

Lösungen für kleinere gewerblich genutzte PV-Anlagen auf Basis des TLX Pro



Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	5
2	Photovoltaik-Module und Systemkonfiguration.....	6
2.1	Mono- oder polykristalline Module.....	6
2.1.1	Polykristalline Standard-Module.....	6
2.1.2	Monokristalline Standard-Module	6
2.2	Dünnschichtmodule.....	6
2.3	Dimensionierungsfaktor.....	7
2.4	Maximale DC-Spannung und reguläre MPP-Spannung	7-8
2.5	Maximum Power Point Tracker (MPPT).....	8
2.6	Leistungsverluste.....	8
2.7	Fazit.....	8
3	Konfiguration für den AC-Netzanschluss.....	9
3.1	AC-Anschlusspunkt	9
3.2	Niederspannungsnetz	9
3.2.1	Netzunterstützungsleistungen für Niederspannungsnetze.....	9
3.2.2	Wechselrichterstandort.....	9
3.3	Fazit.....	9
4	Kommunikation und Überwachung	10
4.1	Überwachungsoptionen.....	10
4.1.1	Integrierte Überwachung, Ethernet-Kommunikation.....	10
4.1.2	RS-485-Kommunikation	12
4.1.3	GSM-Kommunikation.....	12
4.1.4	Display	12
4.2	Webserver	13
4.3	Master-Funktionalität.....	13
4.4	ComLynx-Datenlogger	13
4.5	System-Zubehör.....	14
4.5.1	Router.....	14
4.5.2	Sensor Kit	14
4.5.3	Energiemesssensor (S0).....	14
4.6	Fazit.....	14
5	Installation	15
5.1	Einbauorte der Wechselrichter	15
5.2	Verkabelung	15
5.2.1	AC-seitig	15
5.2.2	DC-seitig.....	15
5.2.3	Kommunikationskabel.....	15
5.3	Fazit.....	15
6	Service	16

Vorwort

Der Bereich von Anlagengrößen zwischen 15 kVA und 100 kVA ist in den meisten Ländern vorherrschend hinsichtlich der installierten Gesamtleistung. Um auf diesem zunehmend umkämpften Markt erfolgreich zu sein, sind oft nur Detailunterschiede bei der Anlagenplanung und der eingesetzten Hardware eines PV-Systems ausschlaggebend.

Mit einer geringen Anzahl TLX-Wechselrichter können auch größere PV-Anlagen realisiert werden, wobei dennoch von den Vorteilen der zahlreichen MPP-Trackern profitiert werden kann. So wird Anlagenplanung und -installation erheblich erleichtert. Darüber hinaus bieten die TLX Pro-Wechselrichter weitere Eigenschaften, die eine hohe Wettbewerbsfähigkeit erlauben, wie beispielsweise der sehr hohe Wechselrichterwirkungsgrad oder die integrierten Überwachungsfunktionen.

Zusammenfassung

Dieses Dokument gehört zu einer Reihe von Dokumenten, anhand derer Anlagenplaner vom Fachwissen bei Danfoss Solar Inverters profitieren sollen. Mithilfe des in diesen Dokumenten zusammengestellten Knowhows sowie der Flexibilität der TLX-Wechselrichter können Anlagenplaner die TLX Pro-Wechselrichter in verschiedensten Anwendungen einsetzen – von privaten Installationen bis hin zu großen kommerziellen Kraftwerken.

Dieses Dokument stellt die optimale Auslegung eines PV-Systems mithilfe der hocheffizienten TLX Pro-Stringwechselrichter vor und beschreibt zugleich, wie die Wechselrichter die Anlagenüberwachung, die Inbetriebnahme und den Service des PV-Systems vereinfachen.

Es geht hierbei um kleinere gewerbliche genutzte PV-Anlagen, die im Rahmen dieses Dokumentes als System mit mehreren TLX-Wechselrichtern und einer Gesamtleistung von weniger als 100 kVA definiert sind.

Im Idealfall kann ein PV-System mit einer Leistung von 100 kVA mit nur sechs Wechselrichtern errichtet werden, die jeweils nur 35 kg wiegen. Alle Varianten der TLX-Wechselrichter lassen sich beliebig kombinieren, um das ideale Verhältnis zwischen der PV-Leistung und der AC-Ausgangsleistung der Wechselrichter zu erreichen. So erzielen Sie das optimale Preis-Leistungs-Verhältnis. Dank des dreiphasigen AC-Ausgangs der Wechselrichter sind keine speziellen Maßnahmen zur Sicherstellung der phasensynchronen Netzeinspeisung notwendig. Die durchschnittliche PV-Leistung von 5,5 kWp oder 4,5 kWp pro MPPT sorgt für ein sehr genaues Tracking der einzelnen Modulstrings, was insbesondere bei großen Temperatur- oder Einstrahlungsunterschieden im PV-Generator relevant ist.

Für jeden MPPT werden DC-Strom und -Spannung überwacht. Das stellt ein hohes Niveau der Betriebsüberwachung sicher und eine maximale Systemzuverlässigkeit wird ohne zusätzliche Hardware zur Überwachung der Strings garantiert. Die mehrfachen MPPTs ermöglichen außerdem große Flexibilität bei der DC-seitigen Auslegung des PV-Systems. Zudem können Stringspannungen erreicht werden, die nahe der DC-Nennspannung des Wechselrichters liegen. Die Wechselrichter arbeiten dann mit höchstmöglicher Effizienz und erreichen den bestmöglichen Ertrag.

Der TLX Pro-Wechselrichter verfügt über ein integriertes Überwachungssystem. Externe Überwachungsgeräte werden dadurch überflüssig. Alle Pro-Wechselrichter können als System-Master fungieren und damit die Überwachungsschnittstelle der gesamten Anlage bilden. Der Verbindung zu den anderen Wechselrichtern im System kann beliebig über Ethernet LAN in Stern- und/oder Reihenverschaltung erfolgen. Nach Herstellung der Verbindung wird bei Inbetriebnahme automatisch eine IP-Adresse generiert. Zur Vereinfachung der Inbetriebnahme kann auch die integrierte Webserver der Wechselrichter genutzt werden. Über den Master-Wechselrichter können die Einstellungsparameter auf die anderen Wechselrichter in der Anlage übertragen werden. So wird neben der Kommunikationsverkabelung auch die Systemeinstellung vereinfacht, wodurch die Installationsdauer verkürzt und die Installationsfehler reduziert werden.

Dank dem integrierten Überwachungssystem können mehrere Anwender von der Übermittlung des Systemstatus profitieren. Dadurch können Fehler in den Anlagen schnell erkannt und sofort behoben werden, was zu kürzeren Systemausfällen führt. Da die Anlagenbetreiber ihre eigenen PCs mit Standardbrowser verwenden können, haben sie leichten Zugang zu verständlichen Informationen. Über den Webserver des Master-Wechselrichters erhalten Benutzer einen Überblick über die komplette Anlage oder Informationen zu einzelnen Wechselrichtern. Erfahrenere Benutzer können sich eine E-Mail- oder SMS-Benachrichtigung über den aktuellen Anlagenstatus einrichten.

