

جامعة ميدأوشن



كلية الإدارة

تخصص إدارة مشاريع

آثار الاختراق العالي لمصادر الطاقة المتجددة على موثوقية وضعف أنظمة
الطاقة الكهربائية المتصلة دراسة تطبيقية على شركة نيوم بالمملكة العربية
السعودية

إعداد الطالب/

محمد أمين عبدالله الشخص

إشراف/

د. أسماء أبو عنزة

العام الدراسي:

2024

3	المقدمة:
4	مشكلة الدراسة:
5	أهمية الدراسة:
7	أهداف الدراسة:
7	تساؤلات الدراسة:
8	فرضيات الدراسة:
9	الدراسات السابقة:
18	المنطلقات النظرية للدراسة:
19	منهج الدراسة:
20	مصادر البيانات:
21	أدوات الدراسة:
21	-الأساليب الإحصائية المتبعة
22	نموذج الدراسة:
24	حدود الدراسة:
25	المراجع:

المقدمة:

في العصر الحديث، تواجه أنظمة الطاقة الكهربائية تحديات كبيرة نتيجة للاعتماد المتزايد على مصادر الطاقة المتجددة، خاصةً مع التوسع في تطبيقات الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، وهذه التحولات تهدف إلى تحسين استدامة الطاقة وتقليل الآثار البيئية الناتجة عن استخدام الوقود الأحفوري، لكنها في الوقت ذاته تثير قضايا تقنية وإدارية تتعلق بموثوقية استمرارية إمدادات الكهرباء وضمان استقرار الشبكات الكهربائية، والطاقة المتجددة، مثل الشمس والرياح، تتميز بتقلباتها العالية في الإنتاج بسبب اعتمادها على الظروف الجوية، مما يعرض أنظمة الطاقة الكهربائية للمخاطر والضغط غير المتوقعة.

ويعتمد النظام الكهربائي التقليدي بشكل رئيسي على مصادر طاقة ثابتة مثل محطات توليد الكهرباء من الوقود الأحفوري، مما يضمن استقرار الشبكة الكهربائية نظرًا لثبات إنتاج هذه المصادر، وعلى عكس ذلك، تُعد الطاقة المتجددة من أكثر مصادر الطاقة تقلبًا، وهو ما يشكل تحديًا للمشغلين لأنظمة الطاقة في التعامل مع التذبذبات في الإنتاج، خاصة في أوقات انخفاض إنتاج الطاقة الشمسية أو الرياح، لذلك، فإن الاختراق العالي لمصادر الطاقة المتجددة قد يسبب تأثيرات سلبية على استقرار الشبكة الكهربائية إذا لم يتم تكييف الأنظمة المتصلة بشكل فعال مع هذه التحديات (Munawar & Saha, 2024).

تعتبر موثوقية أنظمة الطاقة الكهربائية مفهومًا محوريًا في الدراسات المتعلقة بشبكات الكهرباء، ويقصد بها قدرة الشبكة على توفير الكهرباء بانتظام وبجودة عالية للمستهلكين، ويشمل ذلك القدرة على التعامل مع الأحمال المتغيرة، وضمان استجابة سريعة لحدوث الأعطال أو التذبذبات المفاجئة في إمدادات الطاقة، وعليه، تعد التحديات التي يواجهها النظام الكهربائي في ظل تزايد الاعتماد على الطاقة المتجددة من القضايا الحيوية التي ينبغي تحليلها ودراستها في هذا السياق.

لذلك، تركز هذه الدراسة على تحليل تأثير الاختراق العالي لمصادر الطاقة المتجددة على موثوقية أنظمة الطاقة الكهربائية المتصلة، مع التركيز بشكل خاص على شركة نيوم في المملكة العربية السعودية، حيث تعتبر نيوم مشروعًا طموحًا يهدف إلى أن يكون نموذجًا عالميًا في مجالات الابتكار والاستدامة، ومنها قطاع الطاقة.. وتتدرج الطاقة المتجددة ضمن استراتيجيات نيوم الأساسية، إذ تمثل جزءًا رئيسيًا من أهدافها البيئية في مواجهة التحديات العالمية المتعلقة بالتغير المناخي.

علاوة على ذلك، تسعى هذه الدراسة إلى تحديد آثار هذا الاختراق على كفاءة وموثوقية شبكة الطاقة في شركة نيوم، وتقديم توصيات استراتيجية لضمان استمرارية إمدادات الكهرباء مع تحسين التكامل بين الطاقة المتجددة والشبكات الكهربائية.

مشكلة الدراسة:

تعتبر مشكلة تأثير الاختراق العالي لمصادر الطاقة المتجددة على موثوقية الأنظمة الكهربائية المتصلة من القضايا المعقدة التي تواجه قطاع الطاقة في العديد من البلدان، خاصةً في المشاريع الكبرى مثل مشروع نيوم في المملكة العربية السعودية، وعلى الرغم من أن التوجه نحو الطاقة المتجددة يُعد خطوة هامة نحو تحقيق الاستدامة البيئية وتقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري، إلا أن هذا التوجه يطرح تحديات كبيرة على المستوى الفني والإداري، والطاقة المتجددة، مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، تتسم بتقلبات في الإنتاج، حيث يعتمد توليد الكهرباء على ظروف جوية متغيرة، مما يؤدي إلى تذبذبات قد تؤثر على استقرار الشبكات الكهربائية، التي تم تصميمها أساسًا للعمل بكفاءة مع مصادر طاقة تقليدية ثابتة.

إن التحول إلى الاعتماد على مصادر الطاقة المتجددة بشكل أكبر، وخاصة في المشروعات الحديثة مثل نيوم، يستدعي استراتيجيات جديدة للتعامل مع هذه التحديات لضمان استقرار الشبكة الكهربائية، وتزايد هذه المصادر قد يسبب تقلبات في إمدادات الكهرباء، مما يؤثر على موثوقية الشبكة وقدرتها على تلبية

الطلبات المستمرة، وهذا التحدي يتطلب دراسة دقيقة لآثار هذه التغيرات على النظام الكهربائي، وتحديد مدى قدرة الشبكات على التكيف مع الزيادة في إنتاج الطاقة المتجددة دون التأثير سلباً على توفير الكهرباء بشكل مستمر وآمن.

