مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (35) العدد (3) 2013
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (35) No. (3) 2013

استخدام الذكاء الصنعي في ترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية

الدكتور أحمد قصي كيالي*
الدكتور رياض المصطفى**
الدكتورة ديما مفتي الشوافعة***
محمد بسام حمامي****

(تاريخ الإيداع 18 / 4 / 2012. قُبِل للنشر في 24/ 3 / 2013)

∇ ملخّص ∇

تم في هذا البحث استخدام المنطق الضبابي (Fuzzy logic) لنمذجة عملية ترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية على شبكة التوتر المنخفض، حيث تم اختيار إحدى المنشآت (كلية الهندسة الكهربائية والإلكترونية بجامعة حلب) نموذجاً للدراسة والتطبيق. لتحقيق هدف هذا البحث تم إنجاز الخطوات التالية:

- إجراء دراسة تحليلية للأحمال المتواجدة في مبني الكلية (كمية الأحمال ونوعيتها).
- ربط محلل شبكة على الشبكة الكهربائية الخاصة بالكلية لتسجيل البيانات المتعلقة بالإستهلاكات الكهربائية للكلية، وإنشاء منحنيات توضح سويات استهلاك الاستطاعة.
- تحديد متحولات الدخل والخرج الخاص بنموذج الترشيد الضبابي وكذلك تحديد علاقات الانتماء الخاصة بكل متحول وارتباط المتحولات ببعضها البعض وذلك بالاعتماد على منحنيات الاستهلاك السابقة.
- تصميم نموذج الترشيد الضبابي باستخدام (Matlab) وإجراء محاكاة لاختبار فعاليته.
- بناء على نتائج الاختبار السابق تبين أن النظام قادر على ترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية بشكل فعال وبالقدر الذي تم تحديده.

الكلمات المفتاحية:المنطق الضبابي (Fuzzy logic)،استهلاك الطاقة الكهربائية(Consumption of electric power)

* **أستاذ– قسم الإلكترون– كلية الهندسة الكهربائية والإلكترونية– جامعة حلب– سورية.**
** **أستاذ– قسم نظم القدرة– كلية الهندسة الكهربائية والإلكترونية– جامعة حلب– سورية.**
*** **مدرس– قسم الحاسبات– كلية الهندسة الكهربائية والإلكترونية– جامعة حلب– سورية.**
**** **طالب دراسات عليا (دكتوراه) –قسم الإلكترون– كلية الهندسة الكهربائية والإلكترونية– جامعة حلب– سورية.**

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (35) العدد (3) 2013
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (35) No. (3) 2013

Use of Artificial Intelligence to Rationalize Power Consumption

Dr. Ahmed Qusai Kayyali[*]
Dr. Riad Mustafa[**]
Dr. Dima Mufti Ash-shawafeh[***]
Mohamed Bassam Hammami[****]

(Received 18 / 4 / 2012. Accepted 24 / 3 / 2013)

∇ ABSTRACT ∇

In this research, the use of Fuzzy logic to model the process of rationalization of consumption of electric power to low voltage network was chosen as one of the facilities (School of Electrical and Electronic Engineering at the University of Aleppo) as a model for the study and application. To achieve the goal of this research, the following steps were completed:

- Analyzing the loads present in the college building (the amount of loads and quality).
- Linking the network analyzer to the electric grid of the college to record data on electrical of the College, and the creation of curves show consumption levels.
- Determine the input and output variables on the model of rationalization, as well as determine the organic relations of each variable, and link variables to each other, based on previous consumption curves.
- Design a form of rationalization using the Gaussian (Matlab) and make him and simulation based on the simulation results show that the system is able to rationalize the consumption of electric power effectively.

Keywords: Fuzzy logic, electrical power Consumption.

[*] **Professor, Dept. of the electronic, Faculty of Electrical and Electronic Engineering, University of Aleppo,**
[**] **Professor, Dept. of power systems, Faculty of Electrical and Electronic Engineering, University of Aleppo,**
[***] **Assistant Professor, Department of Computing, Faculty of Electrical and Electronic Engineering, University of Aleppo,**
[****] **Postgraduate Student, Dept. of the electron, electronic, Faculty of Electrical and Electronic Engineering,**

مقدمة:

يشهد العالم ازدياداً هائلاً في الطلب على الطاقة الكهربائية التي تعدّ شرياناً هاماً في حياتنا اليومية، وقد تزامنت هذه الزيادة مع ارتفاع كبير في أسعار الوقود التقليدي المستخدم في توليد الكهرباء وما يتبعها من أضرار مختلفة على البيئية والمتمثلة في رفع درجة حرارة الأرض وازدياد كمية غاز (CO_2) في الجو وزيادة مساحات التصحر.. الخ، لذا كان لا بد من إعادة النظر في أساليب استهلاك الطاقة الكهربائية من حيث رفع كفاءة استخدامها والعمل على الحفاظ عليها وترشيد استهلاكها.

أهمية البحث وأهدافه:

دراسة الأسلوب الأمثل لاستهلاك الطاقة الكهربائية في مؤسسة حكومية وتطبيق ذلك على مبنى كلية الهندسة الكهربائية والإلكترونية بغية تخفيض الذروة العظمى للاستهلاك على الشبكة الكهربائية.

إن تعميم نتائج هذا البحث على المستوى الوطني سيسهم في تخفيض الذروة اليومية بشكل كبير، وبالتالي الاستغناء عن بناء محطات توليد لتلبية تلك الذروة، كما سيسهم بتزويد المستهلكين بالطاقة الكهربائية اللازمة ضمن المواصفات المحددة وتجنب اللجوء إلى التقنين الكبير في ساعات الذروة في حال عدم توفر مصادر الطاقة.

فكرة البحث:

بما أنّ عمل الكلية يقوم أساساً على تدريس وتأهيل الكوادر البشرية لذلك فإن عملية ترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية سوف تقتصر فقط على أنظمة التكييف المنتشرة في الكلية والمستخدمة صيفاً وشتاء للأسباب التالية:

1- منع حدوث خلل في العملية التعليمية، حيث إن تطبيق عملية الترشيد على أنظمة الإنارة أو التجهيزات المخبرية سيتسبب في توقف جزئي للمحاضرات النظرية والعملية خاصةً في ظل وجود عدد هائل من الطلبة والأقسام المتعددة في الكلية (سبعة أقسام اختصاصية).

2- تخفيض الانبعاث الحراري الناتج عن المكيفات خلال عملها.

3- خفض الذروة بشكل ملموس (35% حمل المكيفات في الكلية).

إن عملية إطفاء المكيفات ستتم بشكل متتابع حيث إن فترة الإطفاء لكل مكيف لن تتجاوز الساعة الواحدة فقط خلال اليوم فنحقق بذلك تخفيض الذروة مع المحافظة على مستوى مقبول لراحة الأفراد داخل الكلية.

وصف الحالات السابقة:

أصبحت عملية ترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية حاجة ملحة جداً في وقتنا الراهن وقد اتجهت الكثير من الدول إلى البحث الجدي عن طرق مناسبة لتنفيذ ذلك، فبعض تلك الدول اتجهت نحو توعية أفراد مجمعاتها عبر وسائل الإعلام ومواقع الانترنت كما هو الحال في دولة الكويت[1]، والبعض الأخر تبنى أسلوب الخزن التبريدي[2] المستخدم على نطاق واسع في المناطق الحارة جداً كما هو الحال في السعودية.

