
SKI-PERSPEKTIV

VILKA FORSKNINGSMÅL BIDRAR DETTA PROJEKT TILL?

De övergripande målen för SKI:s forskning är:

- att ge underlag för SKI:s tillsynsverksamhet
- att vidmakthålla och utveckla kompetens och forskarkapacitet inom områden av betydelse för kärnsäkerhetsarbetet samt
- att bidra direkt till säkerhetsarbetet i svensk kärnteknisk verksamhet.

Projektet har i huvudsak bidragit till forskningsmålet om att vidmakthålla kompetens inom områden av betydelse för kärnsäkerhetsarbetet. Gamla mätdata från olika undersökningar och experiment vid bl.a. de svenska kärnkraftverken under perioden 1985-95 har lästs och överförts till modernare lagringsmedia. På det här sättet har viktiga data räddats till eftervärlden.

Projektinformation

SKI:s projekthandläggare: Ninos Garis, Enheten för Reaktorteknik
Projektnummer: 14.5-000351-00073

Sammanfattning

Under åren 1985-1995 användes en mobil mät dator vid GSE Power Systems AB för brusmätning. Utrustningen bestod av en PDP 11/73 samt en datorstyrd förstärkare av fabrikat DIFA. Systemet fungerade utmärkt och gav mycket god signalkvalité. Under de år som gått har ett omfattande bandbibliotek med mätdata byggts upp vid GSE. När sedan ett vitalt kort i PDP-datorn överhettades 1995 och systemet inte gick att reparera så var inte bara mät datorn otillgänglig utan dessutom saknades accessen till mätbiblioteket.

Med stöd av SKI har nu banden konverterats till CD-skivor och mätdata är nu på nytt tillgängliga. Ett mycket omfattande brusdatabibliotek har härmed räddats till eftervärlden.

De mätdata som ingår i brusbiblioteket från nämnda period och som analyserats på uppdrag av SKI har rapporterats tidigare. Sammanfattningarna från dessa rapporter presenteras också i föreliggande rapport.

GSE ersatte det havererade mobila mät datorsystemet 1996 med ett system levererat av CAESAR Datensysteme GmbH i Hamburg, Tyskland. Det nya systemet har väsentligen samma uppbyggnad som det gamla. Till det yttre har dock Caesar systemet väsentligen mindre volym. Vad gäller prestanda så är Caesar systemet klart bättre. Systemet kan förstärka signalerna upp till 2000 gånger innan A/D-omvandlingen. Den avbackning av DC-signalen som sker görs i Caesar systemet med högre upplösning och detta har till följd att signalens medelvärde återges med bättre noggrannhet än det som gällde för PDP-systemet.

Copyright GSE Power Systems AB, Nyköping 2001

Godkänd av

Innehållsförteckning

1. INLEDNING	4
1.1. BAKGRUND	4
1.2. KONVERTERINGEN FRÅN BAND TILL CD.....	5
1.3. DET NYA MOBILA MÄTSYSTEMET VID GSE POWER SYSTEMS AB.....	5
2. CD-SKIVORNA OCH DERAS INNEHÅLL	6
2.1. SAMMANSTÄLLNING AV CD-SKIVORNAS IDENTITET OCH MOTSVARANDE ANLÄGGNING	12
3. BRUSDATA SOM ANALYSERATS PÅ UPPDRAG AV SKI ÅTERGES MED SAMMANFATTNINGAR	14
3.1. SONDVIBRATIONSUNDERSÖKNING VID OSKARSHAMN 2, 1991-10-21 – 22. (CD-SKIVA NR. 103151)	14
3.2. BRUSMÄTNING VID RINGHALS 1, 1989-10-26 (CD-SKIVA NR. 103157) ..	15
3.3. BRUSMÄTNING VID RINGHALS 1, 1993-11-17 (CD-SKIVA NR. 103166) ..	16
3.4. BRUSMÄTNING VID FORSMARK 2, 1987-06-26 – 07-02 (CD-SKIVA NR. 103309) ..	17
3.5. BRUSMÄTNING VID FORSMARK 1, 1987-08-19 – 20 (CD-SKIVA NR. 103314)	18

1 Inledning

Vid GSE Power Systems AB i Nyköping har brusanalys bedrivits i många år. Det som analyseras är de naturliga fluktuationer som förekommer hos mätsignalerna i en process. Brusanalysen kan ha många olika syften. Ett mål kan vara att beskriva de dynamiska egenskaperna hos en process. Ett annat mål kan vara att uppskatta parametrar som inte är direkt mätbara i en process. Genom att anpassa mätdata till en matematisk modell och identifiera modellens parametrar är det sedan möjligt att utsätta modellen för störningar för att evaluera processens egenskaper. De matematiska modellerna är i detta sammanhang allmänt formulerade och kräver inte detaljerade fysikaliska beskrivningar av processen.