بناءً على ذلك، تكمن المشكلة في ضرورة فهم كيف يؤثر هذا الاختراق العالي للطاقة المتجددة على قدرة النظام الكهربائي في نيوم على الحفاظ على استقراره وموثوقيته، وهل يمكن تحسين هذا التوازن بين الاستدامة البيئية واستقرار الشبكة الكهربائية، وأن معرفة كيفية تأثير هذه التغيرات على الأداء الكهربائي يعد أمراً بالغ الأهمية للمضي قدماً في تطوير مشاريع الطاقة المستدامة في المملكة العربية السعودية، وتحديد الحلول التقنية والإدارية التي تضمن استمرارية إمدادات الكهرباء بفعالية وكفاءة.

ومن هنا يمكن بلورة مشكلة البحث الحالي في التساؤل الرئيس التالي:

ما هي آثار الاختراق العالي لمصادر الطاقة المتجددة على موثوقية الأنظمة الكهربائية المتصلة في شركة نيوم بالمملكة العربية السعودية؟

أهمية الدراسة:

الأهمية العلمية:

تكتسب هذه الدراسة أهمية علمية كبيرة لأنها تركز على تحليل آثار الاختراق العالي لمصادر الطاقة المتجددة على موثوقية أنظمة الطاقة الكهربائية المتصلة، وهو موضوع لم يحظَ بالكثير من الاهتمام في الأدبيات العلمية العربية، فالطاقة المتجددة، وخاصة الشمسية والرياح، تُعد من المجالات الواعدة التي تساهم في تحسين الاستدامة البيئية وتقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري، ومع ذلك، يواجه هذا التحول تحديات كبيرة تتعلق بتقلبات إنتاج الكهرباء وتأثيرها على استقرار الشبكة الكهربائية،

ومن خلال هذه الدراسة، سيتم تحليل العوامل المؤثرة في موثوقية النظام الكهربائي في مشروع نيوم، وهو أحد المشاريع الرائدة في المملكة العربية السعودية، وستُقدّم الدراسة فهماً معمقاً للأبعاد التقنية والإدارية المرتبطة بتكامل الطاقة المتجددة في الشبكات الكهربائية، كما ستسهم في إثراء الأدبيات الأكاديمية المتعلقة بالطاقة المتجددة في الدول العربية، وعلاوة على ذلك، ستوفر الدراسة قاعدة بيانات تحليلية يمكن أن تكون مرجعاً مهماً للباحثين والممارسين في مجالات الطاقة المستدامة وإدارة أنظمة الشبكات الكهربائية، مما يمثل إضافة قيمة في هذا المجال، خاصة في ضوء ندرة الكتابات العربية المتخصصة.

الأهمية العملية:

توفر هذه الدراسة أهمية عملية كبيرة للمؤسسات الحكومية والخاصة في المملكة العربية السعودية، وخاصة تلك المعنية بمشاريع الطاقة المتجددة مثل شركة نيوم، حيث تقدم توجيهات عملية لتحسين إدارة الشبكات الكهربائية المتصلة بمصادر الطاقة المتجددة، ومن خلال النتائج المستخلصة، ستساعد الدراسة في تحسين استراتيجيات إدارة أنظمة الطاقة المتجددة وتحقيق التوازن بين الاستدامة البيئية وموثوقية الشبكة الكهربائية، كما ستوفر الدراسة حلولاً عملية للتحديات المتعلقة بتقلبات إنتاج الطاقة، مما يساهم في تطوير سياسات طاقة أكثر مرونة واستدامة، وعلاوة على ذلك، ستسهم الدراسة في تعزيز فهم الجهات الحكومية والمؤسسات المعنية بالقطاع الطاقى للتحديات التي تواجهها الشبكات الكهربائية في ظل الاعتماد المتزايد على مصادر الطاقة المتجددة، مما يمكن أن يؤدي إلى صياغة استراتيجيات دعم وتطوير تتماشى مع أهداف المملكة في تحقيق الاستدامة والتوسع في استخدام الطاقة المتجددة.

أهداف الدراسة:

إن الهدف الرئيس والمحموري لهذا البحث يتمثل في محاولة التعرف على مدى تأثير الاختراق العالي لمصادر الطاقة المتجددة على موثوقية الأنظمة الكهربائية المتصلة في شركة نيوم بالمملكة العربية السعودية، ويمكن تحديد الأهداف الفرعية للدراسة على النحو الآتي:

1. بيان أثر نسبة مساهمة الطاقة المتجددة في إنتاج الكهرباء على موثوقية الأنظمة الكهربائية المتصلة.

2. بيان أثر تقلبات إنتاج الطاقة المتجددة على استقرار إمدادات الكهرباء وجودتها في شبكة نيوم الكهربائية.

3. بيان أثر التكامل بين الطاقة المتجددة والشبكة الكهربائية على قدرة النظام على التعامل مع التذبذبات وضمان استمرارية الكهرباء.

4. بيان أثر العلاقة بين الاختراق العالي لمصادر الطاقة المتجددة وقدرة الشبكة على الحفاظ على إمدادات كهرباء ثابتة وأمنة للمستهلكين في مشروع نيوم.

تساؤلات الدراسة:

التساؤل الرئيسي للدراسة:

ما أثر الاختراق العالي لمصادر الطاقة المتجددة على موثوقية الأنظمة الكهربائية المتصلة في شركة نيوم بالمملكة العربية السعودية؟

ويتفرع من هذا السؤال الرئيس التساؤلات الفرعية الآتية:

1. ما أثر نسبة مساهمة الطاقة المتجددة في إنتاج الكهرباء على موثوقية الأنظمة الكهربائية

المتصلة في شركة نيوم؟

2. ما أثر تقلبات إنتاج الطاقة المتجددة على استقرار إمدادات الكهرباء وجودتها في شبكة نيوم

الكهربائية؟

3. ما أثر التكامل بين الطاقة المتجددة والشبكة الكهربائية على قدرة النظام على التعامل مع

التذبذبات وضمان استمرارية الكهرباء في مشروع نيوم؟

4. ما أثر العلاقة بين الاختراق العالي لمصادر الطاقة المتجددة وقدرة الشبكة على الحفاظ على

إمدادات كهرباء ثابتة وآمنة للمستهلكين في مشروع نيوم؟

فرضيات الدراسة:

1. الفرضية الرئيسية الأولى:

لا يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى معنوية ($\alpha \leq 0.005$) للاختراق العالي لمصادر الطاقة

المتجددة بأبعادها (نسبة مساهمة الطاقة المتجددة في إنتاج الكهرباء، تقلبات إنتاج الطاقة المتجددة، التكامل

مع الشبكة الكهربائية) على موثوقية الأنظمة الكهربائية المتصلة في شركة نيوم.

