

WHITEPAPER

Q-Relais

Mai 2020

Mit der Einführung der Mikro-Wechselrichter der IQ-Serie in Europa haben wir zeitgleich ein neues Gerät, das Q-Relais, eingeführt. Über die Funktionalität und den Einsatz des Q-Relais ist bereits viel diskutiert worden. Darüber hinaus sind die regulatorischen Anforderungen an das Q-Relais von Installateuren und Hausbesitzern gleichermaßen in Frage gestellt worden.

Dieses Dokument soll die Begründung für ein Q-Relais erläutern sowie die regulatorischen Anforderungen und die Funktionalität des Geräts darlegen.

Vorschrift

Die Norm **EN 50549-1:2019** fordert eine automatische Trennvorrichtung zwischen einem Generator und dem öffentlichen Niederspannungsnetz. Die zutreffenden Abschnitte sind nachfolgend aufgeführt (*Hinweis: Hierbei handelt es sich lediglich um die zutreffenden Abschnitte*).

4.3.2 Schnittstellenschalter

Bei Ausfall der Hilfsspannungsversorgung der Schaltanlage ist umgehend eine sichere Abschaltung des Schalters erforderlich.

4.9.1 Allgemeines

Gemäß HD 60364-5-551:2010, 551.7.4, müssen Vorrichtungen zur automatischen Umschaltung vorgesehen sein, um die Erzeugungsanlage bei Ausfall dieser Versorgung oder bei Abweichung der Spannung oder Frequenz an den Versorgungsanschlüssen von den für die normale Versorgung deklarierten Werten vom Verteilernetz zu trennen.

Mit diesem automatischen Trennschalter soll primär:

- verhindert werden, dass die Stromerzeugung der Erzeugungsanlage eine Überspannungssituation in dem Verteilungsnetz, an das sie angeschlossen ist, verursacht. Derartige Überspannungen könnten zu Schäden an den an das Verteilernetz angeschlossenen Geräten sowie am Verteilernetz selbst führen.
- dafür gesorgt werden, das Verteilungsnetz bei Spannungs- oder Frequenzabweichungen über die entsprechenden Regelwerte hinaus in einen kontrollierten Zustand zu bringen.

Das Schnittstellenschutzrelais wirkt auf den Schnittstellenschalter. Der Verteilnetzbetreiber kann verlangen, dass das Schnittstellenschutzrelais zusätzlich mit einer angemessenen Verzögerung auf einen anderen Schalter wirkt, sollte der Schnittstellenschalter nicht funktionieren.

Bei Ausfall der Stromversorgung des Schnittstellenschutzes muss der Schnittstellenschutz den Schnittstellenschalter ohne Verzögerung auslösen. Vom Verteilnetzbetreiber kann eine unterbrechungsfreie Stromversorgung verlangt werden, z. B. bei UVRT-Fähigkeit [*Under-Voltage Ride Through, dt.: Durchfahren von Unterspannung*], Verzögerung des Schutzes usw.

4.13 Anforderungen an die Einzelfehlertoleranz von Schnittstellenschutzsystem und Schnittstellenschalter

Zumindest einer der Schalter muss ein Lasttrennschalter sein, der für Überspannungskategorie 2 geeignet ist. Bei einphasigen Stromerzeugungseinheiten muss der Schalter sowohl für den Neutralleiter als auch für den Netzleiter einen Kontakt dieser Überspannungskategorie haben. Bei mehrphasigen Stromerzeugungseinheiten ist es erforderlich, einen Kontakt dieser Überspannungskategorie für alle aktiven Leiter zu haben. Der zweite Schalter kann aus elektronischen Schaltteilen einer Wechselrichterbrücke oder einer anderen Schaltung gebildet werden, sofern die elektronischen Schaltteile über Steuersignale abschaltbar sind und gewährleistet ist, dass ein Ausfall erkannt wird und spätestens bei der nächsten Wiederzuschaltung zur Verhinderung des Betriebs führt.

Auszug aus der Norm EN 50549-1:2019 Seite 25, 43/44 und 50.

Inwiefern erfüllt das Q-Relais die Vorschrift?

Die Logik der Mikro-Wechselrichter sorgt für eine sichere Schnellabschaltfunktion, die allgemein als eine der sichersten in der Branche gilt. Da es jedoch keine galvanische Trennung auf der Wechselstromseite in Form eines automatisierten Relais gibt, soll das Q-Relais die Anforderung an die galvanische Trennung zwischen dem Generator (PV) und dem öffentlichen Niederspannungsnetz erfüllen (Abbildung 1).

