مجلة
كلية التــراث الجامعة

مجلة علمية محكمة
متعددة التخصصات نصف سنوية
العدد الأربعون
30 آب 2024
ISSN 2074-5621

رئيس هيئة التحرير
أ.د. جعفر جابر جواد

مدير التحرير
أ.م. د. حيدر محمود سلمان

رقم الايداع في دار الكتب والوثائق 719 لسنة 2011

مجلة كلية التراث الجامعة معترف بها من قبل وزارة التعليم العالي والبحث العلمي بكتابها المرقم (ب 3059/4) والمؤرخ في (2014/ 4/7)

تحديد وقت الصيانة الوقائية الامثل لمحطة توزيع كهرباء جنوب بغداد الغازية الثانية باستعمال اسلوب جدولة الصيانة

ياسين طه ياسين أ.د. احمد ذياب احمد

جامعة بغداد - كلية الادارة والاقتصاد - قسم الاحصاء

المُلخص

تُعد الصيانة الوقائية جزء مهم للمحافظة على استمرارية عمل الماكنة وادامتها، وفي هذا البحث تم تحديد الوقت الامثل للصيانة الوقائية لمحطة توزيع كهرباء جنوب بغداد الغازية الثانية باستعمال اسلوب جدولة الصيانة اذ تم تحديد مدة الصيانة الوقائية المثلى وباقل كلفة حيث كان افضل وقت تقريبا كل ثلاثة اشهر، حيثُ يتضمن اسلوب جدولة الصيانة للحصول على الوقت الامثل للصيانة الوقائية جمع البيانات المطلوبة في عملية التقدير من محطة توزيع كهرباء جنوب بغداد الغازية الثانية وللوحدات التوليدية والبالغة (16) وحدة، ومن ثم اعتماد التوقفات (Breakdown) لوحدات التوليد خلال فترة زمنية محددة (سنة) من (2022/1/1 الى 2022/1/31)، وحساب احتمالية التوقف (Breakdown Probability) لكل وحدة من وحدات التوليد بقسمة تكرار التوقف (Breakdown Frequency) لكل وحدة على مجموع التكرارات، وحساب متوسط مدة التوقف (Mean duration of stops) ويرمز له (Ms). وباستخدام نظرية الاحتمالات (Probability Theory) يتم حساب عدد التوقفات المتوقعة إذا ما تم اجراء الصيانة الدورية لكل شهر، ولكل شهرين، ولكل ثلاثة أشهر ولغاية (12) شهر، بعد ذلك يتم ايجاد كلف الصيانة وحسب الاشهر بناءً على النتائج السابقة.

الكلمات المفتاحية: الصيانة، الصيانة الوقائية، اسلوب جدولة الصيانة، محطة توزيع كهرباء جنوب بغداد الغازية الثانية.

Abstract

Preventive maintenance is an important part of maintaining the continuity of the machine's operation and sustaining it. In this research, the optimal time for preventive maintenance of the second gas South Baghdad Electricity Distribution Station was determined using the maintenance scheduling method. The optimal preventive maintenance duration was determined at the lowest cost, as the best time was approximately every three months. The maintenance scheduling method to obtain the optimal time for preventive maintenance includes collecting the data required in the estimation process from the second South Baghdad Gas Electricity Distribution Station and the generating units, which amount to (16) units, and then adopting breaks for the generating units during a specific period of time (one year) from (1/1/2022 to 1/31/2022), The breakdown probability is calculated for each generation unit by dividing the breakdown frequency for each unit by the total number of frequencies, and the average duration of stops is calculated (Ms). Using Probability Theory, the number of expected downtimes is calculated if regular maintenance is performed for every month, every two months, and every three months, up to (12) months. After that, the maintenance costs are found by month based on the previous results.

Keyword: The Maintenance, Preventive Maintenance, Maintenance Scheduling Techniques, the Second Gas South Baghdad Electricity Distribution Station.

المقدمة

تتعرض جميع الأجهزة والمعدات والماكنات للعطل، وانخفاض كفاءتها على امتداد عمرها الزمنى، مما يتطلب تقليص وقت عطلها أقل ما يمكن، وتقليص كلفها النهائية، وهذا يستوجب تحديد الوقت المناسب لفحص الأجهزة والمعدات فحصا دقيقا، والعمل على تجديدها، وإصلاحها، واستبدال التالف منها[1] . وتُصنف الصيانة الى نوعين: الصيانة غير المخططة (Unplanned maintenance) ويقصد بها الصيانة غير المحددة ببرنامج زمني، وترتبط فقط بعطل الماكنة، أو توقفها عن العمل، وهي تشمل ما يسمى بالصيانة الاضطرارية الطارئة (Emergency Maintenance) وهي الصيانة التي تجري من دون تخطيط مسبق، ويتطلب التدخل الفوري لمنع حدوث عطل أكبر فيها. والنوع الثاني الصيانة المخططة (Planned Maintenance) ويشمل تنظيم أنشطة الصيانة، والسيطرة عليها وفق تقديرات مسبقة، وتوثيق هذه الإجراءات ضمن الخطة الموضوعة، ومن انواعها:

الصيانة الوقائية Preventive Maintenance (PM): يقصد بها إجراء الصيانة قبل توقف الماكينة عن العمل، بغية المحافظة على استمراريتها في العمل، وخفض احتمال توقفها أو عطلها. ويُعد هذا النوع من الصيانة مهما جداً، نظرا لفاعليته في استمرار عمل الماكينات، وضمان المنتجات، وتستخدم فيها أساليب مبرمجة تتسم بالدورية في إجراءات الصيانة، مثل: الفحص، والاستبدال، والتزييت، والتنظيف.

