



Rafbók



Rafmagnsfræði

4. kafli Viðnám

Rafmagnsfræði 4. kafli Viðnám

Þetta hefti er án endurgjalds á rafbókinni 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

Rafmagnsfræði 4. kafli Viðnám

Efnisyfirlit

4. Viðnám í rafleiðurum.....	4
Eðlisviðnám.....	4
Eðlisleiðni	5
Viðnám í leiðurum	5
Áhrif hita á málmleiðara	9
Æfingadæmi úr 4 kafla:.....	13
Svör við dæmum í 4 kafla:	14

Rafmagnsfræði 4. kafli Viðnám

4. Viðnám í rafleiðurum.

Eðlisviðnám

Eðlisviðnám efnis er það viðnám sem er í einum lengdarmetra af efni sem er einn fer millimetri að þverflatarmáli við 20° Celsíus.

Viðnám í eirleiðara af þessari tilteknu stærð er 0,0178 Ω við 20°C. Sjá töflu 4.1.

Það skiptir því meginmáli úr hvaða efni rafleiðari er, því það ræður miklu um viðnám hans. Leiðari úr jární hefur t.d. um sjö sinnum meira viðnám heldur en samsvarandi leiðari úr eir, eða með öðrum orðum, eðlisviðnám járnis er sjö sinnum stærra en eirs.

Rafleiðnieiginleikar málma:		
Eðlisviðnám:	Eðlisleiðni:	Hitastuðull:
silfur 0,0167	silfur 60	silfur 0,0041
eir 0,0178	eir 56	eir 0,0039
gull 0,022	gull 45,7	gull 0,00398
ál 0,0278	ál 36,0	ál 0,004
wolfram 0,055	wolfram 18,2	wolfram 0,0046
zink 0,0625	zink 16,0	zink 0,0042
nikkel 0,095	nikkel 10,5	nikkel 0,0055
járn 0,1	járn 10	járn 0,00657
platína 0,098	platína 10,2	platína 0,0038
blý 0,208	blý 4,8	blý 0,00422
manganín 0,43	manganín 2,33	manganín 0,01
konstantan 0,49	konstantan 2,04	konstantan 0,04
kvikasilfur 0,9406	kvikasilfur 1,063	kvikasilfur 0,0009
Tafla 4.1	Tafla 4.2	Tafla 4.3

Rafmagnsfræði 4. kafli Viðnám

Eðlisleiðni

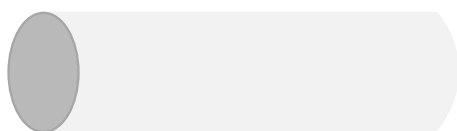
Eðlisleiðni efna er í öfugu hlutfalli við eðlisviðnám þeirra eða $1/\rho$ og einingin er Siemens. Í töflu 4.2 er sýnd eðlisleiðni þeirra sömu málmtegunda sem hafa uppgengið eðlisviðnám í töflu 4.1.

Eðlisleiðni silfurs sem er besti leiðarinn reiknast því einn deilt með eðlisviðnámi þess, eða $1 / 0,0167 = 60$ siemens.

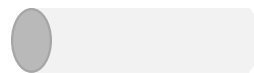
Eins og sjá má af töflunni er sá málmur sem hefur besta rafleiðni settur efstur og síðan í röð niður eftir leiðni.

Viðnám í leiðurum

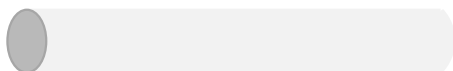
Hugtakið viðnám var útskýrt í 3.kafli á bls. 6, en hér verður sérstaklega fjallað um viðnám í rafleiðurum. Viðnám í leiðara fer eftir lengd hans og gildleika, en líka eftir því hvaða efni er í leiðaranum og hitastigi.



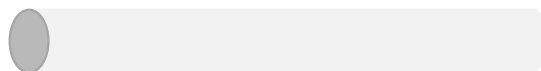
Sver leiðari, lítið viðnám.



Stuttur leiðari, lítið viðnám.



Grannur leiðari, meira viðnám.



Langur leiðari, meira viðnám.

