

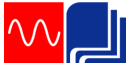


**Rafbók**



# **Rafmagnsfræði**

## **3. kafli Rafleiðarar**



---

## Rafmagnsfræði 3. kafli Rafleiðarar

---

Þetta hefti er án endurgjalds á rafbókinni [www.rafbok.is](http://www.rafbok.is)

Allir rafiðnaðarmenn og rafiðnaðarnemar geta fengið aðgang án endurgjalds að Rafbókinni.

Höfundur er Einar H. Ágústsson.

Umbrot: Ísleifur Árni Jakobsson og Bára Laxdal Halldórsdóttir.

Yfirferð og endurbætur Bergvin Snær Andrésson 2022.

Heimilt er að afrita textann til fræðslu í skólum sem reknir eru fyrir opinbert fé án leyfis höfundar eða Rafmenntar, fræðsluseturs rafiðnaðarins. Hvers konar sala á textanum í heild eða að hluta til er óheimil nema að fengnu leyfi höfundar og Rafmenntar.

Vinsamlegast sendið leiðréttingar og athugasemdir til

Báru Laxdal Halldórsdóttur á netfangið [bara@rafmennt.is](mailto:bara@rafmennt.is)

---

**Rafmagnsfræði 3. kafli Rafleiðarar**

---

**Efnisyfirlit**

3. Rafleiðarar og bygging straumrásar.....	4
1. flokkur. Málmar .....	4
2. flokkur. Vökvar og gös .....	5
3. flokkur. Hálfleiðarar.....	6
4. flokkur. Einangrar .....	7
Straumur í leiðara af 1. flokki .....	7
Bygging straumrásar .....	8
Rofar.....	11
Vör.....	11
Spurningar .....	14

---

## Rafmagnsfræði 3. kafli Rafleiðarar

---

### 3. Rafleiðarar og bygging straumrásar.

#### 1. flokkur. Málmar

Efni hafa mismunandi fjölda óbundinna eða frjálsra rafeinda. Að efni hafi frjálsar rafeindir er forsenda þess að það geti leitt rafstraum. Út frá þessu eru efni flokkuð í fjóra flokka með tilliti til rafleiðni þeirra.

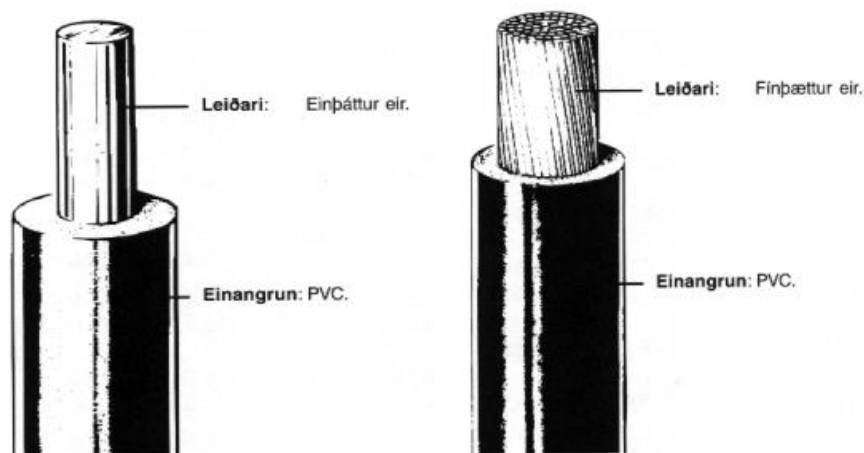
Málmar eru þau frumefni sem hafa tiltölulega flestar óbundnar rafeindir og þar að auki er gott rými milli frumeindanna sem frjálsar rafeindir geta ferðast í hindrunarlítið. Þessi efni eru því góðir rafleiðarar.

Þegar rafstraumur fer eftir leiði af 1. flokki hreyfast eingöngu rafeindir.

