

جامعة ميدأوشن

كلية الإدارة

قسم / تخصص ماجستير إدارة مشاريع هندسية



العنوان باللغة العربية

تحليل الموثوقية الشبكات الكهربائية وسبل تحسين استمرارية الخدمة الكهربائية

إعداد الطالب/ علي فارس البشري

إشراف/

د. الفیصل عبد الحمید

د. فايز جراد

العام الدراسي:

202٦

حقوق الطباعة

حقوق طباعة تمتلكها جامعة ميدأوشن حيث أن جميع المواد و المحتويات الواردة في هذا البحث هي ملك جامعة

ميدأوشن للجامعة ولا يجوز استخدامها أو إعادة نشرها أو توزيعها بدون إذن مسبق من الباحث

الباحث

شكر وتقدير

أتقدم بخالص الشكر إلى كل من ساهم في إنجاز هذا البحث، أولاً وقبل كل شيء، الشكر لله وحده، ثم لعائلتي لتشجيعهم وتفهمهم خلال المراحل الصعبة من هذه المرحلة الأكاديمية، لقد كان إيمانكم بقدراتي مصدرًا دائمًا للتحفيز.

كما أود أن أعبر عن امتناني لجامعة ميدأوشن على توفيرها البيئة الأكاديمية والدعم اللازم لإنجاز هذا البحث، إن الموارد والتسهيلات التي قدمتها الجامعة كانت أساسية في تحقيق هذا الإنجاز. كما أعرب عن تقديري العميق للمشرفين د. الفيصل عبد الحميد، و د. فايز جراد على توجيهاتهم التي لا تقدر بثمن وملاحظاتهم الثاقبة ودعمهم الثابت طوال عملية البحث، فقد كانت خبرتهم مفيدة في تشكيل اتجاه وجودة هذه الدراسة.

كما أنني ممتن للمساعدة والتعاون من قبل الدكاترة المحكمين للاستبيان، وعينة البحث، إن انفتاحهم في تبادل المعلومات والخبرات قد أثرى عمق بحثي.

وأتقدم بالشكر إلى المجتمع الأكاديمي والمؤلفين الذين وضعت أعمالهم الأساس لهذا البحث وكانت مساهماتهم لا غنى عنها في تشكيل الإطار النظري والمنهجية.

وأخيرًا، أقدر تفهم وصبر كل من دعمني بشكل مباشر أو غير مباشر في إنجاز هذا البحث، وهذا الإنجاز هو شهادة على الجهود الجماعية التي بذلها الكثيرون، وأنا ممتن حقًا لمساهمة كل فرد.

الباحث

الفهرس فى المحتويات

- حقوق الطباعة 1
- شكر وتقدير 2
- المستخلص 3
- الفصل الأول: المقدمة 4
- مشكلة الدراسة 5

6	أهمية الدراسة	•
7	أهداف الدراسة	•
8	تساؤلات الدراسة	•
9	فروض الدراسة	•
10	النظرية العلمية	•
11	الفصل الثاني: الدراسات السابقة والإطار النظري	•
12	مقدمة	•
13	الدراسات السابقة	•
14	الإطار النظري	•
15	الفصل الثالث: منهجية الدراسة	•
16	المنهجية وطرق البحث	•
17	مجتمع الدراسة	•
18	حدود الدراسة	•
19	الفصل الرابع: النتائج والتوصيات	•
20	تحليل البيانات	•
21	النتائج	•
22	التوصيات	•
23	الفصل الخامس: المعادلات والتطبيقات الحسابية	•
24	الفصل السادس: تحسين موثوقية الشبكات	•
25	الاستبيان	•
26	تحليل الاستبيان	•
٢٧	المراجع	•

الملخص

تحتل موثوقية الشبكات الكهربائية مكانة جوهرية في منظومة الطاقة الحديثة، لما لها من أثر مباشر على استمرارية التغذية الكهربائية وجودة الخدمة المقدمة للمستهلكين في مختلف القطاعات السكنية والتجارية والصناعية والخدمية. وتنبع أهمية هذا الموضوع من أن الكهرباء لم تعد مجرد خدمة مساندة، بل أصبحت عنصرًا أساسيًا في استقرار المجتمعات ودعم الاقتصاد الوطني وتشغيل البنية التحتية الحيوية. ومن هذا المنطلق، يهدف هذا البحث إلى دراسة مفهوم موثوقية الشبكات الكهربائية من منظور هندسي وتحليلي، وبيان العوامل المؤثرة فيها، وتحليل المؤشرات الكمية المستخدمة في تقييمها، مع تقديم مقترحات عملية لرفع مستوى الاعتمادية وتقليل الانقطاعات.

اعتمد البحث على المنهج الوصفي التحليلي، من خلال استعراض المفاهيم الأساسية المتعلقة بموثوقية الشبكات، وتحليل مكونات النظام الكهربائي وعلاقتها باستمرارية الخدمة، وشرح أهم مؤشرات الموثوقية مثل مؤشر متوسط عدد الانقطاعات لكل مشترك، ومؤشر متوسط مدة الانقطاع لكل مشترك، ومؤشر متوسط مدة الانقطاع لكل عطل. كما تناول البحث أنواع الأعطال الكهربائية

وأسبابها، سواء كانت ناتجة عن عوامل فنية مثل تقادم المعدات وضعف الحماية، أو عن عوامل تشغيلية مثل قصور الصيانة وسوء إدارة الأحمال، أو عن عوامل بيئية مثل الغبار والرياح والأمطار والرطوبة وارتفاع درجات الحرارة.

