ادارة الاحمال ودورها فى ترشيد استهلاك الطاقة

د . محمد فتحى بارة *
م . انور الرياطى * *
د . محمد خلاط *
م . فتحى ابوقراض * *

مقدمـــة

فى اطار سعى الشركة العامة للكهرباء بالجماهيرية العظمى إلى تحسين مستوى اداء الشبكة ، والرفع من اقتصاديات التشغيل ، شكل فريق عمل لدراسة ومتابعة الاحمال باعتبارها المستهدف الرئيسى لخدمات الشركة .

ويرمى برنامج الفريق إلى الاطلاع على الخبرة المكتسبة على المستوى العالمى فى مجال ادارة الاحمال والاستفادة منها فى وضع وتنفيذ ومتابعة برنامج لادارة الاحمال يتمشى مع طبيعة حمل الشبكة والظروف المحلية المحيطة والمؤثرة فى ذلك والتى تختلف بالطبع من شبكة ومنطقة إلى اخرى .

وقد لوحظت منذ البداية اهمية هذا العمل وتوقعات نجاحه العالية . ومع ان اهم منطلقات البرنامج توفر المعلومات والبيانات الدقيقة والمتناسقة ، ومع صعوبة توفيرها ، الا ان البرنامج قد بدا ينجز مراحلة الاولى سعيا للوصول إلى الاهداف الموضوعة له .

وتستعرض هذه الورقة باختصار موضوع ادارة الاحمال ، وتلقى الضوء على بداية البرنامج المقترح لشبكة الجماهيرية ومنطلقاته .

الحمل الكهربى

هو مايتم استهلاكه من الطاقة الكهربية (من شبكة منظومة التوليد) ليستفاد منها فى الحصول على الاضاءة وتشغيل الاجهزة الكهربية : المنزلية منها ، والمستخدمة فى الصناعة ، وتشغيل مضخات المياه فى المزارع ، والآلات الصناعية والاستفادة منها فى مجالات الحياة المختلفة .

ومن خلال ماسبق نستطيع القول : ان الطاقة الكهربية المستهلكة قد يستهلكها المواطنون فى المنازل لتمثل الاحمال المنزلية وقد تضاء بها الشوارع لتمثل احمال انارة الشوارع وغير ذلك وكل حمل له طبيعته ومساره اليومى الخاص به وعلى هذا نستطيع تصنيف هذه الاحمال إلى الانواع التالية :-

1 . الاحمال المنزلية .
2 . احمال الانارة العامة .
3 . الاحمال الصناعية الثقيلة والخفيفة .
4 . الاحمال الاقتصادية والتجارية .
5 . الاحمال الزراعية .

وبجمع كل اصناف الاحمال السابقة فى مجموعة واحدة نحصل على مايسمى الحمل الكهربى الكلى .

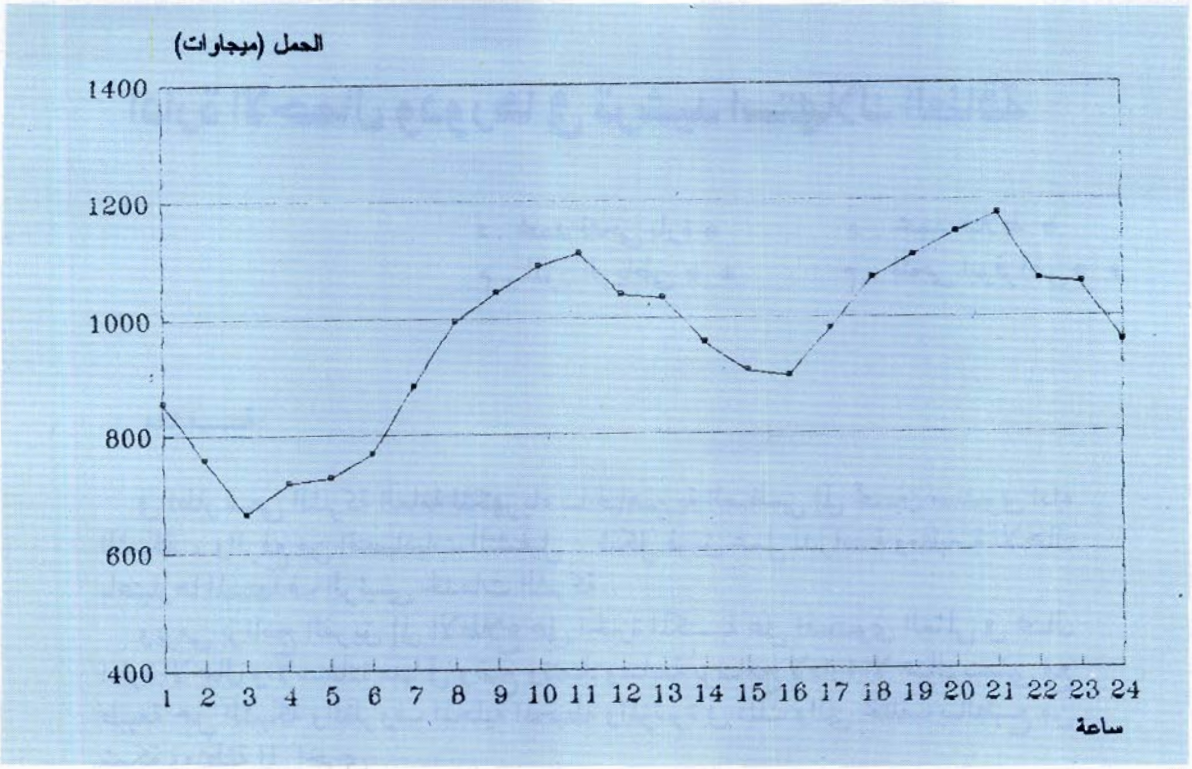
وبالتالى فاننا نستطيع تعريف منحنى الحمل اليومى على انه التغير فى الاحمال الكهربية من زيادة ونقصان على مدار 24 ساعة .

