موافقة لجنة الحكم على طباعة رسالة الماجستير

إشارة إلى اللائحة التنفيذية لقانون تنظيم الجامعات الصادرة بالمرسوم التشريعي رقم/250/ لعام 2006 وقرار مجلس جامعة دمشق رقم /3699/ ص . م تاريخ 2022/8/31 بشأن الموافقة على تسجيل أطروحة طالبة الدراسات العليا المهندسة منى رزق في هندسة الطاقة الكهربائية بعنوان:

إدارة الطلب على الطاقة في الشبكات الذكية باستخدام النظام المتعدد العملاء

واستناداً لأحكام المادتين 163 و 164 من اللائحة التنفيذية لقانون تنظيم الجامعات الصادرة بالمرسوم /250/ تاريخ 2016/7/10 وقرار مجلس الجامعة رقم 3699 تاريخ 2024/8/12 المتضمن إجراءات القيد في الدراسات العليا وتشكيل لجان وإجراءات المناقشة العلنية للرسائل والأطروحات والدفاع عنها ومنح الدرجات العلمية وقرار مجلس البحث العلمي والدراسات العليا /64/ المتخذ بالجلسة رقم /1/ تاريخ 2023/9/18 القاضي بتشكيل لجنة الحكم على أطروحة الماجستير في هندسة الطاقة الكهربائية التي أعدتها المهندسة منى رزق من السادة الأساتذة:

الدكتور غيث ورقوزق:	استاذ في قسم هندسة الطاقة الكهربائية – جامعة دمشق	عضواً
الدكتور وسيم سعيد:	استاذ مساعد في قسم هندسة الطاقة الكهربائية – جامعة دمشق	عضواً
الدكتور فؤاد صالحة:	استاذ مساعد في قسم هندسة الطاقة الكهربائية – جامعة دمشق	عضواً ومشرفاً

وبعد أن قامت لجنة الحكم بمناقشة أطروحة الماجستير التي تقدمت بها المهندسة منى رزق علنياً في تمام الساعة الحادية عشرة ظهراً من يوم الأربعاء الموافق 2024/10/2 فقد قامت الباحثة بالتعديلات المطلوبة من اللجنة على الأطروحة وأصبحت جاهزة للطباعة.

الدكتور	الدكتور	الدكتور
وسيم سعيد	غيث ورقوزق	فؤاد صالحة

الجمهورية العربية السورية

جامـــعة دمشـــــــــــق

كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية

قسم الطاقة الكهربائية

إدارة الطلب على الطاقة في الشبكات الذكية باستخدام النظام المتعدد العملاء

دراسة أعدت لنيل درجة الماجستير في هندسة الطاقة الكهربائية

إعداد المهندسة

منى رزق

المشرف العلمي

الدكتور المهندس فؤاد صالحه

العام الدراسي

2024/2023

جدول المصطلحات

الرمز	المصطلح
ICT	Information and communications technology
MAS	Multi Agent System
MG	Micro Grid
DSM	Demand Side Management
JADE	Java Agent Development
DG	Distributed Generation
LVDC	Low Voltage Direct Current
LVAC	Low Voltage Alternating Current
DSO	Decision Support Tools
CMC	Center Management Controller
HAN	Home Area Network
BAN	Building Area Network
IAN	Industrial Area Network
FAN	Field Area Network
NAN	Neighborhood Area Network
WAN	Wide Area Network
PLC	Power Line Communication
CT	Container Table
GADT	Global Agent Descriptor Table
AP	Agent Platform
DF	Directory Facilitator
AMS	Agent Management System
ACL	Agent Communication Language
IDE	Integrated Development Environment
PV	Solar Photovoltaic system
CL	Critical Load
NCL	Non-Critical Load

MGCC	**Microgrid control center**
DSO	**Distribution system operator**
FIPA	**Foundation for Intelligent Physical Agents**

