

Instal·lacions d'energies renovables

Albert Figueras Coma

Instal·lacions fotovoltaïques autònomes

Sistemes fotovoltaics autònoms

Subministren energia elèctrica a receptors o cases aïllades que no tenen connexió a la xarxa elèctrica.

Normalment són sistemes de poca potència, des d'un únic mòdul de poques desenes de watts fins a una potència de 10kW.

Són una alternativa a d'altres sistemes de generació com els grups electrògens on no hi ha xarxa elèctrica o la inversió per tenir-la és elevada.

S'utilitzen en moltes aplicacions com a l'enllumenat públic, per telefonia, telecomunicació, senyals de tràfic, navegació marítima, balises de senyalització, equips de localització, etc.

Sistemes fotovoltaics autònoms

Directes: Els mòduls fotovoltaics es connecten directament al circuit d'utilització. Ideal per equips de poca potència on l'ús de l'energia elèctrica es limita a quan hi ha radiació solar. Ex. Calculadores, joguets, carregadors de bateries, etc.

També en sistemes de bombeig d'aigua junt amb un convertidor CC/CC o CC/CA depenent del tipus de bomba.

Acumulació: Quan es necessita subministrament elèctric en tot moment hi hagi o no llum solar, és necessari tenir una bateria d'acumuladors per emmagatzemar l'energia elèctrica sobrant produïda durant el dia, per fer-la servir quan no n'hi ha. El principal exemple és l'electrificació de les cases.

Projecte de sistema fotovoltaic autònom

Procediment IDAE

(Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía).

Sistema autònom per a una casa amb acumulació amb bateries.

Serveix per un sistema autònom directe, traient-li la part de l'acumulació (bateries i regulador de càrrega).



Projecte de sistema FV autònom

- 1. Recollida d'informació:
 - - Visites al lloc de la instal·lació i entrevista amb el client.
 - - Consums i possibles ampliacions.
 - - Períodes d'ús dels receptors i de la instal·lació.
 - - Fer un inventari de la informació recollida.

S'ha de fer una estimació de l'energia elèctrica mitja diària absorbida:

- Informació de la placa de característiques dels receptors.
- Treballar amb la potència aparent.
- Aparells amb funcionament intermitent (nevera), agafar dades del fabricant sobre consum energia anual.

Projecte de sistema FV autònom

Casa rural d'ús anual, situada a València, on els mòduls es col·locaran en el teulat orientat cap al sud, i amb una inclinació de 40°.

Inventari de consums:

Receptor	Tensió	Cantidad	Potencia (W) ⁽²⁾	Uso diario (h) ⁽²⁾	Energia diaria (Wh)
Lámpara fluorescente cocina	230 V c.a.	1	36	3	108
Lámparas compactas habitaciones	230 V c.a.	4	9	1	36
Otras lámparas compactas	230 V c.a.	2	11	2	44
Televisor	230 V c.a.	1	150	4	600
Frigorífico	230 V c.a.	1	110	–	900 ⁽¹⁾
Ordenador portátil	230 V c.a.	1	150	1	150
Batidora	230 V c.a.	1	270	0,1	27
Radio	230 V c.a.	1	20	2	40
Otros ⁽⁴⁾	230 V c.a.	–	100	2	200
TOTAL			894		2.105

Projecte de sistema FV autònom

Elecció del Tipus de Sistema: Amb o sense acumulació, tipus de corrent (CC o CA) i les tensions nominals dels circuits.

En cases de poc consum, ex. només enllumenat, alimentació en CC estalviant inversor. Sistema mixta de cc per enllumenat i CA pels receptors de més potència. Més normal és CA per tots els consums.

En aplicacions de telecomunicacions, balises i senyals, només CC.

En sistemes de bombeig d'aigua CC o CA depenent de la bomba.

La tensió nominal de les bateries s'escollirà per tenir una intensitat no massa elevada depenent de la seva potència.

Potencia	Tensión nominal
$P \leq 800 \text{ W}$	12 V
$800 < P \leq 1.600 \text{ W}$	24 V
$1.600 < P \leq 3.200 \text{ W}$	48 V
$P > 3.200 \text{ W}$	120 o 300 V

Si la distància entre el generador i el regulador és gran(10m) i $P > 2\text{kW}$, la tensió del generador superior al sistema d'acumulació i posar-hi un regulador amb seguidor MPP.

Projecte de sistema FV autònom

En l'exemple escollir el sistema fotovoltaic i la tensió nominal.

Sistema amb acumulació per tenir energia en hores sense llum solar. Tots els consums es fan en CA de 230V.

La tensió de la bateria és de 24V doncs la potència màxima que s'ha de subministrar segons l'inventari és de 894W i la distància dels mòduls FV al regulador no serà gran.

Projecte de sistema FV autònom

Dimensionat del generador fotovoltaic.

Dependrà del consum elèctric i de la radiació solar que hi hagi on està instal·lat. S'ha d'establir un període de disseny distribuint consums elèctrics en un any i decidir l'interval de temps on la relació generació/consum és més desfavorable.

- Consum constant durant tot l'any, el període s'estableix pel pitjor mes en radiació solar que serà a l'hivern.
- Bombeig depèn de la localitat i disposició de l'aigua, el pitjor mes serà a l'estiu.
- Per a una generació màxima anual el període és tot l'any.

En l'exemple: El consum és constant durant tot l'any, el pitjor mes a València és el desembre, consultant una taula d'irradiació global diària horitzontal $G_{da}(0)$ per províncies. S'establirà com a període de disseny.

VALOR MEDIO MENSUAL DE LA IRRADIACIÓN GLOBAL DIARIA HORIZONTAL [$G_{dm}(0)$] [kW · h/(m ² · día)]															
Localidad	Latitud (°)	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual*	
Albacete	39,00	2,01	2,96	3,43	4,88	5,45	6,15	6,64	5,82	4,54	4,31	1,88	1,61	4,14	
Alicante	38,35	2,60	3,76	4,51	5,76	6,59	7,19	7,25	6,24	5,15	3,72	2,57	2,08	4,78	
Almería	36,85	2,48	3,37	4,65	5,68	6,50	6,68	6,82	6,16	4,99	3,83	2,72	2,13	4,67	
Asturias	43,37	1,49	2,09	2,90	3,58	4,24	4,62	4,50	3,94	3,36	2,23	1,56	1,19	2,98	
Ávila	40,65	1,82	2,83	3,35	4,52	5,48	5,90	6,78	6,30	4,61	3,08	1,79	1,39	3,99	
Badajoz	38,88	1,85	2,64	3,65	4,89	5,91	6,48	6,64	5,87	4,58	3,23	2,19	1,55	4,12	
Baleares	39,57	2,32	3,53	4,02	4,95	6,37	6,92	7,12	6,17	4,89	3,59	2,49	1,80	4,51	
Barcelona	41,40	1,72	2,78	3,78	5,05	5,91	6,32	6,21	5,27	4,22	3,27	1,92	1,63	4,01	
Burgos	42,33	1,03	2,22	2,99	4,00	5,03	5,95	6,38	5,58	4,01	2,79	1,44	0,81	3,52	
Cáceres	39,48	1,68	2,67	4,16	5,63	6,43	7,47	8,82	8,12	6,20	3,54	2,14	1,63	4,87	
Cádiz	36,47	2,33	3,68	4,57	6,19	7,12	7,59	7,56	7,14	5,70	4,05	2,71	2,19	5,07	
Canarias	28,18	2,71	3,25	4,13	4,89	4,96	4,43	4,27	4,16	4,62	3,38	2,68	2,05	3,79	
Castellón	39,98	2,11	3,45	4,34	5,14	5,88	6,40	6,49	5,64	4,77	3,37	2,16	1,89	4,30	
C. Real	38,98	1,65	2,90	3,51	4,61	5,76	6,40	7,16	6,38	4,84	3,05	1,80	1,28	4,11	
Córdoba	37,88	2,06	3,08	3,93	4,78	5,28	6,74	7,15	6,50	5,00	3,30	2,29	1,73	4,32	
Cuenca	40,08	1,68	2,56	3,28	4,24	5,19	5,81	6,61	5,96	4,44	3,08	1,78	1,38	3,83	
Girona	41,98	2,01	2,83	3,78	4,43	4,99	4,74	6,13	5,02	3,79	2,95	2,06	1,56	3,69	
Granada	37,18	1,91	2,69	3,40	4,41	5,17	5,84	6,58	5,22	4,29	3,11	2,06	1,53	3,85	
Guadalajara	40,63	1,39	2,13	2,76	3,61	4,52	5,10	6,55	5,69	4,04	2,79	1,44	1,16	3,43	
Guipúzcoa	43,32	1,32	1,94	2,65	2,81	4,01	4,12	4,15	3,36	3,21	2,52	1,45	1,06	2,72	
Huelva	37,27	2,10	3,29	4,39	5,78	6,68	7,12	7,50	6,90	5,73	3,64	2,41	1,86	4,78	
Huesca	42,13	1,79	3,19	4,17	4,89	5,72	6,20	6,64	5,76	4,28	3,16	1,88	1,38	4,09	
Jaén	37,77	1,74	2,75	4,08	5,02	5,61	6,78	7,45	6,75	5,46	3,23	2,16	1,75	4,40	
A. Coruña	43,37	1,44	2,12	3,08	4,08	4,17	4,69	5,05	4,15	3,71	2,29	1,74	1,09	3,13	
León	42,58	1,56	2,98	3,79	4,81	5,32	6,55	6,89	6,02	4,28	2,95	1,94	1,17	4,02	
Lleida	41,68	1,69	3,38	4,33	5,34	6,10	6,74	6,84	5,93	4,65	3,33	1,75	1,11	4,27	
Logroño	42,47	1,66	2,68	3,78	5,07	5,90	6,55	7,01	5,94	4,59	3,28	1,87	1,40	4,14	
Lugo	43,00	1,07	2,01	2,39	3,77	3,84	4,65	4,73	4,23	3,14	2,54	1,48	0,88	2,89	
Madrid	40,42	1,77	2,72	3,93	5,43	5,88	6,54	7,19	6,39	4,48	2,99	2,04	1,74	4,26	
Málaga	36,72	2,28	3,21	4,92	5,25	6,34	6,91	7,20	6,20	5,15	3,62	2,82	1,73	4,63	
Murcia	37,98	2,65	3,33	4,78	5,93	7,02	7,15	7,48	6,57	5,29	3,86	2,69	2,15	4,91	
Ourense	42,33	0,78	1,89	3,91	3,36	2,46	5,33	4,49	5,05	3,49	1,99	1,47	0,68	2,91	
Palencia	42,00	1,20	2,81	3,35	4,31	5,59	6,24	6,72	6,07	4,24	3,12	1,76	1,02	3,87	
Pamplona	42,81	1,17	1,21	3,06	3,14	4,77	5,55	5,91	4,93	3,73	2,76	1,29	0,90	3,20	
Pontevedra	42,43	1,48	2,46	3,35	4,98	4,72	6,40	6,41	5,67	4,02	3,13	1,94	1,37	3,83	
Salamanca	40,97	1,62	2,49	3,45	4,86	5,79	6,32	6,41	5,79	4,32	2,97	1,70	1,35	3,92	
Santander	43,47	1,31	2,02	2,68	3,15	4,21	4,37	4,20	3,34	3,19	2,50	1,45	0,99	2,78	
Segovia	40,95	1,43	2,43	3,08	4,06	4,76	5,72	6,67	6,02	4,30	2,95	1,52	1,16	3,67	
Sevilla	37,38	1,99	3,11	4,29	5,48	6,22	6,53	6,61	6,01	4,87	3,35	2,31	1,88	4,39	
Soria	41,77	1,46	2,20	2,94	3,85	4,94	5,82	6,49	5,52	3,90	2,52	1,44	1,19	3,52	
Tarragona	41,12	2,06	3,21	3,66	4,60	5,13	5,71	5,90	5,05	3,86	3,10	2,04	1,66	3,83	
Tenerife	28,47	2,66	3,34	4,42	5,49	6,05	6,72	7,00	6,36	5,19	3,68	2,62	1,99	4,63	
Teruel	40,35	1,70	2,59	3,19	4,00	5,20	5,68	6,38	5,63	4,00	2,93	1,67	1,16	3,68	
Toledo	39,85	1,77	2,96	3,43	4,77	5,47	6,17	6,90	6,19	4,48	3,07	1,78	1,27	4,07	
Valencia	39,48	2,59	3,00	3,85	5,13	6,02	6,07	6,41	6,68	4,45	3,12	2,09	1,84	4,27	
Valladolid	41,65	1,24	2,88	3,59	4,71	5,48	6,33	6,93	6,32	4,45	3,03	1,69	1,04	3,97	
Vitoria	42,85	1,24	2,34	2,78	3,17	4,25	4,69	4,90	4,07	3,21	2,58	1,37	0,89	2,96	
Vizcaya	43,30	1,06	1,67	2,45	2,77	3,77	3,73	3,92	3,14	2,98	2,28	1,22	0,85	2,49	
Zamora	41,50	1,20	2,92	3,61	4,84	5,49	6,40	6,98	6,16	4,44	2,98	1,74	1,00	3,98	
Zaragoza	41,65	1,80	3,14	4,06	4,96	6,06	6,52	6,82	6,20	4,40	3,24	1,82	1,36	4,20	

* Valor medio anual de la irradiación global diaria horizontal $G_{da}(0)$

Projecte de sistema FV autònom

Dimensionat del generador fotovoltaic:

Falta establir la orientació i la inclinació òptimes del generador FV així com estimar les pèrdues si no s'utilitzen aquestes o hi ha ombres que afecten el seu funcionament.

