مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية
المجلد42 العدد (3) – 2026: 82-93

Damascus University Journal for engineering sciences
Vo 42 number (3) -2026: 82-93

استخدام نظام متعدد العملاء في إدارة الطلب على الطاقة على شبكة IEEE 3 Bus

نبيل وصفي فلوح*[1] غيث ورقوزق[2]

*[1]. طالب دكتوراه، مهندس في قسم هندسة الطاقة الكهربائية، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة دمشق.
nabilfallouh@damascusuniversity.edu.sy.

[2] . أستاذ، دكتور، مهندس، عضو هيئة تدريسية في قسم الطاقة الكهربائية – كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية – جامعة دمشق.
ghwarkozak@damascusuniversity.edu.sy.

الملخص:

تعد أنظمة العملاء المتعددين Multi Agent Systems من فروع الذكاء الصنعي الملائم للاستخدام في التحكم وإدارة الطاقة الكهربائية، حيث تسهل عملية التواصل بين مكونات الشبكة الكهربائية ومراكز التنسيق.

تم في هذا العمل اقتراح خوارزمية لادارة الطلب على الطاقة لشبكة كهربائية نموذجية باستخدام الأنظمة متعددة العملاء، حيث سيكون لدينا 4 عملاء رئيسيين هم بالترتيب: عميل المولدات التقليدية G، عميل المولدات الموزعة DG، عميل الأحمال L، العميل الرئيسي أو عميل إدارة الطلب على الطاقة BASE والذي يمثل مركز التنسيق، الهدف الرئيس لهذا النموذج هو اختبار مدى إمكانية الاستفادة من النظام متعدد الوكلاء لأتمتة عمل الشبكة من وجهة نظر إدارة التشغيل فقط، حيث سيتم التواصل بين هؤلاء العملاء وتقدير قيمة الاحتياطي بالاستطاعة في هذه الشبكة وتقدير القيمة المالية لهذا الاحتياطي ليتم طرحها للبيع من قبل العميل الرئيسي لاحد عملاء الحمل .كما تم استخدام بيئة النمذجة Jade لتطوير بيئة العملاء المتعددين.

أظهرت النتائج نجاح الخوارزمية المقترحة ومرونة النظام المقترح مما يسهل عملية إدارة الطاقة لمثل هذه الشبكات.

الكلمات المفتاحية: نظام متعدد العملاء، الشبكات الكهربائية، Jade.

تاريخ الإيداع: 2023/8/29
تاريخ القبول: 2024/1/4

حقوق النشر: جامعة دمشق –سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب **CC BY-NC-SA**

http://journal.damascusuniversity.edu.sy/index.php/index/index
ISSN (online): 2789-6854

Application of a multi-agent system in energy demand management on IEEE 3 Bus microgrids

Nabil Wasfi Fallouh*[1] GH Warkozak [2]

*[1]. PhD Candidate and Engineer, Department of Electrical Power Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Damascus University.
nabilfallouh@damascusuniversity.edu.sy.

[2]. Professor, Faculty Member at the Department of Electrical Power – Faculty of Mechanical and Electrical Engineering – Damascus University.
ghwarkozak@damascusuniversity.edu.sy.

Received: 29/8/2023
Accepted: 4/1/2024

Copyright: Damascus University- Syria, The authors retain the copyright under a

CC BY- NC-SA

Abstract:

Multi Agent Systems is a branch of artificial intelligence suitable for use in the control and management of electric power, as it facilitates the process of communication between the components of the electrical network and coordination centers. In this work, an algorithm for energy demand management is proposed for a model network using multi-agent systems, where we will have 4 main agents, in order: the traditional generators agent G, the distributed generators agent DG, the load agent L, The main agent or the BASE agent which represents the coordination center, the main objective of this model is to test the possibility of benefiting from the multi-agent system to automate the network in operation management, and there will be communication between these agents to determine the value of the reserve Power in this network and estimate the financial value of this Power to be sealed by the main agent to one of the load agents. The Jade modeling environment was also used to develop the environment for Multi Agent Systems.

The results showed the success and the flexibility of the proposed algorithm, which facilitates the process of energy management for such networks.

Key words: Multi Agent Systems, Electrical Network, Jade.

المقدمة:

تتألف الأنظمة متعددة العملاء (MAS) من مكونات ذكية متعددة تتفاعل لحل المشكلات التي قد تكون خارج قدرات جهاز أو نظام واحد. لسنوات عديدة، تم اقتراح تصميمات ومبادئ (MAS) النظرية للتطبيقات في أنظمة الطاقة وهندسة الطاقة. مع زيادة استخدام ونمذجة مصادر الطاقة الموزعة لتطبيقات microgrid، فإن (MAS) أصبحت أكثر فأكثر وسيلة مناسبة لإدارة الطلب على الطاقة مهما زاد حجم وتعقيد أنظمة الطاقة هذه (Raju& others ،2016، p1).