وينبثق من هذه الفرضية الفرضيات الفرعية الآتية:

1. لا يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى معنوية ($\alpha \leq 0.005$) لنسبة مساهمة الطاقة المتجددة

في إنتاج الكهرباء على موثوقية الأنظمة الكهربائية المتصلة في شركة نيوم.

2. لا يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى معنوية ($\alpha \leq 0.005$) لتقلبات إنتاج الطاقة المتجددة

على استقرار إمدادات الكهرباء وجودتها في شبكة نيوم الكهربائية.

3. لا يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى معنوية ($\alpha \leq 0.005$) للتكامل بين الطاقة المتجددة

والشبكة الكهربائية على قدرة النظام على التعامل مع التذبذبات وضمان استمرارية الكهرباء في

مشروع نيوم.

4. لا يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى معنوية ($\alpha \leq 0.005$) للاختراق العالي لمصادر الطاقة

المتجددة على قدرة الشبكة على الحفاظ على إمدادات كهرباء ثابتة وأمنة للمستهلكين في مشروع

نيوم.

الدراسات السابقة:

دراسة Atri, Bera., Andrew, Benson., Tu, Nguyen (2023).

هدفت هذه الدراسة إلى تطوير إطار عمل لتحديد الحجم المطلوب لنظام تخزين الطاقة (ESS)

لتحقيق مستوى موثوقية معين في شبكة طاقة تعتمد بشكل كبير على مصادر الطاقة المتجددة (RERs)،

حيث تصل نسبة السعة المركبة للطاقة المتجددة إلى 80% ، حيث المتغير المستقل هو نسبة الطاقة

المتجددة المركبة في النظام وأبعاده تشمل مصادر الطاقة المتجددة المتقطعة مثل الرياح والطاقة الشمسية

وكذلك مصادر الطاقة التقليدية المستخدمة لدعم الشبكة، أما التابع فهو موثوقية الشبكة الكهربائية وأدائها

في تلبية الطلب على الكهرباء بشكل مستمر وموثوق.

اعتمدت منهجية البحث على تطوير منهجية احتمالية باستخدام المحاكاة بمونت كارلو، مما يسمح

بتوليد العديد من السيناريوهات التي تشمل انقطاعات في مولدات الطاقة التقليدية وكذلك حالات عدم اليقين

المرتبطة بمصادر الطاقة المتجددة، وقد تم استخدام تقنيات تعتمد على البيانات لإدماج عدد كبير من

نماذج الطاقة المتجددة المختلفة في إطار العمل الاحتمالي المقترح، وتم إجراء دراسات حالة باستخدام نظام

اختبار RTSGMLC لتوضيح المتطلبات اللازمة لنظم التخزين في شبكات الطاقة المستقبلية التي تعتمد بشكل كبير على الطاقة المتجددة.

وتوصلت الدراسة إلى أن الشبكات المستقبلية ذات نسبة عالية من الطاقة المتجددة ستحتاج إلى أنظمة تخزين طاقة كبيرة قادرة على العمل لفترات طويلة للحفاظ على استقرار وموثوقية إمدادات الكهرباء، مما يعكس أهمية الدور الذي تلعبه أنظمة تخزين الطاقة في تعويض التقلبات في إنتاج الطاقة المتجددة وضمان توازن العرض والطلب ،

وأوصت الدراسة بضرورة الاستثمار في أنظمة تخزين الطاقة ذات السعات الكبيرة وذات المدى الطويل كجزء من البنية التحتية لشبكات الطاقة المستقبلية، كما أوصت بوضع سياسات وتشريعات داعمة لتعزيز دور أنظمة تخزين الطاقة في إدارة التحديات المرتبطة بزيادة استخدام مصادر الطاقة المتجددة المنقطع.

دراسة Xiaoguang, Qi., Ying, Ming, Wang., Mingfeng, Yu., Zheng, Wei.,

Kailin, Zhao., Yu, Chen., Xuan, Xuan, Li .(2022).

هدفت الدراسة إلى تطوير طريقة فعالة لتقييم موثوقية أنظمة الطاقة في ظل ارتفاع استخدام الطاقة المتجددة، حيث تؤدي التقلبات في سرعة الرياح وشدة الضوء إلى تعقيد تقييم الموثوقية، وللتغلب على ذلك، تم استخدام طريقة تجمع بين محاكاة مونت كارلو غير المتتابعة (NMCS) وشبكة الانتشار العكسي العصبية (BPNN)، حيث المتغير المستقل هو الظروف التشغيلية وتتمثل أبعاده في سرعة الرياح وشدة الضوء، أما المتغير التابع هو موثوقية النظام الكهربائي.

اعتمدت الدراسة منهجية تعتمد على محاكاة مونت كارلو غير المتتابعة لحساب مؤشرات الموثوقية في ظل ظروف تشغيل مختلفة، ثم استخدام شبكة الانتشار العكسي العصبية المتعددة لتدريب الشبكة وإنشاء علاقة

غير خطية بين الظروف التشغيلية ومؤشرات الموثوقية، حيث تم التحقق من فعالية النموذج باستخدام نظام IEEE-RTS 79، وتم إجراء تحليل الحساسية للتأكد من كفاءة الطريقة.

وتوصلت الدراسة إلى أن الطريقة المقترحة ساهمت بشكل كبير في تقليل الوقت اللازم لتقييم موثوقية أنظمة الطاقة، وحققت دقة عالية في تقدير الموثوقية، كما أظهرت النتائج أن النموذج قادر على التكيف مع التغيرات في الظروف التشغيلية وتقديم نتائج دقيقة، مما يعزز من كفاءة العمليات الحسابية في تقييم موثوقية أنظمة الطاقة مع الارتفاع المتزايد في استخدام الطاقة المتجددة.