الفهرس

فهرس المحتويات	
العنوان	**الصفحة**
الفصل الأول: الإطار العام للبحث والدراسات المرجعية	
1.1 المقدمة	**2**
2.1 مشكلة البحث	**3**
3.1 مبررات البحث	**4**
4.1 تساؤلات البحث	**4**
5.1 فرضيات البحث	**5**
6.1 الهدف من البحث	**5**
7.1 أهمية البحث	**5**
8.1 حدود البحث	**6**
9.1 الدراسات المرجعية	**6**
1.9.1 الدراسة المرجعية الأولى	**6**
2.9.1 الدراسة المرجعية الثانية	**9**
3.9.1 الدراسة المرجعية الثالثة	**12**
4.9.1 الدراسة المرجعية الرابعة	**14**
5.9.1 الدراسة المرجعية الخامسة	**17**
6.9.1 الدراسة المرجعية السادسة	**19**
10.1 مناهج البحث وأدواته	**22**
11.1 مكونات البحث	**24**
الفصل الثاني: الدراسة النظرية	
1.2 المقدمة	**26**
2.2 الشبكات الذكية والميكروية وهيكلتها	**26**
1.2.2 تعريف الشبكة الذكية	**26**

2.2.2 المهام التي تقوم بها الشبكات الذكية	26
3.2.2 مكونات الشبكة الذكية	27
4.2.2 خصائص الشبكة الذكية	28
5.2.2 مبررات التوجه الى الشبكة الذكية	28
6.2.2 أهم مفاهيم الشبكة الذكية	31
7.2.2 العوامل المساعدة للترقية للشبكة الكهربائية الذكية	30
8.2.2 عناصر الشبكة الكهربائية الذكية	31
3.2 الشبكات الميكروية Microgrids	33
1.3.2 الشبكة الميكروية	33
2.3.2 المزايا الرئيسية للشبكة الميكروية	34
3.3.2 التحكم في الشبكات الميكروية	35
1.3.3.2 مستوى التحكم الأولي(Primary control level)	36
2.3.3.2 مستوى التحكم الثانوي (Secondary control level)	36
3.3.3.2 مستوى التحكم الثالثي (Tertiary control level)	37
4.2 نظم وبروتوكولات الاتصال في الشبكات الكهربائية الذكية	38
1.4.2 شبكات الاتصالات	38
2.4.2 طرق الاتصالات	40
5.2 نظام إدارة الطلب على الطاقة الكهربائية في الشبكات الميكروية Demand Side Management	40
1.5.2 تقنيات DSM الرئيسية	41
6.2 النظام المتعدد العملاء Multi Agent System وطرق تشكيله في الشبكات الميكروية ولغات البرمجة المستخدمة	43
1.6.2 العميل Agent	43
2.6.2 خصائص العميل	43
3.6.2 تصنيف العملاء	44
4.6.2 خصائص الأنظمة متعددة العملاء (Multi Agent System)	46
5.6.2 البرمجة على منصة JADE	46
1.5.6.2 مكونات منصة JADE	47
2.5.6.2 دورة حياة العميل على منصة JADE	50
3.5.6.2 التواصل بين العملاء على منصة JADE	51
6.6.2 تشكيل النظام المتعدد العملاء في الشبكة الميكروية	52

7.2 استخدام المتحكمات في تحصيل البيانات لاستخدامها في نظام MAS	53
8.2 الخاتمة	55
الفصل الثالث: خوارزمية إدارة الطلب على الطاقة – التطبيق على الشبكة الميكروية المدروسة	
1.3المقدمة	57
2.3 تصميم خوارزمية تابع إدارة الطلب على الطاقة	57
3.3 تصميم نموذج حاسوبي لإدارة الطلب على الطاقة باستخدام MAS	61
1.3.3 إنشاء العملاء المسؤولة عن تنفيذ الخوارزمية	62
2.3.3 البرنامج المنفذ في MATLAB	67
4.3 نتائج تطبيق الخوارزمية على الشبكة الميكروية المرجعية	68
1.4.3 المرحلة الأولى	71
2.4.3 المرحلة الثانية	76
3.4.3 المرحلة الثالثة	80
5.3 الخاتمة	83
الفصل الرابع: التطبيق العملي	
1.4 المقدمة	85
2.4 التطبيق العملي	86
1.2.4 إنشاء العملاء المسؤولة عن تنفيذ الخوارزمية	86
2.2.4 مكونات دارة الاختبار العملي	91
3.2.4 برمجة Arduino UNO	93
4.2.4 نتائج الاختبارات العملية	95
1.4.2.4 المرحلة الأولى	95
2.4.2.4 المرحلة الثانية	101
3.4 الخاتمة	106
الفصل الخامس: النتائج والتوصيات	
1.5 النتائج	108
2.5 التوصيات	109