قام الباحث في (M.K Perera & others ، 2020, p1) بتنفيذ نظام إدارة الطاقة القائم على نظام متعدد العملاء لشبكة صغيرة. حيث وجد أن التحكم والمراقبة المستمرين لمصادر الطاقة المتجددة الموزعة في الشبكة الصغيرة أمراً ضرورياً. ولاحظ أن مفهوم نظام العملاء المتعددين يوفر طبيعة التحكم بالتوصيل والتشغيل لشبكة صغيرة على عكس تقنيات التحكم المعقدة والتقليدية. وقد اقترح الباحث بنظام MAS خمسة عوامل رئيسية، والتي تتكون بشكل أساسي من عميل الرياح، وعميل الطاقة الشمسية، وعميل التحميل وعميل الخادم. ويعتمد تشغيل النظام المقترح على التغذية الأمثل للأحمال من خلال مصادر الطاقة المتجددة المتاحة. ويتم محاكاة التفاعل بين العملاء في النظام من خلال JADE. وبين أن الغرض الرئيسي من هذه المقالة هو التطبيق الفيزيائي لنظام العملاء المتعددين على الشبكة الميكروية.

وقد أوضح الباحث في (Y. S. Foo. Eddy ،2014، p1) تشارك المولدات الموزعة (DGs) والأحمال الحساسة للسعر في عمليات سوق الطاقة للشبكات الصغيرة والمطبقة في منصة JADE. حيث يتم تمثيل كل مولد موزع DG وكل حمل حساس للسعر من قبل عميل من العملاء المعنيين الذين يقومون بوظائف مختلفة مثل الجدولة والتنسيق. ويتم تعيين كل عميل لأحد الأهداف التي هي: إما زيادة التوليد أو التحميل أو كليهما. كما يتم نقل الإشارات المرجعية للطاقة، وإشارات التحكم بالحمل، في عملية المحاكاة لشبكة صغيرة كل ساعة من JADE إلى المولدات الموزعة DG ونماذج الأحمال في الماتلاب باستخدام MACSimJX. وأظهر الباحث من خلال نتائج دراسات المحاكاة فعالية تطبيق نظام متعدد الوكلاء (MAS) في الإدارة الموزعة للشبكات الصغيرة.

أما الباحث (Ritu Jain & others ،2023,p1)، فقد قام بتنفيذ إدارة الطاقة للعديد من الشبكات الصغيرة (MMG) المتصلة بالشبكة الرئيسية من خلال تحسين سوق الطاقة المشترك والخدمات المساعدة. حيث يشمل نظام الاختبار على نظام IEEE 30 ناقل كشبكة رئيسية ونظام 16 ناقل باعتباره MMG. تتكون MMG من مولدات وأحمال قابلة للربط وغير قابلة للربط. وتعتمد المولدات غير القابلة للربط على مصادر الطاقة المتجددة (RES) مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح. ويتم تنفيذ نمذجة عدم اليقين لطاقة الرياح والطاقة الشمسية بواسطة دالة التوزيع الاحتمالي Weibull وbeta. وقد بين الباحث أن الهدف من هذا البحث إلى تقليل إجمالي تكلفة الطاقة مع تقليل تكلفة الاحتياطي من خلال تعظيم استخدام مصادر الطاقة المتجددة في ظل التشغيل العادي وأثناء ظروف الطوارئ. وقد لوحظ أنه إذا تم دمجMMG في النظام، فسيتم تقليل إجمالي تكلفة التوليد وتكلفة الاحتياطي وخسائر الطاقة إلى 0.11 % و0.325 % و1.201 %، على التوالي، في ظروف التشغيل العادية. في حالة الطوارئ، عندما يكون المولد رقم 5 خارج الخدمة وتعمل الشبكة الرئيسية بمفردها، زادت تكلفة التوليد الإجمالية بشكل كبير من 22118.92 دولاراً في اليوم إلى 22435.68 دولاراً، وزاد فقدان الطاقة الحقيقيمن

http://journal.damascusuniversity.edu.sy/index.php/index/index
ISSN (online): 2789-6854

233.35 ميجاوات في اليوم إلى 245.11 ميجاوات. ومع ذلك، من خلال ربط MMG بالشبكة الرئيسية، يتم تقليل تكلفة التوليد وفقدان الطاقة إلى 22375.60 دولاراً في اليوم، و243.35 ميجاوات في اليوم على التوالى. وبالتالي تم التحليل على أن اشتراك MMG يوفر فوائد تقنية واقتصادية أثناء التشغيل العادي وظروف الطوارئ.

بينما اعتمد الباحث في (Mansour Selseleh Jonbana & others، 2020، p1) على نظام متعدد العملاء (MAS) في إدارة الطاقة (EMS) وذلك لإدارة الطاقة والتحكم في الجهد وإحداث التوازن بين العرض والطلب في النظام بهدف دعم خاصية الموثوقية. في النهج المقترح، تم تطبيق خوارزمية إعادة تشكيل التسلسل الهرمي للتحكم في تفاعل العملاء، حيث يتم استخدام ناقل CAN لتوفير التواصل بينهم. هذه الخوارزمية لديها القدرة على التحكم في النظام حتى لو ظهر الفشل في وحدة اتخاذ القرار. وتوضح نتائج االتحليل النظري والمحاكاة على النموذج العملي أن التقنية المقترحة توفر تحكم قوي ومستقر في شبكة صغيرة.

1- المشكلة:

أحيانا تواجه بعض الشبكات الكهربائية مشكلة في تأمين استطاعة كهربائية إضافية إما لتغذية أحمال ضرورية، أو لبيع هذه الاستطاعة لمستثمر محتمل والاستفادة منها.

