

1. Das konventionelle Wechselstromgenerator-System

Wenn man nur die Installationskosten je Leistungseinheit (kW) betrachtet, ist ein Wechselrichter teurer als ein Generator. Warum sollte man dennoch darüber nachdenken, ein solches Gerät zusätzlich zum Generator einzubauen?

Neben dem offensichtlichen Vorteil der Geräuschlosigkeit, mit der so Wechselstrom ins Bordnetz eingespeist werden kann, gibt es in der Tat weitere Gründe für die Integration einer Multi Lader/Wechselrichter-Kombination in ein Wechselstrombordnetz mit Generator. Dazu gehören:

- Brennstoffeinsparung
- Zeit- und Kosteneinsparungen durch reduzierten Wartungsaufwand
- Verlängerte Lebensdauer des Generators
- Durchgängige Verfügbarkeit von Wechselstrom

Abb. 1 zeigt eine typische Wechselstrombedarfskurve mit einer morgendlichen Belastungsspitze von 3 kW über eine Stunde, einer 2,5 kW Spitze mittags und einer abendlichen 6 kW- Belastung. Zwischen den Spitzenbelastungen liegt die durchschnittliche Last bei lediglich 500 W. Nach der abendlichen Spitze werden über einige Stunden ca. 1 kW benötigt.

Ein 7,5 kW Wechselstromgenerator als einzige Stromquelle läuft dann täglich ca. 17 Stunden, mit einer Auslastung von weniger als 15 % über 70% der Zeit.

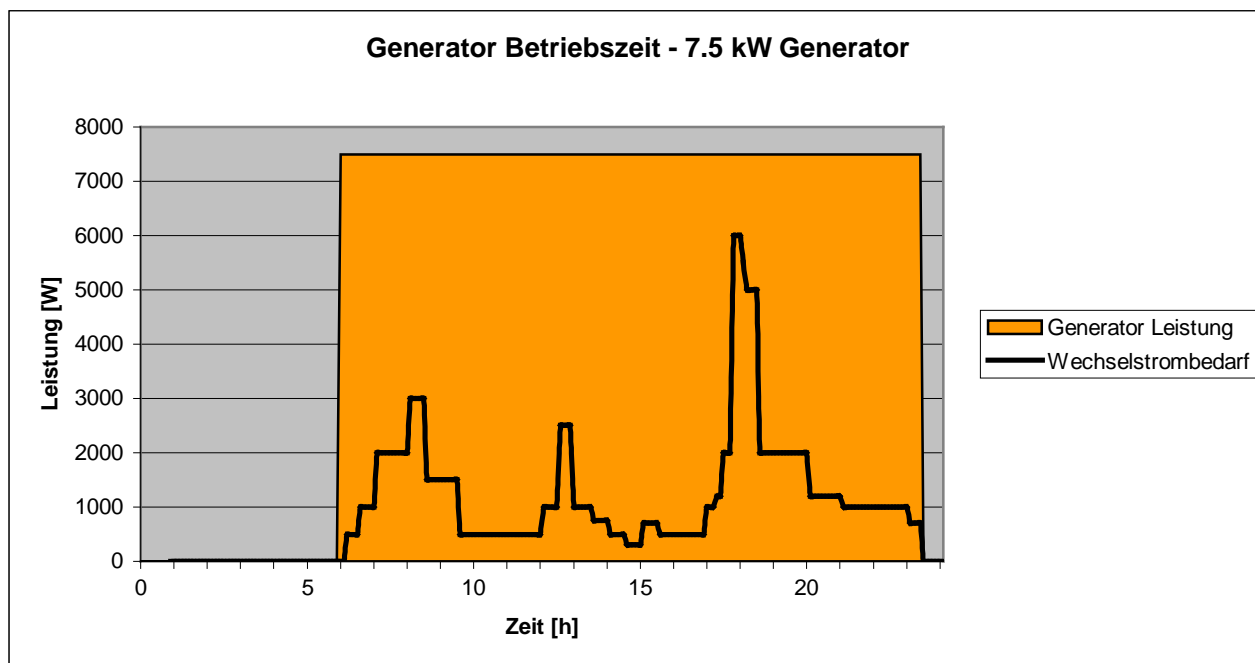


Abb. 1. System mit 7.5 kW Generator

2. System mit zusätzlichem Victron MultiPlus

Wenn eine Victron MultiPlus 24/3000/70 Lader/Wechselrichter-Kombination und eine Bordnetzatterie dazukommt (entsprechend dem Schaltschema im Anhang), kann während der überwiegenden Zeit dieser Umformer den benötigten Wechselstrom bereitstellen. Lediglich bei Belastungsspitzen wird der Generator zugeschaltet (vorzugsweise automatisch über den Multi oder den Batterie Monitor), wobei eventuelle Überschussleistung noch zur Batterieladung genutzt werden kann.

