

**Digital Power Smart PV**

**Casos Ejemplo**



**HUAWEI**

# Contenido

---

- Corriente de fuga en Instalaciones FV
- ¿Es un módulo de mayor potencia la mejor solución para plantas Residenciales y tipo Comercial & Industrial?



# Corriente de fuga en Instalaciones FV

# Introducción

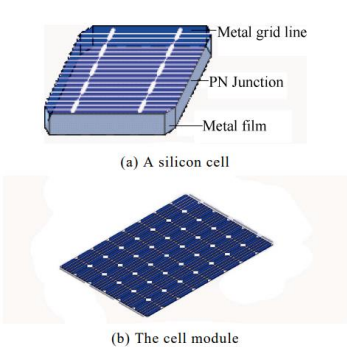


Fig.1 The electrode of the silicon cell

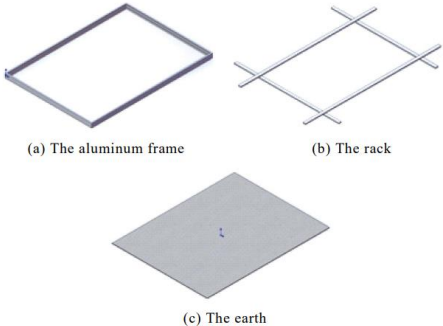
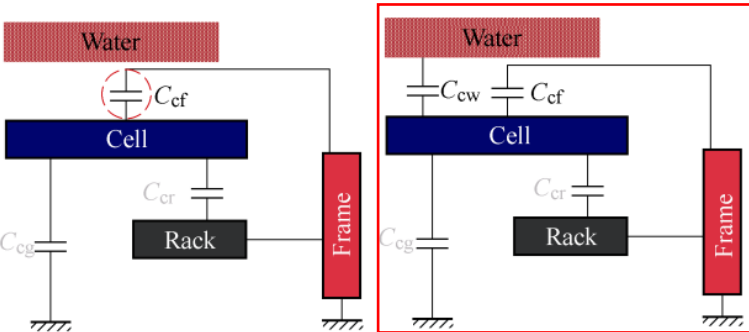
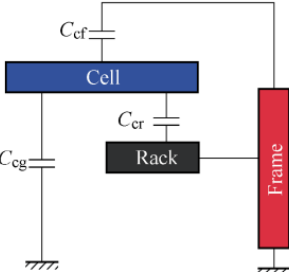
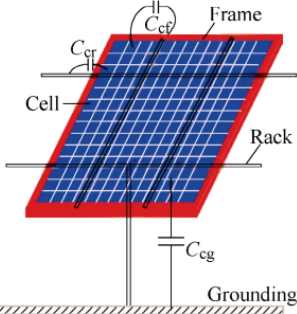
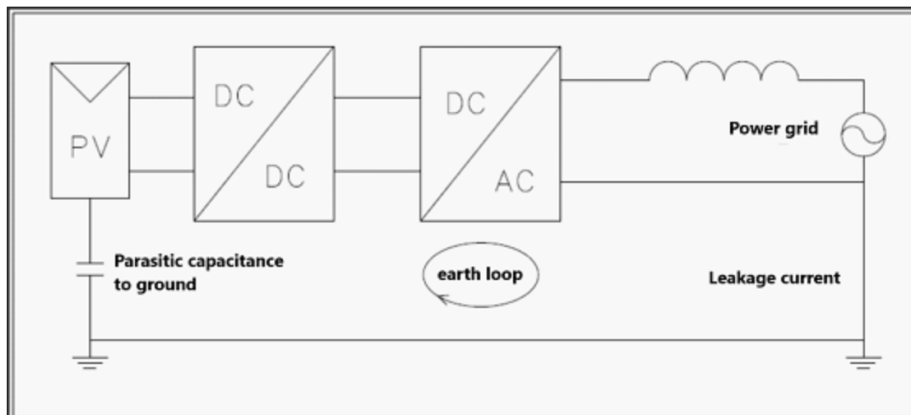


