

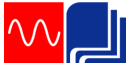


Rafbók



# Rafmagnsfræði

## 2. kafli Rafkerfi



---

## Rafmagnsfræði 2. kafli Rafkerfi

---

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.

Höfundar eru Eggert Gautur Gunnarsson og Einar H. Ágústsson.

Umbrot: Ísleifur Árni Jakobsson.

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 2. kafli Rafkerfi**

---

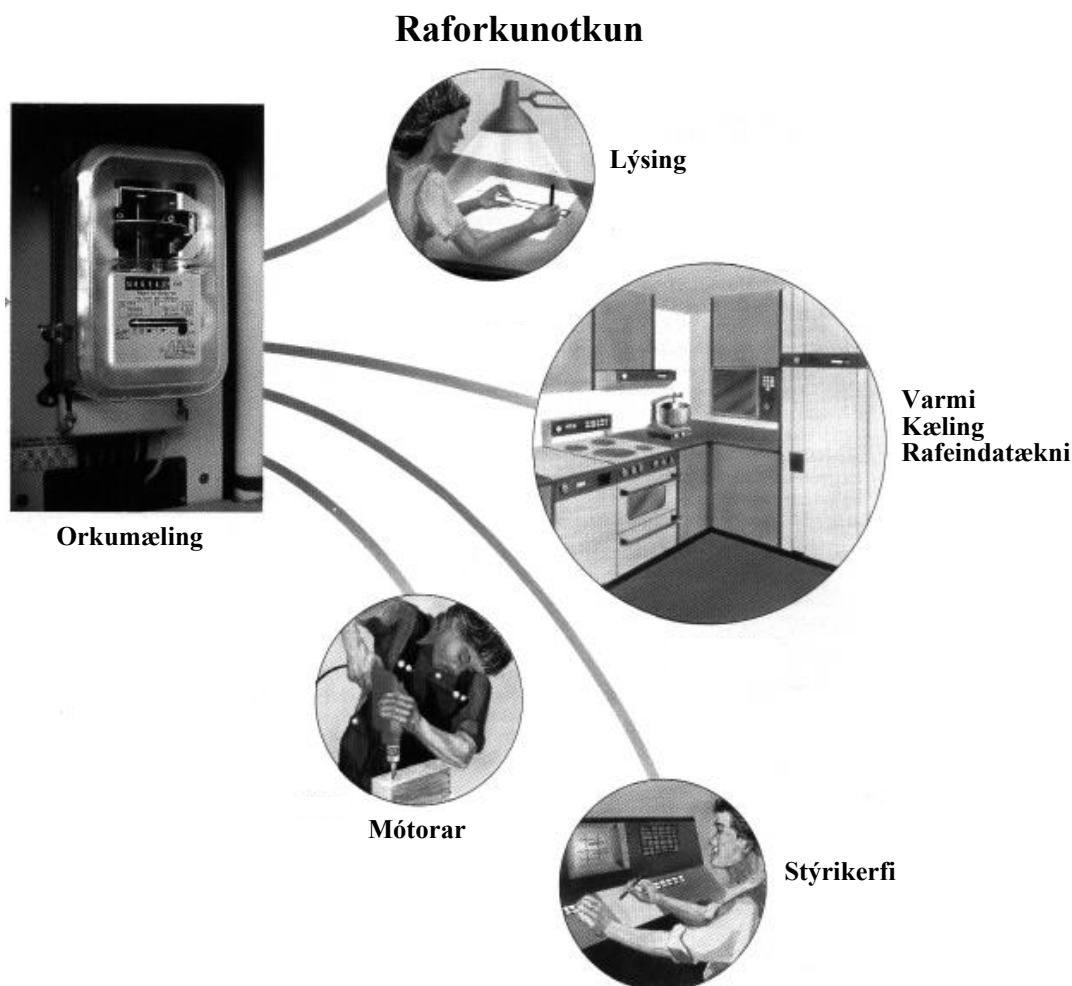
**Efnisyfirlit**

2. Rafmagnsnotkun og -framleiðsla, rafkerfi.....	4
Raforkunotkun.....	4
Raforkuöflun .....	5
Raforkukerfi .....	7
Riðstraumskerfi .....	10
Þriggja fasa kerfi .....	14
Skipulag aðaltöflu í veitukerfi.....	18
Riðstraumskerfi í skipum. ....	19
Jafnstraumskerfi .....	23
Rafkerfi bíla. ....	24
Rafkerfi smábáta. ....	26
Spurningar .....	30

## 2. Rafmagnsnotkun og -framleiðsla, rafkerfi.

### Raforkunotkun

Notkun rafmagns er mjög umfangsmikil og breytileg í nútíma þjóðfélagi eins og nokkur nærtæk dæmi eru tekin um á mynd 2.1 hér fyrir neðan.



Mynd 2.1

---

## Rafmagnsfræði 2. kafli Rafkerfi

---

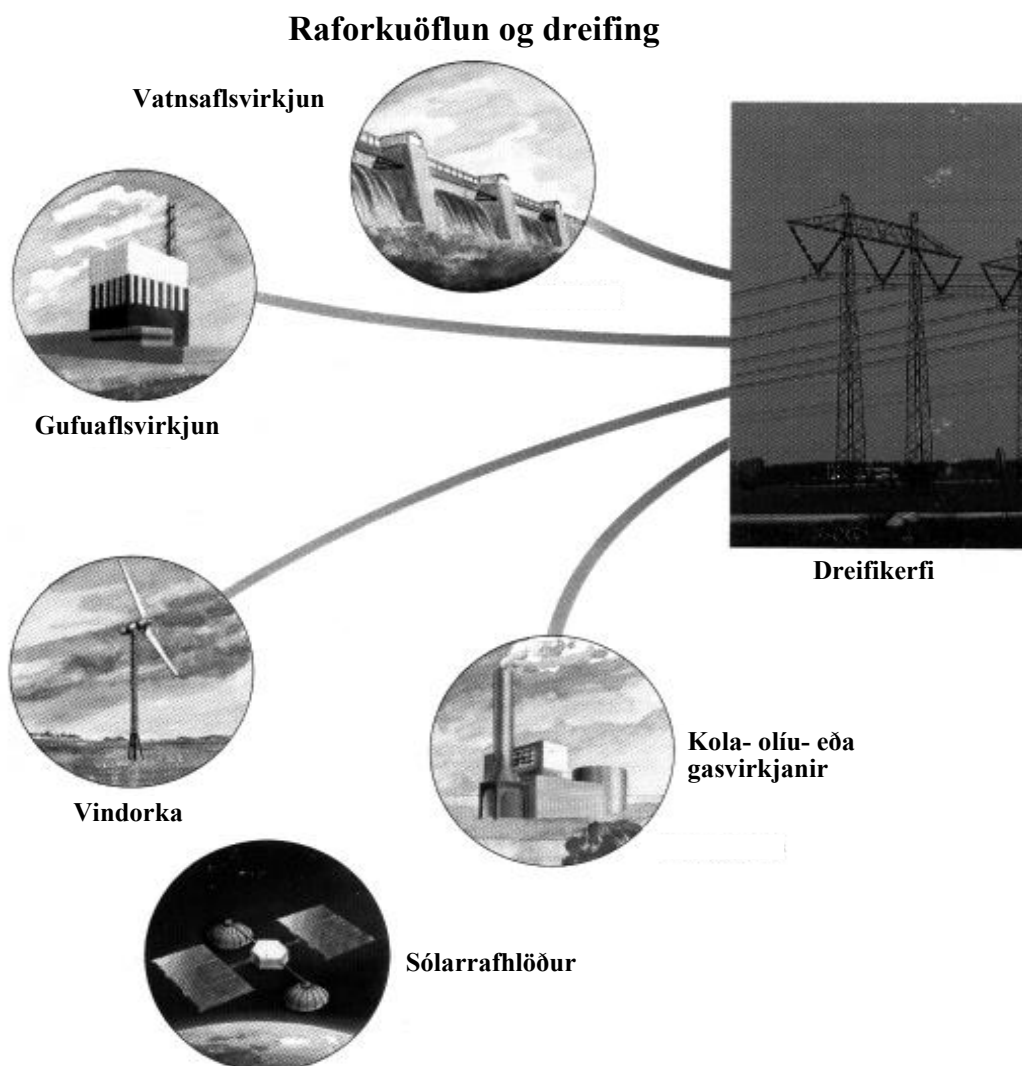
Daglega notum við þessa orku til þess að létta okkur störfín og gerum okkur varla grein fyrir því hvenær við gerum það, svo samofið er þetta orðið athöfnum okkar. Á heimilinu er sjálfstætt rafkerfi sem er örlítill angi af heildarraferfi landsins og þegar við setjumst inn í bílinn og ökum á vinnustað nýtum við rafkerfi hans sem er sjálfstæð eining. Ef vinnustaðurinn er t.d. skip eða bátur er þar enn eitt rafkerfið sem er sjálfstætt og ekki háð öðrum kerfum.

