إستعادة تشغيل خطوط نقل الكهرباء فى حالات الطوارئ

إعداد استاذ دكتور/ عمر حنفي عبدالله* – جامعة حلوان

مقدمة

قد تتعرض شبكات نقل الكهرباء الهوائية فى دول العالم الى بعض الحالات الطارئة أثناء التشغيل نتيجة عوامل جوية غير عادية مثل هبوب الرياح الشديدة أو الصواعق أو السيول أو تكون نتيجة للكوارث الطبيعية الكبيرة مثل الزلازل والبراكين والأعاصير. وقد تتعرض أبراج خطوط نقل الكهرباء أيضاً الى حوادث عارضة مثل سقوط كتل حجرية ضخمة أو اصطدام شاحنة كبيرة أو طائرة بأحد الأبراج مسببة سقوط البرج و تحطمه كلياً أو جزئياً.

وقد نشرت وكالة أسوشيتد برس مؤخرا تحليلا [١] يبين أن الانقطاعات الناتجة عن الطقس وتغيرات المناخ قد تضاعفت في الولايات المتحدة الأمريكية منذ أوائل عام ٢٠٠٠. وكان عام ٢٠٢١ عاما قياسيا للأحداث المناخية غير المعتادة في جميع أنحاء الولايات المتحدة، التي تعرضت لحدوث عشرين كارثة مناخية تجاوزت مليار دولار من الخسائر[٢].

وفي سبتمبر من عام ٢٠٢٢، ضرب إعصار فيونا جزيرة بورتوريكو وتسبب في انقطاع إمدادات الطاقة الكهربائية في جميع أنحاء الجزيرة. وبعد ذلك بأسابيع قليلة، تسبب إعصار إيان في دمار كبير في ولاية فلوريدا حيث أدى تساقط الأمطار الغزيرة الى حدوث عواصف وفيضانات وانقطاع التيار الكهربائي مما أثر على أكثر من أربعة ملايين من سكان فلوريدا وأكثر من مليون من سكان ولاية كارولينا. وأشارت التقديرات المبدئية إلى أن تكلفة إعادة بناء وإصلاح الأضرار الناجمة عن اعصار إيان قد تصل إلى ما يزيد عن ٦٠ مليار دولار[٣].

وكمثال آخر، إعصار جونو المداري الذى ضرب سلطنة عمان فى الفترة من ٥ الى ٨ يونية ٢٠٠٧ وتسبب فى سقوط وتدمير عدد ستة أبراج بخط النقل ١٣٢ كيلو فولت المتجه الى جحلوت [٤]. ومثل هذه الأحداث تسبب أعطال قد تؤدي الى إنفصال جزء أو أكثر من خطوط النقل أو إنفصال خط بالكامل وإنقطاع الكهرباء عن عدد كبير من المستهلكين وتعرضهم لأضرار بالغة، وخصوصاً اذا طالت فترة الإنقطاع. وتكون المشكلة أكبر إذا تعطل خط نقل يغذى منطقة ما من جهة واحدة فقط دون وجود مسارات بديلة لتوصيل الكهرباء لهذه المنطقة.

ومن المعروف أن الحياة الحديثة تعتمد اعتماداً كلياً على الطاقة الكهربائية، ويؤدي إنقطاعها الى أضرار وخسائر مادية جسيمة بالمنشآت السكنية والتجارية والصناعية. ومن جهة أخرى تتكبد شركات نقل الكهرباء خسائر مالية نتيجة توقف نقل الكهرباء عبر خطوطها. كما ينخفض دخل شركات توزيع الكهرباء نتيجة توقف بيع الطاقة الكهربائية للمناطق المنقطع عنها الكهرباء. هذا بالإضافة إلى تهديد حياة وسلامة الإنسان. كما تؤثر الانقطاعات المتكررة أيضا على الاقتصاد. وفي أمريكا على سبيل المثال كلفت الخسائر المرتبطة بإنقطاع الكهرباء الاقتصاد الأمريكي مليارات الدولارات سنويا [٥].

وفيما يلي أهم النقاط التي تتناولها هذه المقالة:

* سياسات إستعادة تشغيل خطوط نقل الكهرباء في الحالات الطارئة بعد تعرضها للتلف نتيجة الأحوال الجوية السيئة.

* زميل جمعية المهندسين المصرية

* عرض لبعض الأعطال الجسيمة للخطوط والأبراج في بعض الدول

* مناقشة الأضرار والخسائر الإقتصادية لتعطل خطوط النقل وإنقطاع الكهرباء

* مقترحات الحلول البديلة للتعامل مع حالات الطوارئ

* أبراج الطوارئ سابقة التجهيز التي يمكن تركيبها في المواقع في وقت قصير

سياسات استعادة تشغيل خطوط النقل

الأسئلة المطروحة الآن، وبعد تكرار حوادث خطوط نقل الكهرباء - هل تتوفر بشركات نقل الكهرباء إمكانيات مادية وبشرية داخلية قادرة على استعادة تشغيل خطوط النقل المعطلة فى الحالات الطارئة؟ أم تعتمد على مصادر خارجية للقيام بهذه المهمة؟ وما هى السياسات والإجراءات المتبعة فى الحالات الطارئة؟

وللإجابة عن ذلك ووضع الخطط المناسبة للتعامل مع الحالات الطارئة، يجب الأخذ فى الإعتبار النقاط التالية:

١ - حجم الشركة من حيث نطاق عملها وعدد وأطوال خطوط النقل بها.