وأوصت الدراسة بضرورة توسيع نطاق استخدام الطريقة المقترحة لتشمل أنواعًا مختلفة من أنظمة الطاقة لضمان شمولية التقييم، مع التركيز على دمج نماذج أخرى قد تساهم في تحسين الدقة وتوفير الوقت، كما أشارت إلى أهمية إجراء دراسات مستقبلية حول تطبيق هذه الطريقة على نطاقات أوسع لضمان التكيف مع التغيرات الديناميكية في ظروف تشغيل أنظمة الطاقة.

دراسة Mohammad-Rashid, Salimi., Yuzhong, Gong., Shahabodin, Afrasiabi., Xiaodong, Liang., Chi, Yung, Chung. (2022).

دفت الدراسة إلى مراجعة شاملة لدراسات مرونة شبكات الطاقة الكهربائية في مواجهة الأحداث ذات التأثير الكبير والاحتمالية المنخفضة (HILP)، مع التركيز على دور مصادر الطاقة المتجددة (RESs) وتأثيرها على مرونة هذه الشبكات، حيث المتغير المستقل هو مستويات شبكات الطاقة وتشمل أنظمة النقل وأنظمة التوزيع والشبكات الصغيرة، أما المتغير التابع فهو مرونة الشبكات الكهربائية وقدرتها على تحمل الأحداث غير المتوقعة.

استخدمت الدراسة منهجية تحليلية لمراجعة الدراسات المتعلقة بمرونة شبكات الطاقة، مع التركيز على كيفية تأثير مستويات عالية من مصادر الطاقة المتجددة على مرونة الشبكة، وتم تصنيف الأبحاث

إلى ثلاثة مستويات، هي: أنظمة النقل، وأنظمة التوزيع، والشبكات الصغيرة، حيث تم فحص التأثيرات السلبية والإيجابية لتلك المصادر على مرونة الشبكة.

وتوصلت الدراسة إلى أن دمج مصادر الطاقة المتجددة يحمل تأثيرات متباينة على مرونة الشبكات الكهربائية، حيث يمكن أن يسهم في تعزيز المرونة في بعض الحالات، ولكنه يمكن أيضًا أن يؤدي إلى تداعيات سلبية تتطلب تدابير احترازية، كما أظهرت الدراسة أن هناك ممارسات متنوعة لتخفيف التأثيرات السلبية لمصادر الطاقة المتجددة على مرونة الشبكات.

وأوصت الدراسة بضرورة اعتماد استراتيجيات فعالة للتخفيف من الآثار السلبية لمصادر الطاقة المتجددة على مرونة الشبكة، مثل تحسين آليات التخزين وتطوير أنظمة التحكم في الشبكات، كما شددت على أهمية إجراء دراسات مستقبلية للتوسع في استكشاف تأثير مصادر الطاقة المتجددة على مرونة الشبكات في مستويات مختلفة وضمان تكامل أفضل لهذه المصادر ضمن أنظمة الطاقة الحديثة.

دراسة Khelood, A., Mkalaf., Peter, Gibson (2022).

هدفت الدراسة إلى تحديد المخاطر التي قد يتعرض لها المرضى بسبب الفشل المفاجئ للأجهزة الطبية أثناء تقديم الخدمات العلاجية، حيث المتغير المستقل هو الأجهزة الطبية عالية الخطورة، وتشمل جهاز التنفس الاصطناعي، وجهاز الكي الكهربائي، وأجهزة التخدير، وأجهزة BiPAP، وجهاز توليد الأكسجين، وأجهزة الجراحة الكهربائية، أما المتغير التابع فهو سلامة المرضى وتأثير هذا الفشل على سمعة المستشفيات.

اعتمدت الدراسة على منهجية التحليل الإحصائي الكمي، باستخدام الصيانة المعتمدة على المخاطر لتقييم فعالية موثوقية الأجهزة الطبية المختارة ومدى تأثيرها على حياة المرضى، حيث تم اختيار (6) أجهزة طبية

ذات مخاطر عالية من بين (20) جهازًا طبيًا، وركز التحليل على العلاقة بين سياسات الصيانة المستخدمة ومدى تكرار الأعطال وتكاليف الصيانة.

وتوصلت الدراسة إلى أن موثوقية الأجهزة الطبية المختارة انخفضت مع ارتفاع تكاليف الصيانة نتيجة الصيانة الزائدة أو سياسة الصيانة المتبعة، مما يعرض سلامة المرضى للخطر ويؤثر على سمعة المستشفيات، كما أكدت الدراسة على أهمية اعتماد نهج الصيانة المعتمدة على المخاطر للحد من الفشل المفاجئ للأجهزة خلال الخدمة، وتقديم جدول صيانة شامل يتناسب مع الأجزاء المعقدة لهذه الأجهزة.

وأوصت الدراسة بضرورة تبني المستشفيات نهج الصيانة المعتمدة على المخاطر لتقليل احتمالية الفشل المفاجئ وتحسين سلامة المرضى، إلى جانب تطبيق جداول صيانة مرنة تتوافق مع تعقيد الأجهزة الطبية المختلفة، وشددت على أهمية الاستفادة من خبرات الدول الأعضاء في منظمة التعاون والتنمية الاقتصادية (OECD) في تعزيز سلامة المرضى من خلال سياسات صيانة فعالة

دراسة. (2022). José, Calixto, Lopes., Thales, Sousa.

هدفت الدراسة إلى تحليل استقرار الأنظمة الكهربائية في ظل ارتفاع نسبة الدمج بين الطاقة المتجددة والشبكة الكهربائية، حيث المتغير المستقل هو مستوى دمج مصادر الطاقة المتجددة، وبالأخص طاقة الرياح والطاقة الشمسية الكهروضوئية، أما المتغير التابع فهو استقرار النظام الكهروميكانيكي ضمن نظام النقل الكهربائي.