Raforkunotendum sem tengjast landskerfinu má skipta í stórnotendur sem eru fáir en nýta meirihluta raforkunnar sem framleidd er í landinu og smærri notendur sem eru fyrirtæki og einstaklingar. Gróflega er rafkerfi landsins skipt í tvo hluta þ.e. háspennukerfi og lágapennukerfi. Uppspretta háspennukerfisins má segja að séu virkjanirnar og stór hluti dreifikerfisins tilheyrir háspennuhlutanum. Lágapennukerfið tekur við í svokölluðum dreifistöðvum sem eru staðsettar í grennd við notendur.

### Raforkuöflun

Hér á landi kemur stærsti hluti raforkunnar frá vatnsaflsvirkjunum og að nokkru leiti frá jarðgufuvirkjunum. Varaafl kemur frá dísel-rafstöðvum, en vindmillur hafa að mestu verið aflagðar, en þær voru talsvert notaðar til sveita hér áður. Ekki er ólíklegt að vindmillur komi inn sem aflgjafar hér í framtíðinni. Kola-, olíu- og gaskynntar gufuaflsvirkjanir eru ekki hérlandis og því síður kjarnorkuver.

## Rafmagnsfræði 2. kafli Rafkerfi



Mynd 2.2

Sólarrafhlöður framleiða jafnspennu og tengjast því ekki rafkerfi landsins, en geta hentað vel fyrir lítil sjálfsæð rafkerfi. Sólarrafhlöður hafa ekki mikla útbreiðslu hér en eru helst notaðar í sumarbústöðum. Þær eru hinsvegar helsti aflgjafinn í geimförum eftir að þau eru komin á braut umhverfis jörðu svo og í geimstöðvum.

## Rafmagnsfræði 2. kafli Rafkerfi

### Raforkukerfi

Það er málvenja að tala um raforkukerfi þegar átt er við stórar einingar t.d. kerfi alls landsins eða landshluta, en rafkerfi er hinsvegar notað þegar um smærri einingar er að ræða. Rafkerfi er t.d. notað yfir kerfi verksmiðju, íbúðarhúss, íbúðar, skips, báts, bíls eða raftækis.

Raforkukerfi landsins er þriggja fasa riðspennukerfi með svokallaðri núlltengingu. Aðalflutningslínur dreifikerfisins eru mjög háspenntar sem auðveldar flutning raforkunnar um landið til stórra og smárra notenda í þéttbýli og dreifbýli. Lágspennukerfi er skilgreint í íslenskum staðli IST 200, með kerfis-spennu undir 1000 volt

Háspennukerfi eru þá skilgreind þau kerfi sem hafa spennu yfir þessum gildum.



Riðstraumsrafalar í vatnsaflsvirkjun

Mynd 2.3

---

## Rafmagnsfræði 2. kafli Rafkerfi

---

Ástæðan fyrir því að riðspenna er notuð í raforku-kerfum er meðal annars vegna þess að auðvelt er að breyta spennugildi án mikilla tapa í spennubreytum. Í rafölum eins og eru á mynd 2.3 er algengt spennugildi 11.000 volt eða 11 kílóvolt. Þessu spennugildi er síðan breytt í 132 kV eða 220 kV inn á aðalorku-flutningslínur landsins. Síðan þarf að lækka aftur spennugildið í 11kV í aðveitustöðvum sem senda orkuna til dreifistöðva þar sem spennan er lækkuð í 0,4 kV (400V) til almenns notanda.

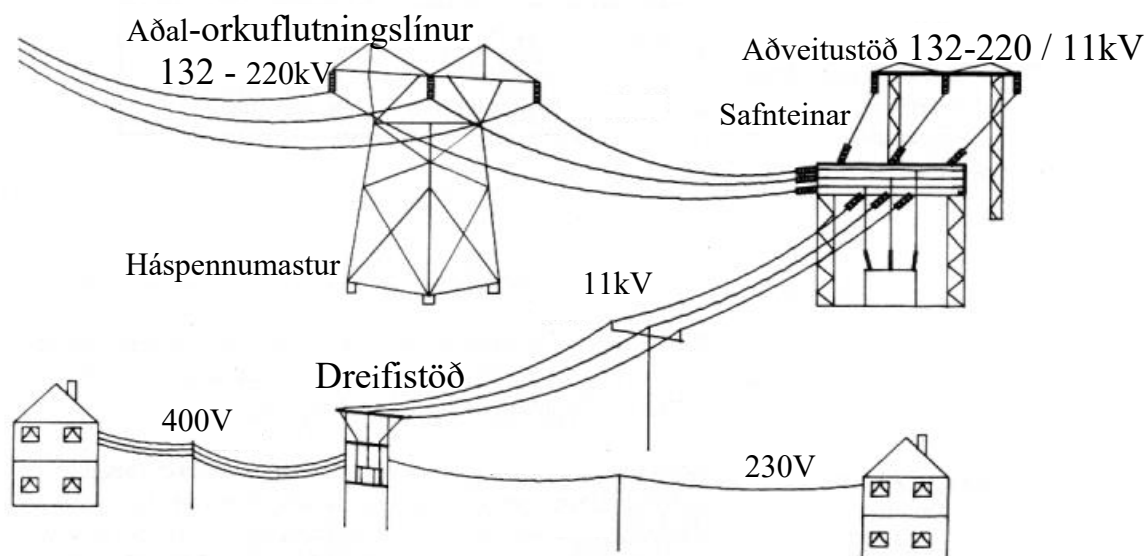
Algengustu kerfin eru 2x460/230 V 3x400/230 V og 3x230 V

Virkjanir landsins eru að stærstum hluta á suðvesturhorni þess tiltölulega stutt frá helstu notendum, en tvær virkjanir sem teljast með þeim stærri eru á Norðurlandi.

Dreifing raforkunnar frá virkjunum er um 220 kV línur til Reykjavíkursvæðisins og Hvalfjarðar. Stórnotendur eins og álver fá orku beint frá 220 kV háspennulínum. Dreifing um landið er með 132 kV línu sem nefnist Byggðalína sem liggur umhverfis það og myndar hringtengingu.



## Rafmagnsfræði 2. kafli Rafkerfi



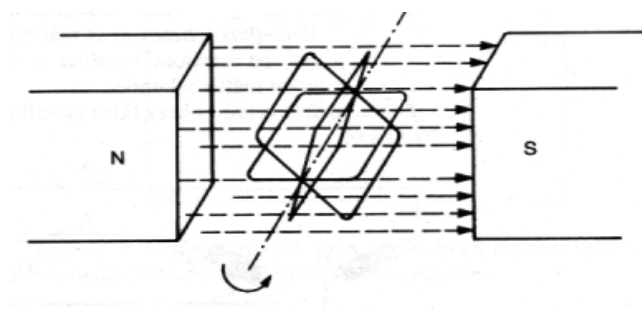
Mynd 2.4

Á Stór-Reykjavíkursvæðinu eru þrjár aðalaðveitustöðvar sem fá orku frá virkjununum að mestu eftir 220kV línum en einnig eftir 132kV línum. Þaðan er orkunni dreift til sjö aðveitustöðva sem eru dreifðar um svæðið með 132kV kapallögnum. Stöðvarnar eru líka samtengdar þannig að hringtenging myndast. Mynd 2.4 er ekki alveg í samræmi við okkar rafkerfi því á henni eru eingöngu loftlínur.

