

Flutningsmörk á Blöndulínu 1

Álagsflæðireikningar og svipulir
reikningar til að ákvarða
flutningstakmörk línunnar



Janúar
2005

Flutningsmörk á Blöndulínu 1

Álagsflæðireikningar og svipulir
reikningar til að ákvarða
flutningstakmörk línunnar

Upplýsingablað



Skýrsla nr: Landsnet-05003

Dags: 18. janúar 2005

Fjöldi síðna: 67 Upplag: 15 Dreifing: ☒ Opin ☐ Lokuð til

Titill: Flutningsmörk á Blöndulínu 1 - Álagsflæðireikningar og svipulir reikningar til að ákvarða flutningstakmörk línunnar

Höfundar: Kristján Halldórsson
Ragnar Guðmannsson
Viktor Björnsson

Verkefnisstjóri: Nils Gústavsson

Unnið fyrir: Kerfisstjórn

Samvinnuaðilar: _____

Útdráttur: Í skýrslunni eru ákvörðuð aflflutningsmörk fyrir Blöndulínu 1, þ.e. aflflutning frá Blönduvirkjun til aðveitustöðvarinnar á Laxárvatni. Slík mörk ráðast af tæknilegum takmörkum rafbúnaðarins, álagsflæðimörkum og svipulum mörkum. Við endanlega ákvörðun aflflutningsmarkana út frá álagsflæðimörkum og svipulum mörkum er enn fremur tekið tillit til veðurspáa.

Það kom í ljós að með því að hafa sjálfkrafa útleysingu á milli 132kV-teina Blönduvirkjunar í kjölfar þess að truflunar verður vart með varnarbúnaði Byggðalínunnar var hægt að hækka töluvert aflflutningsmörk fyrir Blöndulínu 1.

Enn fremur voru aflflutningsmörk fyrir Blöndulínu 1 ákvörðuð fyrir framtíðarkerfið, þ.e.a.s. Kárahnúkavirkjun og Alcoa-verksmiðjunni eru tekin með.

Lykilorð:

Aflflutningsmörk, flutningstakmarkanir, Blöndulína, Blönduvirkjun, Vesturlína, flöskuháls.

ISBN nr: _____

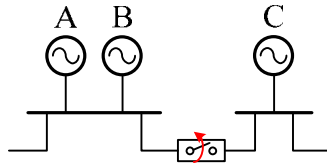
ISSN nr: _____

Undirskrift verkefnastjóra

Efnisyfirlit

1	Inngangur	4
2	Niðurstöður	5
2.1	Athuganir á háalagi	7
2.2	Athuganir á lágalagi	9
2.3	Athugun við sjálfkrafa útleysingu milli teina í Blöndu	11
3	Álagsflæðimörk	13
3.1	Álagsflæðimörk fyrir háálag	13
3.2	Álagsflæðimörk fyrir lágálag	15
4	Svipul mörk án eyjareksturs	16
4.1	Svipul mörk án eyjareksturs fyrir háálag	16
4.2	Svipul mörk án eyjareksturs fyrir lágálag	19
4.3	Stöðuleiki kerfisins milli svipula marka með og án eyjareksturs	21
5	Svipul mörk miðað við eyjarekstur	22
5.1	Svipul mörk með eyjarekstri fyrir háálag	22
5.2	Svipul mörk með eyjarekstri fyrir lágálag	24
5.3	Álagsflæði við "svipul mörk með eyju"	26
6	Sjálfkrafa útleysingu milli teina í Blöndu	27
6.1	Skoðuð tilvik	27
6.2	Niðurstöður athuganna fyrir sjálfkrafa útleysingu	28
6.2.1	Hámarksframleiðsla í Blöndu (allar vélar inni)	30
7	Viðaukar	36
7.1	Svipul mörk án eyjarekstur m.v. truflun á HT1 eða VA1	36
7.1.1	Svipul mörk án eyjareksturs – Háálag	36
7.1.2	Svipul mörk án eyjareksturs – Lágálag	39
7.2	Svipul mörk með eyjarekstri m.v. truflun á HT1 eða VA1	42
7.2.1	Svipul mörk með eyjarekstri - Háálag	43
7.2.2	Svipul mörk með eyjarekstri - Lágálag	45
7.3	Háálagsmörk m.v. 30MW framleiðslu í Kröflu	47
7.4	Lágálagsmörk m.v. 60MW framleiðslu í Kröflu	48
7.5	Stöðuleiki kerfisins milli svipula marka með og án eyjareksturs	49
7.6	Flutningstakmörk BL1 ef tekið tillit til KAR og ALCOA	50
7.6.1	Gögn	50
7.6.2	Niðurstöður	51
7.6.3	Álagsflæðimörk	52
7.6.4	Svipul mörk (hefðbundin)	53
7.6.5	Svipul mörk (miðað við sjálfvirka útleysingu milli teina í Blöndu)	60

Komið hefur upp sú hugmynd að hægt væri að takmarka afleiðingar ofangreindra truflana með því að hafa sjálfkrafa útleysingu á milli 132kV-teina Blönduvirkjunar í kjölfar þess að truflunar verður vart með varnarbúnaði Byggðalínunnar (sjá fyrirkomulag á mynd hér á eftir). Í framhaldi af rannsóknunum að ofan var því athugað hvernig kerfið myndi bregðast við truflunum ef slíkur útleysingabúnaður væri fyrir hendi.



Mynd 2: Fyrirkomulag sjálfvirkrar útleysingar milli 132kV-teina Blönduvirkjunnar

Enn fremur voru aflflutningsmörk fyrir BL1 í framtíðarkerfi, þ.e. með Alcoa-verksmiðjunni og Kárahnjúkavirkjun, fundin.

2 Niðurstöður

Athuganirnar eru annars vegar gerðar fyrir háálag og hins vegar fyrir lágálag. Í háálagi er gert ráð fyrir 60MW framleiðslu í Kröflu, en í lágálagi 30MW (sjá nánar í næstu köflum). Enn fremur var rannsakað háálag með 30MW framleiðslu í Kröflu og 60MW framleiðslu í lágálagi (sjá nánar í viðauka). Samantekt niðurstaðna er í töflu 1.

Aflflæðimörk eru fundin fyrir hvert hinna fjögurra tilvika (tafla 1). Hér eru annars vegar álagsflæðimörk og hins vegar svipul mörk, með eða án eyjareksturs fundin. Þau mörk sem fundin eru fyrir viðkomandi svæði (sjá mynd 1), ráðast af þeim mörkum sem fundin voru fyrir útslátt lína á þessum sömu svæðum. Þannig miðast mörk á svæði 1 við VA1 og HT1, en mörk á svæði 2 við BL1.

Hámörk fyrir flutning á BL1 miðað við veðurútlit á svæðum 1 og 2 voru fundin á eftirfarandi hátt:

$$\text{Neðra_Hámark}_{\text{svæði1}} = \min(\text{Álagsflæðimörk VA1, Álagsflæðimörk HT1, Svipul mörk án eyju VA1, Svipul mörk án eyju HT1})$$

$$\text{Efra_Hámark}_{\text{svæði1}} = \min(\text{Svipul mörk með eyju VA1, Svipul mörk með eyju HT1})$$

$$\text{Neðra_Hámark}_{\text{svæði2}} = \min(\text{Álagsflæðimörk BL1, Svipul mörk án eyju BL1})$$

$$\text{Efra_Hámark}_{\text{svæði2}} = \text{Svipul mörk með eyju BL1}$$

Það er sem sé gengið út frá því að við góð veðurskilyrði verði þau flutningsmörk sett, sem miðast við svipul mörk með ey, og við slæm veðurskilyrði þau mörk, sem miðast við svipul mörk án eyjar (lágmark á þeim og álagsflæðimörkum). Niðurstöður fyrir HT1 og VA1 voru það líkar að ekki þykir þörf að skipta svæði 1 niður í undirsvæði.

Rekstrartilvik	Lína út	Álagsflæði-mörk		Svipul mörk án eyjar		Svipul mörk með ey		Hámark á svæði 1		Hámark á svæði 2	
		BL1	Snið	BL1	Snið	BL1	Snið	Neðra	Efra	Neðra	Efra
Háálag, 60MW framleiðsla í Kröflu	BL1	67	49	38,0	8,7	109	109			38	109
	HT1	90	83	59,4	39,2	120	123	59	120		
	VA1	107	106	61,8	42,6	120	123				
Lágálag, 30MW framleiðsla í Kröflu	BL1	55	57	38,0	34,5	90	106			38	90
	HT1	62	67	42,8	42,0	93	109	43	93		
	VA1	67	74	45,1	44,3	100	119				
Háálag, 30MW framleiðsla í Kröflu	BL1	62	33	38,0	-1,4	100	86			38	100
	HT1	93	76	45,1	8,8	106	96	45	106		
	VA1	106	96	52,3	19,1	106	96				
Lágálag, 60MW framleiðsla í Kröflu	BL1	52	63	40,4	46,6	90	114			40	90
	HT1	59	72	45,1	53,1	95	120	45	95		
	VA1	64	79	47,5	56,3	97	121				

Tafla 1: Samantekt niðurstaðna

Í töflu 2 eru sýnd þau skilyrði sem ráða því hvaða mörk eru notuð hverju sinni miðað við veðurútlit á veðursvæði. Endanleg mörk ráðast af lágmarki markanna sem fundin eru fyrir sitt hvort veðursvæðið.

Svæði	Skilyrði	Flutningstakmörk á BL1
Svæði 1	EF suðaustan- eða austanátt > 24m/s EÐA	Neðra_Hámark _{svæði1}
	EF selta > 140% EÐA	
	EF aðrar vindáttir > 28m/s	
	Annars	Efra_Hámark _{svæði1}
Svæði 2	EF vindhraði > 26m/s	Neðra_Hámark _{svæði2}
	Annars	Efra_Hámark _{svæði2}

Tafla 2: Skilyrði sett á BL1 miðað við veðurspá

Til að finna hin endanlegu flutningsmörk á BL1 eru eftirfarandi einfaldanir gerðar:

- Til að finna mörk fyrir sumar er lágmark lágálagstílfellanna fundið
- Til að finna mörk fyrir vetur er lágmark háálagstílfellanna fundið
- Óveðursmörk fyrir vetur og sumar voru það svipuð að lægra gildið tekið

Endanleg flutningsmörk fyrir BL1 eru þá:

Flutningsmörk á BL1 (MW)			
Sumar	Venjuleg mörk	Óveðursmörk m.v.	
		Svæði 1	Svæði 2
	90	43	38
Vetur	100		

Tafla 3: Flutningsmörk á BL1

Þannig gildir t.d. á sumrin að venjuleg álagsmörk eru 90MW. Ef spád slæmu veðri á svæði 1 en góðu á svæði 2 fara mörkin niður í 43MW, en ef spád er vondu veðri á

svæði 2 fara mörkin niður í 38MW. Hér miðast “vont veður” við þau mörk sem sett voru fram í töflu 2, þ.e. neðri hámörk.

Í svipulu athugunum með ey, voru þrír möguleikar skoðaðir:

- (i) Aflsveifluhindranir fjarlægðavarna á Hryggstekki og Hólum hafðar óvirkar
- (ii) Aðeins aflsveifluhindrun á Hryggstekki höfð óvirk
- (iii) Báðar aflsveifluhindranirnar hafðar virkar

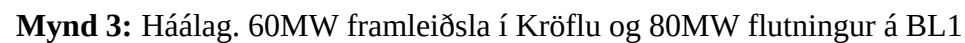
Í tilfalli (i) kom yfirleitt til útleysingar á Hryggstekki, en í tilfalli (ii) alltaf á Hólum. Í tilfalli (iii) leysti vörn á Sigöldu ekki út, þ.e. eyjarekstur varð ekki, en mikill óstöðugleiki á Byggðalínu, þ.a. þetta rekstrartilvik er ekki fýsilegt. Hærri mörk náðust í tilfalli (ii), en (i) og eru það þau mörk sem sýnd eru í þessari skýrslu, þ.e. gert er ráð fyrir að aflsveifluhindrun á Hryggstekki sé höfð óvirk.

Tilraunir til þess að takmarka afleiðingar ofangreindra truflana, með því að hafa sjálfkrafa útleysingu á milli 132kV-teina Blönduvirkjunar í kjölfar þess truflunar verður vart með varnarbúnaði Byggðalínunnar, skiluðu mjög góðum árangri. Svo framarlega sem passað er upp á að framleiðsla þeirrar vélar í Blöndu, sem hangir með norðureyjunni eftir útleysingu teinanna, sé í takti við notkun í eyjunni, verða engar aflsveiflur í kjölfar útleysingar.

Aflflutningsmörk fyrir BL1 í framtíðarkerfi, þ.e. með Alcoa-verksmiðjunni og Kárahnjúkavirkjun, reyndust vera um 74MW fyrir svæði 1 og 93MW fyrir svæði 2 (sjá kafla í viðauka um það).

2.1 Athuganir á háalagi

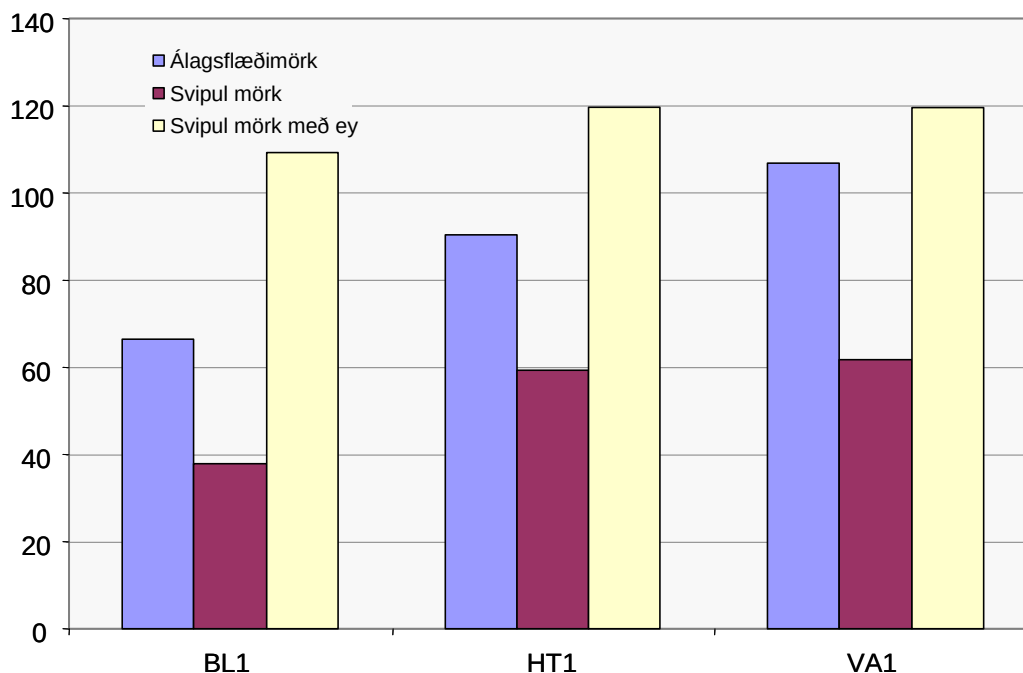
Háálagstilvikið er sýnt á myndinni hér á eftir. Þau flutningsmörk fyrir BL1 sem fundin voru fyrir háalagið, m.v. mismunandi staðsetningu truflana, eru sett fram í töflu 4 og á mynd 4. Það er greint á milli svipula marka með og án eyjar. Ey myndast á norðurlandi ef auk útsláttar BL1, HT1 eða VA1, fjarlægðar-vernd í einhverri stöðvanna á Austurlandi veldur útslætti byggðalínunnar þar, vegna aflsveiflna sem verða í óstöðugu kerfi.



Staðsetning truflunar	Álagsflæðimörk	Svipul mörk	Svipul mörk með ey
BL1	67	38	109
HT1	90	59	120
VA1	107	62	120

Tafla 4: Aflmörk á BL1 miðað við háálag (60MW framleiðsla í Kröflu) m.v. mismunandi staðsetningu truflunar

Aflmörk á BL1 - Háálag, 60MW í Kröflu



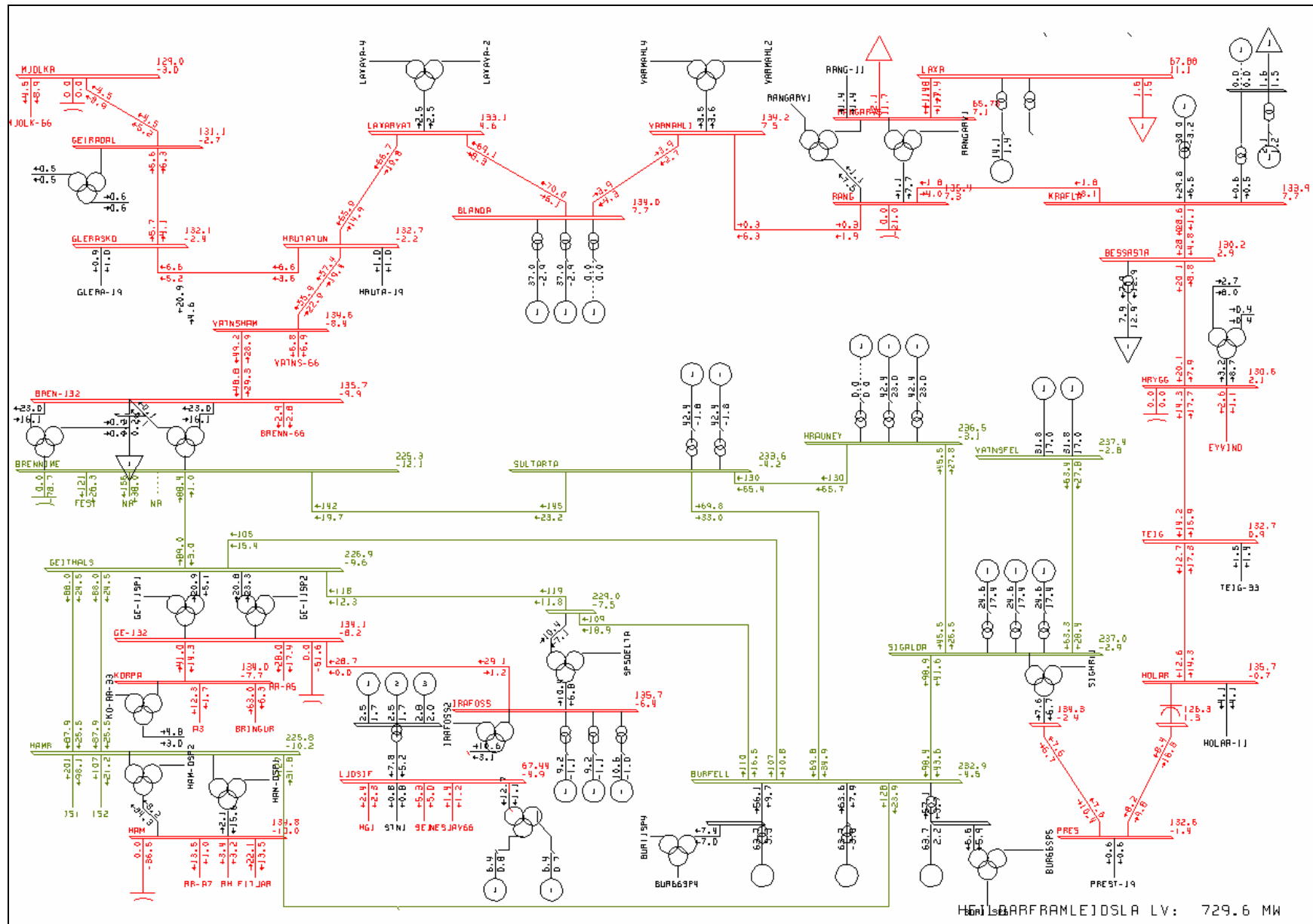
Mynd 4: Aflmörk á BL1 miðað við háálag (60MW framleiðsla í Kröflu) m.v. mismunandi staðsetningu truflunar

2.2 Athuganir á lágálagi

Lágálagstilvikið er sýnt á mynd 5. Þau flutningsmörk fyrir BL1 sem fundin voru fyrir lágálagið, m.v. mismunandi staðsetningu truflana, eru sett fram í töflu 5 og á mynd 6.

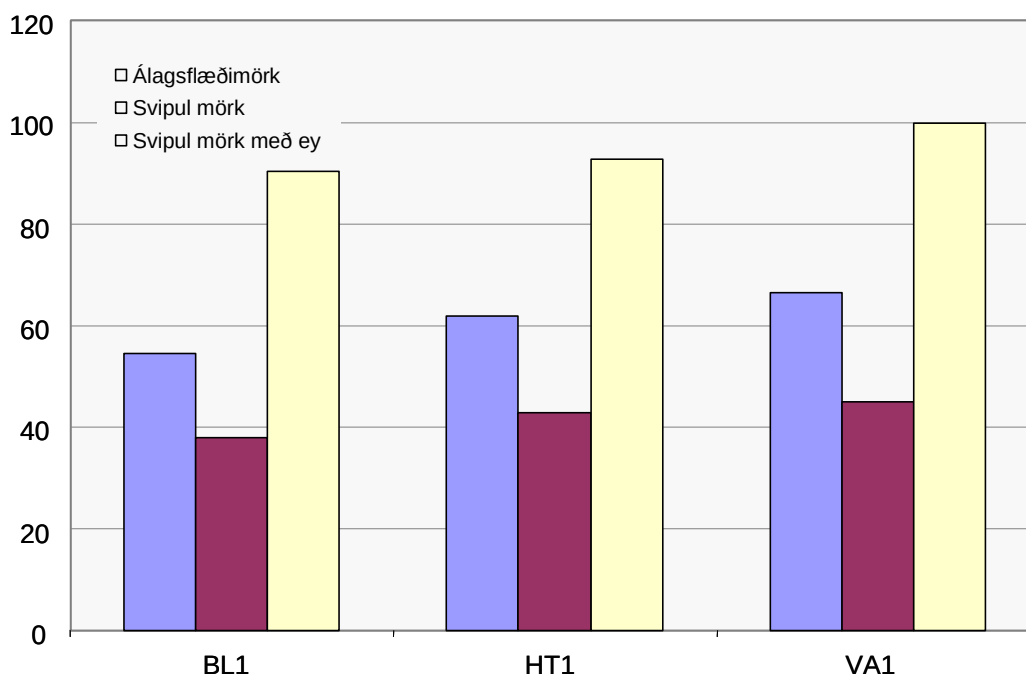
Staðsetning truflunar	Álagsflæðimörk	Svipul mörk	Svipul mörk með ey
BL1	55	38	90
HT1	62	43	93
VA1	67	45	100

Tafla 5: Aflmörk á BL1 miðað við lágálag (30MW framleiðsla í Kröflu) m.v. mismunandi staðsetningu truflunar



Mynd 5: Lágálag. 30MW framleiðsla í Kröflu og 70MW flutningur á BL1

Aflmörk á BL1 - Lááglag, 30MW í Kröflu



Mynd 6: Aflmörk á BL1 miðað við lágálag (30MW framleiðsla í Kröflu) m.v. mismunandi staðsetningu truflunar

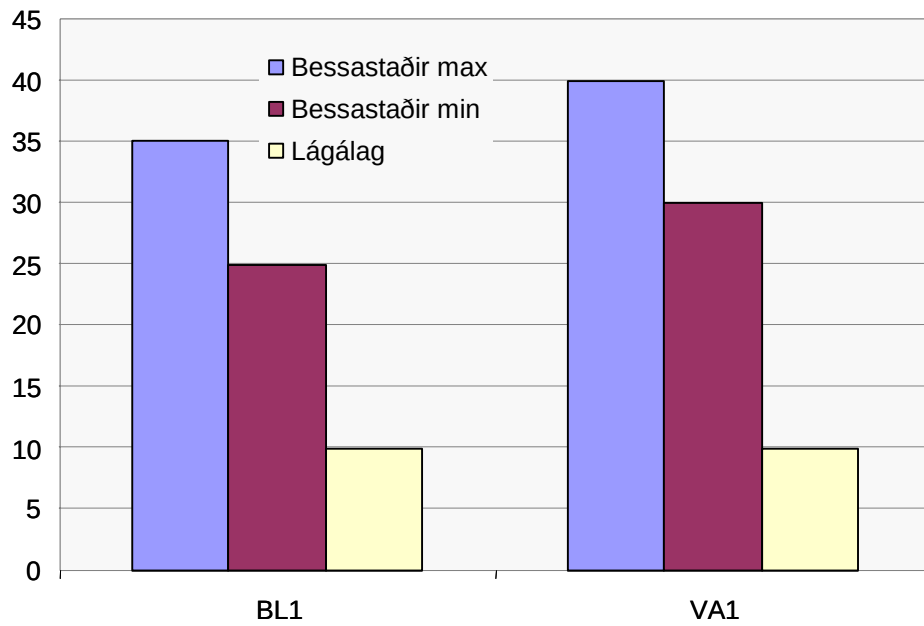
2.3 Athugun við sjálfkrafa útleysingu milli teina í Blöndu

Ef komið væri á búnaði með sjálfkrafa útleysingu milli teina í Blöndu væri það ekki lengur flutningur eftir Vesturlínu sem væri takmarkandi, heldur framleiðsla á þeirri vél í Blöndu, sem hangir með Norðureynni (þ.e. á teini B). Framleiðsla á vélum 1 og 2 (teinn A, vesturhlið) er samkvæmt hermunum engar takmarkanir settar, en vél C er takmörkuð við gildin sem sýnd eru í töflu og á myndum hér á eftir. “Bessastaði max” er háálagstilvik, þ.s. tekið er tillit til byggingarrafmagns vegna Kárahnjúka og Alcoa. “Bessastaði min” er samsvarandi tilvik, þ.s. byggingarrafmagnið er sett jafnt núlli. Ekki þótti áhugavert að líta á “Bessastaði min” fyrir lága framleiðslu í Kröflu.

Krafla	Staðsetning truflunar	Bessastaðir max	Bessastaðir min	Lágálag
60MW	BL1	35	25	10
	VA1	40	30	10
30MW	BL1	45		25
	VA1	54		25

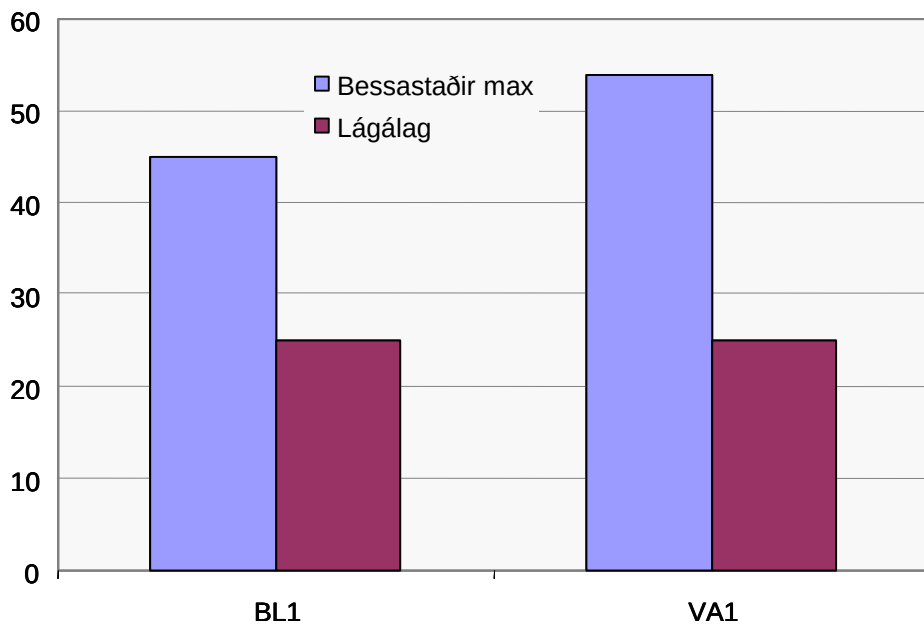
Tafla 6: Hámarksframleiðsla á vél C í Blöndu m.v. sjálfkrafa útleysingu milli teina

60MW framleiðsla í Kröflu



Mynd 7: Framleiðslumörk á vél C í Blöndu m.v. sjálfkrafa útleysingu milli teina, 60MW framleiðsla í Kröflu

30MW framleiðsla í Kröflu



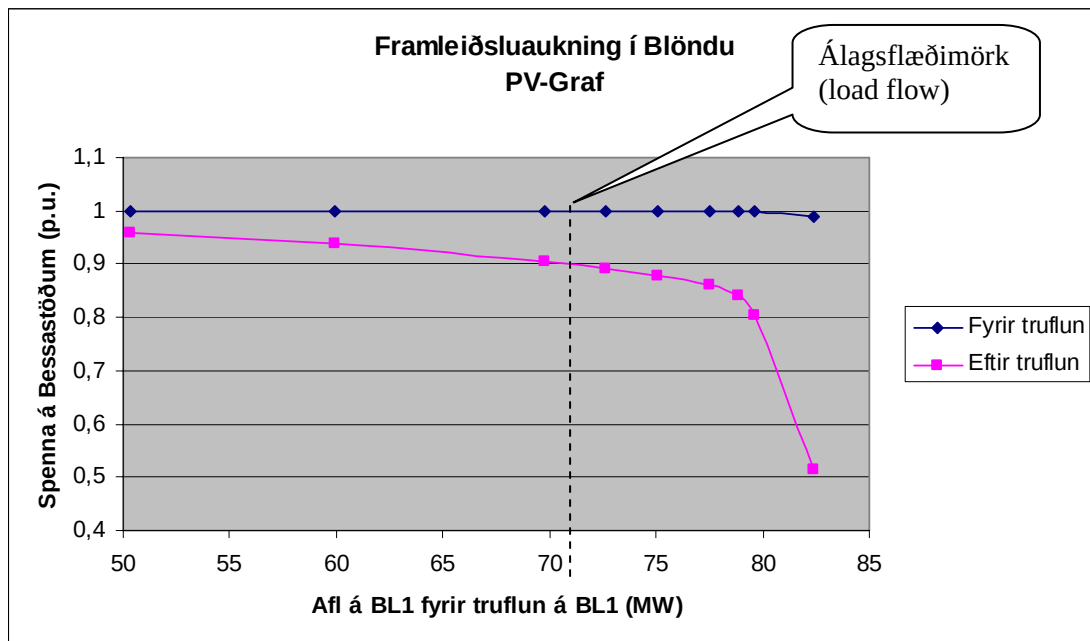
Mynd 8: Framleiðslumörk á vél C í Blöndu m.v. sjálfkrafa útleysingu milli teina, 30MW framleiðsla í Kröflu

3 Álagsflæðimörk

Í þessum kafla verður farið nákvæmar í það hvernig álagsflæðimörkin (load flow) voru fundin. Fylgst var með spennu á Bessastöðum, sem er sá staður á Byggðalínunni með hvað lægstri spennu, fyrir mismunandi mikla framleiðslu í Blöndu og þar með mismundandi mikinn flutning eftir BL1. Þetta var gert með BL1 annars vegar inni og hins vegar úti. Miðað var við að spennan á Bessastöðum mætti ekki fara niður fyrir 0.9p.u.

