



Rafbók



Háspennukerfið

Kafli 4 Háspennutengivirki

RAM 702 Kennsluhefti



Háspennukerfið

Þetta hefti er án endurgjalds á rafbókinni.

www.rafbok.is

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

Forsíðu mynd er fengin af heimasíðu Landsnets

Höfundur er Einar H. Ágústsson

Umbrot: Ísleifur Árni Jakobsson

Vinsamlegast sendið leiðréttingar og athugasemdir til Ísleifs Árna Jakobssonar á netfangið iaj@rafis.is

Háspennukerfið

Efnisyfirlit

4 Háspennutengivirki	4
Inngangur	4
4.1 Íhlutir tengivirkja	5
Mælaspennar	5
Straumspennar	8
Spennumælaspennar.....	12
Eldingavarar	13
4.2 Útitengivirki	15
Tengivirki við Búrfellsvirkjun	16
4.3 SF6-Gastengivirki	20
Eiginleikar gassins	20
Notkun SF6-gass sem slökkvimiðils.....	21
Afleiðing gasleka	22
Tengivirki.....	24
1. Stjórnbúnaður.....	27
2. Hreyfibúnaður.....	28
3. SF6-aflrofar.....	28
4. Skilrofar.....	29
5. Jarðrofi.....	29
6. Safnteinar.....	30
7. Spennumælaspennar.....	31
8. Straumspennar.....	31
9 Yfirspennuvörn.....	32
10. Liðavarnir.....	33
4.4 Spurningar úr 4 kafla	34

4 Háspennutengivirki

Inngangur

Háspennutengivirki við virkjanir og aðveitustöðvar byggjast í grófum dráttum upp af rofabúnaði, safnteinum, mælabúnaði, varnarbúnaði og spennum,. Þau voru flest staðsett undir beru lofti hér áður fyrr, en með tilkomu gaseinangraðra kerfa (SF6) má segja að þau séu komin í hús. Fyrsta innitengivirkið við orkuver héraendis var í Hrauneyjavirkjun. Með tilkomu innitengivirkja við virkjanir eru spennarnir nánast einu tækin sem höfð eru utandyra. Um svipað leiti voru sett upp SF6-tengivirki í aðveitustöðvar á Reykjavíkursvæðinu, en í þeim eru spennar einnig hafðir innanhúss.

Helstu vandamál í útitengivirkjum eru vegna veður- aðstæðna og sjávarseltu hér á landi, en þessi vandamál eru auðvitað ekki fyrir hendi í innitengivirkjum.

Útitengivirki taka mikið rými vegna þess hve aðskilnaður leiðara annarsvegar og leiðara og jarðar hinsvegar þarf að vera mikill. Einnig þarf að taka tillit til þess að starfsmenn geti athafnað sig án áhættu innan virkisins. SF6-tengivirki taka aðeins 10-15% af rými samsvarandi útitengivirkis en eru hinsvegar mun dýrari. Spyrja má hvort innitengivirki verði ekki í raun mun hagstæðari kostur þegar til lengdar lætur vegna minni truflana og minni viðhaldskostnaðar.

Háspennukerfið

4.1 Íhlutir tengivirkja

Umfjöllun um háspennurofa var í kafla 3 og er því sleppt að mestu í þessum kafla, nema í sambandi við SF6-innitengivirki.



Mynd 4.1

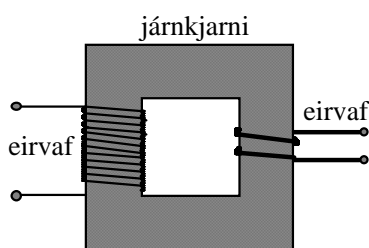
Mælaspennar

Þegar gildi spennu eða straums í aflrás eru það háð því að ekki er hægt að beintengja mæla- og liðabúnað heldur eru spennar notaðir sem milliliðir. Hlutverk mælaspenna er að lækka gildi þeirrar spennu eða straums sem sett er inná forvaf þeirra með eins mikilli nákvæmni og krafist er hverju sinni. Þetta markmið næst vegna þess að spennar hafa mjög háa nýtni.

Viðbrögð mælaspenna við miklum og skyndilegum breytingum í aflrás eru mikilvæg þar sem hið "sínuslaga form" straums og spennu getur þá raskast. Áhrif þessa á mæligildi eru oftast lítilvæg, en við nákvæmnismælingar getur það valdið nokkurri misvísun.

Háspennukerfið

Samt sem áður er ýmsum varnarbúnaði ætlað að vinna innan þess tíma sem slík bjögung á útgangsspennu eða straums mælaspennis stendur yfir. Þessar truflanir í útgangi mælaspenna geta stöku sinnum seinkað viðbrögðum varnarbúnaðar eða valdið ótímabærum útleysingum. Af þessum ástæðum er nauðsynlegt að athuga vinnumáta mælaspenna nánar.



Mynd 4.2

Athugum fyrst einfaldan spenni án tillits til ákveðins hlutverks, eins og sýnt er á mynd 4.2. Ef forvaf spennisins tengist riðspennu en eftirvafið er opið virkar hann í raun eins og spóla með járnkjarna með tiltölulega hátt sýndarviðnám. Straumur fer um vafið og spennufall verður yfir það í réttu hlutfalli við sýndarviðnámið. Nær allur straumurinn fer í að segulmagna járnkjarnann.

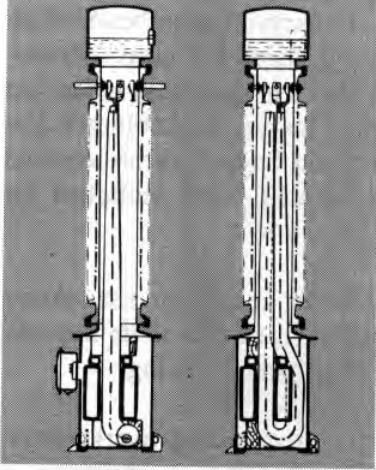
Spennufallið yfir forvafið fer nær allt í að yfirvinna mótspennu (E) sem spanast í vafið vegna segulsviðsbreytinga í járnkjarnanum. Samsvarandi spenna spanast í eftirvafið sem er á sama járnkjarnann og er hún jafn há á hvern vinding og mótspennan sem spanast í forvafið. Ef vindingafjöldi er sá sami í for- og eftirvafi (vindingahlutfall 1/1) fær spönuð spenna í eftirvafi sama gildi og spönuð mótspenna í forvafi. Ef straumrás eftirvafsins er lokað með tengingu álags fer straumur um rásina sem takmarkast af sýndarviðnámi rásarinnar. Þessi straumur myndar segulsvið í járnkjarnann sem samkvæmt Lenzlögmáli hefur gagnstæða pólu miðað við segulsviðið sem forvafsstraumurinn myndar og vinnur þess vegna gegn því.

Háspennukerfið

Þessi veiking á segulsviðsstyrknum orsakar tímabundna lækkun á spanaðri mótspennu í forvafinu, sem aftur verður til þess að sýndarviðnám forvafsins minnkar og forvafsstraumurinn vex. Segulsviðið styrkist því strax aftur og nær fyrri styrkleika svo framarlega sem segulmettun járnkjarnans er ekki náð. Ef horft er framhjá töpum í forvafi og forvafsspenna helst stöðug vex straumur í forvafi í beinu hlutfalli við eftirvafsstrauminn.

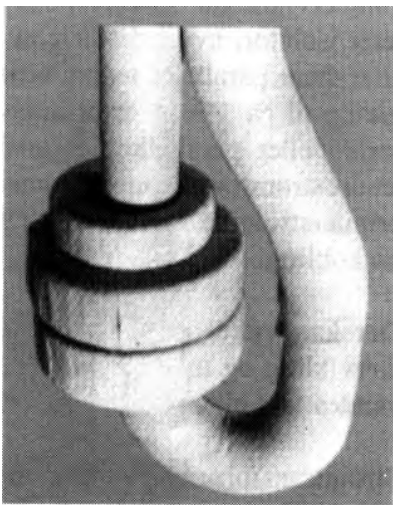
Háspennukerfið

Straumspennar



Þversnið straumspenna í útvirki.

Mynd 4.3a



Forvaf og þrjár eftirvafsspólur.

