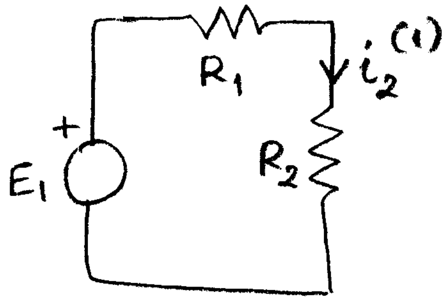
Έστω το ηλ. δίκτυο



- Υπολογίστε το ρεύμα i_2 με εφαρμογή του θεωρήματος επαλληλίας

Απ/

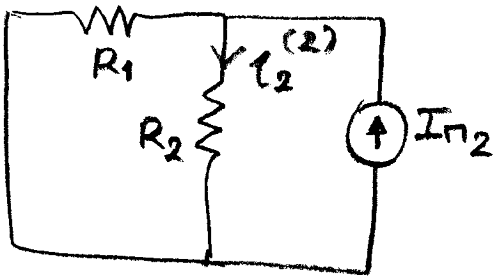
1) Δρα μόνον η E_1 (η I_{π_2} ανοικτοκυκλώνεται)



Προφανώς

$$i_2^{(1)} = \frac{E_1}{R_1+R_2}$$

2) Δρα μόνον η I_{π_2} (η E_2 βραχυκυκλώνεται)



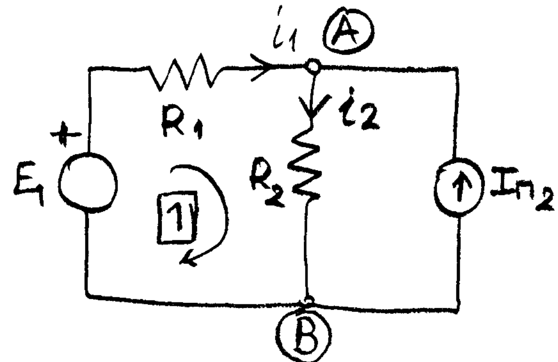
Εφαρμόζουμε διαιρέτη ρεύματος

$$i_2^{(2)} = I_{\pi_2}\frac{R_1}{R_1+R_2}$$

άρα

$$\boxed{i_2 = i_2^{(1)} + i_2^{(2)} = \frac{E_1}{R_1+R_2} + I_{\pi_2}\frac{R_1}{R_1+R_2}}$$

Απ' ευθείας λύση (χωρίς εφαρμογή θεωρ. Επαλληλίας)



Π.χ. εφαρμόζουμε κανόνες Kirchhoff

Θεωρώ αγνώστους τα i_1, i_2 μόνον (γιατί;)

$$\left.\begin{array}{ll} \text{N.P.K. (A)} & i_1 - i_2 + I_{n_2} = 0 \\ \text{N.T.K. } \boxed{1} & -E_1 + i_1 R_1 + i_2 R_2 = 0 \end{array}\right\}$$

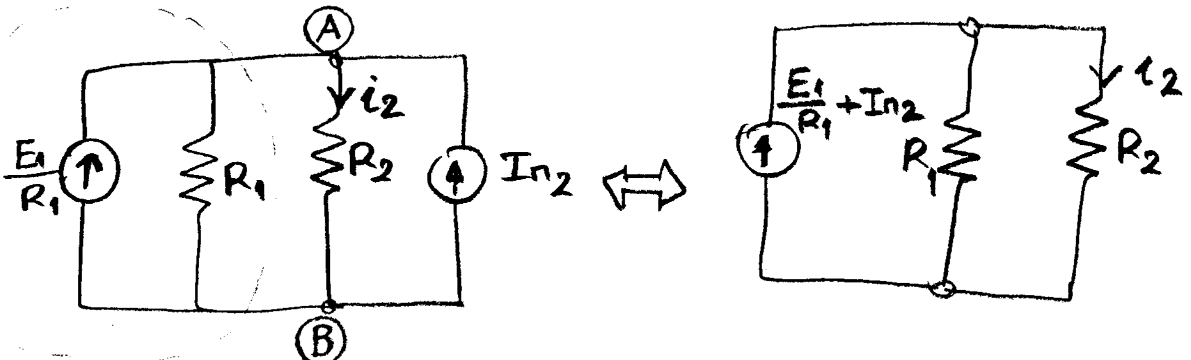
ή

$$\left.\begin{array}{l} i_1 - i_2 = -I_{n_2} \\ i_1 R_1 + i_2 R_2 = E_1 \end{array}\right\}$$

άρα $$\boxed{i_2 = \frac{E_1 + R_1 I_{n_2}}{R_1 + R_2}}$$ προφανώς η ίδια λύση

- Μπορείτε να σκεφθείτε άλλους τρόπους επίλυσης;