قائمة الأشكال والرسوم البيانية

فهرس الأشكال	
الشكل	الصفحة
الفصل الأول: الإطار العام للبحث والدراسات المرجعية	
الشكل (1.1) مخطط الخط الواحد للشبكة الميكروية	5
الشكل (2.1) نموذج الشبكة الميكروية	7
الشكل (3.1) نموذج الشبكة الميكروية DC	8
الشكل (4.1) نموذج الشبكة الميكروية AC	8
الشكل (5.1) نموذج الشبكات الميكروية المتعددة	9
الشكل (6.1) منحني الحمل اليومي قبل تطبيق تقنيات DSM	11
الشكل (7.1) منحني الحمل اليومي بعد تطبيق تقنيات DSM	11
الشكل (8.1) منصة JADE	13
الشكل (9.1) المراسلات بين العملاء ومضمون رسالة عميل الشبكة المرسلة الى عميل الحمل	13
الشكل (10.1) نموذج الشبكة الميكروية	14
الشكل (11.1) النظام المدروس	15
الشكل (12.1) نتائج المحاكاة على MATLAB	16
الشكل (13.1) تقنية قص الذروة	17
الشكل (14.1) العملاء ضمن منصة JADE	18
الشكل (15.1) نموذج الشبكة الميكروية في MATLAB	20
الشكل (16.1) منحنى طلب الحمل قبل وبعد تطبيق الطريقة المقترحة	21
الشكل (17.1) خوارزمية المنهجية المتبعة	23
الفصل الثاني: الدراسة النظرية	
الشكل (1.2) الهيكل المبسط ومكونات الشبكة الميكروية	34
الشكل (2.2) الهيكل الهرمي لمستويات للتحكم في الشبكة الميكروية	36
الشكل (3.2) الهيكل العام لنهج التحكم المركزي واللامركزي	37
الشكل (4.2)منحني الحمل الناتج عن تطبيق تقنية قص الذروة	41
الشكل (5.2)منحني الحمل الناتج عن تطبيق تقنية ملئ الأجزاء المنفرجة	42
الشكل (6.2)منحني الحمل الناتج عن تطبيق تقنية إزاحة الحمل	42

الشكل (7.2)منحني الحمل الناتج عن تطبيق تقنية الترشيد	43
الشكل (8.2) العناصر الأساسية لمنصة JADE	47
الشكل (9.2) الواجهة الرسومية للمنصة	48
الشكل (10.2) الصفحة الصفراء في منصة JADE	49
الشكل (11.2) حالات تواجد العميل وانتقاله من حالة لأخرى	50
الشكل (12.2) مراسلة العميل A1 للعميل A2	51
الشكل (13.2) العملاء التي تعبر عن مكونات الشبكة الميكروية	52
الشكل (14.2)Arduino UNO	54
الشكل (15.2) لوحات المتحكمات الصغرية	58
الفصل الثالث: خوارزمية إدارة الطلب على الطاقة – التطبيق على الشبكة الميكروية المدروسة	
الشكل (1.3) نموذج الشبكة الميكروية	57
الشكل (2.3) تقنية قص الذروة	59
الشكل (3.3) المخطط الانسيابي للخوارزمية المقترحة لإدارة الطلب على الطاقة في الشبكة الميكروية	60
الشكل (4.3) نموذج الشبكة الميكروية	61
الشكل (5.3) نموذج الشبكة الميكروية المتصل مع مركز التحكم المركزي (MGCC)	62
الشكل (6.3) الكود البرمجي لعميل النظام الكهروضوئيPV	63
الشكل (7.3) الكود البرمجي لعميل مجموعات الأحمال غير الحرجة Ncl	64
الشكل (8.3)الكود البرمجي لعميل مركز التحكم بالشبكة الميكروية MGCC	65
الشكل (9.3)الكود البرمجي للعميل المسؤول عن الاتصال بين MATLAB وEclipse (MTC)	66
الشكل (10.3) جزء من البرنامج المنفذ في MATLAB	67
الشكل (10.3) العملاء على منصة JADE	68
الشكل (11.3) المراسلات بين العملاء على منصة JADE	69
الشكل (12.3) منحني الحمل والتوليد خلال تنفيذ الخوارزمية	70
الشكل (13.3) نتائج تنفيذ الخوارزمية خلال المرحلة الأولى	72
الشكل (14.3) مضمون رسالة العميل مولد الديزل	73
الشكل (15.3) مضمون رسالة العميل المدخرة	73