Abbildung 2 zeigt das bereits bekannte System jetzt mit dem zusätzlichen Victron MultiPlus. Die Generatorlaufzeit geht auf 5 Stunden/Tag zurück, wobei die Auslastung auf ca. 70 % steigt. Während der verbleibenden 12 Stunden Wechselstromnutzung herrscht Ruhe.

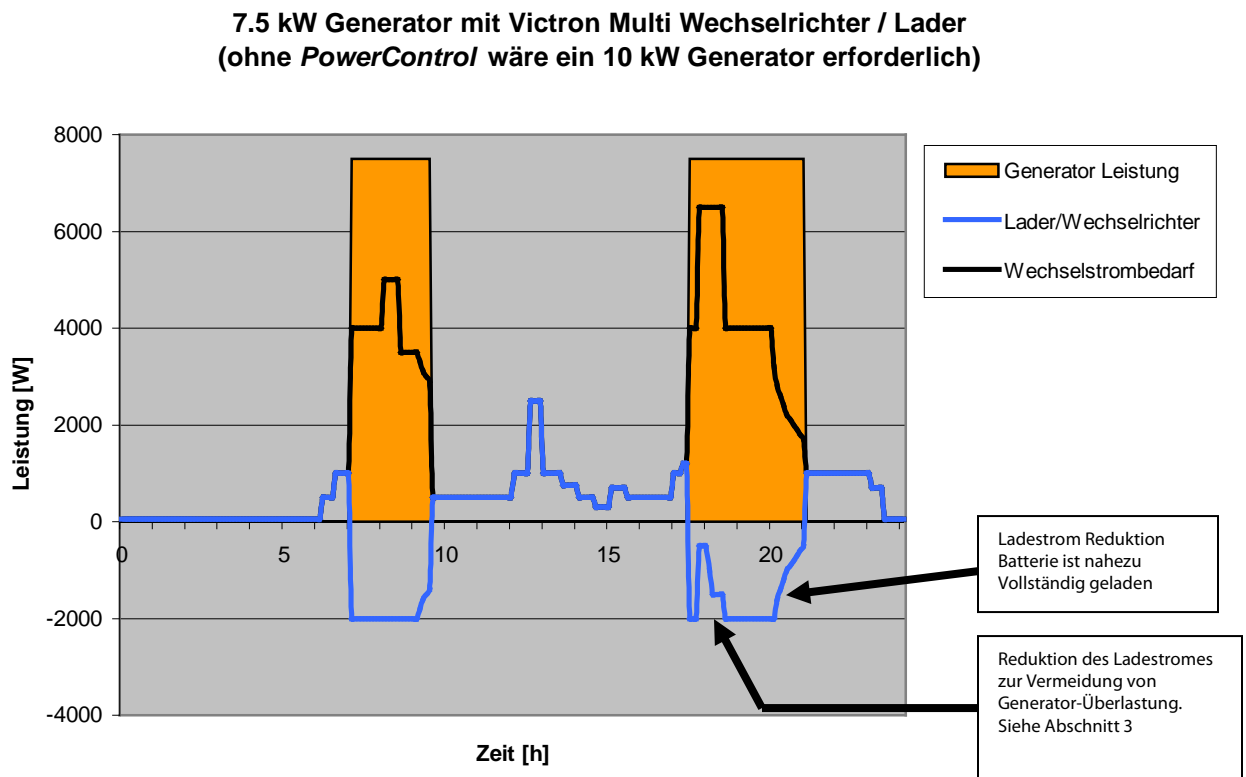


Abb. 2. System mit 7.5 kW Generator and Victron MultiPlus.

Die blaue Linie zeigt den Leistungsverlauf des Victron Multi. Liegt sie oberhalb der Nulllinie, wird der Batterie Strom entnommen und steht entsprechenden Verbrauchern als Wechselstrom zur Verfügung. Liegt sie unterhalb der Nulllinie, wird mit dem Generatorstrom die Batterie geladen.

