



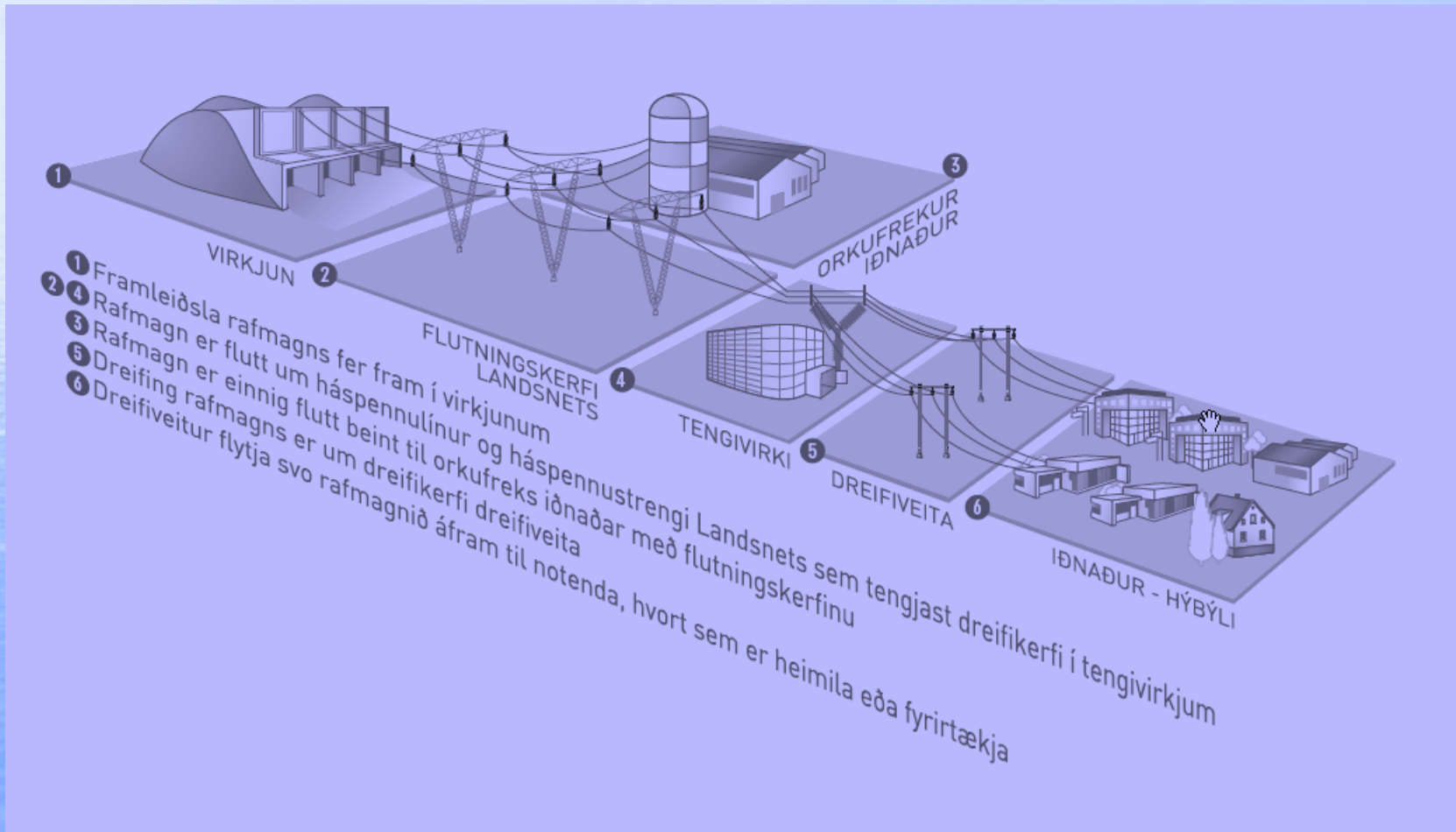
6. önn. Rafmagnsfræði

Háspennukerfi

Framleiðsla orkunnar og fleira.

Orrí Torfason

Framleiðsla rafmagns fer fram í virkjunum. Flutningslínur liggja um dreifikerfið



Landsfeður höfðu ekki mikla trú á framtíð raforkunnar.

- Rafveitumál voru mikið rædd í Reykjavík um og eftir aldamótin, einkum var deilt um hvort betra væri að setja upp gasstöð til suðu eða rafstöð til ljósa.
- Umræðurnar enduðu með því að reist var gasstöð 1910. Var stöðin í fyrstu nýtt bæði til ljósa og suðu, einnig voru settir upp nokkrir gashreyflar.



Gasstöðin starfaði frá 1910 til 1956 – stuttu eftir það var hún rifin og um 1970 reis þarna Lögreglustöðin

Afl stöðvarinnar var í upphafi 4kW en síðar stækkuð í 9kW



Jóhannes Reykdal setti upp vatnsaflsrafstöð 12. desember árið 1904 og bauð almenningi rafmagn til afnota. Það var fyrsta almenningisrafveitan á Íslandi.

<http://www.ferlir.is/?id=3372>

Var það ásamt olíuknúnum ljósavélum upphaf rafvæðingar.

Næstu árin komu litlar veitur víða um land. Mesta breytingin varð þegar Elliðaárvirkjun tók til starfa árið 1921. Hún fjórfaldaði raforkuframleiðslu í landinu. Með henni var Reykjavík raflýst á skömmum tíma og iðnaður tók raforku í gagnið auknum mæli.

<http://astdisrakerhlynsdo.wixsite.com/vatn/san>

- Árið 1911 var sett upp virkjun í Ljósá á Eskifirði. Vatnsvélin var 40hö, en tengt við hana 15kW rakstraumsrafali.
- Á næstu árum og áratugum fjölgaði vatsaflstöðvum smán saman víðsvegar um landið.
- Árið 1912 var komið upp rafstöð á Bíldsfelli í Grafningi Þessi rafstöð var fyrsta vatnsaflsstöðin fyrir sveitabýli hér á landi.
Slíkum stöðvum fjölgaði ört á næstu áratugum, Aðallega í Skaftafellssýslum og Suður-Þingeyjarsýslu.
- Árið 1946 voru 290 rafstöðvar í sveitum landsins. 74 í Skaftafellssýslum og 34 í Suður-Þingeyjarsýslu.

Vatnshverflar.

Vélar sem breyta vatnsorkunni í hreyfiorku nefnast hverflar eða túrbínur.

Þeim má skipta í tvo meginflokka :

yfirprýstihverfla og bunuhverfla.

Yfirprýstihverflar byggja á mismunandi þrýstingi sitthvoru megin við vatnshjólið.

Stöðuorka vatnsins breytist í hreyfiorku.

Þegar vatnið fer út úr hjólinu myndar það bakþrýsting á skóflur þess og fer um sogrör sem veldur undirþrýstingi niður í frárennslisrásina. Þetta eykur þrýstifallið yfir vatnshjólið.

Í bunuhverflum er vatnsþrýstingur sá sami báðumegin við vatnshjólið og það nýtir einungis hreyfiorku þess.

Yfirprýstihverflar.

Francis	fallhæð 10-350 metrar
Kaplan	fallhæð 2 -40 metrar

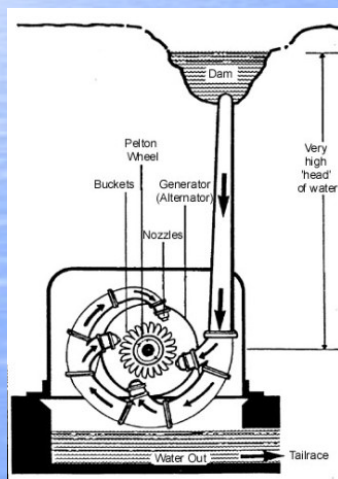
Francis er algengastir og nýtast við meðalfallhæð, mest notaðir í stærri virkjunum hérlendis.

Kaplan eru sjaldgæfari og nýtast þar sem fallhæð er lítil. Hér á landi er lítið um Kaplanhverfla, en þeir eru í Steingrímsstöð og Lagarfljótsvirkjun.

Bunuhverflar.



Algengastur er Pelton, þeir eru notaðir í öllum smávirkjunum.
En dæmi um stærri virkjun hér á landi er Mjólkárveikun.



Pelton 50 - 1300 metrar

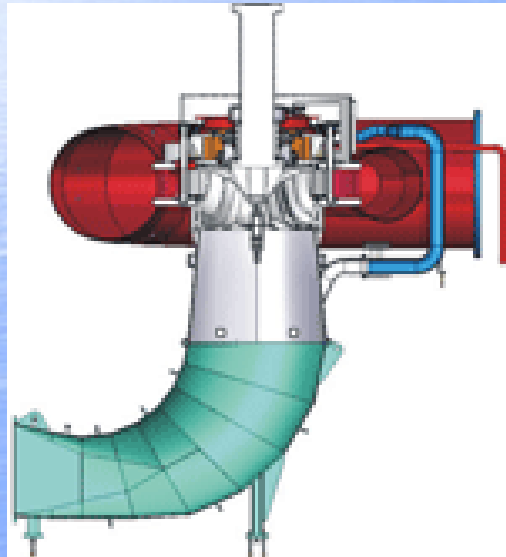


Í bunuhverflum er vatnsprýstingur sá sami báðumegin við vatnshjólið og það nýtir einungis hreyfiorku þess.

Vatnshverlar Francis

<https://www.youtube.com/watch?v=3BCiFeykRzo>

Stöðuorka vatnsins breytist í hreyfiorku.
Þegar vatnið fer út úr hjólinu myndar það bakþrýsting
á skóflur þess og fer um sogrör sem veldur undirþrýstingi
niður í frárennslisrásina



Yfirþrýstihverflar
byggja á mismunandi
þrýstingi
sittvoru megin við
vatnshjólið.



Raforkuframleiðsla í virkjunum byggist á vatnsmagni og fallhæð.

Afl vélasamstæðu:

$$P_g = v \cdot r \cdot g \cdot \Delta Z$$

P_g = Grunnafl virkjunar

v = Vatnsmagn sem streimir gegnum vatnshverfil

ΔZ = Fallhæð

r = Massi í kílógrömmum

g = Þyngdarhröðun ($9,82\text{m/s}^2$)

Grunnaflið er tilfærtafl (P inn)

Afl breytist úr hreyfiafli í rafmagnsafl í samstæðunni

Meðalnýtni tiltölulegra nýrra véla er 90%

Aflið sem samstæða gefur af sér miðað við einn rúmmetra vatns og eins metra fallhæð er umþað bil:

$$P = P_g * \eta = 9,82 * 0,9 = 8,838 \text{ kW}$$

Rafalar

Öll raforkuver á Íslandi eru þriggjafasa, 50 Hz riðspennukerfi.

Rafalar í virkjunum eru þriggja fasa riðstraumsrafalar, en gerðir fyrir mismunandi spennu. Í eldri virkjunum er spennan um 5-6 kV, en 11-14 kV í þeim nýrri.

Stærstu rafalar eru í Kárahnjúkavirkjun um 120MVA.

Í eldri virkjunum hér á landi eru rafalar segulmagnaðir með jafnspennu framleiddri í ástengdum jafnstraumsrafölum.

Eftir 1980, er spenna rafalans afriðuð inn á pólhjólið.

Vatsaflsvirkjanir

Fjarðarselsvirkjun var byggð 1913

Fallhæð var 48 metrar.

Vélar stöðvarinnar voru upphaflega ein 75 hestafla
(55,2kW)

Vélasamstæða af Siemens gerð.

Spenna rafala var 3150volta riðspenna.

Stöðvarhúsið í Fjarðarselsvirkjun,



Orri Torfason

Vélarnar í Fjarðarselsvirkjun.

Elsta vélin var ræst 13 október 1913.



Fjarðarselsvirkjun

Árið 1924 var önnur vélasamstæða tekin í notkun.
Afl stöðvarinnar tvöfaldaðis við þetta.

Rafveitan á Seyðisfyrði var fimmta rafveitan til almenningsþarfa og fyrsta riðstraumsveitan með háspennudreifikerfi hér á landi.

Elliðaárstöð.



- Eftirspurn eftir rafmagni jókst hratt og árið 1921 var tekinn í notkun fyrsta vatnsaflsstöðin sem var yfir eitt megawatt. En það var fyrsti áfangi Elliðaárvirkjunar 1,03MW í eigu Reykjavíkurborgar.

Landsvirkjun.

- Árið 1965 var orkufyrirtækið Landsvirkjun stofnað, sem helmingahlutafélsag ríkis og Reykjavíkurborgar.
- Fyrirtækinu var veitt heimild til að virkja þórsá við Búrfell.



Búrfell.

Áform um virkjun Þjórsár við Búrfell komu fyrst fram hjá Fossafélagi Einars Benediktssonar skálds árið 1917.

Virkjunin var þó ekki reist fyrr en um 1970 og þá í tengslum við tilkomu álversins í Straumsvík.



Hugmynd Berner & Berner arkitekta að Búrfellsstöð frá árinu 1918.

Búrfellsvirkjun.

Búrfellsvirkjun er fyrsta virkjun í heiminum til að virkja jökulvatn.

Til þess að tryggja rekstur hennar voru gerð ís-fleyti mannvirki til þess að flytja þann ís sem myndaðist í ánni við ákveðin veðurskilyrði fram hjá inntaksmannvirkjunum. Þessi mannvirki áttu sér enga fyrirmynd.

Seinni hluti virkjunarframkvæmdanna var alfarið í höndum Íslendinga, og þar með var fengin viðurkenning Alþjóðabankans á þekkingu og getu landsmanna til að standa fyrir verkum af þessari stærð.

Búrfellsvirkjun.

Í ársbyrjun 1998 var lokið við að skipta um vatnshjól í vélunum og við þessar framkvæmdir hefur uppsett afl aukist um ca. 10MW á hverja vél og telst nú stöðin 270MW.

Landsvirkjun.