(Πχ το δίκτυο γράφεται ισοδύναμα:



$$i_2 = \left(\frac{E_1}{R_1} + I_{n_2}\right)\frac{R_1}{R_1 + R_2} = \left(\frac{E_1 + R_1 I_{n_2}}{R_1}\right)\frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

$$\Rightarrow i_2 = \frac{E_1 + R_1 I_{n_2}}{R_1 + R_2}\;)$$

ή

17.4) Εφαρμογές όλων των προηγουμένων στην επίλυση ηλεκτρικών δικτύων

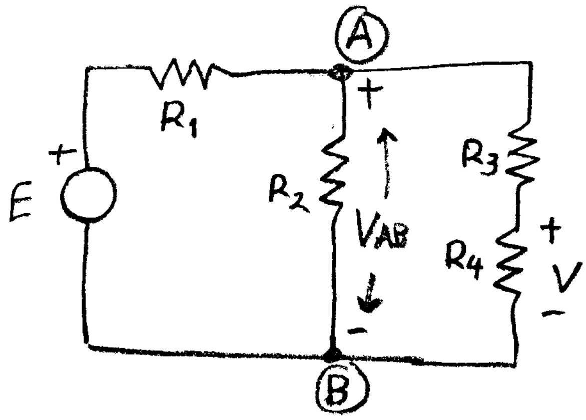
Στα επόμενα θα ασχοληθούμε με ένα αριθμό εφαρμογών επιλύσεως ηλ δικτύων όπου θα κάνουμε χρήση όλων των "εργαλείων" που προαναφέρθηκαν

Δηλαδή:

- Μετασχηματισμοί πηγών (τάσεως ⟷ ρεύματος)
- Θεωρ. Millman και δυαδικό
- Διαιρέτης τάσεως και ρεύματος
- Θεωρ επαλληλίας

Εφαρμογή (1)

Στο δίκτυο του σχήματος υπολογίστε την τάση V στα άκρα της R_4



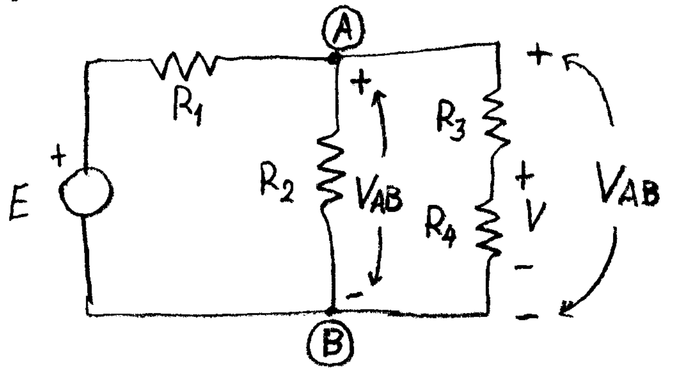
Οι τιμές των E, R_1, R_2, R_3 R_4 θεωρούνται γνωστές

Λύση/

Εφαρμόζουμε την βέλτιστη μεθοδολογία επίλυσης.

Αρχικά υπολογίζουμε την τάση V_{AB} με εφαρμογή του θεωρήματος Millman

Θα εχουμε:



$$V_{AB} = \frac{\frac{E}{R_1}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3+R_4}} = \frac{\frac{E}{R_1}}{\frac{R_2(R_3+R_4)+R_1(R_3+R_4)+R_1R_2}{R_1R_2(R_3+R_4)}}$$

η τάση V_{AB} εφαρμόζεται στα άκρα της R_2 βεβαια, αλλά επίσης και στα άκρα του έν σειρά συνδυασμου των R_3 και R_4

Αρα εφαρμόζωντας διαιρέτη τάσεως υπολογίζουμε αμέσως την τάση V

$$\left.\begin{array}{l} V = V_{AB}\dfrac{R_4}{R_3+R_4} \\ \text{οπου} \quad V_{AB} = \dfrac{E R_2 (R_3+R_4)}{(R_3+R_4)(R_1+R_2)+R_1R_2} \end{array}\right\}$$

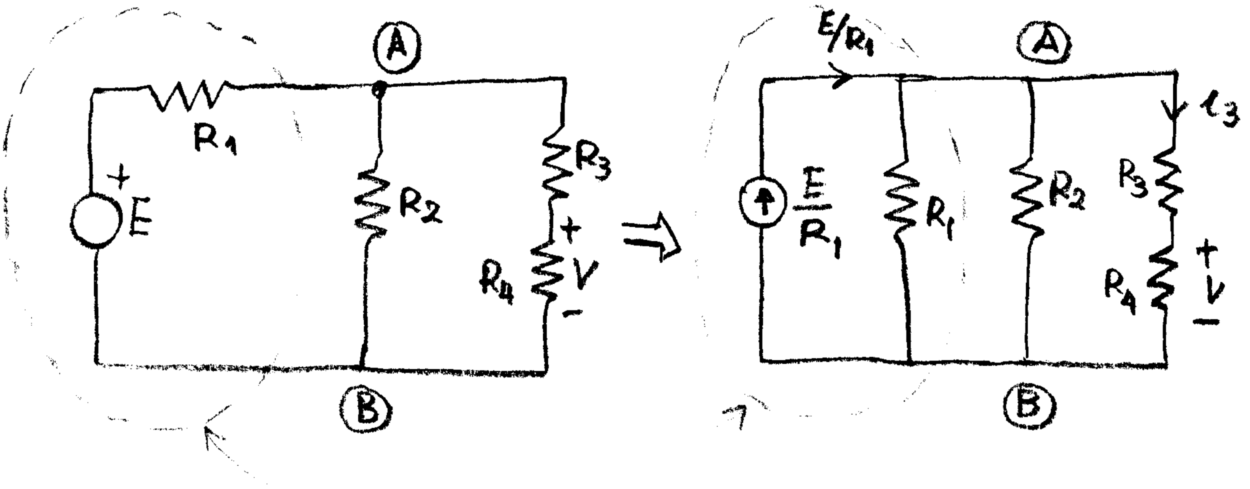
αρα τελικά

$$\boxed{V = \frac{E \cdot R_2 \cdot R_4}{(R_3+R_4)(R_1+R_2)+R_1R_2}}$$

Παρακάτω θα δείξουμε εναν αλλο τρόπο ευρεσης της V κάπως πιο περίπλοκο.