2.1 Die Batterie

Die erforderliche Batteriekapazität ist erstaunlicherweise kleiner als man zunächst erwartet hätte. Im vorliegenden Beispiel würde die 24 V Batterie auf 166 Ah entladen, bevor die morgendliche Generatorperiode beginnt, und vor Beginn des abendlichen Betriebs ist sie auf nur 285 Ah entladen. Eine Batterie von 600 Ah / 24 V ist also völlig ausreichend. Falls ein 48 V System gewählt wird, reichen sogar 300 Ah. Wegen ihrer Robustheit eignet sich die typische Gabelstapler-Batterie hierfür am besten.

2.2 Treibstoffverbrauch

Der typische 7,5 kW Generator verbraucht stündlich ca. 1,5 l Diesel bei geringer Last und ca. 2,3 l/h bei 75 % Belastung. Bei reinem Generatorbetrieb (Beispiel 1) werden täglich 25,5 l Diesel verbraucht. Die Lösung entsprechend Beispiel 2, d.h. mit Victron Multi kommt bei gleichem Wechselstrom-Angebot mit 11,5 Liter pro Tag aus. Es können also jährlich 5.110 Liter Diesel eingespart werden, was bei einem Literpreis von 0,5 € einen Betrag von 2.555 Euro ausmacht.

2.3 Regelmäßige Wartung

Die Hersteller verlangen typischerweise je 150 Betriebsstunden einen Ölwechsel. Bei der reinen Generatorlösung sind das bei jährlichen 6.205 Laufstunden 41 Ölwechsel. Die Alternativlösung mit dem Multi Umformer/Lader kommt auf 1.825 Generator-Stunden/Jahr, wobei dann nur noch 12 Ölwechsel notwendig sind. 29 Ölwechsel werden eingespart! Je Ölwechsel werden typischerweise 5 Liter zu je € 5,- gebraucht, d.h. die Ersparnis beträgt 725 Euro pro Jahr ohne Zeitaufwand sowie Kosten für Filter und Reinigungsmaterial in Ansatz zu bringen.

2.4 Lebensdauer des Generators

Die Dieselmotoren von Generatorsätzen mit konstanter Drehzahl halten länger, wenn sie richtig belastet werden. Häufiger Teillastbetrieb verkürzt die Lebensdauer! Einige Hersteller empfehlen als Untergrenze 30% zur Vermeidung vorzeitiger Ausfälle. Im vorangegangenen Beispiel wurde durch den Einbau der Multi Wechselrichter/Lader-Kombination statt eines Teillastbetriebes von 15 % über 70 % der Einsatzdauer eine mittlere Belastung von 70% erreicht. Eine entsprechende Verlängerung der Lebensdauer kann erwartet werden.

2.5. Ergebnis

	Reiner Generatorbetrieb	Generator und Multi	Einsparungen
Tägliche Betriebsstunden	17 h	5 h	12 h (geräuschlos)
Diesel Tagesverbrauch	25.5 L/Tag	11.5 L/Tag	14 L/Tag
Diesel Verbrauch pro Jahr	9307 L/Jahr	4197 L/Jahr	5110 L/Jahr
Ölwechsel pro Jahr	41	12	29
Schmierölverbrauch pro Jahr	205 L/Jahr	60 L/Jahr	145 L/Jahr
Generator Belastung	15% Last über 70% der Laufzeit	70% Belastung	
Jährliche Ersparnis bei Diesel und Schmieröl (ohne Berücksichtigung der dreifach verlängerten Lebensdauer)			Euro 3.280 /Jahr
Gesamtersparnis nach 5 Jahren			Euro 16.400,-

2.6. Zusammenfassung

Neben dem offensichtlichen Vorteil der längeren Ruhephasen fallen nach dem zusätzlichen Einbau der Multi Wechselrichter/Lader-Kombination die deutlichen Einsparungen durch verringerten Treibstoff- und Schmierölverbrauch ins Auge. Der positive Effekt auf die Umwelt durch verminderte Abgasemission und durch Ölabfälle ist außerdem zu beachten.

Der spezielle Vorteil variiert entsprechend dem Generatortyp und dem jeweiligen Betriebsprofil. Generell kann gelten, daß die Vorteile dann am größten sind, wenn das Einsatzprofil einzelne ausgeprägte Spitzen bei ansonsten niedrigem Verbrauch aufweist. Das ist typisch für eine Vielzahl von Wechselstrom Anwendungen insbesondere auf Yachten.