2 المساهمة:

تبرز أهمية البحث بنجاح الخوارزمية المقترحة على إظهار قدرة نظام العملاء المتعددين في إدارة الطلب على الطاقة بسرعة وكفاءة عالية، حيث سيتم تقدير قيمة الاستطاعة التي سيتم طرحها للبيع والسعر الأفضل الذي يناسب عميل الحمل الذي سيشتري هذه الاستطاعة من حيث دراسة السعر الأنسب بالنسبة له ومقارنته مع الأسعار المطروحة من قبل عملاء المولدات. حيث تعد هذه العملية أحد أهم خطوات تنفيذ الشبكات الكهربائية الذكية، إذ تمكن المكونات من التخاطب فيما بينها وتنفيذ عمليات إدارة للطاقة بشكل لا مركزي.

3-تصميم العملاء المتبعة في هذا البحث وفق FIPA:

لتشكيل العملاء نحن بحاجة إلى الاعتماد على معايير عالمية محددة مثل FIPA، هي جمعية دولية غير ربحية تأسست عام 1996 لتطوير مجموعة المعايير المتعلقة بالعملاء، وهي تضم مجموعة من المنظمات الصناعية والأكاديمية.

حتى الآن أنتجت FIPA 25 معيارًا قياسيًا، مع بقاء 14 معيارًا آخر في المرحلة التجريبية، و3 معايير في المرحلة الأولية. سوف نسلط الضوء على مجموعة من المواصفات القياسية الرئيسية.

3-1-مواصفات بنية النظام متعدد العملاء:

في FIPA(SC00001)(Bellifemine& others،2007.p10): نبين في هذه الفقرة المكونات الأكثر أهمية التي حددتها FIPA في بنيتها هي:

«رسائل العميل»: هي الشكل الأساسي للتواصل بين العملاء. بنية الرسالة هي مجموعة من المعلومات الأساسية المكتوبة في (FIPA Communicative Act Library Specification) (FIPA-ACL). يتم التعبير عن محتوى الرسالة بلغة مثل (FIPA SL Content Language) (FIPA-SL) (Specification. يمكن أن تحتوي الرسائل ضمنها على رسائل أخرى ويجب أن تحتوي على معلومات رئيسية مثل أسماء المرسل والمستقبل.

خدمة «نقل الرسائل»: وهي وسيلة لإرسال واستقبال رسائل بين العملاء (FIPA Agent Message Transport Service) (FIPA-MTS) (Specification. يعتبر هذا عنصرًا إلزاميًا في أنظمة عملاء FIPA.

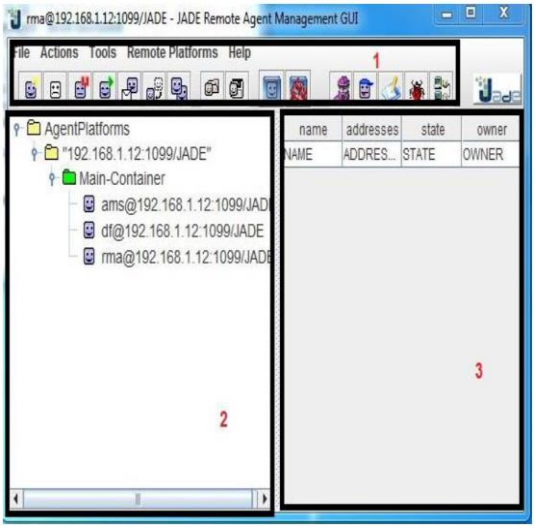
خدمة «دليل العملاء»: تعتبر كمستودع مشترك للمعلومات الخاصة بالعملاء، حيث يمكنهم نشر المعلومات الخاصة بهم، والبحث عن العملاء الآخرين بالاستناد إلى المعلومات المخزنة بهذه الخدمة. يعتبر هذا عنصرًا إلزاميًا في أنظمة عملاء FIPA.

خدمة «دليل الخدمة» أو«الصفحات الصفراء»: تعتبر كمستودع مشترك للخدمات التي تقدمها العملاء. تشمل الخدمات، على سبيل المثال، خدمات نقل الرسائل وخدمات دليل العملاء وتخزين الرسائل مؤقتًا. يعتبر هذا عنصرًا إلزاميًا في أنظمة عملاء FIPA.

3-2-منصة JADE:

هي اختصار لـ Java Agent Development Framework وهي منصة برمجية متوافقة مع مواصفات FIBA ومبرمجة ومنفذة بالكامل بلغة البرمجة جافا لتسهيل تنفيذ الأنظمة متعددة العملاء.

تقسم واجهة المنصة إلى 3 أقسام رئيسية كما في الشكل(1):



الشكل (1) منصة JADE

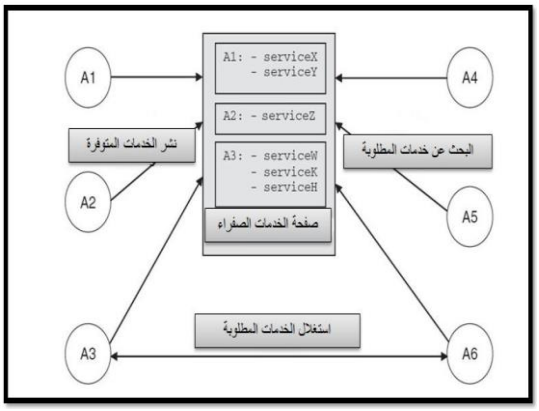
القسم الأول يضم مجموعة الأوامر المتاحة، والثاني مخصص لعرض محتوى المنصة من الـ containers والعملاء بشكل شجري، أما القسم الثالث فيعرض معلومات العميل المحدد بالقسم الثاني.