Í kjölfar Búrfellsvirkjunar hefur Landsvirkjun reist eftirtaldar vatnsaflsvirkjanir:

- Sigöldu í Tungnaá 1977,
- Hrauneyjavirkjun í Tungnaá 1981,
- Blönduvirkjun 1991,
- Sultartangavirkjun á mótum Þjórsá og Tungnaár 1999,
- Vatnsfellsvirkjun í afrennsli Þórisvatns.

Sogsvirkjanir.

- Reykjavíkurborg fékk sérleyfi árið 1933 til virkjunar Sogsfossa.



Orri Torfason

Sogsvirkjanir.

- Ljósafossstöð var fyrsta virkjun sem þar var virkjuð og var með tvær vélasamstæður sem var hvor um sig 4,4MW.
- Næst í röðinni var Írafossvirkjun, 1950 – 1953.
- Þar næst Steingrímsstöð, sem hefur tvær 13,5MW vélar og vatshverlarnir eru af Kaplangerð.

Laxárvirkjanir.

Laxá í Aðaldal var virkjuð í þremur skrefum.

Laxárstöð 1 er 5MW með tvær aflvélar.

Sú fyrri var tekin í notkun árið 1939.

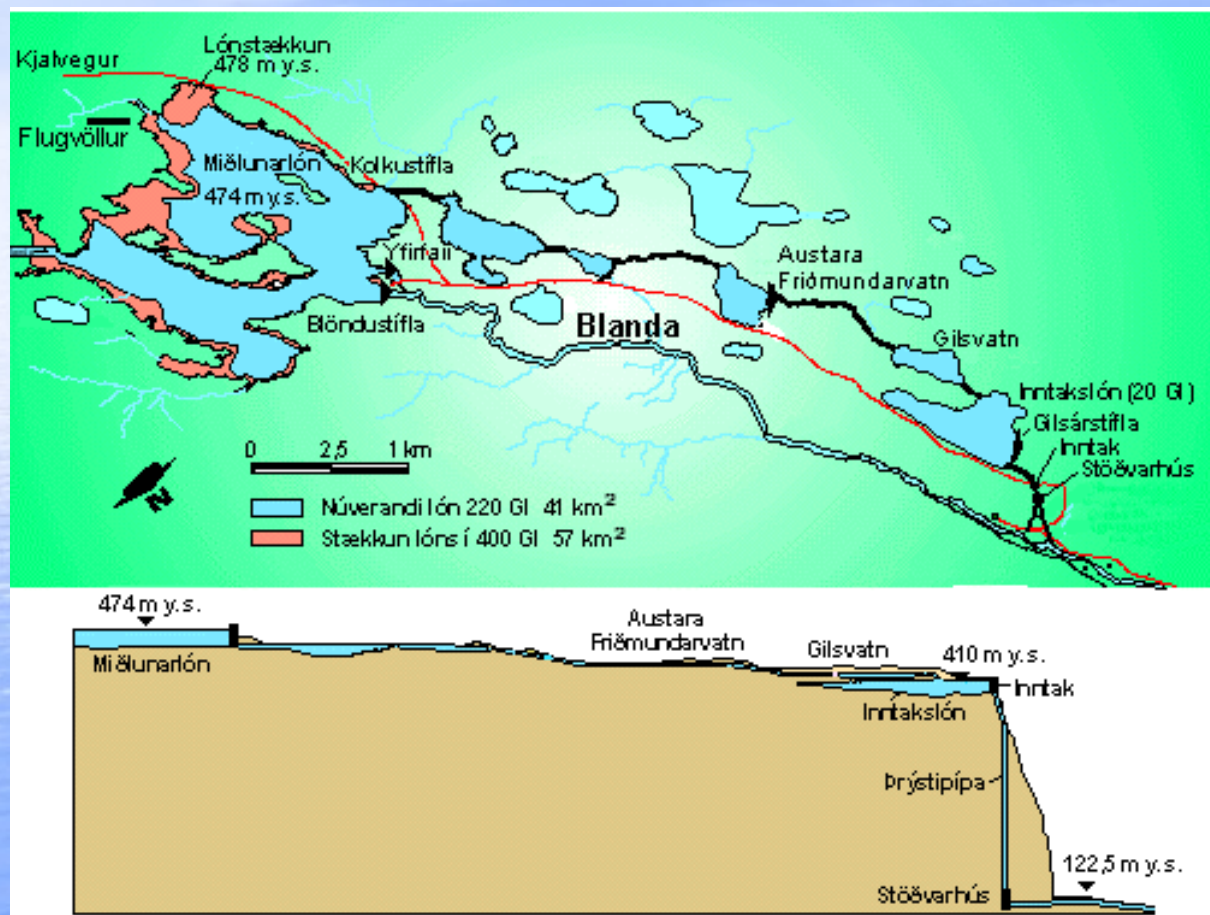
Sú seinni var tekin tekin í notkun 1944.

Laxárvirkjanir.

Laxárstöð 3 er neðanjarðar og nýtir einnig 29 metra fallhæð.

Þar er ein aflvél 9MW, en gert var ráð fyrir annari sem hætt var við að setja niður eftir hatrammar deilur við búendur í Mývatnssveit.

Blöndustöð.



- Blöndustöð er á margan hátt einstætt mannvirki en stöðvarhús hennar stendur á rúmlega 200 metra dýpi niðri í jörðinni.
- Hún er fyrsta stórvirkjun Íslendinga, sem segja má að sé að öllu leyti íslenst hönnunn.

Blönduvirkjun.

- Rafmagnsveitur ríkisins önnuðust undirbúningsframkvæmdir og höfðu umsjón með hönnun og gerð samninga við heimamenn vegna Blönduvirkjunar.
- Í ágúst 1982 gerðu ríkisstjórn Íslands og Landsvirkjun með sér samning um að Landsvirkjun reisti og ræki Blöndustöð í stað Rafmagnsveitnanna. Framkvæmdir hófust árið 1984 og haustið 1991 var fyrsta vélasamstæðan tekin í notkun.

Kennitölur og tæknilegar upplýsingar um Blöndustöð

Vatnasvið virkjunar: 1.520 km²

Meðalrennsli til virkjunar: 39 m³/S

Fallhæð: 287 m

Blöndulón, flatarmál við 478 m y.s.: 57 km²

Miðlunarrými: 400 GI

Gilsárlón, flatarmál : 5 km²

Miðlunarrými: 20 GI

Afl, 3 Francis hverflar, 50 MW hver: 150 MW

Orkugeta: 720 GWh/ári

Laxárvirkjanir.

- Uppsett afl Laxárstöðvanna þriggja er 23 MW og stöðin tengist háspennukerfi landsins með 66kV háspennulínu til Akureyrar.

Kárahnjúkavirkjun.

- Álverið í Reyðarfirði, var með áætlaða 295 þúsund tonna ársframleiðslu.
- Þetta var forsenda byggingu Kárahnjúkavirkjunar,



Framkvæmdir við Kárahnjúkavirkjun hófust síðla árs 2003.

Kárahnjúkavirkjun.



Kárahnjúkavirkjun.



Uppsett afl 690 MW

Orkuvinnslugeta 4.600 gígavattsstundir á ári

6 Francis, hverflar lóðréttir ásar
Stærð 115 megavött hver



Heildarfallhæð frá Hálslóni í stöðvarhús í Fljótssdal

599 metrar

Hönnunarrennsli (mesta mögulega rennsli)

144 rúmmetrar á sekúndu

Orri Torfason



Jökulsá á Dal stífluð við Fremri-Kárahnjúk og myndað miðlunarlón, Hálslón. Í Jökulsá í Fljótsdal myndar lítið lón með stíflu, Ufsarlón. Jarðgöng boruð úr Hálslóni út á Teigsbjarg, ofan Fljótsdals. Á leiðinni tengjast þau öðrum göngum úr Ufsarlóni. Vatnið fer um tvenn fallgöng að stöðvarhúsinu inni í fjallinu, rennur í gegnum sex aflvélar og áfram um göng og skurð út í farveg Jökulsár í Fljótsdal austur undan Valþjófsstað

Orri Torfason

Jarðgufuvirkjanir.

- Hentugt þykir að virkja jarðgufusvæðin í minni einingum t.d. 20-40MW.
- Virkjun í Bjarnarflagi.
Laxárvirkjun lét reisa fyrstu jarðgufuvirkjun hér á landi árið 1969 með uppsett afl 3MW, í Bjarnarflagi í Mývatnssveit.

Verkhönnun 2x20MW virkjunar í Bjarnarflagi var lokið á árinu 1994.

Bjarnarflag.

- Hverasvæðið vestan Námafjalls nefnist Bjarnarflag. Þar urðu eldsumbrot og miklar náttúruhamfarir á árunum 1725-28 en Bjarnarflag tók einnig nokkrum breytingum í Kröflueldum.



Bjarnarflag.

Jarðgufustöðin í Bjarnarflagi í Mývatnssveit er minnsta aflstöðin í eigu Landsvirkjunar. Aflstöðvarinnar er 3 MW og nýtir hún gufu jarðhitasvæðisins við Námafjall til raforkuframleiðslu.



Árið 1969 reisti Laxárvirkjun 3MW gufuafli-stöð í Bjarnarflagi, sem nýtir gufu jarðhitasvæðis við Námafjall.

Þetta er fyrsta virkjunin héraendis sem nýtir gufuafli.

Kröfluvirkjun.

https://www.youtube.com/watch?v=Oc5qiABvBK4&feature=emb_rel_pause



Framkvæmdir við jarðgufuvirkju hófst með tilrauna borunum á Kröflusvæðinu árið 1974.

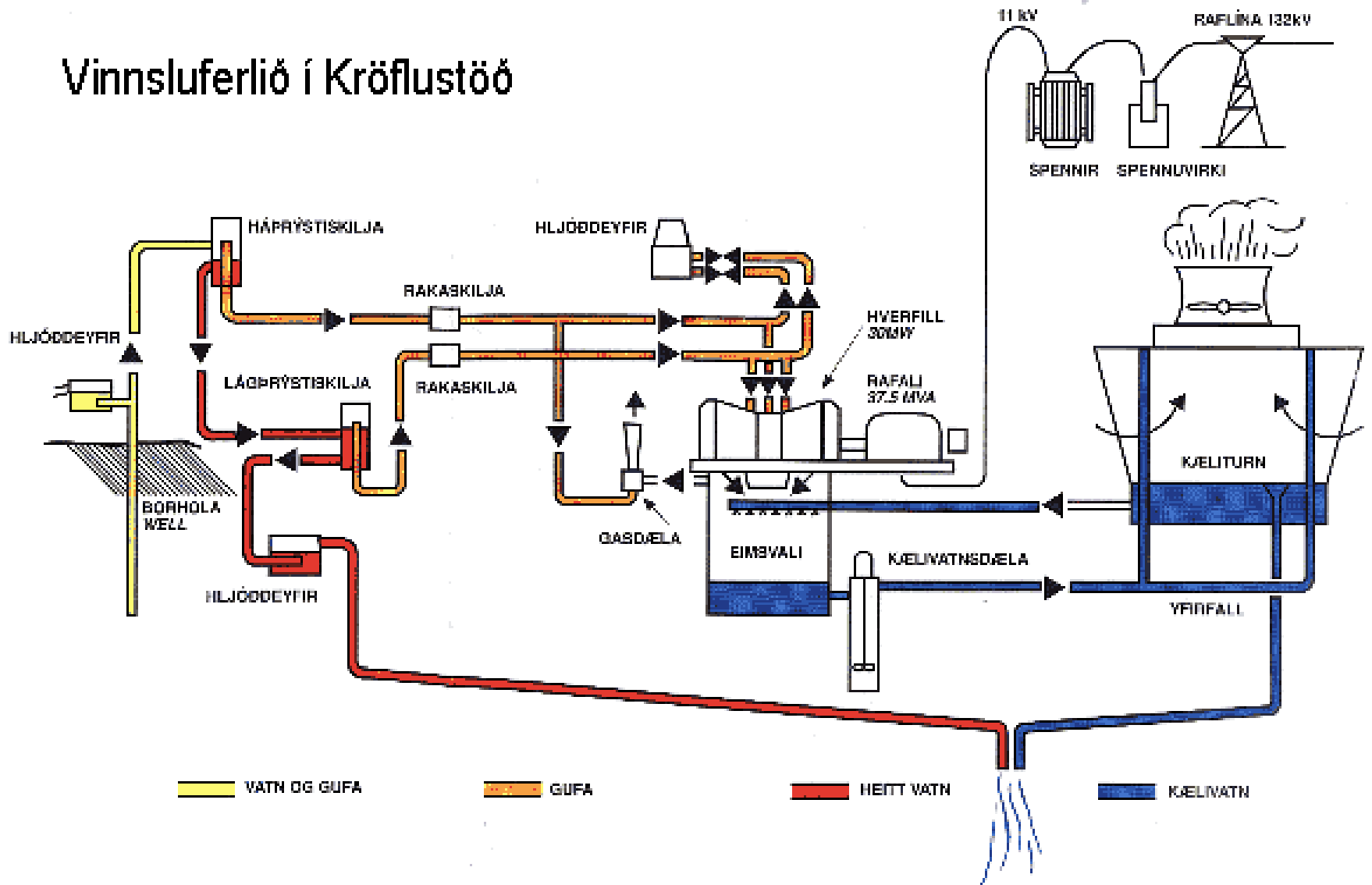
Jarðgufuvirkjanir. Kröfluvirkjun.

- Fyrri vélarsamstæðan var gangsett í ágúst 1977, en vegna skorts á gufuafli þá hófst rafmagnsframleiðsla ekki fyrr en í febrúar 1978.
- Í upphafi var stöðin rekin með mjög takmörkuðu afli á einni vélarsamstæðu.
- Með hringtengingu byggðarlínu varð Kröflustöðin mikilvæg vegna staðsetningar við að halda uppi spennunni á línunni.

Jarðgufuvirkjanir. Kröfluvirkjun.

