

**Entwurf der Zustandsregelung
eines Synchrongenerators mit pulsierendem
Antriebsmoment zur Dämpfung von
Leistungspendelungen**

ABHANDLUNG
zur Erlangung
des Titels eines Doktors der technischen Wissenschaften
der
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE
ZÜRICH

vorgelegt von
DOMINIK BAUMGARTNER
Dipl. El.-Ing. ETH
geboren am 16. Dezember 1956
von Zürich und Wildhaus St. Gallen

Angenommen auf Antrag von
Prof. Dr. R. Zwicky, Referent
Prof. Dr. M. Mansour, Korreferent

17. Aug. 1987 R. Zwicky
1987

Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der Dämpfung von Leistungs- pendelungen bei Generatoren mit pulsierendem Antriebsmoment. Diese Leistungspendelungen treten dann im verstärkten Masse auf, wenn ein langsam laufender Generator bei pulsierendem Drehmoment an der Welle an ein Verbundnetz angeschlossen ist, wie es bei stationären Dieselgeneratoren sowie bei Windgeneratoren häufig vorkommt. Vor allem die Wirkleistungspendelungen verursachen nicht nur Beunruhigung beim Betreiber einer solchen Anlage, sondern können auch in schwach gedämpften Netzen so starke Schwingungen verursachen, dass eine Trennung der Anlage vom Netz notwendig wird.

Üblicherweise wird versucht, die Resonanzfrequenz des Generators durch zusätzliche Schwungmassen auf der Welle zu verschieben. In dieser Arbeit wird gezeigt, dass es möglich ist, durch Einwirkung auf die Erregung des Generators die Wirkleistungspendelungen stark zu dämpfen.

Dazu wird der Generator samt Erregersystem und Antriebsmotor zunächst modelliert und mit Hilfe einer Computersimulation einer eingehenden Analyse unterworfen. Anschliessend wird untersucht, wie sich eine konventionelle Primärregelung auf die Pendelungen auswirkt. Wie die Untersuchungen zeigen, sind auch der Anwendung einer Störgrössen- aufschaltung Grenzen gesetzt. In Kapitel 4 wird schliesslich gezeigt, dass es mit Hilfe einer komplexeren Regelung möglich ist, die Wirkleistungs- pulsationen wesentlich zu dämpfen, ohne auf eine schnelle Spannungs- regelung zu verzichten. Dazu wird eine Zustandsregelung entworfen, welche durch ein Signalmodell (Servokompensator) zur Unterdrückung sinusförmiger Grössen ergänzt wird. Allerdings werden dabei die normalerweise kleinen Blindleistungspendelungen vergrössert, was nur dadurch eingeschränkt werden kann, dass eine Kombination von Wirk- und Blindleistungspendelungen ausgeregelt wird. In Kapitel 5 wird anschlies- send gezeigt, dass beide Leistungspendelungen - sowohl Wirk- als auch Blindleistungspendelungen - unter Zuhilfenahme eines statischen Blind- leistungskompensators vollständig ausgeregelt werden können. Beide Kapitel werden durch eine Abschätzung des Stellaufwandes sowohl der Erregereinrichtung als auch des statischen Kompensators abgerundet. Schliesslich wird im 6.Kapitel der Aufbau einer Laboranlage beschrieben, anhand derer die erhaltenen Resultate verifiziert werden können.

Summary

The object of this thesis is the suppression of power pulsations on generators with a pulsating mechanical torque. These power pulsations appear if a synchronous generator, driven by a low speed Diesel engine or a wind turbine, is connected to a large power network. In poorly damped networks these power pulsations produce oscillations which can lead to a cut off.

The normal countermeasure to these pulsations is an increase of inertia in order to change the resonance frequency of the generator. The main point of this thesis is to act on the excitation voltage with the goal of decreasing the power pulsations.

As a first step a computer simulation is built up based on a mathematical model of the generator including the excitation system and the driving motor. Further investigations show that it is impossible to suppress power pulsations by means of a conventional PID-controller. It is only possible with a state-space controller, including an expanded servocompensator, to achieve a suppression of active power pulsations.

However, with the method mentioned above, the usually small pulsations of reactive power are increased. As a second approach the linear combination of active and reactive power pulsations can be reduced. Finally, the simultaneous elimination of active and reactive power pulsations can only be achieved by the additional use of a reactive power compensator.

The analysis of the controlled generator is made using a computer simulation of the nonlinear system. Practical tests on a laboratory plant with a reduced power level show the same excellent suppression of the power pulsations.