منصة العميل (AP) (Agent Platform):

وهي التي توفر البنية الأساسية التي يعيش فيها العملاء.

العميل (DF) (Directory Facilitator):

العميل DF (اسمه df@<platform-name>) هو عميل خاص بتشغيل الصفحة الصفراء، التي هي صفحة خاصة توفرها المنصة بغرض نشر وطلب الخدمات، حيث تسمح للعميل بوضع وصف للخدمات التي يقدمها وهذا يسهل لباقي العملاء اكتشافها واستغلالها كما هو موضح بالشكل (2):



الشكل (2) طريقة التواصل مع عميل الصفحات الصفراء

نظام إدارة العميل (AMS) (Agent Management System):

وهو المسؤول عن اعطاء اسماء وعناوين العملاء حين انشائهم، حيث ان كل عميل يأخذ عنوانه من هذا العميل وهو نقطة الجمع بين كل العملاء الذين يريدون التواصل. كما أنه العميل الوحيد المخول بتسيير العمليات على المنصة كإنشاء عملاء أو انهائهم أو انهاء عمل المنصة.

نظام إدارة العميل AMS بمثابة دليل لجميع العملاء المنتشرين على منصة العميل AP، فهو يحوي معلوماتهم الأساسية من أسماء وعناوين وأيضا حالتهم الآنية (مفعل، متوقف،...).

عند حذف أي عميل فإن هذه العملية تنتهي بإلغاء تسجيله من نظام إدارة العميل AMS.

4- برمجة خوارزمية إدارة الطلب على الطاقة باستخدام نظرية العملاء المتعددين:

4-1-تصميم العملاء لعناصر الشبكة الكهربائية:

سنستعرض في الفقرات التالية تصميم كل عميل على حدى وفق الحالة المدروسة في هذا البحث

4-1-1-عميل المولدات التقليديةG :

يحتوي هذا العميل على المعلومات التالية للمولدات التقليدية:

l عدد المولدات التقليدية.

P الاستطاعة الفعلية[KW] .

Q الاستطاعة الردية[KVA] .

Cosφ عامل الاستطاعة.

ε1 نسبة زيادة التوليد (قيمة الاحتياطي في التوليد).

4-1-2-عميل المولدات الموزعة DG:

يحتوي هذا العميل على المعلومات التالية للمولدات الموزعة:

- المولدات الريحية:

m عدد المولدات الريحية.

Pmax أقصى استطاعة نحصل عليها من الريح [W]. وتقدر قيمتها بالمعادلة التالية (ورقوزق، 2010، ص34):

$Pmax= (1/2)\ \rho V^3 x0.59$

ρ كثافة الهواء Kg/m^3 قيمتها (1.225).

V سرعة الرياح (m/s) قيمتها (5-25).

ε2 نسبة زيادة التوليد (قيمة الاحتياطي في التوليد).

- مولدات الطاقة الشمسية:

n عدد مولدات الطاقة الشمسية.

Ppv استطاعة الانفرتر المحقونة بالشبكة [W]. وتقدر قيمتها بالمعادلة التالية (Alcharea، 2021، p2):

$Ppv=Pmppt*\eta mppt*\eta inv*\eta deg$

Pmppt الاستطاعة العظمى للخلايا الضوئية[W].

ηmppt مردود أعلى قيمة استطاعة.

ηinv مردود الانفرتر.

ηdeg مردود التقادم.

ε3 نسبة زيادة التوليد (قيمة الاحتياطي في التوليد).

4-1-3-عميل الأحمالL:

يحتوي هذا العميل على المعلومات التالية للأحمال:

i عدد الأحمال.

Pl الاستطاعة الفعلية[KW]

Ql الاستطاعة الردية[KVA]

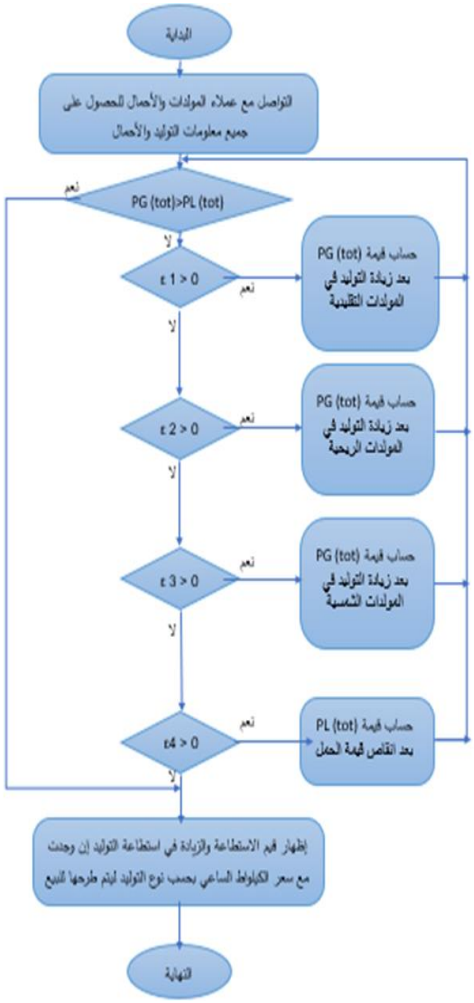
Cosφl عامل الاستطاعة.