Mynd 4.3b

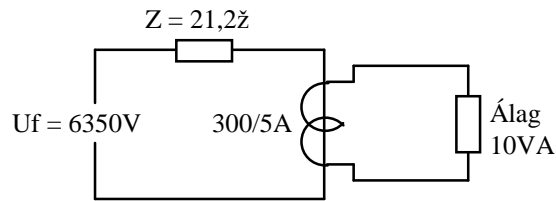
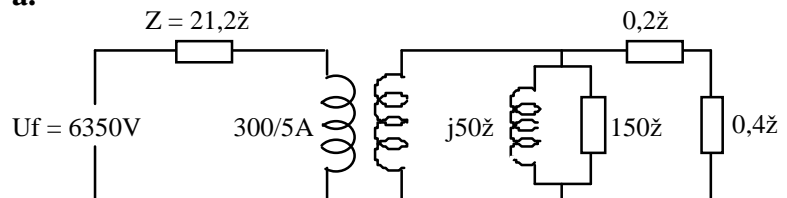
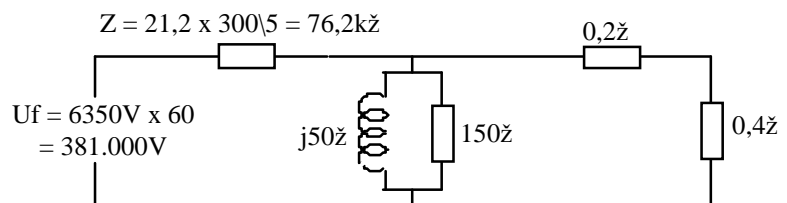
Straumspennar hafa einn vinding sem forvaf, en marga vindinga (spólu) sem eftirvaf og eftirvafsspólur geta verið allt að þrjár til fjórar hver sínum járnkjarna. Í straumspennum upp að 750 amper er vindingunum skipt í tvo hluta sem ýmist eru rað- eða hliðtengdir. Með umtengingu er síðan hægt að breyta umsetningshlutfalli þeirra. Straumspennum fyrir meira en 750 A forvafsstraum er ekki hægt að breyta með umtengingu. Eftirvöf geta verið upp í fjögur að tölu á hringlaga járnkjörnum, en mismunandi að stærð og afkastagetu [VA] eftir því hlutverki þeirra er t.d. straummæling, stjórnboð eða segullíðastýring. Eftirvafsstraumur er annaðhvort 1 eða 5 A.

Straumspennum er komið fyrir í járnhúsi með áföstum postulínseinangrara og er húsið og einangrarinn fyllt með olíu. Hæð á einangrara fer eftir spennugildi rekstrarspennu, sjá mynd 4.3a. Forvaf straumspennis er raðtengt í aflrásina og sýndarviðnám þess er óverulegt miðað við viðnám álagsins, jafnvel þótt reiknað sé með viðnámi eftirvafsrásar

Straumurinn í rásinni stjórnast því nær eingöngu af viðnámi álagsins. Þetta má útskýra nánar með jafngildismynd samanber mynd 4.4 sem sýnir straumspenni í 11 kV kerfi með breytihlutfallinu 300/5.

Gert er ráð fyrir að málstraumur fari um forvaf straumspennisins (300 A) og álag á eftirvafi straumspennis sé 10 VA.

Háspennukerfið


a.

b.

c.

Mynd 4.4

Mynd a sýnir rásina eins og hún er í reynd með fasaspennuna (U_f) $11 \times 10^3 / \sqrt{3}$ eða 6350 volt og sýndarviðnám eins fasa (Z_f) $21,2 \Omega$ miðað við málstraum straumspennis 300 A.

Mynd b er jafngildismynd þar sem rafsegulkraftur forvafins er hugsaður nýtast allur til þess að standa undir álagi straumspennisins án tillits til tapa og miðað við breytihlutfallið 300/5 A eða ($u = 60$).

Á mynd c er stærðum í forvafi vísað til stærða í eftirvafi með því að margfalda þær með breytihlutfallinu og sýndarviðnámið með breytihlutfallinu í öðru veldi.

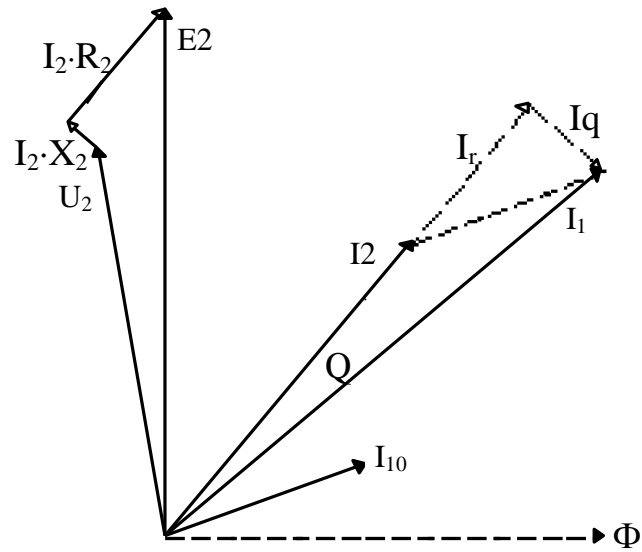
Háspennukerfið

Af jafngildismyndinni má ráða eftirfarandi:

- a. Straumgildi eftirvafs breytist ekki að neinu marki þótt álag straumspennisins breytist.
- b. Ekki má rjúfa straumrás eftirvafs ef straumur er á forvafi, því þá spanast upp spenna sem getur orðið mjög há.
- c. Reikna má breytihlutfall og fasviksskekkju ef seguleiginleikar og sýndarviðnám álags straumspennis eru þekkt.

Á straumvektoramyndinni (mynd 4.5) má sjá að tímahorn (Q) myndast milli straumanna í for- og eftirvafi sem orsakast af segulmögnunarstraumnum í forvafi (I_{10}), eða öðru nafni tómgangsstraumnum. Hornið Q er ýkt á vektoramyndinni, í raun er það ekki yfir 1,5 gráður eða 90 mínútur.

Háspennukerfið



Skýringar:

E_2 = Spönuð íspenna eftirvafs

U_2 = Útgangsspenna eftirvafs

I_1 = Straumur um forvaf

I_2 = Straumur um eftirvaf

Q = Fasviksskekkja

Φ = Segulstraumur

I_r = Hluti segulmögnunarstraums í fasa með I_2

I_q = Hluti segulm.straums 90 gr. úr fasa við I_2

I_{10} = Segulmögnunarstraumur

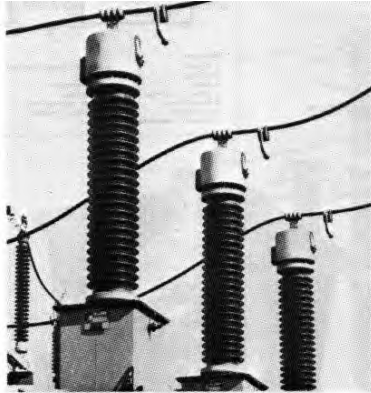
$I_2 R_2$ = Raunhluti spennu í eftirvafi

$I_2 X_2$ = Launhluti spennu í eftirvafi

Mynd 4.5

Háspennukerfið

Spennumælaspennar



Þriggjafasa mælaspennar
Mynd 4.6a



132kV mælaspennir
Mynd 4.6b

Spennumælaspennar eru byggðir á mjög svipaðan hátt og straumspennar, en forvafið hefur marga vindinga. Það er einangrað með lakki, pappír og/eða glertrefjaefnum. Spennirinn hefur eitt eftirvaf fyrir mælingu og stundum annað sem er notað til jarðleka mælingar.

Spennumæling í þriggjafasakerfum er oftast framkvæmd með þremur mælaspennum sem eru tengdir á milli hvers fasa og núllskauts, þannig er gildi forvafsspennu lækkað um hlutfallið $\sqrt{3}$.

Spennumælaspennar eru valdir útfrá rekstrar spennugildi á forvafi ($U_n / \sqrt{3}$ [V]) og eftirvafsspennu sem oftast er ekki nema $110 / \sqrt{3}$ V, og krefst nákvæmni.