Azimut òptim $\alpha=0$ en l'hemisferi nord.

Inclinació òptima és en funció de la latitud del lloc ϕ i de la relació entre el valor mig mensual de la irradiació diària sobre el pla horitzontal $G_{dm}(0)$ i per a un pla inclinat amb un angle òptim $G_{dm}(0, \beta_{opt})$.

Periodo de diseño	β_{opt}	$K = \frac{G_{dm}(0, \beta_{opt})}{G_{dm}(0)}$
Diciembre	$\phi + 10$	1,7
Julio	$\phi - 20$	1
Anual	$\phi - 10$	1,15

Projecte de sistema FV autònom

Dimensionat del generador fotovoltaic:

Si no és possible orientar o inclinar el generador de forma òptima, s'ha d'aplicar el factor d'irradiació FI.

- Para ángulos de inclinación: $15^\circ < \beta \leq 90^\circ$:

$$[1] \quad FI = 1 - [1,2 \cdot 10^{-4} (\beta - \beta_{opt})^2 + 3,5 \cdot 10^{-5} \cdot \alpha^2]$$

- Para ángulos de inclinación: $\beta \leq 15^\circ$:

$$[2] \quad FI = 1 - [1,2 \cdot 10^{-4} (\beta - \beta_{opt})^2]$$

FI: factor de irradiación (sin unidades)

β : inclinación real de la superficie ($^\circ$)

β_{opt} : inclinación óptima de la superficie ($^\circ$)

α : acimut de la superficie ($^\circ$)

Projecte de sistema FV autònom

Dimensionat del generador fotovoltaic:

Si hi ha alguna ombra s'ha d'aplicar el factor d'ombrejat FS (“factor de sombra”) que indica el tant per cent de radiació incident sobre el generador.

Amb els factors i constants descrits es calcula el valor mig mensual d'irradiació diària sobre la superfície del generador, inclinat un angle β i orientat un angle azimuth α partint del valor mig mensual d'irradiació diària sobre una superfície horitzontal $G_{dm}(0)$ publicat per alguna font oficial, amb l'expressió:

$$[3] \quad G_{dm}(\alpha, \beta) = G_{dm}(0) \cdot K \cdot FI \cdot FS$$

K : constant obtenida de la tabla 4.3 que proporciona la relación entre la irradiación diaria sobre el plano horizontal $G_{dm}(0)$ y el mismo valor para un plano inclinado un ángulo óptimo $G_{dm}(0, \beta_{opt})$ (sin unidades).

FI : factor de irradiación para un generador con orientación e inclinación (α, β) (sin unidades).

FS : factor de sombreado (sin unidades).

Projecte de sistema FV autònom

Exemple de la casa rural:

- De la taula la latitud de València $\phi=39,48^\circ$ i el valor mig mensual d'irradiació global diària sobre una superfície horitzontal és $G_{dm}(0)=1.84\text{kWh}/(\text{m}^2.\text{dia})$ del mes de desembre.
- La orientació del mòdul serà l'òptima $\alpha=0$, la del teulat.
- Inclinació òptima $\beta_{opt}=\phi+10=49.48^\circ$
- La constant pel període de desembre $K=1,7$
- Com que la inclinació serà de 40° diferent de l'òptima:

$$FI = 1 - [1,2 \cdot 10^{-4} (\beta - \beta_{opt})^2 + 3,5 \cdot 10^{-5} \cdot \alpha^2] =$$

$$= 1 - [1,2 \cdot 10^{-4} (40 - 50)^2 + 3,5 \cdot 10^{-5} \cdot 0^2] = 0,988$$

No hi ha ombres, el factor d'ombra valdrà 1.

- El valor mig mensual d'irradiació global diària en els mòduls:

$$G_{dm}(\alpha, \beta) = G_{dm}(0) \cdot K \cdot FI \cdot FS = 1,84 \cdot 1,7 \cdot 0,988 \cdot 1 = 3,090 \text{ kWh/m}^2 =$$

$$= 3.090 \text{ Wh/m}^2$$

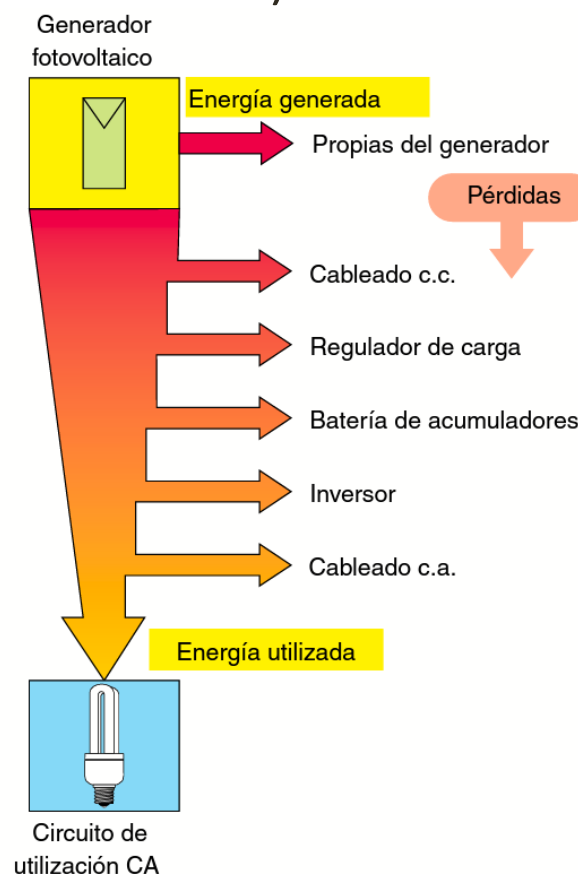
Projecte de sistema FV autònom

Potència del generador FV:

S'han de tenir en compte les pèrdues totals del sistema.

S'agrupen en un coeficient PR (Performance ratio).

- Sistemes amb inversor $PR=0,7$.
- Sistemes amb inversor, bateria, i regulador de càrrega $PR=0,6$.
- Sistemes amb bateria i regulador de càrrega $PR=0,7$.



Projecte de sistema FV autònom

Potència del generador FV:

El valor mínim de la potència del generador FV es calcula:

$$[4] \quad P_{G \min} = \frac{W_d \cdot G_{CEM}}{G_{dm}(\alpha, \beta) \cdot PR}$$

$P_{G \min}$: potencia del generador (W).

G_{CEM} : irradiancia en condiciones CEM (constante de valor 1.000 W/m^2).

W_d : consumo de energía diario (Wh).

$G_{dm}(\alpha, \beta)$: valor medio mensual de irradiación diaria sobre la superficie del generador inclinada un ángulo β y orientada un acimut α (Wh/m^2).

PR : rendimiento energético de la instalación. Expresado en tanto por uno.

Projecte de sistema FV autònom

Escollir els mòduls fotovoltaics:

Com han d'anar connectats per tenir la tensió nominal.

Escollir la potència entre la mínima i un 20% per sobre.

$$P_{G \min} \leq P_G \leq 1,2 \cdot P_{G \min}$$

Per a instal·lacions aïllades els mòduls especifiquen la tensió nominal del sistema d'acumulació de 12V i 24V.

12V mòdul de 36 cèl·lules U_{mpp} :17...18V i U_{oc} :21...22V

24V mòdul de 72 cèl·lules U_{mpp} :34...36V i U_{oc} :43...45V

48V connectar en sèrie 4 mòduls FV de 12V o 2 de 24V

120V connectar en sèrie 10 mòduls de 12V o 5 de 24V

Es pot utilitzar un regulador de càrrega amb seguidor MPP a fi d'utilitzar tensions dels mòduls FV no adaptats a les bateries, exemple mòdul FV de 100V tensió de la bateria 24 o 48V.

Projecte de sistema FV autònom

Exemple casa rural:

Com que hi haurà inversor i bateries $PR=0,6$

$$P_{G \min} = \frac{W_d \cdot G_{CEM}}{G_{dm}(\alpha, \beta) \cdot PR} \quad PG_{\min}=1135W$$

$$P_{G \min} \leq P_G \leq 1,2 \cdot P_{G \min} \quad PG_{\min} \times 1,2=1362W$$

Tensió nominal de les bateries 24V

Es selecciona un mòdul de 72 cèl·lules de 24V PW1400 amb les següents característiques: $P_{\max}=150W$; $U_{oc}=43V$; $I_{sc}=4,65A$, $U_{mpp}=33,8V$; $I_{mpp}=4.45A$; $\alpha=0,032\%/^{\circ}C$; $\beta=-158mV/^{\circ}C$

