

A GENERAL FLUID NETWORK SIMULATOR

Mr. Athapol Kitiyanan

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science
The Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University
in Academic Partnership with
The University of Michigan, The University of Oklahoma,
and Case Western Reserve University

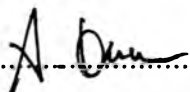
1999

ISBN 974-331-887-9

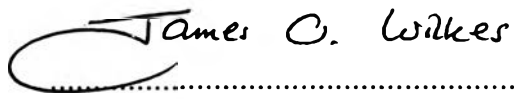
119584581

Thesis Title : A General Fluid Network Simulator
By : Mr. Athapol Kitiyanan
Program : Petrochemical Technology
Thesis Advisors : Prof. James O. Wilkes
Asst. Prof. Pornpote Piumsomboon
Dr. Thirasak Rirksomboon

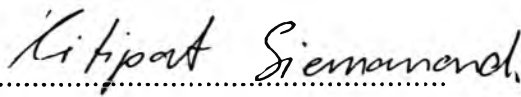
Accepted by the Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University, in partial fulfillment of the requirements for the Degree of Master of Science.


..... College Director
(Prof. Somchai Osuwan)

Thesis Committee:


.....
(Prof. James O. Wilkes)


.....
(Asst. Prof. Pornpote Piumsomboon)


.....
(Dr. Kittipat Siemanond)


.....
(Dr. Thirasak Rirksomboon)

บทคัดย่อ

อรรถพล กิตยานันท์ : การศึกษาระบบโครงข่ายการไหลของท่อทั่วไป (A General Fluid Network Simulator) อ.ที่ปรึกษา : ศ. เจมส์ โอ วิลส์ (Prof: James O. Wilkes) ผศ. พรพจน์ เปี่ยมสมบูรณ์ และ ดร. ชีรศักดิ์ ฤกษ์สมบูรณ์ 90 หน้า, ISBN 974-331-887-9

โปรแกรมวิเคราะห์การไหลของของเหลวที่สภาวะคงที่ในโครงข่ายระบบท่อในลักษณะปมต่อกันถูกพัฒนาขึ้น การเชื่อมกันระหว่างปมอาจเชื่อมโดยท่อ, ปี่มหรือคดอง การคำนวณแบ่งออกเป็นสองส่วนหลัก ส่วนแรกจะทำการคำนวณอัตราการไหลและความดันในระบบที่เชื่อมต่อกันโดยท่อและปี่ม โดยส่วนที่สองจะทำการคำนวณอัตราการไหลและความลึก ในทุก ๆ คดอง ผลการคำนวณในส่วนแรกหาคำตอบโดย ใช้วิธีปฏิบัติซ้ำของ นิวตัน-ราฟสัน ทำการเปลี่ยนระบบสมการที่ได้จากการกำหนดสมการสมดุลมวลสารในทุก ๆ ปมในระบบโครงข่าย ซึ่งไม่ได้อยู่ในรูปเชิงเส้น ให้เป็นระบบสมการเชิงเส้น จากนั้นจึงใช้วิธีการลดค่าของเกาซ์ เพื่อแก้ระบบสมการเชิงเส้นนั้น สำหรับส่วนที่สองนั้น อัตราการไหลและความลึกในทุก ๆ คดองจะถูกคำนวณโดยการทำสมดุลมวลสารทุก ๆ ปมที่มีการเชื่อมกันของคดอง ซึ่งจะกระทำทีละปมโดยไล่จากปมที่มีระดับความสูงมากไปยังปมที่อยู่ต่ำกว่า

ภาษาวิชวลเบสิกได้ถูกนำมาใช้ในการสร้างรูปแบบการติดต่อระหว่างผู้ใช้กับตัวโปรแกรมเพื่อที่จะให้ผู้ใช้ติดต่อกับโปรแกรมได้อย่างง่ายดายและสะดวกสบาย

ABSTRACT

##4071001063 : PETROCHEMICAL TECHNOLOGY PROGRAM

KEY WORDS : Fluid Network / Simulation / Piping network / Simulator/
Open Channel

Athapol Kitiyanan : A General Fluid Network Simulator.

Thesis Advisors: Prof. James O. Wilkes, Asst. Prof. Pornpote Piumsomboon

And Dr. Thirasak Rirksomboon 90 pp ISBN 974-331-887-9

A computer program for analyzing n-node networks of liquid at steady state has been developed. The designated nodes can be connected by pipeline segments or pumps whereas open channels can be considered in the end of segments. The code is separated into two main parts: a pipe and pump part and an open channel part. The solution for the first part can be achieved using the Newton-Raphson iterative technique to linearize the simultaneous nonlinear nodal material balance equations and followed by using the Gaussian elimination method to solve the system of linear equations. For the second part, the flow rate and depth of every channel can be determined by means of material balance and nodal elevation. Nevertheless, a VisualBasic package was implemented for establishing user interfaces in order for a user to interact with this simulator accessibly.

ACKNOWLEDGEMENTS

I would like to express my sincere gratitude to the following individuals:

To all of the professors at The Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University.