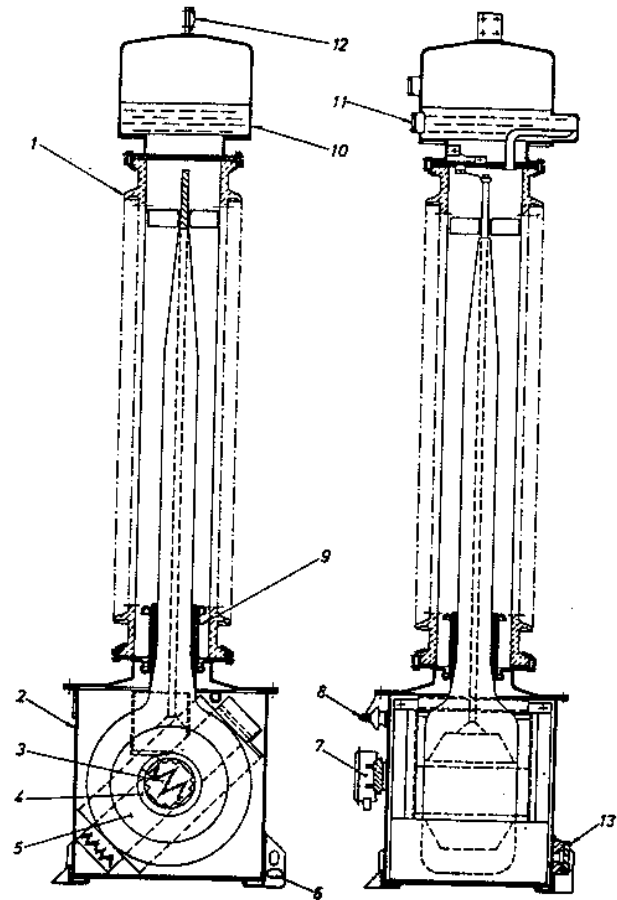
Í útitengivirkjum eru olúfylltir spennumælaspennar algengastir. Sjámynd 4.6 og 4.7 á næstu síðu.

Þriggjafasa mælaspennar 132 kV mælaspennir
Mynd 4.6a Mynd 4.6b

Háspennukerfið

Myndskýringar:

1. Postulínshús
2. Járnhús
3. Kjarni
4. Eftirvaf
5. Forvaf
6. Jarðtenging
7. Tengidós f. eftirvaf
8. Tengi fyrir núllskaut
9. Skerming
10. Prýstihólf
11. Olíuhæðarglas.
12. Tengi f. forvaf
13. Olíuafstöppun

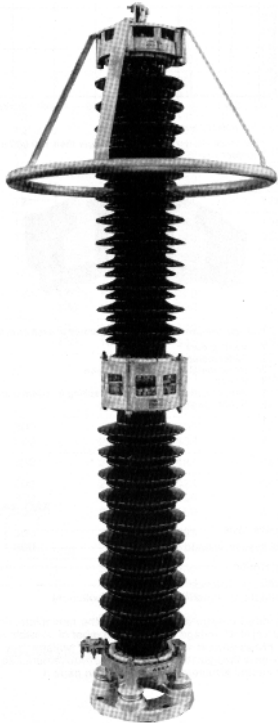


Mynd 4.7

Eldingavarar

Eins og frá var skýrt í 3. kafla geta myndast yfirspennur við rof á straum, en mesta hættan á hárrí yfirspennu er af völdum eldinga sem slegið geta niður við háspennulínur eða útítengivirki. Til þess að koma í veg fyrir að slíkar yfirspennur valdi skemmdum á búnaði í tengivirkjum er komið fyrir svokölluðum eldingavörum, sem við ákveðna yfirspennu leiða straum til jarðar. Þeir tengjast því milli hvers fasa og jarðar. Þeir íhlutir tengivirkja sem er sérstaklega hætt eru spennar og kaplar og eldingavarar eru staðsettir í tengivirkinu með tilliti til þess.

Háspennukerfið



Mynd 4.8

Áður fyrr voru eldingavarar byggðir upp með stæðu af málmlötum með ákveðnu loftbili á milli sem komið var fyrir í postulínseinangrara. Í dag eru þeir byggðir líkt og spennuháð mótstaða (VDR-mótstaða) sem gerð er úr zink-oxyði (ZnO). VDR-mótstöðunum er raðað upp í postulínseinangrara sem síðan er aftur raðað saman í lóðréttar súlur. Hæð þeirra ræðst af málsþennugildi í hverju tilfalli.

Sjá mynd 4.8

Til þess að koma í veg fyrir að postulínseiningarnar springi vegna þrýstings við gegnumslátt er komið fyrir membru á milli þeirra sem opnar við yfirþrýsting.

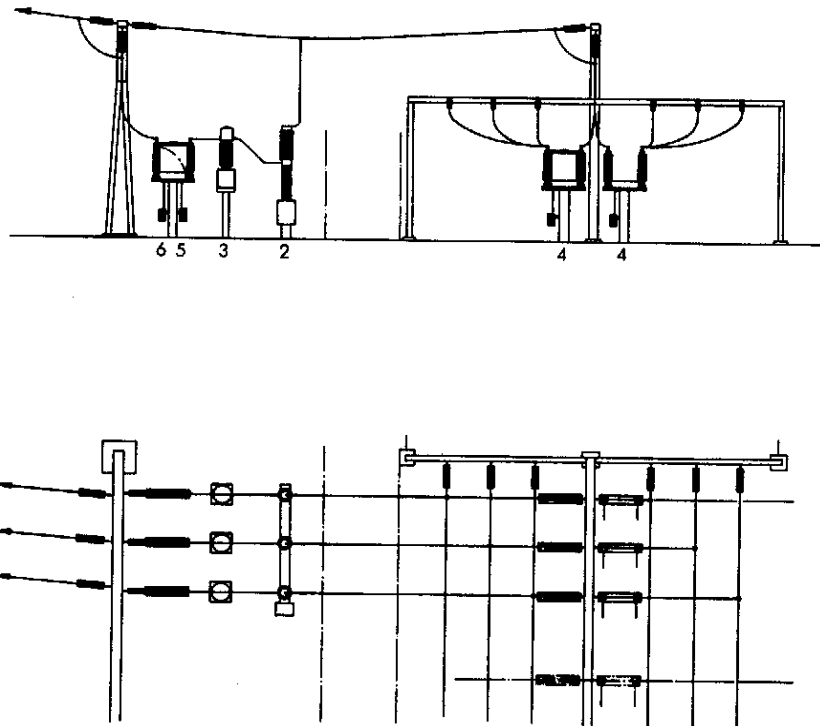
Oft er teljara komið fyrir á eldingavörum svo hægt sé að fylgjast með tíðni gegnumsláttar.

Háspennukerfið

4.2 Útitengivirki

MYND 4.9 sýnir tengibúnað milli safnteina og flutningslínu. Safnteinarnir eru til hægri á myndinni, tvö sett þ.e. aðal- og varasafnteinar eins og tíðkast við virkjanir og aðveitustöðvar. Ef við hugsum okkur að aðalsafnteinar séu næst yst til hægri á myndinni, þá er tengt inn á þá samkvæmt neðri hluta myndarinnar. Straumleiðin út á línu er þá fyrst um skilrofa (4), inn á aflrofa (2), sambyggðan straum- og spennumælaspenni (3), skilrofa (5) og síðan út á línu.

Þegar straumur er rofinn af línu verður það að gerast með aflrofanum (2) og síðan eru skilrofar (4 og 5) opnaðir.



Mynd 4.9

Háspennukerfið

Ef skipta á yfir á varasafnteina er áður búið að spennusetja þá, síðan er skilrofi (4) hægramegin tengdur en sá vinstramegin opnaður. Þá er skilrofi (5) tengdur og loks línan tengd með aflrofanum (2).

Ef vinna á við línu verður að jarðtengja hana í báða enda með svokölluðu jarðblaði (6) til þess að aflesta spennu. Línan hleðst nefnilega upp eins og þéttir og getur haft háa spennu þrátt fyrir að hún sé aftengd í báða enda. Línan er einnig jarðtengd með lausri tengingu á þeim stað sem unnið er við hana hverju sinni. Skilrofi (5) og jarðblað (6) eru oftast handvirk og læsanleg til öryggis fyrir starfsmenn.