- Fyrri vélarsamstæðan var gangsett í ágúst 1977, en vegna skorts á gufuafli þá hófst rafmagnsframleiðsla ekki fyrr en í febrúar 1978.
- Í upphafi var stöðin rekin með mjög takmörkuðu afli á einni vélarsamstæðu.
- Með hringtengingu byggðarlínu varð Kröflustöðin mikilvæg vegna staðsetningar við að halda uppi spennunni á línunni.

Vinnsluferlið í Kröflustöð



Jarðgufuvirkjanir. Kröfluvirkjun.

- Raforkuframleiðsla hófst með seinni samstæðunni á hálfum afköstum í nóvember 1997. Eftir boranir og endurbætur á gufuveitunni 1998 var stöðin kominn í full afköst 60MW afl eins og gert var ráð fyrir í upphafi.

<https://www.youtube.com/watch?v=kjpp2MQffnw>

Jarðgufuvirkjanir. Nesjavallarvirkjun.

<https://www.youtube.com/watch?v=2Lu4ya0QvIc>

- Uppsett afl stöðvarinnar er 120MW.



Jarðgufuvirkjanir. Svartsengi.



Orri Torfason

Jarðgufuvirkjanir. Reykjanesvirkjun.

Reykjanesvirkjun er jarðvarmavirkjun, 100 MW að stærð. Borholur eru 12, 1.800-2.600 m djúpar og hiti í þeim er 285-315 °C. Til kælingar eru notaðir 4.000 l af sjó.

Hellisheiðarvirkjun.



Orkuveita Reykjavíkur hefur reist jarðvarmavirkjun til rafmagns- og heitavatnsframleiðslu á sunnanverðu Hengilssvæðinu.

Heildarafkastageta er 90MW.

Jarðgufuvirkjanir. Reykjanesvirkjun.





Nesjavallavirkjun framleiðir nú 120 MW af rafmagni og 300 MW í varmaorku

<http://fraedsla.or.is/raforka/jardvarmavirkjanir/nesjavellir/>



Hellisheiðarvirkjun nýtir jarðvarma til rafmagns- og heitavatnsframleiðslu á sunnanverðu Hengilssvæðinu í Sveitarfélaginu Ölfusi í Árnessýslu

Vindorka

<https://www.landsvirkjun.is/rannsoknirogthroun/vindmyllur>

Norðan við Búrfell er hraunslétta sem kölluð er Hafið. Þrátt fyrir nafnið er Hafið sjötíu kílómetra frá sjó, en þar hefur Landsvirkjun reist tvær vindmyllur í rannsóknarskyni. Vindmyllurnar eru þær langstærstu sem reistar hafa verið á Íslandi og þetta er í fyrsta sinn sem hagkvæmni raforkuframleiðslu með vindorku er könnuð á Íslandi.

<https://www.youtube.com/watch?v=CiMU0dLpi-U>

https://www.youtube.com/watch?v=qSWm_nprfqE

<https://www.youtube.com/watch?v=RNPIRfxUTQ4>

https://www.youtube.com/watch?v=v_aSkH_GEuE

Vatnsmiðlun.

Aflþörf virkjana er misjöfn, þess vegna eru notaðar vatnsmiðlanir.

Árnar eru vatnsmestar á vorin og haustin, en vatnsminnstar á veturna.

Vatni er safnað í uppistöðulón.

Lokunarbúnaði er stýrt gegnum fjarskipta kerfi Landsvirkjunar.

Vatnsmiðlunin.

- Þar sem ekki er hægt að geyma raforkuna, verður að geyma í staðinn vatnsforðann, sem síðan má grípa til þegar þörf gerist og miðla honum.

Þórisvatnsmiðlun

Þórisvatnsmiðlun var byggð á árunum 1970-1972.

Þórisvatn er stærsta miðlunarlón landsins og nýtist öllum virkjunum á Tungnaár – og Þjórsársvæðinu.

Miðlunargeta Þórisvatns er nálægt 1400GI.





Raforkukerfi Íslands

Háspennurof

Orri Torfason

Háspennurofar

Straumrof.

- Ef breyting verður á straumstyrk í rás sem inniheldur spólu,
- Þá spanast spenna í vöfum spólunnar.
- Rás þar sem getur myndast sjálfspan kallast sjálfspanrás.

Háspennurofar

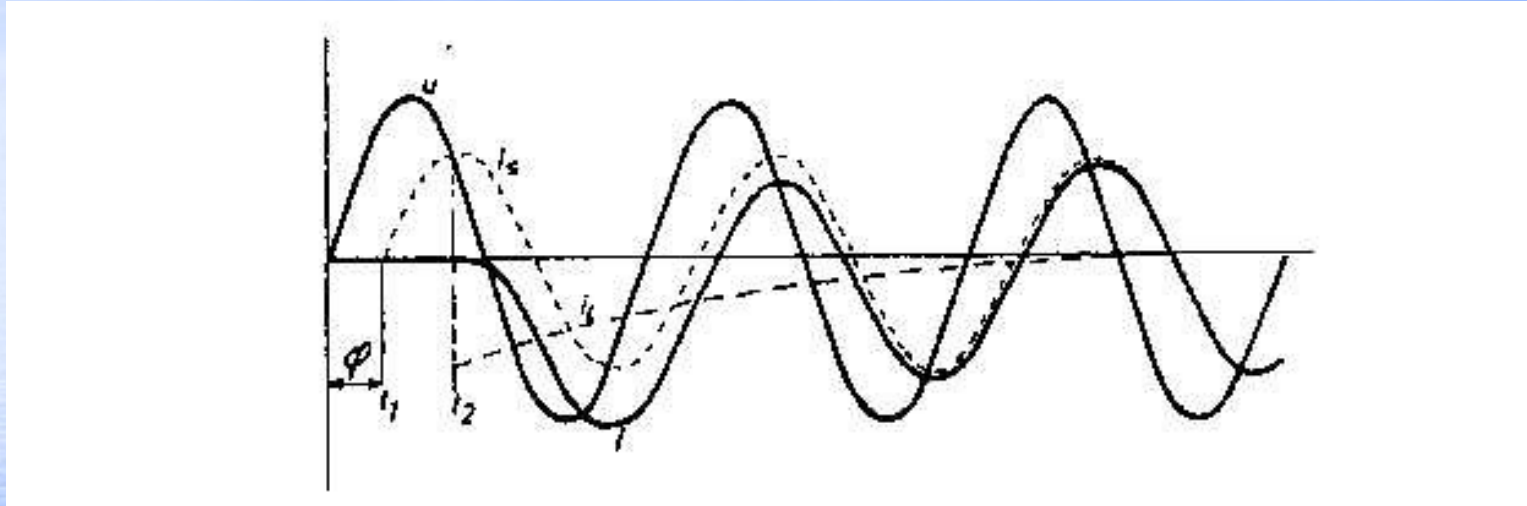
Spennan sem sjálfspanið myndar leitast við að vinna gegn straumbreytingunni, orsök sinni. Þannig vinnur spanaða spennan móti vaxandi straum, en með minnkandi straum.

Þetta kemur fram sem "mótspenna við tengingu, en"meðspenna við rof"

Háspennurofar

- Sá tími sem líður frá því að rofi tengir og straumur hefur náð sínu endanlega gildi kallast yfirgangsástand.
- Þegar straumaukningu er lokið er kallað lokaástand.

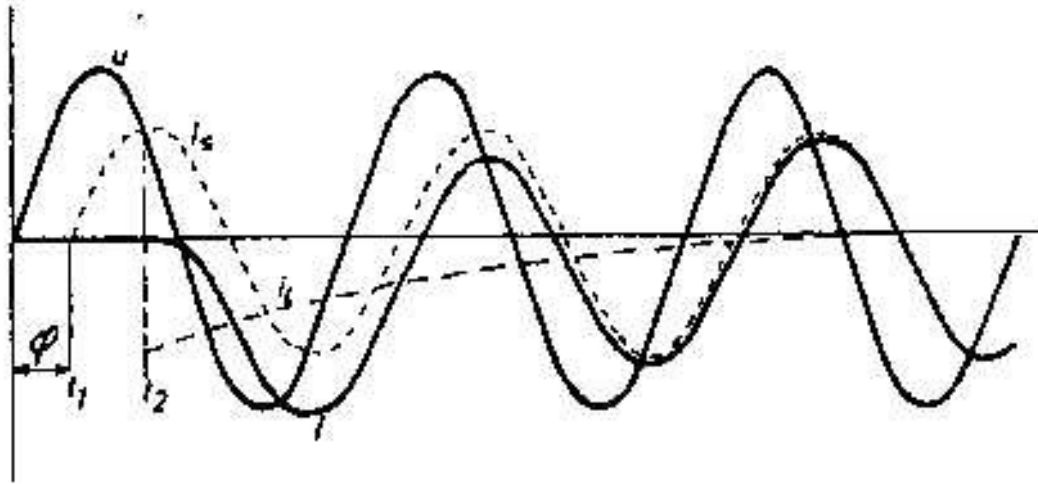
Tenging



Myndin á bæði við raun og spanviðnám.

Í lokaástandi er straumurinn sínuslaga riðstraumur, sem hefur fasvikið φ frá spennunni U .

Háspennurofar



Ef tengingin gerist í tímapunktinum **t_1** , þá kemst lokaástand á strax.

Ef tengingin gerist í tímapunktinum **t_2** , þá verður straumur samkvæmt línu **I**

Háspennurofar

Rofspenna

Oft er í sömu straumrás bæði span og rýmdarviðnám.

Ef raunviðnámið er minna en $2\sqrt{L/C}$ þá telst rásin sveiflurás.

Þegar sveiflurás er rofin myndast spenna yfir snertur rofans

sem er hærri en spenna rásarinnar U .

Þessi spenna er kölluð rofspenna.

Rofspenna

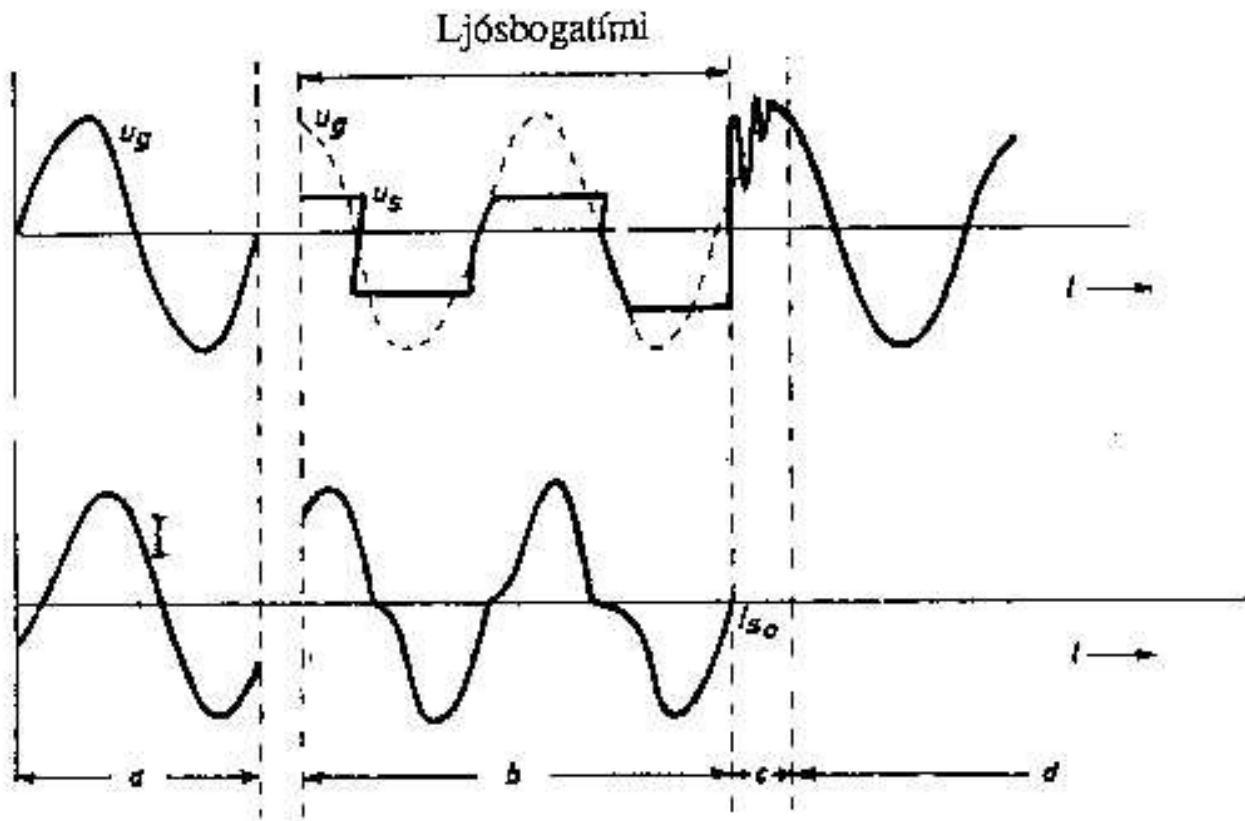
Riðstraum er auðveldast að rjúfa þegar hann er við núllpunktinn.

Ljósboginn mun valda því að straumurinn rofnar ekki við fyrsta núll eftir rof.

Í riðstraumskerfum er því reynt að slökkva ljósbogann sem fyrst, þannig að hann kvikni sem sjaldnast og þannig er flýtt fyrir rofinu.

Háspennurofar

Rof í riðstraumrás með venjulegri lestun.



U_g = Spenna spennugjafa.

I = Straumur frá spennugjafa.

U_s = Spenna yfir ljósbogann.

