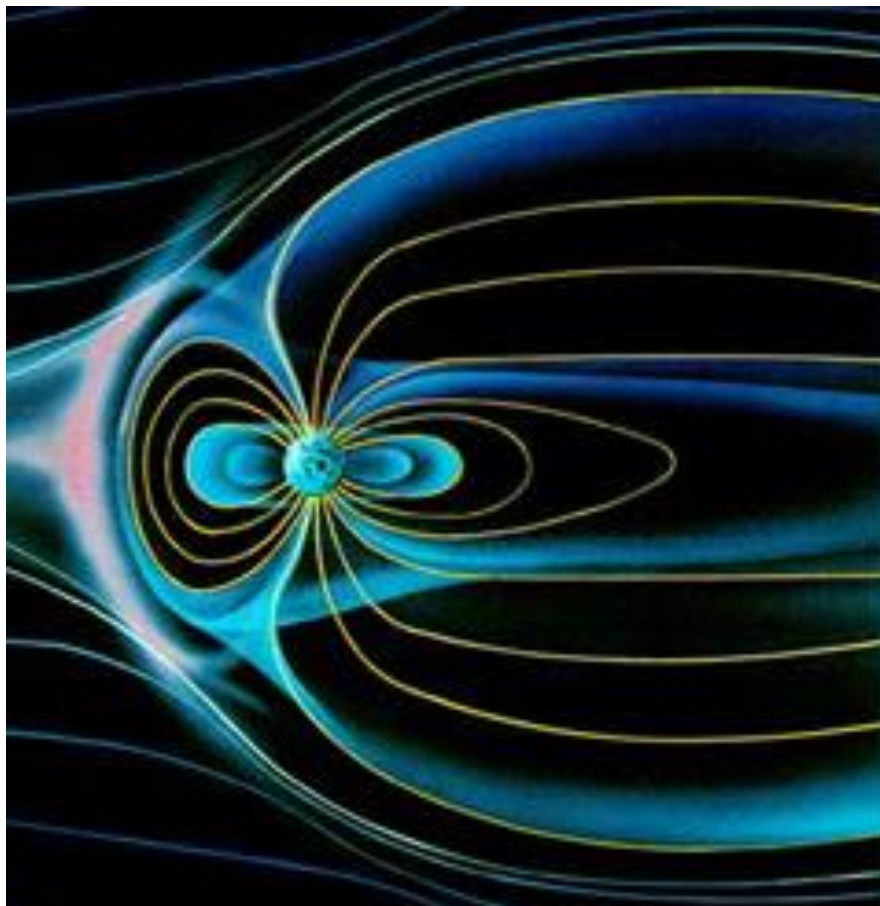




Rafbók



Segulmagn

Rafmagnsfræði 2

Kennsluhefti

Segulmagn rafmagnsfræði 2

Þetta hefti er þýtt með góðfúslegu leyfi EVU í Danmörku.

Íslensk þýðing: Víðir Stefánsson

Mynd á kápu er fengin frá Internetinu

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

Segulmagn rafmagnsfræði 2

Efnisyfirlit

1 Segulmagn.....	4
Segulmagn.....	4
Segulmagn jarðar	4
Áttavitanálin	5
Seglar.....	6
Gerðir	6
Sísegull.....	6
Segulmögnun með strokum	7
Rafsegulmögnun	8
Mettunarpunktur.....	9
Segulleifar	9
Rafsegulmögnun	9
Gerð segla.....	9
Afseglun	10
Framleiðsla.....	10
Segulsvið.....	11
Rafseglar.....	12
Gagnkvæm virkni milli tveggja hliðstæðra leiðara.....	14
Spóla.....	14
Gagnkvæm virkni.....	15
Spólur með stálkjarna.....	16
Kjarnaefni.....	16
Kísiljárn.....	16
Duftkjarnar	16
Ferroxcube (ferróteningur).....	17
Amper-vindingar (Vafningstala).....	17
Dæmi	18
Notkun.....	18
Sambandið við jafn- og riðstraum.....	19
Spóla tengd jafnspennu	19
Hegðun þegar rásin er rofin	19
Straumhafandi leiðari í segulsviði.....	20
Hugmyndin að baki mótör	21

Segulmagn rafmagnsfræði 2

Mótorregla.....	21
Span.....	21
Rafsegulspan	21
Meginregla við rafsegulspan	21
Lögmál Lenz	22
Faraday	22
Virkni	22
Rafali, framleiðsla á rafmagni.....	23
Reglan um rafala	26
Hagnýt notkun.....	26
Rafhreyfispan (electrodynamic induction)	26
Sambandið við straumtengingu.....	27
Stöðugur straumur	27
Straumrof.....	27
Reglan um spennu.....	27
Sjálfspan.....	28
Rof.....	30
Sjálfspanspenna.....	30
Sjálfspansstuðullinn	30
Skilgreining	30
Vindingar undnir á móti hvor öðrum	31
Tregðulínurit	31
Hvirfilstraumar	33
Hvirfilstraumabremsa.....	33
Hvirfilsstraumatap.....	34
Kjarni úr þynnum	34
Hugtök og formúlur.....	34

1 Segulmagn

Segulmagn

Enska heitið fyrir segulmagn er magnetism, sem kemur frá litla bænum Magnesia í Asíu, þar sem fundist hefur mikið magn járnmalma, sem hafa segulmögnunareiginleika. Það er að segja, þeir hafa áhrif og verða fyrir áhrifum af öðru járn.

Járngrýti þetta er einnig kallað seguljárn.

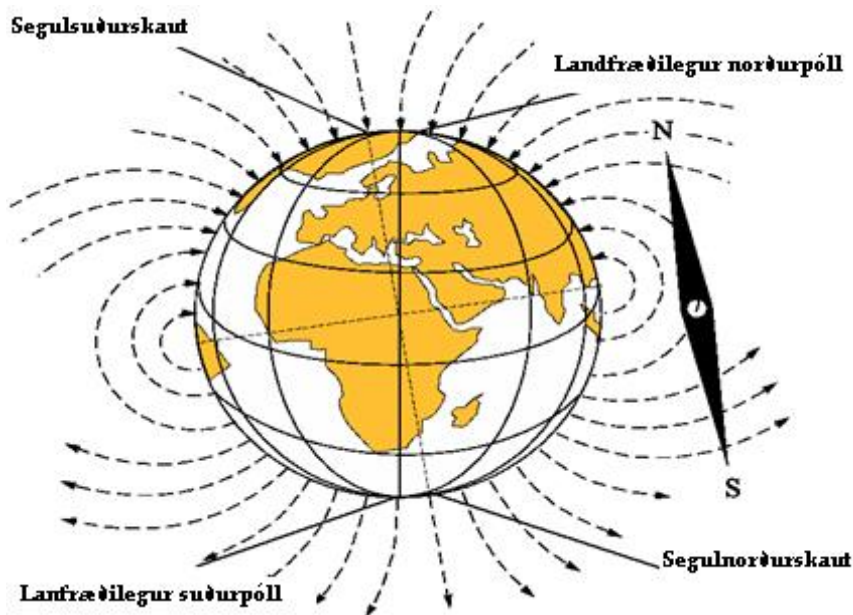
Fyrir utan seguljárnið sem finnst í náttúrunni, hefur aðeins stál ásamt nokkrum einstaka málum svo sem nikkel (Ni) og kóbolt (Co) mikla segulmögnunareiginleika.

Segulmagn jarðar

Þegar náttúrlegt seguljárn sem er í laginu eins og stöng er hengt upp þannig að stöngin getur snúist auðveldlega, mun annar endi hennar benda á norðurpól og hinn á suðurpól jarðarinnar.

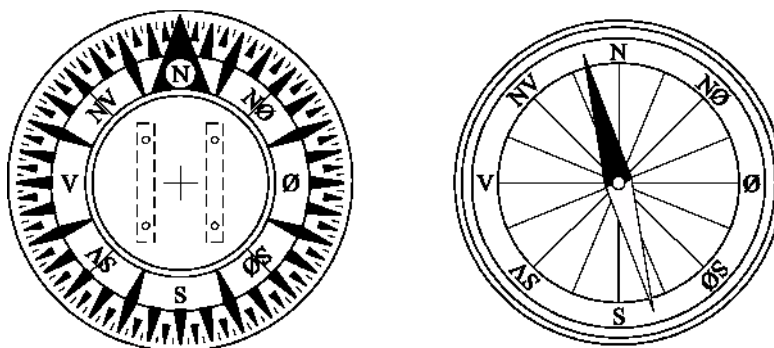
Ástæða þessa er að jörðin er gríðarstór sísegull þar sem segulsuðurskaut er staðsett nálægt landfræðilegu norðurskauti og segulnorðurskaut er við landfræðilegt suðurskaut.

Segulmagn rafmagnsfræði 2



Áttavitanálin

Áttavitanálin er lítill stangarsegull sem getur hringsnúist.



Annar endi áttavitanálarinnar sem bentir á norðurpól jarðar, er kallaður norðurpóll og hinn endinn þess vegna suðurpóll.

Á okkar dögum er áttavitanálin ekki lengur náttúrulegt seguljárn heldur er hún sem sísegull.

Áttavitinn öðru nafni kompásinn sem heitir compass á ensku var fundinn upp af Kínverjum fyrir tíma Krists.

Segulmagn rafmagnsfræði 2

Notaðir voru náttúrulegir seglar, þ.e. seguljárn sem fundist hafði.