ε4 نسبة انقاص الحمل (امكانية التحكم بقيمة الحمل).

4-1-4-العميل الرئيسي (عميل إدارة الطلب على الطاقة) Base:

يقوم هذا العميل بالتراسل مع العملاء سابقي الذكر، ويجمع المعلومات المخزنة عند كل عميل، ثم يقوم بتطبيق خوارزمية إدارة الطلب على الطاقة وفق الشكل(3).

حيث سيتم مقارنة استطاعة التوليد الكلية مع استطاعة الحمل الكلية بعد جمع المعلومات من عملاء التوليد والأحمال، ليتم بعدها محاولة تأمين استطاعة توليد احتياطية عن طريقمراسلة عميل التوليد لزيادة استطاعة التوليد ومراسلة عميل الحمل لانقاص استطاعة الأحمال -إن أمكن-ليتم طرح فائض الاستطاعة للبيع للمستهلكين.

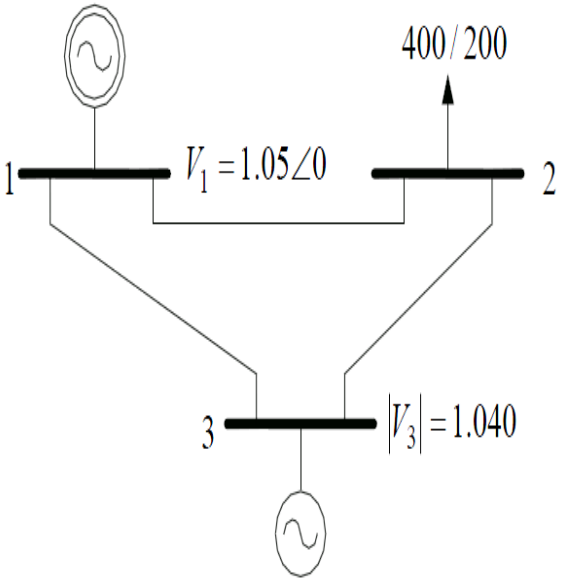


الشكل (3) خوارزمية إدارة الطلب على الطاقة عن طريق MAS

5- التطبيق العملي:

5-1-شرح معطيات الشبكة التجريبية:

سيتم تطبيق خوارزمية إدارة الطلب على الطاقة على شبكة نموذجية IEEE 3 BUS موضحة بالشكل(4) باستخدام برنامج Eclipse الذي يدعم لغة الجافا ومنصةJADE



الشكل (4) شبكة نموذجية IEEE 3 BUS

الجدول (1) معلومات التوليد والأحمال الخاصة بالشبكة النموذجية IEEE 3 BUS

Bus No	Generation		Load Demand	
	MW	MVar	MW	MVar
1	2.163	0	0	0
2	0	0	4	2
3	2	-0.2	0	0

تحتوي هذه الشبكة على مولدين على البارات 1 و3 وحمولة على البار 2 واستطاعاتها موضحة بالجدول(1) بالـ pu على أساس الاستطاعة 100 MW

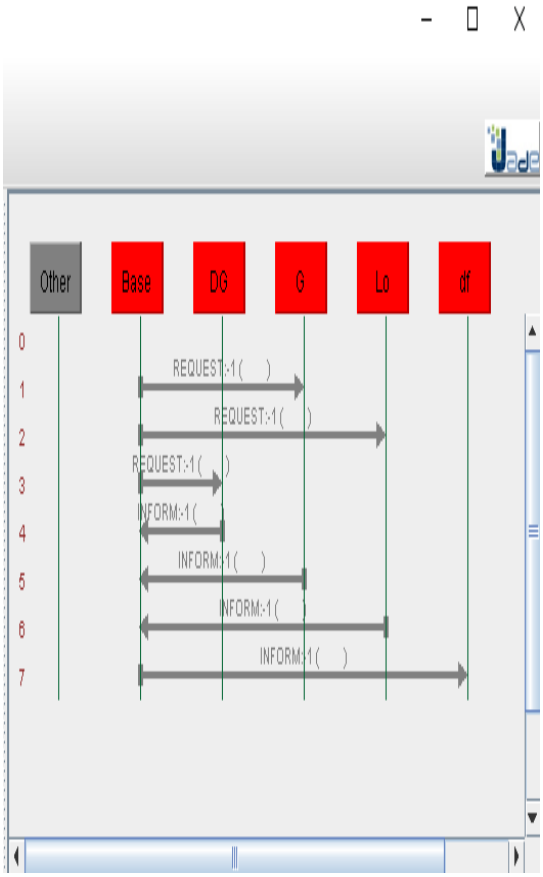
نعتبر المولد على البار 1 هو مولد تقليدي وقيمة ε1 له تساوي 0.5 أي نعتبر أن 50% من استطاعته هي استطاعة احتاطية.

والمولد على البار 3 هو مولد طاقة شمسية وقيمة ε3 له تساوي 0.5 أي نعتبر أن 50% من استطاعته هي استطاعة احتاطية.

والحمل على البار 2 هو حمل قابل للانقاص وقيمة ε4 له تساوي 0.2 أي يمكن انقاص 20% من استطاعته.