3.1 Álagsflæðimörk fyrir háálag

Það gildi sem fékkst fyrir háálag var 70MW (mynd 9 tafla 7. Gert er ráð fyrir 5% öryggismörkum, þ.a. endanlegt gildi er 67MW.

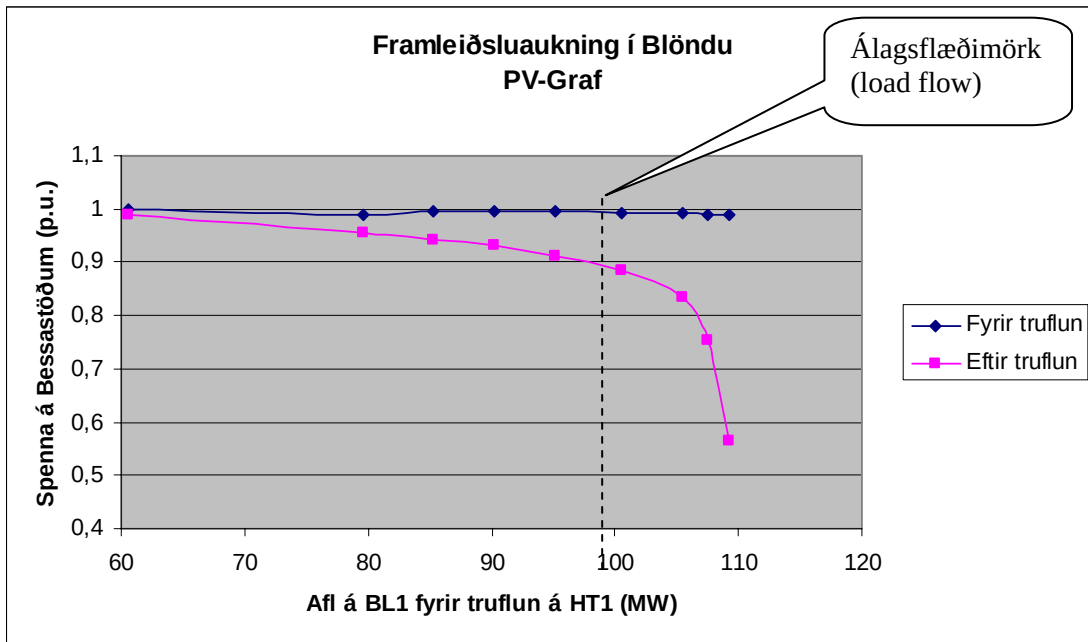


Mynd 9: Ákvörðun álagsflæðimarkanna fyrir BL1 miðað við truflun á BL1 - Háálag

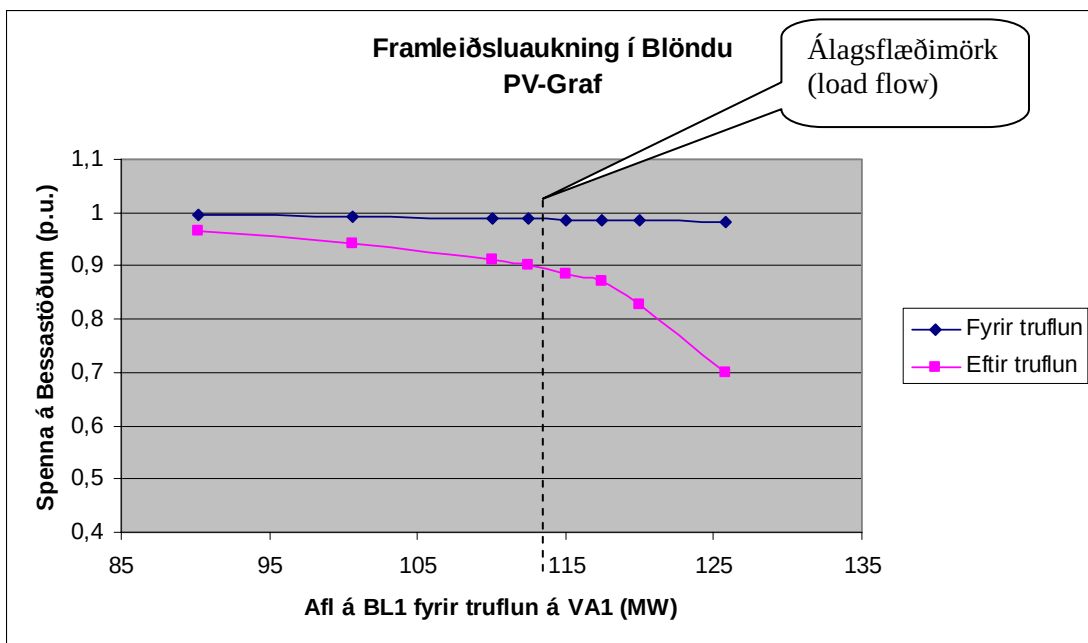
Rekstartilvik	Afl á BL1 (MW)	Afl á SI4 (MW)	Afl í sniði (MW)	Framleiðsla í Blöndu (MW)	Mörk á BL1 (MW) m.v. 5% öryggismörk
Háálag - BL1 út	70	-18,2	51,8	80,8	67
Háálag - HT1 út	95	-8	87	116,7	90
Háálag - VA1 út	112,5	-1,2	111,3	142,1	107

Tafla 7: Álagsflæðimörk á BL1

Á sama hátt eru grafískar niðurstöður fyrir truflanir á HT1 og VA1 eru sýndar á myndum 9 og 10. Tölulegu niðurstöðurnar eru í töflu 7, þ.s. enn fremur er sýnt hver framleiðsla er í Blöndu í þessum tilvikum, hver flutningurinn sé á Sigöldulínu 4 (SI4) og hver heildar flutningurinn sniðinu austan BL1 og SI4 sé.



Mynd 10: Ákvörðun álagsflæðimarka fyrir BL1 miðað við truflun á HT1 - Háálag



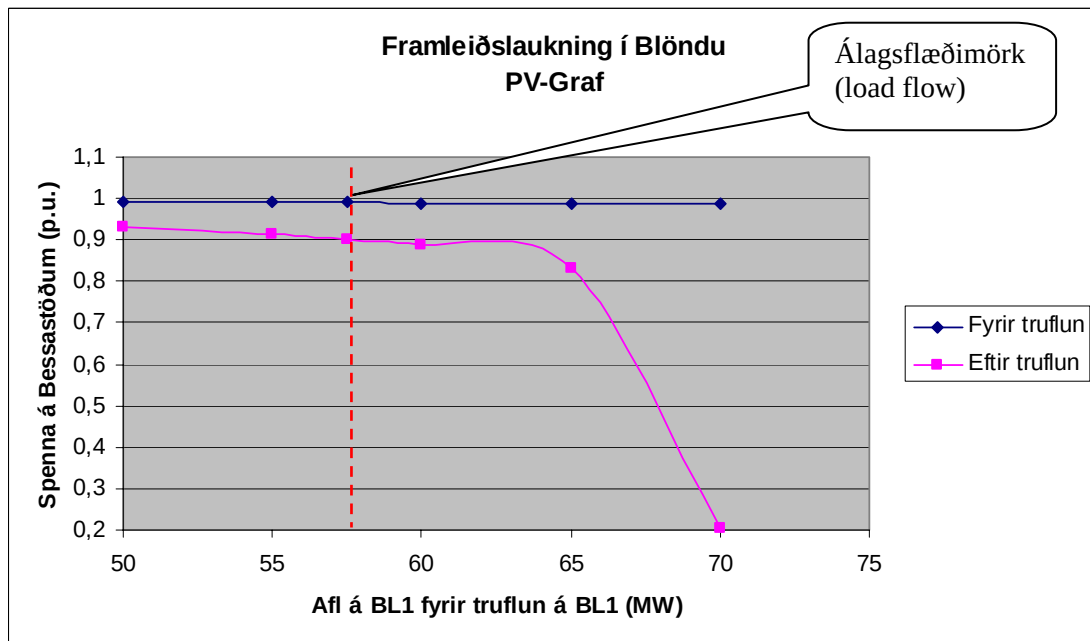
Mynd 11: Ákvörðun álagsflæðimarka fyrir BL1 miðað við truflun á VA1 - Háálag

3.2 Álagsflæðimörk fyrir lágálag

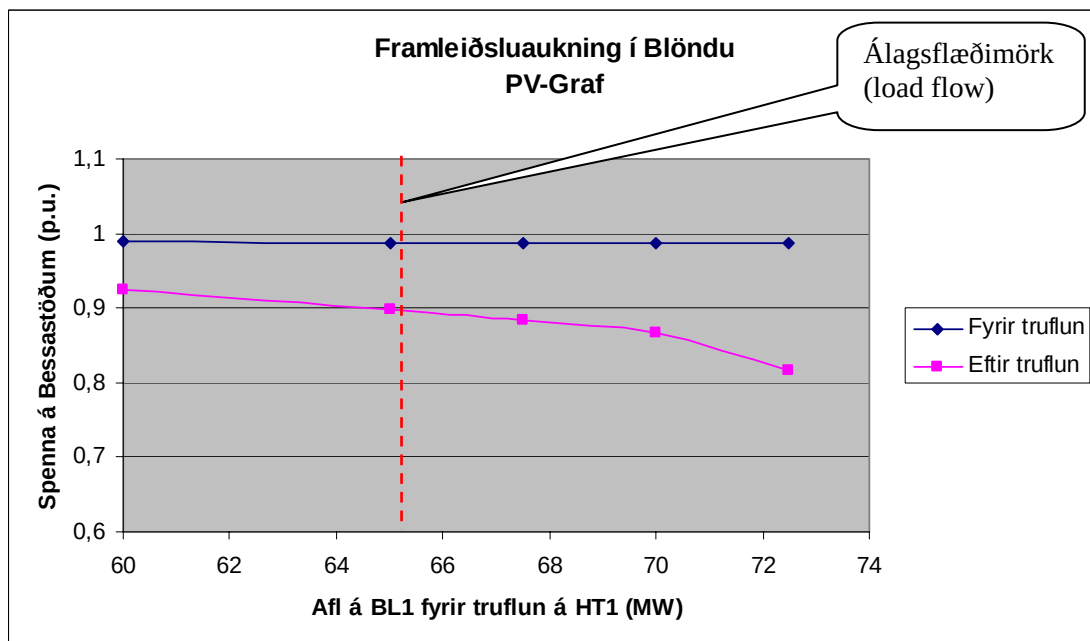
Útkomur úr athugunum varðandi álagsmörkum fyrir lágálag eru settar fram á sambærilegan hátt í töflu 8 og myndum 11-13 og fyrir háálagið að ofan.

Rekstartilvik	Afl á BL1 (MW)	Afl á SI4 (MW)	Afl í sniði (MW)	Framleiðsla í Blöndu (MW)	Mörk á BL1 (MW) m.v. 5% öryggismörk
Lágálag - BL1 út	57,5	2,9	60,4	56,4	55
Lágálag - HT1 út	65	5,7	70,7	67	62
Lágálag - VA1 út	70	7,6	77,6	73,8	67

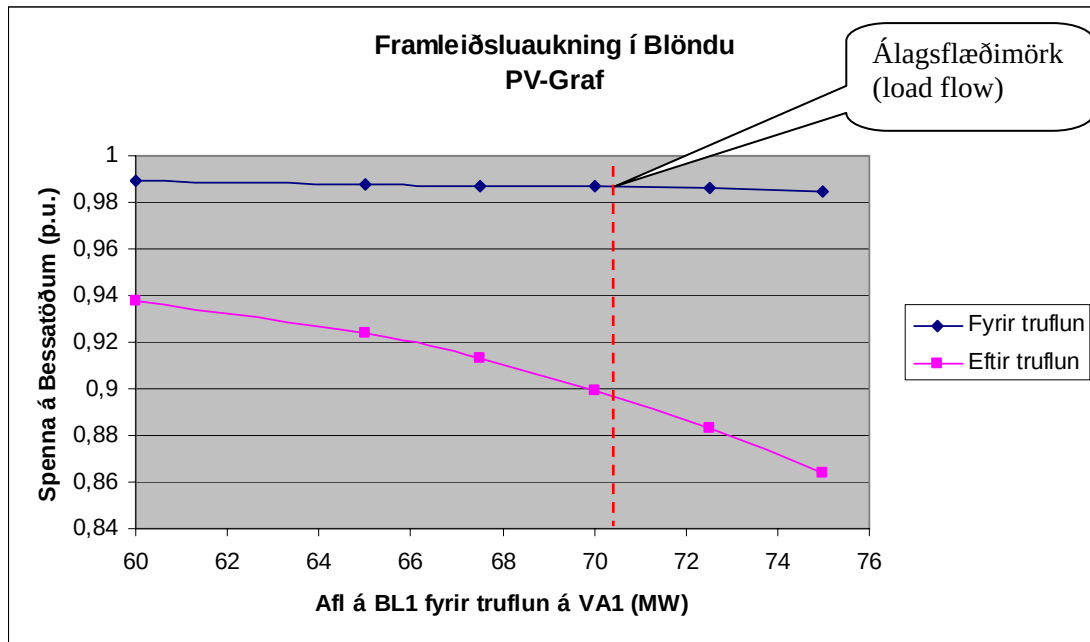
Tafla 8: Álagsflæðimörk á BL1



Mynd 12: Ákvörðun álagsflæðimarka fyrir BL1 miðað við truflun á BL1 - Lágálag



Mynd 13: Ákvörðun álagsflæðimarka fyrir BL1 miðað við truflun á HT1 - Lágálag



Mynd 14: Ákvörðun álagsflæðimarka fyrir BL1 miðað við truflun á VA1 – Lágálag

4 Svipul mörk án eyjareksturs

Í þessum kafla verður farið nákvæmar í það hvernig svipul mörk án eyjareksturs voru fundin. Sett var þriggja fasa skammhlaup á viðkomandi línu, þ.e. BL1, HT1 eða VA1, línan síðan rofin báðum megin og athugað hvort að tíðni og spenna yrðu stöðug á eftir. Ferlið var endurtekið aftur og aftur, þ.s. framleiðsla í Blöndu var aukin í hvert skipti. Út frá aflflutningi á BL1 í síðustu prófun sem skilaði stöðugri lausn voru svipulu mörkin skilgreind.

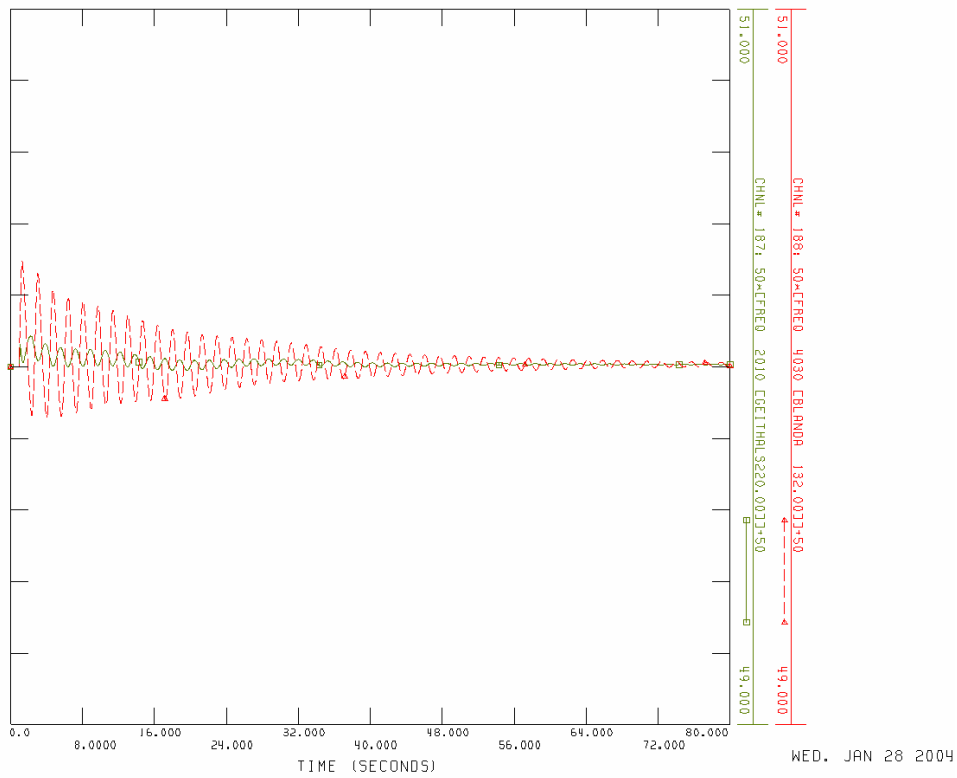
4.1 Svipul mörk án eyjareksturs fyrir háálag

Svipul mörk án eyjareksturs fyrir háálag eru sett fram í töflu 9.

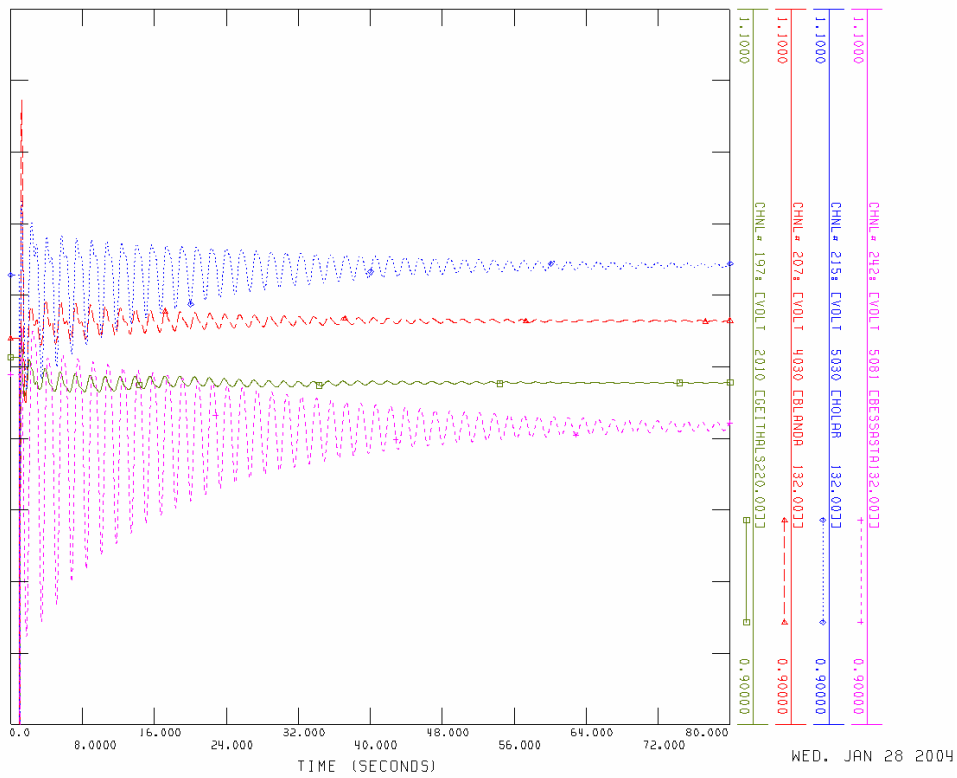
Rekstartilvik	Afl á BL1 (MW)	Afl á SI4 (MW)	Afl í sniði (MW)	Framleiðsla í Blöndu (MW)	Mörk á BL1 (MW) m.v. 5% öryggismörk
Háálag - BL1 út	40	-30,8	9,2	39,2	38
Háálag - HT1 út	62,5	-21,2	41,3	70,6	59
Háálag - VA1 út	65	-20,2	44,8	74,2	62

Tafla 9: Svipul mörk án eyjareksturs

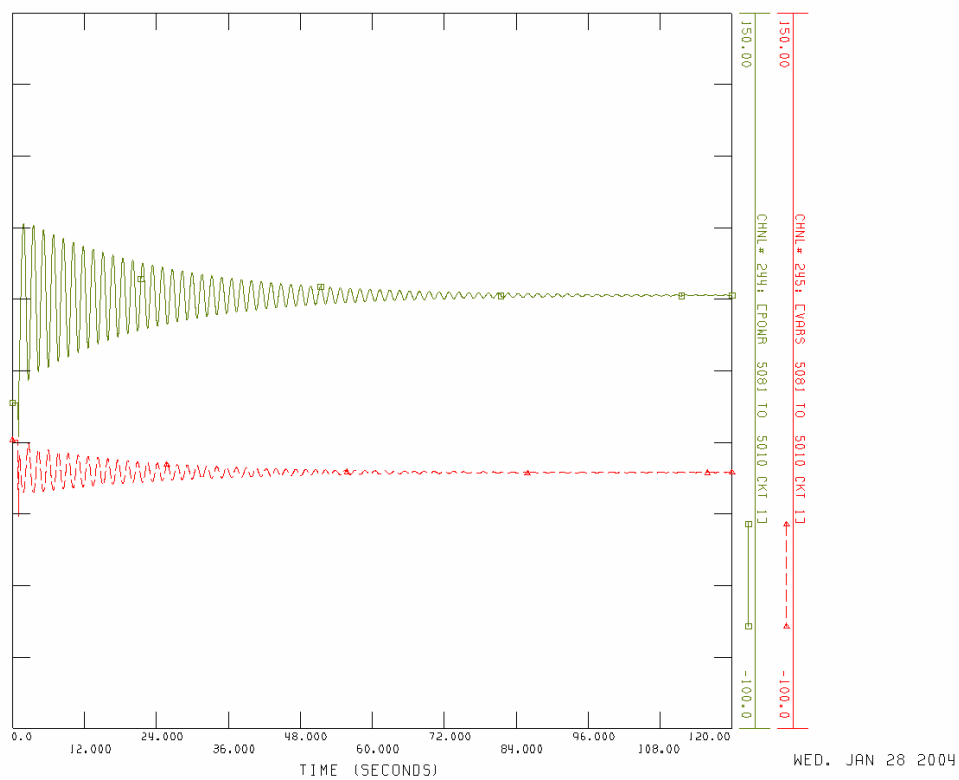
Á myndum 14-16 er sett fram tíðni, spenna og aflflæði í kerfinu, við svipul mörk á BL1, m.v. truflun á BL1, þ.e. 40MW flutningur á BL1. Á mynd 18 er sýnd tíðni í kerfinu ef flutningur á BL1 er aukinn örlítið, og sést greinilega að þá er komið í óstöðugra ástand. Samsvarandi myndir fyrir truflun á HT1 og VA1 eru í viðauka.



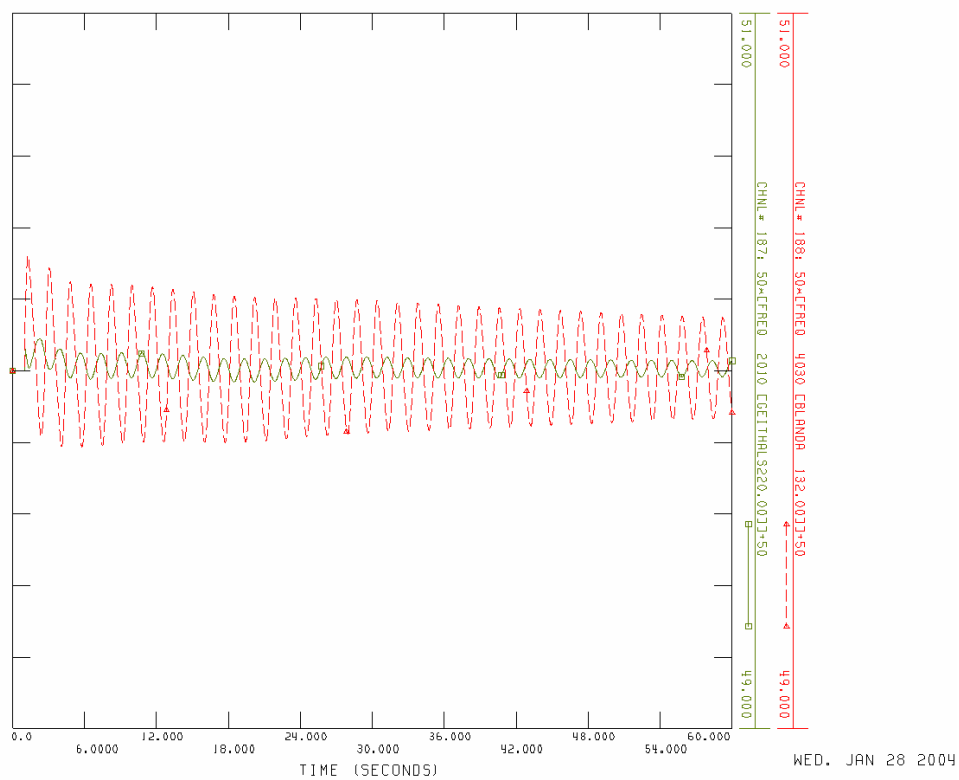
Mynd 15: Tíðni á Blöndu og Geithálsi við svipul mörk m.v. BL1 út (40MW á BL1)



Mynd 16: Spenna víða í kerfinu við svipul mörk m.v. BL1 út (40MW á BL1)



Mynd 17: Aflflæði á Bessastöðum við svipul mörk m.v. BL1 út (40MW á BL1)



Mynd 18: Tíðni á Blöndu og Geithálsi ofan svipula marka (45MW á BL1)

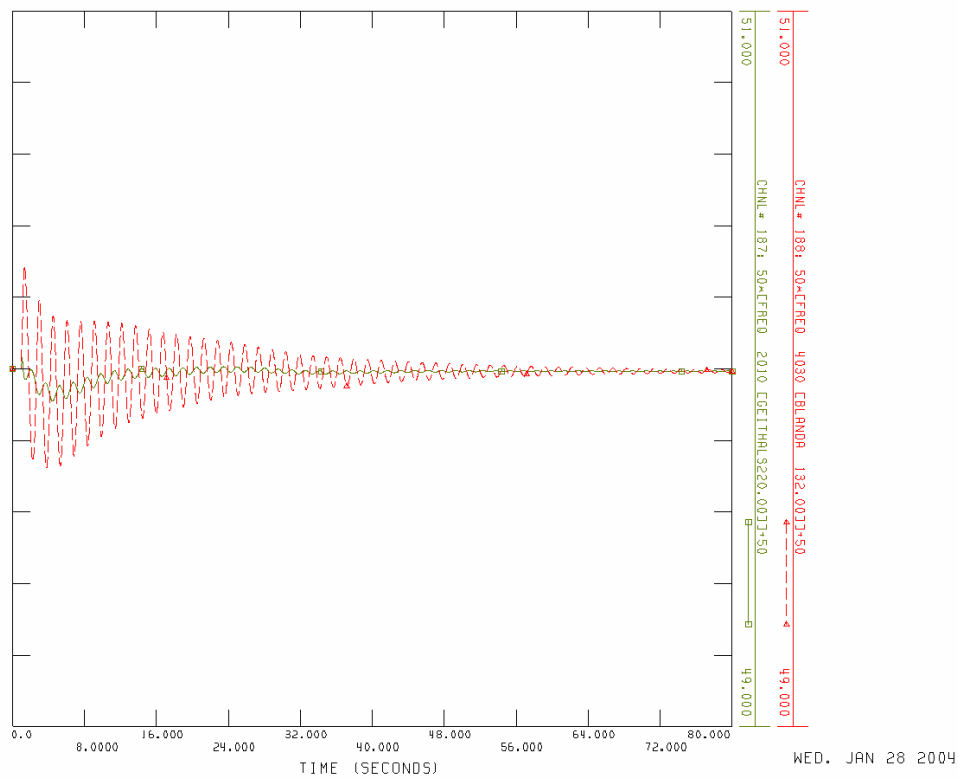
4.2 Svipul mörk án eyjareksturs fyrir lágálag

Svipul mörk án eyjareksturs fyrir lágálag eru sett fram í töflu 10.