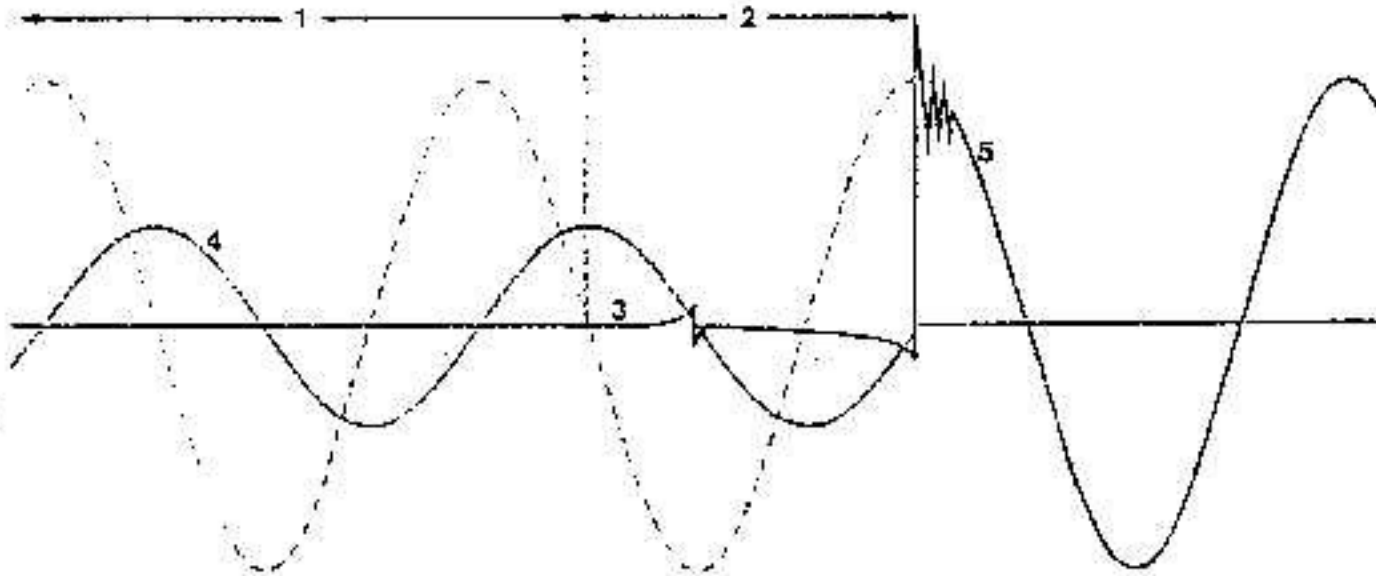
a-hluti sýnir rofa fyrir rof, en þá er straumur og spenna í lokaástandi.
b-hluti sýnir ljósbogatímann, þegar rofi byrjar að opnast.
c-hluti sýnir þegar stærra bil hefur myndast milli snertanna í rofanum.
d-hluti sýnir þegar rofi er endanlega lokið.

Háspennurofar

Rof við skammhlaup.

Skýringar:

1. Opnunartími rofa
2. Ljósbogatími
3. Spenna yfir rofsnertur
4. Skammhlaupsstraumur
5. Spenna eftir rof



Við rof er straumur í núllgildi, en spenna er þá í hámarki. Við rof eykst spennan yfir rofann mjög mikið, þess vegna verður að gera miklar kröfur til rofans.

Háspennurofar

Rofum háspennukerfa er skipt í eftirfalda flokka:

- Aflrofa.
- Málstraumsrofa.
- Skilrofa.

Háspennurofar

- ***Aflrofar*** geta tengt og rofið mesta afl sem myndast getur í þeim hluta kerfisins sem við þá er tengt, það er að segja rofið þá skammhlaupsstrauma sem hugsanlega geta myndast.
- ***Málstraumsrofar***
Málstraumsrofar geta tengt og rofið málstraum, en ráða ekki við strauma sem myndast geta tildæmis við skammhlaup.
- ***Skilrofar***
Skilrofar geta einungis tengt og rofið kerfishluta háspennukerfis, sem er í straumlausu ástandi.

Aflrofar

Háspennurof

Rofar þurfa að vera :

- Öflugir
- Hraðvirkir
- Öruggir í rekstri.

Rof í háspennukerfi.

Það myndast alltaf ljósbogi við rof í háspennukerfi.

Þau atriði sem hafa áhrif á myndun jóna í ljósboga eru:

Þrýstingur, hiti og styrkleiki rafsviðs.

Rof á straum og spennu.

Notaðar eru ýmsar tegundir rofa við að rjúfa straum og spennu.

- Sparolíurofar, þar er olía notuð til kælingar.
- Loftrofar, þar er þrýstiloft notað sem hreyfikraftur og slökkvimiðill.
- Vacuum – rofar, rof á sér stað í lofttæmdu slökkvihólfi.
- Gasrofar (SF6) , rof fer fram í gasfylltu hólfi.

Sparolíurofar

Fyrstu aflrofarnir voru svokallaðir olíurofar, þar sem rofanum var sökkt í olíutank.

Ljósboginn fékk að brenna óhindraður í olíunni, sem var bæði kælimiðill og einangrari.

Sparolíurofar

- Til að bæta rofeiginleika aflrofanna voru þeir hannaðir með slökkvihólfi þar sem kælimiðillinn streymir kröftuglega á ljósbogann.
- Slökkvigeta er háð straumstyrk, þar sem við rof verður eimun slökkvimiðilsins í réttu hlutfalli við straumstyrkinn.

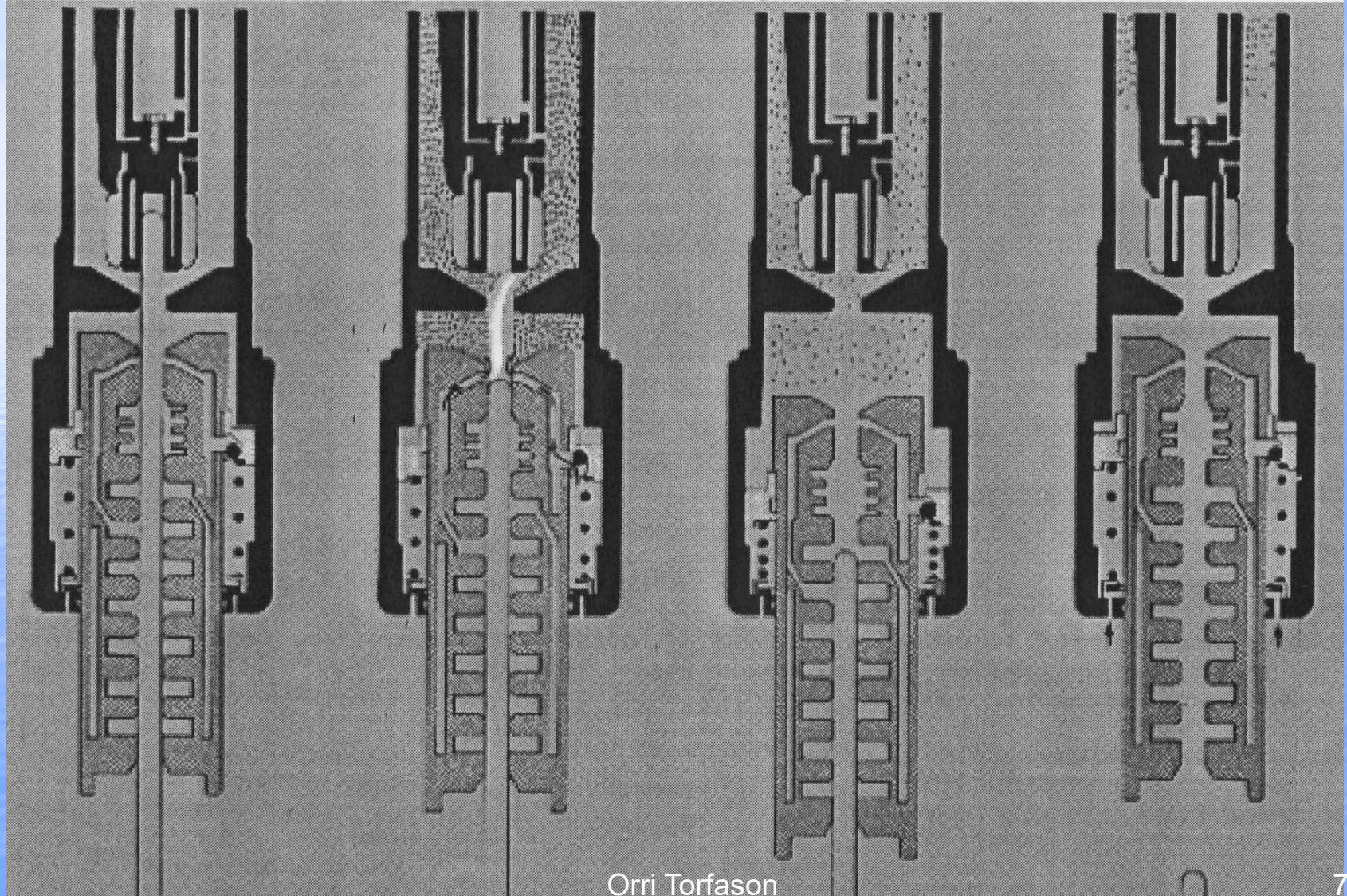
Sparolíurofar

Sparolíurofar komu á markaðinn upp úr 1930.

Þeir nefnast svo vegna þess að í þeim er miklu minni olía heldur en notuð var í eldri olíurofum.

Sparolíuofar

1. Rofi tengdur 2. Olíuþrýstingur á ljósboga 3. Ljósbogi slökktur 4. Rofferli lokið



Loftrofar

Loftprýstingur er bæði notaður til að slökkva ljósbogan og einnig sem hreyfiafl rofans.

Slökkvigeta rofans er óháð straumstyrknum.

Framleiðsla á loftrofum er orðin mjög takmörkuð í dag og stofnkostnaður loftprýstikerfa er mikill.

Vacumrofar

Um 1960 framleiddi Siemens fyrirtækið fyrst lofttæmda rofann (vacum)

Fyrir margra hluta sakir er rof á ljósboga í lofttæmdu rými mjög hagkvæm aðferð og "vacumrofar geta rofið málstraum allt að 20.000 sinnum og skammhlaupsstraum 100 sinnum.

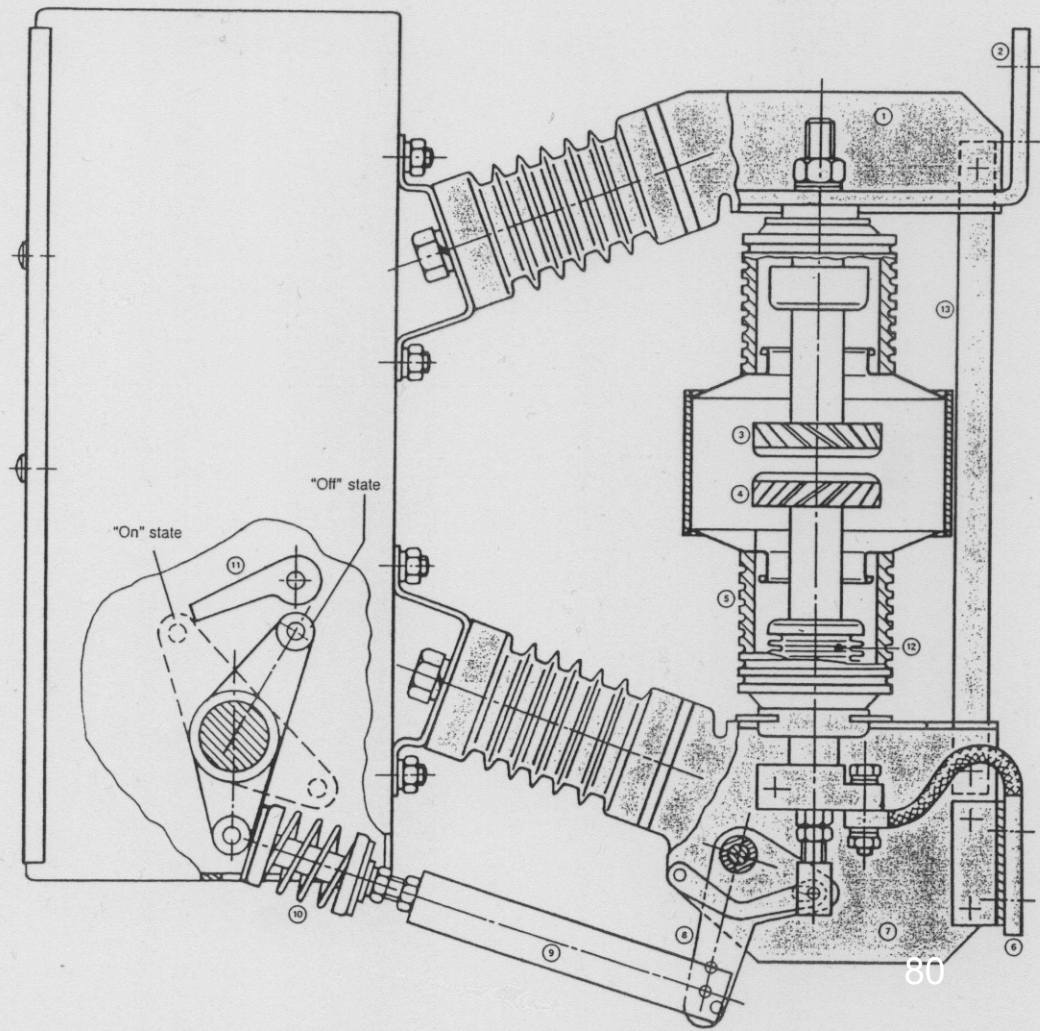
Vacumrofur

- Við rof í lofttæmdu slökkvihólfi myndast ekkert hliðarefni eins og gerist í öðrum rofum.
- Vegna mikils þrýstings á snertiflötum er rafmagnsviðnám þeirra mjög lítið og það breytist ekki, eða er nánast óháð fjölda hreyfinga.
- Snertifletirnir verða ekki fyrir ildun og er málmurinn því hreinn eftir margra ára notkun.

