



Title: Decision-making in optimal multi-objective maintenance of electrical distribution equipment.

Authors: MOLINA-GARCÍA, Moisés, MELCHOR-HERNANDEZ, César L. and LÓPEZ-LEÓN, Alí

Editorial label ECORFAN: 607-8695
BCIERMMI Control Number: 2022-01
BCIERMMI Classification (2022): 261022-0001

Pages: 11
RNA: 03-2010-032610115700-14

ECORFAN-México, S.C.
143 – 50 Itzopan Street
La Florida, Ecatepec Municipality
Mexico State, 55120 Zipcode
Phone: +52 1 55 6159 2296
Skype: ecorfan-mexico.s.c.
E-mail: contacto@ecorfan.org
Facebook: ECORFAN-México S. C.
Twitter: @EcorfanC

www.ecorfan.org

Holdings		
Mexico	Colombia	Guatemala
Bolivia	Cameroon	Democratic
Spain	El Salvador	Republic
Ecuador	Taiwan	of Congo
Peru	Paraguay	Nicaragua

Introduction

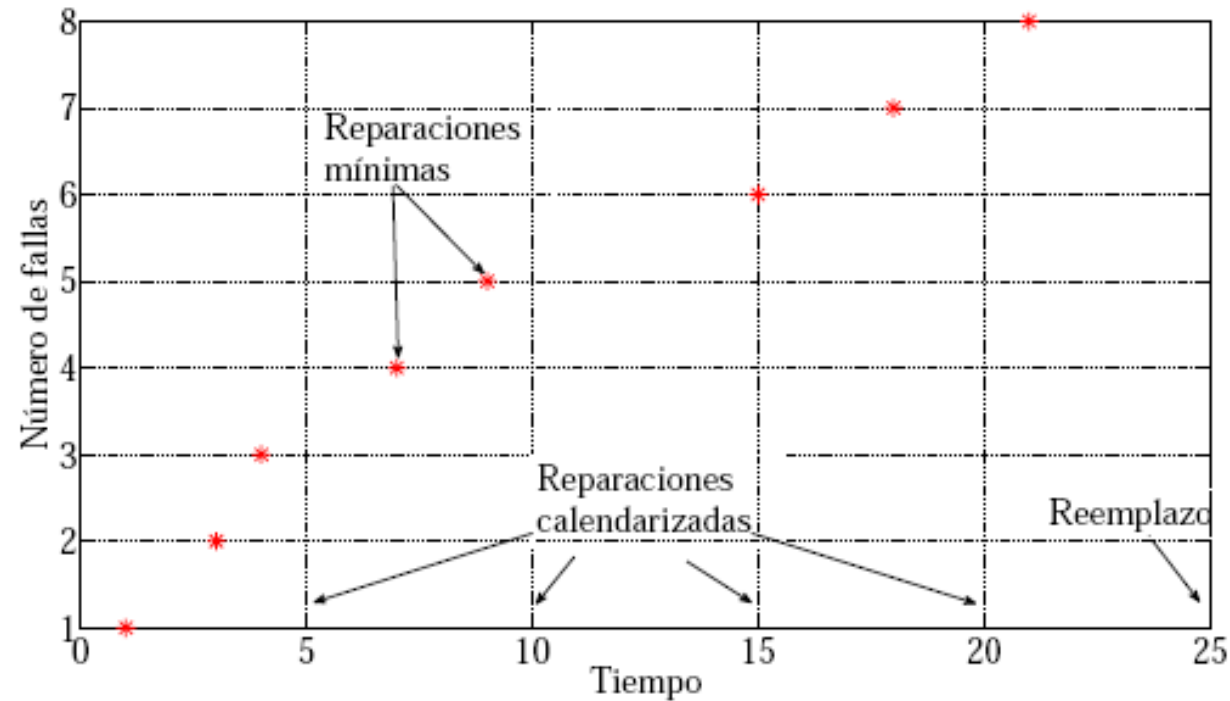
Los equipos de las compañías eléctricas pueden tener fallas.

Acciones para evitar las fallas en un equipo:

- Equipos de respaldo.
- Compra de equipos nuevos.
- Equipos con nueva tecnología.
- Mantenimiento.

Introduction

Mantenimientos basados en fallas estadísticas.



Introduction

Funciones de distribución

Exponencial; Normal; Proceso de ley de potencia de Poisson (PLP).

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{t}{\alpha} \right)^{\beta-1} \quad (1)$$

donde:

$\lambda(t)$ = Función de riesgo. ROCOF por sus siglas en inglés.