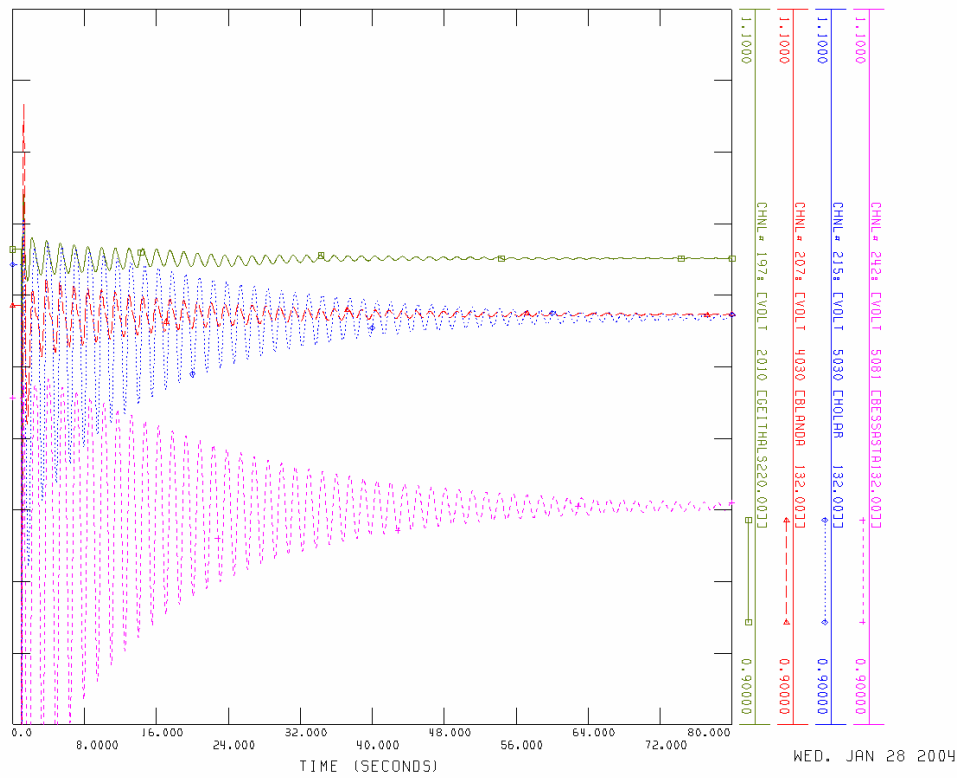
Rekstartilvik	Afl á BL1 (MW)	Afl á SI4 (MW)	Afl í sniði (MW)	Framleiðsla í Blöndu (MW)	Mörk á BL1 (MW) m.v. 5% öryggismörk
Lágálag - BL1 út	40	-3,7	36,3	32	38
Lágálag - HT1 út	45	-0,8	44,2	42,5	43
Lágálag - VA1 út	47,5	-0,9	46,6	42,4	45

Tafla 10: Svipul mörk án eyjareksturs

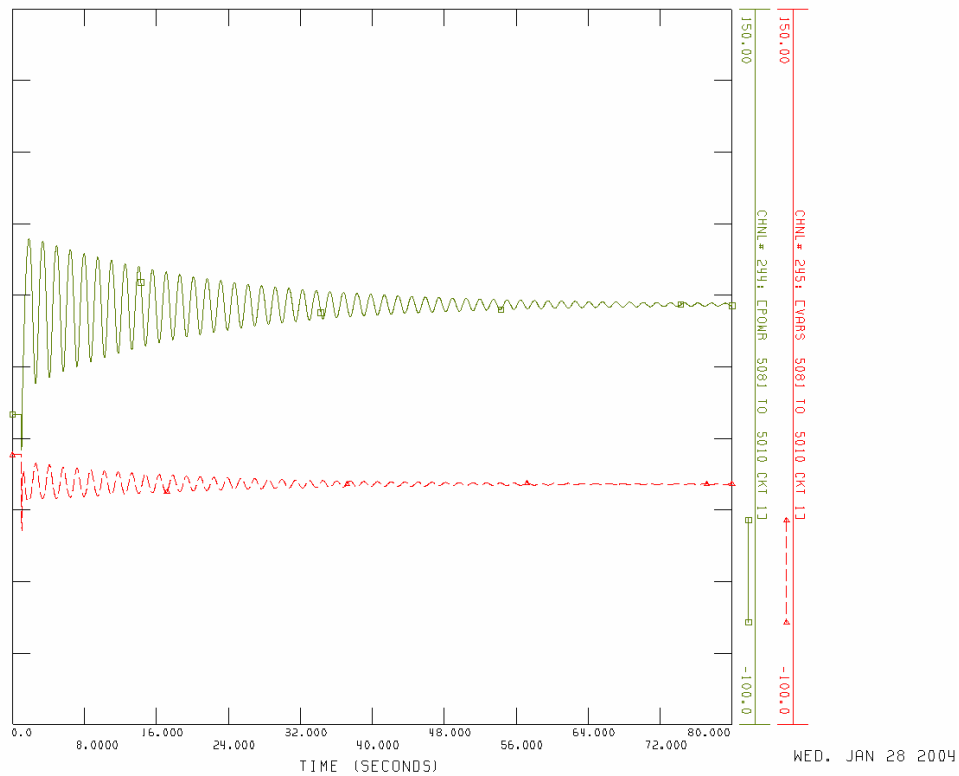
Á myndum 18-20 er sett fram tíðni, spenna og aflflæði í kerfinu, við svipul mörk á BL1, m.v. truflun á BL1, þ.e. 40MW flutningur á BL1. Samsvarandi myndir fyrir truflun á HT1 og VA1 eru í viðauka.



Mynd 19: Tíðni á Blöndu og Geithálsi við svipul mörk m.v. BL1 út (40MW á BL1)



Mynd 20: Spenna víða í kerfinu við svipul mörk m.v. BL1 út (40MW á BL1)



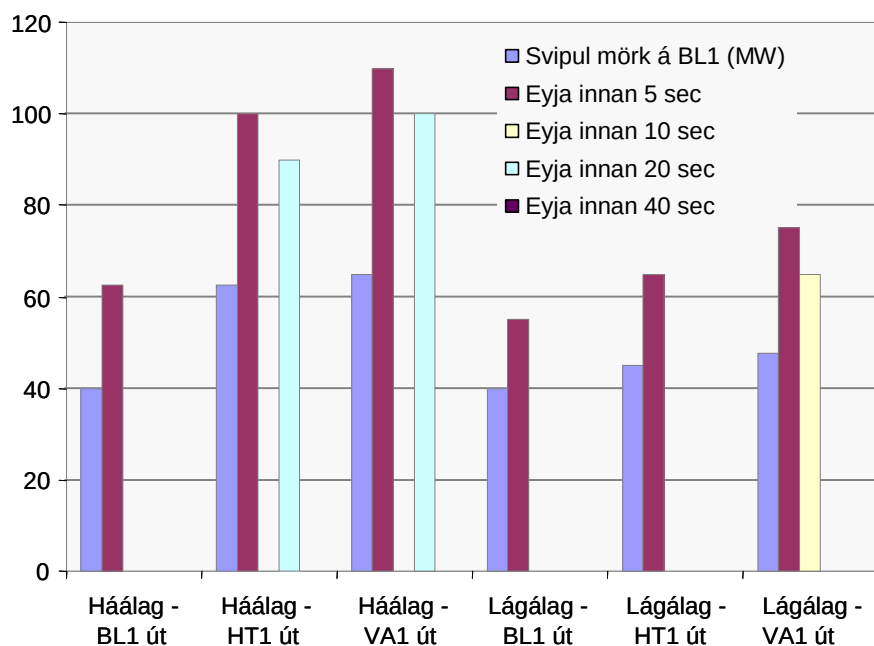
Mynd 21: Afhlæði á Bessastöðum við svipul mörk m.v. BL1 út (40MW á BL1)

4.3 Stöðuleiki kerfisins milli svipula marka með og án eyjareksturs

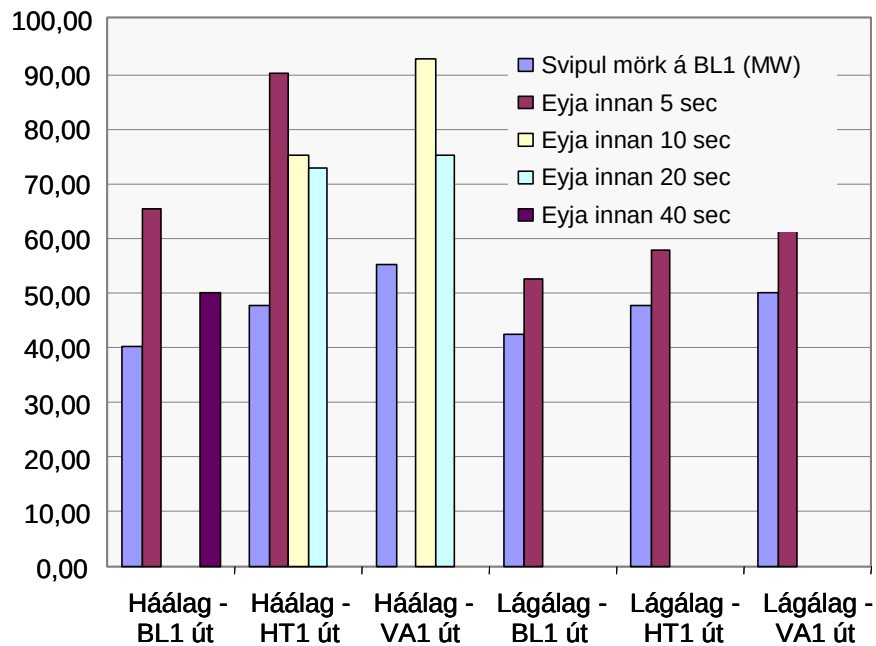
Þegar komið er upp fyrir “svipul mörk án eyjarekstur” væri náttúrulega best að aflsveiflur myndu valda því að fjarlægðarvarnar í austurlandi yllu útleysingu. Við það yrðu Norðurland sjálfstæð eyja í raforkukerfinu og jafnvægi myndi nást, svo framarlega sem ekki væri farið yfir “svipul mörk með eyjarekstri”. Hegðun kerfisins milli þessa marka var rannsökuð og eru niðurstöðurnar kynntar grafískt á mynd 22 og mynd 23. Tölulegar niðurstöður sem myndirnar byggja á er að finna í viðauka 6.5.

Á myndunum eru sýndar 5 súlur fyrir hvert kannað rekstrartilvik. Fyrsta súlan sýnir svipul mörk án eyjar fyrir þetta tilvik. Önnur súlan sýnir hversu hár aflflutningurinn eftir BL1 þarf að vera, þ.e. einhver fjarlægðarvarnananna á Austurlandi slái út á innan við 5 sekúndum eftir að hermun hefst. Truflunin er sett inn í hermunina eftir 1 sekúndu og viðkomandi lína aftengd eftir 1,1 sekúndu. Þriðja súlan sýnir þessi mörk ef það er beðið í allt að 10 sekúndur, o.s.frv.

Eins og sjá má af myndum er í vissum rekstrartilvikum ansi stórt bil frá því að “svipulum mörkum án eyjar” er náð og þ.t. eyja myndast innan stutts tíma. Þessa þarf að taka sérstakt tillit til í rekstri kerfisins.



Mynd 22: Eyjarekstursmörk (60MW í Kröflu í háálagi og 30MW í lágáli)



Mynd 23: Eyjarekstursmörk (30MW í Kröflu í háálagi og 60MW í lágáli)

5 Svipul mörk miðað við eyjarekstur

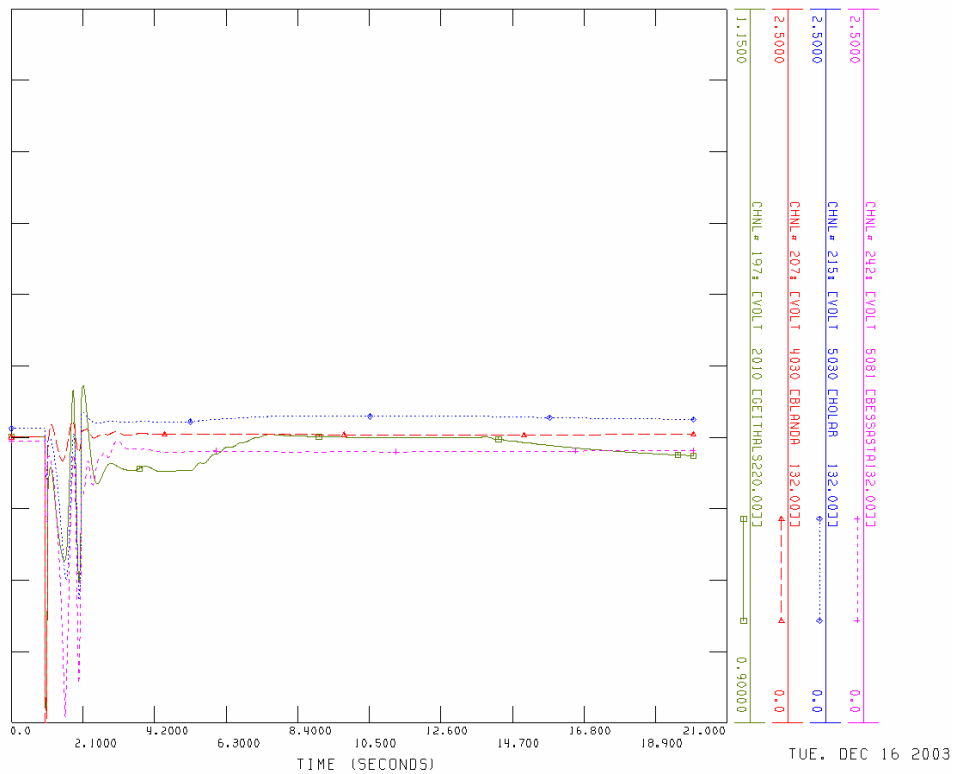
Í þessum kafla verður farið nákvæmar í það hvernig svipul mörk með eyjarekstri voru fundin. Sett var þriggja fasa skammhlaup á viðkomandi línu, þ.e. BL1, HT1 eða VA1, línan síðan rofin báðum megin. Ólíkt því sem gert var þegar svipul mörk án eyjareksturs voru fundin, var liðaverndin höfð virk hér. Í kjölfar þess að BL1, HT1 eða VA1 er slegið út valda aflsveiflur á byggðalínunni því að einhver fjarlægðarliðana á austurlandi slær út og þar með er eyjarekstur á norðurlandi. Þetta ferli var endurtekið aftur og aftur, þ.s. framleiðsla í Blöndu var aukin í hvert skipti. Fylgst var með tíðninni á Geithálsi og voru mörk á BL1 skilgreind sem sá mesti flutningur sem getur átt sér stað á BL1 á undan slíkri truflun, þ.a. tíðnin á Geithálsi haldist ofan vissra marka eftir upphaf truflunarinnar.

5.1 Svipul mörk með eyjarekstri fyrir háálag

Svipul mörk með eyjarekstri fyrir háálag eru sett fram í töflu 11. Í öllum tilvikum er það fjarlægðarvörn Hólamegin á Hóalínu 1 sem veldur útleysingu og þar með eyjarekstri í kjölfar truflunar á BL1, HT1 eða VA1. Miðað var við að tíðnin á Geithálsi mætti ekki fara niður fyrir 48,6Hz. Gert er ráð fyrir að aflsveifluhindrun fjarlægðarvarna á Hryggstekk sé óvirk.

Rekstartilvik	Afl á BL1 (MW)	Afl á SI4 (MW)	Afl í sniði (MW)	Framleiðsla í Blöndu (MW)	Tíðni á Geithálsi (Hz)	Mörk á BL1 (MW) m.v. 5% öryggismörk
Háálag - BL1 út	115	-0,5	114,5	146	48,617	109
Háálag - HT1 út	126	3,9	129,9	162	48,752	120
Háálag - VA1 út	125,8	3,8	129,6	162	48,868	120

Tafla 11: Svipul mörk með eyjarekstri



Mynd 25: Spenna víða í kerfinu við svipul mörk (eyjarekstur) m.v. BL1 út (115MW á BL1)

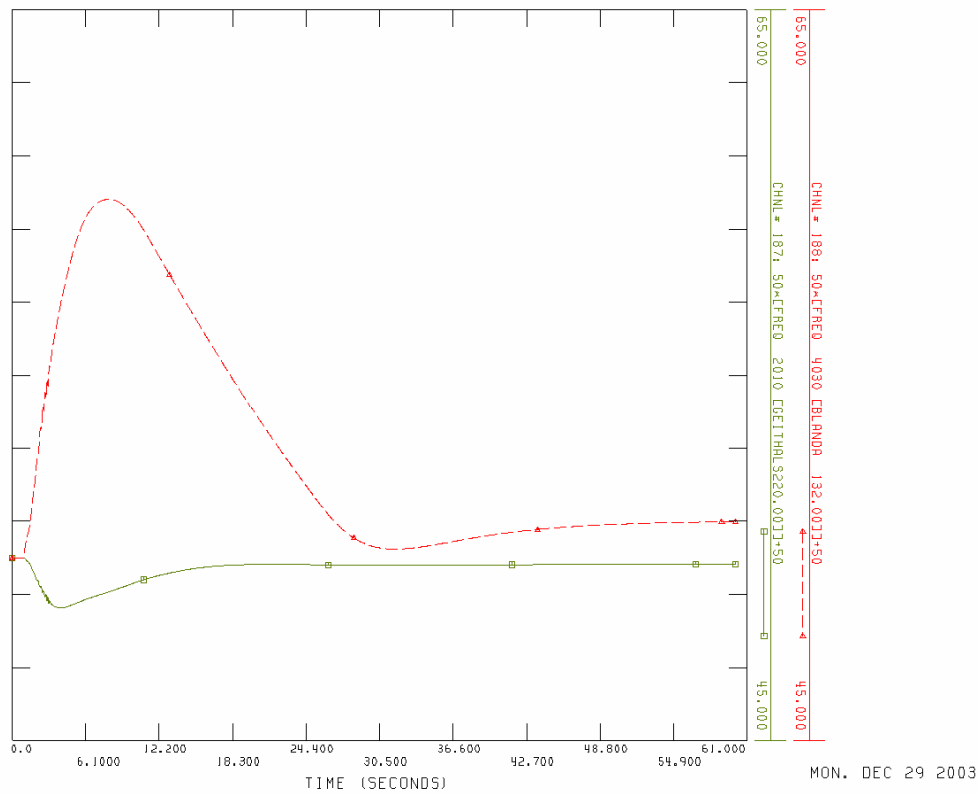
5.2 Svipul mörk með eyjarekstri fyrir lágálag

Svipul mörk með eyjarekstri fyrir lágálag eru sett fram í töflu 12. Hér gildir alveg það sama um varnir og útleysingar eins og fyrir háálagið, sem lýst var að ofan.

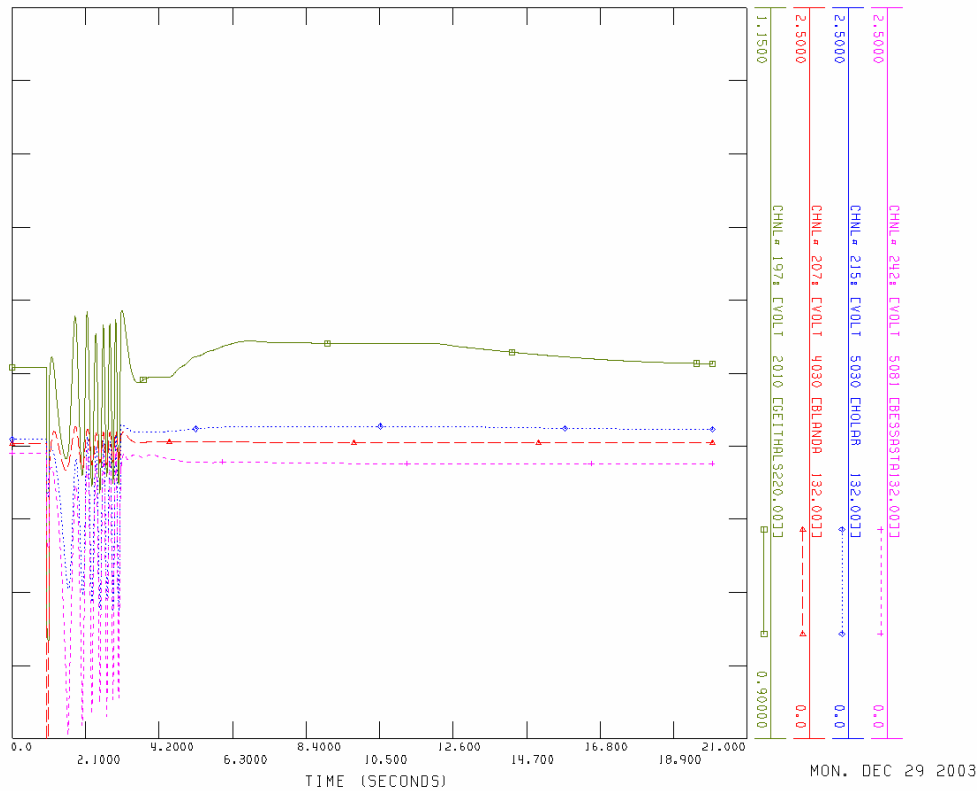
Rekstartilvik	Afl á BL1 (MW)	Afl á SI4 (MW)	Afl í sniði (MW)	Framleiðsla í Blöndu (MW)	Tíðni á Geithálsi (Hz)	Mörk á BL1 (MW) m.v. 5% öryggismörk
Lágálag - BL1 út	95	16,7	111,7	109,6	48,617	90
Lágálag - HT1 út	97,5	17,6	115,1	113,1	48,644	93
Lágálag - VA1 út	105	20	125	123,8	48,626	100

Tafla 12: Svipul mörk með eyjarekstri

Á myndum 25-26 er sett fram tíðni og spenna í kerfinu, við svipul mörk (eyjarekstur) á BL1, m.v. truflun á BL1, þ.e. 115MW flutningur á BL1. Samsvarandi myndir fyrir truflun á HT1 og VA1 eru í viðauka.



Mynd 26: Tíðni á Blöndu og Geithálsi við svipul mörk (eyjarekstur) m.v. BL1 út (95MW á BL1)



Mynd 27: Spenna við svipul mörk (eyjarekstur) m.v. BL1 út (95MW á BL1)

5.3 Álagsflæði við "svipul mörk með eyju"

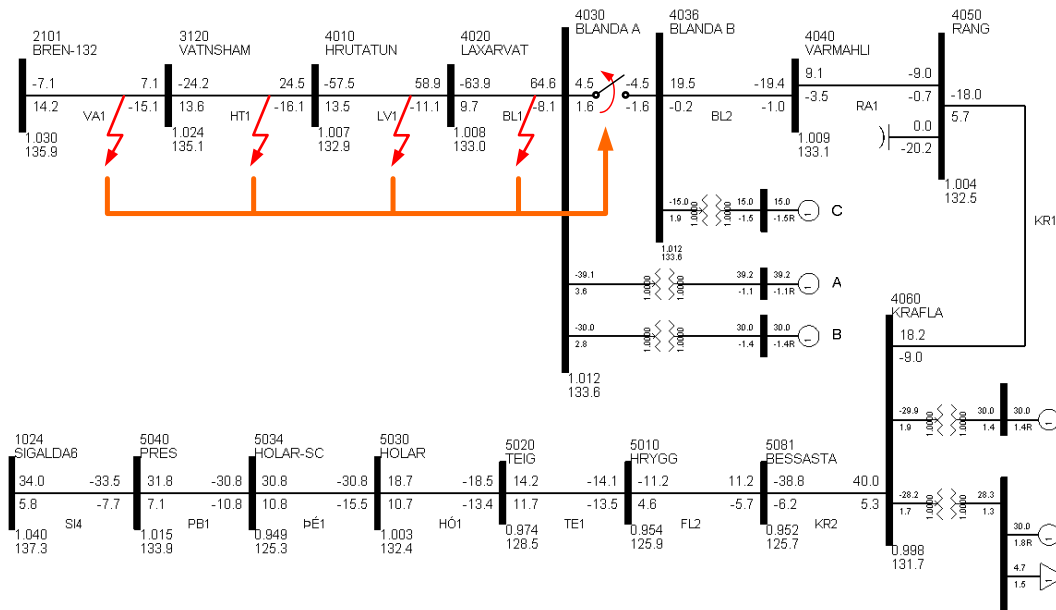
Gerðir voru álagsflæðireikningar fyrir þau flutningsmörk, sem fengust við svipulu athuganirnar, þ.s. eyjarekstur var leyfður. Eins og sést í töflu 13 var spennan á Bessastöðum í öllum tilvikum ofan við 0.9 p.u., þ.e. svipulu mörkin liggja alltaf undir álagsflæðimörkunum. Spennan á öðrum stöðum á Byggðalínu (Kröflu, Hólum og Sigöldu) var alltaf hærri en á Bessastöðum.

Rekstrar-tilvik	Lína út	Afl á BL1 (MW)	Afl á SI4 (MW)	Afl í sniði (MW)	Framleiðsla í Blöndu (MW)	Framleiðsla í Kröflu (MW)	Spenna á Bessastöðum (pu)	
							Fyrir truflun	Eftir truflun
Háálag	BL1	115	-0,5	115	146	60	0.987	0.949
Háálag	HT1	126	3,9	130	162	60	0.981	0.948
Háálag	VA1	126	3,8	130	162	60	0.981	0.946
Lágálag	BL1	95	16,7	112	109,6	30	0.975	0.939
Lágálag	HT1	97,5	17,6	115	113,1	30	0.974	0.939
Lágálag	VA1	105	20	125	123,8	30	0.970	0.938
Háálag	BL1	105	-14,1	90,9	151,8	30	0.992	0.938
Háálag	HT1	112	-11,4	101	162	30	0.989	0.936
Háálag	VA1	112	-11,4	101	162	30	0.989	0.934
Lágálag	BL1	95	25	120	89,9	60	0.970	0.941
Lágálag	HT1	100	26,7	127	97	60	0.973	0.941
Lágálag	VA1	102,5	24,5	127	100,6	60	0.971	0.941

Tafla 13: Athugun á álagsflæði við "svipul mörk með eyju"

6 Sjálfkrafa útleysingu milli teina í Blöndu

Í þessum kafla verður farið nákvæmar í það hvernig rannsóknir fyrir sjálfkrafa útleysingu milli teina í Blöndu voru framkvæmdar. Í þessari athugun er gengið út frá því að settur verði upp búnaður, sem orsaki sjálfkrafa útleysingu milli teina vélaspenna í Blöndu (Sjá Mynd 28) verði útleysing á Vesturlínu. Kannað er hvort þetta hafi áhrif til hins betra hvað varðar aflsveiflur á Austurlandi, þ.e. betri niðurstöður en fengust í svipulu rannsóknunum að ofan, og hvort þetta orsaki einhver önnur vandamál.



Mynd 28: Sjálfkrafa útleysing milli teina í Blöndu í kjölfar útleysingar á Vesturlínu

6.1 Skoðuð tilvik

Í rannsóknunum, sem skýrt var frá hér að undan, var gengið út frá einu háálags-tilviki og einu lágálags-tilviki. Í rannsóknunum varðandi sjálfkrafa útleysingu var gengið lengra og tekið tillit til aukins álags vegna aukinnar rafmagnsnotkunar á Austurlandi á byggingartíma Kárahnúkavirkjunar og álversins í Reyðarfirði, auk þess sem álagsgögn fyrir Norðvesturland voru uppfærð. Gengið var út frá þremur tilvikum í rannsóknum á þessum þætti:

- **Háálag, Bessastaðir max.** Þetta tilvik samsvarar háálagstilvikinu að ofan, en með þeim breytingum að álag á Bessastöðum hefur verið sett samkvæmt áætlun fyrir byggingarafmagn á svæðinu (Háálag í Töflu 14) og álag tengt Hrútatungu, Vatnshörmrum, Laxárvatni og Geiradalslínu 1 (GL1) voru sett samkvæmt álagi 2003 (Háálag í Töflu 15).
- **Háálag, Bessastaðir min.** Samsvarar tilvikinu “Háálag, Bessastaðir max”, fyrir utan að álag á Bessastöðum er sett jafnt núlli, en álag tengt Hrútatungu, Vatnshörmrum, Laxárvatni og GL1 samkvæmt háálagi í Töflu 15.
- **Lágálag.** Þetta tilvik samsvarar lágálagstilvikinu að ofan, en með þeim breytingum að álag á Bessastöðum hefur verið sett samkvæmt áætlun fyrir byggingarafmagn á svæðinu (Lágálag í Töflu 14), en álag tengt Hrútatungu, Vatnshörmrum, Laxárvatni og GL1 samkvæmt lágálagi í Töflu 15.

Álagspunktur	Háálag		Lágálag	
	MW	Mvar	MW	Mvar
Bessastaðir	27,5	9,0	0,4	0,1

Tafla 14: Áætlað álag á Bessastöðum á byggingartíma Kárahnjúkavirkjunar

Álagspunktur	Háálag		Lágálag	
	MW	Mvar	MW	Mvar
Laxárvatn	5,0	1,3	1,5	-0,1
Hrútatunga	3,0	0,4	1,0	-0,4
Vatnshamrar	17,0	1,5	1,0	-1,0
GL1	30,0	2,0	5,0	-5,0

Tafla 15: Álag á Norðvesturlandi 2003

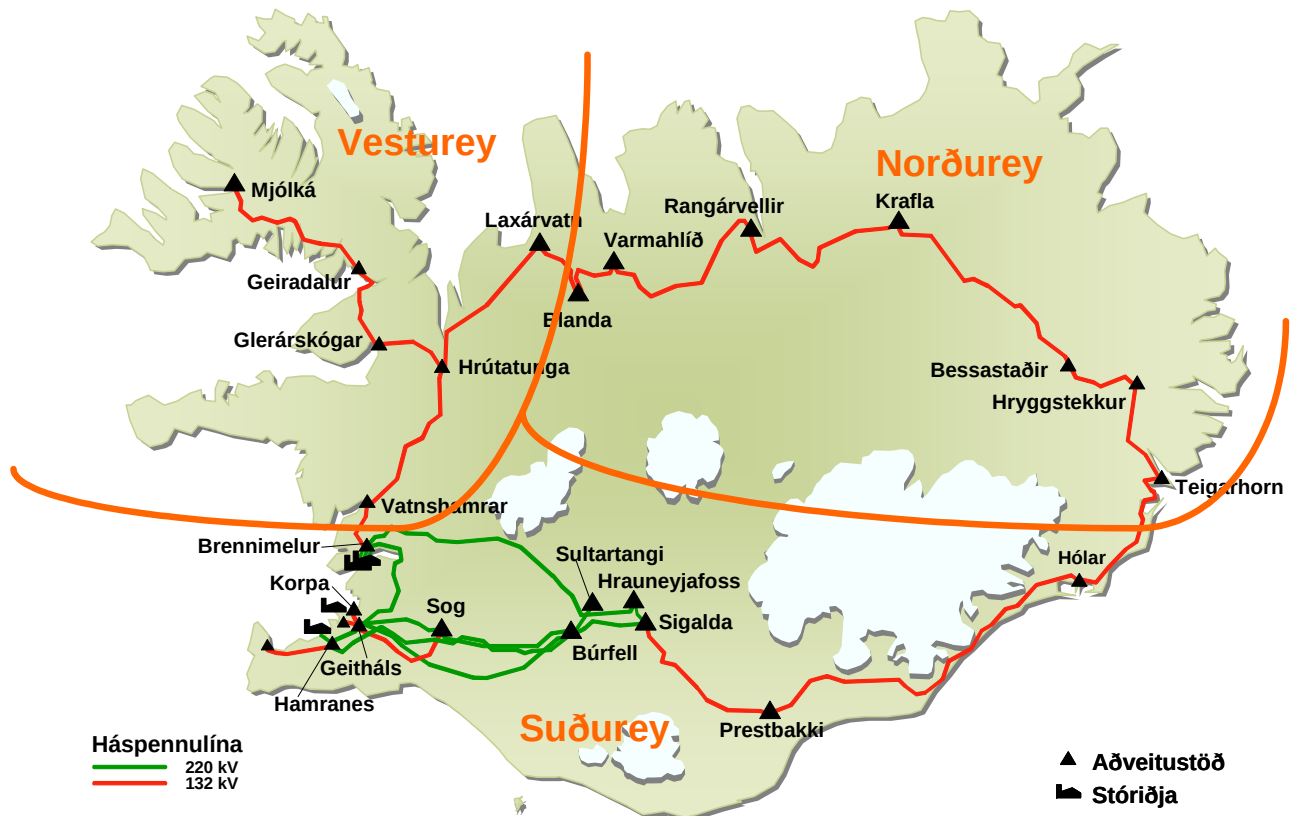
Í töflu 16 eru sýnd þau tilvik sem tekin voru fyrir. Athugað var fyrir bæði 30MW og 60MW framleiðslu í Kröflu. Nægilegt var að skoða útleysingar á BL1 og VA1, þ.s. útleysingar á HT1 eða LV1 væru á milli hinna tveggja (og afleiðingarnar þar með mælanlegar á bili milli þess sem mældist fyrir BL1 og VA1). Enn fremur var “háa­lag, Bessastaðir min” aðeins áhugavert fyrir 60MW framleiðslu í Kröflu, þ.s. það gæfi augljóslega verri útkomu en með 30MW framleiðslu.

