

Kafli 8. Spennugjafar



Verkmenntaskólinn á Akureyri

2022

Verkmenntaskólinn á Akureyri
Rafdeild



Efnisyfirlit

8. Spennugjafar	3
Rafhlöður	3
Rafgeymar	4
Spennugjafar	5
Innri spenna, innra viðnám og skautspenna spennugjafa	5
Samtenging spennugjafa	10
Raðtenging rafhlaða og rafgeyma	10
Hliðtenging rafhlaða og rafgeyma	13
Skammhlaup	18



8. Spennugjafar

Spennugjafi er hlutur sem myndar spennunum á milli tveggja eða fleiri skauta, og getur gefið frá sér straum gegnum straumrás ef hún er tengd við hann.

Spennugjafinn verður að geta viðhaldið spennunni á meðan hann gefur frá sér strauminn, en til þess þarf orku. Ýmsar gerðir spennugjafa eru til eins og rafhlöður sem mynda spennu með efnaorku, rafali þar sem riðspenna er mynduð eða spönuð með hreyfingu og segulsviði og að lokum eru það efnarafalar sem framleiða spennu með því að breyta vetni rafmagn og vatn.

Rafhlöður

Rafhlöður skiptast í tvo flokka, einnota rafhlöður og endurhlaðanlegar rafhlöður. Rafhlaða getur gefið frá sér raforku (straum), vegna þess að hún breytir orku sem myndast við efnabreytingu í raforku. Rafskautin eru kölluð pólur rafhlöðunar. Annar póllinn er jákvæður (+) en hinn er neikvæður (-).

Til eru margar tegundir af rafhlöðum en yfirleitt ganga þær undir nafninu þurrrafhlöður.

Algengasta gerð af rafhlöðum er „Alkaline“ rafhlaða. Hún er samsett úr sinki og mangan díoxíð og með efnahvörfum endist hún betur og lengur en aðrar rafhlöður.

Aðrar gerðir eru m.a.:

Lithium

Mercury

Zink Air

Lead Acid Gel

Lithium-Ion

Nickel Cadmium (NiCd)



Nickel Metal Hydride
Og fjölmargar fleiri.

Rafhlöður koma líka í ýmsum stærðum eins og t.d.:



AA
AAA,
AAAA

C

D

9V

CR123A

23A

CR2032

Og mörgum, mörgum fleirum.



Rafgeymar

Sá rafgeymir sem er langalgengastur í notkun í dag, er blýrafgeymirinn. Notkun hans í bílum þekkja allir og um borð í skipum er hann notaður sem ræsigeymir fyrir ljósavélar, í neyðarlýsingarkerfum, viðvörunarkerfum, við fjarskiptatæki o.fl.

Rafgeymar eru byggðir fyrir ákveðna spennu, svo sem 6 V, 12 V, eða 24 V. Afkastageta þeirra er gefin upp í amperstundum (Ah). Þessi stærð er margfeldi af straumnum sem geymirinn gefur frá sér, og tímanum sem hann varir, $I \cdot t$

Við kaup á rafgeymum er ekki nóg að geta um spennu og afkastagetu, heldur einnig hvaða hlutverki viðkomandi geymir á að gegna. Framleiðendur hafa þróað sérstaka „ræsirafgeyma“, sem eru örlítið frábrugðnir þeim sem ætlaðir eru fyrir jafnara álag, t.d. viðvörunarkerfi.



Spennugjafar

Innri spenna, innra viðnám og skautspenna spennugjafa

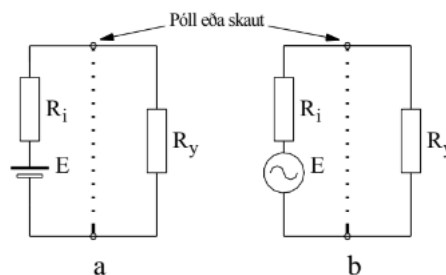
Spennan sem myndast í spennugjafa er kölluð innri spenna eða íspenna. Spennan sem við fáum út úr spennugjafanum er nefnd skautspenna eða pólspena. Hér á eftir munum við sjá samhengi þessara hugtaka.

Allir spennugjafar hafa innra viðnám, sem veldur því að skautspennan lækkar með vaxandi álagi, nema sérstakar ráðstafanir séu gerðar til að halda henni stöðugri.

