

Dipl.-Ing. Ulf-Dieter Ulken, Hamburg

Physikalische Analyse und mathematische Simulation einer Schiffsantriebsanlage mit inneren Störungen

Reihe **12**: Verkehrstechnik/
Fahrzeugtechnik

Nr. **265**

Inhalt

Zusammenfassung	1
1. Einleitung	2
1.1. Simulatoren	2
1.2. Systemsimulation	2
1.3. Streckensimulatoren	5
1.4. Gründe für das Versagen von Systemsimulationen beim Einsatz als Streckensimulatoren	6
1.4.1. Vernachlässigungen	6
1.4.2. Das Fehlen von Eingangsfunktionen in Teilstrukturen	6
1.4.3. Die Nichtberücksichtigung von Grenzzuständen	6
2. Grundsätzliches zum Entwurf eines Streckensimulators	7
3. Grundzüge der Entwicklung von Streckensimulatoren	8
4. Allgemeinverständliches Beispiel für eine Simulation, die schrittweise an die Anforderungen eines Streckensimulators angepaßt werden soll	9
5. Modellentwicklung zur Simulation einer Schiffsantriebsanlage mit inneren Störungen	14
5.1. Modellbildung für die Turboaufladung	16
5.1.1. Modellbildung für einen Kanal mit zu- und abfließendem Massenstrom	16
5.1.2. Modellbildung für Ladeluftkanal, Rückschlagklappe, Zusatzgebläse und Spülluftkanal	19
5.1.2.1. Ladeluft- und Spülluftkanal	21
5.1.2.2. Die Rückschlagklappen	21
5.1.2.3. Das Zusatzgebläse	22
5.1.2.4. Der Ladeluftkühler	24
5.1.3. Der Rauchgaskanal	34
5.1.4. Die Abgasturbine des Turboladers	34
5.1.4.1. Modell zur Simulation der Turboladerabgasturbine	37
5.1.4.2. Bestimmung des Massenstroms durch die Turbine	41
5.1.5. Der Verdichter des Turboladers	44
5.1.5.1. Modell zur Simulation des gestörten Verdichters	48
5.1.5.2. Isentroper Wirkungsgrad des Verdichters	59
5.1.5.3. Temperaturerhöhung durch Verdichtung	60
5.2. Der Ladungswechsel beim gleichstromgespülten 2-Takt-Dieselmotor	62
5.2.1. Bestimmung des Spülluftmassenstroms	63
5.2.1.1. Düsenströmung bei hohen Druckverhältnissen	65
5.2.1.2. Stromröhrenmodell	67

5.2.2. Bestimmung des effektiven Ersatzquerschnitts der Maschine	71
5.2.2.1. Effektiver Ersatzquerschnitt der Einlaßschlitze	73
5.2.2.2. Effektiver Ersatzquerschnitt des Auslaßventils	76
5.2.2.3. Anpassung der Modelle an die Anforderungen eines Streckensimulators	80
5.2.3. Modell zur Bestimmung der im Zylinder verbleibenden Frischladung	83
5.2.3.1. Kennzahlen zur Beschreibung des Spülerfolgs	84
5.2.3.2. Bestimmung der theoretisch möglichen Frischladung im Zylinder	85
5.2.3.3. Beschreibung des Spülerfolgs	86
5.2.4. Zylindermischgastemperatur am Ende des Spülvorgangs	88
5.2.4.1. Spüllufttemperatur als Folge der Maschinenbetriebstemperatur	88
5.2.4.2. Zylindermischgastemperatur in Abhängigkeit des Spülerfolgs	90
5.2.5. Bestimmung des Spülluftdrucks	91
5.2.6. Randbemerkungen und Grenzen des Modells	92
5.3. Vereinfachtes Modell zur Simulation des Verbrennungsprozesses beim 2-Takt Dieselmotor	95
5.3.1. Wirkungsgrade beim Motor zur Entwicklung eines Simulationsmodells	95
5.3.1.1. Der Umsetzungsgrad	101
5.3.1.2. Der theoretische oder thermische Wirkungsgrad	104
5.3.1.3. Gleichraumgrad zur Beschreibung der Abweichungen vom Idealprozeß	108
5.3.1.3.1. Der Zündverzug	110
5.3.1.3.2. Die Brenndauer bzw. der Brennwinkel	116
5.3.1.3.3. Brennverlaufform	118
5.3.1.3.4. Bestimmung des Gleichraumgrades	120
5.3.1.4. Einfluß der Wärmeverluste auf den inneren Prozeß	122
5.3.2. Bestimmung des Reibmoments	125
5.3.3. Verteilung der Wärmeströme in Kühlwasser, Öl und Rauchgas	130
5.4. Der Drehzahlregler	137
5.4.1. Funktionsweise des Woodward-Reglers	137
5.4.2. Grundsätzliches Reglerverhalten des Woodward-Reglers	139
5.4.3. Ansatz zur Beschreibung des Reglers im Sinne der Regelungstechnik	140
5.4.3.1. Die linearen Übertragungsglieder des PI-Reglers	141
5.4.3.2. Das Verzögerungsglied 2. Ordnung	142
5.4.4. Bestimmung der Reglerparameter für die Simulation	144
5.4.5. Reglerbeschreibung für die Simulation	145
6. Schlußfolgerungen	147
7. Simulationsergebnisse	150
8. Literaturverzeichnis	163