

Resum

La Secció d'Enginyeria Nuclear de la Universitat Politècnica de Catalunya, ha estat col·laborant des de 1991 amb les plantes nuclears d'Ascó i Vandellòs amb l'objectiu d'aconseguir un model validat i documentat d'aquestes centrals. La importància de la millora i validació contínua d'aquests models recau en el nivell de qualitat, cada vegada major, de les dades obtingudes amb els models creats. La finalitat d'aquest millora contínua és la d'obtenir una òptima i més segura explotació de les plantes.

Amb aquests objectius, el treball realitzat en aquest projecte ha tingut dues vessants, per una banda, ampliar el banc de dades de validació i documentació del model de la Central Nuclear d'Ascó, per l'altra, agilitar el procés de cerca de documentació i de reexecució automàtica dels diferents escenaris reals ocorreguts en planta.

Pel que fa a validació, el treball realitzat s'ha centrat en l'obtenció dels models de planta de la Central Nuclear d'Ascó en els períodes tecnològics 1995-1999 i 1999-2001 a partir del model actual amb el que treballa el Grup d'Estudis Termohidràulics del Secció d'Enginyeria Nuclear. El model vigent amb el que treballa el Grup d'Estudis Termohidràulics correspon a l'actual període tecnològic. Per a l'obtenció dels models han estat utilitzades dades reals de planta, informes d'història tecnològica de la planta i diagrames lògics del període esmentat.

Per a la validació d'aquest nou model s'ha executat la simulació dels estats nominals o estacionaris i dels estats transitoris reals ocorreguts en planta durant el període esmentat. Aquesta simulació ha estat realitzada mitjançant el codi de càlcul RELAP5/Mod3.2. Posteriorment s'ha procedit a analitzar els resultats, comparant-los amb les dades reals de planta que cedeix per aquest fi l'Associació Nuclear Ascó Vandellòs.

Amb la finalitat de facilitar la cerca de documentació i automatitzar els processos de simulació, aquest projecte proposa una nova manera d'anomenar els arxius generats per tal de facilitar i disminuir el temps de cerca als usuaris. Aquest nou mode d'anomenament suposa un procés d'estandardització per al grup a la vegada que esdevé un bandera informativa del que cada arxiu conté sense necessitat d'examinació. En el camp de l'automatització, ha estat creada una eina informàtica realitzada amb el codi Visual Basic 6.0 que permet, de manera senzilla, automatitzar la modificació del model i la reexecució de tots els transitoris de validació ocorreguts fins al moment.



Sumari

Resum	1
Sumari	3
1. Glossari	7
2. Prefaci	9
2.1. Origen del projecte	9
2.2. Motivació	9
3. Introducció	11
3.1. Objectius del projecte	11
3.2. Abast del projecte	11
4. Característiques generals	13
4.1. Descripció general d'una central nuclear	13
4.1.1. Introducció	13
4.1.2. Combustible	14
4.1.3. Barres de control	14
4.1.4. Dissolució de bor	14
4.1.5. Circuit primari	14
4.1.6. Pressionador	15
4.1.7. Circuit secundari	15
4.1.8. Circuit de refrigeració o terciari	15
4.1.9. Sala de control	16
4.1.10. Recàrregues	16
4.2. Descripció del codi de càlcul Relap5/Mod3.2	16
4.3. Descripció del model de planta	18
4.3.1. Introducció	18
4.3.2. Central Nuclear d'Ascó	18
5. Anàlisi de les configuracions tecnològiques de la CNA	21
5.1. Introducció	21
5.2. Configuració tecnològica 4	22
5.3. Configuració tecnològica 3	22
5.3.1. Canvis	22
5.3.2. Validació del model	23
5.4. Configuració tecnològica 2	24
5.4.1. Canvis d'inicialització per al correcte funcionament dels inputs	24
5.4.2. Canvis en el primari	24
5.4.3. Canvis en el secundari	25
5.4.4. Canvis en sistemes de control	26
5.4.5. Modificacions introduïdes en el model	26
5.5. Modificacions específiques dels estacionaris per a la simulació dels transitoris de validació	26



6.	<i>Transitoris de validació</i>	27
6.1.	Introducció	27
6.2.	Aturada del reactor per baix cabal en un llaç	28
6.2.1.	Estacionari	29
6.2.2.	Transitori	29
6.2.3.	Anàlisi i comparació de resultats	30
6.2.4.	Càlcul cec del transitori	33
6.2.5.	Conclusions	34
6.3.	Aturada del reactor per baix nivell en un GV	35
6.3.1.	Estacionari	35
6.3.2.	Transitori	36
6.3.3.	Anàlisi i comparació de resultats	36
6.3.4.	Càlcul cec del transitori	40
6.3.5.	Conclusions	40
6.4.	Rebuig de càrrega del 50% per a CNA I	41
6.4.1.	Estacionari	41
6.4.2.	Transitori	42
6.4.3.	Anàlisi i comparació de resultats	43
6.4.4.	Càlcul cec del transitori	47
6.4.5.	Conclusions	47
6.5.	Rebuig de càrrega del 50% per a CNA II	47
6.5.1.	Estacionari	48
6.5.2.	Transitori	48
6.5.3.	Anàlisi i comparació de resultats	49
6.5.4.	Càlcul cec del transitori	53
6.5.5.	Conclusions	53
6.6.	Pèrdua de càrrega del 10% per a CNA I	53
6.6.1.	Estacionari	54
6.6.2.	Transitori	54
6.6.3.	Anàlisi i comparació de resultats	55
6.6.4.	Conclusions	58
6.7.	Pujada de càrrega del 10% per a CNA I	59
6.7.1.	Estacionari	59
6.7.2.	Transitori	60
6.7.3.	Anàlisi i comparació de resultats	60
6.7.4.	Conclusions	64
7.	<i>Matriu de qualificació</i>	65
7.1.	Introducció	65
7.2.	Estructura de la matriu de qualificació	65
7.3.	Exemple d'ajust de sistemes	68
7.3.1.	Introducció	68
7.3.2.	Exemple d'ajust d'una variable: pressió del secundari	68
7.3.3.	Exemple d'ajust d'un sistema: demanda d'spray	70
8.	<i>Programa MoSiVa</i>	77
8.1.	Motivació del programa	77
8.2.	Descripció del programa MoSiVa	77
9.	<i>Procediment per anomenar inputs</i>	79
9.1.	Introducció	79



9.2. Definicions prèvies	79
9.3. Procediment	80
10. Estructura de dades del servidor del LET	81
Conclusions	83
Agraïments	85
Bibliografia	87

Annexes

- A. INPUTS PER A CONFIGURACIONS D'ESTACIONARIS**
- B. INPUTS PER A TRANSITORIS DE VALIDACIÓ**
- C. INPUTS PER A LES CINÈTIQUES**
- D. MANUAL D'USUARI PER AL PROGRAMA MoSiVa**
- E. CODI DEL PROGRAMA MoSiVa**
- F. GRÀFIQUES DE VARIABLES DE TRANSITORIS DE VALIDACIÓ**
- G. PRESSUPOST ECONÒMIC**



1. Glossari

AAA	=	Aigua d'alimentació auxiliar.
AAP	=	Aigua d'alimentació principal.
ANAV	=	Associació Nuclear Ascó Vandellòs.
BOL	=	<i>Begining of life.</i>
C.N.	=	Central Nuclear.
CNA	=	CNA I i CNA II.
CNA I	=	Central Nuclear d'Ascó I.
CNA II	=	Central Nuclear d'Ascó II.
CSN	=	<i>Consejo de Seguridad Nuclear.</i>
CNV II	=	Central Nuclear de Vandellòs II.
CVCS	=	Sistema de control químic i volumètric del refrigerant del primari.
ENRESA	=	<i>Empresa Nacional de Residuos.</i>
EOL	=	<i>End of life.</i>
ETSEIB	=	Escola Tècnica Superior d'Enginyers Industrials de Barcelona.
GET	=	Grup d'Estudis Termohidràulics.
GV	=	Generador de vapor.
Input	=	Fitxer d'entrada de dades, conté el model.
MOL	=	<i>Medium of life.</i>
MoSiVa	=	Aplicació creada amb <i>Visual Basic 6.0</i> per automatitzar modificacions, simulacions i validacions.
OP	=	Transitori d'operació.
OPDT	=	<i>Over pressure differential temperature.</i>
OTDT	=	<i>Over temperature differential temperature.</i>
Output	=	Fitxer de sortida de dades.
PFC	=	Projecte final de carrera.
PLS	=	<i>Precautions, limitations and setpoints.</i>
PWR	=	Reactor d'aigua a pressió.
PZR	=	Pressionador.
Restart	=	Fitxer de recuperació de dades.
Relap5/Mod3.2	=	Versió 3.2 de la família de codis de càlcul Relap 5.
SCRAM	=	Aturada brusca del reactor per inserció manual o automàtica de les barres de control.
SEN	=	Secció d'Enginyeria Nuclear.
SI	=	Sistema Internacional, referit a unitats.
Trip	=	Variable lògica utilitzada en els codis de càlcul Relap5.
UPC	=	Universitat Politècnica de Catalunya.
VB 6.0	=	Llenguatge de programació <i>Visual Basic</i> versió 6.0.



2. Prefaci

2.1. Origen del projecte

L'origen d'aquest PFC sorgeix del treball de millora continua del model de les Centrals Nuclears d'Ascó que realitza el Grup d'Estudis Termohidràulics de la Secció d'Enginyeria Nuclear de la Universitat Politècnica de Catalunya amb conveni amb l'Associació Nuclear Ascó Vandellòs.

2.2. Motivació

La seguretat de les centrals és un dels aspectes que més interessen a l'explotació. Sobre aquest aspecte és necessari un gran nivell de treball sobre escenaris hipotètics per a una correcta preparació en cas d'actuació. Aquest escenaris hipotètics s'executen sobre models de planta creats en el Grup d'Estudis Termohidràulics que han de donar un nivell de fiabilitat raonable a fi d'assegurar la validesa d'aquests estudis. És aquest aspecte en el que recau la motivació d'aquest projecte: la millora del model creat per a les Centrals Nuclears d'Ascó.



3. Introducció

A continuació s'exposen breument els objectius i l'abast del projecte.

3.1. Objectius del projecte

Una de les funcions del Grup d'Estudis Termohidràulics és la millora continua dels models de planta de la CNA i la CNV II. S'inclouen en aquesta millora la detecció d'errors, ajustos de sistemes i components i revisió de sistemes lògics i de control.

L'objectiu principal d'aquest projecte és el de millorar el nivell de qualificació del model existent de la CNA mitjançant la matriu de qualificació en la que apareixen els sistemes subjectes a millores i els transitoris en els que actuen.

Actualment tan sols es disposa d'un transitori de validació corresponent al període tecnològic anterior a l'actual. Per a l'ampliació de la base de dades de transitoris de validació es simularan sis transitoris addicionals ocorreguts en períodes tecnològics anteriors.

Per a una correcta simulació d'aquests transitoris serà necessària l'adequació del model disponible a les condicions tecnològiques del moment en el que transcorregueren.

3.2. Abast del projecte

L'abast d'aquest projecte és la creació de la matriu de qualificació com a resultat del procés de millora del model. Per a la realització d'aquesta matriu han estat simulats set transitoris corresponents als dos períodes tecnològics anteriors a l'actual.

Ha estat necessària la creació dels models corresponents de planta que recullen les condicions de planta adients per a la simulació d'aquests transitoris.

El projecte inclou els informes corresponents a la simulació dels transitoris en els que es descriuen els successos, es mostren els resultats, es comparen les dades resultants de simulació amb les dades reals de planta i se n'extreuen les conclusions corresponents.

Finalment es proposa un nou mètode estandarditzat d'anomenament dels arxius que facilita la cerca i dona informació del contingut de l'arxiu sense necessitat d'inspecció. Per a facilitar l'automatització de la reexecució del procés es crea una eina informàtica amb el codi de programació VB 6.0.



4. Característiques generals

4.1. Descripció general d'una central nuclear

4.1.1. Introducció

La finalitat d'una central nuclear és la de produir energia elèctrica i contribuir a afavorir el benestar i el desenvolupament de la societat.

Una central nuclear és una instal·lació que aprofita la calor originada durant el procés de fissió de l'àtom d'urani 235 per produir vapor d'aigua a alta temperatura. Aquest vapor acciona un grup turbina – alternador, generant energia elèctrica, que posteriorment es bolca i distribueix per la xarxa elèctrica.

La diferència essencial amb les centrals tèrmiques convencionals és la font de calor utilitzada per a la generació de vapor. En centrals nuclears com Ascó i Vandellòs II, la font de calor és la fissió dels àtoms d'urani 235 continguts en el combustible del reactor. A les centrals tèrmiques convencionals, la calor s'obté per mitjà de la combustió de fueloil, carbó o gas en una caldera.

A continuació s'exposa la descripció general d'una central nuclear com la d'Ascó, objecte d'estudi d'aquest projecte i equipada amb un reactor d'aigua a pressió, també anomenat PWR.

Esquema de funcionament d'una central nuclear

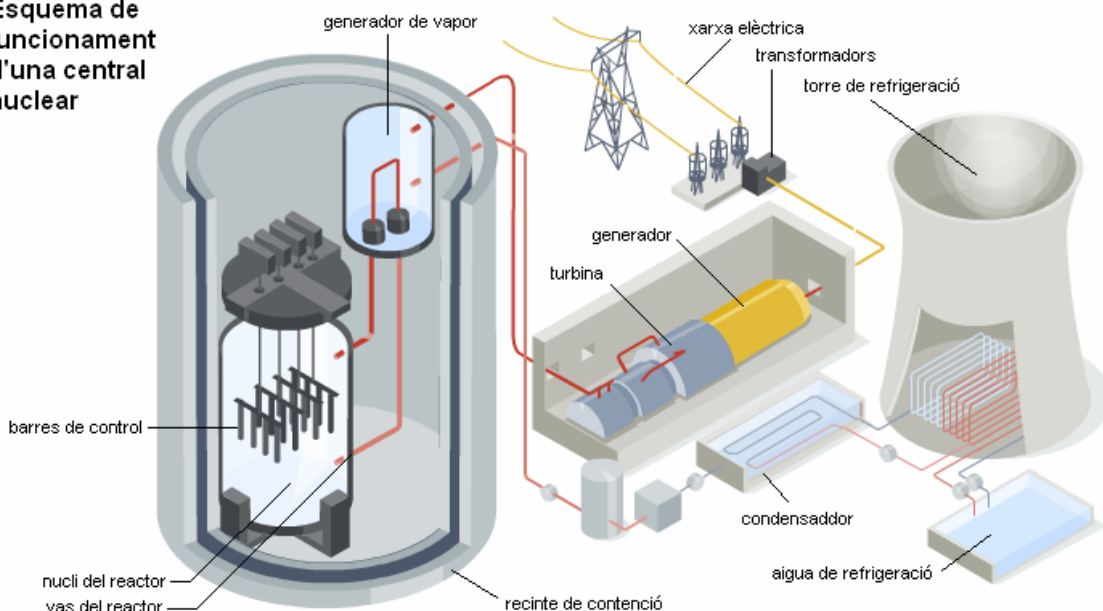


Fig. 4.1 Esquema del funcionament d'una central PWR.



4.1.2. Combustible

El combustible utilitzat està constituït aproximadament per 75 tones d'òxid d'urani enriquit amb U-235, en una proporció propera al 4,5%.

L'òxid d'urani es presenta en forma de pastilles cilíndriques apilades a l'interior d'uns tubs o beines d'aliatge metàl·lic de zirconi d'uns 4 metres de longitud formant barres. Aquestes barres s'agrupen alhora en feixos quadrats de 264 unitats, anomenats elements combustibles.

Un reactor ple, conté a l'interior del vas 157 d'aquests elements combustibles.

La fissió dels nuclis d'urani 235 provocada per l'absorció d'un neutró exterior, produeix dos nuclis més petits (productes de fissió), 2 o 3 neutrons i allibera una gran quantitat d'energia en forma de calor. Un d'aquests neutrons alliberats provocarà una nova fissió quan sigui absorbit per un altre nucli de U-235, produint-se així una reacció en cadena.

4.1.3. Barres de control

Per tal de regular el nombre de fissions i, per tant, la producció d'energia, s'introdueixen en el reactor elements que absorbeixen neutrons. Un d'aquests elements són les barres de control, de les quals n'hi ha 48 conjunts, repartits al nucli amb 24 barres a cada conjunt. La funció de les barres de control és regular la producció d'energia i aturar el reactor en les situacions que sigui necessari.

Aquestes barres estan conformades per materials absorbents de neutrons, pel que, a mesura que s'introdueixen, absorbeixen més neutrons, i provoquen una disminució en el nombre de fissions. En canvi, quan s'extreuen, produeixen l'efecte contrari. Una introducció sobtada i suficient d'aquestes barres atura la reacció de fissió.

4.1.4. Dissolució de bor

Les barres de control constitueixen un element de moderació de la reacció en les situacions en les que es fa necessària una resposta ràpida del sistema, però en situacions nominals es fa necessària la presència constant d'un element que moderi els neutrons sobrers resultants de cada fissió i que no seran utilitzats per a produir-ne una de nova. Aquesta funció és realitzada per una dissolució de bor en l'element refrigerant.

Les barres i la dissolució de bor són autosuficients, de manera independent, per cobrir la funció de control, engegada i aturada del reactor.

4.1.5. Circuit primari

La funció del circuit primari és la de transportar la calor produïda en el reactor cap al circuit secundari a més de contenir de manera estanca els elements que es troben en contacte amb el combustible. El circuit primari està format per tres llaços independents, units al vas del reactor, cada un dels quals incorpora un generador de vapor i una bomba principal. En cada



un d'aquests llaços, tots els elements estan units per una canonada principal formant un conjunt tancat completament estanc.

Conceptualment podem dividir cada llaç en dos: la branca calenta i la freda. La branca calenta transporta l'element refrigerant i la calor produïda en el nucli fins al generador de vapor on es cedeix aquesta calor al circuit secundari. La branca freda retorna l'element refrigerant al nucli per començar de nou aquest procés continu.

4.1.6. Pressionador

L'element refrigerant, per a una òptima extracció de calor dels elements de combustible del nucli, ha de mantenir-se líquid mentre es troba en contacte amb aquests. Aconseguir la seva líquescència a altes temperatures exigeix també una alta pressió. És per això que aquest tipus de centrals elèctriques s'anomenen PWR .

El pressionador, connectat a un dels llaços del primari, és un recipient de gran volum que manté la pressió del circuit primari i en regular les variacions, mantenint, per vasos comunicants, els valors de pressió requerits per a l'òptim funcionament del procés mitjançant un sistema combinat d'escalfadors elèctrics i ruixadors d'aigua freda.

4.1.7. Circuit secundari

La funció del circuit secundari és la generació d'electricitat i en això no es diferencia d'una central convencional. En cada un dels tres generadors de vapor, la calor cedida per l'aigua del circuit primari, que circula per l'interior de cada un dels múltiples tubs de què es compon el generador de vapor, escalfarà l'aigua que circula per la part exterior i en produirà la seva evaporació.

El vapor generat es dirigeix cap a la turbina per posar-la en moviment arrossegant l'alternador instal·lat al seu mateix eix, que al girar produeix electricitat.

4.1.8. Circuit de refrigeració o terciari

Les centrals nuclears, igual que les altres centrals convencionals i que qualsevol motor o màquina tèrmica, necessita d'un circuit de refrigeració per evacuar la calor no utilitzable, conseqüència del rendiment de qualsevol instal·lació.

Les dues unitats d'Ascó utilitzen com a font de refrigeració l'aigua del riu Ebre en un circuit terciari independent dels circuits primari i secundari. L'aigua és dirigida cap al condensador que es troba a la sortida de la turbina, per líquuar, a través dels seus tubs, el vapor expansionat que ha servit per fer-la girar. Un cop finalitzat el recorregut dels tubs del condensador, el total de l'aigua utilitzada es retorna al riu, complint els criteris ambientals regulats per tal de minimitzar la influència en l'entorn.

A les unitats de la C. N. Ascó l'aigua es pren del riu i addicionalment es disposa, entre el condensador i la descàrrega, de 2 bateries en paral·lel de torres de refrigeració de tiratge forçat i una torre de refrigeració de tiratge natural amb una alçada de 160 m, que actuen



quan el descens del cabal del riu ho imposa amb la finalitat d'assegurar que la temperatura de l'aigua descarregada respecti el límit autoritzat.

Un emplaçament marítim dóna la seguretat de disposar d'una font d'aigua inesgotable. En el cas que la font sigui el riu, el condicionant del cabal se soluciona amb la construcció de les torres de refrigeració.

4.1.9. Sala de control

La sala de control constitueix el centre de neuràlgic de totes les operacions de la central, a ella arriben tots els senyals i els controls de funcionament dels equips i dels sistemes que la constitueixen. És també on se situen els indicadors, els registradors i els comandaments dels diversos equips i sistemes de la central. El procés de tractament i codificació de les ordres emeses i de les informacions generades es duu a terme d'una manera altament automatitzada, amb la col·laboració de l'ordinador de procés i sota el comandament i el control dels operadors.

4.1.10. Recàrregues

Com en qualsevol instal·lació de producció d'energia elèctrica que utilitza combustible, es fa necessària la reposició del combustible gastat per un altre nou.

Periòdicament, a les centrals nuclears, es procedeix a la recàrrega del reactor, en la que se substitueix aproximadament un 40% dels elements combustibles. El combustible gastat, residu d'alta activitat, es manté en una piscina especialment dissenyada per aquesta finalitat, situada dintre de l'edifici de combustible, on s'emmagatzema fins que és retirat per la ENRESA, que s'encarrega d'aquestes activitats en el nostre país.

Aquestes maniobres es realitzen mitjançant una grua que extrau cadascun dels elements del nucli i els diposita en el canal de transferència que comunica - només durant la recàrrega - els edificis de contenció i de combustible, per a ubicar els elements gastats a las piscines de l'esmentat edifici de combustible. Aquesta maniobra es realitza amb els elements submergits en tot moment en aigua borada que serveix tant com a blindatge davant la radiació com de refrigerant dels elements.

4.2. Descripció del codi de càlcul Relap5/Mod3.2

Tot seguit es realitzarà una breu descripció del codi de càlcul utilitzat per a la simulació dels transitoris que formen part de la biblioteca de casos: el Relap5/Mod3.2, que va ser elegit en el seu moment per desenvolupar el model de planta de la CNA.

Relap5/Mod3.2 va ser desenvolupat per Idaho *National Engineering & Environmental Laboratory* (INEEL) per la *U.S. Nuclear Regulatory Comisión* (NRC).

Aquest codi va ser creat per calcular les simulacions dels transitoris que es produïen en els reactors d'aigua lleugera.

El programa inclou les sis equacions de conservació (massa, energia i quantitat de moviment), les concentracions de soluts i gasos no condensables. A més, té un format lliure



d'entrada de dades, capacitat d'obtenció de gràfics i gran flexibilitat en la simulació de qualsevol sistema termohidràulic.

El codi modela el comportament acoblat del reactor i del sistema de refrigeració en diferents escenaris de transitoris així com el comportament en estat estacionari. El Relap5/Mod3.2 és un codi altament genèric que permet simular una gran varietat de sistemes termodinàmics. Els components del sistema de control i del sistema secundari s'inclouen per modelar els controls de la planta, turbines, condensadors i els sistemes d'aigua d'alimentació del secundari [1].

El codi rep com entrada un fitxer anomenat input que conté la descripció de la central nuclear que es vol estudiar juntament amb les condicions inicials i d'operació. L'arxiu input que descriu la central consta de cinc models: l'hidrodinàmic, el tèrmic, el cinètic, el lògic i el de control. La informació de sortida s'emmagatzema en dos arxius de resultats : arxiu restart i arxiu output.

En el fitxer restart la informació és guardada en llenguatge màquina, i per tant l'usuari no pot accedir de forma directa a les dades. Aquest fitxer conté la informació sobre l'evolució de tots els paràmetres amb el temps. Amb l'ajuda d'un altre programa (strip.exe) es poden extreure els resultats de les variables que ens interessin estudiar en funció del temps i graficar-les amb un programa per a tal funció. Aquest fitxer també permet continuar la simulació a partir de l'instant final o de determinats moments d'un estacionari o transitori calculat anteriorment.

Durant l'execució del codi també s'obté l'arxiu de sortida output. La informació d'aquest arxiu pot ser consultada de forma directa. Un fitxer output comença amb un llistat del fitxer d'entrada (input). A continuació, hi apareix la *major edit* inicial, seguida de les requerides per l'usuari i les que el codi genera automàticament. Les *minor edits* de les variables demandades per l'usuari s'afegeixen entre les *major edits*. Addicionalment, entre les *major edits* poden aparèixer missatges que avisen de les dificultats que s'han trobat a l'hora d'executar el càlcul.

Una *major edit* conté la informació respecte al progrés del càlcul. Aquesta informació està distribuïda en blocs. A l'inici de la *major edit* s'hi troba la informació referent al pas de temps utilitzat, al temps de la CPU, al temps de simulació calculat, etc.

Després dona l'estat en el que es troben totes les variables lògiques (trip) en el moment en el que s'ha escrit la *major edit*, indicant si el trip és cert o fals.

Seguidament es mostren totes les condicions de tots els volums hidrodinàmics, pressions, fraccions de vapor, temperatures, densitats, velocitats, etc. A continuació hi ha les condicions hidrodinàmiques de les unions, l'estat del model de les estructures de calor i l'estat de les variables de control.

Les *minor edits* són uns llistats on s'hi troba l'estat de les variables demanades prèviament per l'usuari. Aquest llistat s'utilitza per obtenir la informació més important junta i, per tant, facilitar l'anàlisi de resultats.

El fitxer output permet localitzar els errors gramaticals que hi puguin haver en el fitxer input d'entrada i tots aquells que s'hagin produït durant l'execució d'aquest fitxer.



4.3. Descripció del model de planta

4.3.1. Introducció

Tant el model de planta de la Central Nuclear de Vandellòs II com el d'Ascó I-II són revisats constantment amb la finalitat de millorar i ampliar els resultats d'anàlisis obtinguts en les simulacions [2]. A més el GET treballa en la obtenció d'un model de confluència per a les dues centrals nuclears, que actualment estan explotades sota una gestió única. Com a conseqüència, els dos models de planta són molt similars i hi ha poques variacions d'un model a l'altre.

4.3.2. Central Nuclear d'Ascó

Després del procés de millores i ampliacions contínues dels models, desenvolupats per al codi Relap5 / Mod 3.2, la planta de la CNA actualment consta aproximadament del número d'elements que es mostren en la següent taula.

Elements	Nombre d'elements de la CNA
Volums hidrodinàmics	539
Variables de control	1454
Trips variables	219
Trips lògics	431
Taules	241
Variables interactives	117

Taula 4.1 Número d'elements dels models de planta de la CNA.

Tots aquests components formen part d'un input en Relap5/Mod3.2 (arxiu base d'entrada de dades) d'unes 17.000 línies per a la CNA.

El model de planta contempla tot el circuit primari de les centrals i el circuit secundari fins a les vàlvules d'admissió de la turbina. També s'inclouen, sistemes associats als circuits primari i secundari, com:

- Sistema de control químic i de volum (CVCS).
- Injecció de seguretat d'alta pressió.
- Injecció de seguretat de baixa pressió.
- Tancs acumuladors d'àcid bòric.
- Sistemes d'aigua d'alimentació, principal i auxiliar.
- Sistema de descàrrega al condensador (*Steam-Dump*).
- Vàlvules d'alleujament i seguretat del pressionador.
- Tanc d'alleujament del pressionador.
- Vàlvules d'alleujament i seguretat dels generadors de vapor.

El model inclou també:

- Senyals automàtiques d'instrumentació.
- Permissius.
- Sistema de proteccions i aturades de turbina i reactor.



- Sistemes de control.

Les limitacions principals del model venen referides a l'ús de la cinètica puntual i dany sever al nucli.

A continuació es mostra el diagrama de nodalització general per a la CNA.