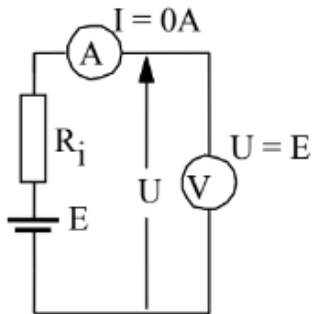
Í rafölum stafar innra spennufallið af viðnámi í leiðurum o.fl. og í rafgeymum af viðnámi raflausnar og innri sambanda.

Mynd 8.1 sýnir spennugjafa af e-u tagi. Mynd a táknar jafnspennugjafa og mynd b riðspennugjafa. Það sem er vinstra megin við brotalínuna er inni í spennugjafanum og það sem tengist við hann, álagið, hægra megin.

- E tákna innri spennu spennugjafans,
- R_i innra viðnám hans,
- U skautspennuna og
- R_y ytra viðnámið eða álagið á spennugjafann.



Mynd 8.1



Mynd 8.2

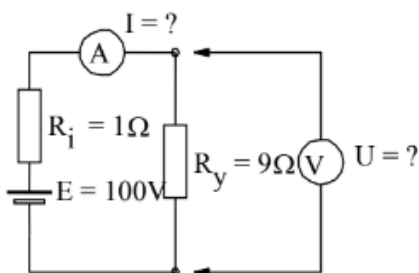
Að teikna E og R_i sitt í hvoru lagi er gert til að auðveldara sé að átta sig á vinnumáta rásarinnar, en að sjálfsgöðu eru þetta óaðskiljanlegir hlutir.

Á mynd 8.2 er spennugjafinn eingöngu lestaður með spennumæli með háu innra viðnámi.

Mælirinn tekur svo lítinn straum að við getum sagt að $I = 0$. Spennufallið yfir R_i verður þá:

$$U_i = I \cdot R_i = 0 \cdot R_i = 0 \text{ V}$$

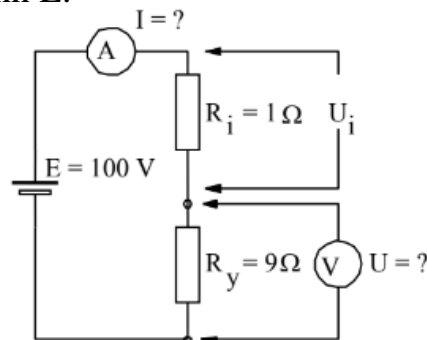
og mælirinn sýnir því innri spennu spennugjafans. Við getum m.ö.o. mælt innri spennu spennugjafa með því að mæla spennuna á pólunum án álags.



Mynd 8.3

Þegar álag er tengt skautum spennugjafans, streymir straumur um rásina og veldur spennufalli í innra viðnáminu. Skautspennan, U , verður því lægri en innri spennan, E .

Tökum talnadæmi og skoðum mynd 8.3. Til að gera rásina aðgengilegri skulum við taka innra viðnámið R_i út úr spennugjafanum og staðsetja það eins og sýnt er á mynd 8.4. Þá kemur betur í ljós að rásin er í raun tvær raðtengdar mótstöður, R_i og R_y , tengdar við spennugjafann E .



Mynd 8.4



Til að finna strauminn, I , byrjum við á að reikna út heildarviðnám rásarinnar, R_H .

$$R_H = R_i + R_y = 1 + 9 = 10 \Omega$$

Og síðan strauminn með hjálp Ohmslögmáls:

$$I = \frac{E}{R_H} = \frac{100}{10} = 10 A$$

Spennuföllin í rásinni eru margfeldi straums og viðnáma eða :

$$U_i = I \cdot R_i = 10 \cdot 1 = 10 V$$

$$U = I \cdot R_y = 10 \cdot 9 = 90 V$$

Þ.e. skautspennan er í þessu tilfalli 90 V. 10 V tapast í spennugjafanum sjálfum, í innra viðnáminu, og breytast þar í hita (töp).

