

Raforkumálastjóri

11 KV HÁSPENNULÍNUR

ÍSINGARÞUNGI
KOSTNAÐARSAMANBURÐUR

Júlí 1966

11 KV HÁSPENNULÍNUR

ÍSINGARÞUNGI KOSTNAÐARSAMANBURÐUR

Eftir Eðvarð Arnason
Jóhann Mátí Maríusson
Rögnvald Þorláksson.

Júlí 1966

EFNISYFIRLIT

| | | | |
|-------|---|------|----|
| 1. | INNGANGUR | bls. | 1 |
| 2. | ÍSING Á ÍSLENSKUM HÁSPENNULÍNUM | " | 4 |
| 2.1 | Eðli ísingar | " | 4 |
| 2.1.1 | Hrím | " | 4 |
| 2.1.2 | Skýjaísing | " | 5 |
| 2.1.3 | Glerjungur | " | 7 |
| 2.1.4 | Slydduísing | " | 7 |
| 2.2 | Ísing á Íslandi | " | 7 |
| 2.3 | Reikningsgrundvöllur | " | 9 |
| 2.4 | Hvar eiga Íslendingar að skipa sér á bekk í ísingarmálum ? | " | 12 |
| 2.5 | Hvaða breytingum myndu reglur af þessu tagi valda ? ... | " | 15 |
| 3 | UM STRENGINGU VÍRA Í HÁSPENNULÍNUM | " | 16 |
| 3.1 | "Hinn gullni meðalvegur" | " | 16 |
| 3.2 | EDS-strenging víra og CIGRE-nefndin (1953 - 1960). ... | " | 16 |
| 3.3 | EDS-strengingin á Íslandi. | " | 18 |
| 4 | ÚTREIKNINGUR Á STÆRSTU LEYFILEGRI HAFLENGÐ OG KOSTNAÐI 11 KV TRÉSTAURALÍNU Á EINFÖLDUM STAURUM | | 20 |
| 4.1 | Inngangur | " | 20 |
| 4.2 | Samanburðargrundvöllur | " | 21 |
| 4.3 | Útreikningur á hámarkshafleidd | " | 21 |
| 4.3.1 | Forsendur | " | 22 |
| 4.3.2 | Formúlur | " | 23 |
| 4.4 | Útreikningur á kostnaði | " | 25 |
| 4.5 | Framkvæmd útreikninga | " | 27 |
| 4.5.1 | Forskrift fyrir rafreikni | " | 28 |
| 5. | KOSTNAÐARSAMANBURÐUR OG NIÐURSTÖÐUR | " | 32 |
| 5.1 | Kostnaðarsamanburður | " | 32 |
| 5.2 | Niðurstöður | " | 39 |

1. INNGANGUR

Í marz 1964 skipaði rafmagnsveitustjóri ríkisins Eiríkur Briem þá Eðvarð Árnason, sem formann, Ásgeir Sæmundsson og Baldur Helgason í nefnd til þess að gera tillögur um hvaða ráð væru tiltækileg til þess að lækka stofnkostnað sveitaveitna án þess að rekstraröryggi þeirra væri skert að nokkru ráði og án þess að til símatruflana kæmi. Nefndin komst meðal annars að þeirri niðurstöðu að byggt skyldi meira af eins- og tveggja- víralínnum með jörð, sem einn leiðara. Aukin skyldi strenging víra, og landinu skipt niður í ísingarsvæði þannig að á a. m. k. hálfu landinu væri reiknað með minni ísingarþunga en nú er gert.

Í desember 1964 var byggingadeild falið í framhaldi af störfum nefndarinnar að láta fara fram endurskoðun á reglum um byggingu háspennulína í sveitum og jafnframt að finna ódýrustu lausnir miðað við endurskoðaðar reglur.

Ákveðið var að verkinu skyldi hagað þannig :

1. Samdar tillögur að reglum um byggingaverkfræðilega lönnun háspennulínanna með blöðsýn af sænskum reglum
2. Fundnar ódýrustu línugerðir fyrir eins-, tveggja- og þriggjavíra línur miðað við ofangreindar reglur
3. Samin skýrsla um athugun þessa þannig úr garði gerð að aðgengilegt sé að halda athugunum áfram þegar þurfa þykir.

Athugun þessi var framkvæmd af verkfræðingunum Eðvarð Árnasyni og Jóhanni Má Maríussyni auk undirritaðs, og fara helztu niðurstöður hér á eftir.

Í kafla 2 gerir Eðvarð Arnason grein fyrir ísingu á íslenskum háspennulínunum og mælir með eftirfarandi reglum.

Reiknað skal almennt með ísingarþunga skv. II. flokki í sænskum reglum (klassa II SEN 3601) með eftirtöldum undantekningum

Reiknað skal skv. I. flokki (Klassa I) í sömu reglum á eftirtöldum stöðum.

Á Norður- og Austurlandi

1. Á hálendi yfir 300 m y s
2. Á línunum sem liggja þvert í ísingarátt
3. Á línunum annars staðar þar sem vitað er um mikla ísingarhættu

Á Vestur- og Suðurlandi

1. Eingöngu þar sem vitað er um mikla ísingarhættu.

Auk ofangreindra undantekninga skal reiknað með I. flokki í falltreystum línuhlutum, síma og vegabæturum og í staurahöfum næst spennistöðvum.

Í kafla 3 ræðir Eðvarð Arnason um strengingu víra í háspennulínunum og gerir grein fyrir hugtakinu meðaláraun (Everyday Stress) Leggur hann til að strenging verði miðuð við 18% af slitþoli vírs við + 5 °C án aukaálags.

Í kafla 4 greinir Jóhann Már frá forsendum þeim og formúlunum sem notaðar eru við útreikning á leyfilegri fjarlægð milli staura. Þar er einnig sýnd forskrift fyrir rafreikni, sem notuð var til þess að reikna út hinar fjölmörgu línugerðir sem athugaðar voru.

Jóhann Már naut aðstoðar Helga Sigvaldasonar, licentiats við samningu forskriftarinnar fyrir rafreikninn, en ekki hefði reynst kleyft að athuga nema lítinn hluta þeirra möguleika sem athugaðir voru ef rafreiknisins hefði ekki notið við.

Í kafla 5 gerir Jóhann Már grein fyrir niðurstöðum af kostnaðarsamanburði og sýnir þar fram á að spara má 10 - 20% af byggingarkostnaði línanna ef farið er eftir þeim tillögum um mismunandi ísingarpunga sem lagðar eru til í kafla 2, í stað þess að reikna með sama ísingarflokki allsstaðar en fram að þessu hefur það verið gert og þá miðað nokkurn veginn við I. flokk skv. sænskum reglum. Þessum kafla fylgir línurit þar sem sýnt er sambandið milli kopargildis og kostnaðar við ódýrustu línugerðir hvernar vírtegundar fyrir sig, en línurit þetta er til leiðbeiningar um val á hagstæðustu línugerð hverju sinni.

Reykjavík í júlí 1966.

Rögnvaldur Þorláksson.

2. ÍSING Á ÍSLENZKUM HÁSPENNULÍNUM.

2.1 Eðli ísingar.

Ísingu á línum má skipta í fjóra aðalflokka eftir eðli ísingarinnar og hvernig hún myndast.

Á íslenzku heita flokkarnir :

1. Hrím (eða héla), eðlisþyngd 0,01 – 0,10
2. skýjaísing, " 0,10 – 0,5
3. glerjungur " um 0,9
4. slydduísing " 0,3 – 0,9

Hrím sest oftast jafnt á allt yfirborð vírsins. Hinar tegundirnar setjast aðallega ofan á vírana eða á kulborð þeirra, en dreifast svo úr þeirri stöðu vegna þyngdarinnar og mynda sívalann ísingarhólk um vírinn.

Hér verður nánar lýst ísingarflokkunum :

2.1.1 Hrím (héla)

(Á erl. málum, mun þessi ísingartegund kallast : norska : rimis, sænska : angfrost, enska : air-frost, þýzka : Reif.) Þegar loftmagn með vatnsgufu kólnar þannig, að það verði gufumettað við hitastig undir frostmarki og kælist svo enn meir við að snerta frostkaldan flöt, myndast hrím eða héla við að gufan þéttist (sublimerast) í ískristalla á fletinum. Þetta má oft sjá í ísskápum og á pípum í frystihúsum. Það fer mjög eftir því á hvern hátt varmaskiptin eiga sér stað hvernig hrímið eða hélian lítur út. Héla á jörðu, er eðlislétt og viðkvæm, hún myndast t.d. á haustkvöldum þegar jörðin kólnar við útgeislun og uppgufun rétt niður fyrir frostmark. En héli á gluggarúðum er venjulegast þéttari. Hún myndast þegar rakt en tiltölulega hlýtt loft leikur um frostkaldar rúður. Hrím er venjulegast lítið að magni, viðkvæmt (laust í sér), hvítt og kristallað og eðlisþyngd þess mjög lítil, 0,01 – 0,05. Við sumar aðstæður getur

héla eða hrím þó bráðnað og breytt um útlit og jafnvel orðið að glærum ís, sbr. gluggahélu. Hrím eða héla geta að eðli sínu myndast í heiðskíru veðri, en viðkvæmni hennar (hún hrynur af hlutum við minnsta blæ) gerir það að verkum, að hún telst meinlaus loftlínum hér á landi. En það er ekki loku fyrir það skotið að hrímísing geti aukið aðrar tegundir ísingar á línum. Það stafar af því að mettnarþrýstingur vatnsgufu er minni yfir ísi en yfir ófrosnu vatni. Sé gufumagn loftsins rétt á mörkum þess, að vatnsdropar myndist, þá eru þau skilyrði til, að ís myndist þar sem áður var ís fyrir, og lína sem fengið hefur á sig einhverja tegund ísingar, t.d. slydduísingu, getur því aukið ísingarmagn sitt þótt ísingarlaus lína haldist hrein. Þetta atriði hefur þó ekki verið rannsakað neitt að ráði svo ég viti. Hrím er nokkuð algeng ísingartegund á línum í sumum löndum, t.d. Þýzkalandi, Svíþjóð, Rússlandi og víðar.

2.1.2

Skýjaísing.

(n : Takeis, væris, s. dimfrost, e. rime, þ. Rauhreif). Þegar loftmagn með vatnsgufu stígur upp í loftið t.d. af völdum þess flotkrafts, sem það fær við að vera heitara en nágreinið, vex rúmmál þess og það kólnar. Við kólnunina þéttist gufan og verður að skýjum, sem eru urmull af örsmáum vatnsdropum. Ef þéttunin er mikil verða droparnir stórir og falla til jarðar sem regn, krap eða snjór eftir aðstæðum. Haldist skýjadroparnir aftur á móti litlir, geta þeir svifið lengi í lofti. Í því ástandi geta þeir líka kólnað mikið (10–20⁰C) niður fyrir frostmark án þess að missa það eðli sitt, eða vera fljótandi vatn. Það kallast undirkæling. Það má líta svo á, að undirkældir dropar séu í óstöðugu jafnvægi. Ef þeir verða fyrir utan- aðkomandi áhrifum t.d. hnjaski, breytast þeir á svipstundu, í krap, eða blöndu af ís (snjó) og 0⁰C heitu vatni. Jafnframt losnar varmi.

Skýjaísing fær efnivið sinn úr undirkældum dropum í skýjum, þoku eða úða. Eðlisþyngd hennar er mjög mismunandi 0,05 – 0,9. Útlit hennar er í samræmi við eðlisþyngdina.

Léttust er hún hvít, kristölluð og laus og líkist hrími. Sé hún eðlisþung líkist hún glerjungu, föst og hörð, mjólkurlit eða vatnstær.

Eðlisþyngdin og útlitið fer eftir því hve fljótt vatnsdroparnir breytast í ísingu. Því hraðar sem þeir frjósa því eðlisléttari verður ísingin og því meir líkist hún hrími. Litlir og mikið undirkældir dropar, sem falla á mjög kaldan hlut sem er góður hitaleiðir, hafa öll skilyrði til að frjósa mjög fljótt. (Hitaleiðni hlutarins hjálpar til að leiða burtu varma þann, sem myndast, þegar droparnir frjósa). Ísing sú, sem myndast við þessi skilyrði er mjög eðlislétt og frauðkennd. Droparnir halda jafnvel lögun sinni. Svíar kalla hana "mjuk dimfrost" en á íslenzku mætti nefna hana "skýjhrím" sökum þess að hún líkist mest hrími. Það er skilyrði fyrir því að ísing festist við hlut, að hitastig hlutarins sé lægra en 0°C . Þetta gildir um allar tegundir ísingar. Sá varmi, sem losnar er vatn frýs, hefur að því er ísingu snertir margar leiðir til undankomu, auk þess sem hann getur leiðst til hlutarins sjálfs, sé hann hitaleiðir, getur hann geislað til loftins í kring eða valdið uppgufun. Vatnið, sem myndast við ísinguna er að vísu aðeins 0° heitt, en þó venjulega með hærra hitastigi en loftið í kring og því getur uppgufunin orðið fremur ör. Frjósi skýjadropar ekki ört, renna oft margir dropar saman áður en þeir frjósa, ísingin verður þá þéttari og eðlisþyngri (eðlisþ. 0,1-0,5). Hún er þá hvít með sérkennilegum, hvítum, spegilsléttum skánum (þessarar tegundar hefur víða orðið vart héraendis, m.a. á Vaðlaheiði og Fjarðarheiði). Sé loks um mjög stóra skýjadropa að ræða sem frjósa hægt, getur skýjaísingin orðið hörð, þung og jafnvel glær, með eðlisþyngd allt að 0,9. Skýjaísing sezt kulborðsmegin á hlutina. Á loftlínuvírnum verður hún samt oftast að næstum sívölum hólk, sökum þyngdarinnar sem snýr henni um vírinn. Einnig kemur það oft fyrir að ísingin snúi upp á vírana. Vindáttina, þegar ísingin myndast, má sjá á ísingarkili þeim, sem myndast kulborðsmegin á staurana. Skýjaísing er víða alvarlegasta ísingartegundin t.d. í Noregi, Mið-Evrópu og víðar.