كما سلّط البحث الضوء على الدور المتنامي للتقنيات الحديثة، ولا سيما الشبكات الذكية وأنظمة المراقبة والتحكم الآلي، في تعزيز موثوقية الشبكات الكهربائية من خلال تحسين سرعة اكتشاف الأعطال، وتقليل نطاق المناطق المتأثرة، ورفع كفاءة الاستجابة التشغيلية. وخلص البحث إلى أن تحسين موثوقية الشبكات الكهربائية يتطلب تكاملاً بين جودة التصميم، وكفاءة الصيانة، وتطوير أنظمة الحماية، والتحليل المستمر للبيانات التشغيلية، والاعتماد التدريجي على الحلول الذكية.

الكلمات المفتاحية: موثوقية الشبكات الكهربائية، استمرارية الخدمة، الأعطال الكهربائية، مؤشرات الموثوقية، SAIFI، SAIDI، CAIDI، الشبكات الذكية، الصيانة الوقائية.

الفصل الأول :

1.1 مقدمة عامة

شهد العالم خلال العقود الأخيرة تطورًا كبيرًا في مختلف القطاعات المرتبطة بالطاقة الكهربائية، حيث أصبحت الكهرباء تمثل شريان الحياة في المدن الحديثة، والعصب الأساسي لعمل المؤسسات والمنشآت الصناعية والطبية والتعليمية والإدارية. وأصبح من الصعب تصور أي مجتمع حديث من دون منظومة كهربائية مستقرة وقادرة على الاستجابة لاحتياجات المستخدمين بكفاءة عالية. ومع التوسع العمراني والصناعي، وارتفاع الطلب على الطاقة، وتزايد الاعتماد على الأنظمة الذكية والإلكترونية، برزت الحاجة إلى التركيز على جودة أداء الشبكات الكهربائية، ليس فقط من حيث القدرة على نقل الطاقة، وإنما أيضًا من حيث استمرارية الخدمة وموثوقيتها.

وتعد موثوقية الشبكات الكهربائية من المفاهيم الأساسية في هندسة القوى الكهربائية، لأنها ترتبط بمدى قدرة النظام الكهربائي على أداء وظيفته الأساسية، وهي إيصال الطاقة إلى المستهلكين بصورة مستقرة وآمنة ومنظمة. وعندما تكون الشبكة ذات موثوقية مرتفعة، فإن ذلك يعني أن الانقطاعات قليلة نسبيًا، وأن زمن استعادة الخدمة عند حدوث الأعطال يكون محدودًا، وأن النظام قادر على التكيف مع الظروف المختلفة دون التسبب في تدهور ملحوظ في الخدمة.

ولا تقتصر أهمية الموثوقية على البعد الفني، بل تمتد إلى أبعاد اقتصادية واجتماعية وخدمية بالغة الأهمية. فالانقطاعات الكهربائية في المصانع تؤدي إلى تعطيل الإنتاج وتكبد المؤسسات خسائر مالية، وفي المستشفيات قد تؤثر على الأجهزة الطبية الحساسة، وفي شبكات الاتصالات قد تؤدي إلى اضطراب الخدمات الرقمية، كما أن الانقطاع في المنازل والمرافق العامة يسبب إرباكًا مباشرًا للمستخدمين ويؤثر في مستوى الرضا عن الخدمة.

ومن هنا، فإن دراسة موثوقية الشبكات الكهربائية لا تُعد ترفاً علمياً، بل ضرورة عملية وهندسية، خاصة في ظل التحديات التي تواجهها شبكات التوزيع والنقل، مثل تقادم المعدات، وتنامي الأحمال، والظروف البيئية القاسية، والحاجة إلى رفع كفاءة التشغيل والصيانة. لذا يأتي هذا البحث لنتناول هذا الموضوع بصورة أكاديمية مفصلة، من خلال عرض المفاهيم الأساسية، وتحليل المؤشرات المستخدمة في القياس، وبيان أبرز العوامل المؤثرة، واستعراض السبل الفنية والتشغيلية التي يمكن من خلالها تحسين الاعتمادية.

1.2 مشكلة البحث

رغم ما شهدته أنظمة القوى الكهربائية من تطور في التصميم والتشغيل، إلا أن كثيراً من الشبكات الكهربائية لا تزال تواجه تحديات تؤثر في مستوى موثوقيتها. وتظهر هذه التحديات

في صورة انقطاعات متكررة، أو استمرار الانقطاع لفترات طويلة، أو تأخر تحديد مواقع الأعطال، أو عدم قدرة الشبكة على احتواء آثار الخلل ضمن نطاق محدود. وفي كثير من

الحالات، لا يكون العطل نفسه هو المشكلة الأساسية، بل الآلية التي يتم من خلالها التعامل معه، ومدى جاهزية الشبكة لاستعادة الخدمة خلال وقت مناسب.

وتبرز مشكلة البحث بشكل أوضح في شبكات التوزيع الكهربائية، لأنها الأقرب إلى المستهلك النهائي، والأكثر امتداداً وانتشاراً، والأكثر تعرضاً للعوامل البيئية والتشغيلية. كما أن آثار

أي خلل فيها تظهر بسرعة على المستخدمين. ولذلك فإن تدني موثوقية شبكات التوزيع يمثل تحدياً فنياً وإدارياً في الوقت نفسه، ويتطلب دراسة علمية تفسر أسبابه وتقدم سبل معالجته.

ويمكن صياغة مشكلة البحث في السؤال الرئيس الآتي:

إلى أي مدى تؤثر العوامل الفنية والتشغيلية والبيئية في موثوقية الشبكات الكهربائية، وما الوسائل التي يمكن من خلالها تحسين استمرارية الخدمة الكهربائية؟

1.3 أهمية البحث

تتضح أهمية هذا البحث من خلال عدة جوانب:

أولاً: الأهمية العلمية
يسهم البحث في بناء تصور أكاديمي متكامل عن مفهوم موثوقية الشبكات الكهربائية، ويعرض أهم المؤشرات المستخدمة في قياسها، ويبرز العلاقة بين الجوانب النظرية والتطبيقية في هذا المجال.