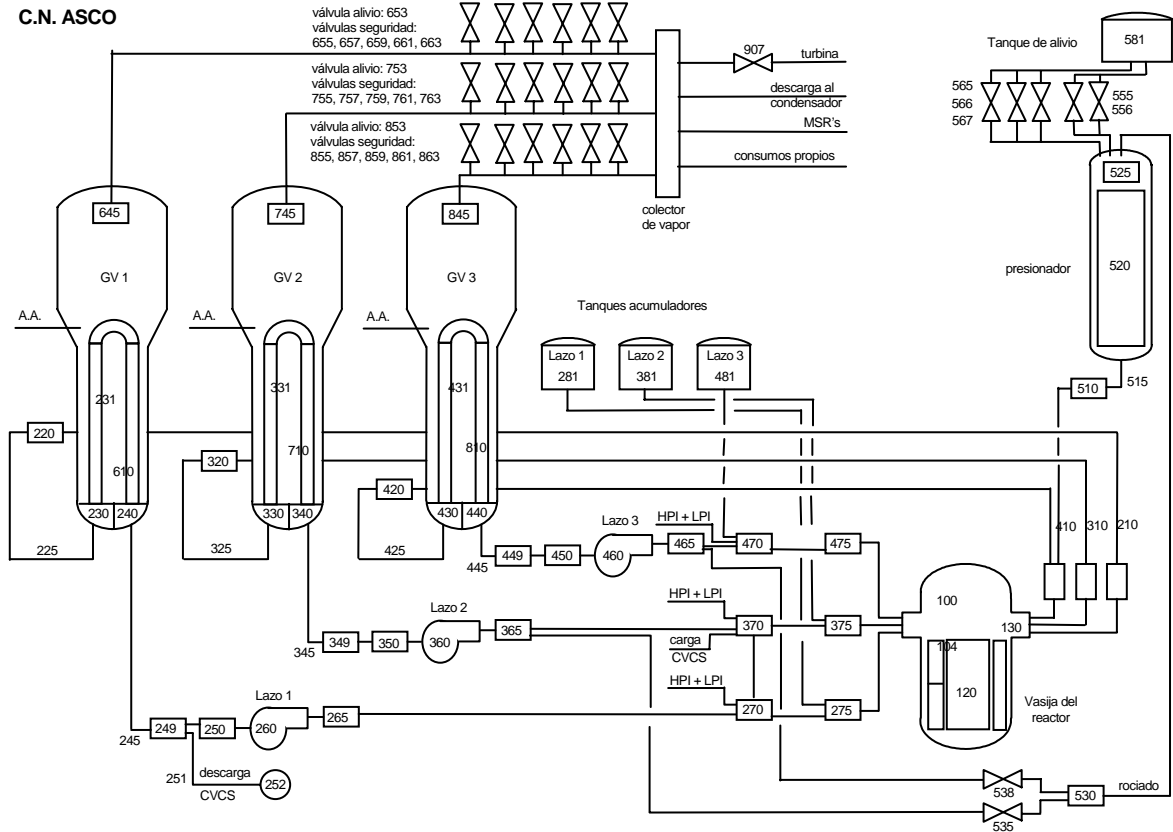


Figura 4.2 Esquema de nodalització general de la CNA.



5. Anàlisi de les configuracions tecnològiques de la CNA

5.1. Introducció

Prèviament a la simulació dels transitoris de planta és necessària l'obtenció dels estats estacionaris d'aquesta. Es considera que la planta es troba en estat estacionari en el moment en el que les variables principals del sistema assoleixen el seu valor nominal i el mantenen sense oscil·lacions apreciables durant un temps no inferior a 2000 segons. Els transitoris simulats en aquest projecte són transitoris reals de planta produïts entre 1995 i 1999. Les centrals, al llarg del cicle de vida recorregut, s'han trobat sotmeses a diversos canvis tecnològics deguts a millores o amb l'objectiu d'optimitzar-ne l'explotació. És per aquest motiu, que per al correcte anàlisi dels resultats obtinguts han hagut de ser creats els estacionaris que responen a l'estat de planta immediatament anterior al transitori ocorregut.

Actualment es distingeix un estat base estacionari o configuració per a quasi cada transitori. Fins a la realització d'aquest projecte s'anomenava configuració a l'etapa en la que la planta mantenia constants les característiques tecnològiques i la potència. A partir de la realització d'aquest projecte s'anomena configuració al compendi de característiques tecnològiques, de potència i pròpies de l'estat estacionari que permeten simular un transitori en les condicions més properes a l'estat en el que es trobava la planta en el moment de l'incident.

En el desenvolupament d'aquests estats, es distingiran configuracions tecnològiques i configuracions específiques.

En aquest moment, es distingeixen 4 configuracions tecnològiques per a la CNA. La configuració tecnològica original es la configuració tecnològica 1. Degut al reemplaçament dels generadors de vapor es crea la configuració tecnològica 2. Es passa a la configuració tecnològica 3 a causa d'un augment de potència de 2686MW als 2900MW. Un últim augment de potència fins als 2940MW fa que la configuració tecnològica actual sigui la 4.

L'any 1998 l'Associació Nuclear Vandellòs II i l'Associació Nuclear Ascó Vandellòs s'unifiquen en l'ANAV. Per al model de totes les plantes s'utilitzava el simulador Relap5/Mod3.2, tot i això, els models presentaven grans diferències entre ells. Per a aconseguir un mateix abast, numeració, sistemes de control i nodalització, es va crear un model únic de planta per a ambdues centrals.

Actualment, el model utilitzat per a la CNA presenta algunes diferències amb el model de la CNV II, degut a que les plantes no són exactament iguals, de totes maneres s'ha aconseguit un model base estàndard.

Fruit d'aquesta unificació, actualment tan sols es disposa de manera actualitzada de les configuracions tecnològiques 3 i 4. Realitzant els canvis oportuns sobre el model actual s'obindrà el model de la configuració 2 que permetrà simular sis transitoris ocorreguts durant el període tecnològic corresponent. L'obtenció de la configuració tecnològica 1 resulta a nivell pràctic poc interessant per la gran diferència tecnològica que representa en contrapartida als beneficis a nivell de millora del model actual a partir de les conclusions que se'n puguin extreure.



5.2. Configuració tecnològica 4

La configuració tecnològica 4 comprèn el període temporal des de 2001 fins a l'actualitat i correspon al model que actualment utilitza el GET. Es caracteritza per un estat nominal de potència de 2940MW.

5.3. Configuració tecnològica 3

La configuració tecnològica 3 comprèn el període des de 1999 fins a 2001 i es caracteritza per una potència tèrmica nominal de 2900MW. Per a l'obtenció del model de la configuració tecnològica 3 es parteix del model de la configuració tecnològica 4, el model d'aquesta configuració tecnològica és un model ja existent caracteritzat per una potència nominal tèrmica de 2940MW.

En planta, aquest canvi va significar una pujada de la potència d'un 1,4%, el que es coneix com *mini-uprating*. Per a dur a terme aquest canvi no va ser necessari un canvi significatiu en la maquinària de la planta ja que els sistemes es trobaven dimensionats per a l'absorció d'aquest.

En el canvi a aquesta nova configuració tecnològica la planta es va sotmetre a les modificacions pròpies d'un canvi de cicle amb el sobredimensionament específic de la potència generada pel combustible per al *mini-uprating* i a una sèrie de modificacions en paràmetres de control i punts de consigna.

5.3.1. Canvis

Els canvis realitzats en el model de la configuració tecnològica 4 per a l'obtenció de la configuració tecnològica 3 s'enumeren a continuació.

- Introducció de la cinètica del cicle amb valors corresponents al cicle 13 de CNA II.
- Canvi en els punts de consigna d'acord amb el PLS rev. 4 [3].
- Correcció d'anomalies detectades en el model.
- Canvi en el programa de cabal de la turbina per a la reproducció de les condicions de planta anteriors al *mini-uprating*.
- Modificació de la funció per al control de la velocitat de les barres de control segons PLS rev. 4 [3]. Per a l'anul·lació de la banda morta de les barres és suficient una modificació dels paràmetres dels biestables. L'ajust de les barres no és necessari.
- Correcció en la lògica del control de la descàrrega de vapor al condensador.
- Correcció d'error en lògica de bloqueig d'extracció de barres segons PLS rev.4[3].

Un cop introduïts els canvis relatius a la configuració tecnològica 3 es procedeix a realitzar la simulació d'un estacionari que certifiqui la validesa de les dades en aquest estat així com la seva estabilitat. Fruit de l'anàlisi dels resultats són modificats i ajustats els sistemes que s'enumeren a continuació.

- Canvi en el factor *fouling* de transmissió de calor en els generadors de vapor.
- Canvi en el programa de temperatura en funció de la potència de turbina per a que la potència inicial sigui la de la planta.
- Canvi en el programa del nivell del pressionador en funció de la temperatura mitja per a igualar el nivell al de planta.



- Canvi del valor de gradient de temperatura en els tres llaços amb l'objectiu que en estat estacionari el gradient normalitzat obtingui un valor del 100%.
- Canvi del valor de la temperatura de referència a 306.5K en el càlcul de desviació de la temperatura mitja.
- Canvi en la variable informativa 2855 per a reflexar que en estat estacionari hi ha dos grups de calentadors fixes.

Els valors de les variables més representatives de la simulació comparades amb els valors de planta es mostren en la següent taula.

	Planta	Simulació
Potència nuclear (%)	100.33	100.0
Posició banc control D	214	214
Potència turbina (%)	99.99	100.0
Temperatura mitja (°C)	306.5	306.5
Temperatura de referència (°C)	306.4	306.5
Pressió pressonador (kg/cm ² rel)	157.2	157.2
Nivell PZR (%)	56.7	56.9
Pressió secundari (kg/cm ² rel)	65.7	65.8
Cabal AAP a GV A (T/h)	1982.7	1952.0
Cabal AAP a GV B (T/h)	1991.1	1963.8
Cabal AAP a GV C (T/h)	1988.5	1956.9
Cabal vapor GV A (T/h)	2021.9	1926.8
Cabal vapor GV B (T/h)	1955.1	938.6
Cabal vapor GV C (T/h)	1899.3	1931.7
Nivell GV 1 (RE) (%)	50.4	50.6
Nivell GV 2 (RE) (%)	50.7	50.6
Nivell GV 3 (RE) (%)	50.8	50.6
Velocitat TBAAP "A" (rpm)	5117.4	5109.0
Velocitat TBAAP "B" (rpm)	5139.7	5109.0

Taula 5.1 Valors variables representatives simulació versus real. Configuració tecnològica 3.

En aquesta taula es pot comprovar com els valors de les variables de la simulació prenen valors significativament propers a les mateixes en planta.

La relació de targetes introduïdes en el model corresponents als canvis enumerats en aquest apartat per a la simulació de la configuració tecnològica 3 a partir de la 4 es poden trobar en l'annex A.

5.3.2. Validació del model

El càlcul realitzat per a la validació de la configuració tecnològica 3 del model amb el codi de càlcul *RELAP5/Mod3.2* ha consistit en la simulació d'un transitori operacional realitzat durant la recàrrega de l'any 1999 i rau en un rebuig de càrrega en la turbina del 100% al 50%.

Els resultats d'aquest transitori, les modificacions introduïdes en el codi per a la simulació de l'estacionari base i el codi relatiu a la cronologia de successos produïts en planta per a la simulació d'aquest es troben en l'informe "*Validación del modelo de CN Ascó con RELAP5/MOD3 - Rechazo de carga del 100% al 50%*" [4].



5.4. Configuració tecnològica 2

La configuració tecnològica 2 comprèn el període temporal des de 1995 fins a 1999 i es caracteritza per una potència tèrmica nominal de 2868 MW. La característica que la distingeix de la configuració antecessora és el canvi dels generadors de vapor i de la predecessora la potència generada. Els canvis realitzats en el model s'executen a partir de la configuració tecnològica 3, pel que el nou model s'obté a partir de la introducció dels canvis pertinents en el model d'aquesta configuració.

El canvi més significatiu de la configuració tecnològica 2 es centra en la potència tèrmica nominal generada. Gran part dels canvis introduïts en el model formen part de l'adequació dels sistemes tecnològics i de control a aquest canvi de potència [5].

A continuació es realitzarà una descripció detallada sobre la introducció d'aquests canvis.

5.4.1. Canvis d'inicialització per al correcte funcionament dels inputs

Les modificacions corresponents a la inicialització del model poden ser consultades en l'annex A. Aquestes modificacions no corresponen a cap configuració tecnològica, són ajustos de paràmetres ficticis introduïts com a condicions externes al model.

5.4.2. Canvis en el primari

Potència tèrmica nominal

La potència en la configuració tecnològica 3 era de 2900MW, el model ha d'introduir un canvi a 2686MW relatiu a la potència tèrmica nominal de la configuració tecnològica 2. Aquest canvi suposa una disminució de potència del 8%, i és definida en la configuració cinètica corresponent.

El terme cinètica inclou el bloc de línies de codi que simulen les dades de combustible i que modelen la cinètica puntual que regeix el comportament a nivell de producció d'energia en el nucli del model.

El fet que Relap5/Mod 3.2 utilitzi un model de cinètica puntual en el reactor introdueix una sèrie de limitacions. La modelació puntual de la cinètica no té en compte la distribució axial i radial en el nucli. En els transitoris reals amb inserció parcial de barres, els perfils axials i radials es sotmeten a modificacions. Degut a la impossibilitat d'introduir aquestes variacions en un model de cinètica puntual, els transitoris simulats en condicions d'inserció parcial queden lleugerament desvirtuats.

Han estat creats dos models de cinètica per a la configuració tecnològica 2 que es troben en l'annex C [6].

Central	Cicle cinètic
CNA I	Cicle 12
CNA II	Cicle 11

Taula 5.4 Cicles de combustible. Configuració tecnològica 2..



Finalment i en referència als canvis que introdueix directament la potència ha estat canviat el factor que normalitza el seu valor per ser cridat per sistemes lògics que en depenen.

Temperatura mitja del primari

El canvi introduït en la potència introdueix una variació en la temperatura freda i calenta del primari. El balanç ponderat d'aquestes variables és un dels paràmetres de control més significatius d'aquest circuit. La temperatura mitja és punt de referència per al control de diversos paràmetres i sistemes del primari.

La temperatura mitja és un paràmetre que influencia directament el control de la pressió del primari encarregada al pressionador i als corresponents sistemes de control.

Les modificacions introduïdes són les següents:

- Valors de la taula que relaciona el nivell del pressionador amb la temperatura mitja del primari.
- Control en l'error del pressionador.

Entre els canvis introduïts i referents a la temperatura mitja també es troben els que controlen el sistema de moviment de barres.

5.4.3. Canvis en el secundari

Generadors de vapor

L'energia tèrmica produïda en el reactor és transportada pel refrigerant per la branca calenta i introduïda en els tubs del generador de vapor on cedeix la calor que transporta a la part exterior d'aquests tubs i escalfarà l'aigua que circula per la part exterior produint-ne la seva evaporació.

El canvi introduït en la potència comporta el transport d'una càrrega tèrmica menor fins als GGVV que hauran d'evaporar una quantitat menys elevada d'aigua per a mantenir el circuit primari en el rang de temperatures projectat i a la vegada mantenir un nivell d'aigua correcte per a evaporar.

Fruit d'aquesta nova absorció de calor, hauran de ser modificats els següents paràmetres:

- Valor inicial de les variables que capturen els cabals de vapor generats pels GGVV així com el valor que normalitza la captura total d'aquests cabals.
- Valor inicial de les variables que capturen els cabals d'AAP que alimenten els GGVV així com el valor que normalitza la captura dels mateixos.
- Sistema de control d'obertura de les vàlvules d'AAP.
- Valors de la taula que dictamina el cabal absorbit per la turbina i procedent dels GGVV per a la generació elèctrica.



5.4.4. Canvis en sistemes de control

Els canvis produïts, essencialment, al voltant de la potència tèrmica influeixen a les consignes, punts de taratge, trips de control, etc. de gran quantitat de sistemes de control [5]. A continuació s'enumera una llista amb les referències dels canvis introduïts.

- Control de barres: nivell de retràs del *power mismatch* versus error compensat de temperatura.
- Sistema de protecció del reactor:
 - Aturada del reactor pel sistema refrigerant del reactor.
 - Ajust en el tractament del senyal OTDT
- *Runback* de la turbina per senyal OTDT i OPDT
- Control de les vàlvules d'AAP:
 - Control del sistema d'obertura.
 - Coeficient de pèrdua de pressió dinàmica.
- Control turbobombes d'AAP.
- Senyal d'injecció de seguretat: senyals d'aturada produïdes pels GGVV.
- Control dels punts de pèrdua de càrrega de l'*steam-dump*.
- Senyal d'aïllament de les línies de vapor.

5.4.5. Modificacions introduïdes en el model

Els canvis introduïts en el model partint de la configuració tecnològica 3 per arribar a la 2 es reproduïxen en l'annex A.

5.5. Modificacions específiques dels estacionaris per a la simulació dels transitoris de validació

Per a la simulació dels transitoris de la han hagut de ser reproduïdes característiques específiques de l'estat estacionari de la planta en el moment en el que es produï cadascun dels incidents.

Aquestes característiques es reproduïxen en l'annex A.



6. Transitoris de validació

6.1. Introducció

En una instal·lació nuclear es considera transitori a l'estat en el que les variables més significatives de la planta sofreixen una variació considerable respecte al seu valor en estat nominal.

Els possibles transitoris d'una instal·lació nuclear es solen classificar en 4 tipus, en funció de la seva freqüència estimada i de les possibles conseqüències radiològiques:

- Operació normal i transitoris operacionals. Es produeixen regularment en el funcionament a potència, recàrrega, manteniment o maniobres a la central.
- Fallades de freqüència moderada. Fallades amb una freqüència esperada de 1/any aproximadament. En el pitjor dels casos el reactor dispara, però la central és capaç de tornar a funcionar en breu.
- Fallades infreqüents. Poden provocar danys a una petita fracció del combustible, però suficient per a impedir el funcionament de la central durant un període prolongat. La seva freqüència esperada és d'una vegada en la vida de la central.
- Fallades limitatives. No s'espera la seva ocurrencia durant la vida de la central, però es postulen perquè, en cas de produir-se, podrien provocar l'alliberament de radioactivitat a l'exterior, i per això s'inclouen com a accidents base de disseny.

Els transitoris que s'analitzaran pertanyen a la primera i segona categoria, fallades de freqüència moderada.

Des de la seva posada en funcionament, en la CNA s'han produït diversos transitoris. A continuació es simulen amb els models corresponents alguns d'aquests transitoris a fi de demostrar que els models obtinguts de la planta reflexen la reacció de la planta en el corresponent transitori real.

Seràn objecte d'estudi en el present projecte sis transitoris corresponents a la configuració tecnològica dos i un transitori corresponent a la configuració tecnològica tres.

Els transitoris ocorreguts amb anterioritat, els que corresponen a la configuració tecnològica primera, no seran simulats. La gran diferència tecnològica de la configuració tecnològica primera amb l'actual configuració resta interès a la simulació dels transitoris corresponents a aquest període degut al gran volum de treball que suposaria la recuperació de dit model en contrapartida a la poca informació que podria ser utilitzada per a la millora del model actual.

Gran part dels transitoris simulats en aquest projecte, ja van ser simulats amb anterioritat sobre un model antic de planta [7]. Dels informes corresponents se n'ha pogut extreure la informació d'accions manuals que van ser realitzades i dades complementaries com l'estat específic d'algunes variables de la planta en aquell moment.

Amb les dades facilitades per aquests informes s'han ajustat els inputs per a la simulació amb Relap5/Mod3.2 dels models d'estacionaris de la configuració tecnològica segona i s'han creat els inputs per als transitoris de la mateixa configuració.



El primer transitori es va iniciar per aturada del reactor degut a un baix nivell de cabal en un dels tres llaços. El segon transitori consisteix en una aturada del reactor per baix nivell del tercer generador de vapor degut al tancament de la corresponent vàlvula d'aigua d'alimentació. El tercer i quart corresponen al grup de transitoris operacionals i consisteixen en una pèrdua de càrrega en la turbina del 100% al 50% de CNA I i CNA II respectivament, provocats durant la recàrrega de combustible del cicle 12 i 11. Finalment, el cinquè i sisè transitori corresponen a una baixada i pujada de càrrega del 10% de potència partint d'estats estacionaris al 75% i 65% de potència nominal respectivament. Aquests sis transitoris han estat llençats sobre estats de planta que corresponen a la configuració tecnològica segona.

Pel que fa a la configuració tecnològica tercera, ha estat simulat un últim transitori operacional de pèrdua de càrrega del 100% al 50% [4].

Amb la simulació d'aquests transitoris s'amplia la base de dades necessària per a realitzar estudis de sensibilitat amb la finalitat d'ajustar components o sistemes que tan sols entren en funcionament en estats de planta no nominals. Fins ara tan sols es disposava d'un transitori, el corresponent al rebuig de càrrega 100%-50% de la configuració tercera. Simulant els sis transitoris de la configuració tecnològica segona s'amplia notablement els casos reals en els que entren en funcionament sistemes auxiliars susceptibles d'ajustar.

El comportament d'aquests sistemes s'estudia comparant paràmetres reals de planta [8] amb paràmetres reals de la simulació, tot i en moltes ocasions per falta de les dades concretes de sistemes s'ha de realitzar l'estudi d'aquests sistemes a través de variables indirectes. Per exemple, s'intueix, tot i que no se'n tenen dades de planta, que l'*steam-dump* extreu més vapor del que li pertoca ja que la temperatura mitja del cicle queda per sota de la temperatura mitja real. En aquest cas es va procedir a un ajust de l'àrea de les vàlvules i de les pèrdues de càrrega del condensador. La temperatura mitja del sistema com a variable influenciada indirectament per l'*steam-dump*, va poder ésser modificada en el sentit desitjat.

Seguidament s'exposen els informes corresponents a cada transitori simulat on consten les condicions d'estacionari, la cronologia de successos del transitori, l'anàlisi de dades, comparació amb dades de planta i observacions. Les dades que no han estat incloses en la memòria es troben disponibles en els annexes.

Destacar que les unitats utilitzades en l'anàlisi, no sempre corresponen a les unitats del SI degut a que en alguns casos s'han utilitzat les mateixes unitats amb les que treballa el control d'operacions de la CNA.

6.2. Aturada del reactor per baix cabal en un llaç

Aquest transitori va tenir lloc en la CNA I durant el transcurs del cicle número 12, i va ser provocat per una aturada del reactor per activació de la senyal de baix cabal en un incident operatiu.

L'arxiu input corresponent a aquest transitori rep el nom de *A1D12B_tv1.inp*.



6.2.1. Estacionari

Per a la simulació d'aquest transitori serà utilitzat el model d'estacionari pertanyent a la configuració tecnològica dos amb les següents característiques:

- Potència al 100%.
- Grup: CNA I.
- Cicle a l'inici del temps de vida (BOL).
- Cinètica corresponent al cicle 12 de CNA I.
- Temperatura nominal del cicle alta (581.5K).
- Temperatura d'AAP baixa (497K).

Aquest conjunt de característiques es recullen en l'arxiu *A1D12B_1.inp*.

Amb el fitxer estacionari resultant de la simulació de 12000s i restaurada la banda morta de les barres de control a menor sensibilitat, s'ha realitzat l'execució d'un transitori nul per tal d'extreure'n les dades de l'estat estacionari.

A continuació es mostra una taula comparativa dels valors de les variables més significatives en estat estacionari versus els valors en les mateixes condicions de planta.

	dades planta			simulació		
	PotNuc%	99.9			99.9	
TRef(K)	581.4			581.4		
Tm(K)	581.3			581.1		
PMaxPZM(Pa)	15560000			15720558.8		
PMinPZM(Pa)	15510000			15720558.8		
NivPZM(%)	57.6			57.5		
DemSpray(%)	11.17			12.9		
PGVi(Pa)	6870000	6860000	6860000	6889668.3	6866571.6	6879033.5
NivGVi(%)	50.9	50.8	50.7	50.6	50.6	50.6
QvapLi(kg/s)	495.3	495.4	497.3	493.2	495.7	494.3
QAAPi(kg/s)	501.5	493.2	495.5	500.3	502.9	501.4
TAAP(K)	497.3			497.2	497.2	497.2
PAspTBAAP(Pa)	2840000			2911488.6		
PDescTBAAP(Pa)	8370000			8486225.9		
VelTB(rad/s)	520.3			538.4		
PAAPi(Pa)	7100000	7050000	7080000	6937158.6	6927293.6	6949042.6
QAAAuxA(kg/s)	0			0		
QAAAuxB(kg/s)	0			0		
QAAAuxC(kg/s)	0			0		

Taula 6.1 Valors estacionaris. simulació versus planta.

6.2.2. Transitori

El transitori s'inicia per senyal de baix cabal en un dels tres llaços. El baix nivell en un llaç es troba tipificat com un dels senyals d'aturada del reactor.

Inicialment i degut a la ràpida aturada de la reacció nuclear amb una continua extracció de calor es produeix una baixada de temperatura mitja i de pressió del primari. Aquesta extracció de calor del primari és realitzada primerament pel cabal que subministren les bombes d'AAP, que malgrat estar alimentades per la generació elèctrica de la central, es troben proveïdes d'un volant d'inèrcia amb el que posseeixen una autonomia d'un mig minut



posterior a l'aturada de la reacció, i posteriorment per la posada en marxa de les bombes d'AAA, que es disparen en el segon 21 després de l'aturada.

La pressió dels generadors de vapor puja inicialment degut a la pujada de pressió de l'AAP.

L'*spray* del pressionador deixa de funcionar automàticament. La funció de l'*spray* és la de refredar el primari en escenaris on es produeixen petites pujades de pressió, pel que en l'escenari descrit, no és necessària la seva funció.

Les dades facilitades d'aquest transitori comprenen un període de 300s.

A continuació es realitza la cronologia de les accions que han tingut lloc en la simulació del transitori.

- **ESDEVENIMENT INICIADOR**
t = 0, senyal de baix nivell en un dels tres llaços activada a certa.
- **SUCCESSIÓ D'ESDEVENIMENTS**
t = 9, activació de l'aturada de la turbina
t = 21, posada en marxa de les bombes d'AAA

- **ACCIONS MANUALS**
Degut a una malfunció en l'actuació de les bombes d'aigua d'alimentació auxiliar s'ha hagut de realitzar una modulació manual del seu comportament. Han estat modelades dues alternatives incloses en l'arxiu input corresponent. La primera consisteix en realitzar el seguiment de l'AAA modificant l'obertura de les vàlvules 895, 795 i 695 en funció del temps. L'altra opció es basa en deixar l'obertura de les vàlvules anteriors al 100% i forçar el cabal enfront el temps en les *time dependent junctions* immediatament posteriors als *time dependent volumes* que simulen les bombes d'AAA.

6.2.3. Anàlisi i comparació de resultats

A continuació es comparen els resultats de la simulació del transitori amb els resultats d'aquest mateix escenari en planta a través de les variables més significatives.

Potència nuclear

La potència nuclear resultant de simulació reproduïx correctament la caiguda real de la variable de planta.



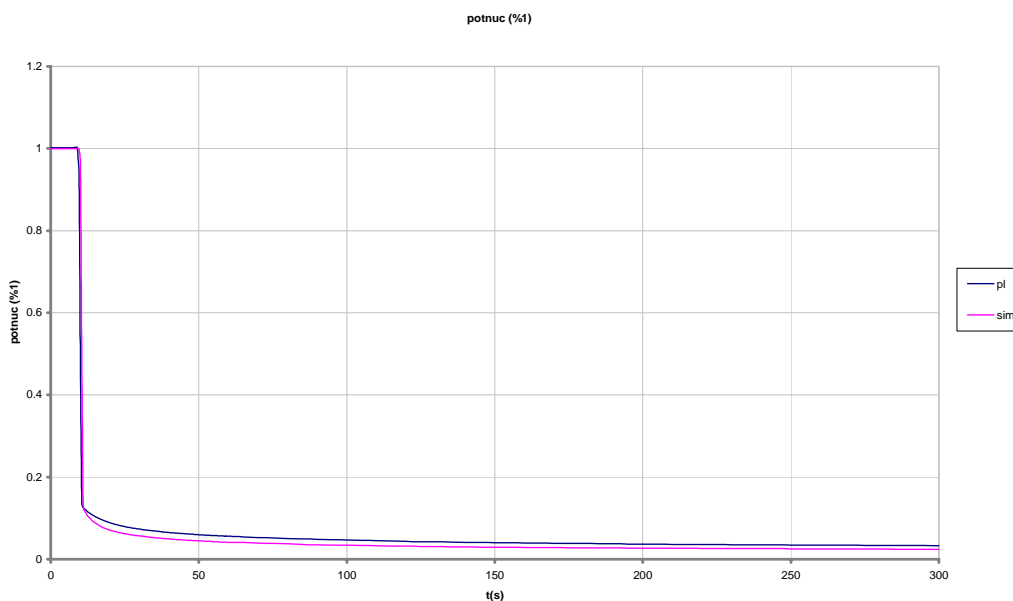


Fig. 6.1 Potència nuclear.

Pressió del primari i temperatura mitja

S'observa la baixada brusca inicial tant en la pressió del primari com en la seva temperatura resultat del bon funcionament en el procés d'aturada del reactor i el correcte funcionament d'extracció de calor realitzat per l'AAP i l'AAA en els generadors de vapor.

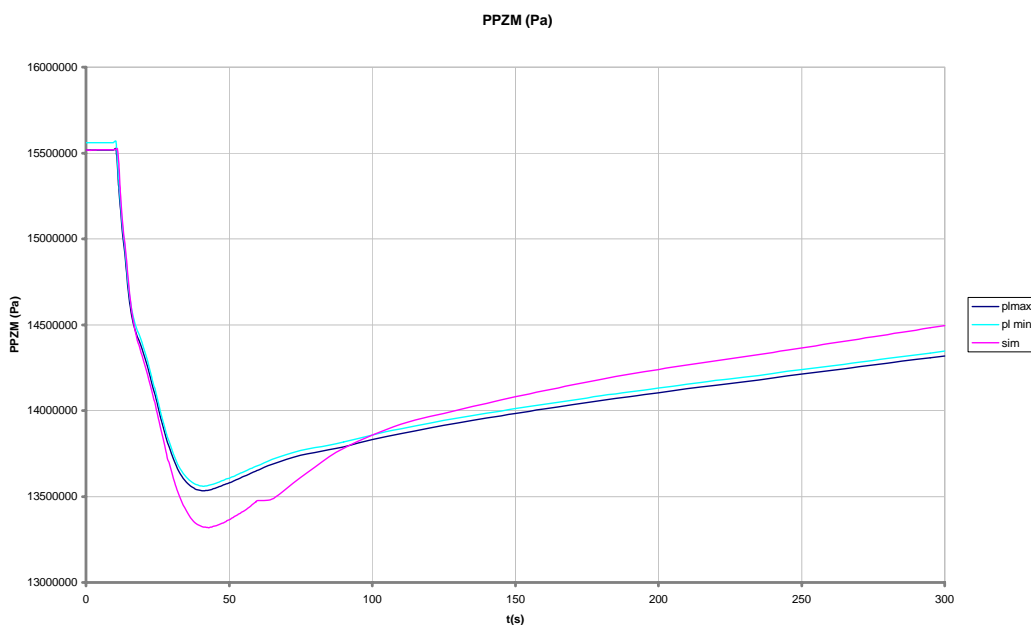


Fig. 6.2 Pressió primari.