الشكل (16.3) مضمون رسالة العميل Ncl	74
الشكل (17.3) مضمون رسالة العميل PV	74
الشكل (18.3) مضمون رسالة العميل MGCC	75
الشكل (19.3) نتائج تنفيذ الخوارزمية خلال المرحلة الثانية	76
الشكل (20.3) مضمون رسالة عميل مولد الديزل	77
الشكل (21.3) مضمون رسالة عميل المدخرة	77
الشكل (22.3) مضمون رسالة العميل Ncl	78
الشكل (23.3) مضمون رسالة العميل PV	78
الشكل (24.3) مضمون رسالة العميل MGCC	79
الشكل (25.4) نتائج تنفيذ الخوارزمية خلال المرحلة الثالثة	80
الشكل (26.3) مضمون رسالة عميل مولد الديزل	81
الشكل (27.3) مضمون رسالة عميل المدخرة	81
الشكل (28.3) مضمون رسالة العميل Ncl	82
الشكل (29.3) مضمون رسالة العميل PV	82
الشكل (30.3) مضمون رسالة العميل MGCC	83
الفصل الرابع: التطبيق العملي	
الشكل (1.4) آلية الربط المقترحة بين الاردوينو ومنصة JADE	85
الشكل (2.4) الكود البرمجي لعميل النظام الكهروضوئيPV	87
الشكل (3.4) الكود البرمجي لعميل مركز التحكم بالشبكة الميكروويةMGCC	88
الشكل (4.4)الكود البرمجي لعميل المتحكم MC	89
الشكل (5.4) العملاء على منصة JADE	90
الشكل (6.4) المراسلات بين العملاء على منصة JADE	91
الشكل (7.4) مكونات الدارة العملية على برنامج بروتوس (دارة اختبار أولية)	92
الشكل (8.4) دارة التطبيق العملي قبل الاختبار والوصل مع MAS	92
الشكل (9.4) الكود المنفذ باستخدام برنامج IDE	94
الشكل (10.4) نتائج تنفيذ الخوارزمية على برنامج Eclipse	96
الشكل (11.4) المراسلات بين العملاء على منصة JADE	97
الشكل (12.4) مضمون رسالة Ncl	98
الشكل (13.4) مضمون رسالة PV	98
الشكل (14.4) مضمون رسالة عميل مولد الديزل	99

الشكل (15.4) مضمون رسالة عميل المدخرة	99
الشكل (16.4) مضمون رسالة عميل مركز التحكم بالشبكة الميكروية	100
الشكل (17.4) نتائج تنفيذ الخوارزمية في المرحلة الأولى	101
الشكل (18.4) نتائج تنفيذ الخوارزمية على برنامج Eclipse	102
الشكل (19.4) المراسلات بين العملاء على منصة JADE	103
الشكل (20.4) مضمون رسالة المدخرة	104
الشكل (21.4) مضمون رسالة Ncl	104
الشكل (22.4) مضمون رسالة عميل مركز التحكم بالشبكة الميكروية	105
الشكل (23.4) نتائج تنفيذ الخوارزمية	106

قائمة الجداول

فهرس الجداول	
الجدول	الصفحة
الفصل الأول: الإطار العام والدراسات المرجعية	
الجدول (1.1) بعض البارامترات المهمة قبل وبعد تطبيق تقنيات DSM	11
الجدول (2.1) حالة العمل بوضع الجزيرة	16
الجدول (3.1) العمل بوضع الاتصال مع الشبكة الرئيسية	16
الجدول (4.1) تفاعل العملاء مع بعضها في أوقات مختلفة	81
الجدول (5.1) نتائج تطبيق تقنيات DSM	21
الفصل الثالث: خوارزمية إدارة الطلب على الطاقة – التطبيق على الشبكة الميكروية المدروسة	
الجدول (1.3) القيم الإسمية لمكونات الشبكة الميكروية	58
الفصل الرابع: التطبيق العملي	
الجدول (1.4) القيم الإسمية لمكونات الشبكة الميكروية	95

الملخص

تطور النظام الكهربائي في الآونة الأخيرة الى نظام أكثر ذكاءً وحداثة وأقل مركزية وانبعاثات غازية سامة.