Einleitung

In einem PV-System stellt der Wechselrichter die Verbindung zwischen den Gleichstrom erzeugenden Solarmodulen und dem Wechselstromnetz her, um ein Maximum an Leistung von den Modulen ins Netz zu übertragen. Dazu muss der Wechselrichter aus den Modulen so viel Energie wie möglich entnehmen und diese so effizient wie möglich umwandeln und einspeisen.

In den folgenden Abschnitten wird erläutert, wie Sie ausgehend vom Wechselrichter sowohl die PV-Seite als auch die Netzseite Ihrer Anlage optimieren können.

Zur Sicherstellung einer maximalen Betriebsdauer mit minimalen Ausfallzeiten und empfiehlt sich ein Überwachungssystem.

Je nach Präferenz kommen verschiedene Lösungen in Betracht, im Folgenden wird eine Auswahl davon vorgestellt.

Auch die Installationsart des Wechselrichters kann das System beeinflussen, also wird auch das Thema sein.

Schlussendlich werden noch kurz einige Hinweise zum Herstellerservice genannt.

Photovoltaik-Module und Systemkonfigurationen

Wie viel Sonnenenergie tatsächlich genutzt werden kann, hängt von der Art der Module sowie deren Installationsweise und -ort ab. Solarmodule sind in verschiedenen Bauformen und Größen erhältlich, wodurch viele unterschiedliche Systemkonfigurationen möglich sind. Damit rückt die Auswahl der optimalen Konfiguration gemäß den Installationsbedingungen vor Ort in den Blickpunkt. Der Wechselrichter hat dann die Aufgabe bei beliebigen Systemen möglichst effizient PV-Leistung in AC-Leistung umzuwandeln.

Damit möglichst viele Lösungen umgesetzt werden können, haben wir die TLX-Wechselrichter mit folgenden Kenndaten ausgestattet:

- 4 Leistungsgrößen (8 kVA, 10 kVA, 12,5 kVA, 15 kVA)
- 2 – 3 einzeln geregelte MPP-Tracker mit jeweils:
 - 1000 V_{DC} im Leerlauf
 - 250 – 800 V MPP-Bereich
 - 12 A DC-Eingangsstrom

Ganz am Anfang steht die Auswahl der PV-Module.

2.1 Mono- oder polykristalline Module

Es gibt zwei Typen kristalliner Standard-Solarzellen: die etwas kostengünstigeren polykristallinen Zellen und die monokristallinen Zellen, deren Wirkungsgrad etwas höher ist. Die meisten polykristallinen Zellen werden im 6-Zoll-Format (156 mm × 156 mm) mit einer maximalen Leistung von 4 Wp produziert. Monokristalline Standardzellen sind oft noch im 5-Zoll-Format (125 mm × 125 mm) mit einer Leistung von bis zu 2,8 Wp erhältlich aber auch im 6-Zoll-Format mit einer maximalen Leistung von bis zu 4,2 Wp. Kürzlich wurden neue Wirkungsgradrekorde von Solarzellen für die Serienproduktion veröffentlicht; allerdings werden diese Zellen noch nicht in nennenswertem Umfang produziert.

2.1.1 Polykristalline Standard-Solarmodule

Polykristalline Zellen werden überwiegend in Modulen mit 48, 54 oder 60 Zellen eingesetzt. Auch größere Module mit 72 Zellen sind erhältlich aber weniger gebräuchlich. Der Leistung der Zelle entsprechend leisten diese Module bis zu 190 Wp (48 Zellen), 215 Wp (54 Zellen), 240 Wp (60 Zellen) oder 290 Wp (72 Zellen). Die DC-Eingangsparameter der TLX-Wechselrichter wurden dahingehend optimiert, einen String dieser Module an einen Eingang mit eigenem MPPT anzuschließen.

2.1.2 Monokristalline Standard-Solarmodule

Module mit monokristallinen 6-Zoll-Zellen erobern den Markt immer weiter. Diese sind mit jeweils derselben Anzahl an Zellen erhältlich wie die oben erwähnten polykristallinen Module. Die Leistungswerte monokristalliner Module können bis zu 200 Wp (46 Zellen), 225 Wp (54 Zellen) 250 Wp (60 Zellen) oder 300 Wp (72 Zellen) erreichen. Auch hier ist es am sinnvollsten, einen String an einen DC-Eingang mit eigenem MPPT anzuschließen.

5-Zoll-Zellen werden vorwiegend in Modulen mit 72 oder 96 Zellen eingesetzt. Diese Module leisten bis zu 200 Wp (72 Zellen) oder 270 Wp (96 Zellen). Die maximal mögliche mit den TLX-Wechselrichtern kompatible Leistung pro String beträgt hier 3,8 kWp. Der Installateur muss deshalb mehr Strings an die Wechselrichter anschließen, um einen üblichen Dimensionierungsfaktor im Vergleich zu Modulen mit 6-Zoll-Zellen zu erreichen; z. B. fünf Strings an einen TLX 15k.

2.2 Dünnschichtmodule

Mit TLX-Wechselrichtern kompatibel sind alle Dünnschichtpaneele, die DC-seitig nicht geerdet werden müssen. Für PV-Systeme auf Privathäusern werden insbesondere auf CIS- oder CIGS-Technologie basierende Module verwendet, die auch für den Einsatz mit transformatorlosen Wechselrichtern geeignet sind. Eine große Herausforderung bei der Verwendung von Dünnschichtmodulen ist die hohe Modulspannung. Dadurch verringert sich die maximale Anzahl von Modulen pro String und die maximale Leistung pro String ist auf ca. 1,5 kWp beschränkt. Häufig werden mit Dünnschichtmodulen weniger als 1 kWp Stringleistung erreicht. Deshalb müssen mehr Strings parallel geschaltet werden, um die empfohlene PV-Leistung eines Wechselrichters zu erreichen. Hier kommen die mehrfachen MPPT der TLX-Wechselrichter ins Spiel. Mit drei bis acht Strings pro DC-Eingang/MPPT müssen oftmals keine Stringdioden oder -sicherungen eingesetzt werden. Dadurch werden die Installationskosten gesenkt und eine zusätzliche Fehlerquelle beseitigt.

Nach der Modulauswahl ist die Konfiguration der Strings zur bestmöglichen Nutzung der verfügbaren Fläche und zur Anpassung an die Gegebenheiten des Installationsortes von Bedeutung.

2.3 Dimensionierungsfaktor

Eine PV-Anlage in Mitteleuropa mit hocheffizienten Wechselrichtern, sollte gemäß der Empfehlung von Dr. Bruno Burger¹ einen Dimensionierungsfaktor von $P_{\text{solar}}/P_{\text{inverter}} = 1,12$ nicht überschreiten.

Aufgrund der besseren P_{mpp} -Temperaturkoeffizienten und eines besseren Schwachlichtverhaltens von Dünnschichtmodulen empfiehlt es sich, für diese einen niedrigeren Faktor von maximal 1,1 zu verwenden.

¹ Auslegung und Dimensionierung von Wechselrichtern für netzgekoppelte PV-Anlagen, Dr.-Ing. Bruno Burger, Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, Heidenhofstraße 2, D-79110 Freiburg.