ويختلف شكل هذا المنحنى من منطقة لاخرى وذلك على حسب طبيعة العمل والنشاطات فيها .

وعلى سبيل المثال ، لو نظرنا إلى منحنى الحمل اليومى لشبكة طرابلس المبين فى شكل (1) لوجدنا انه يتكون من قمتين وقاعين .

ومن خلال هذا المنحنى يمكن استخلاص قيمة اقصى حمل (سواء كان صباحيا او مسائيا) وادنى حمل وهو

* جامعة الفاتح * * الشركة العامة للكهرباء



شكل (1) منحنى الحمل اليومى لشبكة غرب الجماهيرية

عادة يحدث فى الفترة الصباحية المبكرة .

وتمثل المساحة المحصورة تحت المنحنى بالطاقة المستهلكة والتى من خلالها نستطيع الحصول على متوسط الحمل اليومى ليعطى (بقسمته على قيمة اقصى حمل) معاملاً يسمى بمعامل الحمل ، ويعتبر هذا المعامل مؤشراً هاماً يعطى فكرة سريعة عن مدى تقارب ادنى حمل باقصى حمل .

ادراة الاحمال

لقد عرفت ادارة الاحمال لعدة سنوات مضت ، وهى العملية التى يمكن بواسطتها مواءمة القدرة الكهربية المولدة مع حمل المستهلكين بكيفية تعطى افضل اداء اقتصادى ممكن مرغوب .

وتهدف فكرة ادارة الاحمال إلى تقليل الفارق بين حمل الذروة والحمل الادنى إلى ادنى قيمة ممكنة وذلك بازاحة احمال من ساعات او فصول الذروة إلى خارج هذه الساعات او الفصول لترتفع قيمة معامل الحمل إلى اقصى قيمة ممكنة اى يصبح منحنى الحمل اليومى منبسطا وكانه خط مستقيم فى الصورة المثالية وهذا مايصعب الوصول اليه عمليا انظر شكل (2) .

ولعل ادارة الاحمال تشكل دورين مهمين فى ترشيد استهلاك الطاقة سواء كان ذلك من جانب محطات الانتاج او من جانب المستهلك

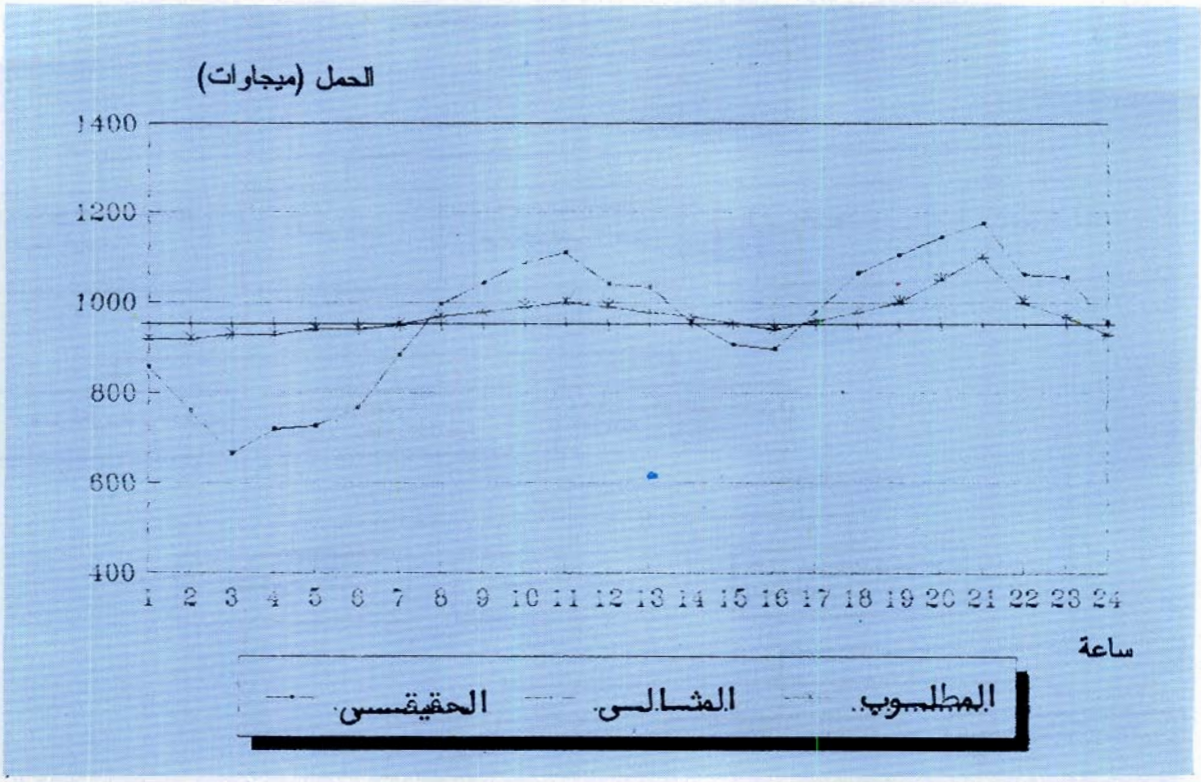
ويمكن تحقيق ادارة الاحمال بطريقتين مباشرة وغير مباشرة وفيما يلى عرض للطريقتين وفكرة تطبيقهما .