β' τρόπος

Μετατρέπουμε την πηγή τάσεως E εν σειρά με την R_1 σε πηγή ρεύματος



Παρατηρούμε ότι το ρεύμα $\frac{E}{R_1}$ που δίνει η πηγή ρεύματος μοιράζεται σε 3 μέρη.

Εμάς μας ενδιαφέρει το i_3 που διαρρέει την R_4 διότι $V = i_3 R_4$

Εφαρμόζουμε διαιρέτη ρεύματος και υπολογίζουμε το i_3

$$i_3 = \frac{E}{R_1} \frac{\frac{1}{R_3+R_4}}{\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3+R_4}}$$

ή

$$i_3 = \frac{\frac{E}{R_1(R_3+R_4)}}{\frac{R_2(R_3+R_4)+R_1(R_3+R_4)+R_1R_2}{R_1R_2(R_3+R_4)}}$$

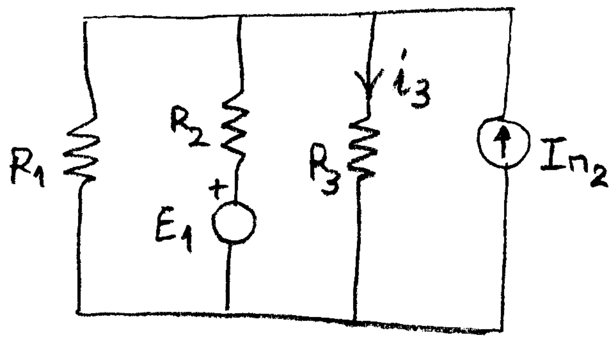
άρα $$i_3 = \frac{E \cdot R_2}{(R_3+R_4)(R_1+R_2)+R_1R_2}$$ και $V = i_3 R_4$

άρα $$\boxed{V = \frac{E \cdot R_2 \cdot R_4}{(R_3+R_4)(R_1+R_2)+R_1R_2}}$$

προφανώς ίδιο αποτέλεσμα

Εφαρμογη (2)

Στο δίκτυο του σχήματος υπολογίστε το ρεύμα i_3



Διδονται οι τιμές

$R_1 = 20\Omega$
$R_2 = 4\Omega$
$R_3 = 10\Omega$
$E_1 = 12V$, $I_{n_2} = 0.5A$

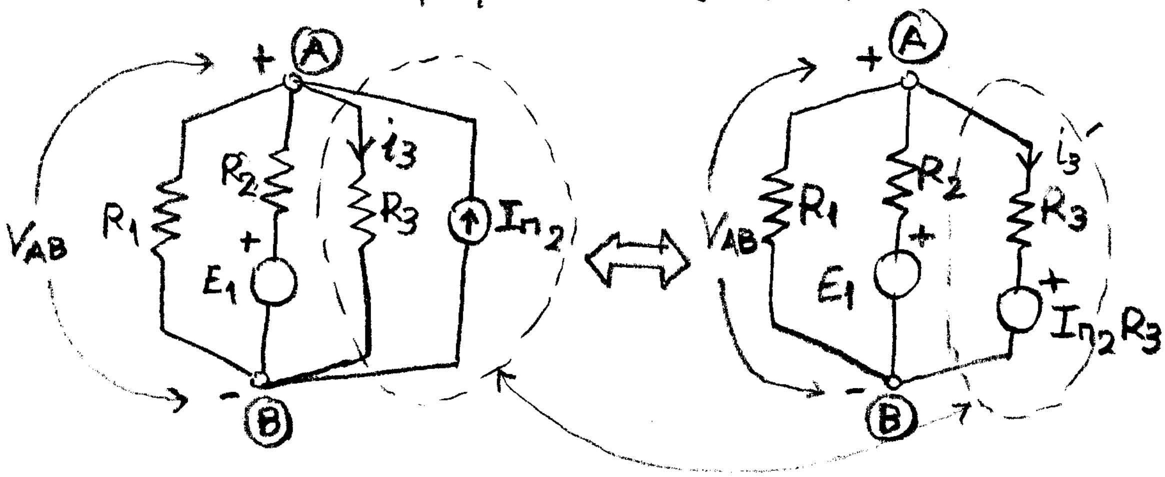
Λύση

Όπως σε καθε πρόβλημα ανάλυσης δικτύου υπαρχουν πολλοί τρόποι επίλυσης

Αναφέρουμε παρακάτω έναν.