Tengivirki við Búrfellsvirkjun

Tengimyndin er útprentun á tölvuskjámynd úr stjórnstöð Landsvirkjunar í Reykjavík kl. 15:20 þann 1.7. '92. (Mynd 4.10)

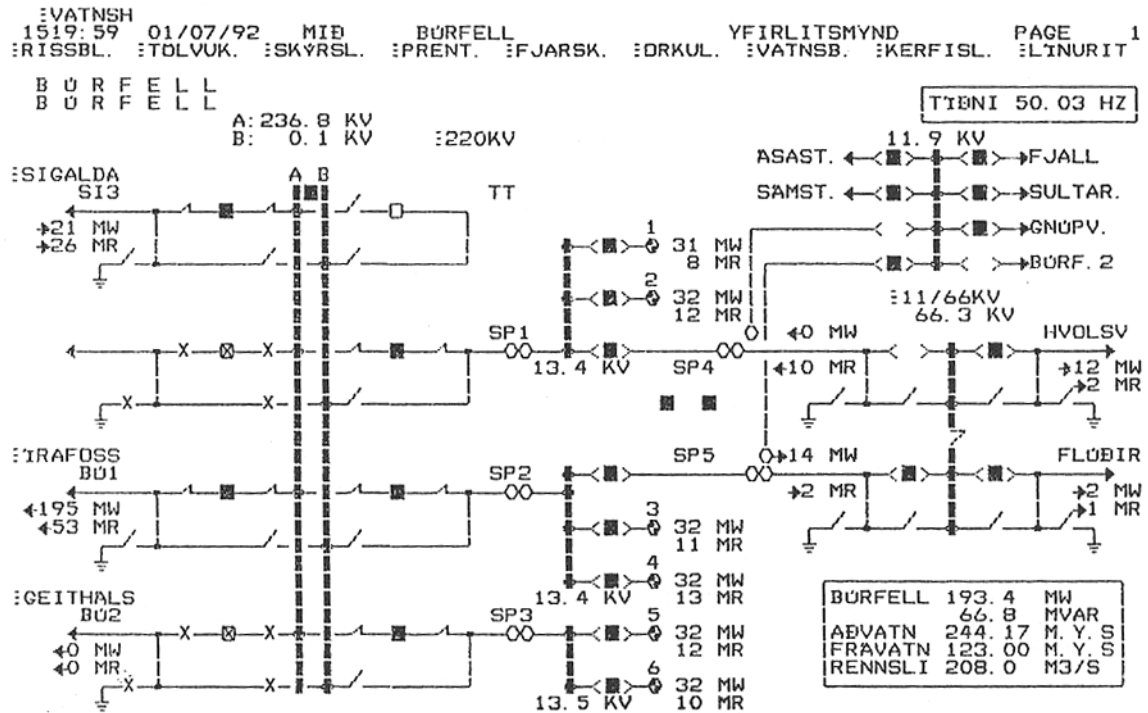
Á miðri myndinni má sjá rafalana merкта tölum 1-6 og tölur um raun- og launaflsframleiðslu þeirra á þeirri stundu sem fyrr getur (skammstöfunin MR merkir MVAr). Hámarks afkastageta hvernar vélasamstæðu er 35 MW.

Frá vélunum liggja kaplar inn á aflrofa (t.v.) fyrir hvern rafala. Þessir aflrofar eru gormlestaðir loftrofar þ.e. ljósbogi er slökktur með loftblæstri en gormkraftur er notaður til innsetningar og útleysingar.

Alstraumsmótor sér um að trekkja upp gormkraftinn strax eftir innsetningu hverju sinni. Aflrofunum er komið fyrir í skáp sem keyra má út úr stæði sínu.

Háspennukerfið

Þannig myndast stórt einangrunarbil milli vélasafnteina (t. v. við rofa) og rafala sem er nauðsynlegt þegar vinna þarf við rafala. Rafalarofarnir eru þá afl- og skilrofar samtímis.



Mynd 4.10

Vélasafnteinar eru þrjár með 13,8 kV málspennu og tveir rafalar tengdir hverjum. Frá vélasafnteinum liggja kaplar út úr stöðvarhúsi til aðalspenna (merktir SP1-SP5) í útitingi-virki.

Spennar 1-3 breyta rafalaspennu í 220 kV sem tengist aðalsafnteinum A í gegnum aflrofa (sv. kassi), og tvo skilrofa sem staðsettir eru sitt hvoru megin við aflrofa. Við tengingu spenna inn á safnteina eru fyrst settir inn skilrofar og síðan aflrofi.

Háspennukerfið

Aflrofinn er sá eini sem þolir að rjúfa eða tengja með straumálagi og er því ávalt síðastur til að tengja og fyrstur til að rjúfa. Skilrofarnir eru hinsvegar einungis til þess að mynda einangrunarbil (loftbil) í rásina og þola ekki að vinna (tengja eða rjúfa) með straumálagi.

Safnteinar B eru varateinar og eru þeir spennusettir með svokallaðri teinatengingu TT sem samanstendur af tveimur skilrofum og aflrofa (ófylltur kassi) efst á myndinni.

Ef skipta á frá aðalsafnteinum yfir á varasafnteina er byrjað á að setja inn skilrofana og síðan er aflrofann í teinatengingu TT. Þá er búið að spennusetja varasafnteina. Þar næst eru skilrofar sem tengjast varasafnteinum annarsvegar og spennum og línum hinsvegar settir inn.

Aflrofar fyrir spenna og línur eru opnaðir og að lokum er teinatengingin slitin með aflrofa og skilrofar opnaðir.

Þar með er allur aflflutningur kominn um varateina (B-) og óhætt að vinna við A-teina.

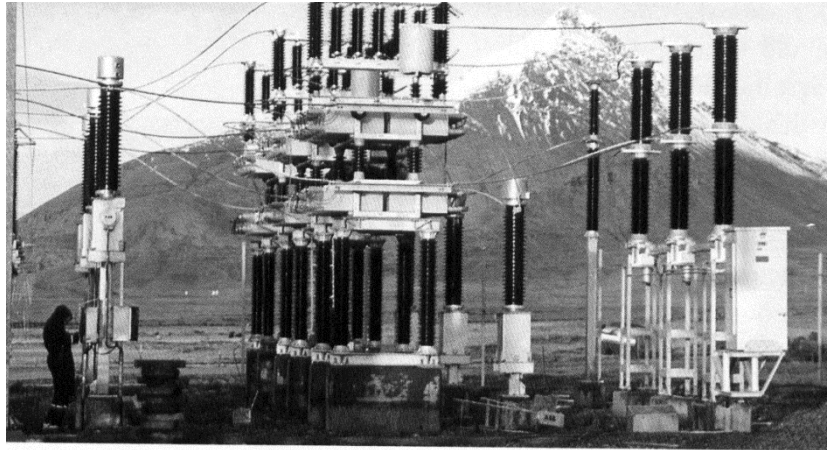
Þegar varasafnteinar eru í notkun eru engir aflrofar virkir, það er þess vegna æskilegt að þeir séu ekki í notkun lengur en brýnasta nauðsyn krefur.

Spennar merktir SP4 og SP5 eru merktir

13,8 / 11 / 66 kV sem þýðir að þeir hafa tvö aðskilin eftirvöf 11 kV og 66 kV.

11 kV vöfin tengjast safnteinum fyrir nærsvæði (efst t.h. á myndinni) í gegnum aflrofa. 66 kV safnteinarnir eru fyrir línur til nærsveita, SP5 er tengdur inn á báða safnteinana í þetta sinn, en SP4 er ekki í notkun.

Háspennukerfið



Myndin sýnir fyrsta raðþéttinn í flutningskerfinu.

Mynd 4.11

Háspennukerfið

4.3 SF6-Gastengivirki

Eiginleikar gassins

Í dag hefur brennisteins hexa fluoríð (SF6) einangrunargas náð stórri hlutdeild á markaðnum sem einangrari í háspennubúnaði og slökkvimiðill í háspennurofum. Það er því ljóst að sparolú- og loftrofar heyra brátt til liðinnar tíðar a.m.k. hvað varðar hærri spennugildi, en reyndar eru SF6-rofar nú framleiddir allt niður í 6 kV.

SF6-gasið er mikið notað sem slökkvimiðill og hefur IEC (Alþjóða rafmagnsráðið) látið staðla gæðakröfur fyrir það.

Gasið brennur ekki, er ekki eitrað, en er lyktarlaust og litlaust og því ósýnilegt. Það er um það bil fimm sinnum þyngra en andrúmsloft við +20°C.

Verði leki í kerfi streymir gasið niður á gólf viðkomandi rýmis. Ef það nær að safnast í þró og blandast andrúmslofti getur súrefnisinnihald þess farið niður í c.a.16%.