Orri Torfason

Myndskýringar:

- 1 Efri burðarstoð
- 2 Efri leiðaratenging
- 3 Föst snerta
- 4 Hreyfanleg snerta
- 5 Rofahús
- 6 Neðri leiðaratenging
- 7 Neðri burðarstoð
- 8 Hreyfiarmur
- 9 Hreyfiarmur úr einangrunarefni
- 10 Gormur fyrir snertuþrýsting
- 11 Útleysipall
- 12 Membra
- 13 Burðarstoð



Gasrofar (SF6)

- Gasrofar hafa náð mikilli útbreiðslu á seinni árum. Hér á landi hafa þeir verið notaðir bæði í úti og innitengivirkjum.
- Fyrstu rofarnir í útitengivirkji voru settir í Sigölduvirkjun, 220KV kerfi.
- Fyrsta inni-gastengivirkið var sett upp í Hrauneyjarvirkjun, 220KV kerfi.
- Rofar eru einnig notaðir sem rafalarofar og fyrir 11KV dreifikerfi virkjana og rafveitna.

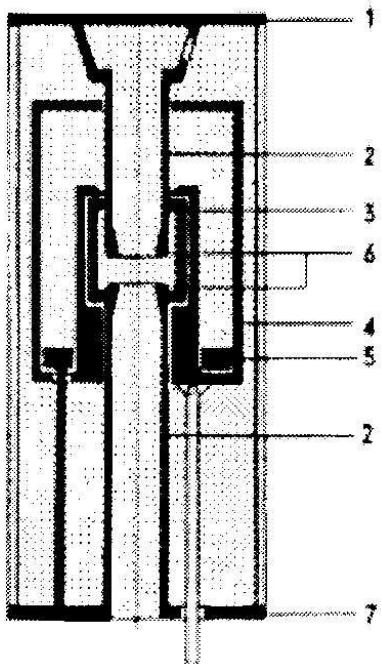
Gasrofar (SF6)

- Rofarnir nota súlfur-hexa-flúoríð gas, bæði sem slökkvimiðil og einangrun.
- Rofarnir eru framleiddir fyrir öll stöðluð spennukerfi milli 12 til 550KV.
- Rofarnir eru með straumrofgetu upp að 50KA.

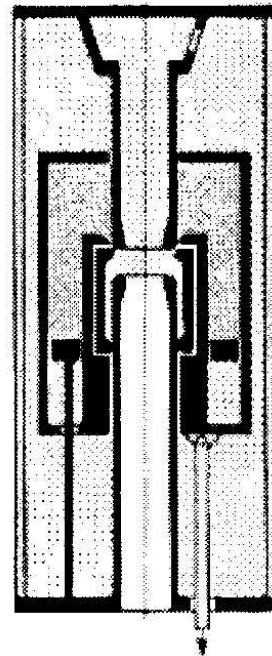
Gasrofar (SF6)

- Rofinn vinnur með svokallaðri “ blástursaðferð” (puffer system)
- Rofinn á að geta rofið skammhlaupsstraum á 40ms eða á tveimur riðum í 50HZ kerfi.
- SF6-gasið er góður slökkvimiðill, lág varmaleiðni við hátt hitastig, en háa við lægra hitastig.
- Gasrofinn hefur það fram yfir aðra rofa að hann rýfur alltaf strauminn við núllgildi, án tillits til hvert fasvikið er.

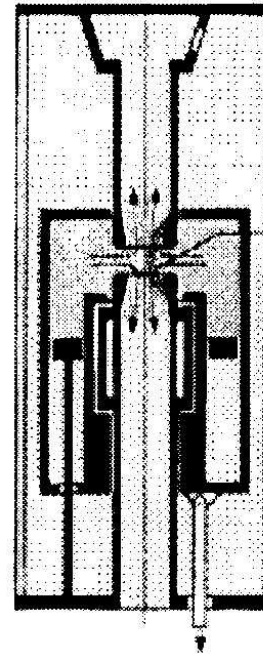
Gasrofar (SF6)



Rofi í tengdri
stöðu

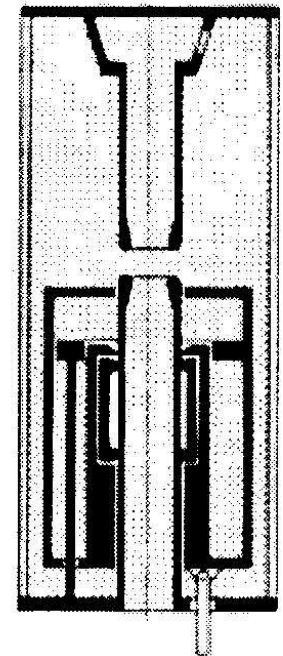


Gasþrýstingur
fyrir hendi



Rofi rýfur

Ljósbogi



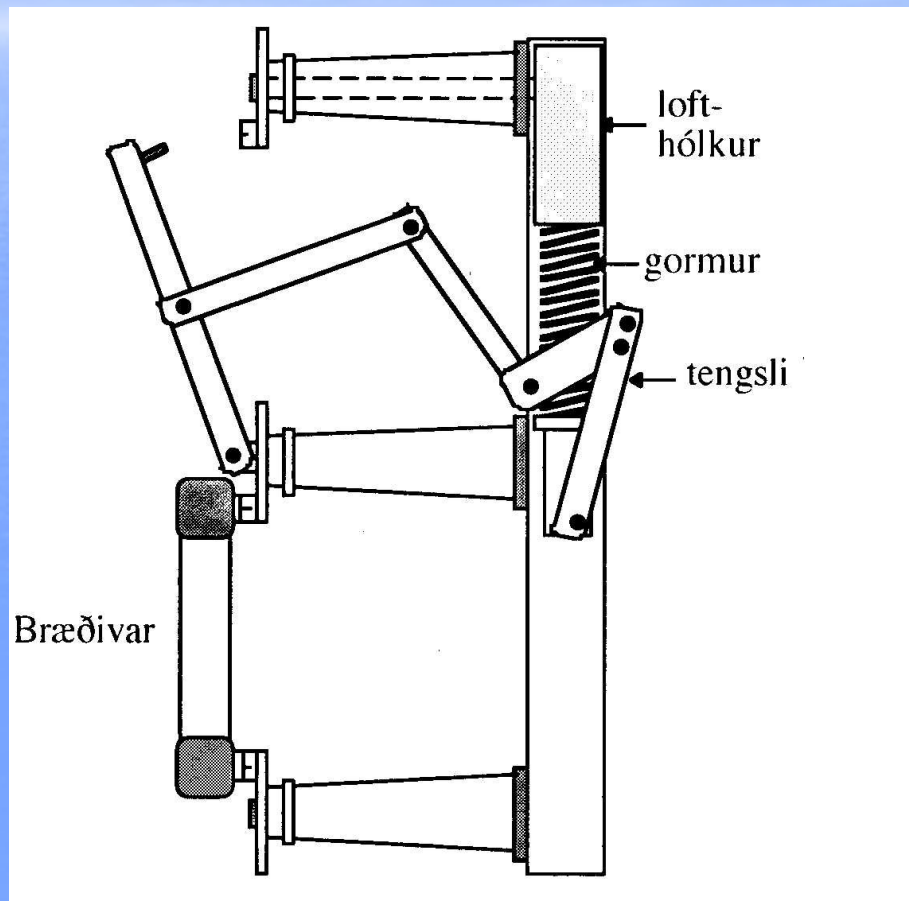
Rofi í ótengdri
stöðu

Gasrofar (SF6)

- Mjög hefur aukist notkun gasrofa fyrir lægri háspennugildi.
- Rofarnir leystu af hólmi 12,5kV loft-rafalarofa í Búrfellsvirkjun og eru notaðir í háspennudreifikerfum virkjana og aðveitustöðvum rafveitna.

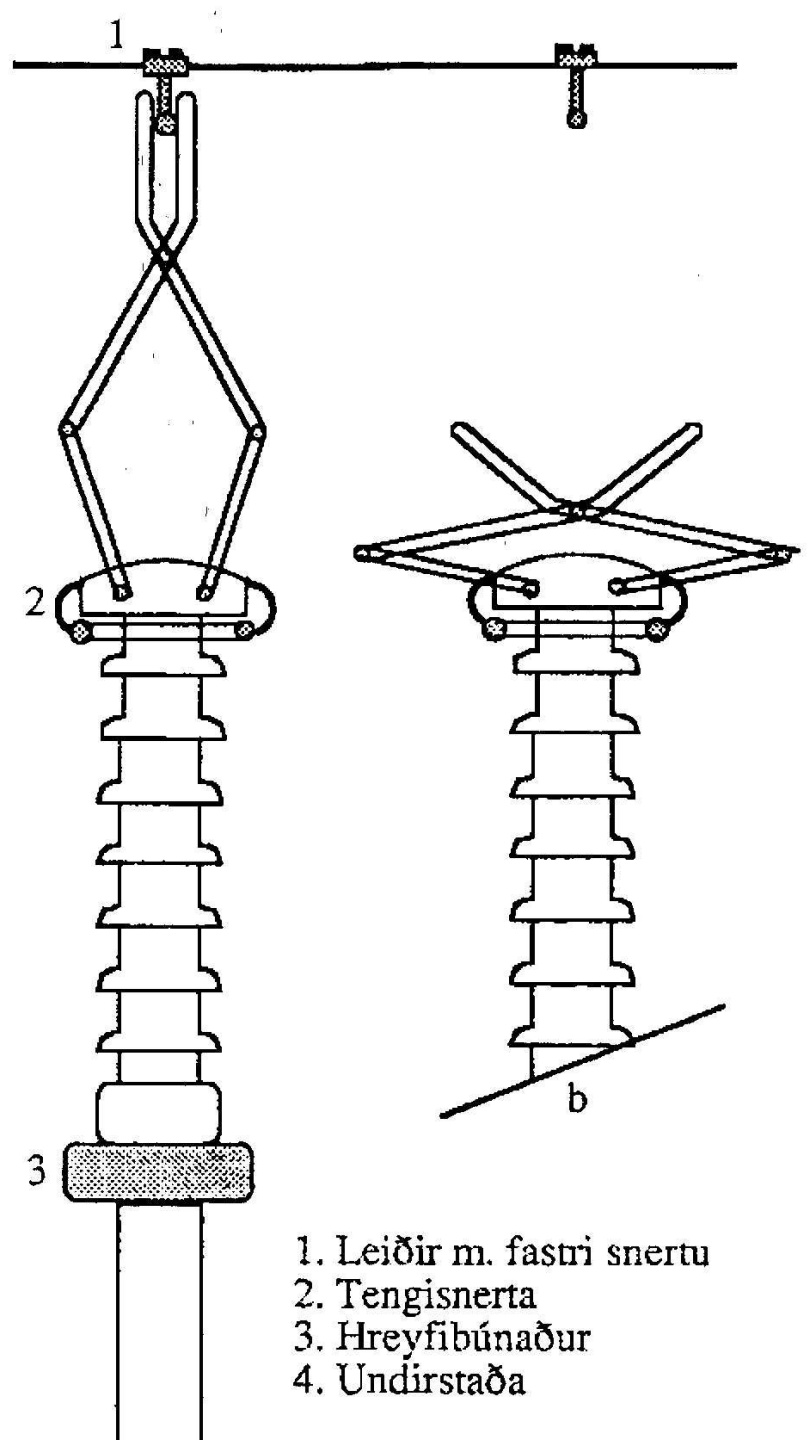
Málstraumsrofar

- Málstraumsrofar geta ekki rofið skammhlaupsstrauma og þeir eru með háspennu-bræðivörum.
- Rofarnir eru ódýrari en aflrofar.
- Rofarnir hafa mismunandi slökkvimiðla til dæmis loft, olíu eða gas í slökkvihólfi.



Skilrofar

- Rofarnir eru ekki ætlaðir til að rjúfa straum, heldur aðeins til að fráskilja hluta háspennuvirkis þannig að þeir verði spennulausir.
- Í tengivirkjum eru skilrofar tengdir sitt hvoru megin við aflrofa og mynda þannig einangrunarbil ef vinna á við aflrofann.





Raforkukerfi Íslands

Háspennutengivirki

Háspennuvirki við virkjanir og aðveitustöðvar byggjast í grófum dráttum af:

- Rofabúnaði
- Safnteinum
- Mælabúnaði
- Varnarbúnaði
- Spennum

https://www.youtube.com/watch?v=vh_aCAHThTQ

Háspennuvirki

Háspennuvirki voru flest staðsett undir beru lofti hér áður fyrr, en með tilkomu gaseinangraðra kerfa (SF6) má segja að þau séu komin í hús.

