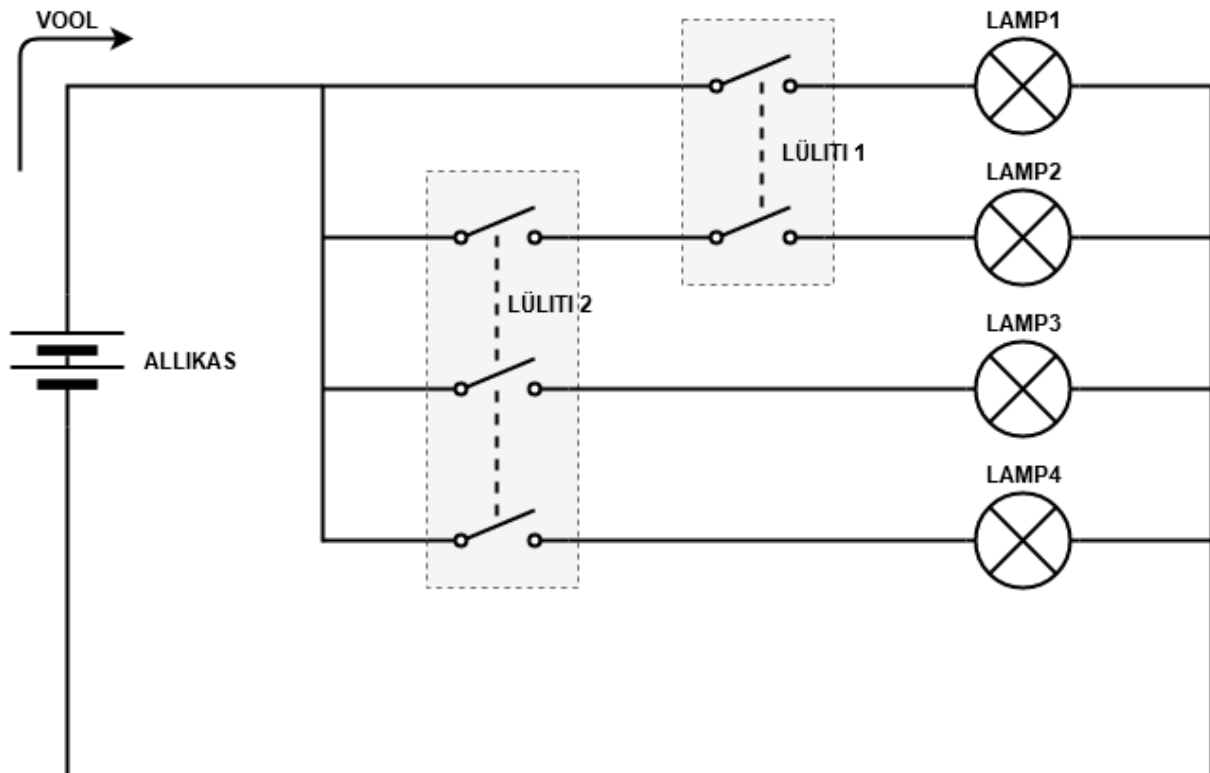


ELEKTROENERGEETIKA JA MEHHAATROONIKA TEEMA E-ÜLESANNE

PÕHIKOOLI ASTME ÜLESANDE SISU

Ülesande eesmärgiks on luua võimalikult optimaalne lülitusskeem. Vajalik on leida selline lahendus, et lülitada on võimalik sisse selline arv ja kombinatsioon lampe, milline on ülesandes küsitud.



Joonis 1. Näidislülitusskeem.

Taoline võiks olla ülesande vastus, kui antud on andmed:

Olemas on 4 täpselt samasugust lampi. Iga lambi nimivõimsus on 10W. Võimalik on kasutada lülitteid, mis lülitavad korraga 2 haru, 3 haru või 4 haru. Koostage võimalikult väheste lülititega lülitusskeem, mille korral korraga põlevate lampide võimsus kokku on 0W, 10W, 20W või 40W.