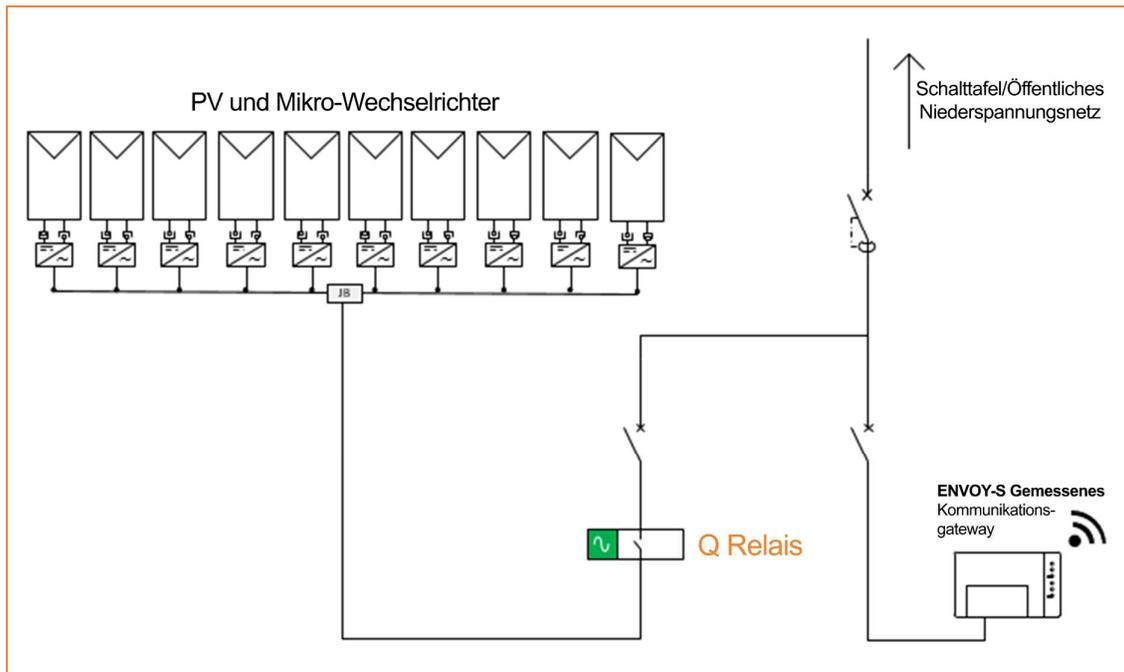


Abb. 1: Die Installation des Q-Relais in einer Linie mit dem PV gewährleistet eine sichere Trennung zwischen Generator und Niederspannungsnetz.

Die Liste der Länder, die eine galvanische Trennung und damit ein Q-Relais erfordern, ist in *Anhang A* zu finden. Beachten Sie bitte, dass das Vereinigte Königreich von dieser Liste ausgeschlossen ist.

Galvanische Trennung

Die Anforderung einer galvanischen Trennung fußt auf historischen Sicherheitsansätzen. Die sicherste Art und Weise, die Stromerzeugung vom Niederspannungsnetz zu trennen, besteht in zwei Formen der Trennung: Entweder durch zwei galvanische Trenner oder einen Halbleiter und eine galvanische Trennvorrichtung. Wenn eine davon ausfällt, sollte die andere ausreichen, um die notwendige Sicherheit zu gewährleisten.

Halbleiter allein gelten in vielen Verbindungsnormen nicht als sicher. Befürchtet wird, dass der Ableitstrom aus den Halbleitern gefährliche Bedingungen schafft. Moderne Halbleiter haben jedoch einen sehr geringen Ableitstrom, so dass in vielen Teilen der Welt, wie z. B. in den USA, diese Vorrichtungen als sicher gelten und keine zusätzlichen Trennmittel erforderlich sind.

Inwiefern trifft dies auf Enphase zu?

Herkömmliche, Wechselrichter ohne Transformator sind nicht so sicher wie die Mikro-Wechselrichter von Enphase, da ihnen der in Mikro-Wechselrichtern von Enphase enthaltene Trenntransformator fehlt.

Nicht isolierte (transformatorlose) Wechselrichter speichern Hochspannungsgleichstrom an den Eingangskondensatoren. Da Wechselstrom und Gleichstrom nicht galvanisch getrennt sind, kann die gespeicherte Gleichspannung an der Wechselstrom-Ausgangsstufe vorhanden sein. Ein Halbleiter am Wechselstromausgang mit Leckage könnte für jemanden, der mit offenen Leitern in Kontakt kommt, zu einer gefährlichen Situation werden.

