

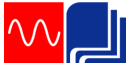


Rafbók



Rafmagnsfræði

Kafli 21 Varnarbúnaður



Rafmagnsfræði Kafli 21 Varnarbúnaður

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 Kafli 21 Varnarbúnaður

Efnisyfirlit

21. VARNARBÚNAÐUR.....	3
21.1 Bræðivör.....	3
Inngangur	3
Bygging bræðivars	5
Umbúnaður bræðivara.....	6
Rofgeta	8
Gripvör (HRC)	9
Sjálfvör (miniature circuit-breakers).....	9
Nýrri gerðir sjálfvara.....	12
21.2 Lekastraumsrofi	13
Bygging lekastraumsrofa.	13
21.3 Aflrofar.....	18
Reglur	18
Bygging aflrofa.	19
21.4 Rafalavarnir.....	25
Varnarbúnaður.....	25
Spurningar úr 21. kafla	32

21. VARNARBÚNAÐUR

21.1 Bræðivör

Inngangur

Bræðivör eru notuð til þess að verja leiðara, vélar og annan búnað fyrir yfirstraum.

Grundvallarreglan er sú að á hentugum stað í straumrás er straumurinn leiddur í gegnum grannan málmþráð, sem er gerður til þess að þola ákveðið straumgildi. Ef straumurinn fer yfir það gildi hitnar þráðurinn það mikið að hann bráðnar og rýfur þá um leið strauminn.

Til þess að sem minnst málmgufa myndist við bráðnunina er best að hafa þráðinn úr silfri, sem er besti rafleiðarinn og því hægt að hafa þráðinn grennri en ella. Því meiri yfirstraumur sem fer um þráðinn því fyrr bráðnar hann.

Ef straumur fer lítið eitt yfir málstraumsgildi getur það tekið langan tíma að þráðurinn bráðni, t.d. yfir eina klukkustund. Sé straumurinn hinsvegar nálægt tvöföldu málstraumsgildi tekur það aðeins nokkrar sekúndur.

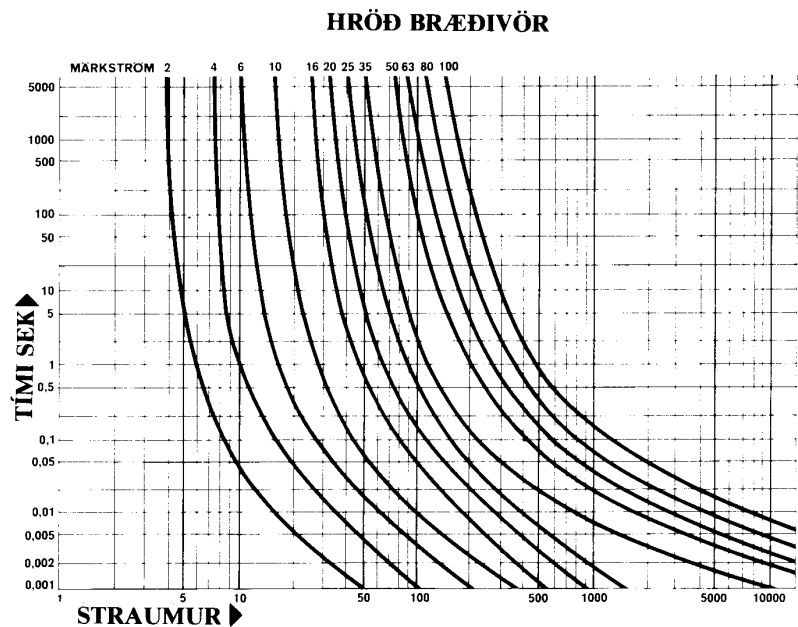
Þegar skammhlaup verður í straumrás leitast straumurinn við að ná margföldu málstraumsgildi og þá bráðnar þráðurinn nærri samstundis, eða á örlitlu broti úr sekúndu.

Útleysitíma bræðivara við mismunandi straumgildi má lesa út úr kennilínum, þar sem straumur er settur í láhnit, en tími í lóðhnit.

Rafmagnsfræði Kafli 21 Varnarbúnaður

Bræðivör eru framleidd bæði fljótverk og treg (sjá kennilínur). Fljótverk vör eru notuð þar sem álagið er t.d. ljósa eða hitunartæki og ekki er gert ráð fyrir mjög háum ræsistraumi. Treg bræðivör hafa svipaða eiginleika og þau fljótverku, en þola hinsvegar talsvert mikinn yfirstraum í skamman tíma. Þeir eiginleikar koma sér vel við ræingu mótorá og spenna t.d. Treg bræðivör eru auðkennd með mynd af snigli.

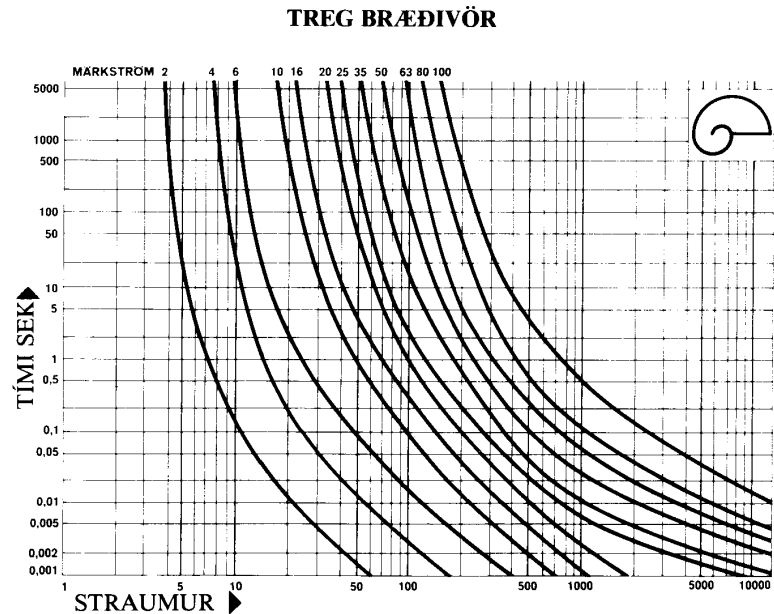
Sjá kennilínur „diazé“ fljótra bræðivara á mynd 21.1.



Mynd 21.1

Rafmagnsfræði Kafli 21 Varnarbúnaður

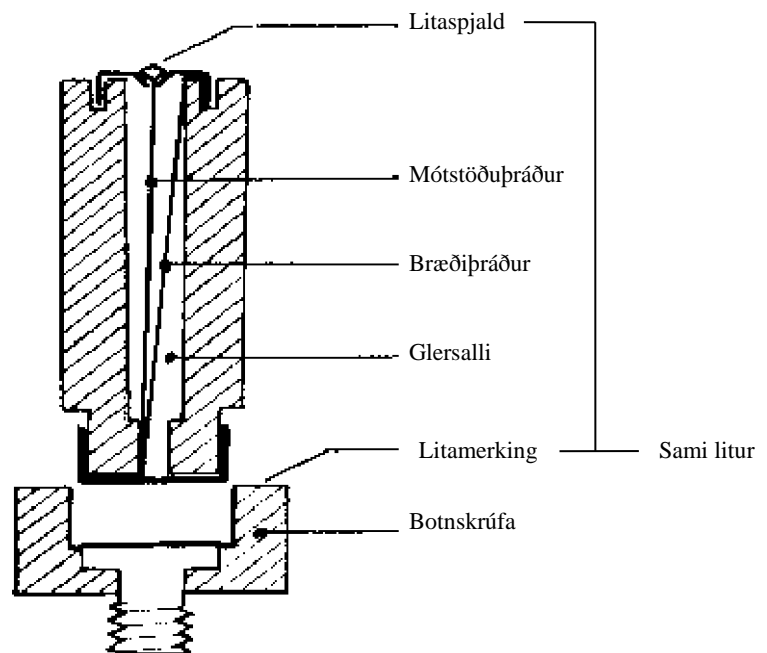
Mynd 21.2 sýnir kúrfur (diazed) tregra bræðivara.