Silfur er sá málmur sem best leiðir rafstraum og er það mikið notað í rafiðnaði t.d. í bræðivörum og einnig er algengt að rafleiðnihlutar aflrofa séu silfurhúðaðir.

Eir er næstbesti leiðarinn, en sá sem er mest notaður í rafleiðara vegna þess að hann er mun ódýrari en silfur.

Eirinn hefur líka þá kosti að auðvelt er að framleiða úr honum þráð, hann er sveigjanlegur, hann tærist ekki og hann tekur vel tinlóðningu.



Mynd 3.1.

### Rafmagnsfræði 3. kafli Rafleiðarar

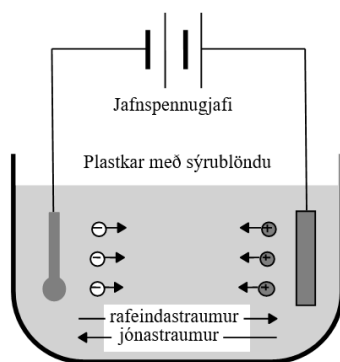
Ál er fjórði besti leiðarinn, næst á eftir gulli sem er lítið notað í rafiðnaði. Kostir áls sem leiðara eru nýttir í framleiðslu loftlínu- og jarðstrengja. Líttleiki álsins gerir það sérstaklega vinsælt í loftlínunum, en þá er oft nauðsynlegt er að styrkja það með burðarvír úr stáli. Einn helsti kostur álsins er þó sá að það er mun ódýrara en eir.

Allar málmblöndur eru verri leiðarar en hreinir málmar og eru t.d. oft notaðir í hitöld (element) þar sem talsvert viðnám er æskilegt.

#### 2. flokkur. Vökvar og gös

Þegar rafstraumur fer eftir vökva eða gasi hreyfast rafeindir frá - skauti til + skauts, eins og í málmum. Hins vegar á sér einnig stað svokallaður jónastraumur, jákvætt hlaðnar jónir streyma frá + skauti til - skauts og neikvætt hlaðnar jónir dragast að + skauti. Þetta þýðir að það á sér stað raunverulegur efnisflutningur þegar rafspenna er yfir þessi efni.

Menn hafa lengi notfært sér þennan leiðni eiginleika vökva til málms- og galvanhúðunar. Rafskaut úr mismunandi efnum eru sett í kar sem fyllt er með sýrublöndu síðan er jafnspenna sett á skautin og efnisflutningur hefst milli skautanna.



Mynd 3.2

Á mynd 3.2 er sýnd aðferð sem notuð er m.a. til silfur húðunar. Jónastraumur í vökvanum frá silfur klumpi tengdum + pól húðar smám saman skeiðina sem tengd er -pól spennugjafans.

Vökvar sem notaðir eru til þess að leiða rafstraum kallast raflausnir. Gott dæmi um raflausn er þynnt brennisteinssýra sem notuð er í blýrafgeymi

---

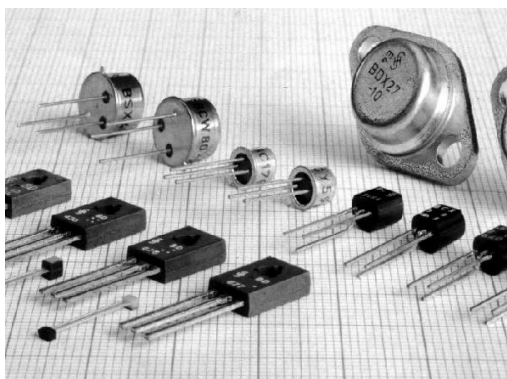
## Rafmagnsfræði 3. kafli Rafleiðarar

---

### 3. flokkur. Hálfleiðarar

Hálfleiðarar eru föst efni sem hafa rafeindirnar tiltölulega fastbundnar kjörnunum það er því lítið um frjálsar rafeindir í þessum efnum. Leiðni þessara efna er mjög háð hreinleika þess og hitastigi. Hitni efnið geta rafeindir losnað og það fer að leiða á líkan hátt og málmar.

