

KaskaEE | Laufzeit: 3 Jahre

Die Kaskadenmaschine als Generator für die dezentrale regenerative Energieerzeugung

Der Ausbau der erneuerbaren Energien im Zuge der Energiewende erfordert neuartige und verbesserte Generatorkonzepte sowie eine hohe Qualität der Einspeisung. Rotierende elektrische Generatoren erzeugen heute 99 % der elektrischen Energie, unabhängig davon welcher Erzeuger vorgeschaltet ist. Das Versorgungsnetz entwickelt sich weg von großen zentralen Energieerzeugern (Turbogeneratoren) hin zu vielen kleinen dezentralen Systemen. Diese neuen Versorgungsstrukturen bedeuten eine große technische und wirtschaftliche Herausforderung. Dazu gehört eine aktive Netzstabilisierung, Kostenreduktion, hohe Verfügbarkeit, hoher Wirkungsgrad, geringe Wartungskosten sowie die Umweltverträglichkeit der Anlagen. Ein Schlüssel liegt in einer effizienten und kostenoptimierten Antriebstopologie, die zur Erzeugung eingesetzt wird. Es ist daher erforderlich, Generatorkonzepte speziell für kleinere dezentrale Kraftwerke zu entwickeln, welche den genannten Anforderungen der dezentralen elektrischen Energieversorgung angepasst sind.

Bei dezentralen und regenerativen Kleinkraftwerken wie Wind-, Wasser- und Organic Rankine Cycle-Anlagen (ORC) werden spezielle drehzahlvariable Generatortypen benötigt. Jedes der bekannten Generatorkonzepte weist unterschiedliche Merkmale auf, wie z. B. der Einsatz von Schleifringen, die Verwendung von teurem Magnetmaterial oder den Bedarf an einer großen Umrichterleistung. Diese wirken sich nachteilig auf das Betriebsverhalten oder die Anschaffungs- bzw. Wartungskosten aus.

Aufgrund der Anforderungen nach drehzahlvariablem Betrieb, Leistungsregelung, geringen Netzrückwirkungen, hoher Verfügbarkeit, niedrigen Kosten sowie langen Wartungsintervallen und hohem Wirkungsgrad kommen prinzipiell nur permanenterrregte Synchronmaschinen und Asynchronmaschinen in Frage. Bei den permanenterrregten Synchronmaschinen bestehen allerdings durch die Verwendung von Seltenen-Erden-Magneten Abhängigkeits- und Kostenprobleme. Weiterhin müssen diese Generatoren an einem Frequenzumrichter betrieben werden, der auf Nennleistung



Abb.:1 DoKa-Maschine der Firma Bruncken

des Systems ausgelegt werden muss, was die Systemkosten deutlich erhöht. Bei den herkömmlichen Asynchronmaschinen kommt auf den ersten Blick die doppeltgespeiste Asynchronmaschine mit Schleifringläufer in Betracht, da in diesem Konzept der Umrichter in den Rotorkreis geschaltet wird, und dadurch nur auf einen Bruchteil der Nennleistung ausgelegt werden muss. Weiterhin entsteht dadurch auf der Statorseite ein nahezu sinusförmiger Strom, welcher ohne große, teure passive Bauteile ins Netz eingespeist werden kann. Der große Nachteil an diesem Konzept sind jedoch die Schleifringe, welche gewartet werden müssen und den Wirkungsgrad verringern.

Deshalb wird im Projekt KaskaEE das Konzept der Kaskadenmaschine (bürstenlose doppeltgespeiste Induktionsmaschine) favorisiert. Diese hat keine Schleifringe und erfüllt die Anforderungen, die für eine dezentrale Energieerzeugungsanlage benötigt werden. Das Prinzip der bürstenlosen doppeltgespeisten Asynchronmaschine wurde bereits Anfangs des 20. Jahrhunderts entworfen. Die Maschine wurde motorisch in Spezialanwendungen wie der Landwirtschaft oder explosionsgefährdeten Umgebungsbedingungen betrieben, bei denen eine variable Drehzahlstellung notwendig war. In Abb. 1 ist eine solche, am Institut ELSYS vorhandene Maschine dargestellt. An ihr wurden

