

Mittelspannungsnetznachbildung zur Untersuchung verteilter elektrischer Versorgungssysteme

Andrey Shustov /Christian Hardt/Volker Schlebusch/Boris Valov*

Institut für Solare Energieversorgungstechnik (ISET) e. V.

Königstor 59, D-34119 Kassel

Tel.: 05 61/72 94-227, Fax: 05 61/72 94-400

E-Mail: ashustov@iset.uni-kassel.de

Internet: www.iset.de

Universität Kassel, IEE-EVS*

Wilhelmshöher Allee 71-73, D-34121 Kassel

Tel.: 05 61/804-6563, Fax: 05 61/804-6521

E-Mail: bvalov@iset.uni-kassel.de

Internet: www.uni-kassel.de

1 Einleitung

Das weltweit stark verbreitete Mittelspannungsverteilungsnetz für dezentrale Versorgungsstrukturen (Inselnetz oder Teilnetz) wird meist als Strahlennetz mit mehreren Stichleitungen aufgebaut. Die existierenden Netze haben üblicherweise eine zentrale Einspeisequelle und eine lange Hauptübertragungsleitung, an der entlang mehrere Lasten und evtl. weitere kleine dezentrale Einspeiser über Transformatorstationen (z. B. 10 kV / 0,4 kV) auf der Niederspannungsebene angeschlossen werden. Dabei kommt es in Praxis sehr selten vor, dass solche Einspeiser direkt an die Hauptleitung angeschlossen werden, sondern üblicherweise über eine kurze Stichleitung (3-5 km). Es werden z. B. leistungsstarke Photovoltaik- oder Windkraftanlagen dort installiert, wo ein optimaler Betrieb ermöglicht wird und nicht notwendigerweise die Hauptübertragungsleitung verlegt ist. Eine derartige Netztopologie wurde bei der Entwicklung der Mittelspannungsnetznachbildung (MNN) zugrunde gelegt. (s. Bild 1)

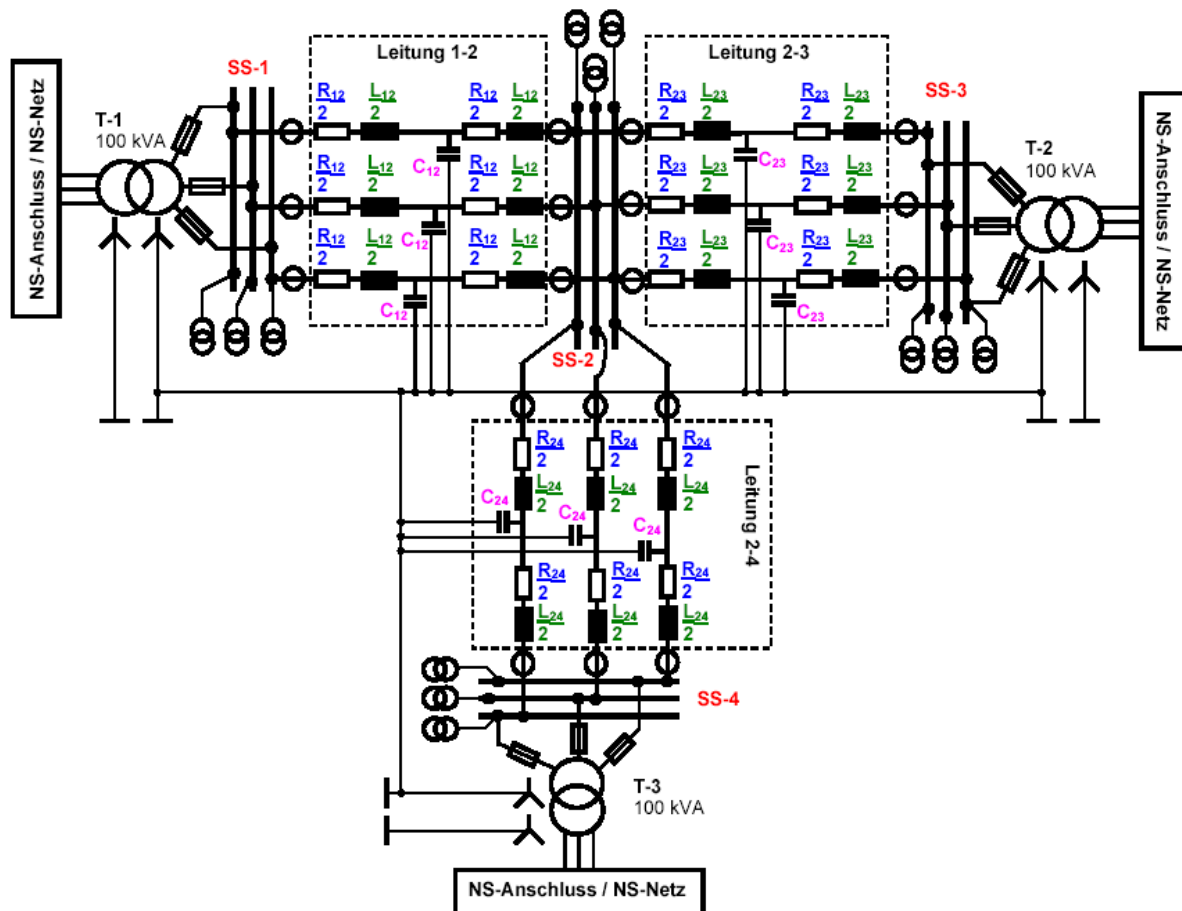


Bild 1: Prinzipschaltbild der Mittelspannungsnetzachbildung (MNN)