α = Parámetro de escala.

β = Parámetro de forma.

t = tiempo.

Methodology

Forma para relacionar las nuevas variables.

$$\alpha(T) = \alpha \left(\frac{T_0}{T} \right)$$

donde:

α = Parámetro α sin mantenimiento.

T_0 = Intervalo de mantenimiento actual.

T = Intervalo óptimo de mantenimiento.

$$\lambda(t, T) = \left(\frac{T}{T_0} \right)^\beta \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{t}{\alpha} \right)^{\beta-1}$$

Methodology

$$C(N, T) = \frac{1}{NT} \left[C_1 \sum_{j=0}^{N-1} \int_0^{NT} \lambda(t, T) dt + (N-1)C_2 + C_3 \right]$$

dónde:

C_1 = Costo de mínima reparación.

C_2 = Costo del mantenimiento programado.

C_3 = Costo del remplazo del equipo.

N = Número de mantenimientos óptimos.

T = Periodo óptimo del mantenimiento.

Objetivo 1

Para éste trabajo, la confiabilidad del equipo se basará en las fallas que éste pueda tener, dependiendo de los costos del mantenimiento utilizados. Por lo tanto, las fallas del equipo se determinarán mediante:

$$\int \lambda(t, T) dt$$

Objetivo 2

Results

Tabla 2 Resultados obtenidos con el NSGA-II, para el caso 1.

No.	Falla (Mes)	No.	Falla (Mes)	No.	Falla (Mes)
1	90	11	145	21	191
2	100	12	160	22	193
3	104	13	165	23	193
4	109	14	170	24	195
5	111	15	175	25	195
6	113	16	178	26	198
7	124	17	180	27	199
8	130	18	181	28	200
9	133	19	186	-	-
10	138	20	190	-	-

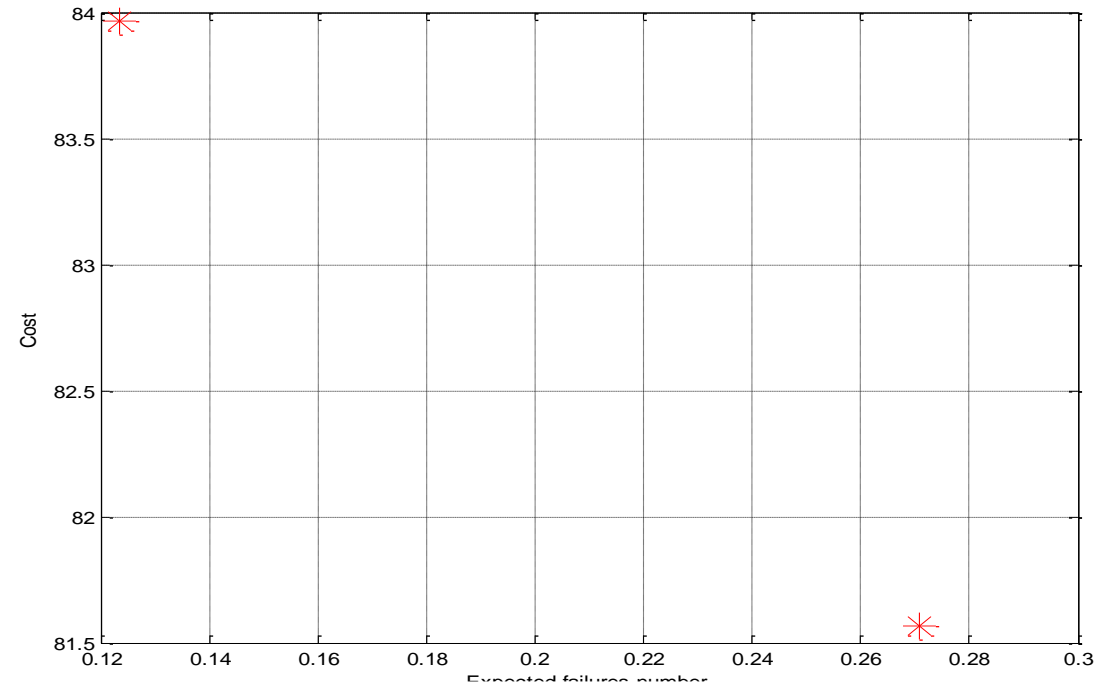
N	T (meses)	Costo	Número de fallas
1	6.4	468.75	1.25E-09
1	6.6	454.545455	1.73E-09
1	6.9	434.782609	2.75E-09
1	12.2	245.901727	1.07E-06
1	24	125.052587	0.001262076
1	35	87.5796397	0.065287388
1	37.2	83.9654946	0.1235164
1	40.1	81.5668227	0.270829589