Μετατρέπουμε την πηγή ρεύματος I_{n_2} παρ/λα με την R_3 σε πηγη τάσεως

Ξανασχεδιάζουμε το δίκτυο:

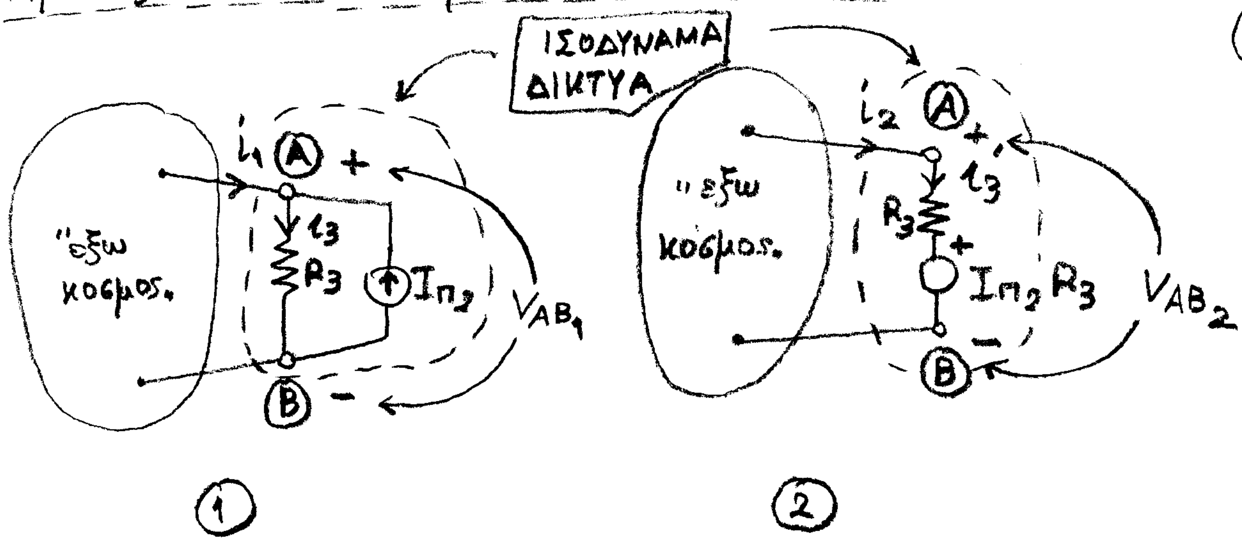


στα 2 ανωτέρω δίκτυα η τάση V_{AB} είναι προφανώς η ΙΔΙΑ

ΠΡΟΣΟΧΗ ΟΜΩΣ! το ρεύμα i_3 ΔΕΝ είναι ίσο με το ρεύμα i_3'. Γιατί;

Παρακάτω δίδεται η απάντηση...

Προσέξτε τα παρακάτω σχήματα



Προφανώς θα ισχύουν οι σχέσεις

$$i_1 = i_2$$
$$V_{AB_1} = V_{AB_2}$$

λόγω της ισοδυναμίας

Παρατηρούμε αμέσως ότι

$$\left.\begin{aligned} i_1 - i_3 + I_{n_2} = 0 \Rightarrow i_1 = i_3 - I_{n_2} \\ i_2 = i_3' \end{aligned}\right\}$$

άρα εφ' όσον $i_1 = i_2 \Rightarrow i_3 - I_{n_2} = i_3'$

η σχέση μεταξύ i_3 και i_3'

Επίσης: $V_{AB_1} = i_3 R_3$

και $V_{AB_2} = i_3' R_3 + I_{n_2} R_3 = (i_3 - I_{n_2}) R_3 + I_{n_2} R_3$

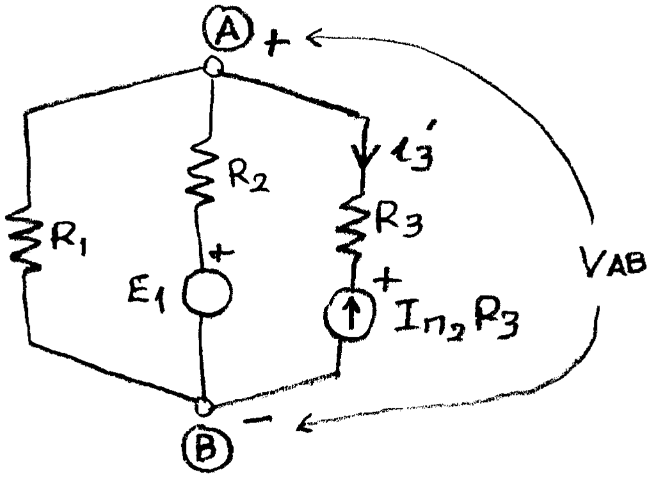
$$\Rightarrow V_{AB_2} = R_3 i_3 = V_{AB_1}$$

επαληθεύεται

Τονίζουμε για μια ακόμη φορά:

- Η ισοδυναμία είναι ως προς τον "έξω κόσμο" και όχι ΜΕΣΑ στα ισοδύναμα δίκτυα

Επανερχόμαστε τώρα στο πρόβλημα μας.



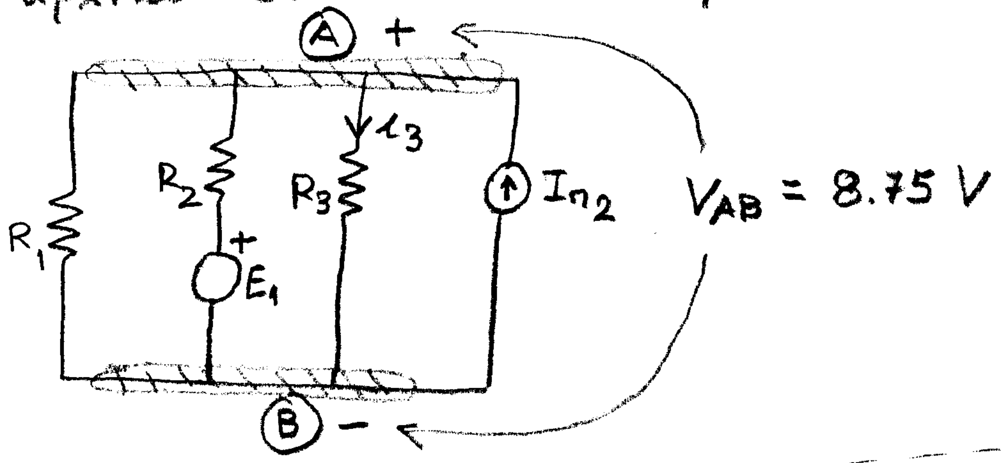
Με εφαρμογη θεωρ Millman υπολογίζουμε την V_{AB}

$$V_{AB} = \frac{\frac{E_1}{R_2} + \frac{I_{n_2} R_3}{R_3}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$$