Mynd 4.1

Ef við tökum fyrst fyrir lengd leiðara, þá gefur auga leið að árekstrar frjálsra rafeinda við frumeindir og aðrar frjálsar rafeindir, hljóta að verða fleiri í löngum leiðara en stuttum. Hinsvegar því sverari sem leiðarinn er, því meira rými hafa þessar frjálsu rafeindir til að ferðast í og því minna viðnám hefur leiðarinn.

Rafmagnsfræði 4. kafli Viðnám

Viðnámið hlýtur líka að fara eftir efninu sem er í leiðaranum, því eins og áður er sagt hafa hin ýmsu efni mismikið magn frjálsra rafeinda og mismunandi eðlisviðnám.

Viðnám í leiðara í 1. flokki eykst í réttu hlutfalli við hitastig hans og því er sett fram eftirfarandi líking fyrir viðnámi sem er miðuð við hitastigið + 20 gráður á Celsius:

Mælieiningin eitt ohm (Ω) er skilgreind á eftirfarandi hátt:

Kvikasilfurssúla sem er 1 mm² að þverflatarmáli og er 1,063m að lengd hefur viðnámið 1 ohm við 0°C.

R = viðnám

l = heildarlengd leiðarans í metrum

A = þverflatarmál leiðarans í mm²

ρ = eðlisviðnám efnis

$$R = \frac{\rho \cdot l}{A} [\Omega]$$

Í rafmagnsfræðidæmum eru formúlur alltaf settar upp og snúið ef þörf er á í bókstöfum, síðan eru tölugildin sett inn.

Góð regla er að tvístríka alltaf undir lokasvar.

Uppsetningu á dæmum má sjá í sýnidæmunum á næstu síðu.

Rafmagnsfræði 4. kafli Viðnám

Sýnidæmi:**4.1**

Reiknaðu viðnámið í eirþræði sem er 200 m langur og hefur þverflatarmálið $2,5 \text{ mm}^2$.

Lausn:

Í Töflu 4.1 er að finna eðlisviðnám eirs sem er $\rho = 0,0178$. Viðnám þráðarins reiknast:

ath

$$R = \frac{\rho \cdot l}{A} = \frac{0,0178 \cdot 200}{2,5} = 1,424 \Omega$$

Dæmi:**4.2**

Það á að vinda spólu með 20 ohma viðnám úr þræði sem hefur eðlisviðnámið 0,4 og er $0,8 \text{ mm}^2$ að þverflatarmáli.

Hve langan þráð þarf í spóluna?

Lausn:

Við notum sömu líkingu og áður en nú á ekki að finna stærðina R heldur stærðina l . Því þarf að snúa jöfnunni.

$$R = \frac{\rho \cdot l}{A} \Rightarrow l = \frac{R \cdot A}{\rho} = \frac{20 \cdot 0,8}{0,4} = 40 \text{ m}$$

Rafmagnsfræði 4. kafli Viðnám

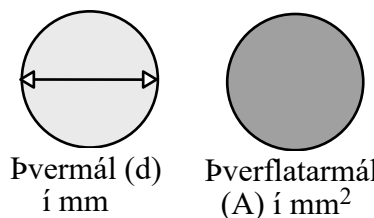
Dæmi: 4.3

Hve mikið er viðnámið í eirþræði sem er 628 m langur og 2 mm í þvermál (d)?

Lausn:

Athuga skal að gefið er upp þvermál leiðarans en í líkinguna fyrir viðnám verður að nota þverflatarmál leiðarans.

Því verður að byrja á að finna þverflatarmál hans.


$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 2^2}{4} = \underline{\underline{3,14 \text{ mm}^2}}$$

Viðnámið reiknast síðan:

$$R = \frac{\rho \cdot l}{A} = \frac{0,0178 \cdot 628}{3,14} = 3,56 \, \Omega$$

Dæmi: 4.4

Hve stórt þverflatarmál hefur 100 m langur eirþráður sem hefur viðnámið 0,4 ohm?

Lausn:

$$R = \frac{\rho \cdot l}{A} \Rightarrow A = \frac{\rho \cdot l}{R} = \frac{0,0178 \cdot 100}{0,4} = 4,45 \text{ mm}^2$$

Rafmagnsfræði 4. kafli Viðnám

Áhrif hita á málmleiðara

Það eru nokkur atriði sem hafa áhrif á viðnám í rafleiðara.