Kísill eða svokallaðar kísilflögur er mest notað í hálfleiðaratækni við gerð transistora, díóða, triac o.fl. íhluta rafeindarása. Leiðni þessara efna er þá aukin með því að bæta í þau öðrum efnum sem eru ýmist þrígild eða fimmgild, þ.e. hafa þrjár eða fimm rafeindir á ystubraut. Sagt er að þau hafi þá verið óhreinkuð.



Mynd 3.3. Dæmigerðir transistorar

---

## Rafmagnsfræði 3. kafli Rafleiðarar

---

### 4. flokkur. Einangrar

Í svonefndum einangrunarefnum eru rafeindirnar fastbundnar kjörnunum og svo til engar frjálsar rafeindir fyrir hendi. Við venjulegar aðstæður leiða þessi efni ekki rafstraum, þó segja megi að öll efni leiði rafstraum ef spennan yfir það verður nógu há.

Dæmi um einangrara:

Þurrt loft,	gljásteyinn,
hreint vatn,	pappír,
gler,	bómull,
postulín,	ýmsar olíur,
plast,	lakk,
gúmmí,	fernis o.fl.



Mynd 3.4

### Straumur í leiðara af 1. flokki

Málmar hafa eins og áður er sagt margar frjálsar rafeindir. Ef annar endi málmþráðar hefur fleiri rafeindir en hinn er sagt að spenna sé yfir þráðinn. Rafeindir streyma frá þeim enda sem er ríkari, til hins sem er fátækari af þeim. Ef stöðug endurnýjun rafeinda á sér stað við endann sem var ríkari af rafeindum verður stöðugur rafeindastraumur í leiðaranum. Spennugjafi er nauðsynlegur til þess að viðhalda spennu yfir leiðarann og þar með rafeindastraumnum.

---

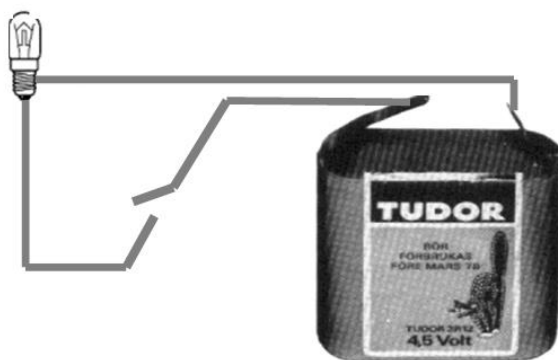
## Rafmagnsfræði 3. kafli Rafleiðarar

---

### Bygging straumrásar

Einfaldasta gerð straumrásar er gerð úr spennugjafa, leiðara, einhverjum hlut sem kallast getur notandi, og rofa. Á mynd 3.5 er sýnd slík straumrás þar sem spennugjafinn er rafhlaða og notandinn lítill glópera. Þessir hlutir eru raðtengdir þannig að straumrásin verður ein hringrás en það er undirstöðuatriði í gerð straumrásar að straumurinn nái að hringrás.

Í þessu tilfelli hugsum við strauminn frá jákvæða skauti rafhlöðunnar eftir leiðaranum gegnum rofann og glóþráð perunnar til neikvæða skautsins, sem í þessu tilviki er ytra byrði hennar. Strauminn hugsum við síðan í gegnum rafhlöðuna til jákvæða skautsins og hringnum er lokað.



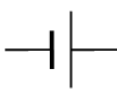



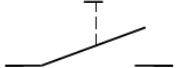
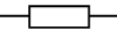



Mynd 3.5

Þegar rofinn rýfur straumrásina myndast loftbil í honum sem hefur það mikið viðnám að engar rafeindir komast í gegnum það og allur rafeindastraumur stöðvast þá samtímis. Í rofni ástandi liggur spennan yfir rofann því þar er þá stærsta viðnám rásarinnar.