Für die Simulation von entsprechenden Übertragungssystemen bietet der Markt Hardware-Netzmodelle an, die jedoch nur bei einer Nennspannung bis 1000 V betrieben werden können. Die damit erfassten Ergebnisse werden auf die gewünschte Spannungsebene im kV-Bereich mit Hilfe von Übersetzungsfaktoren hochgerechnet. Da diese Hochrechnung weitere Vernachlässigungen mit sich bringt, ist eine physikalische Simulation im tatsächlichen Spannungsbereich von größerer Aussagekraft.

2 Zielsetzung

Das ISET und die Universität Kassel haben im Rahmen des Projektes „Vernetzung Modularer Systeme“¹ eine 10-kV MNN entwickelt. Damit können nunmehr die

¹ **Vernetzung Modularer Systeme:** Netzregelung zur wirtschaftlichen Optimierung dezentraler Energieversorgungsstrukturen mit hohem Anteil erneuerbarer Energiequellen, gefördert vom BMU, Fkz. Nr. 0329900B

übertragungs- und regelungstechnischen Eigenschaften unterschiedlicher Vernetzungskonfigurationen dezentraler Einspeiser an einer physikalischen Nachbildung mit realen Betriebsmitteln in Echtzeit untersucht werden.

3 Beschreibung der Mittelspannungsnachbildung



Bild 2: Leitungsnachbildung

Die MNN besteht aus drei Übertragungsleitungen, deren Längen durch entsprechende Schaltungen von konzentrierten Bauelementen einstellbar sind. Die Übertragungsleitungen werden mit dem klassischen „T“- Ersatzschaltbild nachgebildet und bestehen aus Widerständen, Drosseln und Kondensatoren (Bild 2). Die Hauptleitung besteht aus zwei Teilstücken, die zwischen den Sammelschienen SS1, SS2 und SS3 zusammengeschaltet sind. Durch eine Verbindung der Sammelschienen SS2 und SS4 kann eine kurze Stichleitung nachgebildet werden.

Die Parameter der diskreten Elemente

des „T“- Ersatzschaltbildes wurden entsprechend der in Praxis gängigen Kabel- und Freileitungseigenschaften gewählt. Zur Messdatenerfassung verfügt die MNN über eine ausreichende Anzahl an Strom- und Spannungswandlern, so dass mehrere elektrische Größen synchron ausgewertet werden können. Drei gleiche Gießharz-Leistungstransformatoren (Nennleistung 100 kVA) ermöglichen die niederspannungsseitige Ankopplung der in der DeMoTec installierten Aggregate (PV-Anlagen, Blockheizkraftwerke, Dieselgeneratoren, Simulatoren für Windkraftanlagen, verschiedene Stromrichter etc.), sowie das Verbundnetz bzw. Lasten an die MNN. Die MNN (Bild 3) stellt somit eine wichtige Plattform für die Untersuchungen bei der „Vernetzung Modularer Systeme“ dar.



Bild 3: Ausführung der MNN in Mittelspannungs-Schaltschranktechnik

4 Erfahrungen und Ergebnisse

Nach der Inbetriebnahme im Dezember 2003 konnten erste Versuche durchgeführt werden, deren Ergebnisse die mit den Programmen EMTP und DigSilent ermittelten Resultate bestätigen.

Die Bilder 4 und 5 zeigen Wirk- und Blindleistungsverläufe bei Betrieb der MNN. Hierbei war das starre NS-Netz an T-1, sechs einphasige Batteriestromrichter an T-3 und eine ohmsch-induktive Last ($P=12\text{ kW}$, $Q_{\text{ind}}=6\text{ kVar}$) an T-2 angeschlossen. Die Kombination aus Batterien und Stromrichtern wird zur Speicherung elektrischer Energie aus dargebotsabhängigen Energiequellen wie z. B. Solarenergie verwendet. In dieser Versuchskonstellation wurden nur Freileitungen des Typs Al/St 35/6 [Länge: 10 km (L12); 5 km (L23); 1,6 km (L24)] nachgebildet, so dass der Blindleistungsbedarf weitgehend durch die Last und die Regelung des Stromrichters bestimmt ist. Im Netzparallelbetrieb wird der benötigte Wirk- und Blindleistungsbedarf anteilig vom Netz und dem Batteriestromrichter gedeckt. Der variierende Kurvenverlauf der Wirk- und Blindleistung (Bild 4 und 5) im Netzparallelbetrieb ergibt sich aus den zu Testzwecken geänderten Parametereinstellungen des Batteriestromrichters (manueller

