



Sudan University of Science and Technology

College of Graduate Studies



***Stochastic Renewal Process Model for
Maintenance in Sudan***

نموذج عملية التجديد التصادفي للصيانة في السودان

*A Thesis Submitted in fulfillment of Requirement for the Ph.D
Degree in Statistics*

***By
Mohammedelameen Eissa Qurashi***

***Supervisor:
Dr. Ahamed Mohammed Abdallah Hamdi
Associate Professor of Statistics***

Jan. 2016

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

قال تعالى :

(لَقَدْ أَرْسَلْنَا رُسُلَنَا بِالْبَيِّنَاتِ وَأَنْزَلْنَا مَعَهُمُ الْكِتَابَ وَالْمِيزَانَ لِيَقُومَ النَّاسُ بِالْقِسْطِ وَأَنْزَلْنَا الْحَدِيدَ فِيهِ

بَأْسٌ شَدِيدٌ وَمَنَافِعٌ لِلنَّاسِ وَلِيَعْلَمَ اللَّهُ مَن يَنْصُرُهُ وَرُسُلَهُ بِالْغَيْبِ إِنَّ اللَّهَ قَوِيٌّ عَزِيزٌ)

صدق الله العظيم
سورة الحديد الاية(24)

Dedication

To Spirit of my father, Eissa, Allah's Mercy upon him.

mohammedelameen

Acknowledgement

*I really express my deep thanks gratitude to **Allah** for completing this research*

*Also my full thanks to my supervisor **Dr. Ahamed Mohammed Abdllah Hamdi** for his accurate supervision. Special thanks to our great teacher and my idle role (**Dr. Bassam Younis Ibrahim Ahmed** ,Head of Statistics & Research Section, Strategic Planning Division , UAE), and **Prof. Zainelabdian A.El Beshir** and **Dr. Mubarak Hassan Mubarak** and **Dr. Khalid Rhamtallah Khider** and engineer **Khalid Eltahir Abdall-Basit** (Bahri therminal station for electricity generation) for help in data collection. Also my special thanks to my friend **Mohammed Omer Musa** for their support and guidance without which this research would not have been possible.*

ABSTRACT

The electric power is considered as one of the easiest easy power resource in transmission and use and it represents the backbone to the growth and economic development although the electric power has important role in growth and position of human resource in the economic cycle. Therefore, the stationary of power should be secured regularly with high reliability degree .The machine maintenance system consider as the security gate to maintain electricity generation stations. It is as honest guard to the machine to not gat fault accidentally the machine secure stationary plays a big role to reduce operation and production cost which result positively into economic activities.

This research comes as scientific and practical addition through stochastic model building for Renewal Process and the machine lifetime model which assist in precision for the future predication of the fault and setting plans to reduce it .

This research aims to construct renewal process model and life time model for electricity generation machine in Sudan and to identify the probability distribution that used in lifetime test, the forecasting for the renewal period, construct data base according to the faults on yearly and monthly basis and the loss power due to the fault which result into electricity power stationary. Some of the hypothesis in the research is that: time of spare part renewal follows Weibull distribution, the generation of electricity and the process of replacing parts follow the Poisson regenerative process, there is a relationship between the time of renewal and times of renewal distribution, applications of lifetime model on machines have a positive impact on the electricity stability, the electricity generating machines have a high reliability.

The data of the technical faults which belong to (stopping time, return time, failure time, time between failure and another one, loss power during the period (2011-2015) for five machine in Bahri Thermal Station

The research presented the theoretical principles for renewal process model and lifetime model in chapter two and three. To apply this model on the data machines faults .The statistical package has been used which is STATGRAPHIC 17.108 for data analysis and models constricting and that is all in applied aspect for the research in chapter four.

The most important findings are: the time faults for the five machines follow Weibull distribution with 2-parametrs, there is no trend exist for the time of the machine faults and the renewal process represent homogeneous Poisson process (HPP),renewal time (repair) represent Poisson process renewal process, renewal rate (repair rate) is constant for all machines, there is relationship between renewals rate and the mean time between failure(MTBF), whenever renewal(repair) rate increases the mean time between failure(MTBF) increases too. The renewal time increases in linearity way in other words whenever operation time increases the renewals increases too. Operation time of the machine increasing reduced its performance , the machines no (3,4,6) have high reliability and machines (1,5) have low reliability, hazard rate for the machines increases according to increasing of operations time. The machine that have high reliability the probability of its faults is weak and its hazard rate is weak too and vice versa.