Þegar tengt er með rofanum verður viðnám hans nær ekkert, rafeindirnar taka að streyma aftur og spennan færist yfir á stærsta viðnám rásarinnar sem nú er glóþráðurinn í perunni. Sem sagt spennan skiptir sér alltaf í réttu hlutfalli við viðnám íhluta rásarinnar.

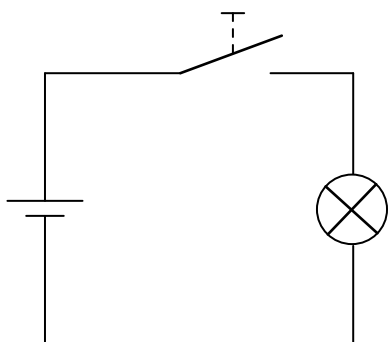


### Rafmagnsfræði 3. kafli Rafleiðarar

	Jafnspennugjafi, rakspennugjafi (rafhlaða, hlað (sella) í rafgeymi)
	Rafleiðari
	Bræðivar
	Sjálfvar
	Handvirkur rofi (einpóla)
	Viðnám, mótstaða (almennt tákn)
	Gaumljós, ljósgjafi
	Spennumælir
	Straummælir

Tafla 3.1

Tafla 3.1 sýnir nokkur stöðluð íhlutatákn sem notuð eru í rafteikningum, en til þess að einfalda teikningar straumrásar eru notuð stöðluð tákn og eru þau samkvæmt alþjóðlegum staðli (IEC) í þessari bók, en íslenskur rafmagnsstaðall var á sínum tíma unninn upp úr honum.



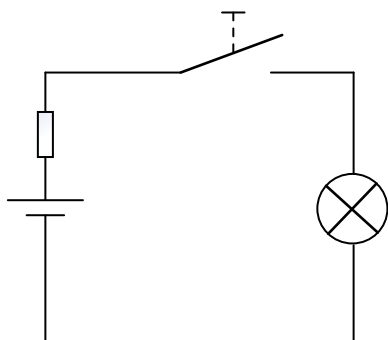
Mynd 3.6a

Mynd 3.6a sýnir straumrásina á mynd 3.5 teiknaða samkvæmt raftáknastaðli. Handvirki rofinn er teiknaður opinn, þ.e. straumrásin er rofin og teikningin sýnir því rásina í straumlausu ástandi.

---

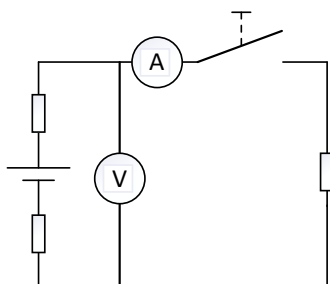
**Rafmagnsfræði 3. kafli Rafleiðarar**

---



Mynd 3.6b

Á mynd 3.6b er bræðivari bætt inn í rásina. Til þess að verja straumrásina og spennugjafann skemmdum af völdum yfirstraums er bræðivari komið fyrir sem næst spennugjafanum. Varið verndar þá bæði leiðarana og aðra íhluti rásarinnar.



Mynd 3.7

Á mynd 3.7 er búið að teikna inn straum- og spennumæla. Straummælirinn er raðtengdur í rásina, enda nokkurskonar rafeindateljari. Spennumælirinn er hins vegar hliðtengdur spennugjafanum og myndar þannig sjálfstæða hringrás straums. Spennumælirinn sýnir stöðugt spennu þá sem spennugjafinn gefur, óháð því hvort rofinn tengir eða ekki, svo fremi sem bræðivörin eru óbrunnin. Straummælirinn sýnir hins vegar strauminn sem fer um rásina þegar rofinn tengir. Í stað tákns fyrir ljósgjafa er nú sett almennt tákn fyrir mótstöðu.

