

ANÀLISI EN TEMPS REAL AL SISTEMA DE POTÈNCIA
DE GAS I ELECTRICITAT DE MALLORCA

N. NABONA F. SALVÀ

Hom presenta, justifica, i descriu l'experiència de servei, del conjunt de programes d'anàlisi de xarxes elèctriques en temps real incorporats als computadors del Centre de Maniobres de Marratxí de Gas i Electricitat de Mallorca, S.A. Aquest conjunt comprèn actualment: determinació de topologia, estimació d'estat, anàlisi de contingències, i repartiment de càrregues interactiu, en funcionament des de l'Octubre de 1978; curt circuits equilibrats, incorporat el Juliol de 1979; i en curs d'incorporació, registre històric de potències i energies generades i consumides. Els programes es posen en funcionament segons una cadència lògica, i utilitzen dades preses de la xarxa i resultats d'altres programes del conjunt que s'han executat abans.

LLISTA DE SÍMBOLS

		Nr	Nombre d'elements no zero de la part sobre-diagonal de la matriu d'admitàncies triangularitzada.
b_{kl}	Susceptància a terra del vincle entre la barra k i la l.	Nv	Nombre de vincles.
E, e_m	Vector de, i part real de la tensió a la barra m.	Nx	Nombre d'estats.
F, f_m	Vector de, i part imaginària de la tensió a la barra m.	P_m, Q_m	Injeccions de potència activa i reactiva a la barra m.
G(·)	Vector de funcions que relacionen U, X, i Y.	p_{kl}, q_{kl}	Fluxs de potència activa i reactiva partint de la barra k cap a la barra l.
J(·)	Funció escalar residual format per la suma ponderada del quadrat de diferències entre mesures i valors calculats d'aquestes mesures.	p_{16}	Paraula de 16 bits.
M	Vector de mesures.	r_{kl}	Resistència del vincle entre la barra k i la barra l.
$M(\cdot), m_i(\cdot)$	Vector de, i valor calculat de la mesura i com a funció de X.	T, t_m	Vector de, i tensió a la barra m.
Nb	Nombre de barres.	U	Vector de variables de control.
Nd	Nombre de falsos disjuntors.	X	Vector d'estats.
Nf	Nombre de transformadors.	x_{kl}	Reactància del vincle entre la barra k i la barra l.
Ng	Nombre de grups generadors.	Y	Vector de paràmetres de la xarxa
Nm	Nombre de mesures.	α_m	Conjunt de barres unides directament a la barra m.

- N. Nabona, consultor independent. Travessera de Gràcia, 352. Barcelona - 25.
- F. Salvà, de G.E.S.A., Servei Subestacions. Av. Joan Maragall, 16. Ciutat de Mallorca.
- Article rebut el Novembre del 1979.

0 Vector d'angles de fase relatiu de --
les tensions.

1. INTRODUCCIÓ

Gas i Electricitat, S.A. (G.E.S.A.) te cura de subministrament d'electricitat a les Illes Balears. Les xarxes de transport de Mallorca i Menorca, interconnectades per una línia -- submarina a 132 KV, formen el sistema de potència al que s'apliquen els programes d'anàlisi de xarxes. Aquest sistema ha registrar una punta de consum de 240 MW generats des de quatre centrals tèrmiques una de les quals a Menorca.

Des de Febrer de 1975 G.E.S.A. disposa d'un sistema d'adquisició de dades i telecomanda centralitzada¹ basat en un Centre de Maniobres amb, actualment, dos computadors Modcomp II amb quatre pantalles semigràfiques amb teclat interactiu, i vint unitats remotes de recollida de dades i execució d'ordres telemanades, situades en sengles subestacions elèctriques a Mallorca i Menorca. El Centre de Maniobres, on es rep la informació provinent de les remotes, i des d'on s'emetten les ordres, està situat junt a la subestació de Marratxí, i des d'aquest centre hom controla l'operació de la xarxa de Mallorca i Menorca de G.E.S.A.

Els dos computadors Modcomp II del Centre de Maniobres tenen 64 K paraules de 16 bits -- (p_{16}), i estan connectats entre sí i treballen en règim principal-reserva indistintament. El que fa la funció de principal està connectat a les cònsols d'operació, pantalles semigràfiques, i a les unitats remotes.

Les unitats remotes capten i trameten periòdicament al computador principal, juntament amb els senyals d'alarma si n'hi ha, els status (obert/tancat) dels interruptors i seccionadors, i les mesures preses a les subestacions. La freqüència de la captació-transmissió varia segons la remota entre els 5 i els 20 segons. Cada status i mesura rebuts en el computador principal es incorporat a la seva respectiva adreça en el Banc de Status i Mesures (BSM) en memòria del computador principal. Amb una freqüència de 25 segons el computador principal fa còpia del seu BSM sobre les mateixes posicions de memòria del

computador de reserva, amb el qual aquest -- disposa d'informació completa sobre les dades captades de la xarxa.

La funció que exerceix el sistema de telecontrol esmentat, sense tenir en compte els programes d'anàlisi, és doncs: adquisició de dades, monitorització d'alarmes, status, i mesures, i telecomanda.

En una xarxa elèctrica de corrent altern no basta conèixer el valor d'un bon grapat de variables que es poden mesurar per a poder deduir de manera fiable el valor d'altres variables. Així, per exemple, malgrat que podríem calcular per fórmules explícites qualsevol variable de la xarxa en funció de les magnituds de les tensions als nusos i de llurs angles de fase relatiu, no resulta -- practicable ni tecnicament ni econòmic, el mesurar amb prou precisió els angles de fase relatiu de les tensions als nusos. Fins i tot si fossin mesurats no podríem tenir cap seguretat de que alguna o diverses mesures d'angle o tensió contenen error, amb el qual obtindríem valors calculats inadmissibles -- d'altres variables. Altres conjunts de mesures tenen a sobre l'inconvenient de requerir la resolució de sistemes d'equacions.

Cal doncs tenir present que:

- . no resulta factible per raons tècniques i econòmiques de mesurar-ho tot
- . no basta prendre mesures de certes variables per a conèixer el valor d'altres variables de la xarxa; caldria emprar càlcul, però en no ser les mesures totalment fiables, no podem basar-nos en aquestes per als càlculs
- . a l'operador de la xarxa li interessaria saber per a prendre certes decisions coses com:
 - situació en que estarà la xarxa després d'efectuar una cerca maniobra de connexió/desconnexió de línies, obertura/tancament de barres, etc.
 - si les pèrdues de transport pugen o baixen en connectar/desconnectar certes línies

- com podria rebaixar-se el cost de generació redistribuint les potències generades als grups en servei

veiem doncs com malgrat l'adquisició de dades i les mesures encara estem lluny de la situació desitjable de coneixement i possibilitat de càlcul sobre la situació de la xarxa.

L'objectiu essencial de l'anàlisi és conèixer millor, i a ser possible totalment, la situació de la xarxa a cada moment, i això a partir de les dades que arriben de la xarxa.

La incorporació de programes d'anàlisi s'està fent a G.E.S.A. en dues fases. En la primera, ja acabada, s'ha volgut:

- a) completar i validar la informació adquirida de la xarxa
- b) poder efectuar simulacions de maniobres o operacions a ser realitzades a la xarxa en el seu estat actual i també per a situacions distintes a l'actual
- c) obtenir automàticament un avís de les situacions potencialment perilloses per a l'explotació en cas de deconnexió de certes línies
- d) analitzar curts circuits equilibrats tant per a la situació actual de la xarxa com per a qualsevol altre situació

tot respectant que

- 1) tot canvi o incorporació efectuat havia de ser compatible, i no significar detriment de l'operació dels programes ja en servei abans d'incorporar els programes d'anàlisi
- 2) tots els programes incorporats han de poder ser aplicats sense canvis a les futures expansions de la xarxa de G.E.S.A.

Ha calgut per a aquesta incorporació de programes, establir un procediment automàtic de crida de programes i així mateix una mecànica còmoda per a entrar nous programes i introduir-los modificacions.