Mynd 21.2

Bygging bræðivars

Vartappar nefnast sívölu bræðivörin sem algengust eru í lágspennukerfum. Þau eru framleidd fyrir 500 V spennu og málstraumsgildi upp að 200 A.



Mynd 21.3

Rafmagnsfræði Kafli 21 Varnarbúnaður

Þetta eru postulínshólkar fylltir með glersalla. Þræðirnir liggja í gegnum glersallann á milli málmplatna sem loka endum hólksins, ef þeir eru fleiri en einn hefur einn þeirra meira viðnám og mun því bráðna síðastur. Hann er festur við lítið kringlótt litaspjald í gegnum gat á endaplötunni. Á milli litaspjaldsins og endaplötunnar utanverðrar er komið fyrir litlum gormi og þegar þráðurinn bráðnar þeytir gormurinn litaspjaldinu aftur af varinu. Þetta auðveldar leit að brunnu vari. Litur þessara spjalda gefur til kynna málstraumsgildi varsins samkvæmt stöðluðum kvóta.

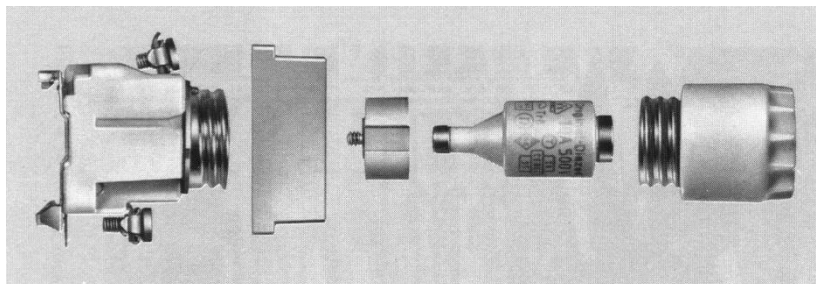
Hlutverk glersallans í varinu er að koma í veg fyrir að málmgufan setjist á innra byrði postulínshólksins og geti þannig valdið áframhaldandi leiðni gegnum varið.

Umbúnaður bræðivara

Vartappanum er komið fyrir í svokölluðum varhaus, sem er postulínseinangruð skrúfhetta, sem skrúfast í varhús. Sjá mynd 21.4. Varhús fyrir þessa gerð bræðivara eru framleidd fjórum stærðum, sú minnsta fyrir vör frá 2 til 25 A. Önnur tengiskrúfa varhússins er í leiðnu sambandi við botn varhússins, en hin tengist skrúfhringnum sem varhausinn skrúfast í. Álagið tengist alltaf þeirri sem tengd er varhausnum, en sú sem tengist botni varhússins er hinsvegar alltaf tengd safnteinum viðkomandi töflu.

Rafmagnsfræði Kafli 21 Varnarbúnaður

Diased-bræðivar

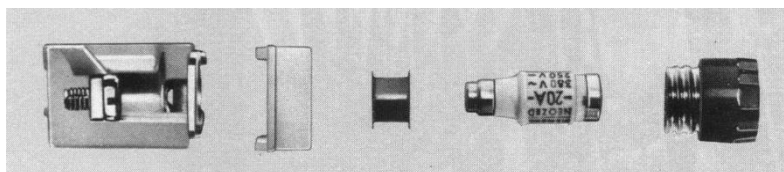


varhús hlíf botnskrúfa bræðivar varhaus

Mynd 21.4

Í botn varhússins skrúfast svokölluð botnskrúfa sem er straumleiðir inn á bræðivarið. Skrúfan er steipt í postulínshring sem er hafður mismunandi þröngur, til þess að takmarka stærð bræðivarsins sem hægt er að skrúfa í viðkomandi hús, en gildleiki endaplötu varsins fer eftir málstraumsgildi hans. Það þarf því að gæta þess að botnskrúfur séu af réttri stærð fyrir viðkomandi grein. Botnskrúfur eru litamerktar eftir sama litakvóta og bræðivör.

Neozed-bræðivar

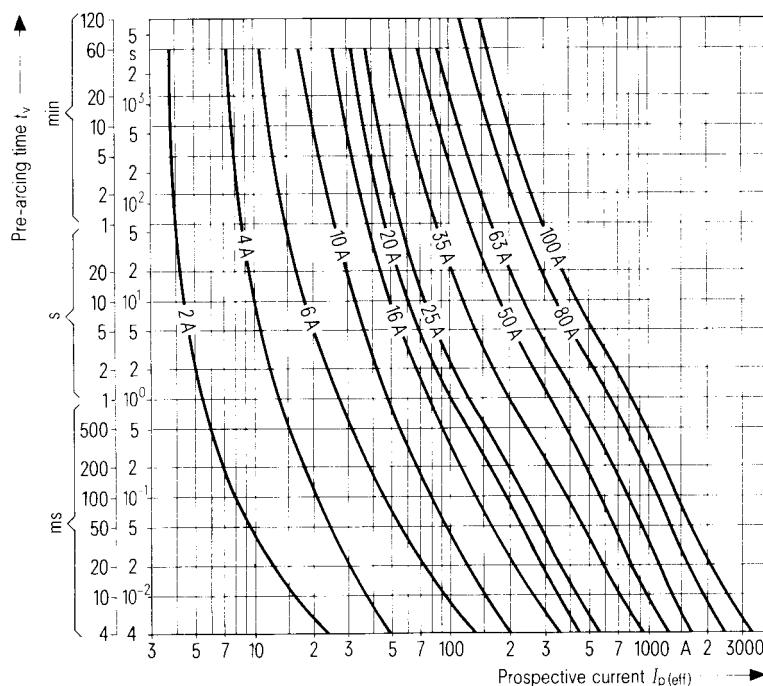


varhús hlíf þrenging bræðivar varhaus

Mynd 21.5

“Neozed”-bræðivör eru framleidd fyrir 2-100 A málstraum og 400 V spennu. Þau eru mun fyrirferðarminni en diazed vör.

Rafmagnsfræði Kafli 21 Varnarbúnaður



Mynd 21.6

Rofgeta

Rofgeta segir til um mesta straum sem var getur rofið. Við skammhlaup í rafkerfum getur straumur orðið gífurlega mikill, jafnvel svo mikill að bræðivar nái ekki að rjúfa hann. Með tilliti til þessa er framleiðendum bræðivara skylt að gefa upp rofgetu í kílóamperum miðað við ákveðið spennugildi rið- og jafnspennu. Bræðivör með málstraum 2 til 20 A. hafa t.d. ótakmarkaða rofgetu (sjá töflu).

Rofgeta diazed bræðivara með 500VAC málspennu.

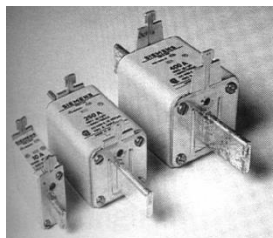
Málstraumur	230VAC	230VDC	400VAC	460VAC	500VAC	550VDC
Amp	kA	kA	kA	kA	kA	kA
2 til 20	Ótakmörkuð					
25 til 63	Ótakmörkuð		70	100	70	70
80 til 100	70	100	70	100	70	70
125 til 200	50	100	50	100	40	40

Rafmagnsfræði Kafli 21 Varnarbúnaður

Gripvör (HRC)

Gripvör nefnast algeng tegund bræðivara fyrir lágspennukerfi allt að 660 V riðspennu og 6 til 1000 ampera málstraum. Þeim er ýmist komið fyrir í föstum varhöldum eða varskilrofum. Kennilína þeirra er treg og þau eru notuð í kerfum þar sem skammtíma yfirlestun er algeng, t.d. við ræsingu stórra mótorra. Eins og fyrr getur eru gripvör framleidd með málstraum allt að 1 kA og taka því við af fyrrnefndum bræðivörum sem hafa upp að 200 A málstraum.

