مجلة جامعة الملك سعود، م٤، العلوم الهندسية (٢)، ص ص ١ ـ ٢٨ (١٤١٢هـ/١٩٩٢م).

خسائر المستهلكين نتيجة الانقطاعات الكهربائية

عبدالله محمد الشعلان

قسم الهندسة الكهربائية، كلية الهندسة، جامعة الملك سعود، ص. ب ٨٠٠،

الرياض ١١٤٢١، المملكة العربية السعودية

(قدم البحث في ١٨/١٢/١٩٩٠م؛ قبل للنشر في ٦/٧/١٩٩١م)

ملخص البحث. تبرز هذه الورقة نتائج دراسة أجريت لتحري الخسائر التي يمنى بها المستهلكون بمدينة الرياض نتيجة لانقطاعات الخدمة بسبب فقد القدرة الكهربائية (outages). ولقد أوضحت النتائج أن معاناة المستهلك السكني تنحصر في الضيق والتبرم وعدم الراحة وهذه الآثار المعنوية ربما تتجاوز الخسائر المادية التي ربما يمنى بها في تلف الأطعمة.

وبالنسبة للمستهلك التجاري والصناعي فإنهما سيمنيان بخسائر مادية جسيمة بسبب إقفال الأعمال وتوقف الإنتاج. لقد لوحظ أن خسائر المستهلكين تزداد بنمط غير خطي عند زيادة فترات الانقطاع، كذلك فإن وجود مصادر بديلة للقدرة (standbys) يكون ذا أهمية كبرى كإجراء احتياطي لتلافي الانقطاعات أو على الأقل تخفيف آثارها.

إن نتائج هذه الدراسة لها قيمة كبرى لمخططي أنظمة القوى وللمهندسين والباحثين لمقارنتها بدراسات أخرى ولاستعمالها في تقويم اعتمادية أنظمة القوى والتكاليف اللازمة لذلك.

المقدمة

تحدث الانقطاعات الكهربائية عادة بسبب عجز في قدرة التوليد أو عدم كفاية خطوط النقل وأنظمة التوزيع. وينتج ذلك عادة من سوء التخطيط وعدم الأخذ في الحسبان الزيادة في

الأحمال المستقبلية فلا يكون هناك إضافة لقدرات التوليد أو تعزيز لأنظمة النقل والتوزيع في فترات معيَّنة (مراحل التخطيط). والخسائر التي يمنى بها المستهلكون من جرَّاء انقطاع الخدمة الكهربائية تكون عادة كبيرة، فبالنسبة للمستهلك السكني يكون هناك الضيق والحرج وعدم الراحة وهذه العوامل النفسية من الصعب قياسها وترجمتها إلى قيم مادية. ولكن قد تختلف هذه المعاناة فقد تكون أقل وطأة إذا حدثت الانقطاعات في الشتاء مثلاً أو في فترة الربيع أو الخريف، حيث إن الاستهلاك السكني يكون مرتفعًا عادة في الصيف نتيجة استخدام المكيفات. وقد تكون أقل معاناة إذا حدثت في النهار عنها في الليل حيث الحاجة إلى الإنارة وحيث إن معظم الأنشطة المنزلية والعائلية تحدث عادة في المساء.

وكذلك ستكون هناك خسارة مادية بالنسبة للمستهلك التجاري حيث سيضطر إلى إغلاق متجره أو معرضه حتى تعود الخدمة الكهربائية ثانية، وهناك خسارة فادحة سيمنى بها المستهلك الصناعي حيث إن حرمانه من الطاقة الكهربائية سيسبب توقفًا في الإنتاج وبالتالي فقدان المبيعات. ومما يزيد في العناء والخسارة أن تأتي الانقطاعات مفاجأة ودون سابق إنذار وهذا قد لا يتيح الوقت الكافي أمام المستهلك لتلافي الخسائر المحتملة وذلك بإيجاد وسائل بديلة لاستمرار الطاقة والحيلولة دون وقوع خسائر مادية أو معاناة نفسية. وقد تختلف درجات هذه المعاناة أيضًا بالنسبة لطبيعة المستهلك ووقت حدوث وأمد الانقطاع، فمثلاً لو استمر الانقطاع فترات أطول سيكون هناك بلا شك الكثير من الخسائر المادية والمعاناة النفسية.

وقد كان هناك بحوث ودراسات عديدة تعرضت لدراسة هذه الظاهرة، أسبابها وتحري آثارها ونتائجها والتحقق من الخسائر المادية والمعاناة النفسية للمستهلك عند حدوث الانقطاعات وذلك بغية التعرف على مدى متانة النظام الكهربائي ومن ثم الوصول إلى أفضل مستويات الخدمة الكهربائية.

ويمكن ذكر الأسباب التي عملت لتقويم تكاليف الانقطاعات فيما يلي:

١) استخدام التعرفة الكهربائية كمعيار للوصول إلى تقويم محدد لمستويات الاعتمادية للنظام الكهربائي واعتبار أن مدى قدرة المستهلك على الدفع تحدد هيكل التعرفة المناسبة وهذا يتحكم في وجود احتياط كافٍ أو عدمه.

٢) قيمة المنتجات التالفة والخسائر المترتبة على توقف الطاقة وذلك بمقايسة مجمل تلك التكاليف بالنسبة للطاقة الكهربائية المستهلكة (SR/kWh) حيث يعزى ذلك إلى المستوى القيمي للاعتمادية المطلوبة.

٣) تكاليف المعاناة النفسية لعدم ممارسة نشاطات معيَّنة بسبب نقص الطاقة الكهربائية ويتم معرفة ذلك بترجمة تلك المعاناة إلى واقع مادي يمكن معه تقويم تلك التكاليف. وقد عمل بهذا المقياس في تحديد تكاليف الانقطاعات للمستهلك السكني حيث إن الخسائر التي يمنى بها هذا القطاع تنحصر معظمها في عوامل نفسية كالضيق والحرمان وشل القدرة على القيام بمسئوليات محددة ولا يمكن معرفتها في الحال كقيم مادية ثابتة.

٤) الخسائر الناجمة عن دفع تكاليف معيَّنة بسبب الانقطاعات كتكاليف أجهزة تلفت بسبب توقف القدرة الكهربائية أو دفع أجور إضافية لإزالة آثار الانقطاعات أو شراء أجهزة مساعدة لتعويض المصدر الكهربائي وتخفيف الخسائر الناجمة من توقفه وانقطاعه.

استعراض الأعمال التي تمت في مجال البحث

لقد حدث خلال العشر سنوات الأخيرة اهتمام متزايد ومستمر في التحري والبحث في مستوى الخدمة المطلوبة من جانب شركات الكهرباء لضمان تدفق مستمر للطاقة الكهربائية. ونتيجة لهذا الاهتمام زاد عدد الكتب التي ألفت والأبحاث والدراسات التي أجريت في هذا المجال، ومن بينها تلك التي عملت في مجال الخدمة الكهربائية وذلك لتقويم الخسائر التي يمنى بها المستهلكون على اختلاف فئاتهم أثناء حدوث الانقطاعات الكهربائية وهي التي تحدث عادة نتيجة الفشل الذي يصيب المنظومة الكهربائية سواء في وحدات التوليد أو شبكات النقل أو أنظمة التوزيع. والفشل القسري هو الذي يحظى عادة باهتمام المخططين والمهندسين والباحثين في هذا المجال وذلك لأنه عادة يحدث بشكل فجائي وغير متوقع وقد يكون في فصل الصيف وفي حالة الأحمال الذروية أو فترات معيَّنة تكون الحاجة إلى الطاقة الكهربائية فيها أكبر ما يمكن. أو قد تصيب بالضرر صنفًا معيَّنًا من المستهلكين مثل مخازن الأغذية (السوبر ماركت) والثلاجات والتي تعتمد على التبريد في تخزين