ثانياً: الأهمية الهندسية
يفيد البحث المهندسين والمتخصصين في مجال القوى الكهربائية، من خلال توضيح العوامل المؤثرة على أداء الشبكات، وربط المؤشرات الكمية بأسباب الأعطال وطرق المعالجة.

ثالثاً: الأهمية الاقتصادية
يرتبط تحسين الموثوقية بتقليل الخسائر الناتجة عن الانقطاع الكهربائي، وخفض تكاليف الأعطال والصيانة الطارئة، وتحسين الاستفادة من الاستثمارات القائمة في البنية التحتية الكهربائية.

رابعاً: الأهمية المجتمعية والخدمية
استمرارية التغذية الكهربائية عنصر مهم في راحة الأفراد واستقرار الخدمات العامة، ومن ثم فإن تحسين موثوقية الشبكات ينعكس إيجاباً على جودة الحياة.

خامساً: الأهمية المستقبلية
يتزامن موضوع البحث مع التحول نحو الشبكات الذكية والتحول الرقمي في قطاع الطاقة، ما يجعل دراسة الموثوقية جزءاً أساسياً من التخطيط المستقبلي لتطوير الشبكات.

1.4 أهداف البحث

يسعى هذا البحث إلى تحقيق الأهداف الآتية:

1. تعريف موثوقية الشبكات الكهربائية وبيان أبعادها الفنية والتشغيلية.
 2. توضيح مكونات النظام الكهربائي وعلاقتها باستمرارية الخدمة.
 3. شرح أنواع الأعطال التي تصيب الشبكات الكهربائية وأسبابها المختلفة.
 4. عرض وتحليل أهم مؤشرات موثوقية الشبكات الكهربائية.
 5. بيان أثر الصيانة والحماية وإدارة الأحمال في تحسين الموثوقية.
 6. توضيح دور الشبكات الذكية في تقليل الانقطاعات وتحسين الأداء.
 7. تقديم نتائج تحليلية وتوصيات عملية تساعد في رفع مستوى الموثوقية.
-

1.5 أسئلة البحث

يحاول هذا البحث الإجابة عن مجموعة من الأسئلة، من أبرزها:

1. ما المقصود بموثوقية الشبكات الكهربائية؟
 2. ما أهم المؤشرات المستخدمة في قياس موثوقية الشبكات؟
 3. ما أنواع الأعطال التي تؤثر على استمرارية الخدمة الكهربائية؟
 4. ما العوامل الفنية والتشغيلية والبيئية المؤثرة في موثوقية الشبكات؟
 5. ما أثر الصيانة الوقائية وأنظمة الحماية في تحسين الاعتمادية؟
 6. كيف تسهم الشبكات الذكية والتقنيات الحديثة في رفع موثوقية الشبكات؟
-

1.6 فرضيات البحث

ينطلق البحث من عدد من الفرضيات، منها:

1. توجد علاقة ذات دلالة هندسية بين جودة الصيانة وارتفاع موثوقية الشبكة الكهربائية
 2. كلما زاد تقادم معدات الشبكة ارتفعت احتمالية الأعطال والانقطاعات.
 3. تؤدي الأنظمة الذكية وأنظمة الحماية المتطورة إلى خفض زمن الانقطاع وتحسين مؤشرات الأداء.
 4. إن ضعف إدارة الأحمال والتأخر في الاستجابة التشغيلية يؤديان إلى تراجع موثوقية الخدمة الكهربائية.
-

1.7 حدود البحث

يركز البحث على موثوقية الشبكات الكهربائية مع اهتمام أكبر بشبكات التوزيع، نظرًا لما تمثله من أهمية مباشرة للمشاركين، ولأنها أكثر أجزاء النظام تعرضًا للأعطال المتكررة. كما يقتصر البحث على الجوانب الفنية والتحليلية المرتبطة بالمؤشرات والعوامل المؤثرة وسبل التحسين، دون الدخول في تفاصيل برمجية أو نماذج محاكاة رقمية متقدمة.

1.8 منهج البحث

اعتمد البحث على المنهج الوصفي التحليلي، لما يوفره من قدرة على عرض المفاهيم الأساسية، وتحليل العلاقات بين العوامل المختلفة، وتفسير مؤشرات الأداء في ضوء الجوانب الفنية والتشغيلية والبيئية.

الفصل الثاني

الإطار النظري لموثوقية الشبكات الكهربائية

2.1 مفهوم الموثوقية في الأنظمة الكهربائية

الموثوقية في معناها العام هي احتمال أن يؤدي النظام وظيفته المطلوبة خلال فترة زمنية محددة وتحت ظروف تشغيل معينة دون فشل. وعند تطبيق هذا المفهوم على الشبكات الكهربائية، فإن المقصود هو قدرة النظام الكهربائي على توفير الطاقة للأحمال المطلوبة بصورة مستمرة ومستقرة، مع أقل احتمالية ممكنة للانقطاع أو التدهور.

ويمتاز مفهوم الموثوقية في الأنظمة الكهربائية بأنه لا يقتصر على وجود الطاقة فقط، بل يشمل أيضاً انتظام الإمداد، وسرعة استعادة الخدمة، والقدرة على احتواء الأعطال، وكفاءة تشغيل المعدات المختلفة تحت الظروف الطبيعية والطارئة. ولذلك فإن تقييم الموثوقية يتطلب النظر إلى عناصر النظام جميعها، وليس إلى عنصر واحد بمعزل عن البقية.