Som exempel på tillämpningar där brusanalys nyttjats är: Beräkning av DR (DecayRatio) ett BWR-stabilitetsmått, bestämning av den termiska tidskonstanten hos kärnbränsle, beräkning av voidfarten vertikalt i en kokvattenreaktor, utvärdering av transmittornas dynamik i ett kärnkraftverk, bestämma förekomst av sondvibrationer i en BWR och så vidare.

I många tillämpningar är mätinsamlingskvaliteten avgörande för att den efterföljande analysen ska bli framgångsrik. Det är därför av vikt att mätningarna görs på ett korrekt sätt så att den information som finns hos mätsignalerna ska kunna utnyttjas till fullo. Eftersom fluktuationerna i vissa sammanhang har liten amplitud så är det nödvändigt att förstärka signalerna innan de samplas av mätsystemets analog/digital omvandlare. Det är också viktigt att lågpasfiltrera mätsignalerna med hänsyn till den samplingsfrekvens som råder för att undvika så kallade ”aliasing” effekter. Detta är bakgrunden till utformningen av de mobila brusmätinsamlingssystemen som används vid GSE.

Det förtjänar dock att påpekas att i vissa sammanhang är signalernas fluktuationer så omfattande att det är fullt tillräckligt att nyttja mätdata från fast installerade mätadorsystem som redan finns i anläggningarna. Det sätt som mätdata samlas in på avgörs således av den aktuella tillämpningen.

1.1. Bakgrund

Under åren 1985-1995 användes en mobil mät dator vid GSE Power Systems AB för brusmätning. Utrustningen bestod av en PDP 11/73 samt en datorstyrd förstärkare av fabrikat DIFA. Mätssystemet beskrivs med ett blockschema i Figur 1. Datorn var försedd med två hårddiskar om vardera 42 MB. Den ena av dessa diskar innehöll mjukvara för mätning och analys medan mätdata lagrades på den andra hårddisken. Via systemets streamer tape var det möjligt att överföra mätdata till ett magnetband som blev medium för mätfilerna.

Mätförstärkardelen av utrustningen innehöll isolerförstärkare för anslutning till transmittorna i ett kärnkraftverk. Dessa fyllde de krav som ställs på utrustning som ska

anslutas i ett verk under drift. För att få tillräcklig upplösning hos signalerna till systemets A/D-omvandlare förstärktes signalerna. För att kunna förstärka signalerna upp till 500 gånger var det nödvändigt att eliminera signalens DC-nivå. Detta gjordes i förstärkardelens första steg, se Figur 1. Den förstärkta signalen passerade sedan ett lågpasfilter med en brytfrekvens som var anpassad till samplingsfrekvensen. Samplingen av signalerna skedde med valbar samplingsfrekvens som valdes med hänsyn till processens dynamik. Den högsta samplingsfrekvensen var 50 Hz. Inställningen av hårdvaran med avseende på elimination av DC-nivå samt val av lämplig förstärkning genomfördes automatiskt med systemets mjukvara. Alla inställningar dokumenterades sedan också tillsammans med mätdata i respektive mätfil.

Systemet fungerade utmärkt och gav mycket god signalkvalité. Detta är också många gånger avgörande för kvalitén hos den efterföljande analysen.

Under de år som gått har ett omfattande bandbibliotek med mätdata byggts upp vid GSE. När sedan ett vitalt kort i PDP-datorn överhettades 1995 och systemet inte gick att reparera så var inte bara mätdata otilgänglig utan dessutom saknades accessen till mätbiblioteket.

Med stöd av SKI har nu banden konverterats till CD-skivor och mätdata är nu på nytt tillgängliga. Ett mycket omfattande brusdatabibliotek har härmed räddats till eftervärlden.

