



ANÁLISE FUNCIONAL E ESTRUTURAL DE SISTEMAS HIDRÁULICOS POR MEIO DE REPRESENTAÇÃO MATRICIAL

GILMAR ROSSI FILHO¹; GILSON SIMÕES PORCIÚNCULA²

¹Universidade Federal de Pelotas – gilmar.filho@ufpel.edu.br

²Universidade Federal de Pelotas – gilson.porciuncula@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho tem por objetivo apresentar uma abordagem metodológica de representação gráfica e matricial de sistemas hidráulicos. Os conceitos de sistemas hidráulicos serão brevemente revisados para analisar a simbologia e normatização envolvendo os modelos estruturais, funcionais e comportamentais usados na modelagem, registro e documentação do mesmo. A representação gráfica e matricial apresentada neste trabalho será realizada por meio das redes Canal/Agência, uma derivação das redes de Petri.

A evolução tecnológica faz com que exista no mercado uma necessidade de se desenvolver técnicas de trabalho para aprimorar processos produtivos e a busca de qualidade. Para otimizar sistemas nos processos industriais usam-se os meios de transmissão de energia mecânica, elétrica, eletrônica, pneumática e hidráulica. A hidráulica é o estudo das características e uso dos fluidos sob pressão. Ela está presente em todos os setores industriais viabilizando áreas de automatização através de sistemas para controle de movimentos (PARKER, 2011).

Um sistema hidráulico é representado por modelos funcionais, estruturais e comportamentais baseados na norma ISO 1219 (NBR 8896), que rege uma simbologia gráfica. A Figura 1(a) mostra a representação de um exemplo de circuito hidráulico.

As redes de Petri são ferramentas de modelagem matemática com uma representação gráfica, utilizada para descrever e estudar sistemas de processamento da informação caracterizados como sendo concorrentes, assíncronos, distribuídos, paralelos, não determinísticos e/ou estocásticos (AGUIRRE, 2007).

BELAN (2007) contribuiu na sistematização de métodos de projeto para os sistemas automáticos. Seus estudos partiram da descrição funcional, estrutural e comportamental do sistema, considerando a multidisciplinaridade dos sistemas e orientando a utilização adequada de ferramentas de análise de projeto pré-existentes. Ele formaliza matematicamente a modelagem em rede Canal/Agência (redes C/A), definindo os elementos básicos da rede, a representação da rede por meio de vetores e matrizes e os procedimentos que permitem que os modelos sejam analisados por meio de operações matemáticas.

A rede de Petri Canal/Agência ou rede C/A é uma representação diagramática formada por dois elementos básicos: unidades ativas (representadas por retângulos e as unidades passivas (representadas por círculos). Estes elementos são conectados por setas. Esta rede é usada para descrição genérica de sistemas de uma forma simples para fácil compreensão por pessoas de formações diversas (AGUIRRE, 2007). A Figura 1(b) mostra um exemplo de rede Canal/Agência de um circuito hidráulico.

O desenvolvimento deste trabalho se dá no espaço de projeto de sistemas automáticos, principalmente em sistemas hidráulicos, com foco na avaliação da

coerência estrutural e de fluxo de sistemas hidráulicos, por meio da conversão de modelos funcionais e estruturais em uma representação matricial.

No projeto de sistemas automáticos, neste caso sistemas hidráulicos, ainda nas fases iniciais do processo de projeto, são estabelecidas as concepções de projeto e registradas por meio de modelos funcionais e estruturais normatizados de acordo com as áreas e tecnologias específicas. A documentação normativa desses modelos envolve dificuldades nas avaliações do processo de projeto, como por exemplo a análise de confiabilidade. Por outro lado, com a representação matricial de circuitos hidráulicos é possível desenvolver uma sistemática de análise estrutural e funcional do sistema por meio de recursos matemáticos, o que possibilita implementação computacional dessas análises. PORCIÚNCULA (2015) apresenta uma análise e avaliação operacional de um sistema automático utilizando a representação matricial de um sistema hidráulico.

2. METODOLOGIA

Para a avaliação de sistemas hidráulicos por meio de modelagem funcional e estrutural em rede Canal/Agência o sistema foi caracterizado de forma paralela com a representação de diagrama pela norma ISO 1219 e pela rede Canal/Agência. A Figura 1 apresenta esse paralelismo de representação para um sistema hidráulico básico.