According to these findings the study recommended the following: the National electricity authority is to use the renewal process model and lifetime to predication the fault for the machines, expand the study to include hydro and gas generating machines, prepare a form to record the fault data accurately including (type of spare part, cost , renewal time) depending on stochastic model construction to forecast the faults and

evaluate the quality of the machine and keeping the existing machines by conducting accidentally maintenance to insure the electricity power stability, The National electricity authority should provide Weibull++ software because it is the best in fault data analysis stochastic model construction.

المستخلص

تعتبر الطاقة الكهربائية من أكثر مصادر الطاقة سهولة في النقل والإستخدام وتمثل العمود الفقري للنمو والتطور الاقتصادي، كما أن للطاقة الكهربائية دور هام في نمو وتوظيف الموارد البشرية في الدورة الاقتصادية. لذا يجب تأمين استقرار الطاقة بشكل مستمر وبدرجة موثوقية عالية. ان نظام صيانة الماكينات يعتبر بوابة الامانة لتحقيق استقرار توليد الكهرباء فهو بمثابة حارس امين للماكينة من الاعطال الفجائية حيث يلعب استقرار سلامة الماكينة دور كبير في تخفيض تكاليف الانتاج والتشغيل يؤدي ذلك دفع ونشاط الاقتصاد.

ويأتي هذا البحث إضافة علمية وعملية من خلال بناء نماذج تصادفية لعملية التجديد واختبارات الحياة للمكينات مما يساعد بصورة ادق في التنبؤ المستقبلية للأعطال التي تحدث ووضع الخطط للحد من الأعطال.

يهدف هذا البحث الى تكوين نموذج عملية التجديد واختبار الحياه لمكينات توليد الكهرباء في السودان والتعرف على التوزيعات الاحتمالية المستخدمة في اختبارات الحياة والتنبؤ بالفترة الزمنية اللازمة للتجديد، وتكوين قاعدة بيانات من حيث عدد الاعطال في السنة والشهر والطاقة المفقودة بسبب الأعطال ذلك يؤدي لضمان استقرار التيار الكهربائي.من الفرضيات التي استند إليها البحث: أن زمن تجديد قطع الغيار يتبع توزيع واييل، أن عملية توليد الكهرباء وعملية إستبدال قطع الغيار تتبع عملية بواسون التجديدية، توجد علاقة بين زمن التجديد وتوزيع ازمنا التجديدات، تطبيق نموذج اختبارات الحياة على مكينات توليد الكهرباء له أثر ايجابي في استقرار الكهرباء،ماكينة توليد الكهرباء لها موثوقية عالية.

تم جمع البيانات الخاصة بالأعطال الفنية المتمثلة في (زمن التوقف، زمن الرجوع للعمل، زمن الفشل) (التعطل)، الزمن بين فشل وآخر، الطاقة المفقودة) خلال الفترة (2011-2015) لخمس ماكينات من محطة بحري الحرارة.

قام الباحث بأستعراض الاسس النظرية لنموذج عملية التجديد واختبارات الحياة بالفصل الثاني والثالث، ولتطبيق هذه النماذج على بيانات أعطال الماكينات تم أستخدام البرمجية الإحصائية الجاهزة STATGRAPHIC 17.108 لتحليل البيانات وبناء النماذج وكان كل ذلك في الجانب التطبيقي للبحث المتمثل بالفصل الرابع.

ومن أهم النتائج التي خرجت بها الدراسة هي: أن زمن تعطل الماكينات الخمس يتبع توزيع وايبل ذو المعلمتين، لا يوجد إتجاه عام لزمن تعطل الماكينات وأن عملية التجديد تمثل عملية بواسون المتجانسة، زمن التجديد (الإصلاح) يمثل عملية بواسون التجديدية، معدل التجديد (الإصلاح) ثابت لكل الماكينات، توجد علاقة بين معدل التجديد (الإصلاح) ومتوسط الزمن بين الفشل كلما زاد معدل التجديد (الإصلاح) زاد متوسط الزمن بين فشل وآخر، عدد التجديدات تزداد بصورة خطية بمعنى كل مازاد زمن التشغيل تزيد التجديدات، كلما زاد زمن تشغيل الماكينة يقل أدائها، الماكينات رقم (3،4،6) لها موثوقية عالية والماكينات (1،5) لها موثوقية منخفضة، معدل الخطر للماكينات يزداد بزيادة زمن تشغيلها، الماكينات التي لها موثوقية عالية إحتمال تعطلها ضعيف ومعدل خطرها ضعيف والعكس.