Bei optimal ausgerichteten kristallinen Modulen mit Standardsolarzellen sind mit dem TLX 15k verschiedene Varianten möglich:
Kristalline Standardmodule mit 6-Zoll-Solarzellen:

- 1 String mit bis zu 24 Modulen mit 60 Zellen an jedem der 3 Eingänge
- 1 String mit bis zu 26 Modulen mit 54 Zellen an jedem der 3 Eingänge
- 1 String mit bis zu 30 Modulen mit 48 Zellen an jedem der 3 Eingänge

Kristalline Standardmodule mit 5-Zoll-Solarzellen:

- 5 Strings mit bis zu 20 Modulen mit 72 Zellen aufgeteilt auf die drei Eingänge
- 5 Strings mit bis zu 15 Modulen mit 96 Zellen aufgeteilt auf die drei Eingänge

Bei ungünstiger werdender Ausrichtung und Neigung der Solarmodule, kann der Dimensionierungsfaktor entsprechend höher gewählt werden. So könnte ein Dach mit einer Neigung von 45° und einer Ausrichtung nach Westen einen Faktor von bis zu 1,18 aufweisen, da die Sonneneinstrahlung auf der Modulfläche um die Mittagszeit nicht das Maximum erreicht und die Sonnenstrahlen erst nachmittags mit weniger Einstrahlungsleistung senkrecht auf die Module treffen. Ein PV-System auf einem Dach mit einer Neigung von 6° und einer Ausrichtung nach Westen kann einen maximalen Dimensionierungsfaktor von 1,25 aufweisen, da die Sonnenstrahlen im ganzen Tagesverlauf in schrägem Winkel und entsprechend geringerer Einstrahlungsleistung auf die dachparallel montierten Module auftreffen.

Nordwesten	Westen	Südwesten	Süden	Südosten	Osten	Nordosten	Nord	Neigung in °
125	125	118	118	118	125	125	125	<10
125	118	112	112	112	118	125	125	10
125	118	112	112	112	118	125	125	20
125	118	112	112	112	118	125	125	30
125	118	112	112	112	118	125	125	40
125	118	112	112	112	118	125	125	50
125	118	112	112	112	118	125	125	60
125	125	118	118	118	125	125	125	70
125	125	118	118	118	125	125	125	80
125	125	125	125	125	125	125	125	90

Tabelle 1: Auslegungsfaktor in % bezogen auf die Ausrichtung der Module – Mitteleuropa

Für Installationen in Südeuropa wird ein niedrigerer Dimensionierungsfaktor empfohlen. Die PV-Leistung kann ganz einfach verringert werden, indem die Anzahl der kristallinen Module pro String verringert wird bzw. bei Verwendung von Dünnschichtmodulen indem weniger Strings an den Wechselrichter angeschlossen werden.

2.4 Maximale DC-Spannung und reguläre MPP-Spannung

Bei der Festlegung der maximalen Modulanzahl pro String muss der negative Temperaturkoeffizient für Leerlaufspannung (U_{oc}) von Solarmodulen berücksichtigt werden. In Mitteleuropa wird die maximale DC-Spannung üblicherweise bei -10 °C berechnet. Bei dieser Temperatur können Solarmodule theoretisch U_{oc} -Werte erreichen, die bis zu 13 % über den entsprechenden Werten bei Standardtestbedingungen liegen. Es können zwar auch tiefere Modultemperaturen auftreten, was aber im Regelfall vernachlässigt werden kann, da eine geringere Sonneneinstrahlung auch zu niedrigeren U_{oc} -Werten führt. Beispiel: bei einer Einstrahlung von 200 W/m² ergibt sich ein um etwa 10% niedrigerer U_{oc} -Wert als bei einer Einstrahlung von 1000 W/m². Dennoch erreicht auch bei 200 W/m² die Modultemperatur deutlich höhere Werte als die Umgebungstemperatur.

Zur Bestimmung der regulären MPP-Spannung unter realistischen Bedingungen müssen diese zunächst definiert werden. Deshalb wurde die NOCT entwickelt, die „Nominal Operating Cell Temperature“ (Zelltemperatur im Normalbetrieb). Dieser Wert wird auch auf dem Datenblatt eines Moduls angegeben und steht für die typische Zelltemperatur, mit der das Modul im Jahresverlauf arbeitet (bei kristallinen Modulen rund 45 °C).

Die MPP-Spannung im Normalbetrieb ist wichtig zur Bestimmung der Wechselrichtereffizienz. Anders als die meisten einphasig einspeisenden Wechselrichter erreichen hocheffiziente dreiphasige Wechselrichter im Alltagsbetrieb MPP-Spannungen, die annähernd ihrer DC-Nennspannung entsprechen. Das heißt, dass die Wechselrichter mit dem auf dem Datenblatt angegebenen Wirkungsgrad tatsächlich arbeiten.

Daraus ergibt sich folgende Faustregel: Zum Erreichen der bestmöglichen Wechselrichtereffizienz sollte die maximale Modulanzahl pro String angestrebt werden. Wenn ein einzelner String mit geringer Modulanzahl niedrigere DC-Spannung erreicht, betrifft der entsprechend niedrigere Wirkungsgrad nur einen Teil der an den Wechselrichter angeschlossenen Module, was nur geringe Auswirkungen auf den Gesamtwirkungsgrad zur Folge hat.

2.5 Maximum Power Point Tracker (MPPT)

An einen einzelnen MPPT der TLX-Wechselrichter wird in der Regel eine PV-Leistung von bis zu 4,5 kWp oder 5,5 kWp angeschlossen. Bei Bedarf sind auch über 6 kWp an einem MPPT möglich. Dank mehrerer MPPT und den vier Leistungsgrößen der TLX-Wechselrichter ist eine Lösung für jede Modulanzahl mit passender Leistung möglich. Dadurch werden Erträge maximiert und Kosten minimiert. Teilverschattungen und verschiedene Dachausrichtungen können ohne übermäßigen Aufwand in der Anlagenauslegung berücksichtigt werden. Die geringe Stringanzahl ermöglicht ein individuelles MPP-Tracking pro String; der String arbeitet mit MPP-Spannungswerten nahe der DC-Nennspannung des Wechselrichters und durch die höheren DC-Spannungen werden Kabelverluste reduziert.

2.6 Leitungsverluste

In den DC-Leitungen einer PV-Anlage entstehen Verluste. Bei gleicher Leistung, die durch eine Leitung übertragen wird, können die Verluste entweder durch einen größeren Leiterquerschnitt oder durch Erhöhung der Spannung verringert werden. Im Allgemeinen empfiehlt es sich, die gesamten Leitungsverluste unter 1 % zu halten.

Bei einer Modulkonfiguration mit MPP-Spannungen im Bereich um $700 V_{DC}$ wird der Betrieb bei höchstmöglichen Spannungen erreicht. So können Verkabelungskosten eingespart werden, da die Leiterquerschnitte kleiner sein können. Üblicherweise können in den meisten Installationen Querschnitte von 4 mm^2 bei einer Gesamtlänge der DC-Leitungen von 200 m eingesetzt werden. Bei Installationen mit einer Gesamtlänge der DC-Leitung von 300 m bleiben die Verluste auch bei Querschnitten von 6 mm^2 unter 1 %. Da das DC-Spannungsniveau deutlich höher ist als die Netzwechselspannung, empfiehlt es sich außerdem, die langen Leitungswege DC-seitig verlaufen zu lassen, weil dies dazu beiträgt, die Leitungsverluste insgesamt niedrig zu halten.