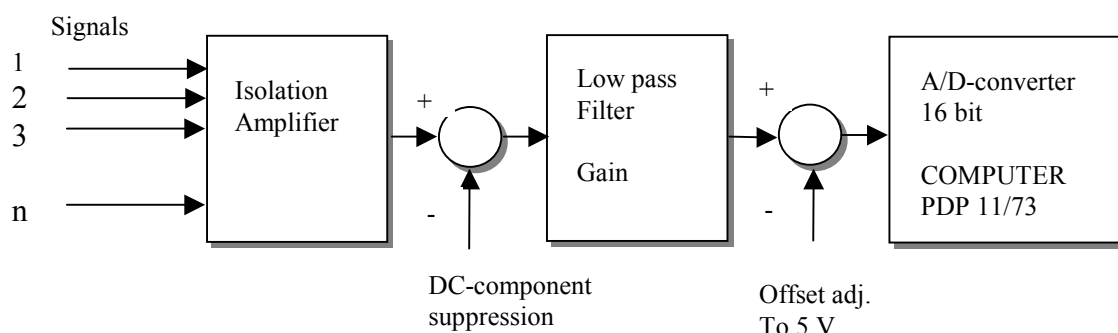
1.2. Konverteringen från Band till CD

Mätfilerna som ursprungligen fanns på de inspelade banden har nu överförs till CD-skivor. I princip är det en CD-skiva per band. Skivorna har getts en sex-siffrig identifikation (exempelvis 103151) som anges i den följande biblioteksuppställningen. Av praktiska skäl finns det i vissa fall flera experiment på samma CD-skiva. Detta beroende på att det funnits gott om utrymme på hårddisken. Det är också så att i vissa fall har mer än ett band tagits som backup under ett experiment. Detta gäller speciellt i de fall när mätningarna sträckt sig över flera dagar. Då har det funnits behov av att spara undan data. Som följd av detta så finns det flera CD-skivor för samma experiment. En del av dessa extra skivor innehåller av denna anledning bara en delmängd av mätfilerna. Någon komprimering av datafiler har inte gjorts eftersom moderna datamedia är så billiga.

1.3. Det nya mobila mätsystemet vid GSE Power Systems AB

GSE ersatte det havererade mobila mätdata systemet 1996 med ett system levererat av CAESAR Datensysteme GmbH i Hamburg, Tyskland. Det nya systemet har väsentligen samma uppbyggnad som det gamla, se Figur 1. Till det yttre har dock Caesar systemet väsentligen mindre volym. Datorn är av typen Laptop och förstärkarutrustningen har även den betydligt mindre volym.

Vad gäller prestanda så är Caesar systemet klart bättre. Systemet kan förstärka signalerna upp till 2000 gånger innan A/D-omvandlingen. Den avbackning av DC-signalen som sker görs i Caesar systemet med högre upplösning och detta har till följd att signalens medelvärde återges med högre noggrannhet än det som gällde för PDP-systemet. En annan fördel med Caesar-systemet är att mätdata är åtkomligt via företagets nätverk så snart som systemet återvänt till hemma-kontoret efter genomfört experiment. Detta innebär en extra trygghet med bland annat automatisk Backup.



Figur 1. Det mobila mätdatorsystemet vid GSE Power Systems AB.

2. CD-skivorna och deras innehåll

I tabellen nedan återges CD-skivorna med sin sexsiffriga identifikation som rubrik. Under varje rubrik återges sedan anläggning, experiment samt datum för mätningen som beskriver de konverterade filerna.

(103284)

Brusmätning vid R2 i Studsvik 1985-10-01 – 1985-10-08

(103151)

Sondvibrationsmätning vid Oskarshamn 2. 1991-10-21 – 1991-10-22.

Sondvibrationsmätning vid Oskarshamn 2. 1991-12-09.

Värmeväxlarprovning i värmelaboratoriet Studsvik. 1989-01-13.

Värmeväxlarprovning i värmelaboratoriet Studsvik. 1989-03-08.

(103152)

Härdhöljesvängningar 1992-03-13

Härdhöljesvängningar 1992-03-18

Härdhöljesvängningar 1992-03-19

Rapport: Analys av mätningar beträffande härdhöljevibrationer i Ringhals 2, 3 och 4. Fredrik Åkerhielm, EUROSIM-92-7, Reviderad 1992-05-25.

Rapport: Mättrapport av härdhöljevibrationer Ringhals 2, 3 och 4, Björn Sjöström, 1991-12-04.

(103153)

Brusmätning R2 i Studsvik 1989-06-02

Brusmätning R2 i Studsvik 1989-06-03

Brusmätning R2 i Studsvik 1989-05-31

Värmeväxlarprovning i Studsvik 1989-05-25

Värmeväxlarprovning i Studsvik 1989-05-26

(103154)

BWR-stabilitetsexperiment Ringhals 1, 1990

(103155)

Brusmätning vid utländsk reaktor 1993-05-03 – 1993-05-06

(103156)

BWR-stabilitetsmätningar från Ringhals 1, 1990

Mätdata som registrerats vid Ringhals 1 i samband med uppstart av reaktorn efter sommaravställning 1990. Dessa data kommer från Ringhalsverket. Projektet finansierades av SKI.

Rapport: BWR-stabilitetsundersökning av Ringhals 1, mätdata från 3-4 september, 1990. Bengt-Göran Bergdahl, EUROSIM-91-19, 1991-08-08.