CASO 1

C_1 = Costo de mínima reparación. = 1000

C_2 = Costo del mantenimiento programado. = 3000

C_3 = Costo del remplazo del equipo. = 3000



Results

CASO 3

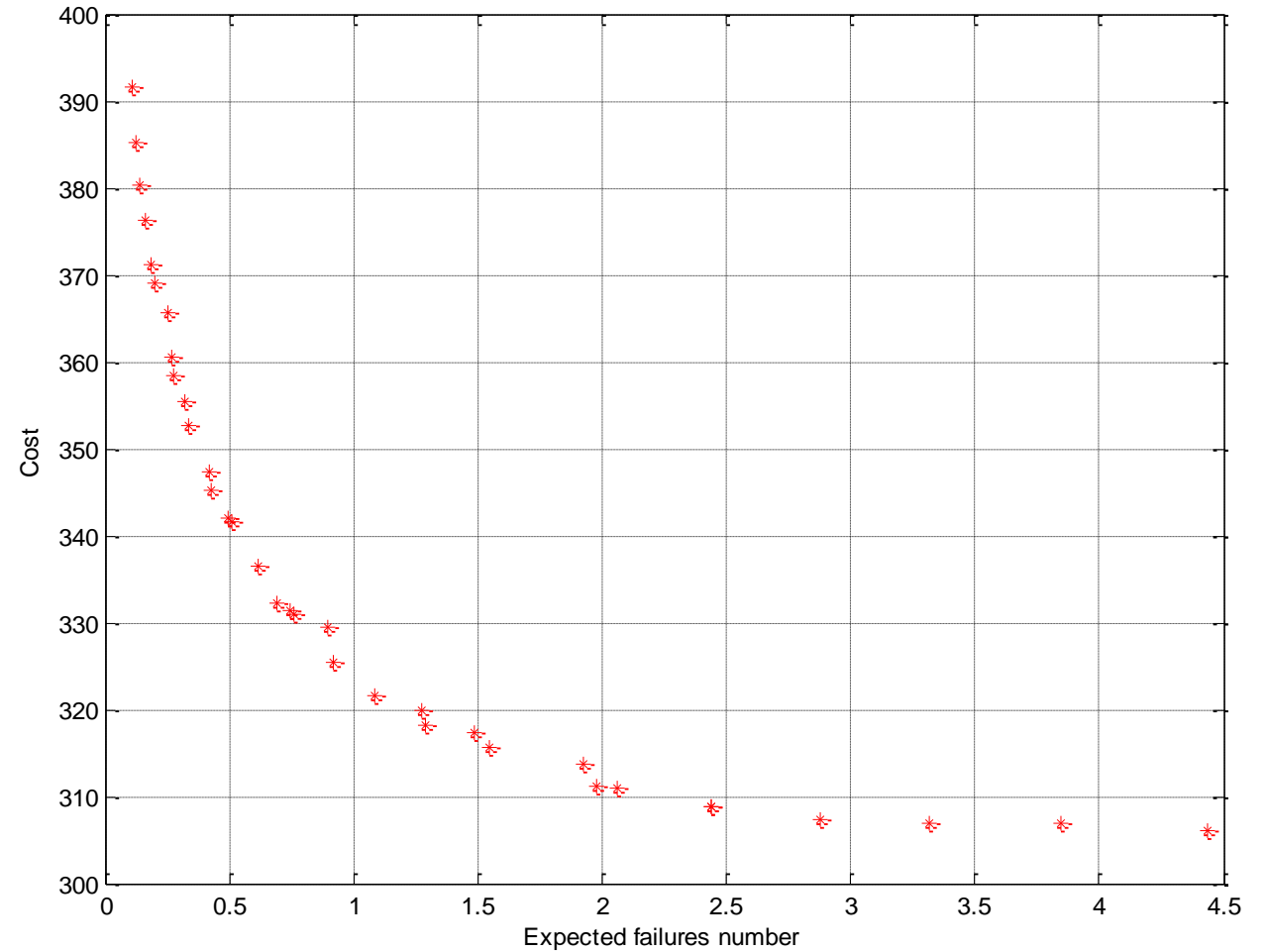
C_1 = Costo de mínima reparación. = 1000

C_2 = Costo del mantenimiento programado. = 3000

C_3 = Costo del remplazo del equipo. = 20, 000

Tabla 3 Resultados obtenidos con el NSGA-II, para el caso 3.