اتبعت الدراسة منهجية التحليل العابر لتقييم التأثيرات التي يمكن أن تحدثها مصادر الطاقة المتجددة على استقرار النظام الكهربائي، وذلك باستخدام نظام النقل WSCC المعدل لتكوين سيناريوهات متنوعة، وتم تقييم هذه السيناريوهات وفقاً لمعايير شبكة الطاقة البرازيلية من أجل استنتاج تأثير مستويات مختلفة من دمج المصادر المتجددة على الاستقرار الكهروميكانيكي.

وتوصلت الدراسة إلى أن دمج مصادر الطاقة المتجددة بشكل كبير قد يؤدي إلى تغيرات في الاستقرار الكهروميكانيكي للنظام الكهربائي، مما يستدعي دراسة تأثيراته بشكل أدق لتجنب مخاطر عدم الاستقرار، وبيّنت النتائج أن معدلات الاستقرار يمكن أن تختلف باختلاف نسبة التوليد المتجدد ونوع المصدر المستخدم.

وأوصت الدراسة بضرورة إجراء دراسات إضافية لتحديد السيناريوهات الأمثل لدمج مصادر الطاقة المتجددة مع الشبكة الكهربائية، مع التأكيد على تطوير سياسات فعّالة لدمج هذه المصادر ضمن معايير واضحة للحفاظ على استقرار الشبكة، كما شددت على أهمية تحسين معايير شبكات الطاقة للتعامل مع التحديات التي قد تتجم عن زيادة مصادر الطاقة المتجددة.

دراسة Samson, Kitsao, Mramba., Peter, Musau., Abraham, Nyete (2024).

هدفت الدراسة إلى تطوير نظام حماية كهربائي يعتمد على تحليل المكونات المستقلة وآلة الدعم الشعاعي للتغلب على التحديات التي تفرضها عمليات دمج الطاقة المتجددة على حماية الشبكة الكهربائية، حيث المتغير المستقل هو مستوى دمج مصادر الطاقة المتجددة، بينما المتغير التابع هو دقة تحديد وتصنيف الأعطال في نظام الحماية.

اعتمدت الدراسة على منهجية المحاكاة، حيث تم اختبار النظام المقترح على خط نقل بطول 180 كيلومتر بجهد 50 كيلوفولت، يحتوي على نسبة عالية من الألواح الشمسية الكهروضوئية، وتمت محاكاة أنواع مختلفة من الأعطال ومستويات مختلفة من الضوضاء في الإشارة ومقاومات الأعطال باستخدام برنامج MATLAB/Simulink، وتمت مقارنة النتائج مع طرق حماية أخرى منشورة في الأدبيات.

وتوصلت الدراسة إلى أن النظام المقترح حقق دقة تتجاوز 99.7% في تحديد موقع الأعطال، ودقة تتراوح بين 99% و100% في تصنيف الأعطال لمستويات مختلفة من نسبة الإشارة إلى الضوضاء،

ورغم أن هذه الطريقة ليست بالدقة الكاملة عند التطبيق في أنظمة طاقة تحتوي على نسبة عالية من الطاقة المتجددة، إلا أن الدقة المُحققة تفوق الحد الأدنى المطلوب بنسبة 99%.

وأوصت الدراسة بضرورة اعتماد نظام الحماية المقترح لتحسين موثوقية حماية الشبكات التي تحتوي على نسبة عالية من الطاقة المتجددة، وتطوير أدوات الحماية بما يتماشى مع التحديات التي تفرضها مصادر الطاقة المتجددة

دراسة Zixuan, Huang (2024).

هدفت الدراسة إلى استكشاف دور دمج مصادر الطاقة المتجددة في مواجهة تغير المناخ، وتحقيق توفير طاقة مستدامة من خلال تعزيز موثوقية أنظمة الطاقة، حيث المتغير المستقل هو سياسات وتقنيات إدارة موثوقية أنظمة الطاقة، أما المتغير التابع فهو استمرارية إمدادات الطاقة وتقليل الانبعاثات الكربونية.

استخدمت الدراسة منهجية تحليلية تعتمد على مراجعة دراسات وطنية ودولية حول تقنيات النمذجة واستراتيجيات الإدارة التي تسهم في تقليل تقلبات الطاقة المتجددة، مع التركيز على تخطيط السعة الاحتياطية، وأنظمة التحكم الذكية، وتقنيات تخزين الطاقة كعناصر أساسية لتحقيق موثوقية عالية لأنظمة الطاقة.

وتوصلت الدراسة إلى أن التخطيط للاحتياطيات، وتطوير أنظمة تحكم ذكية، واعتماد تقنيات تخزين الطاقة تسهم في تحسين موثوقية أنظمة الطاقة المتجددة، مما يؤدي إلى تقليل الانبعاثات الكربونية وتحقيق إمدادات طاقة مستقرة، كما بينت دراسات الحالة والتحليلات التجريبية أن المناطق التي اعتمدت هذه الاستراتيجيات قد حققت نتائج إيجابية في مواجهة تحديات دمج الطاقة المتجددة.

وأوصت الدراسة بضرورة استمرار دعم السياسات لتحقيق تقدم تكنولوجي في مجال الطاقة المتجددة، وتعزيز التعاون الدولي لتبادل الخبرات وتحقيق أهداف الطاقة النظيفة، كما أكدت على أهمية البحث المستمر لتطوير استراتيجيات جديدة تسهم في التغلب على تحديات الطاقة المستدامة.

دراسة Priyanka, Chaudhary (2024).

استهدفت الدراسة تقديم مراجعة شاملة لتقنيات التحكم الحديثة في استقرار أنظمة الطاقة، خصوصًا مع التزايد الكبير في اعتماد مصادر الطاقة المتجددة، وتركز الدراسة على المرونة كمتغير مستقل في مواجهة تحديات عدم اليقين واستقرار التردد.

اعتمدت الدراسة منهجًا استقصائيًا لمراجعة الأدبيات السابقة حول مفهوم المرونة في أنظمة الطاقة، مع استعراض لتطور هذا المفهوم وخصائص الأنظمة المرنة، وتم التطرق إلى تأثير مصادر الطاقة المتجددة المتغيرة، وتحليل استقرار النظام كاستقرار الإشارة الصغيرة واستقرار التردد، بالإضافة إلى دراسة طرق قياس المرونة وآليات الإمداد المرنة.