الصيانة الدورية: وتعرف بأنها اعمال الصيانة اللازمة لإعداد المنتجات وفق المواصفات المحددة لها، وتتم جدولة الأعمال والأنشطة تبعا لحجم الصيانة المطلوبة بصورة دورية.

هدف البحث

تقليل الخسائر الحاصلة في المحطات الكهربائية (وحدات انتاج الطاقة الكهربائية) بسبب الانقطاع في التيار الكهربائي لما له إثر سلبي مباشر على حياة الناس والمتمثل بالمستشفيات والمصانع والشركات واقتصاد البلد والمتمثل في الصناعة والزراعة وكل مفاصل الحياة، نتيجة قلة الصيانة الوقائية او عدم جدولة اوقات للصيانة بشكل أمثل مما يتيح لمستخدمي هذه الاجهزة والمكائن والمعدات فترة اطول وكفاءة اعلى وذلك باستخدام اسلوب الجدولة الذي يستخدم للوصول الى الحل الامثل (تحديد وقت الصيانة الوقائية الامثل وتقليل الكلف).

اسلوب جدولة الصيانة ((Maintenance Scheduling Techniques

يتضمن اسلوب جدولة الصيانة للحصول على الوقت الامثل للصيانة الوقائية الخطوات الاتية:

جمع البيانات المطلوبة في عملية التقدير من محطة توزيع كهرباء جنوب بغداد الغازية الثانية وللوحدات التوليدية والبالغة (16) وحدة من خلال سجلات قسم التخطيط في المحطة وللعام 2022 اذ يبين الجدول رقم (1) ادناه العدد الكلي لتكرار التوقفات ولكل الوحدات التوليدية:

جدول (1) يبين تكرار التوقفات وللوحدات التوليدية الستة عشر وحدة

الاشهر / الوحدات	تكرار التوقفات												المجموع
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
U1	1	1	3	2	3	3	3	2	3	2	3	3	29
U2	0	1	0	0	1	2	3	2	4	3	3	3	22
U3	3	2	4	2	3	2	3	2	4	2	3	3	33
U4	3	4	1	2	2	3	2	3	3	3	3	2	31
U5	0	0	1	0	2	3	3	3	3	2	3	3	23
U6	0	0	1	1	2	3	2	3	3	2	3	4	24
U7	4	3	0	3	2	3	3	3	3	3	0	0	27
U8	1	0	0	2	2	2	3	1	0	3	1	3	18
U9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	2	9	14
U10	0	0	0	4	0	0	0	0	0	2	0	1	7

U11	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	2	0	5
U12	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	3
U13	0	1	0	2	1	0	0	0	0	2	1	0	7
U14	0	1	0	2	0	0	0	0	0	2	1	0	6
U15	0	0	0	2	0	0	0	1	0	2	0	0	5
U16	0	0	0	0	3	0	0	0	0	2	1	0	6

وكما أشرنا سابقاً ان كلفة اعمال الصيانة الوقائية (CP = 3276) دولار لكل وحدة توليد، وكلفة التوقف عن العمل لكل وحدة لإجراء الصيانة الوقائية (CF = 5482.8) دولار.

تم اعتماد التوقفات (Breakdown) لوحدات التوليد خلال الفترة من 1/ 1/ 2022 الـــــــــى 31/ 12/ 2022.

حساب احتمالية التوقف (Breakdown Probability) لكل وحدة من وحدات التوليد بقسمة تكرار التوقف (Breakdown Frequency) لكل وحدة على مجموع التكرارات وكما في الجـــــدول (2) ادناه.

الجدول (2) يبين احتمالية التوقف لكل الوحدات التوليدية

الاشهر	احتمالية التوقف للوحدة															
	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8	U9	U10	U11	U12	U13	U14	U15	U16
1	0.034	0.000	0.091	0.097	0.000	0.000	0.148	0.056	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.034	0.045	0.061	0.129	0.000	0.000	0.111	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.143	0.167	0.000	0.000
3	0.103	0.000	0.121	0.032	0.043	0.042	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4	0.069	0.000	0.061	0.065	0.000	0.042	0.111	0.111	0.071	0.571	0.200	0.333	0.286	0.333	0.400	0.000
5	0.103	0.045	0.091	0.065	0.087	0.083	0.074	0.111	0.000	0.000	0.000	0.000	0.143	0.000	0.000	0.500
6	0.103	0.091	0.061	0.097	0.130	0.125	0.111	0.111	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
7	0.103	0.136	0.091	0.065	0.130	0.083	0.111	0.167	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
8	0.069	0.091	0.061	0.097	0.130	0.125	0.111	0.056	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.200	0.000
9	0.103	0.182	0.121	0.097	0.130	0.125	0.111	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10	0.069	0.136	0.061	0.097	0.087	0.083	0.111	0.167	0.143	0.286	0.400	0.667	0.286	0.333	0.400	0.333
11	0.103	0.136	0.091	0.097	0.130	0.125	0.000	0.056	0.143	0.000	0.400	0.000	0.143	0.167	0.000	0.167
12	0.103	0.136	0.091	0.065	0.130	0.167	0.000	0.167	0.643	0.143	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
المجموع	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

نلاحظ من خلال الجدول (2) بان مجموع الاحتمال يساوي (1) ولكل وحدة من وحدات التوليد الستة عشر.

