

Athugun á orkuflutningi frá Akureyri til Skeiðsfoss
um Dalvík

eftir
Gísla Jónsson

Athugun á orkuflutningi frá Akureyri til Skeiðsfoss.

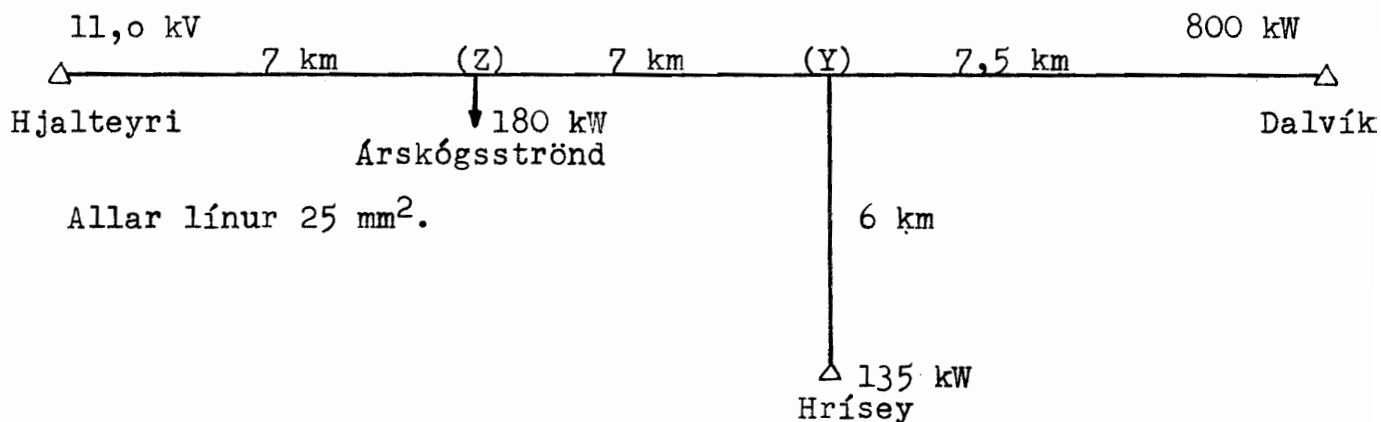
1. Spennufall á 10 kV línu frá Hjalteyri til Dalvíkur.

Komið gæti til greina að nota 11 kV línuna á milli Hjalteyrar og Dalvíkur til orkuflutnings frá Akureyri til Siglufjarðar og Ólafsvíkur, en þó varla nema til bráðabirgða, þar eð gildleiki hennar er aðeins 25 mm². Byggð yrði þá lína frá Dalvík og út í fyrirhugaða 11 kV, 35 mm² línu á milli Skeiðsfoss og Ólafsfjarðar. Lína þessi yrði sennilega 35 mm² og byggð sem 33 kV lína, en rekin sem 11 kV lína fyrst um sinn.

Ávinningurinn við samtengingu þessa yrði sá, að hægt yrði að senda orku frá Laxárvirkjuninni til Siglufjarðar og Ólafsfjarðar, þegar línan á milli Hjalteyrar og Dalvíkur leyfði það vegna álagsins, og með því móti spara vatn í Skeiðsfossvirkjuninni.

Áætluð mesta aflþörf Dalvíkur er 600 kW, en næturálagið 150 kW. Reiknað verður með, að til Dalvíkur verði flutt stöðugt 800 kW. Það sem umfram er notkunina á Dalvík, verður flutt áfram til Siglufjarðar og Ólafsfjarðar. Áætluð orkuþörf í Hrísey er 135 kW og 180 kW á Árskógsströnd og reiknað með 11 kV spennu á Hjalteyri.

Verður nú reiknað út spennufallið frá Hjalteyri til Dalvíkur, en þar verður spennufallið tilfinnanlegast. Töpin eru áætluð og spennufallið síðan fundið út af línuritum. Þá eru töpin reiknuð út og spennufallið fundið á ný. Þannig er haldið áfram, þar til spennuföll og töp eru í samræmi hvort við annað, en það fæst mjög fljótlega.