La diferència quasi inexistent en el tram final de la gràfica de temperatura mitja s'ha aconseguit disminuir resultat del procés d'ajust d'àrea de les vàlvules de l'*steam-dump*. El desajust que es produeix en el primer tram de resposta és causat per una amplificació de la resposta en el sistema de control.



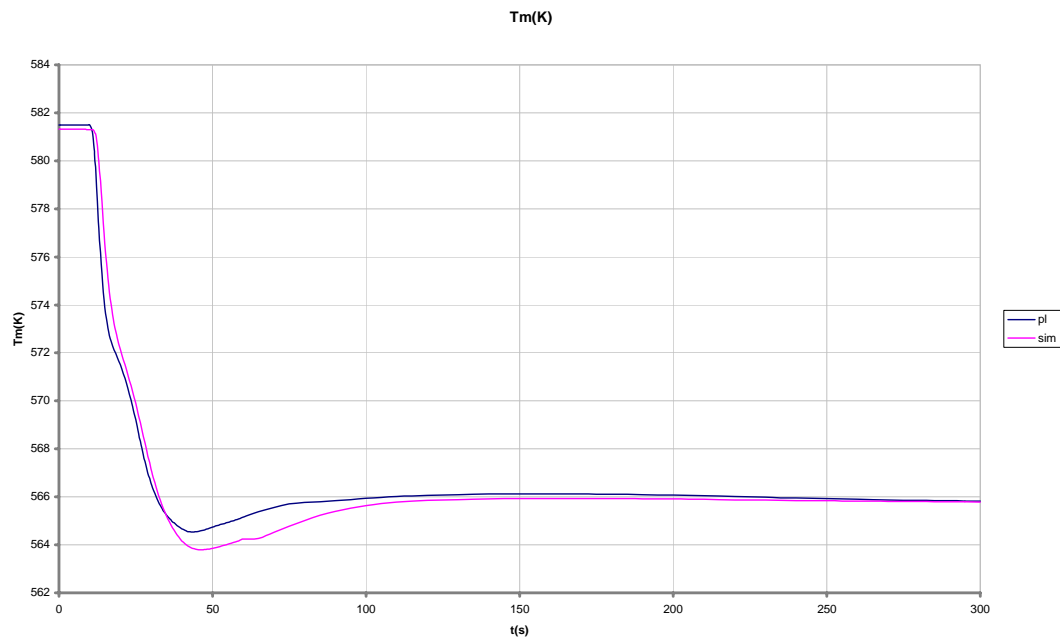


Fig. 6.3 Temperatura mitja del primari.

Pressió del secundari

En aquesta gràfica comprovem que les dades no s'ajusten correctament a les dades reals de planta.

En el primer tram, el que correspon a l'estat estacionari, la pressió queda per sobre de la real, degut a la solució de compromís adquirida amb el valor del factor *fouling* o qualitat de transmissió de calor. A l'inici del transitori la pressió continua amb una tendència a la baixa més pronunciada.

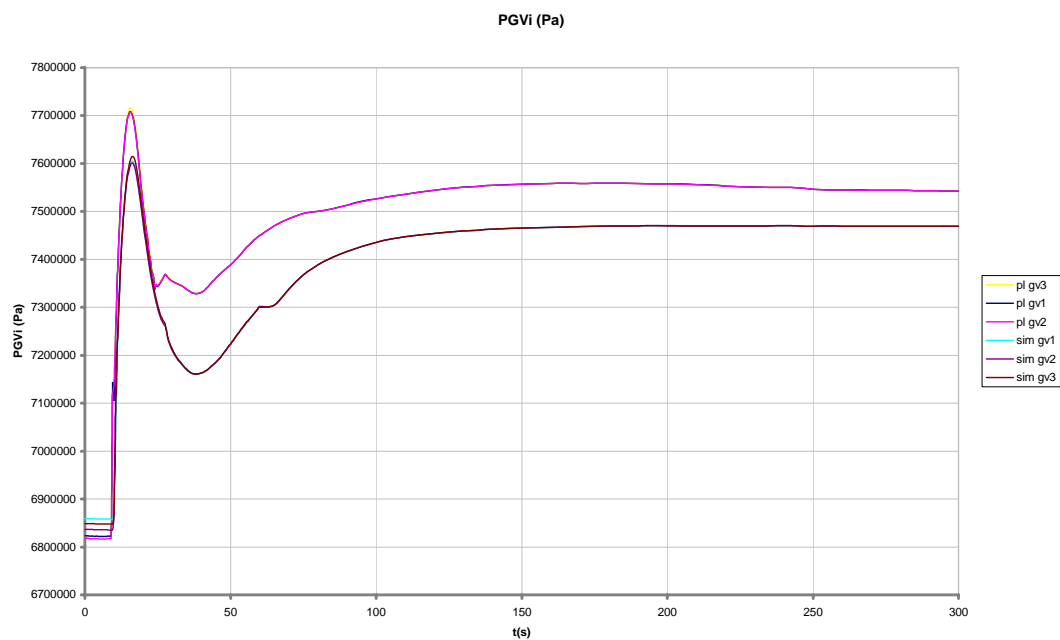


Fig. 6.4 Pressió del secundari.



6.2.4. Càlcul cec del transitori

Paral·lelament a la simulació del transitori presentada s'ha realitzat la simulació d'un càlcul cec, anomenat d'aquesta manera per la manca d'actuacions manuals.

L'arxiu input corresponent a aquest transitori rep el nom de *A1D12B_tv1cec.inp*.

El resultat d'aquesta simulació ha repercutit negativament en el sistema d'AAA, que a la vegada ha desajustat el nivell dels generadors de vapor i el cabal de vapor generat per aquests.

Les gràfiques més significatives d'aquest càlcul es mostren a continuació.

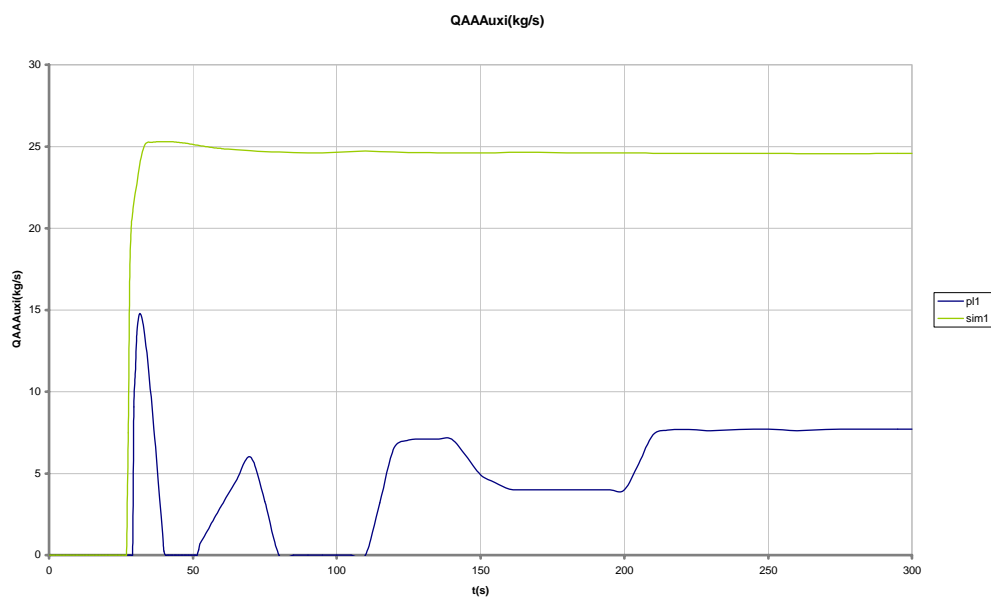


Fig. 6.5 Cabal d'aigua d'alimentació auxiliar.

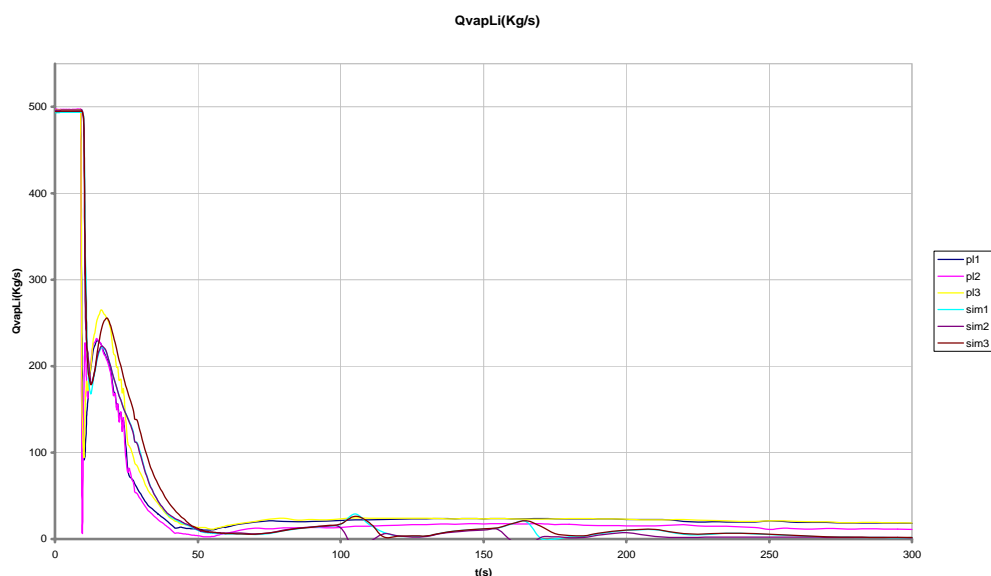


Fig. 6.6 Cabal produït en els generadors de vapor.



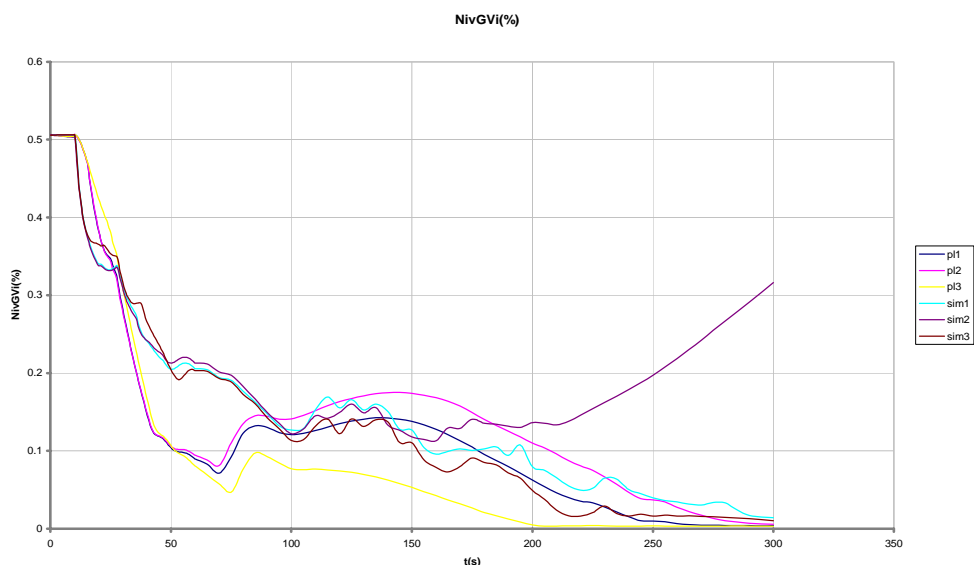


Fig. 6.7 Nivell dels generadors de vapor.

6.2.5. Conclusions

Les dades obtingudes de la simulació del transitori s'ajusten raonablement a les dades de planta.

En la pujada de pressió del secundari existeix discrepància entre les dades de planta i les de la simulació degut al compromís de repartiment d'error que genera el *fouling* entre tots els transitoris.

Les gràfiques no incloses en aquest informe es troben en l'annex F.

Durant el transcurs d'aquest transitori han entrat en funcionament diversos sistemes. En la taula 6.2 es realitza un recull d'aquests, especificant els paràmetres de planta utilitzats per al seu estudi.

sistemes		paràmetre de planta
Sistema de alivio del presionador	vàlvules control	Pressió del primari
Sistema rociado presionador	vàlvules control	Posició vàlvules d'spray/Pressió del primari
Calentadores	vàlvules control	Pressió del primari
Sistema de seguridad de los GGVV	vàlvules control	Pressió GGVV
Sistema de alivio de los GGVV	vàlvules control	Pressió GGVV
Sistema de AAP	vàlvules principals control valv. ppals	Q AAP
Sistema de AAA	vàlv. turbobomba	Q AAA
	control	Q AAA
Sistema descarga steam-dump	vàlv. motobombes control	Temperatura mitja
Sistema de barras	vàlvules control	potència nuclear

Taula 6.2 sistemes que entren en funcionament en el transcurs del transitori.



6.3. Aturada del reactor per baix nivell en un GV

Aquest transitori va tenir lloc en la CNA I en el transcurs del cicle 12, i va ser provocat per una aturada del reactor per baix nivell en el tercer generador de vapor degut al tancament de la vàlvula d'aïllament de la corresponent aigua d'alimentació.

L'arxiu input corresponent a aquest transitori rep el nom de *A1D12B_tv2.inp*.

6.3.1. Estacionari

Per a la simulació d'aquest transitori serà utilitzat el model d'estacionari pertanyent a la configuració tecnològica dos amb les següents característiques:

- Potència al 100%.
- Grup: CNA I.
- Cicle a l'inici del temps de vida (BOL).
- Cinètica corresponent al cicle 12 de CNA I.
- Temperatura nominal del cicle baixa (580.2K).
- Temperatura d'AAP baixa (497K).

Aquest conjunt de característiques es recullen en l'arxiu *A1D12B_2.inp*.

Amb el fitxer estacionari resultant de la simulació de 12000s i restaurada la banda morta de les barres de control a menor sensibilitat, s'ha realitzat l'execució d'un transitori nul per tal d'extreure'n les dades de l'estat estacionari.

A continuació es mostra una taula comparativa dels resultats en estat estacionari versus planta.

	dades planta			simulació		
PotNuc%	100			99.9		
TRef(K)	580.23			580.23		
Tm(K)	580.4			579.9		
PMaxPZM(Pa)	15580468.25			15517550.55		
PMinPZM(Pa)	15500380.61			15517550.55		
NivPZM(%)	55.5			55.3		
DemSpray(%)	5.66			9.11		
PGVi(Pa)	6708065.1	6707084.4	6712641.5	6773458.6	6755873.6	6734851.5
NivGV(%)	51.1	50.8	50.6	50.6	50.6	50.6
QvapLi(kg/s)	497.0	493.2	507.5	493.0	495.6	494.1
QAAPi(kg/s)	500.2	490.6	508.8	500.1	502.7	501.2
TAAP(K)	497.43			497.19		
PAspTBAAP(Pa)	2838361.02			2911896.95		
PDescTBAAP(Pa)	8205540.56			8438364.50		
VelTB(rad/s)	513.97			536.63		
PAAPi(Pa)	6999976.387	6876412.597	6874451.267	6889739	6879811	6901677
QAAAuxi(kg/s)	0			0		

Taula 6.3 Valors estacionari simulació versus planta.



6.3.2. Transitori

El transitori s'inicia per baix nivell en el tercer generador de vapor degut al tancament de la vàlvula d'aïllament de la corresponent aigua d'alimentació principal. L'aturada del reactor no és automàtica, s'imposa als 30 segons.

Inicialment i degut a la ràpida aturada de la reacció nuclear amb una continua extracció de calor es produeix una baixada de temperatura mitja i de pressió del primari. Aquesta extracció de calor del primari és realitzada primerament pel cabal que subministren les bombes d'AAP, que malgrat estar alimentades per la generació elèctrica de la central, es troben proveïdes d'un volant d'inèrcia amb el que posseeixen una autonomia d'un mig minut posterior a l'aturada de la reacció, i posteriorment per la posada en marxa de les bombes d'AAA, que es disparen en el segon 21 després de l'aturada.

La pressió dels generadors de vapor puja inicialment degut a la pujada de pressió de l'AAP.

L'*spray* del pressionador deixa de funcionar automàticament. La funció de l'*spray* és la de refredar el primari en escenaris on es produeixen petites pujades de pressió, pel que en l'escenari descrit, no és necessària la seva funció.

Les dades facilitades d'aquest transitori comprenen un període de 300s.

A continuació es realitza la cronologia de les accions que han tingut lloc en el transitori.

- ESDEVENIMENT INICIADOR
t = 8, tancament de les vàlvules 873 i 874 corresponents al llaç d'AAP del GV3.
- SUCCESSIÓ D'ESDEVENIMENTS
t = 30, aturada del reactor imposada per baix nivell del GV3.

- ACCIONS MANUALS

Degut a una malfunció en l'actuació de les bombes d'aigua d'alimentació auxiliar s'ha hagut de realitzar una modulació manual del seu comportament. Han estat modelades dues alternatives incloses en l'arxiu input corresponent. La primera consisteix en realitzar el seguiment de l'AAA modificant l'obertura de les vàlvules 895, 795 i 695 en funció del tems. L'altra opció es basa en deixar l'obertura de les vàlvules anteriors al 100% i forçar el cabal enfront el temps en les *time dependent junctions* immediatament posteriors als *time dependent volumes* que simulen les bombes d'AAA.

Ha estat modificat manualment el control de la desviació de la temperatura de l'*steam-dump* a 565.3K enfront als 564.5K de l'estacionari nominal

6.3.3. Anàlisi i comparació de resultats

A continuació es comparen els resultats de la simulació del transitori amb els resultats d'aquest mateix escenari en planta a través de les variables més significatives.

Potència nuclear

La potència nuclear resultant de simulació reproduïx correctament la caiguda real de la variable de planta.



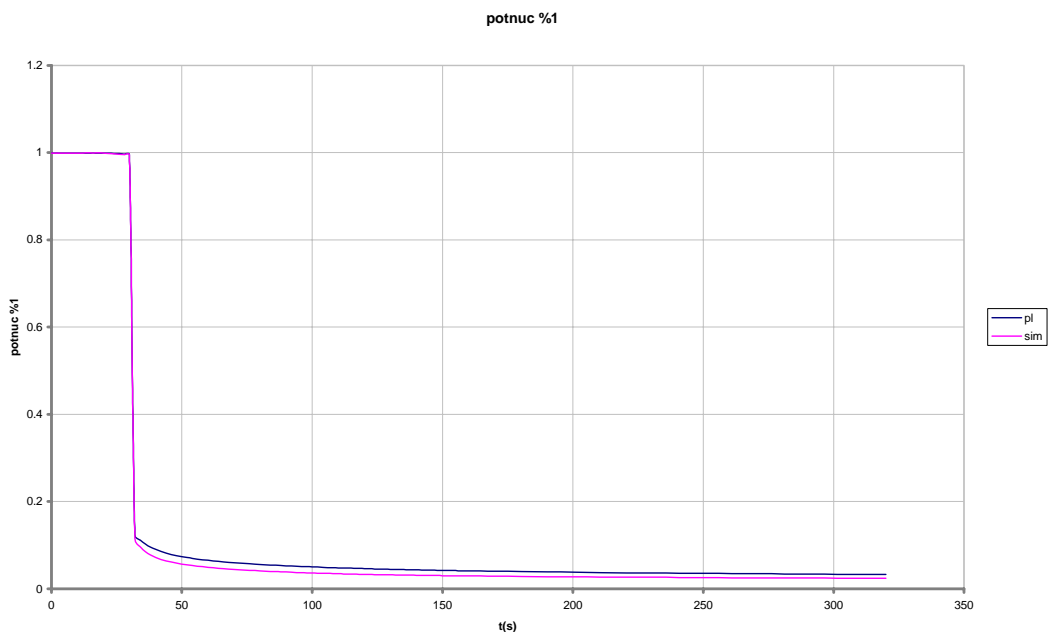


Fig. 6.8 Potència nuclear.

Pressió del primari i temperatura mitja

S'observa una lleugera pujada de la pressió del primari deguda a la pujada en paral·lel de la temperatura mitja d'aquest circuit. Aquestes desviacions a l'alça són conseqüència de la disminució de fluid refrigerant causades pel tall de subministre d'AAP i la no davallada de calor a evacuar provinent del nucli. Aquesta tendència creixent es veu frustrada per l'aturada del reactor en el segon 30, que causa una baixada brusca tant en la pressió del primari com en la seva temperatura resultat del bon funcionament en el procés d'aturada del reactor i el correcte funcionament d'extracció de calor realitzat per l'AAP i l'AAA en els generadors de vapor.

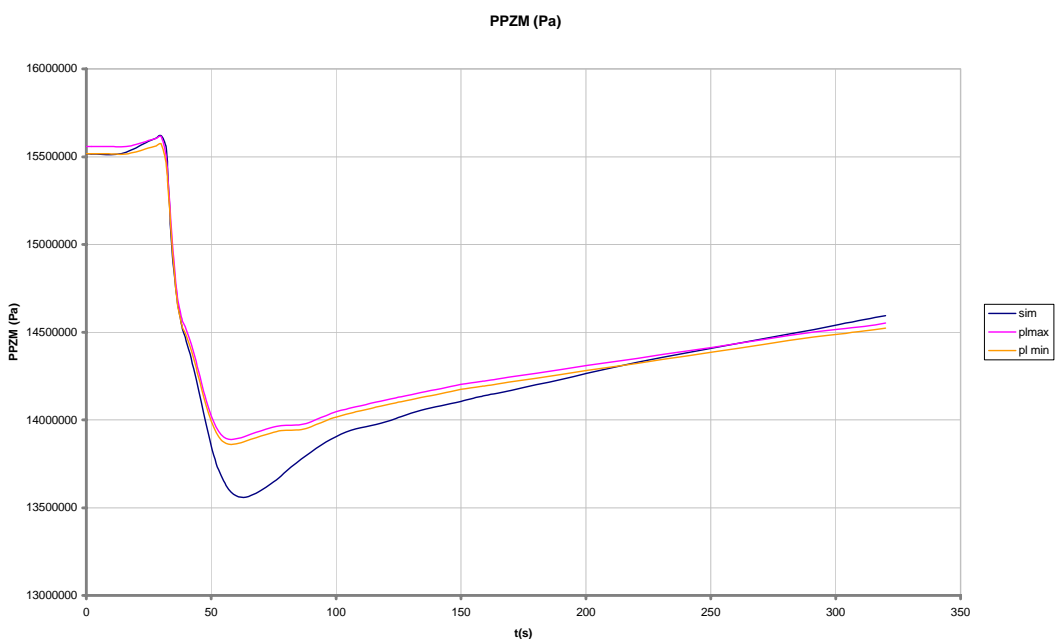


Fig. 6.9 Pressió del primari-



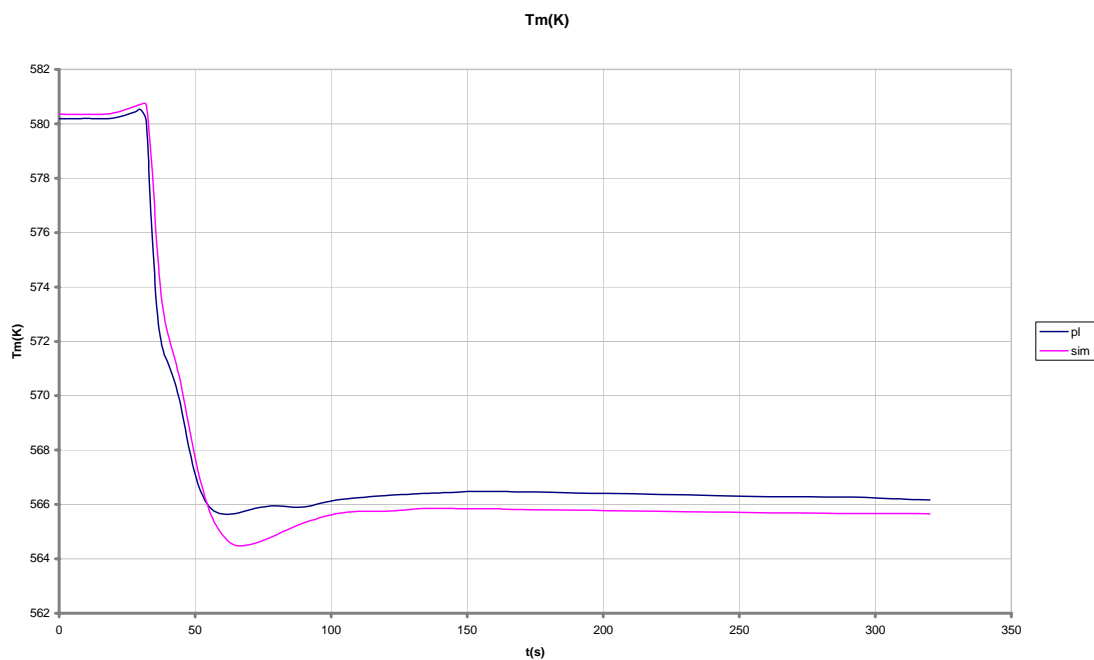


Fig. 6.10 Temperatura mitja del primari.

En la següent gràfica es comprova el correcte funcionament de l'*spray* que enfront un lleuger augment de pressió del primari reacciona injectant aigua provinent de la branca freda d'aquest mateix circuit.

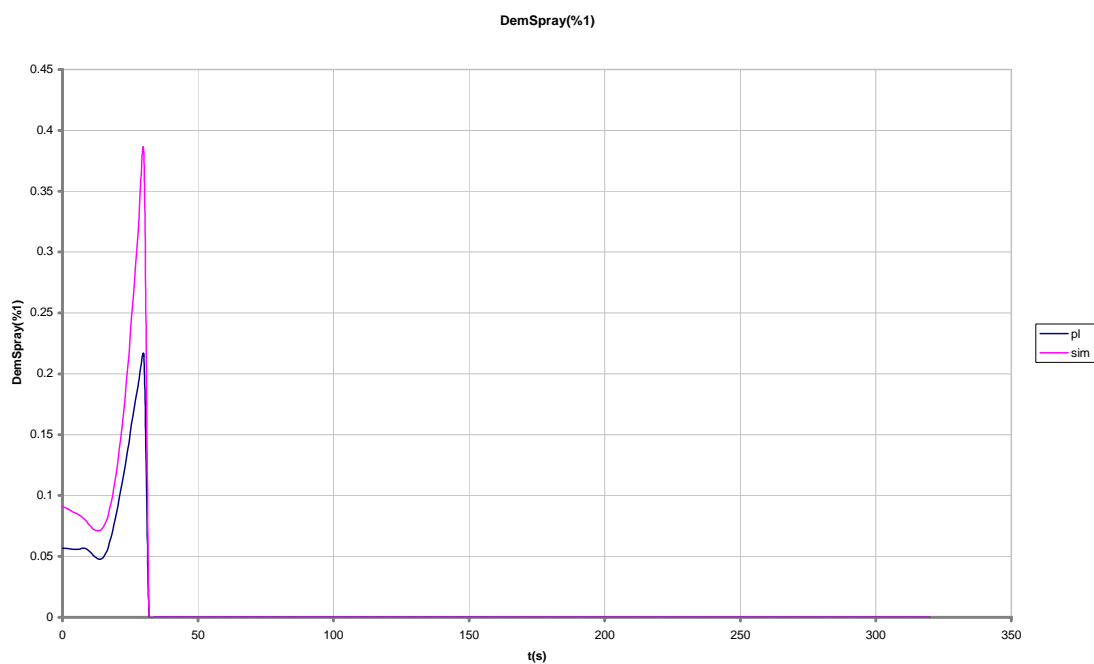


Fig. 6.11 Spray del pressionador.

Nivell dels GGVV

La graficació del nivell dels GGVV mostra el correcte tancament en el segon vuit de l'aigua d'alimentació en el GV3. L'augment del cabal de vapor produït en aquest mateix generador



és prova redundat de la baixada del nivell. Mentre el primari continua cedint calor amb el mateix ordre de magnitud i per igual en els tres GGVV, el GV3 del secundari ha d'absorbir-la amb una disminució del fluid que el refrigera, situació que provoca en el fluid que conté, un escalfament i evaporació major.