Hér á undan hefur verið minnst á lengd, sverleika og efni, en hreinleiki efnis, hvernig það hefur verið meðhöndlað (valsað, dregið o.s. frv.) hefur líka áhrif á viðnámið.

Í málum eykst viðnámið örlítið við hverja gráðu sem efnið hitnar. Þessi örlitla stærð er kölluð hitastuðull efnisins og er táknuð með gríska stafnum α (alfa).

Þetta segir í raun að við hverja gráðu celsíus sem efnið hitnar eykst rafviðnám þess í ohmum um það gildi sem gefið er upp sem hitastuðull.

Sjá töflu 4.3 á bls. 4.1 yfir hitastuðla nokkurra málmtegunda.

Nokkrar málmblöndur t.d. konstantan og manganín hafa hitastuðullinn svo að segja núll. Þessi efni henta vel þar sem þörf er fyrir viðnám sem breytist ekki með hitasveiflum, eins og t.d. í mælitækjum.

Í leiðurum af 2. og 3. flokki eins og rafvökvum, gösum, kolefni o.fl., minnkar viðnámið hinsvegar við hitaaukningu, þau hafa því neikvæðan hitastuðul.

Sá eiginleiki efna að breyta viðnámi sínu í hlutfalli við hitastig, gerir þau hæf til notkunar sem hitaskynjara fyrir rafmagnshitamæla o.fl.. Til þess eru framleiddar svokallaðar eiginbreytilegarmótstöður, sem hafa ýmist neikvæðan eða jákvæðan hitastuðul (NTC, PTC). Þetta þýðir að í NTC-mótstöðunni minnkar viðnám við aukinn hita en eykst hinsvegar í PTC-mótstöðunni.

Rafmagnsfræði 4. kafli Viðnám

Í ýmsum raftækjum er notaður leiðari með hærra eðlisviðnám heldur en í rafleiðurum til straumflutnings, eins og t.d. wolfram ($\rho = 0,055$) í ljósaperum og konstantan ($\rho = 0,5$) í hitöldum. Í þeim tilfellum er æskilegt að mynda tiltölulega hátt viðnám (R).

Áhrif hita á leiðara geta verið mikil og breytileg. Bæði getur verið breyting á umhverfishita leiðarans af utanaðkomandi orsökum og svo hitnar leiðarinn vegna straumflutnings um hann. Í rafleiðurum sem flytja straum til notanda er æskilegast að viðnámið sé sem minnst og þar af leiðandi minni varmamyndun í leiðaranum.

Við útreikninga á viðnámsbreytingu við hitabreytingu eru notuð eftirtalin líkingatákn:

R_{t1} = viðnám við upphafshitastig.

R_{t2} = viðnám við lokahitastig.

t_1 = upphafshitastig.

t_2 = lokahitastig.

Δt = hitastigsbreyting.

α = hitastuðull efnis.

Ef viðnám í leiðara er R_{t1} við hitastigið t_1 og hitinn vex um Δt gráður C upp í hitastigið t_2 , verður viðnámið R_{t2} eftir hitaaukninguna:

$$R_{t2} = R_{t1} + R_{t1} \cdot \alpha \cdot \Delta t \text{ eða}$$

$$R_{t2} = R_{t1} \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta t)$$

Þessa jöfnu má til dæmis nota til þess að reikna hitastigsaukningu (Δt) í spólum, spennum, mótorum o.fl. tækjum.

Rafmagnsfræði 4. kafli Viðnám

Sýnidæmi:**4.5**

Eirþráður hefur viðnámið $1\ \Omega$ við 20°C .

Finn viðnámið við 80°C .

Lausn:

Í töflu 4.3 má finna að α fyrir eir er 0,0039

Gefið er upp að t_1 er 20°C og t_2 er 80°C .

Þá má finna hitastigsbreytinguna:

$$\Delta t = t_2 - t_1 = 80 - 20 = 60^\circ\text{C}$$

Þá má reikna viðnám við lokahitastig (R_{t_2}):

$$R_{t_2} = R_{t_1} + R_{t_1} \cdot \alpha \cdot \Delta t$$

$$R_{t_2} = 1 + 1 \cdot 0,0039 \cdot 60 = 1,234\ \Omega$$

Ath. liðurinn fyrir aftan + táknið í formúlunni er í raun viðnámsaukningin sem síðan er lögð við viðnámið eins og það var fyrir hitastigsaukninguna.