Tilvik	60MW framleiðsla í Kröflu		30MW framleiðsla í Kröflu	
	BL1 út	VA1 út	BL1 út	VA1 út
Háa­lag, Bessastaðir max	X	X	X	X
Háa­lag, Bessastaðir min	X	X		
Lágálag	X	X	X	X

Tafla 16: Tilvik sem rannsökuð (merkt með X)

6.2 Niðurstöður athuganna fyrir sjálfkrafa útleysingu

Við útleysingu skiptist raforkukerfið í 2 eða 3 eyjar (Mynd 29), sem kallaðar eru Vesturey, Norðurey og Suðurey hér. Vesturey afmarkast af skiptingu milli vélateina í Blöndu annars vegar og þeim stað þ.s. Vesturlína leysti út hins vegar (um fjóra möguleika að ræða, samanber mynd 28). Aflsveiflur á Norðurlandi í kjölfar útleysingar á Vesturlínu geta valdið annarri útleysingu á Austurlandi. Þar með hefur þá Norðurey myndast. Hún afmarkast af skiptingu milli vélateina í Blöndu annars vegar og þeim stað þar sem útleysing á Austurlandi átti sér stað.



Mynd 29: Eyjaskipting eftir útleysingu

Í athugunum var fylgst sérstaklega með tíðninni í öllum eyjunum, svo og spennu og aflflæði. Kerfið var hermt fyrir útleysingar á BL1 og VA1 með ýmist (i) allar vélar í Blöndu inni, (ii) vél B úti en hinar inni, (iii) vél A og B úti en C inni og (iv) vél C úti en hinar inni. Í öllum tilvikum var framleiðsla í Blöndu aukin smátt og smátt og athugað hvort til aflsveiflna kæmi, eða hvort væri farið út fyrir spennu- eða tíðnimörk.

Helstu niðurstöðurnar úr hermunum eru:

- Með skynsamlegri skiptinu framleiðslu milli véla í Blöndu má bæta öryggi reksturs kerfisins til muna og hækka framleiðslumörk fyrir virkjunina m.t.t. flutningstakmarkana á BL1.
- Hætta á aflsveiflum á Norður- og Austurlandi ræðst þá ekki lengur beint af því hversu mikið er flutt eftir Blöndulínu, heldur hversu mikið er framleitt á þeirri vél í Blöndu, sem tengist norðurhluta kerfisins eftir útleysingu.
- Ekki þarf að takmarka framleiðslu véla sem tengjast vestra kerfinu, þ.e. véla 1 og 2. Ef framleiðsla þeirra er engin verður Vestureyja skiljanlega óstöðug.
- Framleiðslu vélar sem tengist eystra kerfinu, þ.e. vélar 3, þarf að takmarka við allt niður í 10MW. Mörkin eru háð álagstilviki, samanber töflu 17 að neðan.
- Tíðnin í Vesturey getur farið ansi hátt upp, samanber töflu 18 að neðan. Hugsanlegt væri að hafa vörn sem mældi hraðan á vélunum (vélar 1 og 2) og tæki út aðra þeirra, þegar tíðnin stefndi upp fyrir visst gildi (á sérstaklega við lágálagstilvikið).

- Þrátt fyrir að vél C sé ekki í gangi og þar með engin framleiðsla frá Blöndu fyrir Norður- og Austurland, helst spennu á Austurlandi innan marka, samanber töflu 19 að neðan.
- Aðeins í lágálagstilviki getur myndast eyja á Norðurlandi og tíðni í Kröflu getur farið út fyrir mörk. Ennfremur getur í lágálagstilvikinu tíðni á Geitháls farið niður fyrir leyfð mörk eftir að Norðureyjan myndast.

Staða véla í Blöndu	Tilvik	Krafla 60MW		Krafla 30MW	
		BL1 út	VA1 út	BL1 út	VA1 út
Allar vélar inni	Bessastaðir max	35	40	45	54
	Bessastaðir min	25	30		
	Lágálag	10	10	25	25
Vél B úti	Bessastaðir max	38	45		54
	Bessastaðir min	27	35		
	Lágálag	12	12	25	25

Tafla 17: Framleiðslumörk vélar 3 í Blöndu, þegar hinar vélarnar eru úti

Þau tilvik í töflunni að ofan sem eru auð var sleppt þ.s. þau þóttu afgreidd með rannsókn hinna tilvikanna.

Tilvik	Krafla 60MW	Krafla 30MW
Bessastaðir max	58,1	58,1
Bessastaðir min	58,1	
Lágálag	72,0	71,5

Tafla 18: Hámarkstíðni í Vesturey eftir að VA1 slær út (Hz)

Tilvik	Krafla 60MW		Krafla 30MW	
	BL1 út	VA1 út	BL1 út	VA1 út
Bessastaðir max	0,95	0,95	0,90	0,89
Bessastaðir min	1,00	1,00		
Lágálag	0,99	1,01	1,05	1,05

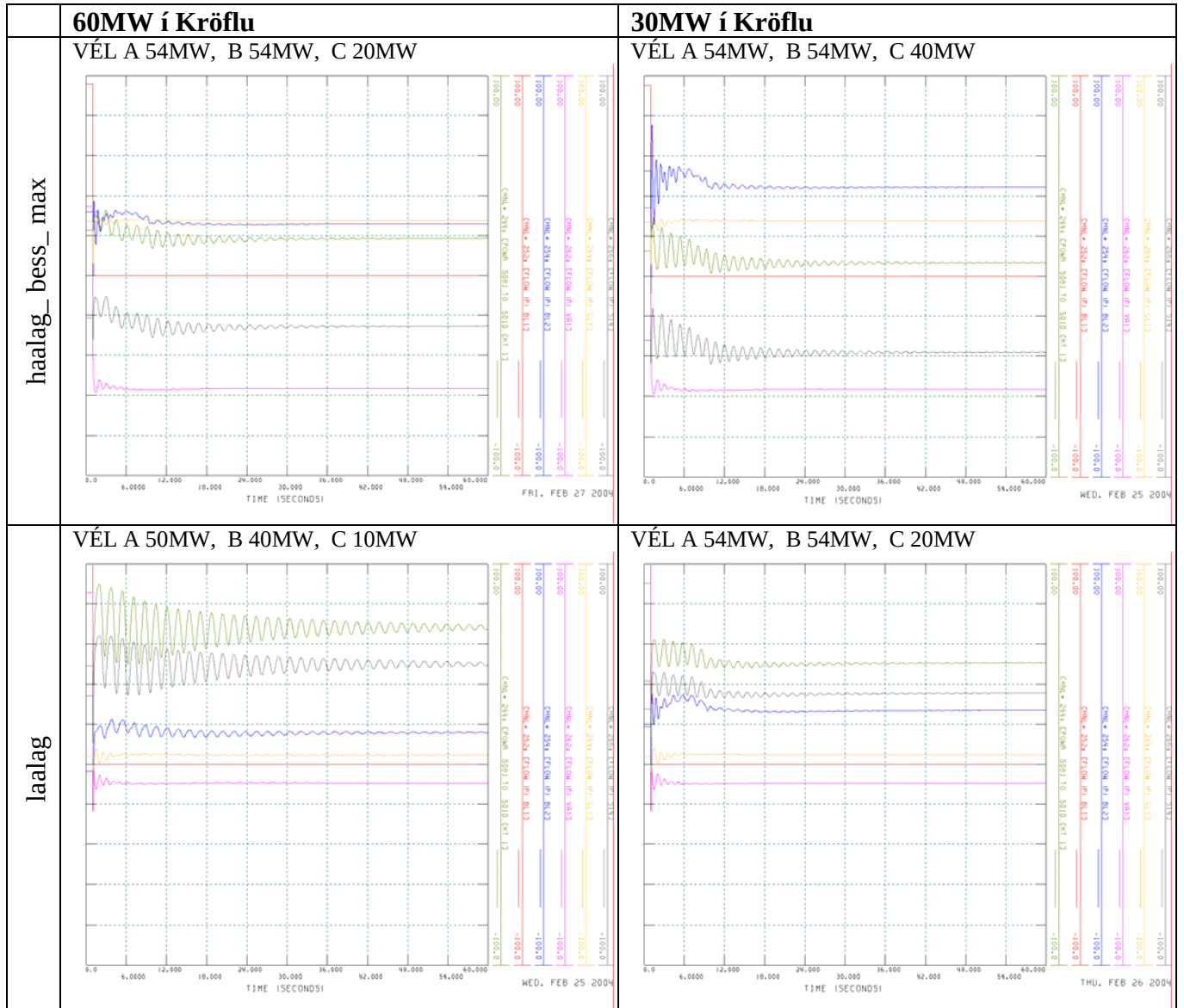
Tafla 19: Spenna á Bessastöðum (p.u.). Vél C úti, en hinar tvær inni

Hér á eftir verða mörk hámarksframleiðslu í Blöndu skoðuð nánar.

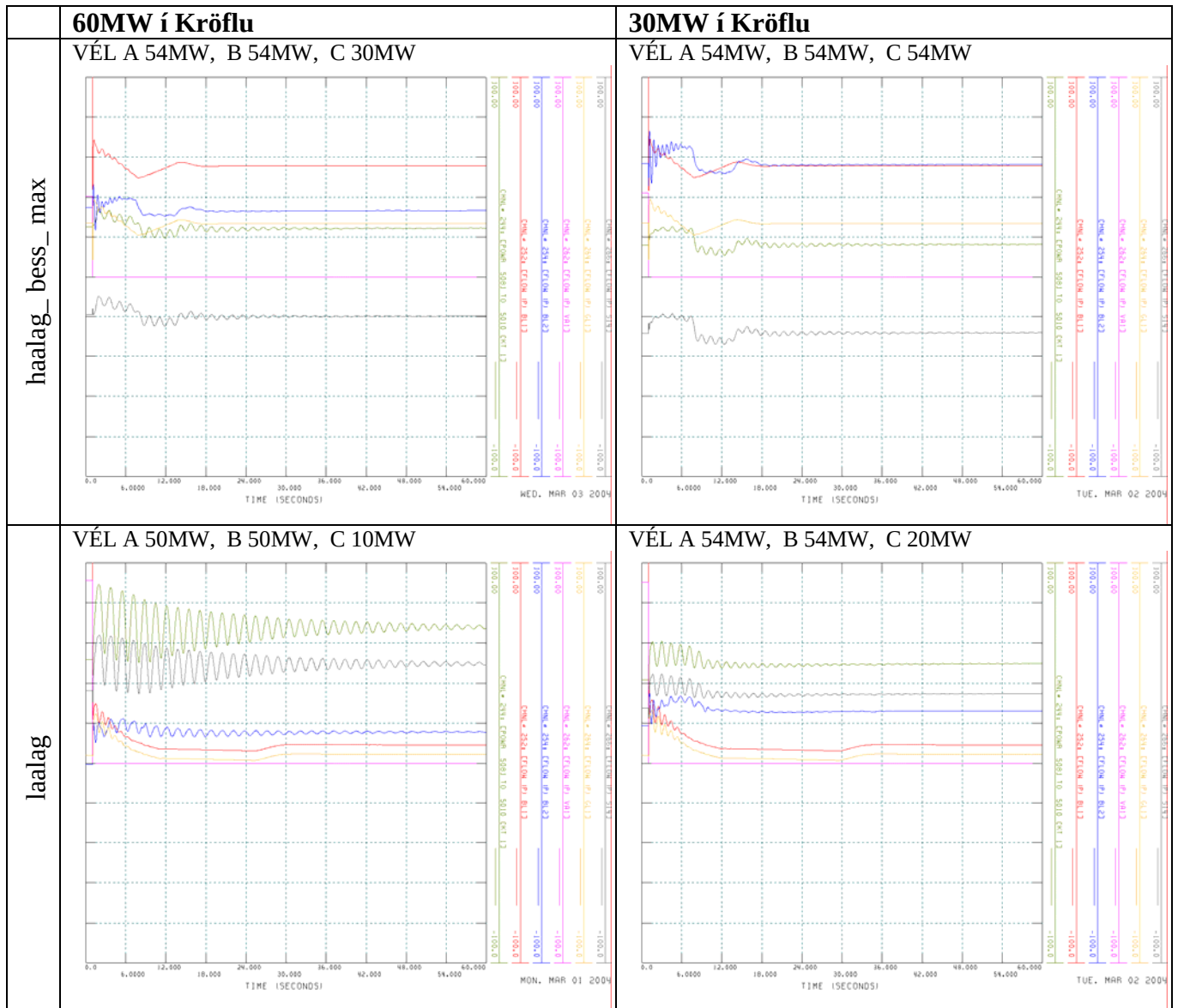
6.2.1 Hámarksframleiðsla í Blöndu (allar vélar inni)

Hér verða nánar skoðuð framleiðslutakmörk fyrir Blönduvirkjun í fyrirkomulagi með sjálfvirka útleysingu milli teina stöðvarinnar. Helstu niðurstöðurnar varðandi þetta atriði eru að framleiðsla þeirra véla sem tengdar eru A-teini er ekki takmörkuð, en hins vegar er mikilvægt að framleiðsla vélarinnar (vélar 3), sem tengd er B-teini, sé takmörkuð. Séu þessar takmarkanir fyrir vél C ekki virtar er hætt við aflsveiflum í kerfinu austanlands. Litið verður á þau tilvik, þ.s. framleiðslan er komin nálægt hámarkum sínum, og þá með tilliti til aflflæðis, spennu og tíðni.

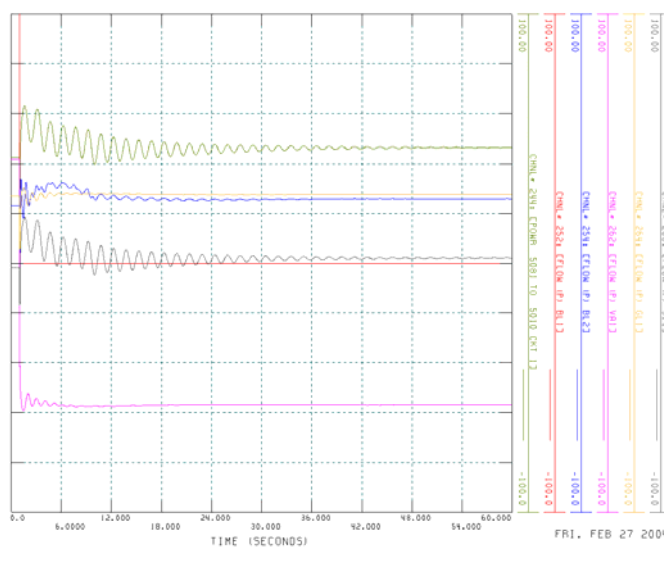
Myndir 29-32 sýna aflflæði á nokkrum mikilvægum línum í kerfinu í kjölfar útleysinga á BL1 og VA1. Myndirnar eiga við efri mörk framleiðslu í Blöndu. Ef farið var herra með framleiðsluna varð kerfið óstöðugt vegna aflsveiflna á Austurlandi. Í öllum tilvikum var framleiðsla véla á A-teini, þ.e. tengdum Vesturlandi, ekki takmarkandi, en framleiðsla á vél B-teins, þ.e. tengdri Norðurlandi, takmarkaðist mest við 10MW, þ.e. fyrir lágálagstilfallið. Fyrir tilvikið haalag_bess_min fengust ekki lægri takmarkanir en fyrir haalag_bess_max (Myndir 31 og 32).



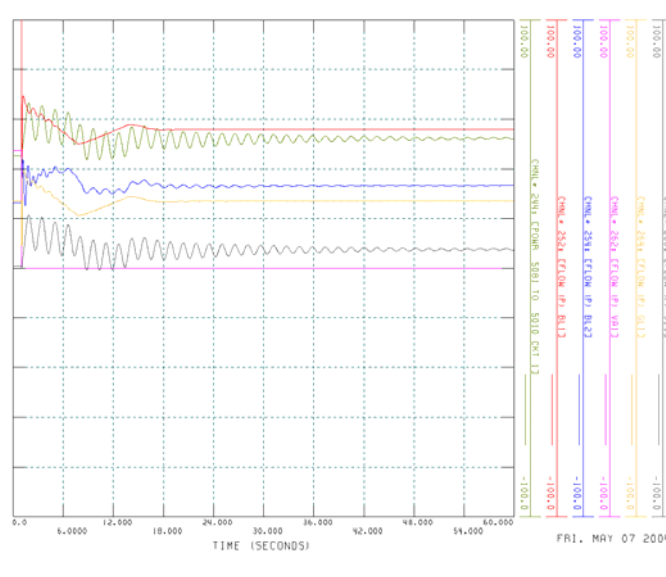
Mynd 30: Aflflæði í BL1 (rauð), BL2 (blá), VA1 (bleik), GL1 (brún), KR1 (græn) og SI4 (grá), BL1 út. Vél A, B, C á við framleiðslu véla í Blöndu.



Mynd 31: Sjá litaskýringar af Mynd 30, VA1 út



Mynd 32: Sjá litaskýringar af Mynd 30, BL1 út, tilvik haalag_bess_min (VÉL A 54MW, B 54MW, C 20MW)



Mynd 33: Sjá litaskýringar af Mynd 30, BL1 út, tilvik haalag_bess_min (VÉL A 54MW, B 54MW, C 30MW)

Spennan í kerfinu reyndist stöðug og innan leyfilegra marka fyrir öll þá hámarksframleiðslu, sem leyfð er, samkvæmt ofangreindum aflflæðimörkum. Hér á eftir eru spennur fyrir helstu ofangreind tilvik sýndar.

The figure displays eight time-series plots arranged in a 4x2 grid. The rows represent different locations: 'haalag_bess_max, BL1 út' (top), 'haalag_bess_max, VA1 út' (second row), and 'laalag, VA1 út' (bottom two rows). The columns represent different power levels: '60MW í Kröflu' (left) and '30MW í Kröflu' (right). Each plot shows multiple data series (colored lines) over time (0 to 60,000 seconds). The plots show various trends, including steady-state, oscillatory, and transient behavior.

Row 1: haalag_bess_max, BL1 út

- 60MW í Kröflu:** Shows a steady-state response with a small initial transient. The y-axis ranges from 0.0 to 1.5000. The x-axis ranges from 0.0 to 60,000 seconds.
- 30MW í Kröflu:** Shows a steady-state response with a small initial transient. The y-axis ranges from 0.0 to 1.5000. The x-axis ranges from 0.0 to 10,000 seconds.

Row 2: haalag_bess_max, VA1 út

- 60MW í Kröflu:** Shows a steady-state response with a small initial transient. The y-axis ranges from 0.0 to 1.5000. The x-axis ranges from 0.0 to 60,000 seconds.
- 30MW í Kröflu:** Shows a steady-state response with a small initial transient. The y-axis ranges from 0.0 to 1.5000. The x-axis ranges from 0.0 to 10,000 seconds.

Row 3: laalag, VA1 út

- 60MW í Kröflu:** Shows a steady-state response with a small initial transient. The y-axis ranges from 0.0 to 1.5000. The x-axis ranges from 0.0 to 60,000 seconds.
- 30MW í Kröflu:** Shows a steady-state response with a small initial transient. The y-axis ranges from 0.0 to 1.5000. The x-axis ranges from 0.0 to 10,000 seconds.

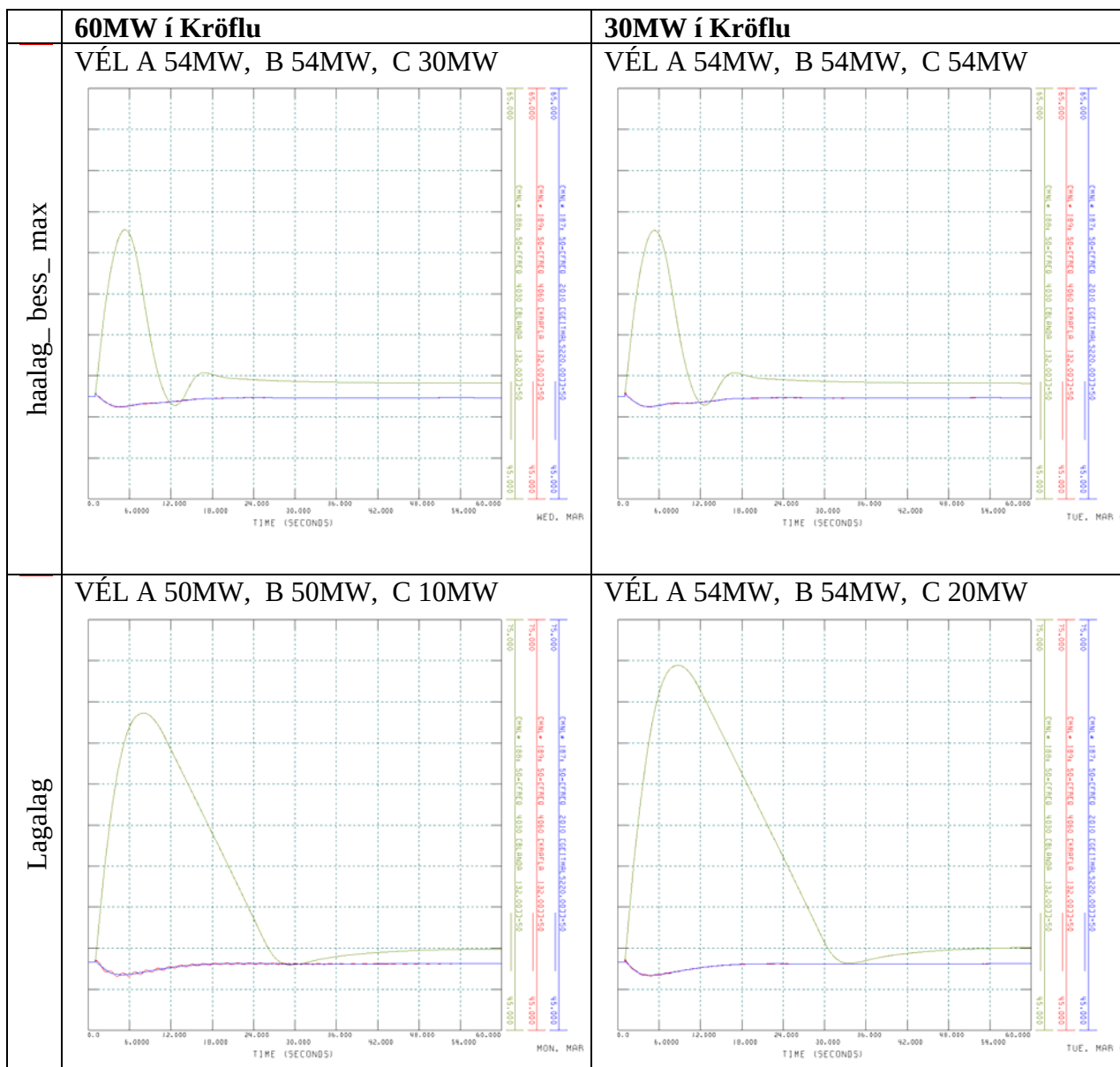
Row 4: laalag, VA1 út

- 60MW í Kröflu:** Shows a steady-state response with a small initial transient. The y-axis ranges from 0.0 to 1.5000. The x-axis ranges from 0.0 to 60,000 seconds.
- 30MW í Kröflu:** Shows a steady-state response with a small initial transient. The y-axis ranges from 0.0 to 1.5000. The x-axis ranges from 0.0 to 10,000 seconds.

Mynd 34: Spenna á B-tein í Blöndu (rauð), Mjólka (blá), Bessastöðum (bleik), Geitháls (brún) og Sigöldu (grá)

Mynd 35 sýnir tíðni á nokkrum mikilvægum stöðum í kerfinu við ofangreindar útleysingar. Fyrir þau tilvik sem endurspeгла hámarksframleiðslu í Blöndu, er tíðnin á Norður- og Suðurlandi innan marka. Tíðnin í Vestureynni tekur hátt augnabliksgildi, en nær síðar gildi tiltölulega nálægt 50Hz, þ.s. “secondary reglun” tæki við. Myndirnar eiga við útleysingu á VA1. Sambærilegar niðurstöður fengust fyrir útleysingu á BL1, fyrir utan að tíðnin á A-teini fór hátt upp, enda er hann þá einangraður frá álagi, en með mikla framleiðslu. Sýndar niðurstöður eru fyrir haalag_bess_max, en alveg samsvarandi hegðun fékkst fyrir haalag_bess_min.

Til að koma í veg fyrir að tíðni í Vesturey verði of há mætti hugsa sér að setja inn varnarbúnað sem slægi út annarri vélinni á A-teini, ef hraðinn fer upp fyrir viss mörk.



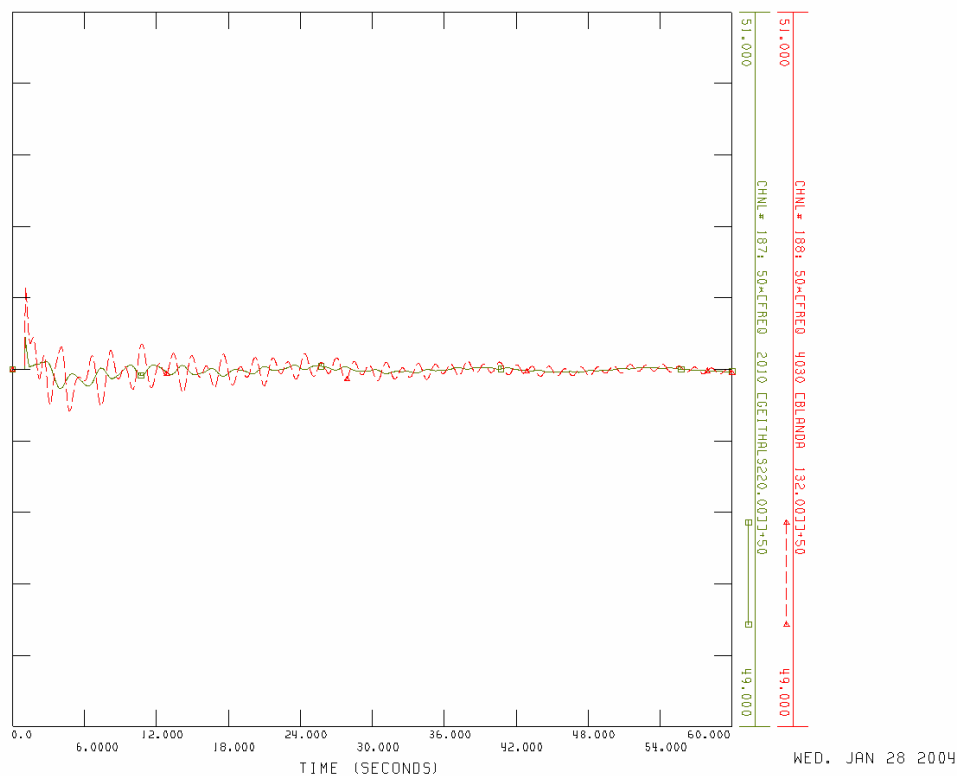
Mynd 35: Tíðni á Geitháls (blá), Kröflu (rauð) og A-tein í Blöndu (græn), VA1 út

7 Viðaukar

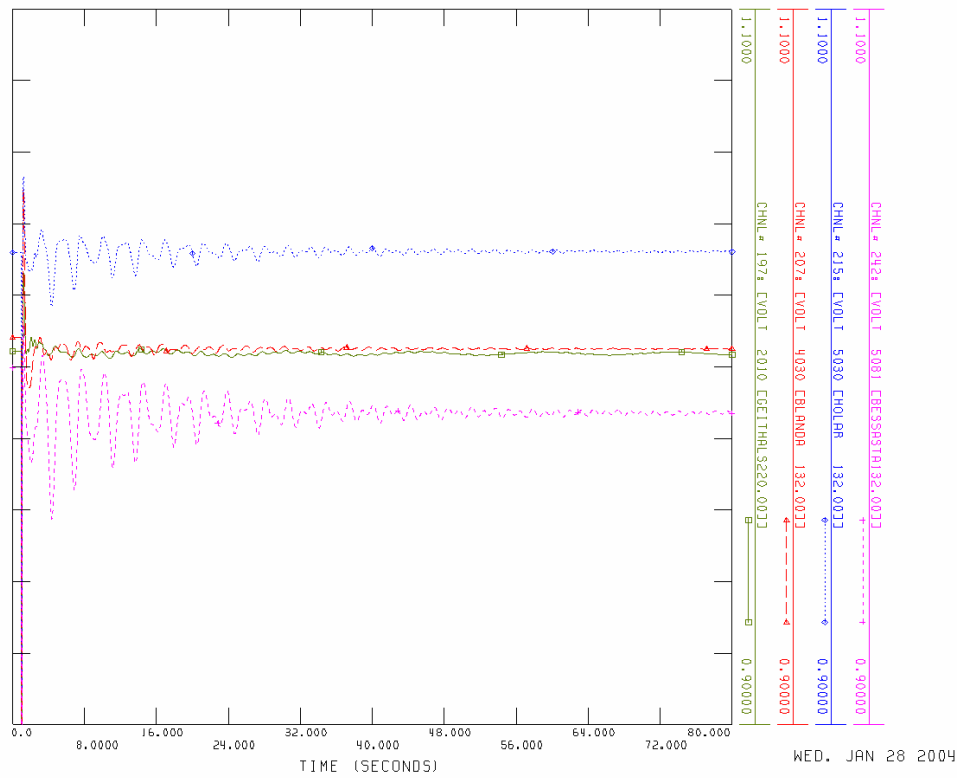
7.1 Svipul mörk án eyjarekstur m.v. truflun á HT1 eða VA1

Eftirfarandi myndir eiga við þau mörk sem sett voru upp fyrir svipul mörk á BL1 án eyjareksturs, m.v. truflun á HT1 og VA1, ein og þau eru sett fram í töflum 9 og 10.