## Rafmagnsfræði 2. kafli Rafkerfi

### Riðstraumskerfi

Á mynd 2.5 er sýnt segulsvið í loftbili milli tveggja segulpóla, örvarnar tákna kraftlínur þess. Eirvír sem myndar þrjá lokaða ramma með  $120^\circ$  horn á hvern annan er snúið í þessu segulsviði. Við snúninginn spanast riðspenna í hvern ramma fyrir sig sem í raun hafa  $120^\circ$  tímahorn á milli sín. Því hraðar sem snúið er, því hærri spenna spanast í vírinn og þar sem rammarnir mynda lokaða straumrás myndi rafstraumur fara eftir þeim.



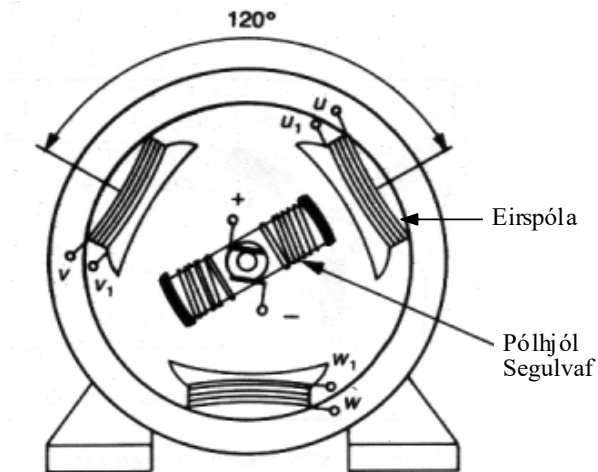
Mynd 2.5

Þetta segir okkur að þegar leiðari hreyfist í segulsviði spanast í hann spenna og ef hann myndar lokaða rás fer straumur eftir honum. Spanspennan er í réttu hlutfalli við styrk segulsviðsins og snúningshraðann og skiptir um pólun tvisvar á hverjum hring, í hverjum ramma, þetta er sem sagt riðspenna.

Riðspenna myndast í rafölum þannig, að sterkt segulsvið er fært framhjá leiðaraspólum úr eir sem eru staðsettar umhverfis segulinn, sem er á svokölluðu pólhjóli. Sjá mynd 2.6. Segulsviðið er myndað með því að senda jafnstraum um segulvöfin í pólhjólinu. Þrjár spólur eru staðsettar með  $120^\circ$  millibili innan á húsi vélarinnar.

## Rafmagnsfræði 2. kafli Rafkerfi

Þegar segulpólarnir fara framhjá spólunum spanast í þær spenna og pólun spennunnar fer eftir því hvaða segulpól, norður eða suðurpól, er um að ræða hverju sinni.



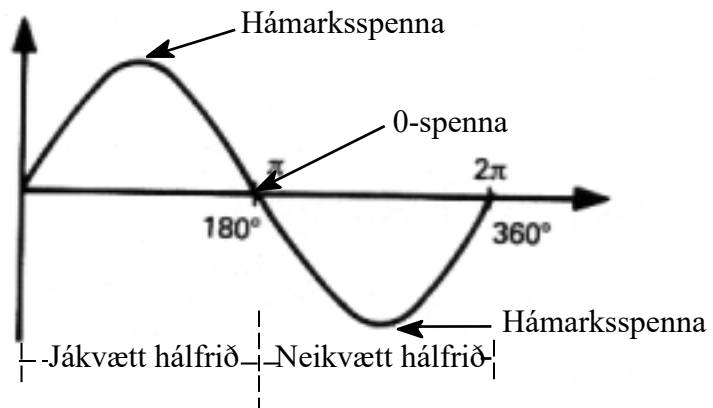
Mynd 2.6

Ef við tökum eina spólu fyrir t.d. þá sem norðurpóll pólhjólsins er staddur við þá er á þessu augnabliki spanast hámarksspenna í þá spólu. Þegar pólhjólið snýr þvert á spóluna er hún hvorki undir áhrifum norður- né suðurskafts pólhjólsins og spennan hefur fallið niður í núll, engin spenna spanast í spóluna. Ef við hugsum okkur ákveðinn snúning áfram fer suðurskautið að nálgast spóluna og þá spanast í hana spenna með gagnstæðri pólun miðað við áður. Þegar suðurskautið er beint útaf spólunni er spennan aftur komin í hámark. Sjá línurit af spennu á mynd 2.7.

---

**Rafmagnsfræði 2. kafli Rafkerfi**

---



Mynd 2.7

Spennan sem spanast þegar pólhjólið hefur snúist einn hring er síbreytileg að styrkleika og hefur skipt einu sinni um pólun. Þetta kallast eitt rið í riðspennu.

Jákvæða hálfrið spennunnar myndar hálfhring í línuritinu, eða  $180^\circ$  og heilt rið því tvo hálfhringi eða  $360^\circ$ , þetta kallast rafmagnsgráður. Spennan hefur mælieininguna volt (V) og mæligildið sem við lesum af spennumæli er kallað virkt gildi spennu og það er alltaf uppgengið gildi spennu.

Hámarksspennan sem merkt er inn á myndina á við toppinn á spennukúrfunni og er ekki það sem mælist með spennumæli.

Reikna má hámarksgildi spennu ef virkt gildi er þekkt stærð.

Hámarksgildið ( $U_{\max}$ ) er virkt gildi spennu ( $U$ ) sinnum rótin af tveimur.

$$U_{\max} = U \cdot \sqrt{2} \text{ [V]}$$

Hámarksgildi kerfisspennunnar 400V verður:

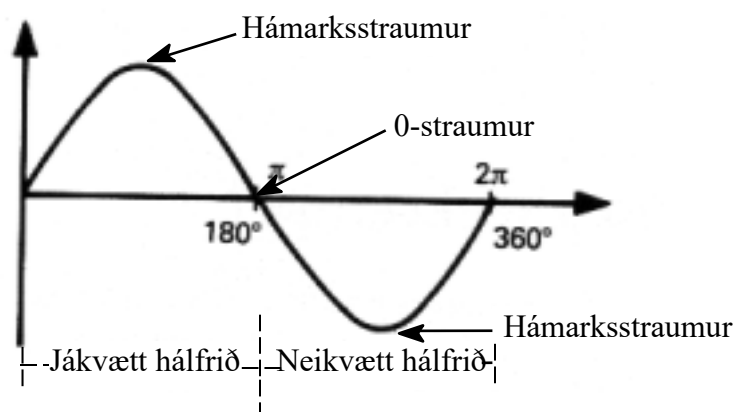
$$U_{\max} = U \cdot \sqrt{2} = 400 \cdot \sqrt{2} = 565,7 \text{ V}$$

## Rafmagnsfræði 2. kafli Rafkerfi

Í raforkukerfinu er fimmtíu riða spenna, sem þýðir riðafjölda á sekúndu. Einingin fyrir riðafjölda er Herts, skammst. Hz.

Kerfisspennan er því 400 V, 50 Hz. Spennukúrfan á mynd 2.7 endurtekur sig því fimmtíu sinnum á sekúndu í kerfinu.

Þegar straumur fer um straumrás álags er það vegna þess að spenna þrýstir honum í gegnum rásina. Spennu má því líkja saman við þrýsting í vatnskerfi og rafstraumnum sem vatnsrennslinu. Þetta tvennt fylgist að og rafstraumurinn fer því alltaf fram og til baka í riðstraumrás vegna umpólunnar spennunnar. Við getum hugsað það þannig að straumurinn vex frá núllgildi eins og spennan í jákvæða hálfriðinu upp í hámarksgildi og fellur síðan aftur í núll. Sjá mynd 2.8. Í neikvæða hálfriðinu gerist það sama nema að nú fer straumurinn í gagnstæða átt eftir straumrásinni. Í línuriti myndar straumurinn samskonar kúrfu og spennan nema að mæligildi eru önnur.



Mynd 2.8

---

## Rafmagnsfræði 2. kafli Rafkerfi

---

Það má ekki misskilja hugtakið neikvætt hálfrið því í raun er ekkert neikvætt við það, aðeins að spennan hefur skipt um pólun og straumurinn streymir í gagnstæða átt eftir rásinni.