Við raunstuðul 0,9:

Hj-Z	: 8,7 MW x km	$U_z = 10,26$ kV	6,7 %	spennufall
Z-Y	: 6,97 MW x km	$U_y = 9,62$ "	12,5 %	"
Y-D	: 6,00 MW x km	$U_d = 9,03$ "	17,9 %	"
Y-Hr	: 0,81 MW x km	$U_{hr} = 9,55$ "	13,1 %	"

Töp:

ΔP_{y-d}	= 0,864 · 7,5	$\left(\frac{800}{9,03}\right)^2$	= 50,9 kW	(6,36 %)
ΔP_{y-hr}	= 0,864 · 6	$\left(\frac{135}{9,55}\right)^2$	= 10,4 kW	(7,7 %)
ΔP_{z-y}	= 0,864 · 7	$\left(\frac{995}{9,62}\right)^2$	= 64,6 kW	(6,5 %)
ΔP_{hj-z}	= 0,864 · 7	$\left(\frac{1240}{10,26}\right)^2$	= 88,5 kW	(7,14%)

Spennufallið í hundraðstölu er reiknað af 11 kV og töpin í hundraðstölu eru reiknuð af aflinu á enda línanna.

Við raunstuðul 1,0:

Hj-Z	: 8,45 MW x km	$U_z = 10,43$ kV	5,18 %	spennufall
Z -Y	: 6,86 " "	$U_y = 9,95$ "	9,53 %	"
Y -D	: 6,00 " "	$U_d = 9,51$ "	13,55 %	"
Y-Hr	: 0,81 " "	$U_{hr} = 9,89$ "	10,1 %	"

Töp: $\Delta P_{y-d} = 5,25 \left(\frac{800}{9,51}\right)^2 = 37,2 \text{ kW (4,65 \%)}$
 $\Delta P_{y-Hr} = 4,2 \left(\frac{135}{9,89}\right)^2 = 7,82 \text{ kW (5,8 \%)}$
 $\Delta P_{z-y} = 4,9 \left(\frac{980}{9,95}\right)^2 = 47,5 \text{ kW (4,85 \%)}$
 $\Delta P_{h_j-z} = 4,9 \left(\frac{1207}{10,43}\right)^2 = 65,5 \text{ kW (5,42 \%)}$

Af ofanrituðu sést, að óhugsandi er slíkur orkuflutningur án spennustillingar af einhverju tagi.

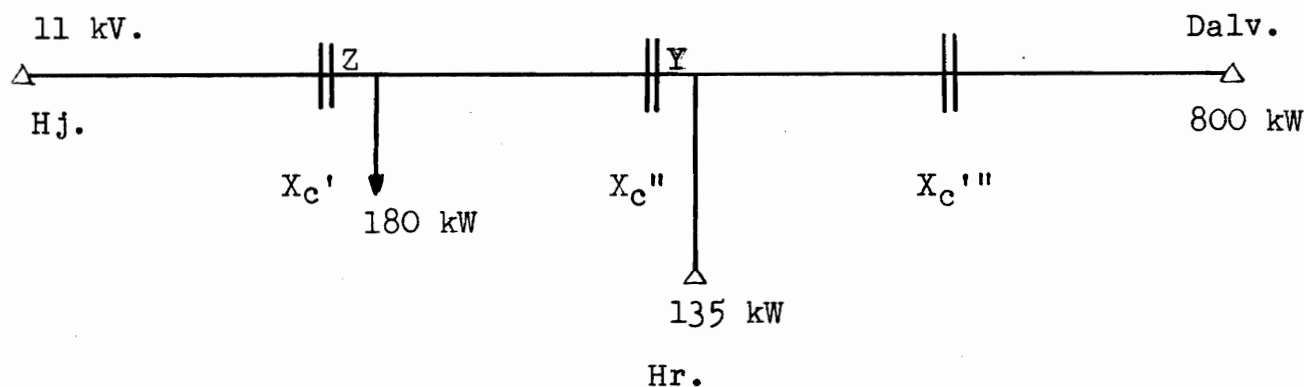
Verður nú athugað, hversu mikið megi hækka spennuna með raðarjöfnum. Reiknað verður með þéttum í Z, Y og Dalvík.