كما أن بعض الدول تبنت مبدأ استبدال المصابيح الكهربائية التقليدية بمصابيح توفير الطاقة الكهربائية وذلك ضمن الشوارع العامة والأبنية الحكومية كما حدث في مصر[3] كذلك اتجهت بعض الدول نحو الشبكات الكهربائية الذكية [4].

طرائق البحث ومواده:

لقد تم اختيار كلية الهندسة الكهربائية والإلكترونية بجامعة حلب نموذج لدراسة وتطبيق موضوع هذا البحث بسبب احتواء الكلية على مختلف أنواع الأحمال والاستطاعات مما يساعدنا مستقبلاً على تطبيق نتائج البحث على كافة المنشآت.

تتألف الكلية من ثلاثة طوابق وطابق أقبية، حيث يحتوي الطابق الأول على مجموعة من المخابر وغرف أعضاء الهيئة التدريسية ورؤساء الأقسام بالإضافة إلى قاعة مؤتمرات وغرف العمادة، ويحتوي الطابق الثاني على قاعات تدريسية ومخابر ومكاتب شعب الامتحانات وشؤون الطلاب، في حين يضم الطابق الثالث قاعات تدريسية وكذلك بعض المخابر وغرف أعضاء الهيئة التدريسية، أما طابق الأقبية فيحتوي على المخابر والمراسم وغرف اللوحات الكهربائية ومراكز التحويل التابعة للكلية.

أدوات البحث:

لقد تم استخدام التجهيزات التالية في إنجاز هذا البحث:

- جهاز محلل الشبكة الكهربائية(C.A8334B)، يستطيع هذا الجهاز إجراء مجموعة متنوعة من القياسات :

1- الاستطاعة بكافة أشكالها (الظاهرية، الردية، الفعلية، لجميع أطوار الشبكة).

2- التيار (القيمة العظمى، القيمة المنتجة، القيمة اللحظية، لجميع الأطوار).

3- الجهد (القيمة العظمى، القيمة المنتجة، القيمة اللحظية، لجميع الأطوار).

4- المدروجات (للجهد، والتيار، والاستطاعة، ابتداء من المدروج الثاني وحتى المدروج التاسع والأربعين).

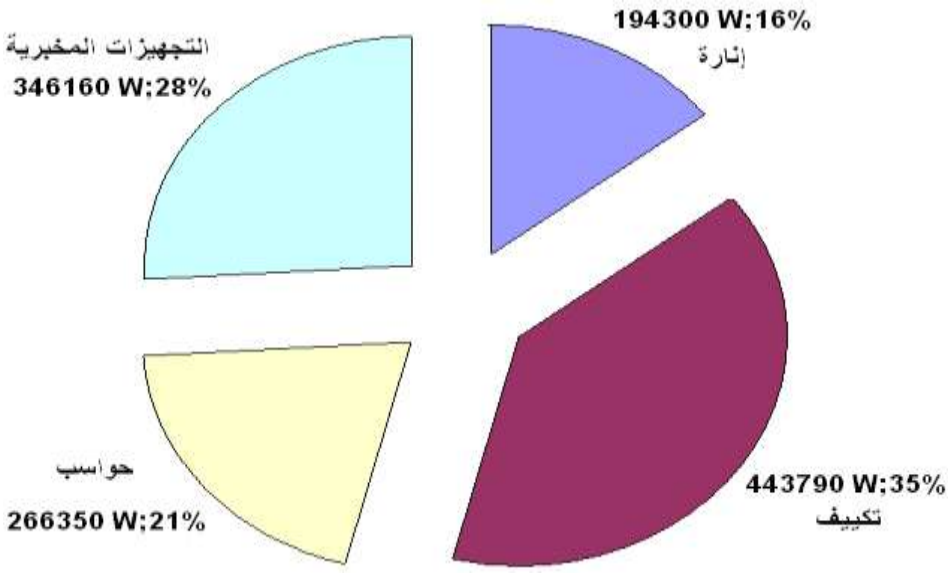
5- الحالات العابرة التي يمكن أن تحدث على الشبكة الكهربائية.

وتم التركيز على الاستطاعة المستهلكة وتغير الجهد بسبب التأثير الأساسي لهما على نظام الترشيد، مشيرين إلى أنه تم تصميم نموذج الترشيد الضبابي باستخدام بيئة MATLAB.

بعد تسجيل بيانات الشبكة الكهربائية الخاصة بالكلية بواسطة المحلل تم تحويل هذه البيانات إلى منحنيات بيانية بغية تقييم البيانات التي حصلنا عليها من المحلل بشكل واضح.

الدراسة الإحصائية والتحليلية للأحمال في مبنى الكلية:

تم إجراء دراسة إحصائية للتجهيزات الكهربائية التي يحتويها كل طابق، حيث تم تسجيل استطاعة كل عنصر كهربائي موجود في جميع الغرف، وقد حولنا تلك البيانات إلى مخططات بيانية فحصلنا على المخطط الموضح في الشكل (1).



الشكل (1) استطاعة التجهيزات المركبة في مبنى كلية الهندسة الكهربائية والإلكترونية

الجدول (1) استطاعات التجهيزات المركبة في مبني الكلية بالإضافة للنسب المئوية الممثلة لها

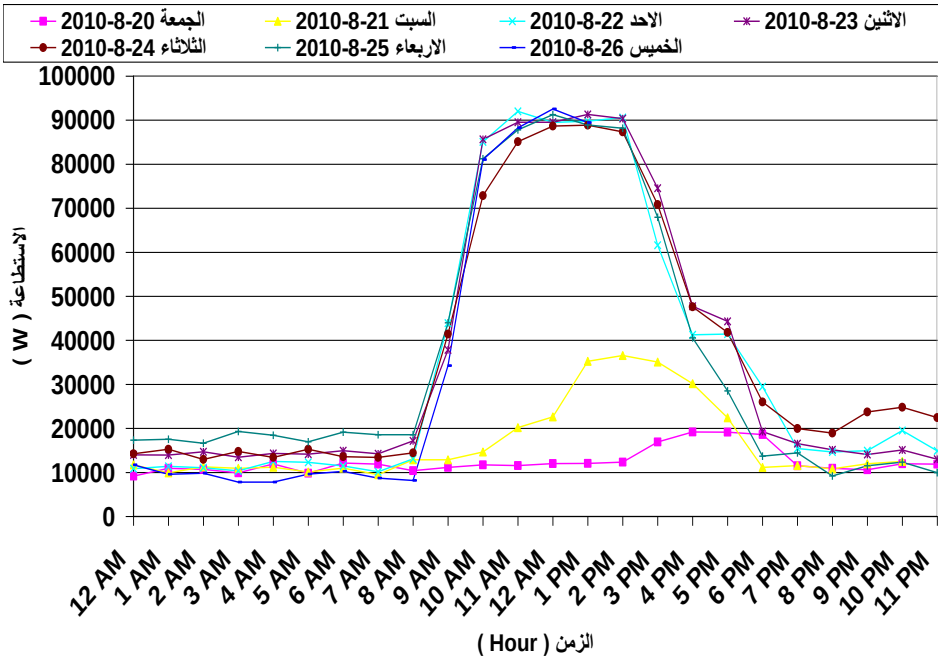
	القبو		الطابق الأول		الطابق الثاني		الطابق الثالث		الاستطاعة الكلية	
	الاستطاعة	النسبة	الاستطاعة	النسبة	الاستطاعة	النسبة	الاستطاعة	النسبة	الاستطاعة	النسبة
أجهزة الإنارة	30400 W	16%	53050 W	27%	57050 W	29%	53800 W	28%	194300W	16%
أجهزة التكيف	71000 W	16%	168640 W	38%	19823 W	27%	84320 W	19%	443790W	35%
التجهيزات الحاسوبية	29450 W	11%	128000 W	48%	41400 W	16%	67500 W	25%	266350W	21%
التجهيزات المخبرية	59395 W	17%	170045 W	50%	60175 W	17%	56545 W	16%	346160W	28%