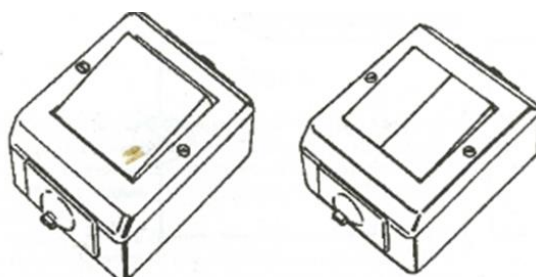
---

### Rafmagnsfræði 3. kafli Rafleiðarar

---

#### Rofar

Rofar þurfa að vera það stórir að þeir þoli tiltekið yfirálag og hafi nægilega stórt bil á milli snertanna. Til dæmis hafa rofar fyrir ljósagreinar ekki undir 10 ampera straumþol þótt vinnustraumur sé í sumum tilvikum undir einu amperi. Rofar verða að rjúfa hratt, til þess að ljósbogamyndun milli snertanna verði í lámarki. Þetta á sérstaklega við um rofa í jafnstraums-rásum, en vegna mun meiri ljósbogamyndunar þar duga ekki aðrir rofar en þeir sem eru sérstaklega merktir DC.



Mynd 3.8

#### Vör

Tvær gerðir vara eru notaðar til þess að verja straumrásir og búnað yfirálagi, bræðivör og sjálfvör.

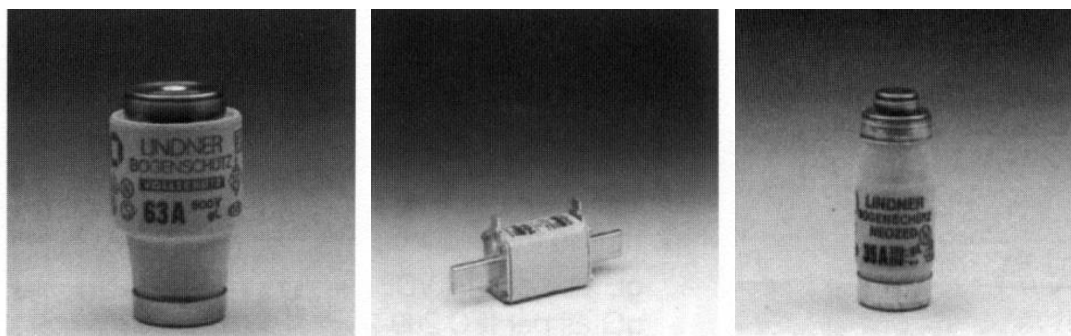
Í bræðivörum er grannur málmþráður eða málmþynna sem bráðnar ef straumur fer yfir ákveðið gildi og rýfur þannig straumrásina. Ef yfirstraumur er tiltölulega lítill getur það tekið varið alllangan tíma að rjúfa rásina. Verði hins vegar skammhlaup í straumrás rýfur varið tafarlaust.

Rofeiginleikar bræðivara eru mismunandi og t.d. eru notuð svokölluð fljót vör í ljósagreinar, en treg vör í greinar fyrir rafmótora. Treg vör þola betur þann ræsistraum sem mótora taka þ.e. mikinn yfirstraum sem stendur í skamman tíma. Mynd 3.9 sýnir bræðivör af þremur mismunandi gerðum.

---

### Rafmagnsfræði 3. kafli Rafleiðarar

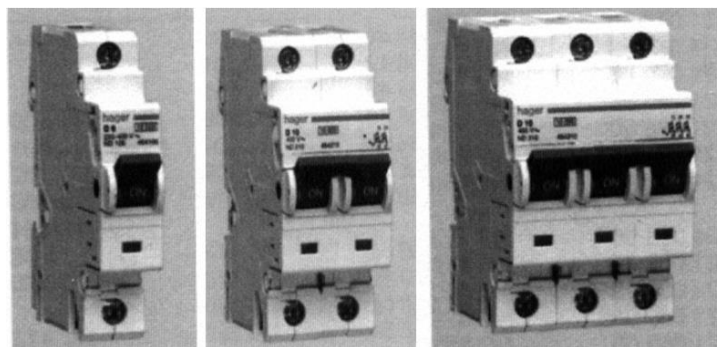
---



Mynd 3.9. Bræðivör af þremur mismunandi gerðum  
f.v. diasedvar, gripvar og neosedvar.

