



Rafbók



Rafmagnsfræði

Kafli 14 Rafsegulmagn

Rafmagnsfræði Kafli 14 Rafsegulmagn

Þetta hefti er án endurgjalds á rafbókinni.

www.rafbok.is

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

Höfundur er Eggert Gautur Gunnarsson

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 höfundar eða til

Báru Laxdal Halldórsdóttur á netfangið bara@rafmennt.is

Rafmagnsfræði Kafla 14 Rafsegulmagn

Efnisyfirlit

14. Rafsegulmagn.	3
Markmið	3
Segulsvið umhverfis straumfara leiði	3
Spóla.....	6
Segulsvið í spólu.	6
Rafsegull.....	8
Segulrás	10
Æfingadæmi 1 úr 14. kafla.....	14
Kraftáhrif á straumfaraleiði í segulsviði	17
Span.....	20
Kveikjubúnaður.....	29
Sjálfsþen.....	30
Segultregða.....	31
Hvirfilstraumar	33
Æfingadæmi 2 úr 14 kafla.....	36
Svör við dæmum í kafla 14	40

14. Rafsegulmagn.

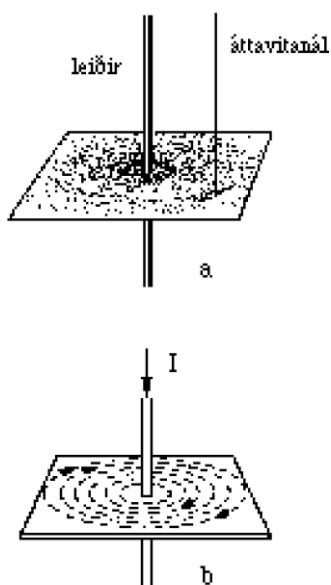
Markmið

Í þessum kafla munum við læra um rafsegulmagn, hvernig segulsvið verður til umhverfis rafleiði og hvernig við táknum segulsviðið með segulkraftlínum. Við munum læra um spólur og hvernig segulsvið þeirra styrkist við það að setja járnkjarna í þær.

Í seinni hluta kaflans lærum við um grundvallaratriði rafmótora, þ.e. hvernig við notum kraftáhrif á straumfara leiði til að fá fram virkni mótora. Við lærum um span og hvernig það er notað í rafölum og spennubreytum.

Í lok kaflans er rætt um segultregðu og hvirfilstrauma og hvernig þau fyrirbæri koma fram í rafvélum.

Segulsvið umhverfis straumfara leiði

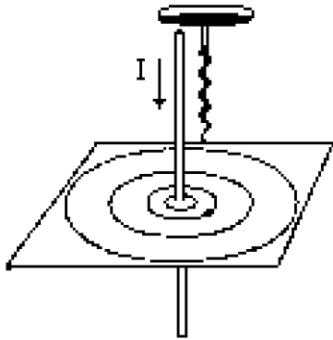


Mynd 14.1

Rafstraumur hefur seguláhrif. Eftirfarandi tilraun sannar það. Leiðir er lagður gegnum pappaplötu, hornrétt á plötuna. Járnsvarfi er stráð á plötuna og jafnstraumi hleypt á leiðinn. Við það kemur hreyfing á járnsvarfið og það myndar hringi umhverfis leiðinn, mynd 14.1 a.

Það myndast m.ö.o. hringlaga segulsvið umhverfis leiðinn. Áttavitanál sýnir þetta einnig og hún sýnir líka stefnu segulsviðsins eða segulkraftlínanna eins og þær eru teiknaðar á mynd 14.1 b. Sé straumurinn rofinn, hverfur sviðið. Sé straumstefnunni breytt, skiptir sviðið um stefnu. Ef riðstraumur er í leiðinum skiptir segulsviðið um stefnu í takti við strauminn.

Rafmagnsfræði Kafli 14 Rafsegulmagn



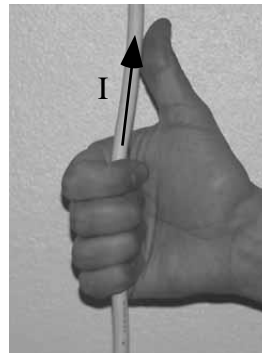
Mynd 14.2a

Tvær reglur er hægt að nota til að finna samhengið á milli straumstefnunnar og stefnu segulsviðsins.

Við skrúfum tappatogara í stefnu straumsins, snúningur tappatogara sýnir þá stefnu sviðsins. Sjá mynd 14.2 a.

Hin reglan, sem gefur sömu upplýsingar, hljóðar þannig:

Við tökum hægri hendi utan um leiðinn og látum þumalfingurinn vísa í straumstefnuna, fingurnir benda þá í stefnu sviðsins. Sjá mynd 14.2 b.



Mynd 14.2b

Við skulum nú breyta styrk straumsins og sjá, hvaða áhrif það hefur á járnagnirnar á pappaplötunni.

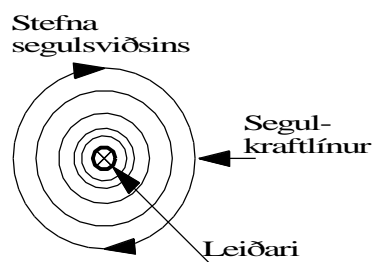
Með vaxandi straumi sést, að agnirnar raða sér lengra út frá leiðinum, en með minnkandi straumi ná áhrifin styttra út frá honum.

Kraftáhrifin eða styrkur segulsviðsins er í beinu hlutfalli við stærð straumsins í leiðinum.

Rafmagnsfræði Kafli 14 Rafsegulmagn

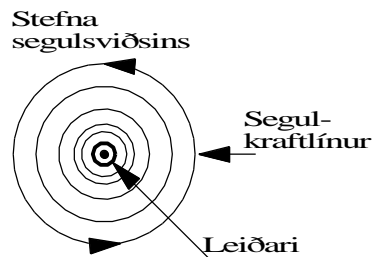
Kraftáhrifin minnka mikið með vaxandi fjarlægð frá leiðinum. Á kraftlínumyndinni er þetta sýnt með meira bili milli línanna, þegar fjær dregur leiðinum. Þetta fyrirbæri, að straumfaraleiðir myndar seguláhrif, kallast rafsegulmagn. Það er notað í rafvélum. Í rafmótor notum við segulsvið og rafstraum til að fá kraft og vægi. Í rafölum notum við segulsvið og hreyfingu til að spana spennu. Um þetta verður rætt nánar aftar í kaflanum.

Straumfaraleiðir er segull af sérstakri gerð. Hann fær ekki segulpóla eins og venjulegur segull, og dregur því ekki til sín járnagnirnar. Hann raðar þeim aðeins upp í raðir þvert á stefnu leiðisins.



Mynd 14.3

Mynd 14.3 sýnir þverskurð leiðis. Straumurinn fer inn í blaðið (frá lesandanum). Straumstefnan er merkt með örvarfjöðrinni (krossi). Fari straumurinn út úr blaðinu (að lesandanum), er það merkt með örvaroddi (punkti) eins og á mynd 14.4.



Mynd 14.4

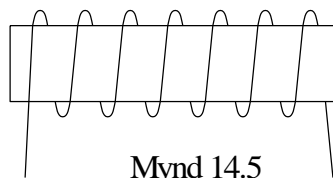
Rafmagnsfræði Kafli 14 Rafsegulmagn

Prófaðu að hugsa þér að þú takir utanum leiðinn á mynd 14.3 með hægri hendi og látir þumalfingurinn vísa í straumstefnuna, inn í blaðið. Fingurnir sýna þá stefnu segulsviðsins umhverfis leiðinn. Reyndu þetta líka á mynd 14.4.

Sviðslínurnar hefjast í miðju leiðisins og eru þéttastar innst (sviðið sterkast) og verða gisnari, þegar lengra kemur frá leiðinum (veikara svið). Á myndunum sýnum við aðeins þær sviðslínur, sem eru utan við leiðinn.