αντικαθιστω τιμές

$$V_{AB} = \frac{\frac{12}{4} + \frac{0.5 \cdot 10}{10}}{\frac{1}{20} + \frac{1}{4} + \frac{1}{10}} = \frac{3.5}{0.4} \Rightarrow \boxed{V_{AB} = 8.75\ V}$$

αρα στο αρχικο δίκτυο θα έχουμε

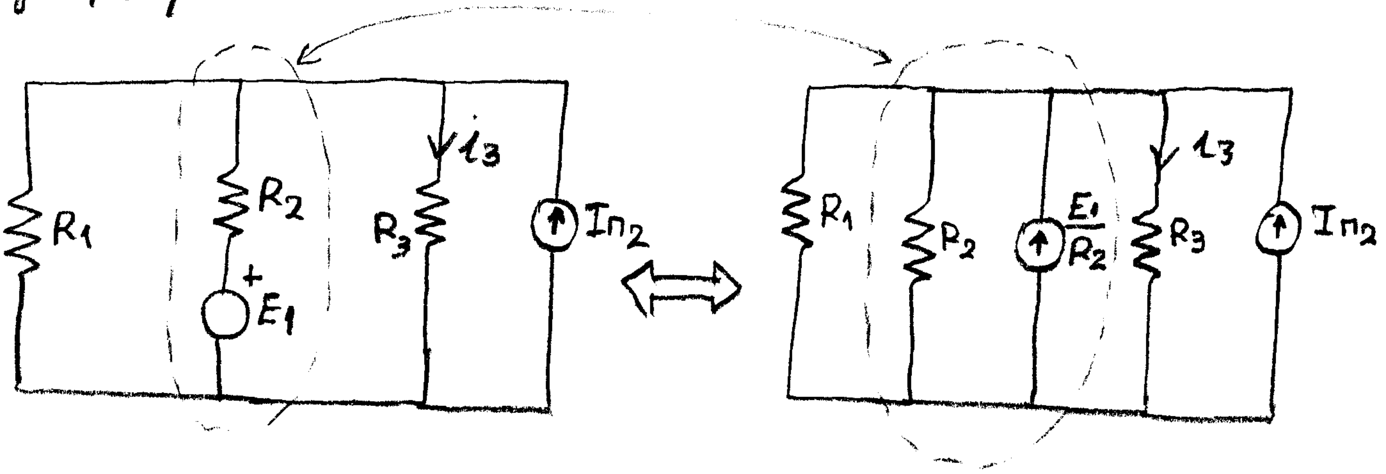


επομένως $i_3 = \frac{V_{AB}}{R_3} = \frac{8.75V}{10\Omega} \Rightarrow \boxed{i_3 = 0.875\ A}$

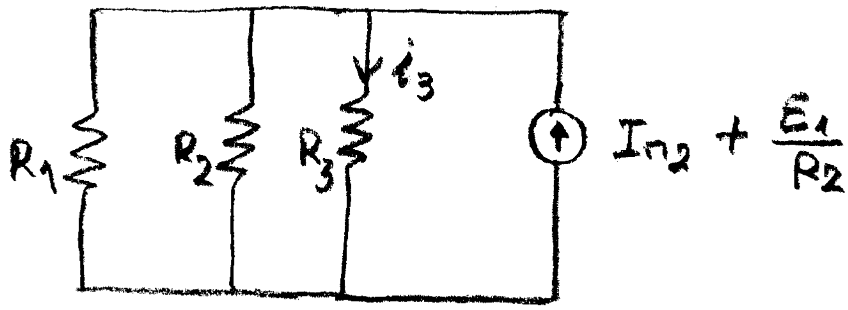
2h

Ας παραθέσουμε και εδώ έναν 2ο τρόπο επίλυσης

Μετατρέπουμε την πηγή E_1 εν σειρά με την R_2 σε πηγή ρεύματος



Προσθέτουμε τις 2 πηγές ρεύματος διότι είναι συνδεδεμένες παράλληλα (και ομόρροπες)



εφαρμόζουμε διαιρέτη ρεύματος

$$i_3 = \left(I_{n2} + \frac{E_1}{R_2}\right) \cdot \frac{\frac{1}{R_3}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$$

