

Virtuelle Kraftwerke – Ziele, Strategien, Technologien

Virtual Power Plants – targets, strategies, technologies

Michael Weinhold, CTO Siemens Energy Sector, Erlangen, Germany, michael.g.weinhold@siemens.com

Zusammenfassung

Der weltweit steigende Energieverbrauch und die dringend nötige Reduzierung der Treibhausgase stellen die Energienetze weltweit vor neue Herausforderungen.

Um diese Herausforderungen zu bewältigen kommen neben den klassischen Großkraftwerken und den „neuen Großkraftwerken“ wie Offshore-Windparks und Solarkraftwerken verteilt, kleine Erzeugereinheiten zum Einsatz. Viele Länder sehen in der dezentralen Energieerzeugung einen möglichen Hebel, um die Ziele des Kyoto Protokolls zu erreichen. Immer mehr Windkraftanlagen, Biomassekraftwerke, Kleinstwasserkraftwerke und Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen werden an das Verteilnetz angeschlossen.

Der übliche ungesteuerte Betrieb dieser Kleinerzeuger ist jedoch nicht optimal. Das Konzept des „Virtuellen Kraftwerks“ ermöglicht die verbesserte Integration einer Vielzahl von dezentralen Erzeugern und steuerbaren Lasten über ein dezentrales Energie-Management-System, das diese überwacht und steuert und so einen kosten- bzw. erlösoptimierten Betrieb und minimale CO₂ Emissionen ermöglicht.

Abstract

The growing world energy demand and the need to reduce greenhouse gas emissions are the major challenges for the world's power grids. To master these challenges it is necessary to use all available energy sources: "classical" central power stations like coal power plants, "new types" of central power plants e.g. offshore wind and concentrated solar power and last but not least distributed energy resource. Typically these small generators are operated without any central control. With the help of a so called Virtual Power Plant the operation and the grid integration of a vast number of small generators and loads can be improved. The brain of the Virtual Power Plant, the distributed energy management system, monitors and controls the connected generators and loads the thereby achieves a cost and revenue optimized operation and minimized CO₂ emissions.

Herausforderungen und neue Lösungen

Seit einiger Zeit hat die Diskussion über die zukünftige Technologie und Wirtschaftlichkeit in der elektrischen Energieversorgung an Bedeutung gewonnen. Dafür gibt es mehrere Gründe:

1. Das rapide Wirtschaftswachstum in aufstrebenden Nationen wie China oder Indien sorgt für ein starkes Wachstum des weltweiten Energieverbrauchs. So hat die Volksrepublik China elektrische Erzeugungsanlagen mit einer Gesamtleistung von mehr als 100 GW in 2006 errichtet [1].
2. Steigende Strompreise: Zwischen Januar 2000 and Januar 2006 stiegen sie in der Europäischen Union für die Haushalte um 9% beziehungsweise für die Industrie um 31% (Zahlen gelten für die EU15-Länder) [2].
3. Die Anfang 2007 veröffentlichten IPCC-Berichte (IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change) zeigen, dass ein wesentlicher Faktor der globalen Erwärmung der Ausstoß von Kohlenstoffdioxid (CO₂) ist, dass z.B. bei der Erzeugung elektrischer Energie mit fossilen Brennstoffen produziert wird. Die Konsequenzen der globalen Erwärmung sind so erheblich, dass es dringend notwendig ist, den Kohlenstoffdioxid-ausstoß z.B. durch Effizienzsteigerung zu reduzieren.
4. Die Liberalisierung des Energiemarktes hat bereits zu Veränderungen in der Auslastung der Stromnetze geführt. Der Austausch elektrischer Energie im freien Handel führt dabei zu zeitweise sehr hohen Netzauslastungen.
5. Neue Verbraucher mit temporär hoher Leistung werden mit dem Stromnetz verbunden, wie Wärmepumpen oder auch Hybrid- oder Elektroautos. Diese Verbraucher können als Energiespeicher verwendet werden.
6. Eine dezentrale Stromerzeugung führt zu einer Veränderung der Lastflüsse im elektrischen Energieversorgungsnetz.

Betrachtet man all diese Herausforderungen, so ist eine beispiellose Umwälzung für die Energieversorger und Netzbetreiber zu erwarten. Neue Konzepte und Technolo-

gien müssen implementiert werden, um auch in Zukunft eine verlässliche, effiziente, wirtschaftliche und umweltverträgliche Stromversorgung zu sichern. Das sogenannte „Smart Grid“, ein erweitertes Stromübertragungs- oder Versorgungsnetz, das moderne Informations- und Kommunikationstechnologie verwendet, soll dem Netzbetreiber und seinen Kunden intelligente Lösungen mit technischen, ökonomischen und ökologischen Vorteilen bieten.