Spóla

Til að auka seguláhrif eða styrk segulsviðs umhverfis leiði er búin til úr honum spóla. Það er gert með því að vinda einangraðan leiði upp á kefli úr einangruðu efni eins og fram kemur á mynd 14.5. Það sem er inni í keflinu kallast kjarni spólunnar. Hann getur verið loft en oftast er kjarninn úr segulleiðandi efni, járn eða járnblöndu.



Mynd 14.5

Spóla getur haft einn eða fleiri vindinga. Oftast eru spólur með svo og svo marga vindinga til að auka styrk segulsviðsins. Spólan á mynd 14.5 hefur bara 6 vindinga.

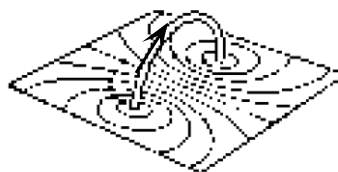
Segulsvið í spólu.

Spóla með einn vinding.

Á mynd 14.6 er sýnt hvernig leiði er stungið tvisvar gegnum pappaplötuna á mynd 14.1 og myndaður úr honum hringur. Þegar jafnstraumi er hleypt á spóluna myndu járnagnirnar raða sér umhverfis báða leiðana.

Rafmagnsfræði Kefli 14 Rafsegulmagn

Það er sýnt með kraftlínuhringjum á mynd 14.6.

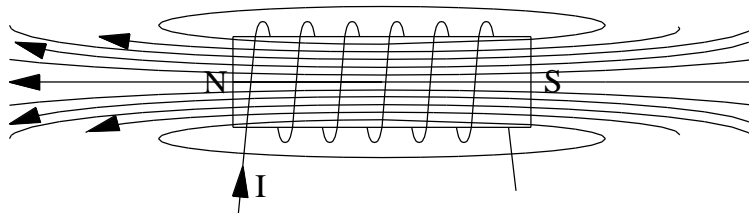


Mynd 14.6

Straumhringurinn verður segulþynna, með norðurpól annars vegar og suðurpól hins vegar. Þetta er auðvelt að ganga úr skugga um, því samkvæmt tappatogarareglunni hafa allar sviðslínurnar sömu stefnu inni í hringnum.

Spóla með marga vindinga.

Mynd 14.7 sýnir spólu með nokkrum vindingum. Inni í spólunni liggja kraftlínurnar samsíða (vinna saman) og segulsviðið inni í spólunni eykst með fjölda vindinga. Spólan fær norðurpól í annan endann og suðurpól í hinn.



Mynd 14.7

Kjarni spólunnar er segull með svipaða eiginleika og sísegull svo lengi sem straumur er í vindingum hennar. Í spólunni miðri er sviðið alls staðar jafn sterkt.

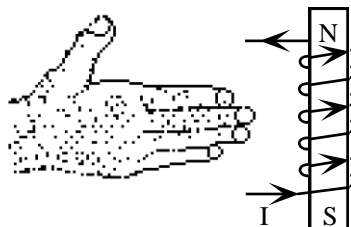
Rafmagnsfræði Kefli 14 Rafsegulmagn

Rafsegull

Ef járnstöng, kjarni, er staðsett í spólu og straumi hleypt á spóluna, verður stöngin segulmögnuð.

Kjarni úr deigu járn missir segulmagnið að mestu, þegar straumurinn rofnar. Kjarni úr stáli heldur aftur á móti í sér miklum hluta þess segulmagns, sem hann fær þegar straumurinn fer um spóluna. Rafsegull er spóla með járnkjarna, mynd 14.7.

Pólar rafseguls eru ákvarðaðir með eftirfarandi aðferð, mynd 14.8:



Mynd 14.8

Taktu með hægri hendi um spóluna, þannig að fingurnir vísi í straumstefnuna. Þumalfingurinn bendir þá á norðurpólinn.

Kraftlínubéttleiki, B , í spólu er háður straumi, byggingu og efni hennar. Þetta kemur fram í eftirfarandi formúlu:

$$B = \mu \frac{I \cdot N}{l} \quad (14,1)$$

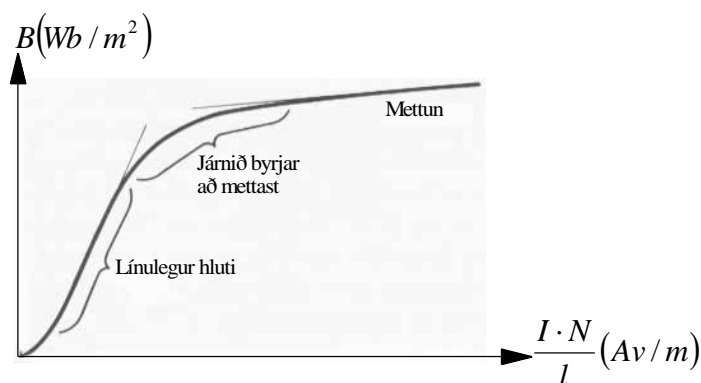
Hér er:

- B - kraftlínubéttleiki spólunnar
- μ - segulleiðnistuðull efnisins í kjarnanum
- I - straumur í vindingum spólunnar
- N - vindingafjöldi spólunnar
- l - lengd spólunnar eða kjarnans.

Rafmagnsfræði Kafli 14 Rafsegulmagn

Við sjáum á formúlu (14.1) að kraftlínubéttleikinn er í beinu hlutfalli við segulleiðni, straum og vindingafjölda og í öfugu hlutfalli við lengd kjarnans. Í ákveðinni spólu er vindingafjöldinn og lengdin fastar en við getum aukið strauminn upp í það gildi sem vórin er í spólunni þolir og aukið þannig kraftlínubéttleikann. En hvað með segulleiðnina? Við skulum líta nánar á hana.

Segulleiðni efna sem ekki segulmangast, s.s. loft, er föst stærð og mjög lítil. Hún er oft gefinn upp sem μ_0 . (Núllið merkir segulleiðnistuðul lofttæmis. Hér munum við ekki gera greinarmun á lofttæmi og venjulegu lofti eða öðrum efnum sem ekki segulmagnast). Segulleiðni segulefna er aftur á móti miklu stærri stærð og breytileg eftir segulástandi efnisins. Á mynd 14.9 er segulmögnunarkúrfur fyrir járn sem er algengt í rafvélum. Kúrfan lýsir samhenginu á milli ampervindinga á lengdareiningu og kraftlínubéttleika. Hún sýnir okkur í rauninni hvernig segulleiðnin breytist eftir því sem efnið segulmagnast alveg frá ósegulmögnuðu efni og upp í segulmettun.



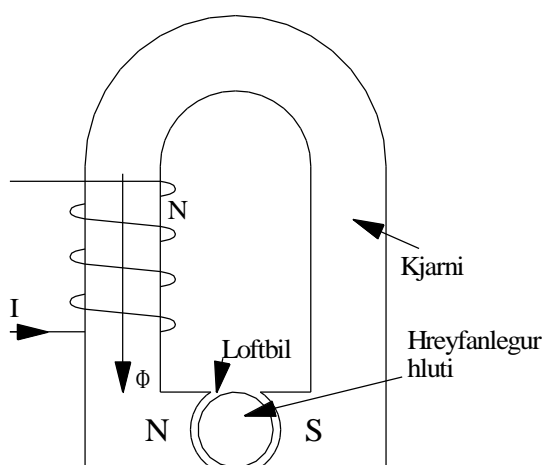
Mynd 14.9

Rafmagnsfræði Kafli 14 Rafsegulmagn

Við sjáum á ferlinum á mynd 14.9 að segulleiðnin er mikil í ósegulmöggnuðu járni en minnkar síðan þegar ferilinn nálgast mettunarmarkið. Í segulmettuðu járni er segulleiðnin mjög lítil. Eining segulleiðni er (Wb/mAv)

Segulrás

Rafvél er í grundvallaratriðum rafsegull með hringlaga kjarna. Ef vélin er með hreyfanlegan hluta verður að vera loftbil í hringkjarnanum.



Mynd 14.10

Þar sem loft leiðir segulsvið mun verr en járn er reynt að hafa loftbilið sem allra minnst. Segulmagnandi krafturinn eða segulkraftlínustrumurinn er myndaður í spólunni og fer síðan auðveldustu leiðina hringinn í kjarnanum. Í þessu sambandi er talað um segulrás. Sjá mynd 14.10. Aðalviðnám kraftlínustrámsins í segulrásinni er í loftbilinu og því er reynt að hafa það sem allra minnst.