الطرق الغير مباشرة

وهى التى تتم عن طريق جعل المستهلكين يتجاوبون تلقائيا مع رغبة جهات توليد القدرة الكهربية لتحقيق الادارة المرغوبة للاحمال ويمكن ان يتم ذلك من خلال :-

أ - التوعية العامة لدعوة المستهلكين إلى تخفيض احمالهم اثناء ساعات الذروة ، وذلك باستخدام وسائل الاعلام والتوعية المختلفة لاقناعهم .

ب - الاتصال المباشر بكبار المستهلكين وحثهم على المساعدة فى تقليل حمل الذروة لديهم بوضع وتنفيذ برامج مناسبة لذلك فى استهلاكهم للطاقة الكهربية كلما امكن . وكمثال لهؤلاء المستهلكين اصحاب المصانع والمزارع



شكل (2) تأثير ادارة الاحمال على منحنى الحمل اليومى .

والمحلات التجارية الكبيرة وغيرها ، حيث قد تتوفر امكانية ملائمة لاعادة توزيع نشاطهم المستهلك للطاقة الكهربية على ساعات اليوم دونما اثر سلبى على اعمالهم هذه .

ج ـ منح مزايا وتشجيع مناسب لحث المستهلكين على تقليل احمالهم اثناء ساعات الذروة ، وقد يتمثل ذلك فى وضع وتنفيذ تسعيرة طاقة كهربية لساعات الذروة واخرى لساعات غير الذروة بحيث تكون الاولى اعلى من الثانية بمقدار يدفع المستهلكين إلى اعادة توزيع احمالهم بما يخفض حمل الذروة .

الطريقة المباشرة

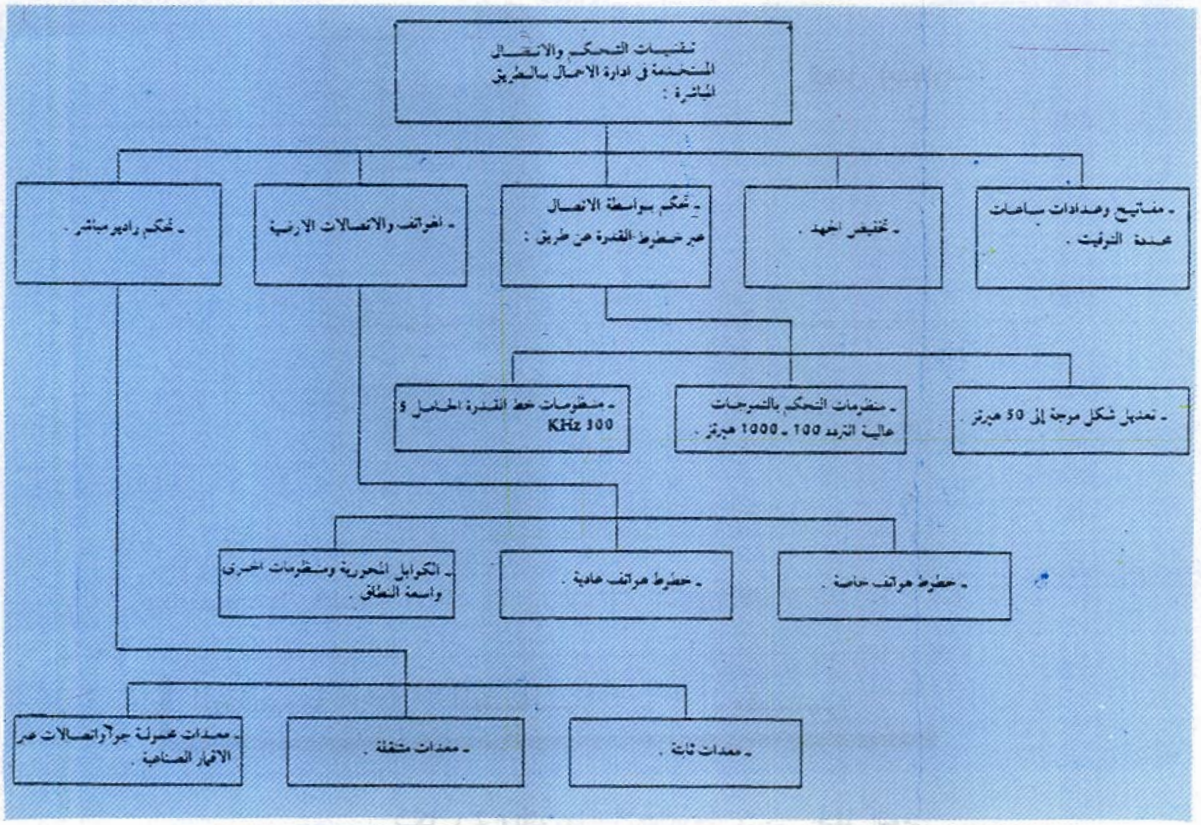
وتندرج تحت هذه الطريقة ما تقوم به شركات الكهرباء من تحكم مباشر فى احمال المستهلكين وذلك من خلال عمليات فصل احمال معينة لديهم عن بعد من مراكز التحكم التى تتصل بهذه الاحمال خلال قنوات اتصال واجهزة تحكم تمكن الشركات المولدة من فصل هذه الاحمال لدى المستهلك اذا تجاوزت قيماً محددة اثناء ساعات الذروة . وغالبا ماتستهدف لهذا الغرض احمال مثل سخانات المياه ومكيفات الهواء والمبردات والضوابط والافران والمحارق وما اليها من احمال يمكن تغيير مواعيد توصيلها دون تاثير سلبى كبير .