وأظهرت نتائج الدراسة أن زيادة اختراق مصادر الطاقة المتجددة تواجه تحديين رئيسيين، هما التكوين المعقد للتحكم وانخفاض القصور الذاتي، مما يؤدي إلى تأثير سلبي على التحكم في تردد النظام. كما بينت النتائج فعالية الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي كأدوات فعالة للتحكم في استقرار التردد في ظل وجود مصادر طاقة متجددة.

وأوصت الدراسة بضرورة تعزيز الأبحاث في تقنيات التحكم باستخدام الذكاء الاصطناعي، وتطوير آليات جديدة للقياس والتقييم لضمان استقرار نظام الطاقة، كما دعت إلى مواصلة التعاون بين الباحثين لتبادل الخبرات وتطوير أنظمة طاقة مرنة ومستدامة.

R., Mishan., Abdelrahman, Abdelkader., M, J, Egan., Mohammed, دراسة
.Benidris (2023).

هدفت الدراسة إلى تحليل تأثير دمج مصادر الطاقة المتجددة، لا سيما الأنظمة الكهروضوئية، على الاستقرار العابر لنظام الطاقة الكهربائية من خلال استخدام مؤشرات مثل وقت الإزالة الحرج والعتالة الكلية، حيث المتغير المستقل هو مستوى اختراق الطاقة الكهروضوئية، أما المتغير التابع فهو الاستقرار العابر للنظام الكهربائي.

اعتمدت الدراسة على منهجية المقارنة من خلال استبدال أحد مولدات النظام الكهربائي الأصلي بمصنع للطاقة الكهروضوئية، وتعديل مستويات اختراق هذه الطاقة لمقارنة الاستقرار العابر مع النظام الأساسي، وتم تقييم المعايير العابرة تحت ظروف اختراق مختلفة، مع التركيز على تأثير العتالة الكلية للنظام في تحسين مؤشرات الاستقرار.

وتوصلت الدراسة إلى أن زيادة اختراق الطاقة الكهروضوئية يؤدي إلى انخفاض العتالة الكلية للنظام، مما يؤثر سلباً على الاستقرار العابر، وأظهرت النتائج أن المعايير العابرة أظهرت حساسية أكبر لتغيرات العتالة مقارنة بالمعايير تحت العابرة، مما يشير إلى ضرورة مراقبة مستويات اختراق الطاقة المتجددة.

وأوصت الدراسة بأهمية إدارة دمج مصادر الطاقة المتجددة، وتطوير استراتيجيات لضمان استقرار النظام الكهربائي، خاصة عند مستويات اختراق عالية للطاقة الكهروضوئية، وضرورة اعتماد سياسات تنظيمية تدعم تحقيق استقرار أفضل لنظام الطاقة.

المنطلقات النظرية للدراسة:

اعتمدت هذه الدراسة على مجموعة من النظريات التي تساهم في تفسير وتحليل موضوع الاختراق العالي لمصادر الطاقة المتجددة وأثرها على موثوقية الأنظمة الكهربائية المتصلة في شركة نيويم، وتتمثل هذه النظريات فيما يلي:

1- النظرية المعرفية:

تركز هذه النظرية على كيفية اكتساب المعرفة وتنظيمها واستخدامها في سياق دور التكنولوجيا المتجددة وتأثيرها على موثوقية الأنظمة الكهربائية المتصلة، في هذه الدراسة، تعتمد النظرية المعرفية على فهم كيفية تنظيم وتخزين البيانات والمعلومات المتعلقة بمصادر الطاقة المتجددة، ومدى تأثير ذلك في ضمان استقرار النظام الكهربائي، من خلال هذا المنطلق، تسعى الدراسة إلى فهم كيفية معالجة التذبذبات في إنتاج الطاقة المتجددة وكيفية استخدام هذه المعرفة في اتخاذ قرارات فاعلة لتحسين موثوقية الشبكة الكهربائية، وسيعتمد الباحث في جمع البيانات على الأساليب الإحصائية مثل الاستبيانات وتحليل البيانات لضمان التوصل إلى إجابات علمية دقيقة، مما يساهم في تحسين عملية اتخاذ القرارات المتعلقة بالتكامل بين الطاقة المتجددة والشبكات الكهربائية.

2- النظرية البنائية:

تعتمد هذه النظرية على فكرة أن المعرفة تُبنى تدريجيًا من خلال التفاعل مع البيئة والمعلومات المتاحة، وفي سياق هذه الدراسة، يعتمد الباحث على مراجع ودراسات سابقة لفهم كيفية تأثير الاختراق العالي لمصادر الطاقة المتجددة على استقرار الشبكات الكهربائية، ومن خلال هذه المنهجية، يقوم الباحث ببناء معرفته الخاصة بناءً على التراكم المعرفي الذي تحققه الدراسات السابقة، والمصادر المتنوعة التي تم الاطلاع عليها مثل الرسائل العلمية، والمقالات المنشورة، والدوريات المحكمة، وتهدف هذه الدراسة إلى

إعادة صياغة المفاهيم والأطر النظرية التي تم الاطلاع عليها بحيث تتناسب مع خصائص النظام الكهربائي في شركة نيوم، وبالتالي يمكن تقديم توصيات فاعلة لصانعي القرار في هذا المجال.

من خلال دمج هذه المنطلقات النظرية، تهدف الدراسة إلى فهم أعمق للتحديات التي تواجهها الشبكات الكهربائية التي تعتمد على مصادر الطاقة المتجددة، وتقديم حلول مستندة إلى المعرفة والمعايير العلمية التي تم تطويرها من خلال المراجع والدراسات السابقة.

منهج الدراسة:

سوف تعتمد هذه الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي باعتبار أن طبيعة الدراسة وأهدافها ومتغيراتها تقتضي استخدام هذا المنهج، ويُعتبر المنهج الوصفي التحليلي مجموعة من الإجراءات البحثية المتكاملة التي تهدف إلى وصف الظاهرة محل الدراسة، عن طريق جمع الحقائق والبيانات وتصنيفها، ومن ثم معالجتها وتحليلها بشكل كاف ودقيق لاستخلاص دلالاتها، والوصول إلى نتائج وتعميمات تساعد في فهم الظاهرة بشكل علمي ومنهجي.