(103157)

Brusmätning vid Forsmark 1, 1989-01-30

Brusmätning vid Ringhals 1, 1989-10-26

Mätdata som registrerats av Ringhals 1 under uppstart efter RA-89 samt i samband med nedstyrning på grund av pumptrip och åtföljande effektsvängningar. Undersökningen genomfördes på uppdrag av SKI.

Report: BWR stability investigation in Ringhals 1, measurement data from October 26, 1989. Bengt-Göran Bergdahl and Ritsuo Oguma, STUDSVIK/NI-90/17.

(103158)

Brusmätning vid Oskarshamn 2 1991-10-21

Värmeväxlarprovning i Studsvik 1989-01-13

Värmeväxlarprovning i Studsvik 1989-03-08

(103159)

Brusmätning vid R2 i Studsvik 1991-02-15

Brusmätning vid R2 i Studsvik 1991-02-14

Brusmätning vid R2 i Studsvik 1991-05-16

Brusmätning vid R2 i Studsvik 1991-05-30

Brusmätning vid R2 i Studsvik 1991-02-31

Brusmätning vid R2 i Studsvik 1991-06-01

Brusmätning vid R2 i Studsvik 1991-05-31

(103160)

Brusmätning vid utländsk reaktor 1994-02-23

Brusmätning vid utländsk reaktor 1994-02-25

Brusmätning vid utländsk reaktor 1994-02-24

(103161)

Brusmätning vid utländsk reaktor 1994-02-23

Brusmätning vid utländsk reaktor 1994-02-24

Brusmätning vid utländsk reaktor 1994-02-25

(103162)

Brusmätning vid Ringhals 1 (mätning av Ringhals) 1989-10-26

Brusmätning vid Ringhals 1 (mätning av Ringhals) 1990-02-21

(103163)

Brusmätning vid Barsebäck 1990-09-30

Brusmätning vid Barsebäck 1990-10-01

(103164)

Brusmätning vid Ringhals 1 (mätning av Ringhals) 1989-10-26

Brusmätning vid Ringhals 1 (mätning av Ringhals) 1990-02-21

(103165)

Brusmätning vid R2 i Studsvik 1989-09-06

Brusmätning vid R2 i Studsvik 1989-09-07

Brusmätning vid Ringhals 1 (mätning av Ringhals) 1990-02-13

(103166)

Brusmätning vid Ringhals 1 1993-11-17

Mätningar genomförda vid Ringhals 1 1993-11-17 i samband med effektuppgången efter årets avställning. Stabilitetsexperiment genomfördes och 10 olika drifttillstånd etablerades vid knäet i driftdiagrammet och mätdata insamlades. Parallellt med mätningarna kördes FASMON som utgörs av BWR-stabilitetsmonitorn SIMON's algoritmer för fasövervakning. Stabilitetsförhållandena var goda och några out-of-phase svängningar erhöles inte. Projektet finansierades av SKI.

Rapport: BWR-stabilitetsövervakning av Ringhals 1, Bengt-Göran Bergdahl och Ritsuo Oguma, EUROSIM-93-9, 1993-12-22.

(103167)

Brusmätning vid Barsebäck 1990-03-27 – 1990-03-29.

(103170)

Brusmätning vid R2 i Studsvik 1989-10-31 –1989-11-01

(103171)

Brusmätning vid R2 i Studsvik 1990-02-10 – 1990-02-18

(103172)

Brusmätningar vid Oskarshamn 2 1987-09-16 – 1987-09-17

(103173)

Värmeväxlarprovning i Studsvik 1989-01-10 – 1989-03-08

Rapport del I: Dynamisk provning av värmeväxlare med hjälp av processidentifiering, Walletun Håkan och Bergdahl Bengt-Göran, Studsvik Arbetsrapport ED-89/15, 1989.

Rapport del II: Dynamisk provning av värmeväxlare med hjälp av processidentifiering, Bengt-Göran Bergdahl, EuroSim AB och Håkan Walletun, Fjärrvärmeutveckling FVU AB, EUROSIM-93/10, 1993-10-08.