وتستخدم العديد من المعدات والاجهزة لتحقيق التحكم المباشر وكذا وسائل الاتصال التى قد تكون على هيئة اسلاك دليلية او هوائف او تحكم بالراديو او الاشارات المحمولة على خطوط القدرة لإيصال اشارات الفصل والتوصيل من مركز التحكم الى حمل المستهلك .

ويوضح شكل (3) التقنيات المستخدمة للادارة المباشرة للاحمال .

مزايا ادارة الاحمال

يمكن من خلال تطبيق ادارة مناسبة للاحمال الحصول على العديد من المزايا ، والتى وان كانت تبدو انها لصالح الشركات المولدة للكهرباء الا ان مردودها يتوقع ان يصل المستهلك ايضا من خلال امكانية تخفيض تسعيرة الطاقة التى قد تقوم بها الشركات المولدة نتيجة للوفر الناتج من تطبيق برنامج ادارة الاحمال هذه ، الى جانب مايوفره



شكل (3) التقنيات المستخدمة للادارة المباشرة للأحمال .

دلك ايضا من حرص لدى المستهلك لترشيد الاستهلاك والاستغناء عن الزائد منه وتجنب الهدر فى استعمال الطاقة ، ويمكن اجمال المزايا الرئيسية فيما يلى :-

أ توفير فى القدرات المركبة ، وذلك بتأجيل الحاجة إلى وحدات توليد جديدة لمواجهة حمل الذروة المتناقص نتيجة لتطبيق ادارة الاحمال . وبالتالى تأجيل الاستثمارات المالية التى كان من الضرورى صرفها فى هذا الصدد .

ب توفير احتياطى اضافى نتيجة لعدم الحاجة إلى تشغيل بعض الوحدات اثناء ساعات الذروة .

ج المساعدة فى وضع برنامج تشغيل وحدات التوليد بشكل افضل .

د الترشيد فى استهلاك الطاقة .

هـ رفع معامل الحمل .

و تخفيض الاحمال وقت الحمل الاقصى .

مشاكل ادارة الاحمال

هنالك جملة من الصعاب والمشاكل التى تواجه تطبيق برنامج ادارة الاحمال لعل اهمها :-

أ مشاكل اقتناع المستهلكين وتجاوبهم والقبول الاجتماعى للبرنامج .

ب التكاليف اللازمة لوضع وتطبيق البرنامج .

ج الحاجة إلى معدات وصيانة وقطع غيار ومتخصصين . . . الخ . فى حالة تطبيق الادارة المباشرة .

وفى كل الاحوال فان البرنامج يتطلب البدء باعداد دراسة عن منحنى الحمل الكلى ومكوناته (انواع الاحمال) وخصائصه ومن ثم وضع خطة لتحقيق الهدف المنشود من البرنامج ومتابعتها وتعديلها ان لزم الامر .

وتجدر الاشارة هنا إلى ان البرنامج يعتمد على طبيعة الحمل والظروف المحلية المختلفة مما قد يجعل تطبيق برنامج ناجح فى منطقة ما لاينجح فى منطقة اخرى لها ظروف ومعطيات مختلفة .

امثله لتطبيق ادارة الاحمال

قام العديد من شركات توليد الطاقة الكهربية فى بلدان مختلفة بتطبيقات لبرامج ادارة الاحمال المباشرة منها والغير المباشرة وقد كانت نتائجها مشجعة فى الغالب ، ونتعرض هنا للبعض مما نشر عن مثل هذه البرامج .

مثال 1 : تضمن هذا البرنامج التحكم بشكل مباشر فى الاحمال لدى المستهلكين واستخدام الموجات العالية التردد كوسيلة اتصال بين مركز التحكم والمستهلكين كما استخدمت فيه منظومات تسخين مزدوجة ، وقد نتج عن تطبيق البرنامج ارتفاع فى معامل الحمل مقداره 9 ٪ خلال الاربع سنوات الاولى للتطبيق ويوضح شكل (4) التحسن فى معامل الحمل .