Við rannsóknir hefur komið í ljós að 80% SF6 í andrúmslofti veldur ekki skaða á mönnum eða dýrum.



Mynd 4.12

Háspennukerfið

Á meðan ekki kemst raki inn í SF₆-kerfi eða kerfishluta helst torleiðni (einangrunarhæfni) gassins, en það er vegna þéttleika þess en ekki þrýstings sem torleiðnin helst. Hinsvegar eykst þéttleikinn með auknum þrýstingi.

SF₆-gasið hefur sterkan eiginleika til að fá neikvæða rafhleðslu, sem leiðir það af sér að sameindir gassins fanga frjálsar rafeindir sem á vegi þeirra verða.

Í sterku rafsviði eru það einmitt frjálsar rafeindir sem geta leitt til niðurbrots torleiðninnar og þar af leiðir að SF₆ er einstaklega góður einangrunarmiðill.

Torleiðni gassins er við c.a. 2 - 2,5 loftþyngda þrýsting og því verður að loka það inni í þrýstihylkjum. Við aukinn þrýsting eykst þéttleiki þess og þá um leið torleiðni.

Sá eiginleiki sameinda SF₆-gassins að mynda neikvætt jón er það sem gerir það að sérstaklega góðum slökkvimiðli fyrir ljósboga í aflrofum. SF₆ hefur auk þessa yfirburði yfir aðra slökkvimiðla varðandi yfirspennutruflanir.

Notkun SF₆-gass sem slökkvimiðils

Þegar ljósbogi eða neisti myndast í SF₆-gasi hitnar það gífurlega og sundrast að hluta. Stærstur hluti þess myndar strax aftur SF₆, en hluti þess myndar efnasamband með málmguflu frá rafskautunum og varanlegt hliðarefni myndast (málmfluoríð).

Málmfluoríðið er gráhvítt einangrandi duft sem yfirleitt skapar ekki rafmagnsleg vandamál.

Hugsanlega geta myndast önnur hliðarefni og er nauðsynlegt að fylgjast þá með því og gera viðeigandi ráðstafanir.

Háspennukerfið

Afleiðing gasleka

SF₆-einangruð kerfi eru yfirleitt talin að miklu leyti viðhaldsfri. Það þýðir að ekki er talin þörf á að enduráfyllingu gass, þar sem framleiðendur ábyrgjast núorðið minna en 1% gasleka á ári.

Enda þótt mikill gasleki eigi sér stað á nokkrum mínútum, þarf það ekki að orsaka lífshættu fyrir þá sem kynnu að vera staddir í viðkomandi rými.

Dæmi:

Innihald þrýstihylkis í SF₆-kerfi er c.a. 500 lítrar eða 0,5 m³.

Lokað rými sem kerfið er staðsett í er 25.000 lítrar eða 25m³.

Við skjótan leka á gashylkinu verður hluti gassins í rýminu aðeins um 2%.

Þessi blöndun á gasi er langt undir hættumörkum sem talin eru vera um 20%.

Þegar unnið er við innri búnað SF₆-rofa er nauðsynlegt að hafa eftirfarandi atriði í huga:

- Góð loftræsting rýmis.
- Notkun hanska þegar einstakir hlutar rofans eru meðhöndlaðir.
- Notkun öndunargrímu svo komist verði hjá að anda að sér ryki (málmflúoríðdufti) úr slökkvihólfinu.
- Vinnufatnaði komið í þvott að viðgerð lokinni.

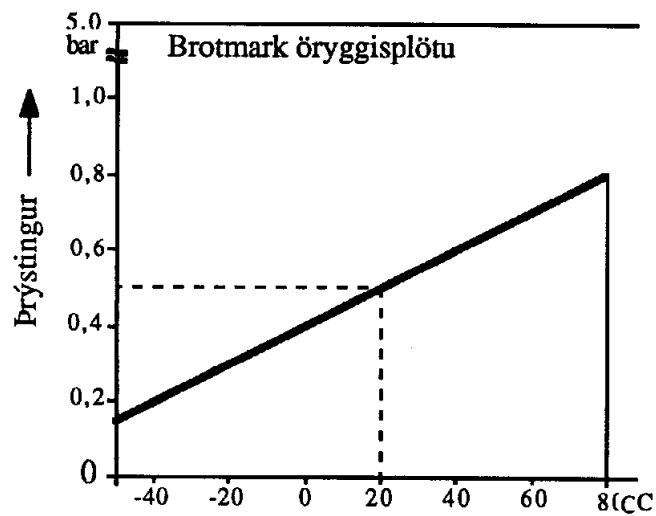
Sá hluti gassins sem gengið hefur í samband við málmguflu lyktar mjög sterkt, og ef raki hefur komist í það lyktar það líkt og fúlegg og er því auðgreint.

Áfylling fer fram eftir leiðbeiningum framleiðenda, en fyrst er viðkomandi þrýstihylki lofptæmt.

Háspennukerfið

SF₆-gas hefur þéttleikann 6,07 g/l við 1 bar þrýsting við 20°C. Gashylki rofabúnaðar er fyllt með 240 lítrum af SF₆-gasi með 0,5 bara yfirþrýsting við 20°C. Þar með er tryggt að yfirþrýstingur helst í hylkinu, þrátt fyrir mjög lágt umhverfishitastig.

Sjá línurit mynd 4.13 sem sýnir þrýsting í gashylkinu í hlutfalli við umhverfishitastig.



- Áfyllingarþrýstingur við +20°C er 0,5 bör.
- Umhverfishitastig frá -50 til + 55°C.
- Brotþrýstingur öryggisplötu er > 5 bör.
- Brotþrýstingur hylkis >>12 bör.

Mynd 4.13

Háspennukerfið

Tengivirki

SF6-tengivirki eru framleidd fyrir allt upp í 800 kV spennu. Hér á landi eru eins og áður var sagt nokkur tengivirki í notkun. Það fyrsta var sett upp árið 1978 í aðveitustöð 1 við Barónsstíg í Reykjavík, það er 132 kV af gerðinni Siemens.

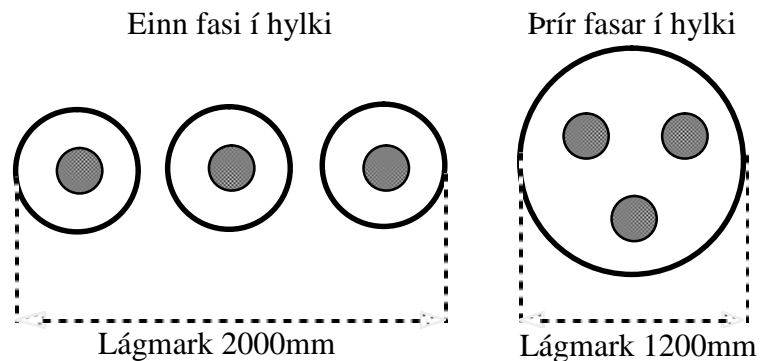
Fyrsta innanhússgastengivirkið á vegum Landsvirkjunar var sett upp í Hrauneyjafosstöð um 1981, 220 kV virki af gerðinni ASEA. Í Blönduvirkjun er 132 kV tengivirki af gerðinni Merlin Gerin og í Reykjavík eru nokkur 132 kV tengivirki í aðveitustöðvum af gerðunum Siemens og Sprecher Schuh. Ekki er líklegt að í framtíðinni verða byggð útitengivirki fyrir 132-220 kV spennu hérlendis.

Kostir SF6-kerfa eru margir eins og komið hefur í ljós í kaflanum hér að framan, en auk þess að vera góður einangrunar og slökkvimiðill er talið að slíkt kerfi taki einungis 10-15% þess rýmis sem útivirki fyrir 132-220 kV kerfi taki. Mikið öryggi fylgir því hér á landi að hafa tengivirkið nánast innpakkað í þrýstihylki inni í húsi, þar sem veðurfarsáhrif s.s. ísing og selta eru úr sögunni.

Val er um tvær útfærslur 132 kV kerfa. Önnur útfærslan er þannig að fasar eru aðskildir þ.e. hver fasi í sérstöku gashylki. Dæmi um þá útfærslu má finna í aðveitustöð 2 (A2) við Meistaravelli og A5 við Elliðaár í Reykjavík og einnig í Hrauneyjavirkjun.