Hins vegar komust menn að því að segulmagn færðist frá náttúrulegum seguljárnnum yfir í annað járn og jafnframt að hert stál veitti varanlegustu seglunina.

Í hefðbundnum skipaáttavítum er áttavítanálinni fest á undirhlið áttavítarósarinnar, sem ásamt norðurstefnu gefur allar aðrar áttavítastefnur.

Seglar

Segull þekkist á því að hann dregur til sín járn. Í dag eru þeir gerðir úr mismunandi málmblandum þar sem járn eða járnduft er blandað saman við, allt eftir því í hvað nota á segulinn.

Gerðir

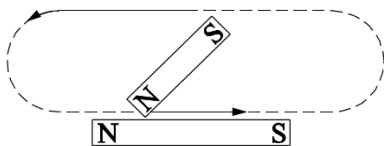
Aðgreint er á milli sísegla og rafsegla.

Sísegull

Sísegull heitir á ensku permanent magnet orðið permanent þýðir viðvarandi. Þeir eru gerðir úr hertu stáli og hafa þann eiginleika að geta viðhaldið segulmagni.

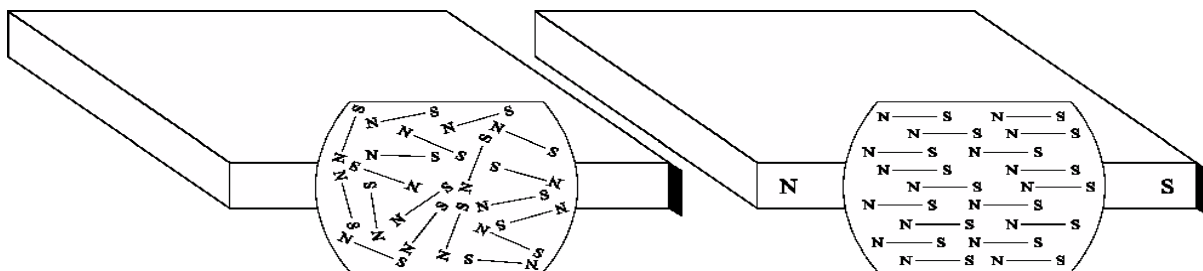
Segulmagn rafmagnsfræði 2

Segulmögnun með strokum



Stálstöng er hægt að segulmagna með því að strjúka sísegli endurtekið í sömu átt og eftir allri lengd stálstangarinnar. Með því segulmagnast áður ósegulmögnuð stöng.

Til að gera sér það í hugarlund sem gerist er hægt að hugsa sér að ósegulmagnaða stöngin innihaldi fjölda smásegla, sem liggja á víð og dreif, óreglubundið.



Með strokunum með sísegli raðast þessir örseglar þannig að þeir liggja með norðurpólinn í stefnu og suðurpólinn í gagnstæðri stefnu. Í miðri stönginni mun suðurskaut eins lítils seguls liggja að norðurskauti annars lítils, en við enda stangarinnar liggja fjöldi norður og suðurskauta frjáls og við það fær stálstöngin segulpól við hvorn enda.

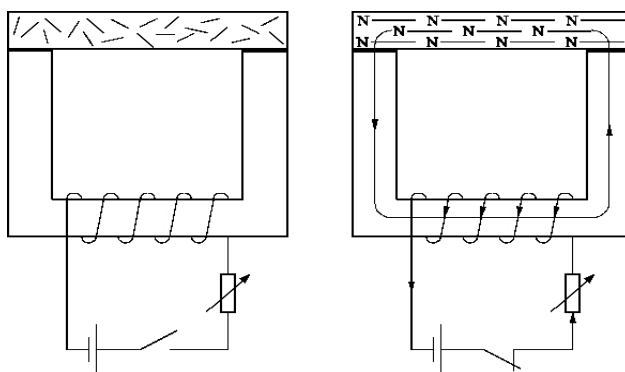
Í steypujárni og mjúku stáli eiga örseglar auðveldara með snúa sér en í hertu stáli, en aftur á móti komast þeir auðveldar í óreglulega stöðu. Sem dæmi í snúðjárn, sem er mjúkt stál, raða örseglarnir sér um leið og þeir verða fyrir segulkröftum, en fá óreglulega legu um leið og krafturinn hverfur.

Í hörðu stáli þurfa örseglarnir mikla krafta til þess að raða sér, en eftir það halda þeir sinni uppröðun, þó svo að utanaðkomandi segulkraftur hverfi.

Segulmagn rafmagnsfræði 2

Rafsegulmögnun

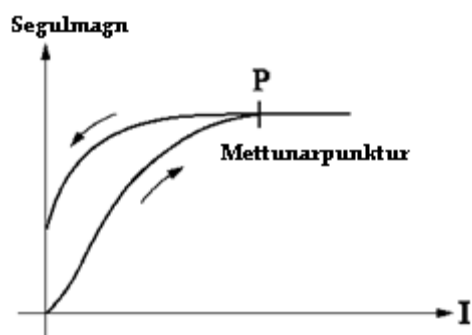
Algengast er að segulmagna með rafsegulmögnun. Rafsegulmögnunarspóla tengist jafnspennugjafa, þar sem rafstraumurinn í spólunni framkallar segulsvið, hvers stefna er ákveðin með straumstefnu spólunnar. Segulsviðið fer í gegnum kjarnann og stálstöngina. Þegar rafstraumurinn eykst og flæðipéttinn (B) magnast þar af leiðandi, munu örseglarnir verða fyrir áhrifum, þannig að þeir snúa sér með norðurpólinn í stefnu sviðsins.



Segulmagn rafmagnsfræði 2

Mettunarpunkturur

Þegar sérhver örsegull í stálstönginni hefur raðað sér upp skipulega er mettnarpunkti náð, þ.e.a.s. ekki er hægt með auknum straum í segulmögnunarspólunni að auka segulkrafta (flæðiþéttina) í stálstönginni.



Segulleifar

Segulsviðið sem eftir situr í stálstönginni kallast segulleifar (remanence). Stærsta hluta segulmagnsins er að finna við báða enda stangarinnar; aðdráttur er því mikill við pólana.

Rafsegulmögnun

Þar sem stál er mest notað við framleiðslu sísegla er það form segulmögnunar kallað járnsegulmögnun (ferromagnetism).

Gerð segla



Innan sterk- og veikstraums er notkunarsvið sísegla fjölbreytilegt. Sem dæmi eru þeir notaðir í mælitækjum, rafmagnsmælum, hitastillum, sjónvarps- og útvarpsviðtækjum, hátölurum, sínum og litlum mótorum.

Segulmagn rafmagnsfræði 2

Afseglun

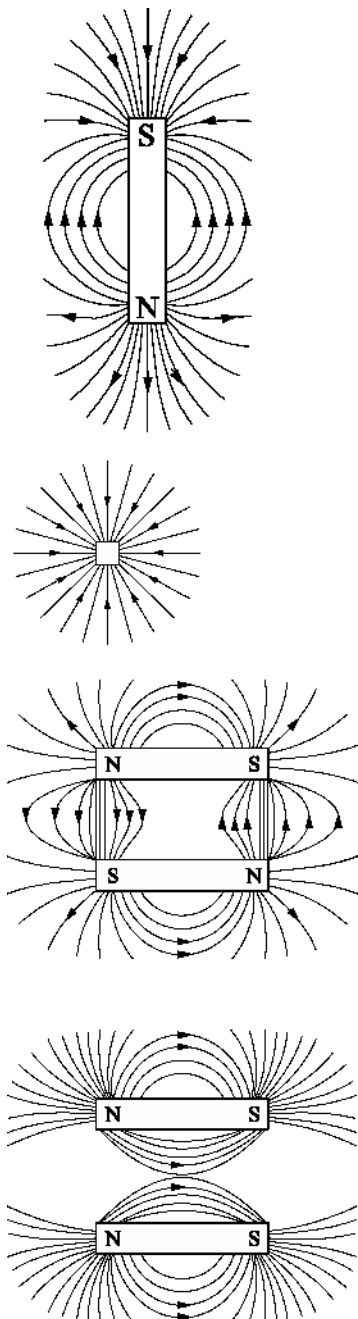
Högg í ákveðna átt, sem getur komið á sísegla, getur valdið því að þeir missa nær alla sína segulmögnun. Það er aðal ástæða þess að meðhöndla skal mælitæki sem innihalda sísegla með sérstakri varúð. Jafnframt hverfur segulmagn ef segullinn er hitaður í 700 °C.

Framleiðsla

Í dag er mögulegt að búa til mjög kröftuga segla sem eru mjög litlir um sig. Þegar þeir eru framleiddir er kjarninn látin storkna í mjög sterku segulsviði. Áður fyrr var notast við málmblöndur, sem blandaðar voru með kolefni, wolfram eða kóbolti. Í dag eru notaðar mun flóknari málmblöndur sem í meginþáttum samanstanda af járni, nikkel, áli ásamt öðrum mismunandi efnum. Sem dæmi um þessar málmblöndur eru ticonal, alnico og alcomax.

Segulmagn rafmagnsfræði 2

Segulsvið



Þegar endar tveggja segla eru leiddir saman muna þeir annað hvort dragast að hvor öðrum eða ýtast frá hvor öðrum. Virkni segulsviðsins teygir sig einnig út í rýmið umhverfis. Sagt er að fyrir utan segulinn sé segulsvið.