شكلت الشبكات الميكروية إحدى أهم تطبيقات الشبكات الذكية في الأنظمة الكهربائية الحديثة وذلك لقدرتها على العمل في نمط الاتصال مع الشبكات الرئيسية ونمط المعزول عنها.

تعد مهمة إدارة الطاقة من مهمات مركز التحكم المركزي بالشبكة الميكروية (MGCC).

تم تقسيم عملية إدارة الطاقة في الشبكات الذكية الى إدارة الطاقة من قبل مجموعات التوليد الكهربائية من جهة وإدارة الطلب على الطاقة من جهة أخرى.

يمكن لإدارة الطلب على الطاقة أن يساهم في تخفيض الطلب على الطاقة من المنظومة الكهربائية في أوقات الذروة.

نستخدم في هذا البحث النظام المتعدد العملاء لإنجاز عملية إدارة الطلب على الطاقة في الشبكة الميكروية على منصة JADE.

تم اختبار الطريقة بتطبيقها على نموذج لشبكة ميكروية منمذجة باستخدام الماتلاب.

تم بعد ذلك استخدام المتحكم الصغري ARDUINO كنظام تحصيل البيانات لاختبار مقدرة النظام المتعدد العملاء على الاستجابة للتغيرات اللحظية لقيم دخل الخوارزمية.

الكلمات المفتاحية:

الشبكة الذكية، الشبكة الميكروية، إدارة الطلب على الطاقة، النظام المتعدد العملاء، المتحكم الصغري.

الفصل الأول

الإطار العام للبحث والدراسات المرجعية

Research General Framework and Literature Review

1.1 المقدمة:

حقق التطور في تكنولوجيا المعلومات والاتصالات (ICT) تأثيراً كبيراً على قطاع الطاقة الكهربائية وطريقة توليد الطاقة وتوزيعها، حيث يتجه النظام الكهربائي عبر هذا التقدم إلى نظام أكثر لا مركزية وأكثر ذكاءً.

يمثل نموذج الشبكة الذكية انتقالاً نحو شبكات توصيل الطاقة الكهربائية ثنائية الاتجاه أي من مراكز التوليد إلى مناطق الأحمال وبالعكس عند وجود التوليد الكهربائي الموزع.

تُعَّرف الشبكات الذكية بأنها الشبكات الكهربائية التقليدية بعد إدخال تقانات الحساسات الذكية والتحكم المتقدم بالإضافة إلى إدماج وسائط الاتصالات بكافة أشكالها ويتم ذلك ضمن مستويات النقل والتوزيع الكهربائي (Pipattanasomporn, Feroze, Rahman, 2009).

يمكن لنظام التوزيع الكهربائي المستقل أن يشكل نظاماً ذكياً عند إدماج إحدى وسائط الذكاء الاصطناعي (كالنظام المتعدد العملاء Multi Agent System) أو أي ميّزة من مميزات الشبكات الذكية.

يمكن لميزات الشبكات الذكية أن تطبق على الشبكات الميكروية، التي تعد بحد ذاتها تطور للنظام الكهربائي نحو نظام أكثر ذكاءً، بالتالي نحصل على الشبكة الميكروية الذكية (Smart Micro Grid) (Pipattanasomporn, Teklu, Rahman,2007).

تعرف الشبكة الميكروية حسب العديد من مراكز الدراسات والأبحاث العالمية ومنها ما ورد في (Agrawal, 2006) بأنها شبكة توزيع مبتكرة ضمن نهج الشبكات الذكية تتألف من مجموعة من الأحمال الكهربائية المتصلة عبر هذه الشبكة مع مجموعة من المولدات الكهربائية الموزعة والتي يمكن أن تعمل على التوازي مع الشبكة الرئيسية أو أن تعمل بشكل معزول عنها ضمن ما يسمى بنظام الجزيرة (Island Mode).

إن تطبيق مبدأ الشبكات الميكروية ضمن نظام التوزيع الكهربائي من شأنه أن يقدم مرونة في تزويد الأحمال بالطاقة الكهربائية وخاصة في حالة الاضطرابات التي تنشأ في الشبكة الرئيسية.