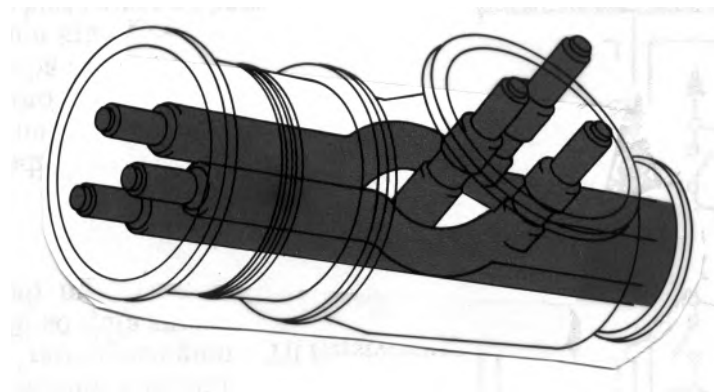
Hin útfærslan er eða að allir þrjú fasar eru saman í þrýstihylki, en sumir framleiðendur halda sig við þá útfærslu upp að 170 kV. Slíkt kerfi má finna t.d. í Blönduvirkjun og í aðveitustöð 1 (A1) í Reykjavík er samskonar kerfi og sýnt er á skýringarmynd. Þessi útfærsla tekur nokkru minna rými en er heldur dýrari.

Háspennukerfið



Mynd 4.15

SF₆-kerfinu er skipt niður í gashylki sem hvert um sig inniheldur ákveðinn hluta þess. Á milli hylkjanna eru þrýstingsheldar einangrunarplötur sem liggja þétt að leiðurunum. Sumir framleiðendur hafa notað ál í gashylkin, en aðrir stál. Mismunandi gasþrýstingur er hafður á hylkjunum, t.d. meiri þrýstingur á hylki sem inniheldur aflrofa heldur en aðra íhluti virkisins. Mynd 4.16 sýnir gashylki í þriggja fasa útfærslunni á safnteinum.

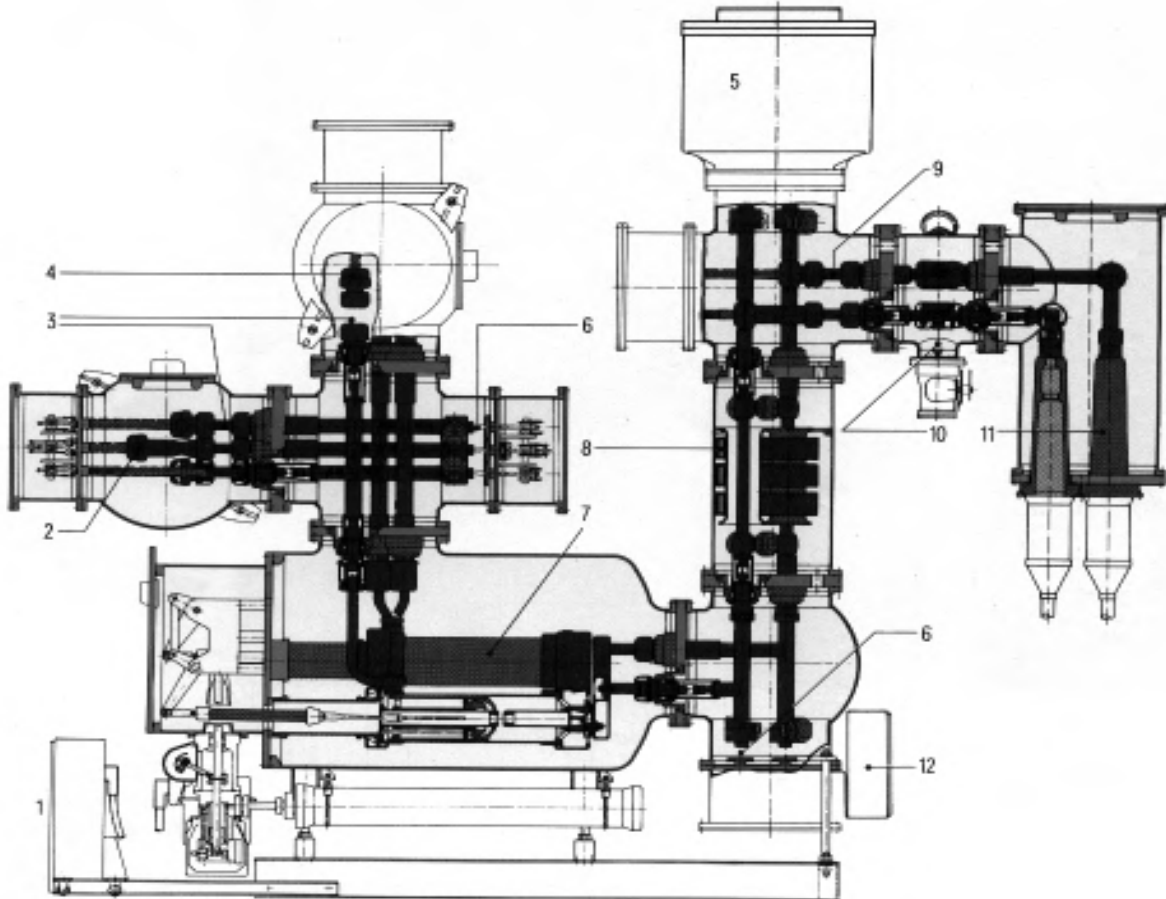


Mynd 4.16

Háspennukerfið

Það kemur sér vel við viðgerðir að hafa kerfið skipt niður á þennan hátt, því ekki þarf þá að tæma gas af nema viðkomandi hylki hverju sinni.

Sjálfvirktt kerfi vakir yfir gasþrýstingi hylkjanna og gefur aðvörun ef þrýstingur fellur. Í sumum tilfellum getur áfylling líka verið sjálfvirk.



Þverskurður gastengivirkis

Mynd 4.17

- | | | |
|------------------------------|------------------|----------------------------|
| 1. Stýrieining fyrir aflrofa | 5. Mælispennir | 9. Skilrofi við safnteina |
| 2. Safnteinar 1 | 6. Jarðtenging | 10. Jarðrofi |
| 3. Skilrofi við safnteina | 7. Aflrofi | 11. Skilrofi |
| 4. Safnteinar 2 | 8. Straumspennir | 12. Gaum fyrir gasþrýsting |

Háspennukerfið

Megin þættir SF6 tengivirkis

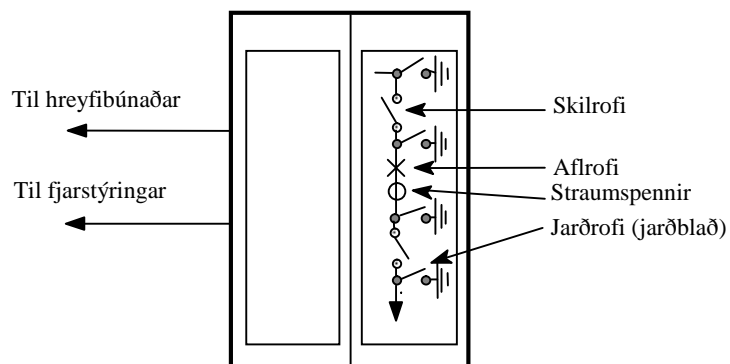
SF6-tengivirki getur staðið saman af eftirtöldum meginþáttum:

1. Stjórnbúnaði
2. Hreyfibúnaði
3. Aflrofum
4. Skilrofum
5. Jarðrofum (jarðblöðum)
6. Safnteinum
7. Spennumæla-spennum
8. Straum-spennum
9. Eldingavörum
10. Liðavörnum

1. Stjórnbúnaður.

Stjórnbúnaði er komið fyrir í frítt standandi töflum sem auðvelt er að komast að og þjóna. Á hurð hvernar stjórnstöflu er einlínummynd sem gefur til kynna hvaða þáttum er stjórnað frá henni, stjórnrofur, gaumljós og stöðuvísar, sem sýna stöðu viðkomandi rofa. Allar tengingar fyrir fjarstýringar eru í sérstökum tenglum. Stjórnstöflum er fjarstýrt með stjórnstöflu.