في هذه الدراسة، سيتم استخدام المنهج الوصفي التحليلي لدراسة أثر الاختراق العالي لمصادر الطاقة المتجددة على موثوقية أنظمة الطاقة الكهربائية المتصلة في شركة نيوم، وحيث سيتم جمع البيانات من خلال استبيانات موجهة إلى مديري المشاريع والمهندسين المسؤولين في الشركة، وتشمل الأسئلة في الاستبيان قياس تأثير مصادر الطاقة المتجددة على استقرار الشبكة الكهربائية والآثار المحتملة للاعتماد على هذه المصادر في تحسين أو تقليص موثوقية الأنظمة الكهربائية.

لتحليل البيانات الكمية، سيتم استخدام البرامج الإحصائية المتخصصة لتحليل العلاقات بين المتغيرات المستقلة (مثل مصادر الطاقة المتجددة) والمتغير التابع (موثوقية النظام الكهربائي)، مما يساعد في الكشف عن الأنماط والاتجاهات التي تساهم في فاعلية النظام الكهربائي تحت تأثير هذه المصادر، وعلاوة على

ذلك، سيتيح التحليل الإحصائي للباحثين تحديد ما إذا كانت هناك علاقات ذات دلالة إحصائية بين هذه المتغيرات.

كما سيتم استخدام المنهج النوعي في هذه الدراسة للاستكشاف التفصيلي من خلال مقابلات مع مديري المشاريع وفرق العمل في نيوم، وذلك لفهم تصوراتهم وتجاربهم فيما يتعلق بتأثير الاختراق العالي لمصادر الطاقة المتجددة على استقرار الشبكة الكهربائية، وستتيح هذه المقابلات الحصول على رؤى عميقة حول التحديات التي قد تواجهها هذه الأنظمة في ظل الاعتماد على مصادر الطاقة المتجددة، وكيفية التغلب عليها.

بالإضافة إلى ذلك، سيتم تطبيق دراسة حالة مفصلة لتحليل كيفية تأثير ممارسات تكنولوجيا الطاقة المتجددة في تحسين موثوقية الشبكات الكهربائية في شركة نيوم، وسوف تتم مراجعة الوثائق والتقارير الرسمية ذات الصلة بإدارة الطاقة في الشركة لدراسة الاستراتيجيات المتبعة وتقييم نتائجها، وكما سيتم دراسة الإجراءات التنفيذية التي اتبعتها الشركة لتحسين كفاءة وموثوقية النظام الكهربائي نتيجة لاستخدام مصادر الطاقة المتجددة.

من خلال استخدام هذه المناهج البحثية المتكاملة، تهدف الدراسة إلى تقديم تحليل شامل للآثار المترتبة على استخدام مصادر الطاقة المتجددة في تحسين أو تقليص موثوقية الشبكات الكهربائية في شركة نيوم.

مصادر البيانات:

يعتمد البحث على مصدرين أساسيين في جمع البيانات والمعلومات كما يلي:

المصادر الثانوية:

وتتمثل في الكتب والمراجع العربية والأجنبية ذات الصلة بموضوع البحث بالإضافة إلى الاعتماد على الأبحاث والدراسات السابقة والدراسات السابقة ذات العلاقة بالموضوع التي بحثت الإنشائية إلى جانب الدوريات والرسائل الجامعية التي تناولت موضوع الدراسة، لمعرفة الأسس والطرق العلمية السليمة في كتابة الدراسات وكذلك أخذ تصور عام عن آخر المستجدات التي حدثت في موضوعات الدراسة الحالية والتي تتميز بالتغير والتطور المستمر.

المصادر الأولية:

اعتمدت الدراسة على الاستبانة كأداة رئيسية في جمع البيانات من مصادرها والتي تم تصميمها خصيصاً لهذا الغرض على Google Forms وإرسال رابطها إلى مجتمع البحث.

أدوات الدراسة:

تعرف أداة البحث بأنها "الوسيلة التي تتم بواسطتها عملية جمع البيانات بهدف الإجابة عن تساؤلاته، وسيعتمد الباحثين في جمع البيانات على الاستبانة، والتي تعرف بأنها "صيغة محددة من الفقرات والأسئلة تهدف إلى جمع البيانات من أفراد البحث"

-الأساليب الإحصائية المتبعة-

تم استخدام برنامج الحزمة الإحصائية للعلوم الاجتماعية (SPSS) في هذه الدراسة لإجراء التحليل

الوصفي واختبار الفرضيات باستخدام الأساليب الإحصائية التالية:

→ الإحصاء الوصفي:

– التكرارات والنسب المئوية: تم استخدامها لتقديم توزيعات التكرار والنسب المئوية لخصائص أفراد العينة وإجاباتهم على استبانة الدراسة.

– الوسط الحسابي: تم استخدامه كمقياس للنزعة المركزية لتقدير المتوسط الحسابي لإجابات أفراد العينة على أسئلة الاستبانة.

– الانحراف المعياري: تم استخدامه كمقياس للتشتت لتقدير الانحراف في إجابات أفراد العينة حول المتوسط الحسابي.

→ الإحصاء التحليلي:

– تحليل الانحدار المتعدد (Multiple Regression): تم استخدامه لاختبار تأثير مجموعة من المتغيرات المستقلة على المتغير التابع.

– تحليل الانحدار الخطي البسيط (Simple Regression): تم استخدامه لاختبار تأثير متغير مستقل على المتغير التابع.

– اختبار التوزيع الطبيعي (Kurtosis Test): تم استخدامه لاختبار مدى انحراف التوزيع عن التوزيع الطبيعي.

نموذج الدراسة:

تهدف هذه الدراسة إلى تحليل آثار الاختراق العالي لمصادر الطاقة المتجددة على موثوقية أنظمة الطاقة الكهربائية المتصلة، وذلك من خلال دراسة تطبيقية على شركة نيوم في المملكة العربية السعودية، وسيتم فحص العلاقة بين الاختراق العالي لمصادر الطاقة المتجددة ومدى تأثيره على موثوقية الأنظمة الكهربائية المتصلة، ويعتمد النموذج التالي على المتغيرات وأبعادها كما يلي:

1. المتغيرات:

○ المتغير المستقل: الاختراق العالي لمصادر الطاقة المتجددة

يشير هذا المتغير إلى نسبة الطاقة المنتجة من مصادر الطاقة المتجددة (مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح) التي تُدمج في شبكة الكهرباء المتصلة. يعكس هذا التوسع في استخدام هذه المصادر وتأثيرها على النظام الكهربائي المتصل.