الأطعمة، والمصانع التي تعتمد على توافر الطاقة لاستمرار الإنتاج وعدم توقفه، وهناك عدة أبحاث [١ ـ ١٤] عنيت بتقويم الخسائر التي يمنى بها المستهلكون عند انقطاع الخدمة الكهربائية، ويبدو أن المستهلك السكني قد استأثر بنصيب وافر في دراسات أخرى [١٥ ـ ٢١] لما يحظى به من مكانة خاصة لدى شركات الكهرباء، وعند استعراض الطرق التي استخدمت في هذه الأعمال نجد أن هناك تباينًا واضحًا في الأساليب المستخدمة وتصميم النماذج الخاصة بتقويم تلك الخسائر والتكاليف، وقد يعزى ذلك لسبب اختلاف الأماكن ومستويات الأنظمة الكهربائية وطبيعة الأحمال والظروف الجوية ومدى الإمكانات المتاحة لبعض المستهلكين لتقليص حجم الخسائر في حالة حدوث تلك الانقطاعات، فمثلاً استخدمت طريقة الاستبيان [١] لاستطلاع آراء المستهلكين ومعرفة مدى الخسائر التي يمنون بها. فبالنسبة للمستهلك السكني كان التركيز على مدى الخسائر التي سيمنى بها في حالة الانقطاع كتلف الأطعمة وشراء أدوات الإنارة كالمصابيح والشموع. وقد بيّن البحث أن هذه التكاليف قد تبدو صغيرة بالنسبة للمشكلات النفسية التي سيعاني منها المستهلك والتي لا يمكن تحويلها إلى قيم مادية. أما بالنسبة للمستهلك الصناعي والتجاري فإن معاناتهما تنحصر في توقف الأنشطة والإنتاج وهذا بالتالي سيلحق الضرر بهذه الفئة من المستهلكين وينجم عنه خسارة مادية فادحة لهما. كذلك استحدثت طريقة إحصائية [٢] تبين أن تلك الخسائر تتزايد على نمط غير خطي كلما زاد أمد الانقطاع. كذلك اعتبر [٣] أن الخسارة الحقيقية للمستهلك السكني تتركز على ما يفقده من متعة فترة المساء حيث إنها مهمة في حياته وفيها معظم نشاطاته العائلية والاجتماعية وفيها الإخلاد للراحة والسكون واستعمال أدوات الترفيه، وقد اعتبر أنه يمكن حصر الخسائر على أساس معدّل الدخل للعائلة. وهناك أيضًا دراسة رائدة [٤] وأخرى [٥] في هذا المجال وهي التي قامت بها مؤسسة الكهرباء السويدية وقد عملتا على نمط أسئلة وُجّهت مباشرة للمستهلكين، وقد بنيت هذه الأسئلة على أساس معرفة التأثير المباشر لآثار مختلفة للانقطاعات. هناك أيضًا دراسات مختلفة [٦ ـ ١٩] عنيت بتقويم شامل لظاهرة الانقطاعات ومدى تأثيرها على مستويات الخدمة والدخل الشخصي والنشاط التجاري والإنتاج الصناعي. أيضًا هناك دراستان [٢٠، ٢١] تتعلقان بتقويم تكاليف الانقطاعات على المستهلك السكني وهي أساسًا تقوم على صياغة استبيانات وزعت على فئات مختارة من المشتركين وذلك لمعرفة مدى

تأثير الانقطاعات ومدى استعداد أولئك المستهلكين لزيادة التعرفة لتلافي تلك الانقطاعات وضمان استمرار الخدمة الكهربائية. وفي دراسات أخرى [٢٢ - ٢٤] تم أيضًا دراسة تأثير الانقطاعات على مجمل الدخل القومي (GNP) وتم أيضًا [٢٥ - ٢٧] استخدام معامل الطاقة غير المتاحة نتيجة الانقطاعات في حساب تكاليف الاعتمادية ومن ثم مواءمتها بالتكاليف الكلية للنظام وذلك للوصول إلى مستوى أمثل للخدمة الكهربائية وتحقيق اعتمادية مثلى للنظام الكهربائي وخفض في تكاليفه الثابتة والمتغيرة. وكما ذكر فإن كل الدراسات التي عملت في هذا المجال في مكان ما قد لا يصلح تطبيقها في مكان آخر وذلك نظرًا لتغير الأساليب التحليلية التي يستخدمها كل باحث مع تغير الأنظمة الكهربائية وتباين الظروف المكانية والمعيشية للمستهلكين وأنماط استهلاكهم واختلاف الفصول. وعلى كل حال فإن هذا النوع من الدراسات له أهمية حيوية لدى المخططين وشركات الكهرباء في معرفة الخسائر وتقدير تكاليفها في التخطيط بعيد المدى لأنظمة القوى الكهربائية.

دراسة لحالة عملية

لقد أدّى الطلب الكهربائي الهائل في المملكة إلى زيادة حجم الأنظمة الكهربائية وتعزيز قدراتها وتوحيدها في ما يسمى الآن بالشركات السعودية الموحدة للكهرباء وتم أيضًا ربط بعض المناطق بهدف تحسين الاعتمادية للأنظمة من جهة وتخفيض تكاليف الإنشاء والتشغيل من جهة أخرى وذلك ببناء محطات ذات كفاءة عالية وتكاليف منخفضة في بعض المناطق الساحلية.

والغرض من هذا البحث هو دراسة ومعرفة آثار الانقطاعات الكهربائية على المستهلكين بمدينة الرياض حيث إنها تعتبر عاصمة المملكة العربية السعودية وأكبر مدينة في نطاق امتياز الشركة السعودية الموحدة للكهرباء بالمنطقة الوسطى وتمثل وحدها حوالي ٧٠٪ من الاستهلاك الكلي لمنطقة امتياز الشركة في المنطقة الوسطى، وأسلوب العمل قد جرى ذكره بشكل شامل ومفصّل في المرجع [١٢]. وهذا الأسلوب يقوم على أساس استبيانات تمثل مسحًا شاملاً للمستهلكين الذي يعنى بمعرفة آرائهم ونتائج الانقطاعات

وعجز الطاقة وتأثير ذلك على حياتهم وأعمالهم، وفيما يلي استعراض شامل للقطاعات المعنية وطبيعة تلك الاستبانات التي وجهت لهم وردودهم عليها وتحليل تلك الردود والنتائج المبنية عليها.

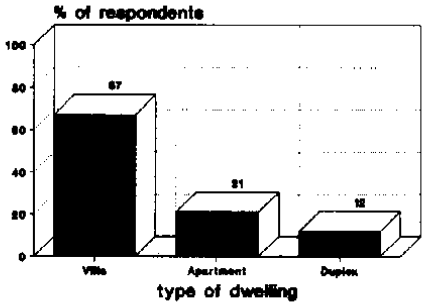
تكاليف الانقطاعات للمستهلك السكني

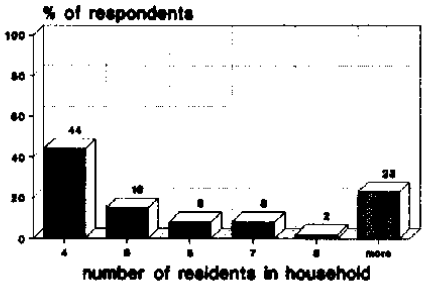
إن المعلومات الإحصائية [١٢] التي استخدمت في هذا البحث بنيت على أساس ٣٤٥ ردًّا من مستهلكين سكنيين تم اختيارهم وذلك من أصل ٧٣٠ استبيانًا أرسل لهم. والمشتركون يمثلون موظفين في شركة الكهرباء وبعض الوزارات ودارسين في الجامعات ورجال أعمال، وحيث إن المستهلك السكني يمنى بحالة من الضيق والحرج والمعاناة نتيجة انقطاع الخدمة الكهربائية فهي حالات نفسية لا يمكن قياسها بأي مقاييس أو معايير لمعرفة أبعادها ومن ثم ترجمتها على أساس قيمة مادية محسوسة.