بالتدقيق في الشكل (1) والجدول (1) نلاحظ أن نسبة كبيرة من الاستطاعات تستهلك في أنظمة التكييف، وبالتالي فإننا سوف نحصل على توفير مقبول إذا قمنا بالترشيد ضمن هذا النطاق، علماً أن عدد المكيفات في تزايد مستمر نظراً لاستخدامها صيفاً وشتاءً.

تحتوي الكلية على مركزي تحويل الأول باستطاعة(600KVA) يؤمن التغذية الكهربائية لكافة مرافق الكلية وجزء من أجهزة التكييف، أما مركز التحويل الثاني فهو باستطاعة (400KVA) يؤمن التغذية الكهربائية للقسم الأكبر من أجهزة التكييف المنتشرة في أرجاء الكلية.

تم ربط محلل الشبكة الكهربائية على مخرج مركز التحويل الثاني المسؤول عن تغذية أنظمة التكييف، حيث قام المحلل بتسجيل كافة المعلومات الفنية الخاصة بالشبكة الكهربائية والناتجة عن عمل تجهيزات الكلية.

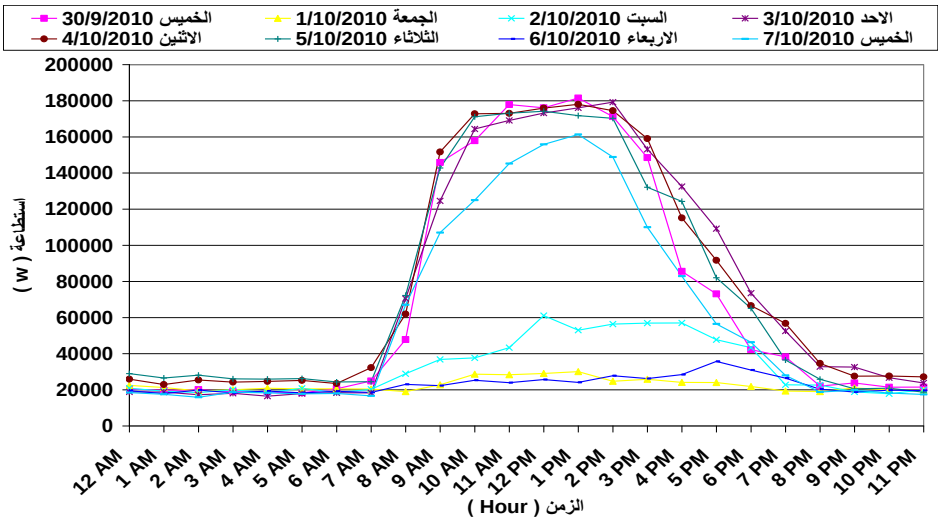
لقد تم تسجيل البيانات بشكل مستمر لفترة سنة ونصف وذلك لتغطية مختلف الظروف المناخية، حيث تم عرض نموذج من البيانات عن كل فصل من فصول السنة.



الشكل (2) منحني التحميل اليومي في الكلية لمحولة 400 KVA في شهر أب لعام 2010

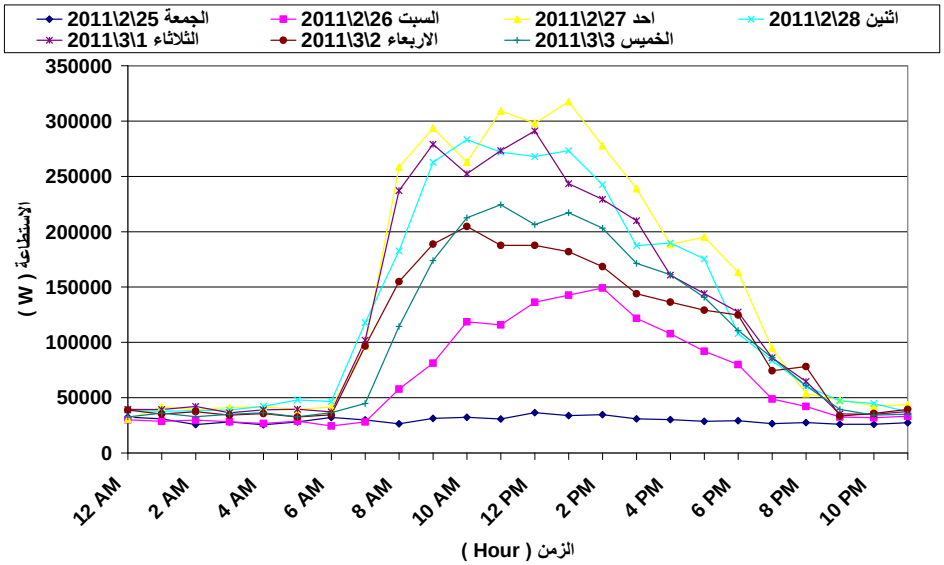
يظهر الشكل (2) منحني استجرار الطاقة الكهربائية اليومي لمحولة 400KVA خلال شهر أب لعام 2010 والذي يبين أن ساعات الاستهلاك العظمة للطاقة (الذروة) محصورة بين الساعة 10 صباحاً و 3 ظهراً، كما نلاحظ انخفاض الاستهلاك لأدني مستوى له في يوم الجمعة أما يوم السبت فيرتفع الاستهلاك قليلاً مقارنةً بيوم الجمعة بسبب دوام بعض أعضاء الهيئة التدريسية وبعض مهندسي وفني المخابر.

إن مستوى الاستطاعة المستهلكة في هذه الفترة منخفض نسبياً بسبب أن العام الدراسي لم يبدأ بعد حيث يقتصر الدوام على بعض أعضاء الهيئة التعليمية والموظفين الاداريين وورشات الصيانة.