Það er líka hægt að skrifa sérstaka formúlu fyrir skautspennu. Samkvæmt 2. lögmáli Kirchhoffs er summa spennufalla jöfn heildarspennunni eða:

$$E = U_i + U = I \cdot R_i + U \quad (8.1)$$

Leyst með t.t. U :

$$U = E - I \cdot R_i \quad (8.2)$$

Skoðuðu vel formúlu (8.2). Hún sýnir að skautspennan lækkar þegar straumurinn eða m.ö.o. álagið á spennugjafann vex. Við miðum við að innri spennan sé fasti.



Þetta fyrirbæri, spennutap vegna innra viðnáms, er alltaf til staðar í spennugjöfum. Það er hins vegar mjög bagalegt og getur farið illa með tæki og áhöld ef spennan sem þau tengjast er mjög breytileg. Rafalar sem framleiða spennu fyrir veitur eða kerfi eru því búnir spennustillum sem sjá um að halda skaut- eða kerfisspennunni stöðugri. Það er gert þannig að

spennustillirinn þreifur eftir skautspennu rafalans. Ef hún minnkar með vaxandi álagi, eykur spennustillirinn við segulmögnun rafalans og hækkar þannig innri spennuna til að yfirvinna spennutapið í innra viðnáminu. Og öfugt ef skautspennan lækkar vegna minnkandi álags, þá dregur spennustillirinn úr segulmögnuninni og lækkar E að sama skapi.

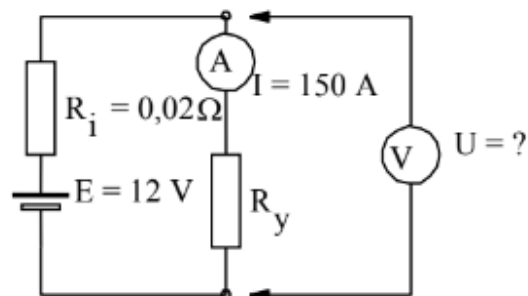
Sýnidæmi 8.1

Rafgeymir með 12 V innri spennu og $0,02\ \Omega$ innra viðnám er tengdur ræsi fyrir brunavél sem tekur 150 A í ræsingunni.

- Gerðu tengimynd og merktu inn gefnar stærðir. Hafðu mynd 12.3 til hliðsjónar.
- Reiknaðu skautspennuna.

Lausn

- Sjá mynd 8.5



Mynd 8.5



b) Setjum inn í formúlu (8.2):

$$U = E - I \cdot R_i = 12 - 150 \cdot 0,02 = 9 \text{ V}$$

Ræsar brunavéla taka mjög mikinn straum. Við sjáum á dæminu að ef spenna geymisins er eitthvað farin að dala getur orðið erfitt að fá nógu háa skautspennu til að ræsirinn vinni vel.

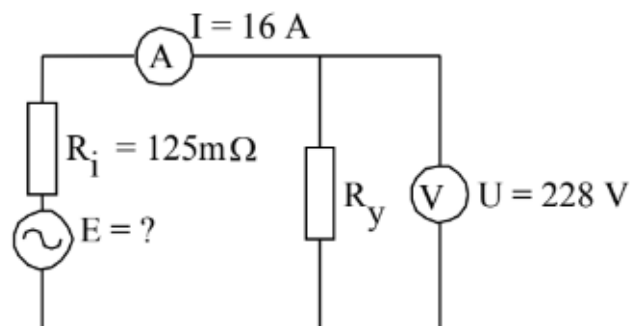
Sýnidæmi 8.2

Riðstraumsrafali gefur 228 V skautspennu þegar hann er lestaður með 16 A straumi. Innra viðnám rafalans er 125 mΩ.

- Gerðu tengimynd og merktu inn gefnar stærðir. Hafðu mynd 12.1 b til hliðsjónar.
- Reiknaðu innri spennu rafalans.

Lausn:

a) Sjá mynd 8.6



Mynd 8.6

b) Leysum formúlu (8.2) m.t.t. E:

$$U = E - I \cdot R_i$$

$$E = U + I \cdot R_i = 228 + 16 \cdot 125 \cdot 10^{-3} = 230 \text{ V}$$



Samtenging spennugjafa

Ef við þurfum hærri spennu eða meiri straum heldur en einn spennugjafi getur gefið, er hægt að tengja fleiri saman og mynda þannig stærri spennugjafa, þ.e. spennugjafa sem getur gefið hærri spennu og/eða meiri straum.

