การลดการสะท้อนกลับแบบบวก โดยการควบคุมวิธีการจัดความถี่คลื่นเสียง

นายเกียรติชัย จิรัฐติลำไพวงศ์

วิทยานิพนธ์นี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

แผนกวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. ๒๕๒๙

I 15193536

On Reduction of Positive Feedback by Audio Frequency Processing Techniques

Mr. Kiertichai J. Amphywong

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of The Requirements

for The Degree of Master of Engineering

Department of Electrical Engineering

Graduate school

Chulalongkorn University

1976

000173

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการตรวจวิทยานิพนธ์ .....ประธานกรรมการ

.....กรรมการ

.....กรรมการ

.....กรรมการ

อาจารย์ผู้ควบคุมการวิจัย อาจารย์ จุมพล พรหมพิทักษ์

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การลดการสะท้อนกลับแบบบวก โดยกรรมวิธีการจัดความถี่คลื่นเสียง

ชื่อ นายเกียรติชัย จิรัฐติอำไพวงศ์ แผนกวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

ปีการศึกษา ๒๕๑๘

บทคัดย่อ

การลดสัญญาณสะท้อนกลับแบบบวกระหว่างลำโพงและไมโครโฟน โดยวิธีเลื่อนความถี่ของคลื่นเสียงที่ออกจากลำโพง ให้ต่างจากความถี่คลื่นเสียงที่เข้าทางไมโครโฟน สามารถเพิ่มเสถียรภาพของระบบได้ กำลังของเครื่องขยายที่ใช้งานอาจเพิ่มขึ้นอีกประมาณ 6 dB วิทยานิพนธ์นี้ ได้ศึกษาวิธีการที่จะเลื่อนความถี่ไป (Δf) ตามที่เราต้องการ โดยเริ่มจากเสียงซึ่งเป็น $\sin 2\pi ft$ และคลื่น $\sin 2\pi \Delta ft$ ที่สร้างขึ้นมาจากเครื่องกำเนิดสัญญาณ แล้วทำให้เกิดเป็น $\sin 2\pi ft$, $\cos 2\pi ft$, $\sin 2\Delta ft$ และ $\cos 2\pi \Delta ft$ ซึ่งนำมาคูณกันและบวกกันให้ได้ ($\sin 2\pi ft . \cos 2\pi \Delta ft + \cos 2\pi ft . \sin 2\pi \Delta ft$) ก็จะสามารถรวมเป็น $\sin 2\pi(f + \Delta f)t$ ได้ ซึ่งหมายถึงการเลื่อนความถี่ไป (Δf). การศึกษาของเราได้ออกแบบเครื่องทดลองขึ้นมา เพื่อสังเคราะห์สัญญาณ $\sin 2\pi ft$, $\cos 2\pi ft$, $\sin 2\pi \Delta ft$, $\cos 2\pi \Delta ft$ แต่ละสัญญาณ และกรรมวิธีในการจัดการกับสัญญาณเหล่านั้นให้ได้ตามที่เราต้องการพร้อมกับทำการทดลองวัดกำลังเครื่องขยายที่สามารถเพิ่มขึ้นอย่างมีเสถียรภาพจากการใช้กรรมวิธีนี้

Thesis Title On Reduction of Positive Feedback by Audio Frequency Processing Technique

Name Mr. Kiertichai J. Amphywong

Department Electrical Engineering

Academic Year 1975

ABSTRACT

Reduction of positive feedback between a loudspeaker and a microphone through shifting the frequency of the signal received by the microphone from that of the output signal from the loudspeaker can increase the stability of the system. The amplifier output can be increased by an amount of 6dB without affecting the stability. Therefore in this thesis we will study a technique of shifting frequency of the signal. The input signal sin 2π ft and the shifted frequency signal sin $2\pi\Delta$ft which is generated by a signal generator are processed to yield the quadrature signals cos 2π ft, and cos $2\pi\Delta$ ft, All signals are then multiplied and added together to form (sin 2π ft cos $2\pi\Delta$ft + cos 2π ft sin $2\pi\Delta$ ft) which is equal to sin 2π (f + Δ f)t. This shows that the (Δ f) frequency shift is achieved. In the study the signals sin 2π ft, cos 2π ft, sin $2\pi\Delta$ ft, cos $2\pi\Delta$ ft are generated and processed to give the desired function, then the accomplished result is tested for the additional stable gain of the system.

Acknowledgement

The author wishes to express his gratitude to his thesis advisor, Mr. Jumpol Prompitak, for helpful suggestions and guidance and to Mr. Decha Janjarasskul of Siam Film Development Co. Ltd. for allowing the author to do experiment in his recording studio.