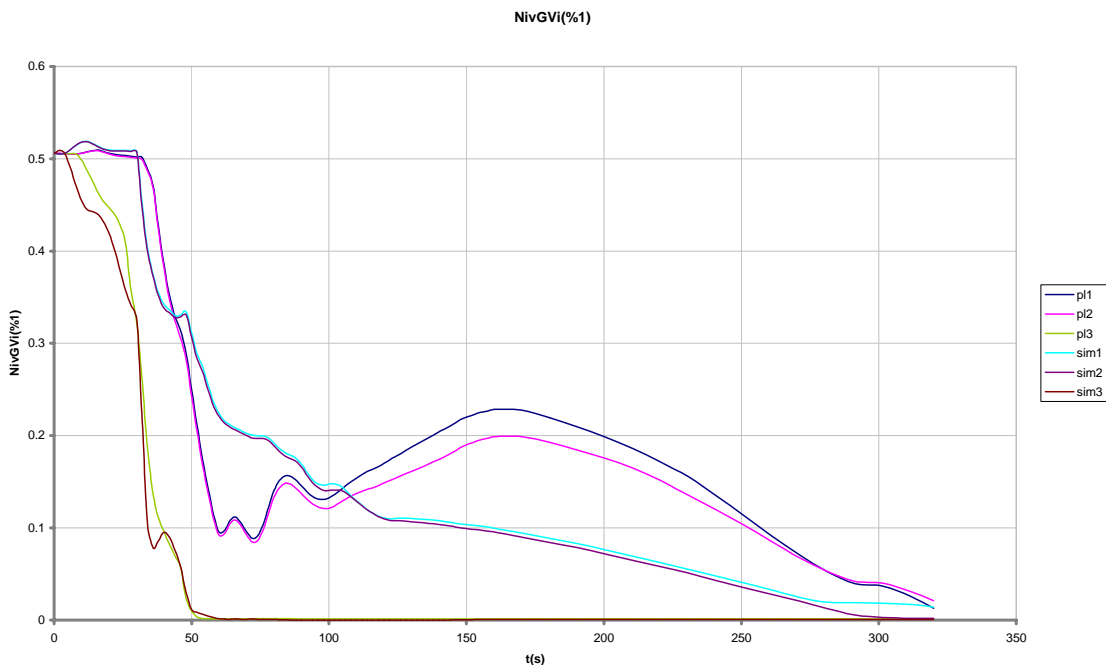


Fig. 6.12 Nivell dels generadors de vapor.

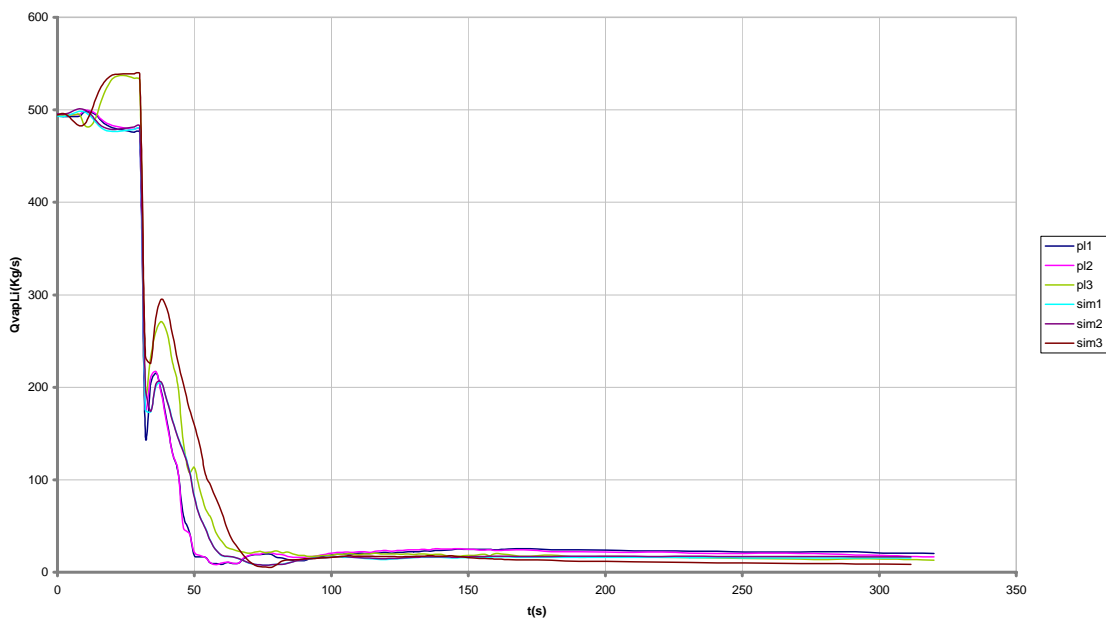


Fig. 6.13 Cabal de vapor dels generadors de vapor.



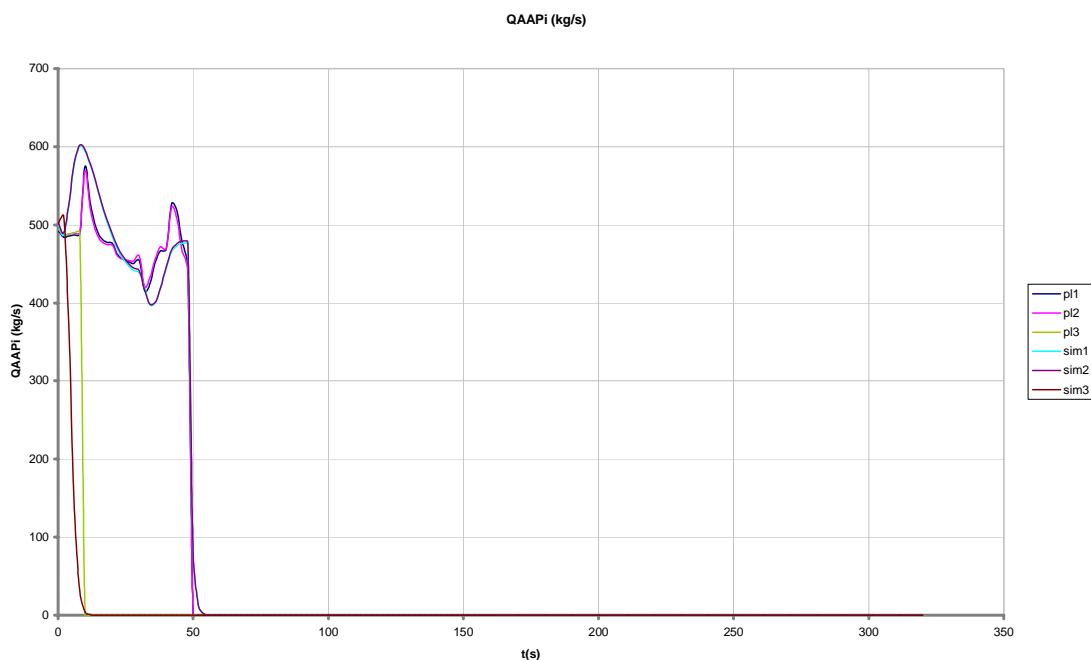


Fig. 6.14 Cabal d'AAP.

6.3.4. Càlcul cec del transitori

Paral·lelament a la simulació del transitori presentada s'ha realitzat la simulació d'un càlcul cec, anomenat d'aquesta manera per la manca d'actuacions manuals.

L'arxiu input corresponent a aquest transitori rep el nom de *A1D12B_tv2cec.inp*.

El resultat d'aquesta simulació ha repercutit negativament en el sistema d'AAA, que a la vegada ha desajustat el nivell dels generadors de vapor i el cabal de vapor generat per aquests.

Les repercussions d'aquesta anomalia són similars a les representades en les càlcul realitzat amb *A1D12B_tv1cec.inp*

6.3.5. Conclusions

Les dades obtingudes de la simulació del transitori són raonables comparades amb les dades de planta. La simulació reproduïx correctament els efectes directament relacionats amb l'aïllament a l'AAP del GV3.

En la pujada de pressió del secundari existeix discrepància entre les dades de planta i les de la simulació degut al compromís de repartiment d'error que genera el *fouling* entre tots els transitoris.

Les gràfiques no incloses en aquest informe es troben en l'annex F.



Durant el transcurs d'aquest transitori han entrat en funcionament diversos sistemes. En la taula 6.4 es realitza un recull d'aquests, especificant els paràmetres de planta utilitzats per al seu estudi.

sistemes		paràmetre de planta
Sistema de alivio del presionador	vàlvules control	Pressió del primari
Sistema rociado presionador	vàlvules control	Posició vàlvules d'spray/Pressió del primari
Calentadores	vàlvules control	Pressió del primari
Sistema de seguridad de los GGVV	vàlvules control	Pressió GGVV
Sistema de alivio de los GGVV	vàlvules control	Pressió GGVV
Sistema de AAP	vàlvules principals control valv. ppals	Q AAP
Sistema de AAA	vàlv. turbobomba control	Q AAA
	vàlv. motobombes control	Q AAA
Sistema descarga steam-dump	control vàlvules	Temperatura mitja
Sistema de barras	control	potència nuclear

Taula 6.4 sistemes que entren en funcionament en el transcurs del transitori.

6.4. Rebuig de càrrega del 50% per a CNA I

Aquest transitori va ser provocat durant la recàrrega de combustible del cicle 12, recàrrega immediatament posterior al canvi dels GGVV en la CNA I, i correspon al grup de transitoris operatius. En aquest transitori s'imposa una variació de càrrega del 100 al 50% en la potència demandada en la turbina.

L'arxiu input corresponent a aquest transitori rep el nom de *A1D12B_tv3.inp*.

6.4.1. Estacionari

Per a la simulació d'aquest transitori serà utilitzat el model d'estacionari pertanyent a la configuració tecnològica dos amb les següents característiques:

- Potència al 100%.
- Grup: CNA I.
- Cicle a l'inici del temps de vida (BOL).
- Cinètica corresponent al cicle 12 de CNA I.
- Temperatura nominal del cicle alta (581.5K).
- Temperatura d'AAP baixa (497K).

Aquest conjunt de característiques es recullen en l'arxiu *A1D12B_3.inp*.

Amb el fitxer estacionari resultant de la simulació de 12000s i restaurada la banda morta de les barres de control a menor sensibilitat, s'ha realitzat l'execució d'un transitori nul per tal d'extreure'n les dades de l'estat estacionari.

A continuació es mostra una taula comparativa dels valors de les variables més significatives en estat estacionari versus els valors en les mateixes condicions de planta.



	dades planta	simulació
PotNuc%	100,0	99,9
TRef(K)	581,44	581,45
Tm(K)	582,0	581,1
PPrim(Pa)(PPZM)	15515417,47	15517698,73
Psec(Pa)	6880956,345	6878424,463
NivPZM(%)	59,0	57,5
NivGV(Pa)	51,30	50,58
Qvap(kg/s)	503,0	494,4
Tfreda	565,00	564,67
Tcalenta	599,0	597,5
PosValvTurb(%)	47,81	48,35
PTurb(Pa)	5569513,0	5103155,7
DemSpray(%)	9,67	12,85
TAAPL1(K)	497,3	497,2
VelTB(rad/s)	524,03	538,44
QAAPL2(kg/s)	499,4	502,9
PAAPL3(Pa)	7079423,33	6937831,60
PAspTBAAP(Pa)	2838361,0	2911488,6
PDescTBAAP(Pa)	8385590,65	8486225,90

Taula 6.3 Valors estacionari simulació versus planta.

6.4.2. Transitori

El transitori s'inicia per imposició de la variació de càrrega de potència nominal en la turbina del 100% al 50% a un ritme màxim del 200%.

Les dades registrades del transitori tenen una duració de 410s. Es manté una demanda de càrrega al 100% de potència fins als 46 s, moment en el que s'imposa la baixada de càrrega a un ritme del 200% que és seguida per la turbina de manera quasi simultània. La potència del reactor segueix a la turbina mitjançant el control de les barres que detecta una descompensació de potències i una desviació de la temperatura mitja respecte a la de referència cosa que provoca la inserció de les barres. El reactor triga un temps major a incorporar-se a la nova potència.

Aquest retard en el seguiment de la nova demanda provoca inicialment un lleuger increment de la temperatura mitja del primari i per tant de la pressió d'aquest.

En el secundari es produeix un increment de pressió en els GGvV que com a conseqüència produeix una davallada de nivell en els mateixos.

El sistema d'AAP manté el nivell dels GGvV sense que aquest paràmetre arribi al punt de consigna de parada del reactor en primera instància per baix nivell i posteriorment per alt, estabilitzant finalment el cabal d'acord amb la nova potència demandada.

El sistema de control del pressionador, mitjançant l'*spray* i els calentadors governa exitosament i amb una tendència a llarg termini a aconseguir el punt de consigna per a la pressió del primari. Aquest mateix sistema contribueix a l'adaptació de la temperatura mitja corresponent al 50% de potència.

Aquest tipus de transitori és dels més complexos, ja que intervenen simultàniament i hi realitzen un paper fonamental gran magnitud de subsistemes. El comportament de cadascun



d'ells repercuteix en els demés, pel que aquest tipus de transitoris operatius resulten ser dels més interessants per a sotmetre a estudi el model.

A continuació es realitza la cronologia de les accions que tingueren lloc.

- ESDEVENIMENT INICIADOR
t = 46 s, reduïda de càrrega del 100% al 50% en la turbina
- SUCESSIÓ D'ESDEVENIMENTS
t = 17 s, inici d'inserció de barres
t = 390 s, fi d'inserció de barres
t = 410 s, fi del transitori
- ACTUACIONS MANUALS
Obertura de l'AAA.

6.4.3. Anàlisi i comparació de resultats

A continuació es mostren algunes variables significatives de la simulació i se'n comparen d'altres als resultats d'aquest mateix escenari en planta.

Potències

En el següent gràfic es pot comprovar la reacció enfront el reduïda de càrrega de les potències en planta simulades. La potència de turbina realitza un seguiment simultani a l'ordre de reduïda, mentre que el reactor, degut a la funció de control de la reacció que realitzen les barres té una arribada gradual i més lenta al punt de consigna de potència. Es pot comprovar el paral·lelisme entre les dades de passos extrems de les barres i les dades de potència nuclear.

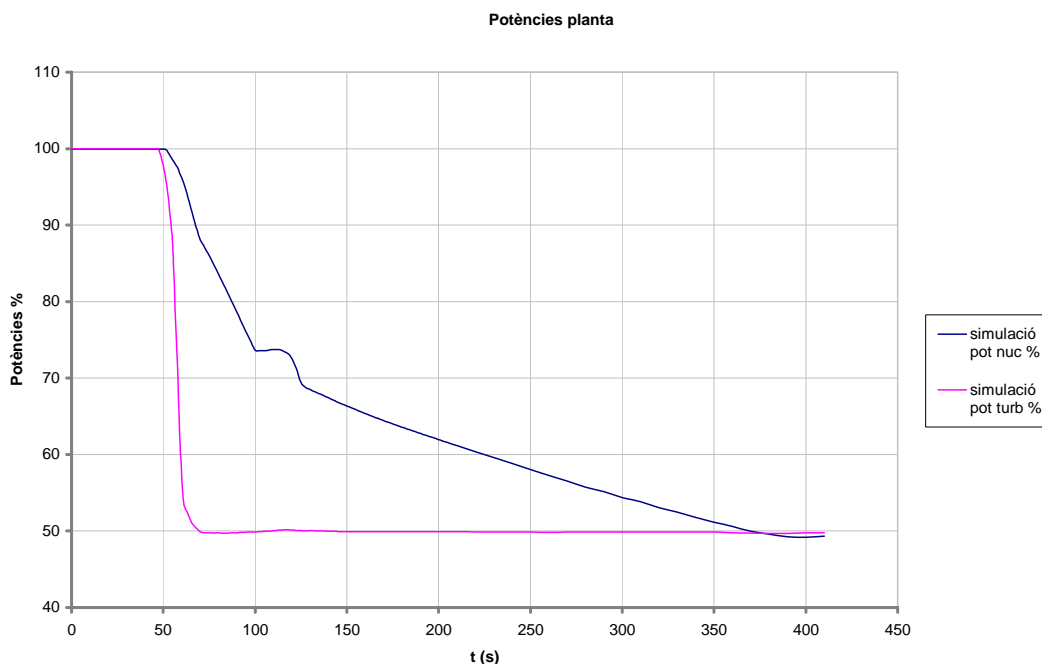


Fig. 6.15 Potència nuclear i de turbina simulades.



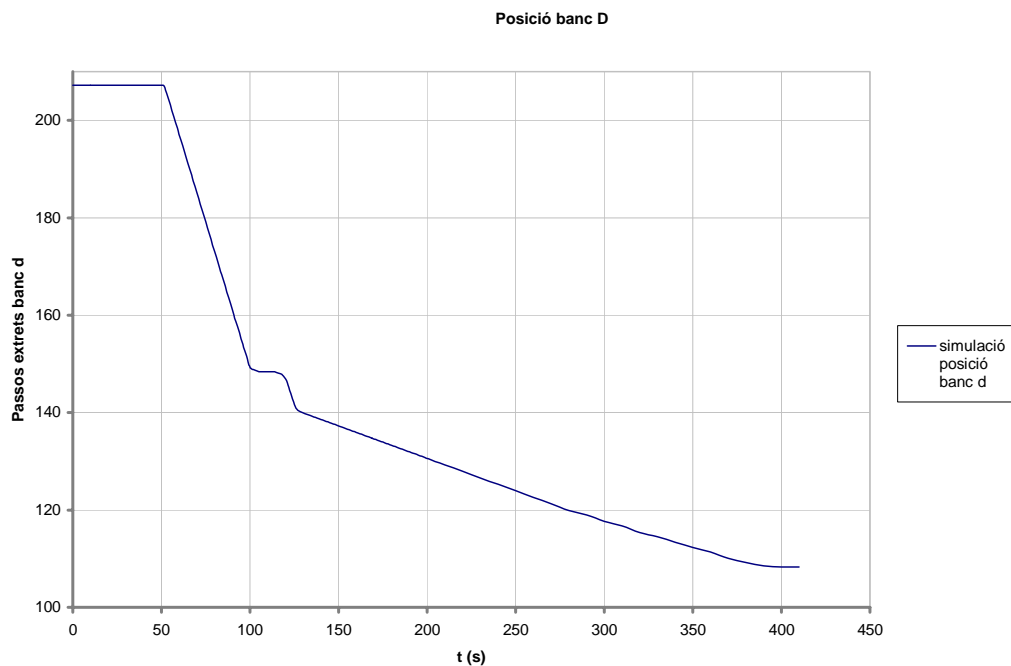


Fig. 6.16 Passos extrems del banc D.

Pressió del primari i temperatura mitja

La desviació de la temperatura mitja respecte a la de referència és deguda al retard de reacció del reactor i a la diferència entre energia generada i evacuada.

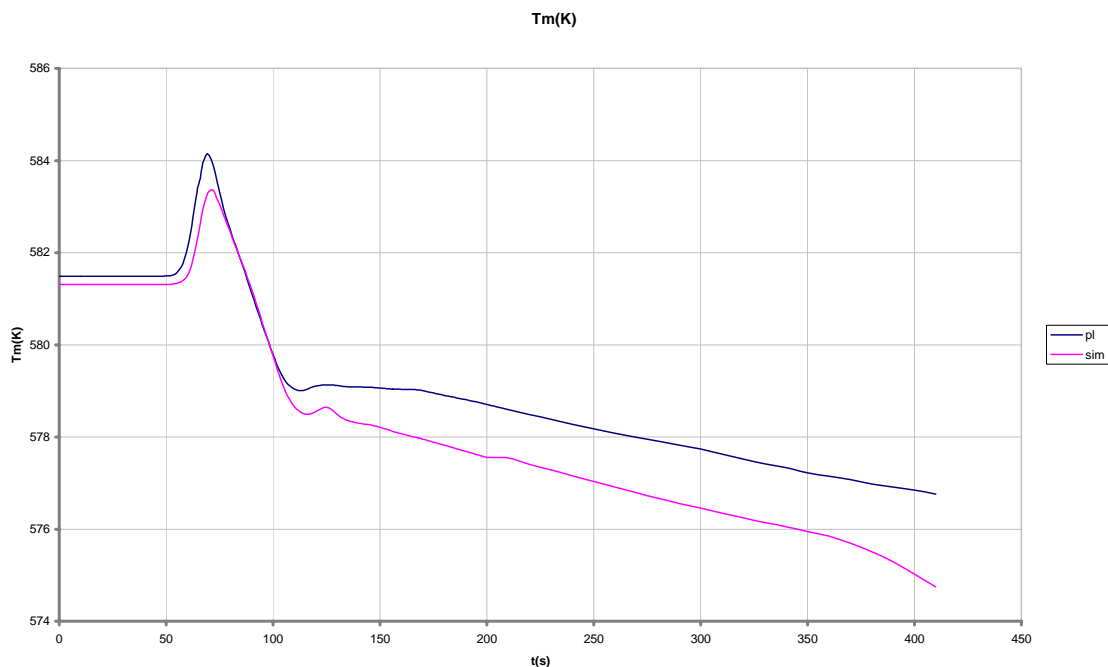


Fig. 6.17 Temperatura mitja del primari

L'increment de temperatura inicial produeix un increment de la pressió del primari.



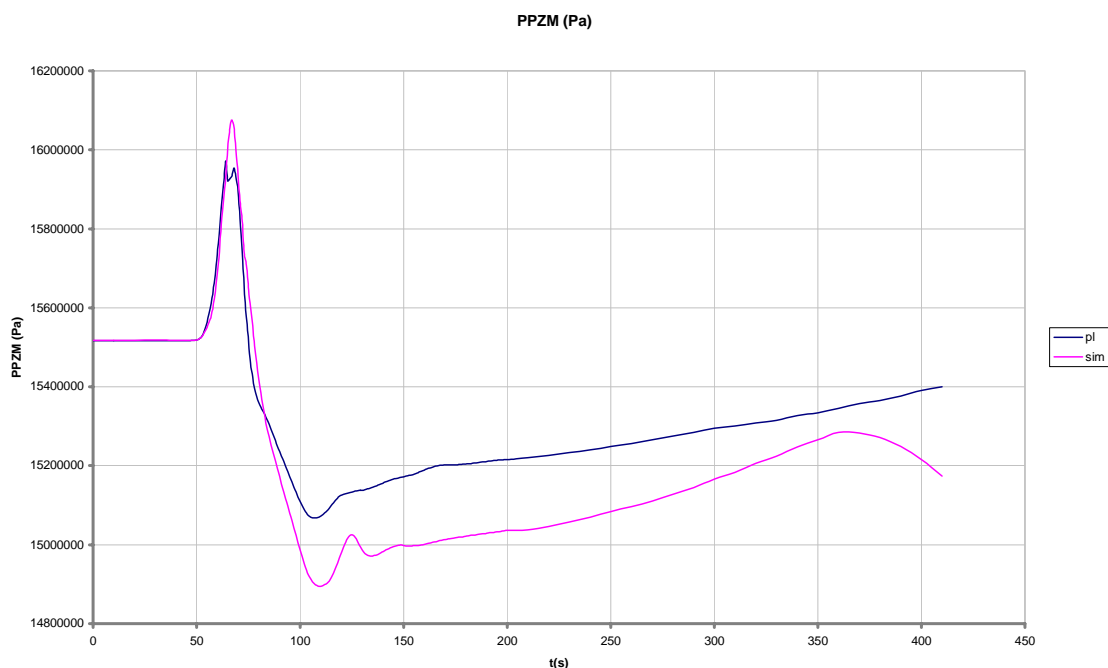


Fig. 6.18 Pressió del primari.

Es comprova en aquestes dades la reacció de la pressió del secundari a un lleuger inicial increment de temperatura mitja del primari.

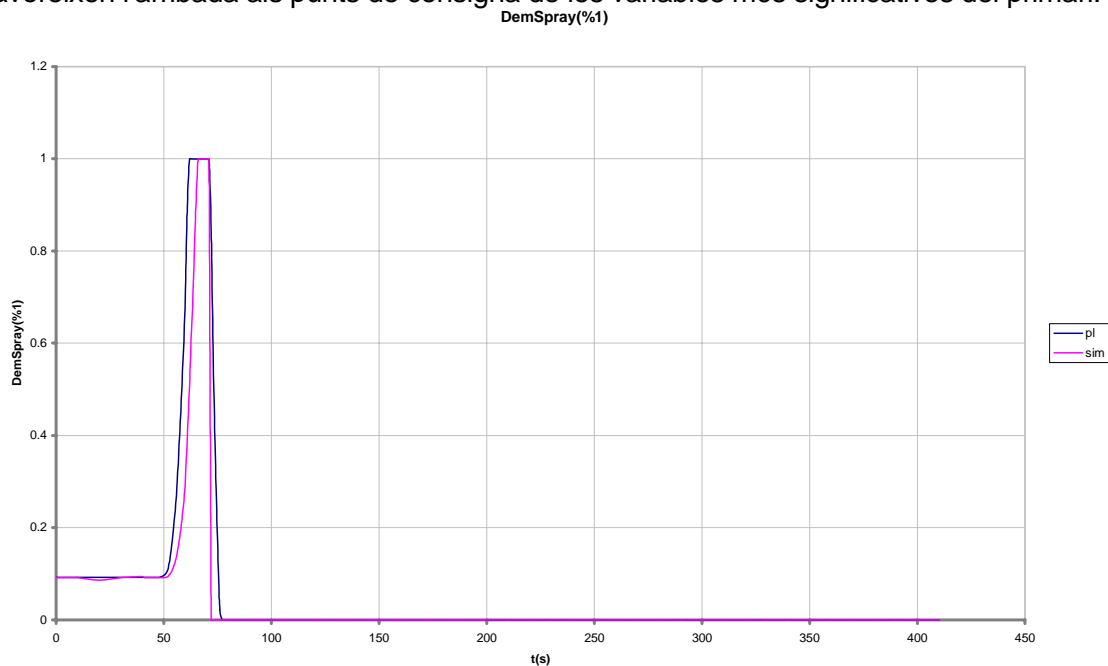


Fig. 6.19 Demanda d'spray del pressionador.

Pressió del secundari

Es comprova en aquestes dades la reacció de la pressió del secundari a un lleuger inicial increment de temperatura mitja del primari.



La desviació en el tram inicial de les dades és atribuïble a la distribució d'error que s'ha realitzat entre els diferents inputs de les configuracions per al manteniment d'un valor estable del *fouling*.

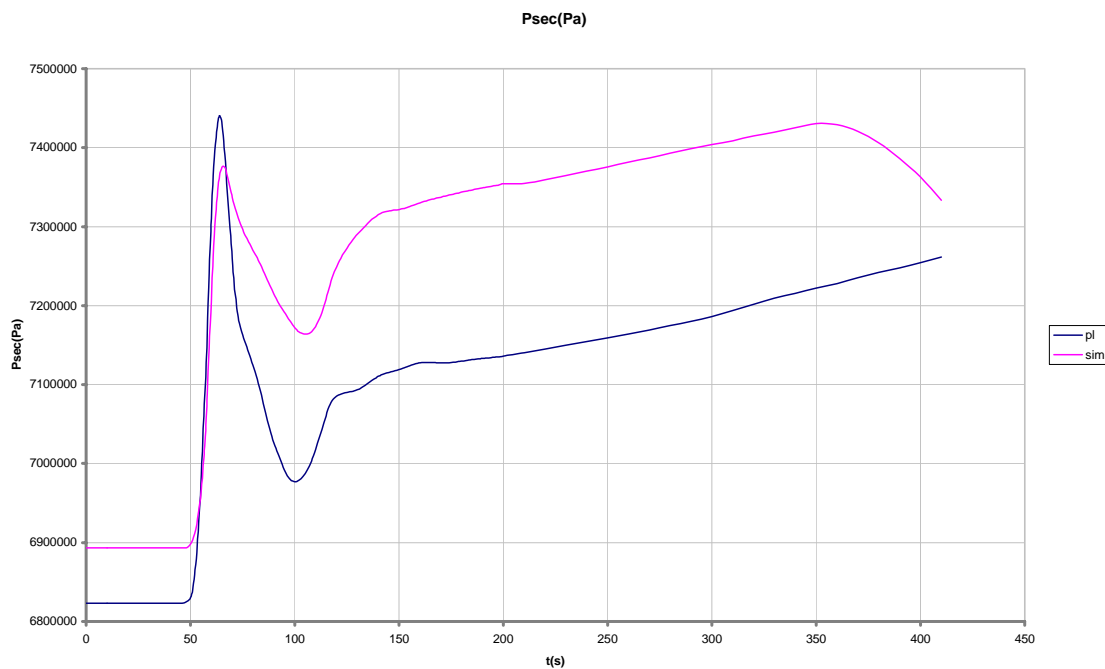


Fig. 6.20 Pressió del secundari

L'efecte produït per la pujada de la pressió influeixia la davallada del nivell dels GGVV.

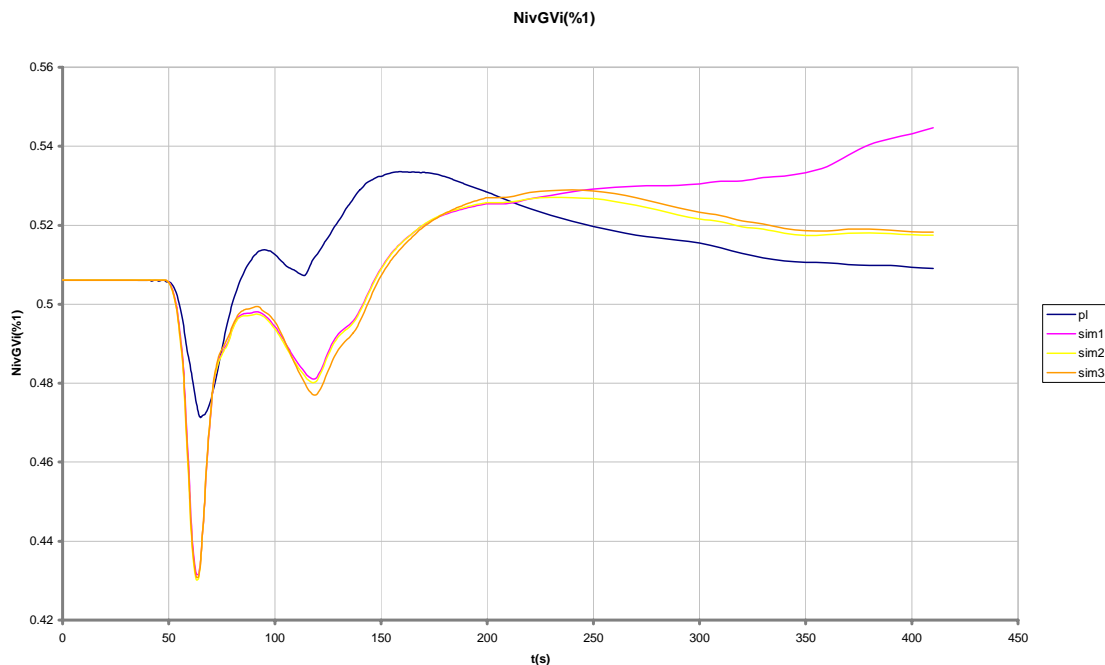


Fig. 6.21 Nivell dels GGVV.