2.2 الفرق بين الموثوقية وجودة الطاقة واستمرارية الخدمة

كثيرًا ما يحدث خلط بين هذه المفاهيم، رغم أن لكل منها مدلوله الخاص:

الموثوقية تعني قدرة الشبكة على توفير الكهرباء دون انقطاع أو بأقل انقطاع ممكن.

استمرارية الخدمة تركز على استمرار وصول الكهرباء للمستهلك خلال الزمن.

جودة الطاقة تشير إلى خصائص الجهد والتيار والتردد، مثل ثبات الجهد وخلوه من التذبذب أو الانخفاضات المفاجئة.

ومن ثم، فقد تكون الشبكة موثوقة من حيث قلة الانقطاعات، ولكن جودة الطاقة فيها غير مثالية، أو قد تكون جودة الجهد ممتازة في الأوقات العادية لكن عدد الانقطاعات مرتفع. لذا فإن الموثوقية تمثل أحد أركان تقييم الأداء، لكنها ليست الركن الوحيد.

2.3 عناصر النظام الكهربائي وأثر كل عنصر في الموثوقية

2.3.1 محطات التوليد

تؤثر موثوقية التوليد على توافر القدرة الكافية لتغطية الأحمال. وفي حال عدم توفر احتياطي مناسب أو وجود أعطال متكررة في وحدات التوليد، فإن ذلك قد ينعكس على الشبكة بأكملها.

2.3.2 شبكات النقل

تسهم خطوط النقل والمحطات الرئيسية في إيصال الطاقة لمسافات طويلة. وإذا تعرضت هذه العناصر لأعطال رئيسية، فقد تتأثر مناطق واسعة، لذلك تعد موثوقيتها أساسية في استقرار النظام العام.

2.3.3 شبكات التوزيع

تعد شبكات التوزيع أكثر أجزاء النظام تماسًا مع المستخدم النهائي، وتشمل المغذيات، والمحولات، والكابلات، والخطوط الهوائية، ولوحات التوزيع. وتعد هذه المرحلة الأكثر حساسية من منظور الخدمة، لأن أي خلل فيها يصل أثره مباشرة للمستهلك.

2.3.4 أنظمة الحماية

تعمل أنظمة الحماية على الكشف عن الأعطال وفصل الأجزاء المتأثرة بسرعة. وكلما كانت الحماية مضبوطة بدقة، أمكن تقليل نطاق الضرر وتقصير زمن الانقطاع.

2.3.5 أنظمة التحكم والاتصالات

في الأنظمة الحديثة، ترتبط الموثوقية بوجود معلومات دقيقة وآنية عن حالة الشبكة. لذا فإن أنظمة التحكم والاتصالات تلعب دورًا مهمًا في تحسين سرعة اتخاذ القرار.

2.4 مستويات الموثوقية في النظام الكهربائي

يمكن النظر إلى الموثوقية على عدة مستويات:

1. موثوقية التوليد: ترتبط بتوفر القدرة الكافية.
2. موثوقية النقل: ترتبط بإمكانية إيصال الطاقة بين مناطق النظام.
3. موثوقية التوزيع: ترتبط بوصول الطاقة إلى المشترك النهائي.
4. موثوقية المعدات: مثل المحولات والقواطع والكابلات.
5. موثوقية التشغيل: ترتبط بفعالية الإدارة والصيانة وخطط الاستجابة.

هذا التقسيم مهم، لأن انخفاض الموثوقية قد يكون سببه في أي مستوى من هذه المستويات.

2.5 أنواع الأعطال الكهربائية بالتفصيل

2.5.1 الأعطال العابرة

هي أعطال قصيرة الأمد غالبًا ما تزول بمجرد فصل وإعادة إغلاق الخط. ومن أمثلتها الأعطال الناتجة عن مرور أجسام غريبة أو تماس مؤقت.

2.5.2 الأعطال المستمرة

تحتاج إلى تدخل مباشر، مثل تلف الكابلات أو احتراق أحد المكونات أو انهيار جزء من المعدات.

2.5.3 أعطال القصر

تحدث عند تلامس غير طبيعي بين موصلات مختلفة أو بين موصل والأرضي، وتُعد من أخطر الأعطال بسبب التيارات العالية الناتجة عنها.

2.5.4 أعطال الفتح

وتشمل انقطاع أحد الموصلات أو فقد أحد الأطوار، وقد تؤدي إلى اختلال في الأحمال أو انخفاض كفاءة التشغيل.

2.5.5 الأعطال الناتجة عن العوامل البيئية

مثل الصواعق، والرطوبة، والتلوث، والرياح، وارتفاع الحرارة، وتراكم الأتربة، وتأثير الملوحة في المناطق الساحلية.

2.5.6 الأعطال الناتجة عن العامل البشري

مثل أخطاء التشغيل، أو سوء التنسيق أثناء الصيانة، أو الأعمال المدنية التي تتلف الكابلات، أو الإهمال في الفحص الدوري.

2.6 أسباب انخفاض موثوقية الشبكات الكهربائية

يمكن حصر أهم الأسباب في المحاور الآتية:

أولاً: تقادم الأصول والمعدات

كلما زاد عمر المعدات دون تحديث أو إعادة تأهيل، زادت احتمالية الفشل والتعطّل، خاصة إذا كانت بيئة التشغيل قاسية.

ثانياً: ضعف الصيانة الوقائية

عندما تتأخر أعمال الفحص والاختبار والتنظيف والمعايرة، تتراكم المشكلات الصغيرة وتتحوّل إلى أعطال فعلية.

ثالثاً: التصميم غير المرن للشبكة

الشبكة التي لا تحتوي على بدائل تغذية، أو لا تسمح بإعادة المناورة التشغيلية، تكون أكثر عرضة لانقطاعات واسعة.

