

Modellbildung und Identifikation

Übung 1

INSTITUT FÜR REGELUNGS- UND STEUERUNGSSYSTEME



Organisatorisches

■ Vorlesung:

Uhrzeit: Mittwoch 14:00-15:30 (siehe Terminplan)

Ort: Chemie, Neuer Hörsaal

Prof. Dr.-Ing. Sören Hohmann

Sprechstunde Do 11:30-12:15 (nach vorheriger Anmeldung)

soeren.hohmann@kit.edu

■ Übung:

Uhrzeit: Donnerstag 14:00-15:30 (siehe Terminplan)

Ort: Tulla Hörsaal

Simon Rothfuß, M.Sc.

Sprechstunde nach Vereinbarung

simon.rothfuss@kit.edu

0721/608-4 3237

Organisatorisches

Oktober		November		Dezember		Januar		Februar	
01 Sa	40. W	01 Di		01 Do	Vorlesung	01 So	Neujahr	01 Mi	
02 So		02 Mi	Vorlesung	02 Fr		02 Mo	1. W	02 Do	Übung
03 Mo	Dt. Einheit	03 Do	Vorlesung	03 Sa		03 Di		03 Fr	
04 Di		04 Fr		04 So		04 Mi		04 Sa	
05 Mi		05 Sa		05 Mo	49. W	05 Do		05 So	
06 Do		06 So		06 Di		06 Fr		06 Mo	6. W
07 Fr		07 Mo	45. W	07 Mi	Vorlesung	07 Sa		07 Di	
08 Sa		08 Di		08 Do	Vorlesung	08 So		08 Mi	Vorlesung
09 So		09 Mi		09 Fr		09 Mo	2. W	09 Do	
10 Mo	41. W	10 Do		10 Sa		10 Di		10 Fr	Vorlesungsende
11 Di		11 Fr		11 So		11 Mi	Vorlesung	11 Sa	
12 Mi		12 Sa		12 Mo	50. W	12 Do	Übung	12 So	
13 Do		13 So		13 Di		13 Fr		13 Mo	7. W
14 Fr		14 Mo	46. W	14 Mi	Vorlesung	14 Sa		14 Di	
15 Sa		15 Di		15 Do	Übung	15 So		15 Mi	
16 So		16 Mi	Vorlesung	16 Fr		16 Mo	3. W	16 Do	
17 Mo	Vorlesungsanfang	17 Do	Übung	17 Sa		17 Di		17 Fr	
18 Di		18 Fr		18 So		18 Mi		18 Sa	
19 Mi		19 Sa		19 Mo	51. W	19 Do	Vorlesung	19 So	
20 Do	Vorlesung	20 So		20 Di		20 Fr		20 Mo	8. W
21 Fr	42. W	21 Mo	47. W	21 Mi	Vorlesung	21 Sa		21 Di	
22 Sa		22 Di		22 Do		22 So		22 Mi	
23 So		23 Mi	Übung	23 Fr		23 Mo	4. W	23 Do	
24 Mo	43. W	24 Do	Vorlesung	24 Sa		24 Di		24 Fr	
25 Di		25 Fr		25 So	1. Weihnachtstag	25 Mi	Übung	25 Sa	
26 Mi		26 Sa		26 Mo	2. Weihnachtstag	26 Do	Vorlesung	26 So	
27 Do	Vorlesung	27 So		27 Di		27 Fr		27 Mo	9. W
28 Fr		28 Mo	48. W	28 Mi		28 Sa		28 Di	
29 Sa		29 Di		29 Do		29 So			
30 So		30 Mi		30 Fr	52. W	30 Mo	5. W		
31 Mo	44. W			31 Sa		31 Di			

Organisatorisches

- Mündliche Prüfung
- Prüfungsanmeldung (siehe Prüfungsordnung Bachelor/Master/Diplom)
- Terminvergabe (semesterbegleitend Termine) über das IRS-Sekretariat:

Frau Stassen

Sprechstunden: Mo.-Do.: 08:00-13:00 + 14:00-16:00 Uhr, Fr.: 08:00 - 14:00 Uhr

Raum: 102

Institut für Regelungs- und Steuerungssysteme

Geb. 11.20 (Engler-Villa)

Termine: 22.02.17 / 20.04.17 / 21.04.17 / 27.04.17

Organisatorisches

■ ILIAS

- Vorlesungsunterlagen
- Übungsaufgaben
- Termine
- Forum

Die Diskussionsplattform ist dazu gedacht, auftretende Fragestellungen bzgl. der Übung/Vorlesung/Prüfung in der Gruppe anzusprechen, zu diskutieren und sich gegenseitig zu helfen.

Der Übungsleiter liest regelmäßig mit und hilft Unklarheiten zu beseitigen.

- Passwort: Abundanz

Organisatorisches

■ Aufgabentypen:

Typ 1: Übungsaufgaben werden vom Übungsleiter vorgerechnet.

Typ 2: Trainingsaufgaben dienen zum Selbststudium
(Lösungen werden nicht vorgerechnet, aber Kurzlösungen veröffentlicht).

Allgemein gilt: Der Schwierigkeitsgrad von Aufgaben wird durch Pluszeichen symbolisiert.

+ bedeutet *leichte Aufgabe*

+++(+)
+++(+)
bedeutet *Prüfungs-/Klausurniveau (oder höher)*

Inhalt Übung 1

- Graphentheorie

- ➔ Kopplungsanalyse in einem Systemmodell

Grundlagen

■ Adjazenzmatrix

$$\underline{A}_{(n,n)} = [a_{ij}], \quad a_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{falls Teilsystem } j \text{ Nachfolger von Teilsystem } i \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$

■ Transitive Hülle

$$\underline{A}^+ := \bigcup_{k=1}^{\infty} \underline{A}^k \stackrel{!}{=} \bigcup_{k=1}^n \underline{A}^k = \underline{A} \cup \underline{A}^2 \cup \dots \cup \underline{A}^n$$

■ Reflexive transitive Hülle

$$\underline{A}^* := \underline{A}^+ \cup \underline{I} = \underline{A} \cup \underline{A}^2 \cup \dots \cup \underline{A}^n \cup \underline{I}$$

Grundlagen

■ „Addition“ (Vereinigung/ elementweises ODER)

■ „Multiplikation“

$$\underline{A} \odot \underline{A} := \underline{A}_{(n,n)}^2 = \left[(a_{i1} \wedge a_{1j}) \vee (a_{i2} \wedge a_{2j}) \vee \cdots \vee (a_{in} \wedge a_{nj}) \right]$$