Algenzt er að nota gripvör fyrir stofn- og kvíslgreinar. Sérstakt áhald er notað til þess að koma gripvari fyrir í varhöldu eða fjarlægja það. Áhald þetta er úr einangrandi efni. Varskilrofar sameina þetta tvennt þ.e. þau eru varhalda og um leið áhald til þess að tengja eða aftengja vörin.

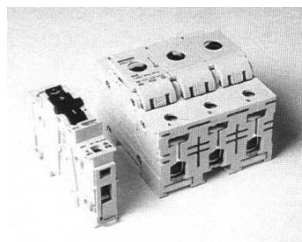


Mynd 21.7

Sjálfvör (miniature circuit-breakers)

Þessi sjálfvör eru sérstaklega hönnuð til notkunar í dreifitöflum. Þau eru sérstaklega fyrirferðarlítill, aðeins 17 mm á breidd og raðað saman á sérstakar brautir. Þau eru framleidd bæði fyrir jafnstraum og riðstraum allt að málstraumsgildi 50 A. Sjálfvör hafa þann augljósa kost fram yfir bræðivör að hægt er að endurskipa þau ef þau slá út. Sjálfvörin eru byggð upp af þremur þáttum, yfirstraumsvörn, skammhlaupsvörn og aflrofa.

Rafmagnsfræði Kafli 21 Varnarbúnaður



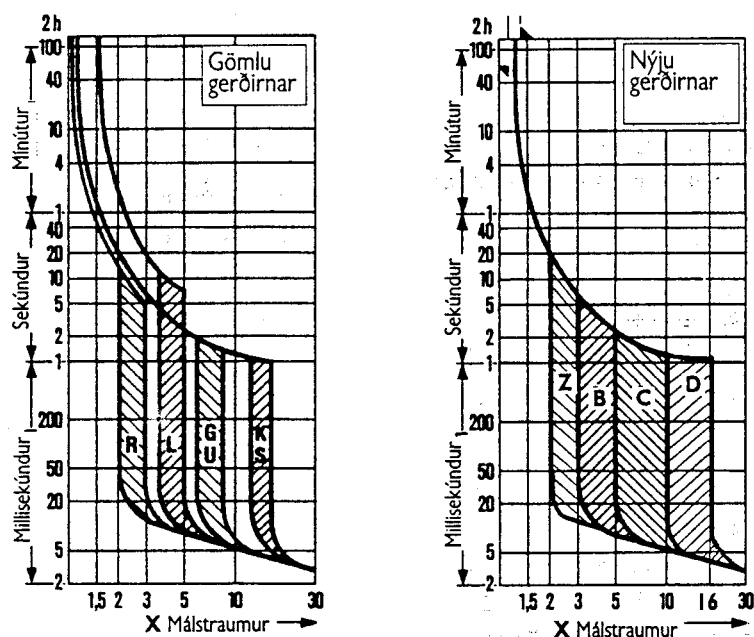
Mynd 21.8

Yfirstraumsvörnin er svokölluð tvímálmsvörn sem er þannig byggð að straumurinn er leiddur eftir tvímálmsfjöður, sem sveigist til þegar hún hitnar af völdum straumsins. Þegar um yfirstraum er að ræða sveigist fjöðrin það mikið að hún slær út aflrofa varsins.

Skammhlaupsvörnin er lítil segulspóla í straumrásinni, sem myndar sterkt segulsvið ef mikil straumaukning verður í rásinni. Þetta segulsvið vinnur á lítinn arm sem leysir út gormkraft sem setur aflrofann út á sekúndubroti.

Rofgeta þessara sjálfvara er allt að 10 kA miðað við 240 V spennu. Meðalending þeirra er 20 þúsund rof miðað við að rofinn sé málstraumur. Fram til ársins 1990 voru fjórar gerðir framleiddar af þessum sjálfvörum og hafa þær mismunandi útleysikennilínur. Þessar gerðir eru auðkenndar með bókstöfunum R, L, G og K, sjá útleysikúrfur á mynd 21.9.

Rafmagnsfræði Kafli 21 Varnarbúnaður



Mynd 21.9

R-gerðin getur kallast mjög fljótt var og er ætluð til vernda straumrásir sem innihalda hálfleiðara.

L-gerðin er treg við yfirálag en fljótt við skammhlaupsstrauma. Ætlað til verndar leiðurum og köplum þar sem álag er af blandaðri gerð.

G-gerðin er notuð til að vernda rásir sem innihalda mótora eða spenna, sem taka mikinn ræsistraum en geta verið viðkvæmir fyrir langvarandi yfirstraum.

K-gerð er ætlað til notkunar þar sem von er á mjög háum ræsistraum eins og t.d. við spenna.

Rafmagnsfræði Kafli 21 Varnarbúnaður

Nýrri gerðir sjálfvara

Árið 1990 tóku gildi nýjar reglur um eiginleika sjálfvara. Helstu breytingarnar voru þær að útleysing við yfirálag er alltaf það sama (sjá kúrfu) og útleysisviðin fyrir skammhlaup liggja saman. Notaðir eru aðrir bókstafir til aðgreiningar á gerðum með mismunandi virkni skammhlaupsútleysingar. Valið milli mismunandi gerða sjálfvara markast þess vegna fyrst og fremst af því hvers eðlis álagið er og hve háum ræsistraumum megi búast við í viðkomandi rás.

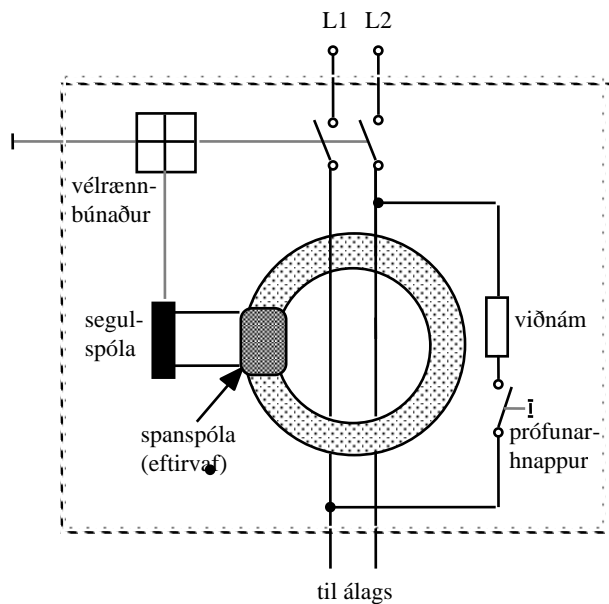
Z-gerðin leysir út við aðeins 2-faldan málstraum og er ætlað til verndar straumrásum sem innihalda hálfleiðara eða eru með háu spanviðnámi. Rofarnir fást í stærðum frá 0,3 A til 63 A.

B-gerðin leysir út við 3-faldan málstraum og af hólmi gömlu L-gerðina. Það er ætlað til verndar leiðurum og köplum. Rofarnir fást í stærðum frá 6 A til 63 A.

C-gerðin rýfur ekki fyrr en við 5-faldan málstraum og leysir af hólmi gömlu G-gerðina. Varið er ætlað til verndar lögnum og tækjum ýmiskonar. Rofarnir fást í stærðum frá 0,3 A til 63 A.