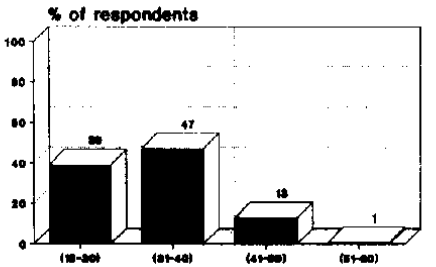
وقد كان من أهم الأسئلة التي وجهت لأولئك المستهلكين السكنيين تتلخص في الآتي: معدل الانقطاعات التي حدثت في السنتين الأخيرتين ـ مستوى متانة النظام لتقديم خدمة كهربائية مرغوبة ـ الخسائر المادية التي يمنى بها المستهلك عند حدوث الانقطاعات وتكرارها والمعاناة والإحساس بالضيق والتبرم من جرّاء الانقطاعات عندما تحدث في أوقات وفصول وآماد معيَّنة. وقياس ذلك بمعيار يبدأ من صفر (لا معاناة) حتى خمسة (منتهى المعاناة) ـ ومن واقع الردود التي شارك بها المساهمون أمكن تحليل مرئياتهم وآرائهم والمعلومات التي أدلوا بها كافة، والجدول ١ يبين معلومات عن المستهلك السكني: نوع السكن الذي يقطنه ونسبة الردود من كل نوع ومتوسط استهلاكه الشهري للطاقة الكهربائية، وقد أمكن الإفادة من هذه المعلومات في الوصول إلى بعض النتائج.

جدول ١. تنوع المتجاوبين من حيث طبيعة السكن والنسبة المئوية ومعدَّل الاستهلاك الشهري

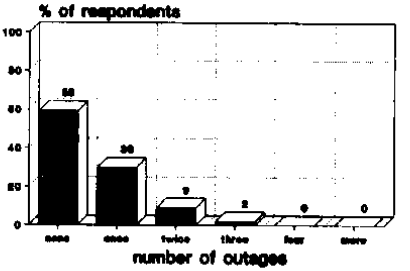
طبيعة السكن	المتجاوبون (٪)	متوسط الاستهلاك الشهري (KWh)
فيلا	٦٧	٤٥٠٠
طابق	١٢	٢٧٢٧
شقة	٢١	٢١٤٣







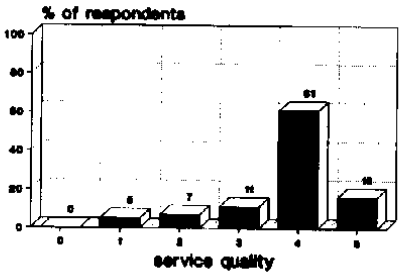
شكل ١ . معلومات (ديموغرافية) عن المستهلك السكني .



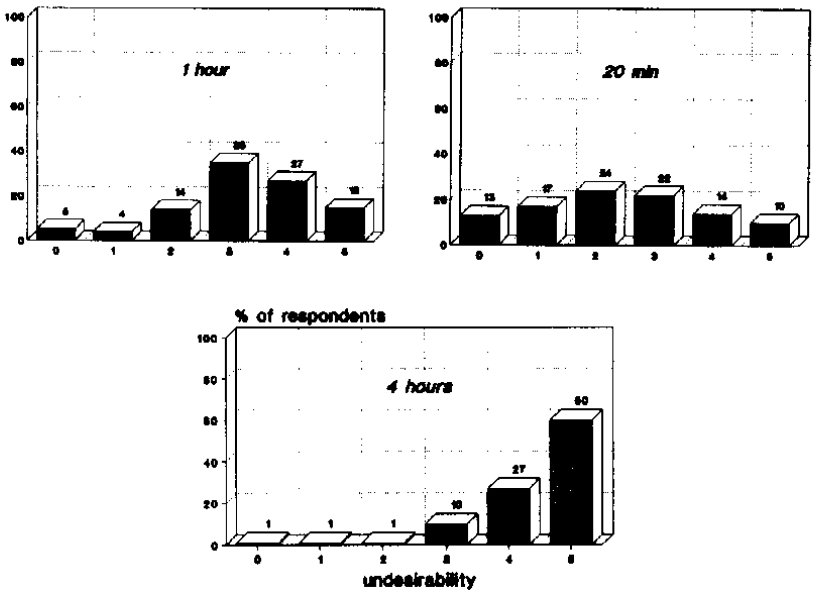
شكل ٢ . معدَّل الانقطاعات خلال السنتين الأخيرتين.

كما تبين الرسوم الثلاثة التي يمثلها الشكل ١ معلومات (ديموغرافية) عن المستهلكين الذي أرسلوا ردودهم ومنها: التعداد المئوي بالنسبة للأنواع الثلاثة من المساكن (فيلا، دور، شقة) كذلك عدد أفراد الأسرة في المسكن الواحد وأعمار من قام بالرد على الاستبيان. كذلك يبين الشكل ٢ النسب المئوية لمجموع ردود الذين أدلوا بآرائهم عن معدَّل الانقطاعات التي حدثت خلال السنتين الماضيتين (١٩٨٨، ١٩٨٩م) ويتضح من الشكل أن الانقطاعات تتراوح غالبًا بين لا شيء وانقطاع واحد فقط. كما أن الشكل ٣ يعكس رأيهم في مستوى متانة واعتمادية النظام الكهربائي حيث يوضح ثقة ورضا المستهلكين عن مستوى الخدمة الكهربائية التي تقدمها لهم شركة الكهرباء. أما استجابتهم لسؤال عن مدى الضيق الذي ربما سيعانيه المستهلك من جرَّاء انقطاع الخدمة الكهربائية عندما يحدث ذلك في فصل الصيف وفي الساعة الثانية بعد الظهر لفترات مختلفة كانت ردودهم تلك التي يصورها الشكل ٤، وتبرز المعاناة واضحة إذ أنها تزداد بزيادة أمد الانقطاع حيث إن تلك الفترة هي الفترة الحرجة بالنسبة لضرورة وجود الطاقة وعدم انقطاعها بسبب الاستخدام المكثف لأجهزة التكييف أثناء موسم الصيف (ولمزيد من صور المعاناة مع انقطاع الخدمة الكهربائية انظر المرجع [٢١]).

ومن الشكل ٤ يبدو أن المستهلك السكني سيفقد الكثير من الراحة والمتعة وسيحرم من ممارسة العديد من نشاطاته اليومية المعتادة ولكن هذا الفقد والحرمان لا يمكن التحقق منها بشكل ملموس إذ ليس هناك أي معيار مادي يحدد تلك المعاناة النفسية لدى المستهلك



شكل ٣ . مستوى الخدمة الكهربائية [ممتازة (5) وسيئة (0)].



شكل ٤ . تغير المعاناة النفسية مع فترات الانقطاع .

السكني من جرّاء انقطاع الخدمة الكهربائية. ولذلك فقد طلب من المستهلك تصور توقف انقطاع الخدمة خلال فترات محددة ثم يقوم بتقدير الخسائر (المادية) التي ربما يتصور أنه سيمنى بها خلال تلك الفترات، وهذه التقديرات التي أدلوا بها تمت صياغتها وإيضاحها في الجدول رقم٢. وقد جرى حساب تلك التقديرات على أساس التكاليف الفعلية بالنسبة لعدم توافر وحدة الطاقة (SR/kWh) حيث تمت الاستفادة من كل المعلومات التي أدلى بها المستهلكون في إجاباتهم وتبدو هذه التقديرات بعد تحليلها في الجدولين ٢ و٣.