Ef launviðnám þéttanna er x_c , verður spennufallið:

$$\Delta U = \frac{P_2}{U_2} [R + (X - X_c) \operatorname{tg} \varphi]$$

Riðstraumsviðnám línanna eru eftirfarandi:

Hj- Z : $4,9 + j 2,66 \text{ ohm}$
 Z - Y : $4,9 + j 2,66 \text{ ohm}$
 Y - D : $5,2 + j 2,85 \text{ ohm}$



Launviðnám þéttanna er nú ákveðið þannig að spennufallið verði núll við $\cos \varphi = 0,9$ og fást þá gildin:

$X_c' = X_c'' = 12,8 \text{ ohm/fasa}$
 $X_c''' = 13,65 \text{ " " "}$

Spennuhækkunin yfir þéttana er:

$$\Delta U_c = \frac{P_2}{U_2} X_c \operatorname{tg} \varphi$$

Raunstuðull 0,9:

$$\begin{aligned} U_z &= U_y = U_d = 11,0 \text{ kV} \\ \Delta U_c &= P_2 \cdot X_c \frac{0,483}{11,0} = 0,439 \cdot P_2 \cdot X_c \\ \Delta U_c'' &= 0,8 \cdot 13,65 \cdot 0,439 = \underline{0,48 \text{ kV}} \\ \Delta P_{y-d} &= 0,864 \cdot 7,5 \left(\frac{800}{10,52} \right)^2 = 37,5 \text{ kW} \quad (4,68 \%) \\ \Delta P_{y-Hr} &= 0,864 \cdot 6 \left(\frac{135}{10,93} \right)^2 = 7,9 \text{ kW} \quad (5,85 \%) \\ \Delta U_c'' &= 0,439 \cdot 0,980 \cdot 12,8 = \underline{0,55 \text{ kV}} \\ \Delta P_{z-y} &= 0,864 \cdot 7 \left(\frac{980}{10,45} \right)^2 = 53,2 \text{ kW} \quad (5,43 \%) \\ \Delta U_c' &= 0,439 \cdot 1,214 \cdot 12,8 = \underline{0,682 \text{ kV}} \end{aligned}$$

Raunstuðull 0,95:

Töpin eru reiknuð út frá áætlaðri spennu.

$$\begin{aligned} \Delta P &= \frac{0,7}{0,95^2} \left(\frac{P_2}{U_2} \right)^2 = 0,776 \left(\frac{P_2}{U_2} \right)^2 \text{ kW/km.} \\ \Delta P_{y-d} &= 0,776 \cdot 7,5 \left(\frac{800}{10} \right)^2 = 37,3 \text{ kW} \\ \Delta P_{y-Hr} &= 0,776 \cdot 6 \left(\frac{135}{10,95} \right)^2 = 7,1 \text{ kW} \\ \Delta P_{z-y} &= 0,776 \cdot 7 \left(\frac{979}{10} \right)^2 = 52,1 \text{ kW.} \end{aligned}$$

Spennufallið verður:

$$\begin{aligned} \Delta U_{y-d} &= \frac{0,800}{U_2} [5,2 + (2,85-13,65) 0,329] = \frac{1,32}{U_2} \text{ kV.} \\ \Delta U_{z-y} &= \frac{0,979}{U_2} [4,9 + (2,66-12,8) 0,329] = \frac{1,53}{U_2} \text{ kV.} \\ \Delta U_{Hj-z} &= \frac{1,211}{U_2} [4,9 + (2,66-12,8) 0,329] = \frac{1,89}{U_2} \text{ kV.} \end{aligned}$$