Rafmagnsfræði Kafli 14 Rafsegulmagn

Á myndinni sjáum við dæmigerða segulrás í rafvél. Járnið sem spólan er á myndar hring eða skeifu með pólum, N og S. Í bilinu á milli pólanna er hreyfanlega hluta vélarinnar komið fyrir. Ef við líkjum segulrásinni við rafrás má líta á hana sem fjóra raðtengda hluta. Þ.e. járneið sem spólan er á, hreyfanlegi hlutinn og tvö loftbil sitt hvoru megin við hreyfanlega hlutann.

Í ákveðinni segulrás er betra að nota kraftlínustraum en kraftlínupéttleika. Við sáum í kafla 13 í formúlu 13.1 samhengi þessara stærða. Ef við setjum formúlu (14.1) inn í formúlu (13.1) fáum við eftirfarandi:

$$\Phi = \mu \frac{I \cdot N}{l} A \quad (14.2)$$

Ef við deilum í teljara og nefnara með fáum við:

$$\Phi = \frac{I \cdot N}{\frac{l}{\mu \cdot A}} \quad (14.3)$$

Ef við berum formúlu (14.3) saman við Ohmslögmál fyrir strauminn í rafrás $I = U/R$ (14.4)

má líta á ampervindingafjöldinn, $I \cdot N$

sem ígildi spennunnar og stærðina $\frac{l}{\mu \cdot A}$

sem viðnámið. Við gefum þessari stærð formúlutáknið R_s og skrifum formúlu (14.3) sem:

$$\Phi = \frac{I \cdot N}{R_s} \quad (14.5)$$

Rafmagnsfræði Kafli 14 Rafsegulmagn

þar sem
$$R_s = \frac{l}{\mu \cdot A} \quad (14.6)$$

er viðnám segulrásarinnar. Mælieining

segulviðnámsins er: $\left(\frac{Av}{Wb}\right)$

Við skulum skoða þetta sambengi betur í sýnidæmi 14.1.

Sýnidæmi

14.1

Við höfum segulrás eins og mynd 14.11 sýnir. Lengd kjarnans er 10 sm, samanlögð lengd loftbilanna 1mm og þvermál hreyfanlega hlutans 1sm.

Kraftlínustraumurinn í segulrásinni er

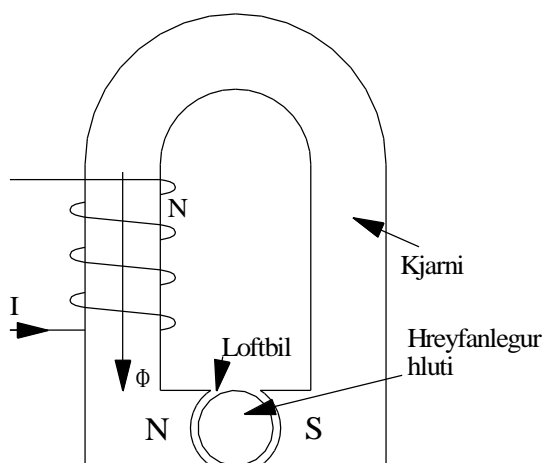
0,48 mWb. Þverflatarmál kjarnans er 4 sm²,

segulleiðni járnsins í kjarna er $10 \cdot 10^{-3}$, segulleiðni

hreyfanlega hlutans er $15 \cdot 10^{-3}$ og segulleiðnin í

loftbilinu er $1,25 \cdot 10^{-6}$. Hver þarf

ampervindingafjöldi spólunnar að vera til að fá ofangreindan kraftlínustraum?



Mynd 14.11

Rafmagnsfræði Kafli 14 Rafsegulmagn

Lausn

Við skulum líta á segulrásina sem þrjá raðtengda hluta með sameiginlegan ampervindingafjölda. Við byrjum því á að reikna heildar segulviðnámið sem er summa viðnámsins í einstökum hlutum rásarinnar.

$$\begin{aligned} R_H &= R_{kj} + R_{loftbil} + R_{hr} \\ &= \frac{l_{kj}}{\mu_{kj} \cdot A} + \frac{l_{loftbil}}{\mu_{loftbil} \cdot A} + \frac{l_{hr}}{\mu_{hr} \cdot A} \\ R_H &= \frac{0,1}{10 \cdot 10^{-3} \cdot 4 \cdot 10^{-4}} + \frac{0,001}{1,25 \cdot 10^{-6} \cdot 4 \cdot 10^{-4}} \\ &\quad + \frac{0,01}{15 \cdot 10^{-3} \cdot 4 \cdot 10^{-4}} = \\ R_H &= 25000 + 2000000 + 1666 = 2,02 \cdot 10^6 \frac{Av}{Wb} \end{aligned}$$

Og ampervindingafjöldinn:

$$\begin{aligned} I \cdot N &= R_H \cdot \Phi = 2,02 \cdot 10^{-6} \cdot 0,48 \cdot 10^{-3} \\ &= 969,6 \text{ Av} \end{aligned}$$

Við skulum skoða vel tvö atriði í niðurstöðunum. Í fyrsta lagi kemur vel fram hve viðnám loftbilsins er miklu stærra en viðnám hinna hluta rásarinnar. Í öðru lagi að spólan þarf 1,9 A ef vindingafjöldi hennar er 500 vindingar.

Rafmagnsfræði Kafli 14 Rafsegulmagn

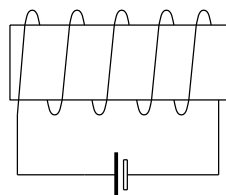
Æfingadæmi 1 úr 14. kafla

14.1

Hvað er rafsegull?

14.2

Finndu pólana og teiknaðu stefnu kraftlínustraumsins inn á mynd 14.12.



Mynd 14.12

14.3

Teiknaðu segulkraftlínurnar (stefnu þeirra) umhverfis leiðana á myndinni.



Mynd 14.13

14.4

Hvers vegna hefur spóla með járnkjarna sterkari segulkraftlínustraum en loftspóla? Við miðum við sama vindingafjölda og sama straum.

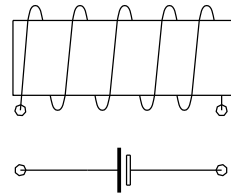
14.5

Hvaða þættir ákvarða sviðsstyrk í rafsegli af ákveðinni stærð?

Rafmagnsfræði Kefli 14 Rafsegulmagn

14.6

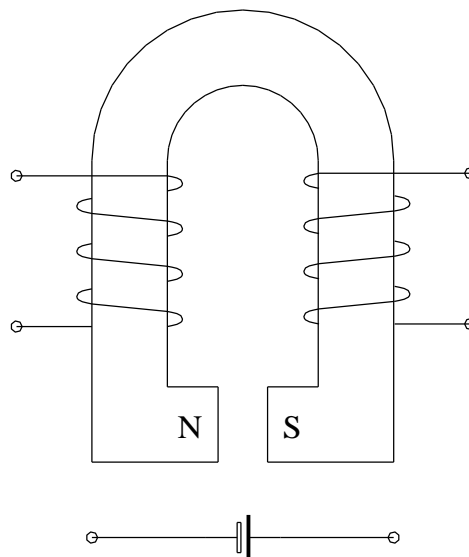
Tengdu spennugjafann við spóluna á mynd 14.14. Hver verður stefna segulkraftlínustraumsins í spólunni? Sýndu kraftlínustrauminn með strikálínum og stefnu hans með örvum.



Mynd 14.14

14.7

Tengdu spennugjafann við spólurnar á mynd 14.15, þannig að pólur skeifusegulsins verði eins og myndin sýnir. Sýndu kraftlínustrauminn með strikálínum og stefnu hans með örvum.



Mynd 14.15

14.8

Hvernig er hægt að breyta segulpólum rafsegulsins á mynd 14.15? Útskýrðu með myndum.