حساب متوسط مدة التوقف (Mean duration of stops) ويرمز له (Ms) وحسب الصيغة الاتية:

Ms = احتمال التوقف * مدة الصيانة الوقائية

فتكون النتائج للوحدات التوليدية الستة عشر كما في الجدول (3) ادناه:

جدول (3) يبين متوسط مدة التوقف للوحدات بالأيام

U16	U15	U14	U13	U12	U11	U10	U9	U8	U7	U6	U5	U4	U3	U2	U1
7.667	7.2	6.833	6.571	8	9.2	6.857	11	7.611	5.629	8.375	8.348	6.516	6.545	8.682	7.103

باستعمال نظرية الاحتمالات (Probability Theory) يتم حساب عدد التوقفات المتوقعة إذا ما تم اجراء الصيانة الدورية لكل شهر، ولكل شهرين، ولكل ثلاثة أشهر ولغاية (12) شهر، بعد ذلك يتم ايجاد كلف الصيانة وحسب الاشهر بناءً على النتائج السابقة وكما في الجداول ادناه ولكل الوحدات التوليدية:

جدول (4) يبين كلف الصيانة الوقائية وحسب الاشهر (بالدولار) وللوحدة التوليدية (U1)

الاشهر	تكرار التوقف	العدد المتوقع	كلفة التوقف	كلفة الصيانة الوقائية	كلفة التوقف + كلفة الصيانة الوقائية	كلفة الصيانة الكلية / الشهر
1	1	0.55	3025	3276	6301	6301.0
2	1	1.66	9075	3276	12351	6175.5
3	3	2.83	15542	3276	18818	6272.7
4	2	4.07	22337	3276	25613	6403.2
5	3	5.96	32704	3276	35980	7195.9
6	3	7.98	43769	3276	47045	7840.9
7	3	10.15	55671	3276	58947	8421.0
8	2	11.98	65662	3276	68938	8617.2
9	3	14.51	79558	3276	82834	9203.8
10	2	16.71	91601	3276	94877	9487.7
11	3	19.63	107625	3276	110901	10081.9
12	3	22.82	125110	3276	128386	10698.9

من الجدول (4) نلاحظ ان كلفة الصيانة الوقائية عند تنفيذها كل شهر فأنها تكلف محطة توزيع كهرباء جنوب بغداد الغازية الثانية 6301.0 دولار ثم تنخفض الكلف الى اقل حد لها وهو 6175.5 دولار عند تنفيذ الصيانة الوقائية كل شهرين ثم تبدأ بالتصاعد وصولا الى الكلفة 10698.9 دولار سنويا اي كل 12 شهر وبناءً على هذه النتائج نجد ان أفضل وقت للصيانة الوقائية هو ان يتم تنفيذها كل **شهرين** لأنها تقابل اقل كلفة.

جدول (5) يبين كلف الصيانة الوقائية وحسب الاشهر (بالدولار) وللوحدة التوليدية (U2)

الاشهر	تكرار التوقف	العدد المتوقع	كلفة التوقف	كلفة الصيانة الوقائية	كلفة التوقف + كلفة الصيانة الوقائية	كلفة الصيانة الكلية / الشهر
1	0	0.00	0	3276	3276	3276.0
2	1	0.73	3987	3276	7263	3631.7
3	0	0.73	3987	3276	7263	2421.2
4	0	0.76	4169	3276	7445	1861.2
5	1	1.49	8156	3276	11432	2286.4
6	2	2.94	16139	3276	19415	3235.9
7	3	5.19	28464	3276	31740	4534.3

8	2	6.78	37165	3276	40441	5055.1
9	4	9.89	54227	3276	57503	6389.2
10	3	12.25	67145	3276	70421	7042.1
11	3	14.84	81358	3276	84634	7694.0
12	3	17.56	96298	3276	99574	8297.8

من الجدول (5) نلاحظ ان كلفة الصيانة الوقائية عند تنفيذها كل شهر فأنها تكلف محطة توزيع كهرباء جنوب بغداد الغازية الثانية 3276.0 دولار ثم تنخفض الكلف الى اقل حد لها وهو 1861.2 دولار عند تنفيذ الصيانة الوقائية كل اربعة أشهر ثم تبدأ بالتصاعد وصولا الى الكلفة 8297.8 دولار سنويا اي كل 12 شهر وبناءً على هذه النتائج نجد ان أفضل وقت للصيانة الوقائية هو ان يتم تنفيذها كل **اربعة أشهر** لأنها تقابل اقل كلفة.

جدول (6) يبين كلف الصيانة الوقائية وحسب الاشهر (بالدولار) وللوحدة التوليدية (U3)

الاشهر	تكرار التوقف	العدد المتوقع	كلفة التوقف	كلفة الصيانة الوقائية	كلفة التوقف + كلفة الصيانة الوقائية	كلفة الصيانة الكلية / الشهر
1	3	1.45	7975	3276	11251	11251.0
2	2	3.88	21267	3276	24543	12271.3
3	4	4.80	26342	3276	29618	9872.5
4	2	6.18	33892	3276	37168	9292.0
5	3	8.20	44955	3276	48231	9646.2
6	2	9.83	53881	3276	57157	9526.2
7	3	12.08	66252	3276	69528	9932.6
8	2	14.05	77025	3276	80301	10037.6
9	4	17.11	93826	3276	97102	10789.1
10	2	19.53	107060	3276	110336	11033.6
11	3	22.59	123882	3276	127158	11559.8
12	3	25.93	142152	3276	145428	12119.0

من الجدول (6) نلاحظ ان كلفة الصيانة الوقائية عند تنفيذها كل شهر فأنها تكلف محطة توزيع كهرباء جنوب بغداد الغازية الثانية 11251.0 دولار ثم تنخفض الكلف الى اقل حد لها وهو 9292.0 دولار عند تنفيذ الصيانة الوقائية كل اربعة أشهر ثم تبدأ بالتصاعد وصولا الى الكلفة 12119.0 دولار سنويا اي كل 12 شهر وبناءً على هذه النتائج نجد ان أفضل وقت للصيانة الوقائية هو ان يتم تنفيذها كل **اربعة أشهر** لأنها تقابل اقل كلفة.