6.4.4. Càlcul cec del transitori

Paral·lelament a la simulació del transitori presentada s'ha realitzat la simulació d'un càlcul cec, anomenat d'aquesta manera per la manca d'actuacions manuals.

L'arxiu input corresponent a aquest transitori rep el nom de *A1D12B_tv3cec.inp*.

El resultat d'aquesta simulació és quasi indistingible al càlcul no cec degut a la poca influència que tenen en aquest transitori les actuacions manuals. El que es realitza en aquest transitori és una regulació de potència i no una aturada, pel que l'AAP no deixa en cap moment de funcionar i no és necessària l'entrada en funcionament de l'AAA.

6.4.5. Conclusions

Les dades obtingudes de la simulació del transitori són raonablement semblants comparades amb les dades de planta.

La diferència entre el seguiment de potència que realitza la turbina i el que realitza el reactor és la causa de les desestabilitzacions momentànies del sistema.

Les gràfiques no incloses en aquest informe es troben en l'annex F.

Durant el transcurs d'aquest transitori han entrat en funcionament diversos sistemes. En la taula 6.6 es realitza un recull d'aquests, especificant els paràmetres de planta utilitzats per al seu estudi.

sistemes		paràmetre de planta
Sistema de alivio del presionador	vàlvules control	Pressió del primari
Sistema rociado presionador	vàlvules control	Posició vàlvules d'spray/Pressió del primari
Calentadores	vàlvules control	Pressió del primari
Sistema de seguridad de los GGVV	vàlvules control	Pressió GGVV
Sistema de alivio de los GGVV	vàlvules control	Pressió GGVV
Sistema de AAP	vàlvules principals	Q AAP GV2
	control valv. ppals	-
	vàlvules de by-pass	-
	ctol. valv. By-pass	-
Sistema de AAA	Ctol. Turbobombes	Vel TBAAP
	vàlv. turbobomba	-
	control	-
	vàlv. motobombes	-
Sistema descarga steam-dump	vàlvules control	Temperatura mitja
	vàlvules control	posició vàlvula turbina

Taula 6.6 sistemes que entren en funcionament en el transcurs del transitori.

6.5. Rebuig de càrrega del 50% per a CNA II

Aquest transitori va tenir lloc en la CNA II, i correspon al grup de transitoris operatius produït durant les proves d'arrancada posteriors al canvi dels GGVV de 1995. En aquest transitori s'imposa una variació de càrrega del 100 al 50% en la potència demandada en la turbina.



L'arxiu input corresponent a aquest transitori rep el nom de *A2D12B_tv4.inp*.

6.5.1. Estacionari

Per a la simulació d'aquest transitori serà utilitzat el model d'estacionari pertanyent a la configuració tecnològica dos amb les següents característiques:

- Potència al 100%.
- Grup: CNA II.
- Cicle a l'inici del temps de vida (BOL).
- Cinètica corresponent al cicle 11 de CNA II.
- Temperatura nominal del cicle alta (581.5K).
- Temperatura d'AAP baixa (497K).

Aquest conjunt de característiques es recullen en l'arxiu *A2D11B_4.inp*.

Amb el fitxer estacionari resultant de la simulació de 12000s i restaurada la banda morta de les barres de control a menor sensibilitat, s'ha realitzat l'execució d'un transitori nul per tal d'extreure'n les dades de l'estat estacionari.

A continuació es mostra una taula comparativa dels valors de les variables més significatives en estat estacionari versus els valors en les mateixes condicions de planta.

	dades planta	simulació
PotNuc%	99,45	99,2299019
TRef(K)	581,49	581,45
Tm(K)	581,33	581,0164125
DeltaT(K)	33,64	32,66
PPZM(Pa)	15514997,19	15520617,49
NivPZM(%)	58,36	57,34
PIntermedGV(Pa)	6875828,868	6881896,13
QvapL1(kg/s)	515,08	493,19
QvapL2(kg/s)	511,2597524	495,7476197
QvapL3(kg/s)	509,02	494,32
NivGVA(Pa)	50,52	50,5669227
NivGVB(Pa)	50,76	50,57
NivGVC(Pa)	50,67	50,5659832
QAAPA(kg/s)	511,45	500,24
QAAPB(kg/s)	517,3189203	502,7963088
QAAPC(kg/s)	515,91	501,38
PCoIAAP(Pa)	8230127,233	8489561,8
VelTBAAPA(rad/s)	522,61	538,54
VelTBAAPB(rad/s)	529,3268376	538,5364249
TAAP(K)	499,67	499,81

Taula 6.3 Valors estacionari simulació versus planta.

6.5.2. Transitori

El transitori s'inicia per imposició de la variació de càrrega de potència nominal en la turbina del 100% al 50% a un ritme màxim del 200%.



Les dades registrades del transitori tenen una duració de 1767 s. Es manté una demanda de càrrega al 100% de potència fins als 465 s, moment en el que s'imposa la baixada de càrrega seguida per la turbina de manera quasi simultània. La potència del reactor segueix a la turbina mitjançant el control de les barres que detecta una descompensació de potències i una desviació de la temperatura mitja respecte a la de referència cosa que provoca la inserció de les barres. El reactor triga un temps major a incorporar-se a la nova potència.

Aquest retard en el seguiment de la nova demanda provoca inicialment un lleuger increment de la temperatura mitja del primari i per tant de la pressió d'aquest.

En el secundari es produeix un increment de pressió en els GGTV que com a conseqüència produeix una davallada de nivell en els mateixos.

El sistema d'AAP manté el nivell dels GGTV sense que aquest paràmetre arribi al punt de consigna de parada del reactor en primera instància per baix nivell i posteriorment per alt, estabilitzant finalment el cabal d'acord amb la nova potència demandada.

El sistema de control del pressionador, mitjançant l'*spray* i els calentadors governa exitosament i amb una tendència a llarg termini a aconseguir el punt de consigna per a la pressió del primari.

A continuació es realitza la cronologia de les accions que tingueren lloc.

- ESDEVENIMENT INICIADOR
t = 465 s, rebuig de càrrega del 100% al 50% en la turbina
- SUCCESSIÓ D'ESDEVENIMENTS
t = 470 s, inici d'inserció de barres
t = 1767 s, fi del transitori
- ACTUACIONS MANUALS
Obertura de l'AAA.

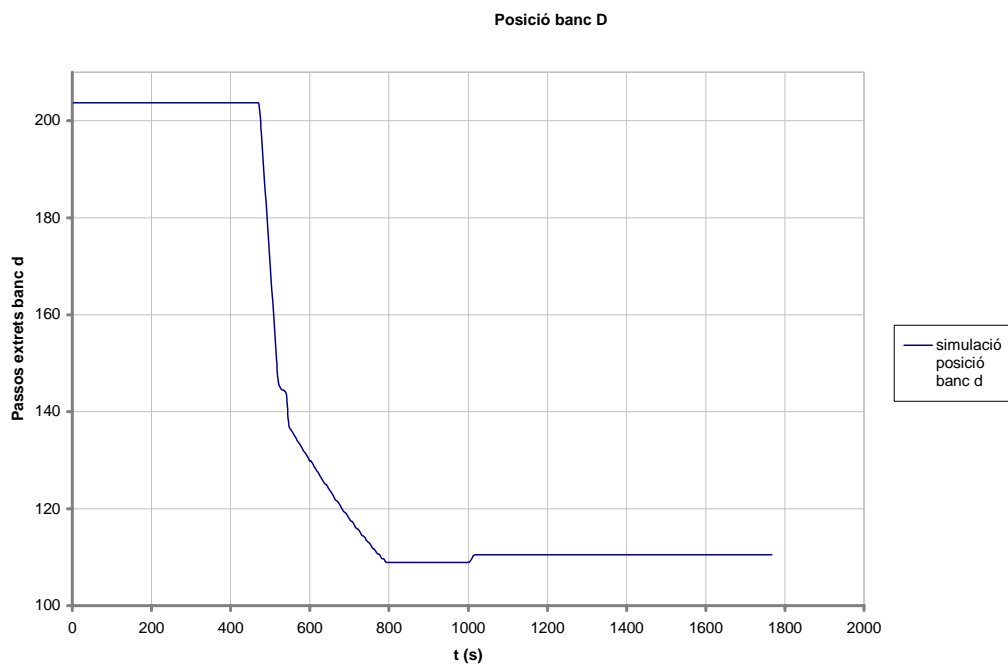
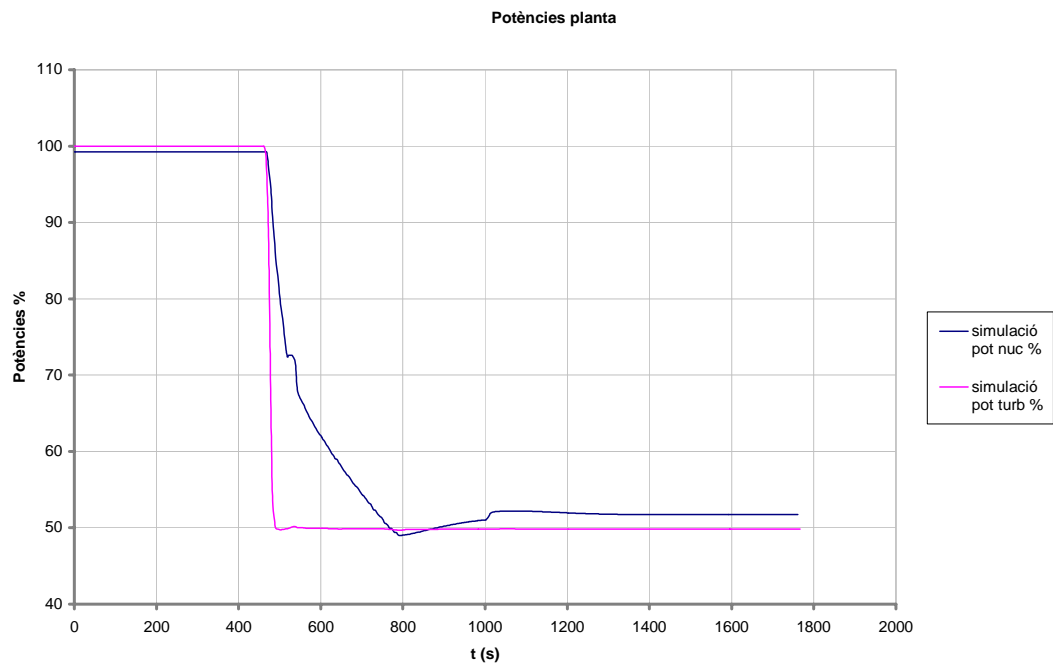
6.5.3. Anàlisi i comparació de resultats

A continuació es mostren algunes variables significatives de la simulació i se'n comparen d'altres als resultats d'aquest mateix escenari en planta.

Potències

En el següent gràfic es pot comprovar la reacció enfront el rebuig de càrrega de les potències simulades en planta. La potència de turbina realitza un seguiment simultani a l'ordre de rebuig, mentre que el reactor, degut a la funció de control de la reacció que realitzen les barres té una arribada gradual i més lenta al punt de consigna de potència. Es pot comprovar el paral·lelisme entre les dades de passos estrets de les barres i les dades de potència nuclear.





Pressió del primari i temperatura mitja

La desviació de la temperatura mitja respecte a la de referència és deguda al retard de reacció del reactor i a la diferència entre energia generada i evacuada.



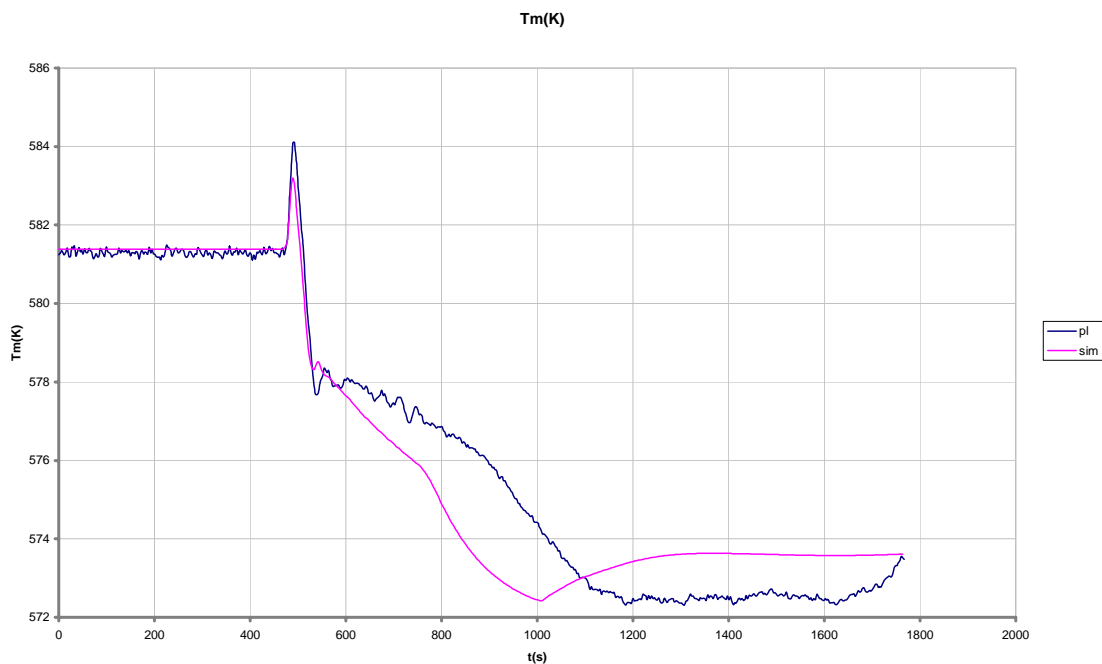


Fig. 6.24 Temperatura mitja del primari.

L'increment de temperatura inicial produeix un increment de la pressió del primari.

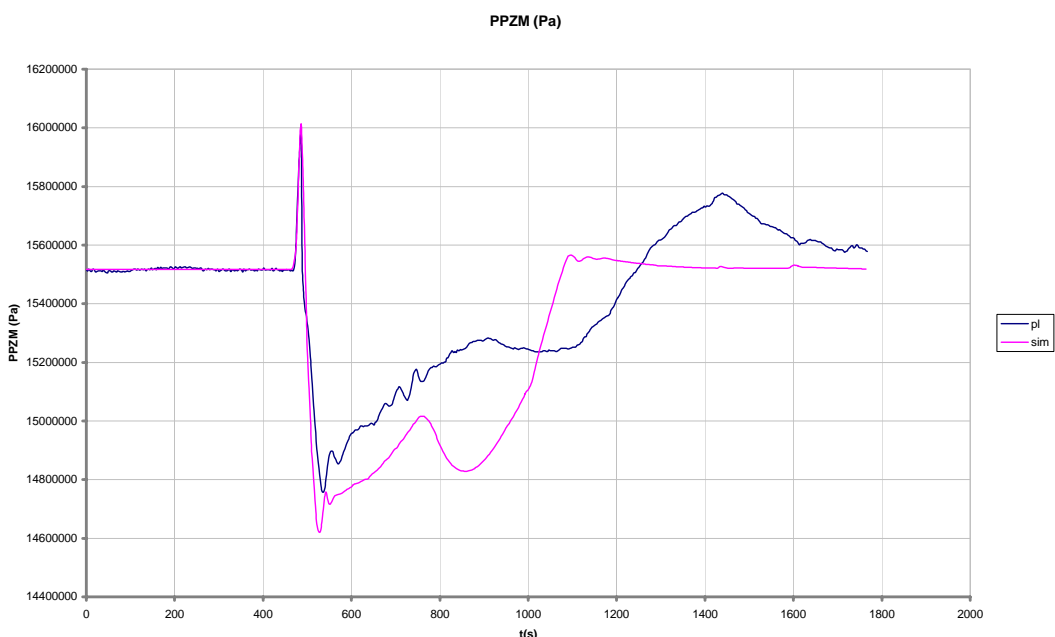


Fig. 6.25 Pressió del primari.

Els sistemes de control de la pressió del primari que actuen sobre el nivell del pressonador afavoreixen l'arribada als punts de consigna de les variables més significatives del primari.

Pressió del secundari

Es comprova en aquestes dades la reacció de la pressió del secundari a un lleuger inicial increment de temperatura mitja del primari.



La desviació en el tram inicial de les dades és atribuïble a la distribució d'error que s'ha realitzat entre els diferents inputs de les configuracions per al manteniment d'un valor estable del *fouling*.

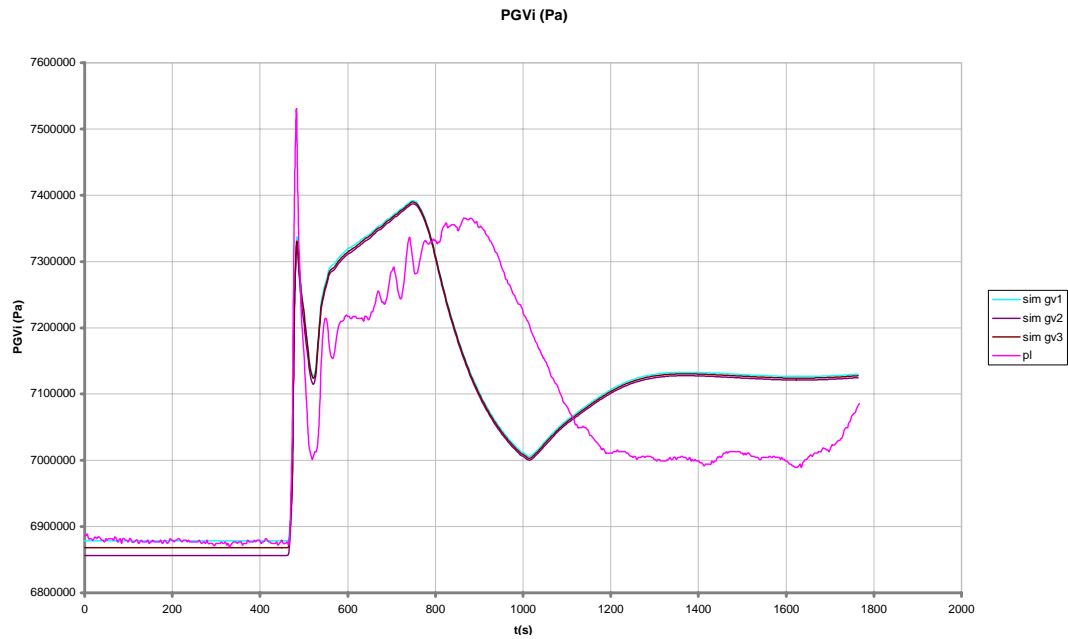


Fig. 6.26 Pressió del secundari.

L'efecte produït per la pujada de la pressió influencia la davallada del nivell dels GGvV.

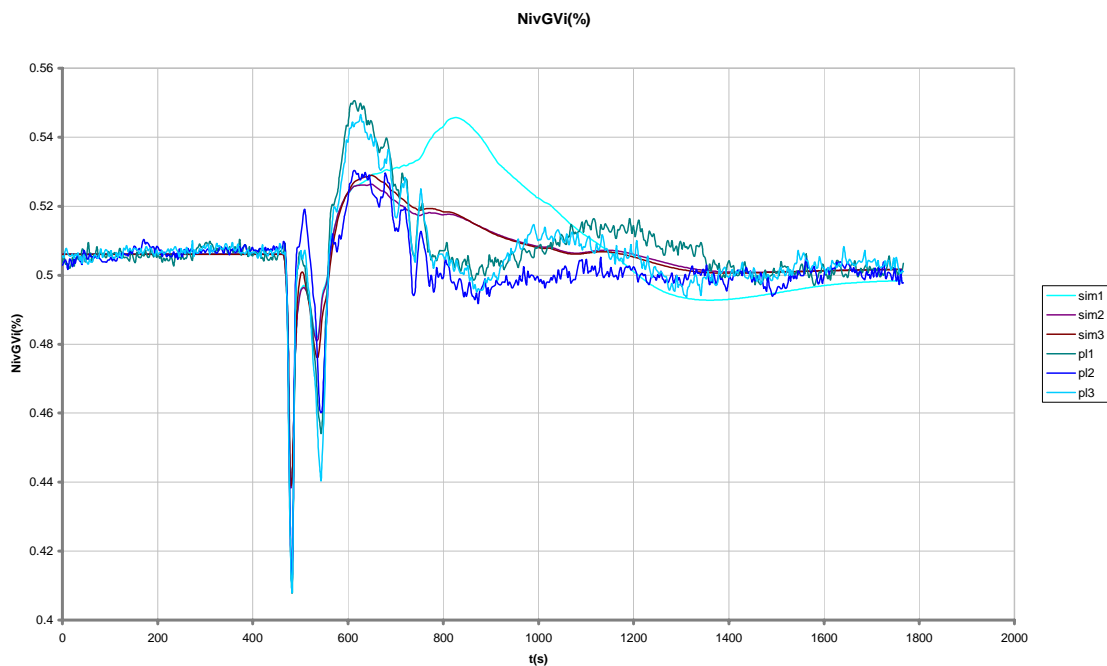


Fig. 6.27 Nivell dels GGvV.



6.5.4. Càlcul cec del transitori

Paral·lelament a la simulació del transitori presentada s'ha realitzat la simulació d'un càlcul cec, anomenat d'aquesta manera per la manca d'actuacions manuals.

L'arxiu input corresponent a aquest transitori rep el nom de *A1D12B_tv4cec.inp*.

El resultat d'aquesta simulació és quasi indistingible al càlcul no cec degut a la poca influència que tenen en aquest transitori les actuacions manuals. El que es realitza en aquest transitori és una regulació de potència i no una aturada, pel que l'AAP no deixa en cap moment de funcionar pel que no és necessària l'entrada en funcionament de l'AAA.

6.5.5. Conclusions

Les dades obtingudes de la simulació del transitori són raonablement semblants comparades amb les dades de planta.

La diferència entre el seguiment de potència que realitza la turbina i el que realitza el reactor és la causa de les desestabilitzacions momentànies del sistema.

Les gràfiques no incloses en aquest informe es troben en l'annex F.

Durant el transcurs d'aquest transitori han entrat en funcionament diversos sistemes. En la taula 6.8 es realitza un recull d'aquests, especificant els paràmetres de planta utilitzats per al seu estudi.

sistemes		paràmetre de planta
Sistema de alivio del presionador	vàlvules control	Pressió del primari
Sistema rociado presionador	vàlvules control	Pressió del primari
Calentadores	vàlvules control	Pressió del primari
Sistema de seguridad de los GGVV	vàlvules control	Pressió GGVV
Sistema de alivio de los GGVV	vàlvules control	Pressió GGVV
Sistema de AAP	vàlvules principals	Q AAP
	control valv. ppals	-
	vàlvules de by-pass	-
	ctol. valv. By-pass	-
Sistema de AAA	Ctol. Turbobombes	Vel TBAAP
	vàlv. turbobomba	-
	control	-
	vàl. motobombes	-
Sistema descarga steam-dump	vàlvules	Temperatura mitja
	control	-
Sistema de barras	control	potència nuclear

Taula 6.8 sistemes que entren en funcionament en el transcurs del transitori.

6.6. Pèrdua de càrrega del 10% per a CNA I

Aquest transitori va tenir lloc en la CNA I, i correspon al grup de transitoris operatius produït durant les proves d'arrancada posteriors al canvi dels GGVV de 1995, i correspon un rebuig



de càrrega del 10% partint d'un estat de potència estacionària demandada per la turbina al 75% arribant aquesta al 65% en finalitzar el transitori.

L'arxiu input corresponent a aquest transitori rep el nom de *A1D11B_tv5.inp*.

6.6.1. Estacionari

Per a la simulació d'aquest transitori serà utilitzat el model d'estacionari pertanyent a la configuració tecnològica dos amb les següents característiques:

- Potència al 75%.
- Grup: CNA I.
- Cicle a l'inici del temps de vida (BOL).
- Cinètica corresponent al cicle 11 de CNA II.
- Temperatura nominal del cicle baixa (580.2K).
- Temperatura d'AAP baixa (497K).

Aquest conjunt de característiques es recullen en l'arxiu *A1D11B_5.inp*.

Amb el fitxer estacionari resultant de la simulació de 12000s i restaurada la banda morta de les barres de control a menor sensibilitat, s'ha realitzat l'execució d'un transitori nul per tal d'extreure'n les dades de l'estat estacionari.

A continuació es mostra una taula comparativa dels valors de les variables més significatives en estat estacionari versus els valors en les mateixes condicions de planta.

	dades planta	simulació
PotNuc%	-	76.0602745
Potturb%	-	74.83
Tm(K)	576.41	575.5768057
Tfria(K)	563.92	562.74
NivPres	47.25	46.178146
PresPZM(Pa)	15512475.48	15720443.43
PsecGV1(Pa)	6932343.191	6838201.68
NivGV1(Pa)	51.20	50.57
QvapL1(kg/s)	355.5072289	364.0097928
TRef(K)	576.24	576.21
Tcal1(k)	589.87	575.6001403
DemSpray(%)	11.50	12.60
PAAPL3(Pa)	7058162.51	6860221.5
QAAPL2(kg/s)	359.60	372.27
TAAPL2(K)	482.47	484.626312
PosValvTurb(%1)	21.43	23.88
PAspTBAAP(Pa)	3165903.125	3168939
PDescTBAAP(Pa)	7950567.66	8096980.95
VeITBAAPB(rad/s)	463.658272	481.5493965

Taula 6.4 Valors estacionari simulació versus planta.

6.6.2. Transitori

El transitori s'inicia per imposició de la variació de càrrega de potència nominal en la turbina del 75% al 65%.



Les dades registrades del transitori tenen una duració de 340 s. Es manté una demanda de càrrega al 75% de potència fins als 39 s, moment en el que s'imposa la baixada de càrrega seguida per la turbina de manera quasi simultània. La potència del reactor segueix a la turbina mitjançant el control de les barres que detecta una descompensació de potències i una desviació de la temperatura mitja respecte a la de referència cosa que provoca la inserció de les barres. El reactor triga un temps major a incorporar-se a la nova potència.

A continuació es realitza la cronologia de les accions que tingueren lloc.

- ESDEVENIMENT INICIADOR
t = 39 s, potència del cicle al 75%
t = 40 s, potència del cicle al 65%
- SUCCESSIÓ D'ESDEVENIMENTS
t = 41 s, inici d'inserció de barres
t = 340 s, fi del transitori

6.6.3. Anàlisi i comparació de resultats

A continuació es mostren algunes variables significatives de la simulació i se'n comparen d'altres als resultats d'aquest mateix escenari en planta.

Potències

En el següent gràfic es pot comprovar la reacció enfront el rebuig de càrrega de les potències en planta. La potència de turbina realitza un seguiment simultani a l'ordre de rebuig, mentre que el reactor, degut a la funció de control de la reacció que realitzen les barres té una arribada gradual i més lenta al punt de consigna de potència. Es pot comprovar el paral·lelisme entre les dades de passos extrets de les barres i les dades de potència nuclear. La diferència inicial de potència nuclear respecte a la de consigna és deguda a l'estabilitat inamovible que prenen certs estats del model.