Eingriff). Durch die Trennung vom starren Netz, geht das System vom Netzparallelbetrieb in den Inselnetzbetrieb über. Da der Batteriestromrichter vor der Netztrennung nur geringfügig an der Bereitstellung der Wirk- und Blindleistung beteiligt war ($P, Q \approx 0$), sinkt aufgrund des verwendeten Regelungsverfahrens der Stromrichter (Selfsync[®]) die Spannung und Frequenz nach der Netztrennung.

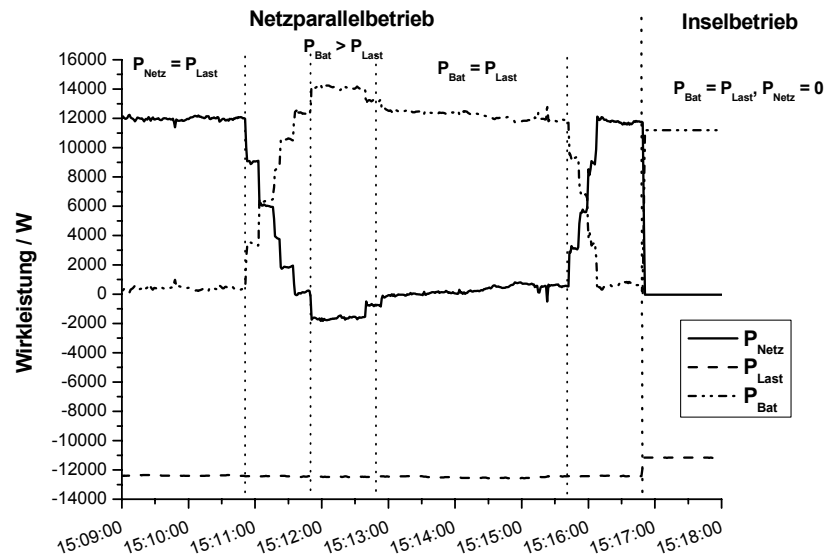


Bild 4: Wirkleistungsaufteilung

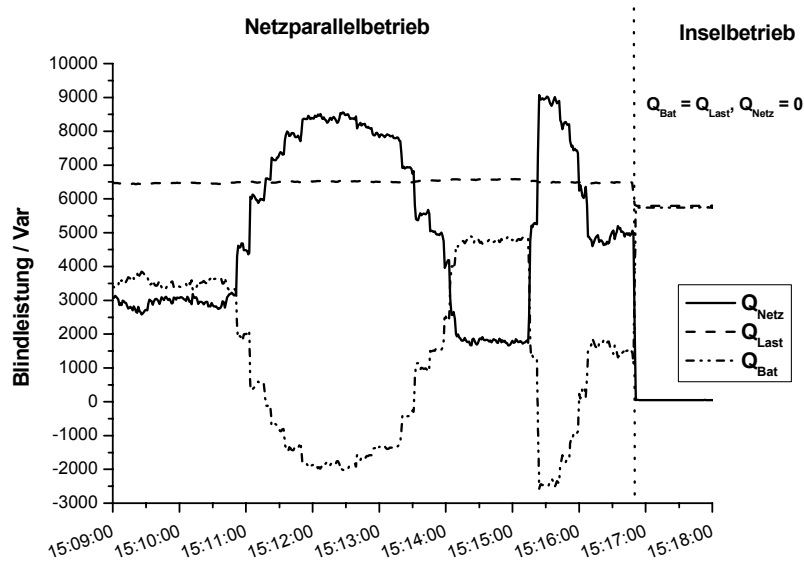


Bild 5: Blindleistungsaufteilung

Abstract

For the simulation of transmission systems, only hardware grid models up to an operating voltage of 1000 V are available at the market. The acquired data must be transformed to achieve the results for the addressed voltage level. Inevitably the conversion results in inaccuracies, so that a physical simulation in the real voltage level leads to higher significance.

Within the scope of the BMWI project "Vernetzung Modularer Systeme", No.: 0329900B, a 10kV medium voltage grid hardware simulator has been developed by ISET e.V. in cooperation with the university of Kassel. The main goal is to study and to examine the transmission and control characteristics of different networking configurations of decentralized energy sources with real operating facilities at a physical model under real time conditions.

The new hardware model enables the coupling of various aggregates (PV systems, combined heat and power plants (CHPs), gensets, simulators of wind power plants, various inverters etc.) installed in the DeMoTec, as well as the link to the interconnected network and loads via a stand-alone medium voltage grid.

First test results demonstrate the capability of the hardware model in order to investigate interconnected DER-systems.