5-2- نتائج التطبيق على الشبكة التجريبية وفق المعطيات باستخدام منصة JADE:

عند تطبيق المعطيات السابقة في برنامج ادارة الطلب على الطاقة باستخدام تظرية الوكلاء المتعددين عن طريق منصة JADE فإنه سيعطي النتائج الموضحة بالشكل(5)

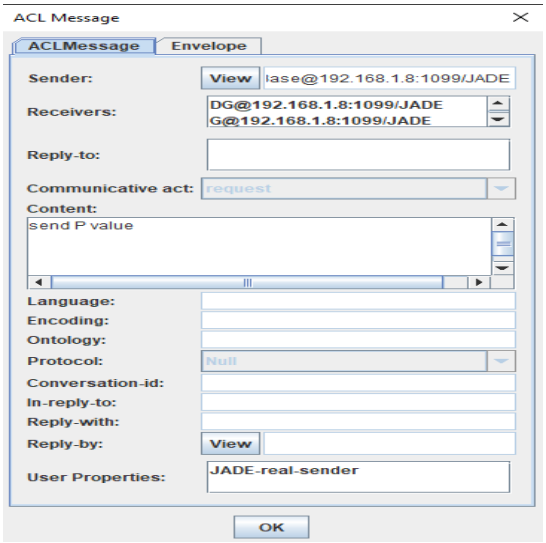


الشكل (5) مخطط التواصل بين العملاء على منصة JADE

حيث سيطلب العميل الرئيسي Base من باقي العملاء تزويده باستطاعات المولدات والأحمال الموجودة بالشبكة كما هو موضح بالشكل(6).

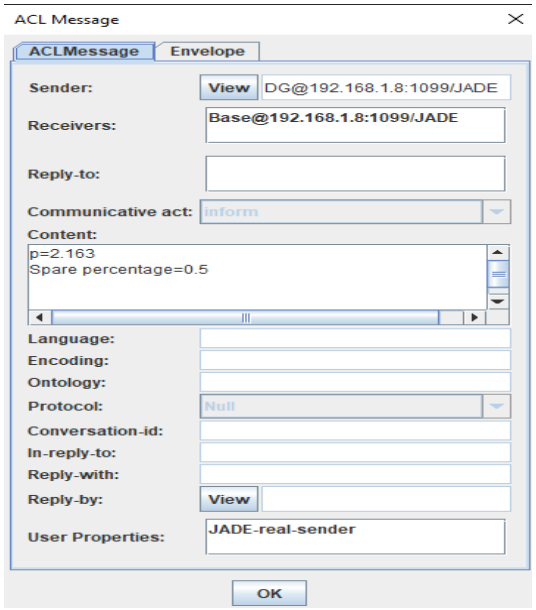
حيث تحتوي رسالة FIPA-ACL على معلومة عن رسالة واحدة أو أكثر. التعليمة الوحيدة التي هي إلزامية في جميع

رسائل ACL هي الأداء Performance على الرغم من أنه من المتوقع أن تحتوي معظم رسائل ACL أيضًا على تعليمات المرسل والمستقبل والمحتوى

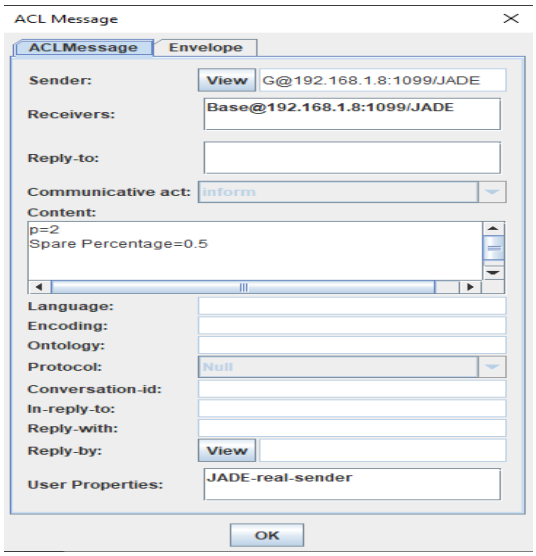


الشكل (6) رسالة العميل الرئيسي Base إلى باقي العملاء تزويده باستطاعات المولدات والأحمال الموجودة بالشبكة

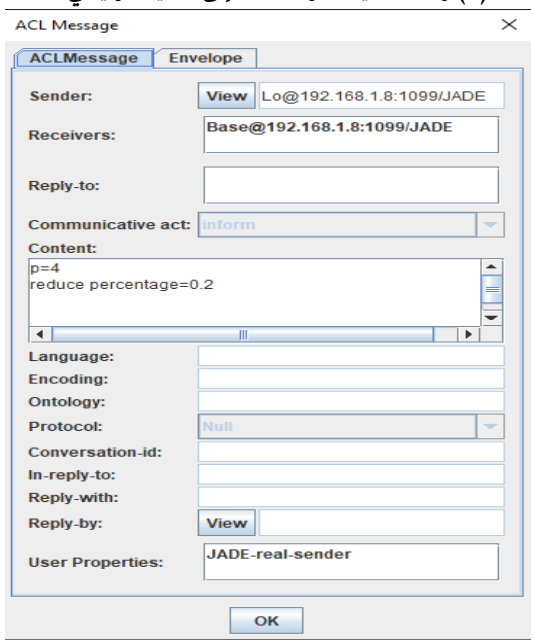
وبدوره سيقوم عملاء المولدات والأحمال بارسال قيم الاستطاعات وقيم الاحتياطي للمولدات ان وجدت ε1,2,3 ونسب انقاص الحمولة ε4 إن وجدت كما هو موضح بالأشكال التالية(7,8,9)