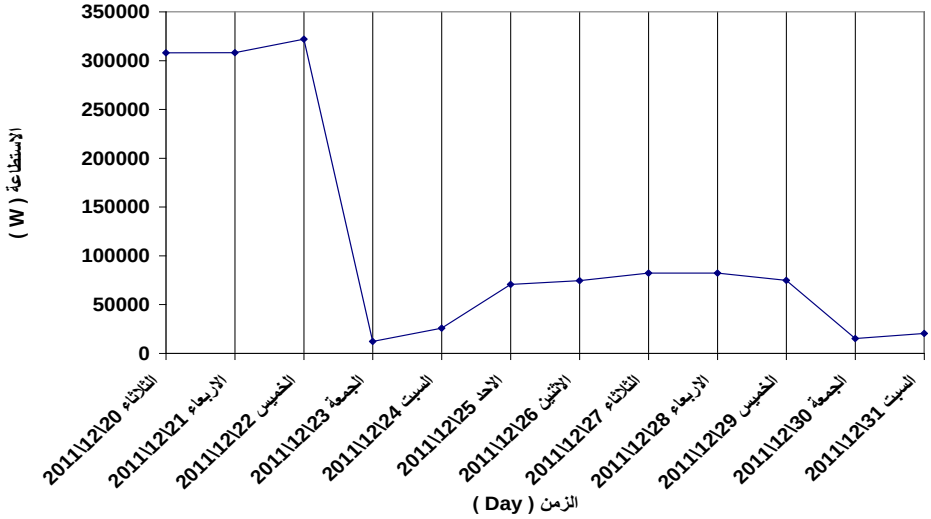
الشكل (3) منحني التحميل الأسبوعي في الكلية لمحولة 400 KVA لشهر تشرين الأول لعام 2010

يبين الشكل (3) منحني استجرار الطاقة الكهربائية اليومي لمحولة 400KVA المغذية لأنظمة التكييف خلال شهر تشرين الأول لعام (2010)، حيث نلاحظ تضاعف استهلاك الاستطاعة بالمقارنة مع شهر أب بسبب بدء العام الدراسي، كما نشاهد تباين ملحوظ في الاستهلاك بين يوم وآخر وذلك ناتج عن تغير برنامج الدوام في الكلية.



الشكل (4) منحني التحميل اليومي في الكلية لمحولة 400KVA لشهر شباط لعام 2011

أما الشكل (4) فيظهر منحني استجرار الطاقة اليومي خلال شهر شباط لعام (2011)، حيث نلاحظ استهلاكاً كبيراً للطاقة بسبب استخدام المكيفات في عملية التدفئة، كما نلاحظ فرقاً كبيراً في مستوى الذروة خلال أيام الأسبوع بسبب برنامج الدوام.



الشكل (5) منحني التحميل الشهري في الكلية لمحولة 400KVA لشهر كانون الأول لعام 2010

من الشكل (5) نجد أن استهلاك الطاقة الكهربائية من المحولة 400KVA كبير وذلك خلال الشهر كانون الأول لعام (2010) بسبب استخدام المكيفات في عملية التدفئة ومن ثم ينخفض هذا الاستهلاك بشكل كبير في الأسبوع الأخير من الشهر بسبب توقف الطلاب عن الدوام تحضيراً لامتحانات الفصل الأول.

بالعودة للأشكال (2)-(5) نلاحظ وجود علاقة تناسب طردي بين زيادة الطلب على الاستطاعة وارتفاع أو انخفاض درجات الحرارة، حيث تمت عمليات القياس في أجواء مناخية مختلفة، وبالتالي فدرجة الحرارة هي أحد المتحولات الأساسية في نظامنا، وكما نعلم أن زيادة قيمة الجهد أو انخفاضه له تأثير كبير على طبيعة عمل الأحمال الكهربائية المتواجدة في الكلية، فهو أيضاً من المتحولات التي تأثر على نظامنا وعليه فإن متحولات دخل النموذج الضبابي هي (الطلب على الاستطاعة، حرارة الجو المحيط، جهد مركز التحويل).

بما أن البحث يرتكز أساساً على عملية تخفيض قيمة الاستطاعة المستهلكة (الذروة) فإن متحول الخرج هو كمية الاستطاعة التي يمكننا استجرارها من المحولات الكهربائية المتواجدة في الكلية.

النتائج والمناقشة:

تصميم نموذج الترشيد:

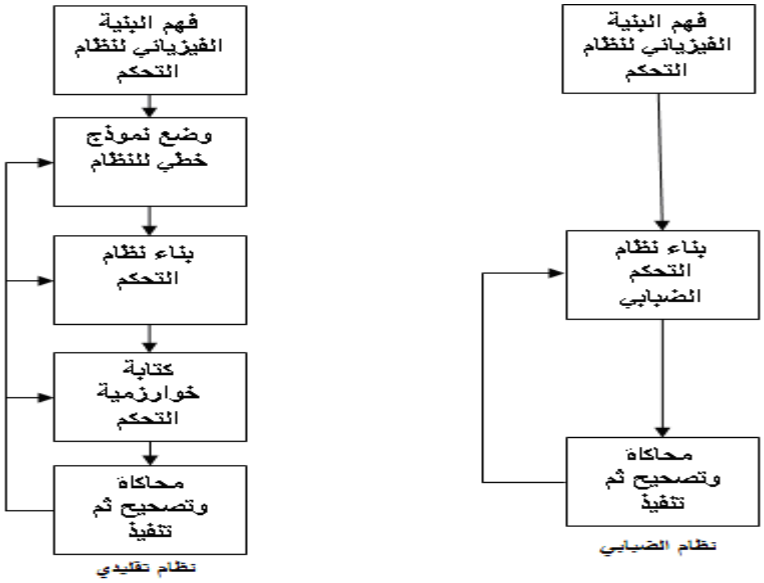
إن الطبيعة المعقدة للأحمال في مبني الكلية (أحمال أومية-تحريضية-إلكترونية مبدلات-..الخ) أدت لصعوبة إنشاء نموذج رياضي ممثل لهذه الأحمال، إضافة لتغير الذروة الدائم خلال الفصل الدراسي خاصة مع التغيرات التي تحدث في برنامج الدوام، وبالتالي نحن بحاجة لنظام ديناميكي يستطيع التعامل مع الطبيعة المتغيرة للمعطيات كبيرة الحجم، كل ذلك فرض علينا استخدام المنطق الضبابي (Fuzzy Logic) في نموذج الترشيد والذي يتمتع بالميزات التالية:

1- لا يحتاج لنموذج رياضي دقيق [5] فهو مناسب لهذا البحث حيث إن هناك صعوبة بالغة في إنشاء موديل رياضي شامل ممثل للأحمال في الكلية.

2- قدرته على معالجة المعطيات غير الدقيقة والدقيقة[5] .

3- يملك مرونة كبيرة جداً [5] فمجرد تغير قواعده الضبابية جزئياً أو كلياً فإن أداءه يتغير وهذا يتناسب مع التعديلات الدائمة التي تحدث في برنامج دوام الكلية وكذلك فترات عمل المخابر.

4- تخفيض عدد المراحل اللازمة لتصميم النظام مقارنةً بالطريقة التقليدية [6] كما هو موضح في الشكل (6)، وبالتالي تقليل الأخطاء وزيادة الوثوقية.