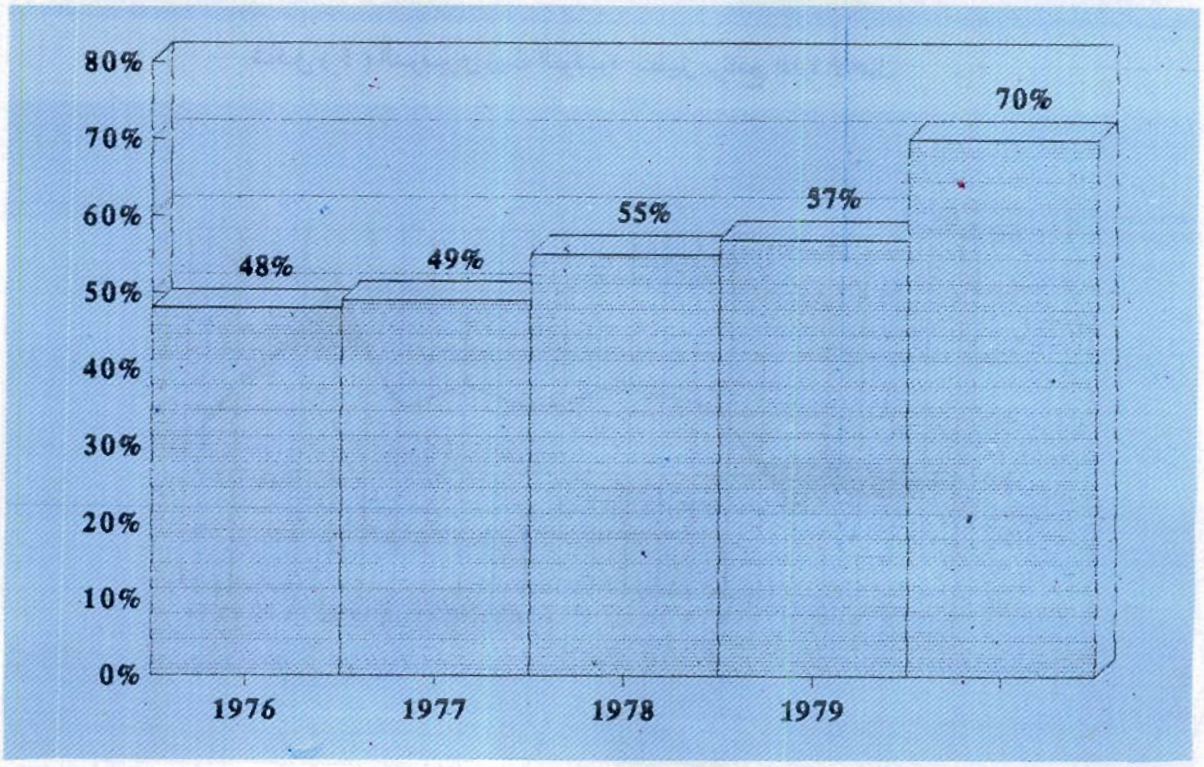
كما يوضح شكل (5) التوفير المتوقع فى زيت الوقود نتيجة لتطبيق برنامج ادارة الاحمال . (شركة داكوتا الشمالية ومينكوتا / الولايات المتحدة الامريكية ـ برنامج مينكوتا لادارة الاحمال)

مثال 2 : طبق برنامج ، فى هذه الحالة بحيث اعطى تحكما مباشرا فى احمال ساعات الذروة واحمال ساعات الحمل الادنى (غير الذروة) بصورة منفصلة وتخضع كل منها لتعريفة خاصة تشجع الاستهلاك خارج ساعات الذروة ، وتم التحكم فى الاحمال الحساسة لحالة الطقس كتدفئة المحلات وتسخين المياه ، ونقلت اشارات التحكم من مراكز التحكم إلى المستهلكين ، وكان من نتائج تطبيق البرنامج تضاعف الاستهلاك الليلى للطاقة الكهربية خلال عشرين سنة من التطبيق . (الشبكة البريطانية) .

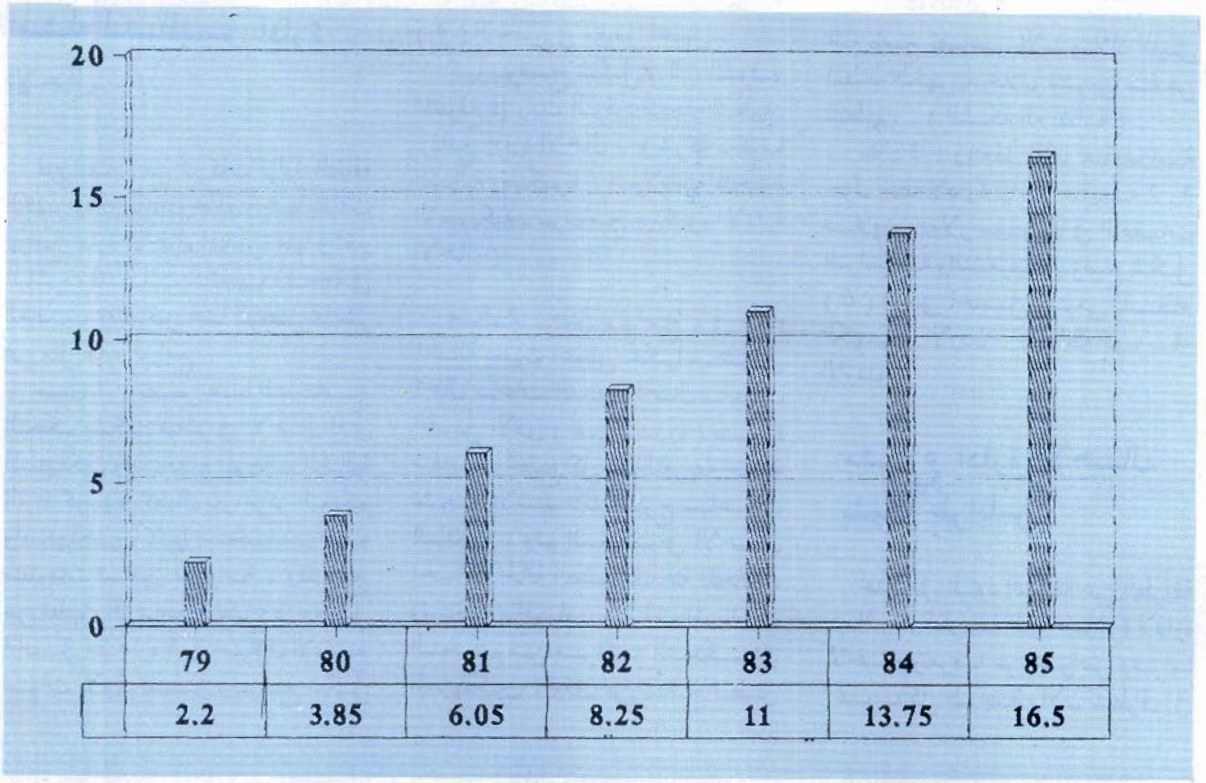
مثال 3 : ويتعلق الامر هنا بدراسة حول خطة لادارة ازاحة ماقيمته 7 . 4 ملايين دولار سنويا فى النفقات الراسمالية والتشغيلية ويوضح شكل (6) منحنى الحمل اليومى للنظام الكهربى الاردن . (سلطة كهرباء الاردن .