2.1.3

Glerjungur

(n. glattis, s. glattis, e. glazed frost, þ. Glatteis)
Glerjungur myndast af fremur stórum regndropum, sem eru ekki mikið undirkældir. Droparnir geta því alveg runnið saman áður en þeir frjósa. Ísingin er þétt og þung og venjulega gegnsæ. Eðlisþyngd hennar er um 0,9. Þetta er algengasta ísingartegundin í flestum fylkjum Bandaríkjanna, og sú sem þeir eiga við í flestum sínum ritgerðum um ísingu. Hér á landi er hún óþekkt á loftflínum, en ég þykist hafa orðið var greinilegrar glerjungusmyndunar í tvö skipti á vegum úti.

2.1.4

Slydduísing.

(n. snöbelegg, snö, s. snöbeläggning (blötsnö) e. sleet, þ. Schnee).

Slydduísing myndast þegar hitahvörf eru í lofti skammt fyrir ofan jörð og þannig hagar til að hitastig er undir frostmarki neðan þeirra, en um eða lítið eitt yfir frostmarki ofan þeirra, og úrkoma, rigning eða slydda, fellur úr heita loftinu. Skilyrði fyrir því að slydduísing festist á línur er að þær séu frostkaldar. Venjulegast mun hitastigið á ísingarstaðnum vera mjög vægt frost, - 0,5 - - 1,0° C, ef frostið er nokkru sem nemur meira, er slyddan orðin að (þurrum) snjó áður en hún kemur á vfrana og tollir þá ekki á þeim. Slydduísing er algengasta ísingartegundin á láglandi á Íslandi, á S-landi mun hún vera eina tegundin. Á fjöllum og heiðum, vestan-norðan og austanlands mun skýjaísingin vera algengari, en líklega er þar einnig stundum um slydduísingu að ræða. Slydduísing getur myndast í allmiklum eða miklum stormi.

2.2

Ísing á Íslandi.

Eins og reyndar er búið að segja hér að framan, eru það aðeins tvær tegundir ísingar, þ. e. skýjaísing og slydduísing sem við höfum við að stríða hér á landi, en tvær tegundir þ. e. hrímið og glerjungurinn eru svo til eða algjörlega óþekkt fyrirbrigði á línunum hér. Hrímið er þó alþekkt ísingartegund í ýmsum Evrópulöndum, svo sem Svíþjóð, Þýskalandi og Ráðstjórnarlöndum. En glerjungur

er aðalísingartegund Bandaríkjanna.

Ísingartegundir Íslendinga, skýjaísing og slydduísing, virðast einnig mjög mistíðar eftir landshlutum hér á landi.

Skýja ísing er svo til óþekkt á sunnanverðu og vestanverðu landinu. En er alltið, sérstaklega áveðurs á háls-um, hæðum og fjöllum á N-landi, allt frá Strandasýslu og austur til Langaness og þaðan suður alla Austfirði, líklega suður í Almannaskarð. Skýjaísingin myndast í hafáttum, norðlægum og norðaustlægum á N-landi, en norðaust- og austlægum á Austfjörðum.

Slydduísing hefur komið fyrir í öllum sýslum landsins. Sunnanlands er ísingaráttin SA. (Vestanlands, vestlæg). Norðanlands og austan NA. Hér er alls staðar, þegar um slydduísingu er rætt, átt við vind ofar hitahvörfum en á línusvæðinu, sérstaklega í upphafi ísingartímans, getur verið logn eða hægir hopvindar. Margt virðist benda til þess að " ísingartíminn " þ. e. sá tími, sem ísing hefur skilyrði til að myndast, sé miklum mun skemmri á S. og V-landi, en N og A-lands. Þannig er það skoðun þess, er þetta ritar, að það megi teljast til undantekninga ef ísingartími slydduísingar á S- og V-landi sé lengri en 1-2 klukkustundir en á N-landi og Austfjörðum (sérstaklega norðanverðum) geti ísingartíminn oft orðið miklum mun lengri og að því er skýjaísing varðar getur ísingartíminn varað svo dægum skiptir.

Af framangreindu sést að Norður og Austurland hafa sérstöðu að því er ísingu snertir. Á Norður- og Austurlandi hafa svo ýmsir staðir t. d. heiðarnar milli fjarðar í Strandasýslu, Kolugafjall, (milli A-Hún. og Skagafjarðar), Vaðlaheiði, Tunguheiði, Haugsöræfi (Dimmifjallgarður), Fjarðarheiði, Oddsskarð o. fl. sérstöðu að því er skýjaísing snertir. Línur þvert á ísingarátt fá á sig meiri ísingu en línur sem liggja eftir ísingaráttinni. Þess vegna fá þverlínur í dölum N. og - A-lands meiri ísingu en línur sem liggja eftir dölunum endilöngum.

2.3

Reikningsgrundvöllur.

Flestar eða allar þjóðir á norðurhveli jarðar reikna með að einhverskonar ísing setjist á línur þeirra. Sumar þjóðir skipta löndum sínum í ísingarhéruð (sónur) og reikna þá með misjafnlega þungri ísingu eftir því hvar línan er.

Af þessum þjóðum má nefna :

Bandaríkin , sem reikna með þremur ísingarsónum

- a) Heavy loading districts, með 1/2" ísingarþykkt á víra
- b) Medium loading districts, með 1/4" ísþykkt og
- c) Light loading districts, með engri ísingu.

Bandaríkjamenn reikna með eðlisþyngdinni 0,915 (kg/dm³)

Englendingar reikna yfirleitt ekki með ísingu á dreifi-
línnum sínum, en 1/2" ísingarþykkt á meiriháttarlínnum,
sérstaklega þar sem línurnar liggja í nokkurri hæð yfir
sjó (hæðamörkin eru um 300 m)

Spánverjar reikna með allmiklu meiri ísingu á línnum
sem liggja í 1000 m hæð eða hærra en á línnum sem lægra
eru settar.

Norðmenn reikna með ísingarþunga eftir reglunni

$p = (0,9 + 0,225 \cdot d)$ kg/m á fjöllum en yfirleitt miklu
minna á láglendi.

Rússar skipta sínu stóra landi í nokkur misþung ísingar-
svæði og taka auk þess tillit til þýðingu línanna. Í því svæði,
sem Rússar vænta mestrar ísingar reikna þeir með þessum
þyngdum $p = 0,75 \cdot d$ (kg/m) fyrir þýðingarmiklar línur
 $p = 0,45 \cdot d$ (kg/m) fyrir þýðingarminni línur

Til samanburðar má geta þess, að Þjóðverjar, Belgar,
Hollendingar, Danir og fleiri reikna með ísingarþyngdinni
 $p = 0,18 \cdot d$ (kg/m) (d er allsstaðar reiknað í mm,
þvermál vírsins)

Svisslendingar reikna venjulega með 2 kg íspunga á
lengdarmetra án tillits til þvermáls vírsins. Annars er
reglan hjá þeim þessi :

| | |
|--------------------------|--------|
| línur allt að 1000 m hæð | 2 kg/m |
| 1000–1800 m | 3,5 " |
| 1800–2100 m | 5 " |

| | |
|-------------|--------|
| 2100-2300 m | 8 kg/m |
| yfir 2300 m | 12 " |

Svíðar skiptu fyrst sínu landi í tvö ísingarsvæði Isomrade F og Isomrade G og í hverju Isomrade höfðu þeir þrjá flokka (klasse). Þykkt ískápunnar var þá hjá þeim, 3,4 cm og niður í 1,3 cm. Þeir reiknuðu með því að eðlisþyngd ísingarinnar væri 0,75. Á þessum grundvelli voru samdar byggingareglur Svíðar um háspennulínur SEN 12, 1945, sem voru endurprentaðar 1953 án breytinga.

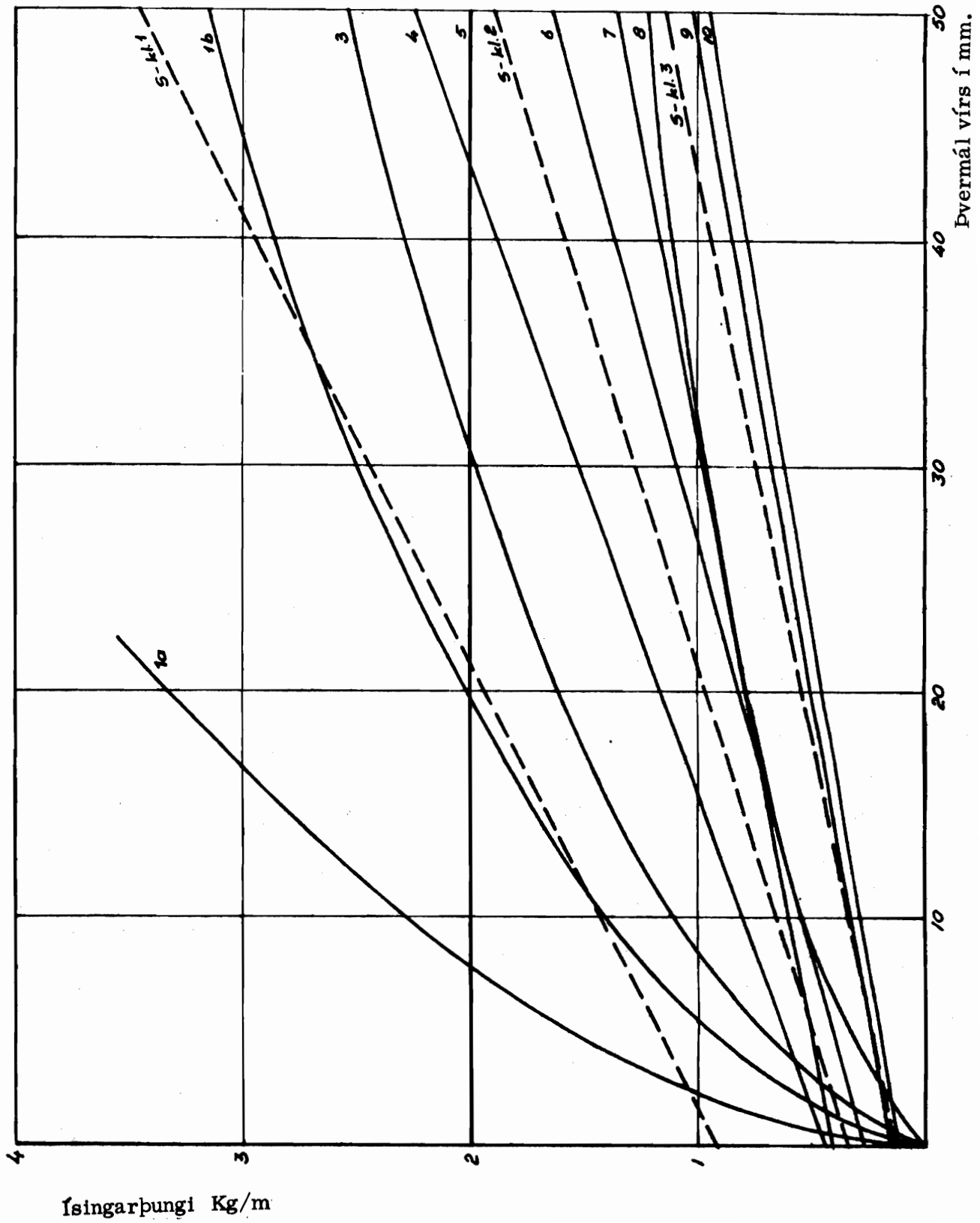
Árið 1961 gáfu þeir út aðrar reglur, SEN 3601, í þeim reglum minnka þeir þykkt ísingarhólksins um 0,7 cm, reikna með eðlisþyngdinni 0,9 og gera landið allt að einu ísingarsvæði, en halda áfram að skipta línunum í flokka eftir þýðingu þeirra, eða þannig :

1. flokkur (Klass 1) Þýðingarmiklar landslínur, Orkuflutningslínur til heils landshluta eða stórrar borgar. Einnig falltreystir línuhlutar og sambærilegir hlutar línu
2. flokkur (Klass 2) Orkuflutningslínur til stórra byggða eða héraða, stórs iðjuvers o.þ.l.
3. flokkur (Klass 3) Orkuflutningslínur til takmarkaðs svæðis, eða til lítilla notenda, (dreifilínur og lágspennulínur).