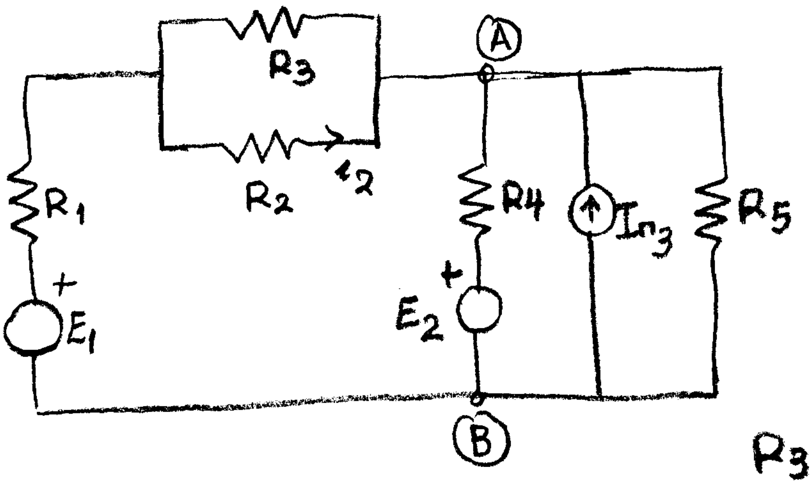
ή

$$i_3 = \left(0.5 + \frac{12}{4}\right) \cdot \frac{\frac{1}{10}}{\frac{1}{20} + \frac{1}{4} + \frac{1}{10}} = 3.5 \cdot \frac{0.1}{0.4} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{i_3 = 0.875 \text{ A}}$$

Εφαρμογη (3)

Στο παρακάτω δίκτυο υπολογίστε το ρεύμα i_2



Διδονται οι τιμές

$E_1 = 24V$

$E_2 = 10V$

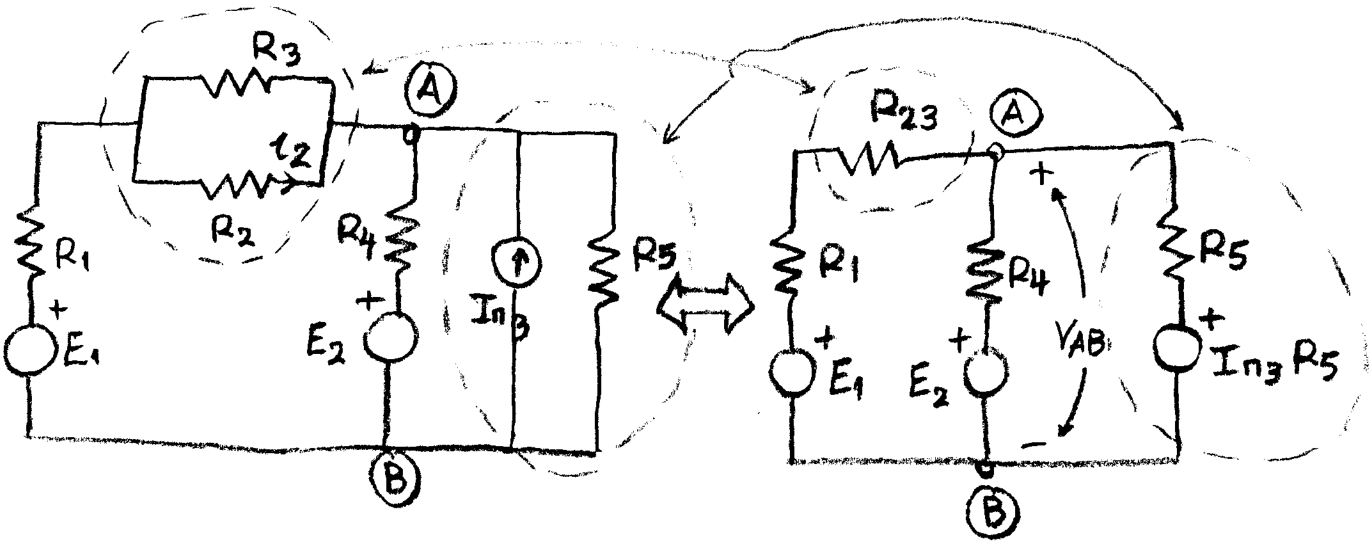
$I_{\pi_3} = 2A$

$R_1 = 4\Omega$, $R_2 = 8\Omega$

$R_3 = 5\Omega$, $R_4 = 6\Omega$, $R_5 = 10\Omega$

Λυση

Συνθέτουμε τις R_2, R_3 σε μία ισοδύναμη αντίσταση και μετατρέπουμε την πηγή ρεύματος $I_{\pi3}$, παρ/λα με την R_5 σε πηγή τάσεως



υπολογίζουμε την τάση V_{AB} με εφαρμογή του Θεωρ Millman

$$V_{AB} = \frac{\dfrac{E_1}{R_1+R_{23}} + \dfrac{E_2}{R_4} + \dfrac{I_{n3}R_5}{R_5}}{\dfrac{1}{R_1+R_{23}} + \dfrac{1}{R_4} + \dfrac{1}{R_5}}$$

