



**Rafbók**



# **Rafmagnsfræði**

## **Kafli 9 Rafmagnsafl**

---

## Rafmagnsfræði Kafli 9 Rafmagnsafl

---

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.

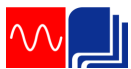
Höfundur er Einar H. Ágústsson

Umbrot: Ísleifur Árni Jakobsson

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 Kafli 9 Rafmagnsafl

---

### Efnisyfirlit

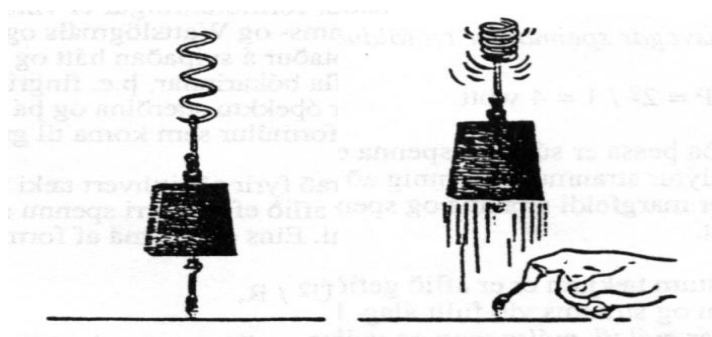
9. Rafmagnsafl .....	3
Afl.....	3
Afl mótstaða. ....	7
Afl og nýtni rafvéla. ....	9
Æfingadæmi úr 9. kafla.....	12
Svör við dæmum í 9. kafla .....	14

## 9. 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 9.1 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.

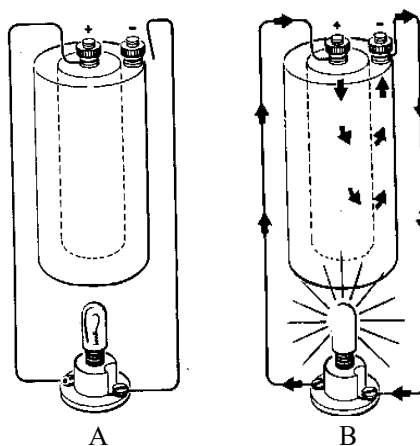


Mynd 9.1

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

## Rafmagnsfræði Kafli 9 Rafmagnsafl

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 9.2a.



Mynd 9.2

Sé straumrás tengd (órofin hringrás) streyma rafeindir um hana og vinna er framkvæmd. Sjá mynd 9.2b. Í því tilfelli 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 9.1 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 Wattsögmál.

$$P = U \cdot I \quad [W]$$

## Rafmagnsfræði Kafli 9 Rafmagnsafl

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:

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

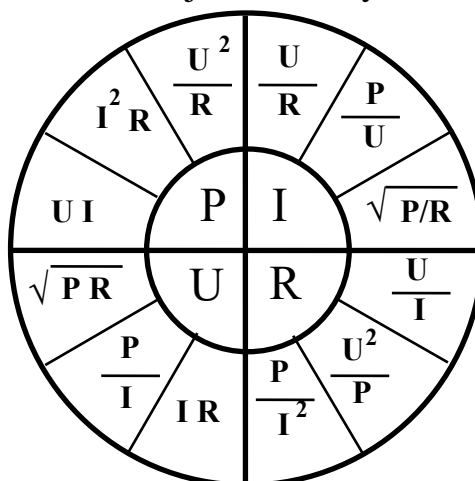
Formúla 1 sett inn í formúlu 3 verður:

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

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



---

## Rafmagnsfræði Kafli 9 Rafmagnsafl

---

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.

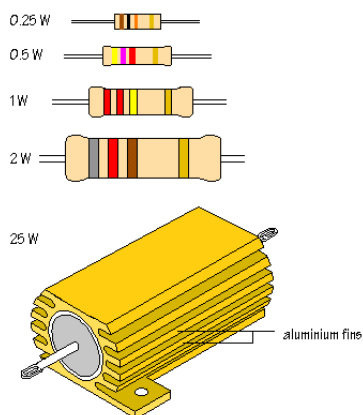
$$P = \frac{2^2}{1} = 4 \text{ watt}$$

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

## Rafmagnsfræði Kafli 9 Rafmagnsafl

### Afl mótstaða.

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



Mynd 9.3

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 9.1 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.



---

**Rafmagnsfræði Kafli 9 Rafmagnsafl**

---

1 Terawatt	TW	1 000 000 000 000 W	$10^{12}$	Heildarafl virkjana 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 Mikrówatt	$\mu$ W	0,000 001 W	$10^{-6}$	Smárásir		

Tafla 9.1

Sýnidæmi

**9.1**

Vírundin mótstaða er merkt 100 W, 50  $\Omega$ .