$$\underline{A}^k = \underline{A} \odot \underline{A}^{k-1}$$

Grundlagen

■ Stark zusammenhängende Komponenten

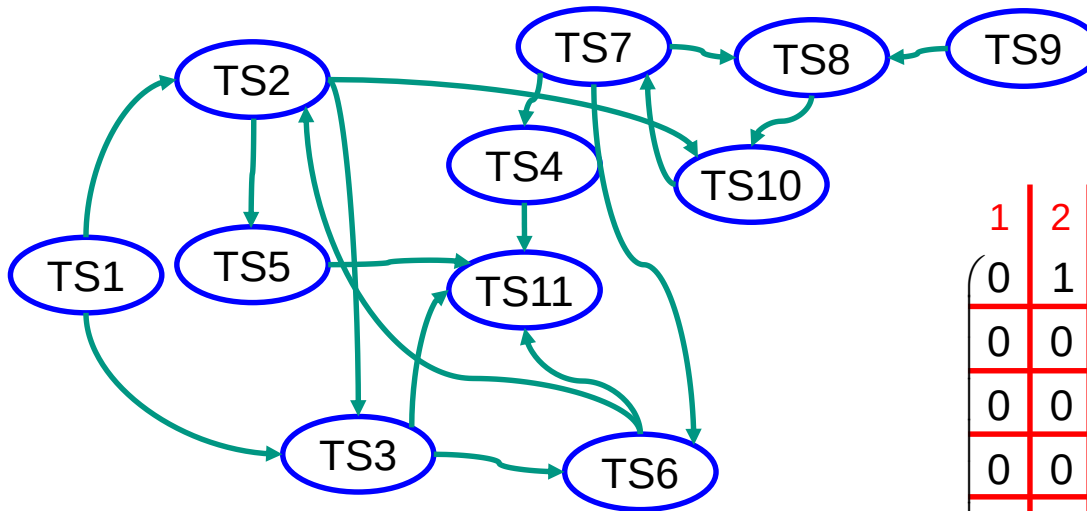
- Gilt für zwei Nebendiagonalelemente von $\underline{A}^*$ die Bedingung $a_{ij}^* = a_{ji}^* = 1$, so gehören die Knoten i und j zu der gleichen starken Komponente.
- Ist lediglich das Hauptdiagonalelement $a_{ii}^* = 1$, gilt jedoch für die übrigen Nebendiagonalelemente $a_{ij}^* = 0$, so bildet der Knoten i eine eigene starke Komponente.
- Ist $a_{ij}^* = 1$ und $a_{ji}^* = 0$, so liegt in der Kondensation eine gerichtete Kante vor von der starken Komponente mit dem Knoten i zu der starken Komponente mit dem Knoten j .

■ Kondensationsgraph

- Graph bestehend aus stark zusammenhängenden Komponenten



Aufgabe 1b) Synthesizer

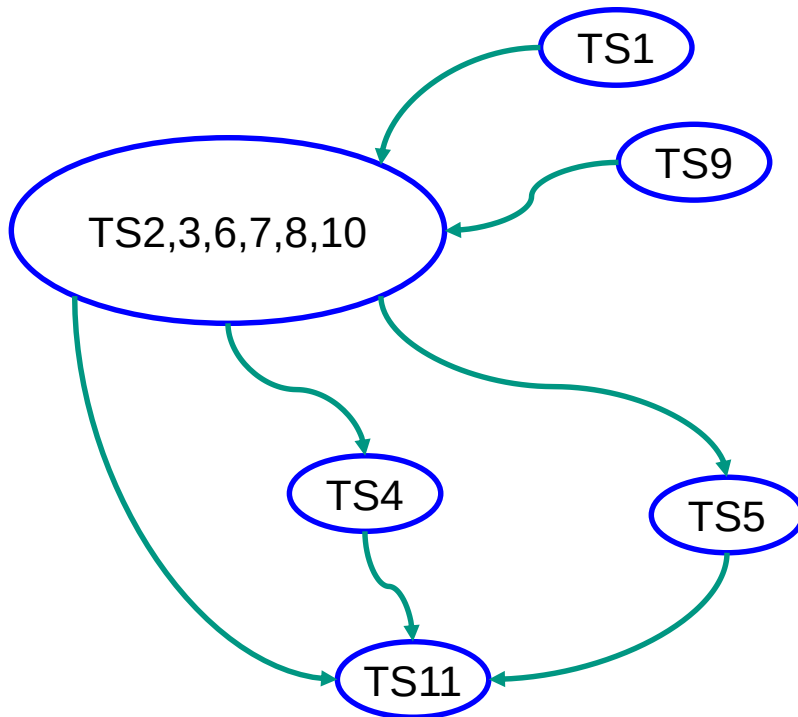


$$a_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{falls } j \text{ Nachfolger von } i \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$

$$\underline{A} =$$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	2
3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	3
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5
6	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6
7	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	7
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	8
9	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	9
10	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	10
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11