٢ - حصر الأعطال السابقة لخطوط النقل والأعطال المتوقعة مستقبلاً، وكيفية تعامل الشركة معها والتكلفة الفعلية للإصلاح وإعادة التشغيل.

٣ - دراسة العمر التشغيلي لمكونات خطوط النقل وحالتها ومدى تأثير العوامل الطبيعية والمناخية والبيئية على هذه المكونات.

٤ - حصر وتقييم الأضرار والخسائر الإقتصادية نتيجة تعطل خطوط نقل الكهرباء.

٥ - حصر شركات المقاولات التي يمكن الإعتماد عليهم لأداء أعمال الإصلاح وإستعادة التشغيل السريع فى حالات الطوارئ.

٦ - معرفة مدى رغبة شركات الكهرباء الأخرى فى الإستفادة المتبادلة والتعاون فى معالجة الحالات الطارئة.

٧ - دراسة الحلول البديلة للتعامل مع الحالات الطارئة والمقارنة بينها من حيث الضمان ومدى الإتاحة والمرونه والتكاليف.

حجم شركة نقل الكهرباء

يشمل النشاط الأساسي لشركة نقل الكهرباء، في أي دولة، إمتلاك وتمويل وتطوير وتشغيل شبكة نقل الكهرباء ذات الجهد العالي في تلك الدولة والمحافظة عليها بصورة فعالة وإقتصادية مع التقيد بمقاييس أمان وأداء شبكة النقل طبقاً للأكواد المحلية [٦]-[١٢] والنظم الكهربائية العالمية. وتشمل حدود نشاط الشركة جميع المناطق الداخلية للدولة، بالاضافة الى خطوط الربط الكهربائي مع الدول المجاورة.

وفي مصر، على سبيل المثال، وطبقا لما جاء بالتقرير السنوي (٢٠٢١/٢٠٢٠) للشركة القابضة لكهرباء مصر [١٣]، بلغت أطوال خطوط نقل الكهرباء بشبكة النقل ٥٣٨٥٤ كم، منها حوالي ٧٢٠٠ كم خطوط جهد ٥٠٠ كيلو فولت و٢١٣٩٥ كم جهد ٢٢٠ كيلو فولت و٢٤٨٥ كم جهد ١٣٢ كيلو فولت و٢١٠٠٠ كم جهد ٦٦ كيلو فولت بالإضافة الى ١٧٤٦ كم جهد ٣٣ كيلو فولت وقليل من الخطوط ٢٢ كيلو فولت. وتشمل شبكة النقل أيضا خطوط الربط الكهربائي بين مصر والدول المجاورة: ليبيا والأردن والسودان. ويتصل بشبكة نقل الكهرباء حوالي ٧٥ محطة لتوليد الكهرباء، ويتم نقل الكهرباء المنتجة بهذه المحطات عبر شبكة النقل الي المحطات الفرعية، وعددها ٧٣٠ محطة محولات، لتغذية الأحمال عن طريق ٩ شركات لتوزيع الكهرباء تغطي جميع انحاء الجمهورية. ولمزيد من المعلومات والدراسات الفنية عن شبكة كهرباء مصر يمكن الرجوع للاوراق البحثية المنشورة في هذا المجال [١٤]-[٢٠].

وفي سلطنة عمان، تشتمل شبكة نقل الكهرباء على خطوط هوائية جهد عالي (غالبيتها ذات دائرة مزدوجة) ذات جهود ٤٠٠

كيلو فولت و ٢٢٠ كيلو فولت و ١٣٢ كيلو فولت ويلاحظ أن حوالي ١٠% من خطوط الجهد ١٣٢ كيلو فولت ممتدة على أعمدة خشبية، بينما غالبية هذه الخطوط وكذلك جميع الخطوط ذات ٢٢٠ كيلو فولت و ٤٠٠ كيلو فولت تمتد على أبراج من الصلب. وتمر معظم خطوط الجهد العالي بمناطق صحراوية غير مأهولة وبعضها فى أماكن وجبال وعرة، وعدد قليل يمر عبر المناطق السكنية. وتستمد الشبكة الطاقة الكهربائية من محطات توليد الكهرباء الرئيسية ويتم نقل هذه الطاقة عبر شبكة النقل الكهربائية الى شركات توزيع الكهرباء الرئيسية الثلاثة وهى: (شركة مسقط - شركة مجان - شركة مازون). وتمتلك الشركة العمانية لنقل الكهرباء مركزاً حديثاً لتوزيع الأحمال يقوم بتشغيل الشبكة الكهربائية والتحكم فيها بالإضافة إلى القيام بمهمة التوزيع الإقتصادي للأحمال على محطات انتاج الطاقة الكهربائية بالسلطنة. ولمزيد من المعلومات عن الشبكة العمانية لنقل الكهرباء يمكن الإطلاع علي المراجع التالية [٢١] - [٢٥].