Fig.2 The other three electrodes



**Fuente:** Complete Parasitic Capacitance Model of Photovoltaic Panel Considering the Rain Water (Paper)

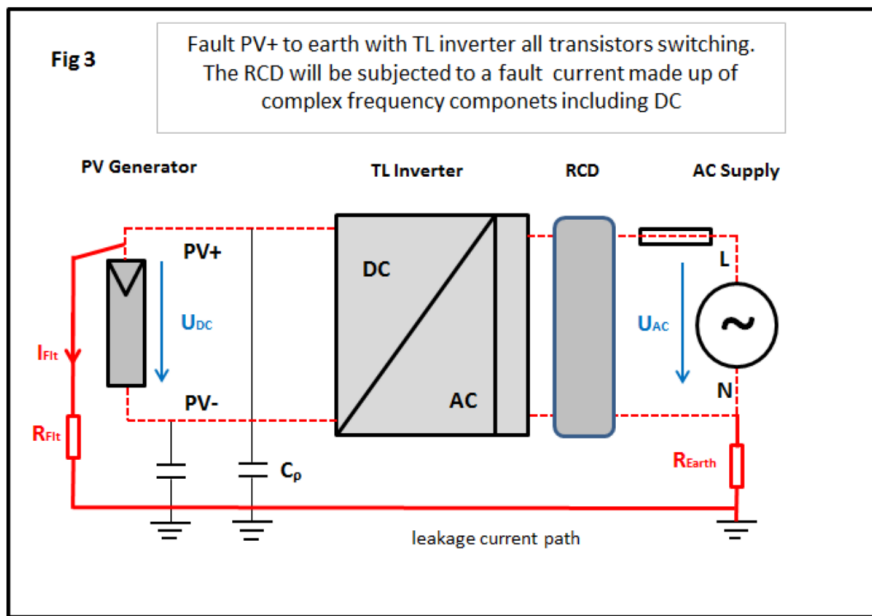
## ¿Cómo influye la corriente de fuga en la instalación?



**Fuente:** <https://forum.huawei.com/enterprise/en/how-to-distinguish-inverter-leakage-current-fault-and-insulation-impedance-fault/thread/631139-100027>

- Una corriente residual también se conoce como corriente residual de una matriz cuadrada y se genera porque hay un condensador parásito entre el sistema fotovoltaico y la tierra. fotovoltaico sin transformador, la impedancia del bucle es relativamente pequeña y un voltaje de modo común forma una corriente de modo común relativamente grande en el condensador parásito entre el sistema fotovoltaico y la tierra, es decir, corriente de fuga.
- La corriente de fuga del sistema fotovoltaico incluye las partes de CC y CA. los dispositivos en la red eléctrica. La corriente de fuga también puede electrificar la carcasa del inversor, lo que puede representar una amenaza para la seguridad personal.

# ¿Qué corriente ve el interruptor diferencial?



- Cuando una falla ocurre en una aislación defectuosa causada por una persona, se añade un flujo de corriente hacia la tierra. Esta corriente se denomina corriente residual (Viene del lado AC).
- La corriente diferencial que ve el interruptor diferencial será la suma de la corriente de fuga más la corriente residual. Los inversores igualmente traen una Unidad de Monitoreo de Corriente Residual (RCDMU) que al igual que el diferencial sólo pueden medir la Corriente Diferencial.
- De acuerdo a diversos estudios, fluctuaciones de 50 mA de corriente de fuga equivalen a una corriente continua de 30 mA, haciendo que el diferencial se abra.