Mynd 1 sýnir yfirlit um ísingarþunga nokkurra landa. (Myndin er að verulegu leyti fengin úr ritinu " Elektrizitätswirtschaft des. 1964 ").

Línurnar eru :

- 1a Rússland (þýðingarmiklar línur) $p = 0,75$ d
- 1b Rússland (þýðingarminni línur) $p = 0,45$ d
- 3 Spánn (yfir 1000 m hæð)
- 4 Bandaríkin (Heavy Loading District) 1/2 ísþykkt Bretland
- 5 Sviss $c = 2$ kg/m = konstant
- 6 Pólland



- 7 Austurríki
- 8 Þýzkaland, Niðurlönd, Danmörk, Spánn $p = 0,18$ d
- 9 Bandaríkin (Medium Loading Districts) $1/4''$ íspykkt
- 10 Japan

Loks sýnir myndin einnig ísingarþungann, sem Svíar reikna með skv. síðustu reglum sínum : SEN 3601, 1961 :

Svíþjóð :

Klassi 1 íspykkt $1,8$ cm $q_{iv} = 0,92 + 0,051 \cdot d$ (kg/m)

Klassi 2 íspykkt $1,1$ cm $q_{iv} = 0,34 + 0,031 \cdot d$ (kg/m)

Klassi 3 íspykkt $0,7$ cm $q_{iv} = 0,14 + 0,020 \cdot d$ (kg/m)

Eins og sést á myndinni er sænska ísingin, kl. 1, mjög ofarlega á blaði eða um það bil næst hæst á milli rússnesku ísingarreglanna.

Sænski ísingarklassinn 2 er miklum mun nær " Heavy loading " en " Medium loading " flokkunum bandarísku.

Sænski ísingarklassinn 3 er mjög áþekkur Medium flokknum bandaríska.

2.4

Hvar eiga Íslendingar að skipa sér á bekk í ísingarmálum ?

Við höfum nú orðið 75 ára línu- og ísingarreynslu á þessu landi, ef telja má frá þeim tíma þegar símalína var reist milli Hafnarfjarðar og Reykjavíkur. Ísing var all-mikilvirkur vágstur á símalínum landsmanna sérstaklega fyrstu áratugi Landssímans og hennar hefur einnig orðið vart og hún hefur valdið tjóni á háspennulínum síðan þær komu til sögunnar. Það er meiri von í singar hér en t. d. í Danmörku og í lágsveitum Noregs. Aftur á móti er norskt fjalllendi og sænskt, ýmis svæði Rússlands og Alpafjöll mikið alvarlegri ísingarsvæði en hér finnast. Eyjarklímað íslenzka og hið stöðuga ráp lægðanna austur á bóginn um Ísland valda því, veðráttan er óstöðug, en af því leiðir jafnframt, að ísingarveður eru oftast mjög skammá hér. Reynsla okkar er því sú, að hér þarf síður en svo að óttast ísingu meir en Svíar gera. Sem sé að á Íslandi sé fremur um minni ísingu að ræða en í Svíþjóð.

Viðbrögð Svía gagnvart ísingu fer mikið eftir gildi línanna. Eftir gildi þeirra eða þýðingu skipa þeir Svíar línur sínur í þrjá flokka, klassa I, klassa II og klassa III. Línur þær, sem hér eru til umræðu, þ. e. 11-30 kV dreifi- línur myndu falla undir klassa III hjá Svíum, en vegna ýmisskonar aðstöðumunar á Svíþjóð og Íslandi að því er varðar kostnað við viðgerðir o. fl. þykir okkur rétt að línur þessar falli hér í flokk sem samsvarar myndi klassa II hjá Svíum og tillaga okkar yrði því :

- 1) að því er Norður- og Austurland snertir reiknað sé með ísingarpunga skv. klass II hjá Svíum $q_{IV} = 0,34 + 0,031 \cdot d$ (kg/m) (d í mm)

Nema 1) á hálandi yfir 300 m y. s.

- 2) á línur sem liggja þvert á ísingarátt og
- 3) á línur annars staðar þar sem vitað er um all- mikla ísingarhættu

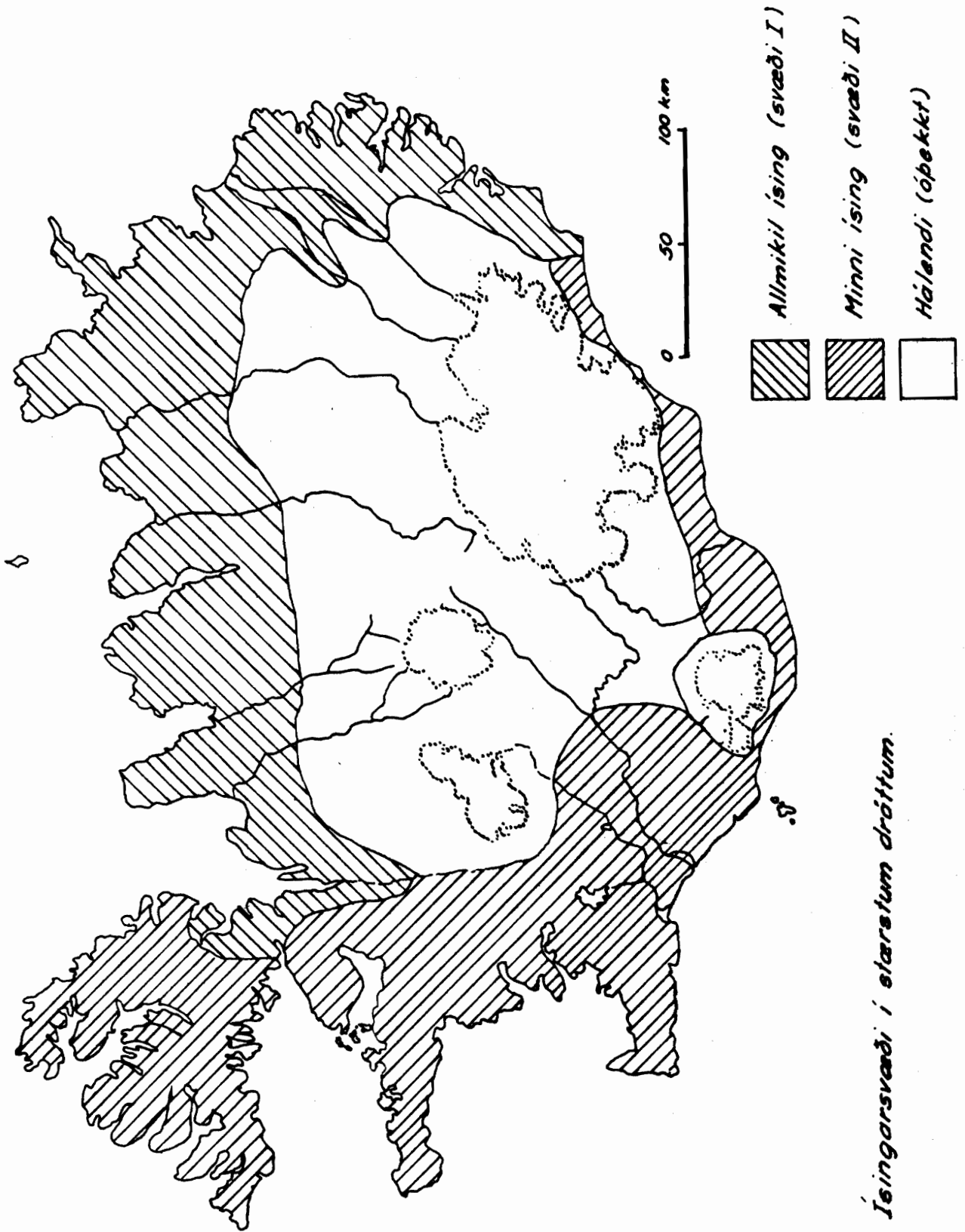
þar skal reikna með ísingarpunga skv. klassa I hjá Svíum þ. e. $q_{IV} = 0,92 + 0,051 \cdot d$ (kg/m)

- 2) að því er Vestur- og Suðurland snertir sé yfirleitt reiknað með ísingarpunga skv. klassa II. Nema í undantækingartilfellum þar sem vitað er að reikna má með meiri ísingu.

NBI Í falltreystum línuhlutum, síma- og vegapverunum og í staurahöfum næst spennistöðvum skal alls staðar á landinu reikna með ísingarþyngd skv. klass I.

NBII Þar sem undanþágurnar í grein varðandi N- og Austurland munu nema nálægt 50% af lengd línanna, væri alveg eins hægt að orða hana á annan hátt, þ. e. að gera undanþágurnar að reglu og annað að undanþágu.

Mynd 2



Ísingarsvæði í starstum dróttum.

2.5
Hvaða breytingum
myndu reglur af þessu
tagi valda.

Aðalbreytingin er sú, að hér er gengið út frá því að reikna með mismunandi miklu ísingarálagi. Hingað til hefur verið reiknað með sama ísingarálagi hvar sem er á landinu. Það ísingarálag samsvarar flokki, sem liggur milli sænsku flokkanna kl. I og kl. II, en auk þess hafa útstikunarmenn reynt að styrkja línur sérstaklega, með því að stytta staurabil þar sem þeir álíta sérstaka ísingarhættu. Eftir þessari tillögu okkar verður línunum fyrir útstikun skipt í tvo flokka " að beztu manna yfirsýn " flokk I og flokk II. Kostnaðarmismunur á línunum byggðum eftir þessum flokkum er ca 20 % eða 10-20 þús. kr. á km, og er það okkar skoðun að um það bil 3/4 hlutar lína sem ólagðar eru hér á landi ættu að geta lent í ódýrari flokkinum. Eins og áður er myndu Svíar skipa öllum 11kV línunum okkar og flestum 30 kV-línunum líka í ísingarflokk 3, en íslenskar aðstæður, dýrar viðgerðir á línunum og fleira gerir það að verkum að réttlæta má að línur séu byggðar sterkari hér en í Svíþjóð, þótt ísingarmagnið sjálft geri það ekki. Á hinn bóginn er það trú mín að aukin reynsla muni sýna að slá megí af ísingarkröfunum og nú þegar sé jafnvel rétt að reikna með 1-vírs línunum í 3. ísingarflokki þar sem tveggja og þriggja víra línur myndu vera í ísingarflokki 2.

3. UM STRENGINGU VÍRA Í HÁSPENNULÍNUM

3.1

" Hinn gullni meðal-
vegur " .

Rétt strengin er meðalvegur.

Sé strenging víra óþarflega lítil fylgir í kjölfarið óþarflega mikið sig víra, sem takmarkar staurohóf, og eykur stofn-
kostnað lína.

Sé strenging víra aftur á móti of mikil er hætta á titringi víra (vibratjoner) eða stærri sveiflum (" dancing ") .
Titring víra er hægt að hemla með deyfum (dampers), sem til eru af ýmsum gerðum t. d. armour rods (USA), Stockbridgedampers (Engl.), Damping shims (Dämpfungsbearbeitung) (Þýskaland), " Bretelle " (Frakkl.) o. fl.
Strengingarmörkin eru oft tilgreind sérstaklega fyrir ódeyfða víra (án deyfa = dempara), en hærri mörk leyfð fyrir deyfða víra, og sést á því að það er titringur víra (vibrationir) sem takmarka strenginguna.

3.2

EDS-strenging víra og
CIGRE-nefndin (1953-
1960) .

Árið 1953 var á vegum Alþjóðlega háspennufundarins, CIGRE, skipuð nefnd til að safna reynsluupplýsingum um ýmislegt er varðar háspennulínur, svo sem strengingu línanna, titring víra og varnir gegn titringi og fleira. Nefndin átti einnig að draga ályktanir af upplýsingum þessum og gera tillögur um strengingu víra. Formaður nefndarinnar var kjörinn :

O. D. Zetterholm, yfirverkfræðingur hjá Kungl.
Vattenfallstyrelsen í Svíþjóð

En nefndarmenn voru m. a. frá þessum löndum : Kanada, U.S.A., Englandi, Frakklandi, Noregi, Finnlandi, Sviss, Ítalíu og Ráðstjórnarríkjunum. (Meðal nefndarmanna eru ýmis þekkt nöfn sem menn kannast við úr erlendum (fagritum). Vorið 1954 sendi nefndin spurnarlista til helztu

raforkudreifistjórnna heimsins og á næstu árum fengust svör frá mjög mörgum þeirra. Nefndin yfirfór svörin, sleppti þeim línunum, sem ófullnægjandi upplýsingar voru um, en eftir það reyndust fullnægjandi svör um þessar línur :

| Efni í vírum | Fjöldi lína | Lengd alls km |
|---------------------|-------------|---------------|
| Eir | 103 | 15.700 |
| ACSR (stálmín) | 126 | 78.400 |
| Al. (Almín) | 27 | 2.000 |
| Aldrey | 46 | 1.500 |
| Stál (grunnskaut) | 100 | 8.100 |

Svo virðist að nefnd þessi eða einn meðlimur hennar (Mr. Simpson, Englandi) hafi fyrst hleypt af stokkunum hugtakinu " Everyday Stress ", EDS. Skilgreiningu á hugtaki þessu er að finna í skýrslu nefndarinnar og er hún á þessa leið : " Everyday Stress-EDS is the general order of stress which exists over the larger proportion of the life of the conductor, and therefore, at or around mean temperature with little or no superimposed load ".