(103174)

Värmeväxlarprov i Studsvik 1989-01-10 – 1989-01-25

(103175)

Brusmätning vid Forsmark 1 1987-08-20 – 1987-08-21

Brusmätning vid Forsmark 1 1989-01-30

(103177)

Brusmätning vid utländsk reaktor 1995-04-03 – 1995-04-06

(103178)

Brusmätning vid utländsk reaktor 1993-05-03 – 1993-05-06

(103179)

Brusmätning vid utländsk reaktor 1992-10-23 – 1992-10-25

(103180)

Brusmätning vid Barsebäck 1 1992-07-01

Rapport: Sondvibrationsundersökning i Barsebäck 1 och 2, mätdata från 14/4 och 1/7 1992. Bengt-Göran Bergdahl och Stig Sandell, EUROSIM-92-11, 1992-08-10,

(103181)

Brusmätning vid Barsebäck 1 1992-07-01

(103284)

Brusmätning vid R2 i Studsvik 1985-10-01 – 1985-10-08

(103285)

Brusmätning vid Ringhals 1986-02-04

Rapport: Processidentifiering av temperaturgivares responssnabbhet. Resultat av mätningar vid Ringhals 4. B-G Bergdahl, R Oguma, F Åkerhielm. Studsvik Arbetsrapport NI-86/8, 1986-05-05.

(103286)

Brusmätning vid Barsebäck 1 1988-08-30 – 1988-09-01

Brusmätning vid R2 i Studsvik 1988-09-08 – 1988-09-13

Rapport: Hälsotest av instrumentkomponenter med hjälp av processidentifiering, resultat från mätning vid Barsebäck 1, augusti 1988. R Oguma, J Lorenzen, B-G Bergdahl, S Kellner, Studsvik Arbetsrapport NI-88/43.

(103287)

Brusmätning vid utländsk reaktor 1992-10-24 – 1992-10-25

(103288)

Brusmätning vid utländsk reaktor 1993-05-04 – 1993-05-06

(103289)

Brusmätning vid Ringhals 1994-05-30 – 1994-05-31

(103290)

Brusmätning vid Ringhals 1994-05-30 – 1994-11-09

(103291)

Brusmätningar i Oskarshamn 2 1987-09-16 – 1987-09-17

Brusmätning vid R2 i Studsvik 1987-09-11 – 1987-09-12

(103292)

Värmeväxlartest i Studsvik 1990-02-20 – 1990-05-22

(103293)

Värmeväxlartest i Studsvik 1990-03-19 – 1991-02-04

(103294)

Brusmätning vid R2 i Studsvik 1988-04-07 – 1988-04-18

(103295)

Värmeväxlarpövning i Studsvik 1991-04-18 – 1994-05-09

(103296)

Brusmätning vid R2 i Studsvik 1992-05-07 – 1992-05-16

(103298)

Brusmätning vid Ringhals 1989-01-30 – 1989-02-02

Rapport: Hälsotest av 99 givare vid Ringhals 3 och 4 med hjälp av processidentifiering. Bengt-Göran Bergdahl. Studsvik Report STUDSVIK/NI-89/12.

Report: Health test of 99 sensors at Ringhals 3 and 4 with the aid of process identification. Bengt-Göran Bergdahl and Ritsuo Oguma EuroSim AB, 1990-10-24.

(103299)

Brusmätning vid R2 i Studsvik 1989-09-06 – 1989-11-08

(103300)

Brusmätning vid R2 i Studsvik 1989-08-10 – 1989-09-07

(103301)

Brusmätning vid Barsebäck 1986-05-28

Rapport: Brusmätningar på några LPRM-detektorer (SPND och FJK) i Barsebäck 1. F Åkerhielm, I Pazsit, B-G Bergdahl, R Oguma, S Sandell, J Lorenzen.

(103302)

Brusmätning vid R2 i Studsvik 1987-05-20 – 1987-06-15

(103303)

Brusmätning vid R2 i Studsvik 1987-05-27 – 1987-06-15

(103304)

Brusmätning vid R2 i Studsvik 1987-08-11 – 1987-09-11

(103305)

Brusmätning vid R2 i Studsvik 1987-08-10 – 1987-08-14

(103307)

Brusmätning vid Forsmark 1 1987-08-20 – 1987-08-21

Brusmätning vid Forsmark 1988-07-12

Brusmätning vid Forsmark 1988-08-15

(103308)

Brusmätning vid R2 i Studsvik 1989-09-06 – 1989-09-07

(103309)

Brusmätning vid Forsmark 2 1987-06-26 – 1987-07-02

BWR-stabilitetsundersökning i Forsmark 2, 1987-06-25 – 1987-07-02, mätning vid uppstart efter RA-87. Projekt genomfört på uppdrag av SKI.

Report: Investigation of BWR stability in Forsmark 2, based on multivariable noise analysis. R Oguma, F Reisch, B-G Bergdahl, J Lorenzen, F Åkerhielm and S Kellner. Studsvik Report STUDSVIK/NI-88/3.