واعتماداً على هذه النتائج فقد أوصت الدراسة بعض التوصيات أهمها: يمكن للهيئة القومية للكهرباء استخدام نموذج عملية التجديد واختبارات الحياة للتنبؤ بالأعطال المستقبلية للماكينات، توسيع الدراسة لتشمل ماكينات التوليد المائي والغازي، أعداد استمارة لتسجيل بيانات الأعطال بدقة على أن تحتوى الاستمارة على (نوع قطع الغيار، التكلفة، زمن التجديد) ذلك يساعد

على تكوين نماذج تصادفية للتنبؤ بالاعطال وتقييم جودة الماكينات،المحافظة على الماكينات الموجودة حالياً وذلك بإجراء الصيانة الوقائية لضمان استقرار التيار الكهربائي، يجب على الهيئة القومية للكهرباء توفير البرمجة++Weibull لأنه أفضل في تحليل بيانات الأعطال وتكوين النماذج التصادفية.

TABLE OF CONTENTS

Subject		Page
Holly Versus		ii
Dedication		iii
Acknowledgement		iv
Abstract(English)		v
Abstract(Arabic)		viii
Contents		xi
List of Tables		xv
List of Figures		xvii
List of Appendices		xviii
Chapter one: Introduction		
1.1	Forward	2
1.2	The Research Problem	2
1.3	The Importance of the Search	3
1.4	Research Objectives	3
1.5	Research Hypotheses	3
1.6	Research Methodology	4
1.7	Research Limits	4
1.8	The Research Data	4
1.9	Researches and Previous Studies	4
1.11	Structure of Research	5
Chapter two: Renewal Process Model		
2.1	Introduction	8
2.2	Renewal process	8
2.2	Renewal theory	10
2.3	as $t \rightarrow \infty$ The behavior of $N(t)/t$	14
2.4	Point Process	16
2.5	The Poisson Process	19
2.6	Continuous renewal processes	23
2.7	Distribution of the Number of Renewals	24

2.8	Random stopping times	25
2.9	Wald's Equation	26
2.10	Long –run Renewal Rate	28
2.11	Renewal Reward Processes	29
2.12	Key Renewal Theorem	30
2.13	Blackwell's Theorem	32
2.14	Alternating Renewal Processes	32
2.15	Delayed Renewal Processes	34
2.16	Expected number of renewals	35
Chapter Three: Lifetime Models and Distribution		
3.1	Introduction	37
3.2	Reliability	37
3.3	Homogenous Poisson Process	44
3.4	Non Homogenous Poisson Process	45
3.5	Test for time trend and repair effect	46
3.6	Repair Rate	46
3.7	Common Distribution Functions	47
3.10	Maximum Likelihood Estimation Method	58
3.11	Goodness of fit Techniques	63
Chapter four: Application Aspect		
4.1	Introduction	67
4.2	Description of study's data	67
4.3	Model for Machine no(1)	74
4.4	Model for machine no(3)	81
4.5	Model for machine no(4)	87
4.6	Model for machine no(5)	94
4.7	Model for machine no(6)	100
4.8	Comparison between Machines	107
Chapter five: Conclusions and Recommendations		

5.2	Conclusion	110
5.3	Recommendation	111
References		
Appendices		

LIST OF TABLES

No.	Title	Page
4.1	Annual rates for the failure times of the machines (hr) for the period	68
4.2	Rates of failure times for each machines	69
4.3	Annual rates for the time between failures machines (hr) for the period (2011-2015)	70
4.4	Rates for the time between failures of machines (hr)	71
4.5	Annual rates for the power loss of the machines for the period (2011-2015)	72
4.6	Rates for the power loss of the machines (kw)	73
4.7	Kolmogorov-Smirnov test for machine no(1)	74
4.8	Laplace Test for machine no (1)	75
4.9	Result of Renewal Process model for machine no(1)	75
4.10	Mean cumulative events Renewal Process model for machine no(1)	76
4.11	Goodness-of-Fit Test for machine no(1)	77
4.12	Result of Life time test for machine no(1)	78
4.13	Life Tables (Times) for machine no(1)	79
4.14	Kolmogorov-Smirnov test for machine no(3)	80
4.15	Laplace Test for machine no (3)	81
4.16	Result of Renewal Process model for machine no(3)	82