EDS er strenging við þau skilyrði, sem vænta má að gildi vanalegast meðan línan er notuð og miðast því við, eða sem næst, meðal-árshitastig og lítið eða ekkert aukaálag. EDS er miðað við tiltekinn hundradshlutafjölda (%) af slitþoli (ultimate strength) vírsins. EDS mætti kannske kalla á íslenzku, meðal - áraun og skammstafa : M. Á.

Nefndarálit CIGRE-nefndarinnar um strengingu víra, er birt í CIGRE-skýrslunni 1960 og heitir þar :

- 223 Report on the work of the International Study Committee
No 6: Bare Conductors and Mechanical Calculation of
Overhead Lines
by O. D. Zetterholm

Strenging víra, sem nefndin mælti með er sýnd í þessari töflu. Tölurnar sýna EDS-strengingu í % af slitþoli

| Vírefni | Deyfara- lausar línur | Línur með Armour rods | Damp- ers | Armour rods and Dampers |
|--------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|--------------|----------------------------------|
| Eir | 26 | - | - | - |
| ACSR | 18 | 22 | 24 | 24 |
| A1 | 17 | - | | - |
| Aldrey | 18 | - | 26 | - |
| Stál | | | | |
| 1)Fastar klemmur (rigid clamps) | 11 | - | - | - |
| 2)Sveifl.klemmur (Oscil. clamps) | 13 | - | - | - |

Í þýzkum ritum sést að Þjóðverjar miða EDS-strengingu við + 10°C. Meðalárshitinn á Íslandi er 4° (4,8° sunnanlands, en 3,4° norðanlands), sbr. upplýsingar frá Veðurstofu Íslands.

3.3 EDS-strengingin á Íslandi.

Það sem okkur Íslendinga varðar mest í þessu sambandi er hvort þessi tafla muni gilda um línur af okkar tagi þ. e.

- a) 1- og 3-fasa línur á standeinangrum með tréþverslám og tréstaurom.
- b) línur með granna stálmínvíra, með þáttahlutfalli, ST/A1, 1:6 (t. d. Robin, Raven og aðra mjóa víra með stærra þáttahlutfalli t. d. Dover og Loon).
- c) fremur stutt staurahöf.

Þessum atriðum svarar nefndin í Appendix C, sem fylgir skýrslunni :

- A) Nefndin hafði fengið til afhugunar skýrslur um hvort-tveggja, línur með standeinangrum og línur með hang-einangrun. Upplýsingar þessar voru þó ekki nægilega

víðtækar til að hægt væri að réttlæta mun á strengingu. Þó væri almennt álitnið að hangeinangrar drægju fremur, að öðru jöfnu, úr titringshættu. Um efni í möstum tekur nefndin fram, að tréslár og trémöstur muni virka líkt og dreyfar vegna sveigjanleik trésins. Járngrindamöstur séu að þessu leyti síðri. Eins og menn vita er algengast að standeinangrun fylgi tré sem mastursefni, og af því stafar, að líkindum, að munar gætir ekki, þar sem annað atriðið minnkar en hitt eykur líkurnar á titringi vírana.

- B) Um áhrif vírgildleika og lengd hafa segir nefndin þetta : Það hefur ekki verið hægt að finna neitt samband milli vírgildleika og titringshættu. Nokkrar þjóðir t. d. Svisslendingar strengja þó gilda víra með minni EDS en granna og er það í samræmi við velþekktar titrings-kenningar. Ekki var unnt að finna neitt samband milli haflengda og titringshættu (App. C. bls. 11 og 12).

Titringur víra er fyrirbrigði, sem almennt er álitnið að eigi sér helst stað í hægum vindi þvert á línuátt, hans gætir því fremur á víðáttumiklum sléttum en kemur síður fyrir í fjall-lendi eða þar sem hægir jafnir vindar eru sjaldgæfir. Titrings á vírum gætir helst á nýjum línum, á fyrstu mánuðum eftir strengingu línanna, en strax og vírinn hefur fengið tíma til að jafnast og toгна örlítið (creep) hverfur titringurinn þótt ekkert hafi verið aðgert. (Hr. Vinjar, Noregur). Jafnvirðið, sem helst orsakar titring víra, getur verið héraðsbundið og því bundið við takmarkað svæði. Menn skyldu því ekki verða of bráðir að slaka á strengingu allra lína þótt titrings verði vart á einni.

Mjög kemur til greina sérstaklega fyrir eins og tveggja víra línur að strengja þær meira en 18% af slitþoli og vera þá tilbúnir með deyfna á vírana. En með strengingu lína er unnt að spara fleiri prosent í stofnkostnaði lína en deyfar kosta í promillum.

4. ÚTREIKNINGUR Á STÆRSTU LEYFILEGRI HAFLENGÐ OG KOSTNAÐI 11 KV TRÉSTAURALÍNU Á EINFÖLDUM STAURUM.

4.1 Inngangur.

Fram að þessu hefur gilt sú regla um hönnun 11 Kv lína sem byggðar hafa verið af Rafmagnsveitum Ríkisins, að ákveðin hefur verið hámarkshafleingd í línunum hverju sinni út frá ákveðnum forsendum um „mekaniska“ áraun og vírgerðir, sem gilda skyldi jafnt allsstaðar á landinu.

Hefur verið byggt á reynslu um þetta efni og hefur orðið sú raun á, að hámarkshafleingdir hafa lengst mikilla muna frá því að fyrst var farið að byggja háspennulínur hér á landi.

Undanfarin ár hafa staurarnir í línunum þessum verið valdir af ákveðnum sverleika sem hefur verið meiri en á þeim, staurum sem t. d. Svíar kalla að hafi normal sverleika.

Nú hefur verið ákveðið að reikna út hámarkshafleingdir, út frá mismunandi miklu álagi frá vindi og ís skv. sænskum reglum SEN 3601 1962.

Í þessu sambandi var byggingadeild falið að athuga hver vera mundi hagkvæmasta línugerð frá „mekanisku sjónarmiði“ að öðru jöfnu miðað við mismunandi „mekaniska“ áraun og vírafjölda í línu.

Hér á eftir er rakið hvernig athugun þessi hefur verið framkvæmd og skýrt frá niðurstöðum.

4.2
Samanburðar-
grundvöllur.

Langflestar háspennulínur sem hér um ræðir eru byggðar þannig að staurar eru ekki allir hafðir jafn háir. Þetta orsakast m. a. af því að land er mishæðótt á línustæðinu.

Línur eru staursettar annað hvort í mörkinni eða á uppteiknað langsnið af línustæðinu. Í báðum tilfellum er valin ákveðin staurhæð, sem að öðru jöfnu er höfð og síðan er reynt að ná leyfilegum hámarkshafngdum eftir því sem hægt er.

Það sýnir sig í þeim línunum, sem þegar hafa verið byggðar, að mikill meirihluti þeirra staura sem í þeim eru, er af sömu hæð. Það kemur einnig í ljós meðalhafngd, sem næst í línunum, liggur fyrir þær flestar á bilinu milli 70 og 90% af hámarkshafngd.

Að óbreyttum aðferðum um staursetningu verður talið skv. ofangreindu að samanburður á ýmsum línugerðum gerður á „ sléttu landi ” muni geta gefið rétta hugmynd um hvers konar línugerð muni hagkvæmust frá mekanisku sjónarmiði.

Samanburður sá, sem í skýrslu þessari er að finna, er samanburður á kostnaði við hinar ýmsu línugerðir með breytilegu mekanisku álagi, gerður á sléttu landi með sams konar eiginleika til undirbyggingar. Gerð verður grein fyrir áhrifum kostnaðarbreytinga á vinnu og efni á heildarniðurstöðu.

4.3
Útreikningur á há-
markshafngd.

Til þess að reikna út hámarkshafngd er reiknað með að eftirtöldum skilyrðum verði að vera fullnægt .

1. Öryggi gegn beygjubroti á staur sé 2.4 og öryggi gegn „ knickung ” skv. Eulers reglu sé 2.5.
2. Ekki verði styttra bil milli vírs og jarðar en 4 m þegar á hann verka ís- og vindkraftar við 0°C skv . sen 3601 sem lóðrétt aukaálag.

3. Ekki verði styttra bil milli vírs og jarðar en 6 m við $+25^{\circ}\text{C}$ og ekkert aukaálag.
4. Aldrei komi hærri spennu í vír en sem svarar 55% af slitpoli hans miðað við ís og vindkrafta skv. SEN 3601.

Ís- og vindálag sem Svíar reikna með og hér er notað er sem hér segir :

$$\text{Mesta vindálag} = 25 \text{ kg/m}^2$$

Ísing flokkast í 3 flokka. Ep. er í öllum flokkum = 0.9 g/cm^3 og ískápuþykkt utan á vírum sem hér segir :

Mesta ísing : 18 mm

Miðlungs ísing : 11 mm

Minnsta ísing : 7 mm

4.3.1 Forsendur.

Í útreikningum hér á eftir er einungis reiknað með furustaurum og stál-alumín vírum.

Gert er ráð fyrir að eftirfarandi atriði séu rétt.

1. Skilyrðið um öryggi gegn beygjubroti á staur = 2,4 er alltaf strangara en skilyrðið um öryggi gegn „ knickung ” = 2,5 í línunum þeim sem hér eru reiknaðar.
2. Beygjuspenna í staur = 210 kg/cm^2 samsvarar í örygginu 2,4 gegn beygjubroti furustaura.
3. Teygjustuðull furutrés = 100.000 kg/cm^2
4. Eftirfarandi einfaldanir við útreikningana, sem eru gerðar hafa ekki áhrif á niðurstöðu.
 - a : Keðjulínan nálgast með parabólu
 - b : Reiknað með að innspennu þversnið staura sé 2 m frá botni

5. Efni í vírum og staurum fylgir Hookes lögmáli með því álagi sem hér er reiknað með.

Reiknað er með að strengingu víra sé þannig að í þeim virki krafturinn 18% af slitþoli við + 5^o C og ekkert aukaálag. (EDS = 18% af slitþoli sjá kafla 3 hér að framan).

4.3.2.

Formúlur.

Til þess að reikna út hámarks hafleugd vegna staura eru notaðar þessar formúlur:

$$1: M_{\max} = K_v \cdot l + K_1 \cdot Y_{\max}$$

M_{\max} = Móment í fjarlægðinni l frá toppi staura

K_v = Láréttur kraftur frá vindi á staur og víra

l = Heildarlengd staura mínus 2 m

K_1 = Lóðréttur kraftur frá eiginþunga og ís

Y_{\max} = Útbeygja á toppi á staur frá láréttum og lóðréttum kröftum.

$$K_v = C_1 \cdot n \cdot a + c_2$$

$$K_1 = C_3 \cdot n \cdot a + c_4$$

a = Hámarks hafleugd

n = Fjöldi víra í línu

c_1 = Vindálag á lengdarein. á víra

c_2 = Vindálag á staur (háð staurleugd)

c_3 = Eiginþungi og ísálag á lengdarein. vírs

c_4 = Þungi toppbúnaðar og hluti af þyngd staura (háð staura-leugd og staura-verleika)

$$1 a : Y_{\max} = \frac{Y_{k_v}}{1 - \frac{K_1}{P_k}}$$

Y_{k_v} = Útbeygja á toppi á staur frá láréttum kröftum einum

P_k = Kritískt gildi á lóðréttu álagi skv. Eulers reglu

$$1 \text{ aa: } Y_{kv} = \frac{Kv}{ES \cdot \frac{\pi}{64}} \cdot \frac{l^3}{3(D1) \cdot (D2)^3}$$

ES = Teygjustuðull trés

D1 = Þvermál stauris í toppi

D2 = Þvermál stauris 2 m frá botni

$$P_k = \gamma \cdot \frac{\pi^3}{64} \cdot \frac{ES \cdot (D2)^4}{l^2}$$

γ = Funktion af hlutfalli milli inertimómента topp og innspennuþversniðs. (Sjá töflu í BYGG I 1961 bls. 469 155 : 3)

$$2: T_{\max} = \frac{M_{\max}}{\text{Winnsp.}}$$

T_{\max} = Stærsta beygjuspenna í staur

Winnsp. = Móttstöðumóment í innspennuþversniði

Það skal tekið fram hér að ekki er tekið tillit til annarra áhrifa lóðréttu kraftsins á beygjuspennuna en þeim, sem sýnt er í formúlu 1, þar sem önnur áhrif eru mjög lítil í línum þeim sem hér eru reiknaðar.