Mælieining riðstraums er amper (A) og er miðað við virkt gildi straums í eina sekúndu, eða ákveðinn fjöldi rafeinda sem fara eftir straumrás á sekúndu, samanber í kafla 1.

Reikna má hámarksgildi rafstraums ef virkt gildi hans er þekkt stærð, á sama hátt og hámarksgildi spennu. Hámarksgildið ( $I_{\max}$ ) er virkt gildi straums ( $I$ ) sinnum rótin af tveimur.

$$I_{\max} = I \cdot \sqrt{2} \text{ [A]}$$

Hámarksgildi 10A straums (virkt gildi) verður:

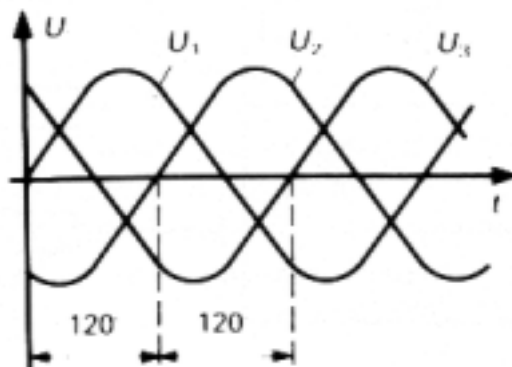
$$I_{\max} = I \cdot \sqrt{2} = 10 \cdot \sqrt{2} = 14,14 \text{ A}$$

### Þriggja fasa kerfi

Í umfjölluninni um riðspennu og riðstraum hefur til þessa verið miðað við einn fasa af þremur rafalans á mynd 2.6.

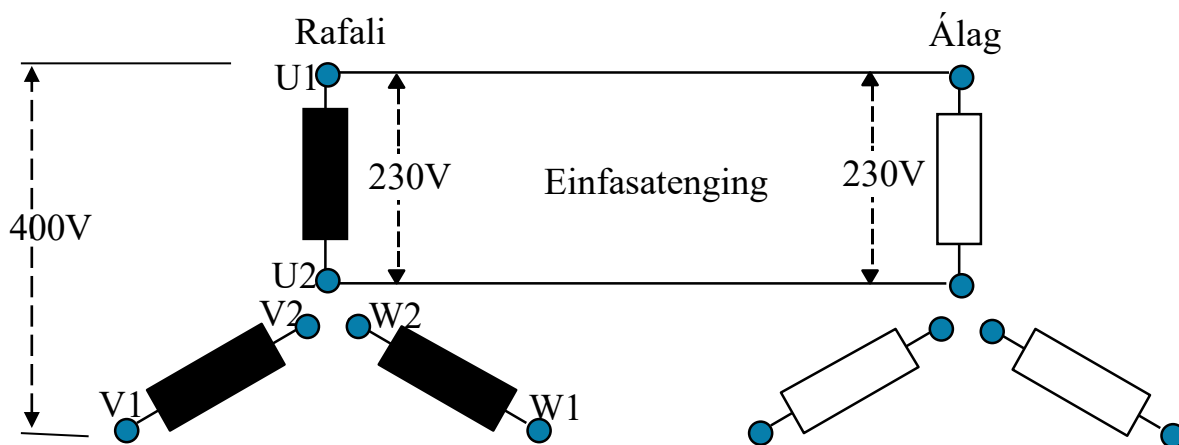
Fasavöf vélarinnar eru merkt  $U_1$ - $U_2$ ,  $V_1$ - $V_2$  og  $W_1$ - $W_2$ . Þau eru staðsett í vélinni með  $120^\circ$  millibili og því framleiðast í raun þrjár einfasa spennur sem hafa 120 rafmagnsgráða bil á milli sín. Þegar spennan er sett upp í línurit má sjá að það verða þrjár sjálfstæðar spennukúrfur. Sjá mynd 2.9.

## Rafmagnsfræði 2. kafli Rafkerfi



Mynd 2.9

Þegar álag er þriggja fasa mætti hugsa það sem þrjár sjálfstæðar einfasa einingar sem yrðu þá tengdar rafalanum með sex leiðurum, tveir fyrir hvern hluta álagsins. Á mynd 2.10 er einn fasi rafala tengdur við einn fasa álagsins. Spennan í einum fasa rafalans er 230V og kallast fasaspenna hans.



Mynd 2.10

Þessi tengimáti þykir ekki heppilegur m.a. vegna fjölda leiðara til álagsins og aðeins eitt spennugildi næst fram.

## Rafmagnsfræði 2. kafli Rafkerfi

Þriggja fasatenging rafala og spenna í rafkerfinu er svokölluð stjörnutenging, þar sem annar endi á öllum fasavöfunum er samtengdur og tengdur til jarðar.

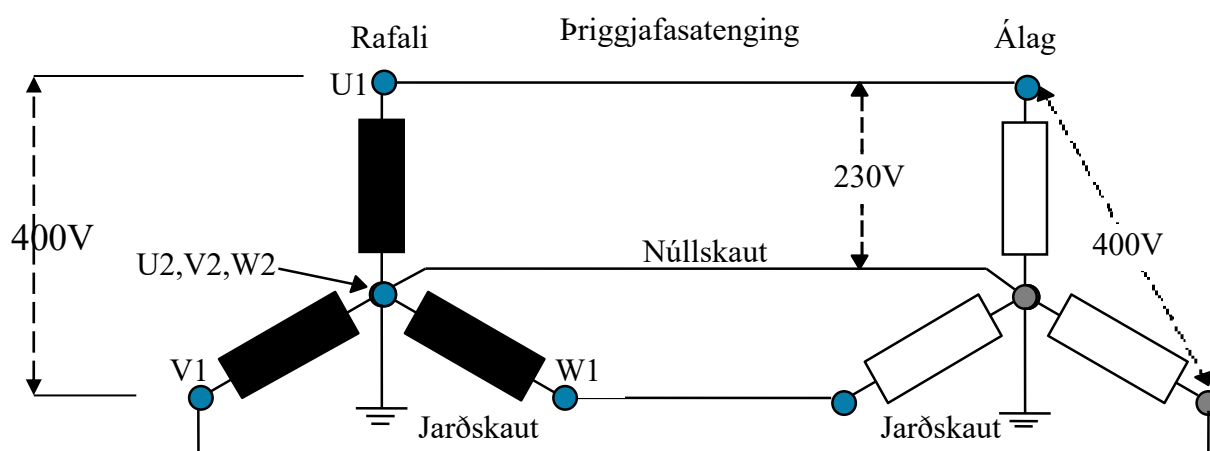
Við þessa samtengingu sem er nokkurskonar raðtenging fasavafanna fást í raun tvenn spennugildi. Ef við t.d. raðtengjum tvær 1,5V rafhlöður, setjum þær saman enda við enda, tvöfaldast spennan sem við náum frá þeim verður 3V.

Við stjörnutengingu tvöfaldast spennan ekki heldur eykst hún um hlutfallið  $\sqrt{3}$ . Skautspenna rafalans sem er á milli tengiskautanna U1,V1 og W1 (U) verður 400V en einfasaspenna milli fasa og núllskautsins ( $U_f$ ) verður þá 230V.

Sjá mynd 2.11.

$$U = U_f \cdot \sqrt{3} [V]$$

$$U = 230 \cdot \sqrt{3} = 400 V$$

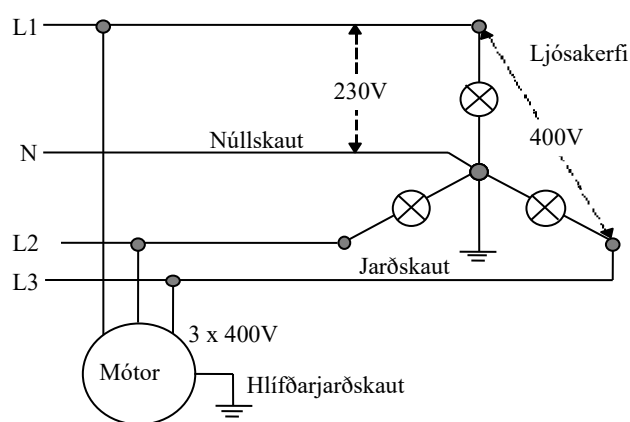


Mynd 2.11



## Rafmagnsfræði 2. kafli Rafkerfi

Með þessum tengimáta er hægt að flytja alla orku rafalans til álagsins með fjórum leiðurum og fá tvö mismunandi málgildi spennu. Ef við hugsum okkur rafkerfi verksmiðju þar sem margir þriggja fasa mótorar eru stór hluti álagsins og auk þess stórt ljósakerfi. Mótorarnir eru þá allir tengdir þriggjafasaspennunni en ljósakerfinu skipt niður í þrjár einfasagreinar tengdar milli núllskauts og fasa. Sjá mynd 2.12.