CONTENTS

PAGE

ABSTRACT (THAI) i

ABSTRACT (ENGLISH).....ii

ACKNOWLEDGEMENT iii

LIST OF FIGURES vi

SYMBOLS viii

CHAPTER

I INTRODUCTION 1

1.1 Nature of Problem.....1

1.2 Historical Background 2

1.3 Outline of Research 2

II REVIEW OF LITERATURE 4

2.1 Introduction 4

2.2 Properties of Feedback Stability or The Audio System with Frequency Shifting 4

2.3 Properties of Feedback Stability of The Audio System without Frequency Shifting 7

III A METHOD TO REDUCE POSITIVE FEEDBACK IN AUDIO SYSTEM 9

3.1 Room Frequency Response 9

3.2 Optimum Frequency Shift 11

3.3 Frequency Shifting Method 12

IV SYSTEM CIRCUIT DESIGN 14

4.1 Bandpass Constant Phase Shift Network 14

4.2 Signal Summing Circuit 29

4.3 Quadrature Signal Generator with Nonlinear Amplitude Limiting.....31

4.4 Analog Signal Multiplier 36

4.5 Overall System 42

V MEASUREMENTS 43

5.1 Apparatus 43

5.2 Measurement of The Constant Phase Shift Network 43

5.3 Measurement of The Quadrature Signal Generator 46

VI RESULT 47

6.1 System Performance 47

6.2 Additional Stable Gain 50

VII DISCUSSION 56

VIII CONCLUSION 57

REFERENCES

APPENDIX

VITA

FIGURE	TITLE	PAGE
2.1	Audio System with Frequency Shifter	4
2.2	Complex Open-loop Gain of A Audio System	7
3.1	Frequency Response Curve of A Room	10
3.2	Frequency Shifting System	13
4.1	Band Pass Phase Shift Network	15
4.2	Band Pass Constant Phase Shift Network	20
4.3	Characteristic of Constant Phase Shift Network	26
4.4	Band Pass Phase Shift Circuit Diagram	27
4.5	Block Diagram of The Band Pass Phase Shift Circuit	27
4.6	Photo of The Band Pass Phase Shift Circuit	28
4.7	Signal Summing Circuit	29
4.8	Circuit Diagram of The Signal Summing Circuit	30
4.9	Block Diagram of The Signal Summing Circuit	30
4.10	Quadrature Signal Generator Circuit	31
4.11	Circuit Diagram of The Quadrature Signal Generator	34
4.12	Block Diagram of The Quadrature Signal Generator	35
4.13	Photo of The Quadrature Signal Generator	35
4.14	Current Ratio Multiplier Circuit Diagram	36
4.15	Principle of The Multiplier Circuit Diagram	37
4.16	Practical Circuit of MC 1495	40
4.17	Block Diagram of The Multiplier Circuit	40
4.18	Photo of The Multiplier Circuit	41
4.19	Block Diagram of Frequency Shifting Circuit	42
4.20	Circuit Diagram of Frequency Shifting Circuit	42

FIGURES	TITLE	PAGE
5.1	Data of Measured Phase Angle in Phase Shift Circuit	44
5.2	Graph of Measured Phase Angle in Phase Shift Circuit	45
5.3	Data of Frequency in Quadrature Signal Generator	46
6.1	Data of Input Frequencies And Output Frequencies	48
6.2	Relationship Between Input Frequencies and Output Frequencies	49
6.3	Data of Additional Gain due to Frequency Shifting in Room I	51
6.4	Data of Additional Gain due to Frequency Shifting in Room II	52
6.5	Calculated Data of Additional Gain due to Frequency Shifting	53
6.6	Graph showing Extra Gain	54
6.7	Photo of Room I	55
6.8	Photo of Room II	55

Symbol

A	=	Average absorption coefficient
a	=	Voltage gain of the operational amplifier
b	=	$(10 \log e)^{-1} = 0.2303$
C	=	Capacitance
e	=	Instantaneous voltage
E(s)	=	Laplacian voltage
f	=	Frequency
f_{in}	=	Input frequency
f_s	=	Shifted frequency
f_{out}	=	Output frequency
F	=	Farad
g(f)	=	Complex open-loop voltage gain
G_o	=	Critical power gain with frequency shifting
G_m	=	Critical power gain without frequency shifting
I	=	Current
k	=	Boltzmann's constant
$\overline{l}$	=	Average open-loop power gain in decibels
l	=	Open-loop power gain in decibels
Δl	=	Additional gain due to frequency shifting
M_n	=	Signal open-loop power gain after n trips
n	=	Number
π	=	3.14159...
P( )	=	Probability function
Q	=	The constant, see Eq. (4.10)
q	=	Electronic charge

Symbol

R = Resistance

S = Surface area

t = Time

T = Time constant

T^{o} = Absolute temperature

T_{60} = Reverberation time

V = Voltage

Vol = Room volume

V_i = Input signal voltage

V_i' = Input signal voltage with 90 degree phase difference

V_o = Output signal voltage

V_p = Peak signal voltage

V_s = Shifted frequency signal voltage

V_s' = Shifted frequency signal voltage with 90^{o} phase difference

W = Band width

w = Angular frequency = $2\pi f$

Z = Impedance

$\emptyset$ = Phase angle

ψ = Phase difference

Ω = Ohms