بعض الأعطال الجسيمة لخطوط نقل الكهرباء

تعرضت خطوط نقل الكهرباء في عدد من دول العالم إلى عدد من الحوادث الرئيسية نتيجة الأعاصير نوجز بعضها فيا يلي:

١ - إعصار رولي الإستوائي في الفلبين

في الأول من نوفمبر عام ٢٠٢٠، ضرب إعصار سوبر جوني (والمسمى محليا إعصار رولي) الفلبين مسببا أمطارا غزيرة ورياحا عاتية وانهيارات طينية وعواصف في جزيرة لوزون في الفلبين [٢٦]. وهو يعتبر أقوى إعصار استوائي في العالم خلال عام ٢٠٢٠، حيث خلف الإعصاردمارا وأضرارا واسعة النطاق في المناطق التي اجتازها. وقد أثر الإعصار على حوالي ١.٩ مليون شخص في ٨ من أصل ١٧ منطقة في الفلبين. وطبقاً لما ذكرته شركة الشبكة الوطنية في الفلبين، تضرر عدد ٧٥٥ خط نقل في منطقة بيكول بسبب الإعصار. يبين شكل رقم (١) حجم التدمير الذي حدث بأحد أبراج نقل الكهرباء نتيجة هذا الإعصار.

شكل رقم ١ - برج مدمر بسبب إعصار رولي في الفلبين [٢٦]

٢ - إعصار لورا بالولايات المتحدة الأمريكية

في ٢٩ أغسطس ٢٠٢٠، ضرب إعصار لورا ولايتي لويزيانا وتكساس وتسببت الرياح العاتية والأمطار الغزيرة والسيول الجارفة في تدمير ٢١٩ من أبراج نقل الكهرباء وانقطاع التغذية الكهربائية عن أكثر من ٥٥٨٠٠٠ من المشتركين [٢٧]. ويعتبر هذا الإعصار أقوى عاصفة تضرب لويزيانا منذ عام ١٨٥٦ حيث أنها تعد خامس أقوى عاصفة قارية تصل إلى الأراضي اليابسة في الولايات المتحدة الأمريكية، شكل رقم (٢) يبين جزء من الأبراج التي دمرها الإعصار.

شكل رقم ٢ - أبراج مدمرة بسبب إعصار لورا بولاية لوزيانا [٢٧]

٣ - إعصار جونو بسلطنة عمان

فى الفترة من ٢٠٠٧/٦/٥ الى ٢٠٠٧/٦/٨ تعرضت سلطنة عمان لإعصار جونو المداري الذى تسبب فى سقوط وتحطم عدد ستة أبراج بخط النقل ١٣٢ كيلو فولت الذى يربط بين محطة محولات مدينة السلطان قابوس الرئيسية ومحطة محولات جحلوت. وتقع هذه الأبراج بمجرى وادي عدي الذى سبب أضرار جسيمة بجميع المنشآت الواقعة فى مساره، ومنها الأبراج الستة المذكورة. وقع الحادث فى حوالى الساعة العاشرة والربع صباحاً يوم الأربعاء ٢٠٠٧/٦/٦، وانفصلت دائرتى الخط وإنقطعت الكهرباء بالكامل عن جحلوت والعامرت وقريات، عدا قدرة محدودة جداً تم توفيرها عن طريق خط توزيع ٣٣ كيلو فولت.

وقبل إكتشاف سقوط وتحطم الأبراج، أجريت بعض المحاولات لإعادة توصيل الخط، إلا أنها لم تنجح بسبب هذا العطل الكبير وتلامس الموصلات ببعضها وبالأرض. وقد قامت على الفور لجان الطوارئ المشكلة بالشركة العمانية لنقل الكهرباء وفرق الصيانة المختصة بالبحث عن السبب. ونظراً لصعوبة الموقف، فقد تم الإستعانة بطائرة هليوكيبتر من قوات الجيش السلطاني التى هبت على الفور لمساعدة الشعب العماني وجميع اجهزته التنفيذية لإجتياز الأزمة. وقامت ثلاثة من فرق الطوارئ والصيانة بالشركة بمعاينة الخط من الجو، حيث تبين سقوط وتحطم الأبراج الستة. والصور المرفقة توضح بعض الأبراج المنهارة.

وقامت فرق الطوارئ والفرق الهندسية والفنية بالشركة بدراسة وتحليل المشكلة والتعرف على أبعادها وتأيرها وبحث الحلول البديلة للإصلاح وإختيار أنسبها مع الأخذ فى الإعتبار عدم وجود أبراج بديلة كافية لذلك، فضلاً عن صعوبة توصيل المعدات والمواد للمنطقة التي تعرضت للسيول، مع مراعاة حاجة الناس لإعادة توصيل الكهرباء إليهم فى أقرب وقت ممكن. وقد تم التوصل لحل سريع للمشكلة، وهو إنشاء عدد من الأعمدة الخشبية المتوفرة بمخازن الشركة لبناء وتشغيل دائرة مفردة ١٣٢ كيلو فولت بصفة مؤقته بدلاً من الأبراج المنهارة.

يبين شكل رقم (٣) صورة أحد الأبراج المنهارة وقد سقط بالكامل على الأرض فى منطقة المركز بطريق العامرات. الجزء الأمامى من الصورة يبين قمة البرج وبه سلك الحماية الأرضي والأذرع الثلاثة للبرج منبطحة على الأرض جهة اليمين. وتظهر أيضاً إحدى العازلات المحطمة (لونها بني) تشتبك بذراع البرج العلوي الأحمر اللون. ويتضح من الصورة أن البرج كان مثبتاً قبل سقوطه داخل مجرى الوادي. وفى أعلى الصورة تظهر بعض الأعمدة الخشبية لخطوط كهرباء شركة التوزيع جهد ٣٣ كيلو فولت والمثبتة بالجبال بعيداً عن مجرى الوادي.