En la segona fase, en curs de realització, -

hom preten:

- e) arribar a conèixer de manera fiable les potències generades per cada grup i les de cadascun dels consums
- f) efectuar un registre històric ininterromput sobre un suport físic intercanviable (diskette) de les potències i energies generades i consumides.

Aquesta segona fase i les seves repercussions en requeriments computacionals, és considerada a l'apartat 8. Els programes per a assolir els objectius a) a d) són descrits als apartats 2 al 7. Cal notar que la primera fase, ja realitzada, ho ha sigut sobre els mateixos Modcomp II en servei al Centre de Maniobres de Marratxí, i que la condició 1) esmentada ha limitat severament les possibilitats de temps i memòria disponible per als programes d'anàlisi.

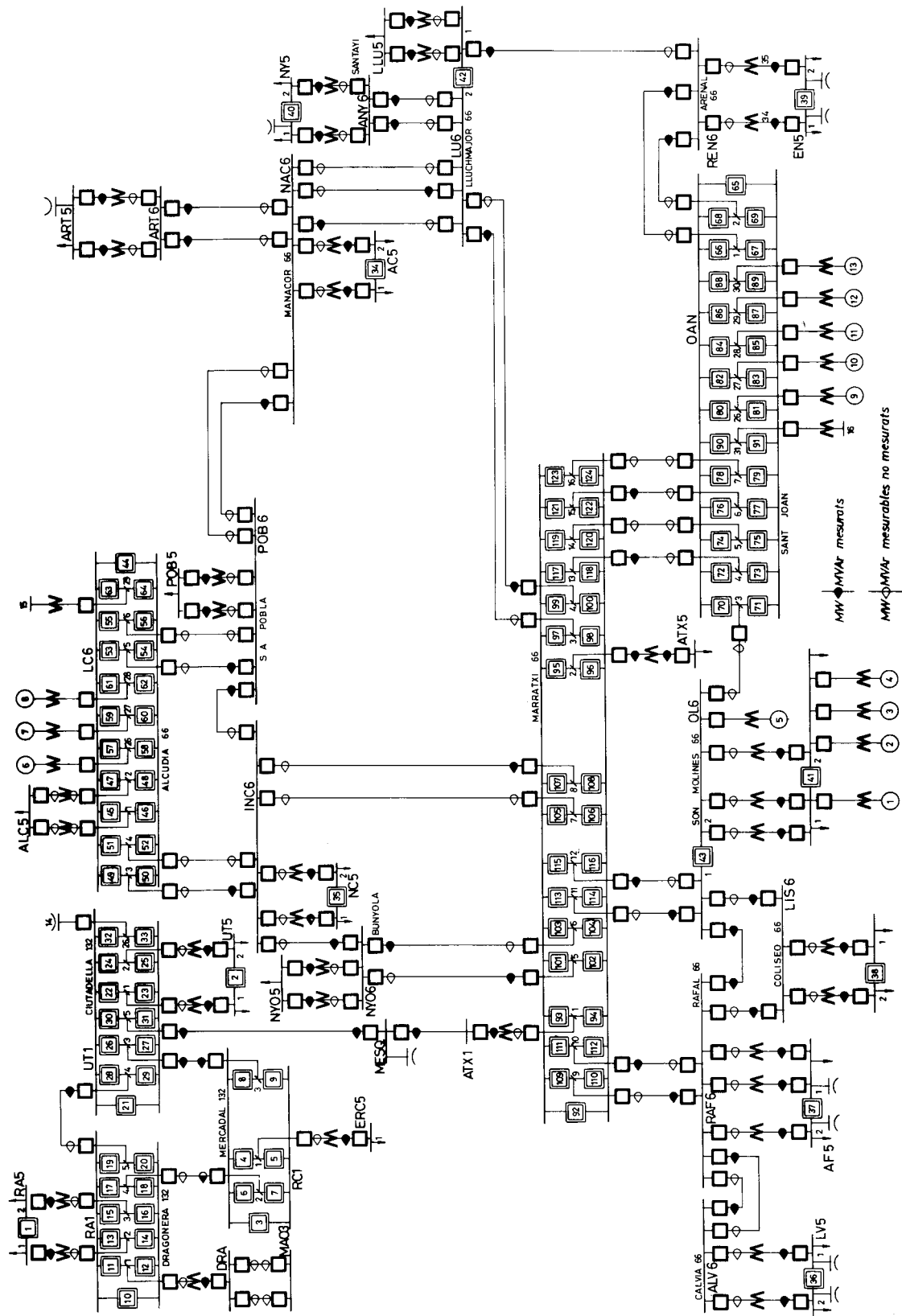
2. DETERMINACIÓ DE LA TOPOLOGIA

La figura 1 mostra el diagrama unifilar de la xarxa actual de G.E.S.A. on es pot apreciar que hi ha diversos tipus d'embarrat on conflueixen les línies i transformadors. Aquesta representació ja és una molt gran simplificació respecte a les connexions reals, ja que la connexió de per exemple, una línia a un embarrat, pot involucrar a part d'un disjuntor operable en càrrega, quatre seccionadors, els quals uneixen la línia al seu disjuntor, a les barres que apareixen a la figura, i a vegades, a una altre barra auxiliar.

Per a processar els status dels disjunts i seccionadors cal un programa que dedueixi la connectivitat, o estat de connexió de barres i vincles (línies i transformadors), i generi un codi utilitzable per altres programes contenint aquesta informació. No cal ni dir que tots els programes de temps real han de tenir en compte, i han de poder adaptar-se a la situació de connectivitat determinada per aquest programa.

Un programa de determinació de la topologia és en certa manera específic de la xarxa a la que s'aplica, ja que:

. el tipus d'embarrat pot ser altre que la -



GESA 1978

Fig. 1
 Diagrama unifilar de G.E.S.A. amb emplaçaments de medidors de flux de potències activa i reactiva

barra senzilla i la barra doble que són el cas de la xarxa de G.E.S.A.; és palès que per a embarrats més complicats com els de tipus anell o els de interruptor-i-mig caldrà un programa més complex que no pas per a barres dobles

- el tipus de connexió de vincle a barra pot tenir una estructura més o menys complexa, i cal preveure el programa per a la més complexa present.

Les maneres d'enfocar un mateix problema de determinació de topologia poden ser moltes. La referència /1/ en descriu un mètode general.

3. ESTIMACIÓ D'ESTAT

L'estimació d'estat permet de trobar, a base de processar un cert conjunt de mesures de la xarxa, els valors més probables d'unes variables anomenades estat i , simbolitzades pel vector X , a partir de les quals podem deduir per càlcul qualsevol altre variable de la xarxa. Les variables d'estat més convients des del punt de vista de facilitat de càlcul són les magnituds T , i angles de fase relatius θ , de les tensions als nusos de la xarxa, o el que és equivalent, les parts reals E , i imaginàries F d'aquestes ($T/\theta = E \pm jF$), aleshores $X = (E, F)^t$, sent $E = (e_1, e_2, \dots, e_{N_b})$ i $F = (f_1, f_2, \dots, f_{N_b})$.

Les mesures de les que hom parteix no poden ser qualssevol, ni en tipus de mesura (magnitud de tensió, corrent, injeccions, actives i reactives, fluxs actius i reactius, etc.) ni en quantitat de mesures. Hi ha un conjunt de mètodes establerts d'estimació d'estat, i cada mètode admet un cert conjunt de tipus de mesura.

L'error inherent a tota mesura implica que hi ha d'haver redundància en el nombre de mesures respecte al nombre d'estats a estimar, i que aquesta redundància necessària serà una funció de la precisió a assolir en l'estimació i de la magnitud del error de les mesures.

3.1 Bases teòriques de l'estimació d'estat - per mínims quadrats ponderats

La quasi totalitat dels mètodes d'estimació que actualment s'apliquen a xarxes elèctriques es basen en els mínims quadrats ponderats, i consisteixen a minimitzar un residual $J(X)$ format per la suma ponderada de quadrats de diferències entre mesures M_j , i l'expressió $M(X)$ de les variables mesurades com a funció de l'estat, és a dir,

$$J(X) = (M - M(X))^t W (M - M(X)) \quad (1)$$

on W és una matriu diagonal amb els pesos atribuïts a cada mesura.