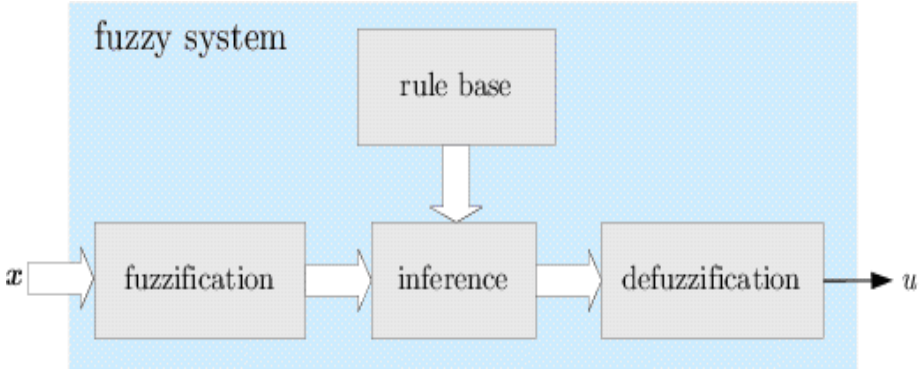
الشكل (6) مقارنة بين طريقة بناء نظام التحكم بالطريقة الضبابية والتقليدية[6]

لقد استخدم المنطق الضبابي من قبل الباحثين في الكثير من تطبيقات التحكم نذكر منها:

- استخدام المنطق الضبابي للتحكم بالإنارة [7]، حيث تم زيادة وخفض كمية الإنارة اعتماداً على عدد الأشخاص المتواجدين في المكان ولم نعتمد هذه التقنية لأن ذلك سيؤثر سلباً على العملية التعليمية.
- استخدام المنطق الضبابي في موازنة الأحمال الكهربائية [8]، حيث تم اقتراح توزيع الأحمال الكهربائية على الشبكة الكهربائية بحيث يتم المحافظة على تحميل شبه ثابت في الشبكة الكهربائية.
- استخدام المنطق الضبابي في إدارة أنظمة التكيف المركزية[9]، حيث تم تناول مشكلة استهلاك الطاقة الكهربائية لضاغط وحدة التكيف المركزية وقد تم اقتراح طريقة عمل جديدة لوحدة التكييف حيث استخدم المتحولات التالية (درجة حرارة المياه الداخلة والخارجة من ضاغط التبريد ودرجة حرارة وكمية الهواء الخارج من وحدة التكييف بالإضافة لزاوية توجيه الهواء).

في هذا البحث الموضوع أكثر تعقيداً فالكلية تملك مجموعة كبيرة من المكيفات المستقلة المنتشرة في أرجاء الكلية وليس وحدة تكييف مركزية، كما أن طبيعة عمل المكيفات لا تسمح بالتدخل في دارة التحكم الخاصة بعمل الضاغط والمروحة داخل المكيف.

نشاهد في الشكل (7) المخطط العام للنظام الضبابي[10]، حيث يقسم إلى المراحل التالية:



الشكل (7) البنية العامة للنظم الضبابية [10]

أولاً–مرحلة (Fuzzification): يتم فيها إنشاء مخطط العضوية Membership Function الذي يصنف قيم المتحولات في مجموعات، وباستخدام مخطط العضوية نحصل على نسبة مئوية تدل على انتماء قيمة ما للمجموعة الضبابية وبالنتيجة ستتحول القيم العددية للمتحولات إلى قيم ضبابية تمهيداً لاستخدامها في مرحلة الاستدلال، سنقوم الآن ببناء مخطط الانتماء للمتحولات الخاصة بالبحث.

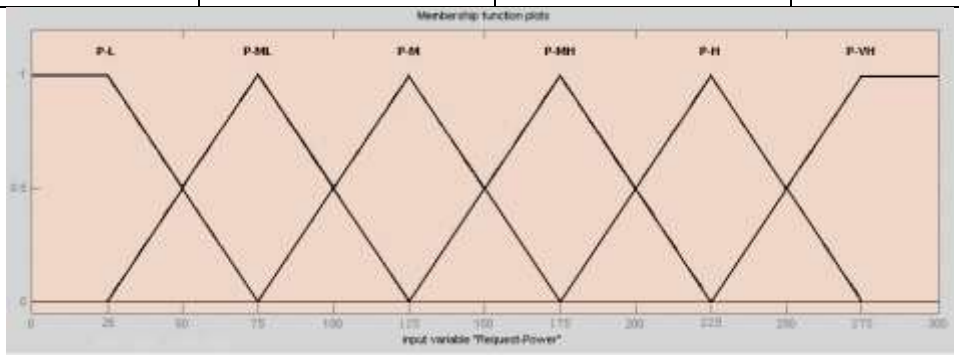
1– متحول الطلب على الاستطاعة (Request–Power):

- **تحديد المجال الكلي لمخطط العضوية:** تبلغ الاستطاعة الاسمية للمحمولة المغذية لقسم التكييف في الكلية (400KVA) وللحصول على المردود الأمثلي للمحولة يمنع تحميل المحولة لأكثر من (85%) من استطاعتها[11]، وبأخذ عامل الاستطاعة (0.88) بالحسبان فإن الاستطاعة الأعظمية المسموح استجرارها من المحمولة هي

$$P = 400000*0.85*0.88=299200W$$

- **تحديد عدد مجالات مخطط العضوية:** بما أن النظام الضبابي سيتحكم بالمكيفات التي تبلغ استطاعة كل منها (20KW) وبغية الوصول إلى نظام تحكم مستقر (منع تغير حالة النظام عند دخول مكيف للخدمة أو خروجه) فقد تم اقتراح ستة مجالات متساوية، حيث يغطي كل مجال عدداً من المكيفات.
- **تحديد شكل مخطط العضوية:**هناك أشكال مختلفة للمخطط (الغوصي، شبه منحرف، مثلث) وقد تم اقتراح شكل مثلث بهدف المحافظة على تدرج خطي للقيم بالإضافة لاستجابة أكثر دقة، كما هو موضح في الشكل (8).

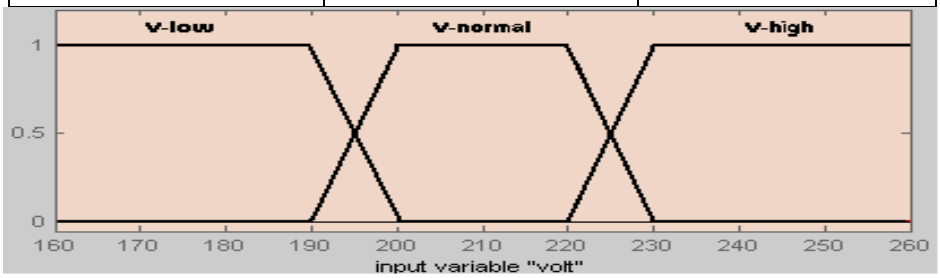
P–L	0 – 75 KW	P–MH	125 – 225 KW
P–ML	25 – 125 KW	P–H	175 – 275 KW
P–M	75 – 175 KW	P–VH	225 – 300 KW



الشكل (8) مخطط العضوية لمتحول Request–Power

2– متحول الجهد(Volt): تعمل أجهزة التكييف بشكل طبيعي عند جهد اسمي (220V) ولكن انخفاض أو ارتفاع الجهد عن تلك القيمة يسبب مشاكل في دارة المكيف الإلكترونية والاستطاعية، لذلك تم اختيار ثلاثة مجالات لعلاقة الانتماء الأول (V–L) يمثل الجهد المنخفض والثاني (V–N) يمثل الجهد الطبيعي أما الثالث (V–H) فيمثل الجهد المرتفع، وبالتالي فإن النظام الضبابي سيراقب قيمة متحول الجهد وسيسمح بعمل المكيفات فقط ضمن المجال (V–N) لتجنب حدوث عطل في المكيف، والشكل (9) يظهر ذلك.