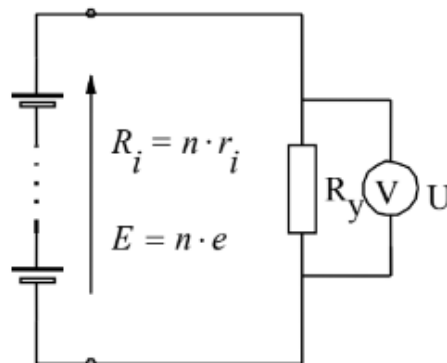
Samtenging riðspennugjafa er oftast kölluð samfösun og er fjallað um hana í Rafmagnsfræði 2.

Samtenging jafnspennugjafa er algeng. T.d. getum við raðtengt 6 rafhlöður, sem hver um sig er 1,5 V, og fengið út úr því 9 V spennugjafa fyrir útvarpstæki. Oft þurfum við líka að tengja saman blýrafgeyma til að auka spennuna eða rýmdina.

Hér á eftir verður fjallað um rað- og hliðtengingu einnota og margnota (eða hlaðanlegra) rafhlaða.

Raðtenging rafhlaða og rafgeyma

Mynd 8.7 sýnir raðtengingu n jafnstórra rafhlaða. Í raðtengingu er -póll tengdur +pól og þannig koll af kolli. Samkvæmt lögmáli Kirchhoffs getum við lagt spennur hlaðanna saman og fáum því hærri spennu en einnig meira innra viðnám sem nemur fjölda þeirra.



Mynd 8.7



Heildar innri spennan verður þá:

$$E = n \cdot e \quad (8.3)$$

og heildar innra viðnámið:

$$R_i = n \cdot r_i \quad (12.4)$$

Setjum þetta inn í formúlu (8.2):

$$U = E - I \cdot R_i = n \cdot e - I \cdot n \cdot r_i \quad \text{eða}$$

$$U = n \cdot e - I \cdot n \cdot r_i \quad (12.5)$$

Orkuinnihald eða hleðsla rafhlaða er gefinn upp í Ah (amperstundum) eins og fram kom í kafla 11. Ákveðin hleðsla merkir að við getum tekið straum frá rafhlöðunni í ákveðinn tíma. Í raðtengingu er bara einn straumur og því breytist amperstundafjöldinn ekki þegar rafhlöður eru raðtengdar.

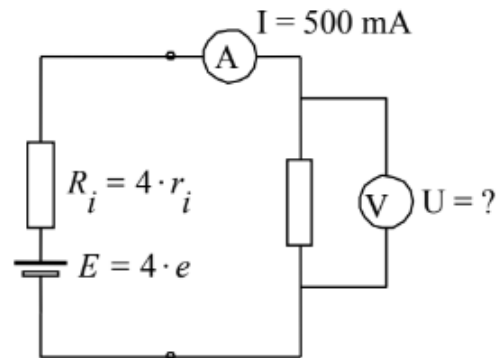
Sýnidæmi 8.3

Fjórar endurhlaðanlegar rafhlöður eru gefnar upp með 1,2 V og 35 mAh hleðslu. Þær eru lestaðar með 500 mA og innra viðnám þeirra 0,2 Ω.

- Teiknaðu tengimynd og merktu inn gefnar stærðir.
- Hve mikil verður heildarhleðsla rafhlaðanna.
- Hver verður skautspenna þeirra?

**Lausn:**

a) Sjá mynd 8.8



Mynd 8.8

b) Heildarhleðslan verður jöfn hleðslu hvernar rafhlöðu eða 35 mAh.

c) Setjum inn í formúlu (8.5):

$$U = E - I \cdot R_i = n \cdot e - I \cdot n \cdot r_i$$

$$U = 4 \cdot 1,2 - 500 \cdot 10^{-3} \cdot 4 \cdot 0,2 = 4,4 \text{ V}$$

Sýnidæmi 8.4

Tveir 12 V, 40 Ah blýrafgeymar eru raðtengdir.

Álagið tekur 6 A.

a) Teiknaðu tengimynd og merktu inn gefnar stærðir.

Sýndu tengingu mæla til að mæla strauminn frá geymunum og heildar skautspennuna frá þeim.