Marca	Modelo	Tipo ₃	Nº cel. en serie	P _{max} (W)	U _{oc} (V)	I _{sc} (A)	U _{mpp} (V)	I _{mpp} (A)	Tol. de P (%)	α	β	δ	TONC (°C)
Atersa	A-270P	P	72	270	44,85	8,06	35,80	7,54	-5+5	0,05%/°C	-0,35%/°C	-0,46%/°C	47±2
	A-230P	P	60	230	37,4	8,12	30,2	7,62	-2+2	0,05%/°C	-0,35%/°C	-0,46%/°C	47±2
	A-180M	M	72	180	44,0	5,3	36,0	5,0	-3+3	0,09%/°C	-0,34%/°C	-0,37%/°C	47±2
	A-85P	P	36	85	22,3	4,9	18,39	4,62	-8+8	0,08%/°C	-0,32%/°C	-0,38%/°C	47±2
	A-85M	M	36	85	21,5	5,2	17,7	4,8	-8+8	0,09%/°C	-0,34%/°C	-0,37%/°C	47±2
	A-40M	M	36	40	20,55	2,35	16,8	2,1	-8+8	0,09%/°C	-0,34%/°C	-0,37%/°C	47±2
BPSolar	BP3170	P	72	170	44,3	5,2	35,6	4,8	-3+5	0,065%/°C	-0,35%/°C	-0,5%/°C	47±2
	BP3200	P	60	200	36,1	8,1	28,6	7	-3+3	0,065%/°C	-0,36%/°C	-0,5%/°C	47±2
	BP4175T	M	72	175	43,6	5,45	35,4	4,9	-3+5	0,065%/°C	-0,36%/°C	-0,5%/°C	47±2
	BP3230N	P	60	230	36,4	8,7	29,2	7,9	-3+3	0,065%/°C	-0,36%/°C	-0,5%/°C	47±2
Conergy	PowerPlus 230P	P	60	230	36,8	8,08	30,0	7,67	-3+3	0,026%/°C	-0,35%/°C	-0,45%/°C	45
	PowerPlus 190P	P	60	190	36,0	7,66	28,2	6,82	-3+3	0,029%/°C	-0,35%/°C	-0,45%/°C	45
	PowerPlus 240M	M	60	240	36,6	8,2	30,18	7,95	-3+3	0,013%/°C	-0,38%/°C	-0,48%/°C	45
	PowerPlus 190M	M	60	190	36,0	7,94	25,5	7,45	-3+3	0,014%/°C	-0,38%/°C	-0,48%/°C	45
Isofoton	IS-160	M	72	160	44,4	4,8	36,0	4,45	-3+3	0,0294%/°C	-0,387%/°C	-0,48%/°C	47±2
	IS-210	M	96	210	59,1	4,77	47,9	4,38	-3+3	0,0294%/°C	-0,387%/°C	-0,48%/°C	47±2
	IS-230	M	96	230	59,1	5,23	47,9	4,80	-3+3	0,0294%/°C	-0,387%/°C	-0,48%/°C	47±2
	ISF-180	M	54	180	32,6	7,52	25,9	6,95	-3+3	0,0294%/°C	-0,387%/°C	-0,48%/°C	47±2
	ISF-200	M	54	200	32,6	8,36	25,9	7,72	-3+3	0,0294%/°C	-0,387%/°C	-0,48%/°C	47±2
	ISF-220	M	60	220	36,9	8,05	29,7	7,41	-3+3	0,0294%/°C	-0,387%/°C	-0,48%/°C	47±2
Kyocera	KD50SE-1P	P	36	50	22,1	3,07	17,9	2,8	-5+10	1,84mA/°C	-80mV/°C	-0,228W/°C	49
	KD70SX-1P	P	36	70	22,1	4,3	17,9	3,92	-5+10	2,58mA/°C	-80mV/°C	-0,316W/°C	49
	KD95SX-1P	P	36	95	22,1	5,81	17,9	5,31	-5+10	3,5mA/°C	-80mV/°C	-0,429W/°C	49
	KD135GH-2PU	P	36	135	22,1	8,37	17,7	7,63	-5+5	5,01mA/°C	-80mV/°C	-0,614W/°C	49
	KD185GH-2PU	P	48	185	29,5	8,58	23,6	7,84	-5+5	5,15mA/°C	-106mV/°C	-0,840W/°C	49
	KD210GH-2PU	P	54	210	33,2	8,58	26,6	7,90	-5+5	5,01mA/°C	-120mV/°C	-0,960W/°C	49
Photowatt	PW-500	P	36	50	21,6	3,2	17,2	2,9	45,1 W ₁)	1,46mA/°C	-79mV/°C	-0,43%/°C	2)
	PW-850	P	36	80	21,6	5	17,3	4,6	75,1 W ₁)	1,46mA/°C	-79mV/°C	-0,43%/°C	2)
	PW1400	P	72	150	43	4,65	33,8	4,45	145 W ₁)	0,032%/°C	-158mV/°C	-0,43%/°C	2)
	PW1650	P	72	165	43,2	5,1	34,3	4,8	160 W ₁)	1,46mA/°C	-158mV/°C	-0,43%/°C	2)
	PW6-123	P	36	110	21,7	6,9	17,2	6,4	105 W ₁)	2,085mA/°C	-79mV/°C	-0,43%/°C	2)
Sanyo	HIP-190DA3	M	96	190	68,1	3,7	55,3	3,44	-0+10	0,85 mA/°C	-170mV/°C	-0,3%/°C	46,6
	HIP-195DA3	M	96	195	68,7	3,73	55,8	3,5	-0+10	0,87 mA/°C	-172mV/°C	-0,29%/°C	46,6
	HIP-205BA19	M	96	205	68,8	3,84	56,7	3,62	-0+10	0,88 mA/°C	-172mV/°C	-0,29%/°C	46,9
Sharp	NU-185	M	48	185	30,2	8,54	24,0	7,71	-5+10	0,053%/°C	-104mV/°C	-0,485%/°C	47,5
	NT-175	M	72	175	44,4	5,40	35,4	4,95	-5+10	0,053%/°C	-156mV/°C	-0,485%/°C	47,5
	ND-170	P	48	170	29,3	8,04	23,2	7,33	-5+10	0,053%/°C	-104mV/°C	-0,485%/°C	47,5
Siemens	SM110/24	M	72	110	43,5	3,45	35,0	3,15	-5+5	0,04%/°C	-0,34%/°C	2)	45±2
	SM100/24	M	72	100	42,0	3,25	34,0	2,95	-5+5	0,04%/°C	-0,34%/°C	2)	45±2
	SM55	M	36	55	21,7	3,45	17,4	3,15	-5+5	0,04%/°C	-0,34%/°C	2)	45±2
	SM50	M	36	50	21,4	3,4	16,6	3,05	-5+5	0,04%/°C	-0,34%/°C	2)	45±2
Solar-Fabrik	SF130/2-135	P	36	135	21,86	8,08	17,94	7,52	-5+5	5,45mA/°C	-72mV/°C	-0,47%/°C	48±2
	SF130/4-135	M	36	135	22,4	7,93	17,94	7,52	-5+5	5,45mA/°C	-72mV/°C	-0,47%/°C	47±2
	SF150/2A-150	M	66	150	40,20	5,10	32,60	4,60	-5+5	0,60mA/°C	-141mV/°C	-0,47%/°C	48±2
	SF150/10A175	M	72	175	44,70	5,26	36,7	4,75	-5+5	1,00mA/°C	-154mV/°C	-0,47%/°C	48±2
	SF200A-220	P	60	220	36,4	8,15	28,6	7,70	-5+5	5,45mA/°C	-120mV/°C	-0,47%/°C	45±2
Solarworld	SW185	M	72	185	44,8	5,50	36,3	5,10	-3+3	0,036%/°C	-0,33%/°C	2)	46
	SW160	M	72	160	43,8	5,00	35,0	4,58	-3+3	0,036%/°C	-0,33%/°C	2)	46
	SW225	P	60	225	36,8	8,17	29,5	7,63	-3+3	0,034%/°C	-0,34%/°C	2)	46
	SW200	P	60	200	36,1	7,70	28,3	7,07	-3+3	0,034%/°C	-0,34%/°C	2)	46
	SW80 /RSE	M	36	80	21,9	5,00	17,5	4,58	-5+5	0,036%/°C	-0,33%/°C	2)	45,5
Suntech	STP280-24/Vd	P	72	280	44,8	8,33	35,2	7,95	-3+3	0,045%/°C	-0,34%/°C	-0,47%/°C	45±2
	STP210-18/Ud	P	54	210	33,6	8,33	26,4	7,95	-3+3	0,045%/°C	-0,34%/°C	-0,47%/°C	45±2
	STP185S-24/Ad	M	72	185	45,0	5,43	36,4	5,09	-3+3	0,037%/°C	-0,34%/°C	-0,48%/°C	45±2
	STP130-12/Tb	P	36	130	22,0	8,09	17,4	7,47	-5+5	0,055%/°C	-75 mV/°C	-0,47%/°C	45±2
	STP085S-12/Bb	M	36	85	22,2	5,15	17,8	4,8	-5+5	0,020%/°C	-0,34%/°C	-0,46%/°C	45±2
	STP020S-12/Cb	M	36	20	21,7	1,26	17,6	1,14	-10+10	0,055%/°C	-78 mV/°C	-0,48%/°C	45±2
Sunways	SM170UA66	P	48	175	29,6	8,07	23,3	7,51	-5+5	0,06%/°C	-0,36%/°C	-0,44%/°C	45
	SM210UA66	P	60	235	37,0	8,48	29,4	8,00	-5+5	0,06%/°C	-0,36%/°C	-0,43%/°C	45
	SM215MA66	M	60	240	37,1	8,65	29,6	8,11	-5+5	0,01%/°C	-0,37%/°C	-0,48%/°C	45
	SM230MA12	M	96	240	59,5	5,20	48,9	4,91	-5+5	0,06%/°C	-0,34%/°C	-0,44%/°C	45

Projecte de sistema FV autònom

Exemple casa rural:

El nombre de mòduls a connectar per tenir la potència mínima:

$$N_p \cdot N_s \geq \frac{P_{G \min}}{P_{\max}} = \frac{1.135}{150} = 7,56 \approx 8 \text{ mòduls}$$

Tindrà 8 branques en paral·lel amb un únic mòdul per branca .

Potència del generador: $P_{G \max} = N_p \cdot P_{\max} = 8 \cdot 150 = 1.200 \text{ W}$

Que no sobrepassa el 20% del valor mínim

$$U_{G \text{ oc}} = N_s \cdot U_{\text{oc}} = 1 \cdot 43 = 43 \text{ V}$$

$$I_{G \text{ sc}} = N_p \cdot I_{\text{sc}} = 8 \cdot 4,65 = 37,2 \text{ A}$$

$$U_{G \text{ mpp}} = N_s \cdot U_{\text{mpp}} = 1 \cdot 33,8 = 33,8 \text{ V}$$

$$I_{\text{mpp}} = 4,45 \text{ A}$$

$$I_{G \text{ mpp}} = N_p \cdot I_{\text{mpp}} = 8 \cdot 4,45 = 35,6 \text{ A}$$

Projecte de sistema FV autònom

Dimensionat del sistema d'acumulació:

La capacitat de les bateries es calcula per garantir el subministrament d'energia elèctrica diària durant un nombre de dies d'autonomia fixats a priori.

El nombre de dies depèn del lloc i tipus d'instal·lació.

Localidades y provincias	Días de autonomía (1)	
	Aplicación doméstica	Aplicación profesional
Cáceres, Cádiz, Córdoba, Granada, Huelva, Jaén	3	6
Albacete, Alicante, Almería, Badajoz, Málaga, Melilla, Ceuta, Tenerife	4	7
Ciudad Real, Girona, Huesca, Lleida, Madrid, Murcia, Pontevedra, Toledo, Valencia	5	8
Ávila, Barcelona, Canarias, Castellón, Cuenca, León, Palencia, Salamanca, Segovia, Valladolid, Zamora, Zaragoza	6	9
Baleares, Guadalajara, Soria, Tarragona, Teruel	7	10
Burgos, A Coruña, Logroño, Ourense, Pamplona	8	11
Asturias, Guipúzcoa, Lugo, Santander, Vitoria, Vizcaya	9	12

(1) Los datos de esta tabla son orientativos. Se han fijado en función de los datos del Instituto Nacional de Meteorología sobre la media mensual y anual de días despejados en un año normal.

Projecte de sistema FV autònom

Dimensionat del sistema d'acumulació:

Per allargar la vida útil de la bateria es necessita fixar una profunditat de descàrrega màxima (PDmàx) al final del període d'autonomia fixat. Es recomana una PDmàx del 70% en instal·lacions domèstiques i del 50% en instal·lacions professionals.

Es calcula la capacitat del sistema d'acumulació a partir del consum mig diari.

$$[6] \quad Q_d = \frac{W_d}{U_n}$$

Q_d : consumo medio diario (Ah/día).

W_d : energía media diaria (Wh/día).

U_n : tensión nominal del sistema de acumulación (V).

Projecte de sistema FV autònom

Dimensionat del sistema d'acumulació:

La capacitat del sistema es calcula amb l'expressió:

$$[7] \quad C_n = \frac{Q_d \cdot A}{PD_{\text{máx}} \cdot \eta_{\text{inv}} \cdot \eta_{\text{rb}}}$$

C_n : capacitat de la bateria de acumuladores para descarga en 20 horas (Ah).

Q_d : consumo medio diario (Ah/día).

A : días de autonomía del sistema (días).

$PD_{\text{máx}}$: profundidad de descarga máxima. En tanto por uno.

η_{inv} : rendimiento del inversor. En tanto por uno.

η_{rb} : rendimiento del conjunto batería y regulador de carga. En tanto por uno.

Si no es tenen dades es pot agafar un rendiment per l'inversor del 85% i pel conjunt bateria-regulador del 80%.

El numerador representa el criteri principal per garantir el subministrament diari durant els dies d'autonomia.

Es corregeix dividint per la P_{dmax} per evitar que es descarregui massa. I pels rendiments.

Projecte de sistema FV autònom

Dimensionat del sistema d'acumulació:

El sistema de bateries no es pot sobredimensionar en excés ja que el generador FV no el podria carregar mai completament, i es podria sulfatar la bateria.

$$[8] \quad C_n < 25 \cdot I_{G_{sc}}$$

C_n : capacitat total de la bateria de acumuladores (Ah).

$I_{G_{sc}}$: intensitat de cortocircuit del generador fotovoltaic en CEM (A).

En aplicacions professionals en que no es compleixi l'expressió anterior, és justificable augmentar el generador FV.

Projecte de sistema FV autònom

Dimensionat del sistema d'acumulació:

Les baixes temperatures disminueixen la capacitat nominal de la bateria, que el fabricant dóna per una temperatura de 20°C.

$$[9] \quad C_n' = \frac{C_n}{1 - \frac{\Delta T}{160}}$$

C_n' : capacitat nominal para la temperatura T inferior a 20 °C (Ah).

C_n : capacitat nominal del sistema de acumulació a 20 °C (Ah).

ΔT : diferencia de temperatura respecto de 20 °C. Se calcula con $\Delta T = |T - 20|$.

La tensió nominal s'aconsegueix amb acumuladors monobloc en sèrie de 6 o 12V o elements acumuladors de 2V per capacitats superiors a 300Ah.

Els agrupaments en paral·lel s'han d'evitar, però es fan si es necessita molta capacitat.

Projecte de sistema FV autònom

Exemple casa rural, dimensionar sistema d'acumulació:

El nombre de dies d'autonomia serà de $A=5$ dies.

Els rendiments de l'inversor $\eta_{inv}=85\%$ i del regulador-bateria $\eta_{rb}=80\%$.

La $PD_{m\grave{a}x}=70\%$, se suposa que no hi ha condicions de baixa T_a .

Consum diari:

$$Q_d = \frac{W_d}{U_n} = \frac{2.105}{24} = 87,7 \text{ Ah/día}$$

La capacitat de la bateria per descàrrega en 20h:

$$C_n = \frac{Q_d \cdot A}{PD_{m\grave{a}x} \cdot \eta_{inv} \cdot \eta_{rb}} = \frac{87,7 \cdot 5}{0,7 \cdot 0,85 \cdot 0,8} = 921,2 \text{ Ah}$$

Comprovem la condició de 25 vegades la I_{Gsc}

$$C_n < 25 \cdot I_{Gsc} \rightarrow 921,1 < 25 \cdot 37,2 = 930$$

Degut a la capacitat elevada, es necessitaran 12 elements en sèrie de 2V, no en calen en paral·lel.

Projecte de sistema FV autònom

Dimensionat del regulador de càrrega:

Per escollir-lo cal trobar la tensió nominal, la intensitat nominal i la tensió màxima d'entrada que ha de suportar.