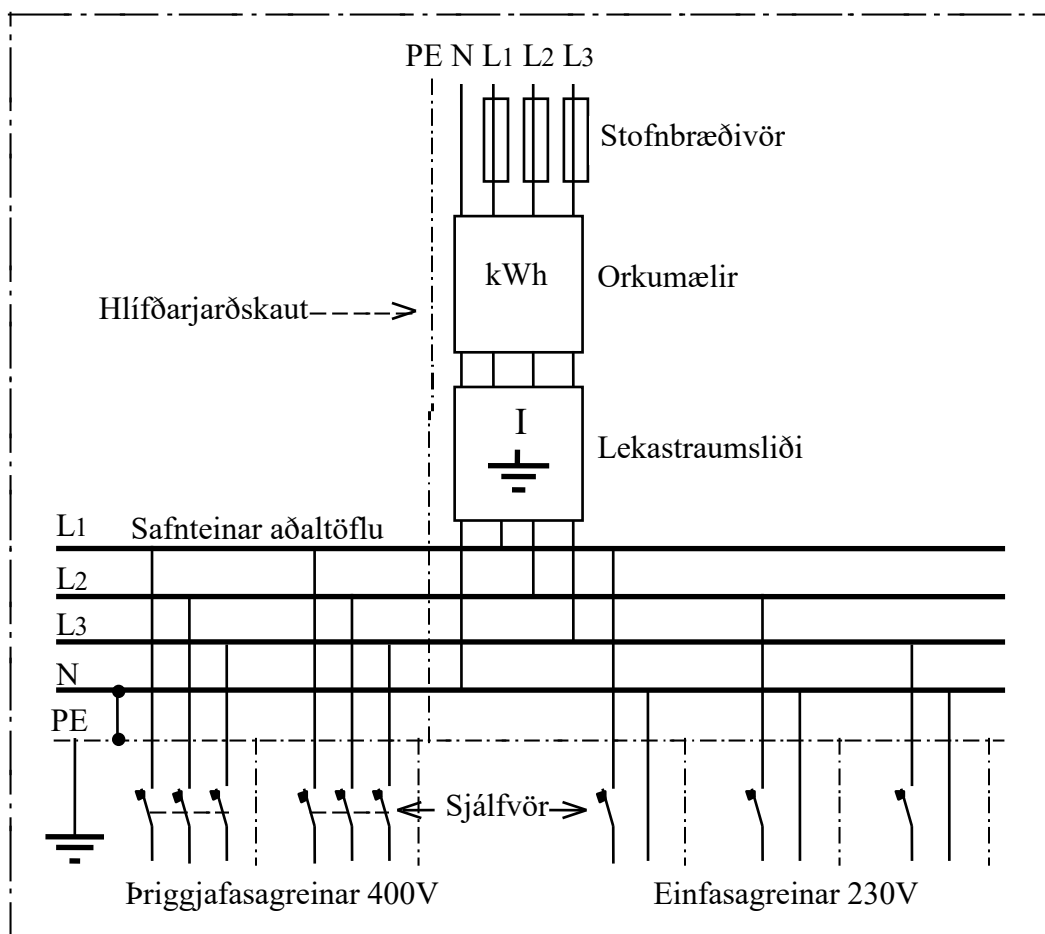


Mynd 2.12

## Rafmagnsfræði 2. kafli Rafkerfi

### Skipulag aðaltöflu í veitukerfi

Hér þarf að athuga mynd og setja inn mynd sem er rétt miðað við íslenskar aðstæður ÍÁJ



Mynd 2.13

Mynd 2.13 sýnir skipulag aðaltöflu þar sem notað er þriggjafasa 400V spenna til t.d. mótor og stórra tækja og einfasa 230V spenna til lýsingar og smátækjanotkunar. Einfasa greinum er jafnað niður á fasana þannig að álagið dreifist sem jafnast á þá. Merkingar á fösum frá veitukerfi er L1, L2 og L3, N stendur fyrir núllskaut og PE er samkvæmt alþjóðastaðli fyrir hlífðarjarðskaut, eldri merkingar fyrir fasa voru R,S,T, sem enn má sjá víða

---

## Rafmagnsfræði 2. kafli Rafkerfi

---

Þetta er sennilega rangt

Skylt er samkvæmt Staðli IST 200 um raforkuvirki að nota bræðivör í stofni vegna þess að þau hafa meiri rofgetu/rofaöryggi heldur en sjálfvör og takmarka skammhlaupsstraum. Einnig er skylt að hafa bláan vör á núlltaugum og gul / grænan vör fyrir hlífðarjarðtaugar. Nota má hvaða liti aðra sem verkast vill fyrir fasataugar. **Athugið að núllsafnteinn (N) og safnteinn fyrir hlífðarjarðskaut (PE) eru samtengdir neðarlega til vinstri á myndinni. Þetta er eina samtenging Þessara skauta og hana þarf að rjúfa þegar mæla skal einangrunargildi rafkerfisins.**

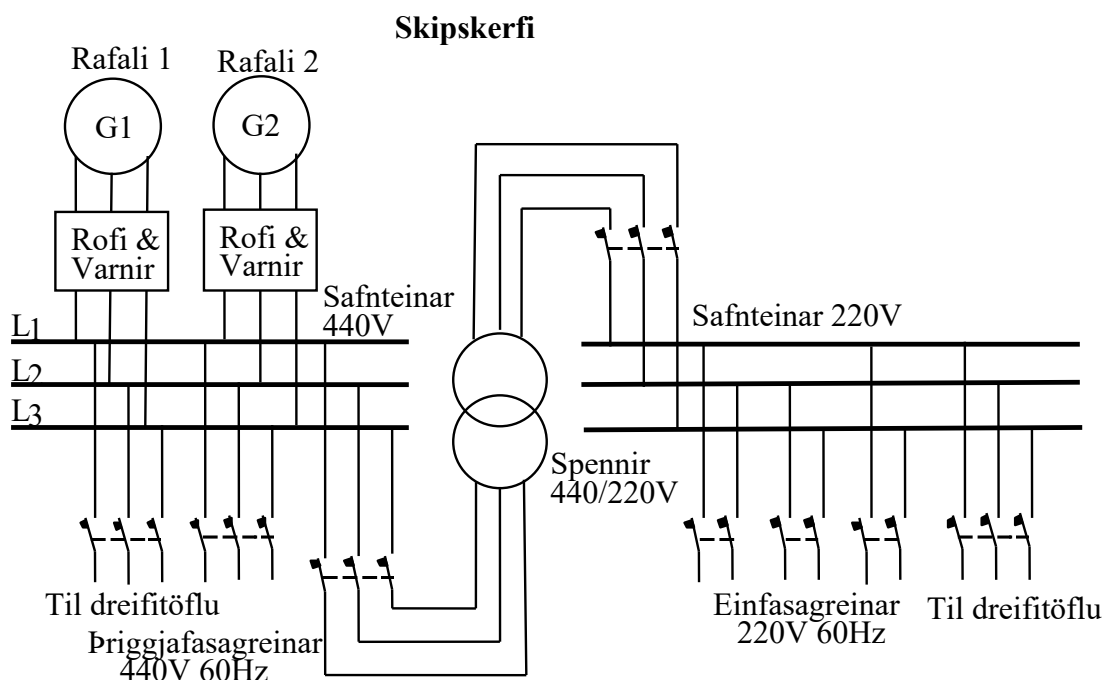
Riðstraumskerfi í skipum.

Á myndinni er notuð strik/punktalína fyrir hlífðarjarðskaut, þetta er ekki samkvæmt teiknistaðli en er gert hér til þess að aðgreina jarðtenginguna betur frá öðrum hlutum.