3. Welche Gründe sprechen für Victron MultiPlus?

Im Vorangegangenen wurden Vorteile erläutert, die in Wechselstrom-Bordnetzen mit Generator durch den zusätzlichen Einbau einer Umformer/Lader Kombination erzielt werden können. Der Markt bietet eine Vielzahl derartiger Geräte, die deutlich weniger kosten als ein Victron MultiPlus. Im Folgenden wird erläutert warum dennoch das Victron MultiPlus die einzig richtige Wahl ist.

Die offensichtlichen Vorteile sind bekannt: ein sauberer ungestörter Sinus Strom Ausgang, der superschnelle AC-Übergangsschalter, die gute Bootstauglichkeit, die hohe Fertigungsqualität und eine Firma im Hintergrund, die seit mehr als dreißig Jahren der Forschung und dem Dienst am Kunden verpflichtet ist. Zusätzlich aber gibt es fünf weitere besondere Eigenschaften des MultiPlus, die ganz wesentlich zu den Kosteneinsparungen beim Einsatz der Geräte speziell in der Kombination mit Wechselstromgeneratoren beitragen.

3.1. Leistungs-Manager für den Wechselstrom-Eingang

Einzigartig -und nur für MultiPlus zutreffend- ist die Möglichkeit, einen bestimmten Leistungspegel am Wechselstrom Eingang einzustellen, der dann beim Betrieb stabil gehalten wird. MultiPlus hat zwei Leistungsmanagement Ebenen. Die erste ist **PowerControl**.

Mit der **PowerControl** Funktionalität paßt MultiPlus den Ladestrom automatisch dem augenblicklichen Leistungsbedarf des Wechselstrom-Ausgangs an. Abbildung 2 verdeutlicht dies:

Die blaue Linie beschreibt den zeitlichen Leistungsverlauf im Victron Multi. Verläuft die Linie oberhalb Null, entnimmt der Wechselrichter der Multi Leistung aus der Batterie und stellt am Wechselstrom-Ausgang entsprechende Leistung bereit. Liegt hingegen der Linienverlauf unterhalb der Nulllinie, dann nutzt der Lader des Multi den noch verfügbaren Leistungsüberschuß des Generators zur Batterieladung. Dies ist natürlich eine Zusatzbelastung des Generators bezogen auf die sonstigen Verbraucher. Das Beispiel aus Abbildung 1 zeigt in der Zeit zwischen 18:00 Uhr und 19:00 Uhr eine Lastspitze von über 6 kW. Die vorher zur Batterieladung verfügbare Leistung von ca. 2,2 kW würde mit dieser Lastspitze zu einer deutlichen Überlastung des 7,5 kW Generators bzw. des Diesels führen, der dann möglicherweise stehen bleiben würde.

Die **PowerControl** Funktionalität reduziert in diesem Fall den Ladestrom auf ein Niveau, bei dem die Leistungsgrenze des Aggregats nicht überschritten wird, d.h. im Beispiel auf 6,5 kW.

Falls Sie immer noch lesen, sind Sie entweder ein Enthusiast oder beruflich an der Materie interessiert. Auf jeden Fall wollen wir Ihnen jetzt einige unserer Geheimnisse verraten.

PowerAssist ist ein Geheimnis des MultiPlus

In Abbildung 3 finden wir wieder den schon beschriebenen zeitlichen Leistungsverlauf mit der abendlichen 6 kW Spitze. Die Generatorleistung ist jetzt allerdings auf 5 kW reduziert. Dies führt neben geringerem Gewicht und kleineren Abmessungen zu weniger Verbrauch, zur Lärmreduktion und selbstverständlich auch zu geringeren Anschaffungskosten.

Der 5 kW Generator kann nun leider nicht mehr den 6 kW Spitzenbedarf abdecken, und das auch dann nicht, wenn der Batterieladestrom auf Null gesetzt wird. Hier kommt jetzt die zweite Ebene des Last-Management Systems, d.h. **PowerAssist** zur Geltung. Mit dieser Funktionalität kann MultiPlus die Generatorleistung zeitweise durch eine entsprechende Stromentnahme aus der Batterie und Umformung in Wechselstrom unterstützen. In Abbildung 3 trifft das für die Zeit zwischen 18:00 Uhr und 19:00 Uhr zu: Obwohl der Generator läuft, arbeitet der Wechselrichter (die blaue Kurve liegt oberhalb der Nulllinie) und stellt den Wechselstrom bereit, der zusätzlich zum Generatorstrom benötigt wird. Ein MultiPlus 24/3000/70 kann zusätzlich 3 kW bereitstellen!