- La tensió nominal U_R ha de coincidir amb la tensió nominal del sistema d'acumulació U_n .
- La intensitat nominal I_R , és el valor de la intensitat de curtcircuit I_{Gsc} del generador FV en condicions CEM amb un factor de seguretat de 1,25.
- La tensió màxima d'entrada ha de ser superior a la tensió màxima de circuit obert del generador U_{Goc} a la temperatura més desfavorable de les cèl·lules del mòdul (-10°C).

Projecte de sistema FV autònom

Exemple casa rural dimensionat del regulador de càrrega:

La tensió nominal del regulador serà igual a la de les bateries de 24V.

La intensitat nominal del regulador I_R sabent que el generador té una $I_{Gsc}=37,2A$ en condicions CEM

$$I_R = 1,25 \cdot I_{Gsc} = 1,25 \cdot 37,2 = 46,5 \text{ A}$$

La tensió màxima d'entrada U_R que ha de suportar el regulador si $\beta=-158\text{mv}/^\circ\text{C}$ i que la $U_{Goc}=43V$:

$$U_R \geq U_{Goc(-10^\circ\text{C})} = U_{Goc} + \beta \cdot (T - 25) = 43 + (-0,158) \cdot (-10 - 25) = 48,53 \text{ V}$$

Projecte de sistema FV autònom

Dimensionat de l'inversor:

S'ha de determinar la tensió nominal d'entrada i la seva potència nominal.

- La tensió nominal d'entrada ha de coincidir amb la tensió nominal del sistema d'acumulació U_n .
- La potència nominal de l'inversor es calcula sumant totes les potències aparents dels receptors que funcionaran simultàniament. Si algun receptor necessita un corrent d'engegada l'inversor l'ha d'admetre durant el temps que duri.
- Normalment són de 230V 50Hz i per potències elevades o amb motors trifàsics 400V 50Hz.

Projecte de sistema FV autònom

Exemple casa rural dimensionat de l'inversor:

La tensió nominal d'entrada serà de $U_n=24V$ com la de les bateries.

La potència nominal s'obté de la potència màxima simultània de l'inventari fet prèviament. $S_n=894VA$. La nevera no es tenen dades, pel que es considera que duplica la seva potència en l'engegada del compressor i amb un temps de 0.5 segon. La potència de pic durant el 0,5 segon serà de:

$$P_{\text{màx}} = 894 + 110 = 1.004 \text{ VA.}$$

Amb aquestes dades s'escull un model Mic 1000 de 1000VA de potència continua i 2000VA de potència de pic en 0,5 segons amb un rendiment a la potència nominal del 90,4%

Projecte de sistema FV autònom

	Conergy Mic 350		Conergy Mic 700		Conergy Mic 1000		Conergy Mic 1500	
Tensión de entrada	12V	24V	12V	24V	12V	24V	12V	24V
Modelo 230V								
Tensión de salida ± 3%	230V	230V	230V	230V	230V	230V	230V	230V
Potencia continua hasta 40 °C	350VA	350VA	700VA	700VA	1.000VA	1.000VA	1.500VA	1.500VA
Potencia de pico (500 ms)	700VA	700VA	1.400VA	1.400VA	2.000VA	2.000VA	3.000VA	3.000VA
Grado de eficiencia con un 50% de potencia nominal	90%	91%	91,15%	93,20%	92,80%	93,35%	92,80%	93,50%
Grado de eficiencia con un 100% de potencia nominal	86,87%	89%	87,20%	89,20%	89,60%	90,40%	90,40%	93,50%
Consumo de potencia sin carga	9,5W	9,5W	13W	13W	13W	13W	13W	13W
Consumo de potencia en Standbay	sin función Standby		4,5W	4,5W	4,5W	4,5W	4,5W	4,5W
Datos generales								
Frecuencia de salida ± 0,05%	El aparato se puede ajustar a 50 ó 60 Hz							
Forma de tensión de salida	Onda senoidal pura con THD<2,5							
Factor de potencia (cos)	De –1 a +1							
Rango de tensión de entrada (mín-máx)	10,5-15V	21,0-30V	10,5-15V	21,0-30V	10,5-15V	21,0-30V	10,5-15V	21,0-30V
Corriente de entrada máx	45 A	25 A	90 A	45 A	130 A	85 A	200 A	100 A

Projecte de sistema FV autònom

	PR 1010	PR 1515	PR 2020	PR 3030
Funcionamiento				
Tensión del sistema	12V (24 V)			
Consumo propio	12 mA			
Datos de entrada CC				
Tensión de circuito abierto del módulo solar	< 47 V			
Corriente del módulo	10 A	15 A	20 A	30 A
Datos de salida CC				
Corriente de consumo	10 A	15 A	20 A	30 A
Tensión final de carga	líquido 13,9 V (27,8 V); gel 14,1 V (28,2 V)			
Tensión de carga reforzada	14,4 V (28,8 V)			
Carga de compensación	14,7 V (29,4 V)			
Tensión de reconexión (SOC/LVD)	> 50 % / 12,6 V (25,2 V)			
Protección contra descarga profunda (SOC/LVD)	< 30 % / 11,1 V (22,2 V)			
Condiciones de uso				
Temperatura ambiente	- 10 °C... +50 °C			
Equipamiento y diseño				
Terminal (cable/hilo)	16 mm² / 25 mm² – AWG 6/4			
Grado de protección	IP 32			
Dimensiones (X x Y x Z)	187 x 95 x 44 mm			
Peso	350 g			

Los datos técnicos a 25 °C / 77 °F

Datos técnicos a 25 °C / 77 °F

↑ **Tabla 3.1.** Ejemplo de características de reguladores de carga (Steca).

Projecte de sistema FV autònom

Dimensionat dels conductors del sistema FV:

La secció mínima dels conductors ha de complir els criteris de:

1. Escalfament del conductors a la intensitat màxima admissible no sobrepassi els límits del material d'aïllament
2. Màxima caiguda de tensió inferior als límits tolerats pel REBT

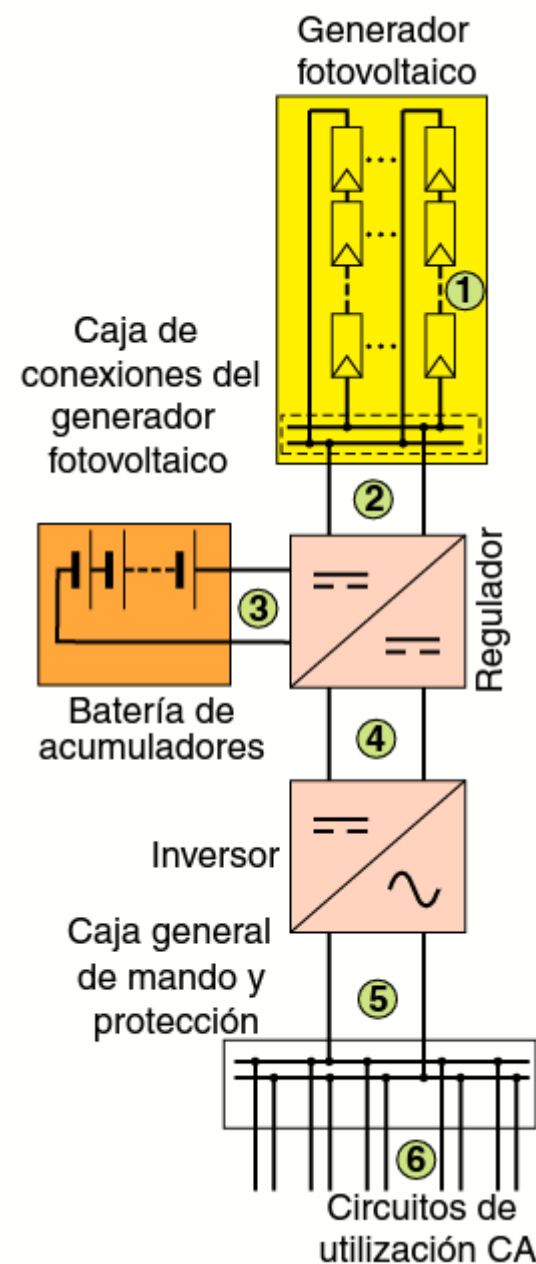
Projecte FV autònom

Dimensionat dels conductors del sistema FV:

En els trams de CA les tensions seran 230V o 400V i en els trams de CC la tensió s'agafa la tensió del sistema de bateries normalment 12V, 24V o 48V.

Els trams són:

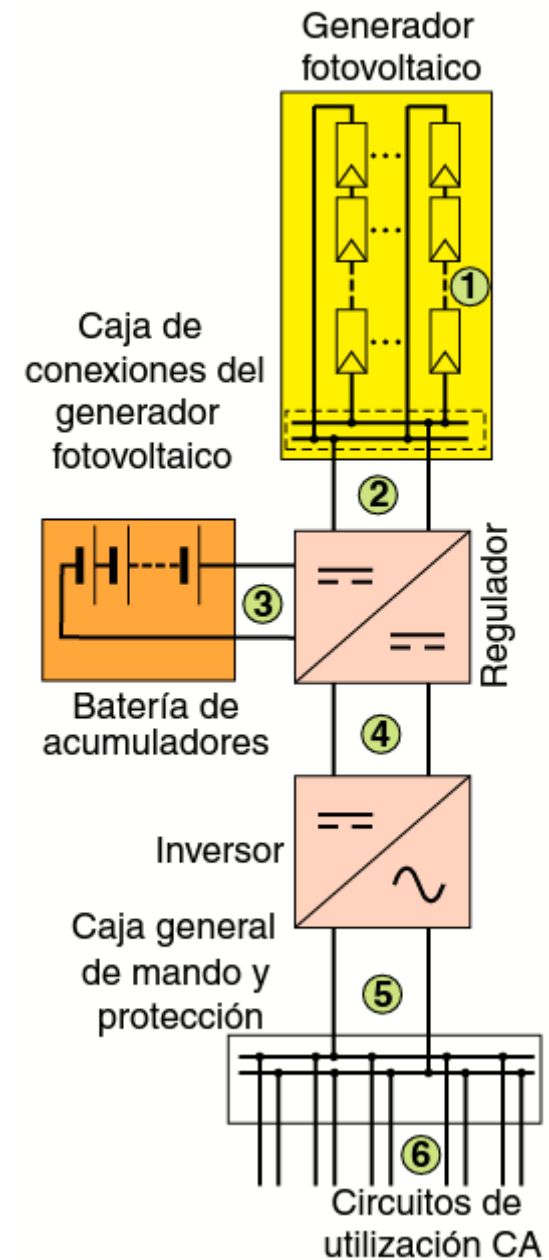
- El de connexió dels mòduls connectats en sèrie de cada cadena a la caixa de connexions del generador FV (1).
- El de connexió de la caixa de connexions del generador FV al regulador de càrrega (2).
- El de connexió del regulador de càrrega amb la bateria d'acumuladors (3).



Projecte FV autònom

Dimensionat dels conductors del sistema FV:

- El de connexió del regulador de càrrega amb l'inversor (4).
- El de connexió de l'inversor amb caixa General de mando i protecció de la Instal·lació (5).
- Circuits d'utilització (6). S'han d'aplicar les Instruccions del REBT per instal·lacions interiors en vivendes, locals, indústries. 3% màx cdt per circuits interiors en vivendes i per instal·lacions d'enllumenat i 5% per la resta d'usos.



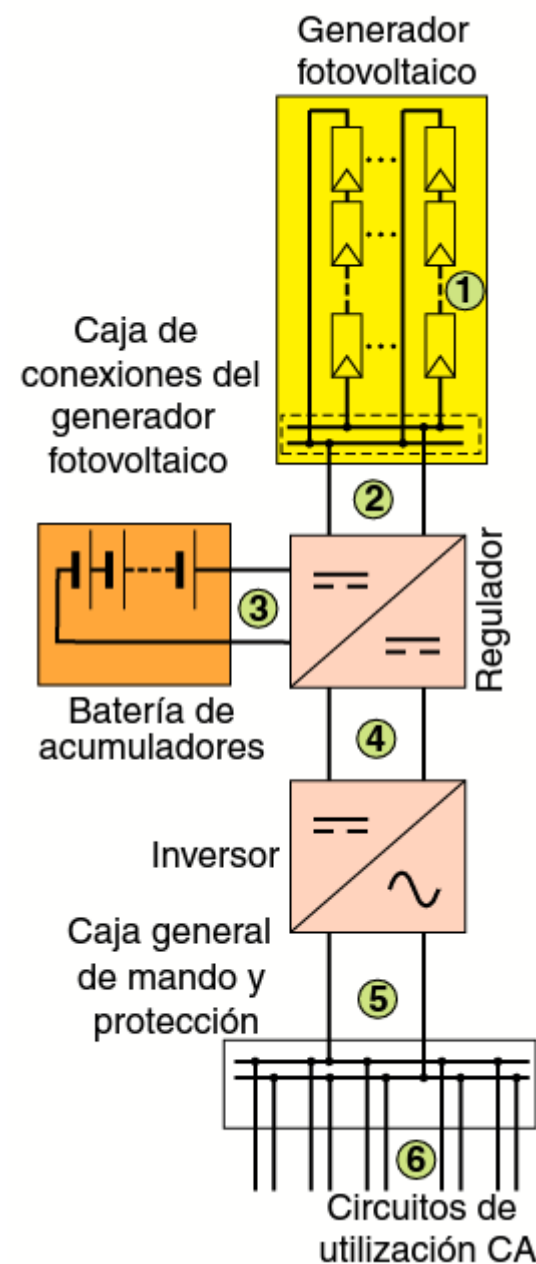
Projecte de sistema FV

Corrents:

Els corrents a considerar en cada tram són:

- (1) la intensitat de curtcircuit d'un mòdul en condicions CEM. És de CC.
- En (2) i (3) la intensitat de curtcircuit del generador FV en condicions CEM. És de CC.
- En (4) el corrent d'entrada de l'inversor per a la seva potència nominal i tensió nominal del sistema d'acumulació. És de CC.
- En (5) el corrent de sortida de l'inversor per a la seva potència nominal i tensió nominal del sistema d'acumulació. És de CA.