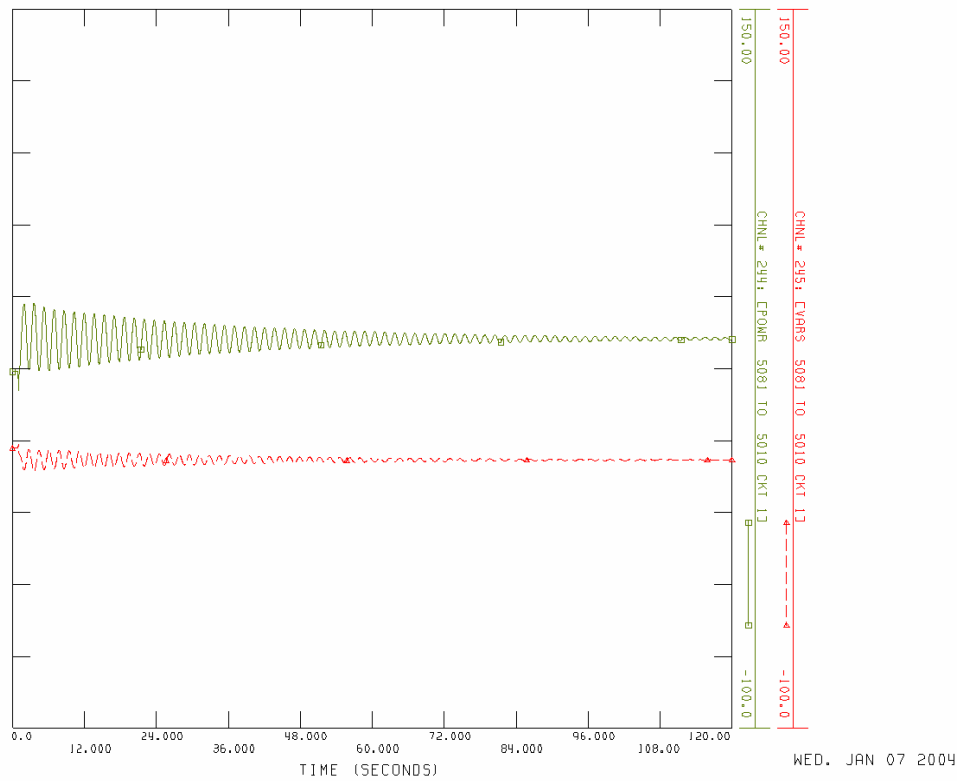
7.1.1 Svipul mörk án eyjareksturs – Háálag



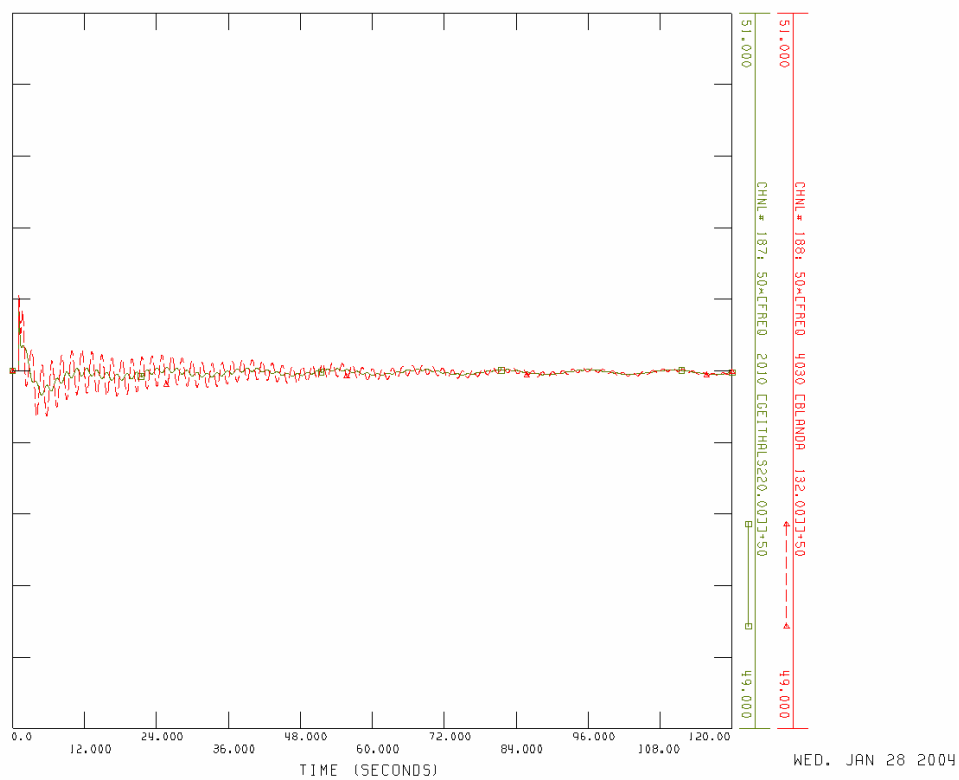
Mynd 36: Tíðni á Blöndu og Geithálsi við svipul mörk m.v. HT1 út (62,5MW á BL1)



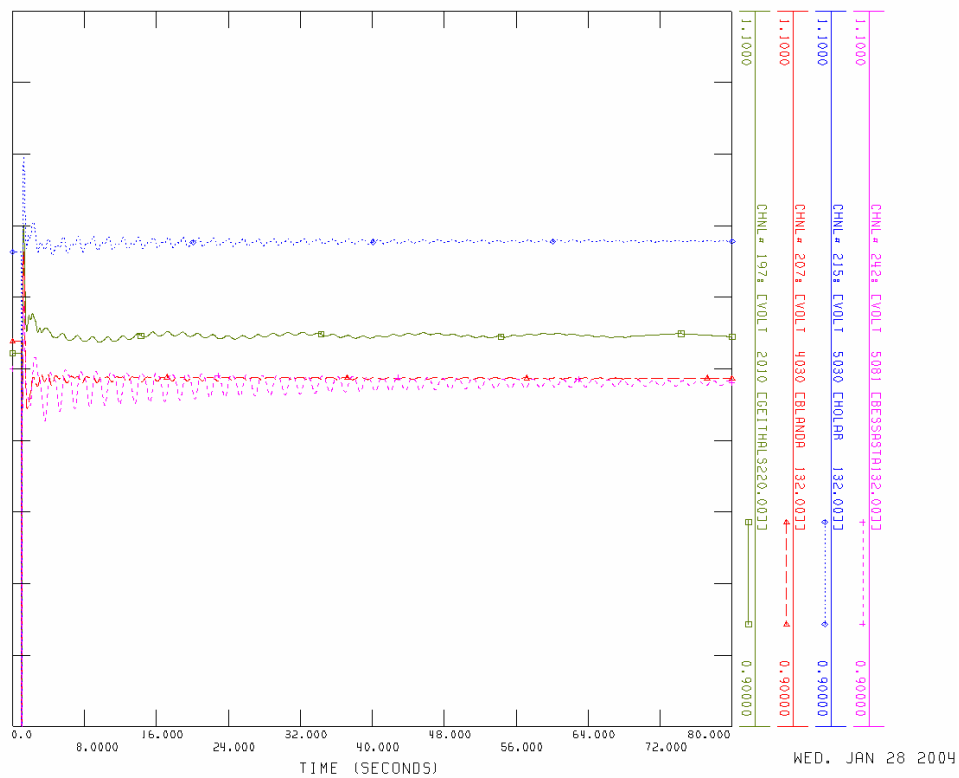
Mynd 37: Spenna víða í kerfinu við svipul mörk m.v. HT1 út (62,5MW á BL1)



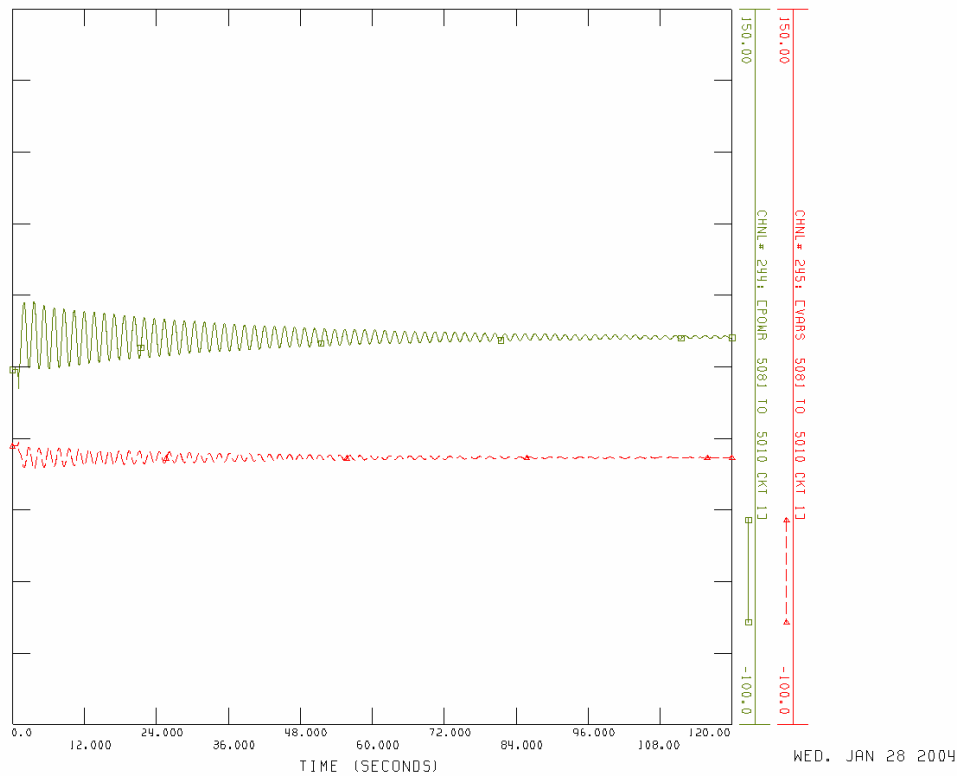
Mynd 38: Afíflæði á Bessastöðum við svipul mörk m.v. HT1 út (62,5MW á BL1)



Mynd 39: Tíðni á Blöndu og Geithálsi við svipul mörk m.v. VA1 út (65MW á BL1)

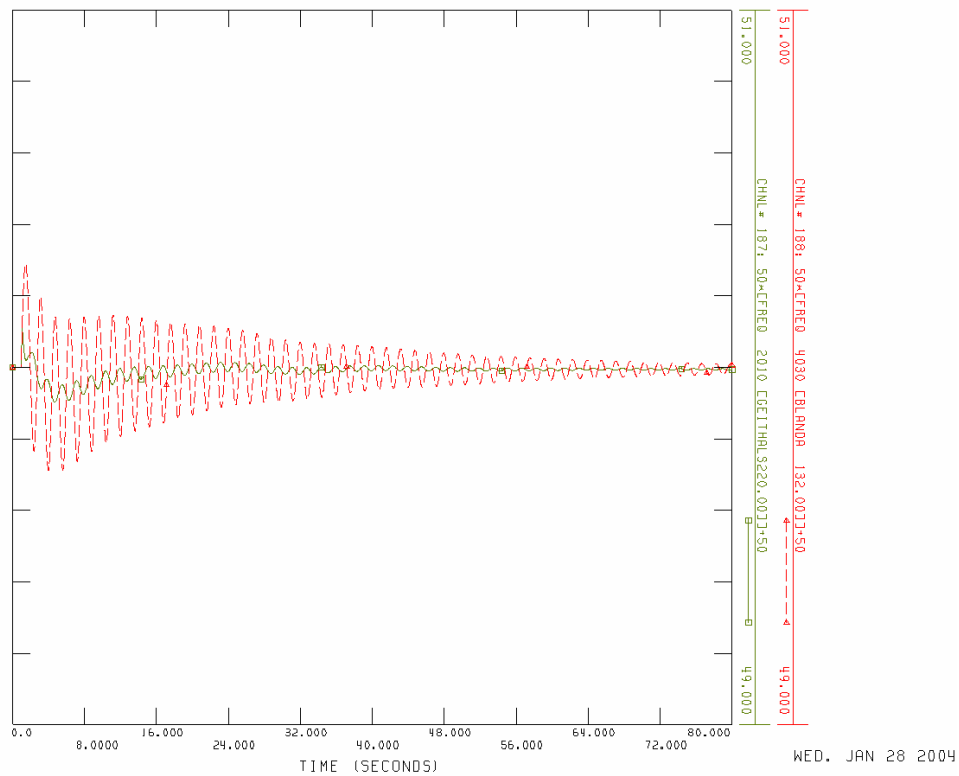


Mynd 40: Spenna víða í kerfinu við svipul mörk m.v. VA1 út (65MW á BL1)

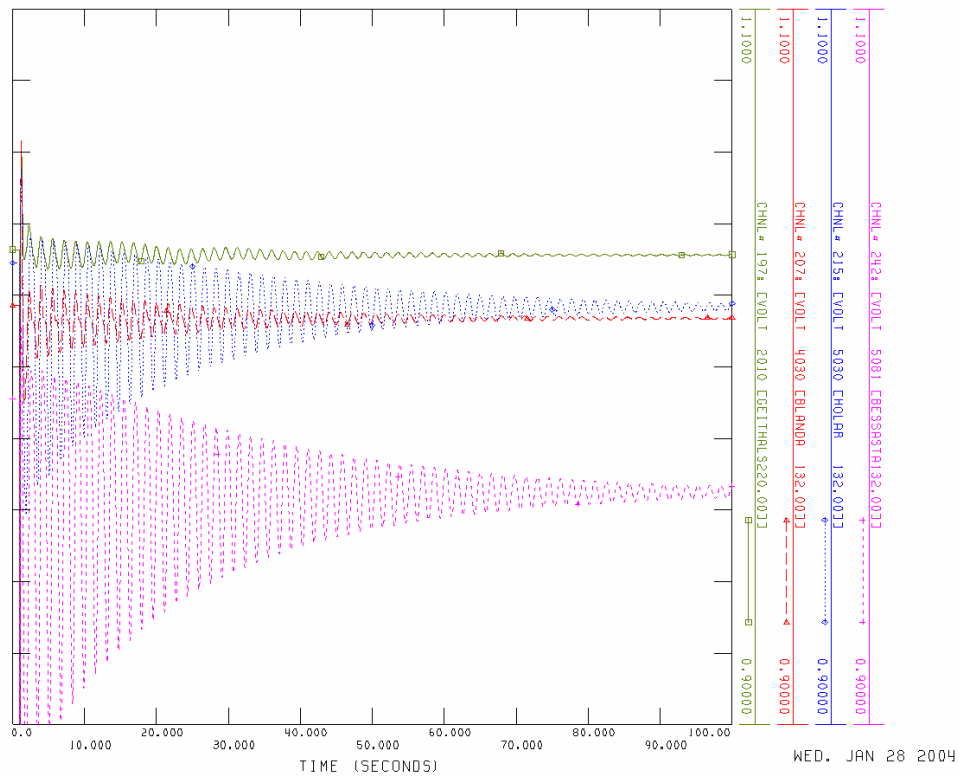


Mynd 41: Aflflæði á Bessastöðum við svipul mörk m.v. VA1 út (65MW á BL1)

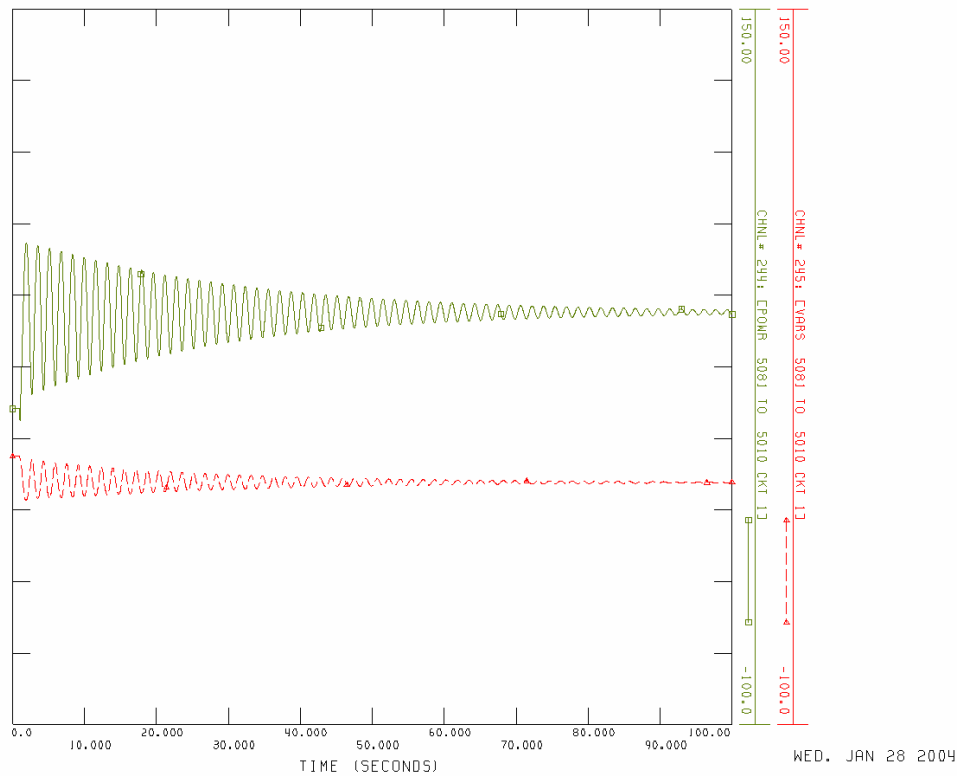
7.1.2 Svipul mörk án eyjareksturs – Lágálag



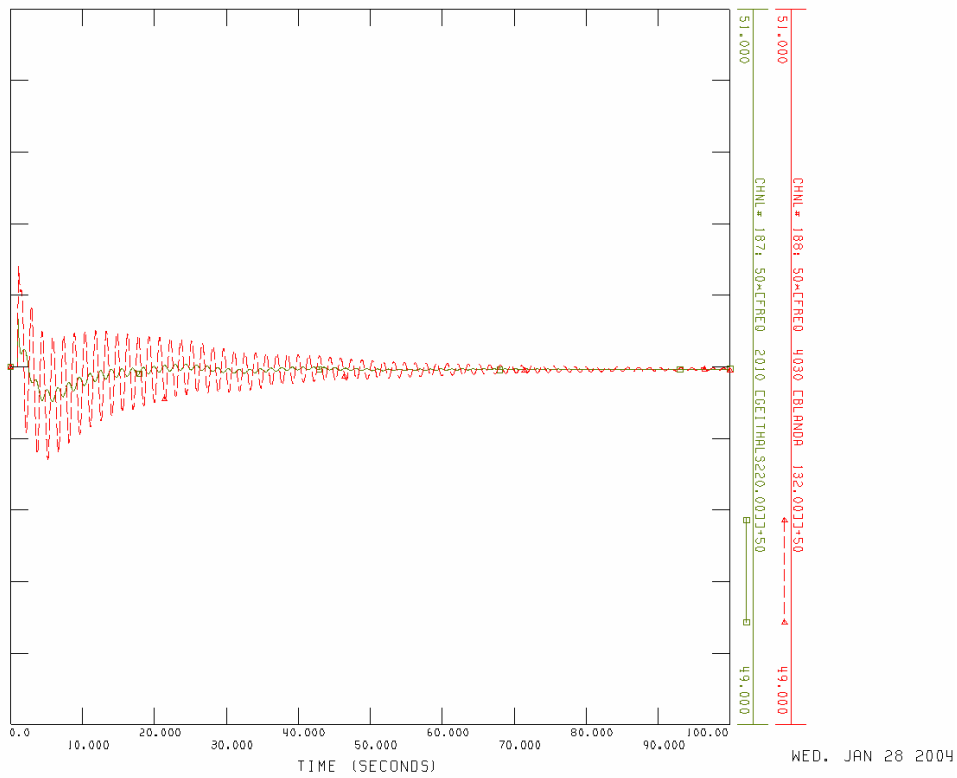
Mynd 42: Tíðni á Blöndu og Geithálsi við svipul mörk m.v. HT1 út (45MW á BL1)



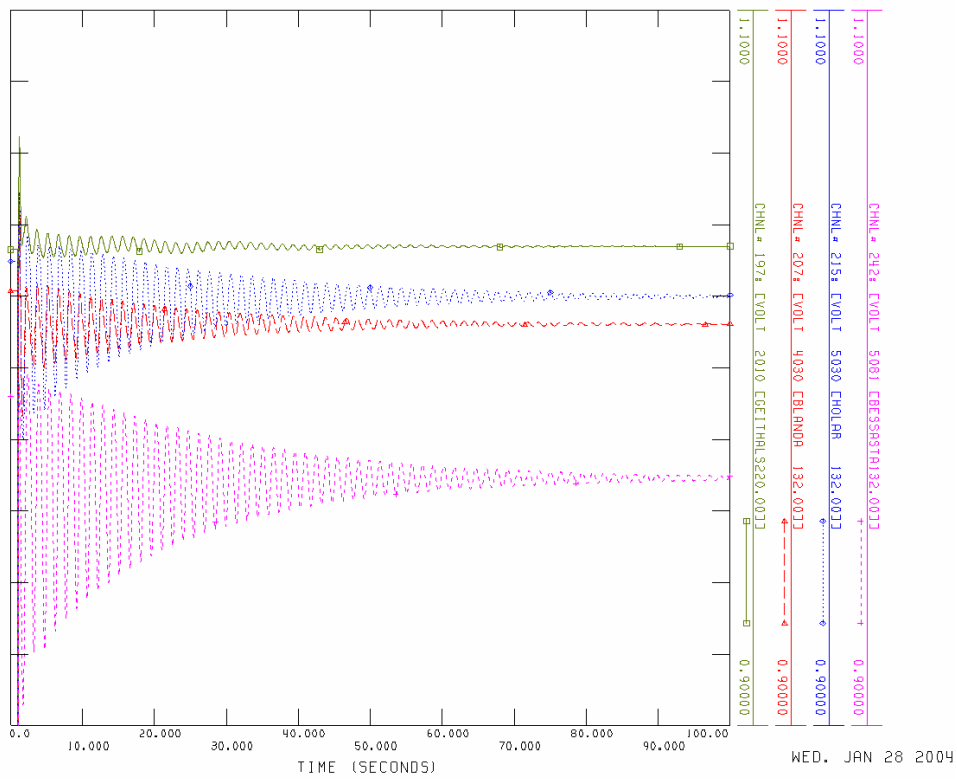
Mynd 43: Spenna víða í kerfinu við svipul mörk m.v. HT1 út (45MW á BL1)



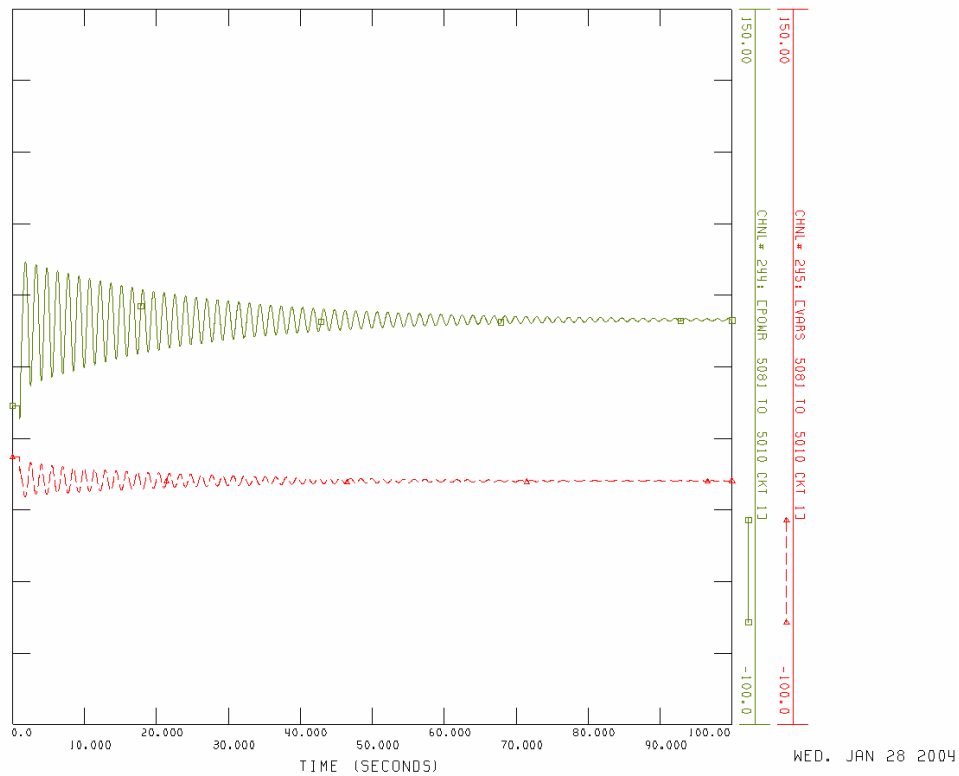
Mynd 44: Afhlæði á Bessastöðum við svipul mörk m.v. HT1 út (45MW á BL1)



Mynd 45: Tíðni á Blöndu og Geithálsi við svipul mörk m.v. VA1 út (47,5MW á BL1)



Mynd 46: Spenna víða í kerfinu við svipul mörk m.v. VA1 út (47,5MW á BL1)

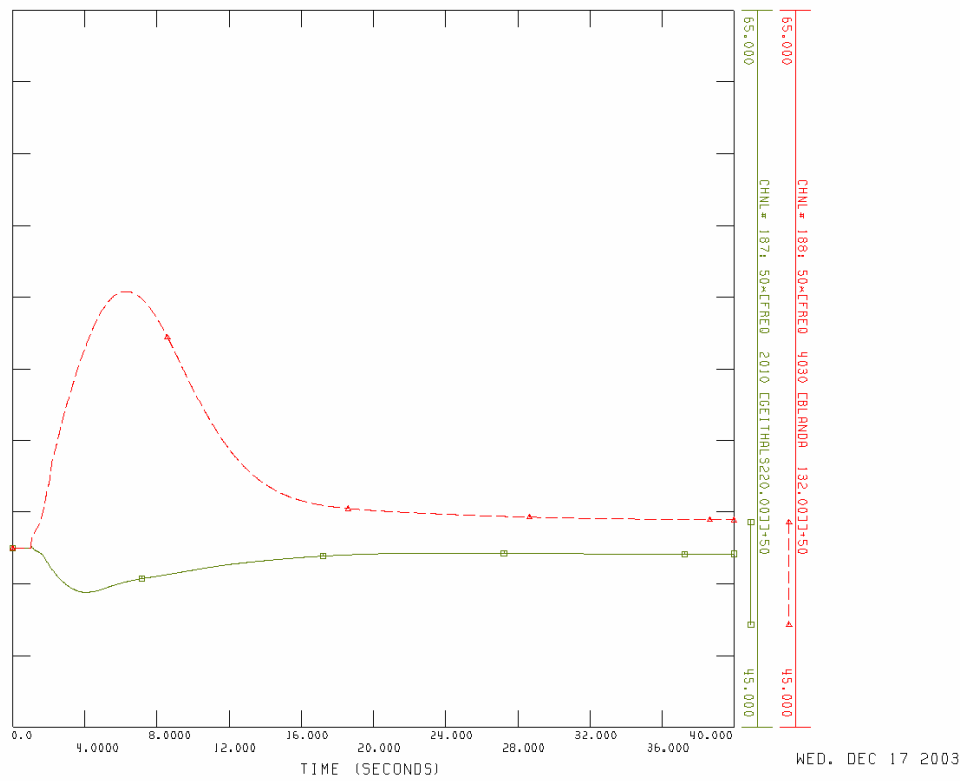


Mynd 47: Afhlæði á Bessastöðum við svipul mörk m.v. VA1 út (47,5MW á BL1)

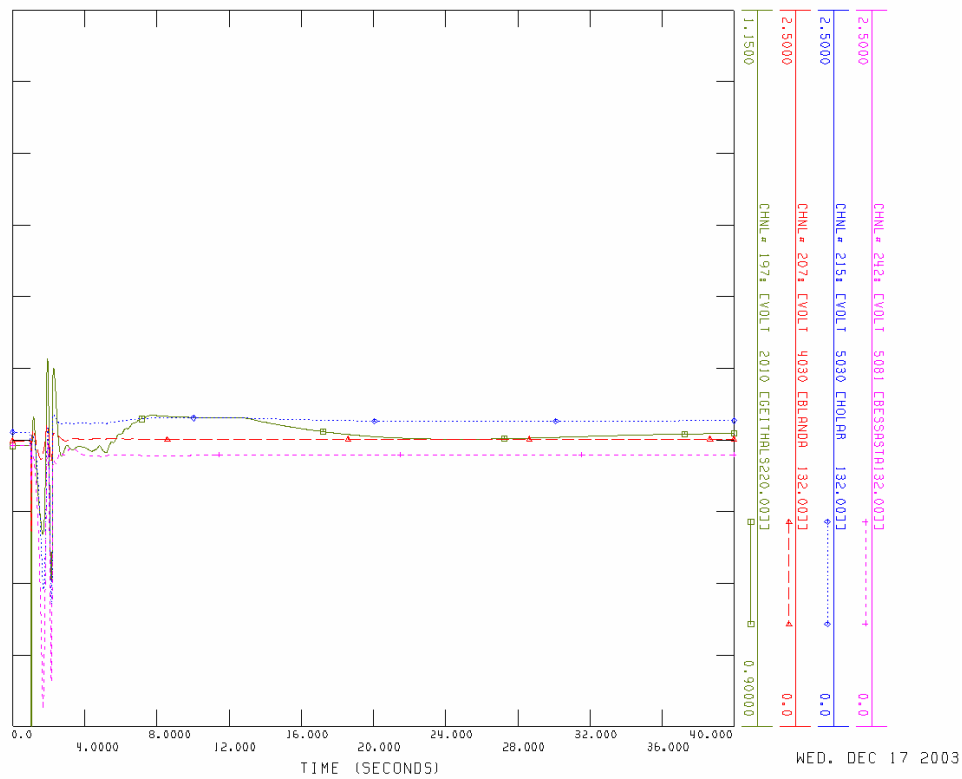
7.2 Svipul mörk með eyjarekstri m.v. truflun á HT1 eða VA1

Eftirfarandi myndir eiga við þau mörk sem sett voru upp fyrir svipul mörk á BL1 með eyjarekstri, m.v. truflun á HT1 og VA1, ein og þau eru sett fram í töflum 12 og 13.