Pot demostrar-se que per a certes condicions de $M(\cdot)$ i de W , aquell vector \hat{X} que minimitza (1) correspon a l'estimació sense biaix de l'estat corresponent a les mesures M_j .

Les funcions $M(X)$ no són lineals en X , com tampoc ho són les equacions de les condicions de mínim de (1),

$$\left. \frac{\partial J(X)}{\partial X} \right|_{X=\hat{X}} = 0 \quad (2)$$

que s'ha de complir per a l'estat estimat.

Els diferents mètodes d'estimació es diferencien tant en el tipus de mesura que poden utilitzar com en la manera de linealitzar i resoldre les equacions (2) en successives iteracions a fi de trobar \hat{X} .

No cal ni dir que

$$M - M(\hat{X}) \neq 0$$

degut als errors en les mesures, i naturalment

$$J(\hat{X}) = (M - M(\hat{X}))^t W (M - M(\hat{X})) > 0 \quad (3)$$

aleshores tractant-se l'obtenció de \hat{X} d'un procés iteratiu, i servint el valor de $J(X^{(k)})$, sent k el número de iteració, de test per a concloure o seguir el procés iteratiu, ens cal un criteri estadístic per a aturar-lo. Aquest criteri el forneix el fet de que sent M_j un vector distribuït segons una llei normal al voltant de $M(\hat{X})$ (degut a la multiplicitat de causes d'error), $J(\hat{X})$ es distribuï-

rà segons una llei de la χ^2 , de la qual co--
 neixem el número de graus de llibertat: $Nm -$
 $- Nx$, sempre que els components de W corres--
 ponguin a la inversa de les variances de --
 l'error de les mesures, les quals podem aval--
 luar aproximadament com a funció dels errors
 teòrics dels aparells de mesura, i del valor
 de la mesura. Podem per tant per a una certa
 probabilitat d'error de falsa alarma trobar
 un valor límit χ^2_{max} . Pot aleshores ser atu--
 rat el procés quan:

$$J(X) \leq \chi^2_{max} \quad (4)$$

La pràctica demostra que manta vegada una, o
 un conjunt de mesures s'espantllen bruscament
 o gradual, fins a donar valors que encara --
 que estiguin dins del rang de mesura, estan
 notablement apartats del valor real. Aquests
 errors, anomenats errors majors, provoquen --
 que no es pugui arribar a complir (4) en mi--
 nimitzar $J(X)$. El criteri (4) esdevé així un
 mecanisme de detecció de presència d'errors
 majors. Cal a més poder identificar les mesu--
 res errònies (a fi d'excloure-les i fer l'es--
 timació sense tenir-les en compte). La iden--
 tificació no és trivial perquè la o les mesu--
 res errònies no tenen perquè ser les que tin--
 guin un més gran component $w_{ii} (m_i - m_i(X))^2$ de
 $J(X)$, ja que depenent de la topologia i la --
 presència de mesures a l'altre extrem del --
 vincle i a vincles adjacents, una mesura --
 errònia en pot enmascarar d'altres.

3.2 La tria del mètode d'estimació

Hi ha actualment tres mètodes basats en l'al--
 gorisme dels mínims quadrats descrit, que te--
 nen aplicació en empreses elèctriques. Aquests
 són: el mètode de Schweppe /2, 3, 4/, el de
 Johnsson /5/, i el de l'A.E.P. /6, 7, 8/. La
 taula 1 descriu de forma simplificada les ca--
 racterístiques relatives d'aquests mètodes.

L'avantatge primordial dels mètodes de Schwep--
 pe i de Johnsson, és el poder processar tot
 tipus de mesura, i en especial les pseudo-in--
 jeccions nul·les als nusos on no hi ha cap --
 generació ni càrrega tals que, de tots els --
 nusos als que estiguin connectats, se n'esti--
 mi l'estat. Aquests dos mètodes també són in--
 teressants perquè poden utilitzar mesures de
 tensió i de corrent, les quals tenen per cos--
 tum de prendre les empreses elèctriques.

En el cas de G.E.S.A., donades les limita--
 cions de memòria i temps disponible, hom de--
 cidí d'emprar el mètode de l'A.E.P., és a --
 dir considerant només fluxs de potència ac--
 tius i reactius, i una sola mesura de tensió.
 L'experiència d'aplicació ha mostrat que el
 temps de càlcul amb el mètode de l'A.E.P. és
 raonable, donada la potència de càlcul dels
 Modcomp II i la periodicitat amb que hom pre--
 tenia de realitzar l'estimació d'estat i don--
 ar pas a programes basats en els resultats
 de l'estimació. El fet de que el mètode de
 l'A.E.P. requereixi poca memòria, ha permès
 de segmentar el programa de determinació de
 la topologia, estimació d'estat, i identifi--
 cació d'errors incorporat, d'una manera rao--
 nable, el qual ha comportat un estalvi de --
 temps respecte al que hauria esdevingut amb
 els altres mètodes, amb el quals s'hauria re--
 querit partir en dos segments l'estimació --
 d'estat.

3.3 Redundància teòrica i pràctica

És evident que cal que les mesures que es --
 prenguin a fi d'estimar l'estat, s'estenguin
 per totes les barres i línies que conflueixin
 en barres on es vulgui realitzar l'estimació
 (sense caldre que hi hagin mesures a l'extrem
 adjacent a la barra on es vulgui estimar --
 l'estat).

Si els estats a estimar són Nx , i el nombre
 de mesures útils per a l'estimació es Nm , --
 anomenarem redundància a la relació Nm/Nx . --
 Evidentment cal que $(Nm/Nx) > 1$. Cal discernir
 entre els conceptes de redundància global i
 redundància local. Pot haver-hi per exemple,
 en el conjunt de la xarxa $(Nm/Nx) = 2$, però --
 pot haver-hi alhora barres on en el conjunt
 dels vincles que hi conflueixin només hi ha--
 gin dues mesures, amb el qual la redundància
 local d'aquesta barra fóra la unitat.

Cal a més tenir en compte que, per raons opo--
 ratives, pot haver-hi un cert nombre de lí--
 nies i transformadors fora de servei, i que
 per tant la redundància real quedi rebaixada
 segons el nombre de vincles amb medicions --
 que estiguin fora de servei.

A la figura 1 hom pot veure l'emplaçament de
 les mesures de flux de potència activa i re--
 activa que s'estan emprant actualment a G.E.

Taula 1
 Característiques relatives simplificades de tres mètodes
 d'estimació d'estat aplicats a xarxes elèctriques

mètode	tipus de mesura admissible	memòria requerida	temps per iteració	convergència nº iteracions	identificació d'errors
Schwepe	fluxs i injeccions actius i reactius, pseudo-injeccions nul.les, tensions i corrents	gran	gran	poques (3 - 4)	difícil
Johnsson	fluxs i injeccions actius i reactius si van a parelles activa-reactiva, pseudo-injeccions nul.les, tensions, i corrents	gran	petit	algunes (3 - 5)	difícil
A.E.P.	fluxs actius i reactius i una sola tensió	petita	petit	poques (3 - 4)	fàcil

S.A. per a fer l'estimació d'estat. Aquest -
 emplaçament és el resultat d'unes limitacions
 existents en el nombre de punts de mesura --
 disponibles a un cert nombre de unitats remotes,
 i de que no hi ha unitat remota a la --
 subestació d'Alcúdia. (Part de les limita-
 cions podran ser resoltes en un futur pròxim,
 i s'està efectuant el muntatge de la remota
 d'Alcúdia).