En tots aquests trams 1-5 s'ha de multiplicar per 1,25 segons la ITC BT 40 sobre instal·lacions generadores de baixa tensió.



Projecte de sistema FV autònom

Màxima caiguda de tensió permesa:

És d'aplicació la instrucció ITC BT40 que es refereix a les instal·lacions generadores de baixa tensió que diu:

<los cables de conexión deberán estar dimensionados para una intensidad no Inferior al 125% de la máxima intensidad del generador i la caída de tensión entre el generador y el punto de interconexión a la Red de Distribución Pública o a la instalación interior, no será superior 1,5% para la tensión nominal>.

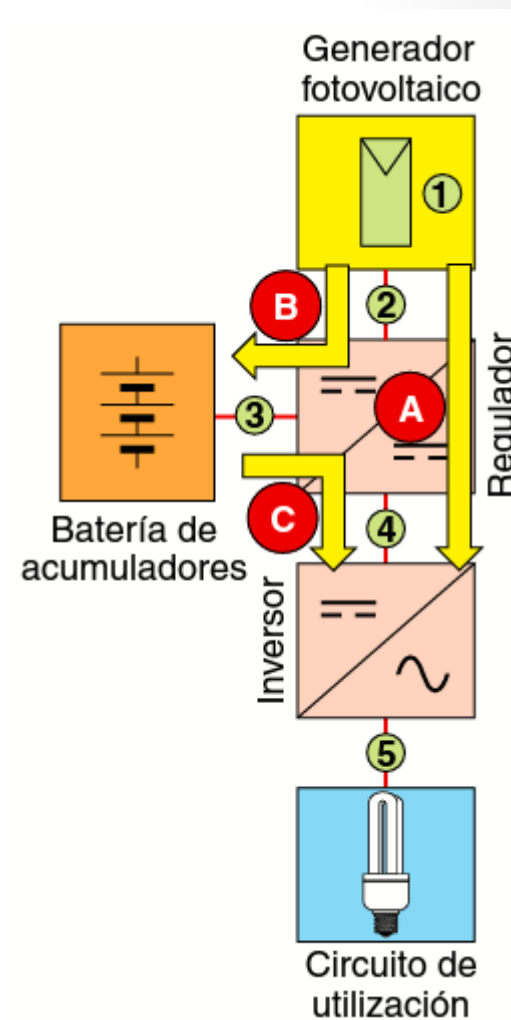
Entre el generador FV fins la caixa general de mando i protecció de la instal·lació, que correspon als trams de 1 al 5, la caiguda de tensió no serà superior al 1,5%, i s'haurà de repartir entre la instal·lació de CC i la de CA.

Projecte de sistema FV autònom

Màxima caiguda de tensió permesa:

Quan hi ha sol, el corrent circula pels trajectes A i B i en les altres el corrent circula per la trajectòria C. Tenint en compte que el tram 3 sempre és més petit que els 1 i 2, la trajectòria més desfavorable a tenir en compte per repartir la cdt és la trajectòria A composta pels trams 1,2,4 i 5. El tram 3 tindrà la mateixa cdt que la suma de les cdt dels trams 1 i 2 per complir en hores de poc sol.

Un criteri per repartir la cdt és assignar el tant per cent més gran a la zona de tensió nominal més baixa i per tant amb més corrent, fent-ho proporcionalment a les longituds i deixar la resta per la zona de tensió nominal més gran.



Projecte de sistema FV autònom

Mètodes d'instal·lació:

La norma UNE 20460-5-523 reflexa i agrupa els diferents mètodes d'instal·lació segons el nombre de conductors i la seva situació.

En (1) s'utilitza cable a l'aire sobre superfície o en safata perforada: mètode E o canal amb tapa B1.

En (2) s'utilitza cable a l'aire sobre superfície o en safata perforada: mètode E o cable en interior de tub o canal tancada: mètode B1, amb el generador sobre teulat o paret. Si el generador FV està situat en superfície aquest tram serà amb conducte enterrat: mètode D.

Projecte de sistema FV autònom

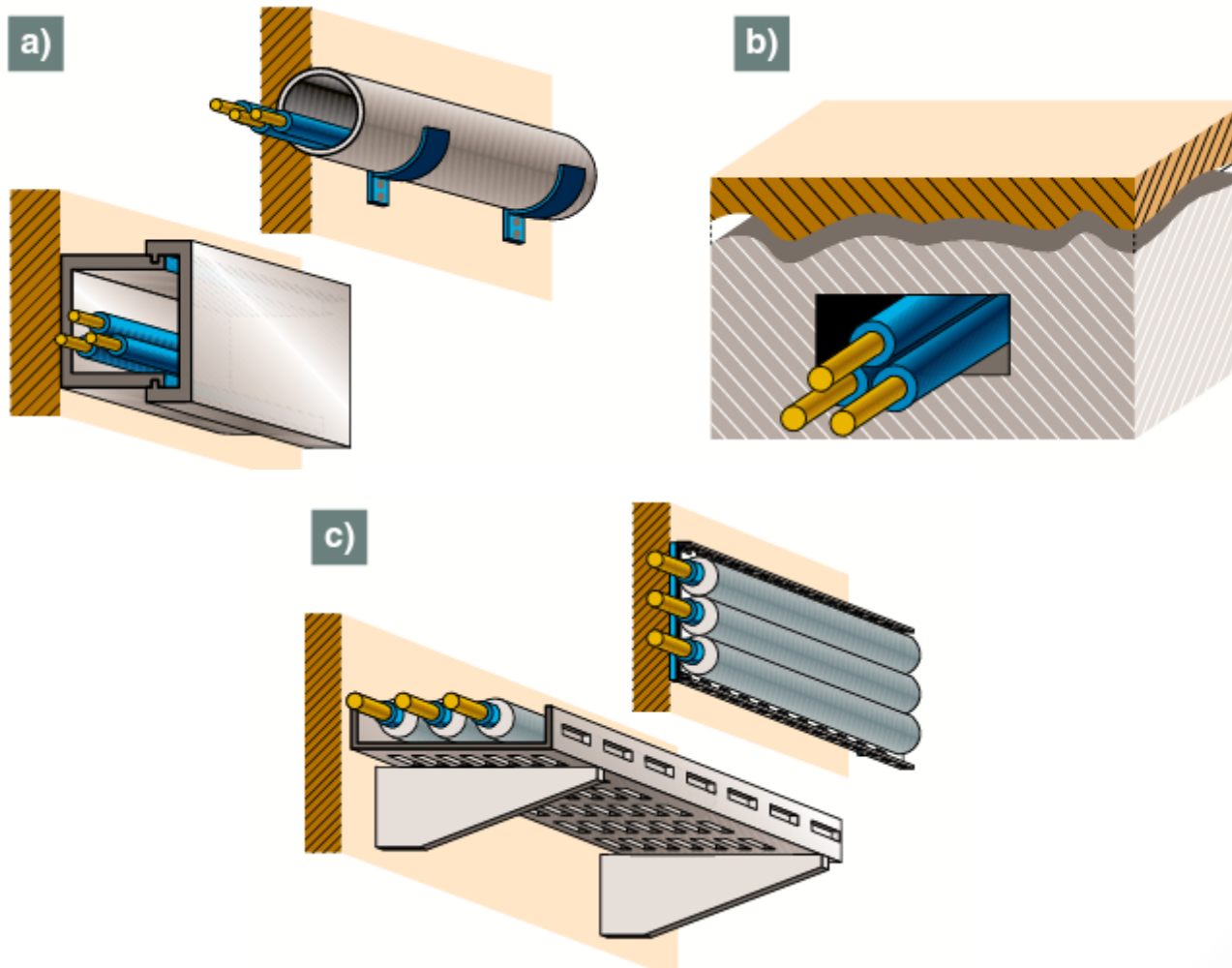
Mètodes d'instal·lació:

La norma UNE 20460-5-523 reflexa i agrupa els diferents mètodes d'instal·lació segons el nombre de conductors i la seva situació.

En (3,4 i 5) Connexionat entre regulador de càrrega, bateria d'acumuladors, inversor i caixa general de mando i protecció de la instal·lació d'utilització, com que normalment estan a l'interior del local i per tant es fan servir cable en l'interior de tub o canal tancada (mètode B1).

Projecte de sistema FV autònom

Mètodes d'instal·lació:



Projecte de sistema FV autònom

Tipus de cable:

S'utilitzen cables amb conductors flexibles, amb aïllament i coberta de materials no propagadors d'incendi, separant dues zones de la instal·lació, la connexió dels mòduls FV al de càrrega i la connexió d'aquest amb la resta del sistema FV.

- En els trams de cc 1 i 2 s'utilitzen cables resistents a la intempèrie, radiació directa del sol. Cables preparats per suportar permanentment 90°C i aguantar entre -40 i 120°C.
- En els trams de CC 3 i 4 i en el tram de CA 5 s'utilitzen cables normals d'instal·lacions, aïllats amb material termoestable: de polietilè reticulat XLPE i coberta de poliolefina RZ1-K(AS) i cables d'aïllament d'etilè –propilè (EPR) i coberta de poliolefina DZ1-K(AS).

Projecte de sistema FV autònom

Càlcul per caiguda de tensió:

	En función de P	En función de I y $\cos \varphi$
Monofásica y c.c. ⁽¹⁾	[12] $S = \frac{200 \cdot l \cdot P}{\Delta U_{\%} \cdot U^2 \cdot \gamma_{\theta}}$	[14] $S = \frac{200 \cdot l \cdot I \cdot \cos \varphi}{\Delta U_{\%} \cdot U \cdot \gamma_{\theta}}$
Trifásica	[13] $S = \frac{100 \cdot l \cdot P}{\Delta U_{\%} \cdot U^2 \cdot \gamma_{\theta}}$	[15] $S = \frac{\sqrt{3} \cdot 100 \cdot l \cdot I \cdot \cos \varphi}{\Delta U_{\%} \cdot U \cdot \gamma_{\theta}}$
<p>S: sección del conductor (mm^2).</p> <p>γ_{θ}: conductividad del conductor a la temperatura de servicio θ prevista ($\text{s} \cdot \text{m}/\text{mm}^2$)⁽²⁾.</p> <p>$l$: longitud de la línea (m).</p> <p>$\Delta U_{\%}$: caída de tensión máxima permitida en porcentaje de la tensión de la línea (V).</p> <p>P: potencia activa transportada por la línea (W).</p> <p>U: tensión de la línea (400 V en trifásica, 230 V en monofásica y 12 ó 24 V en c.c.) (V).</p> <p>I: intensidad prevista en la línea (A).</p> <p>$\cos \varphi$: factor de potencia de la carga al final de la línea.</p>		
<p>(1) En los circuitos de c.c. se utilizan las fórmulas de monofásica sin el término $\cos \varphi$.</p> <p>(2) La conductividad del conductor se debe a tomar a la temperatura de servicio del cable que, para el caso habitual de aislamiento termoestable, a 90 °C es $\gamma_{90} = 45 \text{ s} \cdot \text{m}/\text{mm}^2$.</p>		

Projecte de sistema FV autònom

Càlcul per escalfament:

S'utilitza la dada d'intensitat de cada tram multiplicat per 1,25.

S'han d'aplicar factors de correcció a la intensitat si:

- La temperatura ambient és diferent de 40°C en els trams a l'aire o 25°C en els trams soterrats. En els trams 1 i 2 si estan a l'aire s'ha de considerar una temp. ambient de 50°C i aplicar un factor de correcció de 0,89.
- Hi ha més d'un circuit en la mateixa canalització. En el tram 1 s'ha de considerar l'agrupament de varis circuits i aplicar també un factor de correcció.
- La línia està exposada a la radiació solar, factor de correc. 0,9.

Amb la intensitat corregida es determina la secció agafant la taula d'intensitats.