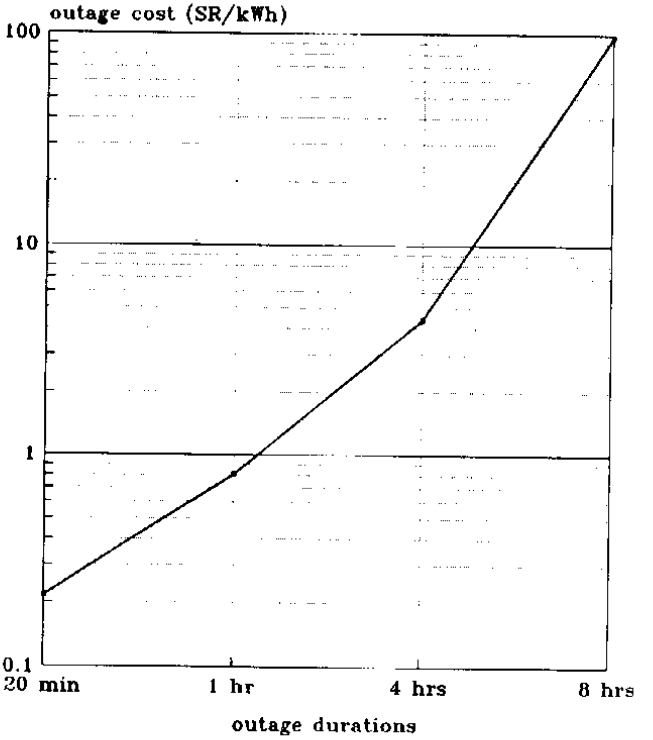
جدول ٢. تقدير معدّل الزيادة في التعرفة لانقطاع الخدمة في فترة الصيف بعد الساعة الثانية ظهرًا.

أمد الانقطاع	فيلا	شقة	طابق
	التكاليف لكل انقطاع (SR)		
٢٠ دقيقة	١,٦٢	٠,٤٧	٤,١٦
١ ساعة	٤,٥٤	١,٧١	٨,٩٦
٤ ساعات	٢٧,٠٧	٨,٧٤	١٠,٣٦
٨ ساعات	٤٦٩,٤٩	١٨٤,٢٩	٢٧٤,٧٢
	التكاليف لكل انقطاع مقسومًا على الاستهلاك الشهري (SR/KWh)		
٢٠ دقيقة	٠,٣٦٠	٠,١٩	٠,١٣
١ ساعة	١,٠١١	٠,٨٠	٠,٢٨
٤ ساعات	٦,٠٦٦	٤,٠٨	٣,٨١
٨ ساعات	١٠٤,٣٣٢	٨٦,٨٣	١٠١,٥٢

جدول ٣. تقدير تكاليف الانقطاع للمستهلك السكني بمدينة الرياض

أمد الانقطاع	التكاليف (SR/KWh)
٢٠ دقيقة	٠,٢١٤٦
١ ساعة	٠,٨٠٤٨
٤ ساعات	٤,٣٨٢٠
٨ ساعات	٩٧,٣٢٠٠

وقد ترجمت تلك المعاناة النفسية كما تبدو واضحة في الشكل ٥ إلى قيم مادية محسوسة تتزايد على نمط غير خطي (non linear) كلما زاد أمد الانقطاع . وهذه التكاليف إلى جانب تكاليف قطاعات أخرى يمكن الاستفادة منها في عملية التخطيط لإنشاء أنظمة القوى الكهربائية (انظر المراجع [٢٦ - ٢٨]) .



شكل ٥ . تغير التكاليف للمستهلك السكني مع فترات الانقطاع .

تكاليف الانقطاعات للمستهلك التجاري

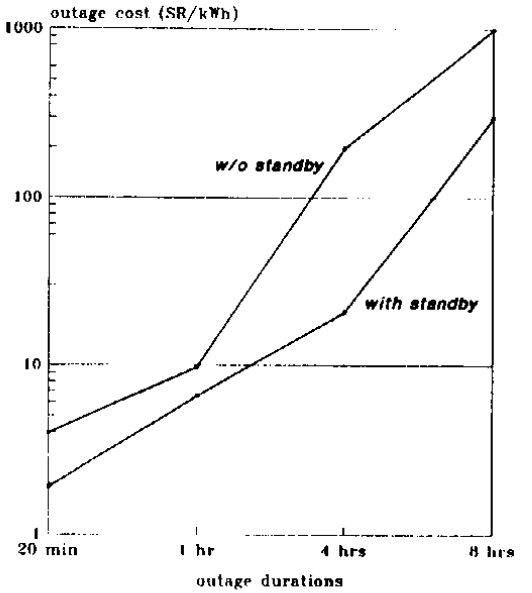
في المسح الـذي أجري على قطاع المستهلك التجاري [٢٩] والذي يشتمل على المعلومات [١٢] التي طُبِّقت على ذلك المستهلك، فإن الاستبيان يسأل الذين عني المسح بدراسة حالاتهم لأن يقوموا بتقويم وتقدير التكاليف التي ستتحملها شركاتهم ومؤسساتهم في حالة تعرضها لفترات متفاوتة من انقطاع الخدمة الكهربائية. وهذه الانقطاعات افترض وقوعها بدون سابق إنذار في ليلة من ليالي شهر رمضان المبارك بين الساعة التاسعة مساءً والواحدة بعد منتصف الليل، وهذه الفترة حيث تنشط فيها الدورة التجارية رؤي أنها أسوأ الفترات التي ربما يتعرض المتجر أو المعرض خلالها لانقطاع الخدمة الكهربائية. وكان أولئك التجار الذين اشتركوا في عملية المسح (أو إجابة الاستبيان) قد أعطوا تعليمات لأن يُضمِّنوا في إجاباتهم: فقد المبيعات، الأجور المدفوعة للموظفين والعاملين دون أن يؤدوا عملهم، الأدوات والعدد التي تعرضت للعطب... إلخ. وقد طلب من المستهلكين أن يبيِّنوا من خلال فترات انقطاع محتملة ودون سابق إنذار وفي الوقت الذي يفترض فيه أوج النشاط التجاري جميع العوامل التي تتكون منها تقديراتهم تلك. وقد روعي ذكر تلك العوامل في الاستبيان حتى تساعد المستهلك التجاري في تقديراته للخسائر والتكاليف، وهذه التقديرات لتكاليف الانقطاعات جرى تحليلها بعد الأخذ بعين الاعتبار ما إذا كان لدى المستهلك أي نوع من أنواع الأنظمة الاحتياطية (standby) التي يجابه بها انقطاع الخدمة أم لا وإذا كانت موجودة فما هو نوع ذلك النظام وتكاليفه.

لقد صَنَّفَ المسح (الاستبيان) المستهلك التجاري إلى ثلاث فئات: مخازن الأغذية ثم الخدمات العامة ثم الأعمال الصغيرة. وهذا التقسيم لكل مستهلك تم تطبيعه (normalized) بالنسبة لاستهلاك الطاقة السنوي (kWh). ويجب أن ندرك أن هذا التطبيع لم يعمل على أساس الطاقة غير المتاحة (expected energy not served) والذي ربما يعني الكثير من الخسائر لأن الطاقة التي تتاح للمستهلك بثمن زهيد ربما تكلفه الكثير في حالة فقدها وعدم إتاحتها.

لقد جرى تقويم التكاليف لمجموعة هذه الفئات حسب المعلومات والأرقام التي أدلى بها المستهلكون، ويبدو ذلك من الجدول ٤ وكما هي أيضًا ممثلة في الشكل ٦.