Rafmagnsfræði Kafli 14 Rafsegulmagn

14.9

Ef þú gætir minnkað loftbilið í skeifuseglinum á mynd 14.15 hvaða áhrif hefði það á segulkraftlínustrauminn í kjarnanum?

14.10

Vindingafjöldi spólanna á mynd 14.15 er 750 vindingar og straumurinn er 1 A. Lengd kjarnans er 12 sm, loftbilsins 5 mm, segulleiðni járnsins

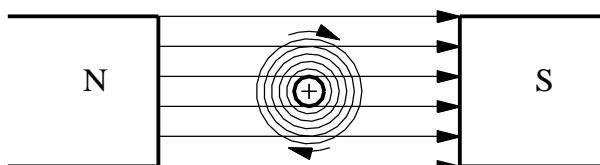
$\mu = 10 \cdot 10^{-3} \left(\frac{Wb}{mA \cdot v} \right)$ og þverflatarmál kjarnans 5 sm².

Reiknaðu kraftlínustrauminn.

Rafmagnsfræði Kaffi 14 Rafsegulmagn

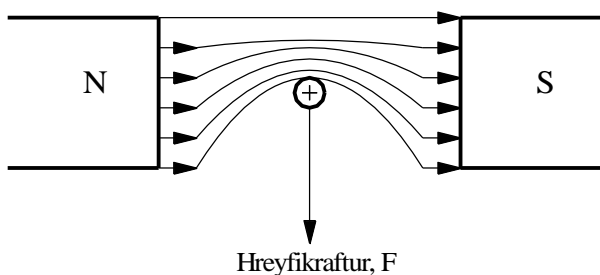
Kraftáhrif á straumfaraleiði í segulsviði

Mynd 14.16 sýnir þverskurð af straumfaraleiði í jöfnu segulsviði, þ.e.a.s. segulsviði, sem er alls staðar jafn sterkt. Stefna straumsins er inn í blaðið, og hann myndar hringlaga segulkraftlínur, sem leggjast við fasta segulsviðið og mynda til samans eitt heildarsegulsvið eins og fram kemur á mynd 14.17.



Mynd 14.16

Í okkar tilviki leggjast kraftlínurnar saman ofan við leiðinn og þar verður sterkara svið. Neðan við leiðinn hafa kraftlínurnar gagnstæðar stefnur og heildarsviðið verður veikara. Það myndast þrýstingur á leiðinn þeim megin, sem heildarsviðið er sterkara. Leiðirinn flyst því þvert yfir sviðið með kraftinum, F .



Mynd 14.17

Með tilraunum er auðvelt að sanna, að þessi kraftur er raunverulegur, og að stefna hans er sú, sem við fundum út við athugun á heildarsviðinu. Við fáum út úr þessu mikilvægt grundvallarlögmál:

Rafmagnsfræði Kafli 14 Rafsegulmagn

Straumfaraleiðir í segulsviði verður fyrir kraftáhrifum, sem leitast við að flytja leiðinn út úr sviðinu. Leiðirinn leitar frá þeirri hliðinni, sem heildarsviðið er sterkara, þangað sem heildarsviðið er veikara.

Kraftáhrif á straumfaraleiði í segulsviði gerir byggingu rafmótora mögulega. Hin einfalda uppstilling á mynd 14.16 og 14.17 er í rauninni einfaldur mótór.

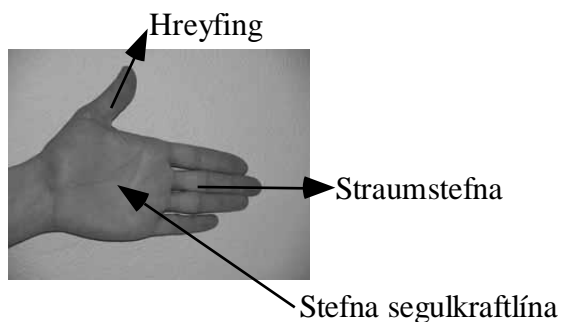
Með því að senda straum gegnum leiðinn, myndast kraftur, sem aftur orsakar hreyfingu. Vélræn orka er kraftur sinnum vegalengd. Við það að hleypa straum á leiðinn, fæst vélræn orka eða m.ö.o:
Raforku er breytt í vélræna orku. Rafmótór er útbúnaður, sem breytir raforku í vélræna orku.

Eins og áður er getið grundvallast rafmótór á kraftverkunum sem verða milli tveggja segulsviða. Stefna kraftsins, F , á mynd 14.17 var fundinn með því að leggja saman segulsviðin. Einfaldari og hagnýtari aðferð til að finna stefnu kraftsins, F , er svokölluð vinstrihandarregla, mótórreglan.

Vinstrihandarreglan hljóðar þannig:

Haltu vinstri hendi útréttri, þannig að fingurnir bendi í straumstefnuna og kraftlínurnar gangi inn í lófann. Þumalfingurinn bendir þá í stefnu kraftsins. Sjá mynd 14.18.

Rafmagnsfræði Kefli 14 Rafsegulmagn



Mynd 14.18

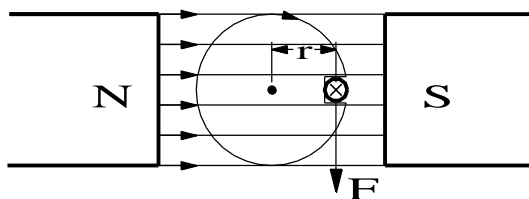
Með mælingum er hægt að sanna, að krafturinn er í beinu hlutfalli við kraftlínubéttleikann, strauminn og lengd leiðisins, þ.e.a.s.:

$$F = B \cdot I \cdot l \quad (14.7)$$

Hér er:

- F = krafturinn í newton, (N),
- B = kraftlínubéttleikinn í tesla (T)
- I = straumurinn í ampere, (A) og
- l = lengd leiðis í metrum, (m).

Mynd 14.19 sýnir rafmótor á einfaldan hátt. Sívalningi er komið fyrir milli segulpólanna. Á sívalninginn eru festir rafleiðar (einn á myndinni). Sívalningurinn ásamt öxli og leiðum kallast snúður mótorsins. Út frá vinstrihandarreglunni sést að krafturinn, F , virkar á leiðinn og þar með snúðinn, hornrétt á radíus snúðsins. Krafturinn veldur snúningsvægi:



Mynd 14.19

Rafmagnsfræði Kafli 14 Rafsegulmagn

$$M = F \cdot r \quad (14.8)$$

Hér er:

M = snúningsvægi mælt í newtonmetrum, (Nm),

F = kraftur í newton, (N) og

r = radíus snúðsins í metrum, (m).

Snúningsátt snúðsins finnum við auðveldlega með vinstrihandarreglunni. Á mynd 14.19 er snúningsáttin með úrvísinum (réttisælis).

Span

Við höfum séð, að umhverfis straumfaraleiði myndast segulsvið. Styrkur sviðsins breytist í takt við straumstyrk leiðisins. Við hljótum að álykta, að rafstraumur og segulsvið séu óaðskiljanleg fyrirbæri.

Og þar sem straumfara leiðir flyst til í segulsviði, getum við ímyndað okkur, að með því að flytja til leiði í segulsviði, megi framleiða spennu og þar með straum. Spennur (og straumar) framleiddir á þann hátt eru kallaðar spanaðar (spanaðir), og fyrirbærið span.

Það var Faraday, sem uppgötvaði spanlögmálið (um 1830) með tiltölulega einföldum tilraunum. (Sjá kaflann um sjálfspan á bls. 14.21.) Spanið fylgir einnig tregðulögmálinu (Lenzlögmálinu) og það má orða þannig: Þegar hlutur (leiðir) sker segulkraftlínur, spanast spenna í hlutnum (leiðinum). Stefna straums, sem spanaða spennan orsakar, myndar kraft sem vinnur gegn hreyfingunni (á móti sinni eigin orsök).