Í skipum eru algengust þriggja fasa kerfi með tveimur ráðandi spennugildum. Núllkerfi eru að ryðja sér til rúms, en eru enn í tiltölulega fáum veiðiskipum hérlendis. 440/220V 60Hz rafkerfi eru í farskipunum og flestum nýrri veiðiskipa þ.e. togurum og nótaveiðiskipum. Kerfisspennan er lækkuð með spennubreytum og álaginu jafnað eins og hægt er á fasana.

Í raun eru spennarnir alltaf tveir, þ.e. annar til vara. Í erlendum farskipum er 110V spenna algeng fyrir ljósaálag.

## Rafmagnsfræði 2. kafli Rafkerfi



Mynd 2.14

24V riðspennunotkun er algeng fyrir gaumljós og er þá tekin frá spennni í viðkomandi töflu eða rofakassa, en einnig er oft lítill spennir sambyggður gaumljósum og spennni þá niður í 12 V eða 24 V.

Dreifitöflur fyrir 440 V eru að venju nokkrar í vélarúmi og líka dreifðar um skipið. Dreifitöflur fyrir ljósaálag eru frá þriggjafasa 220 V greinum en hver einstök ljósagrein er einfasa, þær eru einnig dreifðar um skipið.

Í stærri veiðiskipum og farskipum er neyðarrafali staðsettur á þilfari ofan sjávarlínu sem tengist neyðartöflu. Búnaðurinn er samsvarandi þeim sem sýndur er á mynd 2.14 en verður þó aldrei eins umfangsmikill og í aðaltöflu. Frá neyðartöflu er hægt að gera stjórnþæki, siglingaljós, hluta af ljósakerfi og helstu þjónustudælur virkar.

Landtengibúnaður er í öllum skipum sem gerir kleift

---

## Rafmagnsfræði 2. kafli Rafkerfi

---

að tengja rafkerfi skipsins við veitukerfi í landi. Einangrunarspennir um borð í skipinu slítur leiðið samband milli landveitu og skipskerfisins. Tenglar á bryggjum eru að hámarki 125 A og því er notkun mjög takmörkuð hvað orku snertir. Oft er því sérstök landtenging fyrir löndunarkrana á veiðiskipum.

Í riðstraumskerfum eru mörg spennugildi í notkun, bæði í háspennu- og lágspennuhluta. Mörkin á milli þessara hluta eru ákvörðuð í reglugerð og eru miðuð við 250V spennu til jarðar í landkerfum. Spenna til jarðar er sú sama og milli eins fasa og núlls. Út frá þessu má reikna út spennu á milli fasa sem þá verður:

$$U = U_f \cdot \sqrt{3} = 250 \cdot \sqrt{3} = 433 \text{ V}$$

---

**Rafmagnsfræði 2. kafli Rafkerfi**

---

**Tafla yfir riðspennugildi í rafkerfum**

Spenna	Tíðni	Notkunarstaðir og notkunar svið
400 kV	50Hz	Framtíðarspenna á aðalorkuflutningslínunum.
220 kV	50Hz	Aðalorkuflutningslínunum háspennukerfisins.
132 kV	50Hz	Háspennulínur, Byggðalína, kapallögn milli aðveitustöðva R
60 kV	50Hz	Háspennulínur, Laxárvirkjun / Akureyri (á útleið).
33 kV	50Hz	Háspennulínur til aðveitustöðva (á útleið).
19 kV	50Hz	Háspennulínur til að veitustöðva (á útleið).
11 kV	50Hz	Háspennulagnir til dreifistöðva, rafalar og kerfi í virkjunum.
6 kV	50Hz	Rafalar í eldri virkjunum, mótórar (t.d. í álverum).
6 kV	60Hz	Drifmótórar í stærri skipum (diesel/electric).
690 V	50Hz	Mótórar og tæki (erlendis).
660 V	50Hz	Mótórar og tæki (erlendis).
460 V	50Hz	Kerfisspenna í lágspennu-veitukerfinu Sveitaveitur
440 V	60Hz	Skipskerfi (stærri veiðiskip, farskip).
400 V	50Hz	Kerfisspenna í lágspennu-veitukerfinu
380 V	50Hz	Kerfisspenna í stærri bátum og skipum.
230 V	50Hz	Kerfisspenna í lágspennu-veitukerfinu.
220 V	50Hz	Kerfisspenna í stærri bátum og skipum.
220 V	60Hz	Kerfisspenna í stærri bátum og skipum.
110 V	50Hz	Kerfisspenna í stærri bátum og skipum.
24 V	50Hz	Gripahús, stýrispenna, vinnuljós, gaumljós.
24 V	60Hz	Tækjaspenna, stýrispenna, gaumljós í skipum.
12 V	50Hz	Tækjaspenna, stýrispenna, vinnuljós, gaumljós.
12 V	60Hz	Tækjaspenna, stýrispenna, gaumljós í skipum.

Tafla 2.1

Þar sem kerfisspenna í lágspennuhluta landveitna er 400 V er hún 33 V undir mörkum. Algeng kerfisspenna í skipum er hinsvegar 440 V, en þar er farið eftir reglum flokkunarfélaga, eða hér á landi reglum Siglingamálastofnunnar.

## Rafmagnsfræði 2. kafli Rafkerfi

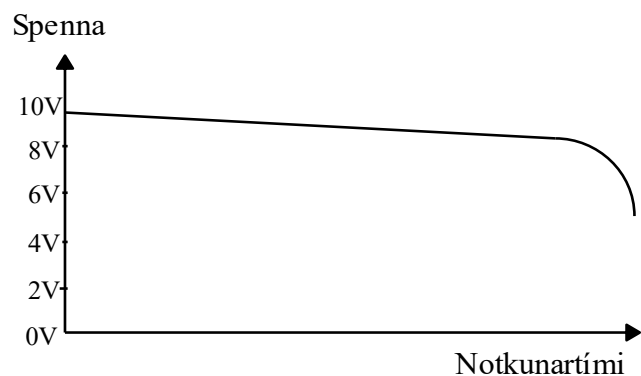
### Jafnstraumskerfi

Talsverðar breytingar eiga sér stað varðandi stöðluð spennugildi en þróunin er í átt til hækkunar á þeim með tilkomu betri einangrunarefna og betri búnaðar. Til dæmis má nefna síðustu breytinguna í lágspennukerfinu þótt lítil sé, úr 380 V í 400 V og sem afleiðingu þess einfasspennu úr 220 V í 230 V.

Jafnspenna hvort heldur hún er á rafhlöðu eða rafgeymi hefur fasta pólun, plús og mínus. Ástimplað spennugildi rafhlöðunnar á mynd 2.15 er 9 V og gera má ráð fyrir að í upphafi sé spennan nokkuð hærri.

Mynd 2.15

Ef rafhlaðan er ekki endurhlaðanleg lækkar spennan smásaman við notkun en fellur síðan ört þegar lítið er eftir af rafhleðslunni.



Mynd 2.16

Mynd 2.16 sýnir þetta á svonefndu línuriti þar sem spennan er sem fall af notkunartíma. Línurit af straumi um álag yrði mjög svipað því samhengi er þar á milli.

## Rafmagnsfræði 2. kafli Rafkerfi

Þegar um rafgeymi sem er í stöðugri endurhleðslu frá rafala er að ræða helst spennugildi stöðugt nema um mikið yfirálag sé að ræða.

Jafnstraumskerfi eru af mörgum og ólíkum gerðum smáum og stórum. Þau eru skilgreind hér sem kerfi með einum eða fleiri notendum og rafhlöðu, rafgeymi eða rafala sem spennugjafa. Algengustu jafnstraumskerfi hafa lága spennu 12 og 24 volt. Ekki er spenna í jafnstraumskerfum þó alltaf svona lág því jafnstraumsspilkerfi í togurum upp í 440V spennu og t.d. í neyðarraðkerfum virkjana og aðveitustöðva er rafgeymaspennan 110V sem fæst með raðtengingu níu 12 volta rafgeyma.

### Rafkerfi bíla.

Rafkerfi farartækja svo sem bíla eða smábáta er jafnstraumskerfi þar sem rafgeymar eru notaðir sem spennugjafar, sem eins og nafnið gefur til kynna geta geymt raforku en ekki framleitt hana.