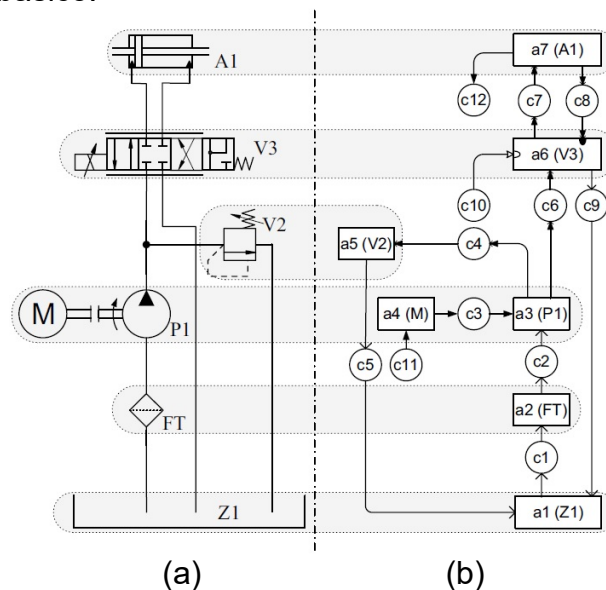


Figura 1 – (a) Circuito hidráulico (b) Rede Canal / Agência.

O Quadro 1 apresenta a caracterização deste sistema hidráulico, onde são definidas as relações de componentes, agências e canais. As agências representam os componentes, ou seja, onde existe alguma transformação no recurso e os canais representam as conexões por onde os recursos passam. Canais pré significam recurso chegando na agência e canais pós significam recurso saindo da agência.

Quadro 1 – Caracterização do sistema hidráulico

Simbologia	Nome dos componentes	Nome da Agência	Canais pré	Canais pós
Z1	Reservatório de óleo	a1	c5, c9	c1
FT	Filtro hidráulico	a2	c1	c2
M	Motor elétrico	a4	c11	c3
P1	Bomba hidráulica	a3	c3, c2	c4, c6
V2	Válvula limitadora de pressão	a5	c4	c5
V3	Válvula direcional	a6	c6, c8, c10	c7, c9
A1	Atuador hidráulico	a7	c7	c8, c12

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da rede C/A do sistema hidráulico apresentado na Figura 1 e caracterizado no Quadro 1, os conceitos de BELAN (2007) foram empregados na formação das matrizes (que traduzem a rede Canal/Agência) para fazer operações matemáticas e analisar o sistema. A Figura 2 apresenta as matrizes de incidência anterior e posterior, onde a matriz M Pré representa a relação das agências como os canais pré e a M Pós a relação das agências como os canais pós.

Para a análise foram observados os resultados de duas metodologias: a análise de coerência estrutural e análise de coerência de fluxo de recurso.

M Pré - Matriz de Incidência Anterior								M Pós - Matriz de Incidência Posterior							
	a1 (Z1)	a2 (FT)	a3 (P1)	a4 (M)	a5 (V2)	a6 (V3)	a7 (A1)		a1 (Z1)	a2 (FT)	a3 (P1)	a4 (M)	a5 (V2)	a6 (V3)	a7 (A1)
c1	0	1	0	0	0	0	0	c1	1	0	0	0	0	0	0
c2	0	0	1	0	0	0	0	c2	0	1	0	0	0	0	0
c3	0	0	1	0	0	0	0	c3	0	0	0	1	0	0	0
c4	0	0	0	0	1	0	0	c4	0	0	1	0	0	0	0
c5	1	0	0	0	0	0	0	c5	0	0	0	0	1	0	0
c6	0	0	0	0	0	1	0	c6	0	0	1	0	0	0	0
c7	0	0	0	0	0	0	1	c7	0	0	0	0	0	1	0
c8	0	0	0	0	0	1	0	c8	0	0	0	0	0	0	1
c9	1	0	0	0	0	0	0	c9	0	0	0	0	0	1	0
c10	0	0	0	0	0	1	0	c10	0	0	0	0	0	0	0
c11	0	0	0	1	0	0	0	c11	0	0	0	0	0	0	0
c12	0	0	0	0	0	0	0	c12	0	0	0	0	0	0	1

Figura 2 – Representação matricial.