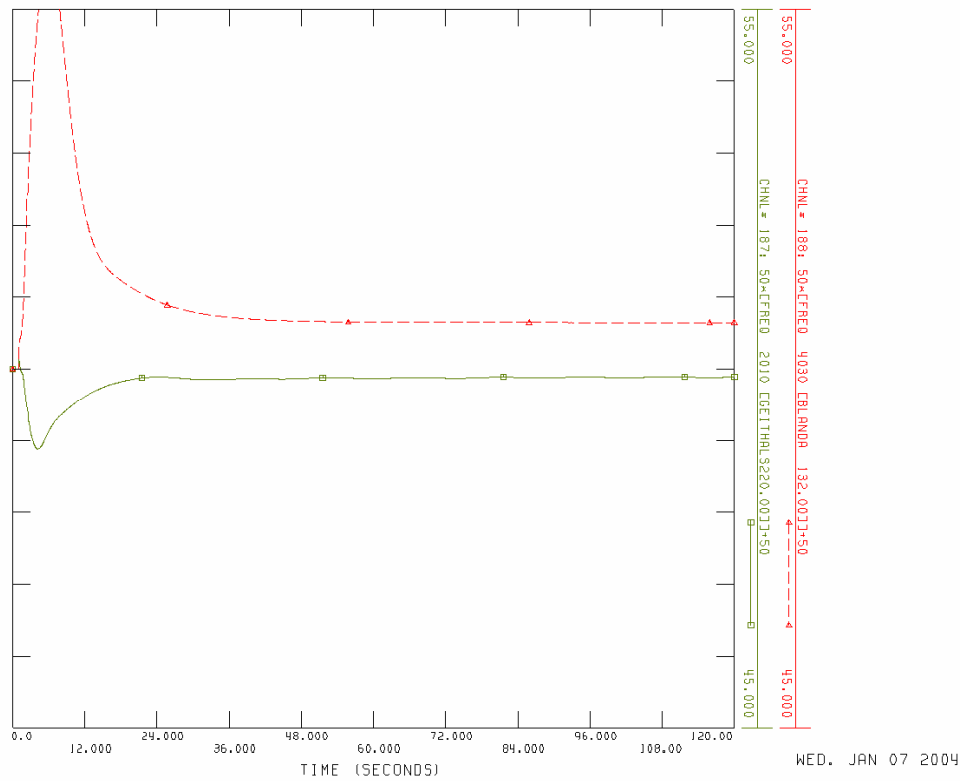
7.2.1 Svipul mörk með eyjarekstri - Háálag



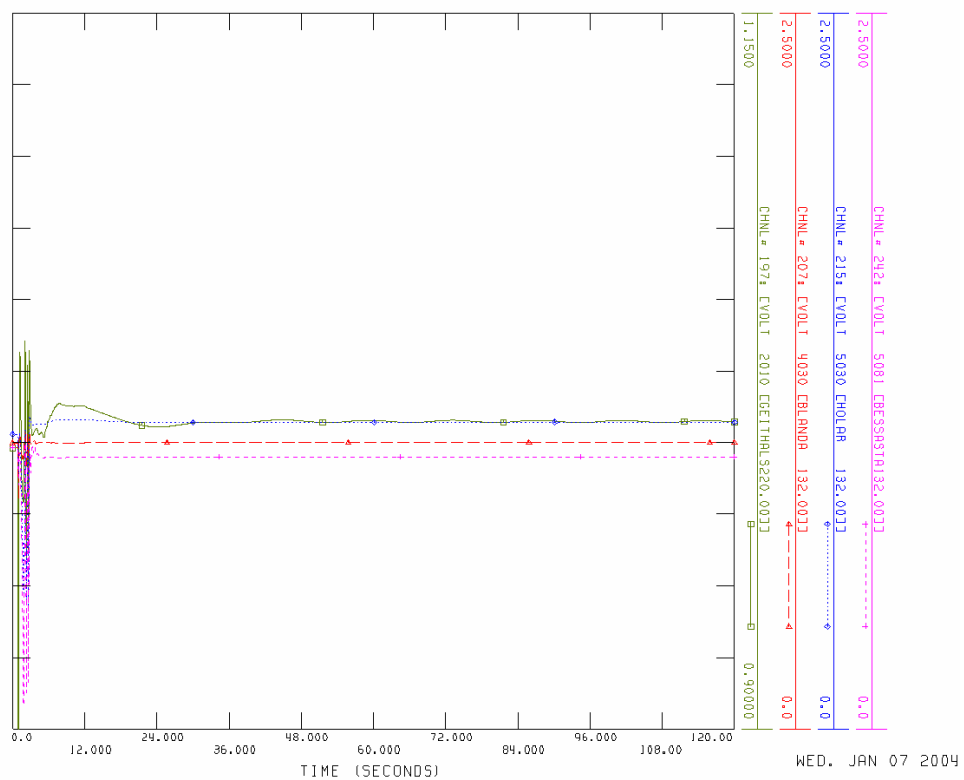
Mynd 48: Tíðni á Blöndu og Geithálsi við svipul mörk -. HT1 út (126MW á BL1)



Mynd 49: Spenna víða í kerfinu við svipul mörk -.. HT1 út (126MW á BL1)

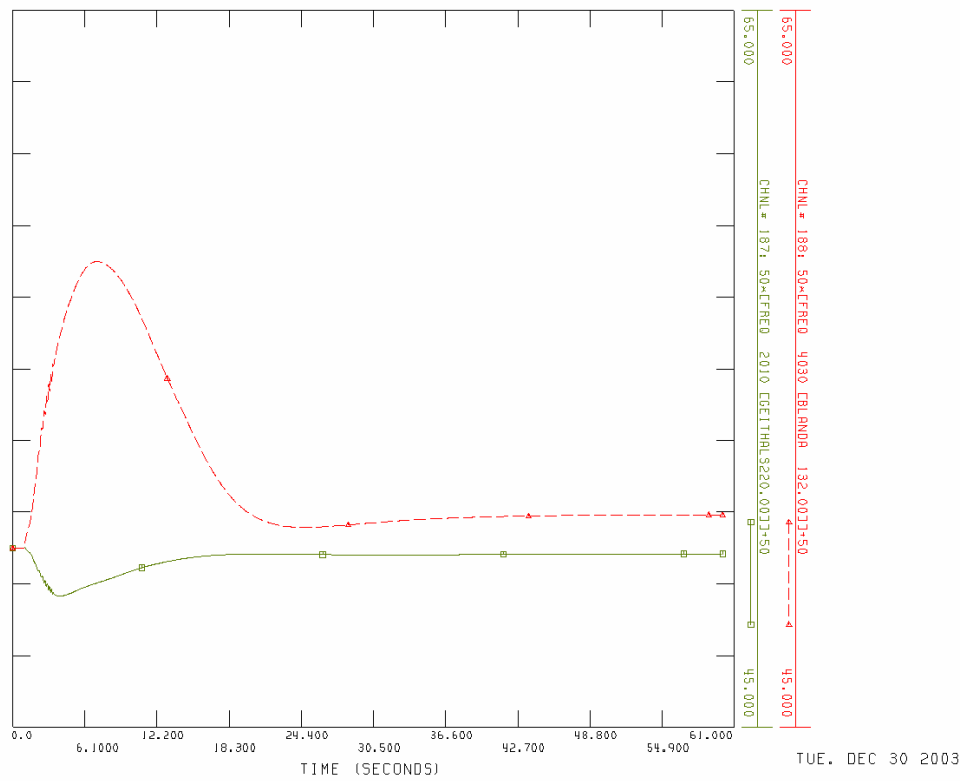


Mynd 50: Tíðni á Blöndu og Geithálsi við svipul mörk -.. VA1 út (126MW á BL1)

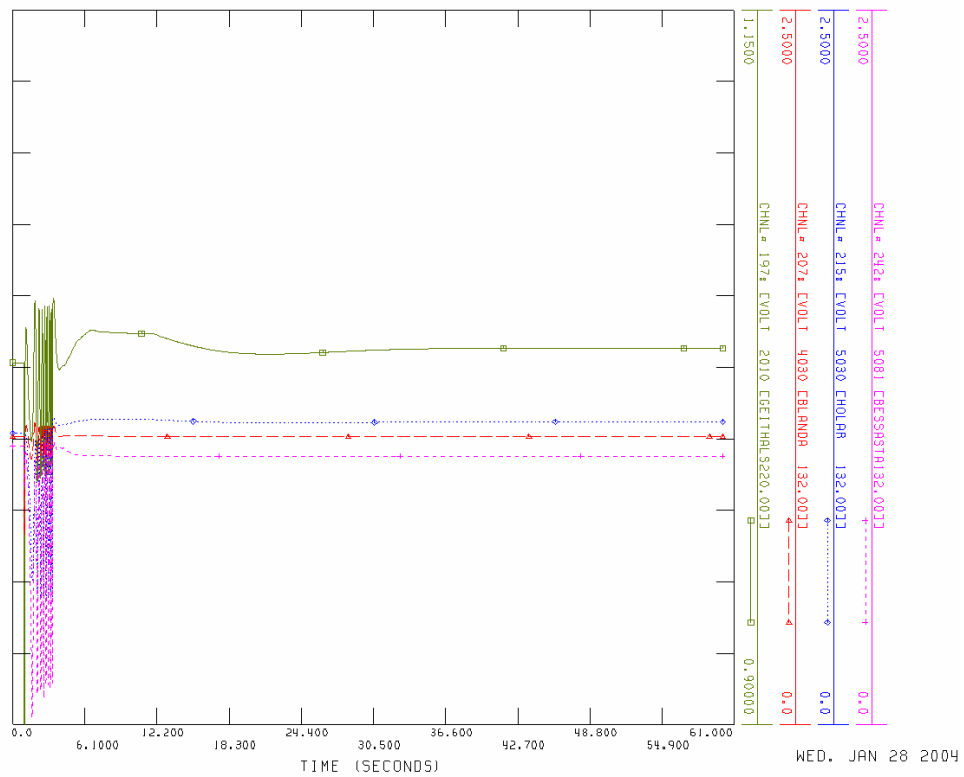


Mynd 51: Spenna víða í kerfinu við svipul mörk -.. VA1 út (126MW á BL1)

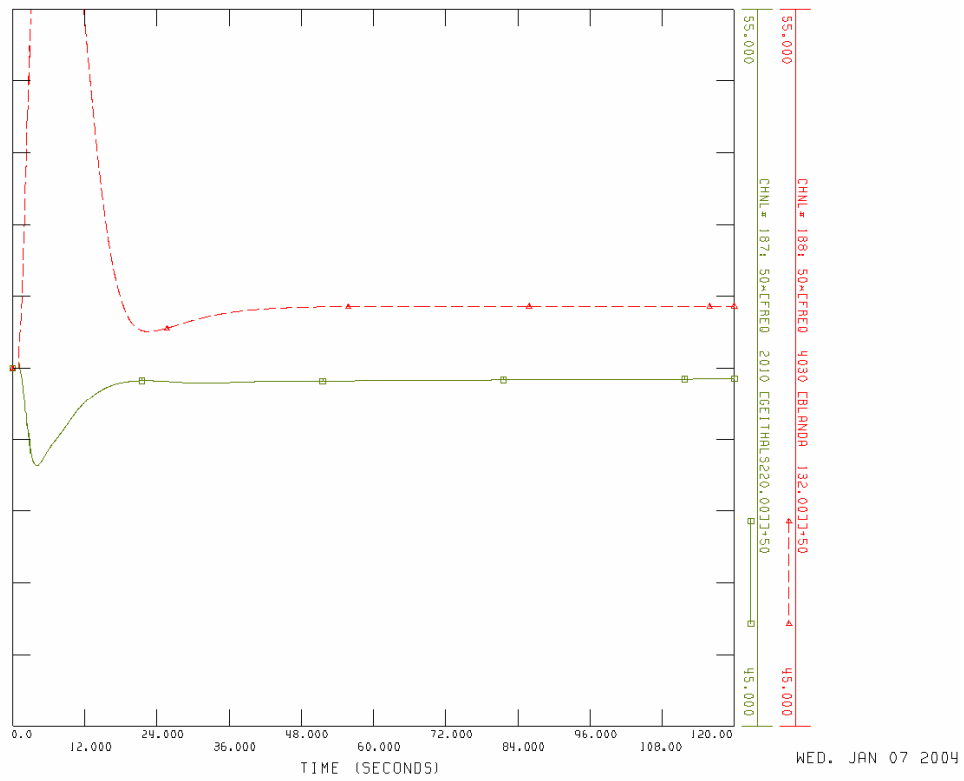
7.2.2 Svipul mörk með eyjarekstri - Lágálag



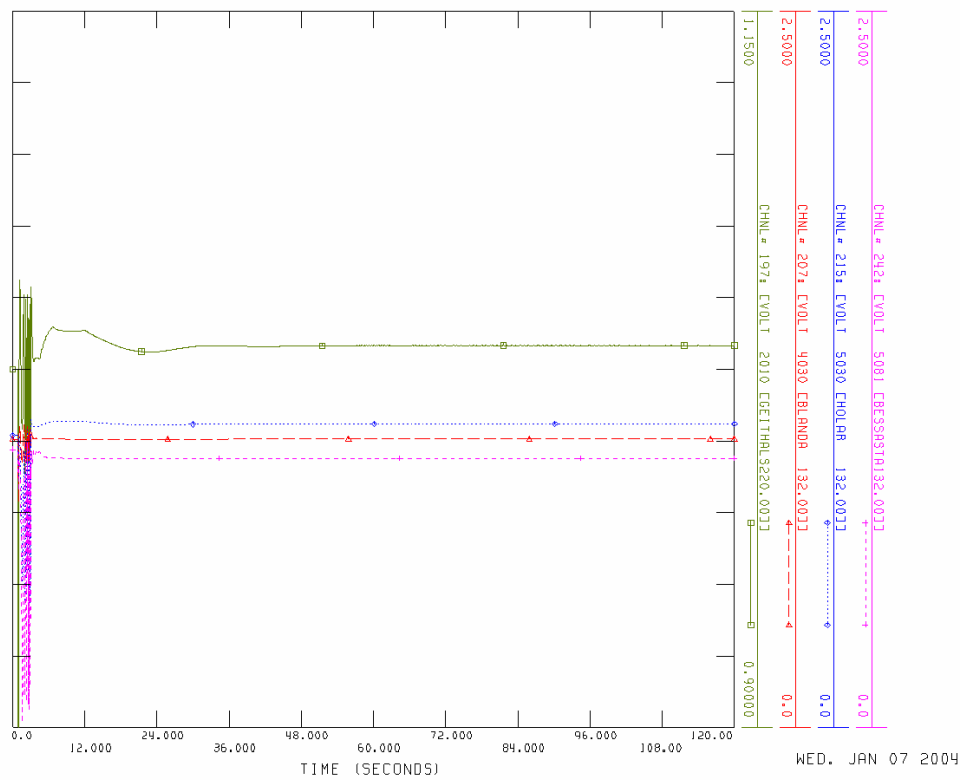
Mynd 52: Tíðni á Blöndu og Geithálsi við svipul mörk -.. HT1 út (97,5MW á BL1)



Mynd 53: Spenna víða í kerfinu við svipul mörk -.. HT1 út (97,5MW á BL1)



Mynd 54: Tíðni á Blöndu og Geithálsi við svipul mörk -.. VA1 út (105MW á BL1)



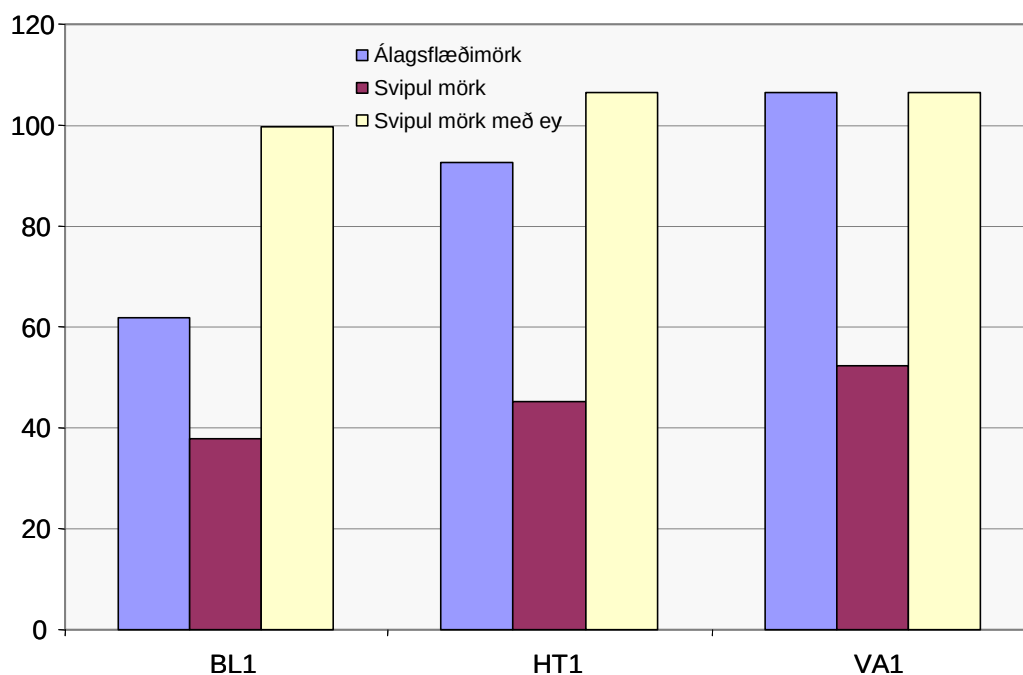
Mynd 55: Spenna víða í kerfinu við svipul mörk -.. VA1 út (105MW á BL1)

7.3 Háálagsmörk m.v. 30MW framleiðslu í Kröflu

Staðsetning truflunar	Álagsflæðimörk	Svipul mörk	Svipul mörk með ey
BL1	62	38	100
HT1	93	45	106
VA1	106	52	106

Tafla 20: Aflmörk á BL1 miðað við háálag (30MW framleiðsla í Kröflu) m.v. mismunandi staðsetningu truflunar

Aflmörk á BL1- Háálag, 30MW í Kröflu



Mynd 56: Aflmörk á BL1 m.v. mismunandi staðsetningu truflunar

Rekstartilvik	Afl á BL1 (MW)	Afl á SI4 (MW)	Afl í sniði (MW)	Framleiðsla í Blöndu (MW)	Mörk á BL1 (MW) m.v. 5% öryggismörk
Háálag - BL1 út	65	-30,6	34,4	94	62
Háálag - HT1 út	97,5	-17,2	80,3	140,5	93
Háálag - VA1 út	112	-11,4	100,6	162	106

Tafla 21: Álagsflæðimörk á BL1

Rekstartilvik	Afl á BL1 (MW)	Afl á SI4 (MW)	Afl í sniði (MW)	Framleiðsla í Blöndu (MW)	Mörk á BL1 (MW) m.v. 5% öryggismörk
Háálag - BL1 út	40	-41,5	-1,5	58,8	38
Háálag - HT1 út	47,5	-38,2	9,3	69,3	45
Háálag - VA1 út	55	-34,9	20,1	79,9	52

Tafla 22: Svipul mörk án eyjareksturs

Rekstartilvik	Afl á BL1 (MW)	Afl á SI4 (MW)	Afl í sniði (MW)	Framleiðsla í Blöndu (MW)	Tíðni á Geithálsi (Hz)	Mörk á BL1 (MW) m.v. 5% öryggismörk
Háálag - BL1 út	105	-14,1	90,9	151,8	48,626	100
Háálag - HT1 út	112	-11,4	100,6	162	48,801	106
Háálag - VA1 út	112	-11,4	100,6	162	49,056	106

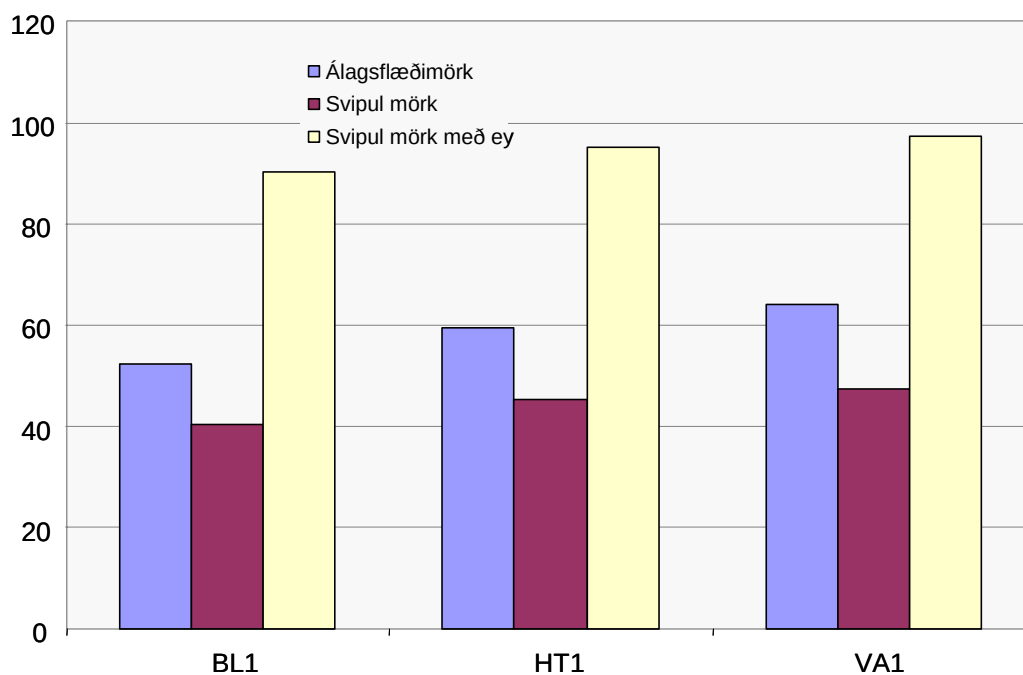
Tafla 23: Svipul mörk með eyjarekstri

7.4 Lágálagsmörk m.v. 60MW framleiðslu í Kröflu

Staðsetning truflunar	Álagsflæðimörk	Svipul mörk	Svipul mörk með ey
BL1	52	40	90
HT1	59	45	95
VA1	64	48	97

Tafla 24: Aflmörk á BL1 miðað við lágálag (60MW framleiðsla í Kröflu) m.v. mismunandi staðsetningu truflunar

Aflmörk á BL1 - Láálag, 60MW í Kröflu



Mynd 57: Aflmörk á BL1 m.v. mismunandi staðsetningu truflunar

Rekstartilvik	Afl á BL1 (MW)	Afl á SI4 (MW)	Afl í sniði (MW)	Framleiðsla í Blöndu (MW)	Mörk á BL1 (MW) m.v. 5% öryggismörk
Lágálag - BL1 út	55	11,1	66,1	33,8	52
Lágálag - HT1 út	62,5	13,8	76,3	44,2	59
Lágálag - VA1 út	67,5	15,5	83	51,2	64

Tafla 25: Álagsflæðimörk á BL1

Rekstartilvik	Afl á BL1 (MW)	Afl á SI4 (MW)	Afl í sniði (MW)	Framleiðsla í Blöndu (MW)	Mörk á BL1 (MW) m.v. 5% öryggismörk
Lágálag - BL1 út	42,5	6,5	49	16,7	40
Lágálag - HT1 út	47,5	8,4	55,9	23,6	45
Lágálag - VA1 út	50	9,3	59,3	27	48

Tafla 26: Svipul mörk án eyjareksturs

Rekstartilvik	Afl á BL1 (MW)	Afl á SI4 (MW)	Afl í sniði (MW)	Framleiðsla í Blöndu (MW)	Tíðni á Geithálsi (Hz)	Mörk á BL1 (MW) m.v. 5% öryggismörk
Lágálag - BL1 út	95	25	120	89,9	48,626	90
Lágálag - HT1 út	100	26,7	126,7	97	48,617	95
Lágálag - VA1 út	102,5	24,5	127	100,6	48,623	97

Tafla 27: Svipul mörk með eyjarekstri

7.5 Stöðuleiki kerfisins milli svipula marka með og án eyjareksturs

Í töflunum að neðan er sýnt hversu hátt upp fyrir “svipul mörk án eyjar” þarf að fara með aflflutning á BL1, þ.a. útleysing verði á Austurlandi og þar með eyjarekstur á Norðurlandi. Afl 1 á við tíma 1, afl 2 við tíma 2, o.s.frv. Þannig má sjá að ef við höfum t.d. rekstrartilvikið háálag, 60MW framleiðsla í Kröflu og BL1 fer út, þá mun fyrst er 62,5MW flutning er náð á BL1 verða útleysing innan skamms tíma á austurlandi, þ.e. 1.550s eftir að truflun verður (truflun er sett inn 1.0s eftir að hermun hefst).