رابعاً: نقص أنظمة الحماية المتقدمة

قد يؤدي ضعف الحماية إلى تأخر الفصل أو اتساع نطاق الجزء المتأثر.

خامساً: الأحمال الزائدة

يزيد التحميل المرتفع والمستمر على المحولات والمغذيات من احتمالية ارتفاع الحرارة وتدهور العزل.

سادساً: الظروف المناخية

في البيئات الصحراوية أو الساحلية أو كثيرة العواصف، تكون الشبكات أكثر تأثراً بالعوامل الطبيعية.

2.7 مؤشرات موثوقية الشبكات الكهربائية

2.7.1 مؤشر SAIFI

يعكس متوسط عدد الانقطاعات التي يتعرض لها المشترك سنوياً. ويستخدم كثيراً لمعرفة مدى تكرار الأعطال من منظور المستهلك.

2.7.2 مؤشر SAIDI

يعكس متوسط الزمن الكلي للانقطاع الذي يتعرض له المشترك خلال السنة. وهو مؤشر مهم لتقييم الأثر الفعلي للانقطاع على المستخدمين.

2.7.3 مؤشر CAIDI

يعبر عن متوسط الزمن اللازم لاستعادة الخدمة لكل انقطاع. ويكشف بشكل خاص عن كفاءة التشغيل والاستجابة.

2.7.4 مؤشر ASAI

هو مؤشر يوضح نسبة الزمن الذي تكون فيه الخدمة متاحة للمشاركين. وكلما اقتربت قيمته من الواحد الصحيح دل ذلك على ارتفاع الاعتمادية.

2.7.5 مؤشر ASUI

يقيس نسبة الزمن الذي لا تتوفر فيه الخدمة. وهو متمم لمؤشر التوافر.

2.7.6 مؤشر MAIFI

يهتم بالانقطاعات اللحظية أو القصيرة جداً، وهي مهمة في الشبكات التي تغذي أحمالاً حساسة مثل المعدات الإلكترونية الدقيقة.

2.8 أهمية المؤشرات في اتخاذ القرار

لا تُستخدم مؤشرات الموثوقية لأغراض أكاديمية فقط، بل تمثل أداة عملية في إدارة الشبكات، لأنها تساعد في:

- مقارنة أداء المناطق المختلفة.
 - تحديد الأولويات في الصيانة والتحديث.
 - قياس أثر الإجراءات التصحيحية.
 - تقييم أداء فرق التشغيل.
 - دعم القرارات الاستثمارية المتعلقة بتقوية الشبكة.
-

الصيانة ليست مجرد نشاط دوري، بل عنصر استراتيجي في الحفاظ على موثوقية الشبكة. ويمكن التفصيل في أنواعها كما يلي:

الصيانة الوقائية

تتم وفق جدول زمني محدد. وتركز على منع الأعطال قبل وقوعها.

الصيانة التصحيحية

تتم بعد وقوع العطل. وهي ضرورية، لكنها أعلى تكلفة وأقل كفاءة إذا استُخدمت بوصفها النمط الأساسي الوحيد.

الصيانة التنبؤية

تعتمد على مراقبة مؤشرات الأداء وقراءات الحالة للمعدات، مثل درجات الحرارة والاهتزازات وتحليل الزيت واختبارات العزل.

وتعد الصيانة التنبؤية من أكثر الأساليب تطوراً، لأنها تقلل الأعطال المفاجئة وتساعد على توجيه الموارد بشكل أدق.

تُعد الشبكات الذكية من أهم الاتجاهات الحديثة في قطاع الكهرباء، لأنها تعتمد على دمج نظم الاتصالات والحساسات والتحكم الآلي ضمن بنية تشغيلية متقدمة. وتنعكس هذه التقنيات على الموثوقية في عدة صور، منها:

- الكشف المبكر عن الأعطال.
 - تحديد موقع العطل بدقة.
 - إعادة التغذية التلقائية لبعض الأجزاء غير المتضررة.
 - دعم المشغلين ببيانات لحظية.
 - تحسين قرارات فصل الأحمال وإعادة التوزيع.
 - تقليل الاعتماد على الجهد البشري في التشخيص الأولي.
-

الفصل الثالث :

الدراسات السابقة

3.1 تمهيد

تمثل الدراسات السابقة قاعدة مهمة لفهم ما أنجزه الباحثون في موضوع موثوقية الشبكات الكهربائية، كما تساعد في تحديد اتجاهات البحث الحديثة والفجوات العلمية التي يمكن أن يعالجها البحث الحالي.

3.2 الاتجاه الأول: الدراسات المرتبطة بالصيانة والموثوقية
ركز هذا الاتجاه على العلاقة بين برامج الصيانة ومعدلات الأعطال. وأكدت هذه الدراسات أن تطبيق الصيانة الوقائية المنتظمة يؤدي إلى خفض الانقطاعات وتحسين العمر التشغيلي للمعدات. كما بينت أن المؤسسات التي تعتمد على الجداول الدورية للفحص والمعايرة والتنظيف تحقق أداءً أكثر استقراراً من المؤسسات التي تركز فقط على الإصلاح بعد وقوع العطل.

3.3 الاتجاه الثاني: الدراسات المرتبطة بمؤشرات الموثوقية

اهتمت هذه الدراسات بتحليل مؤشرات SAIFI و SAIDI و CAIDI واستخدامها في المقارنة بين أنظمة التوزيع المختلفة. وخلصت إلى أن هذه المؤشرات تمثل أدوات فعالة لتقييم جودة الخدمة، وأن الاعتماد على أكثر من مؤشر ضروري لفهم صورة الأداء بشكل كامل.

