

Защита при коротком замыкании

в гелиоэнергетических установках

Хайнц-Ульрих Хаас
(Heinz Ulrich Haas)

Перевод:
Виктор Вертелкин

info@siba-predohraniteli.ru

Текущая ситуация в области стандартизации

Предохранители в гелиоэнергетических установках, помимо обычных свойств, должны отвечать специфическим критериям, соответствующим требованиям международного стандарта IEC 60269-6 (DIN EN 60269-6–VDE 0636-6), а также американского стандарта UL 2579. Оба стандарта относительно недавние, IEC был опубликован в конце 2010 г., а последняя версия UL — в 2011 г. По своим требованиям к предохранителям оба стандарта вполне сопоставимы, а наименования класса эксплуатации gPV даже идентичны [1, 2].

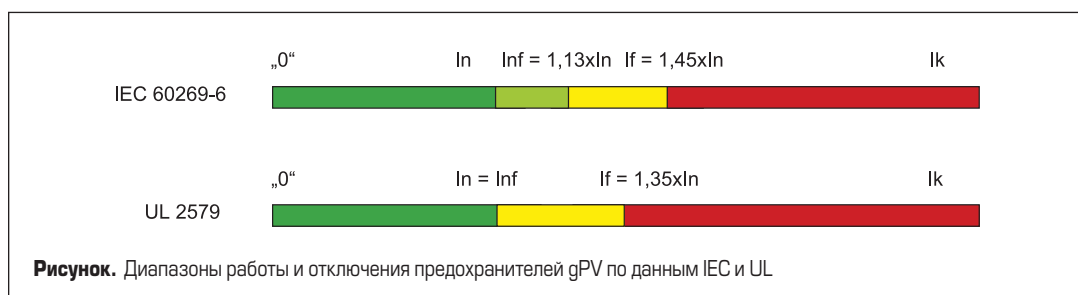
В отличие от предохранителей, срабатывающих только на переменном напряжении, в этих стандартах предусмотрены предохранители, которые предназначены исключительно для применения в цепях постоянного тока гелиоэнергетических систем. Они способны отключать типичные короткие замыкания в гелиоэнергетических установках, что означает, что они прерывают аварийные токи уже при небольшом превышении своего расчетного тока. Особым требованием в этих стандартах является циклическая прочность. Предохранители, с одной стороны, должны выдерживать экстремальные перепады температур, с другой — успевать за колебаниями нагрузки в широких пределах. Это не только требует специального выполнения плавкого проводника внутри предохранителя, но и ставит соответствующие задачи перед разработчиками его конструкции. В конечном счете, постоянное изменение нагрузки, вызванное частым перемещением облаков, не должно приводить к его срабатыванию.

Впрочем, небольшое различие между обоими стандартами все же существует: международный стандарт устанавливает, что предохранитель gPV должен отключать 1,45-кратный расчетный ток в течение 1 ч ($I_n \leq 63$ А) при нормальных условиях, в то время как американский стандарт UL указывает 1,35-кратный расчетный ток как референсное значение. По определению, это учитывается и стандартом IEC: в одном из примечаний к нему указывается, что предохранители в практическом применении без проблем отключают 1,35-кратный расчетный ток за время < 2 ч.

По европейским нормам разработчиками предохранителей все же принимается положение о том, чтобы рассматривать 1,35-кратный расчетный ток как референсное значение минимального тока отключения.

Предохранители гелиоэнергетических установок по стандарту UL (и, вполне возможно, будущие предохранители по стандарту IEC) при равном расчетном токе оказываются несколько менее инерционными. Они срабатывают быстрее при том же аварийном токе, что необходимо учитывать при планировании проекта защиты. Рисунок иллюстрирует данное различие.

Более быстрое отключение достигается путем увеличения внутреннего сопротивления предохранителя, что, в свою очередь, приводит к повышению мощности, отдаваемой предохранителями, и к увеличению температуры их корпусов, чего, разумеется, никто не желает для своей установки. Однако и это учитывается в стандартах различными рекомендациями по построению защиты.



Это рекомендуется стандартом

Путем практического сопоставления тока срабатывания предохранителя и тока короткого замыкания модуля выбор расчетного тока фазного предохранителя оказывается, собственно говоря, весьма прост. При испытании на устойчивость модуля к обратному току изготовитель определяет максимально возможный расчетный ток, при котором модуль выдерживает без воспламенения нагрузку, соответствующую 135% этого номинального значения в течение 2 ч (DIN EN 61730-2). Если теперь в установке будет использован предохранитель с максимальным расчетным током, гарантируется его отключение при аварийном токе, равном 1,35-кратному расчетному току, за время менее 2 ч [3].

Зачастую, однако, оптимальная цель защиты может быть достигнута и при меньшем значении расчетного тока. Так, стандарт IEC 60269-6 рекомендует в приложении ВВ расчет на основе фактического тока короткого замыкания установки. При условии интенсивности излучения 1200 Вт/м² и температуры окружающего воздуха +45 °С при 1,4×ISC, как правило, может быть получен более низкий расчетный ток.

Если речь идет о предохранителях по стандарту UL 2579, то они выбираются в соответствии с Национальными правилами эксплуатации электротехнического оборудования (NEC) при 1,56×ISC. Тем самым здесь учитывается и более высокая интенсивность излучения, и более высокая температура окружающего воздуха (до +40 °С), а также более низкий ток длительной нагрузки предохранителей UL. Сходной может быть рекомендация в будущем стандарте IEC 60269-6.