<https://www.youtube.com/watch?v=ZU4y6vsabP4>

<https://www.youtube.com/watch?v=dW2YYABJAac>

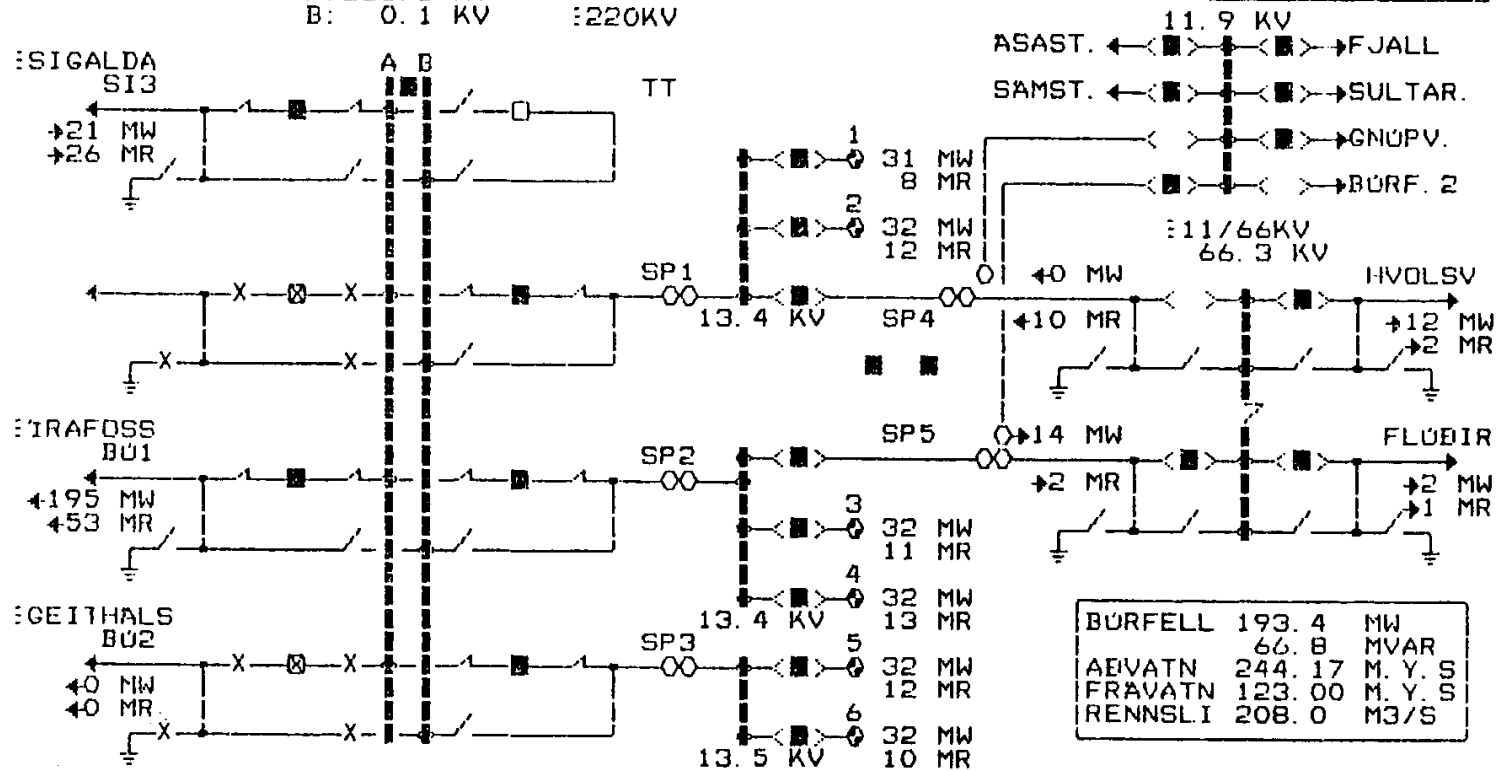
Tengivirki við Búrfellsvirkjun

ÆVATNSH 1519:59 01/07/92 MIE BÚRFELL YFIRLITSMYND PAGE 1
 ÆRISSBL. ÆTÖLVUK. ÆSKYRSL. ÆPRENT. ÆFJARSK. ÆDRKUL. ÆVATNSB. ÆKERFISL. ÆLINURIT

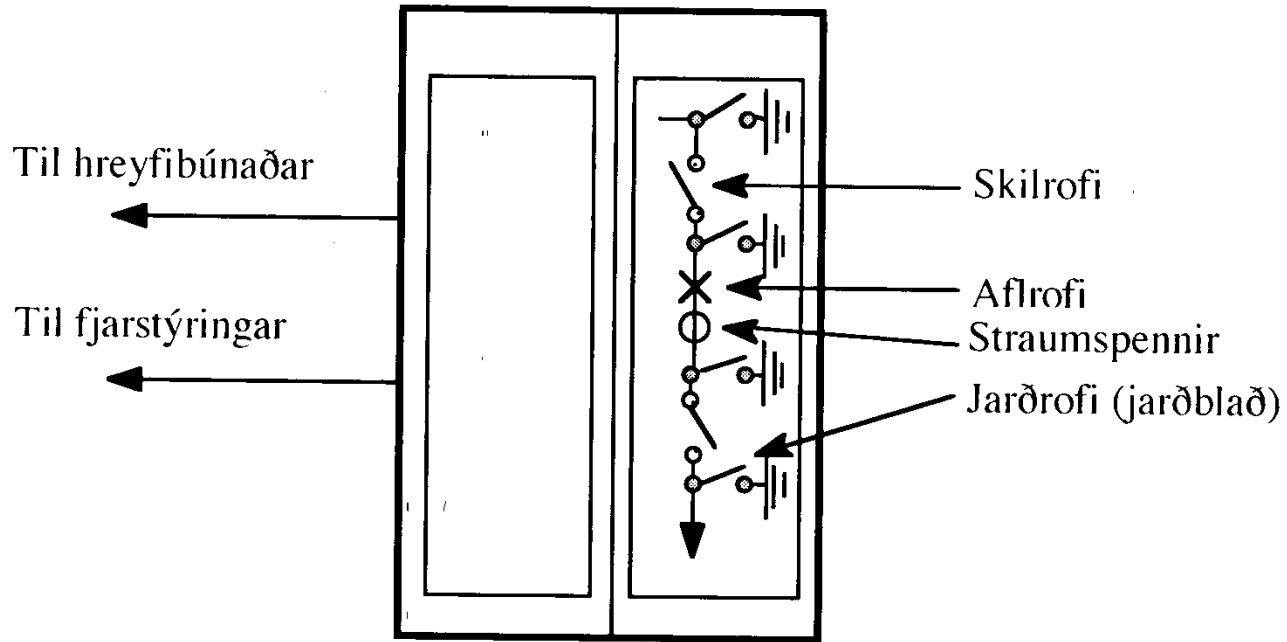
B Ú R F E L L
 B Ú R F E L L

A: 236. 0 KV
 B: 0. 1 KV Æ220KV

TÍENI 50.03 HZ



Stjórnskápur



*Stjórnskápur
Mynd 4.18*

Háspennuvirki

- Fyrsta innitengivirkið við orkuver héraendis var í Hrauneyjavirkjun.
- Með tilkomu innitengivirkja við virkjanir þá eru spennarnir nánast einu tækin sem höfð eru utandyra.

Háspennuvirki

- SF6-tengivirki taka aðeins 10-15% af rými samsvarandi útítengivirkis, en eru hinsvegar mun dýrari.

Mælaspennar

- Mælaspennar mæla gildi spennu eða staums í aflrás.
- Hlutverk mælaspenna er að lækka gildi þeirra spennu eða straums sem sett er inn á forvaf þeirra, með eins mikilli nákvæmni og krafist er hverju sinni.
- Viðbrögð mælaspenna við miklum og skindilegum breytingum á aflrás eru mikilvæg.

Straumspennar

- Straumspennar hafa einn vinding sem forvaf, en marga vindinga(spólu) sem eftirvaf. Eftirvafsspólur geta verið allt að þrjár til fjórar hverju á hverjum járnkjarna.
- Eftirvafsstraumur er annaðhvort 1 eða 5A
- Ekki má rjúfa straumrá eftirvafsins ef straumur er á forvafi því þá spanast upp spenna sem getur orðið mjög há.

Spennumælaspennar

- Spennumælaspennar eru byggðir á mjög svipaðan hátt og straumspennar, en forvafið hefur marga vindinga.
- Spennirinn hefur eitt eftirvaf fyrir mælingu og stundum annað sem er notað til jarðleka mælingar.
- Í útitengivirkjum eru olíufylltir spennumælaspennar algengastir.

Eldingavarnir

- Yfirspennur geta myndast við rof á straum, en mesta hættan á hárrí yfirspennu er af völdum eldinga sem slegið geta niður við háspennulínur eða útítengivirki.
- Til að forðast skemmdir á búnaði í tengivirkjum er komið fyrir svokölluðum eldingavörnum, sem við ákveðna yfirspennu leiða straum til jarðar. Þeir tengjast því milli hvers fasa og jarðar.
- Spennar og kaplar í tengivirkjum eru í mestri hættu, eldingavarar eru því staðsettir í tengivirkinu með tilliti til þess.

Útitengivirki.



Tengivirkið í Fljótsdal



SF6 (Sulphur hexafluoride)



Liðavarnir í háspennukerfum

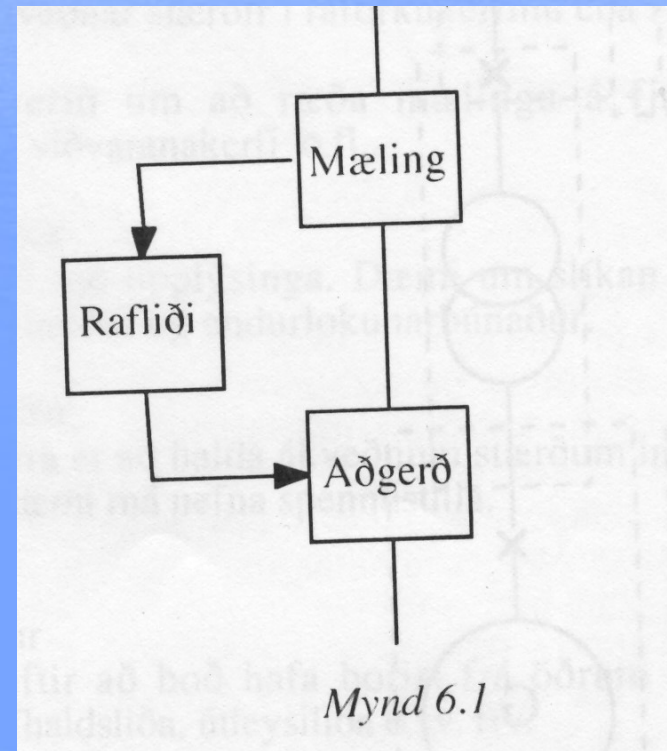
6. Liðavarnir í háspennukerfum

6.1 Hlutverk og uppbygging liðavarna.

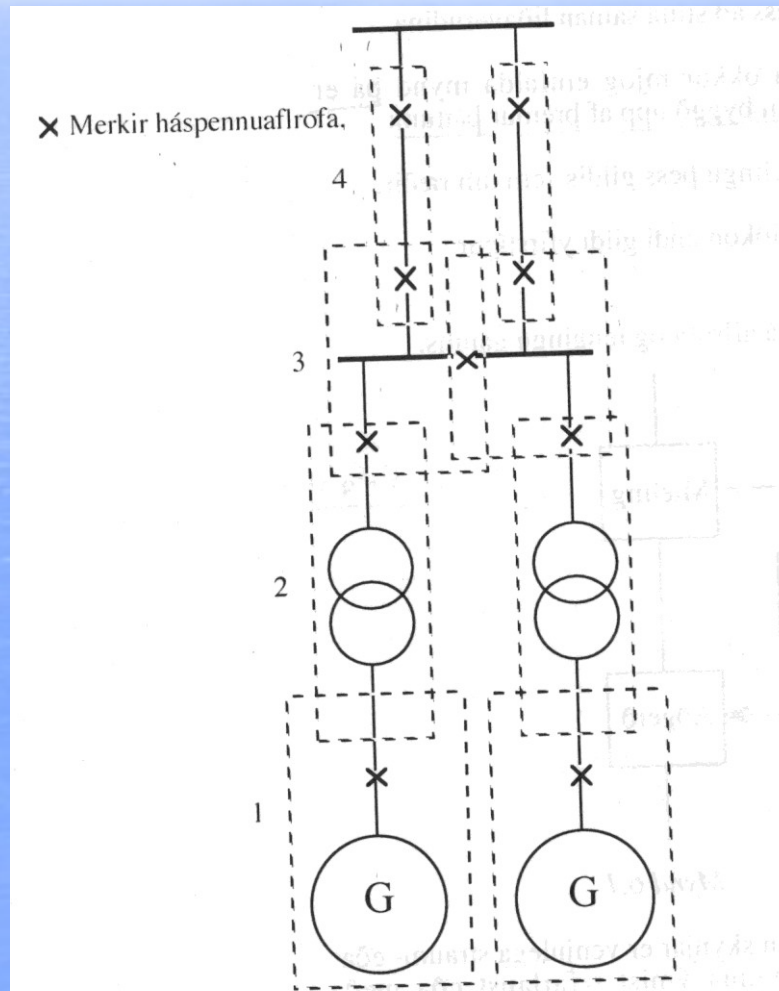
Hlutverk liðavarna í raforkukerfi er að takmarka áhrif truflana í kerfinu sem gætu valdið skemmdum og / eða rekstrarerfiðleikum í lengri eða skemmri tíma. Þessar truflarir geta orsakast af bilunum (skammhlaup, slit á línu eða jarðhlaups), aflsveiflum, vegna náttúruhamfara (óveðurs, ísingar, eldinga) eða vegna mannlegra mistaka.

Ef við reynum að gera okkur mjög einfalda mynd þá er liðavörn í grófum dráttum byggð upp af þremur þáttum:

- Skynjunarþætti eða mælingu þess gildis sem um ræðir.
- Rafliða sem vinnur ef viðkomandi gildi yfirstígur ákveðin mörk.
- Aðgerðarþætti, t.d. rofi á aflrofa og tengingu gaums.



Raforukkerfum er alltaf skipt í afmörkuð varnarsvæði eða einingar (blokkir) þar sem stærðir (straums, spennu) eru mældar og liðar sjá um að leysa út rofa og einangra þannig bilunina frá öðrum hlutum kerfisinssem síðan eru látnar skerast við aðrar einingar til að tryggja nægjanlegt öryggi. Með þessu móti er unnt að tryggja að flestar varnir séu einnig varavörn fyrir næsta svæði. Sjá skýringarmynd 6.2.



Mynd 6.2

6.2 Bilanir

Ógerlegt er að telja upp allar hugsanlegar bilanir sem fyrir geta komið í háspennukerfi, en hér á landi eru orsakir helstar þær að ísing og/eða selta hleðst á flutningslínur og búnað í tengivirkjum. Hér á eftir verður minnst á helstu flokka bilana.