N	T (meses)	Costo	Número de fallas
6	15	390.0946	0.1085
7	14	388.96	0.1180
4	19	383.6092	0.1543
6	18	330.8382	0.7305
5	20	328.4749	0.8474
7	18	314.5697	1.6357
6	21	306.8480	3.6628
7	19	306.5982	4.9237



Results

CASO 5

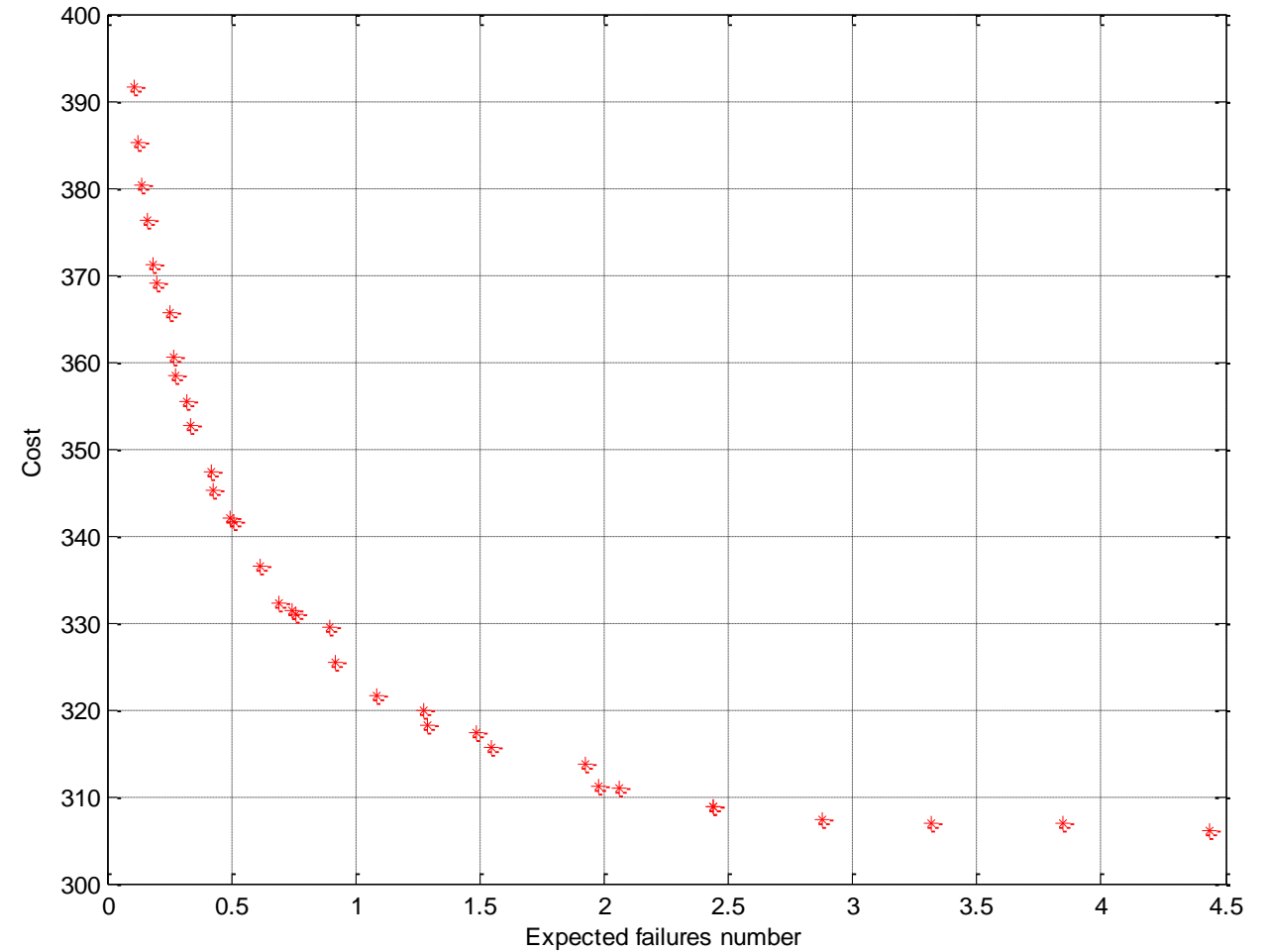
C_1 = Costo de mínima reparación. = 1000

C_2 = Costo del mantenimiento programado. = 3000

C_3 = Costo del remplazo del equipo. = 100, 000

Tabla 5 Resultados obtenidos con el NSGA-II, para el caso 5.