Projecte de sistema FV autònom

Taula segons escalfament:

UNE 20460-5-523:2004. INTENSIDADES ADMISIBLES EN AMPERIOS. TEMPERATURA AMBIENTE 40 °C EN EL AIRE													
Método de instalación		Número de conductores cargados y tipo de aislamiento											
Ver tabla 4.7	A1		PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2						
	A2	PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2							
	B1				PVC3	PVC2		XLPE3		XLPE2			
	B2			PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2					
	C					PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2		
	E						PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2	
	F							PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2
Columna 1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Sección (mm²)													
Cobre	1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	16,5	19	20	21	24	
	2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	23	26	26,5	29	33	
	4	20	21	23	24	27	30	31	34	36	38	45	
	6	25	27	30	32	36	37	40	44	46	49	57	
	10	34	37	40	44	50	52	54	60	65	68	76	
	16	45	49	54	59	66	70	73	81	87	91	105	
	25	59	64	70	77	84	88	95	103	110	116	123	140
	35	—	77	86	96	104	110	119	127	137	144	154	174
	50	—	94	103	117	125	133	145	155	167	175	188	210
	70	—	—	—	149	160	171	185	199	214	224	244	269
	95	—	—	—	180	194	207	224	241	259	271	296	327
	120	—	—	—	208	225	240	260	280	301	314	348	380
	150	—	—	—	236	260	278	299	322	343	363	404	438
	185	—	—	—	268	297	317	341	368	391	415	464	500
	240	—	—	—	315	350	374	401	435	468	490	552	590

Projecte de sistema FV autònom

Taula segons escalfament:

UNE 20460-5-523:2004. INTENSIDADES ADMISIBLES EN AMPERIOS. TEMPERATURA AMBIENTE 25 °C EN EL TERRENO									
Método de instalación	Sección (mm²)	Número de conductores de cobre cargados y tipo de aislamiento				Número de conductores de aluminio cargados y tipo de aislamiento			
		PVC2	PVC3	XLPE2	XLPE3	PVC2	PVC3	XLPE2	XLPE3
D	1,5	20,5	17	24,5	21				
	2,5	27,5	22,5	32,5	27,5	20,5	17	24,5	21
	4	36	29	42	35	27,5	22,5	32,5	27,5
	6	44	37	53	44	34	28	40	34
	10	59	49	70	58	45	38	53	45
	16	76	63	91	75	58	49	70	58
	25	98	81	116	96	76	62	89	74
	35	118	97	140	117	91	76	107	90
	50	140	115	166	138	107	89	126	107
	70	173	143	204	170	133	111	156	132
	95	205	170	241	202	157	131	185	157
	120	233	192	275	230	179	149	211	178
	150	264	218	311	260	202	169	239	201
	185	296	245	348	291	228	190	267	226
	240	342	282	402	336	263	218	309	261
	300	387	319	455	380	297	247	349	295

Projecte de sistema FV autònom

Dimensionat dels conductors del sistema FV:

Método de Instalación	Descripción
A1	Conductores aislados en un conducto en una pared térmicamente aislante
A2	Cable multiconductor en un conducto en una pared térmicamente aislante
B1	Conductores aislados en un conducto sobre una pared de madera
B2	Cable multiconductor en un conducto sobre una pared de madera
C	Cable mono o multiconductor fijado sobre una pared de madera
D	Cable multiconductor en conductos enterrados
E	Cable monoconductor al aire libre
F	Cable multiconductor al aire libre
G	Conductores desnudos o aislados sobre aisladores

FACTORES DE CORRECCIÓN PARA TEMPERATURA AMBIENTE DIFERENTES DE 40 °C A APLICAR A LOS VALORES DE LAS INTENSIDADES ADMISIBLES PARA CABLES AL AIRE															
Aislamiento	Temperatura ambiente (°C)														
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
PVC (Termoplástico)	1,41	1,35	1,29	1,22	1,15	1,08	1,00	0,91	0,82	0,71	0,58	–	–	–	–
XLPE, EPR (Termoestable)	1,26	1,22	1,18	1,14	1,10	1,05	1,00	0,95	0,89	0,84	0,77	0,71	0,63	0,55	0,45

Projecte de sistema FV autònom

Dimensionat dels conductors del sistema FV:

FACTORES DE CORRECCIÓN POR AGRUPAMIENTO DE VARIOS CIRCUITOS O DE VARIOS CABLES MULTICONDUCTORES A APLICAR A LOS VALORES DE LAS INTENSIDADES ADMISIBLES										
Punto	Disposición de los cables	Número de circuitos o de cables multiconductores								
		1	2	3	4	6	9	12	16	20
1	Agrupados sobre una superficie al aire, empotrados o embutidos (dentro de un mismo tubo, canal o conducto)	1,00	0,80	0,70	0,70	0,55	0,50	0,45	0,40	0,40
2	Capa única sobre pared, suelo o bandejas sin perforar	1,00	0,85	0,80	0,75	0,70	0,70	–	–	–
3	Capa única fijada bajo techo	0,95	0,80	0,70	0,70	0,65	0,60	–	–	–
4	Capa única sobre bandeja perforada horizontal o vertical	1,00	0,90	0,80	0,75	0,75	0,70	–	–	–
5	Capa única sobre escaleras de cable, abrazaderas, etc.	1,00	0,85	0,80	0,80	0,80	0,80	–	–	–

NOTAS:

- Estos factores son aplicables a grupos homogéneos de cables, cargados por igual.
- Cuando la distancia horizontal entre cables adyacentes, es superior al doble de su diámetro exterior, no es necesario factor de corrección alguno.
- Los mismos factores se aplican a:
 - grupos de dos o tres cables unipolares;
 - cables multiconductores.
- Si un agrupamiento se compone de cables de dos o tres conductores, se toma el número total de cables como el número de circuitos, y se aplica el factor de corrección a las tablas de dos conductores cargados para los cables de dos conductores y a las tablas de tres conductores cargados para los cables de tres conductores.
- Si un agrupamiento se compone de n conductores unipolares cargados, también pueden considerarse como n/2 circuitos de dos conductores cargados o n/3 circuitos de tres conductores cargados.

Projecte de sistema FV autònom

Exemple casa rural, recopilació de dades:

Potències o intensitats i longituds:

- (1) connexió dels mòduls: $I_{sc}=4.65A$, $I_1=4.65 \times 1.25=5.8A$ $L_1=2m$
- (2) connexió del genFV al regulador: $I_{Gsc}= 37.2A$,
 $I_2=37.2 \times 1.25=46.5A$ $L_2=2.5m$
- (3) connexió del regulador a la bateria: $I_{Gsc}= 37.2A$,
 $I_3=37.2 \times 1.25=46.5A$ $L_3=1m$
- (4) Connexió del regulador a l'inversor: $P_n=1000VA$ $\eta_n=90,4\%$ i
 $U_n=24V_{cc}$

$$I_{inv\ cc} = \frac{P_{n\ inv}}{\eta_n \cdot U_n} = \frac{1.000}{0,904 \cdot 24} = 46,1\ A$$

I aplicant 1.25 $I_5=1.25 \times 46.1=57.6A$ $L_4=0.5m$.

- (5) connexió de l'inversor amb la CGMP: $P_n=1000VA$ i $U_n=230V\ CA$

$$I_{inv\ ca} = \frac{P_{n\ inv}}{U_{n\ ca}} = \frac{1.000}{230} = 4,35\ A$$

$I_5=1.25 \times 4.35=5.4A$ $L_5=0.5m$

Projecte de sistema FV autònom

Exemple casa rural:

-màxima cdt permesa:

Es reparteix 1,5% cdt entre 1,2,4 i 5. A 3 se li assigna el mateix que 1 i 2

Longitud traj. més desfavorable $L_t=5,5\text{m}$

Cdt per unitat de longitud

$$\Delta U_u = \frac{\Delta U_{\%}}{l_t} = \frac{1,5}{5,5} = 0,272 \text{ \%/m}$$

Repartiment:

Tramo de línea 1: $\Delta U_{\%1} = \Delta U_u \cdot l_1 = 0,272 \cdot 2 = 0,54 \text{ \%}$

Tramo de línea 2: $\Delta U_{\%2} = \Delta U_u \cdot l_2 = 0,272 \cdot 2,5 = 0,68 \text{ \%}$

Tramo de línea 3: $\Delta U_{\%3} = \Delta U_{\%1} + \Delta U_{\%2} = 0,54 + 0,68 = 1,22 \text{ \%}$

Tramo de línea 4: $\Delta U_{\%4} = \Delta U_u \cdot l_4 = 0,272 \cdot 0,5 = 0,136 \approx 0,14 \text{ \%}$

Tramo de línea 5: $\Delta U_{\%5} = \Delta U_u \cdot l_5 = 0,272 \cdot 0,5 = 0,136 \approx 0,14 \text{ \%}$

Comprovació de la cdt de la trajectòria més desfavorable:

$\Delta U_{\%} = \Delta U_{\%1} + \Delta U_{\%2} + \Delta U_{\%4} + \Delta U_{\%5} = 0,54\% + 0,68\% + 0,14\% + 0,14\% = 1,5\%$.

Projecte de sistema FV autònom

Exemple casa rural:

Mètode d'instal·lació:

- En (1) canal tancada, en (2) tub metàl·lic flexible, en 3, 4 i 5 canal tancada. Tots són instal·lació B1.

Tipus de cable:

- En tots els trams cables amb aïllament termoestable per $T_a=90^{\circ}\text{C}$

En 1 i 2 cable Exzhellent-solar ZZ-F(AS) de General Cable. En 3,4 i 5 cable RZ1-K(AS).

Projecte de sistema FV autònom

Exemple casa rural:

- Càlcul per caiguda de tensió.

$$\text{Tramo de línia 1: } S_1 = \frac{200 \cdot l_1 \cdot I_1}{\Delta U_{\%1} \cdot U \cdot \gamma_{\theta}} = \frac{200 \cdot 2 \cdot 5,8}{0,54 \cdot 24 \cdot 45} = 3,97 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tramo de línia 2: } S_2 = \frac{200 \cdot l_2 \cdot I_2}{\Delta U_{\%2} \cdot U \cdot \gamma_{\theta}} = \frac{200 \cdot 2,5 \cdot 46,5}{0,68 \cdot 24 \cdot 45} = 31,66 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tramo de línia 3: } S_3 = \frac{200 \cdot l_3 \cdot I_3}{\Delta U_{\%3} \cdot U \cdot \gamma_{\theta}} = \frac{200 \cdot 1 \cdot 46,5}{1,22 \cdot 24 \cdot 45} = 7,05 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tramo de línia 4: } S_4 = \frac{200 \cdot l_4 \cdot I_4}{\Delta U_{\%4} \cdot U \cdot \gamma_{\theta}} = \frac{200 \cdot 0,5 \cdot 57,6}{0,14 \cdot 24 \cdot 45} = 38,09 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tramo de línia 5: } S_5 = \frac{200 \cdot l_5 \cdot I_5}{\Delta U_{\%5} \cdot U \cdot \gamma_{\theta}} = \frac{200 \cdot 0,5 \cdot 5,4}{0,14 \cdot 230 \cdot 45} = 0,37 \text{ mm}^2$$

Projecte de sistema FV autònom

Exemple casa rural:

- Càlcul per escalfament:

Les intensitats de cada tram amb el coeficient 1,25

$$I_1 = 5,8 \text{ A}; I_2 = 46,5 \text{ A}; I_3 = 46,5 \text{ A}; I_4 = 57,6 \text{ A}; I_5 = 5,4 \text{ A};$$

Factors de correcció:

En els trams 1 i 2 la T_a pot ser de 50°C segons la taula s'aplica un factor de correcció de 0.89 a les intensitats I_1 i I_2 .

En el tram 1 hi ha 8 circuits dins el mateix conducte. Segons la taula punt 1 el factor de correcció 0,5.

Els tram 1 i 2 no queden exposats a radiació solar, per tant cap correcció.

Projecte de sistema FV autònom

Exemple casa rural:

Calculem 1 i 2 aplicant els seus factors de correcció

$$\text{Tramo de línea 1: } I_1 = \frac{5,8}{0,5 \cdot 0,89} = 13,03 \text{ A}$$

$$\text{Tramo de línea 2: } I_2 = \frac{46,5}{0,89} = 52,24 \text{ A}$$

Amb les intensitats de cada tram corregides, amb B1 i essent tots els circuits bipolars amb cables de coure i aïllament termoestable XLPE2, en la taula columna 10 les seccions :

$$I_1 = 13,03 \text{ A} \rightarrow S_1 = 1,5 \text{ mm}^2$$

$$I_2 = 52,24 \text{ A} \rightarrow S_2 = 10 \text{ mm}^2$$

$$I_3 = 46,5 \text{ A} \rightarrow S_3 = 10 \text{ mm}^2$$

$$I_4 = 57,6 \text{ A} \rightarrow S_4 = 10 \text{ mm}^2$$

$$I_5 = 5,4 \text{ A} \rightarrow S_5 = 1,5 \text{ mm}^2$$

Projecte de sistema FV autònom

Exemple casa rural:

Els resultats de les seccions calculades pels dos mètodes, cdt i escalfament es comparen i s'escull la més gran:

Sección del tramo de línea	Por caída de tensión	Por calentamiento	Sección comercial elegida
S_1	3,97 mm ²	1,5 mm ²	4 mm²
S_2	31,66 mm ²	10 mm ²	35 mm²
S_3	7,05 mm ²	10 mm ²	10 mm²
S_4	38,09 mm ²	10 mm ²	50 mm²
S_5	0,37 mm ²	1,5 mm ²	2,5 mm² (*)

Projecte de sistema FV autònom

Aparells de maniobra i protecció d'un sistema FV:

S'han de tenir en compte les diferències del sistema FV autònom d'una instal·lació convencional:

- El generador FV es comporta com un generador sempre que hi ha llum solar.
- El corrent produït pel generador FV està autolimitat.
- Hi ha dues fonts de tensió, el generador FV i la bateria d'acumuladors.