جدول (7) يبين كلف الصيانة الوقائية وحسب الاشهر (بالدولار) وللوحدة التوليدية (U4)

الاشهر	تكرار التوقف	العدد المتوقع	كلفة التوقف	كلفة الصيانة الوقائية	كلفة التوقف + كلفة الصيانة الوقائية	كلفة الصيانة الكلية / الشهر
1	3	1.55	8489	3276	11765	11765.5
2	4	5.16	28298	3276	31574	15787.2
3	1	4.83	26473	3276	29749	9916.2
4	2	6.34	34785	3276	38061	9515.4
5	2	7.70	42201	3276	45477	9095.3
6	3	9.89	54247	3276	57523	9587.2
7	2	11.72	64279	3276	67555	9650.8
8	3	14.30	78417	3276	81693	10211.6

9	3	16.94	92895	3276	96171	10685.6
10	3	19.99	109614	3276	112890	11289.0
11	3	23.22	127286	3276	130562	11869.3
12	2	26.24	143850	3276	147126	12260.5

من الجدول (7) نلاحظ ان كلفة الصيانة الوقائية عند تنفيذها كل شهر فأنها تكلف محطة توزيع كهرباء جنوب بغداد الغازية الثانية 11765.5 دولار ثم تنخفض الكلف الى اقل حد لها وهو 9095.3 دولار عند تنفيذ الصيانة الوقائية كل خمسة أشهر ثم تبدأ بالتصاعد وصولا كل ستة أشهر ثم تصعد الى الكلفة 9650.8 دولار كل سبعة أشهر ثم تبدأ بالتصاعد وصولا الى الكلفة 12260.5 سنويا اي كل 12 شهر وبناءً على هذه النتائج نجد ان أفضل وقت للصيانة الوقائية هو ان يتم تنفيذها كل **خمسة أشهر** لأنها تقابل اقل كلفة.

جدول (8) يبين كلف الصيانة الوقائية وحسب الاشهر (بالدولار) وللوحدة التوليدية (U5)

الاشهر	تكرار التوقف	العدد المتوقع	كلفة التوقف	كلفة الصيانة الوقائية	كلفة التوقف + كلفة الصيانة الوقائية	كلفة الصيانة الكلية / الشهر
1	0	0.00	0	3276	3276	3276.0
2	0	0.00	0	3276	3276	1638.0
3	1	0.70	3814	3276	7090	2363.4
4	0	0.70	3814	3276	7090	1772.5
5	2	2.09	11442	3276	14718	2943.7
6	3	4.20	23051	3276	26327	4387.8
7	3	6.29	34493	3276	37769	5395.6
8	3	8.50	46599	3276	49875	6234.3
9	3	10.77	59043	3276	62319	6924.4
10	2	12.46	68330	3276	71606	7160.6
11	3	15.10	82800	3276	86076	7825.1
12	3	18.02	98785	3276	102061	8505.1

من الجدول (8) نلاحظ ان كلفة الصيانة الوقائية عند تنفيذها كل شهر فأنها تكلف محطة توزيع كهرباء جنوب بغداد الغازية الثانية 3276.0 دولار ثم تنخفض الكلف الى اقل حد لها وهو 1638.0 دولار عند تنفيذ الصيانة الوقائية كل شهرين ثم تبدأ بالتصاعد وصولا الى الكلفة 8505.1 دولار سنويا اي كل 12 شهر وبناءً على هذه النتائج نجد ان أفضل وقت للصيانة الوقائية هو ان يتم تنفيذها كل **شهرين** لا نها تقابل اقل كلفة.

جدول (9) يبين كلف الصيانة الوقائية وحسب الاشهر (بالدولار) وللوحدة التوليدية (U6)

الاشهر	تكرار التوقف	العدد المتوقع	كلفة التوقف	كلفة الصيانة الوقائية	كلفة التوقف + كلفة الصيانة الوقائية	كلفة الصيانة الكلية / الشهر
1	0	0.00	0	3276	3276	3276.0
2	0	0.00	0	3276	3276	1638.0
3	1	0.67	3655	3276	6931	2310.4
4	1	1.33	7310	3276	10586	2646.6
5	2	2.67	14621	3276	17897	3579.4
6	3	4.69	25739	3276	29015	4835.8
7	2	6.08	33354	3276	36630	5232.8
8	3	8.22	45081	3276	48357	6044.6

9	3	10.50	57576	3276	60852	6761.3
10	2	12.23	67037	3276	70313	7031.3
11	3	14.85	81411	3276	84687	7698.8
12	4	18.35	100588	3276	103864	8655.3

من الجدول (9) نلاحظ ان كلفة الصيانة الوقائية عند تنفيذها كل شهر فأنها تكلف محطة توزيع كهرباء جنوب بغداد الغازية الثانية 3276.0 دولار ثم تنخفض الكلف الى اقل حد لها وهو 1638.0 دولار عند تنفيذ الصيانة الوقائية كل شهرين ثم تبدأ بالتصاعد وصولا الى الكلفة 8655.3 دولار سنويا اي كل 12 شهر وبناءً على هذه النتائج نجد ان أفضل وقت للصيانة الوقائية هو ان يتم تنفيذها كل **شهرين** لأنها تقابل اقل كلفة.