جدول ٤ . تقدير تكاليف الانقطاع للمستهلك التجاري بمدينة الرياض (SR/KWh)

	أمد الانقطاع			
نوعية النشاط	٢٠ دقيقة	١ ساعة	٤ ساعات	٨ ساعات
أعمال صغيرة	٤,٣٤	٦,٨٧	١٢٥,٥	٢٥٠
خدمات عامة	٣,٢٧	٧,٧٤	١٦٨,٣	٦١٠
تموينات	٢,١٨	١٣,٥٢	٢٩٧,١	٢١٠٠
متوسط التكاليف	٣,٩٣	٩,٧٥	١٩٧,٦	٩٨٧
متوسط التكاليف مع وجود أنظمة طوارىء	١,٨٨	٦,٥٤	٢٠,٧	٢٩٨



شكل ٦ . تغير التكاليف للمستهلك التجاري مع فترات الانقطاع .

ويبين الشكل أعلاه معدَّل تغيّر التكاليف (SR/kWh) تبعًا لتغيّر أمد الانقطاع للفئات الثلاث (وقد حصرت في منحنى واحد) ويلاحظ في الشكل أن خسائر أولئك الذين يملكون وسائل احتياط أقل من خسائر أولئك الذين لا يملكون تلك الوسائل. وقد لوحظ من نتائج الاستبيان أن بعض المؤسسات التي تعتمد على التبريد لحفظ الأطعمة والمواد الغذائية كالمطاعم الكبيرة والفنادق ومخازن التبريد (coldstores) أو الأسواق المركزية (supermarkets) هي أكثر الفئات التي تحتفظ بأنظمة احتياطية كما لوحظ أيضًا أنها أكثر الفئات تأثرًا بالانقطاع إذا طال أمده. وهذا التغيّر يشبه نتائج دراستين مماثلتين [٣٠، ٣١]. وإن كان الشكل لا يبرز مدى تغيّر التكاليف بين هذه الفئات ذاتها إلا أنه يجب أخذ ذلك في الحسبان وبخاصة في عمليات تقويم خطط التوسع المستقبلية لأنظمة القوى الكهربائية.

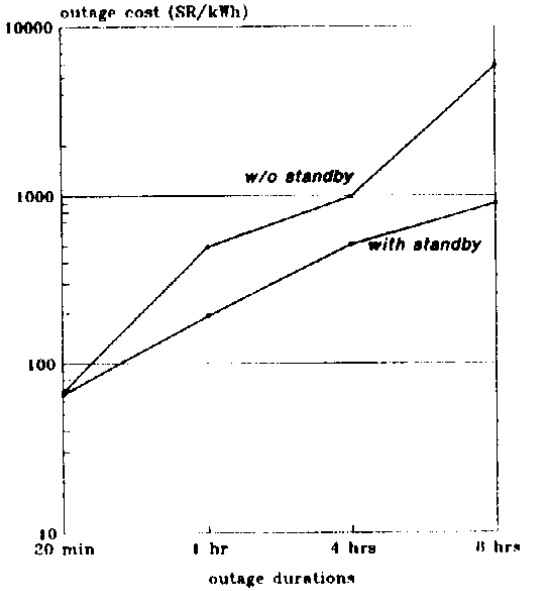
تكاليف الانقطاعات للمستهلك الصناعي

في هذا القسم من البحث يجرى تقدير التكاليف للمستهلك الصناعي نتيجة انقطاع الخدمة الكهربائية وقد يعتبر من أكثر القطاعات تأثرًا بحدوث الانقطاعات. لقد تم اختيار مجموعة من المصانع التي تقوم بتجميع وصناعة منتجات مختلفة [٣٢] (أغذية، مشروبات، ألبان، سجاد، ألومنيوم). ولقد جرى حصر التكاليف والخسائر التي ربما يمنى بها المستهلك الصناعي (الذي يشكل حوالي ٢٠٪ من الطاقة المستهلكة بمدينة الرياض) نتيجة الانقطاعات وكذلك دراسة تأثير وجود بدائل لدى ذلك المستهلك لمجابهة تلك الانقطاعات وضمان استمرار العمل والإنتاج. وقد جرى استعراض تلك البدائل (أو وسائل الاحتياط) عند مناقشة المستهلك التجاري وقد اتضح دور وفعالية تلك الوسائل في خفض التكاليف وتقليل تأثير الانقطاعات. لقد استخدمت المعلومات المدوَّنة في المرجع [١٢] وجرى إرسال الاستبيانات بالبريد. وكان السؤال الموجه لكل صنف من المستهلكين الصناعيين هو: كيف يتم تقديرهم للخسائر التي ستمنى بها شركاتهم عند تعرضها لفترات مختلفة من انقطاع الخدمة الكهربائية. وكان السؤال ينحصر في كيفية تقويم تلك الخسائر أثناء حدوث الانقطاع خلال ساعات العمل (من التاسعة صباحًا وحتى السادسة مساءً). وقد طلب من أولئك المستهلكين أن يضمنوا في تقديراتهم الخلل الذي سيصيب الأجهزة أو الآلات، كذلك عطب وفساد المنتجات والمواد الخام، كذلك التكاليف التي تصاحب إعادة

تشغيل الآلات، كذلك فقد الإنتاج خلال فترة الانقطاع ويدخل في هذا الإنتاج الذي ربما يستأنف أثناء فترات عمل إضافية. كذلك تقدير تكاليف أخرى كتكاليف تشغيل أنظمة احتياط لتفادي توقف العمل والأضرار الناجمة عن ذلك. وجملة هذه التكاليف جرى تحليلها ودراستها من الردود على ضوء وجود وسائل احتياط لدى المستهلك أم لا. ولقد تم تقدير تكاليف الانقطاعات بالأسلوب نفسه المتبع مع المستهلك التجاري والذي سبق ذكره. ولقد جرى تحليل تلك النتائج أيضًا بمعرفة استهلاك الطاقة السنوي (kWh) لكل فئة وكذلك الحمل الذروي وذلك من خلال الاستبيان وإن كان البعض غير مدرك تمامًا لتلك الكمية وفي هذه الحالة جرى معرفتها بسماح خاص منهم من قبل الشركة أو من زيارة خاصة لبعض تلك المنشآت. وهذه النتائج تم إيضاحها في الجدول ٥ كما جرى تمثيلها في الشكل ٧ وهي تعبر عن تغيّر التكاليف بالنسبة للكيلوات ساعة (SR/kWh) مع تغيّر فترات الانقطاع وهذه التكاليف جرى تقديرها عندما يكون هناك وسائل احتياط لدى المستهلك لتفادي الانقطاع وكذلك تقدير تلك التكاليف عندما لا يكون لدى المستهلك أي نوع من أنواع الوسائل تلك.

جدول ٥. تقدير تكاليف الانقطاع للمستهلك الصناعي بمدينة الرياض (SR/KWh)

	أمد الانقطاع			
نوعية النشاط	٢٠ دقيقة	١ ساعة	٤ ساعات	٨ ساعات
مرطبات	٦٤	٤٨٥	٧٧٠	٤٩٠٠
سجاد	٦٠	٤٦٧	٩٨٩	٥٩٨٠
ألبان	٧٤	٥٩٢	١١١٦	٥٦٢٦
أغذية	٨٥	٦١٦	١٤١٦	٧٨١٠
معادن	٥٠	٣١٨	٦١٠	٤٨٩٠
متوسط التكاليف	٦٧	٤٩٦	٩٨٠	٥٨٤٣
متوسط التكاليف مع وجود أنظمة طوارىء	٦٥	١٩٢	٥١٠	٨٩٦



شكل ٧ . تغير التكاليف للمستهلك الصناعي مع فترات الانقطاع .