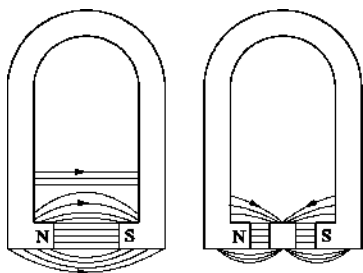
Oft eru kraftlínur notaðar til glöggva sig á segulsviðinu. Það er hugsað að þær stefni út frá norðurskauti og stefni til baka að suðurskauti. Inni í seglinum halda kraftlínurnar áfram frá suður- til norðurskauts. Segulkraftlínurnar mynda lokaða ferla. Stefna kraftlínanna, stefna sviðsins í völdum punkti, segir til um stefnu sem norðurskaut mun verða fyrir í þessum punkti. Þetta helgast af því að kraftlínur streyma frá norðurskauti segulsins og til baka til suðurskauts hans.

Ef skaut tveggja segla eru látin nálgast munu þeir annað hvort dragast að eða ýtast frá hvor öðrum, allt eftir því hvort þeir eru gagnstætt - eða eins pólaðir. Í sísegnum vekja aðeins kraftlínurnar sem eru fyrir utan hann áhuga; en við rafsegulmögnun vekja kraftlínurnar inni kjarnanum einnig áhuga.

Auðvelt er að framkvæma tilraun, sem sýnir einkenni sviðsins.

Á borð er lagður sísegull og ofan á hann stífur pappír. Spænir er sorfin af mjúku stáli og stráð á pappírinn. Hann segulmagnast og þegar bankað er létt í pappírinn mun hann mynda munstur sem er einkennandi fyrir segulinn sem notaður er.

Segulmagn rafmagnsfræði 2



Á myndunum er sýndur skeifulaga segull með og án snúðs úr mjúku stáli. Stálkjarninn milli póla segulsins er kallaður snúður (akkeri).

Snúðurinn segulmagnast og dregst með því að seglinum. Þar sem kraftlínurnar velja sér styðstu mögulegu leið frá norður- að suðurlpól og þar sem stálið leiðir kraftlínurnar mörgum sinnum betur en loft munu þær leita í gegnum snúðinn. Með því að nota stálkjarna fæst minni útbreiðsla og kröftugra segulsvið.

Rafseglar

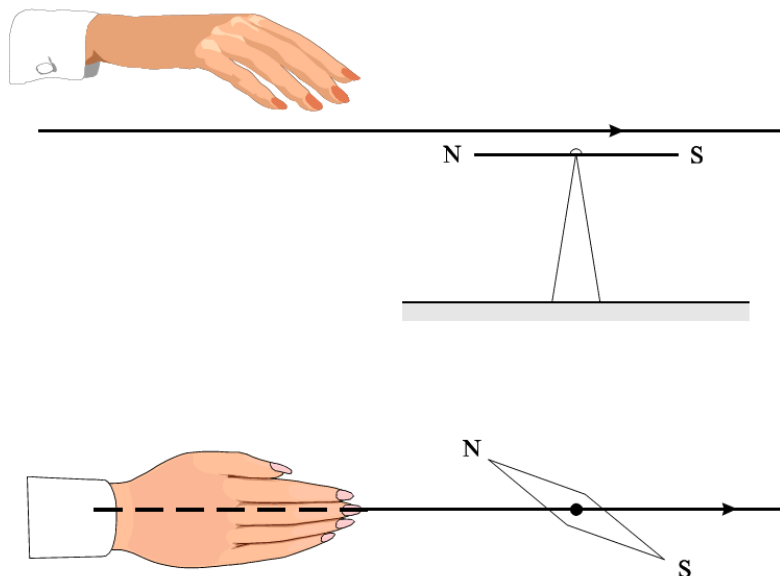
Danski prófessorinn H.C. Ørsted sýndi á árunum 1891-1920 fram seguláhrif af völdum rafstraums.

Hann uppgötvaði að hreyfanleg segulnál snýst er hún kemst í nálægð við straumhafandi leiðara.

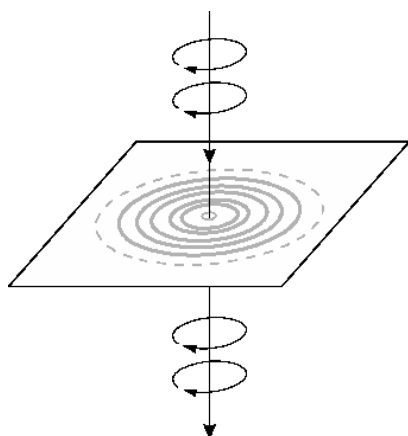
Stefna útslagsins er fundin með hjálp hægrihandar-reglunnar:

Hægri hönd er lögð eftir leiðaranum með fingurna í stefnu straumsins og með lófann að seglinum.

Norðurlpóll segulsins mun þá vísa þar sem þumalfingurinn er staðsettur.

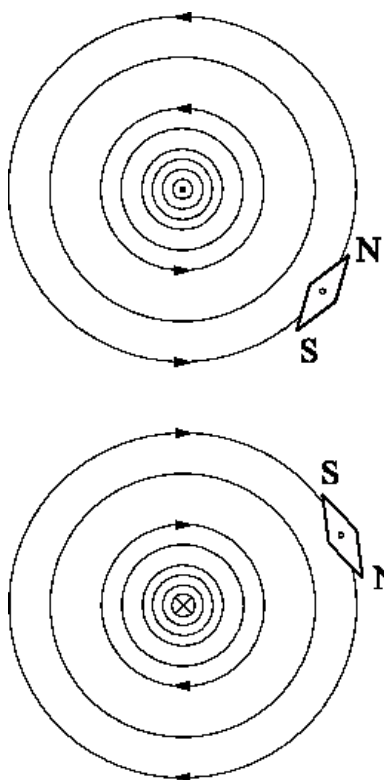


Segulmagn rafmagnsfræði 2



Seguláhrif rafstraums eru notuð við nútímaframleiðslu á rafmagni, í mótorum, mörgum tækjum og verkfærum svo eitthvað sé nefnt.

Járnsvarfsspón er stráð yfir kartonpappír. Straumhafandi leiðari fer í gegnum miðjan kartonpappírinn. Við það raðar spónninn sér í hringi og tekur á sig mynd segulkraftlínanna. Sviðið er öflugast næst leiðaranum en minnkar hratt út frá honum.



Stefna sviðsins verður auðveldlega fundinn með svokallaðri „tappatogarareglu“. Ef hægri skorinn tappatogari er skrúfaður í sömu stefnu og straumurinn í leiðaranum hefur, mun snúningstefna tappatogarsins vera sú sama og stefna sviðsins.

Sérhver straumhafandi leiðari hefur um sig segulsvið. Á efri myndinni er sýnt plan sem er hornrétt á leiðarann, þar sem straumurinn rennur út úr plani pappírsins og á þeirri neðri sést að strauminn rennur inn í plan pappírsins.

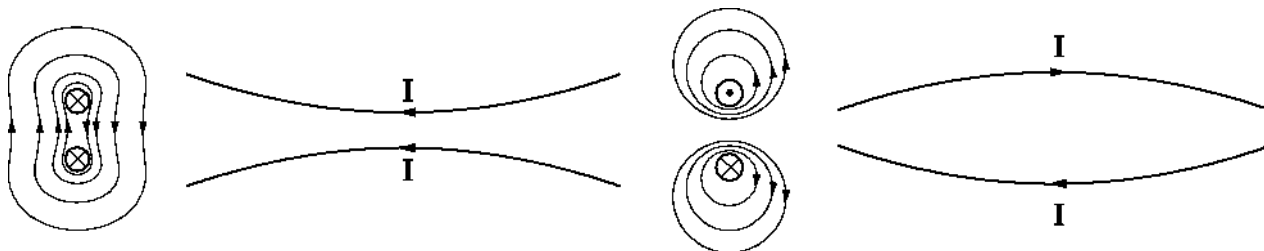
Punkturinn táknar örvarodd á ör sem er á leið út úr pappírnum og krossinn táknar fjaðrirnar á ör á leið inn í pappírinn.

Segulmagn rafmagnsfræði 2

Gagnkvæm virkni milli tveggja hliðstæðra leiðara

Tveir hliðstæðir beinir leiðarar sem eru straumhafandi munu hafa áhrif á segulsvið hvors annars.

Sé straumarnir á leið í sömu átt, dragast leiðarnir að hvor öðrum. Séu þeir hinsvegar á leið í gagnstæða átt ýtast þeir frá hvor öðrum.

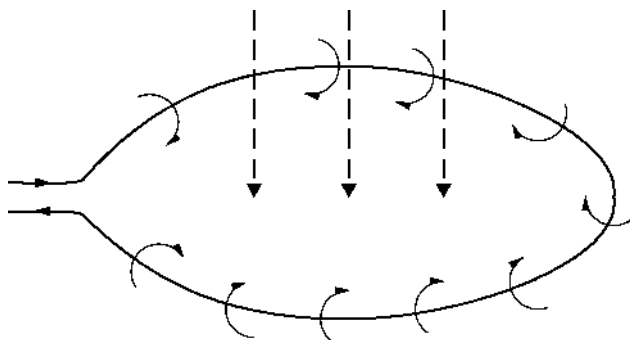


Spóla

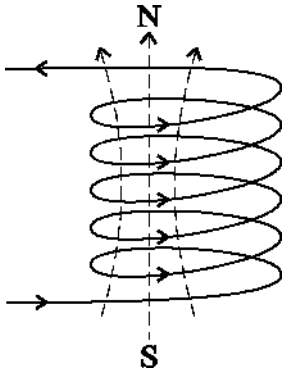
Ef leiðari er sveigður í slaufu, mun segulsviðið umhverfis leiðarann skapa svið sem er hornrétt á plan leiðarans.