Kraftlínuskurð er hægt að framkvæma á ýmsa vegu, og þrjár aðalaðferðir má skilgreina á eftirfarandi hátt:

Rafmagnsfræði Kefli 14 Rafsegulmagn

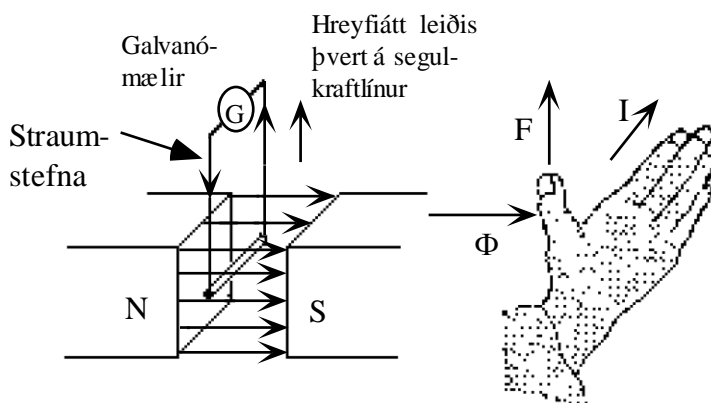
- Aðferð 1. Segulsviðið stendur kyrrt og leiðararnir hreyfast (t.d. jafnstraumsrafalar).
- Aðferð 2. Leiðararnir standa kyrrir og segulsviðið hreyfist (t.d. riðstraumsrafalar).
- Aðferð 3. Leiðararnir og segulsviðið eru kyrrstæð, en segulsviðið breytist (t.d. spennubreytar).

Aðferð 1

Undirstöðuatriði jafnstraumsrafalans.

Leiðir með lengd l er tengdur við galvanómæli og staðsettur í jöfnu segulsviði, mynd 14.20.

(Galvanómælir er næmur straummælir með núllið á miðjum kvarða, þannig að hann sýnir bæði stærð og stefnu straumsins).

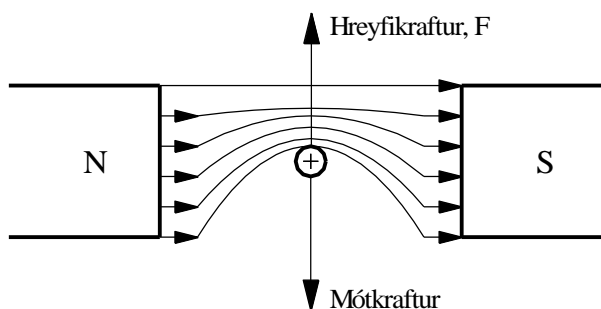


Mynd 14.20

Ef við hreyfum leiðinn upp, gefur mælirinn vísun til annarrar hliðarinnar og sýnir, að í leiðinum hefur spanast spenna. Út frá tregðulögmálinu getum við fundið, að stefna spönuðu spennunnar (straumsins) er inn í blaðið.

Rafmagnsfræði Kafli 14 Rafsegulmagn

Við skulum líta á mynd 14.21, sem sýnir leiðinn og segulinn í einu plani. Hreyfistefna leiðisins er upp. Um leið og spennan byrjar að spanast í leiðinum og þar með straumur, (leiðirinn myndar lokaða straumrás gegnum mælinn) myndast segulsvið kringum leiðinn eins og fram kom í upphafi kaflans.



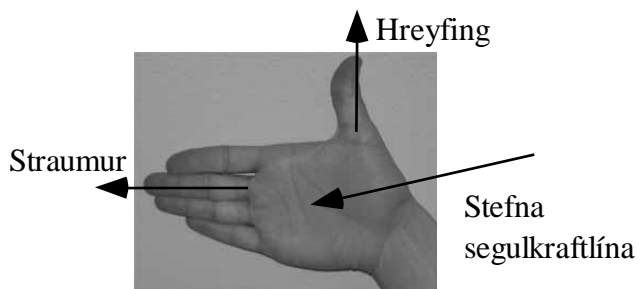
Mynd 14.21

Þetta hringlaga svið og fasta sviðið frá seglinum leggjast saman og mynda heildarsvið, mynd 14.21. Ofan við leiðinn leggjast sviðin saman og mynda sterkara svið. Neðan við leiðinn vinna þau hvort á móti öðru og þar verður sviðið veikara.

Eins og áður virkar á leiðinn kraftur, sem reynir að flytja hann niður á við. Hér köllum við þennan kraft mótkraft því hann reynir að hindra hreyfinguna. Til að spenna geti spanast í leiðinum verður hreyfikrafturinn að vera sterkari en þessi mótkraftur, sem reynir að flytja leiðinn í öfuga átt. Taktu vel eftir þessu.

Önnur aðferð til að finna stefnu spönuðu spennunnar er að nota rafalaregluna eða hægrihandarregluna. Hún er sýnd á mynd 14.22 og er svohljóðandi:

Rafmagnsfræði Kefli 14 Rafsegulmagn



Mynd 14.22

Haltu hægri hendi útréttri, þannig að segulkraftlínurnar gangi inn í lófann og þumalfingurinn vísi í hreyfistefnuna. Hinir fingurnir benda þá í stefnu spanaða straumsins.

Prófaðu hægrihandarregluna á mynd 14.21.

Ef við höldum leiðinum kyrrum, sýnir straummælirinn núll. Leiðirinn sker engar kraftlínur og engin spenna spanast.

Ef við hreyfum leiðinn niður á við, gefur straummælirinn vísun til hinnar hliðarinnar. Athugun með hægrihandarreglunni sannar þetta.

Ef við hreyfum leiðinn hraðar þvert á sviðið, sker hann fleiri sviðslínur á tímaeiningu og mælirinn gefur meiri vísun. Þetta má orða á eftirfarandi hátt:

Spanaða spannan er í beinu hlutfalli við kraftlínustraumbreytingu á tímaeiningu.

Hreyfing er framkvæmd með vélrænni orku og spanið í leiðinum gefur raforku. Slíkan útbúnað köllum við rafala.

Rafali er m.ö.o. tæki sem breytir vélrænni orku í raforku (gagnstætt því sem gerist í rafmótor).

Rafmagnsfræði Kafli 14 Rafsegulmagn

Aðferð 2

Undirstöðuatriði riðstraumsrafalans.

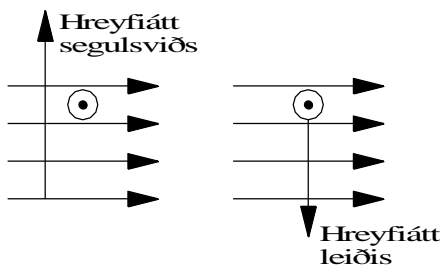
Aðferð tvö er hægt að útskýra með sama einfalda útbúnaðinum, mynd 14.10. Nú höldum við leiðinum kyrrum, en hreyfum segulinn, þannig að sviðslínurnar fara þvert yfir leiðinn.

Einnig í þessu tilfelli spanast spenna í leiðinum og stefnu spennunnar getum við fundið út með tregðulögmálinu eða hægrihandarreglunni.

Þegar við notum hægrihandarregluna á þennan útbúnað, verðum við að muna, að þumalfingerinn á að benda í hreyfiátt leiðisins. (Í jafnstraumsrafalanum er sviðið kyrrt, en leiðirinn hreyfist).

Við verðum því að hugsa okkur, að segullinn standi kyrr og leiðirinn hreyfist í gagnstæða átt við hina raunverulegu hreyfingu sviðsins. Þessa hægrihandarreglu getum við kallað breytta hægrihandarreglu.

Í rauninni skiptir ekki máli, hvort hreyfist, sviðið eða leiðirinn, því að það er hreyfing leiðis, miðað við svið eða hreyfing sviðs miðað við leiði, þ.e.a.s. afstæð hreyfing sviðs og leiðis, sem skiptir máli.



a Mynd 14.23 b

Rafmagnsfræði Kafli 14 Rafsegulmagn

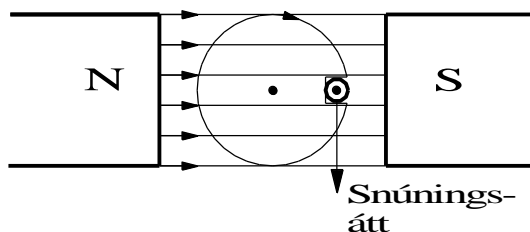
Mynd 14.23a sýnir, að sviðið hreyfist upp, þvert á leiðinn, sem stendur kyrr. Þegar við notum breyttu hægrihandarregluna, hugsum við okkur það, sem mynd 14.23b sýnir, þ.e. að sviðið sé kyrrt og leiðirinn hreyfist niður.