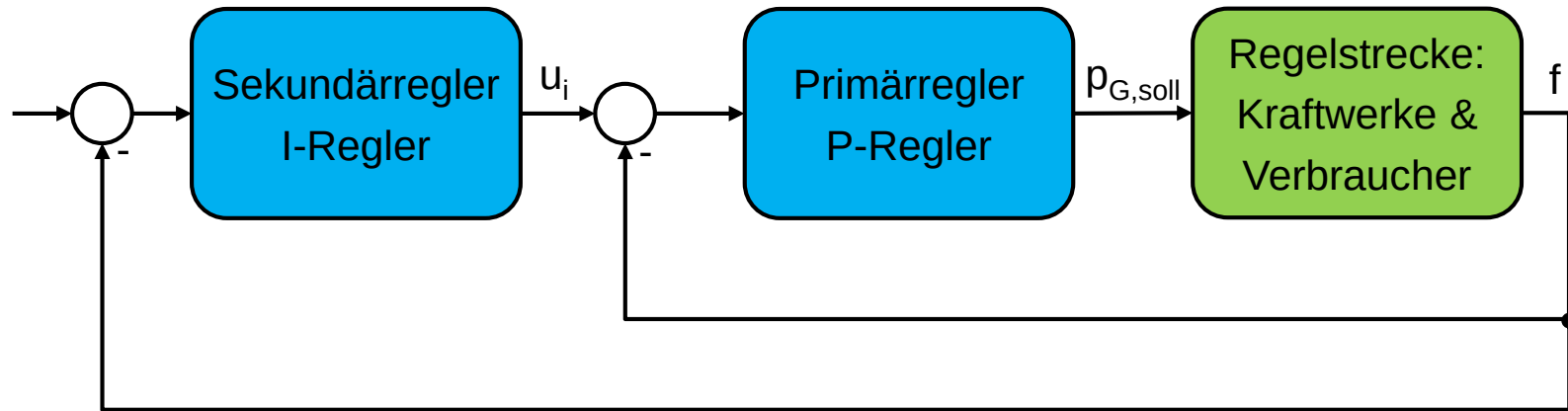
Aufgabe 1f) Synthesizer



$$\underline{A}_{synth}^k = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Aufgabe 2: Elektroenergieversorgungsnetz

■ Regelstruktur eines Elektroenergieversorgungsnetzes

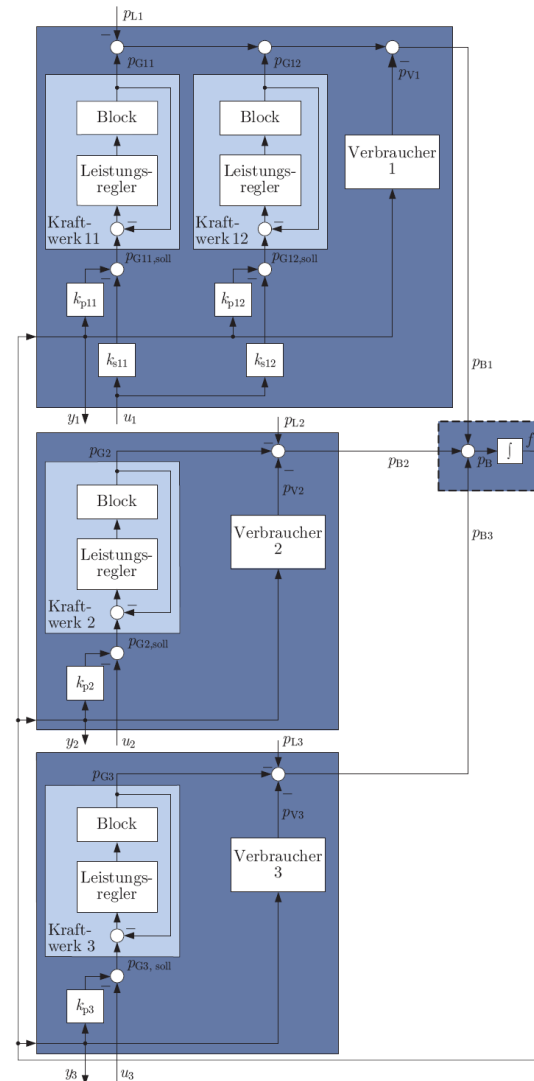


■ Vorgehen bei Unterfrequenz (Deutschland):