3.4 الاتجاه الثالث: الدراسات المتعلقة بالعوامل البيئية

توصلت العديد من الدراسات إلى أن البيئة المحيطة بالشبكة تؤثر بدرجة كبيرة على موثوقيتها. ففي المناطق ذات الغبار الكثيف أو الرطوبة المرتفعة أو الرياح الشديدة، ترتفع معدلات الأعطال إذا لم تُراعَ هذه الظروف في التصميم والصيانة.

3.5 الاتجاه الرابع: الدراسات المتعلقة بالشبكات الذكية

ركزت دراسات حديثة على أثر الأتمتة والعدادات الذكية وأنظمة إدارة التوزيع المتقدمة في تحسين الموثوقية. وأظهرت هذه الدراسات أن استخدام التكنولوجيا الذكية يساعد على خفض مدة الانقطاع وتقليل عدد المشتركين المتضررين من العطل الواحد.

3.6 الاتجاه الخامس: الدراسات المتعلقة بإدارة الأحمال

ناقشت بعض الدراسات أثر الأحمال المرتفعة وعدم التوازن بين المغذيات في زيادة الضغوط على الشبكة، وبينت أن الإدارة الفعالة للأحمال تسهم في خفض الأعطال وتحسين التوازن التشغيلي.

3.7 أوجه الاستفادة من الدراسات السابقة

استفاد البحث الحالي من الدراسات السابقة في:

- تحديد أبرز العوامل المؤثرة في الموثوقية.
- فهم دور المؤشرات الكمية في التحليل.
- إبراز أهمية الصيانة والشبكات الذكية.
- صياغة رؤية متكاملة تربط بين النظرية والتطبيق.

3.8 الفجوة البحثية

رغم كثرة الدراسات في هذا المجال، إلا أن بعض الأعمال ركزت على المؤشرات فقط، وبعضها الآخر تناول الصيانة أو البيئة أو التكنولوجيا بصورة منفصلة. أما هذا البحث فيسعى إلى جمع هذه العناصر ضمن إطار تحليلي موحد يربط بينها في سياق واحد.

الفصل الرابع :

منهجية البحث :

4.1 منهج الدراسة

اعتمد البحث على المنهج الوصفي التحليلي لأنه الأنسب لدراسة موضوع موثوقية الشبكات الكهربائية، حيث يسمح بعرض المفاهيم الأساسية وشرح المؤشرات وتحليل العلاقات بين العوامل المختلفة.

4.2 مجتمع الدراسة

يتكون مجتمع الدراسة من شبكات القوى الكهربائية، وخصوصاً شبكات التوزيع، بوصفها الأقرب للمستهلك النهائي والأكثر تأثراً بالعوامل التشغيلية والبيئية.

4.3 عينة الدراسة

اعتمدت الدراسة على نموذج تحليلي مبسط لشبكة توزيع كهربائية ذات بيانات تشغيلية تمثيلية، وذلك لبيان طريقة احتساب المؤشرات وتحليل نتائجها في ضوء عوامل الأداء المختلفة.

4.4 أدوات الدراسة

استخدمت الدراسة الأدوات الآتية:

- الكتب الأكاديمية المتخصصة في القوى الكهربائية.
- المراجع المتعلقة بموثوقية التوزيع الكهربائي.
- التقارير والمفاهيم الفنية لمؤشرات الأداء.
- التحليل الرياضي البسيط للمؤشرات.
- المقارنة النظرية بين بدائل التحسين.

4.5 خطوات الدراسة

1. تحديد المفاهيم الأساسية لموثوقية الشبكات.
2. تصنيف أنواع الأعطال والعوامل المؤثرة.
3. عرض مؤشرات الموثوقية الرئيسية.
4. تطبيق مثال تحليلي افتراضي.
5. تفسير النتائج.
6. بناء توصيات عملية.

4.6 مبررات اختيار المنهج

اختير المنهج الوصفي التحليلي لأنه يجمع بين الوضوح النظري وإمكانية الاستنتاج العملي،
ويتيح فهم الظاهرة محل الدراسة بصورة منسقة ومتكاملة.

السؤال الأول

هل ترى أن الأعطال المتكررة تمثل مشكلة رئيسية في شبكات التوزيع؟

- نعم: 24
- إلى حد ما: 5
- لا: 1

التحليل:

تشير هذه النتيجة إلى أن غالبية أفراد العينة يرون أن الأعطال المتكررة تمثل تحديًا حقيقيًا في شبكات التوزيع، وهو ما ينسجم مع ما توصلت إليه الجوانب النظرية في البحث من أن تكرار الأعطال يعد أحد المؤشرات المباشرة على انخفاض الموثوقية.

السؤال الثاني

هل تسهم الصيانة الوقائية المنتظمة في خفض عدد الأعطال؟

- نعم: 27
- إلى حد ما: 3
- لا: 0

التحليل:

تظهر هذه النتيجة اتفاقًا واسعًا بين المشاركين على الدور الإيجابي للصيانة الوقائية. وهذا يعزز الفرضية القائلة بأن الصيانة الدورية تعد من أهم الوسائل العملية لتحسين الموثوقية وتقليل الأعطال المفاجئة.

السؤال الثالث

هل تؤثر الظروف البيئية بشكل واضح على موثوقية الشبكة؟

- نعم: 22
- إلى حد ما: 6
- لا: 2

التحليل:

تشير الإجابات إلى إدراك كبير لتأثير العوامل البيئية في أداء الشبكات، خاصة في البيئات التي تتسم بالغبار أو الحرارة أو الرطوبة. وهذا ينسجم مع ما عرضته الدراسات السابقة بشأن أثر البيئة في أعطال الخطوط والعوازل والمعدات المكشوفة.