2.7 Fazit

Der TLX-Wechselrichter bietet dank der maximalen DC-Spannung von $1000 V_{DC}$ und 2 – 3 DC-Eingängen mit unabhängig voneinander arbeitenden MPP-Trackern eine hohe Flexibilität bei der Ausführung der PV-Anlage. An den Wechselrichter können alle kristallinen Module angeschlossen werden, es können Dünnschichtmodule eingesetzt werden, und da es den TLX-Wechselrichter in verschiedenen Leistungsgrößen gibt, kann immer ein nahezu optimales Verhältnis zwischen PV-Leistung und AC-Leistung des Wechselrichters erreicht werden, sodass das System unter den gegebenen Bedingungen immer so effizient wie möglich arbeitet.

Wenn also die optimale DC-Konfiguration ermittelt wurde, muss dem AC-seitigen Anschluss der Wechselrichter gleichermaßen Aufmerksamkeit geschenkt werden.

Netz- und Wechselspannungskonfiguration

Trotz fortlaufender Harmonisierung ist die Einspeisung der erzeugten Energie in das Netz keine einfache Aufgabe. Sie hängt von der Größe der Installation und der Art des Netzes ab. Nicht nur die Anforderungen in verschiedenen Ländern unterscheiden sich auch in ein- und demselben Land können die netzbedingten Anforderungen beispielsweise von der Einspeisleistung abhängen.

Die Kenndaten der TLX-Wechselrichter bezüglich der Wechselspannungsseite lauten:

- Dreiphasiger AC-Ausgang mit $3 \times 400 \text{ V}_{\text{AC-L}}$
- Netzeinstellungen für 17 Länder, zusätzlich Netzunterstützungseinstellungen

In größeren Systemen mit mehreren Wechselrichtern ist auch der Einbauort der Wechselrichter wichtig. Dabei ist auch der Aufwand für AC- und DC-Verkabelung zu berücksichtigen.

3.1 AC-Anschlusspunkt

Der Anschlusspunkt einer PV-Anlage an das öffentliche Versorgungsnetz bestimmt die Parameter mit denen der Wechselrichter einspeisen darf. Der Anschlusspunkt wird vom VNB (Verteilungsnetzbetreiber) vorgegeben. Dabei werden folgende Kriterien zugrunde gelegt: die Netzeinspeisung darf nicht die Leistung des Niederspannungsnetzes beeinträchtigen, und es dürfen keine Störungen des Netzes, der Stromversorgung oder der angeschlossenen Stromverbraucher verursacht werden. Werden mehrere PV-Systeme über einem Anschlusspunkt an das Stromnetz angeschlossen, wird die gesamte Stromerzeugungskapazität vom VNB berücksichtigt.

3.2 Niederspannungsnetz

Kleinere PV-Systeme mit bis zu 100 kVA werden normalerweise an das Niederspannungsverteilungsnetz angeschlossen. Im Vergleich zu PV-Anlagen, die an das Mittelspannungsnetz angeschlossen werden, sind bei der Einspeisung ins Niederspannungsnetz weniger Anforderungen zu beachten. Allerdings ist die Tendenz klar erkennbar, dass die Vorschriften für das Mittelspannungsnetz zunehmend auch in die Bedingungen für den Niederspannungsnetzanschluss einfließen, sodass bestimmte Anforderungen zur Netzunterstützung durch die Wechselrichter nun auch in gewissem Umfang für die Niederspannungsnetzeinspeisung gelten.

3.2.1 Netzunterstützungsleistungen für Niederspannungsnetze

Beispielsweise in Deutschland werden ab Juli 2011 neue Anforderungen für die Netzunterstützung in Kraft treten, wo dann durch die Wechselrichter eine aktive Leistungsminderung sowie eine Blindleistungsregelung zu leisten ist.

Bei überhöhten Netzfrequenzen muss eine Leistungsreduzierung erfolgen und die Wechselrichter müssen auch in der Lage sein Blindleistung zu regeln, entweder als festen Wert von $\cos(\varphi)$ oder in Abhängigkeit von der erzeugten Leistung. Dies erfüllen alle TLX+ und TLX Pro+ bei Auswahl der Ländereinstellung Deutschland LV (ab 01.07.2011).

3.2.2 Wechselrichterstandort

TLX-Wechselrichter ermöglichen ein hohes DC-Spannungsniveau. Daher können mit Standard-Solarkabeln große Entfernungen überbrückt werden, was eine hohe Flexibilität bei der Wahl des Wechselrichterstandortes erlaubt. Die Kosten für DC- und AC-Verkabelung können im Allgemeinen am niedrigsten gehalten werden, indem alle Wechselrichter am selben Ort installiert werden, im Idealfall nahe des AC-Anschlusspunkts. Bei der Installation eines PV-Systems auf mehreren Gebäuden können die TLX-Wechselrichter in Gruppen pro Gebäude oder, bedingt durch das hohe DC-Spannungsniveau, alle am selben Ort angebracht werden. Dank dieser Flexibilität werden Leitungsverluste, Kabelinstallationskosten sowie der Aufwand für AC-Unterverteilungen minimiert.

3.3 Fazit

Die TLX-Wechselrichter sorgen dafür, dass die erzeugte PV-Energie gemäß allen Normen und Gesetzen problemlos ins Netz eingespeist werden kann.

Die Wechselrichter erzeugen immer eine phasensymmetrische Leistung und verfügen über Einstellungsfunktionen zur Einhaltung sämtlicher Netzvorschriften von insgesamt 17 Ländern.

Nachdem optimale Lösungen für das DC-Design und den Netzanschluss gefunden wurden, besteht der nächste Schritt darin, eine PV-Anlagenüberwachung einzurichten, mit der die regelmäßige und einfache Kontrolle von Anlagenleistung und -ertrag möglich ist, sodass bei möglichen Problemen schnell und vorausschauend eingegriffen werden kann.

Datenübertragung und Anlagenüberwachung

Während des Anlagenbetriebs liegt das Hauptinteresse des Betreibers darin, dass die PV-Anlage auch auf längere Sicht problemlos funktioniert. Dank moderner Hardware und anspruchsvoller Softwarelösungen bietet die TLX-Wechselrichterreihe ausgefeilte Funktionen zur Datenaufzeichnung und -darstellung, die eine umfassende Überwachung unterstützen. Egal, ob Sie sich für eine integrierte oder eine externe Lösung entscheiden – die TLX-Wechselrichter bieten verschiedene Möglichkeiten zur Interaktion:

- Integrierter Webserver
- Kompatibilität zu externen Überwachungsgeräten
- Integriertes Display

Je nachdem, welche Art der Interaktion Sie bevorzugen, können verschiedene Kommunikationsarten gewählt werden:

- Ethernet-Kommunikation
- RS-485-Kommunikation
- GSM-Kommunikation

Zur Überwachung der Gesamtanlage über den Webserver im Master-Wechselrichter sind die weiteren Wechselrichter via Ethernet-Kommunikation mit dem Mastergerät zu verbinden. Dazu ist erforderlich, dass ausschließlich TLX Pro-Geräte eingesetzt werden, wobei jeder Wechselrichter einer Anlage als Master ausgewählt werden kann.