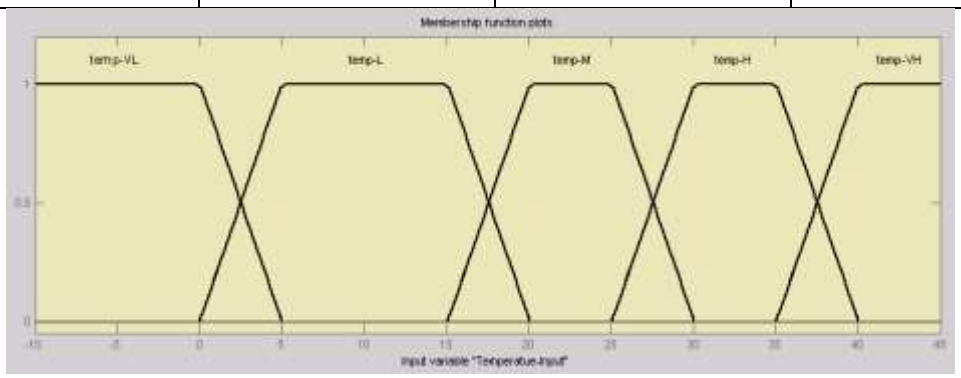
VOLT–LOW	V–L	160 – 200 V
VOLT–NORMAL	V–M	190 – 230 V
VOLT–HIGH	V–H	220 – 260 V



الشكل (9) مخطط العضوية لمتحول جهد المحولة

3– متحول الحرارة: تم اقتراح خمسة مجالات اعتماداً على الطبيعة المناخية لمدينة حلب، وسيقوم النظام الضبابي بمراقبة درجة الحرارة وسيسمح للمكيفات بالعمل ضمن درجات الحرارة المنخفضة أو العالية (فجميع المكيفات تعمل بنظامين الساخن والبارد) أما في درجات الحرارة المعتدلة فإن النظام يمنع تشغيل أي مكيف فلا حاجة لتشغيلها ضمن هذا المجال.

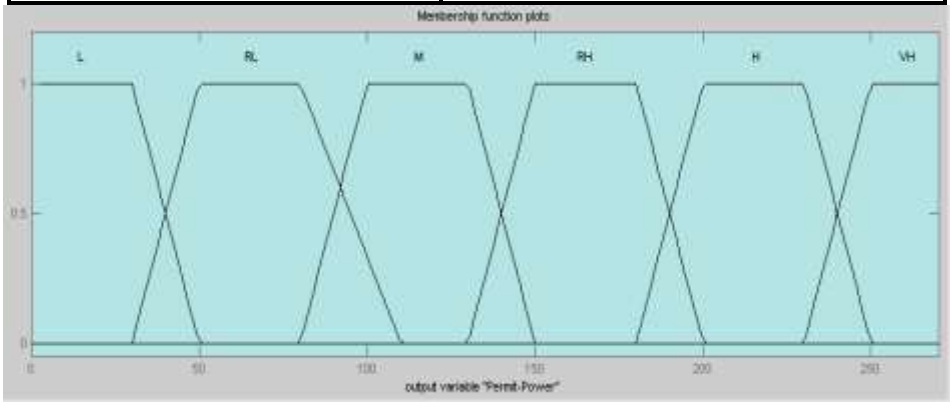
TEMP–VL	– 10 to 5 C	TEMP–H	25 to 40 C
TEMP–L	0 to 20 C	TEMP–VH	35 to 45 C
TEMP–M	15 to30 C		



الشكل (10) مخطط العضوية لمتحول درجة الحرارة

4– متحول الخرج: تم اقتراح مجالات علاقة الانتماء الخاص بالخرج اعتماداً على استطاعة وعدد المكيفات الموجودة في الكلية حيث يغطي كل مجال من مجالات علاقة الانتماء عدداً من المكيفات وذلك بهدف استقرار حالة الخرج والمحافظة عليه لأن تشغيل وإيقاف المكيف ثم تشغيله خلال فترة قصيرة يؤدي إلى حدوث عطل في المكيف.

L	0 –50 KW
RL	30 – 120 KW
M	80 – 150 KW
RH	130 – 200 KW
H	180 – 250 KW
VH	230 – 300 KW



الشكل (11) مخطط العضوية لمتحول الخرج

تم اقتراح قيم متحولات النموذج الضبابي بهدف إجراء الدراسة وبناء نموذج الترشيد حيث يمكن تعديل قيم هذه المتحولات في المستقبل وفق الحاجة.

ثانياً: مرحلة الاستدلال (Inference) تستخدم هذه المرحلة للحصول على نتائج وذلك اعتماداً على قيم متحولات الدخل ومجموعة من قواعد المعرفة المخزنة بشكل مسبق من قبل المستخدم ضمن قاعدة البيانات (Rule Base)، بتطبيق ذلك على البحث لاحظنا أنَّ لدينا ثلاثة متحولات في دخل النموذج الضبابي، وبالتالي فعدد القواعد الضبابية المستخدمة في النظام هي (6*3*5=90)، لقد تم وضع القواعد الضبابية وتحديد سقوف التقنين اعتماداً على المعلومات المقدمة من مهندسي مؤسسة توزيع الطاقة الكهربائية.