Näidislülitusskeemis on kasutatud 2 lülitit. Lülit 1 lülitab korraga 2 haru. Lülit 2 lülitab 3 haru. Lampide võimsuseid saab väga lihtsalt liita: kui põleb 1 lamp, on võimsus 10W, kui põleb 3 lampi, on võimsus 30W. Lampide võimsus on saavutatud:

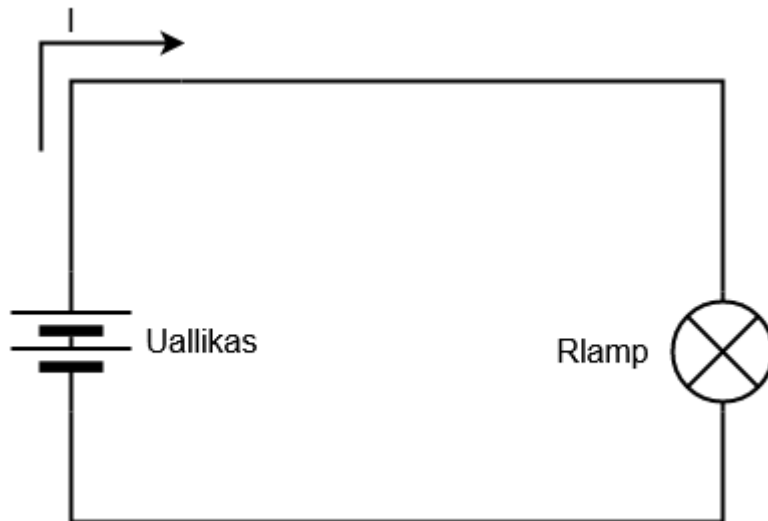
- 1) 0 W – Lülit 1 VÄLJAS, Lülit 2 VÄLJAS asendis. (Põlemas on 0 lampi)
- 2) 10 W – Lülit 1 SEES, Lülit 2 VÄLJAS asendis. (Põlemas on 1 lampi)
- 3) 20 W – Lülit 1 VÄLJAS, Lülit 2 SEES asendis. (Põlemas on 2 lampi)
- 4) 40 W – Lülit 1 SEES, Lülit 2 SEES asendis. (Põlemas on 4 lampi)

Nagu näha, on võimalik väheste lülititega palju erinevaid võimsusi kasutada. Avanev pärisülesanne on veidike keerulisem, kuid põhimõtte on sarnane.

GÜMNAASIUMI ASTME ÜLESANDE SISU

Ülesande eesmärgiks on välja arvutada elektriahelasse lisatavate takistuste väärtused, seejärel etteantud takistusega takisteid kombineerides soovituile võimalikult lähedased väärtused saada.

Näidisülesanne: kuidas leida ja kombineerida kasutatavaid takisteid, et lamp põleks erineva võimsusega. Esmalt vaatame kiiresti, kuidas arvutada füüsikalisi suuruseid elektriahelates ja kuidas need on omavahel seotud.



Joonis 2. Kõige lihtsam elektriabel.

Joonistel on toodud lamp välja erineva tingmärgiga kui tavaline takisti, kuid reaalsuses võib teda arvutustes asendada tavalise takistiga mingi kindla ja konstantse takistusega. **Nii näidisülesandes kui ka võistlusülesandes loeme lambi enda takistuse konstantseks.**

Lampe on palju erinevaid, enamasti on karbi peal kirjas, millise pinge juures lamp töötab optimaalselt (U_{nimi}) ning kui võimas ta sellisel juhul on (P_{nimi}). Näidisülesandes anname nende lambi parameetriteks: $P_{nimi} = 20 \text{ W}$ ja $U_{nimi} = 100 \text{ V}$. Allikas, mis meil on, hoiab klemmidel täpselt 100V pinget ($U_{allikas} = 100\text{V}$).

Alustuseks on mõistlik arvutada lambi parameetrid: lambi nimivõimsus ja lambi takistus (konstantne väärtus).