Allar kraftlínur inni í slaufunni munu hafa sömu stefnu og stefnan mun verða í gagnstæða átt fyrir utan slaufuna sé tappatogarareglunni beitt.

Slaufan virkar sem sagt eins og flatur segull.



Segulmagn rafmagnsfræði 2



Þegar leiðarinn er vafinn í spólu, mun hver vafningur koma fram sem hringlaga leiðari með segulsvið í stefnu hornrétt á plan leiðarans. Sviðið frá einstaka leiðara mun styðja hvert annað og fyrir spóluna mun verða til sameiginlegt segulsvið, þannig að spólan sem heild út á við kemur fram sem segull.

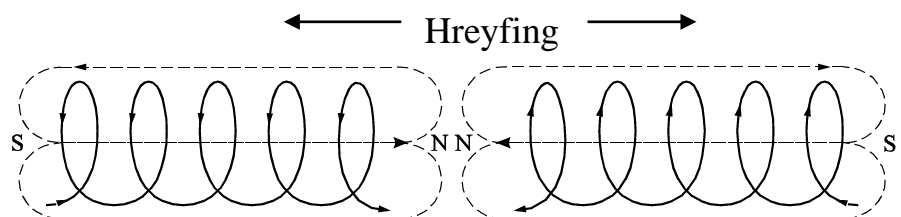
Slík spóla er kölluð rafsegull. Hún hefur segulsvið sem samsvarar stangarsegli. Pólarnir eru fundnir út samkvæmt hægrihandarreglunni:

Gripið er með hægri hendi um spóluna með fingurna í straumstefnu. Þá mun spólan hafa norðarpól á þeim enda spólunnar sem þumalfingurinn vísar á.

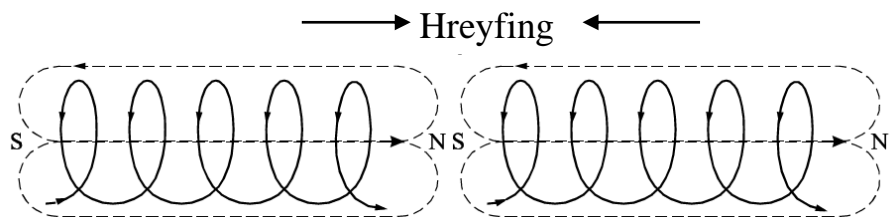
Gagnkvæm virkni

Tvær spólur munu verka á hvor aðra á sama hátt og síseglar.

Ýtast frá hvor annarri.

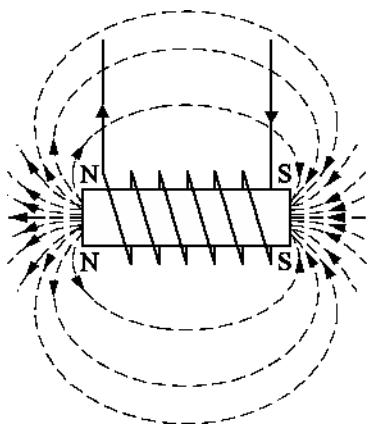


Dragast að hvor annarri.



Segulmagn rafmagnsfræði 2

Spólur með stálkjarna



Kjarnaefni

Sé notast við járnkjarna í spólunum og sé sendur sami straumstyrkur gegnum spóluna sem fyrr, mun virknin verða kraftmeiri.

Segulsviðið hefur margfaldast. Getan til að margfalda segulsviðið stafar af segulleiðni stálsins. Segulleiðni er eiginleiki stálsins í að leiða segulsvið og er táknuð með bókstafnum μ , sem er tala sem sýnir hversu mörgu sinnum stálið leiðir segulsvið betur en loft gerir.

Efnablöndurnar sem notaðar eru sem kjarnaefni eru oftast nær svokölluð seguldeig efni, þ.e. ferrítefni með litla segulleif.

Kísiljárn

Kísiljárn er mest notaða efnablandan í netspenna og í drosselspólum.

Málmblandan er mismunandi samsett með allt að 4% kísilmagn.

Nikkelblöndur sem seldar eru með nöfnum eins og Permalloy, Permivar og Mumetal og sem samanstanda af járn, nikkel og kóbolti, hafa fleiri athyglisverða eiginleika, sem eru vel til margra sérnota fallnir.

Eiginleikarnir eru háðir samsetningu þeirra og varmameðhöndluninni sem þau fara í gegnum.

Duftkjarnar

Duftkjarnar nýtast í spólur fyrir tíðnir upp að 0,1- 0,5 MHz. Þeir eru framleiddir með því að pressa saman muldu járndufti með einangrandi bindiefnum, t.d. schellak, trulitul eða keramísku efni.

Mikið mulin segulefnin minnka hvirfilstraumstöpin, en mikill fjöldi loftrifa gerir það að verkum að segulleiðnin breytist ekki fyrr en við mikla sviðskrafta.

Segulmagn rafmagnsfræði 2

Ferroxcube (ferróteningur)

Form ferrocube sem nú er notuð samanstanda stundum af tveimur ferrítjárnnum þar sem annað er zinkferrít en hitt er kobbar eða nikelferrít.

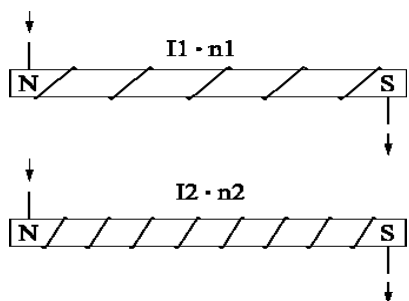
Efnin sem fást með þessu hafa mjög lítið tap sem gera þau velfallinn í kjarnaefni fyrir tíðnir uppí fleiri þúsund MHz.

Lítið tap gerir framleiðslu á spólum fyrir lægri tíðnir einnig mögulega.

Eiginleikar efnisins eru háðir hreinleika hráefnisins og eftirmeðhöndlun sem felst í endurteknum

„sindtringum“ og málun milli laga. Tilbúið efnið er þar á eftir hægt að pressa í valið form. Efnið er sintrað við 1200 °C og verður svo hart að aðeins er hægt að umbreyta því með slípun.

Amper-vindingar (Vafningstala)



Það hefur komið í ljós að styrkur segulsviðsins vex í réttu hlutfalli með straumstyrknum svo og fjölda vindinga.

Þetta er túlkað þannig að segulsviðið er háð amper-vindingunum.

Með amper-vindingum AV ber að skilja

$$I \cdot n = AV$$

AV = straumurinn í Amper * fjöldi vindinga.

Segulmagn rafmagnsfræði 2

Dæmi

Spóla með 600 vindinga þarf 2,5 A straum til þess að segulmagnast. Hversu marga vindinga þarf spólan að hafa ef segulmögnunarstraumurinn á aðeins að vera 1,5 A?

Segulmögnunarkrafturinn verður til með amper-vindingatölunni:

$$AV = Il \cdot nl$$

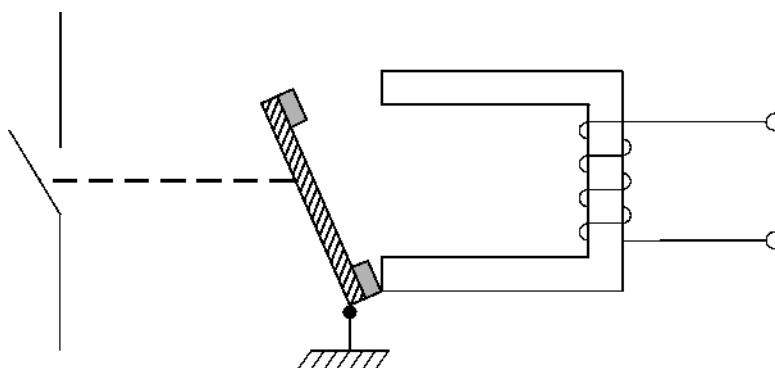
$$2,5 \cdot 600 = 1500 AV$$

$$I2 \cdot n2 = 1500 AV$$

$$n2 = \frac{1500}{1,5} = 1000 \text{ vindingar}$$

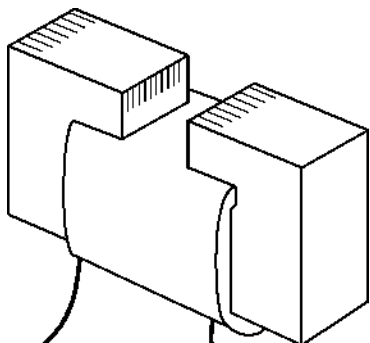
Notkun

Rafseglar eru mest notaðir í segulliða, mótornir og því um líkt, þar sem segulinn er útbúinn og tengdur þannig að hann getur dregið að segulbrú (járnstykki lagt milli skauta á skeifusegli), sem getur gagnast mismunandi gerðum snerta.