	TEMP		VOLT		REQUSET POWER		PERMIT POWER		TEMP		VOLT		REQUSET POWER		PERMIT POWER		TEMP		VOLT		REQUSET POWER		PERMIT POWER
IF	VL	and	L	and	L	then	L	IF	M	and	L	and	L	then	L	IF	VH	and	L	and	L	then	L
IF	VL	and	L	and	ML	then	L	IF	M	and	L	and	ML	then	L	IF	VH	and	L	and	ML	then	L
IF	VL	and	L	and	M	then	L	IF	M	and	L	and	M	then	L	IF	VH	and	L	and	M	then	L
IF	VL	and	L	and	MH	then	L	IF	M	and	L	and	MH	then	L	IF	VH	and	L	and	MH	then	L
IF	VL	and	L	and	H	then	L	IF	M	and	L	and	H	then	L	IF	VH	and	L	and	H	then	L
IF	VL	and	L	and	VH	then	L	IF	M	and	L	and	VH	then	L	IF	VH	and	L	and	VH	then	L
IF	VL	and	N	and	L	then	L	IF	M	and	N	and	L	then	L	IF	VH	and	N	and	L	then	L
IF	VL	and	N	and	ML	then	RL	IF	M	and	N	and	ML	then	L	IF	VH	and	N	and	ML	then	RL
IF	VL	and	N	and	M	then	M	IF	M	and	N	and	M	then	L	IF	VH	and	N	and	M	then	M
IF	VL	and	N	and	MH	then	RH	IF	M	and	N	and	MH	then	L	IF	VH	and	N	and	MH	then	RH
IF	VL	and	N	and	H	then	H	IF	M	and	N	and	H	then	L	IF	VH	and	N	and	H	then	H
IF	VL	and	N	and	VH	then	H	IF	M	and	N	and	VH	then	L	IF	VH	and	N	and	VH	then	VH
IF	VL	and	H	and	L	then	L	IF	M	and	H	and	L	then	L	IF	VH	and	H	and	L	then	L
IF	VL	and	H	and	ML	then	L	IF	M	and	H	and	ML	then	L	IF	VH	and	H	and	ML	then	L
IF	VL	and	H	and	M	then	L	IF	M	and	H	and	M	then	L	IF	VH	and	H	and	M	then	L
IF	VL	and	H	and	MH	then	L	IF	M	and	H	and	MH	then	L	IF	VH	and	H	and	MH	then	L
IF	VL	and	H	and	H	then	L	IF	M	and	H	and	H	then	L	IF	VH	and	H	and	H	then	L
IF	VL	and	H	and	VH	then	L	IF	M	and	H	and	VH	then	L	IF	VH	and	H	and	VH	then	L
IF	L	and	L	and	L	then	L	IF	H	and	L	and	L	then	L								
IF	L	and	L	and	ML	then	L	IF	H	and	L	and	ML	then	L								
IF	L	and	L	and	M	then	L	IF	H	and	L	and	M	then	L								
IF	L	and	L	and	MH	then	L	IF	H	and	L	and	MH	then	L								
IF	L	and	L	and	H	then	L	IF	H	and	L	and	H	then	L								
IF	L	and	L	and	VH	then	L	IF	H	and	L	and	VH	then	L								
IF	L	and	N	and	L	then	L	IF	H	and	N	and	L	then	L								
IF	L	and	N	and	ML	then	RL	IF	H	and	N	and	ML	then	RL								
IF	L	and	N	and	M	then	M	IF	H	and	N	and	M	then	M								
IF	L	and	N	and	MH	then	RH	IF	H	and	N	and	MH	then	RH								
IF	L	and	N	and	H	then	RH	IF	H	and	N	and	H	then	RH								
IF	L	and	N	and	VH	then	RH	IF	H	and	N	and	VH	then	RH								
IF	L	and	H	and	L	then	L	IF	H	and	H	and	L	then	L								
IF	L	and	H	and	ML	then	L	IF	H	and	H	and	ML	then	L								
IF	L	and	H	and	M	then	L	IF	H	and	H	and	M	then	L								
IF	L	and	H	and	MH	then	L	IF	H	and	H	and	MH	then	L								
IF	L	and	H	and	H	then	L	IF	H	and	H	and	H	then	L								
IF	L	and	H	and	VH	then	L	IF	H	and	H	and	VH	then	L								

الشكل (12) القواعد المستخدمة في عملية الاستدلال

ثالثاً: مرحلة (Defuzzification) المستخدمة لتحويل القيم الضبابية الناتجة عن مرحلة الاستدلال (التي تمثل النتائج) إلى قيم حقيقة رقمية تصلح لاستخدامها بشكل مباشر في قيادة عناصر التحكم.

تم إنجاز عملية Defuzzification باستخدام طريقة مركز الثقل(COA)[12]،

لدقتها وسهولة تنفيذها عملياً، حيث تعطي بالعلاقة التالية:

$$Z_{coa} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \mu_c(z_i) \times Z_i}{\mu_c(z_i)}$$

Z_{coa} : القيمة الحقيقية لخرج النظام الضبابي.

$\mu_c(z_i)$: تابع يمثل مخطط العضوية لمتحول الخرج في النظام الضبابي.

Z_i : متغير يحدد مقدار الانتماء لعلاقة العضوية الخاصة بمتحول الخرج.

الاختبارات العملية:

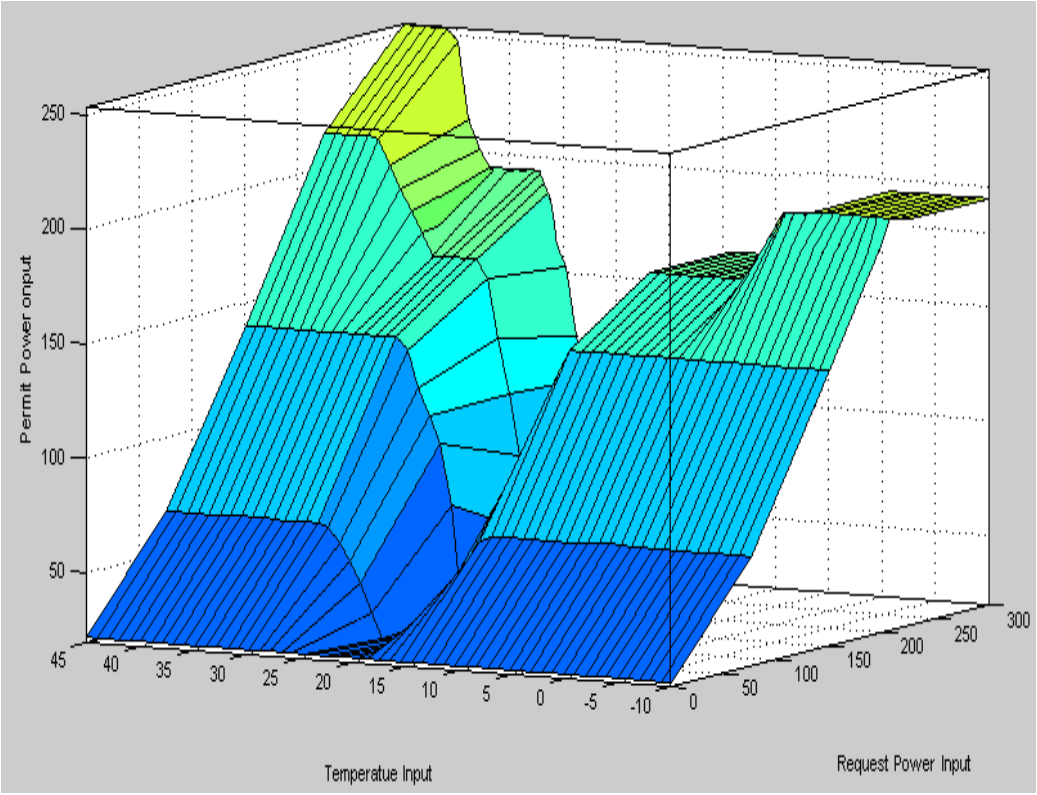
نتائج المحاكاة في برنامج (Matlab):

اعتماداً على المعلومات السابقة تم بناء النموذج الضبابي باستخدام بيئة(Matlab)، وبالعودة للمعلومات التي حصلنا عليها خلال عمليات القياس بالإضافة لخبرة مهندسي المؤسسة العامة لتوزيع الطاقة الكهربائية فقد تم اقتراح سقوف استهلاك للنظام وفق الجدول (2) علماً أنه يمكن تعديل هذه السقوف حسب الحاجة.