Til þess að reikna út hámarkshaflemdir vegna víra eru notaðar eftirfarandi formúlur:

$$1: f_1^2 = \frac{3 \cdot q_1 \cdot a^4}{64 \cdot F \cdot E_1} \cdot \frac{1}{f_1} = f_0^2 = \frac{3q_0 \cdot a^4}{64 \cdot F \cdot E_0} \cdot \frac{1}{f_0} + \frac{3}{8} \cdot \beta \cdot \delta t \cdot a^2$$

$$2: f_q = \frac{q \cdot a^2}{8 \cdot F \cdot T_q}$$

f = sig á vír á miðju hafi

q = resulterandi álag

F = þverskurðarflatarmál vírs

β = hitaþanstuðull

δt = $(t_1 - t_2)$ t = hitastig á vír

T_q = mekanisk spenna í vír

a = hámarks haflengd.

Með þeim formúlum, sem nú hafa verið sýndar hér að fram-
an er hægt að reikna út ráðandi haflengd. Verður hún sú
stytzta af þeim 4 haflengdum sem reiknaðar eru út fyrir skil-
yrðin í kafla 4.3.

Það sýnir sig að hægt er að tákna $a =$ hámarks haflengd
explicit við þær stærðir sem inn í ofangreindar formúlur
ganga. Verður það ekki rakið hér, en vísast til forskriftar
fyrir rafreikni í kafla 4.5.

Hinir ýmsu konstantar sem inn í ofangreindar formúlur ganga
eru teknar upp úr skýrslu sem Byggingadeild hefur tekið
saman "11 kV. háspennulínur DATAR".

4.4.
Útreikningur á
kostnaði.

Sú leið hefur verið valin að reikna kostnað hvernar línugerðar
fyrir sig í þús. kr. á km. miðað við að hámarks haflengdum
sé allsstaðar haldið.

Til þess að reikna kostnað við hinar ýmsu línugerðir hafa
verið búnar til eftirtaldar formúlur:

$$1. \quad EKS = (CA + (n-3)XA) \cdot \frac{1000}{a}$$

EKS = Efniskostnaður við staura og toppbúnað í þús.kr. á km.

CA = Verð á staur og þriggja víra toppbúnaði í þús. kr.

n = fjöldi víra í línu

XA = Mismunur á verði toppbúnaðar við 3 og 2 víra línu og 2 - 1
vírs línu í þús. kr.

a = ráðandi haflengd í m.

$$2. \quad EKV = CD \cdot n \cdot Qvir$$

EKV = Efniskostnaður víra í þús. kr. pr. km.

CD = Verð á 1000 kg í þús. kr.

Qvir = Þungi vírs í kg./m.

$$3. \quad AKS = \frac{SL}{60} (CB + XB (n-3)) \frac{1000}{a}$$

AKS = Kostnaður við uppsetningu staura í þús. kr./km.

SL = Kostnaður á mannklukkustund í þús. kr.

CB = Tími í mannmínútum sem það tekur að reisa staur með þriggja
víra toppbúnaði

XB = Mismunur á vinnutíma við toppbúnað í 3 og 2 víra línu og 2 og 1
vírs línu í mannmínútum.

$$4. \quad AKV = n \cdot \frac{SL}{60} \left(CK + CL \cdot Q_{vir} + CM + CN \cdot \frac{1000}{a} \right)$$

AKV = Kostnaður við uppsetningu víra í þús. kr. /km.

CK = Tími í mannmínútum sem það tekur að draga út og strengja línu óháða vörpunga

CL = Tími í mannmínútum sem það tekur að draga út og strengja línu háða vörpunga

CM = Tími í mannmínútum sem það tekur að flytja rúllu út á línu-stæði setja vír saman og setja upp rúllur

CN = Tími í mannmínútum sem það tekur að bera upp í staur og festa í einangra

$$5. \quad AKT = \frac{AKS + AKV}{SL} \cdot GL$$

AKT = Tækjakostnaður í þús. kr. á km

$\frac{AKS + AKV}{SL}$ = Tími í mannkst. sem tækin eru notuð pr. km.

GL = Tækjakostnaður á mannkstund

$$6. \quad AKF = TL \cdot EF \cdot \left(CP \cdot \frac{1000}{a} + CO \cdot n + CR \cdot \frac{1000}{a} \right)$$

AKF = Flutningskostnaður í þús. kr. pr. km línu

TL = Verð á tonn km. í þús. kr.

EF = Vegalengd sem flutt er í km.

CP = Þungi stauris í tonnum

CO = Þungi 1 vírs á km. í tonnum

CR = Þungi toppbúnaðar á staur í tonnum.

Um ofangreindar formúlur er þetta að segja.

Efniskostnaðar og flutningskostnaðar formúlurnar gefa jafn nákvæman kostnað og upplýsingar um verð á hinum einstöku hlutum, sem til línubygginganna ganga, gefa tilefni til.

Vinnukostnaðarformúlur hafa verið búnar til upp úr bónus kerfi því, sem Industri Konsulent bjó til á sínum tíma. Þar er að finna niðurstöður tímamælinga á flestum þáttum vinnunnar, sem til línubygginga gengur.

Byggingadeild hefur komið sér upp safni af upplýsingum um konstanta þá sem inn í ofantaldar formúlur ganga og vísast til safns þessa um upplýsingar um þá.

Kostnaður á vinnu, efni og tækjum ásamt tíma þeim sem til vinnunnar gengur, sem notað hefur verið í kostnaðarsamanburð hér á eftir er að finna í skýrslu frá Byggingadeild " 11kV háspennulínur DATAR ".

Það skal tekið fram hér að kostnaðarsamanburðurinn miðast við línu á sléttu landi þar sem holugróftur og aðdrættir eru miðlungi erfiðir. Samanburðurinn er gerður á grundvelli verðlags á efni, vinnu, tækjum og flutningum í jan. 1966. Miðað er við 12 manna vinnuflokk í vinnukostnaði.

4.5

Framkvæmd útreikninga.

Útreikningar á framangreindum haflengdum og kostnaði voru framkvæmdir með rafreikni Háskólans.

Forskrift sú sem notuð er fyrir rafreikninn fylgir hér á eftir og sýnir hún hákvæmlega hvernig reiknað er.

Með rafreikninum er nú hægt að reikna eftir meðfylgjandi forskrift eins marga möguleika hvað snertir vírgerð og staurgerð og hver vill hafa með eftirfarandi takmörkunum og athugasemdum.

1. Staur verður að vera massívur með hringlaga þversnið stífu og staglaus. Staurargeta verið tvöfaldir en ekki bundnir þannig saman að þeir virki sem stífur rammi.
2. Ekki er hægt að reikna nema með upp í 10 vírgerðum í senn, en þá þarf að skipta út upplýsingum upp í næstu 10 víra og síðan koll af kolli.
3. Einungis er hægt að reikna með upp í 5 staurhæðum í senn en reikna verður með 3 sverleikum í hverri staurhæð.
4. Hægt er að reikna með þrennskonar álagi í senn, þ. e. þrennskonar samverkandi álagi frá ísi og vindi.
5. Kostnað verður að reikna út fyrir hvern möguleika á vírgerð, staurgerð og álagi. Reiknast hann ætíð af ráðandi haflengd á sléttu landi.
6. Hægt er að fá niðurstöður á gataspjöldum eingöngu, eða bæði vélritaðar út af rafreikni og gataðar.

Útreikningar voru framkvæmdir þannig að teknar voru 20 vírgerðir og 15 staurgerðir til athugunar.

Hæð staura var frá 9 m upp í 13 m og sverleiki normal N), grófur (G) og extragrófur (E) eftir SEN 3601.

Kopargildi víra var frá 10 mm² upp í 85 mm² og gildleiki frá 5.6 mm upp í 16.2 mm. Reiknað var með þrenns konar mismunandi álagi sjá 4.3 og 3ja, 2ja og 1 vírs línunum í hverjum álagsflokki.

4.5.1

Forskrift fyrir rafreikni.

Til glöggvunar á forskriftinni eru nú taldar upp allar innlestrar upplýsingar í sömu röð og þær koma fyrir í forskriftinni og skýrðar.

- Nvir * Fjöldi vírgerða (Max 10)
- N * Fjöldi staurhæða (Max 5)
- NX * Fjöldi breytilegs vírafjölda í línu
- NY * Fjöldi ískápuþykkt
- CD, XA, XB, CK, CL, CM, CN, Co, QVIR (Sjá kostnaðarformúlu 4.4)
- A * Þverskurðarflatarmál vírs í mm²
- DVIR * Þvermál vírs í mm
- SIGO * EDS * 18% af slitpoli vírs við +5° C í kg/mm²
- SIMAX * 55% af slitpoli vírs í kg/mm²
- E₀ * Teygjustuðull vírs við EDS kg/mm²
- E₁ * Teygjustuðull vírs við 55% af slitpoli í kg/mm²
- BETA * Hitabanstuðull í m/m °c
- DT * Hitastig við EDS (Hér +5° C)
- DT2 * Hitastig (Hér + 25° C)
- CA, CB, CP, CR, SL, GL, TL, EF (Sjá kostnaðarformúlu 4.4.)
- FN * Fjöldi víra í línu (Hér 3, 2 og 1)
- Q1 * Eiginþungi vírs + resulterandi þungi íss og vinds í kg/ m
- Q2 * Íþungi í kg/m
- Q3 * Vindálag í kg/m á ísilagðan vír
- DELIS * Ískápuþykkt í mm
- F * Leyfilegt sig á vír í m, þannig að 4 m séu milli vírs og jarðar við ís- og vindþunga
- F2 * Leyfilegt sig á vír í m, þannig að 6 m séu milli vírs og jarðar við + 25°C og engan aukþunga.
- D1 * Þvermál á toppi á staur í cm
- D2 * Þvermál á innspennuþversniði staura í cm (Hér 2 m frá botni)
- FL * Lengd staura í cm
- GAMMA * sjá 1 aa 4.3.2.
- FK * Eiginþungi staura og toppbúnaðar verkandi í topp á staur í kg
- VK * Vindkraftur á staur verkandi í topp í kg
- SIGMX * Leyfileg beygjuspenna í staur í kg/cm²
- ES * Teygjustuðull staura í 10⁶ kg/cm²
- G * Fjarlægð innspennuþversniðs frá botni í cm (Hér 200 cm allsstaðar)
- CU * Kopargildi vírs í mm²
- NAFN * Nafn á vír (Max 18 stafabil)

Til frekari glöggvunar skal greint frá eftirfarandi:

- S (I, J) * Hámarkshaflegd vegna staura
- ST (J) * Hámarkshaflegd vegna skilyrðis um 4 m bil milli vírs og jarðar
- STI (J) * Hámarkshaflegd vegna skilyrðis um 55% af slitpoli í vír
- ST2 (J) * Hámarkshaflegd vegna skilyrðis um 6 m milli vírs og jarðar við 25° C
- SDIM * Sú minnsta af ofangreindum haflegdum.

