



Eigenwertanalyse

Analyse von Oberschwingungsphänomenen in elektrischen Energieversorgungsnetzen

Auf einen Blick

In großen Verbundnetzen treten zunehmend Stabilitätsprobleme auf, wie z.B. Interarea-Schwingungen. Der Modus NEVA Eigenwertanalyse erweitert die Analysemethoden für solche Oberschwingungen.

Mit dem Modul NEVA Eigenwertanalyse können:

- Die Stabilitäten von Netzen erhöht,
- Tiefere Einblicke in Eigenwerte gewonnen,
- Die besten Dämpfungsstellen identifiziert, und
- Verschiedene Dämpfungsstrategien gewählt werden

Die Aufgabenstellung

Elektrische Versorgungsnetze nehmen stetig an Größe und installierter Leistung zu, ehemals getrennte Netze werden zusammen geschlossen. Moderne Netze haben sich zu weitläufigen Systemen entwickelt, die sich über hunderte oder tausende Kilometer erstrecken. Wegen der ansteigenden Erzeugungleistung werden verschiedene Bereiche an ein Netz angeschlossen und die Masse immer weiter erhöht.

Darüber hinaus ist die Trennung von Erzeugung, Übertragung und Versorgung kaum an den physischen Charakteristika der synchron verbundenen Netze orientiert, die sich über große Gebiete erstrecken und in denen die verschiedenen Teilnetze und Kraftwerke interagieren. In solch neuen Umgebungen mit einer höheren Ladung des Übertragungsnetzes könnten Netzbetreiber dazu gezwungen sein, das Netz näher an den Stabilitätsgrenzen zu betreiben.

Dies hat zur Folge, dass in großen Verbundnetzen Kleinsignalstabilität, insbesondere Interarea-Schwingungen, an Bedeutung gewonnen haben. Interarea-Schwingungen sind weltweit ein sehr verbreitetes Problem in großen Net-

zen. Häufig stellt man eine erhöhte Belastung einiger Teile der Übertragungssysteme fest, was zu schlecht gedämpften Interarea-Schwingungsfrequenzen (0,2 Hz - 0,8 Hz) führen kann und auch oft führt.

Unsere Lösung

Das Modul "NEVA – Eigenwert- und Schwingungsanalyse" erweitert die Analysemethoden für elektromechanisches Verhalten elektrischer Energieversorgungsnetze. Es kann in allen Produkten der PSS® Software eingesetzt werden (PSS®NETOMAC, PSS®E, PSS®SINCAL).

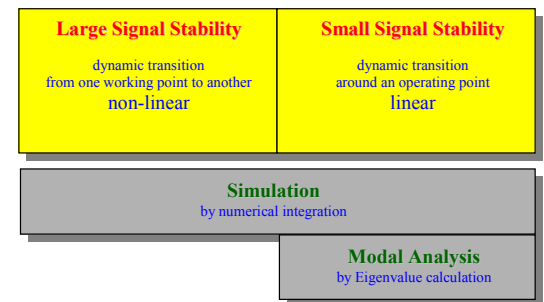


Bild 1: Analyse elektromechanischer Phänomene

Eigenwert- und Schwingungsanalyse zeigen das Kleinsignalverhalten eines Netzes, also das um einen Betriebspunkt herum linearisierte Verhalten, berücksichtigt dabei aber nicht das unlineare Verhalten von, zum Beispiel, Reglern bei größeren Netzstörungen. Somit ergänzen sich die Simulation im Zeitbereich und die Schwingungsanalyse bei der Untersuchung elektrischer Netze.

Mittels Eigenwertanalyse analysiert man das dynamische Verhalten eines Netzes bei verschiedenen charakteristischen Frequenzen („modes“). In einem elektrischen Energieversorgungsnetz müssen alle Modes stabil sein. Darüber hinaus sollten alle elektromechanischen Schwingungen so schnell wie möglich gedämpft werden. Zum besseren Verständnis werden die Ergebnisse einer Eigenwertanalyse

Siemens PTI – Software Solutions

Answers for energy.