Spenna spönuðu spennunnar er út úr blaðinu. Það skiptir ekki máli varðandi spanið, hvort leiðirinn hreyfist miðað við sviðið eða öfugt.

Span orsakast af sviðsbreytingu, óháð því hvernig sú sviðsbreyting gerist.

Þegar rafali er knúinn af aflvél (dísilvél eða vatnstúrbínu) er hún ástengd við þann hluta rafalans sem snýst.

Mynd 14.24 sýnir einfalda byggingu jafnstraumsrafala. Leiðarnir eru lagðir í nótir á sívalningi - snúðnum - sem svo er snúið í kyrrstæðu segulsviði.

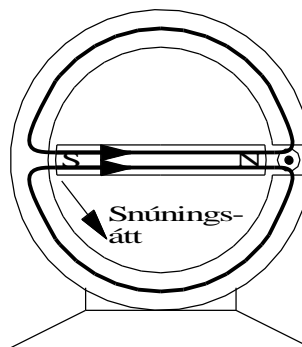


Mynd 14.24

Á mynd 14.24 er aðeins tekinn með einn leiðir, sem í þessari stöðu á myndinni hreyfist hornrétt á sviðið. Þá er spennan sem spanast í leiðinum í hæsta gildi. Stefna spennunnar er út úr blaðinu. Gakktu úr skugga um að það sé rétt.

Rafmagnsfræði Kefli 14 Rafsegulmagn

Mynd 14.25 sýnir einfalda byggingu riðstraumsrafala. Leiðarnir eru lagðir í nótið á kyrrstæðum járnhring, sátrinu, og segulpólunum, pólhjólinu, er snúið (hér á móti úrvísinum). Athugaðu að hreyfanlegi hlutinn í riðstraumsrafala er kallaður pólhjól.



Mynd 14.25

Á myndinni er aðeins sýndur einn leiðir. Norðarpóllinn er við leiðinn og sviðið hreyfist hornrétt á hann og á þessu augnabliki spanast mest spenna í leiðinum. Stefna spennunnar er út úr blaðinu.

Notaðu breyttu hægrihandarregluna og gakktu úr skugga um að þetta sé rétt.

Aðferð 3

Undirstöðuatriði spennubreyta.

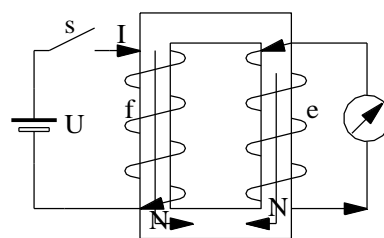
Þessa aðferð er hægt að útskýra með einfaldri tilraun.

Mynd 14.26 sýnir járnkjarna með tveimur spólum úr einangruðum eirþræði. Spóla f, sem er kölluð forvafsspóla eða bara forvaf, fær straum frá spennugjafanum, U, gegnum rofann, s. Spóla e, eftirvafsspólan eða bara eftirvafið, er tengd við galvanómæli, G.

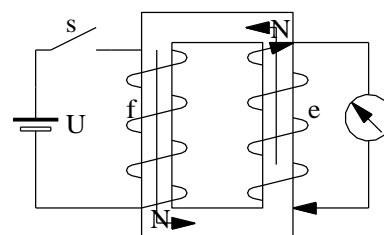
Rafmagnsfræði Kafli 14 Rafsegulmagn

Þegar við lokum rofanum s , myndast segulsvið, og sviðslínurnar fylgja járnkjarnanum og skera vöf eftirvafsins.

Galvanómælirinn gefur vísun til annarrar hliðarinnar og fellur svo strax aftur á núllið.



a) Tengiaugnablikið



b) Rofaugnablikið

Mynd 14.26

Á því augnabliki, sem rofinn lokast, spanast spenna í eftirvafinu. Ef við rjúfum strauminn í forvafinu, gefur galvanómælirinn gagnstæða vísun miðað við fyrra tilfellið. Þetta þýðir að spennan, sem nú spanast í eftirvafinu, hefur gagnstæða stefnu.

Við sjáum, að spönuðu straumarnir streyma mjög stuttan tíma um rásina. Þeir eru í rásinni aðeins þá stund, sem segulsviðið er að byggjast upp eða hverfa.

Rafmagnsfræði Kafli 14 Rafsegulmagn

Straumurinn í eftirvafinu myndar segulsvið, sem á tilsvarendi hátt virkar aftur á forvafið. Þessi víxláhrif straumrása köllum við gagnkvæmt span.

Spanið reynir að viðhalda upphaflegu ástandi straums og segulsviðs. Afleiðingin er sú straumnum seinkar örstutta stund bæði við tengingu og rof.

Út frá tregðulögmálinu er mögulegt að finna út og færa rök að stefnu spönuðu spennunnar á hvaða augnabliki sem er. Mynd 14.26a sýnir stefnu spanaða straumsins í eftirvafinu á því augnabliki, sem straumi er hleypt á forvafið með rofanum, s. Segulsviðsstefnuna í eftirvafinu getum við fundið með hjálp tregðulögmálsins því spanstraumurinn reynir að hindra segulsviðsmyndunina í forvafinu og býr til segulpóla samkvæmt því, þ.e. norðarpólinn að neðanverðu. Eftir smástund fellur mælirinn aftur í núll, því spanstraumurinn varir bara á meðan segulsviðið í forvafsspólunni er að byggjast upp. Þegar það hefur náð stöðugu gildi verður ekkert span og straumurinn í eftirvafinu verður aftur núll, þó straumurinn haldi áfram að streyma um forvafið.

Mynd 14.26b sýnir aftur á móti rofaugnablikið. Straumurinn í forvafinu er núll og segulsvið þess er dvínandi. Nú reynir eftirvafsspólan að hindra breytinguna og það gerir hún með því að spana straum sem spanar segulsvið með öfuga stefnu miðað við tengiaugnablikið, þ.e. norðarpólinn upp. Straumstefnan hlýtur því að vera öfug miðað við tengiaugnablikið og straumurinn varir á meðan segulsviðið er að falla í núll.

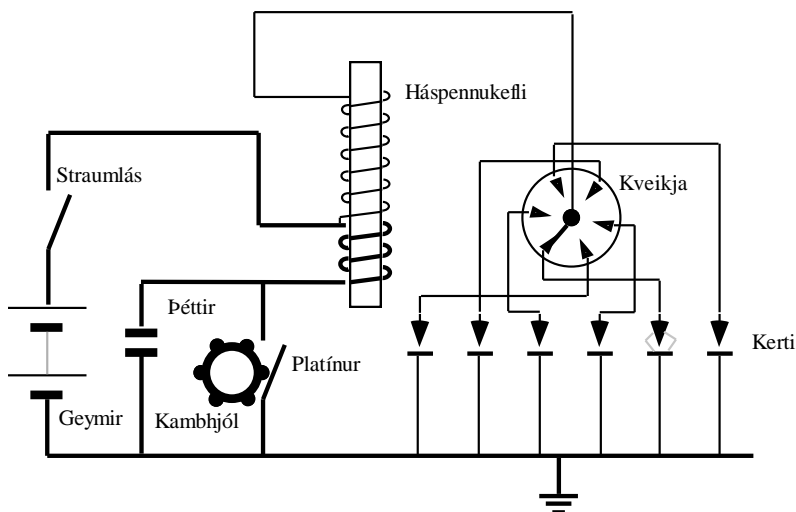
Rafmagnsfræði Kafli 14 Rafsegulmagn

Það má líta á vöf spólu sem raðtengd, og þar með verður heildarspennan, sem spanast í spólu, N sinnum spennan, sem spanast í einum vindingi. N er fjöldi vindinga í spólunni.

Kveikjubúnaður (t.d. í bílvélum).