شكل رقم ٣ - أحد الأبراج المنهارة بسبب إعصار جونو بسلطنة عمان [٤]

وبتحليل ما جاء بهذه الصورة، يتبين أن المشكلة تكمن فى الأختيار الخاطئ لموقع الأبراج التى سقطت. فبرغم القوة الكبيرة لهذه الأبراج المصنوعة من الصلب بالمقارنة بالأعمدة الأقل حجماً والمصنوعة من الخشب، نجد أن الأعمدة الخشبية المثبتة بعيداً عن مجرى الوادي تحملت الرياح العاتية والأمطار الغزيرة ولم تسقط، بينما إنهارت الأبراج الصلب. والسبب واضح وهو أن مياه الوادي الجارفة خلخلت الأرض تحت الأبراج وحركت الرمال حول القواعد الخرسانية للأبراج وسقطت بفعل الرياح العاتية المصاحبة للإعصار. وكان يتعين إختيار مواقع هذه الأبراج بعيداً عن مجرى الوادي، حيث لم يسقط أى من الأبراج الصلب الأخرى رغم تعرضها لنفس الإعصار، ولكنها بعيدة عن مجري الوديان. وفى حالة عدم وجود مسارات بديلة بعيدة عن الوديان، فقد يتطلب الأمر تصميم أبراج ذات طبيعة خاصة من حيث نوع وقوة وعمق القواعد الخرسانية وأبعاد وقوة تحمل مواد ومكونات البرج، على غرار قواعد السدود والكباري التى تعبر القنوات المائية.

شكل رقم (٤) يبين كيف تأثرت القواعد الخرسانية لأحد الأبراج المنهارة. وشكل رقم (٥) يبين صورة أحد ألابراج المنهارة وقد التفت حوله الموصلات الألومنيوم، حيث جرفته مياه الوادي والرياح العاتية وإنحدر بعيداً عن قواعده. ويظهر بخلفية الصورة وفى اقصى اليمين أحد الأبراج التى تحملت الآعصار ولم تسقط.

شكل رقم ٤ - تأثيرإعصار جونو على قاعدة برج بسلطنة عمان [٤]

شكل رقم ٥ - التفاف موصلات الألومنيوم حول برج جرفته مياه الوادي والرياح العاتية بسبب إعصار جونو بسلطنة عمان [٤]

واسندت الأعمال العاجلة والمؤقته لشركة مقاولات متخصصة فى هذا المجال ولديها الإمكانيات اللازمة لإنهاء الأعمال خلال عدة أيام، وانتهت بالفعل أعمال تثبيت الأعمدة الخشبية وتركيب العازلات وشد الموصلات، وتم إختبار وتشغيل الخط (دائرة واحدة) مساء يوم الأربعاء ٢٠٠٧/٦/٢٠، ووصلت الكهرباء لمحطة جحلوت وللمستهلكين بالمنطقة. هذا وقد تم في نفس الوقت طرح مناقصة عاجلة لتغيير مسار الخط فى هذه المنطقة وإبعاده عن مسار جريان الوادي حتى لا تتكرر المشكلة مستقبلاً.

العمر التشغيلي لخطوط النقل

إذا إعتبرنا أن العمر الإفتراضي لخطوط النقل خمسون عاماً، يتبين لنا أن هناك عدداً من الخطوط جاوزت نصف عمرها الإفتراضي وعدد منها فى الثلث الأول من عمرها أو أقل.

ومع برامج الصيانة والإحلال والتجديد التى يجب اتباعها، فقد تستطيع هذه الخطوط البقاء بحالة جيدة برغم الظروف الجويه التى تمر بها، مثل تغيرات درجات الحرارة والرطوبة، والعوامل البيئية المحيطه. وأثبتت كثير من الخطوط كفاءتها العالية فى الصمود ومواجهة الرياح الشديدة والأمطار الغزيرة. وعلى سبيل المثال، فإن إعصار جونو بسلطنة عمان عام ٢٠٠٧ سبب سقوط عدد ٦ أبراج من اجمالي عدد (٤٢٨٦) برج في ذلك الوقت خلال الإعصار المدمر. وهذا العدد يمثل نسبة ضئيلة جداً لاتتجاوز (٠.١٤%).

ولكن مع زيادة العمر التشغيلي لخطوط نقل الكهرباء وتعرضها للأحوال الجوية الصعبة في هذه الآونة، يجب أن نكون حذرين خلال السنوات القادمة من تزايد معدل أعطال الخطوط نظرا للتغيرات المناخية الملحوظة. ولمواجهة ذلك يجب عمل الآتي:

* إجراء مسح شامل لجميع خطوط النقل ذات الجهد العالي وتحديد حالة كل برج وكل عمود من حيث قوة تحمل القواعد والشدادات ووضع العازلات والموصلات وباقي المكونات [٢٨].

* وضع برنامج محكم لإجراء الإصلاحات المطلوبة لأى أضرار تسببها الاعاصير والأحداث المناخية (إن وجدت)، والبدء الفوري فى التنفيذ.

