

ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

DIMENSIONAT DE SISTEMES FOTOVOLTAICS

EL PROGRAMA SISPV

Luis Castañer

Santiago Silvestre

GDS- Departament D'Enginyeria Electrònica-UPC

Manual d'utilització del programa SISPV

a) Introducció

El programa SISPV, és una utilitat que corre en entorn PC, desenvolupada al DEE (Luis Zabala y Luis Castañer) que permet :

- Dimensionar instal.lacions fotovoltaiques utilitzant quatre mètodes diferents de dimensionat
- Comparar els resultats obtinguts en els diferents mètodes
- Simular el comportament del sistema fotovoltaic en diferents perfils de càrrega

Aquesta utilitat facilita el dimensionat de sistemes fotovoltaiics destinats a diferents aplicacions típiques, el que suosa admetre diferents exigències pel que fa a fiabilitat, energia mitja consumida per la càrrega, perfils anual i diari d'aquest consum i situació geogràfica de la instal.lació.

b) Utilitats del programa

La pantalla principal consisteix en una barra de menú desplegable a la part superior, l'anomenarem menú principal.

En el menú principal teniu disponibles aquestes opcions :

SISTEMA DIMENSIONADO SIMULACION AYUDA

- **b.1 SISTEMA**

Incorpora les següents utilitats :

**MAPA
CARGAR
SALVAR
PARAMETROS
ACABAR**

- **b.1.1 MAPA**

Permet introduir noves localitzacions (poblacions) sobre un mapa de Catalunya utilitzat pel programa.

La introducció d'una nova localització ha d'anar acompanyada del coneixement de les dades corresponents a l'irradiació que correspon a la localització. Es corre el perill de modificar les dades disponibles (fitxers amb extensió *.fds), per aquest motiu **es recomana no fer ús d'aquesta opció en aquestes pràctiques.**

- **b.1.2 SALVAR**

Un cop realitzat el dimensionat d'una instal·lació mitjançant qualsevol dels mètodes (excepte el simple) i s'accedeix a la representació de la característica CA-CS corresponent, es pot recórrer aquesta característica punt a punt amb les fletxes dels cursors i guardar el valor d'aquells punts que interessin en una llista de memòria.

La llista de memòria, es perd en sortir del programa o es sobresecriu a l'omplir-se (només admet 30 punts diferents). Per tal d'evitar la pèrdua d'aquestes dades pot fer-se ús de la utilitat SALVAR per obtenir una còpia de la llista en un fitxer.

Això permet dimensionar una instal·lació i salvar els valors concrets de CA i CS desitjats durant una sessió se SISPV i accedir en posteriors sessions a aquests valors per simular el comportament de la instal·lació, sense haver de tornar a realitzar el dimensionat.

La opció SALVAR guarda les dades en un fitxer d'extensió *.svd i nom triat per l'usuari.

- **b.1.3 CARGAR**

Utilitat complementària a l'anterior. Permet carregar un fitxer extensió *.svd amb valors de CA i CS i omplir una llista en memòria amb aquests valors. El contingut de la llista que pogués haver-hi abans d'efectuar aquesta operació de càrrega es perd i és substituït pel contingut del fitxer carregat.

- **b.1.4 PARAMETROS**

Amb aquesta utilitat es poden observar els valors de les eficiències de diferents parts del sistema fotovoltaic, que modelen les pèrdues que es produeixen en diferents punts de la instal·lació. Hi ha una sèrie de valors predefinits per a aquestes eficiències, es detallen a continuació.

Eficiències

Rendiment de conversió del generador fotovoltaic	0.13
Eficiència de connexió i dispersió de paràmetres	0.9
Eficiència de càrrega de l'acumulador	0.95
Profunditat màxima de descàrrega de l'acumulador	0.7

Aquests valors poden ésser modificats per l'usuari.

Per modificar-los cal utilitzar les fletxes de moviment vertical fins a ressaltar el valor que es desitja modificar, el nou valor pot introduir-se després de pitxar Enter. Per acceptar els valors actualitzats de les eficiències cal prémer la tecla <A>.