N	T	Costo	Número de
	(meses)		fallas
1	1	100000	4.63E-18
32	2.7	2233.79	1.12E-05
43	6.1	862.61	0.26
32	9.4	658.85	5.18
36	9.4	634.14	9.59
41	9.1	625.81	13.49
33	10.3	623.23	15.83
41	9.6	618.91	23.60



Results

FALLA EN GENERADORES

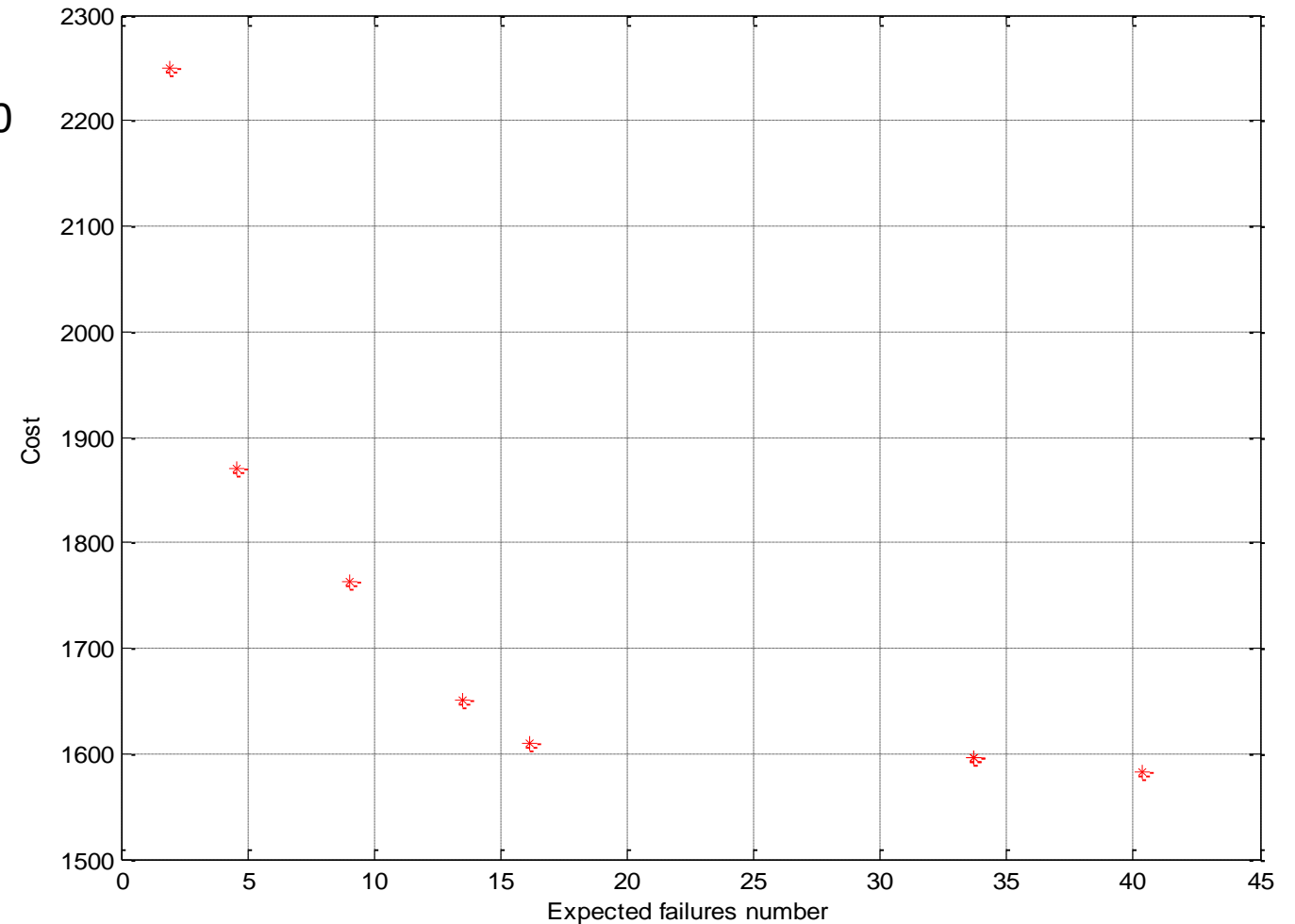
C_1 = Costo de mínima reparación. = 1000

C_2 = Costo del mantenimiento programado. = 3000

C_3 = Costo del remplazo del equipo. = 100,000

Tabla 8 Resultados obtenidos con el NSGA-II, para los datos de falla del grupo de generadores.

