ICS 25.040.40; 27.140

September 2003

VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE

VERBAND DER ELEKTROTECHNIK ELEKTRONIK INFORMATIONSTECHNIK

Blockregelung von Wärmekraftwerken

Unit control of thermal power stations

VDI/VDE 3508

Ausg. deutsch/englisch
Issue German/English

Frühere Ausgaben: 07.84; 04.01 Entwurf, deutsch
Former editions: 07/84; 04/01 draft, in German only

Zu beziehen durch / Available from Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin – Alle Rechte vorbehalten / All rights reserved © Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf 2003

Vervielfältigung – auch für innerbetriebliche Zwecke – nicht gestattet / Reproduction – even for internal use – not permitted

Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.

The German version of this guideline shall be taken as authoritative. No guarantee can be given with respect to the English translation.



Inhalt Seite

Vorbemerkung 3

Zweck und Geltungsbereich 3

1 Einleitung 4

2 Allgemeine Grundlagen 4

2.1 Definition und Abgrenzung 4

2.2 Eigenschaften und Kenngrößen der Netze . 8

2.2.1 Elektrisches Netz 8

2.2.2 Prozessdampfnetz 9

2.2.3 Fernwärmenetz 10

3 Anforderungen der Netze 11

3.1 Elektrisches Netz 11

3.2 Prozessdampfnetz 12

3.3 Fernwärmenetz 12

4 Dynamische Merkmale des Kraftwerkblockes und seiner Komponenten 13

4.1 Dampferzeuger 15

4.1.1 Fossil beheizte Dampferzeuger . . . 15

4.1.2 Nuklear beheizte Dampferzeuger . . 17

4.2 Turbosatz 17

4.3 Weitere Komponenten. 18

4.4 Kombianlagen mit Gasturbinen (GuD-Kraftwerke) 19

5 Strukturen der Blockregelung 20

5.1 Konventionelle Kraftwerke zur Stromerzeugung 21

5.1.1 Betriebsart: Turbine führt (Dampferzeuger folgt) 23

5.1.2 Betriebsart: Dampferzeuger führt (Turbine folgt) 26

5.1.3 Frequenzregelung (Primärregelung) mittels Kondensatanstauverfahren . . 29

Contents Page

Preliminary note 3

Objective and scope 3

1 Introduction 4

2 General principles 4

2.1 Definition. 4

2.2 Characteristics and characteristic quantities of the networks 8

2.2.1 Electrical power network 8

2.2.2 Process steam network 9

2.2.3 District heat network 10

3 Requirements on the part of the networks . . 11

3.1 Electrical power network. 11

3.2 Process steam network 12

3.3 District heat network 12

4 Dynamic characteristics of the power station unit and its components 13

4.1 Steam generator 15

4.1.1 Fossil fired steam generators 15

4.1.2 Nuclear steam generators 17

4.2 Turbogenerator set 17

4.3 Other components 18

4.4 Combined plants with gas turbines (gas and steam power stations). 19

5 Structures of unit control 20

5.1 Fossil fired electrical power stations 21

5.1.1 Operating mode: Turbine in control (steam generator following) 23

5.1.2 Operating mode: Steam generator in control (turbine following) 26

5.1.3 Frequency control (primary control) by means of condensate retention . . 29

VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik (GMA)

Fachausschuss Leittechnik in konventionellen Dampfkraftwerken

VDI/VDE-Handbuch Regelungstechnik
VDI-Handbuch Energietechnik

All rights reserved © Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf 2003

Seite

5.2 Konventionelle Kraftwerke zur Prozessdampferzeugung (Industriekraftwerke) . . . 32
5.3 Konventionelle Kraftwerke zur Fernwärmeerzeugung (Heizkraftwerke) 34
5.4 Entnahme-Kondensationskraftwerke 37
5.5 Kombianlagen mit Gasturbinen 40
5.5.1 Kombiniertes Gas- und Dampfturbinen-Kraftwerk (GuD-Kraftwerk) 41
5.5.2 Kombiniertes Gas- und Dampfturbinen-Kraftwerk mit Zusatzfeuerung 41
5.6 Kernkraftwerke 46
5.6.1 Kernkraftwerk mit Druckwasserreaktor 46
5.6.2 Kernkraftwerk mit Siedewasserreaktor 50
5.7 Modellgestützte Blockregelung 50
5.7.1 Blocksteuerung 53
5.7.2 Modellgestützte Sollwertführung . . 56
5.7.3 Betriebsartenabhängige Blockregelung 57
5.7.4 Wirksamkeit des modellgestützten Blockführungs- und Regelkonzeptes 58
5.8 Übergeordnete Block-Sollwertführung . . . 59

6 Eignung und Anwendbarkeit der Blockregelungsstrukturen 62
6.1 Bestimmende Größen und Einflüsse 62
6.2 Eignung der Regelungsstrukturen 63
6.2.1 Eignung der Betriebsart „Turbine führt“. 65
6.2.2 Eignung der Betriebsart „Dampferzeuger führt“ 66
6.2.3 Eignung der Betriebsart „Dampferzeuger führt“ mit modellgestützter Blockregelung und Kondensatanstau-Verfahren 67

7 Regelgüte 70
7.1 Begriff der Regelgüte 70
7.2 Ermittlung der Regelgüte 71
7.3 Prüfanregungen 72
7.4 Berücksichtigung von Störeinflüssen bei Prüfungen 78
7.5 Ergänzende Hinweise 79

8 Formelzeichen und Benennungen 80
8.1 Formelzeichen 80
8.2 Abkürzungen, Indizes 81

Schrifttum 82

Anhang Ergänzende Erläuterung zu Fernwärmenetzen und ihren Regelungen . . 83

Page

5.2 Fossil fired power stations for process steam generator (industrial power stations) 32
5.3 Fossil fired power stations for district heat generation (combined heating and power stations, CHPs) 34
5.4 Extraction condensing power stations . . . 37
5.5 Combined plants with gas turbines. 40
5.5.1 Combined gas and steam turbine power station (gas-and-steam power station) 41
5.5.2 Combined gas and steam turbine power station with additional furnace 41
5.6 Nuclear power stations 46
5.6.1 Nuclear power station with pressurized water reactor 46
5.6.2 Nuclear power station with boiling water reactor. 50
5.7 Model-based unit control. 50
5.7.1 Unit feedforward control 53
5.7.2 Model-based setpoint control 56
5.7.3 Unit control dependent on operating mode 57
5.7.4 Efficacy of the model-based unit feedforward and feedback control concept 58
5.8 Superordinate determination of setpoints (target output limiting) 59

6 Suitability and applicability of the unit control structures 62
6.1 Determining variables and influences . . . 62
6.2 Suitability of the control structures 63
6.2.1 Suitability of the operating mode ”turbine in control“ 65
6.2.2 Suitability of the operating mode ”steam generator in control“ 66
6.2.3 Suitability of the operating mode ”steam generator in control“ with model-based unit control and use of the condensate retention method . . 67

7 Control performance 70
7.1 The notion of control performance. 70
7.2 Determination of control performance . . . 71
7.3 Test stimuli 72
7.4 Consideration of disturbing influences in tests 78
7.5 Supplementary information 79

8 Symbols and terms 80
8.1 Symbols 80
8.2 Abbreviations/subscripts 81

Bibliography 82

Annex Supplementary information on district heat networks and their controls 83