Im Folgenden werden zunächst die Kommunikationsmöglichkeiten erläutert, die die Grundlage für die verschiedenen Interaktionsvarianten bilden. Diese werden nacheinander genauer beschrieben. Schließlich wird noch auf Zubehörprodukte hingewiesen.

4.1 Kommunikationsnetzwerk-Optionen

Der Webserver des TLX Pro bietet eine kostengünstige Lösung zur Datenaufzeichnung und Anlagenüberwachung. Die Kommunikation der Wechselrichter untereinander erfolgt über Ethernet, vergleichbar mit jedem anderen Ethernet-LAN. Alle individuellen Wechselrichterparameter und Parameter des Gesamtsystems sind über den Master-Wechselrichter zugänglich. So kann über einen einzelnen Zugangspunkt auf das gesamte Wechselrichterkommunikationsnetzwerk zugegriffen werden.

4.1.1 Integrierte Anlagenüberwachung, Ethernet-Kommunikation

Der TLX Pro bietet ein großes Datenaufzeichnungsvolumen (die Speicherkapazität beträgt bei 10-minütigen Intervallen 34 Tage). Die Aufzeichnungsintervalle können geändert werden (jede Minute, alle 10 Minuten oder einmal pro Stunde). Die gespeicherten Daten sind über eine LAN-Verbindung zum Wechselrichter zugänglich. Das LAN-Netzwerk kann auf zwei Arten konfiguriert werden:

a) Direkter Zugang

Direkter Anschluss Ihres Computers an einen der TLX Pro-Wechselrichter über LAN:

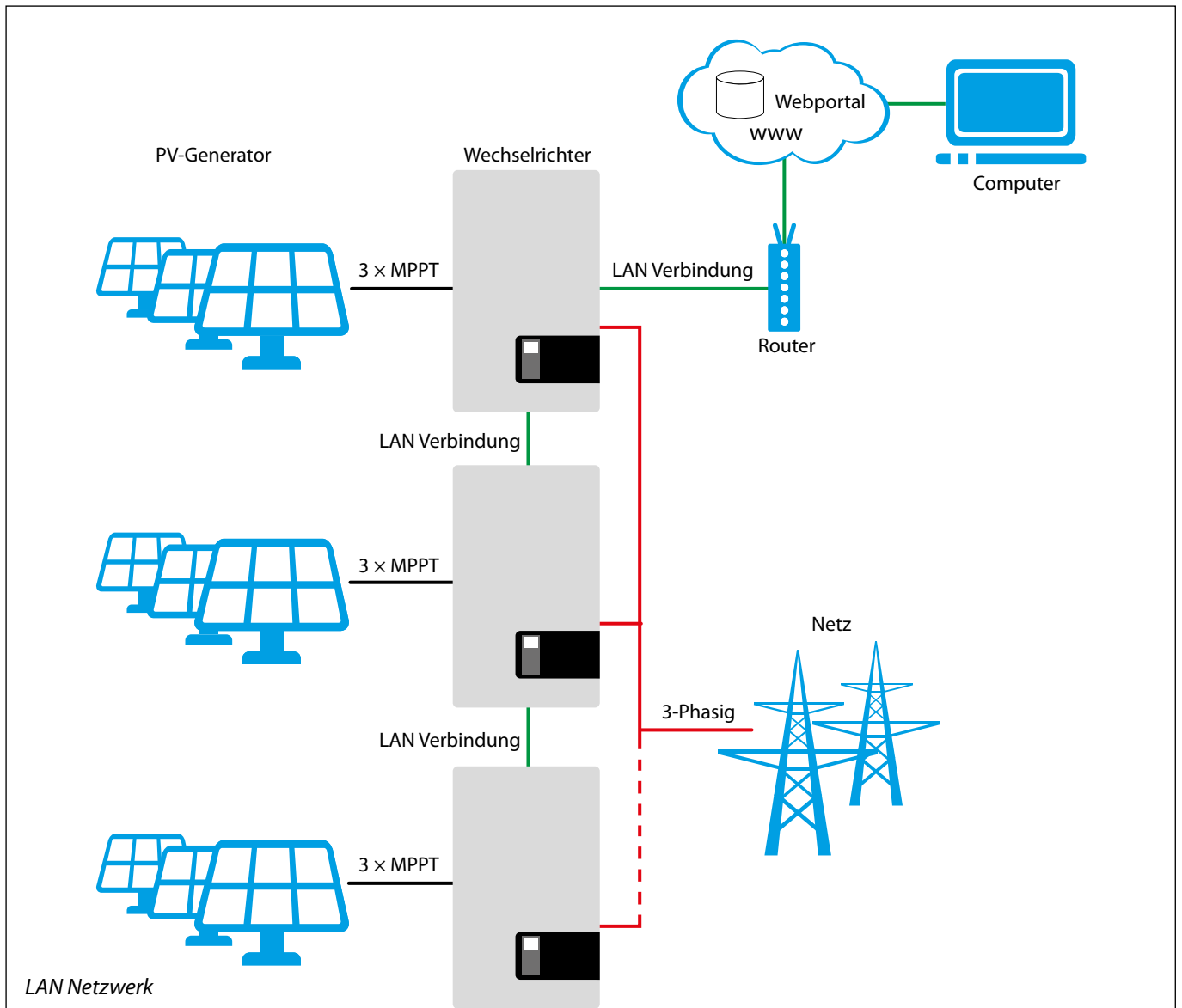
- Automatische Adressierung (APIPA), kein Router, kein DHCP
- Zugriff auf den Webserver durch Internet-Browser (Explorer oder Firefox)

Der integrierte Webserver bietet umfassende Überwachungs- und Anzeigefunktionen.

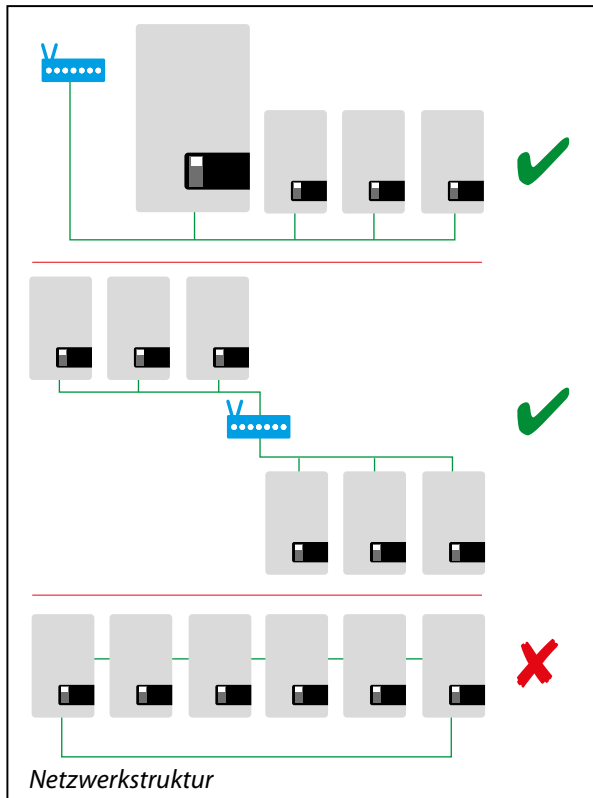
b) Internetzugang

Anschluss eines TLX Pro-Wechselrichters über LAN an das Internet; siehe Abbildung.

