A DESIGN FOR A STABILIZED TRANSISTOR ELECTRONIC CIRCUIT FOR STANDARD NEUTRON MONITORS

(การสร้างวงจรอีเล็คโทรนิคทรานซิสเตอร์ที่มีเสถียรภาพสำหรับใช้กับเครื่องนิวตรอนมอนิเตอร์แบบมาตรฐาน)

by

Pisistha Ratanavararaksa

B.Sc(Hons.), Chulalongkorn University, 1968

CU5990

Thesis

Submitted in partial fulfillment of the requirements for the

Degree of master of Science

in

The Chulalongkorn University Graduate School

Department of Physics

May, 1970

(B.E. 2513)

i19361804

Accepted by the Graduate School, Chulalongkorn University in partial fulfillment of the requirements for the Degree of Master of Science.

T. Nilanidhi

Dean of the Graduate School

Thesis Committee ..... Chairman

Thesis Supervisor

Date 4/5/70

ABSTRACT

The study of cosmic rays in Thailand is of special interest, because of the high rigidity cut-off in this region. A standard type neutron monitor was constructed at the Physics Building of Chulalongkorn University to investigate the cosmic radiation intensity-time variation. Most of the detection systems consist of transistor circuits.

Stability of the circuits is the most important aim of the project. Biasing conditions must be maintained despite variations in ambient temperature and variations of gain and leakage current between transistors of the same type. Nonstabilizing circuits can cause the recorder to record undesired signals. The data obtained will be useless unless the circuits are stable enough.

The circuits consist of a pre-preamplifier, preamplifier, amplifier, discriminator and amplifier shaper which were constructed on plastic sheets. All components used can be found easily in Thailand. It is not difficult to change any part when it is out of order.

The amplifying part has an almost constant gain of about 13×10^4 and a linearity factor of about 2.1%. The gain is decreased by 3.2% by the temperature effect in going from 25°c to 40°c and is increased by 2.6% by the change to another set of the same type of transistors. Its gain increases about 3% in the power supply range of 19 to 23 volts. The slope of power supply voltage to input voltage obtained is about 1v/14 μv to maintain the output after the discriminator constant.

บทคัดย่อ

การศึกษารังสีคอสมิกในประเทศไทยเป็นที่น่าสนใจเป็นพิเศษ เพราะว่าอนุภาคที่จะเข้ามาได้ต้องมีพลังงานสูง ได้มีการสร้างนิวตรอนมอนิเตอร์แบบมาตรฐานขึ้นที่ศูนย์ฟิสิกส์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อที่จะศึกษาการเปลี่ยนแปลงความเข้มของการแผ่รังสีคอสมิก .

ความเสถียรภาพของวงจรอีเล็กโทรนิก เป็นสิ่งสำคัญที่สุดในงานดังกล่าว ค่าไบแอส (biasing conditions) ของทรานซิสเตอร์ในวงจรต้องไม่เปลี่ยนแปลง แม้อุณหภูมิหรือเกน (gain) และลีกเกจคะเร้นท์ (leakage current) ระหว่างทรานซิสเตอร์ชนิดเดียวกันจะเปลี่ยนแปลงไปก็ตาม วงจรที่ไม่เสถียรภาพสามารถทำให้ตัวมันนึก มันทำสัญญาณที่ไม่ต้องการได้ ข้อมูลที่ได้จะไร้ประโยชน์ ถ้าหากวงจรดังกล่าวเสถียรภาพไม่ดี

วงจรที่สร้างขึ้นประกอบด้วย พรี-พรี แอมพลิไฟเออร์ พรีแอมพลิไฟเออร์ แอมพลิไฟเออร์ ดิสคริมมิเนเตอร์ (discriminator) และแอมพลิไฟเออร์ เทปเปอร์ ส่วนประกอบทั้งหมดใช้เฉพาะที่สามารถหาได้ง่ายในประเทศไทย เพื่อความสะดวกในการเปลี่ยนส่วนประกอบ ในกรณีที่มีส่วนใดส่วนหนึ่งเสีย .

ส่วนขยายทั้งหมดมีกำลังขยายประมาณ 13×10^4 เท่า และมีลิเนียลิที้ แฟคเตอร์ (linearity factor) ประมาณ 2.1% กำลังขยายลดลง 3.2% เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนจาก 25° c เป็น 40°c และเพิ่ม 2.6% เมื่อเปลี่ยนทรานซิสเตอร์ชุดใหม่ โดยใช้ทรานซิสเตอร์ชนิดเดิม กำลังขยายเพิ่มประมาณ 3% ในช่วงเพาเวอร์ ซัพพลาย 19-23 โวลท์ สโลพของเพาเวอร์ ซัพพลาย ไวล์ทเตจต่ออินพุท ไวล์ทเตจ มีค่าประมาณ 1 โวลท์ /14 ไมโครโวลท์ เพื่อที่จะให้เอาพุทจากดิสคริมมิเนเตอร์คงที่

ACKNOWLEDGEMENT

The author wishes to express his sincere appreciation to Mr. Somchai Thayarnyong and Mr. Likit Shutrasakul for their advice and guidance given throughout the course of research.