Segulmagn rafmagnsfræði 2

Sambandið við jafn- og riðstraum



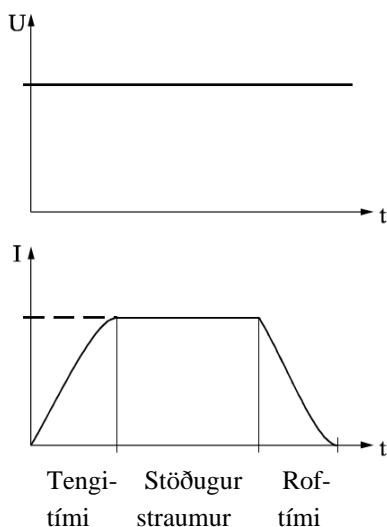
Segulbrúin dregst stöðugt að ef jafnstraumur er sendur í gegnum segulspóluna.

Aftur á móti ef riðstraumur er sendur í gegnum hana, mun aðdrátturinn hverfa þegar straumgildin fara í gegnum núllpunkt. Það veldur því að segulliðaspólan brúmar kröftuglega.

Til að koma í veg fyrir þetta þarf rafsegullinn að vera byggður fyrir riðstraum.

Stundum eru notaðir þriggja fasa seglar eða straumnum er breytt í jafnstraum, áður en hann er sendur í gegnum segulspóluna.

Spóla tengd jafnspennu



Ef spóla er tengd jafnspennu mun spennan ekki ná hámarksgildi á sama augnabliki og rofin lokast.

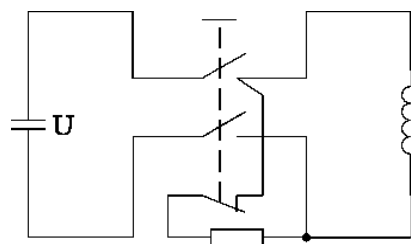
Það líður ákveðinn tími sem er háður sjálfspani spólunnar. Á sama hátt mun straumurinn ekki falla á einu augnabliki í núll er rofin opnast.

Það spanast aðeins straumur og spenna við tengingu og aftengingu. Á notkunartímanum þegar straumurinn er stöðugur er spanið núll og spólan virkar eins og raunviðnám.

Við útreikninga er því notast við lögmál Ohms.

$$U = I \cdot R$$

Hegðun þegar rásin er rofin

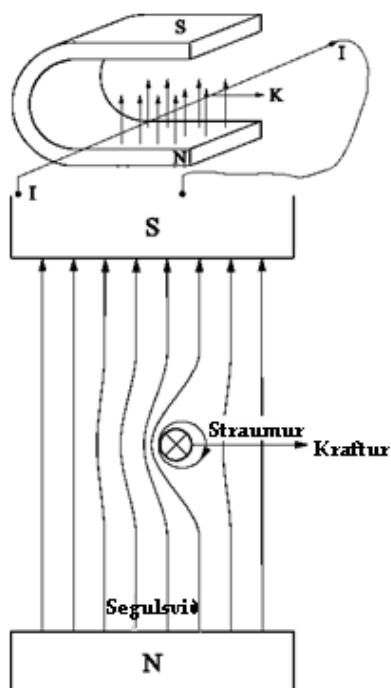


Ef straumur er rofinn á spólu með mörgum vindingum, með skilvirkum og fljótvirkum rofa, getur spanast spenna í spólunni sem er mikið stærri en venjuleg rekstrarspenna hennar. Spanaða spennan er ekki aðeins háð heildarbreytingu segulsviðsins, heldur einnig af hraðanum sem breytingin á sér stað á.

Segulmagn rafmagnsfræði 2

Niðurstaðan getur orðið sú að einangrun spóluvindinga eyðileggst. Þess vegna þarf oft að ákveða sérstakar umgengnisreglur, við segulspólur, rafala og mótor til að koma í veg fyrir að straumrofið gerist of hratt. Því þarf að skammhleypa spólunni gegnum afhleðsluviðnám, þegar tengingin við jafnspennugjafann er rofin.

Straumhafandi leiðari í segulsviði



Sýnt hefur verið fram á að straumhafandi leiðari sem er umleikin af segulsviði og að tvö segulsvið í nálægð við hvort annað munu framkvæma gagnvirka kraftverkun.

Sé straumhafandi leiðari settur í segulsvið verður leiðarinn fyrir krafti sem reynir að hreyfa hann til hliðar í segulsviðinu.

Á myndinni er sýndur leiðari í sniðmynd, krossinn gefur til kynna straumstefnuna. Segulsviðið kringum straumhafandi leiðarann myndar lokaðan hring.

Þetta svið hefur áhrif á höfuðsviðið N-S, á þá vegu að til hægri við leiðarann myndast kraftminnkun og vinstra megin við hann kraftaukning.

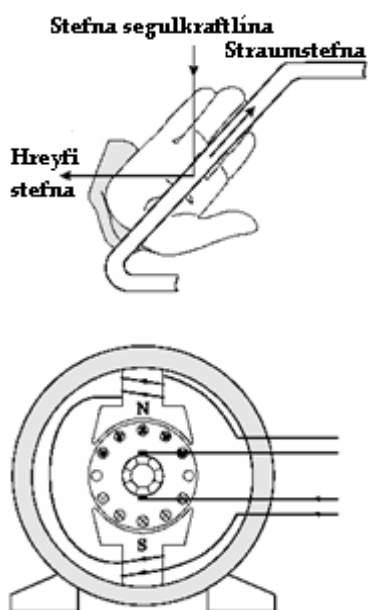
Leiðarinn mun verða fyrir áhrifum krafts K táknaður með ör, sem reynir að keyra hann út úr höfuðsviðinu. Stærð kraftsins er háð styrk segulsviðsins og straumstyrknum í leiðaranum.

Segulmagn rafmagnsfræði 2

Hugmyndin að baki mótör

Við smíði mótors er straumhafandi leiðaraslaufu komið fyrir í segulsviði og verður hún fyrir áhrifum krafts, sem reynir að draga leiðarann út úr sviðinu.

Mótorregla



Hreyfistefnuna er hægt ákveða út frá eftirfarandi reglu:

Hægri hönd er lögð þannig að segulkraftlínurnar stefna inn í lófann og fingurnir vísa í straumstefnuna. Leiðarinn mun þá hreyfast í átt að litla fingri.

Teikningin sýnir jafnstraumsmótör í grunnatriðum.

Miðað við gefna póla og straumstefnur í snúðspólunum munu kraftáhrifin á efri leiðarana leitast við að hreyfa þá til hægri og þá neðri til vinstri.

Mótorinn snýst því réttisælist.

Span

Innan sterkstraums hefur span tvennskonar form er lýtur að framleiðslu á rafspennu: rafsegulspan (electromagnetic induction) og rafhreyfispan (electrodynamic induction).

Rafsegulspan

Vél sem fær vélrænan kraft frá t.d. díselmótör gufutúrbínu eða þvílíku og með því umbreytir vélrænu orkunni í raforku kallast rafali (generator).

Áður fyrr voru vélar sem framleiddu jafnspennu kallaðar dýnamóar og þær sem framleiddu riðspennu rafalar. Nú eru báðir flokkarnir kallaðir rafalar.

Meginregla við rafsegulspan

Ef leiðari, sem er í lokuðum vafning, er komið fyrir segulsviði þannig að hann sker kraftlínur sviðsins mun í leiðaranum spanast spenna. Þessa spennu má kalla

Segulmagn rafmagnsfræði 2

rafmótorkraft og stefna kraftsins er fundin með hjálp Lenz lögmáls.

Lögmál Lenz

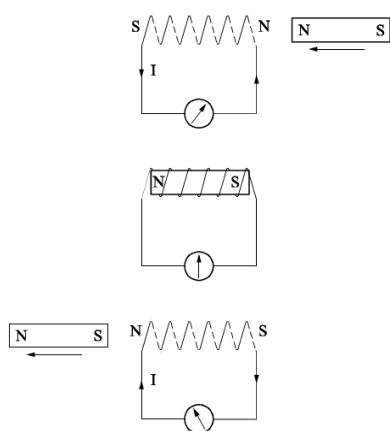
Stefna rafmótorkraftsins er í þá átt að straumurinn sem hann framkallar mun vinna á móti breytingunni á segulflæðinu sem varð til við komu leiðarans í það.

Faraday

Árið 1831 uppgötvaði frægi breski eðlisfræðingurinn Michael Faraday spanlögmálið. Faraday sýndi fram á það spanast spenna í spólu þegar hún er hreyfð í segulsviði.

Ef spólan er í lokaðri rás mun straumstefnan vera í þá átt sem vinnur á móti breytingunum í segulsviðinu.

Virkni



Sé síseglinum sem sýndur er á myndinni skotið inn í spóluna, mun spanast spenna og þar með straumur með stefnu sem hefur í för með sér að spólan leitast við að halda seglinum úti, þ.e. spólan býr til norðurpól til hægri og suðurpól til vinstri.

Þegar segullinn er komin í miðja spóluna, mun spanaða spennan verða núll og þar með er engin straumur.

Sé segullinn dreginn út úr spólunni til vinstri mun spanast spenna og þar með straumur með gagnstæða stefnu, þar sem til verður suðurpóll í hægri enda og norðurpóll í vinstri enda spólunnar, sem aftur reynir að koma í veg fyrir breytingar á segulsviðinu.

Þegar segullinn er komin alveg út úr spólunni, munu spenna og straumur verða núll.

Segulmagn rafmagnsfræði 2

Sem sagt það spanast aðeins spenna í spólunni svo lengi sem það er breyting á segulsviðinu.