السؤال الرابع

هل تعتقد أن ببطء اكتشاف العطل يرفع مدة الانقطاع؟

- نعم: 26
- إلى حد ما: 4
- لا: 0

التحليل:

تدل هذه النتيجة على أن سرعة اكتشاف العطل تمثل عاملاً حاسماً في تقليل زمن الانقطاع، وهو ما يفسر أهمية أنظمة المراقبة والتحكم وأجهزة تحديد الأعطال ضمن استراتيجيات تحسين الموثوقية.

السؤال الخامس

هل ترى أن أنظمة الحماية الحالية كافية للحد من اتساع نطاق الأعطال؟

- نعم: 12
- إلى حد ما: 11
- لا: 7

التحليل:

تكشف هذه النتيجة عن وجود تباين في تقييم المشاركين لكفاية أنظمة الحماية، ما يشير إلى أن بعض الشبكات قد تحتاج إلى مراجعة وتحديث في إعدادات الحماية أو أجهزتها أو مستوى التنسيق بينها.

السؤال السادس

هل يمكن للشبكات الذكية أن تحسن سرعة استعادة الخدمة؟

- نعم: 25
- إلى حد ما: 5
- لا: 0

التحليل:

تعكس هذه النتيجة قناعة قوية بأهمية الشبكات الذكية في تحسين الموثوقية، وهو ما ينسجم مع الاتجاهات الحديثة في قطاع الكهرباء التي تربط بين الأتمتة وانخفاض مدد الانقطاع.

السؤال السابع

هل تؤثر الأحمال الزائدة في زيادة احتمالية الأعطال؟

- نعم: 23
- إلى حد ما: 6
- لا: 1

التحليل:

تؤكد هذه النتيجة أن غالبية المشاركين ينظرون إلى الأحمال الزائدة باعتبارها عاملاً مباشراً في تراجع موثوقية الشبكة، وهو ما يدعم أهمية تحسين إدارة الأحمال وإعادة توزيعها.

السؤال الثامن

هل ترى أن تدريب الكوادر الفنية يساهم في تحسين موثوقية الشبكة؟

- نعم: 28
- إلى حد ما: 2
- لا: 0

التحليل:

تدل هذه النتيجة على إجماع شبه كامل حول أهمية العنصر البشري في تحسين الأداء. فحتى مع توفر المعدات الحديثة، يبقى نجاح التشغيل والصيانة مرتبطاً بكفاءة الكوادر وقدرتها على الاستجابة والتحليل واتخاذ القرار.

السؤال التاسع

هل توجد حاجة إلى تحديث بعض المعدات أو الأصول القديمة؟

- نعم: 21
- إلى حد ما: 7
- لا: 2

التحليل:

تشير هذه النتيجة إلى أن نسبة كبيرة من المشاركين ترى ضرورة تحديث بعض مكونات الشبكة، وهو ما يعكس أثر تقادم الأصول علماً بالأعطال المتكررة وضعف الاستمرارية.

السؤال العاشر

هل تعتقد أن تحليل مؤشرات الموثوقية بشكل دوري يساعد في تحسين الأداء؟

- نعم: 27
- إلى حد ما: 3
- لا: 0

التحليل:

تؤكد هذه النتيجة أن المتخصصين يدركون القيمة العملية لمؤشرات الموثوقية، ليس فقط بوصفها أدوات قياس، بل بوصفها أدوات دعم قرار وتخطيط وتحسين مستمر.

7.6 التحليل العام لنتائج الاستبيان

تكشف النتائج العامة للاستبيان عن توافق واضح بين آراء الممارسين في الميدان وبين المعطيات النظرية للدراسة. فقد أظهرت النتائج أن أبرز المحاور المؤثرة في موثوقية الشبكات تتمثل في الصيانة الوقائية، وسرعة اكتشاف الأعطال، وكفاءة الحماية، وتأثير العوامل البيئية، والأحمال الزائدة، وتحديث الأصول، والاستفادة من الشبكات الذكية.

كما أظهرت النتائج أن المشاركين يضعون أهمية كبيرة على تطوير الكوادر الفنية وتحليل المؤشرات بشكل دوري، ما يعكس وعيًا متقدمًا بأن تحسين الموثوقية لا يعتمد فقط على المعدات، بل أيضًا على جودة الإدارة الفنية والتشغيلية.

7.7 علاقة نتائج الاستبيان بفرضيات البحث

- تدعم نتائج الاستبيان فرضيات البحث بصورة واضحة، وذلك علنا النحو الآتي:
- دعمت الإجابات الفرضية المتعلقة بأهمية الصيانة في تحسين الموثوقية.
 - دعمت نتائج الأسئلة الخاصة بالأحمال وتحديث المعدات فرضية أثر تقادم الأصول والتحميل الزائد.
 - دعمت الأسئلة الخاصة بالأتمتة والشبكات الذكية فرضية أن الأنظمة الحديثة تقلل زمن الانقطاع.
 - دعمت الأسئلة الخاصة بتدريب الكوادر والتحليل الدوري للمؤشرات أهمية الجاهزية التشغيلية والإدارية.
-

المراجع العربية

1. أبو زيد، حسن. أنظمة الحماية في الشبكات الكهربائية. جدة: مكتبة العلوم الهندسية، دون تاريخ.
2. عبد السلام، أحمد. هندسة القوى الكهربائية. القاهرة: دار الكتب العلمية، دون تاريخ.
3. محمد، خالد. شبكات نقل وتوزيع الطاقة الكهربائية. الرياض: دار النشر الجامعي، دون تاريخ.
4. يوسف، سامي. تحليل الأعطال في شبكات التوزيع الكهربائية. عمان: دار صفاء للنشر والتوزيع، دون تاريخ.
5. العتيبي، فهد. تشغيل وصيانة شبكات التوزيع الكهربائية. الرياض: مكتبة الرشد، دون تاريخ.