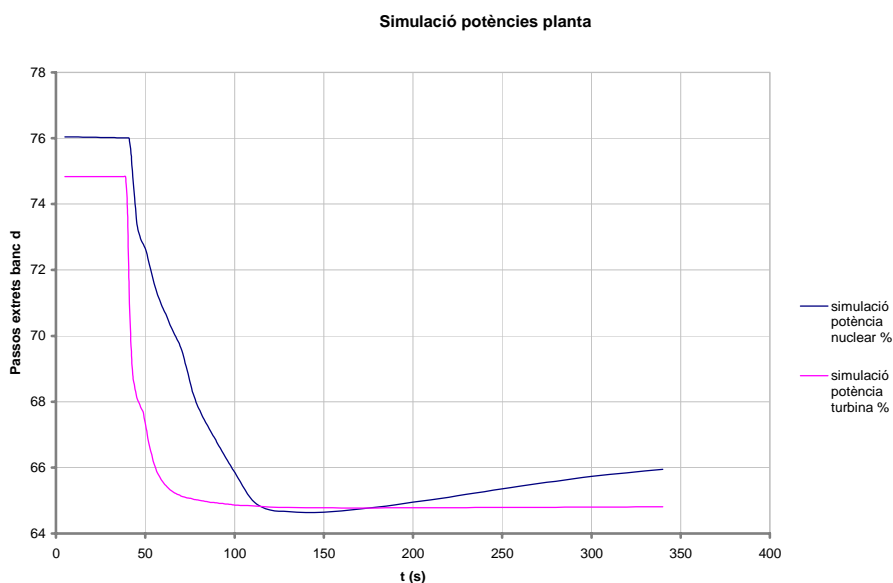


Fig. 6.28 Potència nuclear i de turbina simulades



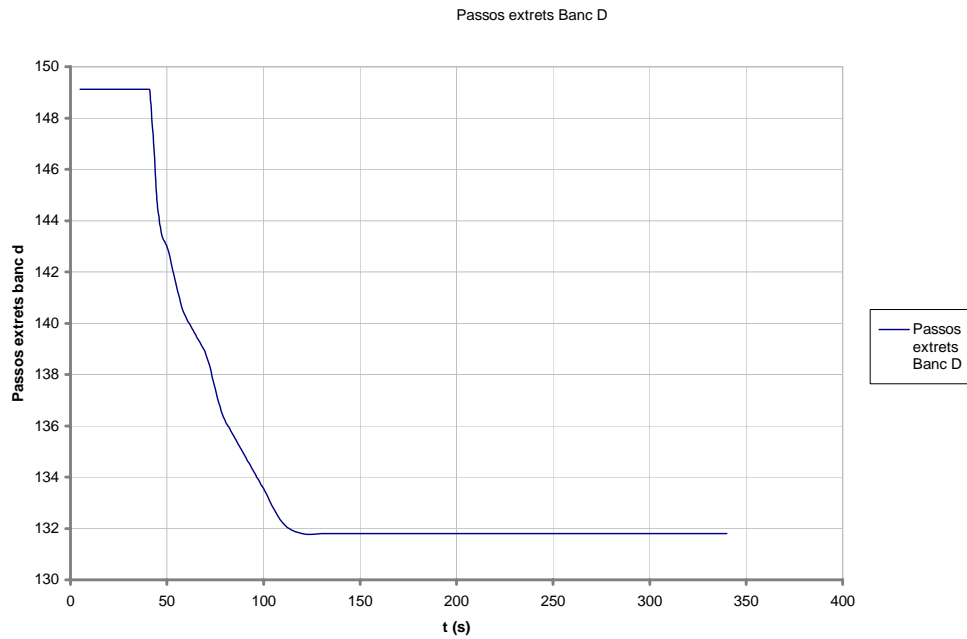


Fig. 6.29 Passos extrems del banc D

Pressió del primari i temperatura mitja

La desviació de la temperatura mitja respecte a la de referència és deguda al retard de reacció del reactor i a la diferència entre energia generada i evacuada que provoca inicialment un lleuger increment de la temperatura mitja del primari.

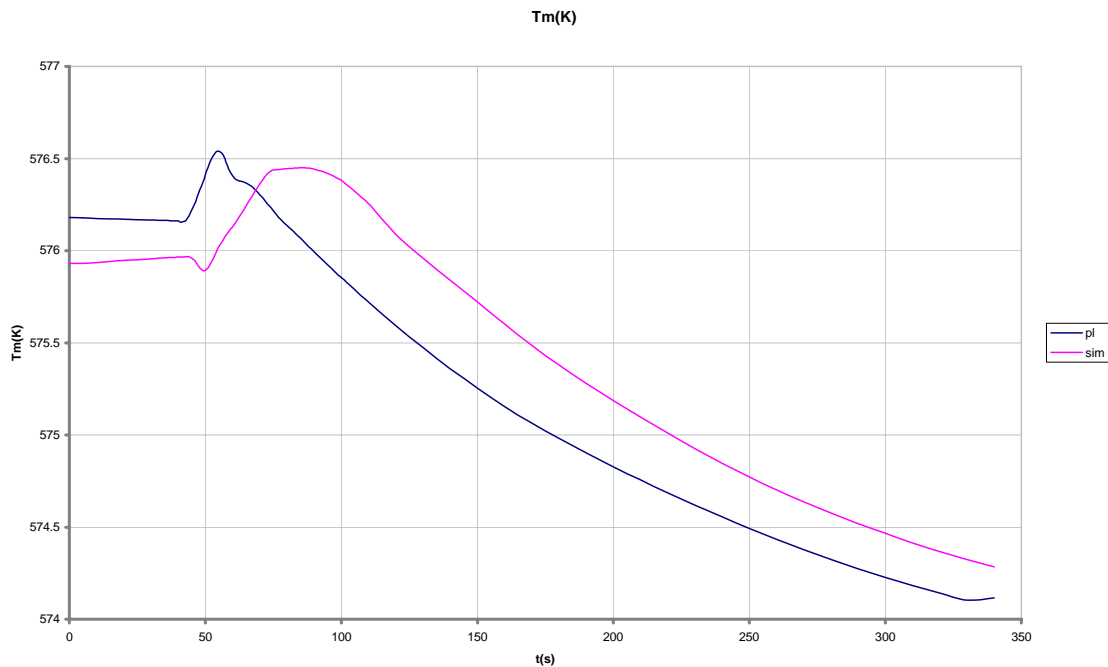


Fig. 6.30 Temperatura mitja del primari.

L'increment de temperatura inicial produeix un increment de la pressió del primari.



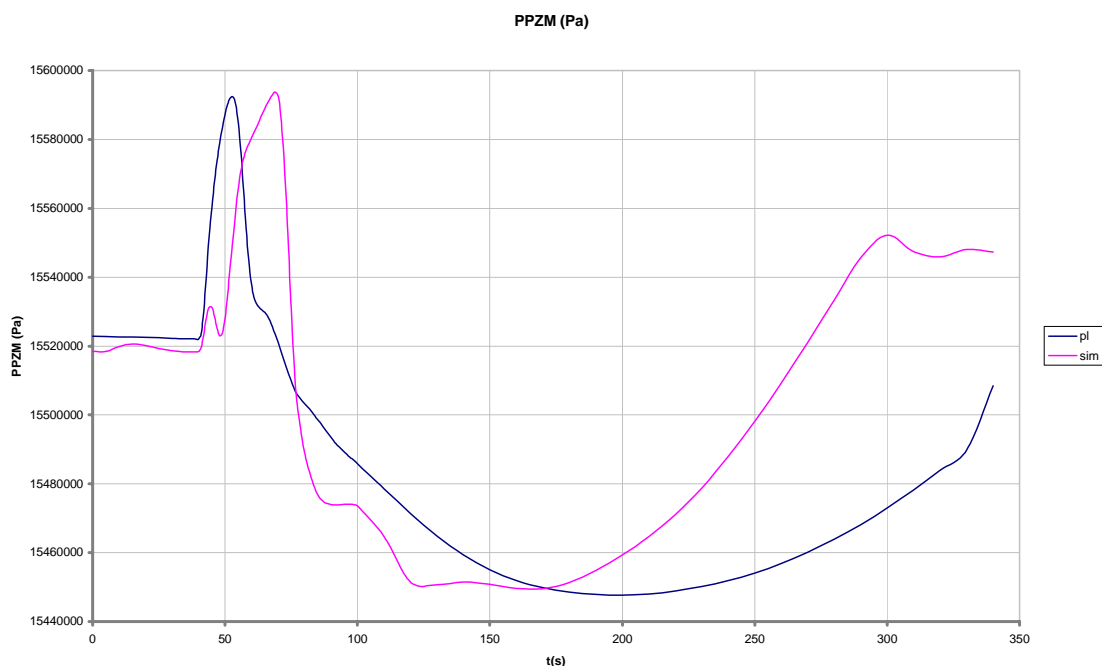


Fig. 6.31 Pressió del primari.

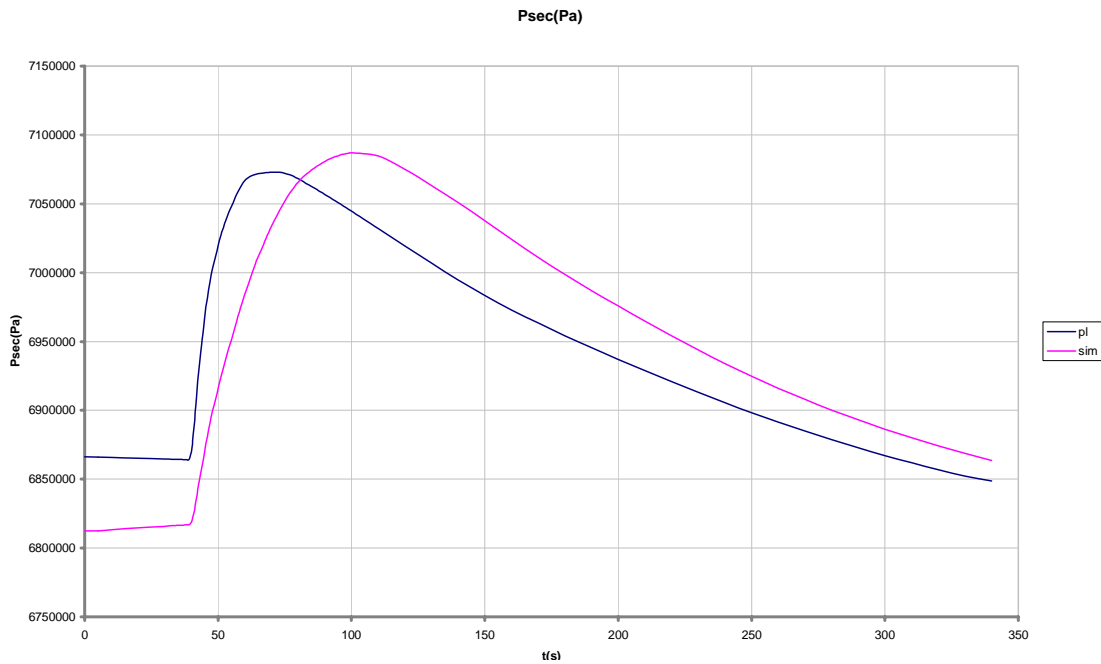
El sistema de control del pressonador, mitjançant l'*spray* i els calentadors governa exitosament i amb una tendència a llarg termini a aconseguir el punt de consigna per a la pressió del primari. Aquest mateix sistema contribueix a l'adaptació de la temperatura mitja programada per al 65% de potència.

Pressió del secundari

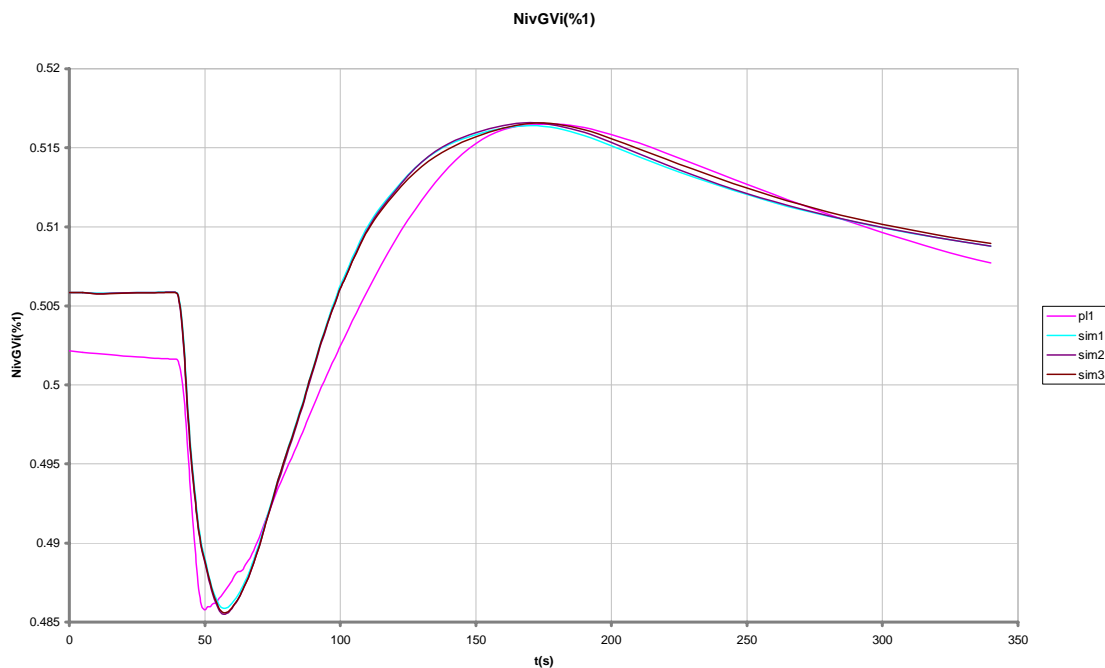
Es comprova en aquestes dades la reacció de la pressió del secundari a un lleuger inicial increment de temperatura mitja del primari.

La desviació en el tram inicial de les dades és atribuïble a la distribució d'error que s'ha realitzat entre els diferents inputs de les configuracions per al manteniment d'un valor estable del *fouling*.





En el secundari es produeix un increment de pressió en els GGVV que com a conseqüència produeix una davallada de nivell en els mateixos.



6.6.4. Conclusions

La simulació d'aquest transitori mostra tendències correctes, tot i que les dades de simulació mostren divergències evidents amb les dades de planta. Aquestes diferències són



conseqüència de partir d'un estacionari amb potència diferent a la nominal. Aquests tipus d'estacionaris es recolzen en els rangs d'operació menys validats del model.

Les gràfiques no incloses en aquest informe es troben en l'annex F.

Durant el transcurs d'aquest transitori han entrat en funcionament diversos sistemes. En la taula 6.12 es realitza un recull d'aquests, especificant els paràmetres de planta utilitzats per al seu estudi.

sistemes		paràmetre de planta
Sistema de alivio del presionador	vàlvules control	Pressió del primari
Sistema rociado presionador	vàlvules control	Posició vàlvules d'spray/Pressió del primari
Calentadores	vàlvules control	Pressió del primari
Sistema de seguridad de los GGVV	vàlvules control	Pressió GGVV
Sistema de alivio de los GGVV	vàlvules control	Pressió GGVV
Sistema de AAP	vàlvules principals control valv. ppals	Q AAP GV2
Sistema de AAA	Ctol. Turbobombes	Vel TBAAP
Sistema descarga steam-dump	vàlvules control	Temperatura mitja
Turbina	vàlvules control	posició vàlvula turbina

Taula 6.12 Sistemes que entren en funcionament en el transcurs del transitori.

6.7. Pujada de càrrega del 10% per a CNA I

Aquest transitori va tenir lloc en la CNA I, i correspon al grup de transitoris operatius produït durant les proves d'arrancada posteriors al canvi dels GGVV de 1995., i correspon un increment de càrrega del 10% partint d'un estat de potència estacionària demandada per la turbina al 65% arribant aquesta al 75% en finalitzar el transitori.

L'arxiu input corresponent a aquest transitori rep el nom de *A1D11B_tv6.inp*.

6.7.1. Estacionari

Per a la simulació d'aquest transitori serà utilitzat el model d'estacionari pertanyent a la configuració tecnològica dos amb les següents característiques:

- Potència al 65%.
- Grup: CNA I.
- Cicle a l'inici del temps de vida (BOL).
- Cinètica corresponent al cicle 11 de CNA II.
- Temperatura nominal del cicle baixa (580.2K).
- Temperatura d'AAP baixa (497K).

Aquest conjunt de característiques es recullen en l'arxiu *A1D11B_6.inp*.

Amb el fitxer estacionari resultant de la simulació de 12000s i restaurada la banda morta de les barres de control a menor sensibilitat, s'ha realitzat l'execució d'un transitori nul per tal d'extreure'n les dades de l'estat estacionari.



A continuació es mostra una taula comparativa dels valors de les variables més significatives en estat estacionari versus els valors en les mateixes condicions de planta.

	dades planta	simulació
PotNuc%		66.61
Potturb%		64.83
Tm(K)	574.91	563.75
Tfria(K)	563.22	575.03
NivPres	43.38	45.38
PresPZM(Pa)	15517378.80	15519728.69
PsecGV1(Pa)	6907924.63	7006467.96
NivGV1(Pa)	50.80	50.53
QvapL1(kg/s)	313.33	313.84
TRef(K)	574.82	574.79
Tcal1(k)	586.54	586.31
DemSpray(%)	11.83	13.00
PAAPL3(Pa)	7025800.57	7008772.60
QAAPL2(kg/s)	311.40	321.74
TAAPL2(K)	477.02	477.69
PosValvTurb(%1)	19.18	17.88
PAspTBAAP(Pa)	3275737.61	3267142.45
PDescTBAAP(Pa)	7902024.74	8104584.25
VeITBAAPB(rad/s)	447.10	466.57

Taula 6.5 Valors estacionari simulació versus planta.

6.7.2. Transitori

El transitori s'inicia per imposició de la variació de càrrega de potència nominal en la turbina del 65% al 75%.

Les dades registrades del transitori tenen una duració de 340 s. Es manté una demanda de càrrega al 65% de potència fins als 37 s, moment en el que s'imposa la pujada de càrrega seguida per la turbina de manera quasi simultània. La potència del reactor segueix a la turbina mitjançant el control de les barres que detecta una descompensació de potències i una desviació de la temperatura mitja respecte a la de referència cosa que provoca la inserció de les barres. El reactor triga un temps major a incorporar-se a la nova potència.

A continuació es realitza la cronologia de les accions que tingueren lloc.

- ESDEVENIMENT INICIADOR
t = 37 s, potència del cicle al 65%
t = 38 s, potència del cicle al 75%
- SUCCESSIÓ D'ESDEVENIMENTS
t = 39 s, inici d'inserció de barres
t = 340 s, fi del transitori

6.7.3. Anàlisi i comparació de resultats

A continuació es mostren algunes variables significatives de la simulació i se'n comparen d'altres als resultats d'aquest mateix escenari en planta.



Potències

En el següent gràfic es pot comprovar la reacció enfront el rebuig de càrrega de les potències en planta. La potència de turbina realitza un seguiment simultani a l'ordre de rebuig, mentre que el reactor, degut a la funció de control de la reacció que realitzen les barres té una arribada gradual i més lenta al punt de consigna de potència. Es pot comprovar el paral·lisme entre les dades de passos extrets de les barres i les dades de potència nuclear. La diferència inicial de potència nuclear respecte a la de consigna és deguda a l'estabilitat inamovible que prenen certs estats del model, i la diferència final a un procés d'estabilització més lent.

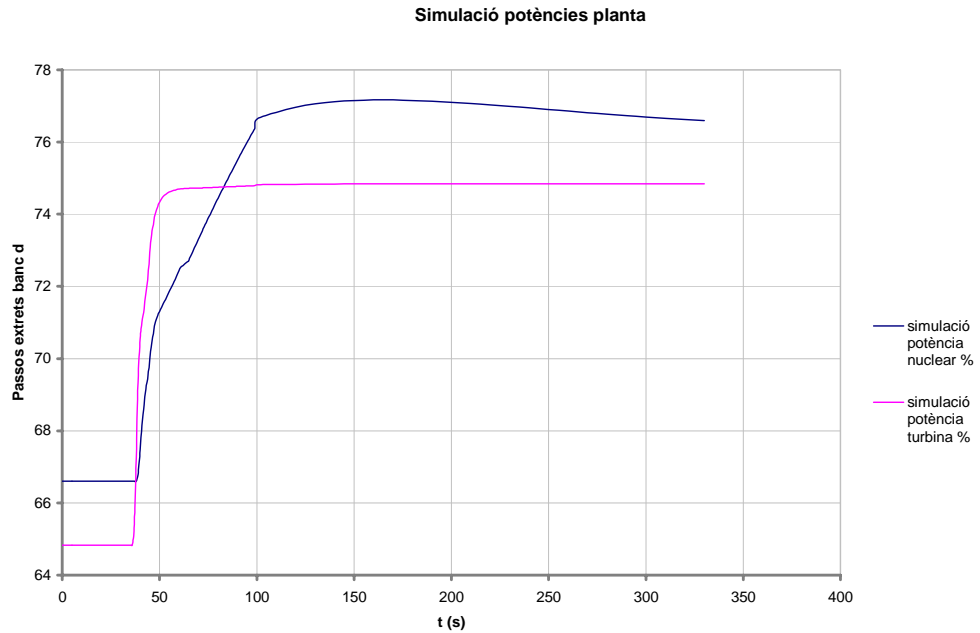


Fig. 6.34 Potència nuclear i de turbina simulades.

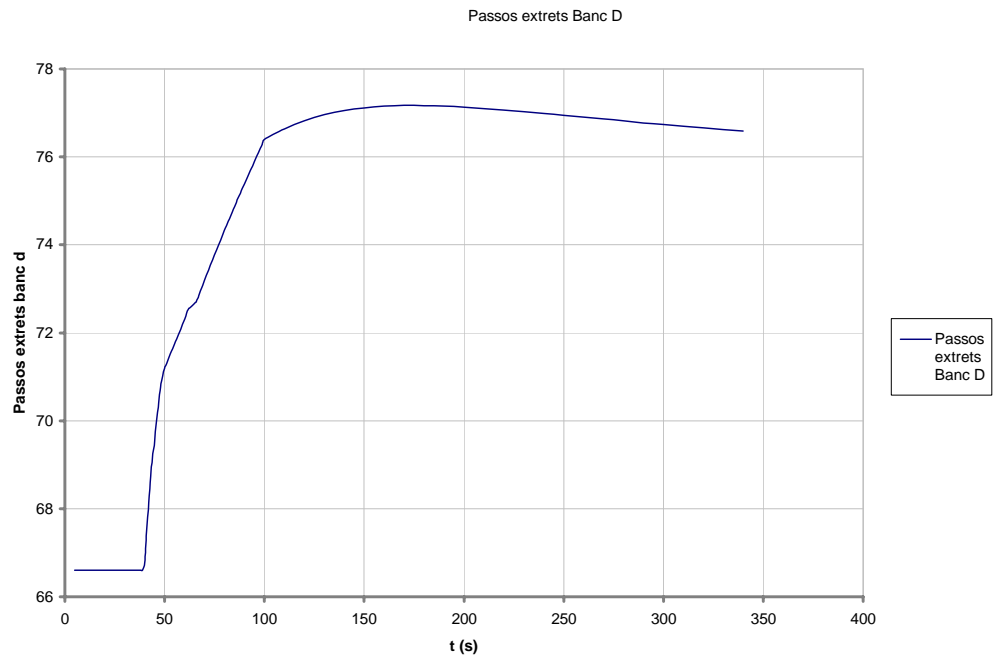


Fig. 6.34 Passos extrets del banc D.



Pressió del primari i temperatura mitja

La desviació de la temperatura mitja respecte a la de referència és deguda al retard de reacció del reactor i a la diferència entre energia generada i evacuada que provoca inicialment un lleuger increment de la temperatura mitja del primari.

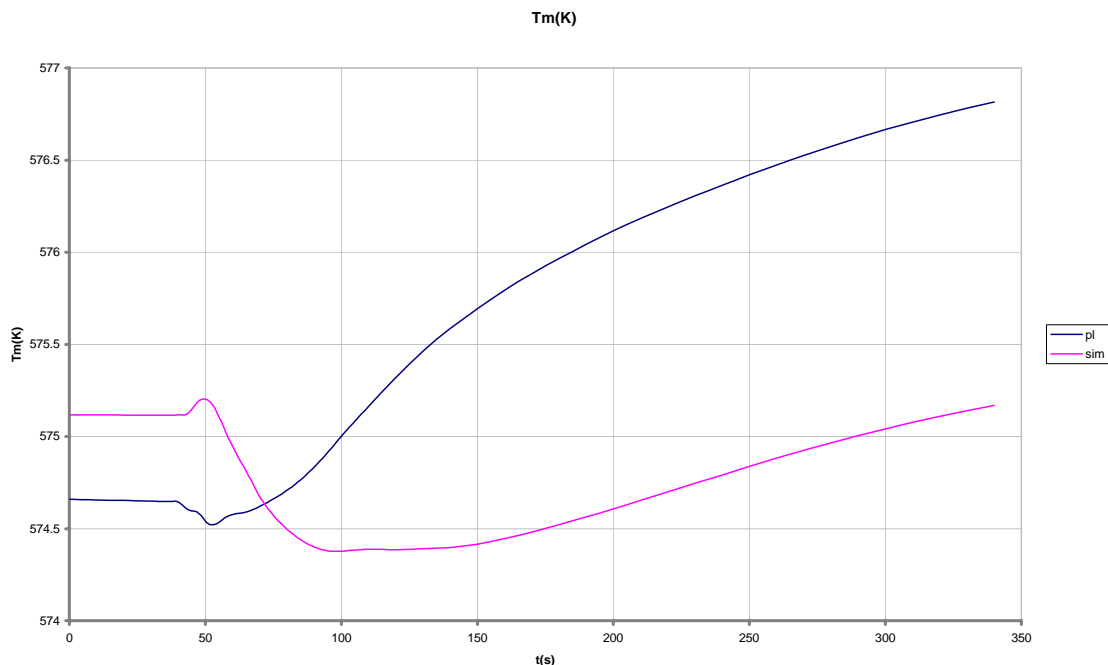


Fig. 6.35 Temperatura mitja del primari.

L'increment de temperatura inicial produeix un increment de la pressió del primari.

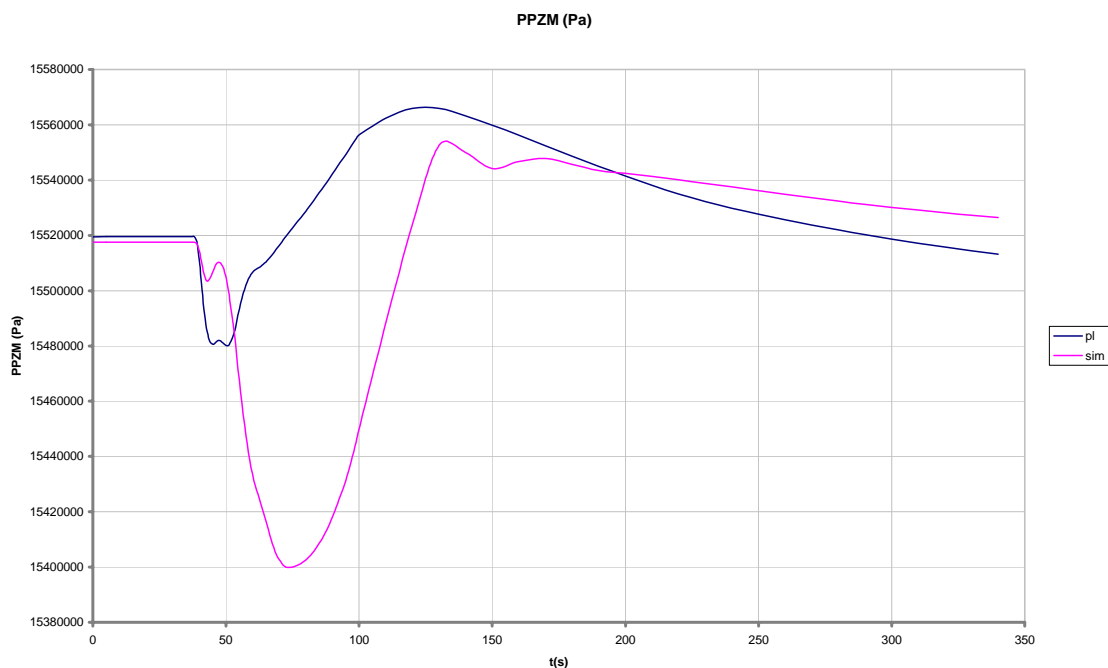


Fig. 6.36 Pressió del primari.



El sistema de control del pressionador, mitjançant l'*spray* i els calentadors governa exitosament i amb una tendència a llarg termini a aconseguir el punt de consigna per a la pressió del primari. Aquest mateix sistema contribueix a l'adaptació de la temperatura mitja programada per al 65% de potència.

Pressió del secundari

Es comprova en aquestes dades la reacció de la pressió del secundari a un lleuger inicial increment de temperatura mitja del primari.

La desviació en el tram inicial de les dades és atribuïble a la distribució d'error que s'ha realitzat entre els diferents inputs de les configuracions per al manteniment d'un valor estable del *fouling*.

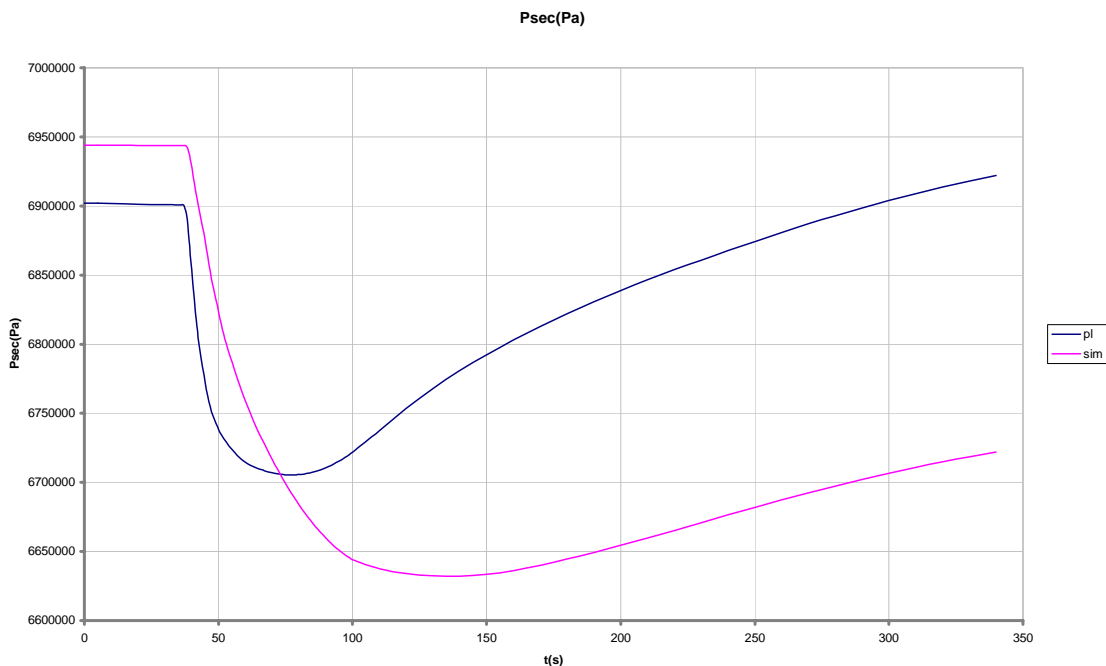


Fig. 6.37 Pressió del secundari.