Aquesta utilitat és accessible des de diferents parts del programa (quan es comença una simulació) prement la tecla <F3>. D'aquesta manera con cal tornar al menú principal cada vegada que es vol modificar una d'aquestes eficiències.

Els valors dels paràmetres utilitzats en el dimensionat s'inclouran en l'informe imprès que es pot generar al finalitzar una simulació.

- **b.1.5 ACABAR**

Opció per sortir del programa. Abans de sortir se'ns demanarà confirmació. També es pot finalitzar una sessió amb SISPV prement <ESC> des del menú principal.

- **b.2 utilitats del menú DIMENSIONADO**

En aquest menú es té accés a les utilitats següents :

SIMPLE
BALANCE
LLP
NUMERICO
GRAFICOS

Les quatre opcions primeres apliquen quatre mètodes diferents de dimensionat de sistemes fotovoltaics : simple, balanç d'energia, isofiabilitat analític i d'isofiabilitat numèric respectivament.

Totes aquestes opcions disposen d'ajuda on line a l'hora d'entrar els diferents paràmetres requerits. S'hi pot accedir prement <F1>. Al mateix temps, es pot sortir de l'opció en qualsevol moment prement les tecles <F10> o <ESC> i tornar al menú principal.

La opció GRAFICOS permet veure corbes CA-CS i comparar el resultats del dimensionat total donat pels diferents mètodes.

- **b.2.1 SIMPLE**

Aplica el mètode simplificat de dimensionat. El programa demana en primer lloc l'energia mitja consumida diària (L) en Watts-hora. Seguidament, s'entraran els dies d'autonomia desitjats pel sistema, els valors vàlids oscil·len entre 0 i 30). Finalment, cal introduir l'angle d'inclinació dels panells en graus (entre 0 i 90), cal remarcar que tot i que es pot entrar qualsevol valor, només es disposa de les dades d'irradiació per angles que van per passos de 5 graus. Per tant el programa aproxima l'angle entrat al múltiple de cinc més proper.

Un cop fet això, cal escollir l'emplaçament de la instal·lació sobre el mapa de Catalunya. El programa presentarà un mapa sobre el que podem vellugar-nos amb els cursors o amb el mouse. En estar sobre la localització desitjada cal premer <ENTER>, o indicar-ho amb el botó del mouse.

El programa compara les coordenades de la localització en pantalla amb les dades del fitxer clau CLAVE.DOC i ens mostra el nom de la localització més propera a la triada de les que té dades. També ens dona la seva latitud, els valors mínims i mitjà d'irradiació per l'angle d'inclinació escollit. Aques procés pot repetir-se fins estar segur d'haver escollit la ubicació desitjada per la instal·lació a simular.

Finalment el programa ens mostra per pantalla el resultat del dimensionat donant els valors obtinguts per CA i CS.

(Recordeu que amb aquest mètode de dimensionat el valor de CS coincideix amb els dies d'autonomia).

• **b.2.2 BALANCE**

En primer lloc cal introduir l'angle d'inclinació dels panells en graus. Tot seguit donar-li el nombre de dies d'autonomia (0 – 30), i finalment escollir l'emplaçament de la mateixa manera que s'ha indicat en l'apartat anterior.

A diferència del mètode simple, en aquest cas el resultat del dimensionat no és un sol parell de valors de CA i CS, sinó que es calculen una sèrie de parells de valors de tots dos paràmetres que poden representar-se gràficament en el pla CA-CS.

Si voleu visualitzar la representació gràfica de la corba obtinguda al dimensionar segons aquest mètode cal prémer la tecla <G>. En altre cas es dona per finalitzat el dimensionat.

Si opteu per l'opció gràfica, es dibuixarà un eix vertical sobre el que es representa CA i un eix horitzontal sobre el que representarem CS. En aquest pla, es dibuixaran els punts trobats per mitja d'aquest mètode de dimensionat, podem vellugar-nos sobre la corba mitjançant un cursor i a la part inferior dreta de la pantalla visualitzar els valors del punt on tinguem situat el cursor.