يعد تحسين الاستقرار والموثوقية في النظام الكهربائي أحد أهم التحديات لتطبيق الشبكات الميكروية.

تعد مسألة توازن الطاقة الكهربائية المولدة والمستهلكة من المسائل المهمة التي يتوجب دراستها وخاصة عند عمل الشبكة الميكروية في النمط المعزول عن الشبكة الرئيسية.

تسمى تلك العملية بإدارة الطاقة ضمن الشبكة الميكروية والتي تهدف إلى إبقاء التوازن بين التوليد والحمل بالإضافة إلى تخفيض استهلاك الطاقة الكهربائية قدر الإمكان.
تتم هذه العملية إما عن طريق الإدارة المثلى للطاقة المولدة أو عن طريق إدارة الأحمال والتي تسمى إدارة الطاقة من جانب الطلب (Demand Side Management DSM).
عادةً تستخدم طرق الذكاء الاصطناعي ونظم الاتصالات الحديثة في عمليات إدارة الطاقة من جانب الحمل والتي تعد ن أهم مميزات الشبكات الذكية.
تم الاتجاه حالياً إلى نظم تحكم أكثر توزيعاً التي توفر عمليات الاتصالات وتعطي نظام التحكم الموثوقية والاستقرار المطلوب بأقل قدر ممكن من نقل الإشارة والمعالجة المركزية.
يمكن تحقيق ذلك من خلال تصميم الشبكات الذكية بالاعتماد على النظام المتعدد العملاء (Multi Agent System) الذي من شأنه أن يربط كافة الأقسام الفيزيائية المستقلة للشبكة بنظام اتصالات ذو واجهة موحدة.

2.1 مشكلة البحث:

عادةً يتم تأمين الطلب على الطاقة الكهربائية في الشبكات الميكروية من قبل المولدات الموزعة وفق أولويات الطاقة الأرخص في حال كانت مولدات الطاقات المتجددة تكفي لتغذية الأحمال.
عند زيادة الحمل وعند عمل الشبكة الميكروية في نظام العمل المتصل مع الشبكة الرئيسية فإن العجز في الطاقة يتم تأمينه عن طريق الشبكة الكهربائية الرئيسية.
عند العمل في النظام الكهربائي المعزول (Island Operation Mode) يتم تأمين توازن الطاقة المولدة مع الأحمال وفق نظام إدارة الطلب DSM الذي يعمل وفق عدة خوارزميات على تحقيق الاستقرار في الشبكة عن طريق تخفيض قيم الأحمال غي الحرجة عند الحاجة.

3.1 مبررات البحث:

يمكن التحكم عبر نظام DSM بكامل الأحمال في ساعات العمل الحرجة (الذروة) للشبكة الميكروية، يقوم نظام DSM في الشبكات الميكروية بتخفيف الاستهلاك في ذروة منحني الحمل وبالتالي تخفيض التحميل الزائد من النظام الكهربائي وبالتالي الحد من الاختناقات والتحميل الزائد للخطوط.
من جهة أخرى يهدف نظام DSM إلى زيادة كفاءة النظام الكهربائي وتخفيض قيمة المدفوعات أو التكاليف المصروفة على عمليات زيادة التوليد أو إنشاء محطات توليد إضافية في حالات الذروة.

4.1 تساؤلات البحث:

يهدف هذا المحور الى استحداث عدة تساؤلات ذات صلة للمساهمة في تحديد نطاق وعمق مشكلة البحث واستكشاف سبل علاجها، وذلك من خلال الأسئلة التالية:

- ما هي ضرورة اعتماد تقنيات إدارة الطلب على الطاقة في الشبكات الميكروية.
- ما هي الخوارزمية المعتمدة لتحقيق إدارة أفضل للأحمال وتحقيق التوازن بين الطاقة المتوفرة والطاقة المطلوبة في حالة عمل الشبكة الميكروية في وضع المعزول، وكيف تم تطبيقها.
- ما هي البرمجيات المستخدمة لتطبيق خوارزمية DSM.