مشروع ادارة الاحمال بشبكة طرابلس

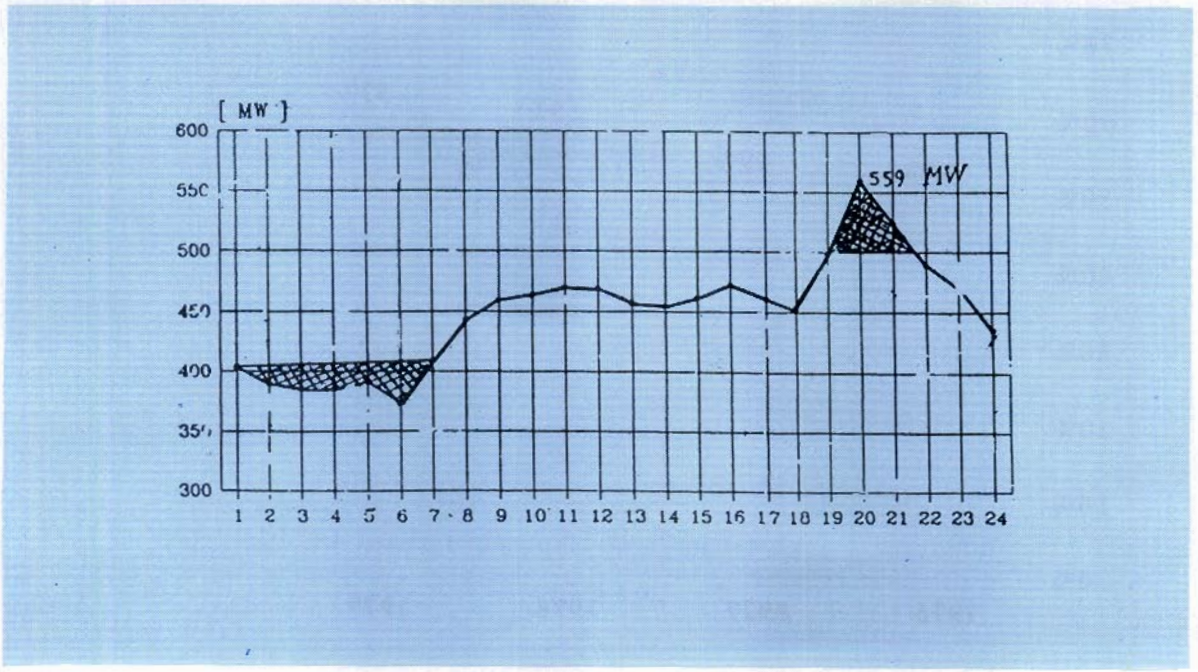
تحدثنا فى البنود السابقة عن الطريقة لمباشرة والطريقة الغير مباشرة لادارة لاحمال وتعرفنا عن خواص ومزايا وعيوب كل طريقة والآن نتطرق إلى



شكل (4) التحسن فى معامل الحمل بتطبيق برنامج ادارة الاحمال



شكل (5) التوفير في زيت الوقود بتطبيق برنامج ادارة الاحمال



شكل (6) منحنى الحمل اليومي للنظام الكهربائي بالاردن

إمكانية تطبيق هاتين الطريقتين فى الحياة العملية وذلك من خلال مشروع ادارة الاحمال بشبكة طرابلس . فالمشروع المقترح يمكن تقسيمه الى الآتى :

أ . مشروع إدارة الاحمال بالطريقة المباشرة .

ب . مشروع ادارة الاحمال بالطريقة الغير مباشرة .

وفيما يلى نبذة عن كل مشروع من حيث الاهداف والمشاكل المتوقعة .

مشروع ادارة الاحمال بالطريقة المباشرة

نعلم ان ادارة الاحمال بالطريقة المباشرة تخص التحكم فى احمال المستهلكين من نقطة توليد الطاقة الكهربية وذلك لكى يحقق الغرض من ادارة الاحمال .

وحيث ان هذا المشروع هو المقترح الاول من مشاريع ادارة الاحمال فينبغى عدم التوسع فيه كثيرا لانه يحتاج الى تغييرات فنية كثيرة جدا وتقيد كبير فى نمط الحياة الاجتماعية وعليه يتطلب التدرج فى مثل هذه المشاريع فهذا المشروع يخص بالتدريج التحكم فى سخانات المياه الكهربية خلال فترات الذروة لبعض من المستهلكين كتجربة اولية لادارة الاحمال .