3.4 Qualitat de mesures i paràmetres, redundància i precisió dels resultats

Les mesures de flux actiu i reactiu sobre --
 les línies i transformadors es fa pel mètode
 dels dos watímetres en connexió Aron amb les
 intensitats i tensions que s'obtenen de sen-
 gles transformadors de tensió i corrent. Els
 traductors de mesura emprats a G.E.S.A. són
 de classe 0,5 (error màxim teòric del 0,5% so-
 bre el fons d'escala del medidor). La sorti-
 da analògica del transductor es convertida a
 digital amb 12 bits, i tramesa al Centre de
 Maniobres on és decodificada.

De tot l'anterior hom pot deduir que les me-
 sures arribades al BSM tindran un error que
 pot descomposar-se en dues parts: un error -
 de lectura proporcional a la mesura, i un --
 error de deriva proporcional al fons d'esca-
 la del medidor. Podem esmentar ara cinc cau-
 ses genèriques d'error:

- Una deguda a falla humana,

a) muntatge incorrecte dels captadors.

- Dues causes degudes a defectes dels aparells
 que intervenen en la mesura,

b) manca de linialitat i histèresi dels --
 transformadors de tensió i corrent

c) no-linialitat i deriva excessiva dels -
 traductors per calibració defectuosa o
 descalibració per mal disseny, desgast
 de components, o condicions anormals de
 funcionament.

- Una causa deguda al sistema d'adquisició -
 de dades i transmissió d'aquestes al Cen-
 tre de Maniobres,

d) efecte de la no simultaneïtat en la cap-
 tació de les mesures (cal tenir en comp-
 te que l'estat X evoluciona amb el temps).

- I una causa deguda a les circumstàncies --
 operatives a la xarxa,

e) efecte de la baixa magnitud de la mesu-
 ra respecte al fons d'escala (quan la -
 mesura s'apropa o està per sota de l'or-
 dre de magnitud de la deriva dels apa-
 rells que intervenen en la mesura).

Les causes a) i c) tenen remei fàcil, però -
 contra les altres i contra l'error normal --
 dels aparells poc o res s'hi pot fer. És lò-
 gic que augmentant la redundància faci min-
 var l'error en l'estimació. A /9/ hi ha un -

estudi de l'efecte de la redundància sobre la relació entre l'error de l'estimació i l'error de les mesures. A les realitzacions pràctiques que hi ha descrites amb el mètode de l'A.E.P. hom recomana, per a uns errors en les mesures d'un ordre màxim de:

- 2% d'error de lectura
- 0,52% del fons d'escala com a error de deriva
- 2 segons de finestra d'adquisició de dades (temps entre la primera i la darrera captació de mesura)

una redundància local mínima de 2. És natural que si els errors estan per sobre dels límits esmentats, la simultaneïtat fos més degradada, o bé hi hagués una proporció considerable de mesures amb error important per la causa e), caldria elevar la redundància per sobre de 2.

Cal a més tenir en compte que els valors dels paràmetres de la xarxa (resistències, reactàncies, i susceptàncies a terra) que s'utilitzen en les funcions $M(\cdot)$, poden no assemblar-se als valors reals dels paràmetres. Degut a això l'estat obtingut quedaria distorsionat respecte al veritable estat, i és doncs important de disposar de bons valors dels paràmetres. Hi ha mètodes numèrics descrits /10/, per a efectuar l'estimació dels paràmetres, però això no és indispensable si hom parteix de valors dels paràmetres, calculats acuradament tenint en compte les característiques detallades de línies i transformadors. L'experiència dels autors és que, partint dels valors de projecte dels paràmetres, no resulta excessivament laboriós de corregir paràmetres defectuosos per proves successives, a base de comparar valors mesurats de variables, i valors estimats a anells formats per vincles.

A la figura 2 hom pot trobar una mostra de valors mesurats i valors estimats de tensió i fluxs actius i reactius registrats recentment. La figura mostra les barres de Manacor amb totes les seves connexions a altres barres. Observant les variables estimades i les mesurades hom pot deduir el següent:

- l'estimació ens proporciona un conjunt complet de dades
- hi ha discrepàncies en algunes variables

entre estimació i mesura (1% entre mesura i estimació a la tensió de Manacor 66 KV) la barra Manacor 15 KV té redundància 1, i per tant l'estimació i la mesura són iguals i tenen el mateix error, (no és així a la barra de Sa Pobla, la qual té altres connexions amb mesura, a part de les de la figura, i té per tant redundància major que 1) pot comprobar-se que l'error d'injecció a Manacor 66 KV (balanç de potències actives i reactives que hi conflueixen, el qual hauria de valer zero), és -0,082 MW, i -0,131 MVar, el qual és acceptable per les raons següents: en primer lloc per la manca de redundància al transformador 15/66 KV de Manacor, i en segon lloc pels baixos valors de reactiva que es mesuren (el qual introdueix error per la causa e) que caldria corregir augmentant la redundància).

4. REPARTIMENT DE CÀRREGUES INTERACTIU

Certes variables com fluxs, injeccions, i tensions, es relacionen amb els components real i imaginari de les tensions per fórmules quadràtiques, així un flux de potència reactiva entre la barra k, i la l, s'expressa per

$$q_{kl} = \frac{r_{kl}}{r_{kl}^2 + x_{kl}^2} \left\{ f_k (e_k - e_l) - e_k (f_k - f_l) \right\} + \frac{x_{kl}}{r_{kl}^2 + x_{kl}^2} \left\{ e_k (e_k - e_l) + f_k (f_k - f_l) \right\} - \frac{b_{kl}}{2} \left\{ e_k^2 + f_k^2 \right\} \quad (5)$$

una injecció de potència activa a la barra m

$$P_m = e_m \sum_{n \in \alpha_m} \left[\frac{r_{mn}}{r_{mn}^2 + x_{mn}^2} (e_m - e_n) + \frac{x_{mn}}{r_{mn}^2 + x_{mn}^2} (f_m - f_n) \right] + f_m \sum_{n \in \alpha_m} \left[\frac{r_{mn}}{r_{mn}^2 + x_{mn}^2} (f_m - f_n) - \right]$$

$$- \frac{x_{mn}}{r_{mn}^2 + x_{mn}^2} (e_m - e_n) \quad (6)$$

i una magnitud de tensió a la barra i,

$$t_i^2 = e_i^2 + f_i^2 \quad (7)$$

En el conjunt d'aquestes equacions podem observar tres tipus de variable: d'una banda els paràmetres r_{k1} , x_{k1} , i b_{k1} de cada vinticle, els quals englobarem dins del vector Y ; d'una altra, unes variables els valors de les quals ens pot interessar d'imposar, com ara injeccions de potència activa, o reactiva, algun flux, magnituds de tensions, etc., els quals englobarem dins del vector de variables de control U ; i finalment l'estat $X = (E, F)^t$ que és el vector de variables dependents. De la resolució del sistema de N_x equacions quadràtiques

$$G(U, X, Y) = 0 \quad (8)$$

per a trobar X , havent fixat U , amb uns paràmetres Y donats, se'n diu "trobar el repartiment de càrregues".