- Router mit DHCP zur IP-Adressenvergabe an Hosts (Wechselrichter und Computer)
- Lokaler Zugriff auf die Wechselrichter von einem lokalen Computer über Explorer oder Firefox
- Zugriff auf Wechselrichter über Internet durch Explorer oder Firefox
- Konfiguration der NAT-Tabellen des Routers erforderlich
- Der integrierte Webserver erlaubt die Nutzung umfassender Verwaltungs- und Überwachungsfunktionen sowie die Möglichkeit, Daten über FTP an einen Webportal-Anbieter weiterzuleiten oder als E-Mail an vorgegebene Empfänger zu senden.

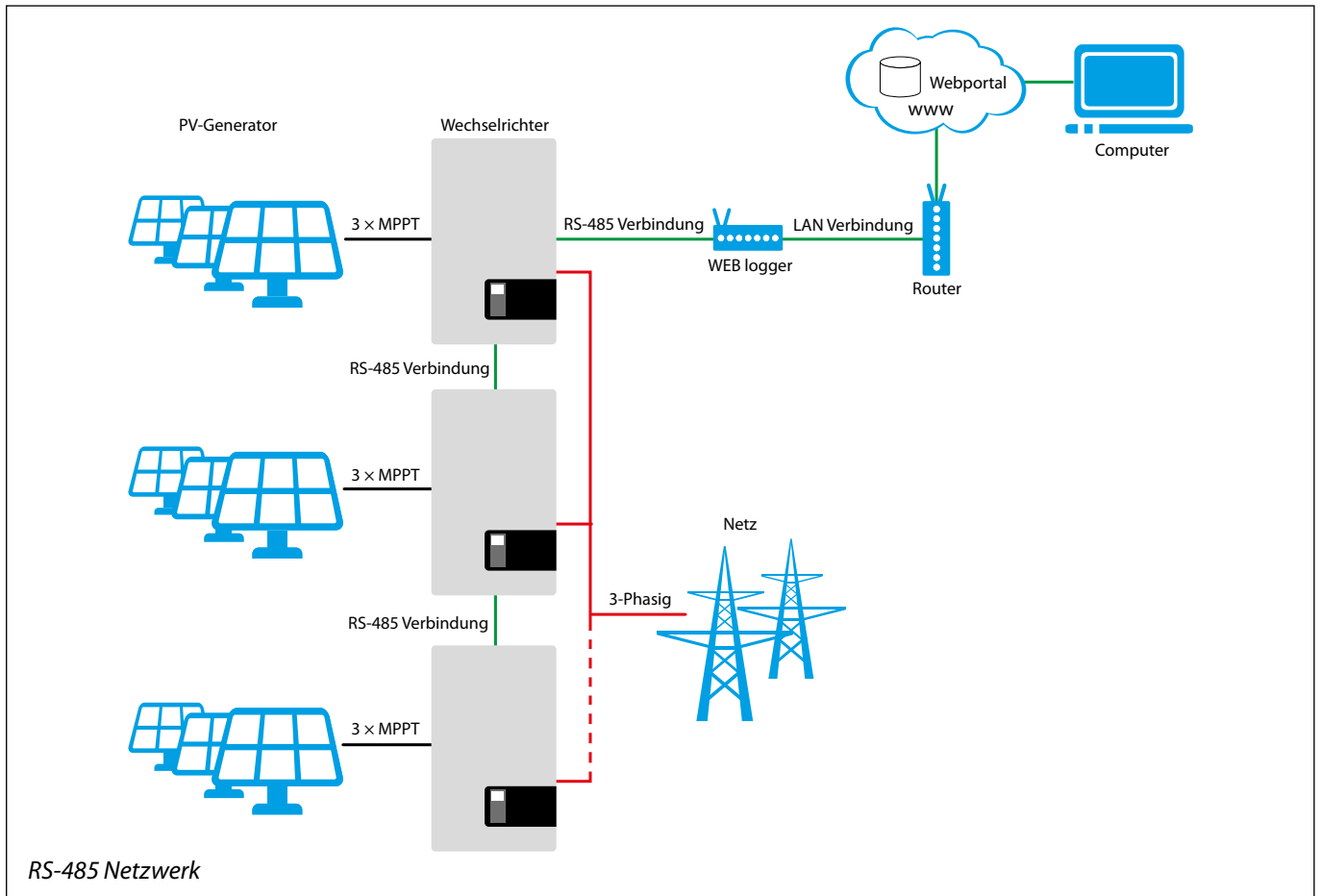


Netzwerkstruktur



4.1.2 RS-485-Kommunikation

Als Alternative zur integrierten Überwachung kann auch ein externer Daten- oder Weblogger (ComLynx-Reihe oder ein Produkt von Drittanbietern) über RS-485-Kommunikation an den Wechselrichter angeschlossen werden. Zur Anlagenüberwachung greift der Computer auf die externen Kommunikationsgeräte zu. Das RS-485-ComLynx-Protokoll ist offen für Drittanbieter, sodass deren Kommunikationslösung genutzt werden können.



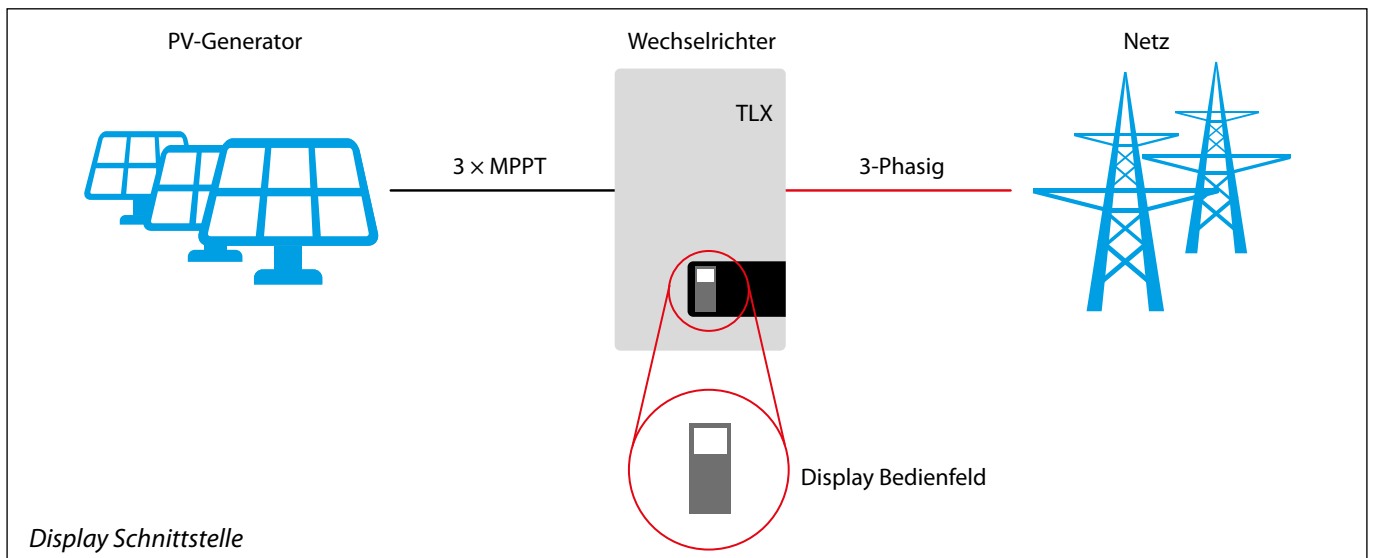
4.1.3 GSM-Kommunikation

Ein TLX-Wechselrichter kann mit einem GSM-Modem aufgerüstet werden. So können Daten via GSM an externe Webportalanbieter oder SMS-Empfänger übertragen werden.