Búnaðurinn á mynd 14.26 er í grundvallaratriðum sá sami og kveikjubúnaður bensínvélar. Rofinn samsvarar snertunum („platínunum“) í kveikjunni, og rýfur og tengir lágspennuna í forvafinu (6 V eða 12 V).

Mynd 14.27 sýnir kveikjubúnað frá bensínvél. Spólan (háspennukeflið) hefur tvö vöf, lágspennuvaf og háspennuvaf. Lágspennuvafið hefur fáa vafninga úr sverum vír og tengist geymi vélbúnaðarins gegnum straumlás og rofa (platínur), sem stjórna af sex arma kambhjóli. (Jafn mörgum örmum og kertin eru mörg). Í stað rofans (platínanna) er notaður transistor.



Mynd 14.27

Rafmagnsfræði Kafli 14 Rafsegulmagn

Háspennuvafið hefur mörg vöf úr grönnum þræði og tengist kertum vélarinnar gegnum kveikjuhamarinn, sem gefur samband á kertin á réttu augnabliki.

Kambhjólið og kveikjuhamarinn eru á sama ási. Þegar kamburinn snýst opnast og lokast platínurnar og við það spanast nægilega há spenna (u.þ.b. 20 kV) í háspennuvafinu til að neisti hlaupi yfir loftbilið í kertum vélarinnar og kveiki í bensínblöndunni í brunaholinu. Á myndinni eru sýndar svokallaðar platínur

Í kveikjubúnaðinum þurfum við að fá neistann á réttum tíma og með nægilegum styrkleika. Í venjulegum straumrásum þarf að gera sérstakar ráðstafanir til að losna við neistann, sem ávallt myndast þegar rofi rýfur eða lokar straumrás. Sérstaklega á þetta við um rásir með miklum straumum.

Sjálfspan.

Þegar straumi er hleypt á eða hann er tekinn af leiði, spanast mótspenna í leiðinum, sem reynir að hindra breytinguna. Þetta fyrirbæri er kallað sjálfspan. Sjálfspanið er nokkurs konar tregða í rásinni.

Riðstraumur er straumur, sem stöðugt breytir um stefnu og stærð.

Ef við hleypum slíkum straumi á forvaf spennisins á mynd 14.26, myndast segulsvið í kjarnanum, sem skiptir um stefnu í takt við straumbreytinguna. Við það fáum við stöðugt span í eftirvafinu, og með því að velja rétt vafahlutfall má fá hvaða spennu sem er frá eftirvafinu.

Rafmagnsfræði Kafli 14 Rafsegulmagn

Við höfum séð, að spanið er í beinu hlutfalli við kraftlínustraumbreytinguna á tímaeiningu og vafafjöldann. Þetta er sett fram á eftirfarandi hátt, sem spanlögmál Faradays:

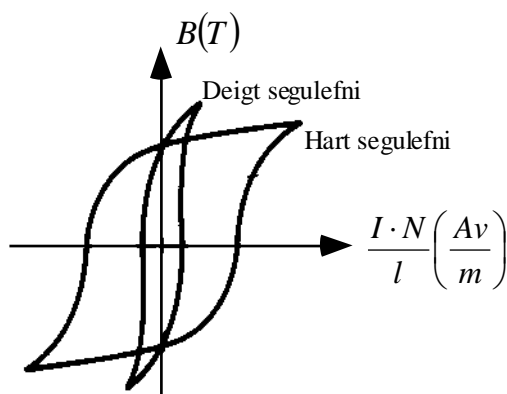
$$U_L = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} N \quad (14,9)$$

Hér er:

- U_L = spönuð spenna í voltum (V),
- $\Delta\Phi$ = breyting kraftlínustraums í weber, (Wb),
- Δt = tímabreyting í sekúndum (s) og
- N = vindingafjöldi spólunnar.

Segultregða

Með hugtakinu segultregða er átt við tregðu efna við að segulmagnast. Deig segulefni er auðvelt að segulmagna en þau halda oftast verr í sér segulmagninu eftir að krafturinn sem segulmagnaði þau hverfur. Hörð segulefni þurfa meiri segulmagnandi kraft til að segulmagnast og þau halda þá líka oftast betur í sér segulmagninu. Þetta kemur fram á mynd 14.28.



Mynd 14.28

Í rafsegla er notað deigt segulefni en hart í sísegla.

Rafmagnsfræði Kefli 14 Rafsegulmagn

Á mynd 14.28 sést að harða segulefnið þarf miklu meiri segulmagnandi kraft en deiga efnið. Hugsum okkur tvær jafn stórar spólur. Önnur er með kjarna úr deigu járnni hin með kjarna úr hörðu segulefni. Síðarnefnda spólan þarf þá mun meiri straum heldur en sú fyrrnefnda til að framleiða jafn sterkt segulsvið. Það þarf m.ö.o. mun meiri straum og þar með afl til að segulmagna spóluna með harða efninu.

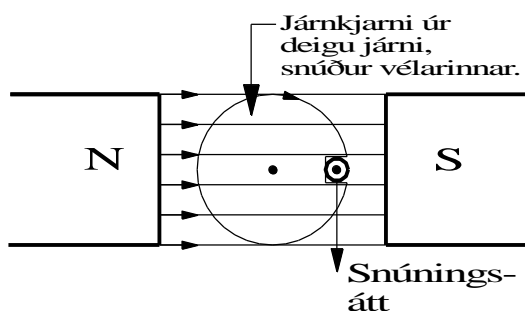
Járn hitnar þegar það er segulmagnað með riðstraumi. Hitinn er í beinu hlutfalli við segultregðuna. Í því sambandi er gott að sjá fyrir sér mynd 13.5 af grunnseglunum. Þegar járn er segulmagnað með riðstraumi eru grunnseglarnir í sífelli að snúast fram og til baka í efninu. Þessu fylgir núningur og hitamyndun. Efnið hitnar.

Ef hitinn sem myndast við segulmögnun er ekki notaður er talað um töp. Í rafvélum fer aflið, sem þarf til að segulmagna segulrás vélarinnar, í hita og við tölum um töp. Sá hluti aflsins sem fer í að yfirvinna segultregðuna er kallaður segultregðutöp.

Rafmagnsfræði Kefli 14 Rafsegulmagn

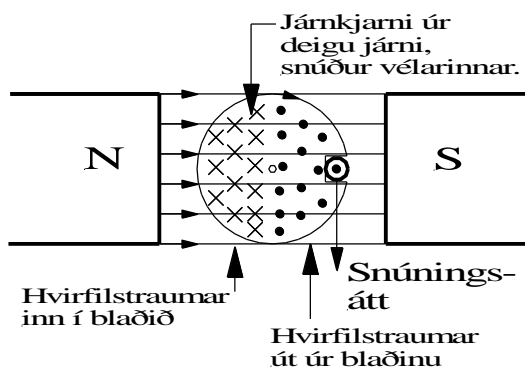
Hvirfilstraumar

Þegar leiðandi efni hreyfist í segulsviði spanast straumur í efninu. Þegar sívalningurinn, járnkjarninn, á mynd 14.29 snýst spanast straumur í leiðinum sem er sýndur í yfirborði sívalningsins.



Mynd 14.29

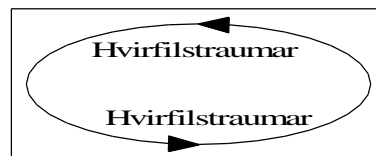
En það spanast líka straumur í sívalningnum eða snúðnum eins og fram kemur á mynd 14.30.



Mynd 14.30

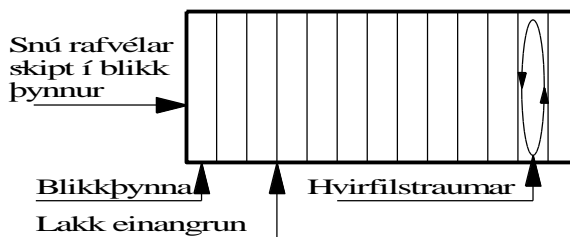
Þegar snúðurinn snýst með snúningsáttinni á myndinni verður stefna spanstraumanna við N-pólinn inn í blaðið en stefna þeirra verður út úr blaðinu við S-pólinn. Sannreyndu þetta með hægri handar reglunni. Spanstraumana í járnkjarnanum köllum við hvirfilstrauma. Þetta eru óæskilegir straumar, sem gera ekkert annað en hita vélina og valda töpum, hvirfilstraumstöpum. Og við reynum að draga úr þeim.