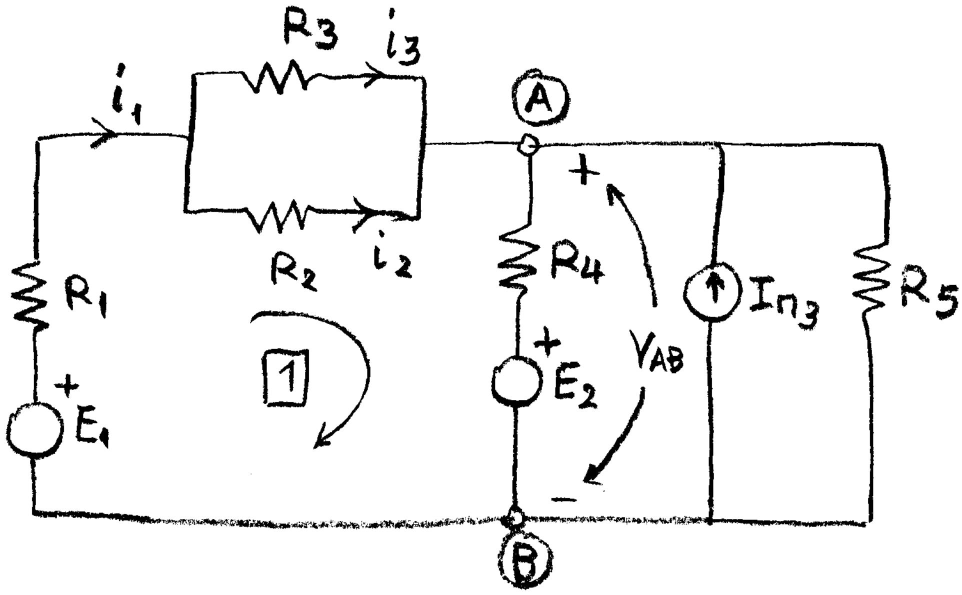
οπου $R_{23} = \dfrac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_4} = \dfrac{8 \cdot 5}{8+5} = 3.077\ \Omega$

αρα

$$V_{AB} = \frac{\dfrac{24}{4+3.077} + \dfrac{10}{6} + \dfrac{2 \cdot 10}{10}}{\dfrac{1}{4+3.077} + \dfrac{1}{6} + \dfrac{1}{10}} = \frac{7.058}{0.408}$$

$$\Rightarrow \boxed{V_{AB} = 17.299\,V \simeq 17.3\ V}$$

Επιστρέφουμε στο αρχικο δίκτυο



Ξερουμε οτι $V_{AB} = 17.3\ V$

εφαρμοζουμε N.T.K. στον βροχο $\boxed{1}$

$$-E_1 + i_1 R_1 + i_1 R_{23} + V_{AB} = 0$$

άρα $$i_1 = \frac{E_1 - V_{AB}}{R_1 + R_{23}} = \frac{24 - 17.3}{4 + 3.077}$$

$$\Rightarrow i_1 = 0.9467 \text{ A}$$

Παρατηρώντας το προηγούμενο σχήμα βλέπουμε ότι το i_1 διαιρείται σε i_2 και i_3

Άρα εφαρμόζοντας διαιρέτη ρεύματος βρίσκουμε άμεσως το ζητούμενο i_2

$$i_2 = i_1 \frac{R_3}{R_2 + R_3} = 0.9467 \cdot \frac{5}{8+5} \Rightarrow$$

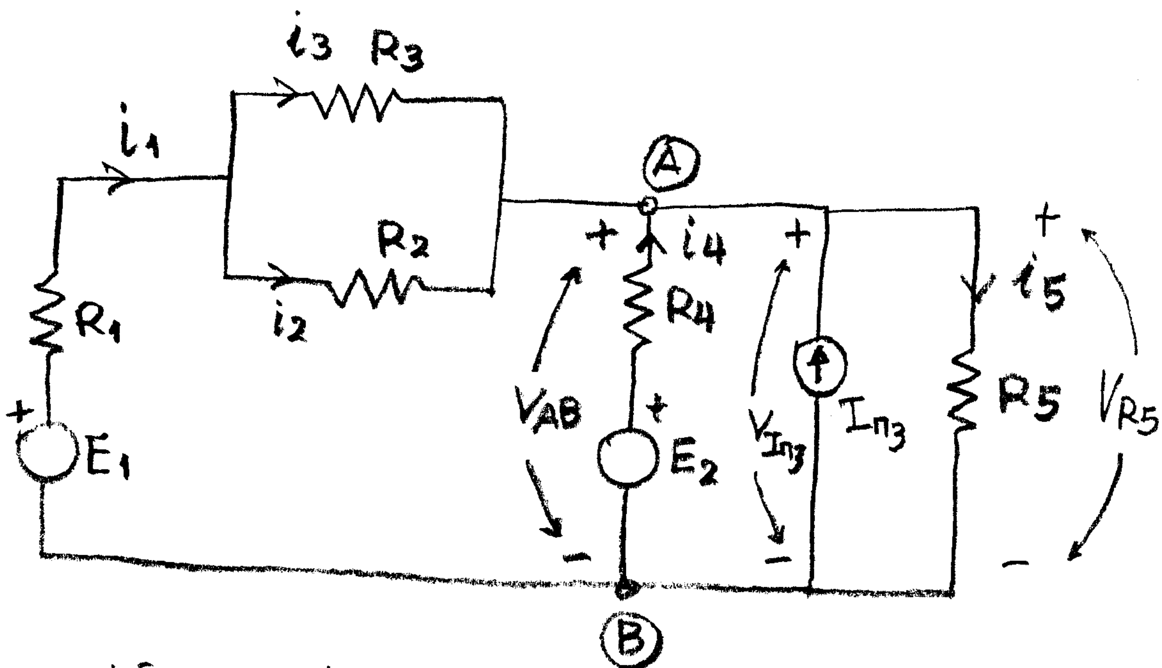
$$\Rightarrow \boxed{i_2 = 0.3641 \text{ A}}$$