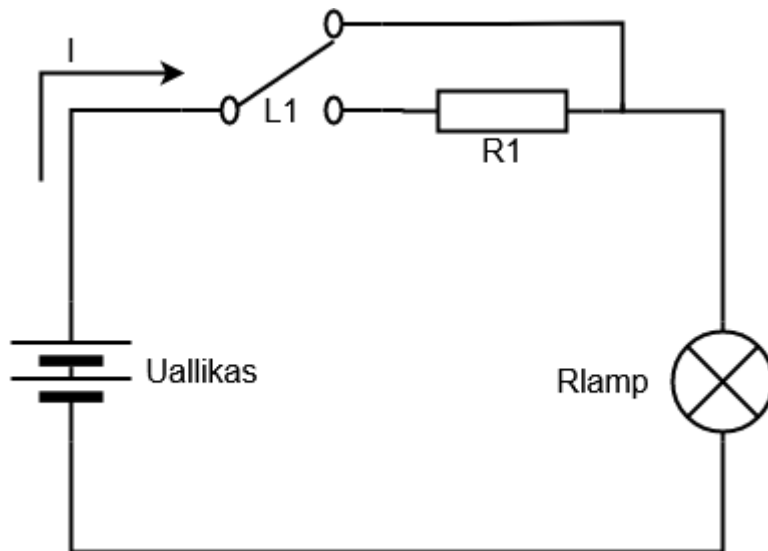
$$P_{nimi} = U_{nimi} \cdot I_{nimi} \rightarrow I_{nimi} = \frac{P_{nimi}}{U_{nimi}} = \frac{20}{100} = 0,2\text{A}$$

$$R_{lamp} = \frac{U_{nimi}}{I_{nimi}} = \frac{100\text{V}}{0,2\text{A}} = 500\Omega$$

Saame väärtusteks, et lamp ilma ühendatuna otse allikaga (ühegi muu takistita ahelas) töötab oma nimipingel (nimipinge sõltub konkreetsest lambist) nimivõimsusel 20 vatti. Nimivool, mis lambist sellisel juhul läbi liigub on 0.2 amprit. **Samuti arvutasime et lambi takistus on 500 oomi.** Mis juhtuks aga, kui me sooviks selle sama allikaga saada see lamp tööle nii, et ta võimsus oleks 75% nimivõimsusest? Üks võimalus on lambiga jadamisi liita üks takisti, mis suurendaks ahela kogutakistust ning seeläbi vähendaks lambil eralduvat võimsust.



Rakett 21



Joonis 3. Elektriahel koos ühe lüliti ja takistiga.

Märgake, et lüliti alumises asendis eelneb lambile üks takisti R1. Joonisel näidatud asendis ei mõjuta takisti R1 üldse ahelat, aga alumise asendi korral koosneb voolu poolt läbitav ahel **allikast, takistist ja lambist**.

Selleks, et lamp töötaks 75% võimsusega, peab ta võimsus olema:

$$P_{75\%} = P_{nimi} \cdot 75\% = 20W \cdot 0.75 = 15W$$

Tahame nüüd teada, millise väärtusega peab olema takisti, mida panna lambi ette, et lamp töötaks võimsusega 15W. Kõige lihtsam on see leida, leides voolu, mida on vaja, selleks, et lamp töötaks 15W juures.

Üritame leida takisti R1 väärtust, mille puhul oleks lambi võimsus 15W. Antud andmetest saame kasutada $R_{lamp} = 500$ oomi ning $U_{allikas} = 100V$. **Kuna lamp ei ole ühendatud enam otse allika külge, siis ei tööta ta enam nimipingel (osa pingest eraldub takistil R1) ehk meil ei ole eelnevalt teada voolutugevus läbi lambi ega pinge lambi klemmidel.** Üheks lihtsamaks lahenduseks on ahela voolu $I_{75\%}$ leidmine. Kasutame taandatud võimsusevalemit:

$$P = U \cdot I; \quad U = I \cdot R;$$

Asendades nüüd võimsuse valemis ($P = U \cdot I$) pinge $U \rightarrow I \cdot R$, saame

$$P = I^2 \cdot R$$

mis on igal takistil (takistusega R) eralduva võimsuse põhivalem. Me otsime voolu, millega lambi võimsus oleks $P_{lamp} = 15W$. Lambi takistust me ka teame, same arvutada vajaliku I.