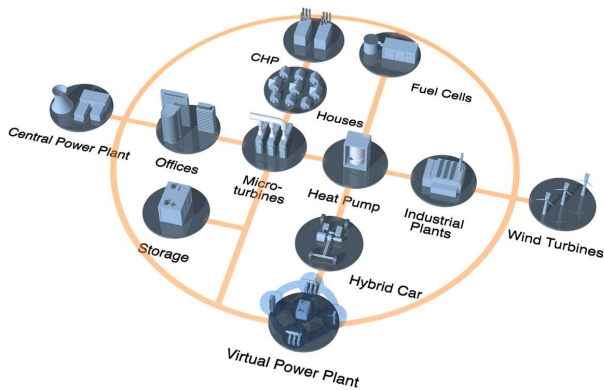


Abbildung 1: Das Smart-Grid-Konzept

Einige Initiativen auf der ganzen Welt bringen die Smart-Grid-Ideen voran. Beispiele sind die europäische Technologieplattform SmartGrids und das US Department of Energy. Aus Sicht der EU hat das „Smart Grid“ die folgenden Eigenschaften [3]:

- Flexibel:** Es erfüllt den Bedarf der Kunden, während es auf Veränderungen und Herausforderungen bereits im Voraus reagiert.
- Erreichbar:** Es gewährt Zugang zu allen Teilnehmern, aber vor allem zu erneuerbaren Energieressourcen und sehr effizienten Generatoren mit keinem oder nur sehr geringen Kohlenstoffausstoß.
- Verlässlich:** Es verbessert die Sicherheit und Qualität der Versorgung.
- Wirtschaftlich:** Es bietet besten Nutzen durch effizientes Energiemanagement.

Intelligente Netze berücksichtigen sowohl die Belange der Netzbetreiber, als auch die der aktiven Kunden („Prosumenten“), welche elektrische Energie sowohl erzeugen als auch anwenden (Abbildung 1). Der Verbrauch und die Erzeugung elektrischer Energie von der Verteil- bis hoch zur Übertragungsebene werden koordiniert. So kann der ökologische und ökonomische Nutzen der dezentralen Erzeugung durch das Installieren von virtuellen Kraftwerken erheblich verbessert werden.

Komponenten eines virtuellen Kraftwerkes

Für das erfolgreiche Betreiben eines Virtuellen Kraftwerkes werden die folgenden Komponenten benötigt:

1. Ein Energie-Management-System, das den Betrieb der dezentralen Energieerzeuger, Lasten und Speicher plant, steuert, überwacht und optimiert.
2. Ein Lastprognosesystem, das Kurzzeitprognosen (eine Stunde) und auch Langzeitprognosen (bis zu sieben Tage) erstellen kann.
3. Ein Erzeugungsprognosesystem, das auch die Wettereinflüsse auf Windkraft- und Photovoltaikanlagen berücksichtigt.
4. Ein Energiedatenverwaltungssystem, das die Daten sammelt und speichert, die zur Optimierung und Prognose benötigt werden, z.B. Last- und Erzeugerprofile, sowie die Vertragskonditionen der Endnutzer.
5. Ein leistungsstarkes Kommunikationsnetz zwischen dem Energie Management System und den dezentralen Erzeugern.

Eine Voraussetzung für den Betrieb eines virtuellen Kraftwerkes ist ein bidirektionales Kommunikationsnetz zwischen den dezentralen Energieerzeugungsanlagen und dem Energie Management System. Für größere Anlagen können weiterhin die herkömmlichen Fernwirkssysteme, die auf Protokollen wie IEC 60870-5-101 oder 60870-5-104 basieren, verwendet werden. Für die kleinen dezentralen Generatoren werden voraussichtlich eine Kommunikation via Internet oder Trägerfrequenzverfahren (Power Line Carrier – PLC) zum Einsatz kommen.

Das „Dezentrales Energie Management System – DEMS“

Siemens hat ein Softwarepaket zur Steuerung virtueller Kraftwerke entwickelt: das Dezentrale Energie-Management-System - kurz DEMS.

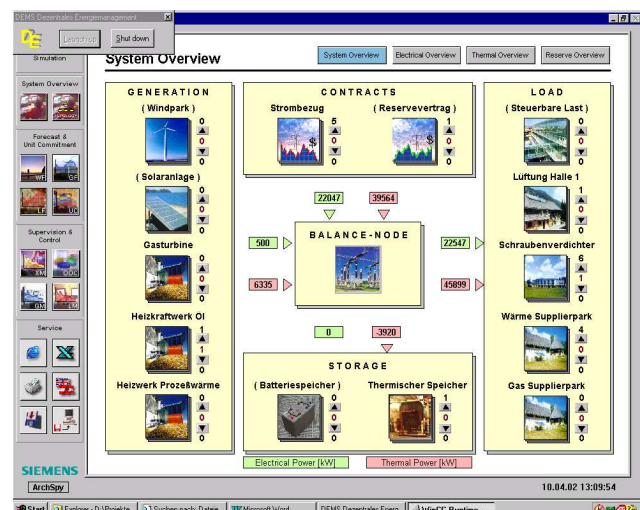


Abbildung 2: DEMS

Alle Komponenten und Generatoren des virtuellen Kraftwerkes, sowie die Netzwerkstruktur werden vom DEMS erfasst und Modellklassen zugeordnet, zum Beispiel