(103311)

Brusmätning vid R2 i Studsvik 1986-05-25 – 1987-06-15

(103314)

Brusmätning vid Forsmark 1 1987-08-19 – 1987-08-20

BWR-stabilitetsundersökning i Forsmark 1, 1987-08-19 – 1987-08-20, mätning vid uppstart efter RA-87. Projekt genomfört på uppdrag av SKI.

Report: Bergdahl B-G et al. BWR stability investigation at Forsmark 1. Ann. Nucl. Energy, Vol.16, No.10, pp 509-520, 1989.

(103316)

Brusmätning vid R2 i Studsvik 1988-01-13 – 1988-01-20

(103317)

Brusmätning vid värmelaboratoriet i Studsvik 1989-08-07

Brusmätning vid R2 i Studsvik 1989-08-10 – 1989-08-11

(103318)

Brusmätning i Ringhals 1994-05-30 – 1994-05-31

2.1. Sammanställning av CD-skivornas identitet och motsvarande anläggning

I Tabell 1 presenteras CD-skivornas identitetsnummer och dess fördelning på de olika anläggningar som varit föremål för mätning och experiment under tidsperioden 1985-1995. De anläggningar som nämns är Forskningsreaktorn R2 i Studsvik, Värmelaboratoriet i Studsvik, Oskarshamn 2, Ringhals 2, 3 & 4, Ringhals 1, Forsmark 1 & 2, Barsebäck 1 & 2 samt utländska reaktorer.

Tabell 1 CD-skivornas fördelning på de olika anläggningarna där mätningarna genomförts.

Brusmätning	CD identifiering		
R2 i Studsvik	103284	103286	103303
	103153	103291	103304
	103159	103294	103305
	103165	103296	103308
	103170	103299	103311
	103171	103300	103316
	103284	103302	103317
Värmelaboratoriet i Studsvik	103151	103174	
	103153	103292	
	103158	103293	
	103173	103295	
Oskarshamn 2	103151		
	103158		
	103172		
	103291		
Ringhals 2, 3 & 4 (PWR)	103152		
	103285		
	103289		
	103290		
	103298		
	103318		
Ringhals 1 (BWR)	103154		
	103156		
	103157		
	103162		
	103164		
	103165		
	103166		
Forsmark 1 & 2	103157		
	103175		
	103307		
	103309		
	103314		
Barsebäck 1 & 2	103163		
	103167		
	103180		
	103181		
	103286		
	103301		
Utländska reaktorer	103155		
	103287		
	103288		

3. Brusdata som analyserats på uppdrag av SKI återges med sammanfattningar

3.1. Sondvibrationsundersökning vid Oskarshamn 2, 1991-10-21 – 22. (CD-skiva Nr. 103151)

Report: R. Oguma, B-G Bergdahl. Investigation of In-Core Instrument Guide Tube Vibrations at Oskarshamn BWR Unit 2 Based on Noise Analysis. SKI Report 96:37.

Summary

Flow-induced vibrations of in-core instrument guide tubes have been studied based on noise analysis of Oskarshamn 2 (O2) data.

In O2 the on-line monitor for instrument tube vibration, VIBMON, developed by EuroSim AB has been in operation since 1992, having yielded a set of huge data base that may be used for closer investigation of the vibration problem. We performed systematic evaluation and analysis of the accumulated data. The primary goal of the study was to further enhance the performance of vibration monitor in terms of sensitivity as well as reliability by improving/developing diagnostic tools specifically on the following two points:

- detection of guide tube impacts against fuel boxes,
- detection of water leak to bypass region as the consequence of fuel box damages.

Two signal processing tools are newly introduced in order to estimate the apparent amplitude of guide tube vibrations as well as to determine the impact risk. One is based on the evaluation of covariance function for LPRM signals measured at two heights in the same guide tube. Compared with conventional tools, the present method is expected to provide better performance in that it allows in principle elimination of background local void noise and thus enhancement of neutron noise components due to guide tube vibrations. It is also shown that the covariance function can provide information to determine the impact risk. Another tool is the use of median value of the amplitude distribution function. Its deviation from the mean value is shown to be an effective key parameter for detecting the guide tube impact.

The result of the present study was checked with those from ocular inspections which had been made during regular outages at O2. It was shown that the combined use of the covariance function and median value could lead to further improvement of the monitor performance.

O2 has got fuel box damages with hole in box three times before due to guide tube impacts, among which two of them occurred since VIBMON had been installed. The data base accumulated by VIBMON has been scrutinized in order to devise tools for detecting the onset of fuel box damages. The result of the present study suggests that it should be possible by noise analysis to detect the water leakage to bypass region due to the fuel box

penetration and also to identify the damaged position. Especially it has been indicated that the water leakage could cause increasing magnitude of power spectrum for a neutron noise signal measured above the leak position. The vibration resonance peak tends to disappear as the leak size develops, and that the coherence of two neutron noise signals with one measured below and another measured above the leak position tends to decrease as the leak size develops.