Stufe	Frequenz	Maßnahme
1	49,8Hz	Einsatz der Regelleistung
2	49,0Hz	Abwurf von 10-15% der Netzlast
3	48,7Hz	Abwurf von weiteren 10-15% der Netzlast
4	48,4Hz	Abwurf von weiteren 10-15% der Netzlast
5	47,5Hz	Netztrennung der Kraftwerke

Aufgabe 2: Elektroenergieversorgungsnetz

■ Blockschaltbild



Aufgabe 2: Elektroenergieversorgungsnetz

■ Adjazenzmatrix:

$$\underline{A} = \begin{matrix} & \begin{matrix} k_{11} & k_{12} & k_2 & k_3 & V_1 & V_2 & V_3 & f \end{matrix} \\ \begin{matrix} k_{11} \\ k_{12} \\ k_2 \\ k_3 \\ V_1 \\ V_2 \\ V_3 \\ f \end{matrix} & \begin{pmatrix} \color{red}{1} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \color{green}{1} \\ 0 & \color{red}{1} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \color{green}{1} \\ 0 & 0 & \color{red}{1} & 0 & 0 & 0 & 0 & \color{green}{1} \\ 0 & 0 & 0 & \color{red}{1} & 0 & 0 & 0 & \color{green}{1} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \color{red}{0} & \color{olive}{0} & \color{olive}{0} & \color{green}{1} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \color{olive}{0} & \color{red}{0} & \color{olive}{0} & \color{green}{1} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \color{olive}{0} & \color{olive}{0} & \color{red}{0} & \color{green}{1} \\ \color{green}{0} & \color{green}{0} & \color{green}{0} & \color{green}{0} & \color{green}{1} & \color{green}{1} & \color{green}{1} & \color{red}{0} \end{pmatrix} \end{matrix}$$

fehlender Primärregler

- Selbstschleifen
- Direkte Kopplung von Kraftwerken untereinander
- Direkte Kopplung von Verbrauchern untereinander
- Direkte Kopplung Kraftwerk $\leftrightarrow$ Verbraucher
- Direkte Kopplung Frequenz $\leftrightarrow$ KW/ Verbraucher

$$a_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{falls } j \text{ Nachfolger von } i \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$

Aufgabe 2: Elektroenergieversorgungsnetz

■ Berechnung der Nachfolgepfade:

Kraftwerke wirken über die
Selbstschleifen Frequenz auf die Verbraucher

$$\underline{A} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{pmatrix} \Rightarrow \underline{A}^2 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Keine Rückwirkung auf
Kraftwerke

Verbraucher untereinander
über Frequenz gekoppelt

$$\underline{A}^2 = [a_{ij}] \text{ mit } a_{ij} = (a_{i1} \wedge a_{1j}) \vee (a_{i2} \wedge a_{2j}) \vee \dots \vee (a_{in} \wedge a_{nj})$$

Aufgabe 2: Elektroenergieversorgungsnetz

■ Berechnung der Nachfolgepfade:

$$\begin{aligned}
 \underline{A} &= \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{pmatrix} \Rightarrow \underline{A}^2 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \\
 \underline{A}^3 &= \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{pmatrix} \Rightarrow \underline{A}^4 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}
 \end{aligned}$$

$$\Rightarrow \underline{A}^2 = \underline{A}^4 \Rightarrow n=3$$

$$\begin{aligned}
 \underline{A}^* &= \underline{I} \cup \underline{A} \cup \underline{A}^2 \cup \underline{A}^3 \\
 \underline{A}^* &= \begin{bmatrix} \underline{I} & \underline{1} \\ \underline{0} & \underline{1} \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$