5 kW Generator mit Victron MultiPlus

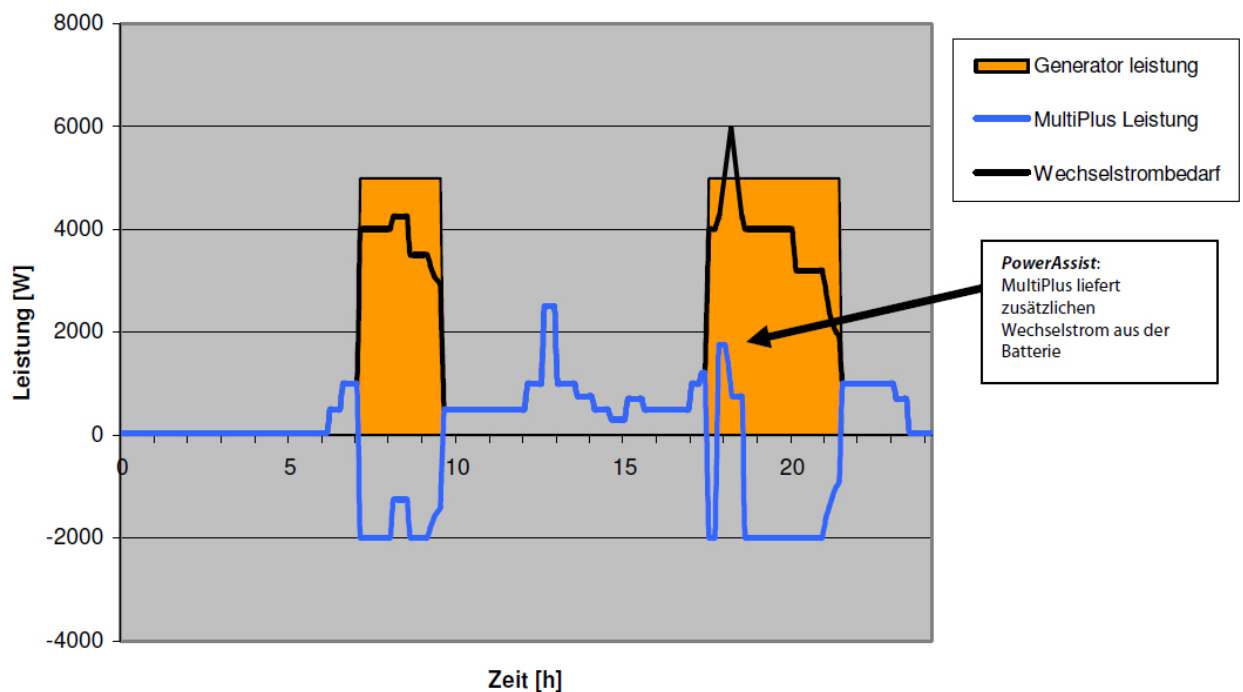


Abb. 3. System mit 5 kW Generator und MultiPlus Wechselrichter/Lader. Liegt die blaue Linie oberhalb der Nulllinie, wird der Batterie Strom entnommen und als Wechselstrom entsprechenden Verbrauchern zugeführt. Liegt sie unterhalb, wird die Batterie mit Generatorstrom geladen.

Dynamische Wechselstrom Leistungsregelung

In den vorangehenden Abschnitten wurde gezeigt, wie durch den Einbau einer Wechselrichter/ Lader Kombination in ein Generatormetz deutliche Einsparungen möglich werden. Der wesentliche Schlüssel liegt in der dynamischen Anpassungsfähigkeit mit der die Strombelastung des Generators geregelt werden kann. MultiPlus 24/3000/70 hat eine dynamische Bandbreite der Regelungsmöglichkeit von mehr als 5 kW.

PowerControl bildet dabei die erste Ebene, die den zur Batterieladung notwendigen Bereich zwischen Null und 2,3 kW abdeckt (70 A Ladestrom x 30 V Ladespannung mit einem Wirkungsgrad von 90%).