جدول (10) يبين كلف الصيانة الوقائية وحسب الاشهر (بالدولار) وللوحدة التوليدية (U7)

الاشهر	تكرار التوقف	العدد المتوقع	كلفة التوقف	كلفة الصيانة الوقائية	كلفة التوقف + كلفة الصيانة الوقائية	كلفة الصيانة الكلية / الشهر
1	4	2.37	12996	3276	16272	16272.3
2	3	6.52	35740	3276	39016	19507.9
3	0	5.38	29482	3276	32758	10919.4
4	3	7.45	40829	3276	44105	11026.4
5	2	9.08	49757	3276	53033	10606.7
6	3	11.96	65578	3276	68854	11475.6
7	3	14.79	81094	3276	84370	12052.9
8	3	18.18	99666	3276	102942	12867.8
9	3	21.70	118997	3276	122273	13585.9
10	3	25.65	140628	3276	143904	14390.4
11	0	28.16	154405	3276	157681	14334.6
12	0	30.62	167904	3276	171180	14265.0

من الجدول (10) نلاحظ ان كلفة الصيانة الوقائية عند تنفيذها كل شهر فأنها تكلف محطة توزيع كهرباء جنوب بغداد الغازية الثانية 16272.3 دولار ثم تنخفض الكلف الى اقل حد لها وهو 10606.7 دولار عند تنفيذ الصيانة الوقائية كل خمسة أشهر ثم تبدأ بالتصاعد وصولا الى الكلفة 14265.0 دولار سنويا اي كل 12 شهر وبناءً على هذه النتائج نجد ان أفضل وقت للصيانة الوقائية هو ان يتم تنفيذها كل **خمسة أشهر** لأنها تقابل اقل كلفة.

جدول (11) يبين كلف الصيانة الوقائية وحسب الاشهر (بالدولار) وللوحدة التوليدية (U8)

الاشهر	تكرار التوقف	العدد المتوقع	كلفة التوقف	كلفة الصيانة الوقائية	كلفة التوقف + كلفة الصيانة الوقائية	كلفة الصيانة الكلية / الشهر
1	1	0.89	4874	3276	8150	8149.6
2	0	1.78	9747	3276	13023	6511.6
3	0	0.99	5415	3276	8691	2897.0
4	2	2.72	14922	3276	18198	4549.4
5	2	4.69	25738	3276	29014	5802.9

6	2	6.78	37170	3276	40446	6740.9
7	3	9.67	53027	3276	56303	8043.3
8	1	11.07	60710	3276	63986	7998.3
9	0	11.67	63997	3276	67273	7474.8
10	3	14.93	81878	3276	85154	8515.4
11	1	17.17	94135	3276	97411	8855.5
12	3	21.29	116736	3276	120012	10001.0

من الجدول (11) نلاحظ ان كلفة الصيانة الوقائية عند تنفيذها كل شهر فأنها تكلف محطة توزيع كهرباء جنوب بغداد الغازية الثانية 8149.6 دولار ثم تنخفض الكلف الى اقل حد لها وهو 2897.0 دولار عند تنفيذ الصيانة الوقائية كل ثلاثة أشهر ثم تبدأ بالتصاعد وصولا الى الكلفة 10001.0 دولار سنويا اي كل 12 شهر وبناءً على هذه النتائج نجد ان أفضل وقت للصيانة الوقائية هو ان يتم تنفيذها كل **ثلاثة أشهر** لأنها تقابل اقل كلفة.

جدول (12) يبين كلف الصيانة الوقائية وحسب الاشهر (بالدولار) وللوحدة التوليدية (U9)

الاشهر	تكرار التوقف	العدد المتوقع	كلفة التوقف	كلفة الصيانة الوقائية	كلفة التوقف + كلفة الصيانة الوقائية	كلفة الصيانة الكلية / الشهر
1	0	0.00	0	3276	3276	3276.0
2	0	0.00	0	3276	3276	1638.0
3	0	0.00	0	3276	3276	1092.0
4	1	1.14	6266	3276	9542	2385.5
5	0	1.14	6266	3276	9542	1908.4
6	0	1.14	6266	3276	9542	1590.3
7	0	1.14	6266	3276	9542	1363.2
8	0	1.22	6714	3276	9990	1248.7
9	0	1.22	6714	3276	9990	1110.0
10	2	3.51	19246	3276	22522	2252.2
11	2	5.80	31778	3276	35054	3186.7
12	9	16.09	88204	3276	91480	7623.4

من الجدول (12) نلاحظ ان كلفة الصيانة الوقائية عند تنفيذها كل شهر فأنها تكلف محطة توزيع كهرباء جنوب بغداد الغازية الثانية 3276.0 دولار ثم تتذبذب ثم تنخفض الكلف الى اقل حد لها وهو 1092.0 دولار عند تنفيذ الصيانة الوقائية كل ثلاثة أشهر ثم تبدأ بالتصاعد وصولا الى الكلفة 7623.4 دولار سنويا اي كل 12 شهر وبناءً على هذه النتائج نجد ان أفضل وقت للصيانة الوقائية هو ان يتم تنفيذها كل **ثلاثة أشهر** لأنها تقابل اقل كلفة.

جدول (13) يبين كلف الصيانة الوقائية وحسب الاشهر (بالدولار) وللوحدة التوليدية (U10)

الاشهر	تكرار التوقف	العدد المتوقع	كلفة التوقف	كلفة الصيانة الوقائية	كلفة التوقف + كلفة الصيانة الوقائية	كلفة الصيانة الكلية / الشهر
1	0	0.00	0	3276	3276	3276.0
2	0	0.00	0	3276	3276	1638.0
3	0	0.00	0	3276	3276	1092.0
4	4	9.14	50128	3276	53404	13351.1
5	0	9.14	50128	3276	53404	10680.9
6	0	9.14	50128	3276	53404	8900.7

7	0	9.14	50128	3276	53404	7629.2
8	0	14.37	78773	3276	82049	10256.2
9	0	14.37	78773	3276	82049	9116.6
10	2	18.94	103838	3276	107114	10711.4
11	0	18.94	103838	3276	107114	9737.6
12	1	24.21	132738	3276	136014	11334.5

من الجدول (13) نلاحظ ان كلفة الصيانة الوقائية عند تنفيذها كل شهر فأنها تكلف محطة توزيع كهرباء جنوب بغداد الغازية الثانية 3276.0 دولار ثم تنخفض الكلف الى اقل حد لها وهو 1092.0 دولار عند تنفيذ الصيانة الوقائية كل ثلاثة أشهر ثم تبدأ بالتصاعد ثم تنزل ثم تصعد وصولا الى الكلفة 11334.5 دولار سنويا اي كل 12 شهر وبناءً على هذه النتائج نجد ان أفضل وقت للصيانة الوقائية هو ان يتم تنفيذها كل **ثلاثة أشهر** لأنها تقابل اقل كلفة.