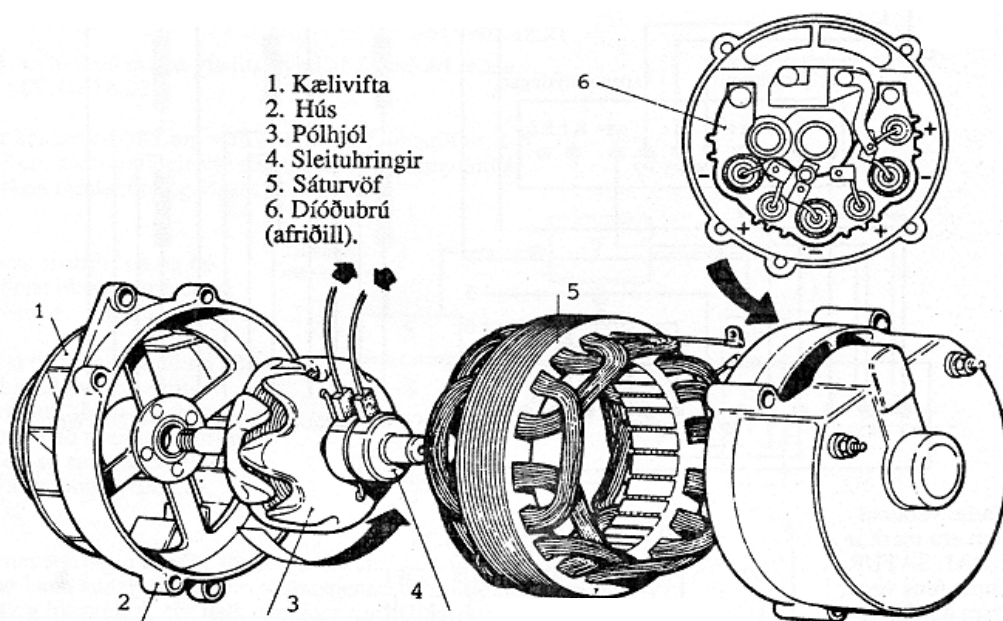


Mynd 2.17



## Rafmagnsfræði 2. kafli Rafkerfi

Framleiðandinn er í þeim tilfellum rafallinn eða „altenatorinn“ eins og hann er oft nefndur. Hann er reimdrifinn af viðkomandi aflvél og hleður rafgeyminn. Inn á pólhjól rafalans er tengdur jafnstraumur frá rafgeymi til þess að segulmagna pólhjólið (sjá mynd 2.18. Rafallinn framleiðir í raun þriggja fasa riðspennu með allhárri en óreglulegri tíðni, sem fer eftir ganghraða bílvélar hverju sinni. Spennan er afriðuð með svokallaðri díóðubru eða afriðli, sem er byggður úr sex díóðum og eru þær staðsettar aftan í húsi rafalans. Sjá nánar í kafla 18.



Mynd 2.18

Spennan sem hleður rafgeyminn hverju sinni er breytileg, en hleðslunni er stjórnað með sjálfvirkri rafeindastýringu sem í raun stýrir straumnum og því er hleðsluspennan afleidd stærð.

---

## Rafmagnsfræði 2. kafli Rafkerfi

---

Kerfisspenna í bílum er lág eða 12 V í smærri bílum en 24 V í strætisvögnum, rútum og stórum flutningabílum. Hleðsluspennan getur því verið 13-14 volt í 12 V kerfum og milli 27 og 28 volt í 24 V kerfum. Hleðslustýringin alveg sjálfvirk, en áriðandi er að ekki verði um ofhleðslu að ræða, sem getur haft í för með sé gasmyndun og þar af leiðandi sprengihættu í vélarrými bílsins.

Rafkerfi bíla er einleiðarakerfi þ.e. einungis plúspóllinn fer frá rafgeymi eftir einangruðum leiðara til álags. Mínuspóllinn er tengdur beint út í vélarhúsið og yfirbyggingu (boddý) bílsins. Rafkerfi bílsins er skipt í nokkrar greinar og er eitt bræðivar staðsett í plúspól hverrar greinar til verndar leiðurum og álagi.

Ræsirinn (startarinn) tekur geysimikinn straum í byrjun ræsingar, en hann er beintengdur við rafgeyminn gegnum spólurofa sem tengir við ræingu. Það er ekkert bræðivar í straumrás ræsímótorsins vegna áðurnefndrar straumtöku í upphafi ræsingar.

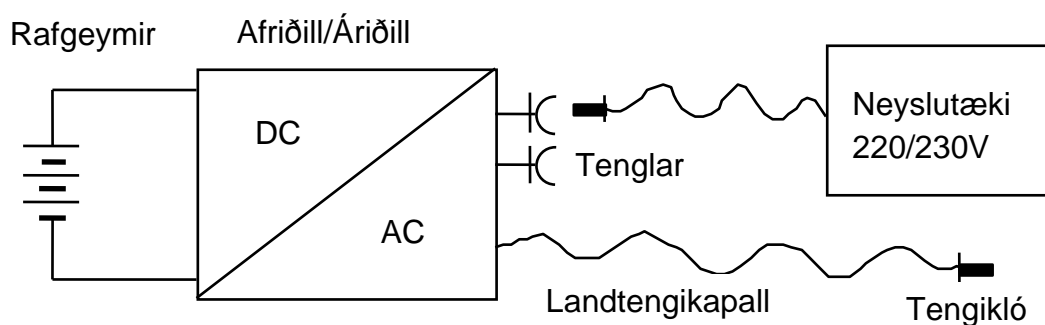
### Rafkerfi smábáta.

Smábátar undir 15m að lengd heyra undir sérstaka reglugerð Siglingamálastofnunnar. Rafkerfi þeirra skal vera einangrað tvítauga jafnstraumskerfi. Tengja má annan pólinn til jarðar en ekki má nota skipsbolinn sem leiðara.

Rafkerfum smábáta má skipta í tvennt, rafkerfi vélar og neyslurafkerfi. Hvort kerfið fyrir sig hefur sína rafgeyma og hleðslurafala. Ýmist eru þessi kerfi 12 V eða 24 V og í sumum tilfellum á sitt hvorri spennunni. Í veiðibátum er oft þriðja rafkerfið sem er undan-tekningalaust 24 V, fyrir færarúllur.

## Rafmagnsfræði 2. kafli Rafkerfi

Algenzt er að riðspennugjafi sé um borð í bátum sem hafa jafnstraumskerfi eða svokallaður áriðill. Þetta er tilkomið vegna þess sum tæki sem nú þykja ómissandi eins og t.d. örbylgjuofnar vinna eingöngu á riðstraum. Áriðillinn fær inn á sig 12 eða 24 V jafnspennu en gefur út 220-230 V riðspennu. Tækið virkar sem afriðill þegar landtenging er á og hleður þá geymasettið sem er tengt honum. Sjá mynd 2.19.