The author is also indebted for the financial support given by the Graduate School, Chulalongkorn University.

It should also be mentioned that the author is indebted to Professor Dr. Peng Somunabhandha, head of the Physics Department for his interest in the subject.

Pisistha Ratanavararaksa

CONTENTS

	Page
Abstract	iii
Acknowledgement	iv
List of Tables	viii
List of Illustrations	ix
Chapter I Introduction	1-4
1.1 Cosmic radiation	1
1.1.1 The meson component	1
1.1.2 The soft component	2
1.1.3 The nucleon component	2
1.2 Neutron monitor	3
1.3 The necessity of stabilized circuit	4
Chapter II General Comsiderations on Electronics for Neutron Monitor and Theory of Stabilized Transistor circuit	5-21
2.1 Nature of the pulse input signal and requirements for pulse shaping	5
2.2 Pulse-amplifier requirements	5
2.3 Bias stability	8
2.4 The leakage current I_{CBO}	9
2.5 Stability factors	9
2.6 Direct-coupled amplifier circuits	10
2.6.1 Problem of drift	11
2.6.2 Multistage stability considerations	12

page

2.7 Feedback amplifiers..... 12

2.8 Comparison of stability factors involving feedback..... 16

2.8.1 Fixed biasing..... 16

2.8.2 Current-feedback biasing..... 18

2.8.3 Voltage-feedback biasing..... 18

2.8.4 Combination current-voltage feedback biasing..... 18

2.9 Bias compensation..... 19

2.10 Temperature compensation of d-c amplifiers by suitable arrangement..... 20

2.11 Half power supply voltage principle..... 21

Chapter III The Apparatus and Constructed Circuit..... 22-28

3.1 General view of the apparatus..... 22

3.2 Neutron pile..... 24

3.3 Electronic circuits..... 25

3.3.1 Pre-preamplifier..... 26

3.3.2 Preamplifier..... 30

3.3.3 Amplifier..... 30

3.3.4 Discriminator..... 34

3.3.5 Amplifier shaper..... 37

Chapter IV Results and Conclusion..... 39-56

4.1 Introduction..... 39

Page

4.2 Experiment..... 40

4.3 Conclusion..... 54

References..... 58

LIST OF TABLES

Tables		Page
2-1	Comparison of stability factors.....	17
4-1	Pre-preamplifier, preamplifier and amplifier outputs for given inputs.....	40
4-2	Amplification of complete unit.....	41
4-3	Temperature effect.....	41
4-4	Comparison of two sets of the same type transistors..	42
4-5	Dependence on power supply voltage of amplifying part	42
4-6	Dependence on power supply voltage of amplifying part and Discriminator combined.....	43
4-7	Discriminator characteristics.....	44

LIST OF ILLUSTRATION

Figure		Page
2-1	Equivalent circuit of a pulse input circuit and pulse amplifier	6
2-2	Input circuit for use with BF_3-counter	6
2-3	Input circuit for use in the analysis of pulse input signals	6
2-4	Shift of operating point	9
2-5	Simple d-c transistor amplifier with two common-emitter stage	11
2-6	Block diagram of voltage-feedback network	13
2-7	Block diagram of current-feedback network	14
2-8	Shunt feedback	15
2-9	Series feedback	16
2-10(a)	Multistage series feedback	16
2-10(b)	Multistage shunt feedback	16
2-11	Graphical depiction of operating point control due to V_{CE} variation	18
2-12	Diode compensation	19
2-13	Thermistor compensation	20
2-14	Circuit arrangement for temperature stabilization of a d-c amplifier	21
3-1	Block diagram of the apparatus	24

Figure | Page

3-2 A simplifying drawing giving a front view of the frame construction of the standard neutron monitor.. 24

3-3 Pre-preamplifier circuit..... 27

3-4 Amplifier circuit..... 31

3-5 Discriminator circuit..... 35

3-6 Amplifier shaper..... 38

4-1 Pre-preamplifier characteristics..... 45

4-2 Preamplifier characteristics..... 46

4-3 Amplifier characteristics..... 47

4-4 Characteristics of the pre-preamplifier, preamplifier and amplifier combined..... 48

4-5 Temperature effect..... 49

4-6 Comparison of two sets of the same type transistor... 50

4-7 Output & Voltage supply..... 51

4-8 Characteristics of the amplifying part and discriminator combined..... 52

4-9 Discriminator characteristics..... 53