من الشكل ٧ يلاحظ أن تكاليف الانقطاع تزداد مع طول فترات الانقطاع زيادة كبيرة نظرًا للخسارة الفادحة في الإنتاج نتيجة لتوقف الطاقة ، كما يبدو أن هذه التكاليف قد تنخفض بشكل ملموس لو كان لدى المستهلك أي نوع من أنظمة الاحتياط . وهذا التقويم قد يبدو متوافقًا مع تقويم آخر للمستهلك الصناعي في دراسة أخرى [٣٣] . وهناك أيضًا سؤال وُجِّه بشكل خاص إلى المستهلك الصناعي يرتبط بأهمية الإنذار المبكر للانقطاعات وآمادها وكان هناك إجماع من جميع الردود على أن هذا الإجراء قد يخفف إلى حدٍّ كبير من حجم الخسائر ويتيح فرصة لأخذ المبادرة نحو الاستعداد لمجابهة الانقطاعات وتخفيف آثارها .

تكاليف الانقطاع

لقد رأينا مما سبق ذكره أن تكاليف الانقطاعات تتألف من شقين الأول ذلك الذي تتحمله شركة الكهرباء ، والآخر ذلك الذي يتحمله المستهلك ، فخسارة الشركة ربما

تتلخص في الآتي:

١) خسارة المبيعات للطاقة والتي يدفعها المستهلك وتشكل دخلاً للشركة.

٢) فقدان الثقة لدى المستهلك إزاء الشركة وربما يسبب ذلك خسارة مشروعات مستقبلية قد تعود بالنفع على الشركة.

٣) زيادة في تكاليف الصيانة والإصلاح نتيجة الانقطاعات.

وهـذه التكاليف قد تعتبر صغيرة إذا قورنت بالتكاليف التي يمنى بها المستهلكون نتيجة الانقطاعات وقد يكون أحيانًا من الصعب تقديرها وهي تتضمن:

- التكـاليف التي يتحملهـا المستهلك الصنـاعي والتجاري نتيجة فقد المبيعات وتعطل الإنتـاج والأجـور الإضـافية وتلف المنتجـات الصناعية أو رداءة جودتها وزيادة أعباء الصيانة والإصلاح وأجهزة الطوارىء.

- التكاليف التي يتحملها المستهلك السكني في فساد الأطعمة المبرّدة وتكاليف الوسائل البديلة للتدفئة والتكييف والإنارة والتشغيل.

- التكـاليف التي لا يمكن تقديرها ماديًا والتي تتراوح بين فقدان الراحة ومزاولة بعض الأنشطة والاستمتاع بوسائل الترفيه إلى حالات أكثر سوءًا كتوقف وسائل الخدمات في المستشفيات ومحطات الإذاعـة والتليفـزيون ومعـاهـد التعليم ووسـائط المواصلات والاتصـالات ووسائل الأمن والسلامة. ولقد تم في الجدول الآتي (جدول ٦) حصر التكـاليف المذكورة آنفًا بالنسبة لكل قطاع من قطاعات المستهلكين الرئيسة الثلاثة، وهي كما يلي:

إن لتلك الأرقام المدونة بالجدول ٦ محدودية بالنسبة لدقتها أو مدى صحتها، وقد يعزى ذلك إلى أن التقويم كان يعتمد أساسًا على تقدير تكاليف الانقطاعات التي أدلى بها المستهلكـون أنفسهم من واقع تجاربهم أو تصوراتهم لآثار الانقطاعات الكهربائية، وقد يكون بعضهم لم يمر بتجربة حقيقية لانقطاع الخدمة وبالتالي فقد لا يعي مدى الخسائر أو

جدول ٦ . حصر التكاليف للقطاعات الرئيسة بمدينة الرياض (SR/KWh)

أمد الانقطاع	قطاعات المستهلكين		
	سكني	تجاري	صناعي
٢٠ دقيقة	٠,٢١٤٦	٣,٩٣	٦٧
١ ساعة	٠,٨٠٤٨	٩,٧٥	٤٩٦
٤ ساعات	٤,٣٨٢١	١٩٧,٦٠	٩٨٠
٨ ساعات	٩٧,٣٢٠٠	٩٨٧,٠٠	٥٨٤٣

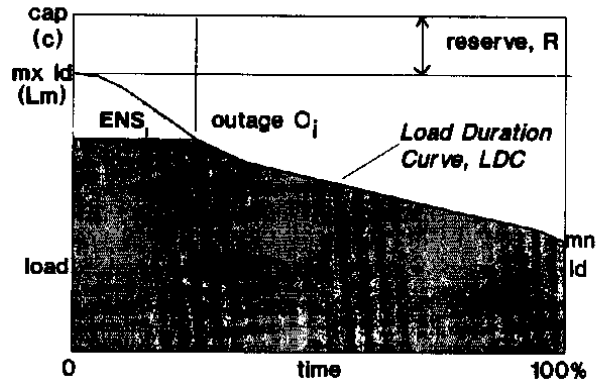
المعاناة عندما تطول فترات الانقطاع . كما أن البعض ممن أرسلت لهم الاستبانات لم يقوموا بالرد عليها وقد يكون لديهم معلومات أو تقويمات مختلفة . كما أن البعض ممن تجاوب مع الاستبيان لم يكن راغبًا في إعطاء معلومات شاملة إما لعدم إحاطته بطبيعة الأسئلة أو تردده في إعطاء معلومات قد يراها من خصوصيات حياته أو عمله . وبالمقارنة مع دراسات أخرى [١ ، ٩] عملت في المجال نفسه تتأكد هذه المحدودية في بعض الأساليب المطبقة أو عدم كفاية المعلومات المطلوبة .

نمذجة رياضية

يمكن استعراض طريقة لإيجاد تلك الطاقة غير المتاحة (expected energy not served, EENS) والتي تنتج ـ كما ذكرنا سابقًا ـ بسبب الانقطاعات الكهربائية لعدم كفاية وحدات التوليد العاملة في النظام إما لخروج بعض منها نتيجة عطل قسري أو زيادة الأحمال الكهربائية بشكل فجائي . وهذه الطريقة تعتمد على نموذجين أساسيين مطلوبين وهما نموذج للسعة (capacity model) ونموذج للحمل (load model) وهذان النموذجان يمكن دمجهما معًا لإيجاد تلك الطاقة المفقودة أي EENS. ولإيجاد نموذج السعة فإن كل وحدة في النظام الكهربائي تمثل حالتين أو أكثر ولكل حالة احتمال وجود مرتبط بها (availability) ويجري دمج هذه الحالات لجميع الوحدات الموجودة في النظام الكهربائي باستخدام أسلوب التدوير (recursive algorithm) [٣٤] حيث

ينتج من هذه العملية جدول يعرف بجدول احتمالات السعات المفقودة (capacity outage probability table, COPT).

أما بالنسبة لنموذج الحمل فهناك العديد من نماذج الأحمال المعروفة والمستخدمة [٣٥] ولعلَّ أبسطها وأكثرها استعمالاً هو أن يمثل منحنى الحمل بالأحمال القصوى لكل ساعة طوال العام ثم تجرى عملية ترتيب هذه الأحمال بشكل تنازلي حيث ينتج بالتالي ما يسمى بمنحنى الحمل الدوري (load duration curve, LDC) وفي هذه الحالة فإن المساحة التي تقع ضمن هذا المنحنى تمثل الطاقة المسحوبة من النظام. وفي حالة فقدان عدد من الوحدات فلن يكون هناك طاقة مفقودة طالما أن هناك احتياطيًّا ثابتًا (static reserve) ولكن إذا زاد عدد الوحدات المفقودة إلى الحد الذي تصبح معه سعة النظام أقل من الحمل القائم ($C < L_m$) ففي هذه الحالة سيكون هناك فقد للحمل (load loss) وهو الذي يتسبب عنه فقد جزء من الطاقة المتاحة أو المطلوبة [انظر الشكل ٨].