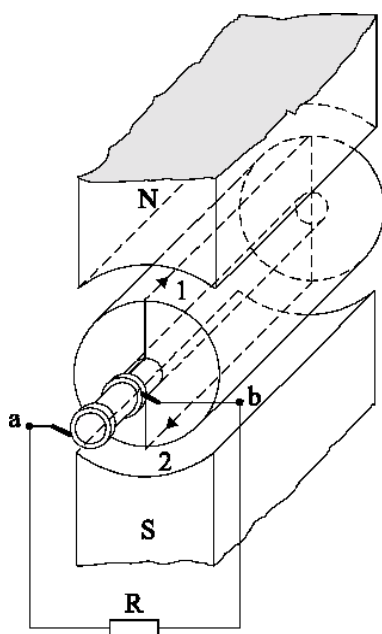
Stærð spönuðu spennunnar er háð:

styrk sísegulsins

hreyfihraða segulsins

fjölda vindinga í spólunni

Rafali, framleiðsla á rafmagni



Reglan um span er notuð í þeim vélum sem innan sterkstraumstækninnar er notaðar til framleiðslu rafmagns.

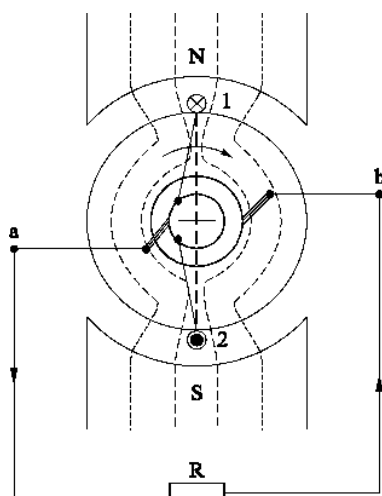
Á milli segulpólanna er komið fyrir sívalningslaga snúð úr járni, sem getur snúist í hringi. Snúðvafið í þessu tilfelli samanstendur aðeins af einu vafi þar sem hliðar 1 og 2 eru í loftrúmi milli segulpólanna og snúðsins.

Endar snúðvafsins eru tengdir tveimur sleituhringjum og spanaði straumurinn er tengdur í gegnum tvo bursta sem renna á sleituhringjunum og eru tengdir við snúðtengi a og b.

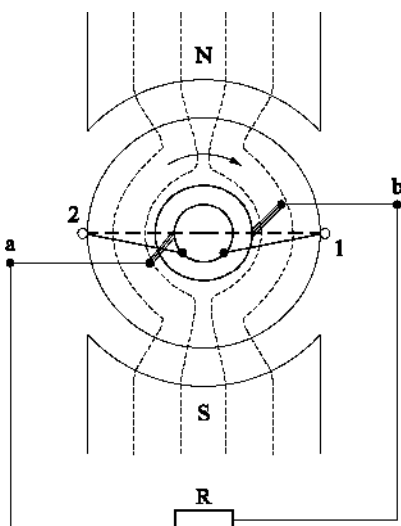
Í rafala er leiðarinn hreyfður með krafti inni segulsviði og þar með er spönuð spenna og straumur gegnum snúðvafið.

Þegar skoðaðar eru nokkrar stöður á snúðvafinu við þennan snúning, mun í vissri stöðu vera stærsti spennunumur milli klemmanna a og b, þar sem vöfin hreyfast hornrétt á kraftlínurnar sem er táknaðar með punktalínum.

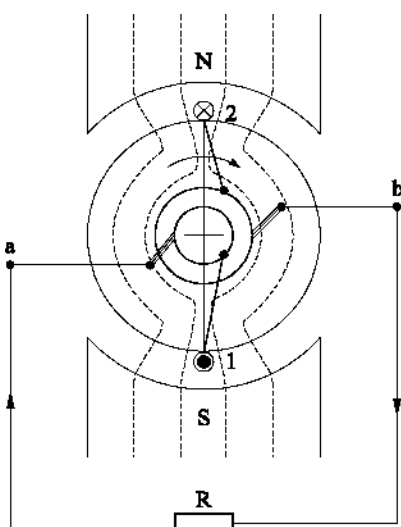
Segulmagn rafmagnsfræði 2



Þegar snúðurinn heldur áfram að snúast mun spanaða spennan minnka, af því á hverri tímaeiningu skerast færri kraftlínur og þegar snúðurinn hefur snúist fjórðung úr hring, mun spennan milli klemmanna verða núll vegna þess að snúðvöfin hreyfa sig samsíða kraftlínunum.



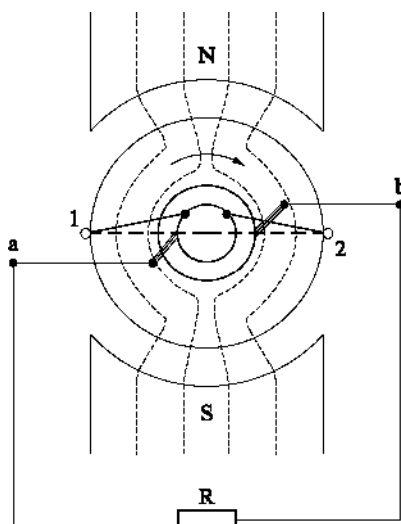
Eftir áframhaldandi snúning fjórðung úr hring mun spennan milli klemma a og b aftur hafa stærsta mögulega gildi, með gagnstæðum formerkjum.



Fjórðung úr hring seinna mun spenna milli a og b aftur vera núll.

Í síðasta hluta snúningsins vex spennan í það gildi sem hún hafði er snúningurinn hófst.

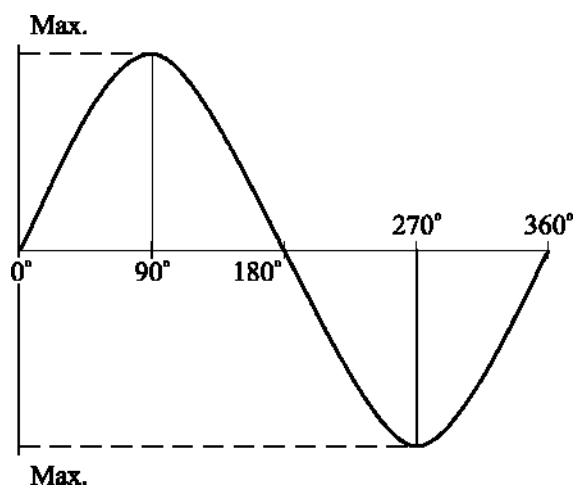
Segulmagn rafmagnsfræði 2



Milli klemmanna a og b mun þannig koma fram lotubundin breytileg spenna þegar snúðurinn snýst milli segulpólanna.

Tími einnar lotu (riðs) er jafn tíma einnar hringferðar. Spenna sem breytist með þessum hætti kallast riðspenna.

Með réttri mótun á segulpólunum er að hægt ná því að spennan breytist eftir sínuskúrfu.



Segulmagn rafmagnsfræði 2

Reglan um rafala



Spennustýring

Lögmál Lenz er notað til að ákveða straumstefnu í snúðvafinu. Hægri hönd er lögð þannig að segulkraftlínurnar eru með stefnu inn í lófann og þumalfingurinn bendir í hreyfistefnuna. Straumurinn er þá í stefnu fingurgómanna.

Stærð spönuðu spennunnar ákvarðast af:

- segulstyrk segulsins
- snúningshraða spólunnar
- vindingafjölda spólunnar

Hagnýt notkun

Uppbygging rafalanna í stóru orkuverunum er nokkuð frábrugðin því sem hér er lýst þar sem þar sitja spólurnar fastar og segulpólarnir snúast, en virknin er sú sama.

Segulsviðið í vélinni er jafnan gert með rafsegulmögnun.

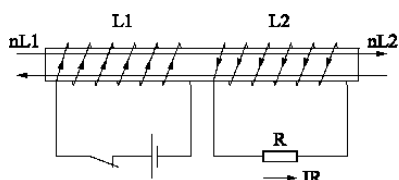
Rafhreyfispan (electrodynamic induction)

Verði breyting á segulsviði sem umlykur leiðara þá spanast spenna í honum. Breytilega segulsviðið sem hefur áhrif á leiðarann þarf ekki að koma frá hreyfanlegum sísegli, en getur þess í stað stafað frá rafsegli.

Í sumu tilfellum getur það þjónað verkinu betur að láta rafsegulinn vera kyrrstæðan, en breyta segulsviðinu með því að breyta straumstyrknum í pólum segulsins. Þá er talað um rafhreyfispan eða á ensku electrodynamic induction.

Segulmagn rafmagnsfræði 2

Sambandið við straumtengingu

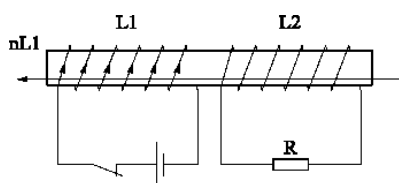


Sé rofanum á teikningunni lokað stígur straumurinn í spólu L1. Við það eykst segulsviðið, sem samkvæmt hægrihandarreglunni flæðir um allan járnkjarnann frá hægri til vinstri.

Spólan L2 verður einnig fyrir þessu stígandi sviði með stefnu eins og sýnd er.

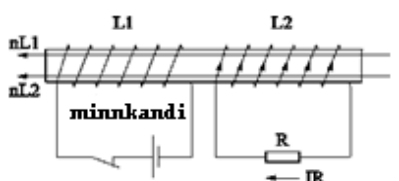
Það spanast spenna og þar sem rásin er lokað mun renna straumur, sem býr til svið, með gagnstæða stefnu á við sviðið frá L1.