Rekstartilvik	Svipul mörk á BL1 (MW)	Tími 1 (s)	Afl 1 (MW)	Tími 2 (s)	Afl (MW)	Tími 3 (s)	Afl 3 (MW)
Háálag - BL1 út	40	2.550	62,5				
Háálag - HT1 út	62,5	2.458	100	13.600	90	34.267	75
Háálag - VA1 út	65	4.283	110	17.733	100		
Láálag - BL1 út	40	2.450	55				
Láálag - HT1 út	45	3.583	65	34.383	60		
Láálag - VA1 út	47,5	4.458	75	7.008	65		

Tafla 28: Eyjarekstursmörk (60MW í Kröflu í háálagi og 30MW í lágálagi)

Rekstartilvik	Svipul mörk á BL1 (MW)	Tími 1 (s)	Afl 1 (MW)	Tími 2 (s)	Afl (MW)	Tími 3 (s)	Afl 3 (MW)
Háálag - BL1 út	40	2.975	65	20.125	50		
Háálag - HT1 út	47,5	3.642	90	6.133	75	12.550	72,5
Háálag - VA1 út	55	6.300	95	7.925	92,5	12.317	75
Láálag - BL1 út	42,5	2.350	52,5				
Láálag - HT1 út	47,5	2.467	57,5				
Láálag - VA1 út	50	2.450	62,5				

Tafla 29: Eyjarekstursmörk (30MW í Kröflu í háálagi og 60MW í lágálagi)

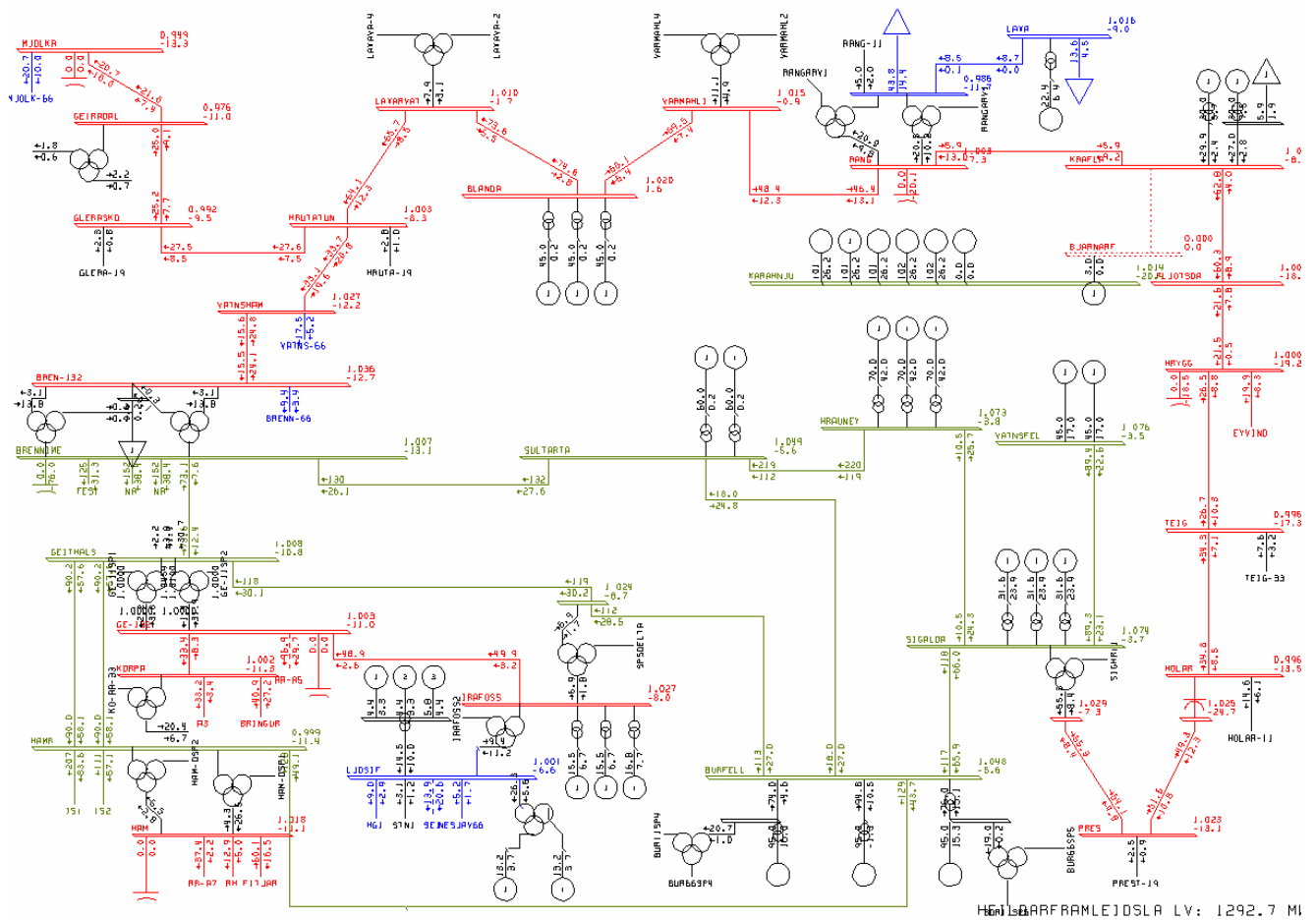
7.6 Flutningstakmörk BL1 ef tekið tillit til KAR og ALCOA

7.6.1 Gögn

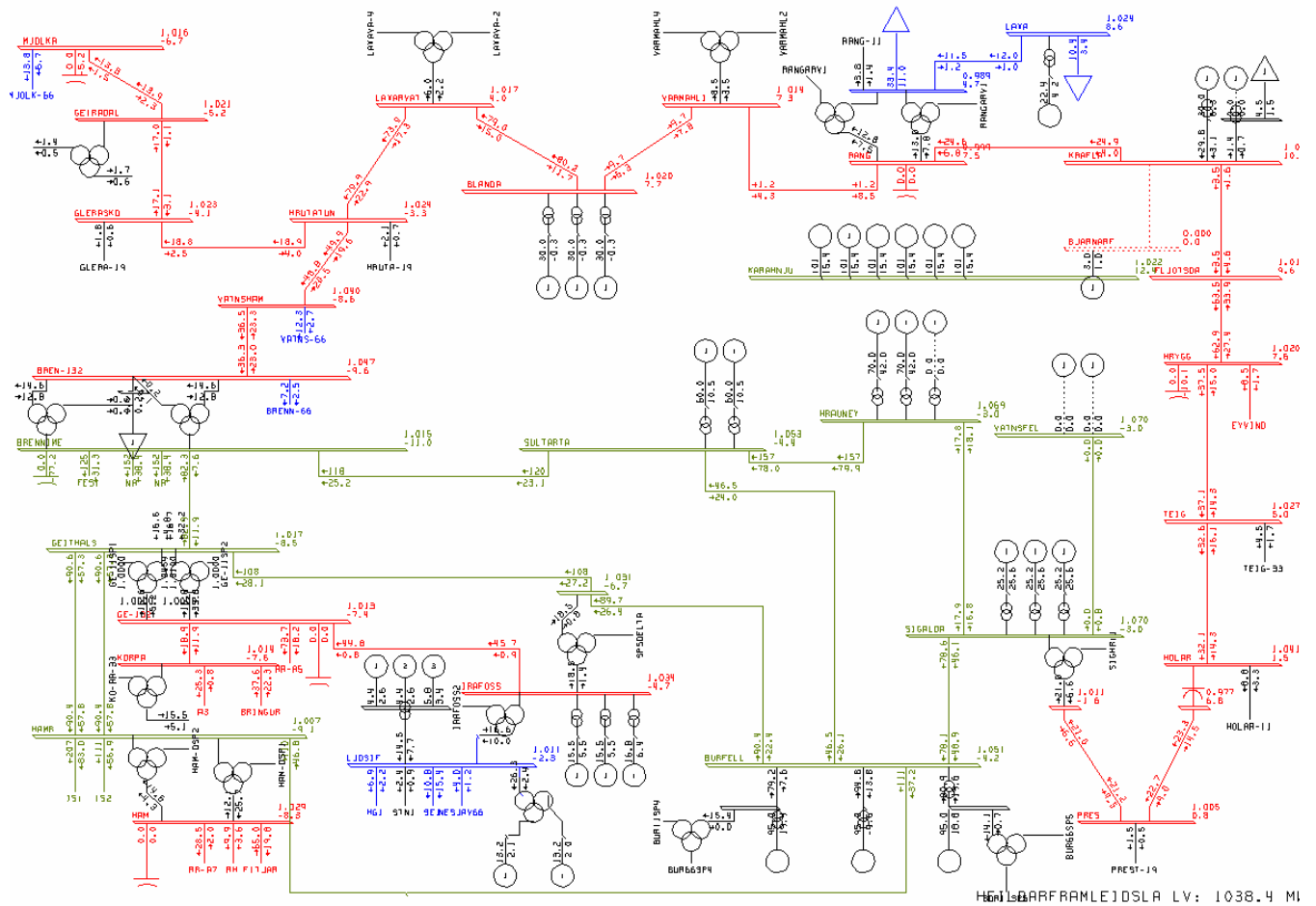
Skoðuð voru tvö tilvik, þ.e.

- CASE01 er það rekstrartilvik (spáð) sem hefur mestan innflutning til Austurlands. 60MW framleiðsla í Kröflu.
- CASE02 er það rekstrartilvik (spáð) sem hefur mestan útflutning frá Austurlandi. 30MW framleiðsla í Kröflu.

Kerfisástand fyrir þessi tvö tilvik er sýnt á næstu myndum.



Mynd 58: CASE01 (hámarks innflutningur til Austurlands)



Mynd 59: CASE02 (hámarks útflutningur frá Austurlandi)

7.6.2 Niðurstöður

Niðurstöður rannsóknanna fyrir kerfið með Alcoa og KAR eru teknar saman í töflunni hér á eftir. Fyrir hvert tilvik eru tekin fram flutningstakmörk á BL1 og framleiðsla í Blöndu. “Svipul mörk I” eiga við hefðbundin svipul mörk og “svipul mörk II” við þau mörk sem fundust þegar útleysibúnaður var hafður milli vélateina í Blöndu.

Tilvik	Truflun	Álagsflæðimörk		Svipul mörk I		Svipul mörk II	
		BL1	Blanda	BL1	Blanda	BL1	Blanda
CASE01	BL1	78,8	141,0	84,4	149,0	84,4	149
	HT1	93,5*	162,0*	93,5*	162,0*	93,5*	162*
	VA1	93,5*	162,0*	93,5*	162,0*	93,5*	162*
CASE02	BL1	112,0	134,1	74,3	82,0	74,3	82
	HT1	131,0	162,0	94,4	110,0	93,7	109
	VA1	131,0*	162,0*	104,3	124,0	104,3	124

Tafla 30: Samantekt niðurstaðna (í MW)

Á sama hátt og fyrst í skýrslunni eru þá ákvörðuð mörk fyrir svæði 1 og 2, sem sýnd eru í töflunni hér á eftir. Gildin innan svigans eiga við ef miðað eru lágmark af álagsflæðimörkum og svipulum mörkum II, en hin gildin lágamark af álagsflæðimörkum og svipulum mörkum I.

* Í þessum tilvikum er framleiðslugeta Blönduvirkjunar sé fullnýtt, þ.e. allar þrjár vélarnar á 54MW, án þess að kæmi til þess ástands í kerfinu sem álagsflæði- eða svipul-mörk eru skilgreind við.

Tilvik	Svæði 1	Svæði 2
CASE01	78,8 (78,8)	93,5 (93,5)
CASE02	74,3 (74,3)	94,4 (93,7)

Tafla 31: Flutningsmörk á BL1 (í MW)

7.6.3 Álagsflæðimörk

Rannsóknin fór þannig fram að í IPLAN-PSSE var framleiðsla í Blöndu augin smátt og smátt frá því gildi sem hún hefur í grunntilvikunum. Í hverju skrefi var fylgst með spennu á öllum teinum kerfisins. Það ástand sem olli því að fyrsti teinn fór niður fyrir 0.9 PU í spennu var skilgreint sem álagsflæðimörk. Sá teinn, sem lægsta hafði spennuna í tilvikunum var (132kV-teinar):

Truflun á línu	CASE01	CASE02
BL1	Rangárvellir	Rangárvellir
HT1	Enginn*	Rangárvellir
VA1	Enginn*	Enginn*

Tafla 32: Teinn sem fyrstur fór niður fyrir 0.9 PU í spennu

Rannsóknin var endurtekin fyrir breytilega staðsetningu truflunar (útsláttur línu), þ.e. (i) Blöndulína 1, (ii) Hrutatungulína 2 og (iii) Vatnshamralína 1. Niðurstöðurnar eru í töflunum hér á eftir.

Truflun á línu	CASE01	CASE02
BL1	78,8	112,0
HT1	93,5*	131,0*
VA1	93,5*	131,0*

Tafla 33: Hámarksflæði á BL1 (álagsflæðimörk í MW)

Truflun á línu	CASE01	CASE02
BL1	141,0	134,1
HT1	162,0*	162,0*
VA1	162,0*	162,0*

Tafla 34: Framleiðsla í Blöndu við mörkin úr töflunni á undan (MW)

* Í þessum tilvikum er framleiðslugeta Blönduvirkjunar sé fullnýtt, þ.e. allar þrjár vélarnar á 54MW, án þess að kæmi til þess að spenna á einhverjum teini í kerfinu færi niður fyrir 0,9 PU.

7.6.4 Svipul mörk (hefðbundin)

Hér verða svipul mörk fundin, án þess að gert sé ráð fyrir búnaði fyrir sjálfvirka útleysingu milli vélateina í Blöndu. Mörkin voru fundin á þann hátt að byrjað var með Blöndu í hámarksframleiðslu og farið svo niður um 1MW í skrefi þar til stöðug lausn fékkst. Í hverju skrefi var

- fyrst keyrt í 1 sekúndur,
- 3ja fasa skammhlaup sett á viðkomandi línu í 0,1 sekúndu,
- skammhlaupið rofið og línán tekin út og
- keyrt í 40 sekúndur.

Það flæði sem var á BL1 við þessi “efstu” stöðugu skilyrði var skilgreint sem svipul mörk. Niðurstöðurnar eru sýndar í töflunum hér á eftir og ástand kerfisins við þessi mörk sýnt á gröfunum sem fylgja.

Truflun á línu	CASE01	CASE02
BL1	84,4	74,3
HT1	93,5*	94,4
VA1	93,5*	104,3

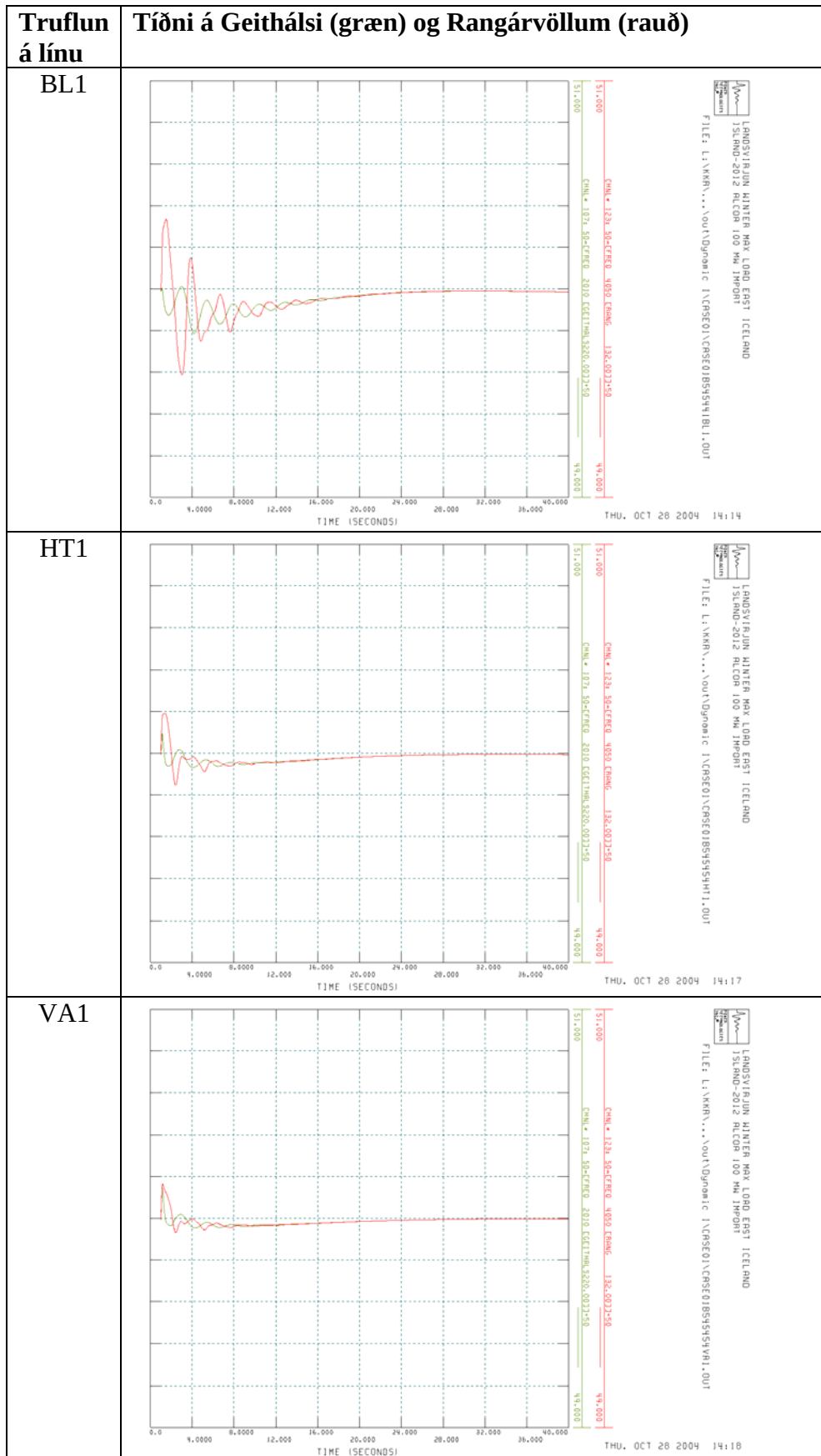
Tafla 35: Hámarksflæði á BL1 (svipul mörk í MW)

Truflun á línu	CASE01	CASE02
BL1	149,0	82,0
HT1	162,0*	110,0
VA1	162,0*	124,0

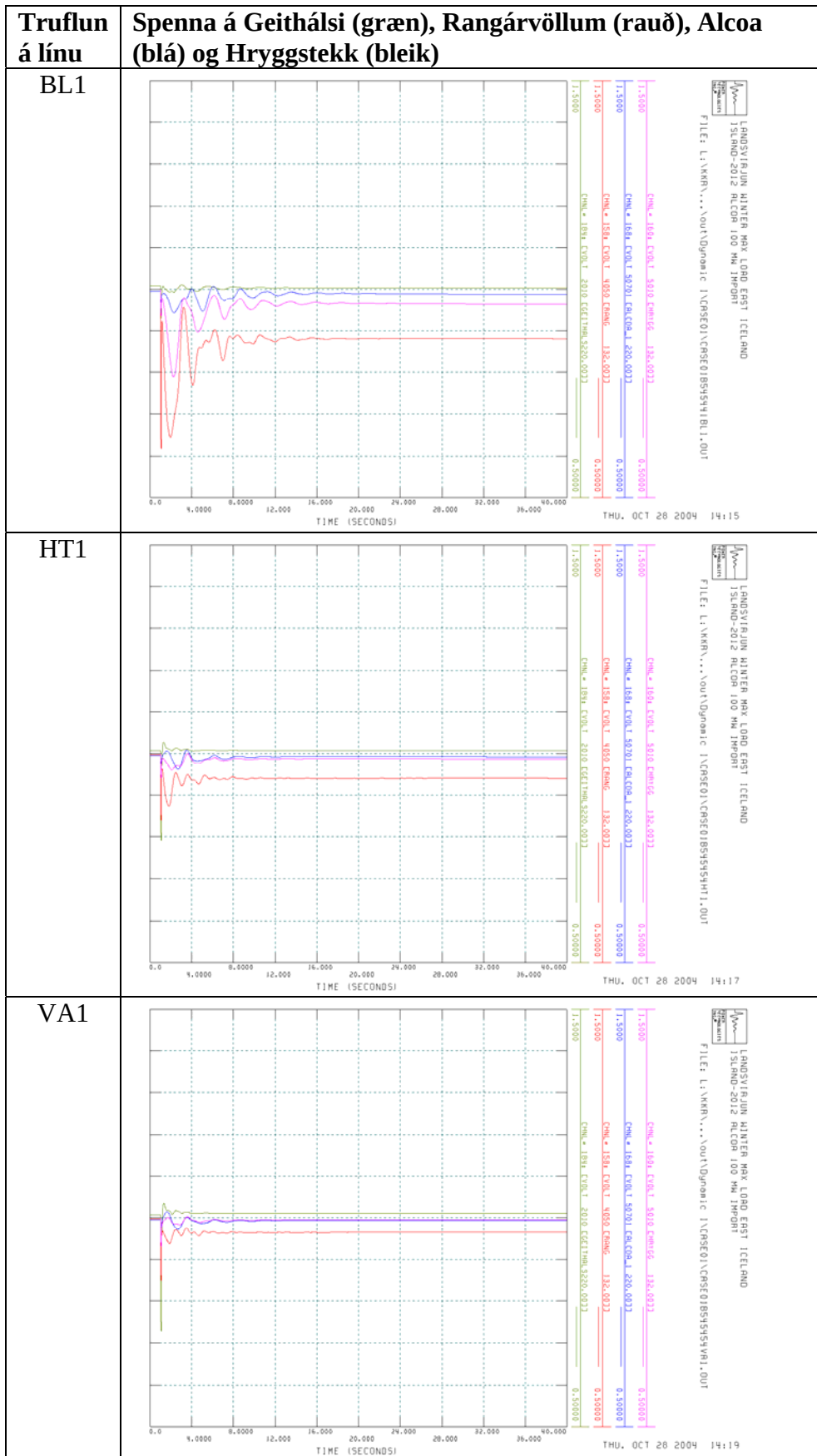
Tafla 36: Framleiðsla í Blöndu við mörkin úr töflunni á undan (MW)

* Í þessum tilvikum er framleiðslugeta Blönduvirkjunar sé fullnýtt, þ.e. allar þrjár vélarnar á 54MW, án þess að kæmi til óstöðugleika eða undirtüðnileysinga í kerfinu.

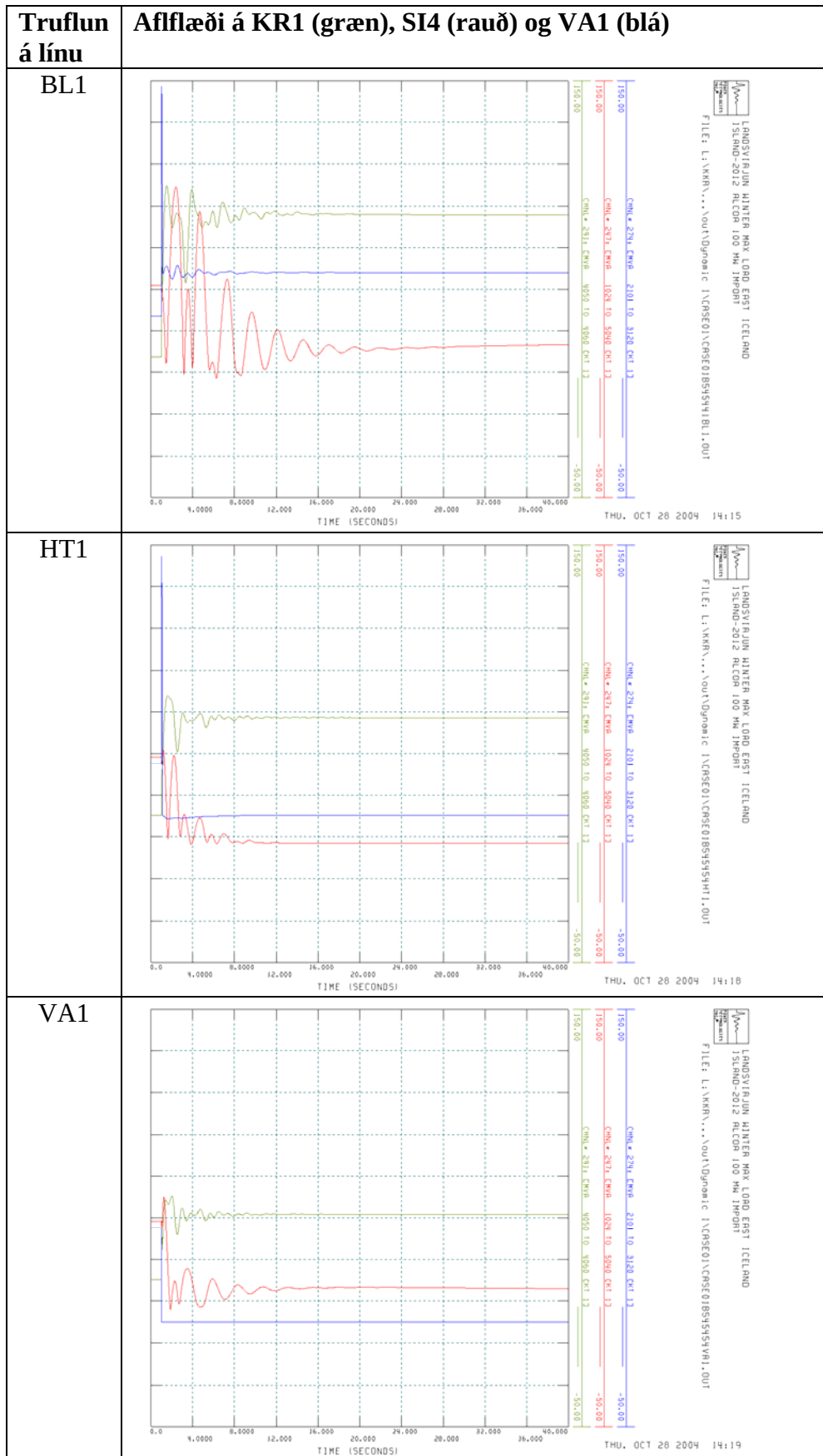
7.6.4.1 Gröf fyrir ástand kerfis við svipul mörk – CASE01



Mynd 60: Tíðni á völdum stöðum í kerfinu (CASE01)

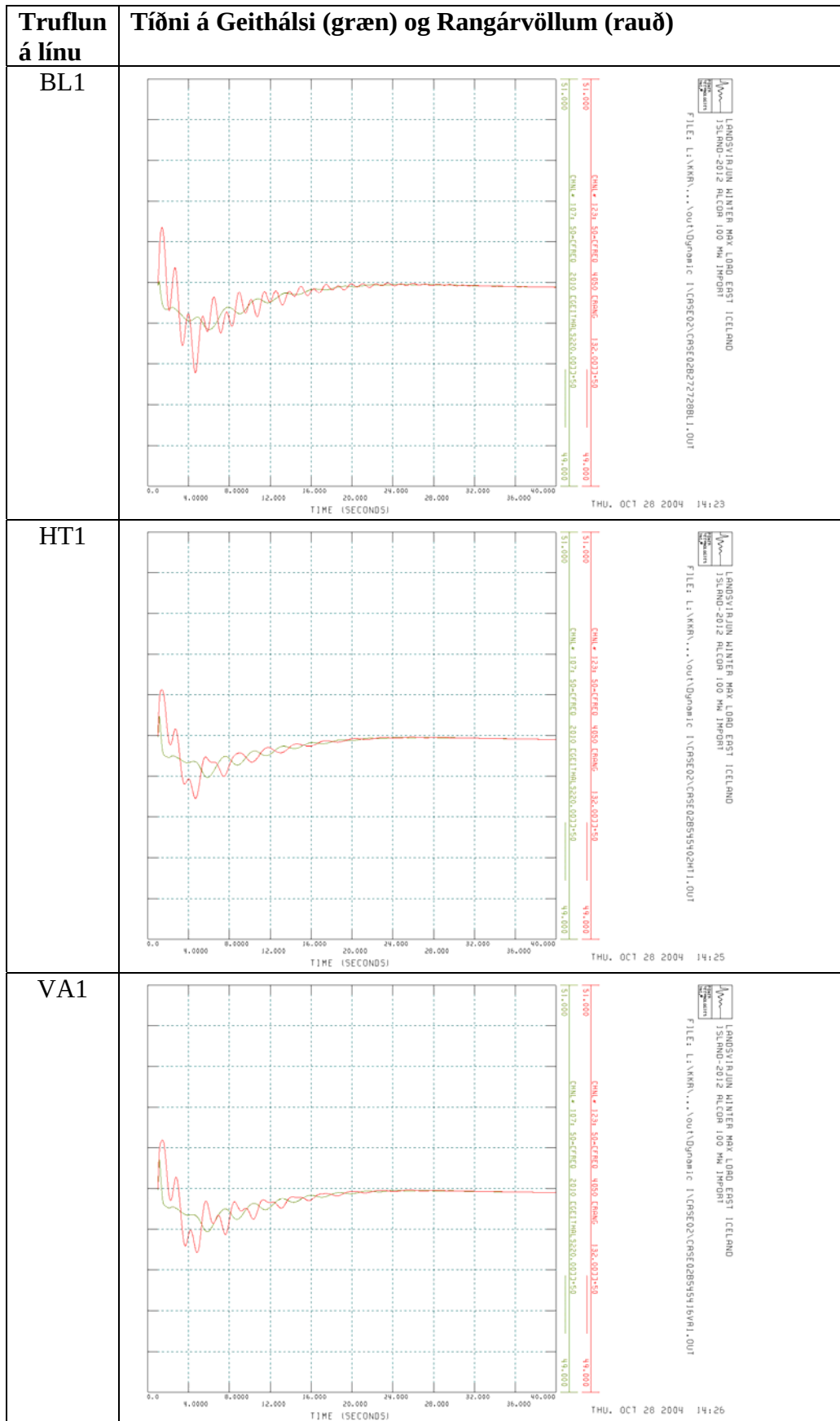


Mynd 61: Spenna á völdum stöðum í kerfinu (CASE01)

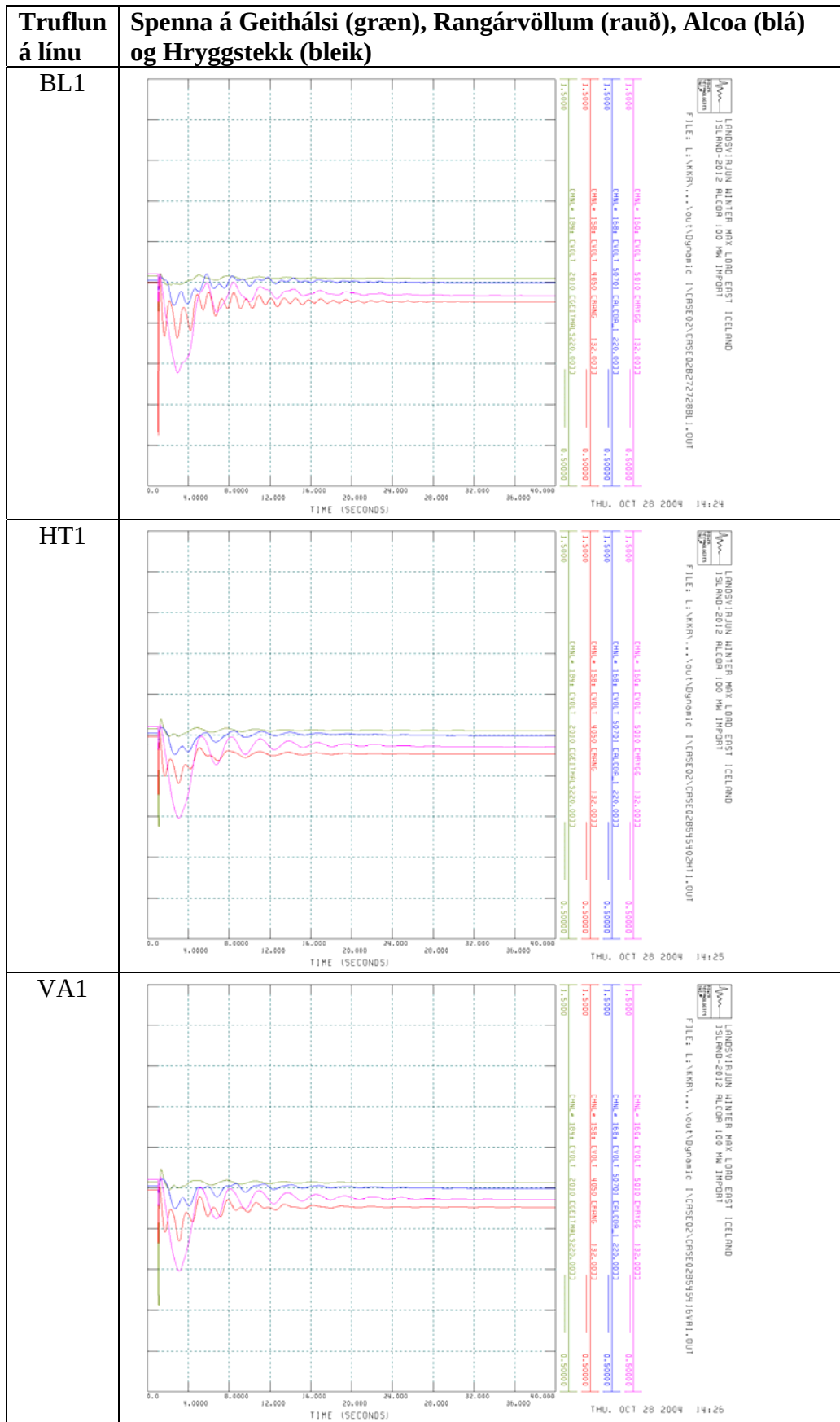


Mynd 62: Aflflæði á völdum stöðum í kerfinu (CASE01)