▪ أبعاد المتغير المستقل:

1. نسبة مساهمة الطاقة المتجددة في إنتاج الكهرباء: نسبة الطاقة المتجددة (شمسية

ورياح) من إجمالي إنتاج الكهرباء في النظام الكهربائي.

2. التقلبات في إنتاج الطاقة المتجددة: التغيرات التي تحدث في إنتاج الطاقة بسبب عوامل

الطقس والموسمية.

3. التكامل مع الشبكة الكهربائية: قدرة الشبكة الكهربائية على دمج الطاقة المتجددة في

النظام وإمكانية استخدام تقنيات مبتكرة لإدارة الشبكة لتسهيل التكامل.

○ المتغير التابع: موثوقية الأنظمة الكهربائية المتصلة

يعبر هذا المتغير عن قدرة النظام الكهربائي على توفير إمدادات طاقة مستقرة ومستدامة للمستهلكين

مع الحفاظ على جودة الطاقة، حتى مع تقلبات الطاقة المتجددة.

▪ أبعاد المتغير التابع:

1. استقرار إمدادات الكهرباء: قدرة الشبكة على الحفاظ على إمدادات ثابتة من الكهرباء

بدون انقطاعات أو مشاكل كبيرة.

2. جودة إمدادات الكهرباء: انتظام الجهد الكهربائي وتوفير الطاقة ضمن المعايير

المطلوبة، بما يضمن عدم التأثير على الأجهزة والمعدات.

3. القدرة على التعامل مع التقلبات: قدرة النظام الكهربائي على التكيف مع تقلبات مصادر

الطاقة المتجددة وضمان استقرار الشبكة من خلال استخدام تقنيات مثل التخزين أو

التحكم في الأحمال.

حدود الدراسة:

○ الحدود الزمانية: تركز الدراسة على بيانات العام 2024 في شركة نيوم، حيث سيتم تحليل

تأثير الاختراق العالي لمصادر الطاقة المتجددة على موثوقية النظام الكهربائي خلال هذه

الفترة الزمنية.

○ الحدود المكانية: تقتصر الدراسة على شركة نيوم في المملكة العربية السعودية، وهي

واحدة من المشاريع الرائدة التي تدمج مصادر الطاقة المتجددة بشكل كبير في نظامها

الكهربائي.

○ الحدود الموضوعية: تركز الدراسة على تحليل العلاقة بين الاختراق العالي لمصادر

الطاقة المتجددة (بأبعادها المختلفة) وتأثيره على موثوقية الأنظمة الكهربائية المتصلة، مع

التركيز على تقنيات التكامل والتحكم في التقلبات والقدرة على الحفاظ على جودة واستقرار

إمدادات الكهرباء.

- José, Calixto, Lopes., Thales, Sousa. (2022). Transient Stability Analysis in Electric Power System Considering High Penetration of Renewable Sources. 1–6. doi: 10.1109/IEEEPESGTDLatinAmeri53482.2022.10038289
- Khelood, A., Mkalaf., Peter, Gibson. (2022). Application the Risk-Based Maintenance for Optimizing the Overall Medical Devices Safety. Journal of techniques, 4(4):111–118. doi: 10.51173/jt.v4i4.615
- Luo, Xu., Kairui, Feng., Ning, Lin., A.T.D., Perera., H., V., Poor., Le, Xie., Chuanyi, Ji., X., A., Sun., Qinglai, Guo., Mark, O'Malley. (2024). Resilience of renewable power systems under climate risks. doi: 10.1038/s44287-023-00003-8
- Mohammad-Rashid, Salimi., Yuzhong, Gong., Shahabodin, Afrasiabi., Xiaodong, Liang., Chi, Yung, Chung. (2022). Power System Resiliency Studies under Renewable Energy Penetration: A Review. 429–434. doi: 10.1109/CCECE49351.2022.9918450
- Munawar, Saleem., S., Saha. (2024). Assessment of frequency stability and required inertial support for power grids with high penetration of

renewable energy sources. Electric Power Systems Research, doi:
10.1016/j.epsr.2024.110184

- Priyanka, Chaudhary. (2024). Impacts of high renewable energy penetration on power system flexibility and strategies for frequency control. 21–35. doi: 10.1016/b978-0-323-95054-1.00016-0
- R., Mishan., Abdelrahman, Abdelkader., M, J, Egan., Mohammed, Benidris. (2023). Impacts of High Penetration PV Systems on Power System Stability Parameters. 1–7. doi: 10.1109/ias54024.2023.10406826
- Samson, Kitsao, Mramba., Peter, Musau., Abraham, Nyete. (2024). Development of a Traveling Wave–based Protection Scheme for Power Systems with High Penetration of Renewable Energy Sources using a Hybrid Independent Component Analysis–Support Vector Machine Algorithm. International journal of latest technology in engineering management & applied science, 13(6):51–62. doi: 10.51583/ijltemas.2024.130608
- Xiaoguang, Qi., Ying, Ming, Wang., Mingfeng, Yu., Zheng, Wei., Kailin, Zhao., Yu, Chen., Xuan, Xuan, Li. (2022). Model–and–data hybrid driven method for power system Operational reliability evaluation with high

penetration of renewable energy. Journal of Physics: Conference Series, 2378(1):012007–012007. doi: 10.1088/1742-6596/2378/1/012007

- Zixuan, Huang. (2024). Analyzing the Impact of Renewable Energy Integration on Power System Reliability. Highlights in Science Engineering and Technology, 87:76–81. doi: 10.54097/sjr4ah46

Mid-Ocean University

College of Management

Department of project management



**The Effects of High Penetration of Renewable Energy Sources on
the Reliability and Vulnerability of Connected Electric Power
Systems: An Applied Study on NEOM Company in the Kingdom
of Saudi Arabia**

Preparation:

Supervision:

Dr. Asmaa Anza

1446-2024