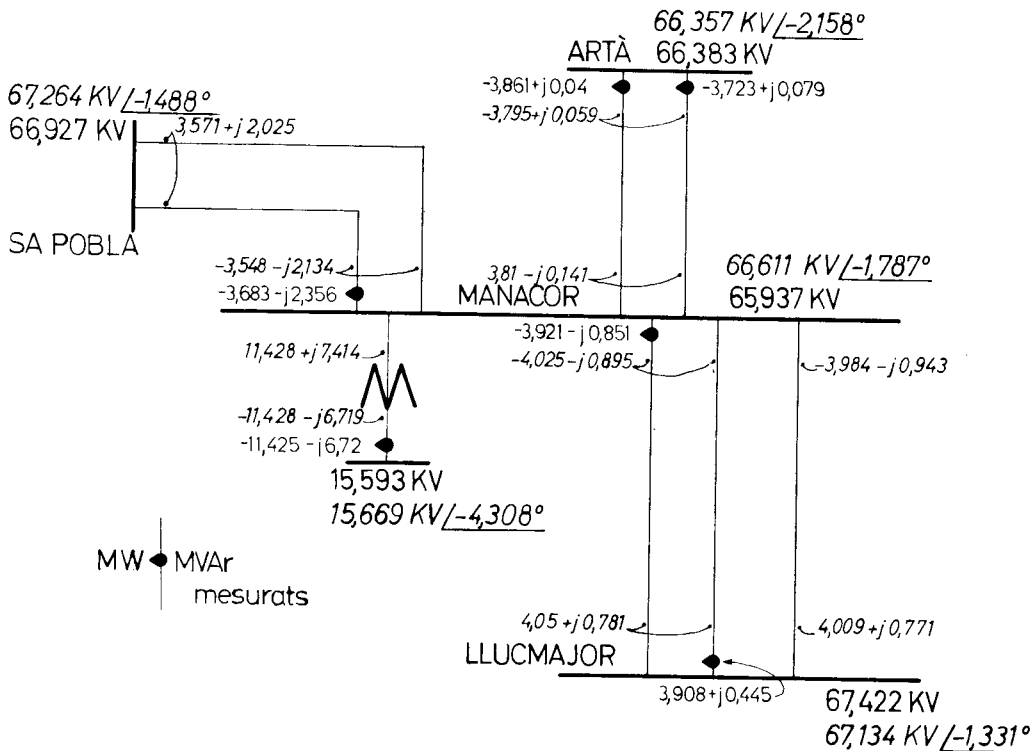
Si X hagués sigut el vector de magnituds de tensió i d'angles de fase relatiu, les equacions (5) i (6) haguessin sigut funcions -- transcendentals, amb sinus i cosinus dels angles de fase relatiu, i (8) hagués sigut un sistema d'equacions transcendentals.

Els mètodes de resolució de (8) actualment emprats a la pràctica es basen en l'algorisme de Newton-Raphson per a resoldre sistemes d'equacions no lineals [11, 12/.

4.1 Repartiments de càrregues interactius i xarxa externa

Té un gran interès el poder efectuar una simulació dels efectes d'una certa maniobra a realitzar en una xarxa elèctrica, per a veure'n les conseqüències, just en el moment anterior a realitzar-la. Aquesta simulació no és altra cosa que la resolució d'un repartiment de càrregues per a l'estat actual variant alguns components de U o de Y .

Per a poder efectuar un repartiment de càrregues en temps real, és imprescindible deter-



minar els components del vector U corresponents a l'estat X actual, i tenir els paràmetres Y de la xarxa en la situació actual. -- Cal doncs haver determinat la topologia i estimat l'estat, i aleshores haver calculat U. Fet això, hom pot simular una maniobra de -- p.e.: connectar una càrrega determinada a la barra m (variar P_m i Q_m a U) i juntar dues barres separades (modificar Y). No podríem evidentment resoldre (8) coneixent només parcialment U i Y.

Cal tenir però present que, en efectuar una maniobra a la xarxa pròpia, p.e.: treure de servei una línia, o augmentar la generació d'un grup, o connectar una bateria de condensadors a una barra, ..., no podem prescindir de l'efecte mutu que s'exerceix entre la xarxa pròpia i les xarxes veïnes a les que la xarxa pròpia està interconnectada. Pot ser fins i tot que dins de la xarxa pròpia, l'estimació d'estat no estigui estesa a tota la xarxa, i que per tant només poguem aplicar repartiments de càrregues a aquesta part de la xarxa amb estat estimat, en el qual cas la xarxa externa que ens afecta és la part de xarxa pròpia no observada, més la xarxa propiament externa.

Hi ha estudis realitzats sobre la millor manera d'estimar un circuit simplificat equivalent a la xarxa externa, per a ser tingut en compte en efectuar els repartiments de càrregues en temps real /13, 14/. En el cas de -- G.E.S.A. tractant-se d'illes, i estant l'estimació estesa a tota la xarxa, no cal equivalent extern.

Totes les maniobres possibles a la xarxa -- s'han descomposat en el conjunt de vuit operacions bàsiques següents:

- . juntar/separar barres que poden acoblar-se
- . connectar/desconnectar línies a barres
- . modificar injeccions actives i/o reactives a barres
- . modificar generacions actives i/o reactives de grups
- . modificar tipus de balanç en barra de generació: blanç d'activa, i/o de reactiva, activa i/o reactiva fixades
- . modificar magnitud de tensió fixada a barra de generació (si aquesta és de balanç de reactiva), i/o angle de fase relatiu fixat (si és de balanç d'activa)

- . variar la relació de transformació d'un transformador de preses variables
- . connectar/desconnectar bateries de condensadors i/o reactàncies de potència.

Una certa maniobra pot requerir una o un conjunt de les operacions bàsiques esmentades.

La realització de les operacions i la selecció del component sobre el qual realitzar -- l'operació bàsica, es fa a través d'un procés interactiu amb selecció múltiple, amb el qual hom pot procedir comodament i ràpida a simular qualsevol maniobra. El programa pot actuar sobre dades arxivades en comptes de -- sobre la situació actual, i pot arxivar estats actuals, amb o sense modificacions introduïdes, per a ús posterior.

4.2 Mètode de repartiment de càrregues emprat

El mètode de repartiment emprat a G.E.S.A. -- és el de Newton-Raphson sense simplificacions.

Hi ha diversos algorismes de repartiment de càrregues que són simplificacions del mètode de Newton. D'entre aquests cal destacar el mètode desacoblat /15/, dit així perquè partint d'una formulació de les tensions en -- coordenades polars (T, θ) i tenint en compte certes hipòtesis sobre els paràmetres i l'exploació, arriba a descomposar el problema -- en la resolució successiva i repetida de dos sistemes d'equacions amb matrius de coeficients constants invariables, i independents: un sistema relacionant els angles de fase -- relatius de les tensions amb les injeccions actives, i l'altre relacionant les magnituds -- de les tensions amb les injeccions reactives. Aquest algorisme redueix notablement el temps per iteració i la memòria necessària respecte al mètode de Newton sense simplificar (ja que amb aquest ens cal emmagatzemar -- malgrat que de forma comprimida, mercès a les tècniques de matrius esparses -- la totalitat del -- Jacobià de les injeccions actives i reactives respecte a les components de les tensions). Una de les hipòtesis sobre els paràmetres en què el mètode es basa: resistència de les -- línies petita respecte a la reactància, no és satisfeta en el cas de G.E.S.A. en un nombre considerable de línies, en no tractar-se -- d'una xarxa a molt alta tensió (la major -- part de la xarxa de Mallorca i Menorca és ac

tualment a 66 KV), i per aquest motiu es feren probes amb les dades de la xarxa de G.E.S.A., amb un programa de repartiment pel mètode desacoblat esmentat. Els resultats mostraren que la convergència era molt lenta, fins al punt de requerir un tal nombre d'iteracions que tot plegat trigava força més en assolir la solució dels repartiments que no pas el mètode sense simplificacions. Per aquesta raó no fou considerat aquest mètode com a eina de repartiment de càrregues.

5. ANÀLISI DE CONTINGÈNCIES

S'entén per contingència, l'esdeveniment fortuït d'una acció, en general de desconexió, d'un o més elements de la xarxa. Els mecanismes automàtics de protecció en són responsables en la majoria dels casos.

L'anàlisi de contingències implica la vigilància sistemàtica d'un conjunt de contingències possibles, pel que fa a comprobar si, per a les circumstàncies d'operació presents, l'esdeveniment de la contingència provoca una situació indesitjable a la xarxa. La llista de contingències a analitzar pot ser estàtica, és a dir fixada per endavant, el qual és el cas de G.E.S.A., i també pot ser dinàmica, és a dir auto-adaptable a la situació actual de la xarxa a base de programa /16/. La llista de contingències pot ser fàcilment canviada per l'operador en el cas de G.E.S.A.