Skammhlaup

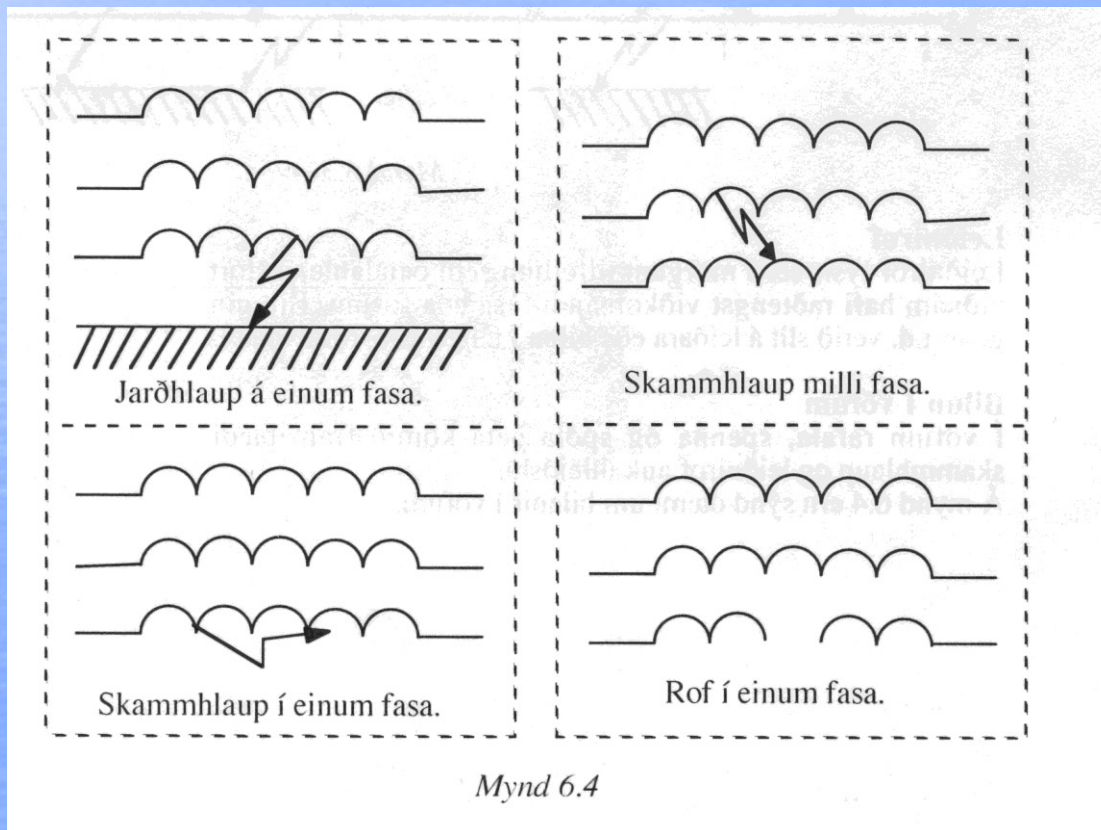
Skammhlaup nefnist það ástand þegar óeðlilega lítið viðnám verður í rafkerfi, annarsvegar á milli fasanna, eða hinsvegar á milli fasa og jarðskauts.

Ef kerfið er jarðtengt (0-kerfi) verður skammhlaupsstraumurinn $\sqrt{3}$ sinnum minni en skammhlaupsstraumur milli fasa. Sé kerfið hinsvegar einangrað frá jörð (fljótandi) eða jarðtengt í gegnum spólu verður skammhlaupsstraumurinn sjaldnast yfir 100A. Skammhlaupstraumur til jarðar getur spanað spennu í nærliggjandi línur og þannig valdið skemdum á símakerfi t.d. Á mynd 6.3 má sjá hvernig skammhlaup getur orðið á ýmsa mismunandi vegu í þriggja fasa loftlínu.

Bilun í vöfum

Í vöfum rafala, spenna og spóla geta komið fram bæði skammhlaup og leiðnirof auk útleiðslu.

Á mynd 6.4 eru sýnd dæmi um bilanir í vöfum.



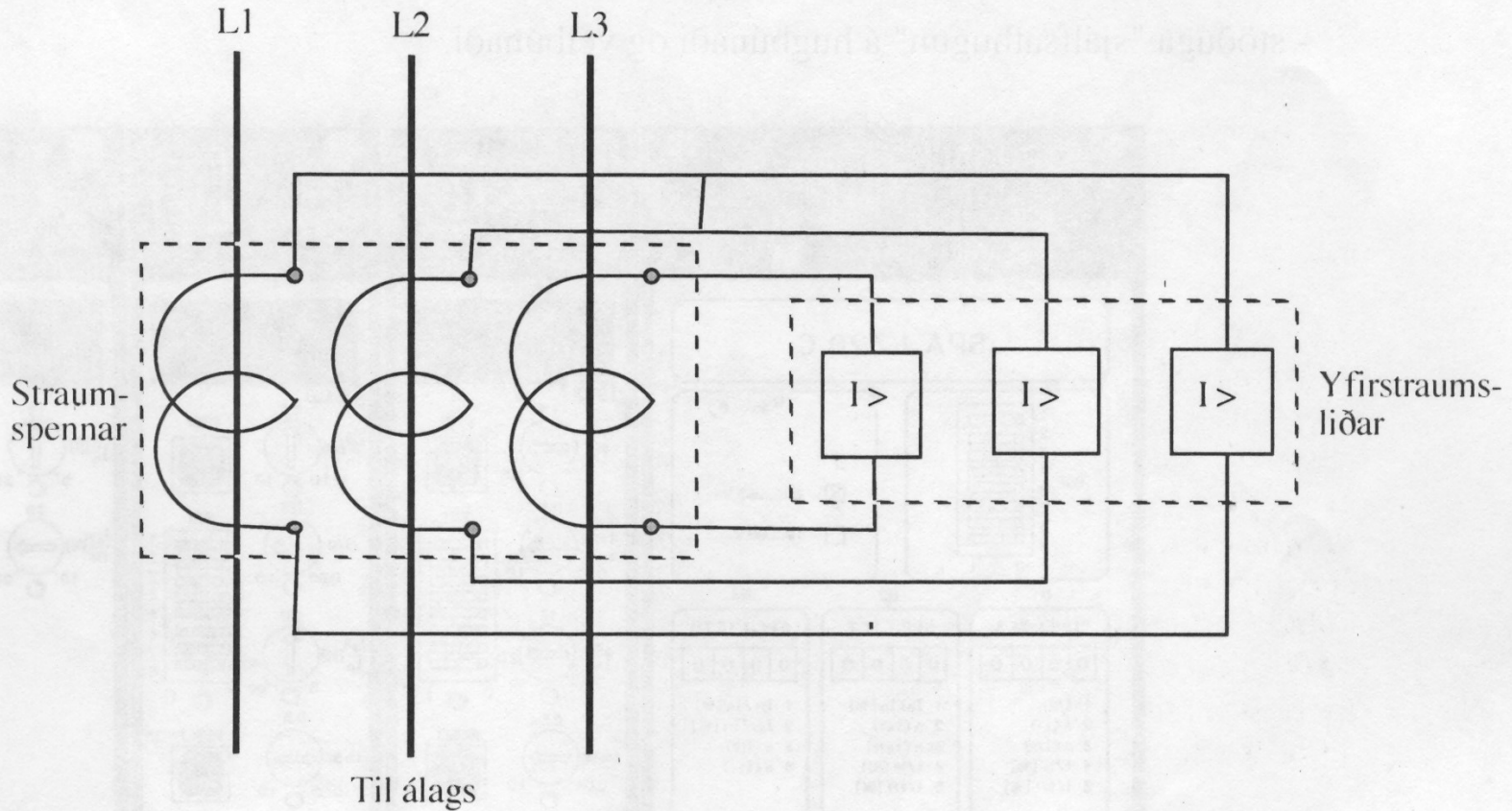
6.3 Varnarliðar

Varnarliðar í háspennuvirkjum héraendis eru af mörgum gerðum og aldur þeirra spannar allt tímabil rafvæðingar.

Liði er í raun stillanlegt mælitæki með sambyggðum rofa sem er hannað til þess að bregðast við ef einhver rafmagnsleg stærð fer yfir eða undir innstillt hámarks- eða lágmarksgildi.

Yfirstraumslíðar

Hlutverk yfirstraumslíða getur verið að gefa aðvörun við ákveðið straumgildi og gefa boð um rof með aflrofa við hærri straumgildi. Skynjunarþáttur liðans eru straumspennar á einum, tveimur eða þremur fösum. Sjá mynd 6.5.

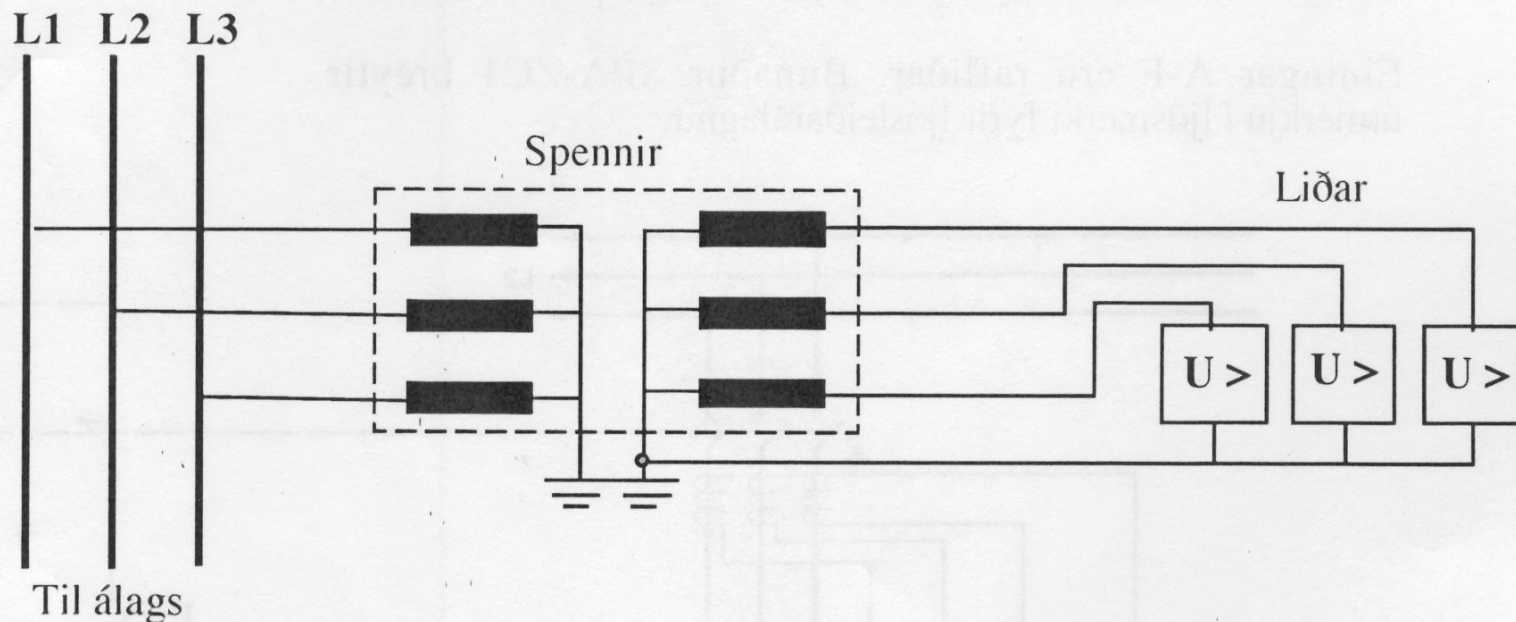


Yfirstraumar geta orsakast af yfirálagi, jarðhlaupi eða skammhlaupi. Stafi yfirstraumurinn af of miklu álagi er venjulega einhver töf á aðgerð (með tímalíða), þannig er komist hjá óþarfa aðvörun eða útleysingu ef um skammtíma yfirstraum er að ræða. Þegar um skammhlaup er að ræða er aðgerð hinsvegar tafarlaus.

Í löngum raflínum getur skammhlaupsstraumur í sumum tilfellum verið af svipaðri stærðargráðu og mesti álagsstraumur. Þetta getur gerst þegar skammhlaup á sér stað á raflínum í mikilli fjarlægð frá yfirstraumslíðanum. Í slíkum tilfellum er því yfirstraumslíði gagnslaus, en hinsvegar myndi svokallaður fjarlægjarliði skynja viðnámsminnkun á línunni og leysa út. Fjallað er um fjarlægðaliða fyrir raflínur hér síðar í kaflanum.