επίσης θα έχουμε

$$i_3 = i_1 \frac{R_2}{R_2 + R_3} = 0.9467 \frac{8}{8+5}$$

$$\Rightarrow \boxed{i_3 = 0.5826 \text{ A}}$$

Παρατηρείστε πως μπορούμε να βρούμε <u>όλες</u> τις <u>τάσεις</u> και τα <u>ρεύματα</u> κλάδων του δικτύου γνωρίζοντας αρχικά <u>μόνον</u> την τάση V_{AB} η οποία έχει υπολογιστεί προηγουμένως



Έχουμε ήδη υπολογίσει τα i_1, i_2, i_3

$$\boxed{i_1 = 0{,}9467\ A}$$
$$\boxed{i_2 = 0.3641\ A}$$
$$\boxed{i_3 = 0.5826\ A}$$

επίσης (Ν.Τ.Κ: $V_{AB} - E_2 + R_4 i_4 = 0$)

$$V_{AB} = -R_4 i_4 + E_2 \quad \text{(γιατί;) άρα} \quad i_4 = \frac{E_2 - V_{AB}}{R_4}$$

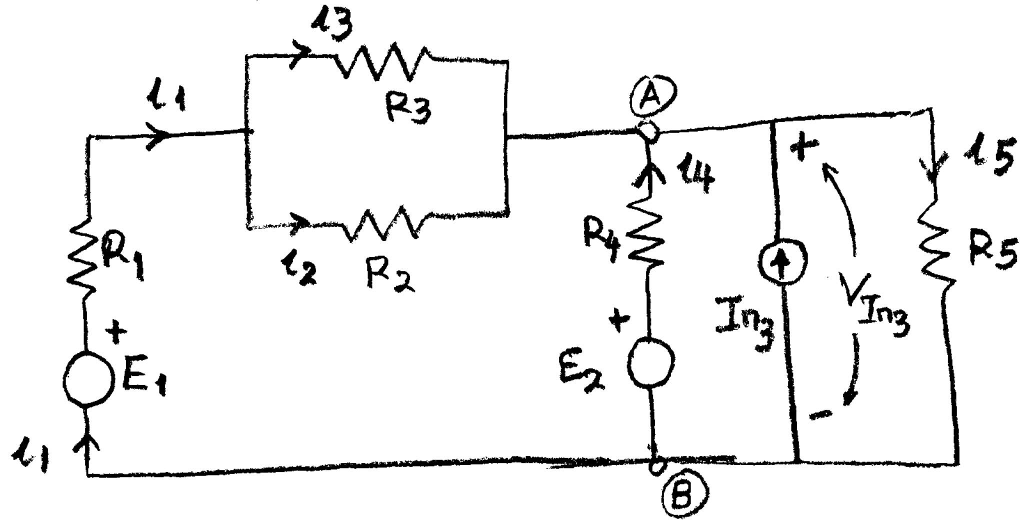
$$\Rightarrow i_4 = \frac{10 - 17{,}3}{6} \Rightarrow \boxed{i_4 = -1.2167\ A}$$

επίσης $\boxed{V_{I_{n3}} = V_{AB} = 17{,}3\ V}$

και $i_5 = \dfrac{V_{R5}}{R_5} = \dfrac{V_{AB}}{R_5} = \dfrac{17.3}{10} \Rightarrow \boxed{i_5 = 1{,}73\ A}$

άρα κάναμε πλήρη επίλυση του δικτύου χωρίς να καταστρώσουμε εξισώσεις Kirchhoff!

Τελειώνοντας την εφαρμογή αυτή ας κάνουμε και το ισοζύγιο ισχύος του δικτύου



Εχουμε 5 αντιστάσεις και 3 πηγές

Ισχύες που απορροφούν οι αντιστάσεις

$P_{R_1} = i_1^2 R_1 = (0.9467)^2 \cdot 4 = 3.5850$ W

$P_{R_2} = i_2^2 R_2 = (0.3641)^2 \cdot 8 = 1.0605$ W

$P_{R_3} = i_3^2 R_3 = (0.5826)^2 \cdot 5 = 1.6971$ W

$P_{R_4} = i_4^2 R_4 = (-1.2167)^2 \cdot 6 = 8.8821$ W

$P_{R_5} = i_5^2 R_5 = (1.73)^2 \cdot 10 = 29.929$ W

Ισχύες πηγών

$P_{E_1} = i_1 \cdot E_1 = 0.9467 \cdot 24 = 22.7208$ W παράγει (διότι φ.α. μη συσχ)

$P_{E_2} = i_4 E_2 = (-1.2167) \cdot 10 = -12.167$ W απορροφά (φ.α. μη συσχ)

$P_{I_{n3}} = I_{n3} \cdot V_{I_{n3}} = 2 \cdot 17,3 = 34.6$ W παράγει (φ.α. μη συσχ)

Σχηματίζουμε τον πίνακα

$P_{παραγ.}$	$P_{απορροφ}$
$P_{E_1} = 22.7208$ W	$P_{R_1} = 3.5850$ W
$P_{In_3} = 34.6$ W	$P_{R_2} = 1.0605$ W
	$P_{R_3} = 1.6971$ W
	$P_{R_4} = 8.8821$ W
	$P_{R_5} = 29.929$ W
	$P_{E_2} = 12.167$ W
$\sum P_{παραγ} = 57.3208$ W	$\sum P_{απορροφ} = 57.3207$ W

→ Επαλήθευση του ισοζυγίου ισχύος