Una certa contingència a analitzar pot consistir en una desconexió simple o bé múltiple. Cada anàlisi d'una contingència implica la resolució d'un repartiment de càrregues. Per poc llarga que sigui la llista a analitzar periodicament, i donat el temps que triga a resoldre's de forma exacta un repartiment, es comprèn que no hi ha més remei que sacrificar precisió en els resultats per tal d'escurçar el temps esmerçat en cada contingència. Així, els mètodes d'anàlisi de contingències són aproximats, sent els graus i els sistemes d'aproximació variables segons el mètode. Les aproximacions estan basades en general en simplificacions del model dels elements de la xarxa, amb el qual hi haurà xarxes per a les quals un cert mètode dona resultats més bons o més inexactes.

Amb el precedent de la poca convergència del

mètode de repartiment desacoblat aplicat a la xarxa de G.E.S.A. que s'esmenta a l'apartat 4.2, no resulta aconsellable d'utilitzar mètodes basats en la simplificació del model /17/. S'ha optat per iteracions de repartiment pel mètode de Newton-Raphson amb el Jacobià fixat corresponent a l'estat actual -- (recordi's que el Jacobià $\partial G/\partial X$ és una matriu funció de X), és a dir repartiments en els que només es calcula, triangularitza i factoritza el Jacobià una sola vegada per cada grup de contingències que s'analitzen -- quan el programa és cridat. El fet de variar la topologia per a cada contingència que hom simula, per desconexió dels diferents vincles, es té en compte de forma exacta considerant que tots els vincles estan connectats, i afegint als extrems dels vincles desconectats unes injeccions equivalents al negatiu de les potències actives i reactives transportades pels vincles /18/. La convergència d'aquest procés per al cas de G.E.S.A. és força acceptable, sent presentada sempre la indicació de la convergència assolida junt amb els efectes indesitjables, si n'hi han, de cada contingència que s'analitza.

No cal ni dir que per a una xarxa interconnectada i/o amb part de la xarxa sense estimació o observació, cal emprar un equivalent extern en analitzar contingències.

6. ANÀLISI DE CURT CIRCUITS EQUILIBRATS

L'anàlisi de curt circuits ens proporciona les tensions i els corrents que circulen per la xarxa després d'ocórrer un curt circuit equilibrat en algun punt de la xarxa. El mètode de càlcul es basa en la utilització de la matriu d'impedàncies de la xarxa i l'ús del teorema de Thévenin amb les simplificacions del model dels generadors (reduïts a sengles forces electro-motrius darrera sengles reactàncies transitòries o subtransitòries), i de la no dependència de la tensió de les admitàncies equivalents de les càrregues /19/.

La matriu d'impedàncies és una matriu plena i simètrica de dimensió $(2N_b \times 2N_b)$. Resulta tanmateix factible calcular el que ens interessa d'un curt circuit coneixent només la columna de la matriu d'impedàncies corresponent a la barra on hi ha el curt circuit, i

de fet només se'n calcula aquesta columna.

La determinació dels valors del curt circuit a una barra s'acostuma a donar amb les aportacions en corrent de cada vincle que conflueix a la barra de curt circuit, i després amb els detalls de curt circuit de cada cas de desconexió per torn de cadascun dels vincles que conflueixen a la barra de curt circuit, i així s'ha fet en el cas de G.E.S.A.

Es bastant comú de simplificar el model de la xarxa per a realitzar els anàlisis de curt circuit, però en el cas de G.E.S.A. no s'ha fet i s'han conservat resistències i susceptàncies a terra, en comptes de només tenir en compte les reactàncies. El programa és aplicable a qualsevol situació de la xarxa, tant actual com arxivada, i s'hi poden introduir modificacions a través de les possibilitats interactives i de catalogació d'arxius del programa de repartiment, ja que ambdós programes, el de repartiment, i el de curt circuits, llegeixen el mateix tipus d'arxiu de dades.

7. INCORPORACIÓ I ACTUACIÓ DELS PROGRAMES

Com a conseqüència de l'estudi de l'organització i funcionament dels programes que no són d'anàlisi que ja estaven en servei als Modcomp II, i de les proves que s'hi van efectuar amb els programes a incorporar, es va determinar que els programes d'anàlisi incorporats s'estructuressin en base als punts següents:

- . s'adoptà el principi de deixar disposat -- per igual el computador principal que el de reserva, per bé que, en cas de disponibilitat i funcionament normal d'un computador de reserva, els programes d'anàlisi no més passin en aquest
- . s'establí una àrea de Common de 6 Kp₁₆, -- per a us exclusiu dels programes incorporats; aquesta àrea està composta per Commons etiquetats (sis) emprats per dos o més programes; un d'aquests, compartit per tots, conté totes les assignacions d'entrada/sortida, totes les dimensions dels vectors, i totes les claus de funcionament
- . s'establí una partició de la memòria de --

14 Kp₁₆ per a l'entrada dels programes a incorporar; als programes que ocuparen més d'això se'ls feu treballar segmentats

- . es crearen diverses tasques jerarquitzades amb distintes prioritats, per a la crida -- en temps real dels programes incorporats; algunes tasques són de "foreground" i altres de "background", sent la més alta -- prioritat atorgada a programes d'anàlisi -- incorporats menor que la més baixa dels -- programes existents, i atorgant-se la més -- baixa prioritat als programes interactius
- . es definiren unes certes particions de disc per a catalogació d'arxius de dades, i -- s'estableix un mètode unificat per a la -- lectura i escriptura ràpida de i en aquests arxius per part dels programes incorporats
- . s'intentà que el Common pogués incloure -- tots els paràmetres de la xarxa (a fi -- d'evitar llur escriptura i lectura al i -- del disc), però les limitacions trobades -- no ho feren possible força vegades, amb la consegüent minva d'eficiència que això representa.

7.1 Tasques incorporades i freqüència de pas

Les tasques incorporades independents són -- les 8 següents:

- COI Efectua la inicialització dels Common dels programes. Només es crida en inicialitzar-se el sistema o pot ser cridat per l'operador si hom desitja retornar a les condicions inicials de paràmetres i claus.
- PON Troba de la BSM els status de seccionadors i interruptors rellevants per als programes d'anàlisi, i compta els canvis de status que hi ha hagut respecte al pas anterior de PON. És cridat cada vegada que hi ha disponible una nova BSM completa (cada 25 segons).
- TRBEM Transforma els status per a obtenir els status dels falsos disjuntors i troba les mesures rellevants contingudes a la BSM. És cridat per PON si aquest ha detectat canvi en status, o si aquest ha sigut cridat un cert nom-

bre de vegades sense trobar canvis (entre 3 i 5 vegades és el normal, és a dir, freqüències de pas entre els 75 i els 125 segons si no hi ha canvis de status).

DETEI Efectua la determinació de topologia i l'estimació d'estat amb detecció, identificació, i exclusió de mesures amb error major si n'hi han. Es crida sempre en acabar d'executar-se TRBEM, pel que entra amb la mateixa freqüència -- que aquest. El programa està segmentat per funcions que compleix, ometent-se la càrrega i execució del segment que no resulta necessari; així no s'efectua determinació de topologia si PON no ha detectat canvis de status, no es calculen injeccions si l'estat anterior és encara vàlid, etc. La freqüència amb que s'efectuen noves estimacions d'estat (no simples verificacions de que l'estimació anterior és encara vàlida) varia segons l'evolució de la situació de la xarxa, sent possibles freqüències tant de 1 com de 15 minuts.

MONSE Efectua un anàlisi de contingències de diversos casos de sortida de línies. És el programa de més llarga durada -- dels incorporats, i donat que el seu temps normal d'execució (dependent de la llargada de la llista de contingències a analitzar) supera la freqüència normal d'entrada de TRBEM i DETEI, -- s'ha disposat que un cop MONSE s'hagi desencadenat, aprofiti els temps morts que deixen TRBEM-DETEI per a acabar la seva execució. La llista de contingències s'analitza sempre de forma rotatòria, i MONSE és començat cada vegada que la suma acumulada de les iteracions de l'estimació d'estat que efectua DETEI, superi un límit prefixat, dependent doncs la freqüència de MONSE tant del límit prefixat com de l'evolució de la situació de la xarxa. MONSE està segmentat per funcions, però per limitacions de memòria, una de les funcions que ha d'intervenir més sovint, està segmentada en dues parts.