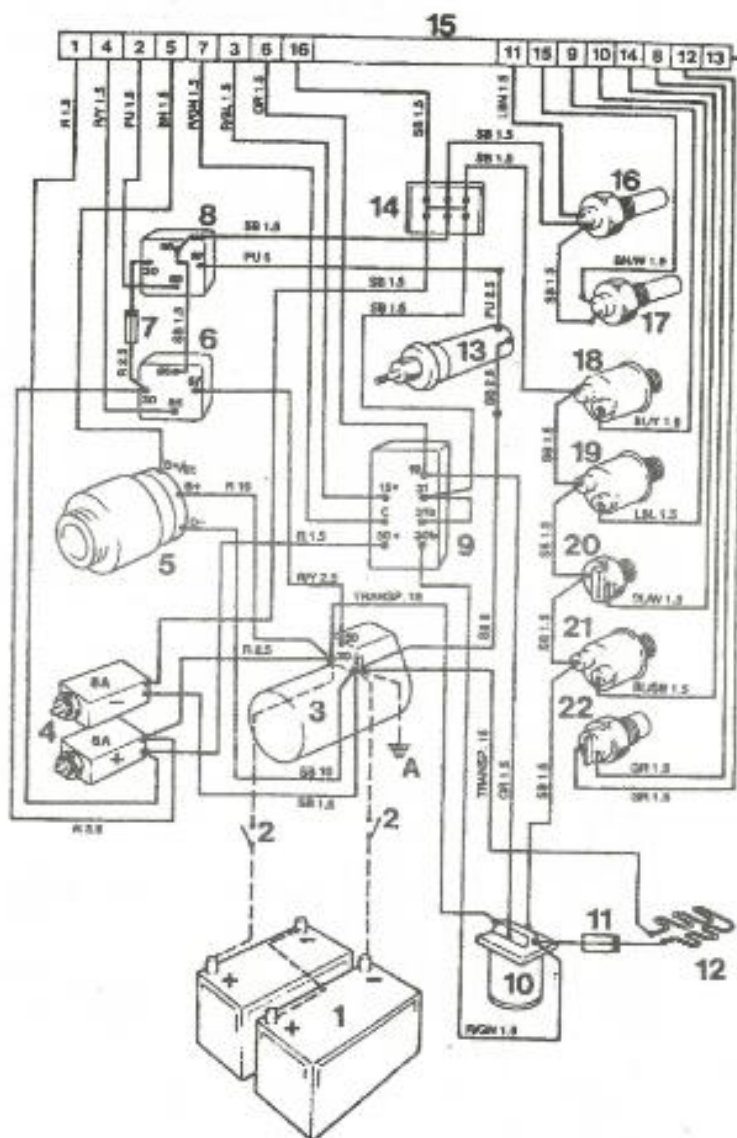
Mynd 2.19

Rafkerfi díselvéla í smábátum er uppbyggt á sama hátt og í bílum nema að báðir pólar eru leiddir í einangruðum leiðurum. Mínuspóllinn er þó tengdur út í hús ræsímótorsins (3) en vélin ekki notuð sem leiðari. Sjá mynd 2.20.

## Rafmagnsfræði 2. kafli Rafkerfi

### Vélbúnaður

1. Rafgeymar
2. Aðalrofi
3. Ræsismótor
4. Sjálfvör
5. Rafali
6. Ræsilíði
7. Bræðivar fyrir stöðvunarliða
- 8 amp. f. 24V, 16 amp. f. 12V.
8. Stöðvunarliði
9. Tímalíði
10. Líði fyrir forhitara
11. Bræðivar f. forhitara 100A
12. Forhitari
13. Stöðvunarspóla
14. Jarðskaut
15. Tengihulsa
16. Hitanemi f. kælivatn
17. Rofi f. kælivatnsgaum
18. Þrýstingsnemi (turbocharger)
19. Öfluprýstingsnemi (á vél)
20. Rofi f. öflugaum
21. Öfluprýstingsnemi (á gír)
22. Snúningshraðanemi



Mynd 2.20

Rafkerfið á myndinni er ekki teiknað samkvæmt raftáknastaðli heldur er líkt eftir raunverulegu útliti íhluta þess, þetta auðveldar almennum notanda aflestur.

Rafgeymar fyrir rafkerfi vélar (1) ganga undir heitinu ræsigeymar til aðgreiningar frá neyslugeymum sem þjóna rafkerfi bátsins. Efst á myndinni er tengihulsa með númeruðum tengingum, sem tengist síðan kló á

---

## Rafmagnsfræði 2. kafli Rafkerfi

---

kapli sem liggur fram í stjórn- og mælaborð í stýrishúsi.

Teikninguna má t.d. nota til bilanagreininga því rekja má leiðara sem eru í mismunandi lit og litarmerktir á teikningunni með skammstöfun á ensku og auk þess merktir tölu fyrir gildleika í fermillimetrum.

Jafnstraumskerfi í stærri bátum og skipum eru m.a. fyrir spilkerfi, neyðarlýsingakerfi, tæki í brú og til ræsingar díselvéla. Talstöðvar hafa sérstakt kerfi sem hefur langan virknitíma án endurhleðslu rafgeyma.

220 V rafkerfi voru algeng í fiski- og farskipaflotnum, en í dag eru riðstraumskerfi tekin við því hlutverki. Þó eru enn nokkrar fáar undantekningar. Taflan hér fyrir neðan er alls ekki tæmandi, en gefur samt allgóða mynd af algengustu jafnstraumkerfum sem eru í notkun í dag.

**Tafla yfir jafnpennugildi í rafkerfum.**

Spenna	Notkunarstaðir og notkunarvið.
440V	Spilkerfi í togskipum Ward Leonard rafali/mótor, Þýristorkerfi
360V	Spilkerfi í togskipum Ward Leonard, rafali/mótor.
220V	Kerfisspenna í stærri bátum og skipum.
110V	Kerfisspenna í stærri bátum og skipum, neyðarkerfi í landi.
80V	Kerfisspenna í lyfturum og flutningstækjum.
24V	Tækjaspenna, stýrispenna, gaumljós og talstöðvar í skipum.
12V	Tækjaspenna, stýrispenna, gaumljós og talstöðvar í skipum.

Tafla 2.2

---

## Rafmagnsfræði 2. kafli Rafkerfi

---

### Spurningar í 2. kafla

#### 2.1

Nefndu 5 notkunarsvið raforku.

#### 2.2

Nefndu 4 aðferðir til framleiðslu raforku fyrir riðspennukerfi.

#### 2.3

Hvernig er lágspenna skilgreind í íslenskri reglugerð?

#### 2.4

Hvaða spenna er á aðalorkuflutningslínunum landsins?

#### 2.5

Hvaða kerfisspennur eru í lágspennukerfi landsins?

#### 2.6

Hvaða spenna er á köplum milli aðveitustöðva á Reykjavíkursvæðinu?

#### 2.7

Lýstu hvernig er riðspenna spönuð í riðstraumsrafölum.

#### 2.8

Hvert er hámarksgildi 230V riðspennu í veitukerfinu?

#### 2.9.

Hve margar rafmagnsgráður eru í einu riði?

#### 2.10

Hvert er hámarksgildi 5 ampera riðstraums?

#### 2.11

Hvert er hornið á milli fasa í þriggja fasa riðstraum?

#### 2.12

Færðu rök fyrir því hversvegna rafkerfið er þriggja fasa.

---

**Rafmagnsfræði 2. kafli Rafkerfi**

---

**2.13**

Hvað heitir tengingin sem notuð er í þriggja fasa núllkerfi bæði á spennugjafa og álagi?

**2.14**

Hversvegna eru notuð bræðivör í stofnleiðurum í veitukerfinu?

**2.15**

Hvaða tengiskaut er merkt PE á mynd og hvernig litur er á einangrun leiðaranna 2.13?

**2.16**

Hvaða litur er á einangrun núll eyðara?

**2.17**

Hvernig er spenna fyrir ljósakerfi fengin í 440 V skipskerfum?

**2.18**

Hver er mesti straumur sem hægt er að fá frá landtengingu?

**2.19**

Nefndu þrjú dæmi um notkun 11 kV spennu héraðs.

**2.20**

Hver er hæsta kerfisspenna í skipum?

**2.21**

Hvaða spennugildi eru á rafkerfum bíla?

**2.22**

Hvernig spenna spanast í “altenator” í bílkerfum?

**2.23**

Hvað getur ofhleðsla á rafgeymum haft í för með sér?

**2.24**

Hver er helsti munurinn á rafkerfum bíla og smábáta?

---

## Rafmagnsfræði 2. kafli Rafkerfi

---

### 2.25

Hvað nefnist tækið sem notað er í bátum með jafnstraumskerfi til þess að framleiða riðspennu?

### 2.26

Hvaða tvö hlutverk hefur tækið sem spurt er um í 25?

### 2.27

Hvaða tvö rafkerfi eru alltaf fyrir hendi í smábátum?

### 2.28

Hvaða spennu mælir spennumælir P1 á teikningu bátskerfis á mynd 2.18?

### 2.29

Hve stór eru stofnvörin fyrir neyslukerfið?

### 2.30

Hvaða möguleika gefur stofnrofinn  $Q_3$  á teikningunni?

### 2.31

Teldu upp þrjú notkunarsvið jafnstraumskerfa í skipum.

### 2.32

Hvaða kerfisspenna er í vörulyfturum?