N	T (años)	Costo	Número de fallas
1	1	100000	8.43e-8
12	5	2248.99	1.93
16	5	1869.50	4.56
14	6	1762.65	9.06
17	6	1609.20	16.13
16	7	1595.48	33.69
17	7	1582.73	40.34



Conclusions

- Reducción de costos del mantenimiento.
- Ecuación basada en sólo 3 costos de mantenimiento.
- Programación adecuada del mantenimiento.

References

- A., K. (2018).** Maintenance optimization in failure-prone systems under imperfect preventive maintenance. *Journal of intelligent manufacturing*.
- Ayoobian N., M. M. (2016).** Multiobjective optimization of maintenance programs in nuclear power plants using genetic algorithm and sensitivity index decision making. *Annals of nuclear energy*. Vol. 88. , 95-99.
- Carnero M.C., G. A. (2017).** Maintenance strategy selection in electric power distribution systems. . *Energy*. Vol. 129., 255-272.
- César L. Melchor-Hernández., F. R. (2015).** A model for optimizing maintenance policy for power equipment. *Electrical Power and Energy Systems*., 304-312.
- Force., I. T. (2011).** Present status of maintenance strategies and the impact of maintenance on reliability. *IEEE Transactions on Power Systems*, 16, No., 638–646.
- J.E., F. A. (2016).** Maintenance scheduling in the electricity industry: A review. *European Journal of Operational Research*. Vol. 251, No. 3, 695,706.
- L Seung-Hyuk, K.-O.-H. (2009).** B In-Su: Evaluating aging failure probability of generating units using data analytic method. *European transactions on electrical power* 19, 631-641.
- L., Y.-H., L., Y.-F., & Z., E. (2018).** A framework for modeling and optimizing maintenance in systems considering epistemic uncertainty and degradation dependence based on PDMPs. *IEEE Transactions on industrial informatics*., 210-220.
- Nakagawa., T. (2005).** *Maintenance theory of reliability*. Springer.
- Piasson D., B. A. (2016).** A new approach for reliability centered maintenance programs in electric power distribution systems based on a multiobjective genetic algorithm. *Electric power systems research*. Vol. 137. , 41-50.
- Shayesteh E., Y. j. (2018).** Maintenance optimization of power systems with renewable energy sources integrated. *Energy*. Vol. 149. , 577-586.
- Stillman, R. (2003).** Power line maintenance with minimal repair and replacement. In: *IEEE (ed.) Proceedings of the Annual Reliability and Maintainability Symposium*., 541-545.
- Su C., L. Y. (2019).** Multi-objective imperfect preventive maintenance optimisation with NSGA-II. *International Journal of production research*.
- Wang Y., L. Z. (2016).** Stochastic co-optimization of midterm and short-term maintenance outage scheduling considering covariates in power systems. *IEEE Transaction on power systems*. Vol. 31, No. 6. , 4795-4805.
- Yssaad B., K. M. (2014).** Reliability centered maintenance optimization for power distribution systems. *Electrical power and energy systems*. Vol. 55. , 108-115.
- Zhang S., D. M. (2019).** Multiin multi-unit nuclear power plant sites. *Reliability Engineering and System Safety*. Vol.188., 532-548.



ECORFAN®

© ECORFAN-Mexico, S.C.

No part of this document covered by the Federal Copyright Law may be reproduced, transmitted or used in any form or medium, whether graphic, electronic or mechanical, including but not limited to the following: Citations in articles and comments Bibliographical, compilation of radio or electronic journalistic data. For the effects of articles 13, 162,163 fraction I, 164 fraction I, 168, 169,209 fraction III and other relative of the Federal Law of Copyright. Violations: Be forced to prosecute under Mexican copyright law. The use of general descriptive names, registered names, trademarks, in this publication do not imply, uniformly in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protector in laws and regulations of Mexico and therefore free for General use of the international scientific community. BCIERMMI is part of the media of ECORFAN-Mexico, S.C., E: 94-443.F: 008- (www.ecorfan.org/booklets)