RCINT Resol el repartiment de càrregues amb entrada interactiva de modificacions. És cridat per l'operador i està segmen-

tat per funcions que compleix durant la seva execució. Pot ser interromput per qualsevol dels programes descrits anteriorment, i proseguit quan aquests acaben.

CUQUI Resol els curts circuits equilibrats -- amb entrada de modificacions a través de RCINT. És cridat per l'operador i pot ser interromput i deixat prosseguir en les mateixes condicions que RCINT. Està segmentat per funcions.

TOLIT Programa auxiliar de càlcul de paràmetres de línies i transformadors a partir de dades perforades en targes. És cridat per l'operador i pot ser interromput i deixat prosseguir en les mateixes condicions que RCINT. Els seus resultats es cataloguen en arxius que són dades per a altres programes.

7.2 Actuació dels programes

És interessant de tenir en compte que en la velocitat d'execució de les diferents tasques influeix tant o més el temps de càrrega dels programes i segments que el temps d'execució d'aquests. (Una crida i càrrega d'un programa pot prendre de 3 a 4 segons, i per a un segment, entre els 0,75 i els 1,9 segons, depenents de la grandària).

Per a l'avaluació dels temps d'execució dels programes incorporats cal tenir en compte -- l'ordre del problema a resoldre: 57 barres separables a 15, 30, 66 i 132 KV, entre les que hi ha 19 parelles que poden estar unides per interruptor (el qual significa $N_x \approx 70$), i 82 vincles dels quals 36 són transformadors. Cal dir que tota manipulació i emmagatzemament de matrius als programes DETEI, MONSE, RCINT, i CUQUI, es fa segons tècniques de matrius esparses.

A la figura 3 hi ha una mostra dels temps absoluts d'inici i comiat de programes, i de final d'execució de segments en una seqüència de pas dels programes en temps real, par-tint d'una inicialització.

El conjunt d'operacions de:

. crida i càrrega de PON

- . execució de PON (trobar status i comptabilitzar canvis)
- . crida i càrrega de TRBEM

pren una mitja de 5,5 segons.

La transformació dels status i l'obtenció de les mesures pren poc més d'un segon de l'execució de TRBEM.

La determinació de la topologia dins de DETEI pren 2,5 segons incloent-hi la càrrega del segment, la qual és de l'ordre de 1 segon. L'estimació d'estat a DETEI per l'algorisme de l'A.E.P. pren uns 8 segons per a efectuar 3 iteracions (el normal és una semiteració de comprovació de que l'estimació anterior és encara vàlida, o de 2 a 3), més un segon per càrrega del segment. La càrrega i execució del segment que calcula els fluxs i injeccions pren 4,5 segons.

El programa MONSE simula contingències pel -

```

////PON: INICI 0H. 0' 0.00"
FI EXC. HL 15H. 52' 9.89"
FI EXC. TE 15H. 52'10.40"
FI EXC. OM 15H. 52'11.12"

////TRBEM: KAN=651 ADEU

////DETEI: HOLA

FI EXC. DT 15H. 52'17.68"

////PON: INICI 15H. 52'19.72"
FI EXC. HL 15H. 52'24.03"
FI EXC. TE 15H. 52'24.54"
FI EXC. OM 15H. 52'25.27"

////TRBEM: KAN=204 ADEU
      ↙ canvis de status observats
////DETEI: HOLA

FI EXC. DT 15H. 52'33.94"
FI EXC. EE 15H. 52'42.70"
FI EXC. CR 15H. 52'47.17"

////DETEI: NIT= 3 ADEU
      ↙ ne iteracions
////MONSE: HOLA

FI EXC. DD 15H. 52'51.46"

////PON: INICI 15H. 54' 4.86"
FI EXC. HL 15H. 54' 8.98"
FI EXC. TE 15H. 54' 9.48"
FI EXC. OM 15H. 54'10.19"

////TRBEM: KAN= 0 ADEU

////DETEI: HOLA

FI EXC. EE 15H. 54'18.55"
      ↙ semiteració (l'estat anterior és encara vàlid)
////DETEI: NIT= 1 ADEU RES= 56.160 XJQ 77.176

```

} inicialització

$J(\hat{X})$ χ^2_{max}
 ↓ ↓

Fig. 3

Temps absoluts d'inici i comiat de programes i segments. Clau: HL=inici de TRBEM, TE=final de trobar status, OM=final de obtenir mesures, DT=final de determinació de topologia, EE=final d'estimació d'estat, CR=final de càlcul de fluxs i injeccions.

No hi ha incorporat als Modcomp II del Centre de Maniobres de Marratxí el mòdul d'operacions en coma flotant per hardware. La precisió senzilla de Modcomp II: un nombre enter $1 p_{16}$, un nombre real $2 p_{16}$, resulta suficient per a tots els programes incorporats.

8. REGISTRE HISTÒRIC DE CÀRREGUES I GENERACIONS

Hi ha una munió d'importants estudis a curt, mig, i llarg termini on intervenen com a dada els registres històrics de càrregues i generacions (potències) i llurs integrals (energies). Els registres històrics basats en mesures preses directament tenen tres limitacions fonamentals:

- requereixen un aparellatge de mesura i comptatge exhaustiu, i certes mesures i comptatges són a la pràctica molt costosos de realitzar
- tota mesura té un error que de vegades no es pot ni detectar; aquests errors segons mostra l'experiència, poden estar molt per sobre de l'error normal de l'aparell (encara que dins dels marges de possible variació de la variable) i mantenir-s'hi a perpetuïtat, i ser integrats en comptadors d'energia
- encara que hom detecti la presència d'errors dins d'un grup de mesures, no podem saber quina és l'errònia, si no és per calibració de tots i cadascun dels medidors.

8.1 Extensió de l'estimació d'estat a barres de generació

Els inconvenients de la mesura directa per al registre històric poden ser fàcilment superats a base d'estendre l'estimació d'estat a les barres de generació. Degut però a la configuració de les barres de generació i de serveis auxiliars de cada grup tèrmic segons mostra la figura 4 per al cas de G.E.S.A., cal també efectuar l'estimació en barres de serveis auxiliars, els quals xuclen un percentatge apreciable de la generació (del 3 al 5%). Els treballs corresponents a l'extensió de l'estimació d'estat estan actualment en curs de realització a G.E.S.A.

QÜESTIÓ - v.3, nº3*(setembre 1979)

Com que en l'actualitat hi ha 13 grups que poden ser considerats, estendre l'estimació a aquestes barres suposa afegir 26 barres -- (de $N_b=57$ hom passa a $N_b=83$) el qual implica 52 estats més a incorporar a N_x , i 26 vincles addicionals. Això fa variar substancialment les dimensions dels vectors del banc de dades utilitzat pels programes d'anàlisi. -- Com pot apreciar-se a la taula 2 el Common actual ($6 Kp_{16}$) resulta suficient per a l'extensió de l'estimació actual, però no ho resultaria quan es tractés de la xarxa futura de G.E.S.A. (on hi ha 42 barres entre generació i serveis auxiliars).

La integració de les potències per a transformar-les en energies serà efectuada per mètodes numèrics.

8.2 Incorporació d'un tercer computador al Centre de Maniobres de Marratxí

Hom vol a G.E.S.A. efectuar un registre periòdic continu, sobre suport físic, de les potències generades i consumides, i de les integrals d'aquestes. Per tal de garantir la continuïtat d'aquest registre, cal incorporar un tercer Modcomp II amb vincles directes CPU-CPU a cadascun dels Modcomp II existents. El que fagi de principal trametrà periòdicament al tercer computador la part del BSM relevant per als programes d'anàlisi, i s'efectuarà el pas dels programes d'anàlisi i el registre històric en aquest tercer computador. Està previst que el suport físic del registre siguin diskettes intercanviables.