Með því að áætla spennuna og reikna síðan til baka finnast eftirfarandi spennur:

$$U_z = 10,83 \text{ kV} : \Delta U_{Hj-z} = 0,174 \text{ kV} (1,61 \%)$$

$$U_y = 10,69 \text{ " } : \Delta U_{z-y} = 0,143 \text{ " } (1,34 \%)$$

$$U_d = 10,56 \text{ " } : \Delta U_{y-d} = 0,125 \text{ " } (1,18 \%)$$

Spennufall yfir þéttana:

$$\Delta U_c' = \frac{1,211 \cdot 12,8 \cdot 0,329}{10,83} = 0,471 \text{ kV} \text{ =====}$$

$$\Delta U_c'' = \frac{0,979 \cdot 12,8 \cdot 0,329}{10,69} = 0,386 \text{ kV} \text{ =====}$$

$$\Delta U_c''' = \frac{0,800 \cdot 13,65 \cdot 0,329}{10,56} = 0,34 \text{ kV} \text{ =====}$$

Umreikningur á töpunum

$$\Delta P_{y-d} = 0,776 \cdot 7,5 \left(\frac{800}{10,22} \right)^2 = 36,5 \text{ kW}$$

$$\Delta P_{y-Hr} = 0,776 \cdot 6 \left(\frac{135}{10,6} \right)^2 = 7,5 \text{ kW}$$

$$\Delta P_{z-y} = 0,776 \cdot 7 \left(\frac{979}{10,3} \right)^2 = 49,0 \text{ kW}$$

Þar sem töp þessi víkja mjög lítið frá þeim áætluðu, er ekki ástæða til að umreikna spennuföllin.

Niðurstöðurnar eru sýndar á teikningu Tnr. 91.

Kostnaður við ofangreinda raðarjöfnun er það mikill, að ekki mundi gerlegt að stofna til hennar þar eð um bráðabirgðaráðstöfun er að ræða. En til greina gæti komið, að setja inn á línuna, t.d. við úttakið til Hríseyjar, einvefjuspenni, sem hækkaði spennuna sjálfvirkt upp í 11 kV.

2. Spennufall á 30 kV línu frá Akureyri til Skeiðsfoss

Verður nú athugað spennufall á 30 kV línu á milli Akureyrar og Skeiðsfoss við 3200 kW og 1600 kW orkuflutning til Skeiðsfoss, en uppsett vélaafl í Skeiðsfoss er 3200 kW. Aflþörf Dalvíkur er áætluð 600 kW og Hjalteyrar 500 kW.

Línan milli Akureyrar og Hjalteyrar hefur þegar verið byggð, en er rekin sem 10 kV lína eins og er. Gildleiki hennar er 70 mm² og lengd 21,3 km. Gildleiki línunnar Hjalteyri-Dalvík er áætlaður 50 mm² og línunnar Dalvík-Skeiðsfoss 35 mm².

Riðstraumsviðnám og lengdir línanna verða þá sem hér segir:

Akureyri-Hjalteyri: 0,25 + j 0,38 ohm/km : 21,3 km.

Hjalteyri-Dalvík: 0,35 + j 0,38 " : 21,5 km.

Dalvík-Skeiðsfoss: 0,50 + j 0,38 " : 28,8 km.

Spennufallið reiknast samkvæmt

$$\Delta U = \frac{M}{U_2} (r + x \cdot \cos \varphi) \text{ kV}$$

$$M = P_2 \cdot L \text{ MW x km.}$$

$$U_2 = \text{spennan á móttökuenda.}$$

og verður það því eftirfarandi:

Raunstuðull 0,9:

$$\Delta U_{a-h} = 0,434 \frac{M}{U_2} \text{ kV}$$

$$\Delta U_{h-d} = 0,535 \frac{M}{U_2} \text{ kV}$$

$$\Delta U_{d-s} = 0,684 \frac{M}{U_2} \text{ kV}$$

Raunstuðull 1,0:

$$\Delta U_{a-h} = 0,25 \frac{M}{U_2} \text{ kV}$$

$$\Delta U_{h-d} = 0,35 \frac{M}{U_2} \text{ kV}$$

$$\Delta U_{d-s} = 0,50 \frac{M}{U_2} \text{ kV}$$

Töpin reiknast samkvæmt:

$$\Delta P = r \cdot L \left(\frac{P_2}{U_2 \cdot \cos \varphi} \right)^2 \text{ Watt}$$

og verða því eftirfarandi:

Raunstuðull 0,9:

$$\Delta P_{a-h} = 6,57 \left(\frac{P_2}{U_2} \right)^2 \text{ Watt}$$

$$\Delta P_{h-d} = 9,30 \left(\frac{P_2}{U_2} \right)^2 \text{ Watt}$$

$$\Delta P_{d-s} = 17,8 \left(\frac{P_2}{U_2} \right)^2 \text{ Watt}$$

Raunstuðull 1,0:

$$\Delta P_{a-h} = 5,32 \left(\frac{P_2}{U_2} \right)^2 \text{ Watt}$$

$$\Delta P_{h-d} = 7,53 \left(\frac{P_2}{U_2} \right)^2 \text{ Watt}$$

$$\Delta P_{d-s} = 14,4 \left(\frac{P_2}{U_2} \right)^2 \text{ Watt}$$

Reiknað er með 33,0 kV á Akureyri. Spennan á Skeiðs-foss er áætluð og síðan reiknaðar spennur og töp fram til Akureyrar. Reiknað er um, þar til spennan á Akureyri fæst 33,0 kV.

Niðurstöður eru færðar í eftirfarandi töflur.

Spennan á 30-kV línu frá Akureyri til Skeiðsfoss

33,0 kV á Akureyri.

Flutt til Skeiðsfoss		U Skeiðsfoss		U Dalvík		U Hjalteyri	
kW	cosφ	kV	% spennuf.	kV	% spennuf.	kV	% spennuf.
3200	0,9	27,85 ¹⁾	15,6	30,11	8,75	31,65	4,09
3200	1,0	29,74 ²⁾	9,9	31,29	5,19	32,25	2,27
1600	0,9	30,33 ³⁾	8,1	31,37	4,94	32,20	2,42
1600	1,0	31,28 ⁴⁾	5,2	32,02	2,97	32,54	1,39

1) Með 50 mm² línu frá Dalvík til Skeiðsfoss: $U_{sk} = 28,4$ kV 14,0 % sp.f.

2) " " " " " " " = 30,22 " 8,42 % "

3) " " " " " " " = 30,56 " 7,4 % "

4) " " " " " " " = 31,49 " 4,58 % "

Hundraðstölur eru reiknaðar af 33 kV.

Töp í 30 kV línu frá Akureyri til Skeiðsfoss

Flutt til Skeiðsfoss		ΔPd-s		ΔPh-d		ΔPa-h	
kW	cosφ	kW	%	kW	%	kW	%
3200	0,9	235	7,35	167	4,14	145	3,09
3200	1,0	167	5,22	121	3,05	108	2,35
1600	0,9	49,7	3,11	47,9	2,13	49,7	1,78
1600	1,0	37,7	2,36	36,8	1,64	38,6	1,39

Hundraðstölur eru reiknaðar af aflí á enda línanna.

Spennufallið er sýnt á teikningu Tnr. 92.

Af niðurstöðunum má sjá, að orkuflutningur frá Akureyri til Skeiðsfoss er vel framkvæmanlegur með ofangreindri línu.

Í bilanatilfellum gæti Siglufjarðarveita og Ólafsfjörður fengið alla sína aflþörf frá Laxárvirkjuninni gegnum Akureyri. Að vísu er spennufallið orðið nokkuð mikið við 3200 kW, $\cos \varphi = 0,9$, en reikna má með, að hægt sé að hækka spennuna í Skeiðsfoss, þegar álagið er mest.