4.17	Mean cumulative events Renewal Process model for machine no(3)	82
4.18	Goodness-of-Fit Test for machine no(3)	83
4.19	Result of Life time test for machine no(3)	84
4.20	Life Tables (Times) for machine no(1)	85
4.21	Kolmogorov-Smirnov test for machine no(4)	87
4.22	Laplace Test for machine no (4)	87
4.23	Result of Renewal Process model for machine no(4)	88
4.24	Mean cumulative events Renewal Process model for machine no(4)	88
4.25	Goodness-of-Fit Test for machine no(4)	89
4.26	Result of Lifetime model for machine no(4)	91
4.27	Life Tables (Times) for machine no(4)	91
4.28	Kolmogorov-Smirnov test for machine no(5)	93
4.29	Laplace Test for machine no (5)	94
4.30	Result of Renewal Process model for machine no(5)	94
4.31	Mean cumulative events Renewal Process model for machine no(5)	95
4.32	Goodness-of-Fit Test for machine no(5)	96
4.33	Result of Life time test for machine no(5)	97
4.34	Life Tables (Times) for machine no(5)	98
4.35	Kolmogorov-Smirnov test for machine no(6)	99
4.36	Laplace Test for machine no (6)	100
4.37	Result of Renewal Process model for machine no(6)	101
4.38	Mean cumulative events Renewal Process model for machine no(6)	101
4.39	Goodness-of-Fit Test for machine no(6)	102
4.40	Result of Lifetime model for machine no(6)	103

4.41	Life Tables (Times) for machine no(6)	104
4.42	Comparison between machines for renewal process model	106
4.43	Comparison between machines for lifetime model	107
4.44	Comparison between machines in MTBF and Reliability	108

LIST OF FIGURES

No.	Title	Page
4.1	Annual rates for the failure times of the machines (hr) for the period (2011-2015)	68
4.2	Rates of failure times for each machine	69
4.3	Annual rates for the time between failures machines (hr) for the period (2011-2015)	70
4.4	Rates for the time between failures of the machines (hr)	71
4.5	Annual rates for the power loss of the machines for the period (2011-2015)	72
4.6	Rates for the power loss of the machines (kw)	73
4.7	Density funcation of Weibull Vs time for machine no(1)	74
4.8	Cumulative number of failure Vs time for machine no (1)	77
4.9	Reliability funcation Vs time for machine no(1)	79
4.10	Cumulative hazard funcation Vs time for machine no(1)	80
4.11	Density funcation of Weibull Vs time for machine no(3)	81
4.12	Cumulative number of failure Vs time for machine no (3)	83
4.13	Reliability funcation Vs time for machine no(3)	85
4.14	Cumulative hazard funcation Vs time for machine no(3)	86
4.15	Density funcation of Weibull Vs time for machine no(4)	87
4.16	Cumulative number of failure Vs time for machine no (4)	90
4.17	Reliability funcation Vs time for machine no(4)	92

4.18	Cumulative hazard funcation Vs time for machine no(4)	92
4.19	Density funcation of Weibull Vs time for machine no(5)	93
4.20	Cumulative number of failure Vs time for machine no (5)	96
4.21	Reliability funcation Vs time for machine no(4)	98
4.22	Cumulative hazard funcation Vs time for machine no(5)	99
4.23	Density funcation of Weibull Vs time for machine no(6)	100
4.24	Cumulative number of failure Vs time for machine no (6)	103
4.25	Reliability funcation Vs time for machine no(6)	105
4.26	Cumulative hazard funcation Vs time for machine no(6)	105
4.27	Renewal rate Vs machines	106
4.28	Reliability Vs machines	108

LIST OF APPENDIX

No.	Title	Page
1	Failure data for five machines 2011	115
2	Failure data for five machines 2012	117
3	Failure data for five machines 2013	119
4	Failure data for five machines 2014	120
5	Failure data for five machines 2015	122