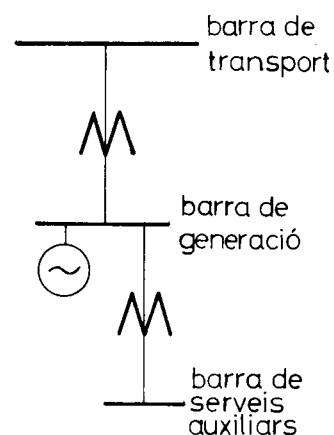


Fig. 4
Estructura dels embarrats de generació tractats

Taula 2
Dimensions d'alguns vectors de la base de dades i part utilitzada del Common
dels programes d'anàlisi per a diferents situacions

Situació	Nb	Nv	Nf	Ng	Nd	Nr	utilitzat del Common (p ₁₆)	utilitzat del Common ampliat (p ₁₆)
Actual	57	82	36	13	124	119	4444	----
Actual + extensió estimació	83	107	62	13	124	154	5494	----
Futura + extensió estimació	114	146	86	21	177	213	7833	8792

La necessitat del tercer computador es com--
prèn tenint en compte que actualment el com--
putador que fa les funcions de reserva és --
utilitzat periodicament en forma exclusiva -
per a manteniment del BSM i altres tasques -
relacionades amb l'explotació, amb el qual -
cas de que es volgués tenir un registre con--
tinu de potències i energies, no podria fer--
se, ja que si ho fes el principal, hom ani--
ria en contra del principi de no detriment -
de l'operació dels programes ja en servei --
que s'esmenta a l'apartat 1.

El pas dels programes d'anàlisi al tercer --
computador permetrà l'ampliació del Common,
amb el qual hom podrà:

- . tenir en compte sense necessitat de rees--
tructuració dels programes, la xarxa futu--
ra de G.E.S.A., incloent-hi l'extensió de
l'estimació a generacions i serveis auxi--
liars
- . incorporar al Common certs paràmetres de -
la xarxa que per ara han de ser llegits --
per cada programa on intervenen (a la tau--
la 2 pot apreciar-se la dimensió total de
Common que utilitzaran els programes).

9. CONCLUSIONS

S'ha descrit i justificat el conjunt de pro--
grames d'anàlisi en temps real en servei a
G.E.S.A.

Els avantatges del seu funcionament són mül--
tiples i es deriven del fet de poder dispo--

sar d'un conjunt complet i fiable de dades -
sobre la situació de la xarxa, i poder efec--
tuar simulacions sobre aquesta situació i -
d'altres.

També ha quedat demostrat que amb mitjans --
molt modestos, com ara són els temps morts -
que deixen els computadores actualment en ser--
vei, i amb poca memòria, hom pot efectuar to--
tes les tasques de temps real per a una xar--
xa força grossa (la dimensió d'un problema -
d'anàlisi és independent del nivell de ten--
sió de les barres que hom té en consideració).

El comportament amb dades reals dels algoris--
mes numèrics emprats, alguns dels quals for--
ça complexos, ha sigut plenament satisfacto--
ri.

10. RECONeixEMENTS

Els autors volen agrair en primer lloc a --
G.E.S.A. el permís de publicació del present
treball. Els programes als que hom fa refe--
rència en aquest treball foren dissenyats i
desenvolupats per un dels autors, en Narcís
Nabona mentre aquest formà part de E.Y.S.S.A.
de Barcelona. La incorporació d'aquests pro--
grames als Modcomp II del Centre de Maniobres
de Marratxí fou possible mercès a l'enginye--
ria de sistemes realitzada per Microsistemas,
S.A. de Barcelona, a l'enginyer de la quèl -
Sr. Pere Gregori no podem deixar d'esmentar
per la seva important i eficient contribució.

11. BIBLIOGRAFIA

- /1/ SASSON, A.M., EHRMAN, S.T., LYNCH, P., i VAN SLICK, L.S. "Automatic power system network topology determination". -- IEEE Trans. on P.A.S., v. 92, 1973. pp. 610-618.
- /2/ SCHWEPPE, F.C., i WILDES, J. "Power system static state estimation; part I: -- exact model", IEEE Trans. on P.A.S., v. 89, 1970, pp. 120-124.
- /3/ SCHWEPPE, F.C., i ROM, D.B. "Power system static state estimation, part II: -- approximate model", IEEE Trans. on P.A.S. v. 89, 1970, pp. 125-129.
- /4/ SCHWEPPE, F.C. "Power system static state estimation; part III: implementation" IEEE Trans. on P.A.S., v. 89, 1970, pp. 130-135.
- /5/ JOHNSON, S.L. "An algorithm for state estimation in power systems", IEEE 1973 P.I.C.A. Conference Proceedings, pp. -- 319-326.
- /6/ DOPAZO, J.F., KLITIN, O.A., STAGG, G.W. i VAN SLICK, L.S. "State calculation of power systems from line flow measurements", IEEE Trans. on P.A.S., v. 89, - 1970, pp. 1698-1708.
- /7/ DOPAZO, J.F., KLITIN, O.A., i VAN SLICK, L.S. "State calculation of power systems from line flow measurements; part II", IEEE Trans. on P.A.S., v. 91, 1972, pp. 145-151.
- /8/ DOPAZO, J.F., KLITIN, O.A., i SASSON, - A.M. "State estimation for power systems: detection and identification of gross measurement errors", IEEE 1973 -- P.I.C.A. Conference Proceedings, pp. -- 327-342.
- /9/ HANDSCHIN, E. "Real-time data processing using state estimation in electric power systems", a HANDSCHIN, E. (editor): -- "Real-time control of electric power -- systems", Elsevier Publishing Co., Amsterdam, 1972.
- /10/ DEBS, A.S. "Estimation of steady-state power system model parameters", IEEE -- Trans. on P.A.S., v. 93, 1974, pp 1260-1268.
- /11/ TINNEY, W.F. i HART, C.E. "Power flow - solution by Newton's method", IEEE Trans. on P.A.S., v. 86, 1967, pp. 1449-1460.
- /12/ NABONA, N. i FRERIS, L.L. "New programming approach to the Newton-Raphson -- load flow", IEEE 1973 P.E.S. Winter -- Meeting, Nova York, N.Y., article C73 - 119-5.
- /13/ DOPAZO, J.F., IRISARRI, G., i SASSON, - A.M. "Real-time external system equivalent for on-line contingency analysis", IEEE 1978 P.E.S. Summer Meeting, Los Angeles, Ca., article F78 687-6.
- /14/ MONTICELLI, A., DECKMANN, S., GARCIA, A. i STOTT, B. "Real-time external equivalents for static security analysis", -- IEEE Trans. on P.A.S., v. 98, 1979, pp. 498-508.
- /15/ STOTT, B., i ALSAÇ, O. "Fast decoupled load flow", IEEE Trans. on P.A.S., v. - 93, 1974, pp. 859-869.
- /16/ IRISARRI, G., LEVNER, D., i SASSON, A.M. "Automatic contingency selection for -- on-line security analysis. Real time -- tests", IEEE 1979 P.E.S. Winter Meeting, Nova York, N.Y., article F79 212-2.
- /17/ PETERSON, N.M., TINNEY, W.F., i BRE, D. W. "Iterative linear a.c. power flow solution for fast approximate outage studies", IEEE Trans. on P.A.S., v. 91, -- 1972, pp. 2048-2056.
- /18/ BRAMPELLER, A. "Efficient multiple solutions for changes in a network using -- sparsity techniques", Proceedings I.E.E. v. 120, 1973, pp. 607-608.
- /19/ ELGERD, O.I. "Electric systems theory: an introduction", Cap. 10, pp. 390-429. McGraw-Hill, Inc., Nova York, N.Y. 1971.

12. NOTES

¹Part de les unitats remotes de les subesta-

cions foren subministrades per General Elec
tric Co. de Schenectady, N.Y., EE.UU., l'al
tre part i el Centre de Maniobres ho foren
per T.R.W. Controls Inc. de Houston, TX., -
EE.UU.