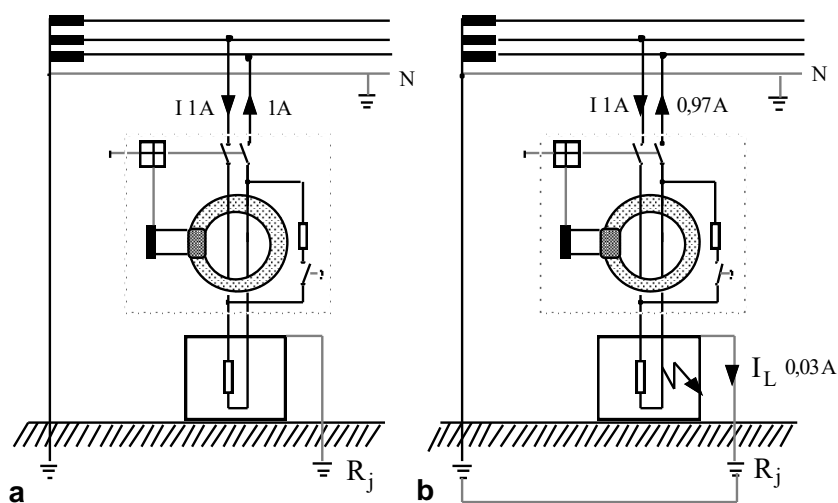
D-gerðin leyfir allt að 10-faldan málstraum varsins og er því ætlað til verndar tækjum með mjög háa ræsistrauma eins og t.d. móturum og spennum. Rofarnir fást í stærðum frá 0,3 A til 63 A.

Rafmagnsfræði Kafli 21 Varnarbúnaður



Mynd 21.11

Sé rásin eins og á mynd 21.12a verður straumurinn í öðrum leiðaranum gegnum kjarnann jafn stór á hverjum tíma og straumurinn í hinum leiðaranum, þ.e. segulsviðin sem myndast umhverfis leiðarana verða jafn stór og vinna hvort annað upp. Engin spenna spanast því í eftirvaf straumspennisins.



Mynd 21.12

Rafmagnsfræði Kafli 21 Varnarbúnaður

Ef einangrunarbilun á sér stað eins og sýnt er á mynd 21.12b kemur ekki allur straumurinn til baka í gegnum straumbreytinn, heldur fara 30 mA út í ytrabyrði tækisins, þaðan eftir jarðskautsleiðara að stjörnupunkti spennugjafans. Það er því orðinn 30 mA munur á straumi í leiðurunum um straumspenninn sem orsakar spanspennu í eftirvafi hans og rofinn leysir út á 0,03 sek. (30m.sek.).

Hér hefur verið tekið dæmi um einfasa lekarofa, en það sama gildir um þriggja fasa liða, með eða án núlltaugar. Einnig er tekinn fyrir rofi sem vinnur á 30 mA lekastraum, en algengir rofar sem notaðir eru t.d fyrir stofna í fjölbýlishúsum eða í hafnarveitum (landrafmagn), vinna á 500 mA lekastraum.

Útleysisstraumur lekaliðans afmarkar leyft hámarksviðnám til jarðar R_j , fyrir lekastraumslíða sem vinnur á 30 mA verður viðnámið:

$$R_j = \frac{U_s}{I_L} = \frac{50}{0,03} = 1667 \, \Omega$$

Viðnámið R_j er miðað við að rofinn vinni sem snertivörn fyrir manneskju og er gert ráð fyrir hæstu leyfðri snertispennu yfir mann U_s , eða 50 volt. Fyrir húsdýr er U_s lægri, eða 24 volt og R_j verður þá:

$$R_j = \frac{U_s}{I_L} = \frac{24}{0,03} = 800 \, \Omega$$

Þessum viðnámsgildum má ná með einföldum hætti í flestum tilvikum t.d. með því að reka niður koparhúðaðan stáltein.

Rafmagnsfræði Kafli 21 Varnarbúnaður

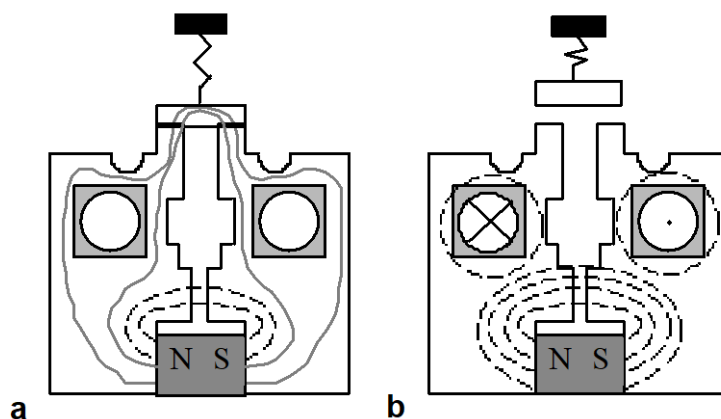
Hér á landi getur þó stundum verið erfitt að fá góða jarðleiðni (lágt jarðviðnám), sérstaklega þar sem hraun er undir.

Áhrif straums á mannslíkamann fara eftir styrkleika straumsins og varanleika. Talið er að allt að 80 mA straumur sé óskaðlegur mönnum ef útleysitími er á sama bili og í lekastraumsliða, eða 10-30 m.sek..

Lekastraumsrofar geta komið í veg fyrir að menn fái lífshættulegt straumstuð milli rafkerfis og jarðskauts.

"Hjarta" lekastraumsrofans er segullokan sem heldur honum "inni", eða með öðrum orðum heldur honum í tengdri stöðu sjá myndir 21.13a og 21.13b.

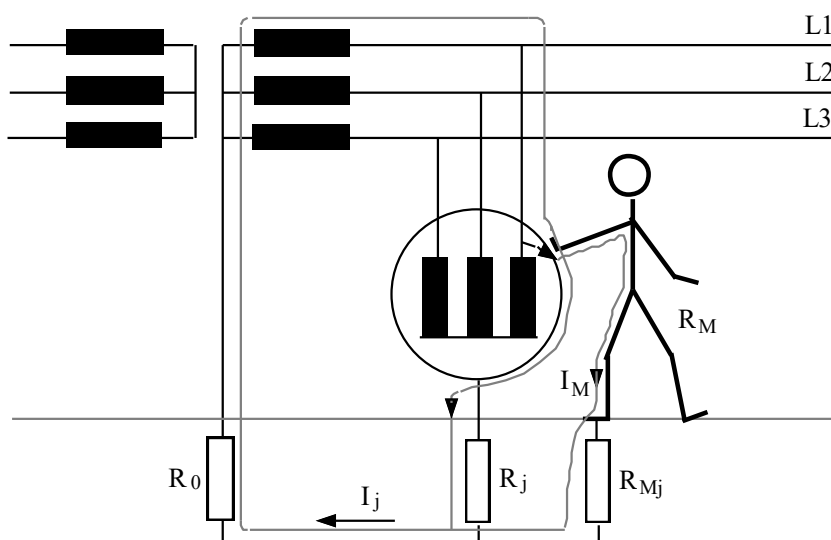
Segulkraftlínur frá sísegli fara um skreppu sem er úr deigu járni og halda henni þannig fastri. Spóla er staðsett við skreppuna og er hún tengd spanspólunni sem er á kjarna liðans. Ef lekastraumur verður í viðkomandi kerfi fer því spanstraumur um spóluna, sem þá myndar segulkraftlínur sem vinna gegn segulkraftlínunum sísegulsins og skreppan afsegglast. Gormkraftur sem togar í skreppuna verður yfirsterkari og rofinn leysir út.



Mynd 21.13

Rafmagnsfræði Kafli 21 Varnarbúnaður

Á mynd 21.14 er sýnt tæki sem leiðir út, þ.e. maðurinn verður spennuhafandi þegar hann snertir ytra byrði tækisins.



Mynd 21.14

Ef um fullkomið jarðsamband væri að ræða er viðnámið R_j nálægt 0Ω og engin spenna verður yfir manninn. Ef viðnám jarðskautsins er hinsvegar umtalsvert, má glöggst sjá að maðurinn myndar nýja straumrás til jarðskautsins, um viðnám mannsins R_m og að viðbættu R_{mj} . hann m.ö.o. hliðtengist við jarðviðnámið R_j . Lekastraumsrofi á að vernda manninn í tilfellum sem þessum.

Rafmagnsfræði Kafli 21 Varnarbúnaður

21.3 Aflrofar

Reglur

Rafalar eru tengdir safnteinum með aflrofa sem á að geta rofið þann hámarksskammhlaupsstraum sem komið getur fyrir í viðkomandi kerfi. Flokkunarfélögin setja almennar reglur um lágmarksrofgetu rafalarofa í skipum.