Mistök í stjórnun eru nánast útilokuð með "rafmagnslegum læsingum" (interlocks), t.d. ef reynt yrði að rjúfa straum með skilrofa, eða að tengja jarðblað með aflrofa tengdan



Mynd 4.18

Háspennukerfið

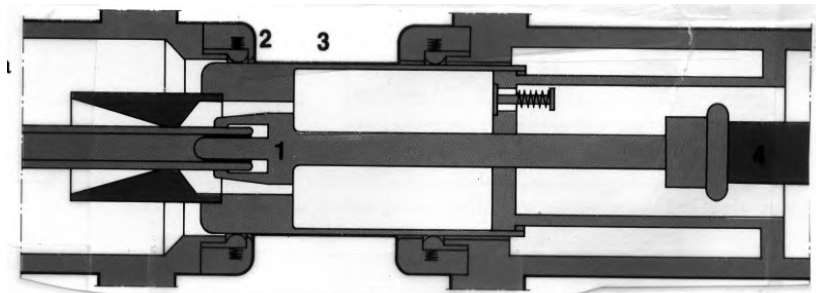
2. Hreyfibúnaður.

Hreyfibúnaður fyrir rofana er mismunandi ýmist drifin með þrýstilofti eða vökvakrafti og í sumum tilfellum eru skilrofar og jarðblöð drifin með rafmótor. Aflofar þurfa að vinna mjög hratt og ákveðið og verða að ljúka hverri hreyfingu. Rafboð sjá um að leysa þann kraft úr læðingi sem þarf til tengingar eða rofs. Aflofar þurfa alltaf að hafa geymdan kraft fyrir hendi til útleysingar.

3. SF6-aflofar.

SF6-aflofar eru einfaldir að gerð, áreiðanlegir og þarfnast lítils viðhalds. Snertur rofans eru líkt byggðar og í flestum öðrum háspennurofum. Fasta snertan er hulsa, en sú hreyfanlega kólfur og lögun snertiflatar hennar minnir á túlípana. Við tengingu og rof myndast gasstreymi að ljósboganum inni í slökkvihúsinu. Snerturnar tengjast sameiginlegum hreyfibúnaði með stöngum úr einangrunarefni.

Sjá mynd 4.19



1 Hreyfanleg snerta

3 Slökkvihús

2 Föst snerta

4 Hreyfistöng

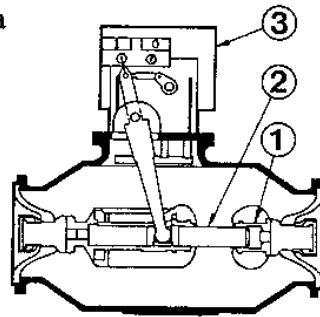
Mynd 4.19

Háspennukerfið

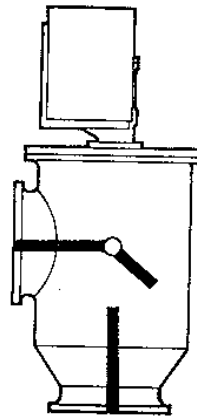
4. Skilrofar.

Skilrofar geta almennt ekki rofið straum, en eru notaðir til þess að aðskilja einn kerfishluta frá öðrum, eftir að aflrofi hefur rofið strauminn. Sumar tegundir SF6-skilrofa geta þó rofið straum, en það fer eftir því hve fljótvirkir þeir eru. Stöðu rofa má alltaf sjá af stöðuvísi á áberandi stað á hreyfibúnaði hans. Sjá mynd 4.20. Skilrofar eru framleiddir í þremur mismunandi útfærslum, beinir, mynd 4.20a, í vinkilhorn mynd 4.20b og T-laga, mynd 4.20c.

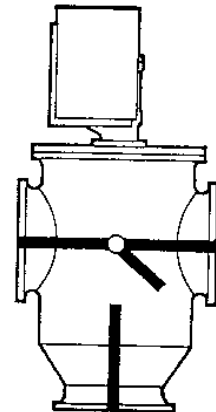
1. Föst snerta
2. Hreyfanleg snerta
3. Hreyfibúnaður



Mynd 4.20a



Mynd 4.20b



Mynd 4.20c

5. Jarðrofi.

Jarðrofar (jarðblöð) eru framleiddir af tveimur gerðum, seinvirk og fljótvirk. Seinvirka jarðblaðið er notað til að jarðbinda ef vinna þarf við einhvern kerfishluta. Þá er hægt að fá hand- eða mótordrífna.

Fljótvirka jarðblaðið er hentugra til jarðtengingar á kapalendum þar sem um mikla span- eða rýmdarhleðslu getur verið að ræða. Jarðblöð geta verið staðsett í sérstöku gashylki eða ásamt með skilrofa. Sjá mynd 4.21.

Háspennukerfið



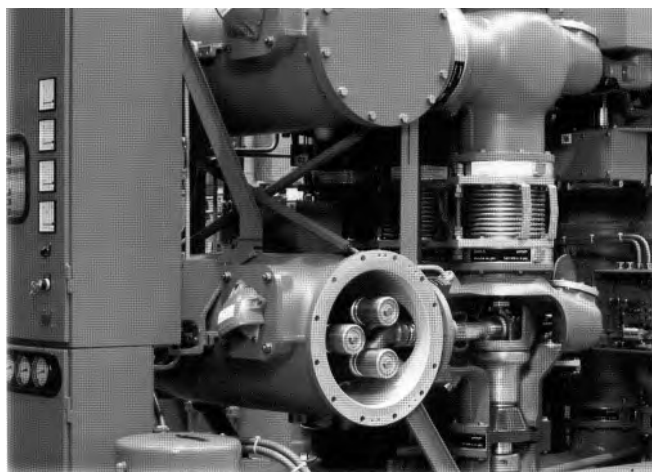
Mynd 4.21

6. Safnteinar.

Koma má fyrir bæði einföldum eða tvöföldum safnteinum í SF6-tengivirki. Þeim er venjulega komið fyrir í láréttum hylkjum þvert á stefnu aflrofanna. Þegar um tvöfalda safnteina er að ræða er þeim komið fyrir hvorum uppaf öðrum.

Sjá myndir 4.17 og 4.22.

Hér á landi er dæmi um þrefalda safnteina í SF6 innitengivirki við Sultartangavirkjun.



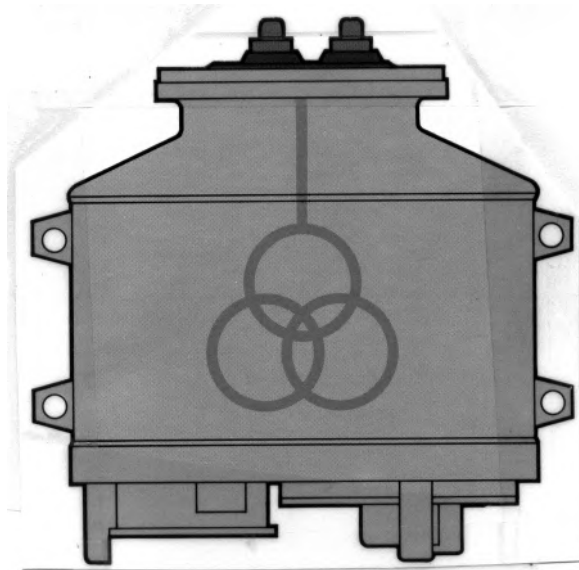
Fyrir miðri mynd er gashylki þriggjafasa safnteina.
Mynd 4.22

Háspennukerfið

7. Spennumælaspennar.

Auðvelt er að staðsetja þá hvar sem þörf er talin á, t.d. við safnteina, eða útgangandi línur. Eftirvafið getur verið með einn eða tvo vindinga sem geta tengst varnarbúnaði eða stýriliðum auk opna þríhyrnings-tengda vafsins fyrir mælingu.

Á mynd og 4.22. er mælaspennir með einu forvafi og tveimur eftirvöfum.



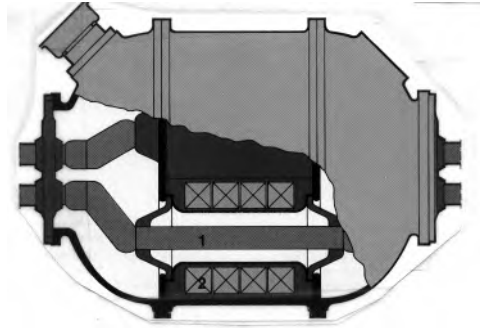
Mynd 4.23

8. Straumspennar.

Þeim er oft komið fyrir í sérstöku gashylki eða í sama hylki og aflrofi. Straumspennar eru einfaldir að gerð, en hafa mikilvægu hlutverki að gegna í kerfinu varðandi straummælingu og vegna varnarbúnaðar og aðvarana. Þeir geta verið í mismunandi stórum gashylkjum því kröfur um vafninga-fjölda eftirvafs og nákvæmni geta verið breytilegar.