Reykjavík, 14. marz 1956

Gísli Jónsson

RAFORKUMÁLASTJÓRI

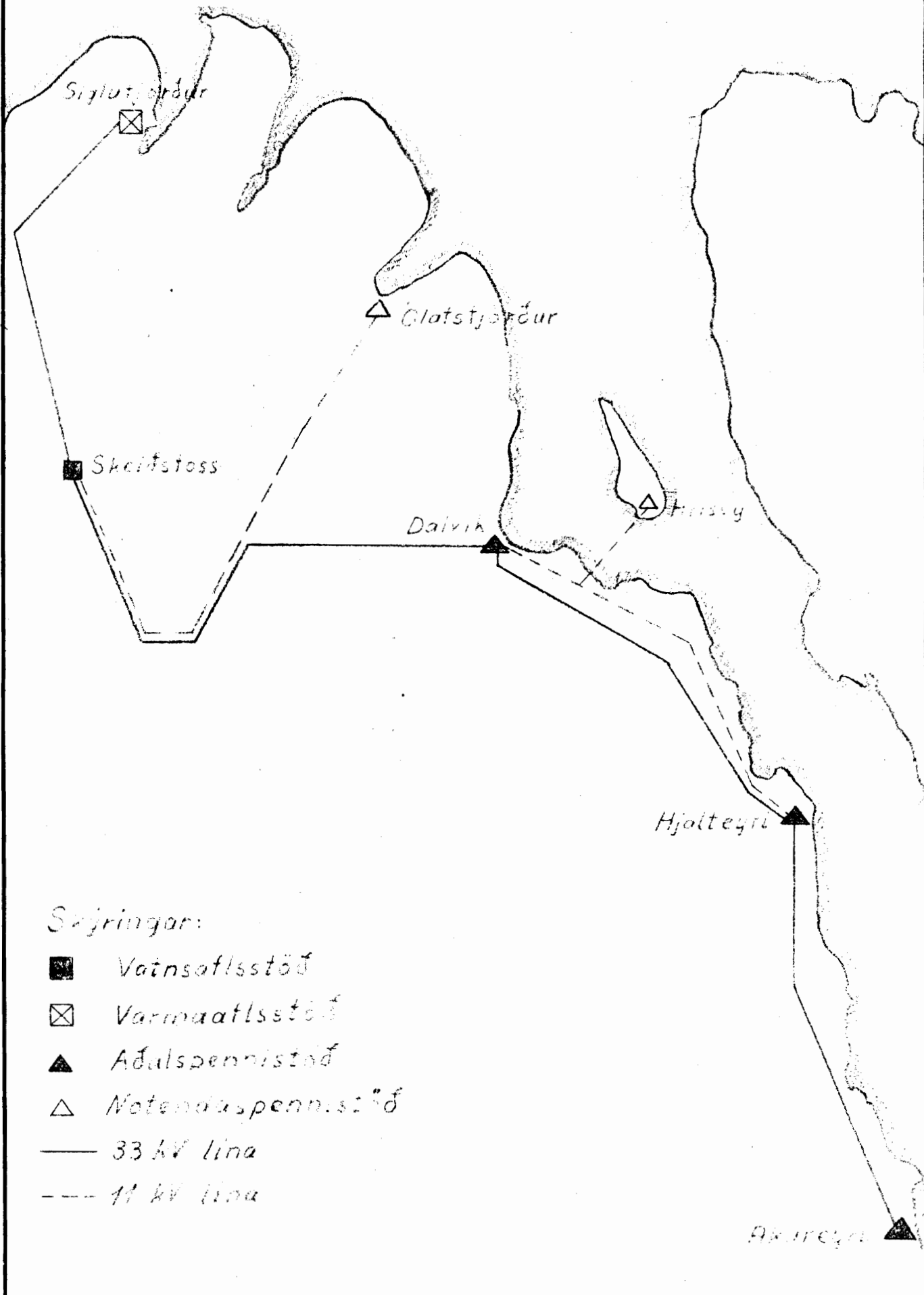
Tenging Skeiðstoss við
Laxárveikjuna

1953 KA 80

Töl. 22...

BAM-O

F.ú. 3234



Stjringar:

- Vatnsaflsstöð
- ⊠ Varmaaflsstöð
- ▲ Aðalspennistöð
- △ Notendaspennistöð
- 33 kV lína
- - - 11 kV lína

Akureyri

25 mm²

Raforkumalastjóri.