Перед предохранителем панели, наряду с защитой линии, также ставится задача защиты гелиоэнергетического модуля от недопустимого обратного тока. Предохранитель модуля как центральный предохранитель перед входом инвертора предназначается для защиты линий гелиоэнергетической установки. Максимальный расчетный ток предохранителя панели (табл. 1) или модуля ориентируется на ток длительной нагрузки линий или кабелей гелиоэнергетической установки (DIN VDE 0100-430). В проектах стандарта IEC 62548 для обоих случаев применения предохранителя рекомендуется расчетный ток, равный от 1,25 до 2,4×I_{SC} [4, 5].

Расчетное напряжение предохранителя ориентировано на напряжение холостого хода цепи модуля: в пересчете на минимальную температуру (-25 °С) оно должно составлять не менее 1,2-кратного напряжения холостого хода UVO STC.

Это рекомендуется компанией SIBA

В статье SIBA «Всего четыре шага до подходящего предохранителя гелиоэнергетической установки», ввиду отсутствия рекомендации в стандарте 2009 г., представлена пространная схема расчета величины расчетного напряже-

Таблица 1. Минимальный расчетный ток фазного предохранителя In по действующему стандарту

Стандарт	Минимальный расчетный ток предохранителя	Предохранитель SIBA 10×38 мм
IEC 60269-6	$I_n \geq 1,4 \times I_{SC}$	50 xxx 26
UL 2579	$I_n \geq 1,56 \times I_{SC}$	50 xxx 28

Таблица 2. Ассортимент моделей предохранителей gPV компании SIBA

Величина	U _n (DC), В	Диапазон I _n , А	Артикул	Стандарт	Сертификат
10×38	1000	1–20	50 215 26	IEC 60269-6	UL признанный
10×38	1000	8–22,4	50 215 28	UL 2579	UL списочный
14×51	1000	25–32	50 204 26	IEC 60269-6	
10/14×85	1100	8–25	50 238 26	IEC 60269-6	
10/14×85	1100	8–25	50 238 28	UL 2579/IEC 60269-6	UL списочный
10/14×85	1500	8–20	50 243 28	UL 2579	
14×65	1100	8–25	50 235 28	UL 2579/IEC 60269-6	UL списочный
14×100	1500	8–25	50 245 26	IEC 60269-6	
NH 00 DIN 80	600	35–160	20 189 28	UL 2579/IEC 60269-6	UL списочный
NH 1	1000	35–160	20 556 20	UL 2579/IEC 60269-6	
NH 1XL	1100	50–200	20 028 28	UL 2579/IEC 60269-6	UL списочный
NH 3L	1100	125–400	20 031 28	UL 2579/IEC 60269-6	UL списочный
SQB1-170	1100	125–200	20 045 28	UL 2579/IEC 60269-6	
SQB2-170	1100	125–450	20 034 28	UL 2579/IEC 60269-6	UL списочный
NH 1XL	1500	50–200	20 045 28	UL 2579/IEC 60269-6	
NH 3L	1500	250–400	20 047 28	UL 2579/IEC 60269-6	

ния и расчетного тока предохранителей. Были включены все параметры, оказывающие влияние на расчет предохранителя, и, с небольшим изменением, эта схема была внедрена в практику [6] (табл. 2).

Определение расчетного напряжения предохранителя U_n:

$$U_n \geq U_{OCARRAY} \times [1 + (\Delta\theta \times \text{темп.коэфф.} \times U_{OCARRAY})],$$

где U_{OCARRAY} — напряжение холостого хода цепи модуля.

Определение расчетного тока предохранителя I_n:

$$I_n \geq I_{SCmax} / K_{TH} / A_2 / K_{ZS},$$

где I_{SCmax} — максимальный ток короткого замыкания модуля (с учетом повышенного излучения); K_{TH} — поправка на температуру окружающей среды; A₂ — поправка на циклическую нагрузку; K_{ZS} — поправка на секционирование.

Зачем предохранители гелиоэнергетической установке?

Правильно рассчитанный предохранитель защищает ценную гелиоэнергетическую установку. Долгие годы он следит за ее узлами, не требуя при этом никакого текущего ремонта. Возникает короткое замыкание — он срабатывает, если же, напротив, облачность не проходит, он остается наготове.

«Состарился» ли кабель или имеются повреждения модулей и возникают электрические дуги? Никаких проблем, в своей зоне защиты предохранитель обеспечивает быстрое отсоединение неисправной части установки.

Литература

1. DIN EN 60269-6 (VDE 0636-6): 2011-11. Niederspannungssicherungen – Teil 6: Zusätzliche Anforderungen an Sicherungseinsätze für den Schutz von solaren photovoltaischen Energieerzeugungssystemen (IEC 60269-6:2010 + Corrigendum Dez.2010); Deutsche Fassung EN 60269-6:2011.
2. UL 2579. Low-voltage fuses – Fuses for photovoltaic systems; Outline of Investigation, Issue No: 8, June 6, 2011.
3. DIN EN 61730-2 (VDE 0126-30-2): 2007-10. Photovoltaik (PV)-Module – Sicherheitsqualifikation – Teil 2: Anforderung an die Prüfung (IEC 61730-2:2004, modifiziert); Deutsche Fassung EN 61730-2:2007.
4. IEC 62548. Design requirements for photovoltaic (PV) arrays (noch 82/646/CDV:2011-04).
5. DIN VDE 0100-430. Errichten von Niederspannungsanlagen, Teil 4-43: Schutzmaßnahmen – Schutz bei Überstrom, (IEC 60364-4-43: 2008 modifiziert + Corrigendum Okt. 2008, Deutsche Übernahme HD 60364-4-43: 2010).
6. fuse.on. Nur 4 Schritte zur passenden PV-Sicherung, Ausgabe 01/2009. www.siba.de.