شكل ٨. منحنى الحمل الدوري (LDC) والطاقة المتاحة (E) وغير المتاحة (ENS)

من الشكل أعلاه يمكن حساب «احتمال الطاقة غير المتاحة (EENS)» كما يلي:

$$EENS_i = \sum_i ENS_i * P_i \quad (kWh/\ Period)$$

حيث إن :

ENS_i = الطاقة غير المتاحة نتيجة فقد الحمل بسبب حدوث انقطاع (O_i) يتجاوز حجم الاحتياطي (O_i>R) ويكون عندئذ الحمل الأقصى أكبر من السعة المركبة للنظام (L_m>C) وذلك خلال فترة من الزمن قدرها t_i.

P_i = احتمال فقد الحمل (O_i).

ولحساب تكاليف تلك الانقطاعات فإنه يمكن تطبيق المعادلة التالية :

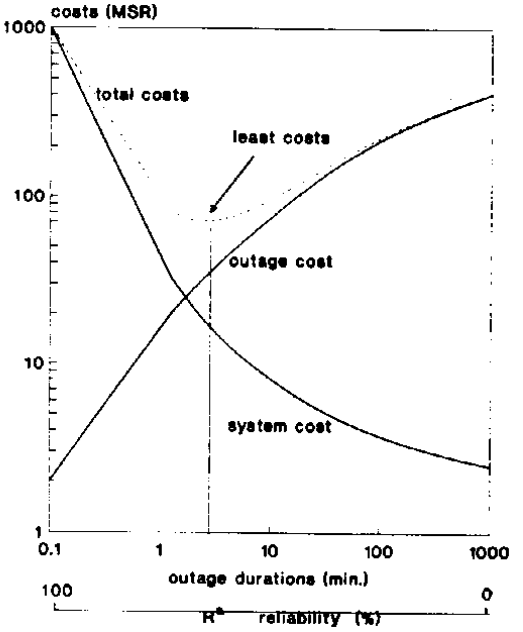
Total expected outage cost = (EENS) * (cost/kwh)

حيث إن (cost/kWh) يمكن معرفتها من الأساليب والنتائج التي تم عرضها آنفًا.

مواءمة الاعتمادية والتكاليف في تخطيط الأنظمة الكهربائية

عرفنا من هذه الدراسة أن الانقطاعات عنصر مهم في عملية التخطيط للأنظمة الكهربائية إذ أن تلك الانقطاعات تمثل المستوى الحقيقي لاعتمادية النظام ومستوى الخدمة الكهربائية التي يقدمها للمستهلكين على اختلاف فئاتهم. إن تقليل تلك الانقطاعات إلى الحد الأدنى والمطلوب عملية تستلزم إنفاقًا أكبر لزيادة قدرات التوليد وتعزيز شبكات النقل والتوزيع، ولكن هذا الإنفاق يجب ألاَّ يتجاوز حدًّا معقولاً إذ أن ذلك سينعكس بلا شك على هيكل التعرفة التي يدفعها المستهلكون نظير الطاقة الكهربائية المتاحة لهم. ولذلك فإن عملية المواءمة بين هذين العنصرين المهمين (الاعتمادية والتكاليف) في عملية التخطيط أمر بالـغ الأهمية. وأسلوب المواءمة ذلك ربما يتضح تمثيله بمقارنة تكاليف الانقطاعات التي قيِّمت في هذه الدراسة ومستويات الاعتمادية التي قيِّمت في دراسة أخرى [٣٦]. والشكل ٩ يبرز العلاقة بين الاعتمادية والتكاليف.

ومن هذا الشكل يتضح أن تكاليف الانقطاع (outage cost) تزداد بنقص الاستثمار والإنفاق في المحطات الكهربائية (system cost) والعكس صحيح. ولكن يجب ألا تزداد هذه النفقات لغرض الوصول إلى مستويات عليا للاعتمادية لأن هذا قد لا يكون الهدف المطلوب ففي هذا بالطبع إرهاق للمستهلكين دون أن يكون له مردود يذكر. وفي هذه الحالة يجب أن يكون الإنفاق على النظام في الحدود المعقولة والتي تضمن مميزات وفوائد محسوسة. ويبدو في



شكل ٩. العلاقة بين الاعتمادية والتكاليف.

الشكل المستوى الأمثل للاعتمادية (R*) وهو الذي يحدث عندما يكون مجموع هذه التكاليف (total cost) في أدنى حدٍّ له، لذلك فإن المواءمة بين التكاليف الفعلية للنظام الكهربائي ومستوى الاعتمادية يجب أن يدرس بعناية في مرحلة التخطيط وأن تحلل كافة الخطط لاختيار البديل الأفضل منها والذي يحقق مستويات معقولة من حيث الاعتمادية والتكاليف. وحتى الآن لا يوجد اتفاق عام في كل الدراسات التي عملت على طريقة معيَّنة لإيجاد تكاليف الانقطاع أو مستويات الاعتمادية المناسبة. ولكن هناك اتفاق على أن الاعتمادية تزداد بزيادة التكاليف وبالتالي فإن تكاليف الانقطاعات ستقل وهذا واضح في الشكل أعلاه.

الخاتمة

في هذا البحث تم تطوير وتطبيق أساليب لتقويم الخسائر التي تمنى بها قطاعات المستهلكين بمدينة الرياض على اختلاف فئاتهم عند حدوث الانقطاعات الكهربائية. وقد روعي في ذلك وقت وتكرار وأمد تلك الانقطاعات. وقد لوحظ أن تلك الخسائر تزداد بأضعاف كبيرة مع طول أمد الانقطاعات مما ينجم عنه خسائر مادية ونفسية تلحق بالمستهلكين. كما أن وجود أنظمة مساندة كبديل عند انقطاع الخدمة ضروري وبخاصة للمستهلك التجاري والصناعي حيث إن ذلك سيخفف إلى حدٍّ كبير من حجم الخسائر التي قد تلحق بهذين القطاعين. والهدف من هذا البحث هو إيجاد أساليب للوصول إلى نتائج لتقدير تلك الخسائر والتكاليف لاستخدامها من قبل مخططي ومهندسي الأنظمة الكهربائية وبخاصة في المملكة حتى يتم مواءمتها بتكاليف الإنشاء والتشغيل وبذلك يمكن تحديد المستوى الأمثل للخدمة الكهربائية والذي يضمن تدفقها بصورة مستمرة مع مراعاة تكلفة معقولة لذلك.

توصية

على ضوء الأساليب والنتائج التي تم عرضها في هذا البحث تظهر الحاجة الماسة إلى وجود قاعدة للمعلومات لدى شركات الكهرباء وإدارات التخطيط المعنية تتوافر فيها كافة المعلومات والإحصاءات عن أداء الأنظمة الكهربائية وتكاليفها الإنشائية والتشغيلية خلال عمرها الافتراضي، كذلك عمل المزيد من الدراسات في مجال انقطاعات الخدمة الكهربائية لمعرفة تأثيرها على قطاعات المستهلكين كافة وذلك لغرض الوصول إلى مستويات مثلى للاعتمادية تضمن استمرارًا لتدفق الطاقة الكهربائية من جهة وخفضًا لتكاليفها الإنشائية والتشغيلية من جهة أخرى.

شكر.

يود المؤلف أن يتقدم بالشكر والتقدير لمركز البحوث بكلية الهندسة، جامعة الملك سعود، على الدعم الذي تلقاه في رعاية هذا البحث وذلك تحت المشروع رقم ٣/٤١٠ كما ينوه بالشكر لمساعد الباحث المهندس علي أحمد عوض لجهوده في عمليات الحاسب الآلي.

كذلك يدين بالشكر لكل من شارك في عملية الاستبيان من قبل قطاعات المستهلكين الذين شملهم المسح .

المراجع

[١] Wacker, G., Subramaniam, R. and Billinton, R. "Using Cost of Electric Service Interruption Surveys in the Determination of A Composite Customer Damage Function." *International Association of Science and Technology*, June 4-6, 1984, San Fracisco, California, Paper No. 203-143.