Stromrichter, Schalter, Speichereinheiten, fluktuierende Einspeiser und variable Lasten (Abbildung 2). Die Aufgaben des DEMS können in Planungs- und die Kontrollfunktionen unterteilt werden.

Planungsfunktionen sind Wetterprognosen, Lastprognosen, Erzeugungsprognosen und die Einsatzplanung der einzelnen Generatoren.

Die Planungsfunktionen behandeln eine Zeitspanne von einem bis sieben Tage mit einer zeitlichen Auflösung, die vom Abrechnungszeitraum für den Energiehandel abhängt.

Das **Wetterprognose-Modul** versorgt die anderen Funktionsmodule mit den Wetterdaten und Berechnungen der zu erwartenden Erzeugung. Dabei können sowohl externe Quellen, d.h. Wetterprognosen als auch Vorortmessungen ausgewertet werden.

Die **Lastprognose** berechnet Lastprognosen für unterschiedliche Lastarten basierend auf historischen Lastprofilen.

Die **Erzeugungsprognose** berechnet die voraussichtliche Ausgangsleistung der Stromgeneratoren inklusive der erneuerbaren Erzeuger, die von den Wetterprognosen abhängen.

Die **Einsatzplanung** erstellt den optimierten Fahrplan für Erzeugereinheiten, Speichereinheiten, flexible Lasten und gegebenenfalls Energiezukauf oder -verkauf.

Die DEMS **Kontrollfunktionen** optimieren den Betrieb des Virtuellen Kraftwerkes „online“.

Die **Import-Export-Überwachung** berechnet die zu erwartende Abweichung vom vereinbarten Fahrplan für den Energiezukauf beziehungsweise -verkauf.

Die **Online-Optimierung und Koordination** berechnet einen Korrekturwert bezogen auf die jeweilige Planleistung an alle Generatoren, Speichereinheiten und flexiblen Lasten, die aktuell steuerbar sind. Dabei werden alle relevanten Randbedingungen berücksichtigt und ein optimaler Betrieb, d.h. i.d.R. minimale Betriebskosten, sichergestellt.

Das **Erzeuger- bzw. Lastmanagement** ermöglicht schließlich die Überwachung Steuerung und aller Generatoren und Speichereinheiten, sowie der flexiblen Lasten des virtuellen Kraftwerkes (basierend auf den Berechnungen des Online-Optimierungs-Moduls).

Das DEMS basiert auf Standard-Softwarekomponenten wie Siemens WinCC, die auf Microsoft Windows Rechnern unter Nutzung von standardisierten Schnittstellen und Protokollen laufen. Diese Vorgehensweise bietet Investitionssicherheit und Flexibilität.

DEMS bietet u.a. folgende Schnittstellen:

- OPC (OLE zur Prozesssteuerung)
- Modbus Protocol Suite, Modbus Serial
- Profibus DP, Profibus FMS
- SIMATIC S5, S7, TI
- Windows DDE
- PLC-Protokolle

Zusätzlich hat das DEMS ein SOAO-XML Web Interface (Service Oriented Architecture Platform), das den Datenaustausch über das Internet ermöglicht. Darüber hinaus erlaubt es den Im- und Export vom diesen zu und von ODBC Datenquellen, MS Excel und ASCII-Dateien.

Wirtschaftliche Aspekte von virtuellen Kraftwerken

Virtuelle Kraftwerke koordinieren oft kleine Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen mit einer hohen Gesamteffizienz. Auf der einen Seite reduziert dies die Kosten zur Energieerzeugung. Auf der anderen Seite wird die Energieerzeugung umweltfreundlicher. Schon allein dies begründet ein virtuelles Kraftwerk. Aber es sind noch weitere Vorteile ersichtlich:

- Reduzierung des Energiebezugs zur Spitzenlastzeit
- Verminderter Bedarf an Regelenergie
- Gleichmäßigere Netzauslastung, Reduktion der Netzspitzenlast, damit Reduzierung des Netzausbaubedarfs

Ein vertikal integriertes Energieversorgungsunternehmen, welches das elektrische Netz steuert, kann ein virtuelles Kraftwerk benutzen, um in der Zeit der höchsten Belastung zusätzlich elektrische Energie innerhalb des eigenen Netzes zu erzeugen: Normalerweise sind in einer Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlage Wärme- und Stromerzeugung zeitgleich. Üblicherweise wird die Anlage nur über den Wärmebedarf geführt. Mittels einer optimierten Steuerung kann die Erzeugung aus Kraft-Wärme-Kopplung vermehrt in die Spitzenlastzeiten geschoben werden (ohne dass nennenswerte Komfortverluste beim Wärmeabnehmer auftreten). Weil die Energie in der Spitzenlastzeit sehr teuer ist, kann ein EVU seine Kosten für den Energiebezug aus dem Übertragungsnetzen erheblich verringern. In Deutschland sind Einsparungen von 23.000 pro vermiedenen MW zur Spitzenlastzeit möglich [4].