També hi ha la facilitat de salvar alguns d'aquests valors en una llista de memòria RAM (fins a un màxim de 30 valors), per poder recuperar-los posteriorment quan es facin les simulacions.

A més, cada vegada que salvem un parell de valors CA-CS, s'obté a la part superior dreta de la pantalla una estimació de l'àrea real total de panells i de la capacitat real de càrrega de l'acumulador necessàries en funció de l'energia demanada per la càrrega.

Finalment, a l'acabar el dimensionat, es donarà l'opció de salvar els resultats en un fitxer de text amb extensió *.bal, on s'hi escriuran els parells de valors CA-CS trobats, l'angle d'inclinació dels panells, el valor de les hores pic solars (HPS) mitges per aquesta inclinació , els dies d'autonomia del sistema i el valor de les hores pic solar mínimes per a superfície horitzontal (HPS min).

• **b.2.3 LLP**

Correspon al mètode d'isofiabilitat analític, les dades que cal entrar en aquest cas són :

- Probabilitat de pèrdua de càrrega (LLP), valors vàlids entre 0,5 i 0,0005.
- Emplaçament , de la mateixa forma que en les opcions anteriors.

El programa disposa dels valors dels coeficients m i n característics d'aquest mètode per a 88 localitzacions possibles sobre el mapa de Catalunya, per LLP entre 0,1 i 0,01. A l'escollir l'emplaçament de la localització, se'ns mostrarà en pantalla, a més del nom de la localització, els valors de m (0,1), m(0,01), n(0,1) i n (0,01) associats a aquella

localitat. A partir d'aquests valors, el mètode calcula els nous valors de n i m per a la LLP entrada, la qual cosa determina l'expressió analítica de la corba CA-CS.

Un comentari important a tenir en compte en aquest punt és que només es disposa actualment dels valors de m i n per a superfície horitzontal. Per tant, aquest mètode tendeix a sobredimensionar el sistema, ja que fa els càlculs amb uns valors d'irradiació menors que els que s'obtenen realment en un pla inclinat orientat a Sud (a l'hemisferi nord).

Seguidament podem optar per representar la corba d'isofiabilitat o bé donar per acabat el dimensionat, Si s'opta pel primer cas, es dibuixarà un eix vertical sobre el que es representa CA en un rang de valors entre 0 i 3 i un eix horitzontal que representa CS entre 0 i 30. De forma anàloga a la del mètode anterior, hi ha la possibilitat de salvar aquests valors en una llista.

Abans d'acabar el dimensionat es dona l'opció de salvar resultats en un fitxer text amb extensió *.llp. Aquí es guardaran els resultats per m_1 , m_2 , n_1 , n_2 per la localització triada, els valors m i n per la LLP especificada, el valor de LLP i el valor de HPSmin.

- **b.2.4 NUMERICO**

Implementa el mètode d'isofiabilitat numèric. Aquest mètode requereix sèries de dades d'irradiació diàries. Com que dades amb aquest nivell de detall són difícil d'obtenir s'utilitza una utilitat auxiliar externa al programa per generar aquestes dades d'irradiació diària sobre superfície horitzontal a partir de dades en mitja mensual disponibles. El mètode per fer aquests càlculs és el proposat per Collares-Pereira (1), basat en un anàlisi de Markov de primer ordre, degut a l'elevat nombre de càlculs que això comporta, s'ha optat per generar sèries de dades d'irradiació diària horitzontal, per 5 anys consecutius i per a les 88 localitzacions de les que es disposa informació.

Aquestes dades, es guarden en un fitxer *.fds per a cada localització. D'aquesta forma s'accelera notablement l'execució del dimensionat amb aquest mètode.

El funcionament d'aquesta opció és molt semblant a les descrites anteriorment, en primer lloc cal donar valor a LLP, entre 0,0001 i 1, després s'ha de definir la localització de la forma habitual i finalment s'entra l'angle d'inclinació de panells.