Für die Mikro-Wechselrichter von Enphase stellt dies kein Problem dar. Enphase setzt einen Hochfrequenz (HF)-Trenntransformator zwischen dem Wechsel- und dem Gleichstromkreis ein. **Dieser HF-Transformator sorgt für eine wirksame galvanische Trennung** zwischen der gespeicherten Gleichstrom und der Wechselstrom-Ausgangsstufe. Öffnet sich der Wechselstrom-Halbleiter, wird die Gleichspannung von der Wechselspannung isoliert. Die Wechselspannung wird auf Null gesetzt und der Benutzer wird keinen gefährlichen Spannungen ausgesetzt.

Die Mikro-Wechselrichter von Enphase sind gleichzeitig so ausgelegt, dass sie die nordamerikanischen Normen für die Funktionssicherheit sowohl der Halbleiterbauelemente als auch der Steuerungssoftware erfüllen.

Andere Normen sind nicht so formuliert um die sicherere Architektur von Enphase zu umfassen. Diese Normen erkennen weder das Konzept der funktional zuverlässigen Hard- und Software noch die durch den HF-Transformator gebotene Isolierung an, weshalb ein externes Gerät erforderlich ist.

Vorteile des Q-Relais

Bei den Mikro-Wechselrichtern von Enphase der älteren Generation (den Mikro-Wechselrichtern der M-Serie) wurde diese Anforderung durch ein physikalisches Relais erfüllt, das in jedem Mikro-Wechselrichter vorhanden war. Dieses Relais ist das einzige bewegliche Teil in der M-Serie, und wie es der Natur beweglicher Teile entspricht, sind sie am anfälligsten für Ausfälle. Bei den Mikro-Wechselrichtern der IQ-Serie wurde das physikalische Relais entfernt, um die Zuverlässigkeit zu verbessern und die Ausfallraten zu senken. Diese Entscheidung war ein Einflussfaktor bei der Festlegung des ehrgeizigen Ziels von 500 DPPM für die Mikro-Wechselrichter (*DPPM: Defective Parts Per Million – Defekte Teile pro Million, was einer Ausfallrate von 0,05 % entspricht*).

Garantie

Mikro-Wechselrichter werden mit Gleichstrom betrieben und schalten nachts ab. Bei den Mikro-Wechselrichtern der M-Serie bedeutete dies, dass das interne Relais gleichzeitig – zweimal täglich – während des Hoch- und Herunterfahrens schalten würde. Dies bedeutet, dass eine mechanische Aktion während der Garantiezeit von 20 Jahren rund 15.000 Mal stattfindet. Unsere Mikro-Wechselrichter haben sich im Laufe der Jahre in Bezug auf ihre Zuverlässigkeit als die besten ihrer Klasse erwiesen, und sie haben in unseren Tests und im Feld unter Beweis stellen können, dass sie ein Leben lang halten. Das Entfernen des internen Relais bei den Mikro-Wechselrichtern der IQ-Serie gibt uns die Gewissheit, dass unsere Produkte eine noch längere Haltbarkeit haben als bisher. Daher bieten wir eine 25-jährige Garantie mit einer ungefähren Produktlebensdauer von 30-40 Jahren.

Zugänglichkeit

Das Q-Relais wird mit Wechselstrom aus dem Niederspannungsnetz versorgt. Dies bedeutet, dass das Q-Relais im günstigsten Fall während seiner gesamten Lebensdauer nur zweimal schaltet, einmal während des Anfahrens und einmal, wenn die Prüftaste während der Inbetriebnahme gedrückt wird. Die starke Reduzierung der Anzahl mechanischer Aktionen erhöht die Zuverlässigkeit des Gesamtsystems, und selbst wenn das Q-Relais ausfallen würde, wäre es aufgrund seiner Position im Wechselstrom-PV-Kreis in der Schalttafel leicht zugänglich. Aus diesem Grunde kann der Austausch eines Q-Relais ohne die Einrichtung eines Dachzugangs durchgeführt werden und in wenigen Minuten – statt möglicherweise Stunden – erfolgen. Darüber hinaus ist das Q-Relais auf DIN-Schienen steckbar und belegt 3

Teilungseinheiten (1-Phasige Q-Relais) bzw. 6 Teilungseinheiten (3-Phasige Q-Relais), so dass der Installation oder Austausch fast so schnell und einfach wie der eines Schalters ist.