O método de análise de coerência estrutural é baseado na determinação dos canais limites das matrizes M Pré e M Pós. Em outras palavras, são identificados os canais fornecedores e os canais consumidores de recursos do sistema. A Figura 3 mostra os vetores resultantes dessa análise, com os canais limites. Em suma, os canais c10 e c11 são considerados fornecedores por resultarem em “1” e o canal c12 é considerado canal consumidor por resultar em “-1”.

Agências							
	a1 (Z1)	a2 (FT)	a3 (P1)	a4 (M)	a5 (V2)	a6 (V3)	a7 (A1)
VLKpre = [	1	1	1	1	1	1	1
VLKpos = [	1	1	1	1	1	1	1
VLRes = [	0	0	0	0	0	0	0

Canais												
	c1	c2	c3	c4	c5	c6	c7	c8	c9	c10	c11	c12
VCKpre = [	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
VCKpos = [	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1
VCRes = [	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	-1

Figura 3 – Matriz de análise estrutural

Com a análise de coerência de fluxo de recurso, é verificado se um recurso que entra no sistema pode sair, ou, caso contrário, se para um canal consumidor existe algum canal fornecedor, de onde esse recurso tenha origem.

Na Figura 4 pode ser visto um exemplo de análise de fluxo que inicia no canal fornecedor c10 da matriz M Pré, de onde o recurso de sinal flui até a agência a6. Analisando a matriz M Pós, pode-se identificar que o recurso foi transformado pela agência a6 e possibilitou o recurso óleo hidráulico (energia hidráulica) fluir para o canal c7 que direciona o óleo (energia hidráulica) para a

agência a7, a qual transforma a energia hidráulica em energia mecânica e disponibiliza no canal consumidor c12. Neste caso, a conclusão é de que os recursos sinal, óleo hidráulico, energia hidráulica e energia mecânica circulam e se transformam dentro da Rede C/A, confirmando a coerência do sistema hidráulico. Se algum componente estivesse faltando ou sobrando, seria identificada uma falha ao evidenciar uma ligação fornecedor-fornecedor por exemplo.

M Pré - Matriz de Incidência Anterior								M Pós - Matriz de Incidência Posterior							
	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7		a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7
	(Z1)	(FT)	(P1)	(M)	(V2)	(V3)	(A1)		(Z1)	(FT)	(P1)	(M)	(V2)	(V3)	(A1)
c7	0	0	0	0	0	0	1	c7	0	0	0	0	0	1	0
c8	0	0	0	0	0	1	0	c8	0	0	0	0	0	0	1
c9	1	0	0	0	0	0	0	c9	0	0	0	0	0	1	0
c10	0	0	0	0	0	0	1	c10	0	0	0	0	0	0	0
c11	0	0	0	1	0	0	0	c11	0	0	0	0	0	0	0
c12	0	0	0	0	0	0	0	c12	0	0	0	0	0	0	1

Figura 4 – Análise parcial de coerência de fluxo.

4. CONCLUSÕES

A representação matricial do sistema hidráulico é possível através de uma metodologia de conversão da rede Canal/Agência, que por sua vez é equivalente à representação do sistema hidráulico. No processo de projeto de sistemas hidráulicos, o envolvimento de diversos recursos tecnológicos e profissionais torna difícil o entendimento e a documentação do trabalho. A representação matricial desses sistemas se apresenta como uma ferramenta para ajudar no entendimento e interação dos projetistas. Através dela, é possível se fazer uma análise funcional e estrutural do sistema e até mesmo viabilizar a análise computacional. O tratamento das informações dessas matrizes permite aprimorar o trabalho de desenvolvimento de produto e trazer maior competitividade. Citam-se a maior garantia de precisão, operacionalidade, facilidade de manutenção, maior confiabilidade e menores tempo e custo de desenvolvimento como vantagens do uso desses conceitos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIRRE, L. A. et al. **Enciclopédia de automática: controle e automação**. São Paulo: Bluncher, 2007.

BELAN H. C. **Formalização da rede de Petri Canal / Agência para projeto de equipamentos industriais**. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina.

PARKER. **Hidráulica industrial**. Apostila M 2001-2. Elyria, 2008, 233p.

PORCIÚNCULA, G. S. **Metodologia para análise de confiabilidade no projeto de sistemas automáticos**. 2009. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina.

PORCIÚNCULA, G. S., BELAN, H. C., DE NEGRI, V. J. e DIAS A.. **Identification of the operational configurations of automatic systems for the design for reliability**. Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering, 2015, v38, p 493-506.