

# FEASIBLY DECENTRALIZED CONTROL

THESIS

submitted to

The Swiss Federal Institute of Technology, Zurich  
for the Degree of Doctor of Technical Sciences

by

MICHAEL FRED SENNING

Dipl. Electr. Eng. ETH

born January 27, 1948

Citizen of Zurich

Accepted on the Recommendation of  
Prof. Dr. M. Mansour and Prof. Dr. H. Glavitsch

Clausthal-Zellerfeld

Bönecke Druck

1979

ABSTRACT

In this thesis, the control of a linear interconnected system is treated. An interconnected system is defined to be a dynamic system controlled by several control stations, each of which has a local measurement of the state of the system and a local input to the system at its disposal. Many reasons, such as the costs of exchanging the information between the control stations and physical restrictions on the instantaneous transmission of this information, suggest a decentralized control of interconnected large systems.

A novel restatement of the optimal control problem enables the computation of a control which is feasibly decentralized in the sense that only those information exchange channels between the control stations that are indispensable for the stability of the system are retained. Thus, if the system is stabilizable by a completely decentralized control, the "feasibly decentralized control" is completely decentralized: The optimization renders the optimal structure of the control.

Using this formulation of the optimal control problem, the feasibly decentralized dynamic compensator is derived. Firstly, the system is assumed to operate in a noise-free environment. Subsequently, to obtain a less sensitive compensator, random variables are introduced to model the effects of the parameter uncertainties, non-linearities, etc. This white Gaussian noise is assumed to disturb the system and to corrupt the local measurements. Applied to a power system model under noisy conditions, the stochastic dynamic compensator is considerably less sensitive than the deterministic compensator. The performance of the stochastic compensator in a noise-free environment is comparable with the performance of the deterministic compensator.

An alternate approach to obtain an insensitive feasibly decentralized dynamic compensator is provided. The optimization criterion is extended by the sum of the norms of the derivative-matrices of the original performance index with respect to the system matrices.

In order to obtain a tracking of the optimal (centralized) control-function, a feasibly decentralized control observer is derived. As in the case of the dynamic compensator, the system is firstly assumed to operate in a deterministic, i.e. noise-free, environment. Modelling a disturbance of the system and a corruption of the local measurements by Gaussian white noise, an inherent insensitive control observer is derived, the performance of which in a noise-free environment is comparable with the performance of the deterministic control observer.

### Zusammenfassung

In dieser Arbeit wird die Regelung von linearen zusammengesetzten Systemen behandelt. Ein zusammengesetztes System wird als ein System definiert, das durch mehrere lokale Regelstationen geregelt wird. Diese verfügen über lokale Messungen und Steuerungsgrößen des System. Viele Gründe, wie z. B. die kostspielige Übertragung der Mess-Information zwischen den lokalen Regelungsstationen und physikalische Beschränkungen bei der verzögerungsfreien Übertragung dieser Information, legen eine dezentralisierte Regelung bei grossen zusammengesetzten Systemen nahe.

Eine neue Formulierung des optimalen Regelungsproblems ermöglicht die Berechnung einer "geeignet dezentralisierten" Regelung. Diese Regelung ist in dem Sinne geeignet dezentralisiert, dass jeweils nur diejenigen Informations-Austauschkanäle, die für die Stabilität des Systemes unbedingt notwendig sind, beibehalten werden. Somit ist die geeignet dezentralisierte Regelung total dezentralisiert, wenn ein System mittels einer total dezentralisierten Regelung stabilisierbar ist: Die Optimierung liefert die optimale Struktur des Reglers.

Mit dieser Formulierung des optimalen Regelungsproblems wird ein geeignet dezentralisierter dynamischer Kompensator hergeleitet. In einem ersten Schritt wird angenommen, dass das System in einer störungsfreien Umgebung arbeite. Um einen insensitiveren Kompensator zu erhalten, werden anschliessend Gauss'sche Zufallsvariablen eingeführt, welche die Auswirkungen von Parameterunsicherheiten, Nichtlinearitäten im System, usw. modellieren. Es wird angenommen, dass dieses weisse Gauss'sche Rauschen das System stört und die lokalen Messungen verfälscht.

Der so erhaltene stochastische Kompensator weist bei einem elektrischen Energiesystem ein weitaus insensitiveres Verhalten auf als der entsprechende deterministische Kompensator. Das Verhalten dieses stochastischen Kompensators ist in einer störungsfreien Umgebung vergleichbar mit dem des deterministischen Kompensators.

Ein alternativer Ansatz zur Berechnung eines geeignet dezentralisierten, insensitiven Kompensators wird präsentiert. Die Optimierungsziel­funktion wird um die Summe der Normen der Ableitungen der ursprünglichen Zielfunktion nach den Systemmatrizen erweitert.

Um die optimale (zentralisierte) Steuerfunktion des Systems mit einer möglichst dezentralisierten Regelung nachzubilden, wird ein geeignet dezentralisierter Steuerungsbeobachter (Control-Observer) hergeleitet. Zuerst wird, wie im Falle des dynamischen Kompensators angenommen, das System befinde sich in einer deterministischen, d. h. störungs-freien, Umgebung. Durch Modellierung der Systemstörungen und der Verfälschungen der lokalen Messungen durch weisses Gauss'sches Rauschen wird ein inhärent insensitiver Steuerungsbeobachter hergeleitet, dessen Verhalten in einer störungsfreien Umgebung mit dem des deterministischen Beobachters vergleichbar ist.