**Fuente:** Electrical Products e News October 4th Issue / Magazine Feature PV - Copy date 3rd Oct - Doecke

# Soluciones para compensar el efecto de corriente de fuga



- Equipamientos externos que buscan generar una corriente de compensación de la corriente diferencial tales como condensadores, filtros y equipamientos especiales.
- Revisar en concreto la puesta a tierra tanto del inversor como en los módulos. Los módulos deben quedar aterrizados.
- **Aumentar la capacidad del interruptor diferencial (Este tema debe ser revisado caso a caso).**



# IEC 62109-2: 2011 – Sobre límites de corrientes diferenciales

SUN2000 inverters with type A RCD limit:

Inverter Model	Type A RCD Limit
SUN2000L-2/3/4/4.6/5KTL	100 mA
SUN2000-2/3/4/4.6/5/6KTL-L1	100 mA
SUN2000-5/6KTL-M0	100 mA
SUN2000-5/6KTL-M1	100 mA
SUN2000-8/10/12/15/17/20KTL-M0	300 mA
SUN2000-8/10/12/15/17/20KTL-M2	300 mA
SUN2000-29.9/36KTL	300 mA
SUN2000-50KTL-M0	500 mA
SUN2000-100KTL-M1	900 mA

- De acuerdo a estándar IEC 62109-2: 2011 exige el RCMU mencionado anteriormente. Debido al diseño del circuito del inversor, ellos no pueden alimentar de forma la directa la corriente residual hacia la red.
- La normativa establece que inversores de hasta 30 kVA deben tener un límite de 300 mA y sobre 30 kVA aumenta en razón de 10 mA por cada kVA.
- Huawei recomienda que si existen problemas a nivel de instalación por corrientes de fuga, se puedan instalar interruptores diferenciales de capacidad como se muestra en la tabla.



**¿Es un módulo de mayor potencia la  
mejor solución para plantas  
Residenciales y tipo Comercial &  
Industrial?**

# Módulos sobre 500 Wp : Versión 182 mm

## ELECTRICAL DATA | STC\*

	Nominal Max. Power (Pmax)	Opt. Operating Voltage (Vmp)	Opt. Operating Current (Imp)	Open Circuit Voltage (Voc)	Short Circuit Current (Isc)	Module Efficiency
<b>CS6W-520MB-AG</b>	520 W	40.2 V	12.94 A	48.4 V	13.70 A	20.2%
	5% 546 W	40.2 V	13.59 A	48.4 V	14.39 A	21.2%
	<b>Bifacial Gain**</b> 10% 572 W	40.2 V	14.23 A	48.4 V	15.07 A	22.2%
	20% 624 W	40.2 V	15.53 A	48.4 V	16.44 A	24.3%
30% 676 W	40.2 V	16.82 A	48.4 V	17.81 A	26.3%	
<b>CS6W-525MB-AG</b>	525 W	40.4 V	13.00 A	48.6 V	13.75 A	20.4%
	5% 551 W	40.4 V	13.65 A	48.6 V	14.44 A	21.4%
	<b>Bifacial Gain**</b> 10% 578 W	40.4 V	14.31 A	48.6 V	15.13 A	22.5%
	20% 630 W	40.4 V	15.6 A	48.6 V	16.50 A	24.5%
30% 683 W	40.4 V	16.91 A	48.6 V	17.88 A	26.6%	
<b>CS6W-530MB-AG</b>	530 W	40.6 V	13.06 A	48.8 V	13.80 A	20.6%
	5% 557 W	40.6 V	13.72 A	48.8 V	14.49 A	21.7%
	<b>Bifacial Gain**</b> 10% 583 W	40.6 V	14.37 A	48.8 V	15.18 A	22.7%
	20% 636 W	40.6 V	15.67 A	48.8 V	16.56 A	24.7%
30% 689 W	40.6 V	16.98 A	48.8 V	17.94 A	26.8%	
<b>CS6W-535MB-AG</b>	535 W	40.8 V	13.12 A	49.0 V	13.85 A	20.8%
	5% 562 W	40.8 V	13.78 A	49.0 V	14.54 A	21.9%
	<b>Bifacial Gain**</b> 10% 589 W	40.8 V	14.44 A	49.0 V	15.24 A	22.9%
	20% 642 W	40.8 V	15.74 A	49.0 V	16.62 A	25.0%
30% 696 W	40.8 V	17.06 A	49.0 V	18.01 A	27.1%	
<b>CS6W-540MB-AG</b>	540 W	41.0 V	13.18 A	49.2 V	13.90 A	21.0%
	5% 567 W	41.0 V	13.84 A	49.2 V	14.60 A	22.0%
	<b>Bifacial Gain**</b> 10% 594 W	41.0 V	14.50 A	49.2 V	15.29 A	23.1%
	20% 648 W	41.0 V	15.82 A	49.2 V	16.68 A	25.2%
30% 702 W	41.0 V	17.13 A	49.2 V	18.07 A	27.3%	