Stöðugur straumur



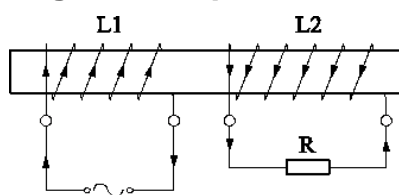
Þegar straumurinn í gegnum L1 og þar með sviðið hefur náð fastri stærð, hætta spanáhrifin. Straumurinn í L2 og sviðið frá L2 hverfa.

Straumrof



Ef straumurinn er rofinn mun sviðið frá L1 fara minnkandi. Spólan L2 mun bregðast við þessu með því að framleiða svið sem reynir að viðhalda minnkandi sviði frá L1 þar sem spanaða spennan og meðfylgjandi straumur skipta um stefnu.

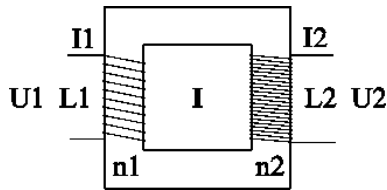
Reglan um spennu



Ef riðstraumur er sendur gegnum spólu L1, þ.e. breytilegur straumur, mun segulsviðið breytast og þess vegna mun verða til riðspenna og –straumur í spólu L2. Besta virknin næst þegar segulviðnámið í kjarnanum er minnst mögulegt.

Í reglunni myndar járnkjarninn lokaðan hring. Tækið er kallað spennir og L1 er kallað forvaf en L2 er eftirvaf.

Segulmagn rafmagnsfræði 2

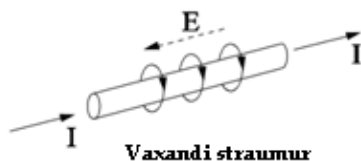


Í hverju vafi eftirvafsins mun spanast ákveðin riðspenna og þar sem vindingarnir eru raðtengdir er hægt að ná fram t.d. 100 sinnum stærri spennu með því að útfæra L2 með 100 vindingum í stað eins í L1. Ef eftirvafið L2 er gert með 100 sinnum fleiri vindingum en forvafið mun spennan á eftirvafinu verða 100 sinnum stærri heldur en spennan á forvafinu.

Formúlutáknið n gefur til kynna breytihlutfall spennis.

$$u = \frac{U1}{U2} = \frac{n1}{n2}$$

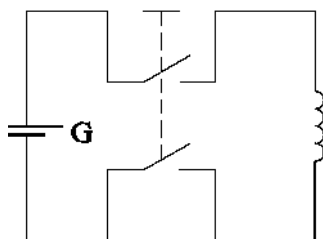
Sjálfspan



Sérhver breyting á segulsviðinu umhverfis leiðara mun spana spennu í leiðaranum. Breytingin í segulsviðinu getur verið vegna þess að straumur í leiðaranum er breytilegur. Ef straumur er sendur eftir leiðara, mun umhverfis leiðarann verða til sammiðja segulsvið eins og sýnt er á myndinni. Á þeirri stundu sem þetta svið verður til mun spanast spennu í leiðaranum sem mun reyna að vinna á móti myndun sviðsins. Þetta fyrirbæri kallast sjálfspan. Niðurstaða verður sú að þegar spennu er sett yfir leiðara, mun straumurinn ekki vaxa með augnablikshraða að sínu endanlega gildi, heldur mun líða ákveðinn tími.

Áhrif spennu kemur strax fram á leiðaranum, eða með hraða ljóssins 300.000 km/s. Straumurinn í leiðaranum er eins og áður hefur komið fram hreyfing á neikvæðum rafeindum, þessi hreyfing á sér stað með hraða sem er fáir sentimetrar á sekúndu.

Segulmagn rafmagnsfræði 2



Í stuttum og beinum leiðara er spanaða mótspennan lítil og reglan hefur því enga þýðingu. En í spólu með mörgum vindingum og stórum stálkjarna getur sjálfspanið vegið þungt.

Á myndinni er sýnd uppstilling af spólu sem tengd er við jafnspennugjafa og rofa.

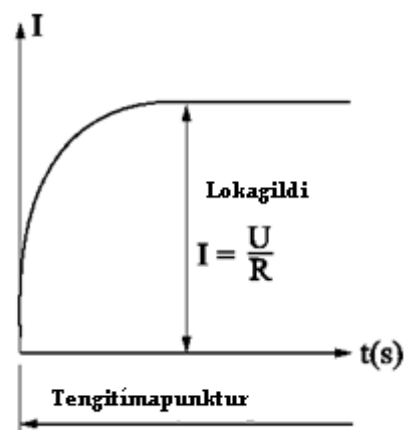
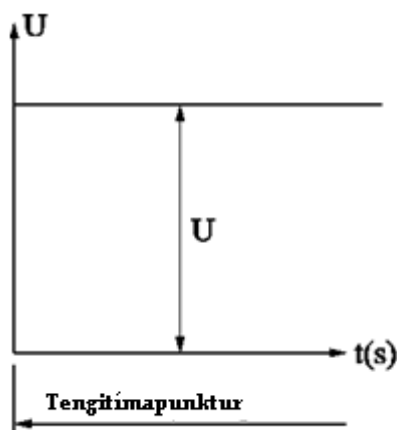
Ef rofanum er lokað, mun öll jafnspennan ná strax yfir spóluna og reyna að keyra straum í gegnum hana frá plús til mínus.

Eins og sýnt var með spanslögmálinu mun spanast spenna sem reynir að senda straum í gagnstæða stefnu við upphaflega strauminn.

Þess vegna líður ákveðinn tími áður en straumurinn nær sínu hámarks gildi, hann ræðst af af raunviðnáminu í tengileiðslum og spólunni.

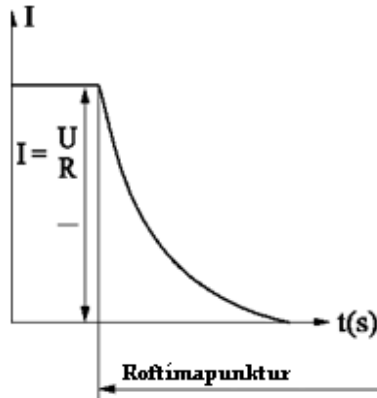
Straumur og spenna munu hegða sér eins og sýnt er.

Í vissum tilfellum geta liðið nokkrar sekúndur áður en straumurinn nær sínu hámarks gildi.



Segulmagn rafmagnsfræði 2

Rof



Sjálfspanspenna

Ef straumurinn er rofinn spanast aftur spenna og straumur sem reyna að viðhalda segulsviðinu, þ.e. straumurinn fellur ekki á augnabliki í núll. Spanaða spennan og straumurinn munu þess vegna vaxa og í stefna sömu átt og minnkandi straumurinn þar sem sérhver spönuð spenna og straumur vinna gegn orsökum sínum.

Stærð spönuðu spennunnar ræðst af:

Vafningafjölda spólunnar

Stærð stálkjarnans, eðli og mótun

Styrk segulsviðsins

Breytingu á straumnum á hverri tímaeiningu

Spanaða spennan hefur formúlutáknið UL .

$$UL = I \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$$

Þar sem I er straumurinn í gegnum spóluna,

$$2 \cdot \pi \cdot f$$

er straumbreyting á tímaeiningu.

Sjálfspansstuðullinn

L er sjálfspanstuðull spólunnar sem táknaður er með Henry eða stytt í H.

Sjálfspanstuðullinn hefur áhrif á getu spólunnar til að spana spenna.

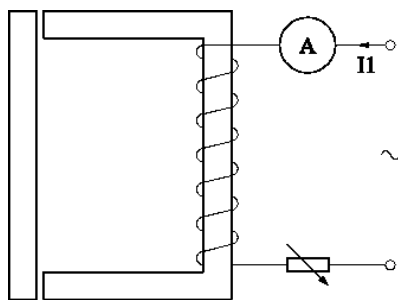
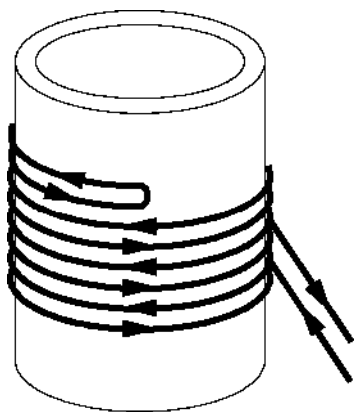
Skilgreining

Ef straumurinn stígur eða fellur jafnt með hraðanum 1 A á sekúndu og þar með spanast spenna sem er 1 V, er spólan með sjálfspan sem nemur 1 H.

$$U = L \cdot I/t$$

Segulmagn rafmagnsfræði 2

Vindingar undnir á móti hvor öðrum



Tregðulínurit

Í mörgum tilfellum er æskilegt að ná fram spanlausu viðnámi. Þessu er hægt að ná með því að vinda mótstöðupræðina á móti hvor öðrum, þ.e. þráðurinn er lagður tvöfaldur áður en hann er undinn.

Þar sem þræðirnir liggja þétt verður segulsviðið frá einum þræði jafnað út frá öðrum, þar sem þræðirnir tveir eru með gagnstæða straumstefnu.

Þó svo að með þessari aðferð sé hægt að vinda mótstöður með mjög litlu sjálfspani, hefur það í för með sér tiltölulega mikla rýmd milli þessara þétt liggjandi þræða sem veldur öðrum óæskilegum fyrirbærum.