* مراجعة برامج الصيانة وتعديلها إذا لزم الأمر، وذلك للتعامل بشكل فني وإقتصادي مناسب مع حالة الخطوط التى تتبين من نتيجة المسح الشامل والفحص الدقيق للمكونات.

الأضرار والخسائر الإقتصادية لتعطل خطوط نقل الكهرباء

تتنوع الأضرار والخسائر الإقتصادية لتعطل خطوط النقل وإنقطاع الكهرباء، وتصيب كل من منتجي الكهرباء وناقليها وموزعيها ومستهلكيها، نظراً لأن هذه الخطوط تحمل قدرات كهربائية عالية، وإنفصالها يوقف انتقال كميات كبيرة من الطاقة الكهربائية من خلالها. هذا بالإضافة إلى تهديد حياة الإنسان وسلامته، وتأثير الانقطاعات المتكررة أيضا على الاقتصاد مما قد يؤدي الى خسائر بمليارات الدولارات سنوياً.

وفيما يلى موجز بالأضرار والخسائر المتوقعة من تعطل خطوط النقل:

* بالنسة للصناعة تتوقف الآلات عن العمل ويتوقف الإنتاج وخصوصاً إذا لم تتوفر مصادر بديلة للتغذية الكهربائية. وينتج عن ذلك خسائر مالية كبيرة حسب نوع وأهمية الصناعات والآلات والمعدات المستخدمة. في الصناعات مثل الحديد والصلب والألمونيوم مثلاً، تتعرض الأفران إلى أضرار بالغة، ما لم تكن هناك مصادر بديلة للطاقة الكهربائية.

* تتعرض المنشئات الهامة، مثل المطارات والمستشفيات والبنوك والمحال التجارية، وثلاجات حفظ الأغذية لأضرار ومخاطربالغة جراء إنقطاع الكهرباء، نظراً لأنها تعتمد على أجهزة ومعدات كهربائية والكترونية حديثة.

* تتعرض الأحمال الحساسة مثل أجهزة الحاسبات وأجهزة التحكم الإلكترونية لمشاكل كبيرة وفقد للمعلومات الهامة، اذا انقطعت عنها الكهرباء.

* أيضاً يتعرض المستهلكين للكهرباء فى المنازل لكثير من المشاكل إذا انقطعت عنهم الكهرباء وتعطلت الأجهزة الكهربائية المنزلية.

* بالنسبة لشركات انتاج الطاقة الكهربائية لن تجد بديل لنقل الكهرباء فى حالة تعطل خطوط النقل، فتلجأ الى تخفيض إنتاجها من الكهرباء وبالتالى تنخفض مبيعاتها.

* وأيضاً تقل مبيعات شركات توزيع الكهرباء.

* وتنخفض عائدات شركة النقل نتيجة تعطل وانفصال خطوط نقل الكهرباء.

مقاولي أعمال الطوارئ

من الضروري عمل مسح دقيق وشامل فى سوق الأعمال لمعرفة ما إذا كانت هناك شركات مقاولات قادرة على تأدية أعمال خطوط الكهرباء ذات الجهد العالي فى حالات الطوارئ، ومعرفة امكانياتها من حيث المعدات والخبراء المصممين والفنيين المتخصصين فى تركيبات الخطوط. وأيضاً يجب معرفة مدى التزامها بتنفيذ الأعمال فى الأوقات المناسبة التى تحددها ظروف تشغيل وإستخدام شبكة الكهرباء. والأهم من ذلك معرفة أسعارها حتى لا تستغل الظروف عند الحاجة لها وقت الأزمات. علماً بأن هذه الأعمال الطارئة تتطلب إستجابة سريعة وفورية والعمل فى ظروف صعبة.

شركات الكهرباء الأخرى

بالإضافة الى شركة نقل الكهرباء، توجد بكل دولة عدد من شركات توزيع الكهرباء، وعدد من شركات إنتاج الكهرباء، وشركات أخرى. هذا ويوجد عادة عدد آخر من الشركات غير الكهربائية لديها نظم كهربائية ذاتية، ويمكنها تبادل الطاقة الكهربائية مع الشبكة الرئيسية.

وقد يكون من المناسب المبادرة باجراء إتصالات بين الشركات المختلفة وإقتراح عمل إتفاقية عامة بينها بشأن أعمال الطوارئ للشركات التى ترغب فى الإستفادة المتبادلة، عسى أن يؤدي ذلك لخفض التكلفة.

الحلول البديلة للتعامل مع الحالات الطارئة

فيما يلي ملخص مقترحات الحلول البديلة للتعامل مع حالات الطوارئ [٤] و[٢٩]:

البديل الأول

إنشاء وحدة طوارئ داخل شركة نقل الكهرباء للتعامل المباشر مع هذه الحالات العاجلة. ويمكن أن يتم ذلك بالإشتراك مع شركات الكهرباء الأخرى. على أن يتم تجهيز هذه الوحدة بالمعدات والأدوات والمكونات والخامات اللازمة للأعمال العاجلة، وتعيين العدد المناسب من المهندسين والفنيين المدربين على الأعمال الطارئة فى الظروف الصعبة. وعلى أن توضع الخطط المناسبة لسياسات التنفيذ الفورية وتوفير وسائل الإنتقال والإتصالات ومستلزمات العمل والمعيشة وكل المتطلبات التى تساعد على سرعة وصحة انجاز الأعمال فى أقل وقت ممكن. وعادة تشمل هذه الإستعدادات وجود مكونات وخامات وأدوات فى مواقع استراتيجية مختارة بأسلوب جيد ومحفوظه بالطرق الفنية الصحيحة للإستخدام الفورى وقت الطوارئ. وقد تتضمن المكونات والخامات أبراج وأعمدة بديلة مصممة خصيصاً لأعمال الطوارئ وقابلة للتجميع والتركيب السريع، بالإضافة لأعداد كافية من العازلات وكميات من الموصلات وباقى مستلزمات خطوط النقل.