Fyrir jafnstraumskerfi gildir;

tíu sinnum fullan álagsstraum þeirra rafala sem venjulega eru tengdir safnteinum (ásamt hjálparvélarafölum).

Plús sex sinnum summa fulls álagsstraums þeirra mótorra sem keyra má samtímis.

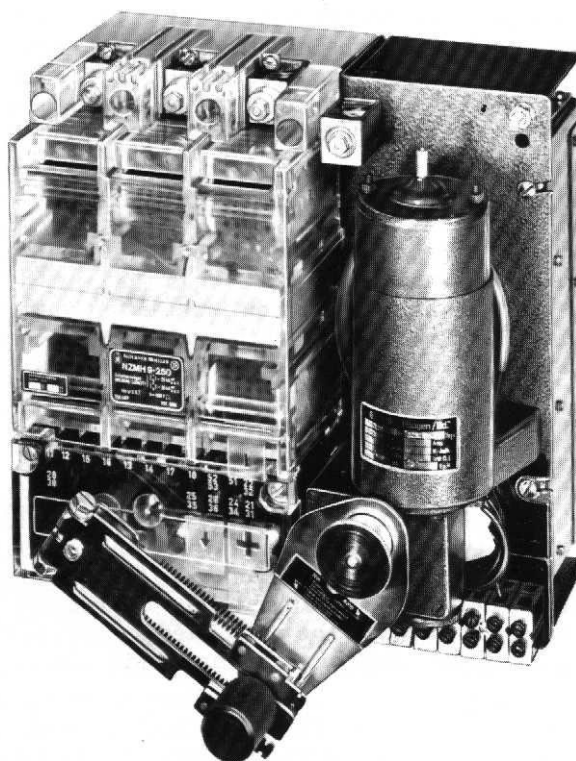
Fyrir riðstraumskerfi gildir:

tíu sinnum fullan álagsstraum þeirra rafala sem venjulega eru tengdir safnteinum (ásamt hjálparvélarafölum).

Plús þrisvar sinnum summa fulls álagsstraums þeirra mótorra sem keyra má samtímis.

Mótordrifinn aflrofi.

Rafmagnsfræði Kafli 21 Varnarbúnaður



Mynd 21.15

Bygging aflrofa.

Helstu hlutar aflrofa eru:

- a) straumleiðar og snertur,
- b) ljósbogagildra,
- c) inn- og útsetningarbúnaður og
- d) skammhlaupsvörn.

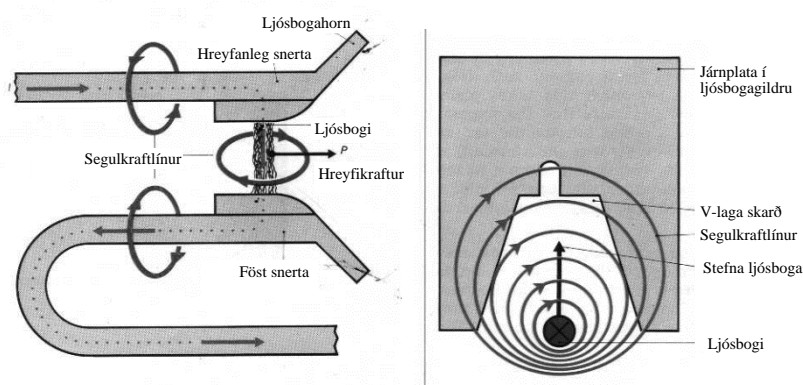
Leiðarar eru úr fortinuðum eir og í seinni tíð er algengt að eirinn sé silfurhúðaður. Í eldri gerðum aflrofa er algengt að það séu tvö pör af snertum þ.e. **aðalsnertur og ljósbogasnertur.**

Aðalsnerturnar eru úr platínu en ljósbogasnerturnar úr eir og þær mynda odda sem liggja nálægt ljósbogagildrunni. Þegar rofinn tengir lokast ljósbogasnerturnar á undan aðalsnertunum og hlífa þeim þannig við tengineista. Þegar rofinn rýfur straum opnast

Rafmagnsfræði Kafli 21 Varnarbúnaður

aðalsnertur á undan og ljósbogamyndun verður því aðallega milli ljósbogasnertanna, sem opnast seinna. Þetta fyrirkomulag hlífir þess vegna aðalsnertunum við brunaskemmdum af völdum ljósboga.

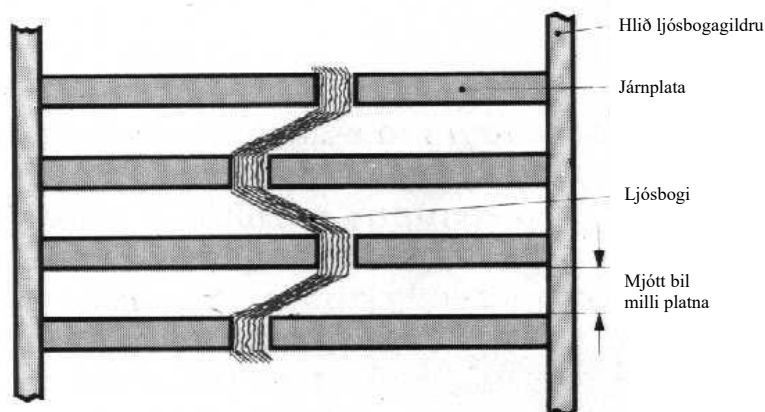
Í nýrri gerðum aflrofa eru snerturnar silfurhúðaðar og aðeins og eitt par af snertum, þ.e. ekki sérstakar ljósbogasnertur eins og sjá má á mynd21.16.



Mynd 21.16

Ljósbogagildra er gerð úr jærnplötum sem raðað er upp þvert á stefnu ljósboga og eins nálægt snertunum og kostur er. Í plöturnar er gert skarð sem ljósboginn leitar í og í sumum tilfellum er það látið standast á, í annarri hvorri plötu, til þess að lengja ljósbogann enn meira.

Rafmagnsfræði Kafli 21 Varnarbúnaður



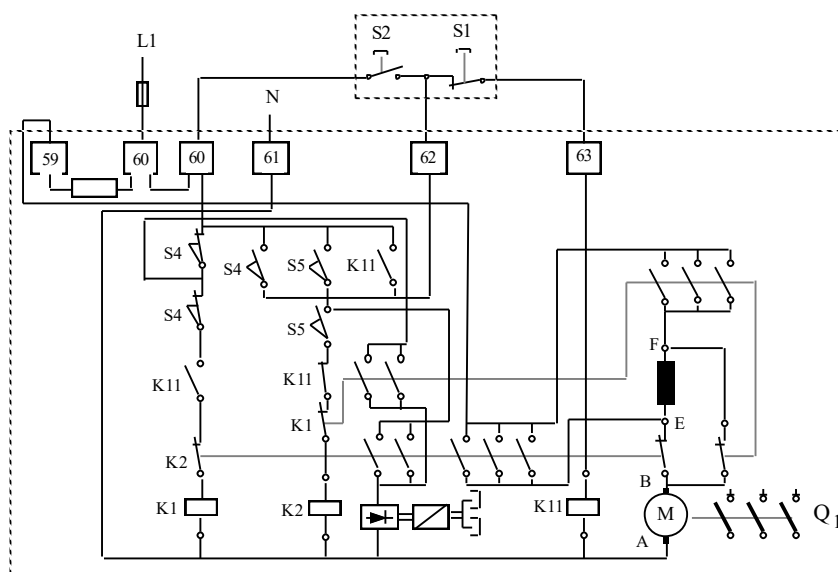
Mynd 21.17

Þegar ljósbugi myndast má líta á hann sem straumhafandi leiðara sem er staðsettur í segulsviði. Hið hringlaga segulsvið sem myndast umhverfis leiðarann leitar eftir betri segulleiðni og þannig dregst ljósbuginn að járnplötunum þar sem teygist úr honum og hann slokknar. Sjá mynd 21.17.