الشكل (7) رسالة عميل المولدات الموزعة DG إلى العميل الرئيسي BASE

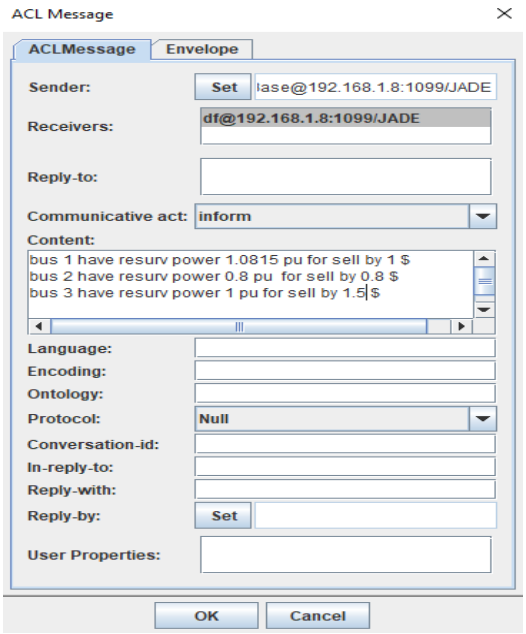


الشكل (8) رسالة عميل المولدات G إلى العميل الرئيسي BASE



الشكل (9) رسالة عميل الأحمال Lo إلى العميل الرئيسي BASE

بعدها يقوم العميل الرئيسي Base بتطبيق معطيات الشبكة التي تم ارسالها من قبل العملاء على خوارزمية إدارة الطلب على الطاقة المخزنة لديه والموضحة بالشكل (3) ويقوم بحساب قيمة الاستطاعة الاحتياطية المتوفرة في الشبكة المدروسة مع قيمة سعر الـMW وارسال النتائج لعميل df (عميل الصفحات الصفراء) ليقوم بطرح هذه الخدمة على باقي العملاء الراغبين بشراء طاقة كهربائية كما هو موضح بالشكل(10).



الشكل (10) رسالة العميل الرئيسي Base إلى عميل الصفحات الصفراء

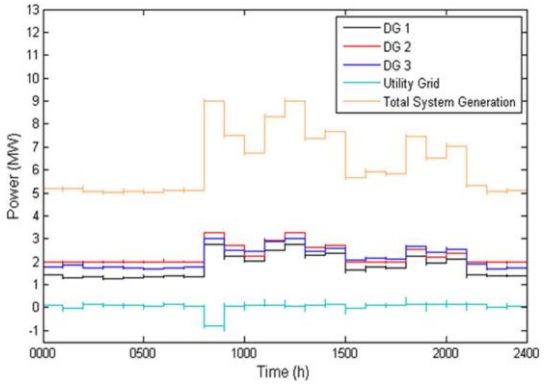
6- النتائج:

الجدول (2) نتائج تطبيق برنامج ادارة الطلب على الطاقة باستخدام الوكلاء المتعددين للشبكة النموذجيةIEEE 3 BUS

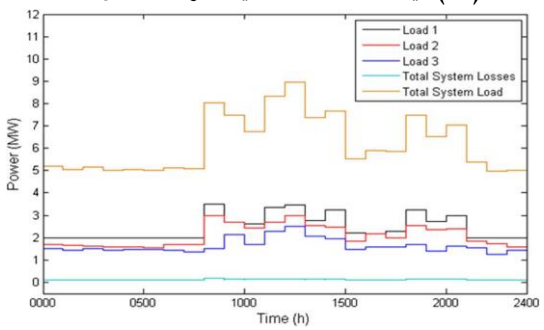
3	2	1	Bus No	
2	0	2.163	MW	استطاعة المولدات بالشبكة PU
-0.2	0	0	Mvar	
0.5	0.5	0.5	ε	نسبة الاحتياطي بالتوليد
1	0	1.0815	MW	استطاعة احتياطي التوليد PU
0	0	0	Mvar	
0	4	0	MW	استطاعة الأحمال بالشبكة PU
0	2	0	Mvar	
0	0.2	0	ε4	نسبة انقص الحمل
0	0.8	0	MW	الوفر باستطاعة التوليد الناتج عن انفاص الحمل PU
0	0.4	0	Mvar	
1	0.8	1.0815	MW	الاحتياطي الكلي باستطاعة التوليد بعد تطبيق برنامج الوكلاء المتعددين PU
0	4.4	0	Mvar	

. يوضح جدول النتائج قيمة الاحتياطي بالاستطاعة التي استطاع نظام العملاء المتعددين تأمينها من خلال تواصل العميل الرئيسي مع عملاء المولدات والأحمال، والطلب من هذه العملاء تأمين استطاعة احتياطية من خلال إما زيادة التوليد أو انقاص الحمولة، ليتم بعدها طرح الاحتياطي بالاستطاعة للبيع عن طريق عميل الصفحات الصفراء df.

