

Kafli 4. Rafmagnsafli



# Verkmenntaskólinn á Akureyri

2022

Verkmenntaskólinn á Akureyri  
Rafdeild



## Efnisyfirlit

4. Rafmagnsafl .....	3
Afl .....	3
Afl mótstaða .....	7
Afl og nýtni rafvéla .....	9

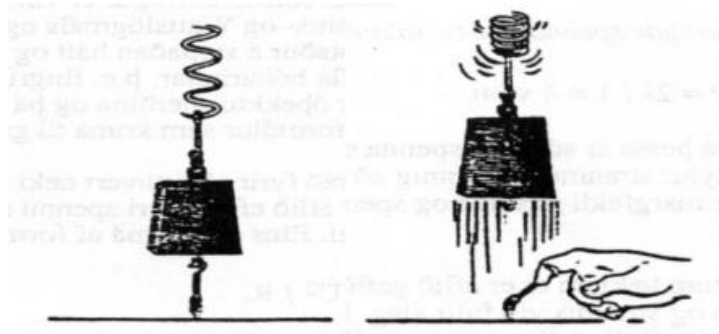


## 4. Rafmagnsafl

### Afl

Hugtakið afl þýðir vinna á tímaeiningu (1 sek.) eða með öðrum orðum afkastageta.

Til þess að hægt sé að framkvæma vinnu verður að vera fyrir hendi orka. Á mynd 4.1 t.v. er orka fólgin í strengdum gormi, en þar sem lóðið sem í gorminum hangir er njörvað fast, nær orkan ekki að útleysast. Engin hreyfing á sér stað og engin vinna er framkvæmd. Það má líkja þessu við að í rafmagnsrás sé rafspenna fyrir hendi en enginn straumur.

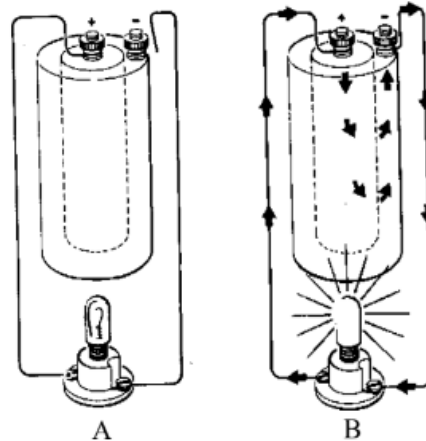


Mynd 4.1

Á myndinni t.h. er orkan leyst úr læðingi og lóðið lyftist.



Í rafmagnsrásum er spennan sá kraftur sem veldur hreyfingu rafeindanna. Ef straumrás er rofin hreyfast rafeindirnar ekki þrátt fyrir að spenna sé fyrir hendi. Mynd 4.2a.



Mynd 4.2

Sé straumrás tengd (órofin hringrás) streyma rafeindir um hana og vinna er framkvæmd. Sjá mynd 4.2b. Í því tilfalli verður spennufallið að langmestu leyti yfir peruna og í henni myndast afl í formi varma og ljóss. Þetta er hliðstætt við það sem gerist á mynd 4.1 t.h. en þar myndast hinsvegar hreyfiafl.

Afl kemur alltaf fram þar sem spenna rekur straum um viðnám. Afl er margfeldi straums og spennu og er sett fram í líkingu á eftirfarandi hátt, þar sem  $P$  táknar afl og einingin nefnist watt eða wött í fleirtölu, skammstafað  $W$ .

Þessi líking kallast Wattslögmál.

$$P = U \cdot I \text{ [W]}$$



Straumur er hugtak sem er skilgreint sem sá fjöldi rafeinda sem streymir um rás á einni sekúndu. Af því leiðir að þar sem rafmagnsafl er margfeldi straums og spennu miðast það einnig við tímann eina sekúndu.

Ef stærðirnar  $U$  (spenna) eða  $I$  (straumur) eru ekki þekktar, en hinsvegar viðnámsgildið ( $R$ ), má reikna aflið út frá samsettu Ohms- og Wattslögmáli þar sem:

$$1) U = I \cdot R \quad 2) I = \frac{U}{R} \quad 3) P = U \cdot I$$

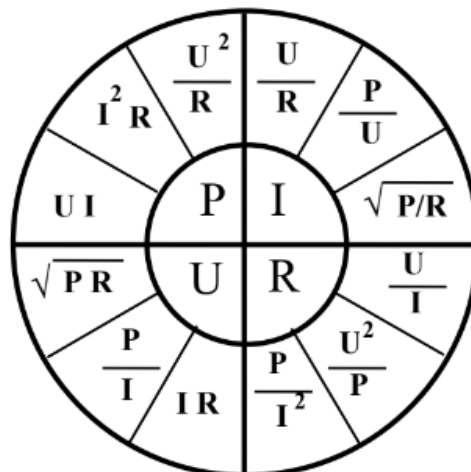
Formúla 1 sett inn í formúlu 3 verður:

$$P = I \cdot I \cdot R \quad \text{eða} \quad P = I^2 \cdot R$$

Formúla 2 sett inn í formúlu 3 verður:

$$P = U \cdot \frac{U}{R} \quad \text{eða} \quad P = \frac{U^2}{R}$$

Mælieining fyrir afl er watt. Afkastageta hinna ýmsu raftækja er því gefin upp í wöttum. Wattatalan gefur til kynna í hve miklu mæli tækið getur umbreytt rafmagnsafl í varma-, ljós- eða hreyfiafl





Svokallaður formúluringur er vinsæll til áminningar um líkingar Ohms- og Wattslögmáls og samsetningu þeirra. Líkingu fyrir óþekktu stærðina má finna innan viðkomandi fjórðungs í hringnum og þar má sjá þær þrjár formúlur sem koma til greina.

Ef gert er ráð fyrir að eitthvert tæki hafi ákveðið (stöðugt) viðnám fer aflið eftir þeirri spennu sem er yfir tækið hverju sinni. Eins og sjá má af formúlunni;

$$P = \frac{U^2}{R}$$

breytist aflið með spennunni í öðru veldi. Ef spenna er t.d. 1 volt yfir viðnám sem er 1 ohm verður aflið:

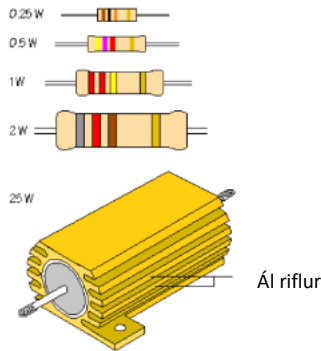
$$P = \frac{1^2}{1} = 1 \text{ watt}$$

Ef hinsvegar spennan er tvöfölduð mun aflið fjórfaldast:

Ástæða þessa er sú að ef spenna er tvöfölduð yfir viðnám hlýtur straumurinn einnig að tvöfaldast, og þar sem aflið er margfeldi straums og spennu, hlýtur aflið að fjórfaldast.

$$P = \frac{2^2}{1} = 4 \text{ wött}$$

Á flestum tækjum er aflið gefið upp, auk reksturspennu og straums við fullt álag. Þessar stærðir eru kallaðar málafli, málspenna og málstraumur viðkomandi tækis.

**Afl mótstaða.**

Mynd 4.3

Á mótstöðum sem eiga að hafa allstöðugt viðnám þrátt fyrir hitabreytingar, er venjulega gefið upp málafl og viðnámsgildi. Auðvitað má reikna út frá þessum stærðum bæði málstraum og spennuþol. Í mótstöðum breytist rafmagnsafl í varma.

Ágætt dæmi um samhengi milli aflstærðar og umfangs hlutar eru kolefnismótstöður sem eru algengar í ýmsum rafeindatækjum. Því aflmeiri sem mótstaða er því stærri er kæliflötur hennar og því meira afli getur hún umbreytt í varma án þess að ofhitna. Viðnámsgildi þessara mótstaða er lesið útúr litahringjum, með aðstoð litakvóta. Aftasti litahringurinn gefur til kynna hugsanlegt hámarksfrávik frá uppgefnu viðnámsgildi í %.

Í töflu 4.1 má sjá þær einingar sem notaðar eru yfir aflstærðir, en auðvitað er notkun þeirra mjög misjafnlega mikil, en algengust notkun má segja að sé á stærðunum frá milliwatti upp í megawatt. Í aftasta lið töflunnar er gefið til kynna í hvaða tilfellum viðkomandi stærðareiningar eru notaðar.

1 Terawatt	TW	1 000 000 000 000 W	$10^{12}$	Heildarafl virkjana í Evrópu
1 Gígawatt	GW	1 000 000 000 W	$10^9$	Heildarafl virkjana landsins
1 Megawatt	MW	1 000 000 W	$10^6$	Virkjanaafl, álversnotkun
1 Kílówatt	kW	1 000 W	$10^3$	Rafalar, mótórar, hitarar
1 Watt	W	Grunneining	$10^0$	Smærri raftæki
1 Milliwatt	mW	0,001 W	$10^{-3}$	Rafeindatæki
1 Míkrówatt	$\mu$ W	0,000 001 W	$10^{-6}$	Smárásir

Tafla 4.1



### Sýnidæmi 4.1

Vírundin mótstaða er merkt 100 W, 50 Ω.