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



ENERGIE
CAMPUS
NÜRNBERG

ELSYS

PROJEKTLEITER

Prof. Dr. Armin Dietz

PROCESS –

Energieeffiziente Elektrische Antriebs- und Maschinenkonzepte

Institut für Leistungselektronische Systeme – ELSYS

Technische Hochschule Nürnberg
Georg Simon Ohm

ANSPRECHPARTNER

M. Sc. Philipp Löhdefink

Tel.: +49.911.5880.3126

Fax: +49.911.5880.5368

Philipp.Loehdefink@th-nuernberg.de

www.th-nuernberg.de/elsys

www.encn.de



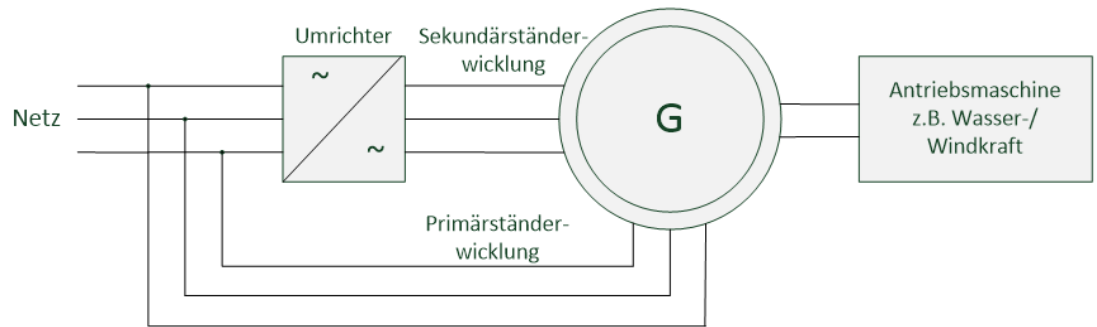
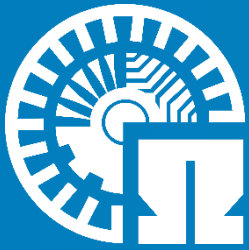


Abb. 2: Vereinfachte Darstellung einer Kaskadenmaschine mit Netzanschluss über Frequenzumrichter

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



PROJEKTLEITER
Prof. Dr. Armin Dietz

PROCESS –
Energieeffiziente Elektrische An-
triebs- und Maschinenkonzepte

Institut für Leistungselektronische
Systeme – ELSYS

Technische Hochschule Nürnberg
Georg Simon Ohm

ANSPRECHPARTNER
M. Sc. Philipp Löhdefink
Tel.: +49.911.5880.3126
Fax: +49.911.5880.5368
Philipp.Loehdefink@th-nuernberg.de
www.th-nuernberg.de/elsys
www.encn.de

bereits erste Untersuchungen durchgeführt. Sie ist jedoch nur für den motorischen Betrieb am Netz über einen speziellen

Anlassschalter ausgelegt. Durch die heute übliche Kombination von Umrichter und Asynchronmaschine für drehzahlvariable Anwendungen ist eine solche Maschine obsolet geworden. Allerdings war die generatorische Nutzung der Maschine bislang eher untypisch. Durch die moderne Umrichtertechnik wird die Kaskadenmaschine jedoch für den Generatorbetrieb wieder interessant und kann zusätzlich für Netzdienstleistungen in Form von Blindleistungsbereitstellung verwendet werden.

Die Kaskadenmaschine ist der doppeltgespeisten Asynchronmaschine mit Schleifringen ähnlich, wobei das Drehfeld des Läufers über eine Sekundärstatorwicklung erzeugt wird und dadurch auf Schleifringe verzichtet werden kann. Abbildung 2 zeigt die schematische Darstellung einer Kaskadenmaschine mit Anschluss an das elektrische Netz. Die Drehzahlvariabilität erfolgt über eine Veränderung der Läuferstromfrequenz (durch die Sekundärstatorwicklung) und kann somit den Anforderungen von regenerativen Energieanlagen bestens gerecht werden. Bei der Kaskadenmaschine wird ein Großteil der Leistung über die Primärstatorwicklung mit annähernd sinusförmigen Strömen ins Netz gespeist. Der restliche Teil der Leistung wird über die Sekundärstatorwicklung und einen Umrichter ins Netz eingespeist. Somit kann der Umrichter auf einen Bruchteil der Generatorleistung ausgelegt werden. Außerdem ist die Maschine über den Umrichter in der Lage Blindleistung zur Netzstabilisierung zu liefern.

Im Laufe des Projekts wird anhand der vorhandenen Kaskadenmaschine ein zu entwickelndes Maschinenmodell verifiziert. Aufbauend auf diesen Untersuchungen wird ein Maschinenentwurf einer

neuen optimierten Maschine im Kleinleistungsbe-
reich von 10 – 100 kW erfolgen und mit einem In-
dustriepartner ein Prototyp aufgebaut, der die Ba-
sis für eine mögliche Industrialisierung bildet.

Ein weiteres Ziel des Projekts ist die Entwicklung
eines auf die Maschine abgestimmten Regelungs-
konzepts. Dieses soll schon früh im Maschinen-
entwicklungszyklus berücksichtigt werden, um be-
reits in der Auslegung dafür zu sorgen, dass Vor-
teile für die spätere Regelung entstehen.

Der Regelungsentwurf an sich wird modellbasiert
erfolgen, was bedeutet, dass sowohl die Regel-
strecke als auch der Regler selbst in ausführlichen
Simulationen untersucht werden. Da in dieser Pro-
jektphase bereits genaue Maschinenmodelle vor-
liegen, kann durch eine Kopplung verschiedener
Simulationsprogramme das gesamte System mit
hoher Qualität nachgebildet werden. Durch eine
automatische Quellcodegenerierung aus der Si-
mulationssoftware heraus kann der simulierte
Regler ohne weiteren Aufwand auf der institutsei-
genen Rapid-Prototyping Plattform am realen Ma-
schinenprototypen verifiziert und das Gesamtsy-
stem vermessen werden.

Die angestrebte Innovation des Vorhabens ist es,
die Kaskadenmaschine als Generator in der rege-
nerativen dezentralen Energieerzeugung zu etab-
lieren. Durch den geringen Wartungsaufwand und
die flexiblen Einsatzgebiete – gekoppelt mit einer
großen Drehzahlvariabilität – ergeben sich viel-
schichtige Einsatzmöglichkeiten.