PowerAssist wirkt auf der zweiten Ebene der dynamischen Leistungsanpassung, die es ermöglicht, den Leistungsbereich des Generators um zusätzliche 3 kW zu erweitern. Die Vorteile des MultiPlus kommen also besonders dann zur Geltung, wenn das zeitliche Bedarfsprofil des Wechselstromverbrauchs erheblichen Schwankungen unterliegt, d.h. beispielsweise, wenn kurzzeitig hohe Lastspitzen mit niedriger Grundlast zusammenfallen.

3.2 Leistungsfaktor

Der Leistungsfaktor PF einer Wechselstromlast beschreibt vereinfacht ausgedrückt das Verhältnis von zugeführter Leistung zu tatsächlich verbrauchter Leistung. Der Leistungsverbrauch wird in Watt und die zugeführte Leistung in VA angegeben. Es gilt die Beziehung $PF = P_W / P_{VA}$. Die Leistung in VA wird durch das Produkt aus mittlerer (rms) Spannung und mittlerem (rms) Strom beschrieben. Bei manchen Ladegeräten erreicht der Leistungsfaktor lediglich einen Wert von 0,7. Das bedeutet, daß ein Ladegerät das 2 kW abgibt, 2,8 kW aus dem Netz zieht. Bei einer Generatorspannung von 230 V verlangt das Ladegerät 12,2 A. Bei einem Leistungsfaktor von 1 wären lediglich 8,6 A erforderlich.

Der Leistungsfaktor wird dann kleiner als 1, wenn eine Phasendifferenz von Strom und Spannung vorliegt. Dazu kommt, daß der Laststrom oft nicht wirklich sinusförmig ist, was zu harmonischen Verzerrungen im Wechselstromnetz führt, die schlimmstenfalls zu ernsthaften Schäden an den Generatorwicklungen führen können. Zur Kompensation dieser bei vielen Laderfabrikaten auftretenden Negativeffekte wird oft eine Überdimensionierung des Generators um einen Faktor von bis zu zwei durch die Hersteller vorgeschlagen (dies betrifft lediglich den Generator und nicht den Diesel!).

Die Victron MultiPlus Wechselrichter/Lader haben demgegenüber einen Leistungsfaktor von 1! Daher ist hier keine Leistungserhöhung zum Ausgleich auf der Laderseite erforderlich. Außerdem treten keine harmonischen Verzerrungen im System auf. Dies sind wesentliche Aspekte bei der Planung des Einbaus einer Umformer/Lader-Kombination in ein Generator Bordnetz.

3.3 Anpassungsfähigkeit

Ein dritter Grund für die Wahl eines Victron Multi liegt in der problemlosen Anpassungsfähigkeit an den Leistungsbedarf, die einmalig im Markt für Umformer/Lader-Geräte ist. Ein einzelner 3 kW Wechselrichter/Lader wird kaum einen nennenswerten Effekt auf ein 40 kW Generatornetz haben. Durch die modulare Ausbaufähigkeit können ohne weiteres 15 kW Einphasensysteme bzw. 45 kW 3-Phasen Systeme verwirklicht werden. Damit ist eine Optimierung des Gesamtsystems entsprechend den speziellen Anforderungen leicht möglich. (Abb. 4)