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

Lausn

- a) 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.

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

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

- b) 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

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

---

**Rafmagnsfræði Kafli 9 Rafmagnsafl**

---

**9.2**

Rafmagnsofn er merktur 230 V, 1500 W.

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

Lausn

a)

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

b)

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

**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 málspenna og málstraumur við fullt álag.

Reikna má aflið inn á jafnstraumsmótor sem margfeldi straums og spennu ( $P_{\text{inn}} = I \cdot U$ ). 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.

---

## Rafmagnsfræði Kafli 9 Rafmagnsafl

---

$$\eta = \frac{P_{út}}{P_{inn}}$$

Rafalar gegna gagnstæðu hlutverki við mótora, 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 uppgengið á merkisþjaldi jafnstraumsrafala er rafmagnsafl eða straumur sinnum spenna.

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

#### 9.3

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:

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

---

**Rafmagnsfræði Kafli 9 Rafmagnsafl**

---

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

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

- d) Nýtni mótorsins við fullt álag er:

$$\eta = \frac{P_{út}}{P_{inn}} = \frac{1766}{2200} = 0,8$$

eða

$$0,8 \cdot 100 = 80\%$$

---

## Rafmagnsfræði Kafli 9 Rafmagnsafl

---

### Æfingadæmi úr 9. kafla

#### 9.1

Nokkrir lampar taka 10 A frá 230 V neti.

Hve mikið afl taka þeir?

#### 9.2

60 W ljósapera er tengd 230 V netspennu.

Hve mikill straumur fer um peruna?

#### 9.3

Hitatæki hefur viðnámið 200  $\Omega$ .

Reiknaðu aflið sem það tekur ef spennan er:

a) 440 V,      b) 220 V,      c) 110 V.

#### 9.4

Finn viðnámið í tveimur perum merktum:

a) 75W, 220 V      b) 25W, 110 V.

#### 9.5

Hve mikið afl umbreytist í 50  $\Omega$  mótstöðu ef straumurinn er:

a) 1 A,      b) 2 A,      3) 4 A.

#### 9.6

Eldunarhella er merkt 1200 W, 220 V.

Reiknaðu aflið ef spennan er: a) 230 V, b) 200V.

#### 9.7

2300 watta rafmagnsofn hefur viðnámið 23  $\Omega$ .

a) Reiknaðu málspennu ofnsins.

b) Reiknaðu málstraum ofnsins.

#### 9.8

Rafmótor er tengdur 220 V jafnspennu og tekur 15 A.

Mótorinn skilar 85% af aflinu.

a) Hve mikið afl tekur mótorinn?

b) Hve miklu afli skilar hann?

c) Hve mörg hestöfl er skilaða aflið?

---

## Rafmagnsfræði Kafli 9 Rafmagnsafl

---

### 9.9

Jafnstraumsmótor er m.a. merktur 220 V, 20,2 A, 4k W.

- a) Reiknaðu aflið inn á mótorinn.
- b) Reiknaðu nýtni mótorsins.
- c) Hve mikið afl tapast í mótornum?

### 9.10

220 V/100 A jafnstraumsrafali hefur nýtnina 0,88.  
Hve mikið afl tekur hann frá afluél við fulla lestun?

### 9.11

24 V jafnstraumsrafali er merktur 1200 W.

- a) Hve mikinn straum getur hann gefið af sér við fullt álag?
- b) Reiknaðu tilfært afl rafalans ef nýtnin er 90%.

### 9.12

Ræsímótor í báti er merktur 2400 W, 24 V.

- a) Hver er málstraumur mótorsins?
- b) Í ræsiaugnablikinu tekur hann 150% málstraum, hve mikið afl gefur hann þá frá sér.

---

**Rafmagnsfræði Kafli 9 Rafmagnsafl**

---

**Svör við dæmum í 9. kafla**

- |      |                                  |      |                                     |
|------|----------------------------------|------|-------------------------------------|
| 9.1  | 2300 W                           | 9.2  | 0,26 A                              |
| 9.3  | a) 968 W<br>b) 242 W<br>c) 60,5W | 9.4  | a) 645 $\Omega$<br>b) 484 $\Omega$  |
| 9.5  | a) 50 W<br>b) 200 W<br>c) 800 W  | 9.6  | a) 1312,6 W<br>b) 992,5 W           |
| 9.7  | a) 230 V<br>b) 10 A              | 9.8  | a) 3300 W<br>b) 2805 W<br>c) 3,8 hö |
| 9.9  | a) 4444 W<br>b) 90%<br>c) 444 W  | 9.10 | 25k W                               |
| 9.11 | a) 50 A<br>b) 1333 W             | 9.12 | a) 100 A<br>b) 3600 W               |