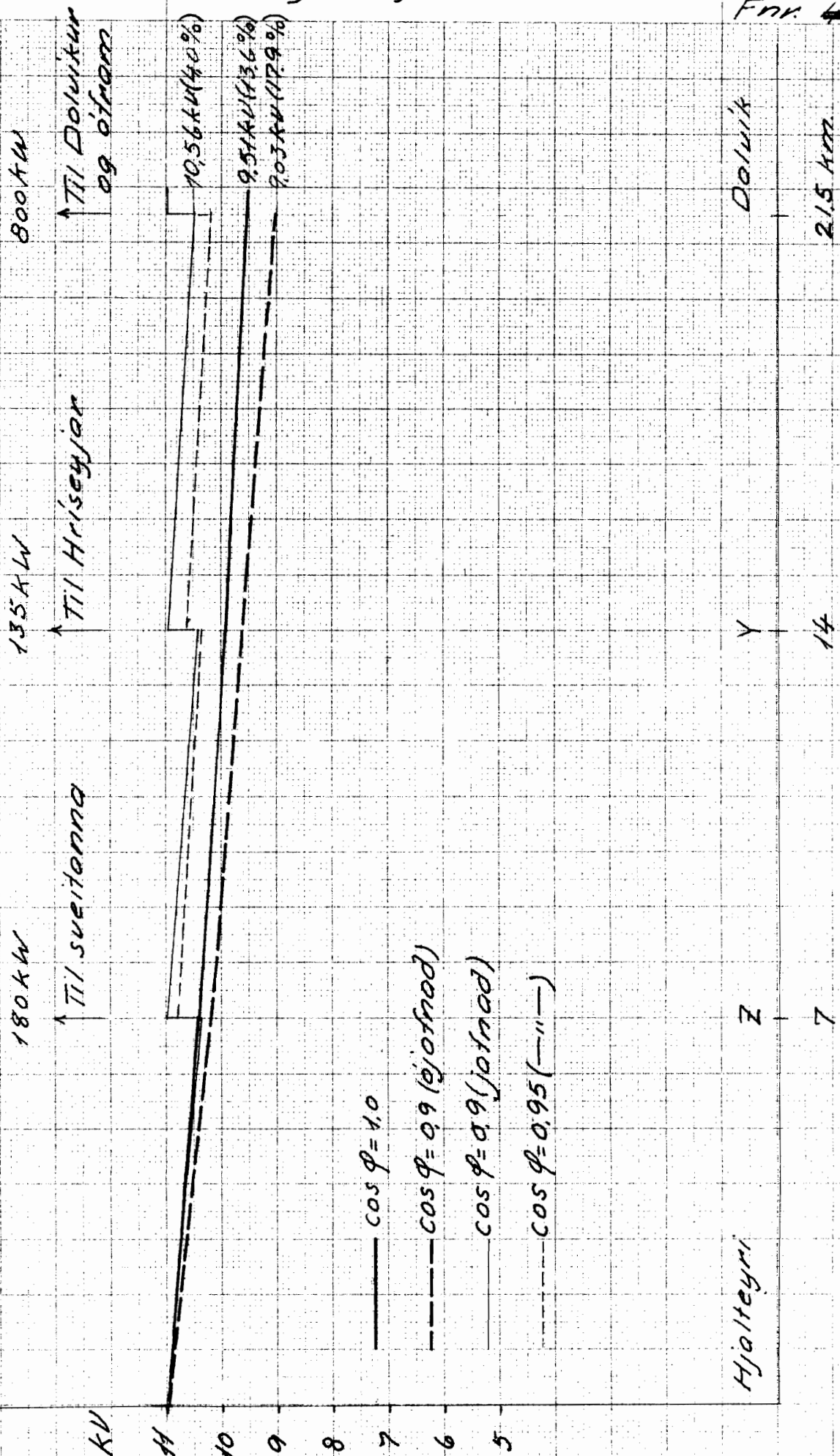
5.3.56. GJ/PJ.

Spennufall á Linunni
Hjalteyri-Dalvík.

Tnr. 91.

B2M-0

Fnr. ~~1001~~ 3201



Dalvík

21.5 km.

Y

14

Z

7

Hjalteyri

KV

11

10

9

8

7

6

5

24
1:250
1:100
ESSEVE
200

RAFORKUMÁLASTJÓRI

13.3. '56. GJ/16.