## SPECIFICATIONS

Module Type	JKM560M-7RL4-TV		JKM565M-7RL4-TV		JKM570M-7RL4-TV		JKM575M-7RL4-TV		JKM580M-7RL4-TV	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	560Wp	417Wp	565Wp	420Wp	570Wp	424Wp	575Wp	428Wp	580Wp	432Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	43.65V	40.63V	43.77V	40.74V	43.89V	40.85V	44.00V	40.96V	44.11V	41.07V
Maximum Power Current (Imp)	12.83A	10.26A	12.91A	10.32A	12.99A	10.38A	13.07A	10.44A	13.15A	10.51A
Open-circuit Voltage (Voc)	52.85V	49.88V	52.97V	50.00V	53.09V	50.11V	53.20V	50.21V	53.31V	50.32V
Short-circuit Current (Isc)	13.51A	10.91A	13.59A	10.98A	13.67A	11.04A	13.75A	11.11A	13.83A	11.17A
Module Efficiency STC (%)	20.48%		20.67%		20.85%		21.03%		21.21%	

## Electrical Characteristics

Model Number	LR5-72HBD-520M		LR5-72HBD-525M		LR5-72HBD-530M		LR5-72HBD-535M		LR5-72HBD-540M	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax/W)	520	388.3	525	392.1	530	395.8	535	399.5	540	403.3
Open Circuit Voltage (Voc/V)	48.90	45.75	49.05	45.89	49.20	46.03	49.35	46.17	49.50	46.31
Short Circuit Current (Isc/A)	13.57	10.97	13.65	11.03	13.71	11.08	13.78	11.14	13.85	11.19
Voltage at Maximum Power (Vmp/V)	41.05	38.27	41.20	38.41	41.35	38.55	41.50	38.69	41.65	38.83
Current at Maximum Power (Imp/A)	12.67	10.15	12.75	10.21	12.82	10.27	12.90	10.33	12.97	10.39
Module Efficiency(%)	20.3		20.5		20.7		20.9		21.1	

STC (Standard Testing Conditions): Irradiance 1000W/m<sup>2</sup>, Cell Temperature 25 °C, Spectra at AM1.5

NOCT (Nominal Operating Cell Temperature): Irradiance 800W/m<sup>2</sup>, Ambient Temperature 20 °C, Spectra at AM1.5, Wind at 1m/s

# Módulos sobre 500 Wp : Versión 210 mm

## ELECTRICAL DATA (STC)

Peak Power Watts-P <sub>MAX</sub> (Wp)*	580	585	590	595	600
Power Tolerance-P <sub>MAX</sub> (W)	0 ~ +5				
Maximum Power Voltage-V <sub>MPP</sub> (V)	33.8	34.0	34.2	34.4	34.6
Maximum Power Current-I <sub>MPP</sub> (A)	17.16	17.21	17.25	17.30	17.34
Open Circuit Voltage-V <sub>OC</sub> (V)	40.9	41.1	41.3	41.5	41.7
Short Circuit Current-I <sub>SC</sub> (A)	18.21	18.26	18.31	18.36	18.42
Module Efficiency $\eta_m$ (%)	20.5	20.7	20.8	21.0	21.2

STC: Irradiance 1000W/m<sup>2</sup>, Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5.  
\*Measuring tolerance: ±3%.