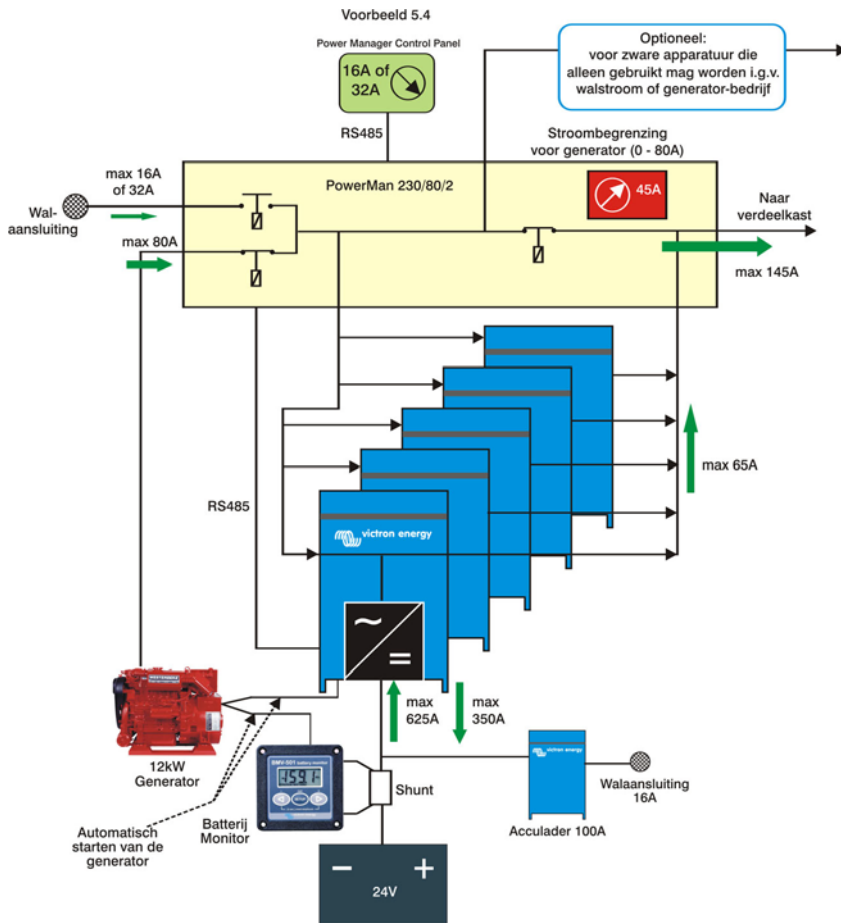


Abb. 4: System mit 5 Multis parallel, einem Generator und einer Zusatzstromquelle.

Anmerkung:

Auf der anderen Seite des Leistungsspektrums kann ein MultiPlus auch zur Unterstützung eines kleinen Generatorsets wie z.B. der Honda „I“- Baureihe eingesetzt werden. (Die „I“ Baureihe beginnt bei 1 kVA)

3.4 Externes Wechselstrom Leistungs-Management Modul

In den Beispielen entsprechend Abb. 2 und Abb. 3 wurden Generatoren mit 7,5 kW bzw. 5 kW genutzt. Bei größeren Systemen, wie beispielsweise in Abb. 4 mit mehreren parallel geschalteten Multis, kann es umständlich werden, das interne Leistungs-Management System der Geräte selbst zu nutzen. Daher wurde für solche größeren Systeme ein externes Strommeßsystem im PowerManager vorgesehen, und in Kürze wird darüber hinaus ein neues weiterentwickeltes und verbessertes Leistungskontroll-Modul verfügbar sein.

3.5 Fernüberwachung: Stetig wachsende Neuerungen für Überwachung und Steuerung

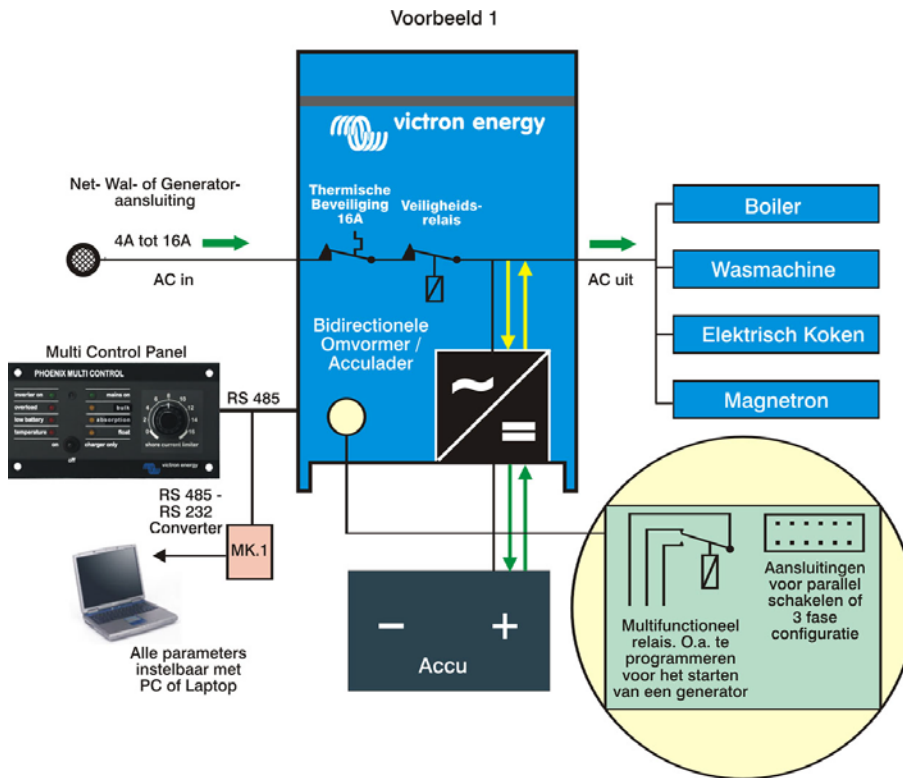
Neben MultiControl, VEConfigure, VE.Bus und VE.Net wird die Konnektivität schon bald neue Möglichkeiten und Standards der Fernüberwachung unter Nutzung von Mobilfunk und Satellit ermöglichen.