SIEMENS

in Frequenz und Dämpfungsgrad pro Schwingungsmode angegeben. Ein Dämpfungsgrad von 5% bedeutet, dass in 3 Schwingungsperioden die Höhe auf etwa 32% des Ausgangswertes reduziert wird. Der niedrigste akzeptable Dämpfungslevel ist nicht genau bekannt. Ein Dämpfungsgrad < 3% kann nur mit Vorsicht akzeptiert werden. Die Dämpfung gilt als ausreichend, wenn in allen elektromechanischen Modes der Dämpfungsgrad auf mindestens 5% geschätzt wird. Bild 2 zeigt, wie die Dämpfung in einem Netz einfach analysiert werden kann.

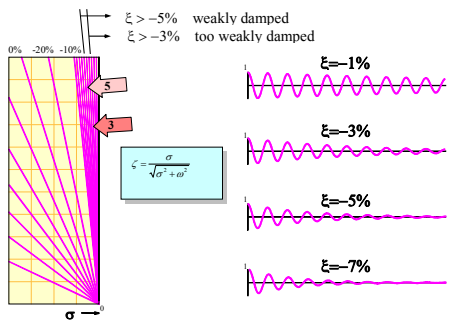


Bild 2: Kriterien für schlechte und gute Dämpfung

Zusätzlich erlaubt die Schwingungsanalyse einen tieferen Einblick in ein Netz, da nicht nur die Eigenwerte interpretiert, sondern auch die Eigenvektoren eines Netzes automatisch während der Schwingungsanalyse berechnet werden:

- Der rechte Eigenvektor gibt Aufschluss über die Beobachtbarkeit der Schwingungen
- Der linke Eigenvektor gibt Aufschluss über die Regelbarkeit
- In Verbindung bestimmen rechter und linker Eigenvektor (Residuen) die Lage der Regler

Es ist wichtig, dass Interarea-Schwingungen gedämpft werden. Dies kann entweder durch Einspeisung zusätzlicher Energie in das System geschehen, wodurch sofort die Frequenzen

verringert werden, und / oder durch den zusätzlichen Verbrauch von Energie, wodurch die Frequenzen unmittelbar erhöht werden. In echten elektrischen Energieversorgungsnetzen wird die Dämpfungsleistung durch die zeitweise Aussteuerung von Leistung oder Erzeugung gewonnen, typischerweise für 5 bis 10 Sekunden. Die Dämpfungsleistung muss die richtige, zu den beschleunigten / verlangsamen Systemen relative Phasenverschiebung haben. Falsche Phasenwinkel könnten sogar Oberschwingungen hervorrufen. Bild 3 zeigt verschiedene Strategien zur Dämpfung von Oberschwingungen.

Mittels der Eigenvektoren können die besten Dämpfungsstellen im Netz bestimmt werden (siehe Bild 4). Je nach gewählter Dämpfungsstrategie zeigen die Residuen die geeignete Platzierung für Schlupfstabilisatoren (Generator-Balkendiagramm, BD), statische Blindleistungskompensatoren (Sammelschienen-BD), für thyristorgesteuerte statische Kompensatoren (Leitungs-BD) etc.