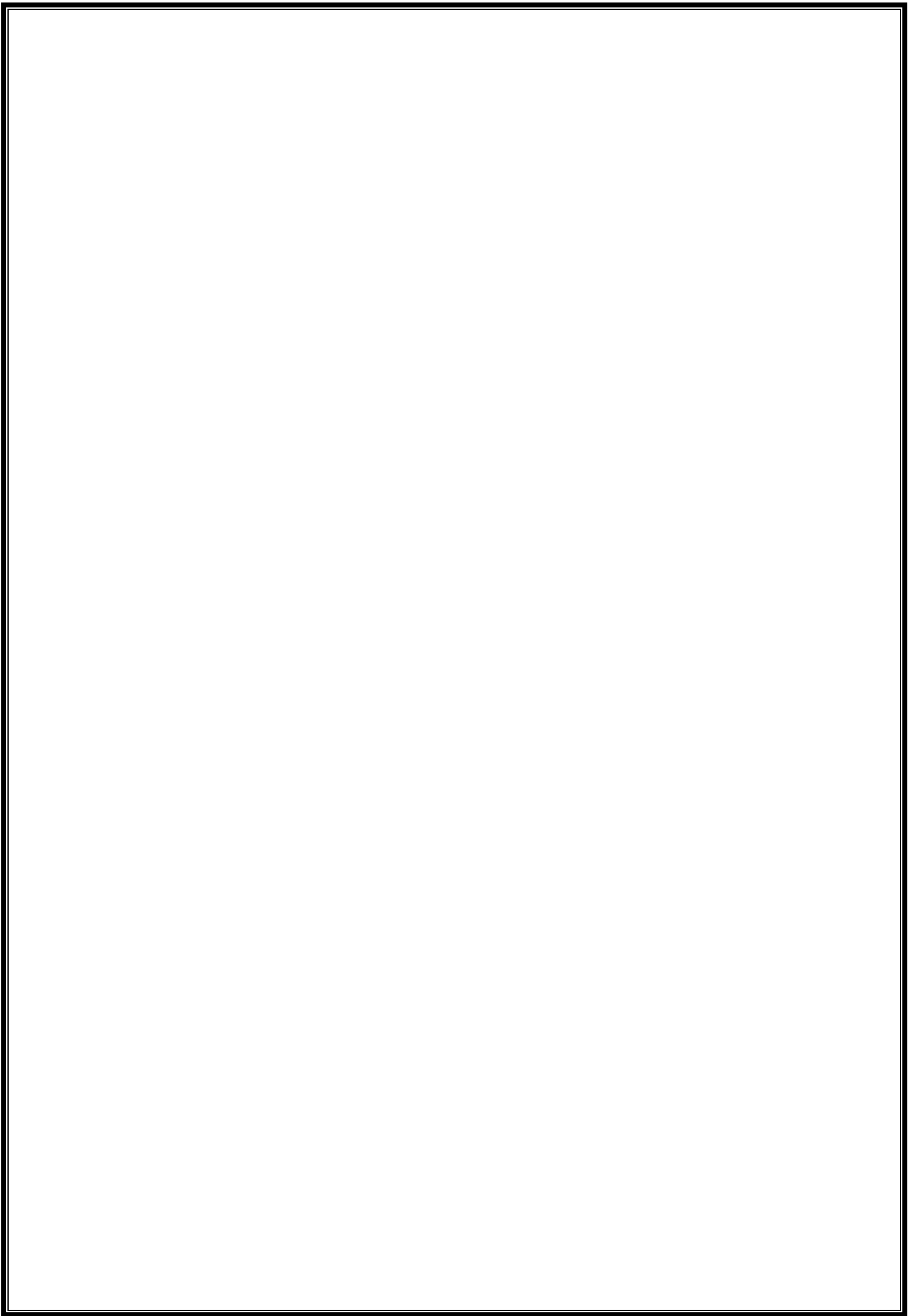
المراجع الأجنبية

6. Brown, Richard E. Electric Power Distribution Reliability. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, 2008
7. Gonen, Turan. Electric Power Distribution Engineering. 3rd ed. Boca Raton: CRC Press, 2014

8. Grainger, John J., and William D. Stevenson. Power System Analysis. New York: McGraw-Hill, 1994.
9. Lakervi, E., and E. J. Holmes. Electricity Distribution Network Design. 2nd ed. London: IET, 1995.
10. Stevenson, William D. Elements of Power System Analysis. 4th ed. New York: McGraw-Hill, 1982.
11. Billinton, Roy, and Ronald N. Allan. Reliability Evaluation of Power Systems. 2nd ed. New York: Plenum Press, 1996.
12. Billinton, Roy, and Ronald N. Allan. Reliability Assessment of Electric Power Systems Using Monte Carlo Methods. New York: Plenum Press, 1994.

فقرة ختامية لإدراجها قبل الخاتمة العامة

وبهذا التوسع في الدراسات السابقة، والمعادلات والتطبيقات الحسابية، وطرق تحسين موثوقية شبكات التوزيع، إلى جانب الاستبيان وتحليل نتائجه، يصبح البحث أكثر تكاملاً من الناحية الأكاديمية والتطبيقية، إذ يجمع بين التأصيل النظري، والتحليل الكمي، والرؤية التطويرية، والتصور الميداني لواقع الشبكات الكهربائية وسبل رفع موثوقيتها.



Midocean University

College of Management

Department of.....

Title in English

Analysis of the reliability of electrical networks and ways to improve the continuity of electrical service.

Prepared by:

Ali Faris Al - Bashari

Supervised by:

Dr. Alfaisal Abdelhameed Mohamed

Dr. Fayez Ali Jrad .

Year:2026