4. Zusammenfassung

Im zweiten Abschnitt wurde gezeigt, wie durch den Einbau einer Umformer/Lader-Kombination in ein generatorgestütztes Wechselstromnetz erhebliche Vorteile entstehen. Dazu gehörten Gesichtspunkte wie Laufruhe, Brennstoffeinsparung, Verringerung der Wartungskosten und schließlich die Verlängerung der Lebensdauer des Generatorsets.

Im dritten Abschnitt wurden spezielle und für die Nutzung dieser Vorteile notwendige Leistungsmerkmale genannt, die ausschließlich im Victron MultiPlus verwirklicht wurden: Dazu gehören die automatische Regelung des Eingangsstroms, der Leistungsfaktor 1 und die für die Leistungsanpassung notwendige Modularität.

Anhang : Das Blockschaltbild des MultiPlus



Der bidirektionale Converter

Das Herz des M/M+ ist ein bidirektionaler Konverter, d.h. ein Gerät das je nach Anforderung als Wechselrichter oder als Ladegerät arbeiten kann.

Der Konverter des M+ kann noch mehr: da er parallel zum Landanschluß oder einem Generator liegt, kann er sowohl Wechselstrom aus den Batterien ins Bordnetz geben, als auch Stromüberschuß in die Batterien laden. Darüber hinaus wird die Spannung stabilisiert und entzerrt: die oftmals stark verzerrte Generatorspannung wird nach Anschluß des MultiPlus wesentlich gleichförmiger (was bei empfindlichen Verbrauchern z.B. bei Induktionskochplatten wichtig sein kann).

Das multifunktionale Relais

Dieses Relais kann u.a. so programmiert werden, daß auf der Basis der Batteriespannung oder des Leistungsbedarfs ein Startsignal für den Generator erzeugt wird.

Die RS 485 Schnittstelle

Alle Funktions- und Betriebsparameter des M/M+ sind nach Bedarf programmierbar. Die wichtigsten können am Gerät über Druckschalter eingestellt werden. Wesentlich bequemer ist es jedoch mit dem MK 1b-modul (konvertiert RS 485 nach RS 232), der „VEConfigure“-Software (über www.victronenergy.com frei verfügbar) und einem Laptop.

Beispiele programmierbarer Parameter sind unter anderem:

- Umformer Unterspannung (Batteriespannung bei welcher der Umformer abschaltet)
- Ladecharakteristik
- Maximaler Ladestrom
- Parallelbetrieb sowie Einzel- oder 3 Phasen-Betrieb
- Programmierung des Multifunktions-Relais

Anschlußkabel für Parallel- und 3 Phasenbetrieb

Bis zu 6 Multis können parallel geschaltet werden, um die Leistung auf bis zu 15 kW zu erhöhen.
Im 3-Phasenbetrieb mit bis zu 18 Multis kann ein 45 kW Umformer / Lader aufgebaut werden.

Der Wechselstromeingang mit 16 Ampère Thermosicherung und mit Sicherheitsrelais

Der Eingangsstrom des M/M+ ist auf 16 A begrenzt (optional auch 32 A). Das Sicherheitsrelais sorgt dafür, daß keine gefährliche Spannung z.B. beim Lösen an den Kontakten eines Landanschlusses anliegen kann.

Das Multi Control Panel (16 A oder 32 A)

Der Einstellknopf auf dem Paneel ist das Entscheidende: damit wird der maximal zulässige Eingangsstrom im Bereich von 0 A bis 16 A (32 A) eingestellt.