Der liberalisierte deutsche Elektrizitätsmarkt benutzt ein Konzept von Bilanzkreisen, um die Differenz zwischen der Energieproduktion und dem Verbrauch der Konsumenten auszubalancieren. Eine auftretende Lücke wird mittels sogenannter Regelenergie geschlossen. Um seinen Bedarf an dieser kurzfristig verfügbaren und damit teuren Energie zu reduzieren kann das EVU ein virtuelles Kraftwerk zur Ausgleichung eines möglichen Ungleichgewichts in Echtzeit nutzen.

Auch aus Sicht des Betreibers des dezentralen Erzeugers bietet die Teilnahme an einem virtuellen Kraftwerk Vorteile. So sind beispielsweise dezentrale Erzeugungseinheiten i.d.R. zu klein um am Energiehandel teilzunehmen. Aber virtuelle Kraftwerke können die Erzeugungsleistung mehrere Kleinkraftwerke bündeln, damit diese die notwendigen Voraussetzungen erfüllen. Die erste Installation dieser speziellen Art des virtuellen Kraftwerkes auf Basis des Siemens PowerCC Energie-Management-Systems

wird erfolgreich vom STEAG Saarenergie betrieben.

FGH Workshop „Virtuelle Kraftwerke“, Unna, 10.
Juni 2005Juli.2006
[3] European Commission
European Technology Platform SmartGrids

Schlussfolgerung

Dezentrale Energieerzeugung ist in vielen Ländern zu einem Trend herangewachsen. Windkraftträder, Biomassekraftwerke, Kleinstkraftwerke und Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen gehören zu dieser neuen Generation von Technologien. Daher gewinnen virtuelle Kraftwerke immer mehr an Bedeutung. Ein virtuelles Kraftwerk ist eine Verbund von Stromgeneratoren, steuerbareren Lasten und Speicher, die von einem übergeordneten Energie-Management-System überwacht und optimiert gesteuert werden. Die Betreiber können damit einen signifikanten ökonomischen und ökologischen Nutzen erzielen. Das dezentrale Energie Management System von Siemens (DEMS) bietet alle nötigen Funktionen, wie Belastungs- und Erzeugungsprognosen für erneuerbare Energiequellen, Einsatzplanung der Einheiten, Erzeugungs- und Lastmanagement und Überwachung des Bilanzkreises. Darüber hinaus unterstützt es den Betreiber beim Steuern und Kontrollieren der dezentralen Erzeugungseinheiten.

Der Hauptvorteil eines dezentralen Energie Management Systems in einem virtuellen Kraftwerk ist, dass die Effizienz in der Energieerzeugung gesteigert wird und somit auch der Ausstoß der klimaschädlichen Treibhausgase reduziert wird. Zusätzlich kann der Betreiber einen finanziellen Nutzen erzielen, der von dem Marktmodel, in welchem das virtuelle Kraftwerk betrieben wird, abhängt. Virtuelle Kraftwerke können zur Reduzierung der Spitzenlast bezogen auf das vorgelagerte Netz, sowie u.U. zur Reduzierung der möglicher Netzerweiterungskosten dienen. Das Konzept bietet technische, wirtschaftliche und umweltrelevante Vorteile. Wesentlich für den Nutzen sind die Randbedingungen des regulierten Energiemarktes. So kann zum Beispiel der Förderungsmechanismus für erneuerbare Energien und Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen oder die Organisation der Energiemärkte den Erfolg des virtuellen Kraftwerks beeinflussen. Darum sollten die Markt- und Regel- und Gesetzesverbesserungen die Vorteile eines virtuellen Kraftwerks berücksichtigen, um dieses innovative Konzept der Optimierung in der Energieversorgung zu unterstützen.

Referenzen:

- [1] Chinese National Electrical Industry Report in 2006
- [2] Eurostat Eurostat News Releases 93/2006, 14. Brüssel, 2007
ISBN 92-79-01414-5
- [4] Weber,C. (2005).
Wirtschaftlichkeit von virtuellen Kraftwerken – Einflussfaktoren und Berechnungsmethoden (Economics of Virtual Power Plants – Influencing factors and calculation methods.)