## Electrical characteristics with different power bin (reference to 10% Irradiance ratio)

Total Equivalent power -P <sub>MAX</sub> (Wp)	621	626	631	637	642
Maximum Power Voltage-V <sub>MPP</sub> (V)	33.8	34.0	34.2	34.4	34.6
Maximum Power Current-I <sub>MPP</sub> (A)	18.36	18.41	18.46	18.51	18.55
Open Circuit Voltage-V <sub>OC</sub> (V)	40.9	41.1	41.3	41.5	41.7
Short Circuit Current-I <sub>SC</sub> (A)	19.48	19.54	19.59	19.65	19.71
Irradiance ratio (rear/front)	10%				

## ELECTRICAL DATA | STC\*

	Nominal Max. Power (P <sub>max</sub> )	Opt. Operating Voltage (V <sub>mp</sub> )	Opt. Operating Current (I <sub>mp</sub> )	Open Circuit Voltage (V <sub>oc</sub> )	Short Circuit Current (I <sub>sc</sub> )	Module Efficiency
<b>CS7N-635MB-AG</b>	635 W	37.3 V	17.03 A	44.4 V	18.27 A	20.4%
	5% 667 W	37.3 V	17.89 A	44.4 V	19.18 A	21.5%
	<b>Bifacial Gain**</b> 10% 699 W	37.3 V	18.74 A	44.4 V	20.10 A	22.5%
	20% 762 W	37.3 V	20.44 A	44.4 V	21.92 A	24.5%
<b>CS7N-640MB-AG</b>	640 W	37.5 V	17.07 A	44.6 V	18.31 A	20.6%
	5% 672 W	37.5 V	17.92 A	44.6 V	19.23 A	21.6%
	<b>Bifacial Gain**</b> 10% 704 W	37.5 V	18.78 A	44.6 V	20.14 A	22.7%
	20% 768 W	37.5 V	20.48 A	44.6 V	21.97 A	24.7%
<b>CS7N-645MB-AG</b>	645 W	37.7 V	17.11 A	44.8 V	18.35 A	20.8%
	5% 677 W	37.7 V	17.97 A	44.8 V	19.27 A	21.8%
	<b>Bifacial Gain**</b> 10% 710 W	37.7 V	18.84 A	44.8 V	20.19 A	22.9%
	20% 774 W	37.7 V	20.53 A	44.8 V	22.02 A	24.9%
<b>CS7N-650MB-AG</b>	650 W	37.9 V	17.16 A	45.0 V	18.39 A	20.9%
	5% 683 W	37.9 V	18.03 A	45.0 V	19.31 A	22.0%
	<b>Bifacial Gain**</b> 10% 715 W	37.9 V	18.88 A	45.0 V	20.23 A	23.0%
	20% 780 W	37.9 V	20.59 A	45.0 V	22.07 A	25.1%
<b>CS7N-655MB-AG</b>	655 W	38.1 V	17.20 A	45.2 V	18.43 A	21.1%
	5% 688 W	38.1 V	18.06 A	45.2 V	19.35 A	22.1%
	<b>Bifacial Gain**</b> 10% 721 W	38.1 V	18.93 A	45.2 V	20.27 A	23.2%
	20% 786 W	38.1 V	20.64 A	45.2 V	22.12 A	25.3%

# Límites de corriente de operación por MPPT

Input	
Max. Input Voltage	1,100 V
Max. Current per MPPT	26 A
Max. Short Circuit Current per MPPT	40 A
Start Voltage	200 V
MPPT Operating Voltage Range	200 V ~ 1,000 V
Nominal Input Voltage	720 V @480 Vac, 600 V @400 Vac, 570 V @380 Vac
Number of Inputs	20
Number of MPP Trackers	10

- Los módulos de 500 Wp trabajan al límite con la definición máxima por MPPT e incluso puede llegar a superar este límite.
- La máxima corriente por MPPT representa el MPPT es un totalidad, esto es, que si se conecta 1 string, la máxima corriente seguirá siendo la misma.
- ¿Cómo operará el inversor en este escenario?