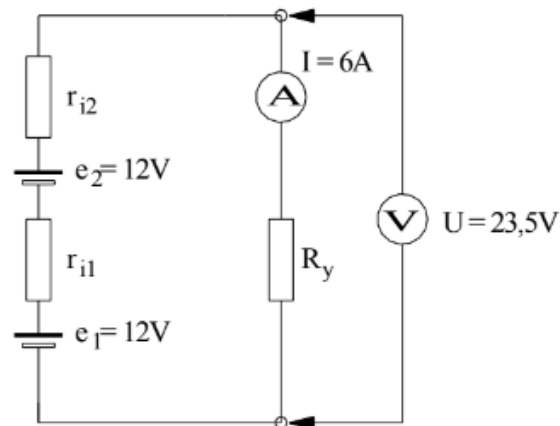
b) Hver verður amperstundafjöldi geymanna til samans?

c) Reiknaðu innra viðnám geymanna ef skautspennan fellur um 0,5 V við áður nefnda straumlestun.



Lausn:

a) Sjá mynd 8.9



Mynd 8.9

b) Heildar amperstundafjöldinn verður 40 Ah eða sá sami og hvors geymis.

c) Við göngum út frá því að uppgefin spenna sé innri spenna geymisins. (Sjá mynd 8.2). Þá getum við sett inn í formúlu (8.5):

$$U = E - I \cdot R_i = n \cdot e - I \cdot n \cdot r_i$$

$$23,5 \text{ V} = 2 \cdot 12 - 6 \cdot 2 \cdot r_i$$

Leysum úr r_i

$$r_i = \frac{2 \cdot 12 - 23,5}{6 \cdot 2} = 0,0416 \Omega$$

Hliðtenging rafhlaða og rafgeyma

Þegar rafhlöður eða rafgeymar eru hliðtengdir verður heildar innri spennan óbreytt, en heildar innra viðnámið minnkar. Það má líta á innri viðnámin sem hliðtengdar mótstöður.



Heildar innri spennan verður þá:

$$E = e \quad (8.6)$$

og

$$R_i = \frac{R_i}{n} \quad (8.7)$$

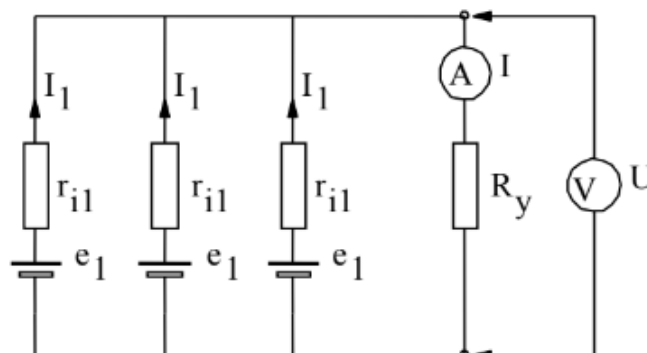
Formúla skautspennunnar verður:

$$U = E - I \cdot \frac{R_i}{n} \quad (8.8)$$

Ef viðnám álagsins er þekkt getum við sett í stað U og leyst út I :

$$I = \frac{E}{R_y + \frac{r_i}{n}} \quad (12.9)$$

Í hliðtengingu rafhlaða og rafgeyma leggjast hleðslur þeirra saman.



Mynd 8.10



Lítum á mynd 8.10. Hún sýnir hliðtengingu þriggja rafhlaða eða rafgeyma. Við göngum út frá því að rafhlöðurnar eða rafgeymarnir séu eins og merkjum því straumana með I_1 . Straumurinn í gegnum álagið er summa eða margfeldi straumanna.

$$I = 3 \cdot I_1 \quad (8.10)$$

Hleðsla er margfeldi straums og tíma. Við getum því margfaldað beggja megin jafnaðarmerkis í formúlu (8.10) og fáum:

$$I \cdot t = 3 \cdot I_1 \cdot t$$

$$Q = n \cdot Q_1 \quad (8.11)$$

Almennt gildir þá fyrir n hliðtengda geyma eða rafhlöður:

$$I \cdot t = n \cdot I_1 \cdot t$$

$$Q = n \cdot Q_1 \quad (8.12)$$

Heildarhleðslan er margfeldi eða summa hleðslu hverrar rafhlöðu eða rafgeymis fyrir sig.