البديل الثاني

إضافة الأعمال الطارئة الى شركات المقاولات القائمة بأعمال صيانة خطوط نقل الكهرباء، على ألا تكون هناك مغالاة كبيرة فى الأسعار. مع وضع الشروط والمواصفات الفنية المناسبة لهذه الأعمال الطارئة والإتفاق على نظام وخطط العمل وتوقيتات التنفيذ ووسائل توفير المعدات والخامات والمكونات اللازمة وكمياتها وأماكن وطرق تخزينها وملكيتها وكل ما يتعلق بالأعمال الطارئة.

البديل الثالث

إختيار شركة مقاولات للقيام بهذه المهمة، أو بالإشتراك مع شركات الكهرباء الأخرى التى ترغب فى ذلك. مع وضع نظام وشروط وخطط العمل مسبقاً لتكون معدة للتنفيذ الفوري فى الحالات الطارئة. ومع ضرورة تحديد الأسعار والتوقيتات والإجراءات والمسؤوليات وكل مايضمن تنفيذ الأعمال فوراً وبدون أى تأخير.

البديل الأول قد يتطلب تكاليف كبيرة فى البداية لشراء المعدات والتجهيزات اللازمة للأعمال وكذلك توفير االكوادر الفنية المؤهلة لأداء هذه الأعمال. ولكن إذا تم التنسيق لتملك بعض المعدات والأدوات الخفيفة والإتفاق على تأجير المعدات الثقيلة وقت اللزوم فقد يؤدي ذلك الى خفض التكاليف الأولية. كما أن عائدات توفير خدمة الأعمال الطارئة للشركات الأخرى سوف يساهم فى تعويض النفقات. ويتميز هذا الحل بوجود التجهيزات والأفراد للعمل الفوري عند الطوارئ وتقليل مدة الإصلاحات الى أقصى حد.

أما البديل الثاني، فقد يؤدي الى زيادة كبيرة فى تكاليف عقود الصيانة ما لم نكن حريصين على تحديد دور ومسؤوليات كل من المقاول وشركة نقل الكهرباء من حيث تنسيق الأعمال وتوفير المواد والخامات والمعدات اللازمة وقت الطوارئ. حيث أن ترك الأمر بالكامل لمقاولي الصيانة قد يؤخر تنفيذ الأعمال ويرفع الأسعار.

والبديل الثالث يتوقف على إمكانية وجود شركات مقاولات للقيام بهذه الأعمال بأسعار معقولة ومدى رغبة شركات الكهرباء الأخرى للمشاركة وتبادل المنفعة.

أبراج الطوارئ

كما يعلم الجميع، تزداد الظروف الجوية السيئة عاما بعد عام في جميع أنحاء العالم. ومن المتوقع زيادة تكرار وقوة الأعاصير والحرائق والجفاف والأمطار الغزيرة والفيضانات وتساقط الثلوج والعواصف الجليدية وخلافه في العقود القادمة. ويؤدي ذلك الى العديد من المخاطر المحتملة التي تجعل شبكات الكهرباء عرضة للخطر.

لذا قامت بعض الشركات بتصنيع أنواع من أبراج نقل الكهرباء سابقة التجهيز تستخدم في حالات الطوارئ [٣٠]، حيث يمكن تركيبها واستعادة تشغيل خطوط نقل الكهرباء في وقت قصير. وكما مبين في شكل رقم (٦)، فإن هذه الأبراج عبارة عن هياكل

ألومنيوم، قابلة للتجميع السريع ويتم تثبيتها مباشرة في موقع الأبراج التالفة. وعادة يتم إنشاء ممر جانبي مؤقت بالقرب من الخط التالف، لتركيب أبراج الطوارئ وانشاء جزء بديل للخط يمكن من خلاله استعادة الكهرباء بسرعة. وتتراوح جهود أبراج الطوارئ من ٦٩ كيلو فولت إلى ١٢٠٠ كيلو فولت. أثناء تشغيل الخط البديل، يمكن بالتوازي إصلاح الأبراج الأصلية التالفة أو إحلالها بأبراج جديدة. وبمجرد اكتمال الإصلاح أو الإحلال واستعادة الطاقة إلى الدائرة الرئيسية، يمكن تفكيك أبراج الطوارئ والمسار البديل وتخزينها في أماكن مناسبة لإعادة إستخدامها في المستقبل إذا تكررت حوادث انهيار الأبراج.