Recommended max. PV power <sup>2</sup>	Input ( PV )			
	3,000 Wp	4,500 Wp	6,000 Wp	7,500 Wp
Max. input voltage			600 V <sup>3</sup>	
Start-up voltage			100 V	
MPPT operating voltage range			90 V – 560 V <sup>3</sup>	
Rated input voltage			360 V	
Max. input current per MPPT			12.5 A	
Max. short-circuit current			18 A	
Number of MPP trackers			2	
Max. number of inputs			2	

# Clipping por Corriente

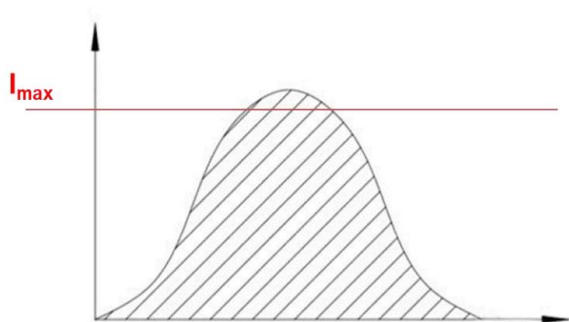


Figure 4.3 Diagram for current clipping, where  $I_{\max}$  is the maximum MPPT current.

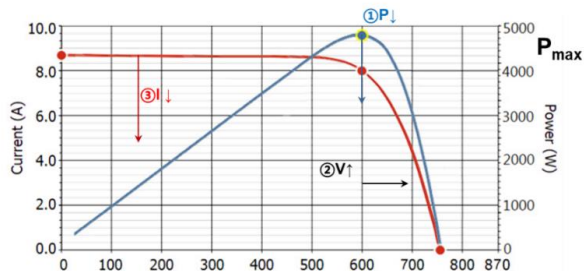


Figure 4.4 Output variation after current clipping

- Cuando la capacidad por corriente de MPPT se ve superada, puede ocurrir el fenómeno de Clipping de Corriente.
- El inversor buscará seguir manteniendo la potencia, por lo cual buscará disminuir la corriente de operación y aumentar la tensión de la misma.
- En este aumento, es importante mencionar que si la tensión supera la máxima tensión de trabajo a potencia nominal del inversor (Del orden de 800 V en inversores trifásicos), el inversor empieza a derratearse en potencia lo cual debe ser prevenido.



## Caso de Estudio: Planta de 1 MW con módulos 550 Wp – SUN2000-100KTL-M1

Relación DC/AC	N° Módulos en Serie	Clipping DC (%)	Clipping AC (%)	Generación (MWh)	PR (%)
0.84	12	0.53	0	1318	87.71
0.98	14	0.53	0	1538	87.74
1.12	16	0.45	0.11	1762	87.93
1.26	18	0	2.19	1944	86.26
<b>1.4</b>	<b>20</b>	<b>0</b>	<b>6.31</b>	<b>2067</b>	<b>82.55</b>

- Se puede apreciar que a medida que la relación DC/AC es superior (Sobrepasando la relación DC/AC de 1.2), el efecto de clipping de corriente se va perdiendo con respecto al efecto de clipping por la extra instalación del módulo.
- Para relaciones menores a 1.2 se puede apreciar un riesgo de este efecto a niveles de pérdidas de generación.
- Empirismo: Diferencias de 0,5 A entre el sobrepaso de la corriente de operación del módulo con respecto a la capacidad de procesamiento del MPPT no produce mayores diferencias para relaciones DC/AC de 1.2.

## Soluciones y Recomendaciones



- Revisar bien las características del módulo y la capacidad máxima por MPPT del inversor.
- Para pequeñas diferencias de corriente (<0.5 A con una relación DC/AC sobre 1.2, no representa un mayor problema).
- Si se quiere utilizar módulos de 210 mm en las instalaciones: Esto queda totalmente prohibido para sistemas residenciales. Para inversores trifásicos se recomienda la instalación de 1 string por MPPT.
- Los optimizadores pueden ayudar a una correcta operación en este escenario al ir ajustando la corriente en base a la tensión.

Thank you.