Gleichstromspeisung

Das Q-Relais überwacht kontinuierlich die Gleichstromspeisung [*DC Current Injection, kurz: DCI*] und wird ausgelöst, wenn dieser Zustand den im Gerät programmierten Schwellenwert überschreitet (in der Regel 1A). Die Mikro-Wechselrichter von Enphase sind so konstruiert und typgeprüft, dass die Gleichstromspeisung niemals ein Problem darstellt. Dieses Verhalten wird durch die Prüfung der extrem niedrigen Leistung im Zusammenhang mit der harmonischen Gesamtverzerrung [*total harmonic distortion, kurz: THD*] deutlich. Die THD-Pegel liegen weit unter den in den Normen festgelegten Anforderungen.

Doppelte Isolierung

Abgesehen vom internen HF-Transformator, der von Natur aus den Gleichstrom-Ableitstrom reduziert, wird das Enphase-System zugleich mit einem vollständig doppelt isolierten Gehäuse konzipiert. Dies bedeutet, dass der Ableitstrom in Form von Gleichstrom und Wechselstrom so gut wie ausgeschlossen sind, wodurch eine wesentlich sicherere Situation geschaffen wird und die Notwendigkeit einer Erdung innerhalb des Enphase-Systems entfällt. Aufgrund der doppelten Isolierung kann der Schutzleiter (Potentialausgleichsleiter) aus der Verkabelung des Q-Kabels entfernt werden, wodurch es leichter, flexibler und einfacher zu installieren ist. In der folgenden Tabelle (*Abbildung 2*) sind unsere verschiedenen Geräte und deren Ableitstrom aufgeführt.

| Produkt | Ableitstrom |
|--|---------------------------------------|
| Mikro-Wechselrichter von Enphase der M-Serie (M215, M250) | 0,5 - 1mA |
| Mikro-Wechselrichter von Enphase der IQ-Serie (IQ7) | Nicht zutreffend, da doppelt isoliert |
| Wechselstrombatterie von Enphase (B270, IQ7-B) | 0,5 - 1mA |
| <i>Beachten Sie bitte, dass der Mikro-Wechselrichter von Enphase im Inneren der Einheit KEIN Multimode-Wechselrichter ist, so dass Fehlerstromschutzeinrichtungen (RCDs) eingesetzt werden können.</i> | |

Abb. 2: Unterschied zwischen den Ableitströmen der M-Serie und der IQ-Serie.

Funktioniert mein System ohne ein Q-Relais?

Ja. In den Regionen, in denen ein Q-Relais nicht erforderlich ist, funktionieren die Systeme wie jedes andere System mit einem Q-Relais. Obwohl das System auch ohne das Q-Relais funktionieren kann, *müssen* stets Richtlinien der Netzbetreiber berücksichtigt werden. Der galvanische Trenner soll nur eine Anforderung erfüllen, nämlich einen ausfallsicheren Mechanismus im Falle einer Netzstörung oder eines -ausfalls, und das System schaltet nicht vollständig ab. Während der HF-Trenntransformator und die funktionssichere Hard- und Software, die im Mikro-Wechselrichter von Enphase eingesetzt werden, dies äußerst unwahrscheinlich machen, sorgt das Q-Relais für die vollständige Einhaltung derjenigen Normen, die eine galvanische Trennung erfordern.

Da die Normen nicht so formuliert sind dass die sicherere Architektur von Enphase IQ Serie Mikro-Wechselrichterhinreichende Schutz bietet, wird der HF-Trenntransformator auf Seite der Aufsichtsbehörden noch nicht anerkannt. Dennoch haben sich die Mikro-Wechselrichter von Enphase branchenweit als eines der sichersten Produkte erwiesen, und wir werden weiterhin die Technologie vorantreiben, um sichere Solaranlagen für jedermann zu gewährleisten.

Anhang A

Europäische Länder, in denen das Q-Relais erforderlich ist

| A – E | F – J | K – O | P – T | U – Z |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Österreich | Frankreich | Lettland | Portugal | Ukraine |
| Belgien | Deutschland | Litauen | Rumänien | |
| Dänemark | Irland | Niederlande | Spanien | |
| | Italien | Norwegen | Slowenien | |
| | | | Schweden | |
| | | | Schweiz | |
| | | | Türkei | |
| | | | | |
| | | | | |