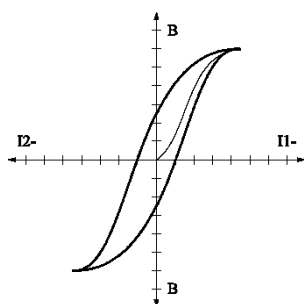
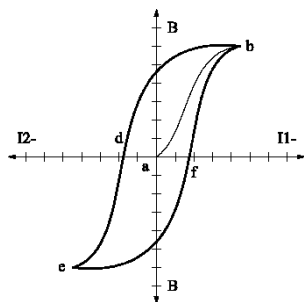
Í sérstakari tilfellum, t.d. við framleiðslu á viðnámi fyrir riðspennu við háar tíðnir eða fyrir mikla nákvæmni, eru notaðar sérstakar aðferðir við að vinda. Ef stálkjarni er segulmagnaður með riðstraum, verður til breytilegt svið.

Breytilega sviðið mun hafa ákveðið tap, þar sem segulsvið stálsins mun umpólast í takt við straum og spennu þegar tíðnin er 50 Hz.

Sé straumnum stýrt með stillimótstöðu frá núll og upp úr, mun segulkrafturinn stíga eftir línunni a-b að punktinum b; þegar straumurinn eftir það minnkar mun segulspanið minnka en nú eftir línunni b-f. Það mun ennþá vera nokkur segull í kjarnanum eftir að straumurinn er orðinn núll. Þessi segull er kallaður segulleifar (remanens).

Til þess að fjarlægja þennan segul þ.e. afsegla alveg þarf að segulmagna með vissum straum með gagnstæðri stefnu. Þetta gerist þegar riðstraumurinn skiptir um stefnu og segulmögnunarkrafturinn fylgir línunni d-e. Þegar straumurinn snýr aftur fylgir segullinn línunni e-f.

Segulmagn rafmagnsfræði 2



Línuritið sem verður til kallast tregðulínurit

Heildarorkan sem þarf til að ná fram fullkominni umpólun í stálinu er hægt að reikna út frá flatarmálinu innan línuritsins.

Orkutapið kallast tregðutap og umbreytist í varma í stálinu. Þetta er í nokkrum tilfellum hægt að minnka með því bræða kísil saman við stálið. Einnig er hægt að minnka það með því að meðhöndla stálið með kaldri völsun í ákveðna stefnu.

Þá verður auðveldara að segulmagna stálið í þá stefnu. Tapið er háð hámarki segulmagnaða kraftsins í segulleifum stálsins.

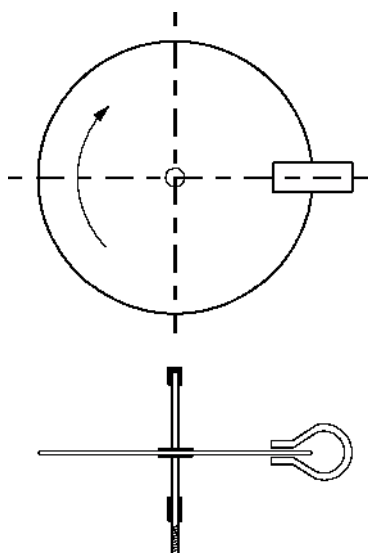
Því minni sem segulleifarnar eru, því minna er flatarmálið innan línuritsins og því minna er tapið.

Segulmagn rafmagnsfræði 2

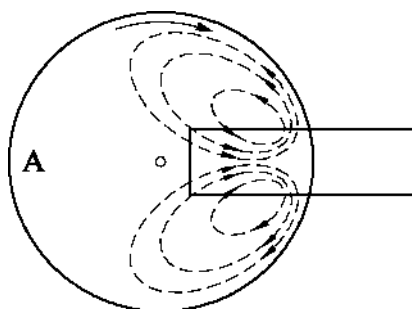
Hvirfilstraumar

Breytist segulmagnið í spólu með segulkjarna spanast spenna í spóluvafningunum, en stálkjarninn virkar sem stórt vaf sem leiðir rafmagn, í honum mun myndast spenna og straumur. Þessir straumar eru kallaðir hvirfilstraumar og umbreyta þeir raforku í varma og hafa því för með sér ákveðið orkutap, hvirfilstraumatap.

Hvirfilstraumabremsa



Hvirfilsstraumarnir eru næstum alltaf óæskilegir. Í einstaka tilfellum getur þó bremsan sem hvirfilstraumarnir valda orðið að notum. Myndin lýsir aðferðinni við hvirfilsstraumabremsu eins og hún er notuð í mælum og öðrum gerðum tækja. Þegar málmskífan hreyfist mun spanast spenna og straumur í segulspólum bremsunar, sem hleypur í sömu átt og spennan og tilbaka í gegnum skífuna utan svæðis segulpólanna. Með þessu verður til dempun á hreyfingu skífunnar og hún er í hlutfalli við hraða skífunnar.



Segulmagn rafmagnsfræði 2

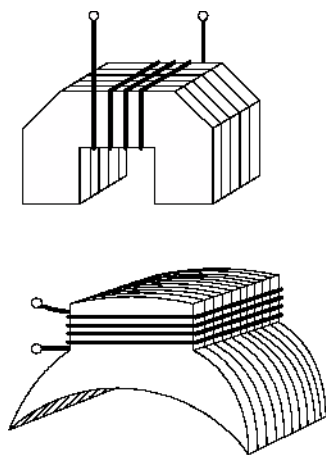
Hvirfilsstraumatap

Hvirfilsstraumar hafa í för með sér varmaútgeislun og þar með orkutap í járninu,

$$Phv = Ihv^2 \cdot Rj$$

Þar sem I_{hv} er hvirfilstraumurinn og R_j er mótstaðan í þeim hluta járnins sem hvirfilsstraumurinn fylgir.

Kjarni úr þynnum



Í hverjum stálkjarna, rafalakjarna snúðkjarna mótors eða kjarna spennis verður því „járntap“ af tvennum toga, tap í segulheldni (hysteresetab) og hvirfilsstraumtap.

Til þess að halda hvirfilstraumatapinu í lágmarki er valinn stáltegund með sem mestu rafviðnámi, en með sem minnstu segulviðnámi og fyrst og fremst er notað kjarni byggður úr þynnum þ.e. kjarni byggður úr þunnum stálplötum sem eru raffræðilega einangraðar frá hver annarri með hjálp pappírs, lakks eða súrefnislags sem verðu til er plöturnar eru stroknar með sýru.

Einangrunarlagið í kjarna samsettum úr þynnum má að sjálfsögðu ekki liggja þvert á kraftlínurnar en skal þess í stað liggja þvert á stefnu leiðaranna.

Hugtök og formúlur

Með amper-vindingum AV ber að skilja

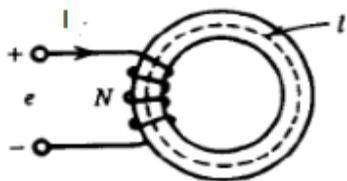
$$I \cdot N = AV$$

AV = straumurinn í Amper * fjöldi vindinga.

Þetta er margfeldi sem einnig er kallað drifkrafturinn eða segulspenna hefur eininguna [A]. Þessi segulspenna myndar sviðstyrk H sem fundinn er samkvæmt eftirfarandi sambandi.

Segulmagn rafmagnsfræði 2

$$H = (I \cdot N)/l$$



Sviðstyrkurinn hefur eininguna [A/m] og l er meðalvegalegd fyrir kraftlínurnar í gegnum kjarnann. Í hringkjarnanum í myndinni hér til hliðar er $l = \pi \cdot \rho$, þar sem ρ er meðalþvermál kjarnans.

Span B sem öðru nafni er kallað flæðiþéttni er myndað af segulstyrknum og er háð segulleiðni kjarnans μ .

$$B = \mu \cdot H$$

Span hefur eininguna Tesla [T]. Segulleiðni kjarnans hefur formúlutáknið μ og eininguna [T m/A].

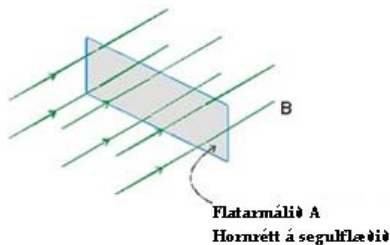
Segulleiðni í lofti er $\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$ [T m/A]. Segulleiðni flestra efna er mjög nálægt segulleiðni í lofti og segir segulleiðni þeirra μ_r til um hversu miklu meiri segulleiðni efnisins er samanborið við loft.

$$\mu = \mu_0 \cdot \mu_r$$

Segulflæðið er táknað með Φ og er fengið með því að margfalda saman segulspan og flatarmál kjarna.

$$\Phi = B \cdot A$$

Segulmagn rafmagnsfræði 2



Segulflæðið hefur eininguna [Wb].

Segulviðnám R_m er fundið sem:

$$R_m = l / (A \mu_0 \mu_r)$$

A í formúlunni er flatarmál kjarnans og l er meðalengd segulflæðis í gegnum kjarnann, einingin fyrir R_m er [A/Wb].

Samsvarandi er hægt að skrifa segulleiðni kjarnans Λ sem er $1/R_m$:

$$\Lambda = (A \mu_0 \mu_r) / l$$

Segulleiðni kjarnans hefur eininguna [H].