En el secundari es produeix un increment de pressió en els GGVV que com a conseqüència produeix una davallada de nivell en els mateixos.



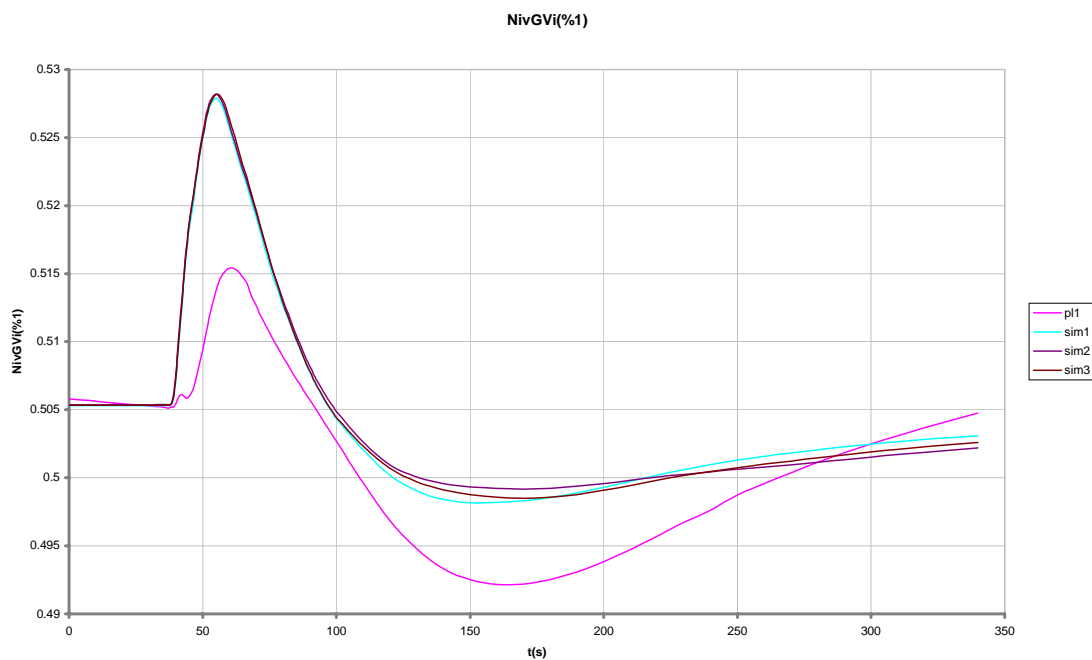


Fig. 6.38 Nivell dels GGVV.

6.7.4. Conclusions

La simulació d'aquest transitori mostra tendències correctes, tot i que les dades de simulació mostren divergències evidents amb les dades de planta. Aquestes diferències són conseqüència de partir d'un estacionari amb potència diferent a la nominal. Aquests tipus d'estacionaris es recolzen en els rangs d'operació menys validats del model.

Les gràfiques no incloses en aquest informe es troben en l'annex F.

Durant el transcurs d'aquest transitori han entrat en funcionament diversos sistemes. En la taula 6.14 es realitza un recull d'aquests, especificant els paràmetres de planta utilitzats per al seu estudi.

sistemes		paràmetre de planta
Sistema de alivio del presionador	vàlvules control	Pressió del primari
Sistema rociado presionador	vàlvules control	Posició vàlvules d'spray/Pressió del primari
Calentadores	vàlvules control	Pressió del primari
Sistema de seguridad de los GGVV	vàlvules control	Pressió GGVV
Sistema de alivio de los GGVV	vàlvules control	Pressió GGVV
Sistema de AAP	vàlvules principals control valv. ppals	Q AAP GV2
Sistema de AAA	Ctol. Turbobombes	Vel TBAAP
Sistema descarga steam-dump	vàlvules control	Temperatura mitja
Turbina	vàlvules control	posició vàlvula turbina

Taula 6.14 Sistemes que entren en funcionament en el transcurs del transitori.



7. Matriu de qualificació

7.1. Introducció

El model amb el que fins ara treballava el grup d'estudis termohidràulics es sustentava sobre la validació d'un transitori real ocorregut en la CNA I durant el període tecnològic anterior a l'actual, períodes que es coneixen com configuració 3 i 4 respectivament. Es tracta d'un transitori de rebuig de càrrega de la turbina del 100 al 50% de potència ocorregut durant les proves de recàrrega de l'any 1999. Aquest transitori va ser simulat amb l'actual model, modificat per ajustar-se a la configuració 3.

Amb la simulació dels transitoris s'aconsegueixen ajustar una sèrie de paràmetres i variables que només actuen en aquests estats no nominals i se'n verifica el comportament de la resta. Els ajustos són realitzats en base a fer que els valors de les variables de simulació segueixin en tendències i valors a les de planta.

En aquest projecte s'ha realitzat la simulació de sis nous transitoris corresponents a la configuració 2, pel que s'amplia la base de dades de paràmetres i variables que entren en funcionament.

Amb l'objectiu de documentar i poder consultar amb facilitat aquestes modificacions i millores es crea la matriu de qualificació.

7.2. Estructura de la matriu de qualificació

En la simulació de transitoris entren en funcionament sistemes, controls i components que no actuen normalment en funcionament nominal. Per aquest motiu, és de gran interès classificar-los per a l'obtenció d'una base de dades a partir de la que es procedeixi a l'estudi i ajust d'aquests.

Aquesta base de dades es materialitza en una matriu. Les files de la matriu contindran els sistemes que poden entrar en funcionament durant el transcurs d'un transitori. Aquests sistemes poden estar compostos de components i controls. És usual que l'entrada en funcionament del component comporti el funcionament del control corresponent. En aquests casos es crea una única fila que inclou el component i el control associat.

Les columnes de la matriu, contenen els transitoris reals simulats.

La intersecció de files i columnes ens mostra una retícula de cel·les que s'omplen amb l'especificació del paràmetre de planta del que es disposa, els valors del qual es troben directament influenciats pel sistema de la fila corresponent.

Matriu de qualificació per al cas de les centrals CNA I i CNA II

S'ha realitzat la matriu de qualificació de les centrals CNA I i CNA II. Es disposa dels següents transitoris reals ocorreguts en planta.



Descripció transitori	Transitori de validació n°	Data	Configuració
Aturada del reactor per baix cabal en un llaç.	tv1	Cicle 12	A1-2a
Aturada del reactor per baix nivell en GV3.	tv2	Cicle 12	A1-2a
Rebuig de càrrega del 50% per CNA I al 100%.	tv3	Proves d'arrencada Cicle 12	A1-2a
Rebuig de càrrega del 50% per CNA II al 100%..	tv4	Proves d'arrencada Cicle 11	A2-2a
Caiguda de potència del 10% del 75%.	tv5	Proves d'arrencada Cicle 12	A1-2a
Pujada de potència del 10% del 65%.	tv6	Proves d'arrencada Cicle 12	A1-2a
Rebuig de càrrega del 100 al 50%.	tv7	Proves d'arrencada Cicle 13	A2-3a

Taula 7.1 Relació de transitoris de validació CNA.

Aquests transitoris s'afegeixen en les columnes de la matriu, i en cas d'obtenir un nou transitori, tan sols ha d'aparèixer una nova columna.

EN la matriu de qualificació han estat inclosos tots els sistemes de les plantes que poden tenir una influència significativa en el transcurs del transitori. Dins un mateix sistema es pot distingir entre component i control del component, en els casos en els que component i control actuen conjuntament, han estat unificats amb la finalitat de no estendre el nombre de files. En altres casos tan sols ha estat introduït com a fila d'inputs el control del sistema, ja que el component no ha estat subjecte a ajustaments.

Durant la simulació dels transitoris s'han especificat els sistemes que entren en funcionament i el paràmetre de planta del que es disposa que reflecteix el funcionament d'aquest. La matriu s'omple amb aquests paràmetres que serveixen coma a dades reals a l'hora de realitzar verificacions, ajustos o anàlisis de sensibilitat.

A continuació es mostra l'estat de la matriu obtinguda amb les dades disponibles.



	tv1	tv2	tv3	tv4	tv5	tv6	tv7
Sistema de seguridad del presionador	válvulas control	-	-	-	-	-	-
Sistema de alivio del presionador	válvulas control	Pressió del primari	Pressió del primari	Pressió del primari	Pressió del primari	Pressió del primari	Pressió del primari
Sistema rociado presionador	válvulas control	Posició vàlvules display/Pressió del primari	Posició vàlvules display/Pressió del primari	Posició vàlvules display/Pressió del primari	Posició vàlvules display/Pressió del primari	Posició vàlvules display/Pressió del primari	Pressió del primari
Calentadores	válvulas control	Pressió del primari	Pressió del primari	Pressió del primari	Pressió del primari	Pressió del primari	Pressió del primari
Sistema de seguridad de los GGW	válvulas control	Pressió GGW	Pressió GGW	Pressió GGW	Pressió GGW	Pressió GGW	Pressió GGW
Sistema de alivio de los GGW	válvulas control	Pressió GGW	Pressió GGW	Pressió GGW	Pressió GGW	Pressió GGW	Pressió GGW
Sistema de purga de los GGW	válvulas control	-	-	-	-	-	-
Sistema de aislamiento del vapor principal	válvulas control	-	-	-	-	-	-
Sistema de AAP	válvulas principals control valv. ppas	Q AAP	Q AAP GV2	Q AAP	Q AAP GV2	Q AAP GV2	Q AAP
	válvulas de bypass ctol. valv. By-pass	-	-	-	-	-	-
	Ctol. Turbobombes	-	Vel TBAAP	Vel TBAAP	Vel TBAAP	Vel TBAAP	Vel TBAAP
	valv. turbobomba control	Q AAA	-	-	-	-	-
	valv. motobombes control	Q AAA	-	-	-	-	-
	control	-	-	-	-	-	-
	control	-	-	-	-	-	-
Sistema de inyección de alta seguridad		Temperatura mitja	Temperatura mitja	Temperatura mitja	Temperatura mitja	Temperatura mitja	Temperatura mitja
Sistema de inyección de baja seguridad		Temperatura mitja	Temperatura mitja	Temperatura mitja	Temperatura mitja	Temperatura mitja	Temperatura mitja
Sistema descarga steam-dump		-	posició vàlvula turbina	-	posició vàlvula turbina	posició vàlvula turbina	posició banc D
Turbina		-	posició vàlvula turbina	-	posició vàlvula turbina	posició vàlvula turbina	posició banc D
Sistema de barras	control	potència nuclear	potència nuclear	potència nuclear	potència nuclear	potència nuclear	potència nuclear

Taula 7.2 Matriu de qualificació.



7.3. Exemple d'ajust de sistemes

7.3.1. Introducció

El procés de simulació i validació dels transitoris corresponents al segon període tecnològic ha permès ajustar components i sistemes del model millorant-ne així la resposta i el propi model, com és el cas de la pressió del secundari. Es pot comprovar en la matriu de validació que aquest paràmetre és present com a dada en tots els transitoris de validació, esdevenint un paràmetre amb suficient informació per a la realització d'ajustos.

En altres casos, el procés de validació ha permès detectar errors de modelació de components o sistemes de control. Aquest és el cas del sistema de modelació d'obertura i tancament de les vàlvules d'*spray*. Es pot comprovar en la matriu de qualificació que aquestes vàlvules actuen i es validen en 5 dels 7 transitoris que validen la CNA.

7.3.2. Exemple d'ajust d'una variable: pressió del secundari

A continuació es mostra com el procediment de realització d'ajust d'una variable del sistema: la pressió del secundari. Tradicionalment el treball realitzat pel GET per a l'ajust d'aquest paràmetre s'ha basat en la modificació del factor *fouling* o qualitat de transmissió de calor en els GGVV i ha tingut un paper funcional alhora de validar resultats. Aquesta metodologia no ha permès validar un factor foulig.

El que es proposa en aquest projecte és un estudi de les pressions del secundari en tots els models estacionaris de validació en funció del factor *fouling* per tal de fixar un valor per aquest factor que reparteixi l'error comès per aquesta variable en relació a les respectives consignes reals de planta prioritant en primer terme error mínim i en segon terme dispersió mínima.

A continuació es mostra una taula amb els resultats referents a la pressió del secundari d'aquestes simulacions.



	fouling = 2.6				% error	desv. error
	estacionari	pres. sec. pl	pres. sec. sim	desviació		
fouling = 2.6	conf 4					
	A2T13B_1	6701773,277	6663599,281	-38173,9962	-0,57	0,04
	A1D12B_1	6880956,345	6910452,4878	29496,1433	0,43	0,64
	A1D12B_2	6709263,696	6660266,218	-48997,4776	-0,73	0,13
	A2D11B_4	6907924,632	6893622,918	-14301,7138	-0,21	0,03
	A1D12B_5	6932343,191	6771181,3801	-161161,8104	-2,32	3,81
	A1D12B_6	6875828,868	6859599,6582	-16229,2093	-0,24	0,02
				-3,64	2,150476	
fouling = 2.4	estacionari	pres. sec. pl	pres. sec. sim	desviació	% error	desv. error
	conf 4					
	A2T13B_1	6701773,277	6719389,219	17615,9420	0,26	0,41
	A1D12B_1	6880956,345	6916134,5511	35178,2066	0,51	0,78
	A1D12B_2	6709263,696	6464143,829	-245119,8666	-3,65	10,76
	A2D11B_4	6907924,632	6930632,823	22708,1911	0,33	0,49
	A1D12B_5	6932343,191	6839217,0769	-93126,1136	-1,34	0,94
A1D12B_6	6875828,868	6783217,3889	-92611,4786	-1,35	0,95	
				-5,24	3,731105	
fouling = 2.2	estacionari	pres. sec. pl	pres. sec. sim	desviació	% error	desv. error
	conf 4					
	A2T13B_1	6701773,277	6682918,688	-18854,5885	-0,28	0,01
	A1D12B_1	6880956,345	6878198,8838	-2757,4607	-0,04	0,11
	A1D12B_2	6709263,696	6740843,839	31580,1432	0,47	0,71
	A2D11B_4	6907924,632	6888169,353	-19755,2786	-0,29	0,01
	A1D12B_5	6932343,191	6839217,0769	-93126,1136	-1,34	0,94
A1D12B_6	6875828,868	6849141,6804	-26687,1871	-0,39	0,00	
				-1,87	1,331319	
fouling = 2.0	estacionari	pres. sec. pl	pres. sec. sim	desviació	% error	desv. error
	conf 4					
	A2T13B_1	6701773,277	6667607,976	-34165,3008	-0,51	0,39
	A1D12B_1	6880956,345	6810213,971	-70742,3731	-1,03	0,01
	A1D12B_2	6709263,696	6736766,278	27502,5821	0,41	2,40
	A2D11B_4	6907924,632	6824875,722	-83048,9104	-1,20	0,00
	A1D12B_5	6932343,191	6757818,5283	-174524,6622	-2,52	1,90
A1D12B_6	6875828,868	6817993,2071	-57835,6604	-0,84	0,09	
				-5,69	2,098402	
fouling = 1.8	estacionari	pres. sec. pl	pres. sec. sim	desviació	% error	desv. error
	conf 4					
	A2T13B_1	6701773,277	6649564,663	-52208,6142	-0,78	0,05
	A1D12B_1	6880956,345	6850127,9200	-30828,4245	-0,45	0,30
	A1D12B_2	6709263,696	6688506,858	-20756,8373	-0,31	0,47
	A2D11B_4	6907924,632	6830860,668	-77063,9638	-1,12	0,01
	A1D12B_5	6932343,191	6832030,3880	-100312,8025	-1,45	0,20
A1D12B_6	6875828,868	6815736,9684	-60091,8991	-0,87	0,01	
				-4,97	1,001078	
fouling = 1.6	estacionari	pres. sec. pl	pres. sec. sim	desviació	% error	desv. error
	conf 4					
	A2T13B_1	6701773,277	6627917,773	-73855,5038	-1,10	0,32
	A1D12B_1	6880956,345	6777663,5808	-103292,7637	-1,50	0,03
	A1D12B_2	6709263,696	6675657,572	-33606,1234	-0,50	1,37
	A2D11B_4	6907924,632	6777663,581	-130261,0512	-1,89	0,05
	A1D12B_5	6932343,191	6798676,4767	-133666,7138	-1,93	0,07
A1D12B_6	6875828,868	6776814,4029	-99014,4646	-1,44	0,05	
				-8,36	1,250943	
fouling = 1.4	estacionari	pres. sec. pl	pres. sec. sim	desviació	% error	desv. error
	conf 4					
	A2T13B_1	6701773,277	6601708,561	-100064,7157	-1,49	0,06
	A1D12B_1	6880956,345	6745538,4100	-135417,9345	-1,97	0,05
	A1D12B_2	6709263,696	6745805,162	36541,4661	0,54	5,23
	A2D11B_4	6907924,632	6866588,346	-41336,2858	-0,60	1,31
	A1D12B_5	6932343,191	6699891,5236	-232451,6669	-3,35	2,59
A1D12B_6	6875828,868	6748943,0061	-126885,8614	-1,85	0,01	
				-8,71	3,032519	

Taula 7.3 Estudi de la incidència del fouling en la pressió del secundari.



Es comprova que per a un factor *fouling* de 2.2 l'error relatiu del conjunt d'estacionaris base de validació és menor així com és dels més baixos també el valor de la desviació d'aquest.

7.3.3. Exemple d'ajust d'un sistema: demanda d'spray

La funció de les vàlvules d'spray és injectar en el pressonador refrigerant provinent de la branca freda del primari en els escenaris en els que la pressió del primari estigui per sobre d'una pressió consigna. Un escenari contrari, implicaria la posada en marxa de calentadors elèctrics que pujarien la temperatura i per tant la pressió

La resposta de les vàlvules havien estat modelades segons el protocol de sistemes de control per a estacions de commutació automàtic / manual.

Protocol de sistemes de control per a estacions de commutació automàtic / manual [9]

Hi ha molts tipus d'estacions de commutació automàtic manual. En cas de no existir seguiment PID d'automàtic a manual, l'estació es comporta com un *lag* que transfereix la senyal automàtica a manual o viceversa. L'objectiu d'aquest tipus de transicions d'un mode a l'altre és el d'obtenir una resposta no brusca.

L'esquema de modelació del sistema lògic de les vàlvules d'spray del PZM és el mostrat en la figura 7.1.

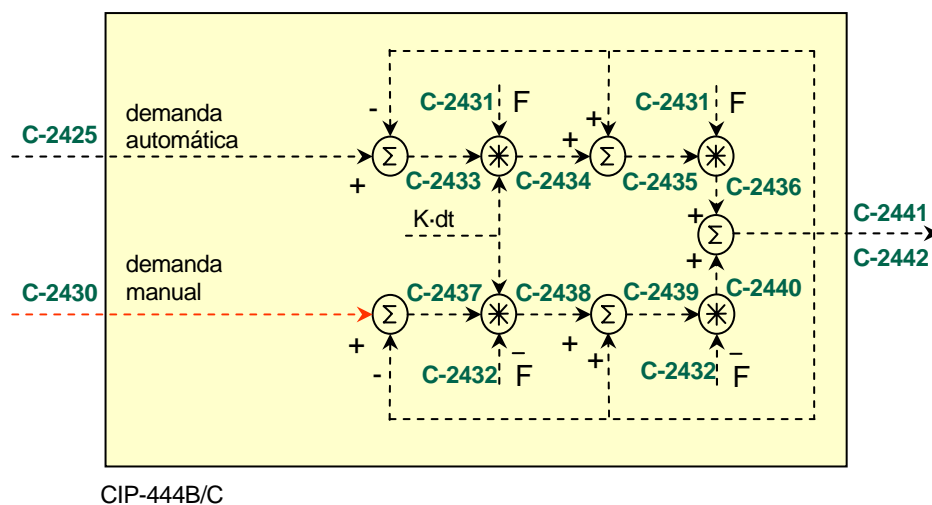


Fig. 7.1 Model lògic de les vàlvules d'spray.

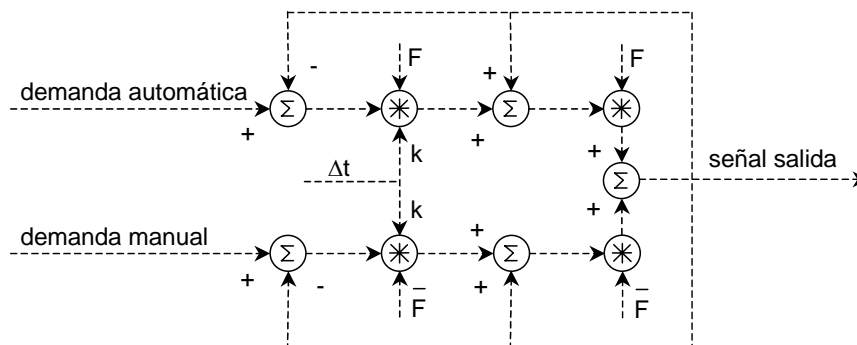


Fig. 7.2 Model lògic de genèric estacions de commutació automàtic / manual.



A continuació es reproduïx amb caràcter genèric el codi utilitzat per a la modelació d'aquest tipus d'estacions.

La senyal F i la corresponent negació, activen la demanda respecte la senyal de sortida.

En els inputs de Relap, si C-xx01 es la demanda automàtica, C-xx02 la demanda manual i C-xx03 (1 = auto, 0 = manual), el mode de funcionament és el següent:

```
* han estat incorporades taules per a la obtenció de les
* senyals d'entrada variables amb el temps per a la prova del model
*
* demanda auto
*
205xx010 auto function 1.0 0.0 1
205xx011 time 0 xx1
*
202xx100 reac-t
202xx101 -1.0 50.0
202xx102 0.0 50.0
202xx103 50.0 50.0
*
* demanda manual
*
2050xx20 auto function 1.0 0.0 1
2050xx21 time 0 xx2
*
202xx200 reac-t
202xx201 -1.0 20.0
202xx202 0.0 20.0
202xx203 50.0 20.0
*
* mode funcionament
*
205xx030 modo function 1.0 0.0 1
205xx031 time 0 xx3
*
202xx300 reac-t
202xx301 -1.0 0.0
202xx302 10.0 0.0
202xx303 10.0 1.0
*
205xx040 nomodo function 1.0 0.0 1
205xx041 cntrlvar xx03 xx04
*
202xx400 reac-t
202xx401 0.0 1.0
202xx402 1.0 0.0
*
* model
*
205xx050 demaut1 sum 1.0 0.0 1
205xx051 0.0 1.0 cntrlvar xx01
205xx052 -1.0 cntrlvar xx13
*
205xx060 demaut2 mult 1/t 0.0 1
205xx061 cntrlvar xx05 cntrlvar xx03 cntrlvar 0099
*
205xx070 demaut3 sum 1.0 0.0 1
205xx071 0.0 1.0 cntrlvar xx06
205xx072 1.0 cntrlvar xx13
*
205xx080 demaut4 mult 1.0 0.0 1
205xx081 cntrlvar 0007 cntrlvar xx03
*
205xx090 demaut1 sum 1.0 0.0 1
205xx091 0.0 1.0 cntrlvar xx02
205xx092 -1.0 cntrlvar xx13
*
```



```

205xx100 demaut2 mult 1/t 0.0 1
205xx101 cntrlvar xx09 cntrlvar xx04 cntrlvar 0099
*
205xx110 demaut3 sum 1.0 0.0 1
205xx111 0.0 1.0 cntrlvar xx10
205xx112 1.0 cntrlvar xx13
*
205xx120 demaut4 mult 1.0 0.0 1
205xx121 cntrlvar xx11 cntrlvar xx04
*
205xx130 salida sum 1.0 20.0 0
205xx131 0.0 1.0 cntrlvar xx08
205xx132 1.0 cntrlvar xx12

```

On les entrades han estat entrades com a funcions temporals a efectes de prova i C-0099 n'és el pas temporal.

La resposta és la que es mostra en les figures a continuació és el resultat de les simulacions de les transicions d'automàtica a manual i viceversa als 10 segons amb una demanda automàtica de 50.0 i una demanda manual de 20.0, ambdues constants.

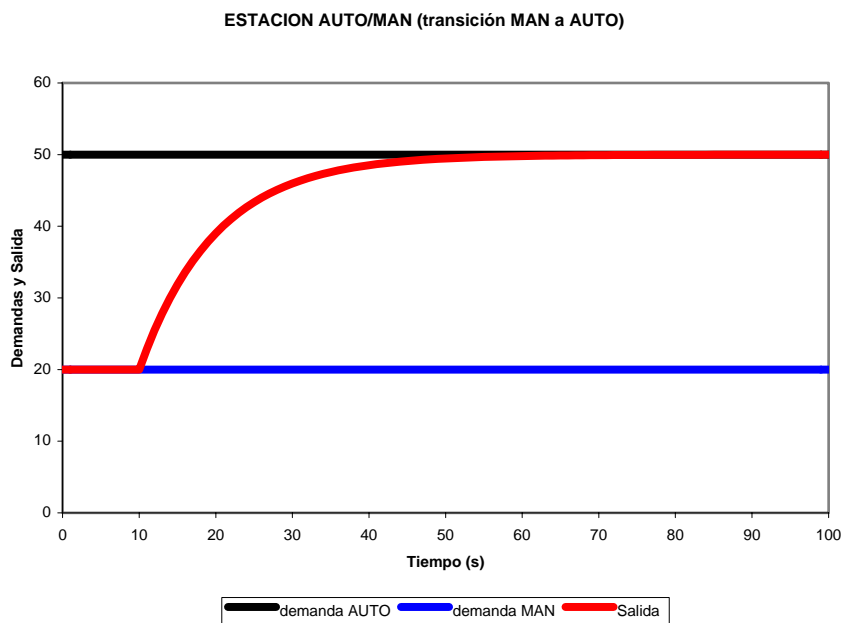


Fig. 7.3 Resposta a la transició automàtica → manual.



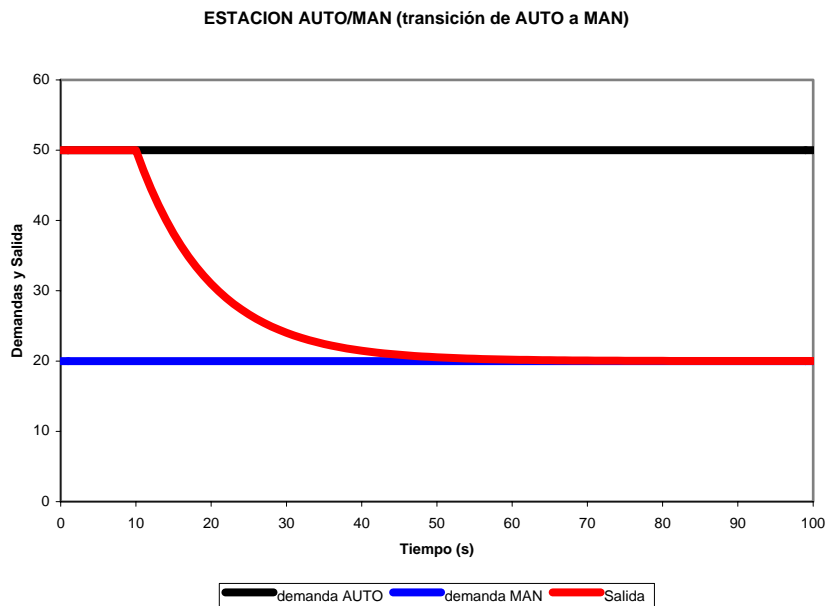


Fig. 7.4 Resposta a la transició manual → automàtic.

La resposta del sistema de demanda d'spray, modelada segons el protocol de sistemes de control per a estacions de commutació automàtic / manual, té una tendència no brusca com a resposta a una variació de demanda. Aquesta resposta manté congruència amb el protocol de sistemes de control.

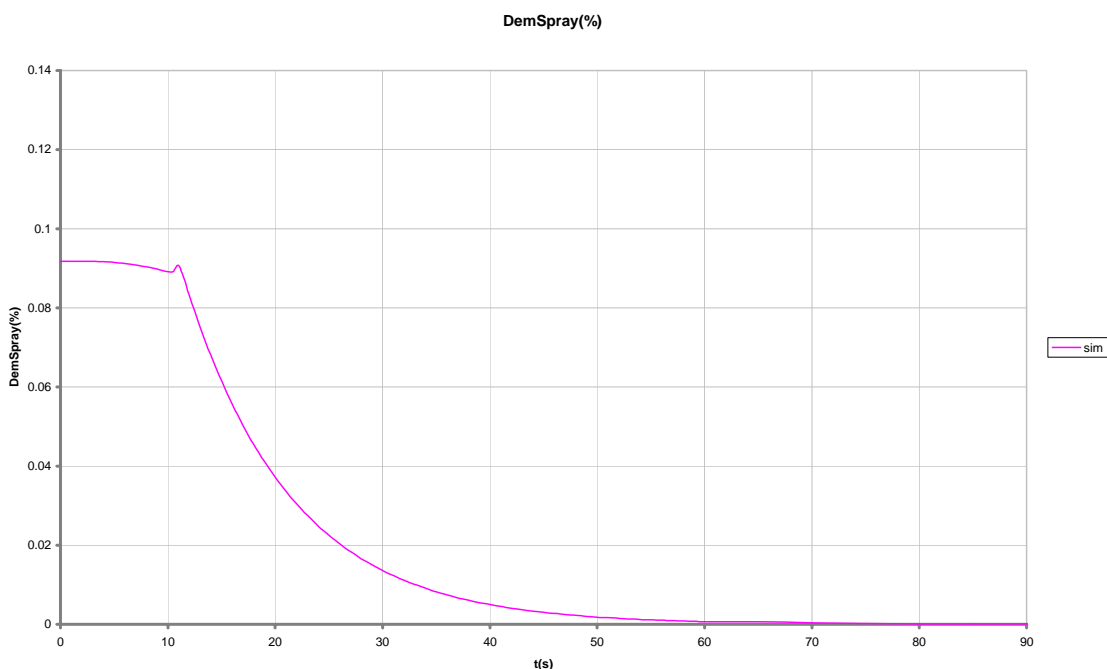


Fig. 7.5 Resposta de la demanda d'spray a variació en la pressió del primari.