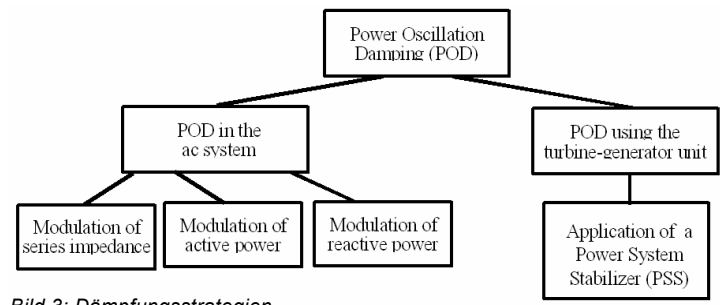


Bild 3: Dämpfungsstrategien

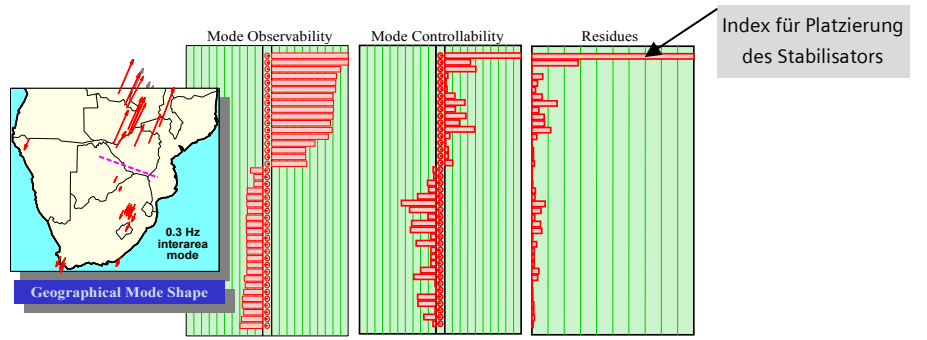


Bild 4: Eigenvektoren einer Interarea-Mode

Anwendungsbeispiel

Bild 5 zeigt einen Screenshot aus dem Modul NEVA: Die Ergebnisse einer Eigenwert- / Schwingungsanalyse für eine 0,3 Hz Interarea-Schwingung im SAPP-Netz (South African Power Pool).

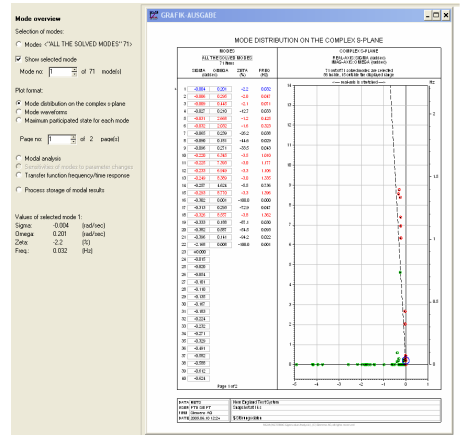


Bild 5: Ergebnisse einer NEVA Eigenwertanalyse

Herausgeber und Copyright © 2009:
Siemens AG
Energy Sector
E D SE PTI
Freyeslebenstraße 1
91058 Erlangen, Germany
www.siemens.de/energy/power-technologies

Siemens Energy, Inc.
Power Distribution, T&D Service Solutions
Siemens Power Technologies International
400 State Street
PO Box 1058
Schenectady, NY 12301-1058
Siemens Transmission and Distribution Ltd
PTI
Sir William Siemens House, Princess Road
Manchester, M20 2UR
United Kingdom

Wünschen Sie mehr Informationen,
wenden Sie sich bitte an unser
Customer Support Center.
Tel.: +49 180 524 70 00
Fax: +49 180 524 24 71
(Gebühren in Abhängigkeit vom Provider)
E-Mail: support.energy@siemens.com
Power Distribution Division
Printed in Germany
Gedruckt auf elementar chlorfrei
gebleichtem Papier.

Alle Rechte vorbehalten. In diesem Dokument
genannte Handelsmarken und Warenzeichen sind
Eigentum der Siemens AG bzw. ihrer Beteiligungs-
gesellschaften oder der jeweiligen Inhaber.
Änderungen vorbehalten. Die Informationen in
diesem Dokument enthalten allgemeine
Beschreibungen der technischen Möglichkeiten,
welche im Einzelfall nicht immer vorliegen.
Die gewünschten Leistungsmerkmale sind daher
im Einzelfall bei Vertragsschluss festzulegen.
SWNN10-DE-200905