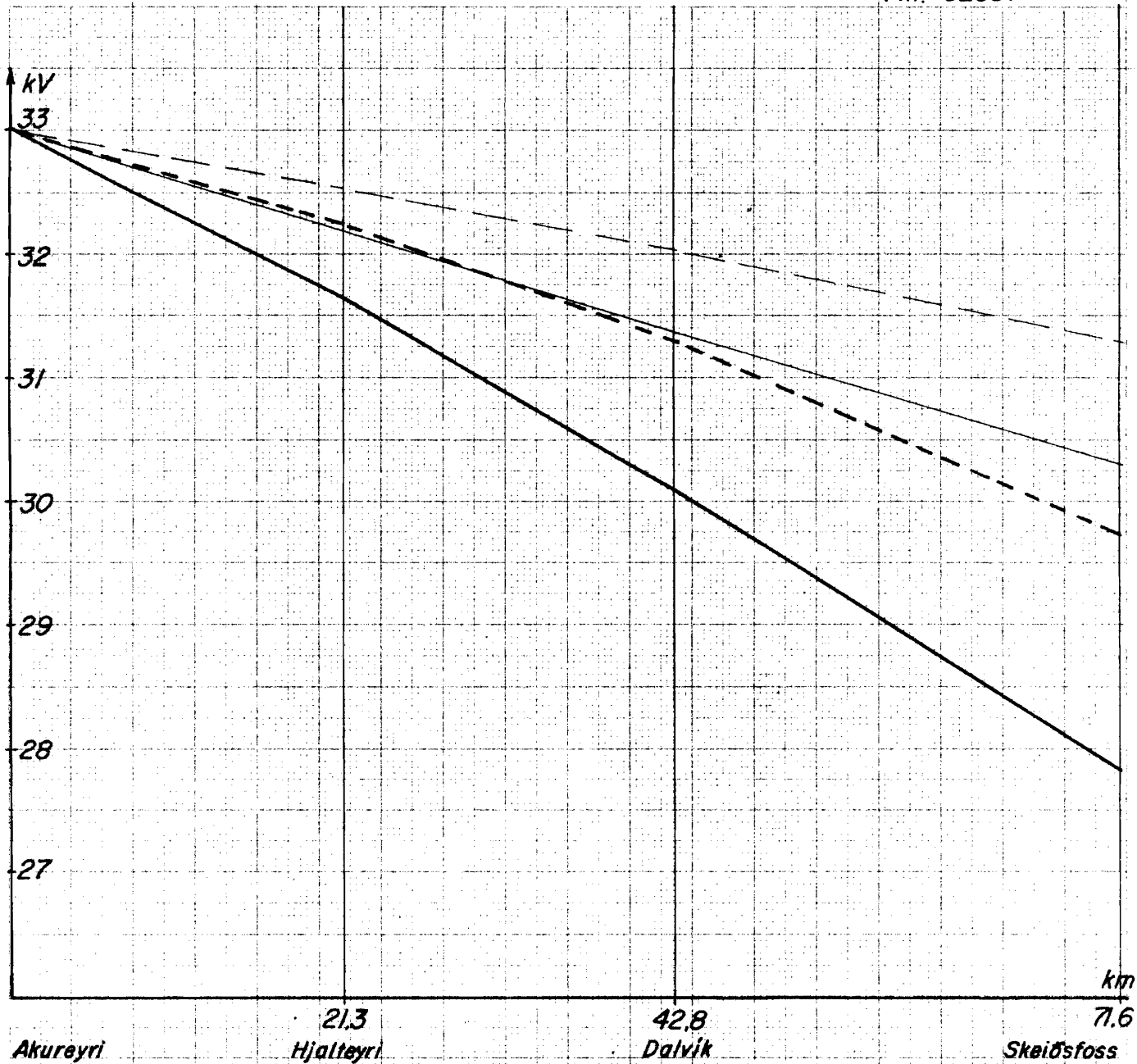
30 kV.

Tnr. 92.

Spennufall á línunni
Akureyri - Skeiðsfoss.

B2M-0

Fnr. 3235.



Flutt til Skeiðsfoss.

— 3200 kW; $\cos \phi = 0,9$

- - - 3200 kW; $\cos \phi = 1,0$

— 1600 kW; $\cos \phi = 0,9$

- - - 1600 kW; $\cos \phi = 1,0$