Un cop realitzada la simulació s'obté la corba CA-CS o bé finalitzar amb el dimensionat.

Si escolliu visualitzar la corba, els eixos dibuixats són els mateixos que en el mètode anterior. De la mateixa manera, també podeu disposar d'un cursor per obtenir valors concrets sobre la corba i amés podeu salvar-los en una llista de memòria RAM.

Abans de sortir d'aquesta opció podeu salvar els resultats en un fitxer text amb extensió *.NUM, s'hi guardaran els 29 valors de la corba d'isofiabilitat, l'angle d'inclinació de panells, el valor de LLP i el valor de HPSmin.

b.2.5 GRAFICOS

Aquesta utilitat permet veure qualsevol corba CA-Cs dimensionada anteriorment per qualsevol dels mètodes, sempre que s'hagi tingut la precaució de salvar els resultats. Amés es poden superposar corbes diferents sobre els mateixos eixos, d'aquesta forma es poden comparar els resultats obtinguts en els diferents mètodes de dimensionat, o bé dimensionats realitzats per instal.lacions diferents.

Les opcions que presenta aquesta utilitat són aquestes :

COMPARAR METODOS
COMPARAR SISTEMAS
BALANCE
LLP
NUMERICO

Dins de qualsevol d'aquestes opcions podeu accedir a una finestra d'ajuda mitjançant la tecla <F1>, per sortir podeu fer-ho amb qualsevol tecla.

b.2.5.1 COMPARAR METODOS

Permet dibuixar simultàneament tres gràfics CA-CS, cadascun dels quals es correspon amb un dels mètodes de dimensionat (recordar que el mètode simplificat no genera gràfic de sortida, només dona un punt CA-CS). Es facilita així la comparació dels resultats obtinguts en mètodes de dimensionat diferent, per una mateixa simulació de sistema.

De fet no cal que la simulació sigui de la mateixa instal.lació, Hi ha la possibilitat d'introduir per teclat els noms dels tres fitxers (amb extensions /*.BAL, *.NUM i *.LLP) que no tenen perquè correspondre al mateix sistema.

b.2.5.2 COMPARAR SISTEMAS

Si es vol establir un altre tipus de comparació entre corbes CA-CS consistent en visualitzar els resultats donats pel mateix mètode de dimensionat aplicat a dues localitzacions diferents o bé a dos sistemes amb diferents especificacions de dies d'autonomia, LLP, i /o angle d' inclinació de panells s'ha d'utilitzar aquesta opció.

b.2.5.23 BALANCE, LLP, NUMERICO

Permeten veure per separat qualsevol de les corbes CA-AS obtingudes per algun dels mètodes de forma anàloga a quan s'acaba un dimensionat. També es pot accedir a punts de la gràfica i desplaçar-hi un cursor, a través de l'opció "obtenir valores-" (tecla<0>). S'actualitzaran a la part inferior de la pantalla els valors CA-CS corresponents al punt sobre el que hi ha el cursor.

L'altra utilitat disponible dins aquest punt, és la discretització dels eixos CA-CS. Això és possible perquè a la pràctica es disposa d'una serie de mòduls i acumuladors

comercials amb els que es poden fer combinacions sèrie-paral·lel. Per tant, no podem obtenir qualsevol valor de CA i CS. Aquesta particularitat es representa damunt de la gràfica en forma de línies paral·leles verticals i horitzontals corresponents als valors de CA i CS possibles. Així doncs, les interseccions d'aquestes línies donaran valors de parells possibles per CA i CS. L'usuari pot guardar els parells de valors interessants a la llista RAM ja mencionada anteriorment.

b.3 utilitats del menú SIMULACION

Dins d'aquesta part trobem les utilitats de simulació dels sistemes fotovoltaics prèviament dimensionats. Es pot escollir entre 4 patrons diferents de consum diari mitjà d'energia i s'obtenen, com a resultat de la simulació, gràfiques anuals de l'energia utilitzable desaprofitada, així com de la probabilitat de pèrdua de càrrega de la instal·lació.