The O2 core has been modified in 1992 by plugging hole in the lower core support plate. The result of on-line vibration monitoring has demonstrated that this core modification has been effective in reducing the guide tube vibration and essentially solving the problem. At the same time, however, there still remains a certain risk that a few guide tubes could vibrate possibly due to complicated flow patterns formed in bypass regions. It is recommended to check the state of guide tube vibrations when the core flow became maximum in the start-up operation after a regular outage and continue the monitoring if any of the guide tubes was found to have a high risk of impacts.

3.2. Brusmätning vid Ringhals 1, 1989-10-26 (CD-skiva Nr. 103157)

Report: BWR stability investigation in Ringhals 1, measurement data from October 26, 1989. Bengt-Göran Bergdahl and Ritsuo Oguma, STUDSVIK/NI-90/17.

Abstract

A BWR stability investigation has been performed on noise measurements collected at Ringhals 1 (ABB-Atom design reactor in Sweden) in connection with power oscillations which occurred on Oct. 26, 1989. The investigation was sponsored by the Swedish Nuclear Power Inspectorate.

During reactor start-up following the planned outage in the summer of 1989, the reactor was encountered by unstable power oscillations after a forced reduction of recirculation pump speed due to an E4 chain violation at 80 % power and 4100 kg/s core flow. The neutronic power started to oscillate in limit cycle at 0.5 Hz. The operating conditions were characterized by low coolant flow (3720 kg/s) and high power (75 %). The amplitude of the power oscillation reached 16 % (peak to peak). The sequence of events was interrupted by partial scram, initiated by the operator after some minutes. This measure stopped the high amplitude oscillations.

During measurements performed 6 hours prior to the incident, the LPRM (Local Power Range Monitor) signals were recorded as being out of phase. The largest noted phase difference was 130 degrees between the left and the right half of the core. These measurements show a local DR (Decay Ratio) above 0.9. Using STP (Signal Transmission Path) analysis, one source of the oscillation was found in a part of the core which controls the oscillations in other parts of the core (sinks). When limit cycle oscillation starts with growing amplitude, the spectrum for the APRM (Average Power Range Monitor) signal

peaks at 0.5 Hz at the beginning of the recording and then shows two peaks at 0.5 and 1 Hz (harmonics).

A reduction in feedwater flow temperature is judged to be the reason for the onset of limit cycle oscillation during poor stability operation. The report emphasizes the necessity of on-line monitoring of the measure of stability (DR). Such an instrument should work in real time to provide the reactor operator with early warning of instability in order to prevent the onset of high amplitude oscillations.

The present investigation suggest that more thorough noise measurements should be performed in the next start-up operation in order to study the space dependent power oscillations at the Ringhals 1 reactor.

The report also concludes that the reactor protection system should be supplemented by scram conditions for high LPRM since the averaging function in the APRM gives lower oscillation amplitudes than the LPRM when the different LPRM's oscillate out of phase.

3.3. Brusmätning vid Ringhals 1, 1993-11-17 (CD-skiva Nr. 103166)

Rapport: BWR-stabilitetsövervakning av Ringhals 1, Bengt-Göran Bergdahl och Ritsuo Oguma, EUROSIM-93-9, 1993-12-22.

Sammanfattning

Stabilitetsförhållandena i Ringhals 1 har varit föremål för flera olika studier de senaste åren, se referenserna 1-5. Det som kännetecknat härddynamiken har varit snabba förändringar från stabilt beteende till instabilitet. Härden har också vid två olika tillfällen uppvisat rymdberoende svängningar. Detta gällde vid uppstart efter RA-89 och -90.

I samband med uppstarten efter RA-90 konstaterades att det gängse måttet DR (Decay Ratio) inte fungerade bra i sin traditionella utformning för monitorering av rymdberoende svängningar.

För att möta behovet av stabilitetsmonitorering vid Ringhals 1 har ett projekt initierats där EuroSim tillsammans med Ringhalsverket prövar ett nytt koncept – FASMON. Projektet finansieras av SKI (Statens Kärnkraftinspektion). Målsättningen med monitorn är att övervaka den inbördes fasskillnaden mellan 7 utvalda LPRM-signaler samt att beräkna signalernas amplitud.

I denna rapport presenteras resultat erhållna med FASMON såväl on-line vid Ringhals 1 under uppstarten efter RA-93 som off-line på signaler från inspelade instabilitetsscenarios.