La gràfica de resposta en planta d'aquest sistema mostra una clara diferència. Això s'explica en base a la relació existent entre el comportament de la pressió del primari, i per tant del PZM, i la modulació de les vàlvules esmentades.



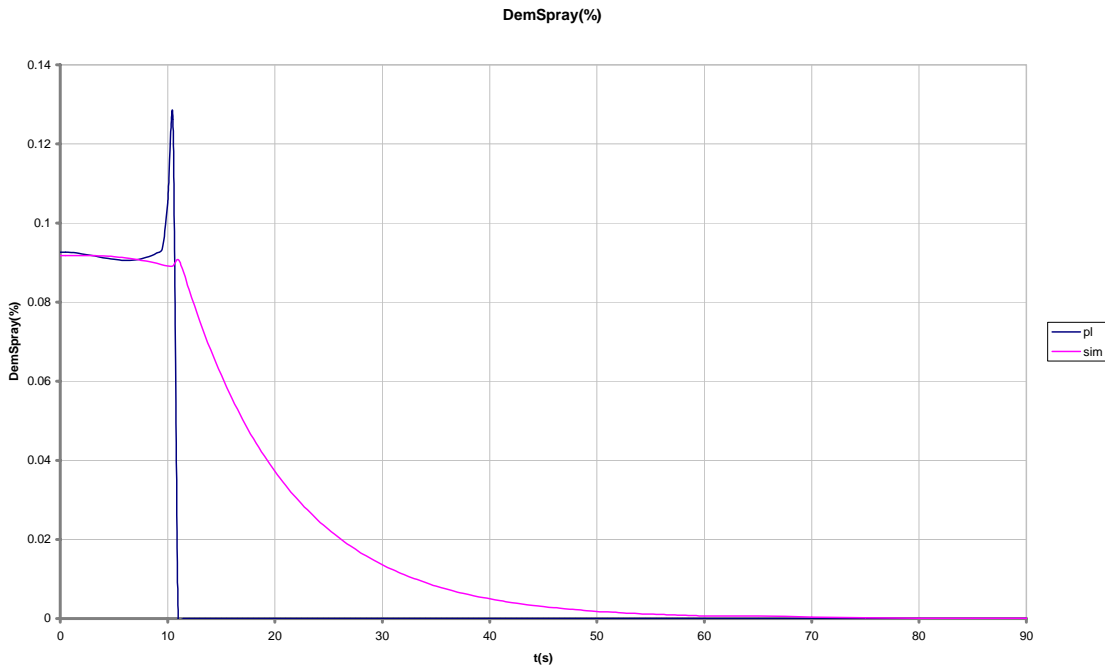


Fig. 7.6 Resposta de la demanda d'spray a variació en la pressió del primari.

Una baixada brusca de pressió tanca bruscament les vàlvules d'spray, la funció de les quals és injectar en el pressionador refrigerant provinent de la branca freda del primari en els escenaris en els que la pressió del primari estigui per sobre d'una pressió consigna. Un escenari contrari, implicaria la posada en marxa de calentadors elèctrics que pujarien la temperatura i per tant la pressió. No sembla doncs lògica la resposta no brusca que presenten.

Proposta de modelació del sistema

L'esquema de lògic del control de les vàlvules d'spray es mostra a continuació.

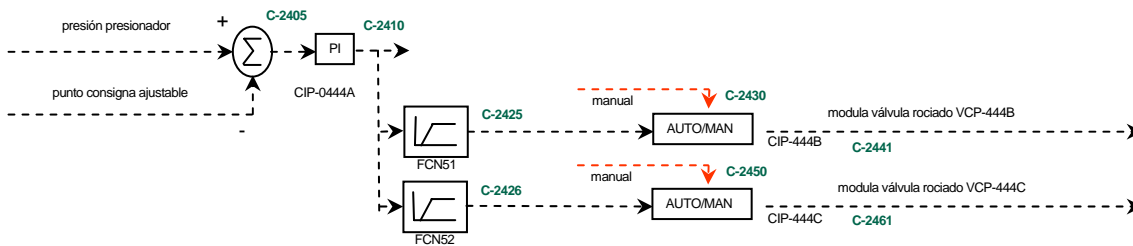


Fig. 7.7 Plànol lògic del sistema.

La variable de control que tracta la pressió del pressionador per a enviar-ne el senyal al sistema de modulació de les vàlvules d'spray és la 2410.

```

20500030 ppzr sum 1.0 155.2 1 * presion pressionador (Kg/cm2 rel.)
20500031 -1.03297 1.0197e-5 p 520190000
*
20524050 errppzr sum 1.0 0.0 1
20524051 -157.2 1.0 cntrlvar 0003
*
20524100 pierrpre sum 1.0 2.048 0 3 -2.0394 8.1576 * Iniciar correctamente
20524101 0.0 1.0 cntrlvar 2406 * proporcional * 2406 = f ( 2405 )
    
```



```
20524102      0.5  cntrlvar  2407  * integral          * 2407 = f ( 2405 )
20524103      0.5  cntrlvar  2408  * integral          * 2408 = f ( 2405 )
20524104      1.0  cntrlvar  2409  * resta             * 2409 = f ( 2405 )
```

El tractament d'aquesta variable correspon a les variables 2425 i 2426.

```
20524250 FCN51 function 1.0 0.0 1          *
20524251 cntrlvar 2410 324
*
20232400 reac-t
20232401 0.0 0.0
20232402 1.73 0.0
20232403 5.25 100.0
*
20524260 FCN52 function 1.0 0.0 1
20524261 cntrlvar 2410 324
```

El tractament es basa en la normalització del valor de la variable 2410. Aquesta variable representa una diferència de pressió tractada. Si el seu valor es troba per sota de 1.73 les variables 2425 i 2426 prendran el valor de 0.0, i si es troba per sobre de 5.25 les variables 2425 i 2426 prendran el valor 100.0. Els valors intermitjos prenen el valor corresponent a la correlació lineal entre les dues parelles de valors.

2425 i 2426 són les variables de control que es sotmeten al protocol de sistemes de control per a estacions de commutació automàtic / manual, que com a resultat generen 2441 i 2461, variables que donen l'obertura real de les vàlvules.

La resposta d'aquestes últimes variables hauria de ser semblant a la que generen les 2425 i 2426. amb aquest objectiu, i el de mantenir el nivell de qualitat i semblança de resposta d'aquestes vàlvules, han estat generades i estudiades diverses alternatives.

L'autonomia d'actuació ha estat la propietat que ha primat en l'elecció de l'alternativa final que es reproduïx a continuació.

```
20524630 sss function 1.0 0.0 1
20524631 cntrlvar 2425 332
*
20233200 reac-t
20233201 0.0 0.0
20233202 1.73 0.0
20233203 2. 1.0
*
20524440 sss mult 1.0 0.0 1
20524441 cntrlvar 2441 cntrlvar 2463
*
20524420 pcv444a sum 1.0 0.0 1 3 0.0 1.0
20524421 0.0 0.01 cntrlvar 2444
*
20524450 sss mult 1.0 0.0 1
20524451 cntrlvar 2461 cntrlvar 2463
*
20524620 pcv444a sum 1.0 0.0 1 3 0.0 1.0
20524621 0.0 0.01 cntrlvar 2445
```

Aquest canvi produeix la següent resposta:



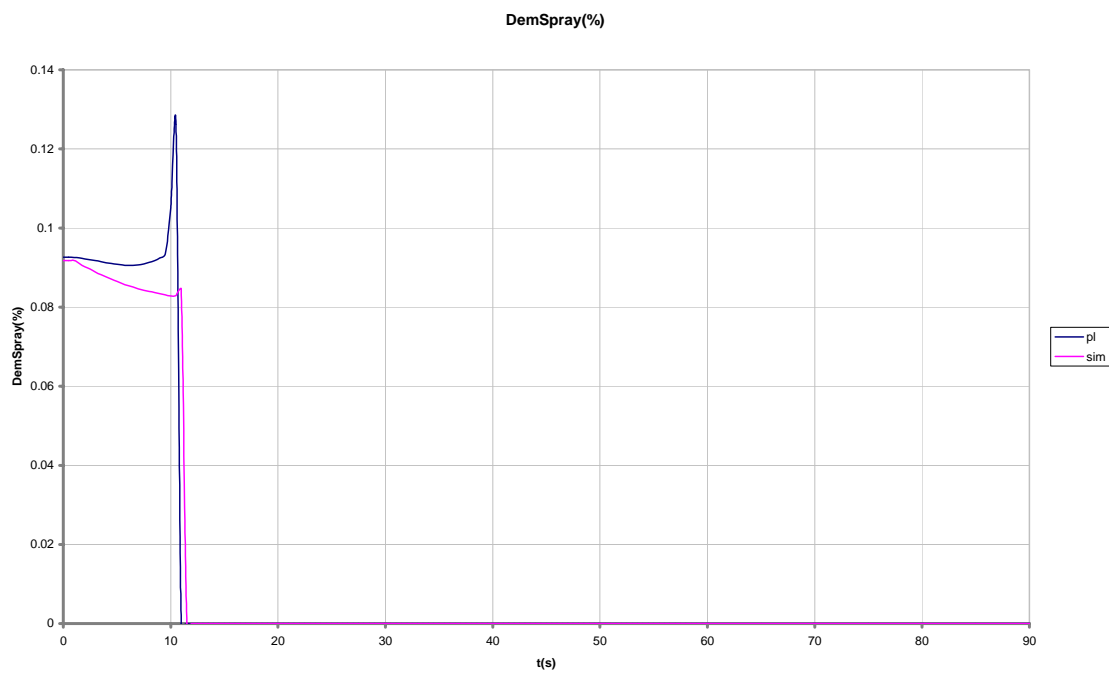


Fig. 7.8 Resposta simulada i real de la demanda d'spray modificada.



8. Programa MoSiVa

8.1. Motivació del programa

Un dels objectius del grup d'estudis termohidràulics recau en la millora continua dels models de les centrals nuclears d'Ascó i Vandellòs. Fruit d'aquesta motivació, s'executa en el grup un protocol de validació d'aquests models. Davant la detecció d'errors, incorporació de millores i estudis de sensibilitat es realitza una reexecució dels transitoris ocorreguts fins al moment, una comparació dels resultats d'aquestes execucions amb les dades reals de planta que l'ANAV proporciona i finalment, si s'escau, una incorporació d'aquests canvis en el model.

La motivació de realització d'aquest programa sorgeix de la possibilitat d'automatització del procés, facilitant així la tasca de validació del model d'Ascó a l'analista. MoSiVa modifica, simula i valida el model d'Ascó a través de l'execució dels transitoris de validació d'aquesta central.

8.2. Descripció del programa MoSiVa

El programa MoSiVa ha estat creat per a la modificació dels estacionaris de validació de la CNA, la simulació dels corresponents transitoris de validació i la validació de les dades resultants d'aquests últims per part de l'analista.

L'aplicació ha estat creada amb el codi Visual Basic 6.0, pertanyent al paquet *Visual Studio 6* de *Microsoft*. S'ha utilitzat *Visual Basic for Applications* per a fer que el programa es comuniqui amb l'*Excel* mitjançant el model d'objectes que facilita el paquet ofimàtic *Office*.

Mitjançant una interfície l'usuari interactua amb el programa MoSiVa. Com es pot observar en la figura 8.1, la interfície es troba dividida en cinc zones.

El *frame* "arxius input" conté deu botons i deu etiquetes que permeten a l'analista carregar l'input base corresponent i mostrar-ne el nom en pantalla. Cada estacionari base està associat automàticament a un transitori i una plantilla d'*Excel*. En aquest aspecte, és de gran importància que l'usuari d'aquest programa anomeni, carregui i desí correctament aquests fitxers.

El *frame* "modificacions" conté un botó i una etiqueta que permet a l'analista carregar l'arxiu modificacions i mostrar-ne el nom en pantalla. Modificacions és un arxiu de text que contindrà les línies que es volen modificar en els arxius input seleccionats. L'arxiu no ha de contindre cap tipus de caràcters especials. El codi del programa conté sentències i subfuncions incorporades de *VB 6.0* que detecten tant els canvis de línia com de final d'arxiu.

El *frame* "identificador de canvis" conté una finestra de text on l'usuari pot introduir una bandera identificadora dels canvis que es situarà al final de cada línia modificada del nou arxiu input dels estacionaris. Aquesta bandera serà automàticament precedida per un '*', símbol que farà innòcua la cadena de caràcters per a la correcta compilació de l'arxiu.



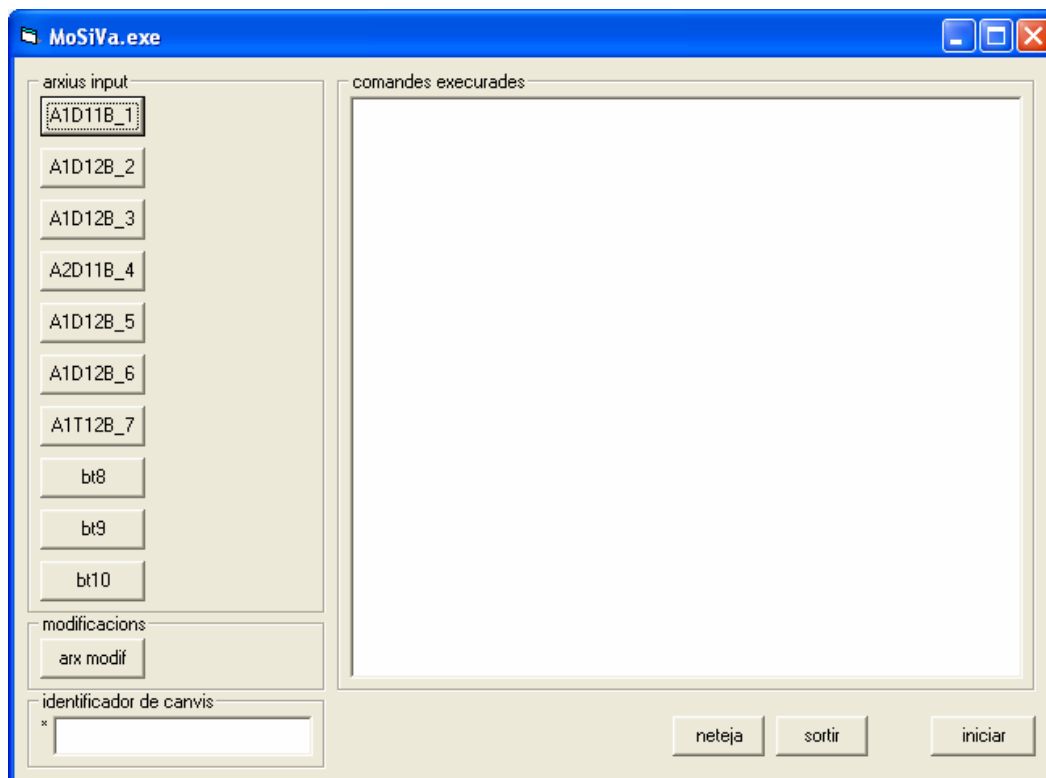


Fig. 8.1 Interfície del programa MoSiVa.

El *frame* “comandes executades” conté una finestra de text on es mostra a l'usuari a temps real les comandes executades, les que es troben en execució i possibles errors que es produeixin.

En la zona de botons s'hi troben el botó “iniciar” que executa l'aplicació en funció dels arxius que hagi carregat l'usuari, el botó “sortir” que tanca l'aplicació i el botó “neteja” que esborra totes les variables, etiquetes i finestres de text que han estat carregades o modificades fins al moment.

Les opcions que dona l'aplicació són concretes pel fet d'haver estat creat per a desenvolupament d'unes funcions específiques, cosa que facilita a l'usuari el seu maneig. En l'annex D s'adjunta el codi del programa, i en l'annex E s'adjunta un manual d'usuari que facilita i complementa la informació referent a la utilització del programa MoSiVa.



9. Procediment per anomenar inputs

9.1. Introducció

Aquest apartat té com objectiu explicar a l'usuari la nomenclatura dels noms dels arxius dels fitxers input, per a que aquest en pugui extreure la màxima informació sense haver-los d'obrir ni comprovar.

9.2. Definicions prèvies

Configuració: s'entén per configuració al conjunt de característiques concretes en les que es realitza una simulació. Per a definir correctament el què és una configuració és necessari conèixer els següents conceptes:

Hard: configuració tecnològica y de potència en un període de temps determinat.

Cicle: Període de temps que comprèn el cremat de combustible en el reactor, des de la inserció fins a la retirada.

Instant de vida del cicle: essent possible inici meitat i final de vida.

Condicions de contorn: qualsevol peculiaritat o conjunt d'especificacions que es donen en un instant determinat.

La interacció i combinació de l'estructura de paràmetres informatius es mostra en la següent taula:

HARD	CICLE	INSTANT	CONDICIÓ
1	1	BOL	...
	---	MOL	...
	4	EOL	...
2	5	BOL	...
	---	MOL	...
	10	EOL	...
3	11	BOL	...
	---	MOL	...
	14	EOL	...
4	15	BOL	...
	---	MOL	...
	17	EOL	...

Taula 9.1 Estructura del paràmetres informatius del nom dels inputs.

Altres definicions d'interès:

Model: s'entén per model, l'esquema informàtic que reproduïx la realitat del sistema. En el nostre cas el sistema és una central nuclear. El model es crea per a facilitar la comprensió i l'estudi del comportament del sistema.



Nota de càlcul: conjunt de documents que contenen les dades necessàries per a dur a terme la modelació del sistema.

9.3. Procediment

La nomenclatura que s'utilitzarà per anomenar els fitxers input serà la següent:

C. N. Ascó

AACNNI-x

- AA: indica el grup de la central d'Ascó. Podent ser A1 per a Ascó1 i A2 per a Ascó 2.
- C: indica la configuració tecnològica que s'està tractant en aquest input (U: u; D: dos; T: tres; Q: quatre).
- NN: indica el cycle en el que es troba.
- l: indica l'instant de cycle en el que ens trobem (B; BOL; M: MOL; E: EOL).
- x: indica característiques específiques del model com poden ser valors de punts de consigna concrets per a la simulació d'un transitori de validació, modificacions de sistemes per a l'anàlisi d'escenaris hipotètics, etc. Aquestes característiques es troben correctament referenciades a la taula inclosa en l'annex A per a la seva consulta i ampliació.

Exemple:

A1Q17B: indica que l'input es refereix a la central de d'Ascó1, configuració 4, cycle 17 i instant inicial de vida (BOL) en condicions normals.

C. N. Vandellòs

VCNNI-x

- V: indica que es tracta d'un fitxer del model de la C. N. Vandellòs.
- C: indica la configuració tecnològica que s'està tractant en aquest input (U: u; D: dos; T: tres; Q: quatre).
- NN: indica el cycle en el que es troba.
- l: indica l'instant de cycle en el que ens trobem (B; BOL; M: MOL; E: EOL).
- x: indica característiques específiques del model com poden ser valors de punts de consigna concrets per a la simulació d'un transitori de validació, modificacions de sistemes per a l'anàlisi d'escenaris hipotètics, etc.
-

Exemple:

VQ17B: indica que l'input es refereix a la central de Vandellòs, configuració 4, cycle 17 i instant inicial de vida (BOL) en condicions normals.



10. Estructura de dades del servidor del LET

El resultat del treball realitzat en aquest projecte passarà a formar part de la base de dades d'informació amb la que es documenta el Laboratori d'Estudis Termohidràulics. Amb aquest fi el Laboratori treballa amb una xarxa local d'ordinadors.

L'estructura bàsica d'aquesta xarxa és en forma d'arbre descendent. La xarxa està formada per un conjunt d'ordinadors d'entre els quals un n'és el servidor, quatre estan destinats a càlculs i la resta estan destinats als usuaris que formen el GET.

Els ordinadors destinats a fer càlculs poden ser utilitzats des de tots els terminals i permeten agilitar la realització de càlculs de simulacions

El servidor conté dues carpetes bàsiques: el Virtual Plaza i el Virtual Data. Aquestes carpetes inclouen informació accessible per a tots els usuaris de la xarxa. La finalitat del Virtual Plaza és la de permetre intercanviar informació entre els diferents usuaris. El Virtual Data conté informació, ja consolidada, de projectes, treballs, tesis doctorals, programes, etc. Permet consultar arxius que poden ser d'interès per a tots els membres del grup. Fins al moment, el Virtual Data està format per un conjunt de directoris que contenen de manera endreçada tant el material realitzat en el Laboratori com el material d'interès per a treball i informació.

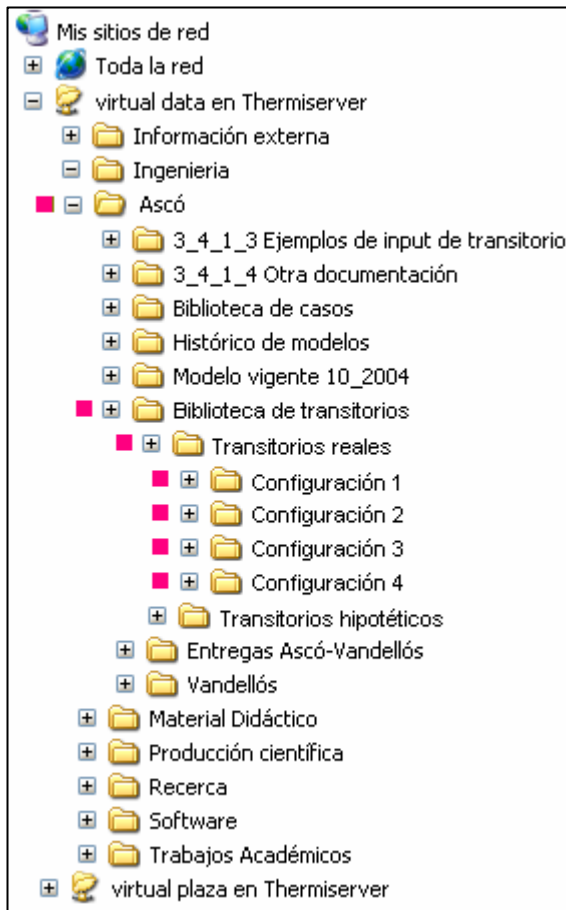


Fig. 10.1 Estructura de dades.

El treball realitzat en aquest PFC s'ubicarà en el servidor per una banda com a material acadèmic i per l'altra com a estudi de validació de la CNA.

Tant els transitoris com els estacionaris de validació seran enclosos en el servidor d'acord amb l'estructura mostrada en la figura 10.1.



Conclusions

Aquest projecte ha ampliat i documentat la biblioteca de transitoris de validació del model de la central nuclear d'Ascó. A partir del model actual de planta amb el que treballa el grup d'estudis termohidràulics s'ha validat el model tecnològic tres amb els canvis introduïts fruit de l'anàlisi del model tecnològic dos. S'ha creat el model tecnològic dos i han estat validats els transitoris que es tenien d'aquest.

A partir de l'anàlisi de les dades obtingudes amb els transitoris de validació simulats s'ha creat la matriu de validació, eina de documentació i consulta que conté les modificacions i millores introduïdes en el model. Durant aquest mateix procés han estat modificats diversos sistemes amb la finalitat d'obtenir una millor resposta dels mateixos.

En el procés de manipulació de sistemes a modificar s'ha localitzat un error en la modelació del sistema de control d'obertura de les vàlvules d'*spray*. Aquest error ha estat corregit i validat. A més han estat trobats i esmenats altres errors "ortogràfics" del codi del model.

Per a facilitar la tasca dels analistes termohidràulics en la continua millora i revisió dels models ha estat creada una eina amb *Visual Basic 6.0* per tal d'automatitzar la modificació i simulació dels estats estacionaris i posterior simulació i graficació dels corresponents estats transitoris.

A nivell de documentació es proposa una nova manera d'anomenar fitxers que estandarditza aquest procés per al grup alhora que esdevé una bandera informativa del contingut de l'arxiu.



Agraïments

En primer lloc, el meu agraïment al director d'aquest projecte, el Francesc Reventós, per l'experiència que ha aportat i per la feina que realitza en el Laboratori d'Estudis Termohidràulics de la SEN.

Al Lluís Batet i a la Carme Pretel per la feina a l'ombra i per ser guia d'aquells primers passos per aquest vostre departament.

Altres cops a vosaltres per fer-me participar d'aquest gran projecte vostre que ha estat per uns mesos també meu.

Evidentment, als meus pares per la tenacitat i l'esforç amb la que heu dut aquest projecte que era jo i que d'alguna manera també acaba aquí.

Als companys del laboratori per la receptivitat, l'ajuda i els bons moments dins i fora del laboratori. En especial a la Marina, el Jordi i el Carles.

A l'Agustín i al Mauri per recórrer aquest camí al meu costat donant suport en els moments més crítics i compartint els petits triomfs.

Al Dani.

A la família d'Orient.



Bibliografia

- [1] IDAHO NATIONAL ENGINEERING LABORATORY. *RELA5/MOD3.2 code manual volume II. User's guide and input requirements*. Idaho Falls, Juny 1995.
- [2] LABORATORI D'ESTUDIS TERMOHIDRÀULICS, SECCIÓ D'ENGINYERIA NUCLEAR (UPC) *Nota de càlcul del modelo de la C.N. Ascó I-II amb el codi RELAP/MOD3.2*. Barcelona, Març 2003.
- [3] WESTUNGHOUSE ELECTRIC CORPORATION *Precautions, limitations and setpoints. Made to Ascó Unit I-II at Rev.4*. Westinghouse Energy Systems Europe.
- [4] LABORATORI D'ESTUDIS TERMOHIDRÀULICS, SECCIÓ D'ENGINYERIA NUCLEAR (UPC). *Validación del modelo de CN Ascó con RELAP5/MOD3 - Rechazo de carga del 100% al 50%*. Barcelona, Abril 2005.
- [5] WESTUNGHOUSE ELECTRIC CORPORATION. *Precautions, limitations and setpoints. Made to Ascó Unit I-II at Rev. 12*. Març 1997.
- [6] ENUSA INDUSTRIAS AVANZADAS S.A. *Informe de Diseño Nuclear del ciclo 11 de la Central Nuclear Ascó Unidad II, Informe de Diseño Nuclear del ciclo 12 de la Central Nuclear Ascó Unidad I, Informe de Diseño Nuclear del ciclo 13 de la Central Nuclear Ascó Unidad II, Informe de Diseño Nuclear del ciclo 17 de la Central Nuclear Ascó Unidad I*. Febrer 2003.
- [7] ASOCIACIÓ NUCLEAR ASCÓ - LABORATORI D'ESTUDIS TERMOHIDRÀULICS, SECCIÓ D'ENGINYERIA NUCLEAR (UPC). *Transitorios reales ocurridos. Simulación con Relap*. Barcelona, Febrer 1998.
- [8] ASOCIACIÓ NUCLEAR ASCÓ. *Informes d'incidents operatius. Dades de sistemes de control i monitorització de la Central Nuclear d'Ascó*. Ascó 1995-2001.
- [9] LLOPIS, C. *Modelos avanzados de sistemas de control y protección de una central nuclear de agua a presión: contribución a la seguridad y a la disponibilidad*. Tesis doctoral pendent de publicació.

Bibliografia complementària

MICROSOFT CORPORATION. *Microsoft Visual Basic 6.0 manual del programador*. Madrid, 1998.

ASOCIACIÓN NUCLEAR ASCÓ-VANDELLÓS II, A.I.E. www.anav.es

CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR. www.csn.es

FORO DE LA INDUSTRIA NUCLEAR. www.foronuclear.org

GAVALDÀ, S., SOLÉ R.M. *PFC. Estudi termoenergètic i dinàmic de transitoris de centrals nuclears amb finalitat de seguretat*. Barcelona, 2003.



CORTI, B. PFC. *Estudio de los cambios de configuración de la Central Nuclear de Vandellòs II e influencia en el análisis de transitorios reales de Planta*. Barcelona, 2004.

REVENTÓS, F., SÁNCHEZ-BAPTISTA, J., PÉREZ NAVAS, A., MORENO, P. *Transient analysis in the Ascó nuclear power plant using Relap5/Mod2*. Vol. 90, 1990. Nuclear Technology.

PRETEL, C., Batet, I., CUADRA, A., MACHADO, A., DE SAN JOSÉ, G., SOL, I., REVENTÓS, F. *Qualifying, Validating and Documenting a Thermalhydraulic Code Input Deck*. Vol. 2, 2001. Nuclear Energy Agency. Committee on the Safety of Nuclear Installations.