$$P_{15W} = I_{otsitav}^2 \cdot R_{lamp} \rightarrow I_{otsitav}^2 = \frac{P_{15W}}{R_{lamp}} = \frac{15}{500} = 0,03 \rightarrow I = \sqrt{I^2} = \sqrt{0.03} = 0,173 \text{ A}$$

Edasi, on vajalik leida takisti R1 väärtus, mille korral ahela vool oleks 0,173 A. Nüüd on võimalik arvutada välja ahela kogutakistus, mis siin on **lambi takistuse ja R1 summa**.

$$R_{kogu} = \frac{U}{I} = \frac{100}{0,173} = 577\Omega$$

Tegu on ahela kogutakistusega ehk takistusega $R_1 + R_{lamp}$. Seega vajalik R1 on siin:

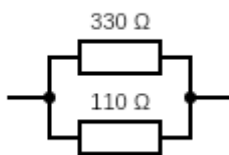
$$R_1 = R_{kogu} - R_{lamp} = 577\Omega - 500\Omega = 77\Omega$$

Saimegi vastuse! Ülesande lõpus välja toodud ka üks viga, mille tegemine on üpris lihtne.

Kuidas aga koostada sellise takistusega takisti: alljärgnevalt väike näide, kuidas kombineerida takisteid. Jätke meelde, et siin on võimalusi väga palju ning enda fantaasia järgimine on väga okei.

Tuleb meelde jätta et kui takisteid liita jadamisi (üksteise järgi) siis nende kogu väärtused suurenevad; kui aga lisada takistile (paralleelselt) teine takisti, siis kogutakistuse väärtus kahaneb. Ühe mõttena, kuidas alustada takisti loomist on võtta takisti, mis on kõige lähemalt vajaminevale takistusele, aga sellest suurem ja siis lisada sellele takisteid rööbiti, et saada väiksem takistus.

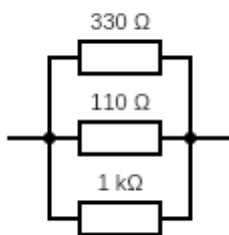
Näiteks: vajaminev takistus on 77 oomi. Valin 110-oomise takisti ja lisan talle rööbit takisti. Kasutan Google'ist leitud "parallel resistance calculator"-it ja leian et kõige täpsemini sobib temaga rööbit 330-oomine takisti:



Joonis 4. Takistid rööbiti.

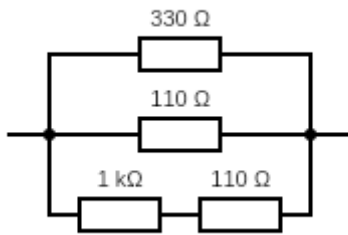
Takistipaki kogutakistuse väärtus on: $R_1 = \frac{R_{110} \cdot R_{330}}{R_{110} + R_{330}} = 82,5\Omega$

Tegu on juba üpris lähedase takistusega, aga proovin saada veel paremat tulemust. Lisan sellele pakile rööbiti veel ühe takisti. Kõige parema tulemuse saab, kui rööbiti lisada 1000-oomine takisti.



Joonis 5. Uus takistipakk kolme rööptakistiga.

Nüüd selle takistipaki kogutakistuse väärtus on 76,2 oomi, mis on soovitud väga lähedane. Kui on soovi tulemust veelgi täpsustada, on selleks tarvis ühe kasutatud takisti väärtust natuke suurendada. Peenhäälestuseks on võimalik lisada suurtele takistitele (meie puhul 1000-oomine) väike takisti jadamisi. Lisan 110-oomise takisti 1000-oomisele.



Joonis 6. Lõplik takistipakk kokku 4 takistiga.

Kuna jadamisi ühendatud takistid liituvad on tegemist põhimõtteliselt skeemiga, kus 330-, 110- ja 1110-oomine takisti on rööbiti ning väärtuseks on 76,8 oomi.