Það má ekki eingöngu líta á ljósbogamyndun sem óæskilegt fyrirbæri, vegna þess að hún veldur auknu raunviðnámi í straumrásinni á rofaugnablikinu og dregur þannig úr segulspanáhrifum í kerfinu.

Algenzt er að aflrofar séu keyrðir inn og út með mótör sem stjórnað er með ræsi- og rofhnöppum. Mótörinn er staðsettur á rofanum. Eigi að síður verður alltaf að byggja upp gormkraft sem er geymdur meðan rofinn er inni (tengir) og er notaður til þess að leysa rofann út ef t.d. varnarbúnaður verður virkur. Mynd 21.18 sýnir stýrirás mótordrífins aflrofa af Klökner Möller gerð.

Rafmagnsfræði Kafli 21 Varnarbúnaður



Mynd 21.18

Önnur aðferð er þannig að mótorinn byggir upp gormkraft sem setur síðan rofann inn þegar ýtt er á ræsihnapp. Við innsetninguna byggist upp gagnstæður gormkraftur sem er geymdur meðan rofinn tengir. Þetta þýðir að gormkrafturinn sem er notaður til þess að tengja rofann verður að vera nægur til þess að byggja líka upp þennan mótstæða kraft. Þegar ýtt er á rofhnapp fær segulspóla straum og hún hreyfir til skreppu sem leysir út þennan gormkraft og rofinn rýfur. Í mörgum gerðum rofa er straumrof til undirspennuspólu notað til þess að leysa rofann út.

Undirspennuspóla er undantekningarlaust fyrir hendi í aflrofum fyrir rafala samkvæmt reglugerð og ýmis varnarbúnaður vinnur þannig að hann rýfur straum til hennar. Undirspennuspóla kemur einnig í veg fyrir að hægt sé að setja rafalarofa inn án þess að reksturs-spennan sé a.m.k. 80% af málgildi. Hinsvegar vinnur undirspennuspólan ekki sem nákvæm undirspennu-vörn, því hún getur haldist virk allt niður undir 35% af máls pennugildi.

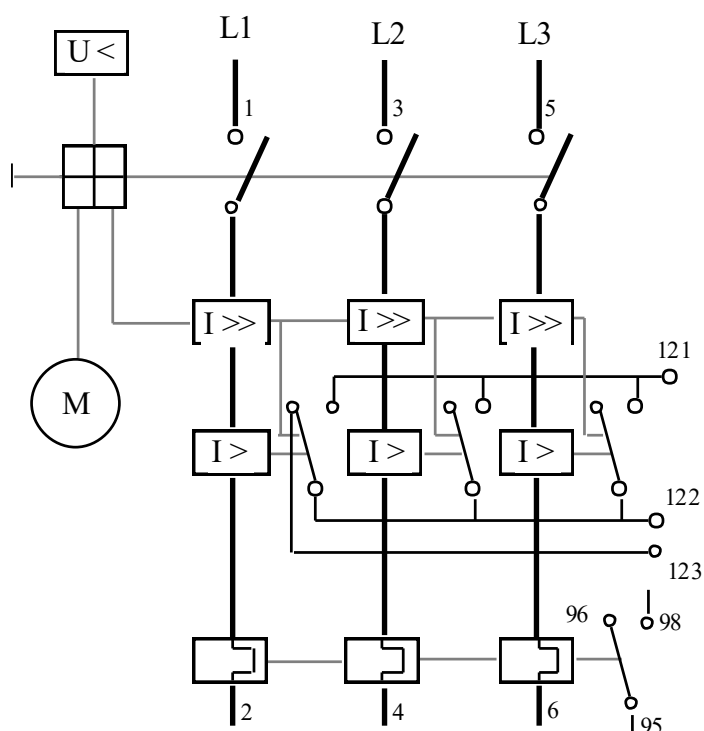
Rafmagnsfræði Kafli 21 Varnarbúnaður

Það er nauðsynlegt að hægt sé að setja aflrofa inn með handafli, ef t.d. bilun á sér stað í stýrirás. Einnig er það nauðsynlegt í þeim tilfellum sem að ofan greinir þegar mótör keyrir ekki rofann inn heldur byggir upp gormkraft til innsetningar. Í þeim tilfellum er einnig hægt að handtrekkja gorminn.

Algenzt er að skammhlaupsvörn sé sambyggð aflrofa eða í sjálfstæðri einingu sem er fest við aflrofann með straumleiðarafestingunum. Vörnin er byggð úr grófum straumspólum með fáum vöfum á hverjum fasa. Kjarni spólanna er kólfur sem skýst út við miklar straumbreytingar. Kólfurinn rekst á arm sem leysir út gormkraftinn og setur rofann út. Það nægir að einn kólfur rekist á arminn sem gæti skeð ef einn fasi skammhleypist til jarðar. Á stillanlegum skammhlaupsvörnum er hægt að stilla slaglengd kólfsins og þannig fá mismunandi útleysistraumsgildi.

MYND 21.19 sýnir straumrás aflrofa sem hefur innbyggða skammhlaupsvörn ($I >>$), yfirstraumsvörn ($I >$), undirspennu-spóla ($U <$) og tvímálmsvörn. Skammhlaupsvörnin vinnur tafarlaust og rífur strauminn til undirspennuspólu (tenging númer 123). Yfirstraumsvörnin er yfirleitt með tímaseinkun þ.e. tímaliði tengist við ákveðinn yfirstraum og seinkar rofi til undirspennuspólu.

Rafmagnsfræði Kafli 21 Varnarbúnaður



Mynd 21.19

Neðst á myndinni er tvímálmsvörn sem hefur víxlnertu merkt 95-96 og 98. Þessi snerta er staðsett þannig í stýrirás að hún rífur strauminn til undirspennuspólu (95-96) eftir seinkun sem markast af hitunartíma tvímálmsfjaðranna. Einnig má tengja aðvörunargaum við tengingu 98. Rofinn er gerður fyrir bæði handvirka og mótórvirka inn- og útsetningu.

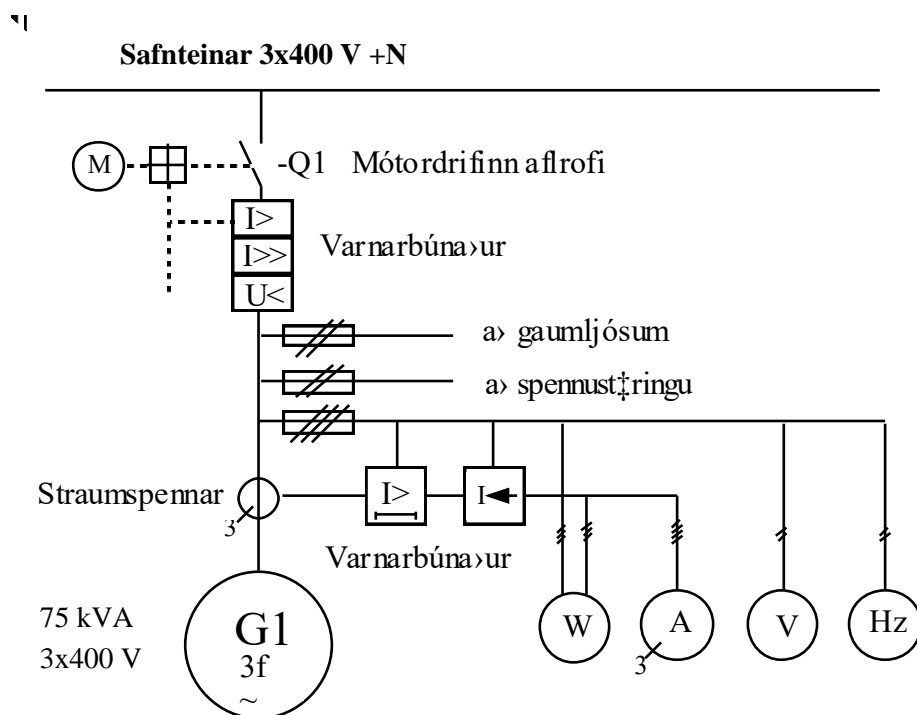
Rafmagnsfræði Kafli 21 Varnarbúnaður

21.4 Rafalavarnir

Hér er fjallað um rafalavarnir í skipum en það sama gildir í flestum tilfellum með rafala í landi. Gert er ráð fyrir að fleiri en einn rafali tengist sömu safnteinum í dæmunum hér í kaflanum.