Yfirspennuliðar

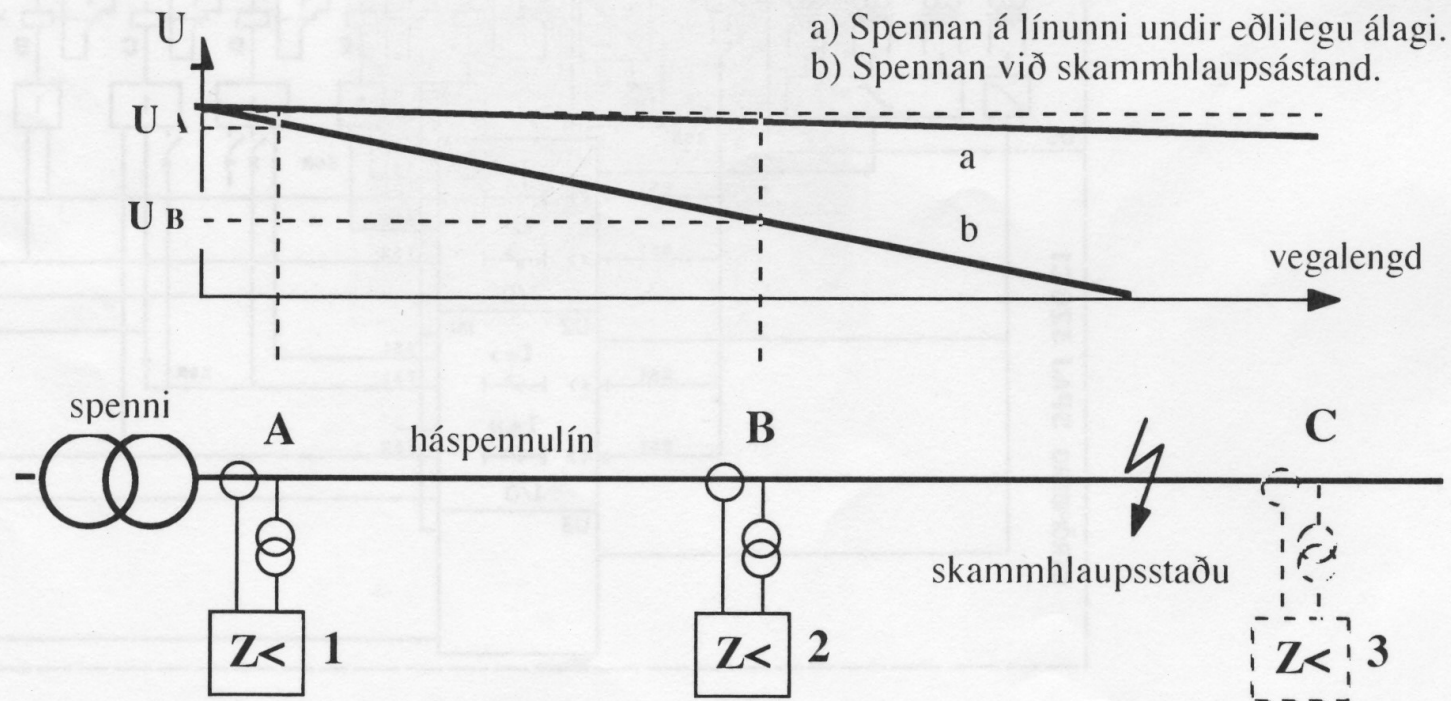
Til þess aðfylgjast með spennuhæð og halda henni innan ákveðinna marka, eru notaðir yfirspennuliðar. Hér er átt við spennu sem getur orsakast af ýmsum ástæðum í raf-kerfinu.



Mynd 6.8

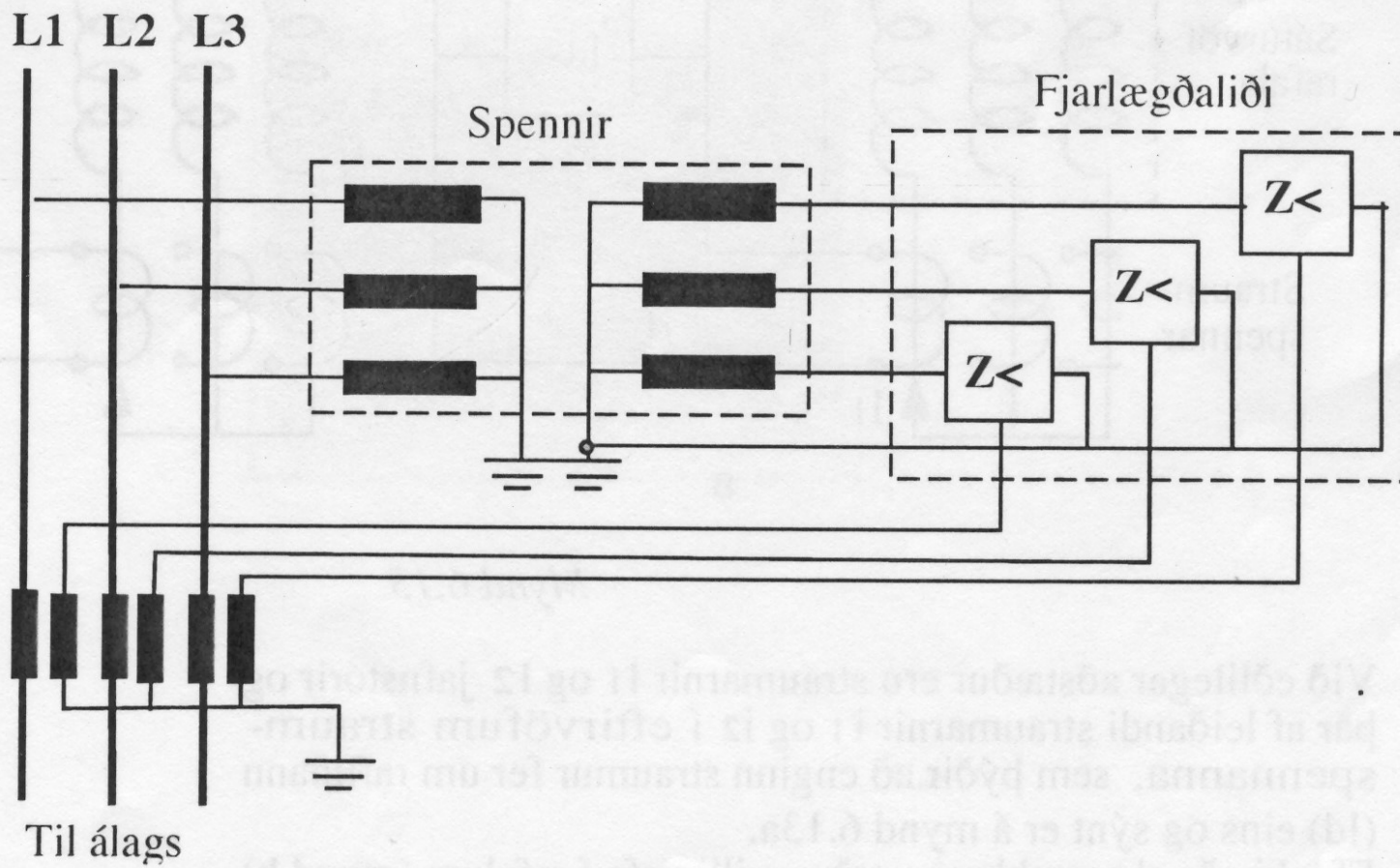
Fjarlægðaliðar (differential relays)

Fjarlægðaliðar eru staðsettir í aflstöðvum og tengivirkjum háspennulína og eru mjög þýðingarmikill liður í varnarbúnaði háspennudreifikerfa. Þeir mæla í raun spennu og straum á mælingarstað og bera saman. Virkni þeirra er hinsvegar í hlutfalli við það sýndarviðnám sem er á mælingarstað ($Z = U / I$) og bera saman við eðlilegt gildi.



Mynd 6.9

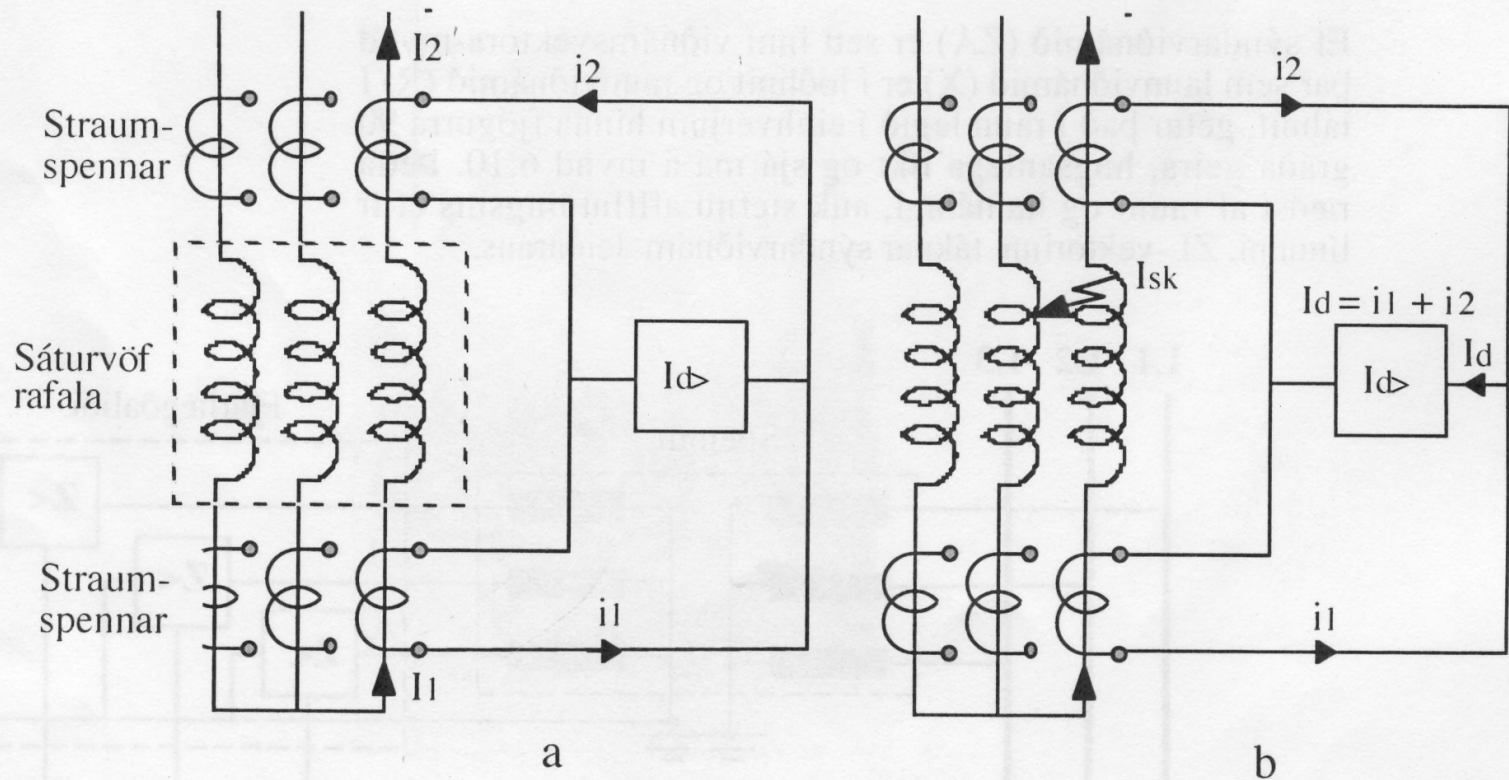
6.10



Mynd 6.12

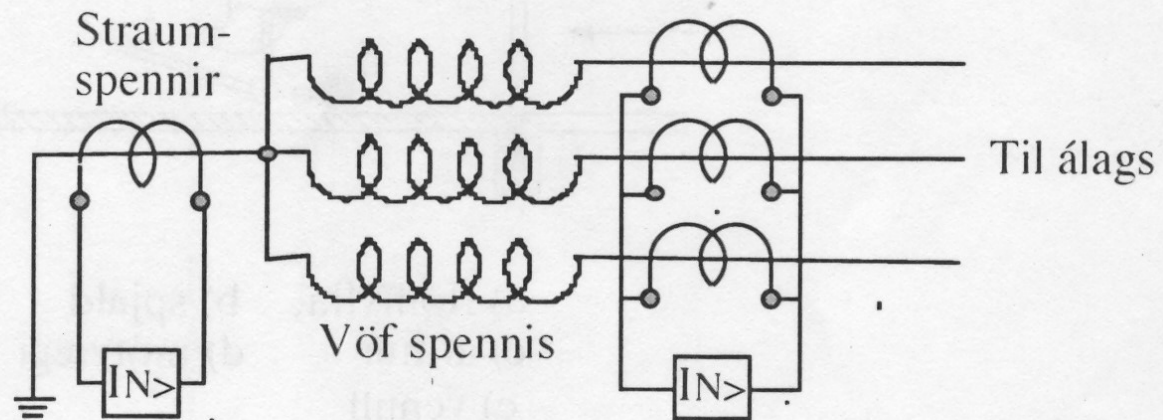
Mismunastraumslíði

Mismunastraumslíðar eru notaðir til þess að verja ákveðna kerfishluta t.d. rafala og spenna. Þeir byggja á fyrsta lög-máli Kirchoffs þ.e. að summa þeirra strauma sem koma að og fara frá ákveðnum mælipunkti sé á hverjum tíma jafnt og núll. Mynd 6.13 sýnir tengingu yfirstraumslíða við rafala í virkjun.



Summustraumslíði

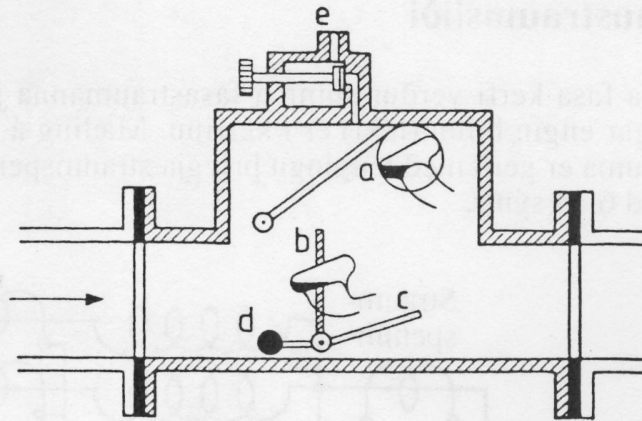
Í þriggja fasa kerfi verður summa fasastraumanna jafnt og núll þegar engin bilun (leki) er í kerfinu. Mæling á summu fasastrauma er gerð með tengingu þriggja straumspenna eins og mynd 6.14 sýnir.



Mynd 6.14

Gasliði (Buchholz-liði)

Ef kæliolía spennis hitnar myndast gas sem stígur upp og fer þá um rörið sem tengir spennistank og fæðitank.



- a) flothylki,
- b) spjald
- c) armur
- d) mótvægi
- e) ventill

Mynd 6.16

Svonefndur gasliði (Buchholz-) er staðsettur á olúfæðirörinu milli spennistanks og þrýstitanks. Sjá mynd 6.16. Gasið stígur upp í gegnum fæðirörið og safnast efst í liðanum. Við það eykst þrýstingur á olúflötinn í liðanum og hann lækkar. Flothylki a í liðanum lækkar einnig og í ákveðinni stöðu tengir kvikasilfursrofinn sem er áfastur flothylkinu aðvörun.

Blokkarvör í virkjun.