جدول (14) يبين كلف الصيانة الوقائية وحسب الاشهر (بالدولار) وللوحدة التوليدية (U11)

الاشهر	تكرار التوقف	العدد المتوقع	كلفة التوقف	كلفة الصيانة الوقائية	كلفة التوقف + كلفة الصيانة الوقائية	كلفة الصيانة الكلية / الشهر
1	0	0.00	0	3276	3276	3276.0
2	0	0.00	0	3276	3276	1638.0
3	0	0.00	0	3276	3276	1092.0
4	1	3.20	17545	3276	20821	5205.2
5	0	3.20	17545	3276	20821	4164.2
6	0	3.20	17545	3276	20821	3470.2
7	0	3.20	17545	3276	20821	2974.4
8	0	3.84	21054	3276	24330	3041.2
9	0	3.84	21054	3276	24330	2703.3
10	2	10.24	56144	3276	59420	5942.0
11	2	16.64	91234	3276	94510	8591.8
12	0	16.77	91936	3276	95212	7934.3

من الجدول (14) نلاحظ ان كلفة الصيانة الوقائية عند تنفيذها كل شهر فأنها تكلف محطة توزيع كهرباء جنوب بغداد الغازية الثانية 3276.0 دولار ثم تنخفض الكلف الى اقل حد لها وهو 1092.0 دولار عند تنفيذ الصيانة الوقائية كل ثلاثة أشهر ثم تبدأ بالتصاعد ثم تنزل ثم تصعد وصولا الى الكلفة 7934.3 دولار سنويا اي كل 12 شهر وبناءً على هذه النتائج نجد ان أفضل وقت للصيانة الوقائية هو ان يتم تنفيذها كل **ثلاثة أشهر** لأنها تقابل اقل كلفة.

جدول (15) يبين كلف الصيانة الوقائية وحسب الاشهر (بالدولار) وللوحدة التوليدية (U12)

الاشهر	تكرار التوقف	العدد المتوقع	كلفة التوقف	كلفة الصيانة الوقائية	كلفة التوقف + كلفة الصيانة الوقائية	كلفة الصيانة الكلية / الشهر
1	0	0.00	0	3276	3276	3276.0

2	0	0.00	0	3276	3276	1638.0
3	0	0.00	0	3276	3276	1092.0
4	1	5.33	29242	3276	32518	8129.4
5	0	5.33	29242	3276	32518	6503.5
6	0	5.33	29242	3276	32518	5419.6
7	0	5.33	29242	3276	32518	4645.4
8	0	7.11	38989	3276	42265	5283.1
9	0	7.11	38989	3276	42265	4696.1
10	2	17.78	97472	3276	100748	10074.8
11	0	17.78	97472	3276	100748	9158.9
12	0	18.37	100721	3276	103997	8666.4

من الجدول (4-16) نلاحظ ان كلفة الصيانة الوقائية عند تنفيذها كل شهر فأنها تكلف محطة توزيع كهرباء جنوب بغداد الغازية الثانية 3276.0 دولار ثم تنخفض الكلف الى اقل حد لها وهو 1092.0 دولار عند تنفيذ الصيانة الوقائية كل ثلاثة أشهر ثم تبدأ بالتصاعد والتنازل وصولا الى الكلفة 8666.4 دولار سنويا اي كل 12 شهر وبناءً على هذه النتائج نجد ان أفضل وقت للصيانة الوقائية هو ان يتم تنفيذها كل **ثلاثة أشهر** لأنها تقابل اقل كلفة.

جدول (16) يبين كلف الصيانة الوقائية وحسب الاشهر (بالدولار) وللوحدة التوليدية (U13)

الاشهر	تكرار التوقف	العدد المتوقع	كلفة التوقف	كلفة الصيانة الوقائية	كلفة التوقف + كلفة الصيانة الوقائية	كلفة الصيانة الكلية / الشهر
1	0	0.00	0	3276	3276	3276.0
2	1	2.29	12532	3276	15808	7904.1
3	0	2.29	12532	3276	15808	5269.4
4	2	7.18	39387	3276	42663	10665.7
5	1	9.47	51919	3276	55195	11039.0
6	0	10.82	59336	3276	62612	10435.3
7	0	11.48	62916	3276	66192	9456.0
8	0	13.07	71649	3276	74925	9365.6
9	0	14.51	79577	3276	82853	9205.9
10	2	20.03	109798	3276	113074	11307.4
11	1	22.90	125546	3276	128822	11711.1
12	0	24.89	136450	3276	139726	11643.8

من الجدول (16) نلاحظ ان كلفة الصيانة الوقائية عند تنفيذها كل شهر فأنها تكلف محطة توزيع كهرباء جنوب بغداد الغازية الثانية 3276.0 دولار ثم تزداد الكلف وتنخفض الى اقل حد لها وهو 3276.0 دولار عند تنفيذ الصيانة الوقائية كل شهر واحد، ثم تبدأ بالتصاعد وصولا الى الكلفة 11643.8 دولار سنويا اي كل 12 شهر وبناءً على هذه النتائج نجد ان أفضل وقت للصيانة الوقائية هو ان يتم تنفيذها كل **شهر واحد** لأنها تقابل اقل كلفة.