Varnarbúnaður

Lágmarks varnarbúnaður fyrir hvern rafala er skammhlaups-vörn ($I>>$), yfirstraumsvörn ($I>$), undirspennuspóla ($U<$) og þar sem um er að ræða samfösun rafala er skylt að hafa bakaflsvörn ($-P$). Í bátum sem hafa heildarrafmagnsframleiðslu 50 kW eða meira, er ekki leyfilegt að nota tvímálmsvarnir við rafala. Ástæðan er sú að langur endurskipunartími þeirra getur orðið langur og skapað hættuástand. Af þessum sökum eru eingöngu segulvirkar yfirstraumsvarnir í skipum. Á mynd 21.20 er sýndur sá varnar og mælubúnaður sem skylt er að hafa við hvern rafala.



Mynd 21.20

Rafmagnsfræði Kafli 21 Varnarbúnaður

Skammhlaupsvörn ($I >>$) er staðsett í rafalarofanum og tilgangur hennar er að verja rafalann gegn skammhlaupsstraumi. Vörnin er samkvæmt íslenskri reglugerð um raforkukerfi í skipum, stillt á tíu sinnum málstraum rafalans plús einu sinni það álag sem mest getur orðið við eðlilegar aðstæður. Einfaldara er að hugsa sér þetta sem ellefufaldan málstraum rafalans, þó það þurfi ekki að fara nákvæmlega saman. Skammhlaupsvarnir eru byggðar úr eirvírspólum sem staðsettar eru utanum stofnleiðana og við skammhlaup spanast straumur í þær. Þær mynda þá segulkraft sem notaður er til að leysa út geymdan gormkraft sem leysir aftur rofann út án tafar á sekúndubroti.

Yfirstraumsvörn ($I >$) er staðsett við rafalarofann og tilgangur hennar er að verja rafalann gegn langvarandi yfirálagi sem gæti smám saman valdið ofhitun í vöfum rafalans. Þessi vörn er gjarnan stillt á gildið 110-120% af málstraum rafala, og hún verður að hafa tíma-seinkun sem kemur í veg fyrir að hún vinni ef t.d. verið er að ræsa stórt álag. Vörnin þreifir á straumi rafala gegnum straumspenni eins og skammhlaupsvörnin og slær út straumi til undirspennuspólunnar sem leysir rafalarofann út.

Þegar varnarbúnaður vinnur í gegnum straumspenni þarf að gera ráð fyrir því í stillingum. Straumspennar vinna ýmist á 1 A eða 5 A málstraumi í eftirvafi, hinsvegar verður málstraumur forvafs að vera yfir málstraumi rafalans.

Rafmagnsfræði Kafli 21 Varnarbúnaður

Tökum dæmi um rafala með málstraum 130 A. Straumspennir yrði næsta staðlaða framleiðslustærð fyrir ofan eða 150/5 A. Ef við ætlum að stilla á málstraum rafalans yrði stillingin ekki 100%, heldur $\frac{130}{150} \cdot 100$ eða 86,7% sem gæfi 4,33 A vinnustraum í eftirvaf i straumspennis. Ef við ætlum að láta vörnina vinna við 120% málstraum yrði stillingin $\frac{130}{150} \cdot 120$ eða 104% Vörnin vinnur þá á eftirvafsstraumi straumspennisins sem verður þá $(\frac{130}{150}) \cdot 5 \cdot 1,2$ eða 5,2 A

Undirspennuspóla er staðsett í rafalarofa og kemur í veg fyrir að hægt sé að setja rofann inn ef spenna rafala er undir 80% af málspennu. Ekki er hægt að segja að undirspennuspóla sé vörn gegn of lágrí rafalaspennu því hún er virk alveg niður í ca. 40% af málspennu.

Hinsvegar er undirspennuspóla notuð til útleysingar á rafalarofa ef einhver annar varnarbúnaður en skammhlaups-vörn vinnur, þannig að þá rýfur sá búnaður strauminn til undirspennuspólu. Sem dæmi gæti verið yfir- og undirspennuvörn innbyggð í spennumæli sem rýfur straum til undirspennuspólu við innstillt lág- og hámarksgildi spennu.

Bakaflsvörn (-P) er skylt að hafa við hvern rafala í skipi ef uppbygging rafkerfisins byggir á samfösun og/eða samkeyrslu tveggja eða fleiri rafala. Tilgangur hennar er að koma í veg fyrir að rafali fari að vinna eins og mótör á netinu og taki þannig afl frá öðrum rafala sem keyrir inn á það.

Rafmagnsfræði Kafli 21 Varnarbúnaður

Bakaflvarnir eru yfirleitt stilltar þannig að þær vinni við 5-15% af málafli rafalans ($S \cdot \cos\varphi = S \cdot 0,8 [W]$). Þær leysa rafalarofann út með því að rjúfa strauminn til undirspennu-spólu hans.

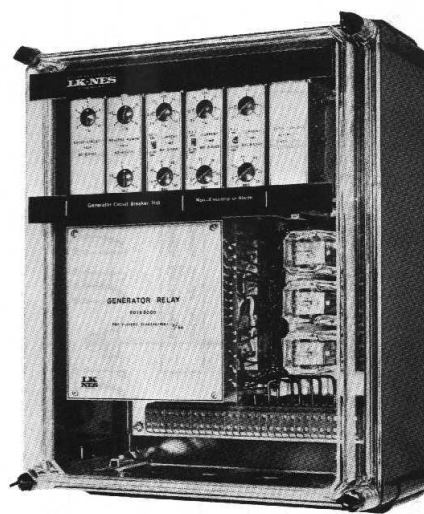
Tímaseinkun á útleysingu er höfð ca. 5-10 sek. til þess að gefa mönnum kost á að bæta úr ástandi með því að grípa fram í fyrir gangráð og auka hraða viðkomandi aflvélar. Þetta ástand getur skapast við samfösun rafala ef innkomandi vél er á undirhraða.

Við notkun rafalarofa er nauðsynlegt að hafa í hyggju að reyna eins lítið á hann og kostur er í daglegum rekstri. Líftími rofabúnaðarins er misjafn en oft miða framleiðendur viðað tryggt sé að þeir skili ca. 20 þúsund hreyfingum án viðhalds. Líftími kraftsnertanna í rofunum er yfirleitt styttri, eða ca. 10- 15 þúsund rof, enda er gert ráð fyrir talsvert miklu álagi í rofi. Flestir framleiðendur rafalarofa gera því ráð fyrir að hægt sé að skipta um snertur í rofunum og ættu varasnertur að vera til taks í varahlutalager hvers skips.

Helst er hætt við skemmdum á snertum við hverskonar skammhlaup í kerfinu, en t.d. samfösun á röngu augnabliki getur líka brennt snerturnar. Það má lengja líf kraftsnertanna mjög með því að venja sig á að taka eins mikið afl út af viðkomandi rafala og kostur er áður en rofinn er leystur út. Þetta má ýmist gera með því að taka álag út af netinu eða færa aflið yfir á annan rafala með frammígripi á gangráð í töflu.