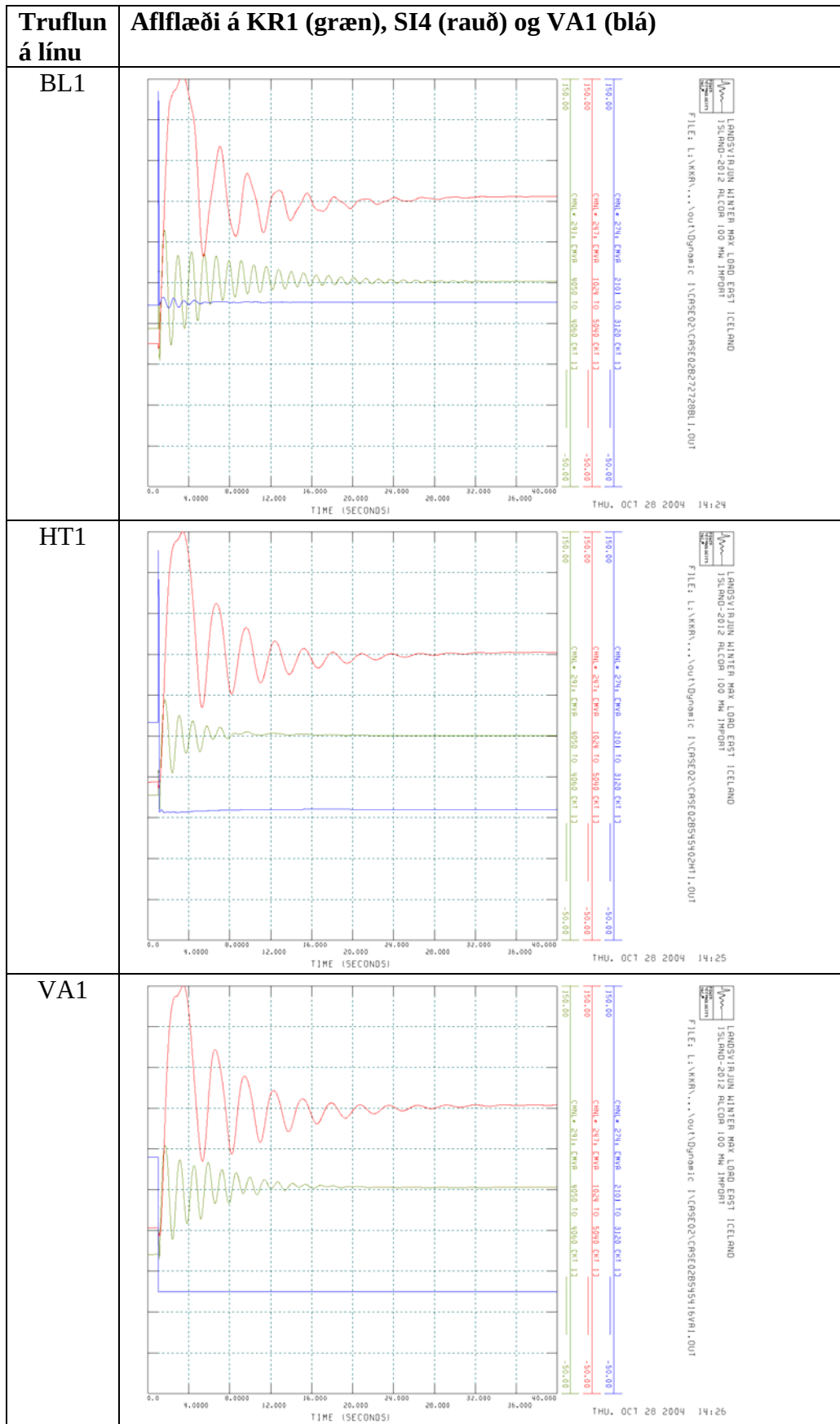
7.6.4.2 Gröf fyrir ástand kerfis við svipul mörk – CASE02



Mynd 63: Tíðni á völdum stöðum í kerfinu (CASE02)



Mynd 64: Spenna á völdum stöðum í kerfinu (CASE02)



Mynd 65: Aflflæði á völdum stöðum í kerfinu (CASE02)

7.6.5 Svipul mörk (miðað við sjálfvirka útleysingu milli teina í Blöndu)

Þessi mörk voru fundin á sama hátt og “hefðbundin svipul mörk” hér að ofan, fyrir utan að rofið var milli vélateina í Blöndu um leið og skammhlaupið var rofið (á sama hátt og í rannsóknunum sem lýst var fyrir í skýrslunni), þ.e.

- fyrst keyrt í 1 sekúndur,
- 3ja fasa skammhlaup sett á viðkomandi línu í 0,1 sekúndu,
- skammhlaupið rofið, línan tekin út og rofið milli teina í Blöndu, og
- keyrt í 40 sekúndur í viðbót.

Það flæði sem var á BL1 við þessi “efstu” stöðugu skilyrði var skilgreint sem svipul mörk II. Niðurstöðurnar eru sýndar í töflunum hér á eftir og ástand kerfisins við þessi mörk sýnt á gröfunum sem fylgja.

Truflun á línu	CASE01	CASE02
BL1	84,4	74,3
HT1	93,5*	93,7
VA1	93,5*	104,3

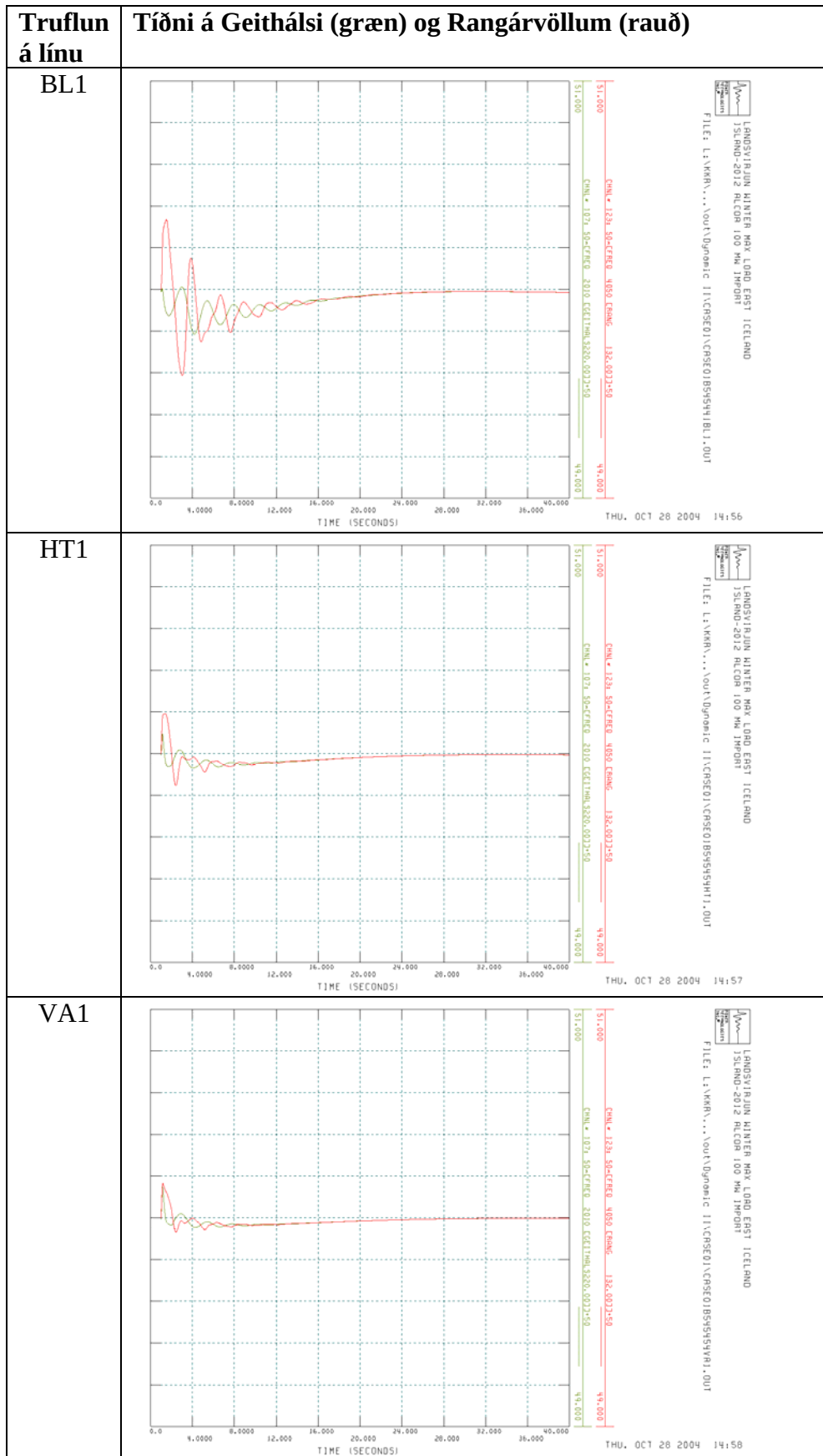
Tafla 37: Hámarksflæði á BL1 (svipul mörk II í MW)

Truflun á línu	CASE01	CASE02
BL1	$2 \cdot 54 + 41 = 149$	$2 \cdot 33 + 16 = 82$
HT1	162*	$2 \cdot 52 + 5 = 109$
VA1	162*	$2 \cdot 54 + 16 = 124$

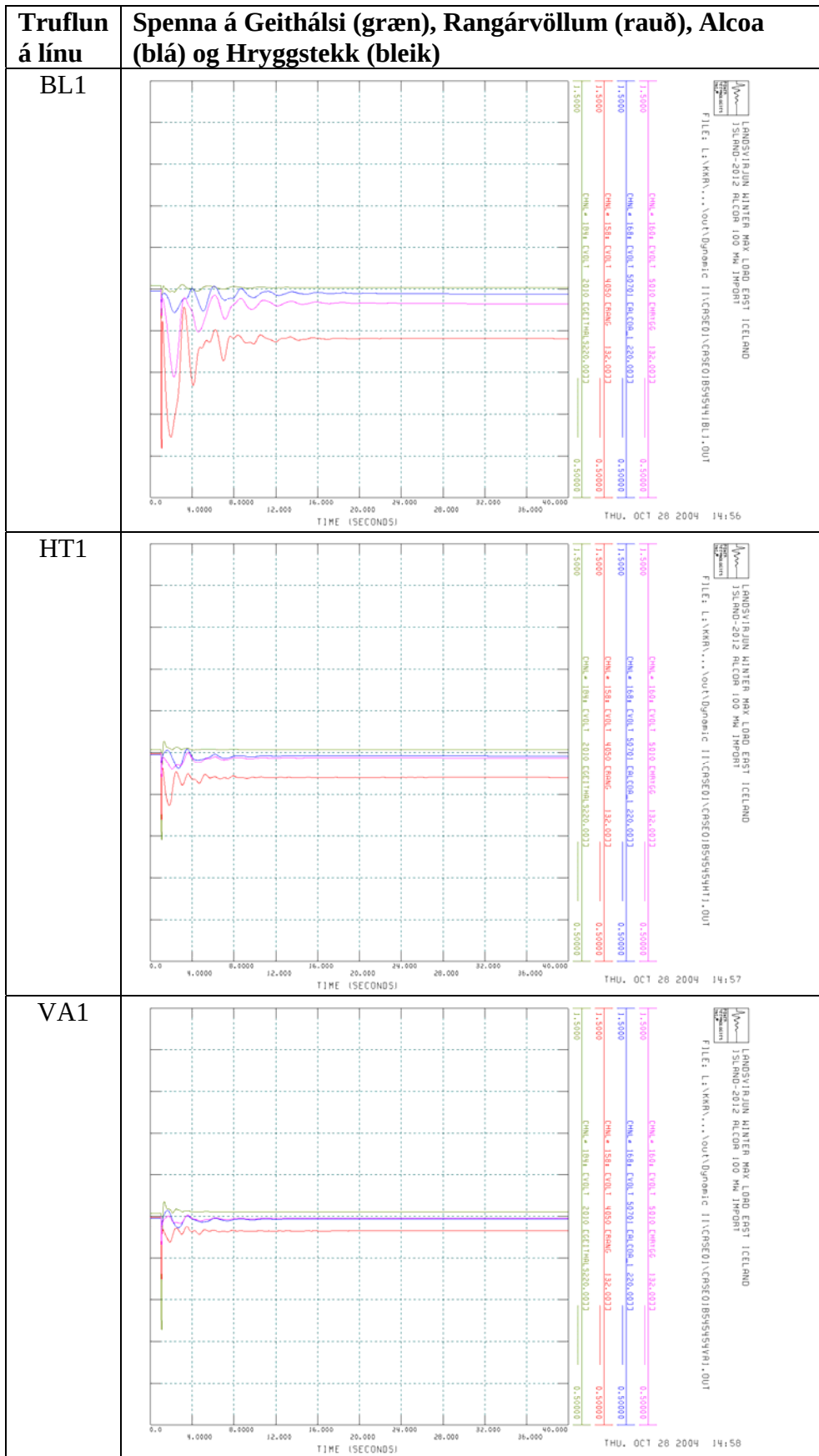
Tafla 38: Framleiðsla í Blöndu við mörkin úr töflunni á undan (MW)

* Í þessum tilvikum er framleiðslugeta Blönduvirkjunar sé fullnýtt, þ.e. allar þrjár vélarnar á 54MW, án þess að kæmi til óstöðugleika eða undirtüðnileysinga í kerfinu.

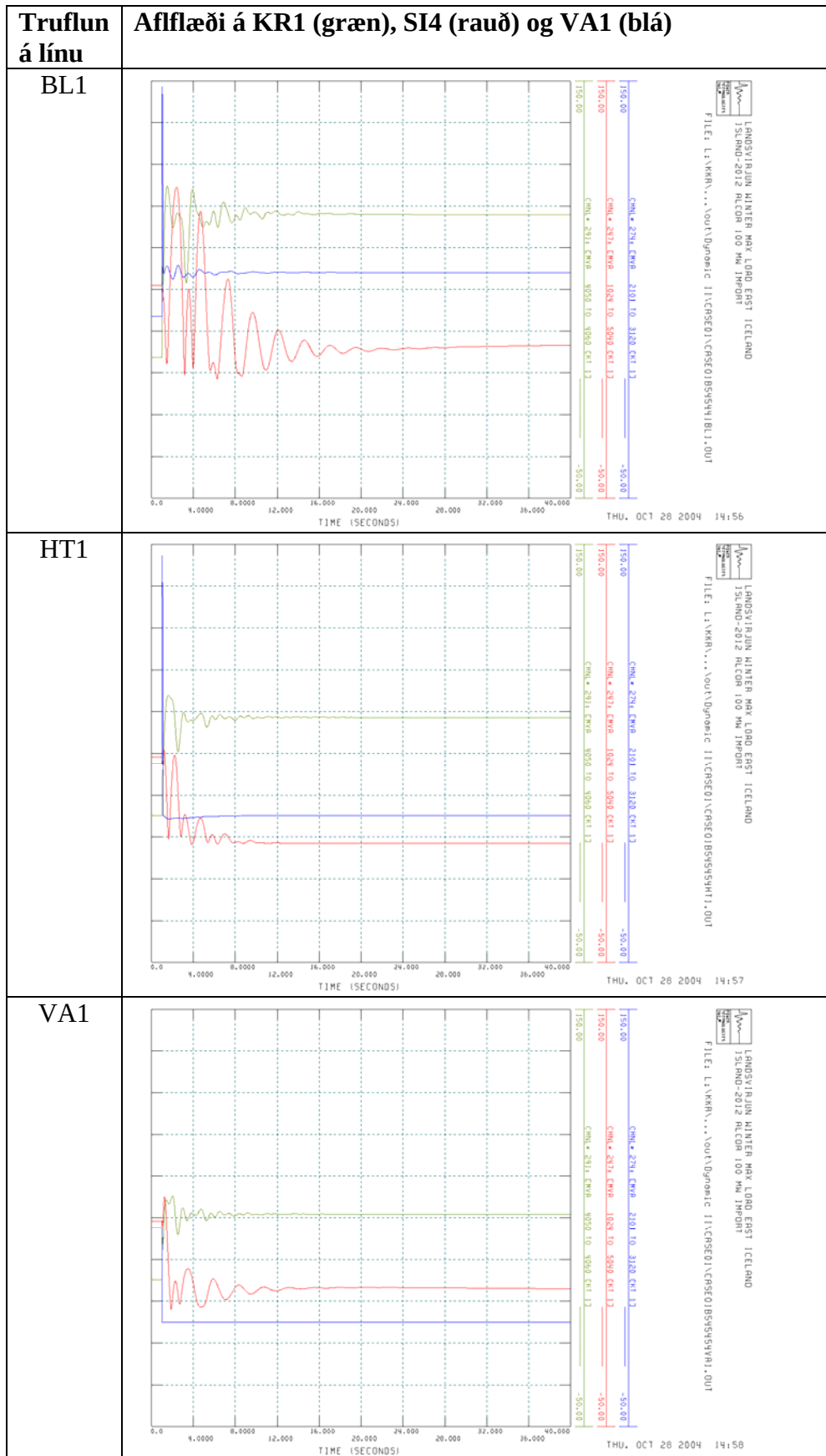
7.6.5.1 Gröf fyrir ástand kerfis við svipul mörk II – CASE01



Mynd 66: Tíðni á völdum stöðum í kerfinu (CASE01)

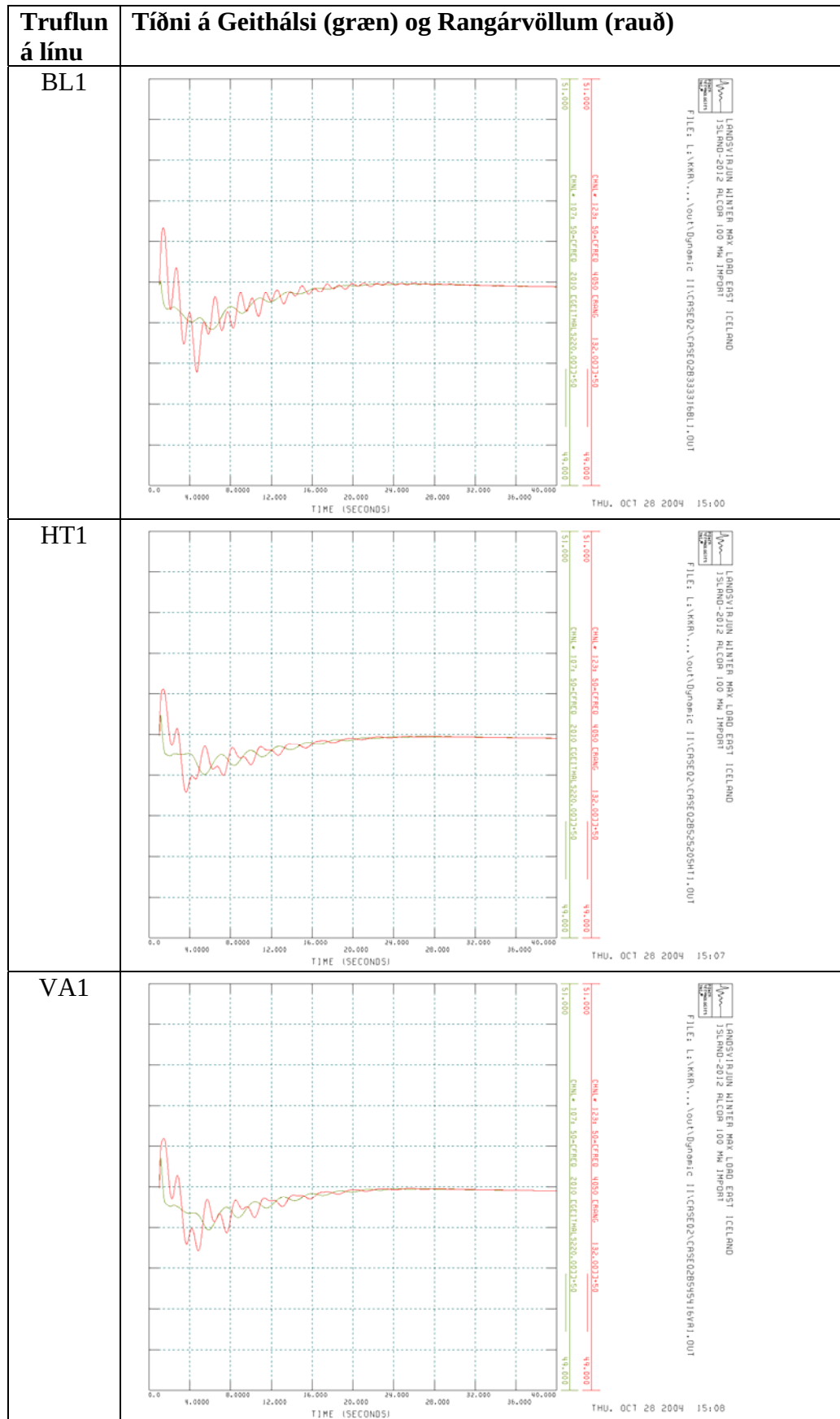


Mynd 67: Spenna á völdum stöðum í kerfinu (CASE01)

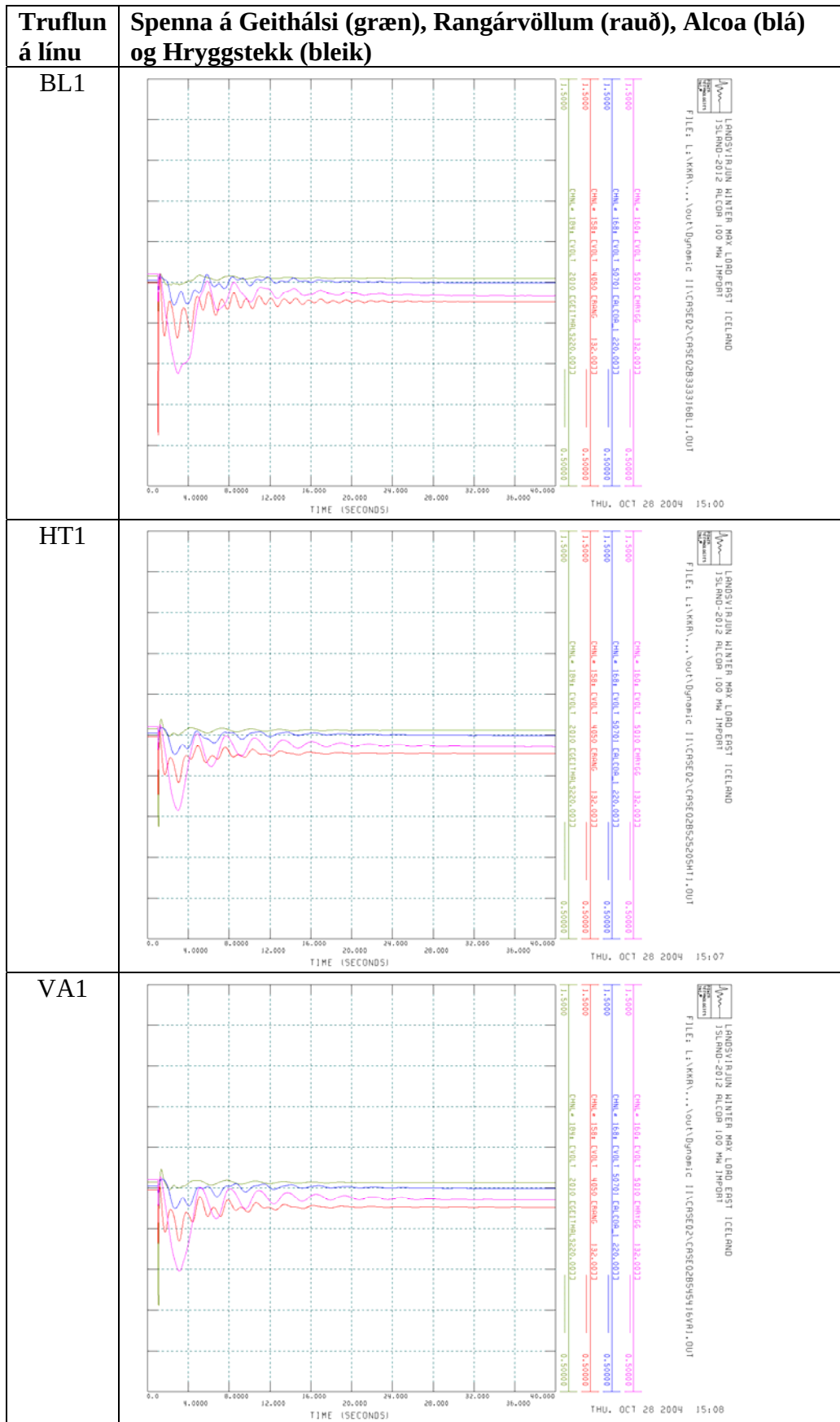


Mynd 68: Afíflæði á völdum stöðum í kerfinu (CASE01)

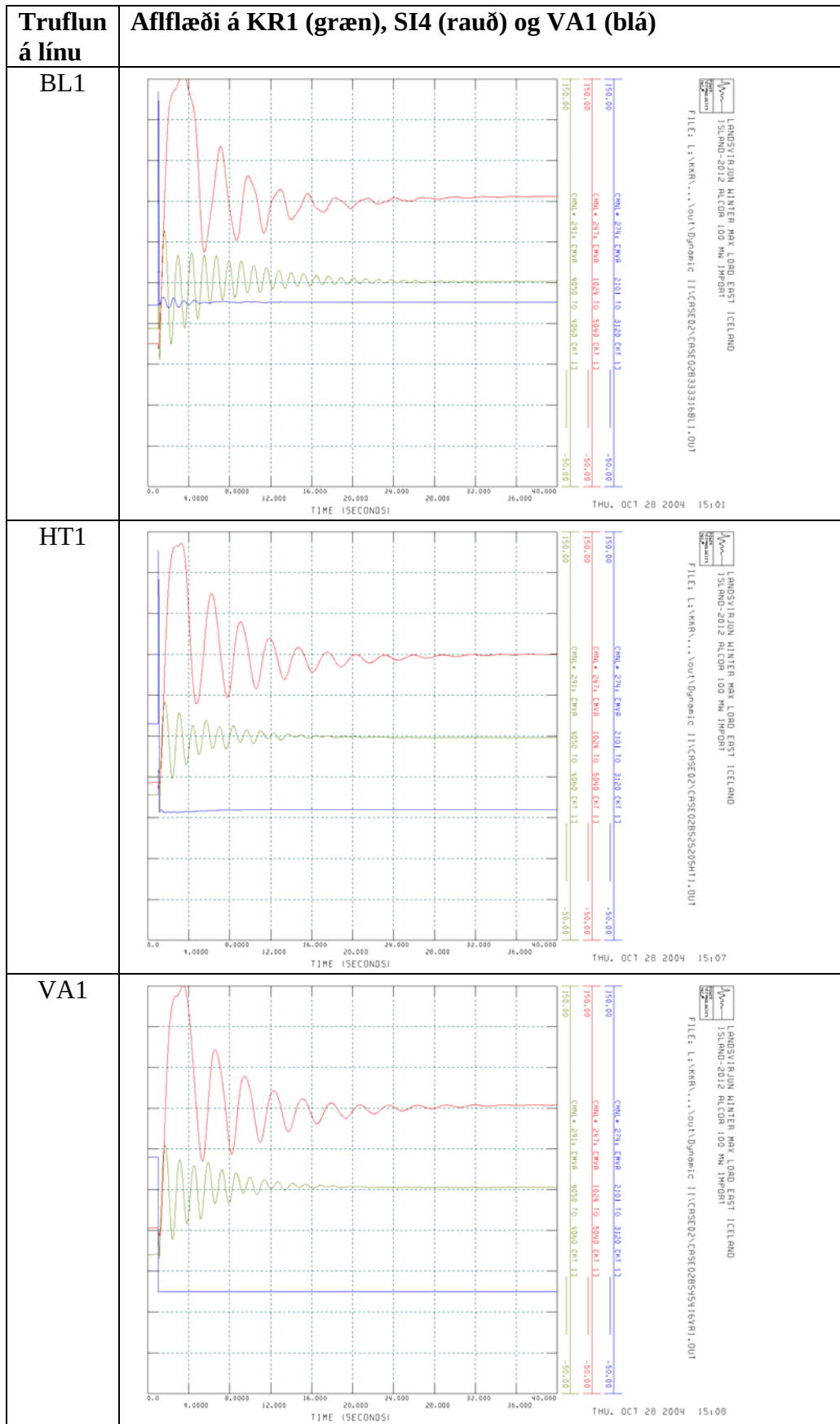
7.6.5.2 Gröf fyrir ástand kerfis við svipul mörk II – CASE02



Mynd 69: Tíðni á völdum stöðum í kerfinu (CASE02)



Mynd 70: Spenna á völdum stöðum í kerfinu (CASE02)



Mynd 71: Aflflæði á völdum stöðum í kerfinu (CASE02)