Við hliðtengingu rafgeyma er mikilvægt að þeir séu eins, þ.e.a.s. séu uppgefnir með sömu spennu í voltum og sömu hleðslu í amperstundum. Ef einn geymirinn er minni getur hann farið að taka til sín straum (hlaðast) í stað þess að gefa hann frá sér.



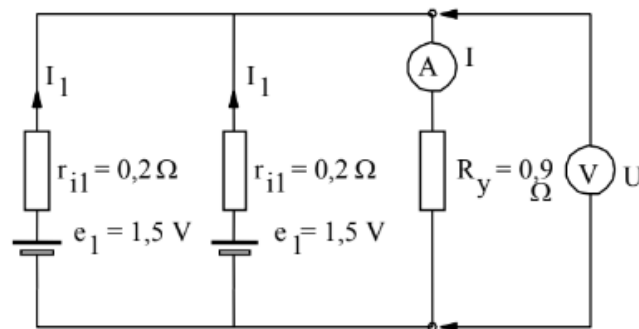
Sýnidæmi 8.5

Tvær eins rafhlöður með 1,5 V innri spennu og $0,2 \Omega$ innra viðnámi eru hliðtengd. Viðnám álagsins er $0,9 \Omega$.

- Gerðu tengimynd og merktu inn gefnar stærðir.
- Reiknaðu strauminn í gegnum álagið.
- Reiknaðu skautspennuna.
- Hver verður straumurinn í gegnum hverja rafhlöðu?

Lausn:

- Sjá mynd 8.11.



Mynd 8.11

- Til að reikna strauminn notum við formúlu (12.9).

$$I = \frac{E}{R_y + \frac{r_i}{n}} = \frac{1,5}{0,9 + \frac{0,2}{2}} = 1,5 \text{ A}$$

- Skautspennuna U getum við reiknað með Ohmslögmáli eða notað formúlu (12.8).

Prófum seinni kostinn:

$$U = E - I \cdot \frac{r_i}{n} = 1,5 - 1,5 \cdot \frac{0,2}{2} = 1,35 \text{ V}$$

- Straumurinn um hvora rafhlöðu verður helmingur straumsins í gegnum álagið eða $0,75 \text{ A}$.

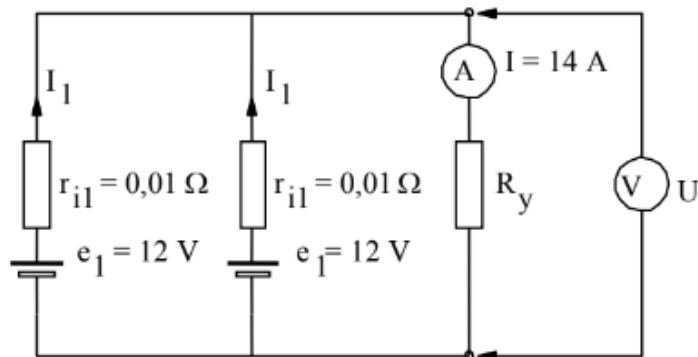
**Sýnidæmi 8.6**

Tveir blýrafgeymar eru hliðtengdir. Innri spenna hvors geymis er 12 V, innra viðnámið 0.01 Ω og hleðslan 45 Ah. Viðnámið sem tengist sameiginlegum pólum geymanna tekur 14 A.

- Teiknaðu tengimynd og merktu inn gefnar stærðir.
- Reiknaðu skautspennu geymanna.
- Reiknaðu heildar amperstundafjölda þeirra.

Lausn:

- Sjá mynd 8.12



Mynd 8.12

- Setjum uppgefin gildi inn í formúlu (8.8):

$$U = E - I \cdot \frac{r_i}{n} = 12 - 14 \cdot \frac{0,01}{2} = 11,93 \text{ V}$$

- Notum formúlu (8.12):

$$Q = n \cdot Q_1 = 2 \cdot 45 = 90 \text{ Ah}$$



Skammhlaup

Með hugtakinu skammhlaup er átt við það að spennugjafi gefi frá sér margfaldan þann straum sem hann er gerður fyrir. Slíkt getur gerst vegna bilunar á einangrun í rásum eða vegna þess að leiðandi hlutur lendir á milli póla spennugjafa. Við segjum að spennugjafi sé skammhleyptur, ef ytra viðnám hans verður mjög lítið eða nærri 0Ω .