الجدول(2) سقوف استهلاك الاستطاعة المقترحة

المجال الحراري	سقف الاستهلاك مسموح
−10 to 5 C°	تم اقتراح سقف استهلاك (180KW) أي ما يعادل تخفيض (40%) من الذروة التي بلغت (300KW) حيث تعمل المكيفات هنا كنظام مساعد لنظام التدفئة المركزية
5 to 20 C°	تم اقتراح سقف استهلاك (150KW) أي ما يعادل تخفيض (50%) من الذروة التي بلغت (300KW) بسبب انخفاض الطلب على التكييف نظراً للارتفاع النسبي للحرارة
20 to 25 C°	نسبة الترشيد (100%) فلا حاجة لتشغيل المكيفات
25 to 35 C°	تم اقتراح سقف استهلاك (180KW) أي ما يعادل تخفيض (40%) من الذروة التي بلغت (300KW) حيث عمل المكيفات في نظام التبريد
35 to 45 C°	تم اقتراح سقف استهلاك (255KW) أي ما يعادل تخفيض (13%) من الذروة التي بلغت (300KW) حيث يزداد الطلب على التكييف بسبب ارتفاع الحرارة

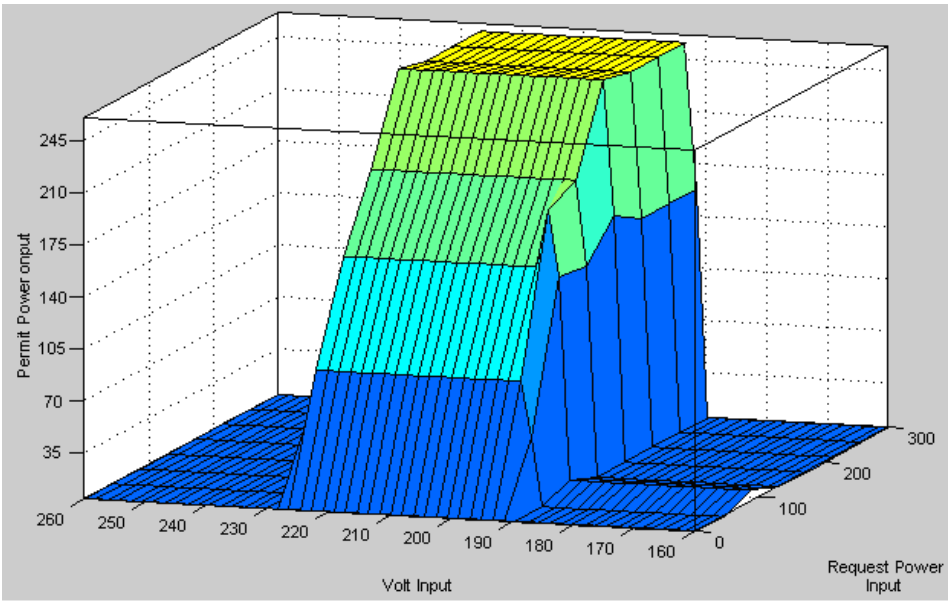
بإجراء المحاكاة داخل بيئة (Matlab) حصلنا على الأشكال (15)−(16).



الشكل (15) محاكاة استطاعة الخرج وفقاً لدرجة الحرارة واستطاعة الدخل عند (220V)

يظهر لنا الشكل (15) نتيجة محاكاة النموذج الضبابي المقترح في هذا البحث، حيث نلاحظ أن النموذج يخفض استهلاك استطاعة الخرجPermit−Power وفقاً لدرجة حرارة الجو المحيط ومستوى الطلب على الاستطاعةRequest−Power، فمثلاً عند درجة حرارة (10C°) والطلب على الاستطاعة (200KW) قام النظام بمنع

تجاوز السقف المسموح للاستهلاك والبالغ (150KW)، أما لو أخذنا درجة حرارة (33 C°) وطلب على الاستطاعة (255KW) فإن النظام يسمح باستهلاك (180KW) فقط وذلك وفق السقف المحدد لهذا المجال.



الشكل (16) محاكاة استطاعة الخرج وفقاً لقيمة الجهد والطلب على الاستطاعة

من الشكل (16) نلاحظ أنه ضمن المجال الأول لجهد الدخل (160–190V) يقوم النظام الضبابي بمنع تشغيل أي مكيف لأن تشغيل المكيفات ضمن هذا المجال غير مقبول، أما في المجال الثاني للجهد (190–230V) فيسمح النظام بتشغيل المكيفات وفق مخطط الترشيد الموضح في الشكل (15)، وفي المجال الثالث للجهد (230–260V) يحدث أيضاً منع لتشغيل المكيفات من قبل النظام الضبابي، حيث إن تشغيل المكيفات ضمن هذا المجال يسبب تلفاً للمكيف.

الاستنتاجات والتوصيات:

تم في هذا البحث بناء نظام آلي لترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية والمرتكز على تقنية المنطق الضبابي (Fuzzy logic)، حيث تم اختيار ستة مستويات من الترشيد تم تمثيلها من خلال مخطط العضوية وهي قابلة للتعديل بحسب طبيعة المسألة المطروحة ولكن في هذه المسألة تعدّ كافية، وللتأكد من فعالية النموذج الضبابي للترشيد تم إجراء محاكاة للنموذج الضبابي باستخدام (Matlab) حيث حقق النظام نسبة ترشيد تتراوح بين (13%) و(33%).

إن الطريقة المقترحة في البحث لحل مشكلة الترشيد تعدّ جديدة وذلك وفقاً للظروف والمعطيات الخاصة المتعلقة بالشبكة الكهربائية السورية وبالكلية.

يمكن تطبيق النموذج المقترح في هذا البحث على مرافق أخرى سيؤدي للحد من قيمة الذروة الكهربائية باستخدام آلية الترشيد نفسها.

المراجع:

1-الموقع الإلكتروني لمشروع ترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية في دولة الكويت (www.tarsheedq8.com)

2-دليل المستهلك لترشيد استهلاك الطاقة وإزاحة الأحمال، وزارة المياه والكهرباء، المملكة العربية السعودية 2010 (www.se.com.sa)

3-الموقع الإلكتروني لوزارة الكهرباء والطاقة – الشركة القابضة لكهرباء مصر (www.moee.gov.eg)

4- J. MOMOH., "Smart Grid: Fundamentals of Design and Analysis", Wiley, 2012.

5- M. E. SHARKAWI., "Fuzzy system and control", University of Washington, 2002.

6- S. N. SIVANANDAM.; S. SUMATHI.; S. N. DEEPA. "Introduction to fuzzy logic using MATLAB", Springer, Chapter 8, 2007.

7- N. ZEMMOURI.; M.E. SCHILLER. "Application of Fuzzy Logic in Interior Daylight Estimation", Rev. Energ. Ren. Vol. 8-55 - 62, 2005.

8- S.N. PATEL. "Power Load Balancing Using Fuzzy Logic", Gujarat University, India, 2007.

9- S.S. AHMED.; M. SHAH MAJID.; H. NOVIA.; H.A. RAHMAN. "Fuzzy logic based energy saving technique for a central air conditioning system", Energy 32 - 1222–1234, 2007.

10- JOSEPH. B., Paradigm shift-- an introduction to fuzzy logic. IEEE., 2006.

11- L.GRIGSBY, "Electric power generation, transmission, and distribution", Taylar & Francis Group, LLC., 2010.

12- Z. KOVACIC.; S. BOGDAN, "Fuzzy Controller Design Theory and Application", Taylar & Francis Group, LLC., 2006.