اهداف المشروع

الهدف العام من هذا المشروع هو تحقيق الاهداف المرجوة من ادارة الاحمال والمذكورة سابقا وكذلك اكتساب الخبرة فى هذا المجال والتوسع فى مثل هذه المشاريع اذا ثبت جدواها الاقتصادية والفنية .

التحكم فى سخانات المياه الكهربية

يمكن ان يتم التحكم فى سخانات المياه الكهربية بطريقتين هما :-

اولا :- عن طريق وضع جهاز عند المستهلك نفسه تكون مهمته ايقاف تشغيل السخانات فى فترة (او فترات) الذروة ويقوم بتشغيلها فى الفترات الاخرى .

ثانيا :- عن طريق الشركة ، وذلك بوضع جهاز ارسال اشارات عبر قنوات الاتصال عند مركز التحكم وجهاز استقبال عند المستهلكين يتم عن طريقهما ايقاف وتشغيل سخانات المياة الكهربية فى فترات زمنية معينة يتفق عليها بين الشركة والمستهلكين وبتعريفة مخفضة خاصة وتشجعيات مادية .

المشاكل المتوقعة

المشاكل المتوقعة هى مشاكل فنية ومشاكل اجتماعية فاما بالنسبة للمشاكل الفنية فهى متمثلة فى التغيرات الفنية فى اجهزة الجباية وتركيب اجهزة جديدة وما يترتب عليها من تكلفة واما بالنسبة للمشاكل الاجتماعية فتتمثل فى مدى تجاوب وتعاون المستهلكين وهذا يتطلب اجراء حملة توعية للمستهلكين من خلال وسائل الاعلام المختلفة وتزويد المستهلكين ببعض الارشادات التى من شأنها الاسهام فى انجاح برنامج ومشاريع ادارة الاحمال .

المراحل المقترحة للتنفيذ :

يتم تنفيذ المشروع من خلال عدة مراحل يتم تقسيمها الى الآتى :

1 . مرحلة الدراسة والبحث .
2 . مرحلة التطبيق التجريبى لعينات من المستهلكين .
3 . مرحلة التنفيذ .

8 - 2 - مشروع ادارة الاحمال بالطريقة الغير مباشرة

هناك عدة خيارات يمكن استخدامها لكى تحقق الغرض من ادارة الاحمال بالطريقة الغير مباشرة وهذه الخيارات يمكن ايجازها فى الآتى :-

أ . تشجيع تخزين الطاقة الحرارية بواسطة اجهزة خاصة فى الاوقات المناسبة حيث تقوم هذه الاجهزة بتخزين الطاقة عند ساعات غير الذروة واستعمالها خلال ساعات الذروة .

ب . وضع برنامج تحكم فى الطلب بحيث يشجع المستهلكين فى ترشيد الطاقة .

ج . تصميم انظمة جباية جديدة تشجع استعمال الطاقة خلال فترات غير فترة الذروة .

هذه الخيارات يمكن من خلالها تخفيض الاحمال ونقلها خارج وقت الحمل الاقصى . فى هذه الورقة نركز الاهتمام بالخيار الثالث وذلك لسهولة تطبيقه نسبيا فمشروع ادارة الاحمال بالطريقة الغير مباشرة لشبكة طرابلس هو ببساطة وضع نظام جباية وتعريفة جديدة يحقق الغرض من ادارة الاحمال ونظام التعريفة الجديد يشمل واحدا او اكثر من الخيارات التالية :

1 . تعريفة للطاقة الكهربية الليلية واخرى للنهارية .
2 . تعريفة للطاقة الكهربية المستهلكة فى اوقات الذروة للمستهلكين الكبار .
3 . تصميم التعريفة التى تعتمد على وقت الاستهلاك بشكل اوسع لفئات المشتركين الذين من الممكن ان يستفيدوا من مثل هذه التعريفات وبالتالى فى انجاح ادارة الاحمال .

ان تنفيذ برنامج ادارة الاحمال بتصميم تعريفات خاصة جديدة يتطلب القيام بدراسات عن الاحمال المختلفة ويتطلب ايضا تعاونا جيدا بين المستهلكين والشركة .

9 - تطور برنامج ادارة الاحمال بالشركة العامة للكهرباء

شرعت الشركة العامة للكهرباء فى اطار برنامج ادارة الاحمال وشكلت مجموعة عمل لهذا الغرض وبدات المجموعة بوضع برنامج شامل للدراسة . وبدأت المجموعة بتناول حمل شبكة طرابلس ودراسة تطوره وخصائصه وخلص التقرير الاول الى النقاط التالية :

أ . احتفاظ المنحنى اليومى للحمل على مدار السنة بشكله العام .

ب . تاثر قيمة القمتين الصباحية والمسائية لمنحنى الحمل اليومى بتغير الفصول . فتزداد الصباحية فى الصيف عن المسائية ويحدث العكس شتاء .

ج . اقل قيمة فى فترة ما بعد الظهر (القاع الثانى) تكون اكبر فى الشتاء عنها فى الصيف .

د . زمن حدوث القمة المسائية له ارتباط مباشر بزمن غروب الشمس ، بينما الصباحية ترتبط اكثر بمواعيد العمل وليست لها علاقة بزمن شروق الشمس .

د . انخفاض قيمة الصباحية فى ايام الجمعة عن الايام العادية .