جدول (17) يبين كلف الصيانة الوقائية وحسب الاشهر (بالدولار) وللوحدة التوليدية (U14)

الاشهر	تكرار التوقف	العدد المتوقع	كلفة التوقف	كلفة الصيانة الوقائية	كلفة التوقف + كلفة الصيانة الوقائية	كلفة الصيانة الكلية / الشهر
1	0	0.00	0	3276	3276	3276.0
2	1	2.67	14621	3276	17897	8948.4

3	0	2.67	14621	3276	17897	5965.6
4	2	8.44	46299	3276	49575	12393.8
5	0	8.44	46299	3276	49575	9915.0
6	0	10.30	56453	3276	59729	9954.8
7	0	10.30	56453	3276	59729	8532.6
8	0	12.53	68704	3276	71980	8997.5
9	0	12.53	68704	3276	71980	7997.8
10	2	18.85	103372	3276	106648	10664.8
11	1	21.52	117993	3276	121269	11024.5
12	0	24.21	132729	3276	136005	11333.7

من الجدول (17) نلاحظ ان كلفة الصيانة الوقائية عند تنفيذها كل شهر فأنها تكلف محطة توزيع كهرباء جنوب بغداد الغازية الثانية 3276.0 دولار ثم تزداد وتنخفض الكلف الى اقل حد لها وهو 3276.0 دولار عند تنفيذ الصيانة الوقائية كل شهر واحد، ثم تبدأ بالتصاعد وصولا الى الكلفة 11333.7 دولار سنويا اي كل 12 شهر وبناءً على هذه النتائج نجد ان أفضل وقت للصيانة الوقائية هو ان يتم تنفيذها كل **شهر واحد** لأنها تقابل اقل كلفة.

جدول (18) يبين كلف الصيانة الوقائية وحسب الاشهر (بالدولار) وللوحدة التوليدية (U15)

الاشهر	تكرار التوقف	العدد المتوقع	كلفة التوقف	كلفة الصيانة الوقائية	كلفة التوقف + كلفة الصيانة الوقائية	كلفة الصيانة الكلية / الشهر
1	0	0.00	0	3276	3276	3276.0
2	0	0.00	0	3276	3276	1638.0
3	0	0.00	0	3276	3276	1092.0
4	2	6.40	35090	3276	38366	9591.5
5	0	6.40	35090	3276	38366	7673.2
6	0	6.40	35090	3276	38366	6394.3
7	0	6.40	35090	3276	38366	5480.8
8	1	12.16	66671	3276	69947	8743.4
9	0	12.16	66671	3276	69947	7771.9
10	2	18.56	101761	3276	105037	10503.7
11	0	18.56	101761	3276	105037	9548.8
12	0	22.14	121411	3276	124687	10390.6

من الجدول (18) نلاحظ ان كلفة الصيانة الوقائية عند تنفيذها كل شهر فأنها تكلف محطة توزيع كهرباء جنوب بغداد الغازية الثانية 3276.0 دولار ثم تنخفض الكلف الى اقل حد لها وهو 1092.0 دولار عند تنفيذ الصيانة الوقائية كل ثلاثة أشهر ثم تبدأ بالتصاعد والتنازل وصولا الى الكلفة 10390.6دولار سنويا اي كل 12 شهر وبناءً على هذه النتائج نجد ان أفضل وقت للصيانة الوقائية هو ان يتم تنفيذها كل **ثلاثة أشهر** لأنها تقابل اقل كلفة.

جدول (19) يبين كلف الصيانة الوقائية وحسب الاشهر (بالدولار) وللوحدة التوليدية (U16)

الاشهر	تكرار التوقف	العدد المتوقع	كلفة التوقف	كلفة الصيانة الوقائية	كلفة التوقف + كلفة الصيانة الوقائية	كلفة الصيانة الكلية / الشهر
1	0	0.00	0	3276	3276	3276.0
2	0	0.00	0	3276	3276	1638.0
3	0	0.00	0	3276	3276	1092.0

4	0	0.00	0	3276	3276	819.0
5	3	8.00	43862	3276	47138	9427.7
6	0	8.00	43862	3276	47138	7856.4
7	0	8.00	43862	3276	47138	6734.1
8	0	8.00	43862	3276	47138	5892.3
9	0	8.00	43862	3276	47138	5237.6
10	2	17.33	95035	3276	98311	9831.1
11	1	20.00	109656	3276	112932	10266.5
12	0	20.00	109656	3276	112932	9411.0

من الجدول (19) نلاحظ ان كلفة الصيانة الوقائية عند تنفيذها كل شهر فأنها تكلف محطة توزيع كهرباء جنوب بغداد الغازية الثانية 3276.0 دولار ثم تنخفض الكلف الى اقل حد لها وهو 819.0 دولار عند تنفيذ الصيانة الوقائية كل اربعة اشهر ثم تبدأ بالتصاعد والتنازل وصولا الى الكلفة 9411.0 دولار سنويا اي كل 12 شهر وبناءً على هذه النتائج نجد ان افضل وقت للصيانة الوقائية هو ان يتم تنفيذها كل **اربعة اشهر** لأنها تقابل اقل كلفة.

الاستنتاجات

ان متوسط المتوسطات لمدة التوقف للوحدات بالأيام بلغت (7.633) يوم.