Sjá myndir 4.17 og 4.23.

Háspennukerfið

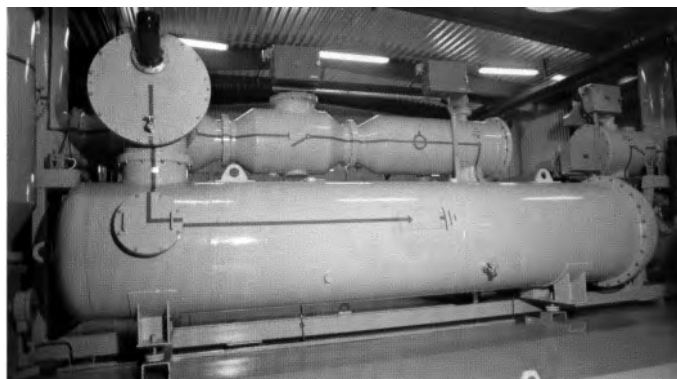


Mynd 4.24

9 Yfirspennuvörn.

Þegar loftlínur tengjast SF₆-tengivirki og þau eru tengd beint við spenna er þörf á að hafa eldingavara. Þeir eru framleiddir gaseinangraðir og ætlað það hlutverk að verja kerfið og spenna fyrir spennupúlsum vegna eldinga eða af völdum spans í kerfinu. SF₆-eldingavarar eru dýrir og því er oft reynt að leysa þetta yfirspennuvandamál með öðrum hætti.

Sjá mynd 4.25.

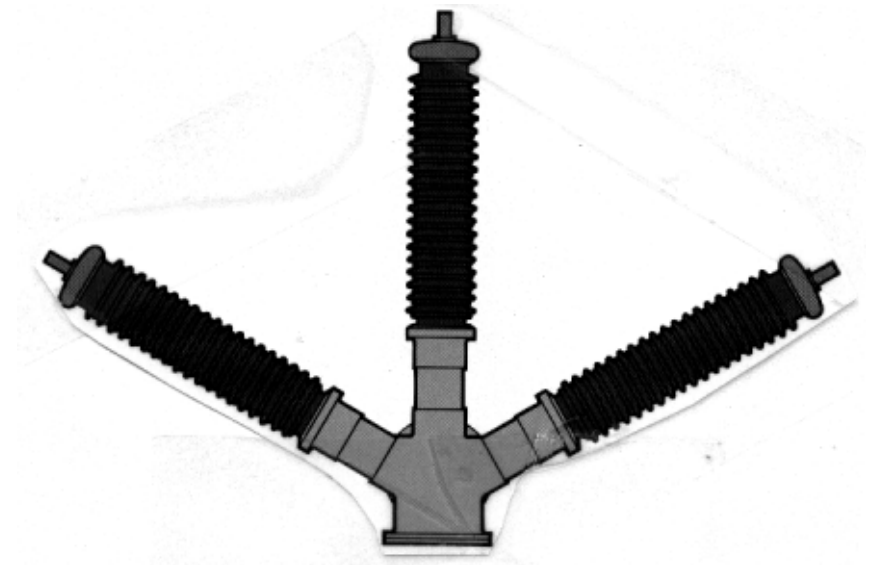


Mynd 4.25

Háspennukerfið

10. Liðavarnir.

Liðavarnir eru fyrir öll háspennuvirki og eru SF6-tengivirki ekki nein undantekning. Þær vernda búnaðinn fyrir utanaðkomandi truflunum með því að gefa boð um aftengingu kerfis eða kerfishluta. Einnig geta þær sett af stað viðvaranir ef komið er að áhættumörkum í einhverju tilliti. Tölvuvæðing útleysinga og aðvarana gerir það kleift að rekja má uppruna útleysinga í millisekúndna atvikaröð, sem var ekki mögulegt áður



Úttak úr SF6-kerfi yfir í lofteinangrað kerfi.
Mynd 4.26

Háspennukerfið

4.4 Spurningar úr 4 kafla

4.1

Skipta má háspennutengivirkjum í tvo flokka eftir gerð þeir eru?

4.2

Teldu upp helstu íhluta tengivirkja (5 atriði).

4.3

Hve margir vindingar eru í forvöfum straumspenna?

4.4

Hve mörg eftirvöf getur straumspennir haft?

4.5

Hvaða tvö málstraumsgildi eftirvafs í straumspennum eru ríkjandi?

4.6

Hver er helst munur á forvafi spennumælaspennis og straumspennis?

4.7

Hvert er raunverulegt breytihlutfall spennumælaspennis með eftirvafsspennuna 110 V, sem er tengdur inn á fasa 132 kV kerfis og núllskaut?

Háspennukerfið

4.8

Hvert er raunverulegt breytihlutfall spennumælaspennis með eftirvafsspennuna 110 V, sem er tengdur inn á fasa 220 kV kerfis og núllskaut?

4.9

Hvernig vinna eldingavarar, í stuttu máli?

4.10

Hvar eru eldingavarar staðsettir í tengivirkjum?

4.11

Lýstu atburðaröð við aftengingu línu samkvæmt mynd 4.10.

4.12

Hvert er hlutverk jarðrofa (jarðblaðs)?

4.13

Hve margar vélasamstæður eru í Búrfellsstöð og hver er afkastageta hvernar þeirra?
Sjá mynd 4.10.

4.14

Hver er raun- og launafldsframleiðsla stöðvarinnar á þeirri stundu sem skjámyndin er prentuð út?

4.15

Hver er vatnsnotkun stöðvarinnar á þeirri stundu sem skjámyndin er prentuð út?

Háspennukerfið

4.16

Hver er málspena rafalanna?

4.17

Hvaða kraftur er notaður til inn- og útsetningar rafalarofanna?

4.18

Hvert er breytihlutfall spennanna SP1-3?

- a) Miðað við málspenugildi?
- b) Miðað við spennugildi á þeirri stundu sem skjámyndin er prentuð út?

4.19

Hvaða línur eru tengdar safnteinum A á þeirri stundu sem skjámyndin er prentuð út?

4.20

Hvaða rofi er notaður til þess að spennusetja varasafn teina?

4.21

Hvaða for- og eftirvafsspennur hefur spennir SP5 á þeirri stundu sem skjámyndin er prentuð út?

4.22

Lýstu helstu eiginleikum SF6-gass í fáum orðum.

4.23

Hvaða eiginleikar SF6-gass gera það að góðum slökkvimiðli?

Háspennukerfið

4.24

Hvaða hliðarefni myndast við rof og hvernig lýtur það út?

4.25

Nefndu þrjú öryggisatriði sem hafa verður í huga þegar unnið er við innri búnað SF₆-rofa?

4.26

Hvernig má greina það að raki hafi komist í slökkvi hólf?

4.27

Hver yrði þrýstingurinn í hylkinu samkvæmt línuriti (Mynd 4.13) við -20°C og við $+60^{\circ}\text{C}$?

4.28

Hvað gæti gerst ef þrýstingur í viðkomandi hylki fer yfir 5 bör. (Mynd 4.13).

4.29

Hvaða áhrif hafa hitastigsbreytingar á SF₆-gas?

4.30

Lýstu stuttlega hvað gerist í gasinu við rof?

4.31

Hvað tekur SF₆-spennuvirki mikið rými miðað við útvirki?

4.32

Hvaða tvo útfærslumöguleika er hægt að fá af 132 kV tengivirkjum?

Háspennukerfið

4.33

Er sami gasþrýstingur á öllu kerfinu?

4.34

Hvernig eru rangar tengingar útilokaðar?

4.35

Nefndu þrjár tegundir hreyfibúnaðar.

4.36

Hvaða gerð af snertum er notuð í aflrofunum?

4.37

Nefndu þrjár útfærslur á skilrofum.

4.38

Nefndu tvær gerðir af jarðblöðum.

4.39

Lýstu fyrirkomulagi þegar um tvöfalda safnteina er að ræða.