[٢] Koval, D. and Billinton, R. "Statistical and Analytical Evaluation of the Duration and Cost of Consumers Interruptions." *IEEE Winter Power Meeting*, No. A79 057-1 (1979).

[٣] Munasinghe, M., "The Leisure Cost of Electric Power Failures." *World Bank Publications*, No. 285, Washington DC, June (1978).

[٤] Swedish Committee on Supply Interruption Costs, "Cost of Interruptions in Electric Supply." *The Electricity Council. O. A. Transaction* 450 (1969).

[٥] Swedish Electricity Association, "Cost of Electric Service Interruptions." *Report Transmitted* by the Government of Sweeden to the Committee on Electric Power of the Economic Commission of Eurpoe, No., EP/SEM.8/R.30 (1981).

[٦] Wacker, G and Billinton, R. "Customer Cost of Electric Service Interruptions." *IEEE Proc.* 77, No. 6 (1989).

[٧] Sanghvi, A. B. "Economic Costs of Electricity Supply Interruptions." *Journal of Energy Economics*, 4, No. 3 (1982), 180.

[٨] Miles, W.; Corwin, J. and Blair, P. "Cost of Power Outagesthe 1977 New york Blackout." *Reliability Conference for the Electric Power Industry* (1979), 193.

[٩] Billinton, R.; Wacker, G. and Wojczynski, E. "Customer Damage Resulting from Electric Service Interruptions Volume onereport." R & D Project Prepared for the Canadian Electrical Association (1982).

[١٠] Skof, L. "Customer Interruption Cost vary Widely." *Electrical World* July 15, (1977) 64.

[١١] Wacker, G.; Wojczynski, E., and Billinton, R. "Cost/ Benefit Considerations in Providing an Adequate Electric Energy Supply." *third International Symposium on Large Engineering Systems*, July 10-11 (1980), 3-8, St. Johns, Canada.

[١٢] Shaalan, A. M. and Albahrani, A. H. "Assessment of Consumers and Utility Losses Resulting from Electric Service Interruptions." *Project EE-3/1408*, Research Center, College of Engineering, King Saud Inversity, Riyadh, Saudi Arabia, (1988).

[١٣] Shaalan, A. M. "Electric Service Interruptions: Impact and Cost Estimation." *Electra, Cigrè*, No. 127, December (1989), 99-109.

[١٤] Anderson, R. and Taylor, L. "The Social Costs of Unsupplied Electricity." *Journal of Energy Economics*, 8, No. 3 (1986), 139.

[١٥] Munasinghe, M. "Costs incurred by Residential Electric Consumers Due to Power Failures." *Journal of Consomer Research*, 6, (1980), 361.

[١٦] Stephenson, W. and Walters, W. "Measurements of Residential Outage Costs for Reliability Planning." *14th Inter-RAM Conference Proceedings*, (1987), 115-122.

[١٧] Wacker, G.; Wojczynski, E. and Billinton, R. "Interruption Cost Methodology and Results-A Canadian Residential Survey.", *IEEE Trans.* PAS-102, No. 10 (1983), 3385-3392.

[١٨] Krohm, G. "A survey of Disruption and Consumer Costs Resulting from a Major Residential Power Outage." *Argonne National Laboratory, Report No.* ANLEES-TM/29, (1978), Argonne, Illinois, USA.

[١٩] Lundberg, L. "Report of the Group of Experts on Quality of Service from the Customer Point of View." *International Union of Producers and Distributors of Electric Energy, Report No.* 60/D (1972).

[٢٠] Billinton, R.; Wacker, G. and Subramaniam, R. "Factors Affecting the Development of Residential Customer Damage Function." *IEEE Trans.* PAS-Vol. 2, No. 1 (1987), 204-209.

[٢١] Shaalan, A. M. "Cost of Electrical Interruptions in the Residential Area of Riyadh City." *The Arab Gulf Journal of Scientific Research*, Arab Bureau of Education for the gulf States, Riyadh, Saudi Arabia, 7, No. 2 (1987), 79-91.

[٢٢] Shipley, R.; Patton, A. and Denson, A., "Power System Reliability Cost vs Worth." *IEEE Trans.* PAS-Vol. 91 (1972), 2204.

[٢٣] Telson, M., "The Economics of Alternative Levels of Reliability for Electric Power Generation Systems." *The Bell Journal of Economics*, 6, No. 2 (1975), 697.

[٢٤] Sullivan, R., "Worth of *Reliability.*" *EPRI Workshop Proc.*, No. WS-77-60, March (1978), 6-50.

[٢٥] Allan, R. N. and Shaalan, A. M. "Probabilitic Production Costing Model." *The International Journal of Modeling and Simulation*, 8, No. 3, July (1988), 88-93.

[٢٦] Billinton, R. and Oteng-Adjei, J. "Utilization of Interrupted Energy Assessment Rates in Generation and Transmission System Planning." *IEEE Publications*, paper No. 90 SM 290-7 PWRS.

[٢٧] Billinton, R.; Oteng-Adjei, J. and Ghajar, R. "Comparison of Two Alternate Methods to Establish and Interrupted Energy Assessment Rate." *IEEE TRans.* PAS-Vol. 2, No. 3 (1987), 751-757.

[٢٨] Shaalan, A. M. "Problems Associated with Power System Planning in Developing countries." *The Journal of Engineering Sciences*, KSU, Riyadh, 14, No. 2 (1988) 385-397.

[٢٩] Riyadh Chamber of Commerce and Industry. *The Commercial Directory for Riyadh City*, 6th Edition (1986).

[٣٠] Billinton, R. Wacker, G and Subramaniam, R. "Factors Affecting the Development of a Commercial Customer Damage Function." *IEEE Trans.* PAS-Vol. 1, No. 4, November (1986), 28-33.

[٣١] Krohm, G. "Costs of Interruptions of Electrical Service in the Commercial Sector." *Argonne National Laboratory, Report* No. ANL/EESTM-30, Argonne, Illinois, September (1978).

[٣٢] Riyadh Chamber of Commerce and Industry. *Riyadh Factories and Industrial Zones*, 3rd Edition. Saudi Arabia: RCCI, 1987.

[٣٣] Subramaniam, R.; Billinton, R. and Wacker, G. "Factors Affecting the Development of an Industrial Customer Damage Function." *IEEE Trans.* PAS-Vol. 104 (1985), 3209-3215.

[٣٤] Shaalan, A. M. and Al-Mohawes, Reliability Concepts in Power System Planning. *Reliability Engineering*, Hemisphere Publishing Corporation, New York (1988), 166-174.

[٣٥] Billinton, R. and Allan, R. N. Reliability Evaluation of Power Systems. New York: Plenum Press, 1984.

[٣٦] Allan, R. N. and Shaalan, A. M. "Cost Benefit and Reliability Assessment of Electrical Generating Systems." *Reliability Engineering Internal Journal*, 3, No. 1 (1986), 1-19.

Consumers Losses due to Electric Outages

A.M. Shaalan
Electrical Engineering Deptepartment, College of Engineering, King Saud University, P.O. Box 800, Riyadh 11421, Saudi Arabia

Abstract. This paper displays results of a study that has been conducted to investigate the losses sustained by the consumers in the city of Riyadh as a result of service interruptions due to electric power outages.

The results reveal that for the residential consumer, it is mostly centered on discomfort, anxiety and inconvenience and these intangible effects may exceed the monetary losses that he may incur in food spoilage.

For the commercial and industrial consumers, they will suffer a great deal of damage as a result of business closure and production cease. It is noticed that consumers losses increase nonlinearly with the increase of outage durations. Also, the availability of alternate power supplies (standbys) is of a great importance for commercial and industrial consumers as a precautionary measure to avert outages or at least mitigate their effects.

The results of this study is valuable to power system planners, engineers and researchers to be reliability and cost-benefit assessment.