Rafmagnsfræði Kafli 14 Rafsegulmagn



Mynd 14.31

Á mynd 14.31 er sívalningurinn úr vélinni á mynd 14.30 sýndur á hlið og hvernig hvirfilstraumarnir streyma eftir honum. Til að draga úr þeim er reynt að minnka þverflatarmálið sem straumarnir hafa til umráða. Það er gert með því að skipta sívalningnum upp í sneiðar eða plötur sem eru einangraðar hver frá annarri með lakkhúð. Sjá mynd 14.32.



Mynd 14.32

Við þetta minnkar það þverflatarmál sem hvirfilstraumarnir hafa til umráða en segulkraftlínurnar komast óhindrað í gegnum sívalninginn því þær fara langs eftir plötunum.

Hvirfilstraumatöp og segultregðutöp mynda svokölluð járntöp í rafvélum.

Í sumum tilfellum nýtum við okkur ofangreind fyrirbæri, þ.e. segultregðu og hvirfilstrauma. Þar má t.d. nefna samsetningu á málum og nýjar eldavélar.

Málmar eru hitaðir með því að setja þá inn í sterkt

Rafmagnsfræði Kafi 14 Rafsegulmagn

riðað segulsvið. Við rétt hitastig bráðna málmarnir saman. Þetta er t.d. notað við að setja karbít tennur á sagarblað.

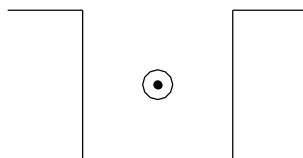
Svokallaðar spansuðuhellur hafa komið á markað á síðustu árum. Í eldavélarhellunni er framleitt stillanlegt segulsvið með riðstraumi. Pottar sem eru notaðir á þessar hellur þurfa að vera með botn úr segulefni. Þegar potturinn verður fyrir seguláhrifum frá hellunni hitnar hann vegna hvirfilstrauma og segultregðu sem spanast í botni hans.

Rafmagnsfræði Kafli 14 Rafsegulmagn

Æfingadæmi 2 úr 14 kafla**14.11**

Notaðu mynd 14.33.

- a) Teiknaðu og útskýrðu með samlagningu segulkraftlína, hvernig og hvers vegna leiðirinn hreyfist.
- b) Hvernig er hægt að finna hreyfistefnuna með vinstrihandarreglunni (mótorreglunni)?
- c) Hvernig breytist krafturinn á leiðinn, ef þú eykur strauminn í leiðinum?
- d) Hvaða atriði telur þú hafa áhrif á stærð kraftsins?

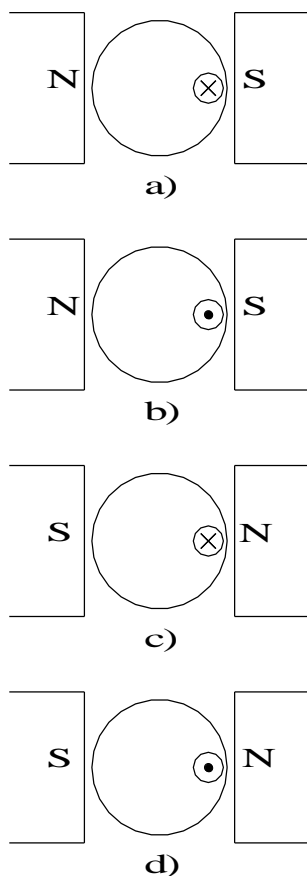


Mynd 14.33

14.12

Hvað er rafmótor? Reyndu að skilgreina það í nokkrum orðum.

Rafmagnsfræði Kefli 14 Rafsegulmagn



Mynd 14.34

14.13

- a) Hringinn á milli pólanna á mynd 14.34 köllum við snúð mótors. Notaðu vinstrihandarregluna til að finna snúningsáttina á myndum a- d og sýndu hana með örvum.
- b) Reyndu, með hjálp myndanna a-d, að finna aðferð til að breyta snúningsátt snúðsins.

14.14

Hvað er átt við með orðinu span? Hvernig er hægt að finna stefnu spanaðs straums?

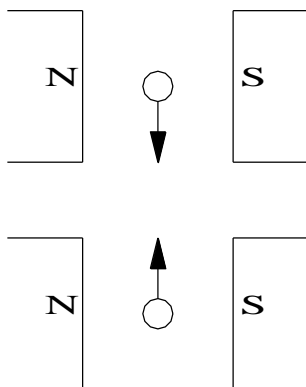
14.15

Nefndu þrjár aðferðir við að fá fram span.

Rafmagnsfræði Kafli 14 Rafsegulmagn

14.16

Teiknaðu stefnu spanaða straumsins inn á mynd 14.35.



Mynd 14.35

14.17

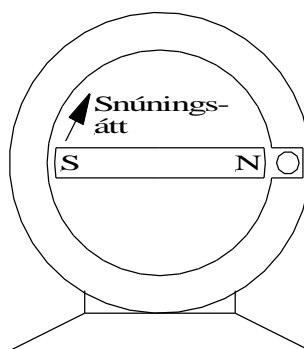
Hvernig hljóðar hægrihandarreglan (rafalareglan)?

14.18

Reyndu að skilgreina stuttlega hvað átt er við með orðinu rafali.

14.19

- a) Teiknaðu stefnu spanaða straumsins inn á mynd 14.36.



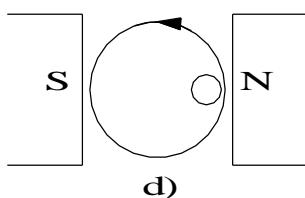
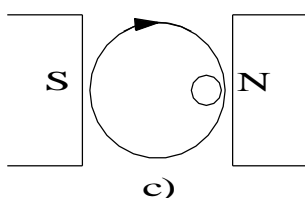
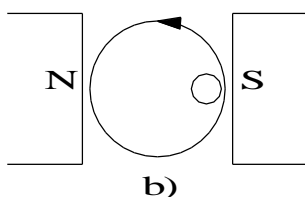
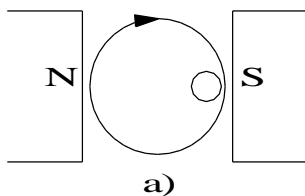
Mynd 14.36

- b) Hvaða áhrif hefur það á stefnu spanstraumsins að breyta snúningsátt?

Rafmagnsfræði Kafli 14 Rafsegulmagn

14.20

- a) Sýndu með örvum stefnu spanaða straumsins á mynd 14.37a-d.



Mynd 14.37

- b) Berðu saman myndir a-d. Hvað er hægt að gera til að umpóla spennu (breyta straumstefnu) í rafala?

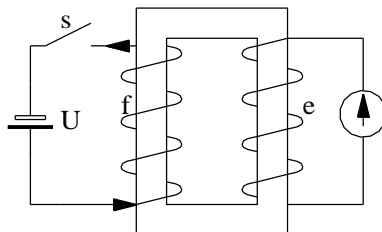
14.21

Hvernig er spanlögmál Faradays?

Rafmagnsfræði Kefli 14 Rafsegulmagn

14.22

Útskýrðu stefnu straumsins í eftirvafinu á því augnabliki, sem rofinn er opnaður í forvafinu. Merktu straumstefnuna inn á myndina.



Mynd 14.38

14.23

Hvernig breytist spanaða eftirvafsspennan með auknum vafafjölda í eftirvafinu?

14.24

Hvað er átt við með sjálfspani og hvernig orkar það sem tregða í straumrás?

14.25

Gefðu stutta lýsingu á spennubreyti.

14.26

Hvað er átt við með segultregðu?

14.27

Hvað er átt við með hvirfilstraumum?

14.28

Útskýrðu vinnumáta spansuðuhellu.

Svör við dæmum í kafla 14

14.10 $93\mu Wb$