Dæmi:**4.6**

Viðnámið í sáturnvöfum rafala (eir) mælist $2\ \Omega$ áður en hann er tekinn í notkun. Eftir einnar klst. notkun er viðnámið $2,4\ \Omega$.

Hve mikið hefur hitinn aukist í vöfum rafalans?

Rafmagnsfræði 4. kafli Viðnám

Lausn:

Hitastigsaukningin er fundin með jöfnunni:

$$R_{t2} = R_{t1} + R_{t1} \cdot \alpha \cdot \Delta t$$

Hér þarf að einangra Δt út úr jöfnunni og það er gert á eftirfarandi hátt:

$$\begin{aligned} R_{t2} &= R_{t1} + R_{t1} \cdot \alpha \cdot \Delta t \\ \Rightarrow R_{t1} \cdot \alpha \cdot \Delta t &= R_{t2} - R_{t1} \end{aligned}$$

$$\Delta t = \frac{R_{t2} - R_{t1}}{R_{t1} \cdot \alpha} = \frac{2,4 - 2}{2 \cdot 0,0039} = 51^\circ\text{C}$$

Rafmagnsfræði 4. kafli Viðnám

Æfingadæmi úr 4 kafla:

Athugið að reikna með 20°C umhverfishita nema annað sé tekið fram.

4.1

Reiknaðu viðnámið í 176,5 m löngum eirvír sem hefur þverflatarmálið 1,5 mm²

4.2

Reiknaðu viðnámið í eirþræði sem hefur 2 mm² þverflatarmál og er 185 m langur.

4.3

Það á að vinda 6 Ω mótstöðu úr manganínþræði með þverflatarmálið 1,5 mm². Reiknaðu lengd þráðarins.

4.4

Reiknaðu viðnám álleiðis sem er 80m langur og 4 mm² að þverflatarmáli.

4.5

Leiðir úr nikkel hefur 5 Ω viðnám við hitastigið 20°C. Reiknaðu út viðnám hans við:

- a) 70°C,
- b) -10°C.

4.6

Reiknaðu út viðnámið í 100 m löngum eirvír sem hefur þverflatarmálið 1,7 mm².

4.7

Eirþráður er 100 m langur og þverflatarmál hans er 1mm². Í staðinn fyrir hann á að setja leiðara úr öðru efni. Hvert verður þverflatarmál leiðisins ef viðnám hans er það sama og eirþráðarins og leiðarinn er úr: a) áli, b) járni

4.8

50 m langur þráður úr málmblöndu (hitavír) hefur viðnámið 10 Ω og er 2 mm² að þverflatarmáli. Hvert er eðlisviðnám efnisins?

Rafmagnsfræði 4. kafli Viðnám

4.9

Fasavaf í mótör (eirvaf) mælist $4\ \Omega$ við 20°C hita. Við notkun hitnar vafið um 60°C . Hvert er þá viðnám vafsins?

4.10

Spóla í flúrlampa er undin úr eirvír og hefur viðnámið $55\ \Omega$ við 20°C . Eftir nokkurra klst. notkun mælist viðnám spólunnar $63,8\ \Omega$. Hve mikil hitastigsbreyting hefur orðið í spólunni?

4.11

Spóla er undin úr eirvír. Til þess að ákvarða meðalhitastig hennar er viðnám hennar mælt við 20°C . Það reynist vera $6\ \Omega$. Þegar spólan hefur verið straumhafandi í nokkurn tíma mælist viðnám hennar $8\ \Omega$. Hve heit er þá spólan?

Svör við dæmum í 4 kafla:

- | | |
|--|------------------------------|
| 4.1) $2,09\ \Omega$ | 4.2) $1,65\ \Omega$ |
| 4.3) $20,93\ \text{m}$ | 4.4) $0,556\ \Omega$ |
| 4.5) a) $6,375\ \Omega$ | b) $4,175\ \Omega$ |
| 4.6) $1,05\ \Omega$ | |
| 4.7) a) $1,56\ \text{mm}^2$ | b) $5,62\ \text{mm}^2$ |
| 4.8) $0,4\ \Omega\ \text{mm}^2/\text{m}$ | 4.9) $4,62\ \Omega$ |
| 4.10) 41°C | 4.11) $105,47^\circ\text{C}$ |