Hinweis: In Wechselrichternetzwerken mit TLX Pro-Wechselrichtern muss nur der festgelegte Master-Wechselrichter mit dem GSM-Modem aufgerüstet werden.

4.1.4 Display

Die Wechselrichterdaten können jederzeit über das Display angezeigt werden. Ebenso können alle notwendigen Geräteeinstellungen an dem Bedienfeld des Displays vorgenommen werden.



4.2 Webserver

Via Ethernet-Netzwerk kann über den im Master-Wechselrichter integrierten Webserver auf die gespeicherten und aktuellen Daten aller TLX Pro-Wechselrichter zugegriffen werden. Sobald das Netzwerk eingerichtet wurde, wird in den Internet-Browser (Explorer oder Firefox) Name oder Seriennummer von einem der Wechselrichter in das Adressfeld eingegeben. Über den Webserver können alle relevanten Parameter angezeigt werden, und zwar schneller, einfacher und anschaulicher als über das Display.

Der Webserver bietet folgende Visualisierungs- und Einstellungsmöglichkeiten:

- Setup des Wechselrichters
- Anlagenstatus
- Anzeige von Grafiken und Kurven (Ertrag, reduzierte CO₂-Emissionen usw.)
- Einstellung der Kommunikation (E-Mail oder SMS an Empfänger)
- Dynamische Sprachauswahl aus acht Sprachen

Des Weiteren können die Daten in verschiedenen Formaten exportiert sowie analysiert und verglichen werden.



4.3 Master-Funktionalität

Die TLX Pro-Wechselrichter bieten eine Master-/Follower-Funktion, bei der jeder TLX Pro-Wechselrichter als Master-Wechselrichter eines oder mehrerer Follower-Wechselrichter bestimmt werden kann.

Dank der Master-Funktionalität werden die Einstellungen zur Inbetriebnahme und die Anlagenüberwachung erheblich erleichtert, da sie Folgendes ermöglicht:

- Sammeln und Zusammenfassen von Daten aus dem gesamten Wechselrichter-Kommunikationsnetzwerk
- Daten-Upload in ein Webportal
- Senden von E-Mails oder SMS
- Einstellungsübertragung vom Master-Wechselrichter auf die untergeordneten Wechselrichter zur Anlageninbetriebnahme

4.4 ComLynx-Datenlogger

Für zusätzliche Speicherkapazität kann der Wechselrichter alternativ über die RS-485-Schnittstelle an ein externes Überwachungsgerät angeschlossen werden.

So erhalten Sie 1,5 – 4 Jahre Speicherkapazität und Kommunikation via RS-485-Bus.

Danfoss bietet in der ComLynx-Reihe verschiedene Daten- und Weblogger an.

- ComLynx Datalogger und ComLynx Datalogger + mit Sensorschnittstelle
- ComLynx-Weblogger optional mit Sensorschnittstelle

Die ComLynx-Geräte übertragen alle wichtigen Parameter (Ertrag, Wechselrichterereignisse usw.) von einem Wechselrichter für den Fernzugriff auf einen Computer oder ein Modem.

Zusätzlich zu den ComLynx-Geräten von Danfoss sind auch andere Überwachungslösungen mit den Solarwechselrichtern von Danfoss kompatibel. Informationen dazu erhalten Sie von Ihrem Händler.

4.5 System-Zubehör

4.5.1 Router

Zur Kommunikation der Wechselrichter via Internet sollte zur Steuerung des Datenverkehrs ein Router eingesetzt werden, der beispielsweise mit DHCP für die Zuordnung von IP-Adressen an Hosts (Wechselrichter und Computer) sorgt. Dazu sind die NAT-Tabellen des Routers zu konfigurieren.

Bei kleineren PV-Systemen sind Router für den Hausgebrauch oftmals ausreichend.

4.5.2 Sensor Kit

An die in allen TLX-Wechselrichtern integrierte Sensorschnittstelle können Sensoren direkt angeschlossen werden. Mittels dieser externen Sensoren ist eine detaillierte Überwachung der Umgebungsbedingungen möglich, damit eine exakte Performance-Bestimmung erfolgen kann.

Das Sensor Kit von Danfoss umfasst:

- Einstrahlungssensor
- Modultemperaturfühler
- Umgebungstemperaturfühler



4.5.3 S0-Schnittstelle zum Energiezähler

Die Verarbeitung von Signalen eines Energiezählers gemäß EN62053-31, Anhang D wird unterstützt. Die Daten des Energiezählers werden auf dem Display, dem Webserver oder über ein externes Überwachungsgerätdargestellt.

4.6 Fazit

Anhand der Überwachungsoptionen können Sie die Funktion der PV-Anlage aktiv verfolgen, wodurch potentielle Probleme schnell erkannt werden können. Bei Störungen kann eine einfache Fehlersuche und -behebung ausgeführt werden, da die möglichen Ursachen mithilfe des detaillierten Systemüberblicks schnell eingegrenzt werden können. Dank der integrierten Überwachungslösung genießen Sie die Vorteile einer detaillierten Anlagenüberwachung, ohne weitere Geräte anschließen zu müssen.

Die vereinfachte Installation sowie die einfache Verkabelung und Handhabung erfüllen höchste Anforderungen an moderne Wechselrichter.

Installation

Das geringe Gewicht und die kleinen Abmessungen der Stringwechselrichter ermöglichen eine einfache Aufstellung der Geräte an einem bereits vorhandenen Platz im oder am Gebäude.

Kenndaten der Wechselrichter:

- 35 kg
- 700×525×250 mm

TLX-Wechselrichter mit Schutzart IP54 sind zur Installation im Außenbereich geeignet und müssen nicht zusätzlich geschützt werden, wenn sie im Schatten installiert werden. Sie können jedoch auch innerhalb eines Gebäudes eingebaut werden, sofern dies in einem gut belüfteten Raum erfolgt. Falls sich die Anlage in einer Höhe über 1000 m befindet, müssen zusätzliche Aspekte im Hinblick auf den Auslegungsfaktor berücksichtigt werden, um den geringeren Kühleffekt durch dünnere Luft auszugleichen.