- Katsetage julgelt, võimalusi kuidas luua täpselt küsitud väärtusega takisteid on väga palju!
- Kiiremaks arvutamiseks kasutage näiteks internetis leiduvaid kalkulaatoreid (Google aitab leida!)
- Lubatud on ka enne ülesande lahendamise algust valmis teha Excel'i vms tabelid ja valemid, et ülesannet lahendada võimalikult kiiresti, kui ta välja tuleb. Näiteks Exceli tabelisse kanda kombinatsioonid 1-oomise sammuga?

NB! JÄRGNEVALT ON LÜHIKE KIRJELDUS, MIDA EI TOHI TEHA, AGA MIS TUNDUB VÄGA INTUITIIVNE!

Lahendamisel võib olla ahvatlev kasutada valemit (aga 75% võimsuse juures see ei kehti nii!):

$$P_{75} = U_{nimi} \cdot I_{75}$$

Ja sealt tuletades:

$$I_{75 \text{ vale}} = \frac{P_{75}}{U_{nimi}} = \frac{15W}{100V} = 0,15A$$

Vastus aga pole korrektne. Selleks, et 0.15A vool liiguks läbi ahela peab skeem nägema välja nagu joonis 3. Sellisel juhul on takisti R1 jadamisi lambiga (takisti R_{lamp}). Jadamisi takistite puhul liigub sama vool läbi mõlema takisti, mis tekitab neis mõlemas pingelangu. Pingelangu tõttu ei ole lambil aga enam 100V, mis on allikal, vaid lambi ning takisti pingete summa on kokku 100V. Pinge lambil 0.15A korral:

$$U_{lamp \ 0.15A} = I_{75 \ \text{vale}} \cdot R_{lamp} = 0,15A \cdot 500\Omega = 75V$$

Ja lambi võimsus on:

$$P_{lamp} = U_{lamp \ 0.15A} \cdot I_{75 \ \text{vale}} = 75V \cdot 0,15A = 11.25W$$

Mis ei ole soovitud 75% võimsusest!

SELGITAVAIK MÄRKUSI

Ülesandes vajaminevad valemid:

Oomi seadus:

$$I = \frac{U}{R} \text{ (vool} = \frac{\text{pinge}}{\text{takistus}})$$

Võimsuse arvutamise valem:

$$P = U \cdot I \text{ (võimsus} = \text{pinge} \cdot \text{vool)}$$

Võimsuse arvutamise valem 2, kasutame, kui on mitu takistit ja soov on leida ühe võimsus:

$$P = I^2 \cdot R \text{ (võimsus} = \text{vool}^2 \cdot \text{takistus)}$$

Takistite liitmine jadamisi:

$$R_1 + R_2 = R_{12}$$

Takistite liitmine rööbiti (erandjuhul, kui on 2 takistit):

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

Takistite liitmine rööbiti üldjuhul:

$$R_{123} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$$

KUIDAS ÜLESANNET TÄITA?

Mõlema ülesande puhul tuleb vastus joonestada skeemi kujul pliiatsiga paberile. Ei hinnata kunstilist annet ega joonte sirgust, küll peab olema vastus üheselt loetav.

Põhikooli ülesande puhul peaks lõppvastus olema sarnane joonisele 1. Soovituslik kasutada sarnaseid tingmärke, kui siin juhendis toodud joonistel.

Gümnaasiumi ülesande puhul peaks lõppvastus olema sarnane joonisele 6. Soovituslik kasutada sarnaseid tingmärke, kui siin juhendis toodud joonistel.

PUNKTID ÜLESANDE EEST

Põhikooli ülesanne – punkte saab selle eest, kas lülitada on võimalik ülesandes küsitud võimsuseid ning selle eest, kui vähe lüliteid on kasutatud (mida vähem, seda parem)

Gümnaasiumi ülesanne – punkte saab selle eest, kui täpselt on saavutatud ülesande käigus küsitud lambivõimsus. Mida täpsem soovitud võimsusele, seda rohkem punkte.

Täpsed arvutussuurused avaldatakse koos põhiülesandega.