Rafmagnsfræði Kafli 21 Varnarbúnaður

Sambyggðar rafalavarnir eru í mörgum íslenskum skipum og hér er tekið dæmi af vörn frá LK-NES í Danmörku. Vörnin er staðsett í vatnspéttum kassa sem yfirleitt er svo staðsettur í töfluskáp fyrir viðkomandi rafala. Gerð B 6000 sem er á mynd 21.21 hefur skammhlaupseiningu, bakafllseiningu, þrjár yfirstraumseiningar með tímaseinkun og útgangseiningu. Þessar einingar eru allar transistorstýrðar.

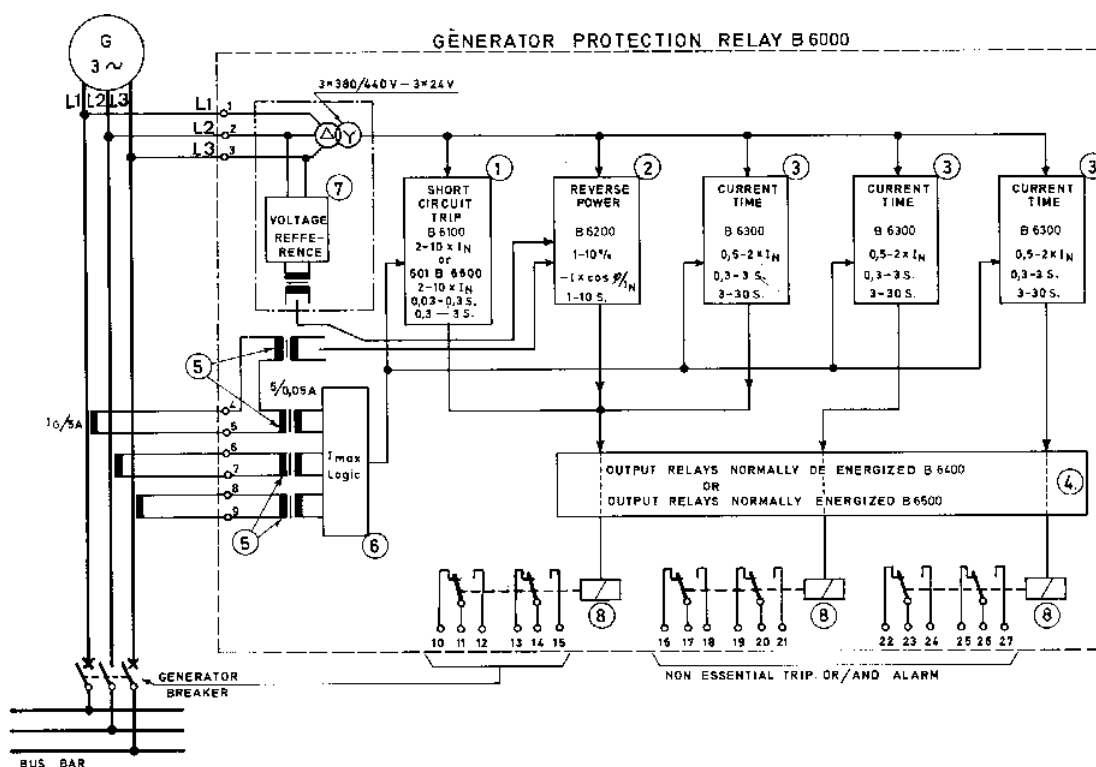


Mynd 21.21

Spennu og straumbreytar eru fjórir, ein rökrásareining, spennugjafi og þrír útgangслиðar. Rafalaspennan er lækkuð í 24 V fyrir transistoreiningarnar með þremur einfasa spennubreytum.

Rafalavörnin vinnur eðlilega þótt rafalaspennan falli allt niður í helming af málspennu hans.

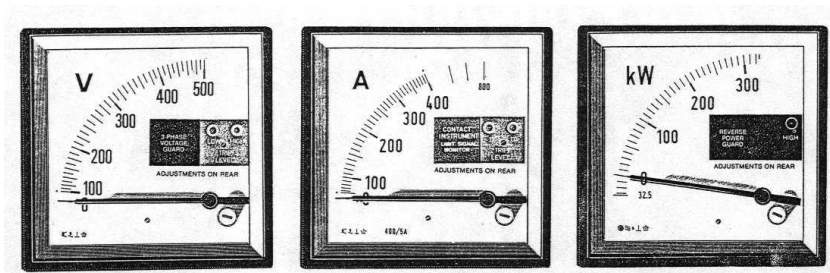
Rafmagnsfræði Kafli 21 Varnarbúnaður



Mynd 21.22

Nýrri gerðir rafalavarna í skipum í dag eru sambyggðar mælunum. Í straummæli eru byggðar tvær varnir þ.e. yfir-straumsvörn og skammhlaupsvörn. Yfirstraumsvörnin er stillt á 110-120% af málstraumi með nauðsynlegri seinkun sem hægt er að stilla inn. Skammhlaupsvörnin er stillt á ca. 300% af málstraumi rafalans með nánast engri seinkun. Gert er ráð fyrir að skammhlaupsvörn sé þá líka sambyggð rafalarofa og stillt á ca. 11 sinnum málstraum. Varnirnar stjórna segulliðum sem leysa út straum til undirspennuspólu og getur einnig ræst gaum samtímis. Á mælaskífunni lýsir græn ljósdíóða, en ef vörnin vinnur lýsir rauð díóða. Sjá mynd 21.23.

Rafmagnsfræði Kafli 21 Varnarbúnaður



Mynd 21.23

Spennumælur hafa sambyggðar yfir- og undirspennuvarnir sem geta leyst út rafalarofa eða gefið aðvörun við t.d. 10-15% frávik frá málspennu.

Tíðnimælur hafa sambyggðar yfir- og undirtíðnivarnir sem geta gefið aðvörun við t.d. 5% frávik, sem er hæsta leyfilega frávik til langs tíma samkvæmt reglugerð.

Aflmælur hafa sambyggða bakafllsvörn sem í öllum tilfellum leysir út rafalarofa eftir seinkun. Yfirafllsvörn er oftast notuð til þess að aftengja minna áríðandi álag, eða í alsjálfvirku vélarúmi til þess að ræsa og tengja annað hjálparvélasett.

Rafmagnsfræði Kafli 21 Varnarbúnaður

Spurningar úr 21. kafla

21.01

Hvaða málmi er hentugast að nota í bræðivörum og hversvegna?

21.02

Nefndu dæmi um það hvenær notuð eru fljót bræðivör.

21.03

Nefndu dæmi um það hvenær notuð eru treg bræðivör.

21.04

Hvert er hlutverk glersallans í bræðivari?

21.05

Upp að hvaða málstraumsgildi eru framleidd sívöl bræðivör?

21.06

Hvert er hlutverk botnskrúfu?

21.07

Upp að hvaða straum- og spennugildi eru neozed bræðivör framleidd?

21.08

Hvernig bræðivör eru notuð þegar komið er upp fyrir 200 A málstraumsgildi?

21.09

Hver er rofgeta eftirtalinna bræðivara samkvæmt töflu á bls.8.

- a) 10A við 230V AC
- b) 80A við 400V AC
- c) 200A við 460V AC

21.10

Af hvaða þremur meginþáttum eru sjálfvör byggð?

Rafmagnsfræði Kafli 21 Varnarbúnaður

21.11

Hver er rofgeta sjálfvara (minneature) við 240 V spennu?

21.12

Útskýrðu muninn á Z,B,C, og D - sjálfvörum.

21.13

Hver er talin hámarkssnertispenna fyrir mann við skilgreiningu á jarðviðnámi R_j ?

21.14

Hver er talin hámarkssnertispenna fyrir húsdýr við skilgreiningu á jarðviðnámi R_j ?

21.15

Hvert er hlutverk lekastraumslíða í lágspennuveitum?

21.16

Hverjir eru helstu hlutar aflrofa?

21.17

Hvernig vinnur ljósbogagildra?

21.18

Hvert er hlutverk undirspennuspólu?

21.19

Hver er helst munurinn á skammhlaups- og yfirálagsvörn?

21.20

Hverjir eru helstu þættir rafalavarna í skipum?