Podem també simular el comportament general al llarg d'un any d'un sistema fotovoltaic autònom. Es tracta d'una simulació en què s'utilitzen dades d'irradiació solar global diària en mitja mensual, amb la qual cosa la irradiació i l'energia generada són les mateixes per a cada dia dins d'un mateix mes. Per tant, no es realitza una simulació hora a hora del comportament del sistema que tingui en compte la distribució desigual d'irradiació solar durant cada dia, sinó que es fa ús del concepte d'hores pic solars (HPS) i només es distingeix per cada dia entre hores de sol i fosca.

Podem escollir entre 4 patrons de consum :

- Un consum constant durant nit i dia i igual per a tots els dies de l'any. Dins del programa es fa servir la notació de CONTINUO per referir-se a aquest tipus de consum.
- Un consum només durant les hores de nit, també constant durant tots els dies de l'any. Es l'anomenat consum RESIDENCIAL.
- Un consum realitzat durant les hores de llum, contant també al llarg de l'any. Consum LABORAL.
- Un consum nocturn que varia durant els dies de l'any en forma que és més gran durant els mesos amb pitjor irradiació solar, hivern, i més petit a l'estiu. S'anomena aquest consum PEOR CASO.

A l'iniciar qualsevol de les simulacions cal escollir el valor del consum mitjà diari en Watts-hora. Per facilitar l'elecció d'un tipus de consum el programa incorpora una sèrie de consums típics pels casos següents :

-Mini instal·lació (comunicacions, ajuda navegació etc.)	500 W h /dia
- Instal·lació mitjana (habitatge permanent aïllat)	1000 W h/dia
- Instal·lació gran (estacions servei, municipi aïllat)	15000 W h/dia
- Macro-instal·lació (mini central solar)	100000 W h /dia

Poden utilitzar-se aquests valors per defecte o entrar-ne un qualsevol.

El procés que cal seguir en una simulació SISPV és aquest :

- Escollir un patró de consum
- Entrar l'energia diària mitjana consumida
- Triar angle d'inclinació dels panells
- Triar emplaçament en el mapa de Catalunya.
- Dimensionar el sistema. En aquest punt es llegeix la llista de memòria RAM on s'ha guardat la informació dels valors CA-CS obtinguts durant el dimensionat i es presentaran els diferents valors de parells CA-Cs en pantalla. D'aquests parells de valors cal triar-ne només un. També pot introduir-se un parell de valors diferents mitjançant l'opció "introduir nou valor".

En un quadre a la part superior de la pantalla, es mostren els valors CA, CS, l'àrea total de panells i la capacitat de l'acumulador. També es mostre l'energia consumida triada i la irradiació diària horitzontal en el pitjor mes per la localització seleccionada.

Tot seguit SISPV simularà el comportament del sistema al llarg d'un any, dia a dia. Calcularà l'energia no aprofitada (per sobrecàrrega de l'acumulador), l'energia auxiliar requerida, i l'energia aportada pels panells. També evaluarà la probabilitat de pèrdua de càrrega durant l'any simulat.

Al finalitzar dibuixarà un gràfic de barres amb aquestes dades.

Hi ha disponible una utilitat que permet realitzar la simulació un altre cop però observant en el gràfic en pantalla quin és l'estat de càrrega de la bateria al final de les hores de llum i al final de la nit per cada dia.

Es pot escollir el dia de l'any en que comença la simulació, per teclat, o bé el programa triarà el dia 1 d'abril per defecte.

b.4 utilitats del menú AYUDA

Permet dues opcions

INDICE

Ajuda general del programa.

Realitza una breu descripció de totes les parts del programa. Es tracta d'una pantalla de text on podeu desplaçar-vos amb les tecles <AV_PAG> i <RE_PAG>. Per sortir ESC.

SOBRE SISPV

Informe d'autoria i data-