*0605

```

C MAXIMUM LEYFILEGT STAURABIL
  DIMENSION D1(3),D2(3,5),FN(3),DVIR(10),DELIS(3),FL(5),GAMMA(3,5),
  1QVIR(10),Q1(10,3),FK(3,5),S(3,5),ST(5),F(5),SIGO(10),SIMAX(10),EO(
  210),E1(10),BETA(10),CA(3,5),CB(3,5),EK(3,5),AK(3,5),TK(3,5),CD(10)
  3,XA(10),XB(10),A(10),ST1(5),CK(10),CL(10),CM(10),CN(10),CO(10)
  DIMENSION DT(10),ST2(5),Q2(10,3),Q3(10,3),VK(3,5),F2(5),DT2(10),CP
  1(3,5),CR(3),G(5),NAFN(9,10),CU(10),EKS(3,5),EKV(3,5),AKS(3,5),AKV(
  23,5),AKT(3,5),AKF(3,5),W(10,18)
  EQUIVALENCE(W(1),CD),(W(11),XA),(W(21),XB),(W(31),CK),(W(41),CL),(
  1W(51),CM),(W(61),CN),(W(71),CO),(W(81),QVIR),(W(91),A),(W(101),DVI
  2R),(W(111),SIGO),(W(121),SIMAX),(W(131),EO),(W(141),E1),(W(151),BE
  3TA),(W(161),DT),(W(171),DT2)
  3 READ10,NVIR,N,NX,NY
  DO11 NI=1,18
  11 READ20,(W(I,NI),I=1,NVIR)
  READ20,((CA(I,J),I=1,3),J=1,N)
  READ20,((CB(I,J),I=1,3),J=1,N)
  READ20,((CP(I,J),I=1,3),J=1,N)
  READ20,(CR(I),I=1,NX)
  READ20,SL,GL,TL,EF
  READ20,(FN(I),I=1,NX)
  301 READ20,((Q1(I,J),I=1,NVIR),J=1,NY)
  READ20,((Q2(I,J),I=1,NVIR),J=1,NY)
  READ20,((Q3(I,J),I=1,NVIR),J=1,NY)
  READ20,(DELIS(I),I=1,NY)
  READ20,(F(I),I=1,N)
  READ20,(F2(J),J=1,N)
  READ20,(D1(I),I=1,3)
  READ20,((D2(I,J),I=1,3),J=1,N)
  READ20,(FL(I),I=1,N)
  READ20,((GAMMA(I,J),I=1,3),J=1,N)
  READ20,((FK(I,J),I=1,3),J=1,N)
  READ20,((VK(I,J),I=1,3),J=1,N)
  READ20,SIGMX,ES
  READ20,(G(J),J=1,N)
  READ25,(CU(K),(NAFN(L,K),L=1,9),K=1,NVIR)
  130 DO16 M=1,NY
  401 IF(SENSE SWITCH1)1,2
  1 PRINT30,(FL(I),I=1,N)
  2 PUNCH30,(FL(I),I=1,N)
  140 DO16 L=1,N
  501 IF(SENSE SWITCH1)4,5
  4 PRINT40,FN(L),DELIS(M)
  5 PUNCH40,FN(L),DELIS(M)
  150 DO15 K=1,NVIR
  601 F3=FN(L)*Q3(K,M)
  F4=FN(L)*(QVIR(K)+Q2(K,M))
  DO13 J=1,N
  DO13 I=1,3
  T=VK(I,J)
  S1=(FL(J)-G(J))*3/ES/0.14727/D1(I)/D2(I,J)**3*1.E-6
  F1=S1*F3
  F6=GAMMA(I,J)*ES*D2(I,J)**4*0.48449/(FL(J)-G(J))**2*1.E6
  F5=0.0982*D2(I,J)**3
  Z1=SIGMX*F5
  Z2=F3*(FL(J)-G(J))
  Z3=FK(I,J)*F1*FN(L)

```



```
Z4=F1*F4
Z5=1.-FK(I,J)/F0*FN(L)
Z6=F4/F6
Z7=T*(FL(J)-G(J))
Z8=T*S1*FK(I,J)*FN(L)
Z9=T*S1*F4
AS=Z4-Z2*Z6
B=Z3+Z9-Z6*Z7+Z2*Z5+Z1*Z6
C=Z5*Z7-Z1*Z5+Z8
13 S(I,J)=-B/AS*0.5-SQRTF((B/AS*0.5)**2-C/AS)
   IF(SENSE SWITCH)7,8
   7 PRINT26,(NAFN(LI,K),LI=1,9),CU(K)
     PRINT50,DVIR(K),((S(I,J),I=1,3),J=1,N)
   8 PUNCH26,(NAFN(LI,K),LI=1,9),CU(K)
     PUNCH50,DVIR(K),((S(I,J),I=1,3),J=1,N)
901 DO23 J=1,N
701 C1=F(J)**2
   C2=0.04687*Q1(K,M)/A(K)/EO(K)/F(J)
   C3=(QVIR(K)/8./SIGO(K)/A(K))**2
   C4=0.375*SIGO(K)/EO(K)
   C5=0.375E-6*DT(K)*BETA(K)
   AS=C2+C3
   B=C4+C5
   ST(J)=SQRTF(B/AS*0.5+SQRTF((B/AS*0.5)**2+C1/AS))
   C10=(Q1(K,M)/SIMAX(K)/A(K)/8.)**2
   C20=(QVIR(K)/8./SIGO(K)/A(K))**2
   IF((C10-C20)-1.E-10)200,200,201
200 ST1(J)=9999.
   GO TO 190
201 C30=0.375*SIMAX(K)/E1(K)
   C40=0.375*SIGO(K)/EO(K)
   C50=0.375E-6*DT(K)*BETA(K)
   ST1(J)=SQRTF((C30-C40-C50)/(C10-C20))
190 C11=F2(J)**2
   C21=0.04687*QVIR(K)/A(K)/EO(K)/F2(J)
   C51=0.375E-6*DT2(K)*BETA(K)
   AS=C3+C21
   B=C4-C51
   ST2(J)=SQRTF(B/AS*0.5+SQRTF((B/AS*0.5)**2+C11/AS))
31 IF(ST1(J)-ST(J))57,57,51
57 IF(ST1(J)-ST2(J))52,52,53
52 SMIN=ST1(J)
   GO TO 55
51 IF(ST(J)-ST2(J))54,54,53
54 SMIN=ST(J)
   GO TO 55
53 SMIN=ST2(J)
55 DO 24 I=1,3
801 IF(SMIN-S(I,J))103,103,104
103 SDIM=SMIN
   GO TO 105
104 SDIM=S(I,J)
105 EKS(I,J)=(CA(I,J)+(FN(L)-3.)*XA(K))*1000./SDIM
   EKV(I,J)=CD(K)*FN(L)*QVIR(K)
   EK(I,J)=EKS(I,J)+EKV(I,J)
   AKS(I,J)=SL/60.*(CB(I,J)+(FN(L)-3.)*XB(K))*1000./SDIM
   AKV(I,J)=FN(L)*SL/60.*(CK(K)+CL(K)*QVIR(K)+CM(K)+CN(K))*1000./SDIM
   AKT(I,J)=(AKS(I,J)+AKV(I,J))*GL/SL
   AKF(I,J)=TL*EF*(CP(I,J)*1000./SDIM+CO(K)*FN(L)+CR(L))*1000./SDIM
   AK(I,J)=AKS(I,J)+AKV(I,J)+AKT(I,J)+AKF(I,J)
```

```
24 TK(I,J)=(EK(I,J)+AK(I,J))
23 CONTINUE
120 IF(SENSE SWITCH1)810,820
810 PRINT80,(ST(J),J=1,N)
    PRINT81,(ST1(J),J=1,N)
    PRINT85,(ST2(J),J=1,N)
    PRINT98
911 PRINT91,((EKS(I,J),I=1,3),J=1,N)
    PRINT92,((EKV(I,J),I=1,3),J=1,N)
    PRINT82,((EK(I,J),I=1,3),J=1,N)
    PRINT98
    PRINT93,((AKS(I,J),I=1,3),J=1,N)
    PRINT94,((AKV(I,J),I=1,3),J=1,N)
    PRINT96,((AKT(I,J),I=1,3),J=1,N)
    PRINT97,((AKF(I,J),I=1,3),J=1,N)
    PRINT83,((AK(I,J),I=1,3),J=1,N)
    PRINT98
    PRINT84,((TK(I,J),I=1,3),J=1,N)
    PRINT95
820 PUNCH80,(ST(J),J=1,N)
    PUNCH81,(ST1(J),J=1,N)
    PUNCH85,(ST2(J),J=1,N)
    PUNCH98
921 PUNCH91,((EKS(I,J),I=1,3),J=1,N)
    PUNCH92,((EKV(I,J),I=1,3),J=1,N)
    PUNCH82,((EK(I,J),I=1,3),J=1,N)
    PUNCH98
    PUNCH93,((AKS(I,J),I=1,3),J=1,N)
    PUNCH94,((AKV(I,J),I=1,3),J=1,N)
    PUNCH96,((AKT(I,J),I=1,3),J=1,N)
    PUNCH97,((AKF(I,J),I=1,3),J=1,N)
    PUNCH83,((AK(I,J),I=1,3),J=1,N)
    PUNCH98
    PUNCH84,((TK(I,J),I=1,3),J=1,N)
    PUNCH95
15 CONTINUE
16 CONTINUE
    PAUSE
    GO TO 3
10 FORMAT(4I3)
20 FORMAT(12F6.0)
25 FORMAT(F6.1,9A2)
26 FORMAT(6X,9A2,3HCU=F6.1)
30 FORMAT(29X,27HMAXIMUM LEYFILEGT STAURABIL// 9X,2HL=F6.0,8X,2HL=F6.
    10,7X,2HL=F6.0,7X,2HL=F6.0,7X,2HL=F6.0// 7X,71HN G E N
    2G E N G E N G E N G E//)
40 FORMAT(/6X,2HN=F5.0,6X,6HDELIS=F5.0//)
50 FORMAT(F5.1,15F5.0)
80 FORMAT(5H F 5F15.0)
81 FORMAT(5H S 5F15.0)
85 FORMAT(5H T 5F15.0)
82 FORMAT(5H EK 15F5.0)
83 FORMAT(5H AK 15F5.0)
84 FORMAT(5H TK 15F5.0)
91 FORMAT(5H EKS 15F5.0)
92 FORMAT(5H EKV 15F5.0)
---93 FORMAT(5H AKS 15F5.0)
94 FORMAT(5H AKV 15F5.0)
95 FORMAT(//)
96 FORMAT(5H AKT 15F5.0)
97 FORMAT(5H AKF 15F5.0)
98 FORMAT(/)
    END
```

5. KOSTNAÐARSAMANBURÐUR OG NÆURSTÖÐUR.

5.1 Kostnaðarsaman- burður.

Eins og áður er getið voru teknar 20 vírgerðir í samanburð þennan. Meðal þessara vírtegunda voru flestir þeir vírar sem fram að þessu hafa verið notaðir í 11 Kv háspennulínurnar, svo og margar aðrar tegundir. Fyrir hvern ísingarþunga var síðan reiknuð út hámarkshafllengd á 15 staurgerðum, þ. e. 9, 10, 11, 12 og 13 m háum staurum með 3 sverleikum í hverri hæð. Jafnframt var reiknaður kostnaður miðaður við hámarkshafllengd hverju sinni.

Ofan nefndir reikningar voru framkvæmdir með rafreikni háskólans. Af útskrift frá rafreikninum má lesa eftirfarandi atriði :

1. Hámarkshafllengdir vegna víra og staura
2. Efniskostnað staura, efniskostnað víra,
efniskostnað samtals, vinnukostnað við staura, vinnukostnað við víra, tækjakostnað, flutningskostnað, vinnutækja- og flutningskostnað samtals og heildarkostnað.

Til þess að sjá hvaða áhrif mismunandi íspungi og vírafjöldi í línu, hefur á kostnaðinn hefur verið búið til línurit, þar sem bornar eru saman ódýrustu lausnir fyrir hverja vírtegund. Fylgir línurit þetta hér á eftir.

Til þess að sjá á hvaða staurum og hvaða hámarkshafllengdir eru fengnar við ódýrustu lausnirnar er sú leið valin, að setja 6 ódýrustu lausnirnar upp í töflur hér á eftir en vísast til rafreiknisútskriftar til frekari athugana. Lausnunum er raðað í töflunum eftir kostnaði og vírgerðirnar númeraðar eins og gert er á línuriti.

Hér skal tekið fram eins og á línuritinu að tekniskar upplýsingar um rússnesku vírana eru ef til vill ekki nógu góðar.

Til þess að sýna hvernig ódýrasta lausn er valin úr útskriftinni frá rafreikninum, er sett upp tafla sem sýnir útskrift rafreiknisins fyrir 2 víra línu með Gost nr. 50 vír með mesta ísálagi. Þessi línugerð er valin til þess að sýna hvernig öll skilyrðin (sjá kafla 4, 3) koma inn til þess að takmarka hámarkshaflemd.

SAMANBURÐUR A KOSTNAÐ VIÐ
11 KV HÁSPENNULINUR VIÐ MISMUNANDI
ÍSPUNGA OG VIRAFJÖLDA Í LINU.

Mars '66 J.M.W.

SKÝRINGAR.

- Merkir 3 virar í línu
- Merkir 2 virar í línu
- △ Merkir 1 vir í línu

Hver merktur punktur táknar
öðyrustu lausn af 15 sem voru
athugaðar við hvern vir og hvern
ísingarpunga.
Tölurnar 1-20 tákna eftir-
talda vira, kopargildi í svigum.

| | |
|----------------------|--------|
| 1. TRUSH | (10,5) |
| 2. SWALLOW | (16,7) |
| 3. DOVER | (19,3) |
| 4. METALLINER* | (20,9) |
| 5. PICKERELL | (21,1) |
| 6. LOON | (21,2) |
| 7. GOST I | (22,6) |
| 8. FRINGUELLO | (25,0) |
| 9. ROBIN | (26,6) |
| 10. METALLINER GOST* | (29,5) |
| 11. RAVEN | (33,6) |
| 12. CORVO | (35,0) |
| 13. GOST II* | (42,5) |
| 14. QUAGLIA | (50,0) |
| 15. COLOMBO | (50,0) |
| 16. PIGEON | (53,4) |
| 17. DOTTEREL | (56,3) |
| 18. ALLOY T01857 | (67,4) |
| 19. ALLOY H/1127 | (64,7) |
| 20. PARTRIDGE | (85,0) |

* Um þessa rússnesku rtra
hafa ekki fengist nógu
góðar teknískar upplýsingar

Kostnaður í þús kr. á km

MESTI ÍSPUNGI 18mm ískápuþykkt

Miðlungs íspungi 11mm ískápuþykkt.