Það sem ræður stærð skammhlaupsstraumsins er innra viðnám spennugjafans og fjarlægð skammhlaupsins frá pólum spennugjafans.

Til þess að verjast því að spennugjafi og ytri straumrás ofhitni, vegna skammhlaups, eru tengd sjálfvör eða bræðivör í rásina milli spennugjafa og álags.

Við skulum líta á tvö sýnidæmi til að útskýra þetta betur.

Sýnidæmi 8.7

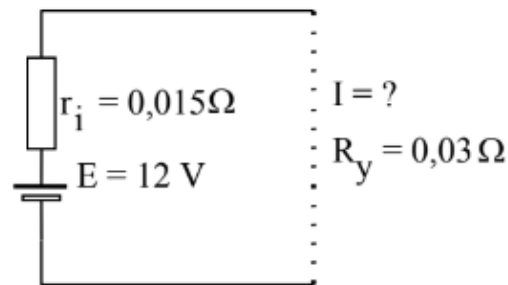
Þú ert að losa rafgeyminn úr bílnum þínum og leggur óvart lykilinn frá þér þannig að hann lendir á milli skauta geymisins. Þetta er 12 V, 60 Ah, geymir með $0,015 \Omega$ innra viðnám. Við skulum gefa okkur að viðnám lykilsins sé $0,03 \Omega$.

- Teiknaðu skýringarmynd og merktu inn á hana gefnar stærðir.
- Reiknaðu strauminn í gegnum lykilinn.



Lausn:

a) Sjá mynd 12.14.



Mynd 8.13

b) Heildarviðnám rásarinnar verður:

$$R_H = R_i + R_y = 0,015 + 0,03 = 0,045 \Omega$$

Og skammhlaupsstraumurinn:

$$I = \frac{E}{R_H} = \frac{12}{0,045} = 266,6 \text{ A}$$

Sýnidæmi 8.8

Ljósaperur valda stundum skammhlaupi þegar þær bila. Það gerist þannig að glóþráðurinn lendir á milli póla spennunnar inn á þeruna. Við það fer straumur um vírana að þerustæðinu sem takmarkast bara af innra viðnámi spennugjafans og viðnámi vírsins frá sjálfvari að þerustæði. Þessi straumur kallast skammhlaupsstraumur.

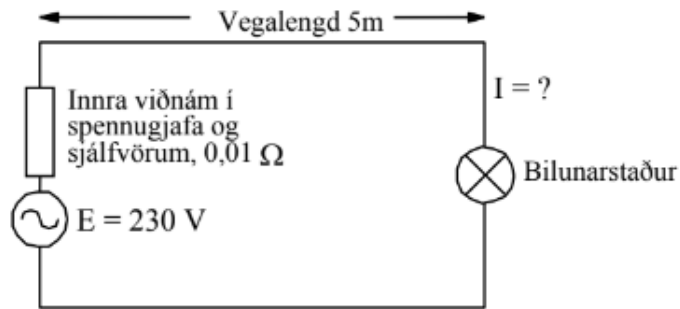
Spenna í greinitöflu er 230 V. Fjarlægð milli töflunnar og glóperu, sem bilar á ofangreindan hátt, er 5 m. Í rásinni er 1,5 mm² eirvír með $0,0174 \frac{\Omega \text{A}}{\text{m}}$ kenniviðnám. Innraviðnám spennugjafans og sjálfvarsins sé 0,01 Ω. Við skulum gefa okkur að viðnámið í glóþræðinu, sem veldur skammhlaupinu, sé núll.



- Teiknaðu skýringarmynd og merktu inn á hana gefnar stærðir.
- Reiknaðu strauminn í gegnum sjálfvarið.

Lausn:

- Sjá mynd 8.14.



Mynd 8.14

- Við verðum fyrst að reikna viðnámið í vírnum. Við notum eftirfarandi formúlu:

$$R_{vír} = \rho \cdot \frac{l}{A} = 0,0178 \cdot \frac{2 \cdot 5}{1,5} = 0,116 \Omega$$

Og heildarviðnámið:

$$R_H = R_i + R_{vír} = 0,01 + 0,116 = 0,126 \Omega$$

Og skammhlaupsstraumurinn:

$$I = \frac{E}{R_H} = \frac{230}{0,126} = 1825,4 A$$