- Hve háa spennu má tengja mótstöðuna við?
- Hver er málstraumur mótstöðunnar?

### Lausn

- Nú er farið í U-geirann í formúluringnum og kemur þar í ljós að við höfum þrjár formúlur haldbærar til þess að finna spennuþol mótstöðunnar. Einungis ein þessara formúla kemur til greina þar sem stærðirnar P og R eru þekktar stærðir.

$$U^2 = P \cdot R = 100 \cdot 50 = 5000 \Rightarrow$$

$$U = \sqrt{5000} = 70,71 \text{ V}$$

- Nú eru þrjár stærðir þekktar: P, R og U, því förum við nú í I-geirann í hringnum og þá má sjá að allar þrjár formúlurnar eru nothæfar.

Við notum Ohmslögmál

$$I = \frac{U}{R} = \frac{70,71}{50} = 1,41 \text{ A}$$

### Sýnidæmi 4.2

Rafmagnsofn er merktur 230 V, 1500 W.

- Hve mikið viðnám hefur ofninn?
- Hver er málstraumur ofnsins.

### Lausn

- 

$$R = \frac{P^2}{U} = \frac{230^2}{1500} = \frac{52900}{1500} = 35,27 \text{ } \Omega$$

- 

$$I = \frac{P}{U} = \frac{1500}{230} = 6,52 \text{ A}$$





**Afl og nýtni rafvéla.** Rafmótorar hafa það hlutverk að breyta rafmagnsafl í hreyfiafl. Afkastageta (skilað afl við fullt álag) er gefið upp á merkiskilti þeirra.

Á nýrri mótorum er aflið gefið upp í wöttum (W) eða kílówöttum (kW), en á eldri mótorum er aflið (út) oft gefið upp í hestöflum. Eitt hestafl er 736 wött. Aflið sem þeir taka frá neti (aflið inn) er ekki gefið upp, en hinsvegar málsþenna og málstraumur við fullt álag.

Reikna má aflið inn á jafnstraumsmótor sem margfeldi straums og spennu ( $P_{inn} = I \cdot U$ ). Þar sem aflið út af mótornum er gefið upp er augljóst að það er um hreyfiafl að ræða, hinsvegar er rafmagnsaflinn á mótörinn alltaf meira, því það tapast nokkurt afl í mótornum. Í meðalstórum mótorum tapast milli 10 og 20% af aflinu miðað við fulla lestun. Þetta þýðir að aflnýtni þeirra er oftast á milli 80 og 90%. Nýtni mótorá má finna með því að deila aflinu inn upp í aflið út.

$$\eta = \frac{P_{út}}{P_{inn}}$$

Rafalar gegna gagnstæðu hlutverki við mótorá, þ.e. þeir breyta hreyfiafli í rafmagnsafl. Aflið inn á rafala er sem sagt hreyfiafl, en aflið út af honum er rafmagnsafl. Þessi hlutverkaskipti valda því að aflið út sem er uppgæfið á merkispjaldi jafnstraumsrafala er rafmagnsafl eða straumur sinnum spennu. Nýtniformúluna er hægt að nota til þess að finna aflið inn eða út.

$$P_{inn} = \frac{P_{út}}{\eta} \quad P_{út} = P_{inn} \cdot \eta$$



### Sýnidæmi 4.3

Jafnstraumsmótor er merktur 220 V, 10 A, 2,4 hö.

- Hve mikið afl tekur mótorinn frá neti við fullt álag?
- Hve miklu afli skilar hann við fullt álag í wöttum?
- Hve mikið afl tapast í mótornum?
- Hve mikla nýtni hefur mótorinn?

### Lausn

Mótorinn á að tengjast 220 V rekstrarspennu og tekur 10 A við fulla áraun. Hann skilar þá 2,4 hestafla hreyfiafli út á öxul sinn.

- Aflið sem hann tekur frá neti finnst með því að margfalda saman straum og spennu:

$$P_{inn} = U \cdot I = 220 \cdot 10 = 2200 \text{ wött}$$

- Þar sem eitt hestafl er talið jafngilda 736 wöttum (fasti, k), má reikna skilað afl í W:

$$P_{út} = hö \cdot k = 2,4 \cdot 736 = 1766 \text{ wött}$$

- Mótorinn tekur 2200 W en skilar 1766 W, mismunurinn sem tapast ( $\Delta P$ ) er:

$$\Delta P = P_{inn} - P_{út} = 2200 - 1766 = 434 \text{ W}$$

- Nýtni mótorsins við fullt álag er:

$$\eta = \frac{P_{út}}{P_{inn}} = \frac{1766}{2200} = 0,8 \quad 0,8 \cdot 100 = 80\%$$