To Professor James O. Wilkes, my advisor, for his excellent guidance, helpful discussions, kindness, and everything that he did for me throughout my graduate work.

To Dr. Pornpote Piumsomboon and Dr. Thirasak Rirksomboon, my co-advisor, for his helpful and clever ideas, and comments.

Acknowledgements are also extended to PPC's staff for their help in many activities.

Finally, I would like to give my special thanks to my family who always listen to my problem and give me an inspiration all the time during this work.

TABLE OF CONTENTS

	PAGE
Title Page	i
Abstract (in English)	iii
Abstract (in Thai)	iv
Acknowledgements	v
Table of Contents	vi
List of Tables	ix
List of Figures	xi
Notation	xii
CHAPTER	
I INTRODUCTION	1
II MATHEMATICAL MODEL	3
2.1 Flow through a pipe	3
2.2 Flow across a pump	5
2.3 Steady flow in an open channel	6
III PROBLEM-SOLVING METHOD	9
3.1 Introduction	9
3.1.1 Node	9
3.1.2 Connection elements	10
3.2 Part I: Liquid flow in pipes and pumps	10
3.2.1 Pipe	10
3.2.2 Pump	11
3.2.3 Partial derivatives	12
3.2.4 Units and conversion factors	14

CHAPTER	PAGE
3.2.5 Nodal material balance	15
3.2.6 Newton-Raphson and Gaussian elimination method	16
3.3 Part II: Liquid flow in open channels	20
3.3.1 The assumptions	20
3.3.2 Calculation steps	21
3.3.3 The adjacent node	23
 IV PROGRAM TESTING	 24
4.1 Part I: Pipe and pump system	24
4.1.1 Data input	24
4.1.2 Data output	30
4.2 Part II: Open channels network	31
4.2.1 Data input	31
4.2.2 Data output	34
 V DISCUSSION	 35
5.1 Discussion	35
5.2 Part I: Pipes and pumps network	35
5.3 Part II: Open channel network	37
5.4 Advantages	38
5.4.1 The efficient solutions from Part I	38
5.4.2 The ability to calculated the friction factor	38
5.4.3 The short time calculation	38
5.4.4 The user interface	38
5.4.5 The multiple output	38
5.5 Disadvantages	39
5.5.1 Open channel results	39

CHAPTER		PAGE
	5.5.2 Limitation of solving algorithm	39
VI	CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS	40
	6.1 Conclusions	40
	6.2 Recommendations	41
	REFERENCES	42
APPENDICES		
	APPENDIX A	43
	APPENDIX B	57
	CURRICULUM VITAE	72

LIST OF TABLES

TABLE	PAGE
3.1 Value for elements of node-type vector (T_j)	9
3.2 Value for elements of connection matrix	10
3.3 Partial derivatives of flow rate for flow in a pipe	12
3.2 Partial derivatives of flow rate for flow through a pump	13
3.3 British and SI units	14
3.4 Conversion units for α_{ji} , β , and Re_{ji}	15
4.1 Data for water transmission pipeline connections	27
4.2 Initial estimates and fixed pressures for water transmission system	28
4.3 Node-types for water transmission system	28
4.4 Specified withdrawal rates for water transmission system	29
4.5 Node elevations for water transmission system	29
4.6 Calculated pressures for water transmission system	30
4.7 Calculated flow rates for water transmission system	30
4.8 Calculated Fanning friction factors for water transmission system	31
4.9 Data for the example network	33
4.10 Node elevations for the example network	33
4.11 Calculated flow rates and depths for the example network	34
5.1 Comparison of results of the PCN simulator (Q_{PCN}) with the data from PICCOLO code (Q_{PICC}) for flow distribution of water transmission tunnel system	35

TABLES	PAGE
5.2 Comparison of calculated flow rates from the PCN simulator (Q_{PCN}) with the data from Open Channel Flow (Q_{OCF}) for the example network	37
5.3 Comparison of calculated depth from the PCN simulator (Q_{PCN}) with the average depths from Open Channel Flow (Q_{OCF}) for the example network	37

LIST OF FIGURES

FIGURE		PAGE
2.1	Steady flow from node j to node i in an inclined pipeline	3
2.2	Centrifugal pump and performance curve	5
2.3	Tree diagram of types of flow	6
2.4	Flow in an open channel	7
2.5	Rectangular cross section channel	8
3.1	Channel branching for consider the assumptions	20
3.2	A simple channel branching	20
4.1	Sketch of the network of water transmission tunnel system	24
4.2	Water transmission tunnel system with demand flow rate	25
4.3	Network of example 6-3 from “Open Channel Flow”	31

NOTATION

Symbol	Definition
a	pump coefficient
b	pump coefficient
C	nodal connection
D	pipeline diameter
f_F	Fanning friction factor
g	gravitational acceleration
h	depth of open channel
i	subscript for upstream node
j	subscript for downstream node
L	length of pipe or channel
n	number of nodes
p	node pressure
P	wetted perimeter
Q	volumetric flow rate
Re	Reynolds number
u	velocity
w	width of open channel
z	elevation
ε	pipeline roughness or tolerance for convergence criterion
τ_w	wall shear stress
μ	viscosity
ρ	density