Sjálfvör hafa innbyggðan tvennskonar búnað. Í fyrsta lagi spólu með járnkjarna sem segulmagnast við yfirstraum og leysir tafarlaust út. Þennan hluta varsins má kalla skammhlaupsvörn. Í öðru lagi er svokölluð tvímálmsfjöður sem straumurinn fer eftir, við það hitnar fjöðurin og sveigist til. Ef um yfirstraum er að ræða, leysir hún út við tiltölulega lítinn yfirstraum, en vinnur á mun lengri tíma heldur en straumspólan. Þessi hluti varsins nefnist yfirálagsvörn.

Báðir þessir búnaðir vinna á sjálfvari sem er endurskiptanlegur. Mynd 3.10 sýnir eins- tveggja- og þriggja póla sjálfvör.



Mynd 3.10

---

### Rafmagnsfræði 3. kafli Rafleiðarar

---

Sjálfvör má fá í mismunandi gerðum og skammhlaupsvörnum.

**Z-gerð** sem rýfur við tvöfaldan málmstraum eru mjög fljótvirk vör og eru notuð m.a. fyrir rafeindabúnað.

**B-gerð** sem rýfur við þrefaldan málmstraum eru fljótvirk og notuð til varnar vírum og köplum og t.d. fyrir venjulegar ljósagreinar.

**C-gerð** sem rýfur ekki fyrr en við fimmfaldan málstraum og eru notuð í mótorgreinar og húsarafmagni.

**D-gerð** sem rýfur ekki fyrr en við tífoldan málstraum og eru notuð fyrir stærri kraftlagir eins og t.d. að spennum.

Allar þessar gerðir hafa samskonar tvímálmsvörn til yfirstraumsútleysingar á lengri tíma.

#### Bilunarstraumsrofi

Eitt helsta öryggistæki rafkerfisins er bilunarstraumsrofi og er honum ætlað að vernda fólk og dýr gegn skaða af rafmagni. Bilunarstraumsrofinn mælir mismun á straum inn og út í raflögn. Ef útleiðsla verður í raflögn td. vegna bilunar í jarðtengdu tæki á rofinn að slá út og rjúfa allan straum.

Þegar við kveikjum ljós þá fer straumur um rásina á milli L og N skauta. Straumurinn fer inn í bilunarstraumsrofann í ljósið og til baka í gegn um bilunarstraumsrofann aftur. Rofinn mælir þá strauminn sem fer frá honum og til hans aftur. Ef mismunur er mikill á straumnum út og inn (á L og N) þá slær hann út og rífur allan straum.

Á bilunarstraumsrofanum er prufuhnappur sem ætlaður er til að prófa virkni hans. Mælt er með því að rofinn sé prófaður nokkrum sinnum á ári.

---

**Rafmagnsfræði 3. kafli Rafleiðarar**

---

**Spurningar****3.1**

Hvað einkennir leiðara af 1. flokki?

**3.2**

Hvaða efni leiðir best rafmagn?

**3.3**

Hvers vegna er eir svo vinsælt efni í rafleiðurum?

**3.4**

Hverskonar leiðarar eru helst framleiddir úr áli?

**3.5**

Flokka má efni af 2. flokki leiðara í tvo flokka, þeir eru?

**3.6**

Hvernig fer rafstraumur um leiðara af 2. flokki?

---

**Rafmagnsfræði 3. kafli Rafleiðarar**

---

**3.7**

Nefndu dæmi um hálfleiðaraefni sem notað er í framleiðslu rafeindabúnaðar (hálfleiðara).

**3.8**

Teldu upp fimm efni sem teljast einangrarar.

**3.9**

Hver er munurinn á sjálfvörum og bilunarstraumsrofa?

**3.10**

Hvaða önnur nöfn eru notuð yfir bilunarstraumsrofa?