Minnsti íspungi 7mm ískápuþykkt.

Vindálag allsstaðar = 25 kg/m² á ísilaðan vir.
Strenging við +5°C = 18% af slitþoli („Every day stress“)

Kopargildi mm² →

Kopargildi mm² →

Kopargildi mm² →

Kostnaður miðast við að
hámarkshafleing sé allsstaðar
haldið, Verð á efni og vinnu
miðast við verðlag í jan 1966.
Kostnaður inniheldur ekki
yfirumsjón og ófyrirséð, né
heldur endabúnað, spenna eða
umbúnað við horn.

6 ÖDÝRUSTU LAUSNIR :

TAFLA 1

(Eks - Tk Skammstafanir sjá kafla 4,4)

Ath. : Tölur teknar úr útskrift frá rafreikni sem skrifar út næsta heila þús. fyrir neðan rétta tölu.

MESTI ÍSINGARÞUNGI : ÍSKÁPUDYKKT = 18 mm.

(Indexar V og S merkja : V vír takmarkar, S staur takmarkar haflengd)

| Nr. | Vírtegund | Hafl. m | Staur gerð | Eks þ.kr. | Ekv þ.kr. | Ek þ.kr. | Aks þ.kr. | Akv þ.kr. | Akt þ.kr. | Akf þ.kr. | Ak þ.kr. | Tk þ.kr. |
|-----|-----------|------------|---------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|
|-----|-----------|------------|---------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|

3 VÍRAR Á STANDEINANGRUM.

| | | | | | | | | | | | | |
|----|-----------------|------------------|----|----|----|----|----|----|---|---|----|----|
| 10 | Metalliner Gost | 98 ^V | 9G | 31 | 17 | 49 | 14 | 13 | 8 | 5 | 42 | 92 |
| 8 | Fringuello | 99 ^V | 9G | 31 | 22 | 53 | 14 | 12 | 8 | 5 | 42 | 94 |
| 7 | Gost I | 90 ^V | 9G | 34 | 15 | 50 | 15 | 12 | 9 | 6 | 44 | 94 |
| 9 | Robin | 103 ^V | 9G | 30 | 25 | 55 | 13 | 12 | 8 | 5 | 41 | 95 |
| 4 | Metalliner | 77 ^V | 9N | 37 | 12 | 49 | 17 | 12 | 9 | 6 | 48 | 96 |
| 5 | Pickerell | 117 ^V | 9E | 29 | 29 | 58 | 12 | 12 | 7 | 5 | 39 | 97 |

2 VÍRAR Á STANDEINANGRUM

| | | | | | | | | | | | | |
|----|-----------------|------------------|-----|----|----|----|----|---|---|---|----|----|
| 5 | Pickerell | 117 ^V | 9N | 21 | 19 | 40 | 11 | 8 | 6 | 4 | 31 | 71 |
| 10 | Metalliner Gost | 98 ^V | 9N | 25 | 11 | 37 | 14 | 8 | 6 | 4 | 35 | 72 |
| 9 | Robin | 103 ^V | 9N | 23 | 16 | 40 | 13 | 8 | 6 | 4 | 33 | 73 |
| 8 | Fringuello | 99 ^V | 9N | 24 | 14 | 39 | 13 | 8 | 6 | 4 | 34 | 73 |
| 7 | Gost I | 90 ^V | 9N | 27 | 10 | 37 | 13 | 8 | 6 | 4 | 36 | 73 |
| 13 | Gost II | 136 ^S | 10G | 23 | 17 | 40 | 11 | 9 | 6 | 4 | 33 | 73 |

1 VÍR Á STANDEINANGRUM.

| | | | | | | | | | | | | |
|----|-----------------|------------------|-----|----|----|----|----|---|---|---|----|----|
| 5 | Pickerell | 165 ^V | 11N | 16 | 9 | 26 | 10 | 4 | 4 | 3 | 23 | 49 |
| 13 | Gost II | 141 ^V | 10N | 17 | 8 | 25 | 10 | 4 | 5 | 3 | 24 | 49 |
| 3 | Dover | 162 ^V | 11N | 16 | 12 | 28 | 10 | 4 | 4 | 3 | 24 | 52 |
| 6 | Loon | 162 ^V | 10N | 14 | 18 | 33 | 9 | 4 | 4 | 3 | 21 | 54 |
| 12 | Corvo | 125 ^V | 10N | 19 | 10 | 29 | 12 | 4 | 5 | 3 | 24 | 55 |
| 10 | Metalliner Gost | 98 | 9N | 20 | 5 | 26 | 14 | 4 | 6 | 3 | 30 | 56 |

6 ÓDÝRUSTU LAUSNIR :

TAFLA 2

(Eks - Tk Skammstafanir sjá kafla 4,4)

Ath. : Tölur teknar úr útskrift frá rafreikni sem skrifar út næsta heila þús. fyrir neðan rétta tölu.

MIDLUNGS ÍSINGARPUNGI : ÍSKÁPUDYKKT = 11 mm.

(Indexar V og S merkja : V vír takmarkar, S staur takmarkar haflegnd)

| Nr. | Vírtegund | Hafll. m | Staur gerð | Eks þ.kr. | Ekv þ.kr. | Ek þ.kr. | Aks þ.kr. | Akv þ.kr. | Akt þ.kr. | Akf þ.kr. | Ak þ.kr. | Tk þ.kr. |
|-----|-----------|-------------|---------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|
|-----|-----------|-------------|---------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|

3 VÍRAR Á STANDEINANGRUM

| | | | | | | | | | | | | |
|----|-----------------|------------------|-----|----|----|----|----|----|---|---|----|----|
| 4 | Metalliner | 138 ^S | 10G | 25 | 12 | 38 | 11 | 10 | 7 | 4 | 33 | 71 |
| 7 | Gost I | 137 ^S | 10G | 25 | 15 | 41 | 11 | 12 | 7 | 4 | 34 | 75 |
| 2 | Swallow | 134 ^V | 10G | 26 | 15 | 42 | 11 | 10 | 6 | 4 | 33 | 75 |
| 1 | Trush | 93 ^V | 9N | 30 | 10 | 40 | 14 | 10 | 7 | 5 | 38 | 78 |
| 8 | Metalliner Gost | 167 ^S | 11E | 26 | 17 | 44 | 10 | 11 | 7 | 5 | 34 | 78 |
| 10 | Fringuello | 167 ^V | 11E | 26 | 22 | 48 | 10 | 10 | 7 | 5 | 33 | 81 |

2 VÍRAR Á STANDEINANGRUM

| | | | | | | | | | | | | |
|----|-----------------|------------------|-----|----|----|----|----|---|---|---|----|----|
| 4 | Metalliner | 139 ^V | 10N | 20 | 8 | 28 | 11 | 7 | 5 | 3 | 28 | 56 |
| 7 | Gost I | 143 ^V | 10N | 19 | 10 | 30 | 10 | 7 | 5 | 3 | 27 | 57 |
| 10 | Metalliner Gost | 169 ^V | 11G | 20 | 11 | 32 | 10 | 7 | 5 | 4 | 27 | 59 |
| 2 | Swallow | 134 ^V | 10N | 21 | 10 | 31 | 11 | 7 | 5 | 3 | 28 | 59 |
| 8 | Fringuello | 145 ^V | 10N | 19 | 14 | 34 | 10 | 7 | 5 | 3 | 27 | 61 |
| 9 | Robin | 146 ^V | 10N | 19 | 16 | 36 | 10 | 7 | 5 | 3 | 27 | 63 |

1 VÍR Á STANDEINANGRUM

| | | | | | | | | | | | | |
|----|--------------|------------------|-----|----|---|----|----|---|---|---|----|----|
| 7 | Gost I | 164 ^V | 11N | 16 | 5 | 21 | 10 | 3 | 4 | 3 | 22 | 43 |
| 10 | Metall. Gost | 169 ^V | 11N | 15 | 5 | 21 | 9 | 4 | 4 | 3 | 23 | 44 |
| 4 | Metalliner | 139 ^V | 10N | 17 | 4 | 21 | 11 | 3 | 5 | 3 | 23 | 44 |
| 8 | Fringuello | 167 ^V | 11N | 16 | 7 | 23 | 10 | 3 | 4 | 3 | 22 | 45 |
| 13 | Gost II | 202 ^V | 12N | 14 | 8 | 23 | 9 | 4 | 4 | 3 | 22 | 45 |
| 9 | Robin | 168 ^V | 11N | 16 | 8 | 24 | 9 | 4 | 4 | 3 | 22 | 46 |

(Eks - Tk Skammstafanir sjá kafla 4. 4.)

A TH. : Tölur teknar úr útskrift frá rafreikni sem skrifar út næsta heila þús. fyrir neðan rétta tölu.

MINNSTI ÍSINGARÞUNGI : ÍSKÁPUDYKKT = 7 mm.

(Indexar V og S merkja : V vír takmarkar, S staur takmarkar haflengd)

| Nr. | Vírtegund | Hafll. m | Staur gerð | Eks þ.kr. | Ekv þ.kr. | Ek þ.kr. | Aks þ.kr. | Akv þ.kr. | Akt þ.kr. | Akf þ.kr. | Ak þ.kr. | Tk þ.kr. |
|-----|-----------|-------------|---------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|
|-----|-----------|-------------|---------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|

3 VÍRAR Á STANDEINANGRUN

| | | | | | | | | | | | | |
|----|--------------|------------------|-----|----|----|----|----|----|---|---|----|----|
| 1 | Trush | 137 ^V | 10N | 23 | 10 | 33 | 11 | 9 | 6 | 3 | 31 | 64 |
| 2 | Metalliner | 172 ^V | 11G | 22 | 12 | 35 | 10 | 10 | 5 | 4 | 31 | 66 |
| 4 | Swallow | 170 ^V | 11G | 22 | 15 | 38 | 10 | 10 | 6 | 4 | 32 | 70 |
| 7 | Gost I | 177 ^V | 11G | 21 | 15 | 37 | 9 | 10 | 6 | 4 | 32 | 69 |
| 10 | Metall. Gost | 169 ^V | 11G | 23 | 17 | 40 | 10 | 11 | 6 | 4 | 34 | 74 |
| 8 | Fringuello | 179 ^V | 11G | 21 | 22 | 43 | 9 | 10 | 6 | 4 | 32 | 75 |

2 VÍRAR Á STANDEINANGRUM

| | | | | | | | | | | | | |
|----|--------------|------------------|-----|----|----|----|----|---|---|---|----|----|
| 7 | Gost I | 203 ^V | 12N | 16 | 10 | 27 | 9 | 7 | 5 | 3 | 24 | 51 |
| 4 | Metalliner | 196 ^V | 12N | 17 | 8 | 26 | 9 | 7 | 5 | 3 | 25 | 51 |
| 2 | Swallow | 192 ^V | 12N | 17 | 10 | 28 | 9 | 6 | 5 | 3 | 26 | 52 |
| 10 | Metall. Gost | 196 ^V | 12N | 17 | 11 | 29 | 9 | 7 | 5 | 3 | 25 | 54 |
| 1 | Trush | 137 ^V | 10N | 20 | 6 | 27 | 11 | 6 | 5 | 3 | 27 | 54 |
| 8 | Fringuello | 205 ^V | 12N | 16 | 14 | 31 | 9 | 7 | 4 | 3 | 24 | 55 |

1 VÍR Á STANDEINANGRUM

| | | | | | | | | | | | | |
|---|------------|------------------|-----|----|---|----|---|---|---|---|----|----|
| 7 | Gost I | 203 ^V | 12N | 14 | 5 | 20 | 9 | 3 | 4 | 2 | 20 | 40 |
| 4 | Metalliner | 196 ^V | 12N | 15 | 4 | 19 | 9 | 3 | 4 | 2 | 21 | 40 |
| 2 | Swallow | 172 ^V | 11N | 15 | 5 | 21 | 9 | 3 | 4 | 2 | 20 | 41 |
| 9 | Robin | 206 ^V | 12N | 14 | 8 | 23 | 8 | 3 | 4 | 2 | 19 | 42 |
| 8 | Fringuello | 179 ^V | 11N | 15 | 7 | 22 | 9 | 3 | 4 | 2 | 20 | 42 |
| 5 | Pickerell | 229 ^V | 12N | 13 | 9 | 22 | 8 | 4 | 4 | 2 | 20 | 42 |

2 VÍRALÍNA (TV)

TAFLA 4.