Samtliga undersökningar av FASMON som presenteras i denna rapport visar att mjukvaran fungerar för att beräkna fasskillnader och amplituder för LPRM signaler. Detta omdöme

gäller både för on-line och off-line analys. De mätningar respektive mätdata som används är från såväl stabila som instabila förlopp.

On-line användningen av monitorn vid uppstarten av Ringhals 1, 1993-11-17 visar enbart stabila tillstånd. Detta leder till fasskillnader som ligger mellan 60 och 90 grader och en maximal amplitud som är $< 5\%$. Uppstartsmätningarna pekar också på mervärdet av monitorfunktionen om den kompletteras med DR för APRM-M (APRM-medelvärdesignalen). DR ger till skillnad från fas och amplitud en predikerande information om de återstående stabilitetsmarginalerna.

Larm föreslås därför när ett eller flera av följande villkor är uppfyllda:

- När den maximala amplituden överskrider en fastställd gräns (t.ex. 10 %) under en förutbestämd tid.
- När den maximala fasvinkeln överskrider en fastställd gräns (t.ex. 135 grader).
- När DR för APRM-M överskrider en fastställd gräns (t.ex. 0.8). (Detta villkor gäller tills vidare i väntan på ny lokal DR.)

3.4. Brusmätning vid Forsmark 2, 1987-06-26 – 07-02 (CD-skiva Nr. 103309)

Report: Investigation of BWR stability in Forsmark 2, based on multivariable noise analysis. R Oguma, F Reisch, B-G Bergdahl, J Lorenzen, F Åkerhielm and S Kellner. Studsvik Report STUDSVIK/NI-88/3.

Sammanfattning

En serie brusmätningar har genomförts vid Forsmark 2 under effektuppgången efter revisionen sommaren 1987. Målsättningen med mätningen var analysen av BWR-stabiliteten. Med hjälp av processidentifiering och signal-path-analysis har en resonant effektsvängning vid 0.5 Hz studerats, som förstärks vid hög effekt och lågt HC-flöde samt påverkas av en yttre störning i form av en trycksvängning.

Med analysen har källan till svängningarna bestämts samt stabilitetsvillkoret för F-2 angivits med måttet Decay Ratio (DR). Dessutom har andra säkerhetsrelaterade problem till BWR-stabiliteten beskrivits.

Resultatet indikerar att effektsvängningen beror på en dynamisk koppling mellan neutron kinematiken och termohydrauliken via voidreaktivitetsåterkoppling. Värdet för decay Ratio vid 63 % effekt och 4100 kg/s summa kylflöde blev så högt som $DR=0.7$, (där $DR=1$ innebär instabilitet). Analysen av tryckstörningen vid 0.33 Hz gav vid handen att om en sådan svängning sammanfaller med effektsvängningen vid 0.5 Hz (härdresonansen) kan detta utlösa snabbstopp.

Den föreliggande analysen belyser vikten av on-line monitorering av BWR-stabilitetsmarginalen samt diagnos av reglersystem.

3.5. Brusmätning vid Forsmark 1, 1987-08-19 – 20 (CD-skiva Nr. 103314)

Report: Bergdahl B-G et al. BWR stability investigation at Forsmark 1. Ann. Nucl. Energy, Vol.16, No.10, pp 509-520, 1989.

Sammanfattning

På uppdrag av SKI har mätningar genomförts vid Forsmark 1 och 2 (reaktorer av ABB-Atom design) under uppstart efter revisionsarbetet sommaren 1987. Huvudsyftet var att undersöka BWR-stabilitetsproblem det vill säga effektsvängningar vid 0.5 Hz som tenderar att uppträda vid hög effekt och lågt härdkylflöde.

Analysen av mätdata har gjorts med inriktningen att finna källan till oscillationerna, bestämma stabilitetsmåttet DR samt att undersöka andra säkerhetsrelaterade problem.

Resultaten visar att svängningarna beror på den dynamiska kopplingen mellan neutronkinetiken och termohydrauliken via voidreaktivitets-återkopplingen. De beräknade DR-värdena låg mellan 0.7 och 1, istället för 0.6 som var det förväntade enligt teoretiska beräkningar med predikterande kod. Dessa höga värden innebär att härden inte kan dämpa oscillationer tillräckligt snabbt och en störning i reaktordynamiken kan därför orsaka snabbstopp. Dessutom visade det sig att LPRM-signalerna tvärs i härden svänger i fas med varierande styrka där kopplingen till konsekvenser av olika bränsle (8x8, 9x9) inte kan uteslutas.

Denna artikel betonar vikten av ett system för on-line BWR-stabilitetsövervakning med funktioner för stabilitetsmonitoring samt reglersystemdiagnos.