توضح الدراسة المرجعية للمرجع رقم [2] (Y. S. Foo. Eddy,2014,P7,8) فعالية تطبيق نظام متعدد الوكلاء (MAS) في الإدارة الموزعة للشبكات الصغيرة، ويبين الشكل (11) والشكل (12) قيم استطاعة المولدات والأحمال بعد تطبيق نظام متعدد الوكلاء (MAS)



الشكل (11) قيمة الاستطاعة الفعلية للمولدات خلال 24 ساعة



الشكل (12) قيمة الاستطاعة الفعلية للأحمال خلال 24 ساعة

وعند مراقبة النتائج وحساب الاحتياطي في الاستطاعة في كل ساعة نلاحظ أن قيمة الحتياطي تتراوح مابين 0.1-1.1 ميغا واط، وهو اقل من قيمة الاحتياطي الذي يمكن تأمينه في حال تم استخدام الخوارزمية المقترحة من قبلنا باستخدام نظرية

العملاء المتعددين والذي يقدر ب 2.8815 ميغا واط. وبالنتيجة تبين هذه المقالة مايلي:

ـ مدى فعالية نظام العملاء المتعددين في تنفيذ خوارزمية إدارة الطلب على الطاقة المقترحة لتأمين طاقة احتياطية يتم الاستفادة منها وبيعها إلى مستثمرين مقترحين.

ـ نلاحظ قدرة نظام العملاء المتعددين على التنسيق فيما بينهم وتنفيذ الأعمال المطلوبة منه خلال الوقت الحقيقي وبدون أي تدخل من العامل البشري.

جدول المصطلحات:

يبين الجدول (3) جدول المصطلحات المستخدمة في المقالة.

الجدول (3) جدول المصطلحات

الاختصار	المصطلح
MAS	Multi Agent System
FIPA	Foundation for Intelligent Physical Agents
JADE	Java Agent DEvelopment framework
ACL	Agent Communication Language
SL	Semantic Language
MTS	Message Transport Service
AP	Agent Platform
DF	Directory Facilitator
AMS	Agent Management System
DG	Distributed Generator

التمويل: هذا البحث ممول من جامعة دمشق وفق رقم التمويل (501100020595).

References:

1-M.K Perera, R.U.I Disanayaka, E.M.C.S Kumara, W.M.C.S.B Walisundara, E.M.A.G.N.C Ekanayake, H.V.V Priyadarshana, K.T.M.U Hemapala; Multi Agent Based Energy Management System for Microgrids; University of Moratuwa; February 2020.

2-Y. S. Foo. Eddy; Multi-Agent System for Distributed Management of Microgrids; 2014 IEEE.

3-Ritu Jain, Vasundhara Mahajan; Energy Management of Multi-Microgrids in Joint Energy and Ancillary Service Market Considering Uncertainties of Renewables; Journal of Renewable
Energy and Environment; Spring 2023.

4-Mansour Selseleh Jonbana, Luis Romerala, Adel Akbarimajdb, Zunaib Alic, Seyedeh Samaneh Ghazimirsaeide, Mousa Marzbandc,d, Ghanim Putrusc; Autonomous Energy Management System with Self-Healing Capabilities for green buildings (Microgrids); Preprint submitted to Journal of Building Engineering; September 4, 2020.

5-Fabio Bellifemine, Giovanni Caire, Dominic Greenwood,2007, Developing Multi-Agent Systems with JADE, John Wiley & Sons Ltd, , The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex PO19 8SQ, England.

6- ورقوزق، د هاشم،2010–2011،" طاقة الرياح (2)" كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية ، جامعة دمشق ، سورية.

7-Raed Alcharea, Waseem Saeed, April.2021, Evaluating Grid Connected Photovoltaic System Performance And Estimating The Produced Electric Power, ResearchGate.

8- IEEE 3BUS DATA, IEEE.

9-Frank Ibarra Hernández, Carlos Alberto Canesin Ramon Zamora, Fransiska Martina, Anurag K Srivastava,IEEE 2013, Energy Management and Control for Islanded Microgrid Using Multi-Agents, São Paulo State University – UNESP – FE/IS
Ilha Solteira - SP, Brazil, Chichester, West Sussex PO19 8SQ, England, IEEE 2013.

10-Asma GARRAB, Adel BOUALLEGUE, Ridha BOUALLEGUE, January 19-21, 2017, A Multi-Agent System Control of a Smart Grid Located at a Distribution Level Multi-Agents, ICCAD'17, Hammamet - Tunisia, January 19-21, 2017.

11-Leo Raju, Immanuel Rajkumar, Kaviya Appaswamy, , 2016, Integrated Energy Management of Micro-Grid using
Multi Agent System, SSN College of Engineering, Sathyabama University, IEEE 2016.

12-T. Logenthiran, Dipti Srinivasan∗, Ashwin M. Khambadkone, 2011, Multi-agent system for energy resource scheduling of integrated microgrids in a distributed system, Electric Power Systems Research 81 (2011), Science Direct.

13-Princy Khamesra1, Jitendra Kasera2, Rahul Mehta3, Jun-2014,, MULTI-AGENT SYSTEMS BASED INTELLIGENT CONTROL OF MICROGRID, 1P.G. student, Pacific University, Udaipur 2Assistant Prof. & H.O.D. (Electrical Engg.), Pacific University, Udaipur 3Phd student, National University of Singapore, Singapore ResearchGatr , Jun-2014.

14-A Thesis in Electrical Engineering
By Le Chen, August 2014, MULTI-MULTI AGENT SYSTEM-BASED SIMULATION OF A LABORATORY-SCALE MICROGRID, The Pennsylvania State University,The Graduate School,The School of Science, Engineering and