شكل رقم ٦ - برج طوارئ مؤقت يحمل دائرة مفردة ذات ثلاثة أطوار [٣٠]

الخلاصة

تناولت الدراسة تحليل موضوع إستعادة تشغيل خطوط نقل الكهرباء فى حالات الطوارئ والعوامل المختلفة التى يتم على أساسها اختيار الحل المناسب والذى يختلف من شركة لأخرى من حيث التكاليف وسرعة التنفيذ. وقد يكون من المناسب قيام شركة نقل الكهرباء بعمل دراسة جدوى إقتصادية وفنية لإختيار الحل المناسب بعد مناقشة الموضوع بإستفاضة داخل الشركة أولاً ثم مناقشته مع شركات الكهرباء الأخرى. ومن الضروري البدء فوراً فى عمل مسح شامل لجميع خطوط النقل الهوائية التى تعرضت للكوارث المناخية، وتحديد الحالة الفنية والتشغيلية لها وما أصابها من أضرار (ان وجدت). وبناء على نتائج تحليل هذا المسح الشامل يتم وضع برنامج لصيانة وإصلاح أى تلفيات. كما يجب وضع الخطط المناسبة لمواجهة أي مشاكل نتيجة التغيرات المناخية وما قد تؤدي اليه من كوراث.

REFERENCES

1- Matthew Brown, Camille Fassett, Patrick Whittle, Janet McConnaughey and Jasen Lo: April, 2022, Storms batter aging power grid as climate disasters spread | AP News

2- National Centers for Environmental Information: Billion-Dollar Weather and Climate Disasters | National Centers for Environmental Information (NCEI) (noaa.gov)

3- Factbox: Over 391,000 still without power in Florida after Hurricane Ian | Reuters

4- O. H. Abdalla, Th. M. Alkhusaibi, M. Awlad-Thani, and M. N. Al-Mazrouey: "Restoration of a 132 kV Overhead Transmission Line Affected by Tropical Cyclone Gonu in Oman", IEEE PES Transmission and Distribution Conference and Exposition, Chicago, Illinois, USA, April 21-24, 2008. https://ieeexplore.ieee.org/document/4517063

5- Office of Nuclear Energy, Department of Energy Report Explores U.S. Advanced Small Modular Reactors to Boost Grid Resiliency: January 2018. https://www.energy.gov/ne/articles/department-energy-report-explores-us-advanced-small-modular-reactors-boost-grid

6- Omar H. Abdalla: "Technical Background of the Grid Code – Tutorial", Presented at the Cigre Conference, The Future of Electricity Grids – Challenges and Opportunities, Cairo, Egypt, 6-8 March 2019. https://works.bepress.com/omar/65/

7- O. H. Abdalla: "Technical Background of Wind Farm Grid Connection Code – A Tutorial Short Course", Invited Tutorial, the 17th International Middle East Power Systems Conference (MEPCON 2015), Mansoura University, 15-17 December 2015. https://works.bepress.com/omar/78/

8- O. H. Abdalla: "Technical Design Specifications and Criteria for Integrating PV Systems into Distribution Networks in Egypt", Keynote Lecture, KL-REN-5, the 1st FUE International Conference on New Energy & Environmental Engineering, Cairo, Egypt, 11-13 April 2016. https://works.bepress.com/omar/30/

9- H. A. S. Al Riyami1, A. G. Kh. Al Busaidi, A. A. Al Nadabi, O. H. Abdalla, K. Al Manthari, B. Hagenkort, and R. Fahmi: "Grid Code Compliance for Integrating 50 MW Wind Farm into Dhofar Power Grid", Proceedings of the 12th GCC Cigre International Conference and 21st Exhibition for Electrical Equipment, GCC Power, Paper A 204, pp. 152-161, 8-10 November 2016. https://works.bepress.com/omar/25/

10- O. H. Abdalla: "Grid Code Requirements for Connecting Solar Power Plants to Electricity Networks in Egypt", Keynote Lecture IV, the 2017 Nineteenth International Middle East Power System Conference (MEPCON), Menoufia University, Egypt, 19-21 December 2017. https://works.bepress.com/omar/107/

11- Omar H. Abdalla: "Technical Requirements for Connecting Medium and Large Solar Power Plants to Electricity Networks in Egypt", Journal of the Egyptian Society of Engineers, Vol. 57, No. 1, pp. 25-36, June 2018. https://works.bepress.com/omar/103/

12- Omar H. Abdalla, Gamal Abdel-Salam, Azza A. A. Mostafa: "Recommendations for Updating the Electricity Distribution Code and Solar Plants Grid Connection Codes in Egypt", Journal of Egyptian Society of Engineers, Vol. 60, Issue 2, pp. 6-13, 2021.

https://egsen.journals.ekb.eg/article_210013_892fa7f495696118ce69946ae2b3c9ec.pdf

13- Egyptian Electricity Holding Company: "Annual Report 2020/2021",

http://www.moee.gov.eg/english_new/report.aspx

14- Omar H. Abdalla, A.M. Abdel Ghany, and Hady H. Fayek: "Development of a Digital Model of the Egyptian Power Grid for Steady-State and Transient Studies", Proc. Of the 11th International Conference on Electrical Engineering (ICEENG 2018), Paper No. 83-EPS, Military Technical

College, Cairo, Egypt, 3-5 April, 2018. https://iceeng.journals.ekb.eg/article_30157.html

15- Hady H. Fayek, Katherine R. Davis, A.M. Abdel Ghany, and Omar H. Abdalla: “Configuration of WAMS and Pilot Bus Selection for Secondary Voltage Control in the Egyptian Grid”, IEEE North American Power Symposium (NAPS 2018), Paper No. 11, North Dakota State University, 9-11 September, 2018. https://doi.org/10.1109/NAPS.2018.8600629