5.1 Einbauorte der Wechselrichter

In den meisten Fällen wird die Installation in dem oder den Gebäuden bevorzugt, auf denen sich eine PV-Anlage befindet. Wenn TLX-Wechselrichter eingesetzt werden, müssen nur zwei oder drei Paar DC-Leitungen pro Wechselrichter verlegt werden. Sollten bei einigen Solarmodul-Typen von mehr Strings erforderlich sein, können String-Paare durch Y-Verbinder bereits am PV-Generator parallel geschaltet werden. Es besteht auch die Möglichkeit alle Wechselrichter eines PV-Systems, dass sich auf mehrere Dächer verteilt, an einem gemeinsamen Standort anzubringen.

5.2 Verkabelung

5.2.1 AC-seitig

Einfach einsetzbare fünfadrig Standard-AC-Kabel mit einem Leiterquerschnitt von 4 mm² bis 10 mm² können den Anschluss der Wechselrichter an den Einspeisungspunkt eingesetzt werden.

Bei 15-kVA-Wechselrichter können Entfernungen von bis zu 60 m zum Netzanschluss mit 10 mm²-Kabeln ohne höhere Kabelverluste überbrückt werden.

5.2.2 DC-seitig

In den meisten Fällen ist 4 mm²- oder 6 mm²-Solarkabel ausreichend für den Anschluss der Modulstrings an den Wechselrichter. Bei Verwendung von 6 mm²-Solarkabel können Gesamtleitungslängen bis 300 m ohne überhöhte Leitungsverluste realisiert werden. Eine weitere Möglichkeit zur Kosteneinsparung oder eine Alternative zur Überbrückung längerer DC-Leitungswege besteht darin, dass alle Strings eines Wechselrichters am PV-Generator parallel geschaltet und mit einem Leitungspaar an den Wechselrichter angeschlossen werden. Als DC-Leitung können Standard-Kupferkabel mit einem Querschnitt von 25 oder 35 mm² eingesetzt werden, die Entfernungen von mehreren Hundert Metern überbrücken können. Die Wechselrichter arbeiten dann im Parallelmodus und die PV-Leistung wird auf alle DC-Eingänge eines Wechselrichters gleichmäßig aufgeteilt.

5.2.3 Kommunikationskabel

Ethernet-Verbindung erfordert:

- Cat-5-Kabel
- Zwischen einem TLX Pro-Wechselrichter und einem Computer / Internetanschluss
- Zwischen TLX Pro-Wechselrichtern

RS-485-Anschluss erfordert:

- Cat-5-Kabel:
- Zwischen einem Web-/Datenlogger und einem Wechselrichter
- Zwischen Wechselrichtern (Hinweis: keine Pro-Funktionen)

RS-232-Anschluss erfordert:

- Modemkabel
- Zwischen Daten-/Weblogger und Modem (Modemkabel)
- Null-Modem-Kabel
- Zwischen Datenlogger und PC

5.3 Fazit

Durch die einfache Handhabung der TLX-Wechselrichter ist am Installationsort volle Flexibilität garantiert. Für das PV-System mit perfektem Anlagendesign, optimaler Installation und umfassender Überwachung steht auch die Sicherheit des Danfoss-Servicesystems bereit.

Service

Das weitreichende Service-Netzwerk von Danfoss gewährleistet umfassende Betreuung bei der Behebung von möglichen Anlagenproblemen.

Die Service-Hotline ist während der normalen Geschäftszeiten erreichbar. Unser Servicepersonal spricht Englisch, Deutsch, Französisch, Spanisch und Italienisch und kann Ihnen genau die technische Unterstützung bieten, die Sie benötigen.

Sollte einer Ihrer Wechselrichter ausgetauscht werden müssen, garantieren wir schnellstmöglichen Versand innerhalb der folgenden 24 Stunden.

Wenn das Problem nicht über unsere Hotline oder durch Austausch eines Wechselrichters gelöst werden kann, wird innerhalb der nächsten 24 Stunden ein Serviceteam zu Ihnen geschickt, um sich das System vor Ort anzusehen. Die Serviceteams bestehen aus erfahrenen Technikern, die speziell für den Service von Solarwechselrichtern und PV-Systemen geschult wurden.

Die Standardgarantie ist 5 Jahre gültig und kann auf 10 Jahre verlängert werden.

Funktion		Netzart	TLX	TLX+	TLX Pro	TLX Pro+	
Master-Funktionalität	Ethernet-Kommunikation						
	Einstellungsvergabe				x	x	
	Software Update über Master-Inverter						
	Daten Upload						
Integrierter Datenlogger	Wechselrichter Einstellungs-Backup				x	x	
	Speicherkapazität		3 Tage	3 Tage	34 Tage	34 Tage	
	Sensorschnittstellen		x	x	x	x	
Internes Monitoring	Ethernet-Kommunikation						
	Webserver				x	x	
	Alarmmeldung						
Comlynx Monitoring	RS-485 Kommunikation						
	Daten Upload		x	x	x	x	
	Alarmmeldung						
Fremdgeräte Monitoring	RS-485 Kommunikation						
	Daten Upload		x	x	x	x	
	Alarmmeldung						
GSM Modem	Daten Upload auf FTP Server		x	x	x	x	
	Daten Upload durch Master-Inverter				x	x	
Netzunterstützungsleistungen mit Master Funktionalität und Grid Management Box	Leistungsbegrenzung	LV/MV			x	x	
	P(F)	LV/MV				x	
	PF	MV				x	
	Q	MV				x	
	PF(P)	MV				x	
	Q(U)	MV				x	
	Fault Ride Through	MV					x
Netzunterstützungsleistungen mit keinem oder einem Fremdprodukt	PLA	LV/MV	x	x	x	x	
	P(F)	LV/MV		x		x	
	PF	MV		x		x	
	Q	MV		x		x	
	PF(P)	MV				x	
	Q(U)	MV					
	Fault Ride Through	MV		x			x

Danfoss Solar Inverters A/S

Danfoss GmbH
Solar Inverters
Carl-Legien-Str. 8
63004 Offenbach/Main
Germany
Telefon: +49 (0) 69 8902-0
Fax: +49 (0) 69 8902-319
E-Mail: solar-deutschland@danfoss.com
www.danfoss.de/solar

Die in Katalogen, Prospekten und anderen schriftlichen Unterlagen, wie z.B. Zeichnungen und Vorschlägen enthaltenen Angaben und technischen Daten sind vom Käufer vor Übernahme und Anwendung zu prüfen. Der Käufer kann aus diesen Unterlagen und zusätzlichen Diensten keinerlei Ansprüche gegenüber Danfoss oder Danfoss Mitarbeitern ableiten, es sei denn, dass diese vorsätzlich oder grob fahrlässig gehandelt haben. Danfoss behält sich das Recht vor, ohne vorherige Bekanntmachung im Rahmen des Angemessenen und Zumutbaren Änderungen an ihren Produkten – auch an bereits in Auftrag genommenen – vorzunehmen. Alle in dieser Publikation enthaltenen Warenzeichen sind Eigentum der jeweiligen Firmen. Danfoss und das Danfoss Logo sind Warenzeichen der Danfoss A/S. Alle Rechte vorbehalten.

