

Dipl.-Ing. Kai Moßig, Baden

# **Algebraischer Steuerungsentwurf für eine Klasse ereignisdiskreter Prozesse mittels der Max-Plus-Algebra**

Reihe **20**: Rechnerunterstützte  
Verfahren

Nr. **224**

# Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung .....	1
2	Graphentheoretische Grundlagen .....	5
3	Einführung der betrachteten Petri-Netze und ihre Eigenschaften.....	8
3.1	Mengentheoretische Darstellung der Petri-Netze.....	8
3.2	Vektorielle Darstellung von Petri-Netzen.....	12
3.3	Eigenschaften von Petri-Netzen .....	14
3.4	Synchronisationsgraphen .....	18
3.5	Modellierungsansätze für ereignisdiskrete Systeme .....	21
4	Grundlagen der Max-Plus-Algebra .....	24
4.1	Die Operatoren der Max-Plus-Algebra.....	24
4.2	Matrizenrechnung der Max-Plus-Algebra.....	26
4.3	Graphentheoretische Interpretation.....	27
4.4	Eigenwerte und Eigenvektoren .....	28
4.5	Der spektrale Projektor .....	29
4.6	Zyklische Matrizen .....	29
4.7	Lösung einer Klasse von Gleichungssystemen .....	30
5	Darstellung von Synchronisationsgraphen mit der Max-Plus-Algebra .....	32
5.1	Betrachtung elementarer Strukturen des Synchronisationsgraphen .....	32
5.2	Betrachtung des gesamten Synchronisationsgraphen .....	33
5.3	Eigenschaften der algebraischen Beschreibung .....	37
5.4	Analyse des zeitlichen Verhaltens.....	40
5.5	Ein akademisches Beispiel .....	43

6	Steuerungsentwurf .....	51
6.1	Grundsätzliches Entwurfsverfahren.....	53
6.1.1	Einfache Anforderungen.....	54
6.1.2	Struktur der systembeschreibenden Matrix des gesteuerten Synchronisationsgraphen .....	60
6.1.3	Startsteuerung.....	61
6.1.4	Invarianz des Eigenverhaltens.....	65
6.1.5	Höhere Anforderungen.....	68
6.2	Steuerbarkeit.....	74
6.3	Schnelligkeit.....	77
6.4	Reduktion des Einflusses von Störungen.....	79
6.4.1	Einschwingverhalten.....	80
6.4.2	Reduktion der Anzahl der Eigenvektoren.....	85
6.5	Berücksichtigung verschiedener Anfangsmarkierungen .....	92
7	Anwendungsbeispiele.....	106
7.1	Verkoppelter Produktionsprozeß in einer Mehrproduktanlage.....	106
7.2	Fahrerlose Transportfahrzeuge .....	112
7.3	Fertigungssystem mit Portalkran.....	118
8	Zusammenfassung und Ausblick.....	125
9	Anhang.....	127
9.1	Berechnung der Eigenwerte und Eigenvektoren der Max-Plus-Algebra.....	127
9.2	Berechnung des spektralen Projektors.....	128
9.3	Vergleich zweier Beschreibungsformen.....	129
10	Literatur .....	133