16- Omar H. Abdalla, Hady H. Fayek and A. M. Abdel Ghany: "Steady-State and Transient Performances of the Egyptian Grid with Benban Photovoltaic Park", Proc. of the Cigre Egypt 2019 Conference, the Future of Electricity Grids – Challenges and Opportunities, Paper No. 205, 6-8 March 2019, Cairo, Egypt. http://works.bepress.com/omar/66/

17- Hady H. Fayek, and Omar. H. Abdalla: “Maximization of Renewable Power Generation for Optimal Operation of the Egyptian Grid”, the 29th IEEE International Symposium on Industrial Electronics ISIE’20, Delft, the Netherlands, 17-19 June 2020. https://ieeexplore.ieee.org/document/9152450

18- Hady H. Fayek and Omar H. Abdalla: "Operation of the Egyptian Power Grid with Maximum Penetration Level of Renewable Energies Using Corona Virus Optimization Algorithm" Smart Cities, Vol. 5, No. 1, pp. 34-53, 5 January, 2022. https://www.mdpi.com/2624-6511/5/1/3

19- Hady H. Fayek and Omar H. Abdalla: "Optimal WAMS Configuration Study for the Egyptian Grid”, IEEE Smart Cities News Letter, January 2022. https://smartcities.ieee.org/newsletter/january-2022/optimal-wams-configuration-study-for-the-egyptiangrid?utm_medium=email&utm_campaign=Smart%20Cities%20eNewsletter%20January%202022&utm_content=Smart%20Cities%20eNewsletter%20January%202022+CID_b610254e5cb2582fba5ed6908e4f32dc&utm_source=ieee%20pes%20email&utm_term=Optimal%20WAMS%20Configuration%20Study%20for%20the%20Egyptian%20Grid

20- Hady H. Fayek and Omar H. Abdalla: “Optimal WAMS Configuration Study for the Egyptian Grid”, IEEE Smart Cities News Letter, January 2022. https://smartcities.ieee.org/newsletter/january-2022/optimal-wams-configuration-study-for-the-egyptian-grid

21- Oman Electricity Transmission Company: “Five Years Annual Transmission Capability Statement 2022-2026”. https://www.omangrid.com/en/Pages/Five-Year-Capability-Statements.aspx

22- Omar H. Abdalla, Hilal Al-Hadi, and Hisham Al-Riyami: “Development of a Digital Model for Oman Electrical Transmission Main Grid”, Proc. of the 2009 International Conference on Advanced Computations and Tools in Engineering Applications, ACTEA, pp. 451-456, Notre Dame University, Louaize, Lebanon, 15-18 July, 2009.

https://ieeexplore.ieee.org/document/5227914

23- Hisham Al-Riyami, Omar H. Abdalla, Adil Al-Busaidi, Ahmed Al-Nadabi, Musabah Al-Siyabi, Meera Al-Abri, Zahra Al-Rawahi, Joseph Dubois, Vincent Lambillon, Shafique Mirza, and Arnaud Bastens: “Development of Transmission System Master Plan of Oman (2014-2030)”, Paper No. A036, Proceedings of the GCC Cigre 2014, Al-Manamah, Bahrain, November 2014. https://works.bepress.com/omar/28/

24- H. Al-Riyami, A. Al-Busaidi, A. Al-Nadabi, M. Al-Siyabi, M. Al-Abri, Z. Al-Rawahi, J. Dubois, V. Lambillon, S. Mirza, A. Bastens, and O. H. Abdalla: “Development of Demand Forecast Model for the Transmission System Master Plan of Oman (2014-2030)”, Proceedings of the 8th IEEE-GCC Conference and Exhibition, Muscat, Sultanate of Oman, 1-4 February 2015. https://ieeexplore.ieee.org/document/7060041

25- Omar H. Abdalla, Rashid Al-Badwawi, Hilal Al-Hadi, and Hisham Al-Riyami: “Performance of Oman Transmission System with the 400kV Gulf Cooperation Council Electricity Interconnection”, Proceedings of the 2011 IEEE GCC Conference, Dubai, United Arab Emirates, 19-22 February 2011. https://ieeexplore.ieee.org/document/5752599

26- The Philippines Humanitarian Country Team: “Super Typhoon Goni (Rolly) Philippines, Humanitarian Needs and Priorities”, Nov 2020. https://www.pna.gov.ph/articles/1120888

27- “Rebuilding Power Grid in Louisiana after Hurricane Laura Becomes Major Infrastructure Effort”. https://www.enr.com/articles/50004-rebuilding-power-grid-in-louisiana-after-hurricane-laura-becomes-major-infrastructure-effort

28- A. Van Der Wal, and A. A. H. J. Ross: "Condition Assessment of Overhead Lines", Cigre 2004 Session, Paris.

29- R. J. Schwiner, K. E. Twomey, and K. E. Lindsey: "Transmission Line Emergency Restoration Philosophy at Los Angeles Department of

Water and Power". Cigre 2002 Session, Paris.

30- “How to Quickly Restore a Power Line with ERS Towers? (Emergency Restoration System)”, https://www.sbb.ca/blog/how-to-quickly-restore-a-power-line-with-ers-towers--emergency-restoration-system