A més el corrent produït és CC, això fa que els dispositius de protecció han de ser especials. Si es produeix un curtcircuit no apareixen corrents massa elevades per disparar les proteccions habituals, i els diferencials clàssics només funcionen en CA.

Projecte de sistema FV autònom

Aparells de maniobra i protecció d'un sistema FV:

Per protegir els sistemes FV s'hauran de fer contra sobreintensitats i sobretensions a més de tenir en compte l'aïllament dels elements i materials i la seva posada a terra.

Protecció contra sobreintensitats:

En el cablejat dels mòduls en paral·lel del generador FV el corrent està limitat a I_{sc} d'un mòdul, i el cable del generador FV al regulador està limitat a la I_{Gsc} , i com que ja estan dimensionats per suportar aquests corrents, no cal incorporar-hi proteccions.

Tot i això dins del generador FV si hi ha més de tres mòduls es poden produir corrents inverses, en aquelles branques o mòduls que per algun motiu disminueixi la U_{oc} respecte el generador. S'han de col·locar díodes de bloqueig, o proteccions com fusibles o interruptors magnetotèrmics.

Projecte de sistema FV autònom

Protecció contra sobreintensitats:

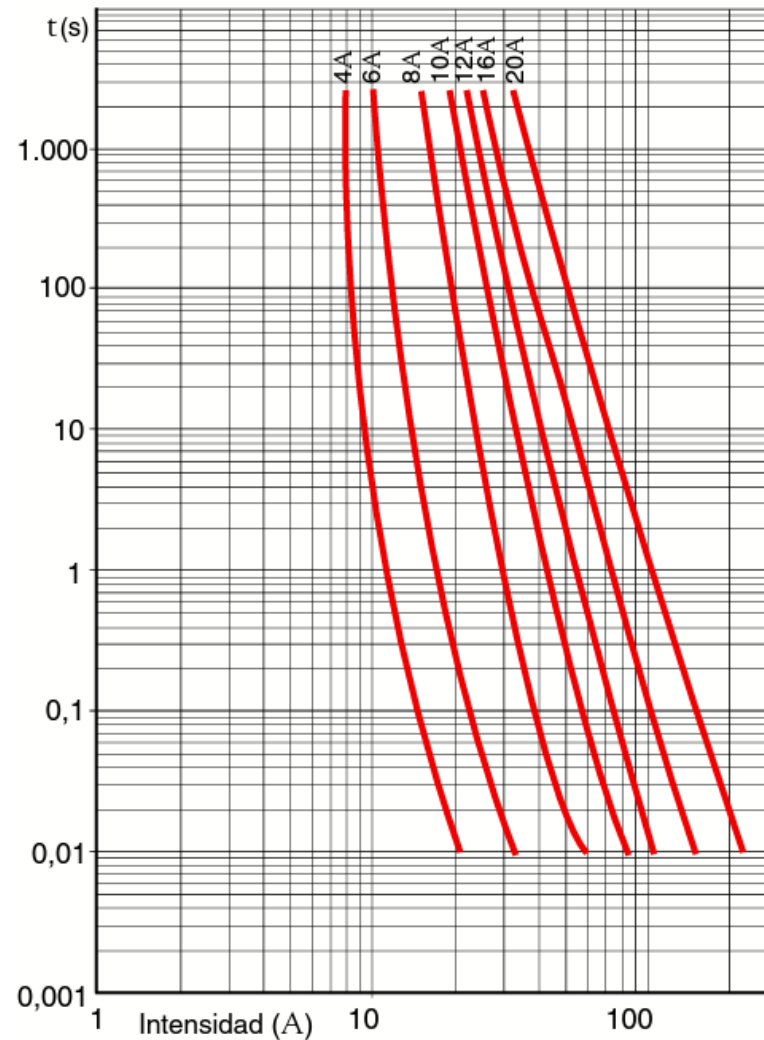
Díodes de bloqueig: Es dimensionen per suportar 2 cops el corrent I_{sc} i la tensió U_{Goc} en condicions CEM. L'inconvenient és que dissipen molta potència ($0,6 V_{cdt}$). Utilitzats quan l'accés als mòduls és difícil o el generador FV està molt exposat a ombrejats parcials.

Fusibles: Es dimensionen per actuar entre 1,5 i 2 vegades el corrent I_{sc} i 1,2 cops la tensió U_{Goc} en condicions CEM. Tipus gR (semiconductors). Dissipen molt poca potència ($0,2V_{cdt}$).

Interruptors magnetotèrmics: Per CC, es dimensionen per actuar a 1,5 cops el corrent I_{sc} i la seva tensió de servei ha de ser com a mínim 1,2 cops la U_{Goc} en condicions CEM. Corba de dispar Z (zona magnètica a $2-3 I_n$)

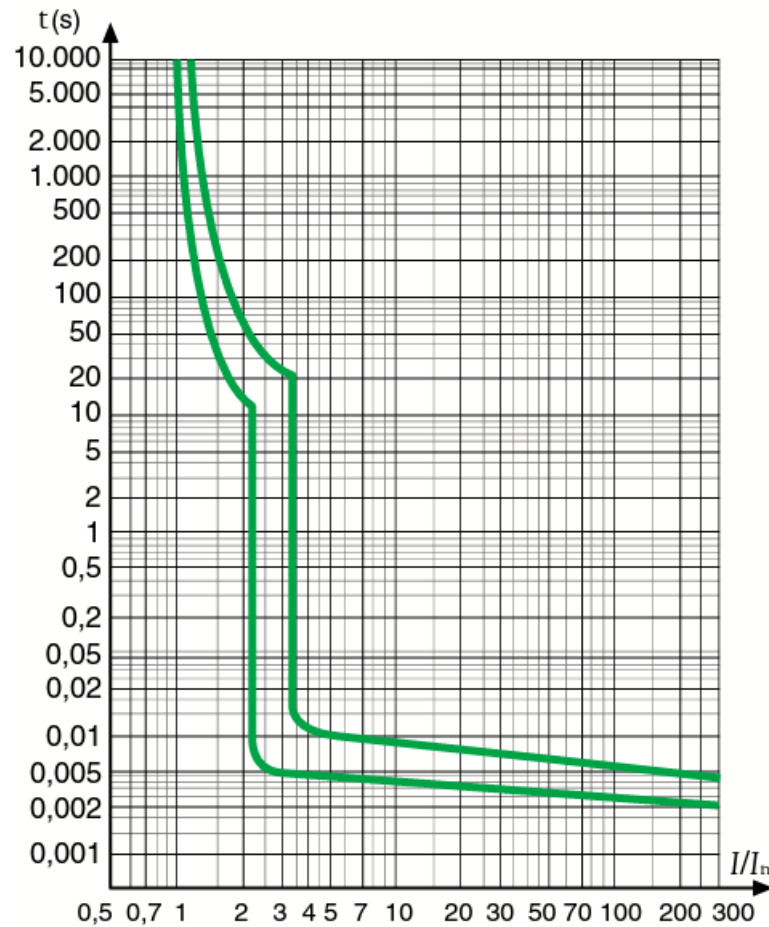
Projecte de sistema FV autònom

Proteccions sistema FV, fusibles:



Projecte de sistema FV autònom

Proteccions sistema FV, interruptor magnetotèrmic

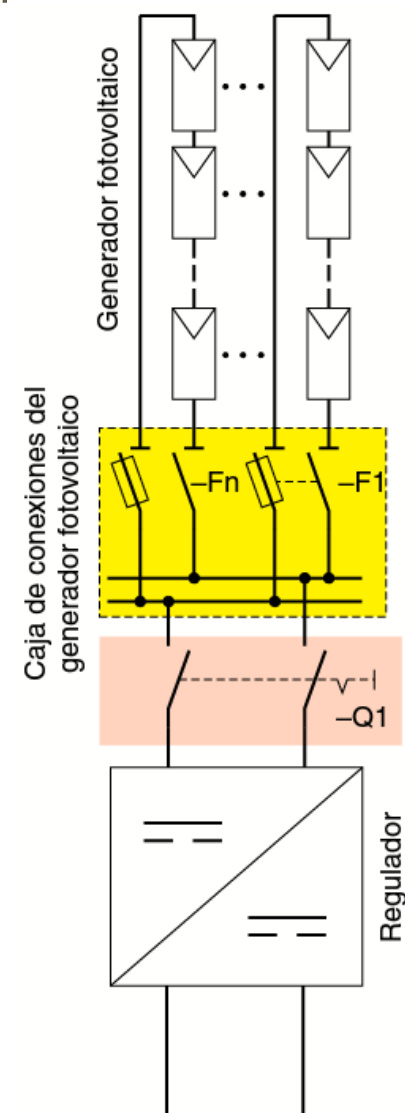


Projecte de sistema FV autònom

Protecció contra sobreintensitats:

A més les branques en paral·lel del generador i el mateix generador FV han de tenir un dispositiu de maniobra per desconnectar-lo del resta de la instal·lació.

Interrupctor general del generador FV: ha d'estar preparat per obrir i tancar el circuit en condicions generals de servei. Ha de suportar la I_{Gsc} i la tensió U_{Goc} en condicions CEM. Interruptor Q1 situat junt el regulador, permet desconnectar els mòduls prèviament per quan es vol desconnectar la bateria.

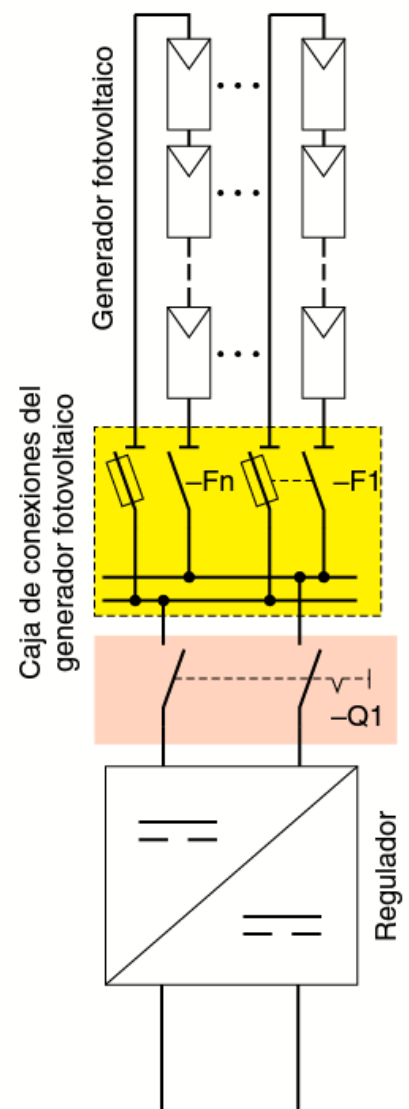


Projecte de sistema FV autònom

Protecció contra sobreintensitats:

El sistema de desconnexió de les branques del generador es situat en el principi de cada branca en paral·lel, podent ser:

- Bases fusibles seccionables: doble funció de protecció i de desconnexió. Seran bipolars amb un sol fusible. És seccionador!.
- Interruptors magnetotèrmics bipolars: doble funció de protecció i desconnexió en càrrega. Més car però el fusible s'havia de canviar.



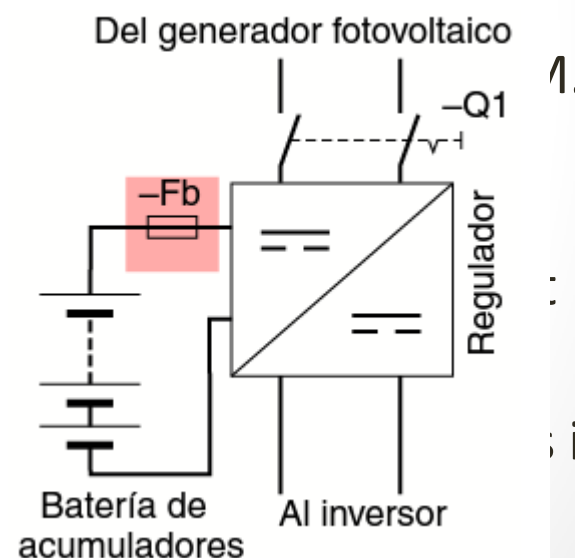
Projecte de sistema FV autònom

Protecció contra sobreintensitats:

En la bateria sí que poden aparèixer corrents molt elevades en cas de curtcircuit. Els conductors són curts i de molta secció i la bateria té una resistència interna baixa, per tant el corrent estarà limitat només per aquestes resistències.