بلغت المدة المثلى للصيانة الوقائية للوحدات التوليدية لمحطة توزيع كهرباء جنوب بغداد الغازية الثانية هي بمعدل اربعة أشهر تقريبا.

نلاحظ ان كلف الصيانة الوقائية (CP) لبعض الوحدات التوليدية قد ارتفع عن متوسط الكلفة الكلي للوحدات وهو (3276) دولار، فقد بلغت اقل كلفة للصيانة الوقائية (10606.7) دولار لكل خمسة اشهر من الجدول رقم (10) ضمن الوحدة التشغيلية السابعة (U7)، وبلغت أقل كلفة للصيانة الوقائية (819) دولار لكل اربعة اشهر من الجدول رقم (19) ضمن الوحدة التشغيلية (U16)، وذلك لان هذا الرقم يمثل متوسط الكلف وبالتالي فأن زيادة وانخفاض كلف الصيانة الوقائية لهذه الوحدات هو رقم حقيقي (صحيح).

ان كثرة التوقفات واطفاء الوحدات التوليدية اظهر بان مدد الصيانة تكون بشكل دوري ومتكرر وخلال فترات متباينة مما قد يسبب في زيادة الكلفة التقديرية للصيانة الوقائية.

في مثل هذه الظروف فان اسلوب جدولة الصيانة يمكن تطبيقه على الوحدات التوليدية لتقدير كلف الصيانة وللفترات اللازمة للصيانة الوقائية.

	الوقت الامثل للصيانة الوقائية/ بالشهر	الوحدات التوليدية	التسلسل
لأنها تقابل أقل كلفة	2: اي كل شهرين نقوم بعمل الصيانة	U1	1
	4: اي كل اربعة أشهر نقوم بعمل الصيانة	U2	2
	4: اي كل اربعة أشهر نقوم بعمل الصيانة	U3	3
	5: اي كل خمسة أشهر نقوم بعمل الصيانة	U4	4
	2: اي كل شهرين نقوم بعمل الصيانة	U5	5
	2: اي كل شهرين نقوم بعمل الصيانة	U6	6
	5: اي كل خمسة أشهر نقوم بعمل الصيانة	U7	7
	3: اي كل ثلاثة أشهر نقوم بعمل الصيانة	U8	8
	3: اي كل ثلاثة أشهر نقوم بعمل الصيانة	U9	9
	3: اي كل ثلاثة أشهر نقوم بعمل الصيانة	U10	10
	3: اي كل ثلاثة أشهر نقوم بعمل الصيانة	U11	11
	3: اي كل ثلاثة أشهر نقوم بعمل الصيانة	U12	12
	1: اي كل شهر واحد نقوم بعمل الصيانة	U13	13

	1: اي كل شهر واحد نقوم بعمل الصيانة	U14	14
	3: اي كل ثلاثة أشهر نقوم بعمل الصيانة	U15	15
	4: اي كل اربعة أشهر نقوم بعمل الصيانة	U16	16

المصادر:

التميمي، لطيفة عبد الله، (2004)، " المدة الزمنية المثلى للصيانة والاستبدال"، رسالة ماجستير، كلية الرشيد للهندسة والعلوم، الجامعة التكنولوجية.

الربيعي، فارس مهدي علوان، عباس، غصون حربي، "تحديد وقت الصيانة الوقائية الامثل باستخدام اسلوب الجدولة"، مجلة العلوم الاقتصادية والادارية، كلية الادارة والاقتصاد، جامعة بغداد، 2017.

العشاري، عمر محمد ناصر، "تحديد وقت الصيانة الوقائية الامثل في شركة الهلال الصناعية المحدودة"، كلية الادارة والاقتصاد، جامعة بغداد، مجلة العلوم الاقتصادية والادارية، 16(59)، 2018.

علوان، فارس مهدي، عباس، غصون حربي، (2018)، " ايجاد وقت الصيانة الوقائية الامثل باستعمال البرمجة الخطية "، مجلة كلية العلم الجامعة، 10.

المازح، محمد محمد أحمد، كفاءة وظيفة الاعتمادية وطريقة الجدولة في تحديد زمن الصيانة الوقائية الأمثل لأجهزة الأشعة السينية الرقمية. المجلة الدولية للإحصاء والتطبيقات. 2019.

محمد، وداد موسى، البياتي، أميرة شكر ولي، "إدارة الصيانة"، كلية الادارة والاقتصاد، جامعة بغداد، بغداد، العراق، مكتبة الضاد، ط1، 2020.

الموسوي، أسيل ابراهيم محسن، برمجة الصيانات الوقائية باستخدام قواعد البيانات، رسالة ماجستير، كلية الادارة والاقتصاد، جامعة بغداد، 2000.

Bryan Dodson, determining the optimal schedule for preventive maintenance, quality engineering, vol.6, no.4,1994, (667-679).

Celso Marcel, F. L, Claudio N.A.P, Marico, P.B, A model for preventive maintenance planning by genetic algorithms based in cost and Reliability. International Journal Reliability Engineering and System Safety, 91(2).233-240, 2006.

Corman, F, Kraijema, S, Godjevac, M, Lodewijks, G, Optimizing preventive maintenance policy: A data-driven application for a light rail braking system. Proc Inst Mech Eng O J Risk Reliab, 2017, 231(5): 534-545.

David C. Mulder, p. Eng. reducing maintenance time: an alternative to increasing system reliability, by internet, 2002.

Jun-p. Z, Chuang, X, Qing, h. W, Lu-Liang, Z, Hong-Jun, F, 2014, Generation maintenance scheduling based on multiple objectives and their relationship analysis. Journal of Zhejiang University-SCIENCE C (Computers & Electronics), 15(11). 1035-1047.

Ricky Smith, life cycle engineering, best maintenance practices by internet 2005.