VÍR : GOST Nr. 50

ALAG : MESTI ÍSPUNGI

Eks = Efniskostnaður staura með toppb. Akt. = Tækjakostn.
 Ekv = Efniskostnaður víra Akf. = Flutningskostn.
 Eks = Efniskotn. alls Ak = Vinnukostn. alls
 Aks = Vinnukostn. við holugróft og staurareis. Tk = Heildarkostn.
 Akv = Vinnukostn við víra

| | 9 m | | | 10 m | | | 11 m | | | 12 m | | | 13 m | | |
|-----------|------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|-------------------|------------------|------------------|-------------------|------------------|------------------|-------------------|------------------|
| Ráðandi N | G | E | N | G | E | N | G | E | N | G | E | N | G | E | |
| Hafll. | | | | | | | | | | | | | | | |
| m | 102 ^T | 102 ^T | 102 ^T | 101 st | 136 st | 141 ^F | 99 st | 132 st | 153 ^S | 97 st | 130 st | 153 ^S | 96 st | 128 st | 153 ^S |
| Eks | 24 | 26 | 29 | 27 | 23 | 25 | 31 | 26 | 25 | 35 | 30 | 29 | 40 | 34 | 32 |
| Ekv | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 |
| Ek | 41 | 44 | 46 | 45 | 40 | 42 | 48 | 43 | 43 | 52 | 47 | 46 | 58 | 52 | 50 |
| Aks | 13 | 14 | 14 | 15 | 11 | 11 | 16 | 12 | 11 | 19 | 14 | 12 | 21 | 16 | 14 |
| Akv | 10 | 10 | 10 | 10 | 9 | 9 | 10 | 9 | 9 | 10 | 9 | 9 | 10 | 9 | 9 |
| Akt | 7 | 7 | 8 | 8 | 6 | 6 | 8 | 7 | 6 | 9 | 8 | 7 | 10 | 8 | 7 |
| Akf | 4 | 5 | 5 | 5 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 | 5 | 7 | 6 | 6 |
| Ak | 37 | 38 | 39 | 39 | 32 | 32 | 41 | 35 | 33 | 45 | 38 | 35 | 49 | 41 | 38 |
| Tk | 78 | 82 | 86 | 84 | 73 | 74 | 89 | 78 | 76 | 97 | 86 | 81 | 107 | 93 | 88 |

Indexar á haflengdum :

Haflengd takmarkast fyrst af :

st : styrkleika staura

T : Sigi vírs við + 25°C

F : Sigi vírs við 0°C með íspunga

S : Mekanískri spennu í vír við 0°C og íspunga

Töflugildi eru í þús kr. á km.

Ath. : að rafreiknir skrifar út næsta heila þúsund fyrir neðan útreiknaða tölu.

5.2

Niðurstöður

Eins og sjá má af línuriti hér að framan er hægt að finna fljótlega ódýrustu línugerð frá mekanisku sjónarmiði þegar kopargildi og ísingarflokkur er ákveðinn.

Á línuritinu má strax sjá að mikill kostnaðarmunur er á því hvort lína er hönnuð til þess að taka mesta, miðlungs eða minnsta íspunga.

Miðað við kopargildi ca. 20 mm^2 fæst eftirfarandi tafla, sem sýnir mismuninn í %. Ísingarflokkarnir eru kallaðir 1, 2 og 3 eftir þunga.

TAFLA 5.

| Línugerð | Ísingarflokkur | | |
|----------|----------------|-----|-----|
| | 1 | 2 | 3 |
| ÞV | 100% | 76% | 70% |
| TV | 100% | 79% | 72% |
| EV | 100% | 88% | 82% |

Til þess að sjá hvernig hámarkshafleingd breytist með álaginu má taka til dæmis Pickerell vír á 10 m G staurum.

TAFLA 6.

| Línugerð | Ísingarflokkur | | |
|----------|------------------|------------------|------------------|
| | 1 | 2 | 3 |
| ÞV | 101 ^S | 137 ^S | 161 ^V |
| TV | 144 ^V | 161 ^V | 161 ^V |
| EV | 144 ^V | 161 ^V | 161 ^V |

Tafla 5 sýnir að mikið er hægt að spara með því að velja réttan ísingarþunga en vitað er að mjög mikill munur er á ísingarhættu eftir staðsetningu á línustæði og stefnu á línu.

Jafnframt verður að hafa það í huga að hafleingdir aukast mikið eins og t. d. í ÞV línunni sjá töflu 6.

Þar sem ekki liggja fyrir nógu miklar upplýsingar um ísingarhættu á Íslandi almennt og allar okkar línur hafa verið hannaðar síðustu árin í samræmi við ísingarþunga sem liggur milli 1 og 2 flokks skv. framangreindu er rétt að gera ekki minni kröfur til styrkleika línanna en sem svarar 2 flokki, þar, sem ísingarhættan er minnst. Í þessu sambandi gæti komið til álita sérstaklega í þriggja og tveggja

víra línunum að skjóta inn ísingarþunga sem lægi milli 1 og 2 flokks skv. framangreindu til þess að stökkin yrðu ekki eins stór, en oft kemur til greina að nota mismunandi ísingarþunga í sömu línu.

Eins og sjá má á töflum 1 - 3 hér að framan kemur í ljós, að yfirleitt muni hagkvæmt að nota eftirtaldar stauragerðir með þeim vírum sem algengast er að nota í dag í 11 Kv. háspennulínunum.

TAFLA 7.

| | Ísingarflokkur | | |
|----------|----------------|-----|-----|
| Línugerð | 1 | 2 | 3 |
| ÞV | 9G | 10G | 11G |
| TV | 9N | 10N | 12N |
| EV | 10N, 11N | 11N | 12N |

Tafla 7 sýnir að nota á grófan sverleika á staurunum í ÞV línunum en annars normal sverleika.

Tafla 4 hér að framan sýnir hvernig hagkvæmasta stauragerð er fundin hverju sinni og það sýnir sig að hún finnst alltaf þar sem efniskostnaður er minnstur. Athugað hefur verið hvaða áhrif breytingar á vinnukostnaði geta haft á val á hagkvæmustu staurgerð og það sýnir sig að mjög miklar breytingar þarf til þess að breyta staðsetningu á minnsta kostnaði t. d. í töflu 4 finnst minnsti kostnaður á 10 G staur (7.35 staurar pr km) næst minnsti kostnaður er á 10 m E staur (7.10 staurar pr km). Það kostar ca 1500 kr. að grafa niður 10 m G staur og reisa hann og ca 1540 að grafa niður 10 m E staur og reisa hann. Enda þótt kostnaðurinn pr staur væri aukinn um 100% og vinnukostnaðarmismunur settur = 0 mundi slíkt ekki veða upp mismun þann sem er á heildarkostnaði.

Það má því segja að það nægi að finna þá staurgerð fyrir hvern vír sem gefur minnstan efniskostnað, til þess að velja staurgerðina.

Eins og áður er sagt hittist yfirleitt aldrei þannig á að hægt

sé að nota sömu staurhæðina allsstaðar. Verður að hafa það í huga, ef staurar eru keyptir áður en búið er að staursetja þær línur sem byggja á.

Til þess að staursetja línur í samræmi við það sem hér hefur verið sagt að framan verður að hafa í huga að ákvarðandi haf lengd „ Ruling span ” er mismunandi fyrir sömu víngerðina eftir því hver ísingarþunginn er. Verður því að gera eins marga staursetningarferla (skabelon) fyrir hvern vír og ísingar flokkarnir eru margir.

(Skýrgreining á ákvarðandi haf lengd sjá t. d. Lednings Montasje 0 Strand Oslo 1930 bls. 10)

Það skal tekið fram að ódýrustu línugerðir skv. framan greindu þurfa ekki að vera þær hagkvæmustu, því þar kemur fleira til eins og t. d. flutningstöp. Það ætti þó að vera frekar einfalt að taka þau með í reikninginn ef þau yrðu verðlögð.

Samanburður sá sem hér hefur verið gerður að framan sýnir að mikla peninga má spara með áreiðanlegri vitneskju um ísingarhættu.

Samanburður sem gerður er á sléttu landi er ekki jafngóður og sá sem gerður er á því landi sem byggja á viðkomandi línu á. Erlendis hafa verið búnar til forskriftir fyrir rafreikna sem staursetja línur á landið eins og það er, og væri mjög æskilegt að við hér á Íslandi kæmum okkur upp álíka forskrift. Samt er ekki víst að hagkvæmt væri að staursetja 11 Kv sveitalínurnar með slíkri forskrift, þar sem útreikningurinn yrði ef til vill of dýr.

Að lokum skal tekið fram, að niðurstöður þær, sem fengist hafa hér að framan eru byggðar á forsendum, sem eru hvorki einhlýtar né algildar, er því nauðsynlegt að endurskoða reglur og samanburð annað slagið að fenginni nýrri og betri vitneskju.

EFNISKOSTNAÐUR 1 JAN 1966

STAURAR : (Efniskostnaður er fenginn skv. tilboðsverðum í nóv. 1965.
Reiknað er með álagningu frá birgðadeild í efniskostnaði).

Verð pr. staur í kr.

| | 9 m | 10 m | 11 m | 12 m | 13 m |
|---|------|------|------|------|------|
| N | 1610 | 1970 | 2250 | 2580 | 3100 |
| G | 1890 | 2320 | 2640 | 3100 | 3640 |
| E | 2160 | 2740 | 3100 | 3600 | 4180 |

TOPPBÚNAÐUR : (standeinangrar)

| | |
|-----------|-------------|
| ÞV - lína | 1256.30 kr. |
| TV - lína | 833.40 kr. |
| EV - lína | 463.30 kr. |

(NB. í útreikningum með rafreikni er reiknað með 400 kr. mismun á toppbúnaði EV og TV og TV og ÞV. Þetta er gert til einföldunar og munar sára litlu eins og sjá má).

VÍRAR : (Efniskostnaður, víra er áætlaður út frá markaðsverði á 20 vírtegundum sem verð fékkst á. 13 des. 1965. Reiknað er með álagningu frá birgðadeild.

| | | | |
|------------------------|---|-------|---------|
| Trush | ■ | 49.40 | kr./kg. |
| Swallow | ■ | 49.30 | " |
| Dover | ■ | 55.40 | " |
| Metalliner | ■ | 30.20 | " |
| Pickerell | ■ | 42.00 | " |
| Loon | ■ | 41.90 | " |
| Gost nr. 25 | ■ | 34.60 | " |
| Fringuello | ■ | 46.10 | " |
| Robin | ■ | 48.90 | " |
| Metalliner Gost nr. 35 | ■ | 30.40 | " |
| Raven | ■ | 48.60 | " |
| Corvo | ■ | 45.60 | " |
| Gost nr. 50 | ■ | 31.35 | " |
| Quaglia | ■ | 45.60 | " |
| Colombo | ■ | 43.50 | " |
| Pigeon | ■ | 47.80 | " |
| Dotterel | ■ | 38.80 | " |
| Alloy 7/. 1857 | ■ | 58.60 | " |
| Alloy 19/. 1127 | ■ | 58.60 | " |
| Partridge | ■ | 46.60 | " |

VINNUKOSTNAÐUR, 1 JAN 1966

| | | | |
|-------------------------------------|---|--------|------------|
| Kostnaður pr. mann klukkustund | ■ | 110.00 | kr. |
| Tækjakostnaður pr. mann klukkustund | ■ | 36.00 | kr. |
| Flutningskostnaður | ■ | 4.23 | /tonn. km. |

(Kostnaður pr. mann klukkustund er reiknaður út frá 12 manna vinnuflokki sömuleiðis tækjakostn. Í útreikningunum í kostnaðarsamanburði er reiknað með 300 km flutningsleið).

Reisingartími við staura í mann mínútum pr. staur.
(Reiknað er með 25% óvirkum tíma).

| | 9 m | 10 m | 11 m | 12 m | 13 m |
|---|-----|------|------|------|------|
| N | 713 | 800 | 900 | 1013 | 1138 |
| G | 732 | 819 | 919 | 1032 | 1157 |
| E | 750 | 838 | 938 | 1050 | 1175 |

Vinnutími við strengingu og uppsetningu vfra.
(Er háður þyngd vfrs, lengd vfrs á tromlu og fjölda festinga.)

Áætlaður vinnutími er sem hér segir. 1 vfr .

| | | | | | |
|------------------------|---|------|---|---|---------|
| Trush | ■ | 1285 | + | k | mín/km. |
| Swallow | ■ | 1450 | + | k | " |
| Dover | ■ | 1672 | + | k | " |
| Metalliner | ■ | 1506 | + | k | " |
| Pickerell | ■ | 1798 | + | k | " |
| Loon | ■ | 2114 | + | k | " |
| Gost nr. 25 | ■ | 1563 | + | k | " |
| Fringuello | ■ | 1577 | + | k | " |
| Robin | ■ | 1617 | + | k | " |
| Metalliner Gost nr. 35 | ■ | 1748 | + | k | " |
| Raven | ■ | 1778 | + | k | " |
| Corvo | ■ | 1813 | + | k | " |
| Gost nr. 50 | ■ | 1906 | + | k | " |
| Quaglia | ■ | 2061 | + | k | " |
| Colombo | ■ | 1760 | + | k | " |
| Pigeon | ■ | 2137 | + | k | " |
| Dotterell | ■ | 2615 | + | k | " |
| Alloy 7/. 1857 | ■ | 2025 | + | k | " |
| Alloy 19/. 1127 | ■ | 1851 | + | k | " |
| Partridge | ■ | 2286 | + | k | " |

$$k = 35 \frac{1000}{a}$$

Þar sem a er haflengd í m.