Fusibles: és la millor solució davant corrents elevades. El calibre ha de ser 1,5 i 2 cops el corrent nominal. Un sol fusible de corba tipus gG al condutor d'entrada a la base portafusibles, per poder-lo extreure i desconnectar els mòduls FV de l'entrada a l'inversor cap a la bateria.

Interruptors magnetotèrmics: Per CC, igual que per CA, cal un interruptor magnetotèrmic de corba tipus B. Però han de tenir un poder de ruptura adequat.

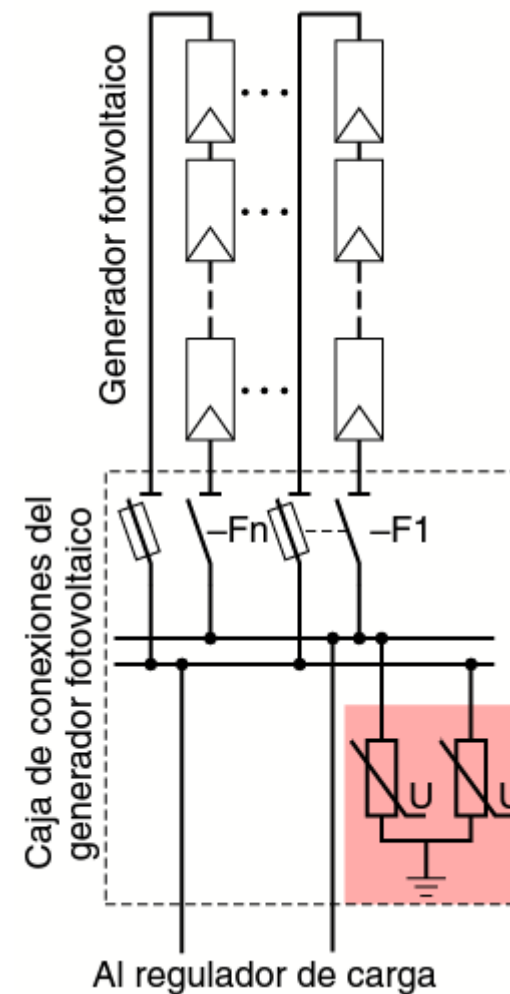


Projecte de sistema FV autònom

Protecció contra sobretensions:

Poden aparèixer sobretensions en el generador FV per descàrregues atmosfèriques. Es col·loquen proteccions entre el positiu-negatiu i la presa de terra, en la caixa de connexions del generador FV.

Si la distància del generador al regulador és més de 10 metres també se'n posen a l'entrada del regulador.



Projecte de sistema FV autònom

Aïllament i presa de terra:

Els mòduls del generador i els materials usats en la instal·lació elèctrica han de tenir aïllament classe II (doble aïllament). Els marcs metàl·lics i l'estructura de suport del generador FV estaran connectats al terra amb cable de cu de secció mínima de 16mm².

El generador FV treballa aïllat del terra en funcionament flotant. Si hi ha un defecte d'aïllament en un conductor no hi ha corrent a terra. Però davant un segon fallo d'aïllament pot haver-hi tensions de contacte perilloses en les masses. Per tensions de més de 24V hi ha d'haver un sistema de monitorització de l'aïllament dels dos pols del generador, que doni un senyal d'alarma en el primer fallo per intervenir abans que aparegui el segon.

Projecte de sistema FV autònom

Protecció de l'inversor i dels circuits d'utilització:

Són circuits de CA i les proteccions seran contra sobrecàrregues i curtcircuits amb interruptors magnetotèrmics i contra contactes directes i indirectes mitjançant interruptor diferencial. El corrent i la tensió de servei, es determinen en funció de la potència i la tensió nominal de l'inversor. El diferencial millor d'alta sensibilitat.

Projecte de sistema FV autònom

Exemple casa rural:

Protecció generador: Hi ha més de 3 mòduls en paral·lel, i la caixa de connexions és de fàcil accés. S'opta per posar base fusibles seccionables per protegir de corrents inverses en cada branca.

- Calibre fusibles: $I_F = 1,5 \cdot I_{sc} = 1,5 \cdot 4,65A = 6,975-9,3A$
- S'escull fusible 8A gR cilíndric.
- Tensió $U_F > 1,2 \cdot U_{Goc} = 1,2 \cdot 43V = 51,6V$

Interruptor general del generador FV: S'hi posarà un interruptor de:

- Intensitat nominal: $I_n > I_{Gsc} = 37,2A$
- Tensió nominal: $U_n > U_{Goc} = 43V$

Projecte de sistema FV autònom

Exemple casa rural:

Protecció de la bateria d'acumuladors: Una base portafusibles en el conductor positiu amb un fusible de:

- calibre $I_F = 1,5 \cdot 2 \times I_{Gsc} = 1,5 \cdot 2 \times 37,2A = 55,8 - 74,4A$
- s'escull fusible 63A gG cilíndric.
- tensió $U_F > 1,2 \cdot U_{Goc} = 1,2 \times 43V = 51,6V$

Protecció de l'inversor: Un interruptor magnetotèrmic bipolar i un diferencial bipolar de 30mA de sensibilitat i amb les característiques de sortida de l'inversor:

- intensitat nominal $I_n > I_{inv ca} = 4,35A$
- tensió nominal $U_n = 230V$

Projecte de sistema FV autònom

HERRAMIENTAS

- Ordenador
- Reglamento Electrotécnico para BT
- Catálogos técnicos

MATERIAL

- Papel

Proyecto de un sistema fotovoltaico para alimentar un repetidor de TV

OBJETIVO

Dimensionar el generador fotovoltaico y el sistema de acumulación para un sistema fotovoltaico autónomo.

DATOS DE PARTIDA

El sistema fotovoltaico objeto del proyecto es un generador fotovoltaico para un repetidor de televisión situado en Cáceres que tiene un consumo continuo de 30 W, las 24 horas del día, con una tensión nominal de 24 V. Se quiere dimensionar el generador fotovoltaico y el sistema de acumulación teniendo en cuenta que la instalación es una aplicación profesional que va provista de una batería de acumuladores sin mantenimiento con un regulador de carga que, en conjunto, tienen un rendimiento del 85 %.

DESARROLLO

1. Generador fotovoltaico

Se recopilan datos sobre el lugar de instalación. De la tabla 1.3, unidad 1, se obtiene que el mes de menor irradiación para Cáceres es diciembre, estableciéndose como periodo de diseño ese mes. De la misma tabla obtenemos el dato de la latitud de Cáceres, $\phi = 39,48^\circ$ y el valor medio mensual de la irradiación diaria sobre el plano horizontal para el periodo de diseño (diciembre) es $G_{dh}(0) = 1,63 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{día}$.

- La orientación del generador, al estar en el hemisferio norte, debe ser $\alpha = 0^\circ$.
- En la tabla 4.3, para el periodo de diseño, diciembre, obtenemos:
 - Inclinación óptima: $\beta_{opt} = \phi + 10 = 39,48 + 10 = 50^\circ$
 - Constante para el periodo de diseño: $K = 1,7$
- El generador va a tener inclinación óptima luego el factor de irradiación FI vale 1.
- En ausencia de sombras, el factor de sombreado FS también vale 1.
- Valor medio mensual de irradiación global diaria sobre la superficie del generador:

$$G_{dm}(\alpha, \beta) = G_{dh}(0) \cdot K \cdot FI \cdot FS = 1,63 \cdot 1,7 \cdot 1 \cdot 1 = 2,771 \text{ kWh/m}^2 = 2.771 \text{ Wh/m}^2$$
- La instalación es un sistema con batería de acumuladores y regulador luego el rendimiento energético de la instalación es $PR = 0,7$.
- Potencia mínima del generador fotovoltaico:
 - Consumo de energía diario del repetidor: $W_d = 30 \cdot 24 = 720 \text{ Wh}$
 - Potencia mínima del generador: $P_{Gmin} = \frac{W_d \cdot G_{CEM}}{G_{dm}(\alpha, \beta) \cdot PR} = \frac{720 \cdot 1.000}{2.771 \cdot 0,7} = 371,2 \text{ W}$
 - La potencia máxima del generador no sobrepasará el 20% del valor de P_{Gmin} calculado. En este caso:

$$P_{Gmin} \leq P_G \leq 1,2 \cdot P_{Gmin} \rightarrow 371,2 \text{ W} \leq P_G \leq 1,2 \cdot 371,2 = 445,44 \text{ W}$$
- Como la tensión del sistema de acumulación es 24 V habrá que elegir un módulo fotovoltaico con esta tensión nominal. En la tabla 1.5. (Recopilación de características técnicas de módulos fotovoltaicos de diferentes fabricantes) del apartado Mundo Técnico de la unidad 1, se selecciona un módulo de 72 células (24 V de tensión nomi-

Projecte de sistema FV autònom

nal), en este caso el módulo Siemens SM110/24 que tiene las siguientes características: $P_{m\acute{o}d} = 110 \text{ W}$; $U_{oc} = 43,5 \text{ V}$; $I_{sc} = 3,45 \text{ A}$; $U_{m\acute{o}d} = 35 \text{ V}$; $I_{m\acute{o}d} = 3,15 \text{ A}$; $\alpha = 0,04 \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$; $\beta = -0,34 \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$.

• Número de módulos a conectar para conseguir la potencia mínima prevista:

$$N_p \cdot N_s \geq \frac{P_{G \text{ min}}}{P_{m\acute{o}d}} = \frac{371,2}{110} = 3,37 \approx 4 \text{ módulos}$$

El generador tendrá cuatro ramas conectadas en paralelo ($N_p = 4$) con un único módulo por rama ($N_s = 1$) puesto que la tensión del generador es igual a la tensión de un módulo. Con estos datos, los parámetros del generador son:

- Potencia resultante del generador: $P_{G \text{ max}} = N_p \cdot P_{m\acute{o}d} = 4 \cdot 110 = 440 \text{ W}$
- Se comprueba que no sobrepasará el 20% del valor de $P_{G \text{ max}}$: $440 < 1,2 \cdot 371,2 = 445,44 \text{ W}$
- Tensión de circuito abierto del generador: $U_{G \text{ oc}} = N_s \cdot U_{oc} = 1 \cdot 43,5 = 43,5 \text{ V}$
- Intensidad de cortocircuito del generador: $I_{G \text{ sc}} = N_p \cdot I_{sc} = 4 \cdot 3,45 = 13,8 \text{ A}$
- Tensión máxima del generador: $U_{G \text{ mpp}} = N_s \cdot U_{m\acute{o}d} = 1 \cdot 35 = 35 \text{ V}$
- Intensidad máxima del módulo: $I_{m\acute{o}d} = 3,15 \text{ A}$
- Intensidad máxima del generador: $I_{G \text{ mpp}} = N_p \cdot I_{m\acute{o}d} = 4 \cdot 3,15 = 12,6 \text{ A}$

2. Sistema de acumulación

- Para la localidad de instalación según la tabla 4.4 el número de días de autonomía para una aplicación profesional es $A = 6$ días.
- El rendimiento del conjunto regulador y batería es $\eta_{tb} = 85 \text{ } \%$.
- Para la profundidad de descarga se toma el valor por defecto en aplicaciones profesionales $PD_{m\acute{o}d} = 50 \text{ } \%$.
- Se supone que no se dan condiciones de baja temperatura para tenerlas en consideración.

Se calcula primero el consumo medio diario en Ah: $Q_d = \frac{W_d}{U_n} = \frac{720}{24} = 30 \text{ Ah/día}$

La capacidad total de la batería de acumuladores para descarga en 20 horas es:

$$C_n = \frac{Q_d \cdot A}{PD_{m\acute{o}d} \cdot \eta_{tb}} = \frac{30 \cdot 6}{0,5 \cdot 0,85} = 423,5 \text{ Ah}$$

Comprobamos que cumple la condición $C_n < 25 \cdot I_{G \text{ sc}}$, sabiendo que $I_{G \text{ sc}} = 13,8 \text{ A}$:

$$C_n < 25 \cdot I_{G \text{ sc}} \rightarrow 423,5 < 25 \cdot 13,8 = 345 \text{ Ah}$$

Vemos que no se cumple. Para disminuir la probabilidad de pérdida de carga de la batería de acumuladores habría que sobredimensionar el generador fotovoltaico para ajustarse a la relación anterior instalando 5 módulos que proporcionarían:

$$I_{G \text{ sc}} = N_p \cdot I_{sc} = 5 \cdot 3,45 = 17,25 \text{ A}$$

Con esta corriente de cortocircuito de cumple la condición:

$$C_n < 25 \cdot I_{G \text{ sc}} \rightarrow 423,5 < 25 \cdot 17,25 = 431,25 \text{ Ah}$$

Dado el valor de capacidad total, la batería de acumuladores se tiene que formar conectando en serie elementos de 2 V para conseguir la tensión nominal U_n de 24 V. Por lo tanto el número de elementos a conectar en serie es:

$$N_{bs} = \frac{U_n}{U_b} = \frac{24}{2} = 12 \text{ elementos}$$

No es necesario agrupar ramas en paralelo.

Projecte de sistema FV autònom