و . ازدياد القمتين فى العطلات الوطنية عن الايام الاخرى .

ز . تقل قيمة القمة المسائية لشهر رمضان عن الايام الاخرى فبينما تبقى الصباحية على ما هى عليه مع اختلاف زمن حدوثها لاختلاف نظام العمل ضباحا والنظام الاجتماعى مساء .

ح . ارتفاع معامل الحمل شتاء يليه الربيع والخريف ويكون اقل ما يمكن صيفا وانخفاضه ايام العطلات الوطنية .

ط . ارتفاع درجات الحرارة صيفا وانخفاضها شتاء يزيد من متوسط استهلاك الطاقة من القيمة .

اما التقرير الثانى فقد تركز على التوقع الطويل المدى لقيم حمل لشبكات : غرب الجماهيرية وشرق الجماهيرية والجماهيرية للفترة 1990 - 2010 م . وذلك بناء على التطور التاريخى لقيم اقصى حمل وذلك باستخدام دوال خطية ومتعددة الحدود من الدرجة الثانية واعتمدت طريقة مربعات الاخطاء الصغرى لتحسين هذه الدوال والمفاضلة بينها لاعتمادها كقيمة للحمل المتوقع . وقد خلص التقرير الثانى الى الجدول التالى ،

مركز تحكم

والذى يبين اقصى حمل نهائى متوقع لشبكات الجماهيرية .

أقصى حمل متوقع لشبكات الجماهيرية

السنة	الغرب	الشرق	الجماهيرية
1990	1234	452	1634
1991	1295	473	1715
1992	1357	493	1796
1993	1418	513	1776
1994	1480	534	1857
1995	1541	554	2038
1996	1603	574	2119
1997	1665	594	2200
1998	1726	615	2281
1999	1788	635	2361
2000	1849	655	2443
2001	1911	675	2523
2002	1973	696	2604
2003	2034	716	2685
2004	2096	736	2766
2005	2157	756	2847
2006	2220	777	2928
2007	2280	797	3009
2008	2343	817	3090
2009	2404	837	3171
2010	2466	858	3251

10 - الخلاصة

تعتبر دراسة ادارة الاحمال من الدراسات المهمة فى نظم القوى الكهربية حيث يتم من خلالها تخفيض الاحمال الكهربية او ازاحة وقت الاستهلاك لخارج وقت او اوقات الذروة . ويعتمد على نتائج دراسة ادارة الاحمال فى العديد من الدراسات مثل دراسة التوسع فى الانتاج والتوسع فى شبكات النقل والتوزيع والتنبؤ بالاحمال المستقبيلة وعليه فقد ادركت الشركة العامة للكهرباء فى الجماهيرية اهمية دراسة ادارة الاحمال حيث تم تشكيل فريق متخصص داخل دائرة الدراسات الفنية بالشركة ليقوم بهذه الدراسات وتقديم توصيات بخصوص ادارة الاحمال .

ان ادارة الاحمال تسهم فى خدمة المستهلك والشركة معا وتعود بالفائدة عليهما وعلى الاقتصاد الوطنى بشكل عام .

هذه الورقة هى احدى الجهود المتواضعة للفريق حيث تم عرض نقاط مهمة عن ادارة الاحمال يمكن ايجازها فى الآتى :

1 . شرح موجز عن الحمل الكهربى ومنحنى الحمل اليومى وتقسيم الاحمال على حسب المستهلكين .
2 . تعريف عام عن ادارة الاحمال وتقديم شرح موجز عن طرق تطبيقها .
إ3 . المزايا والمشاكل التى تواجه ادارة الاحمال .
4 . تجارب الدول الاخرى فى هذا المجال .
5 . مشروع ادارة الاحمال وتطبيقه على شبكة طرابلس .

11 - التوصيات

من هذه الدراسة يمكن استخلاص التوصيات التالية :-

1 . ضرورة الاهتمام بدراسة ادارة الاحمال وتوفير كافة الامكانيات المادية والمعنوية .
2 . ضرورة الاهتمام بالجانب التطبيقى .
3 . اجراء حملة توعية للمستهلكين (بدورهم فى المساهمة فى ترشيد استهلاك الطاقة) وذلك من خلال وسائل الاعلام المختلفة وتزويد المستهلكين الكبار ببعض من الارشادات التى تبين اهمية ادارة الاحمال .
4 . ضرورة التعرف على مشاريع ادارة الاحمال فى الدول الاخرى .
5 . تعاون كل الهيئات والشركات لانجاح هذا المشروع . ■

المراجع

1. Electric Power Load Managemet : Some Technical , Econmic , Regulating and Serial issues
. M . Granger Morgan & Sarosh N . Talkdar

2 . ادارة الاحمال الكهربية فى سلطة الكهرباء الاردنية على الزعبى . كهرباء العرب العدد الثانى ، السنة الثانية تموز 1991م .

3 – Electrical Load Management : The British Experience Pr II , J . Platts , IEE Specteum , April 1979

4 – Power Plant Load Management An Effective Tool For Energy Conservation
M . F . Bara , S . K . Agrwal , Ali Gadem , Alias Zaalen & R . C . Yadar .

5 – Minkota Program Of Load Management Seven Years in Review
IEEE , PAS – 100 , Apeil 1981
I EEE Committee Report

6 . التقرير الاول والثانى لمجموعة دراسة الطب على الطاقة ـ الشركة العامة للكهرباء ـ طرابلس .