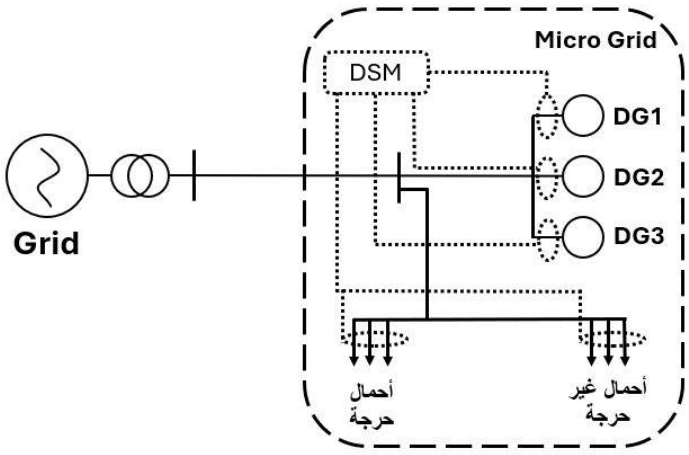
5.1 فرضيات البحث:

- تطبيق تقنيات إدارة الطلب على الطاقة ساهمت في تحسين منحني الحمل وتحقيق التوازن بين الطاقة المتوفرة والطاقة التي تحتاجها الأحمال.
- اعتماد النظام المتعدد العملاء في تطبيق الخوارزمية ساهم في رفع كفاءة نظام التحكم في الشبكة الميكروية.

6.1 الهدف من البحث:

يهدف البحث إلى تطبيق إحدى توابع إدارة الطلب على الطاقة على الشبكة الميكروية المقترحة في الشكل (1.1).

تحوي الشبكة الميكروية على عدة مولدات موزعة ومجموعة من الأحمال، حيث تم تقسيم الأحمال الى أحمال حرجة وأخرى غير حرجة، نركز في دراستنا على تابع قص الذروة (Peak Clipping) عند نظام عمل الشبكة الميكروية منفصلة عن الشبكة الرئيسية في حال العجز في التوليد وخاصة في ساعات الذروة الليلية عند عدم وجود طاقة مولدة من الخلايا الشمسية.



الشكل (1.1) مخطط الخط الواحد للشبكة الميكروية

5.1 أهمية البحث:

تكمن أهمية البحث في الحفاظ على استقرار الشبكة الميكروية وتحقيق التوازن بين التوليد والحمل عبر تطبيق DSM وذلك عن طريق اعتماد منهجية قائمة على النظام المتعدد العملاء الذي ساهم في رفع كفاءة نظام التحكم في الشبكة الميكروية..

8.1 حدود البحث:

- يتم بدايةً إجراء نمذجة للشبكة الميكروية المرجعية باستخدام برنامج MATLAB.
- ثم اختبار خوارزمية إدارة الطلب على الطاقة التي تم انشاؤها باستخدام النظام المتعدد العملاء MAS المبرمج باستخدام لغة JADE بواسطة برنامج Eclipse على هذه الشبكة.
- يتم استخدام المتحكم الصغري لتحصيل البيانات وإرسالها إلى حاسب النظام المتعدد العملاء.
- يتم اختبار النظام عند عدة سيناريوهات، حيث يقوم نظام DSM بتوجيه أوامر فصل للأحمال وفق أولويات تحددها الخوارزمية.
- يتم من أجل اختبار خوارزمية DSM الاستعاضة عن مولدات الشبكة الميكروية بمقسمات جهد على مداخل المتحكم الصغري الذي يقوم بتحويل إشارات مقسم الجهد الى حاسب MASكقيم عشوائية للتوليد الكهربائي.

9.1 الدراسات المرجعية:

1.9.1 الدراسة المرجعية الأولى:

Smart Grid and Enabling Technologies (2021)

قدمت هذه الدراسة:

- مفهوم الشبكة الميكروية ومكوناتها:

هي مجموعة من الأحمال المترابطة وموارد الطاقة الموزعة (DERs) ضمن حدود كهربائية محددة بوضوح، تعمل ككيان واحد يمكن التحكم فيه فيما يتعلق بالشبكة ويمكنها الاتصال والانفصال عن الشبكة لتمكينها من العمل في كلا الوضعين المتصلين بالشبكة أو الجزيرة كما هي مبينة في الشكل (2.1).

- تصنيف الأحمال الى أحمال حرجة وأحمال غير حرجة.

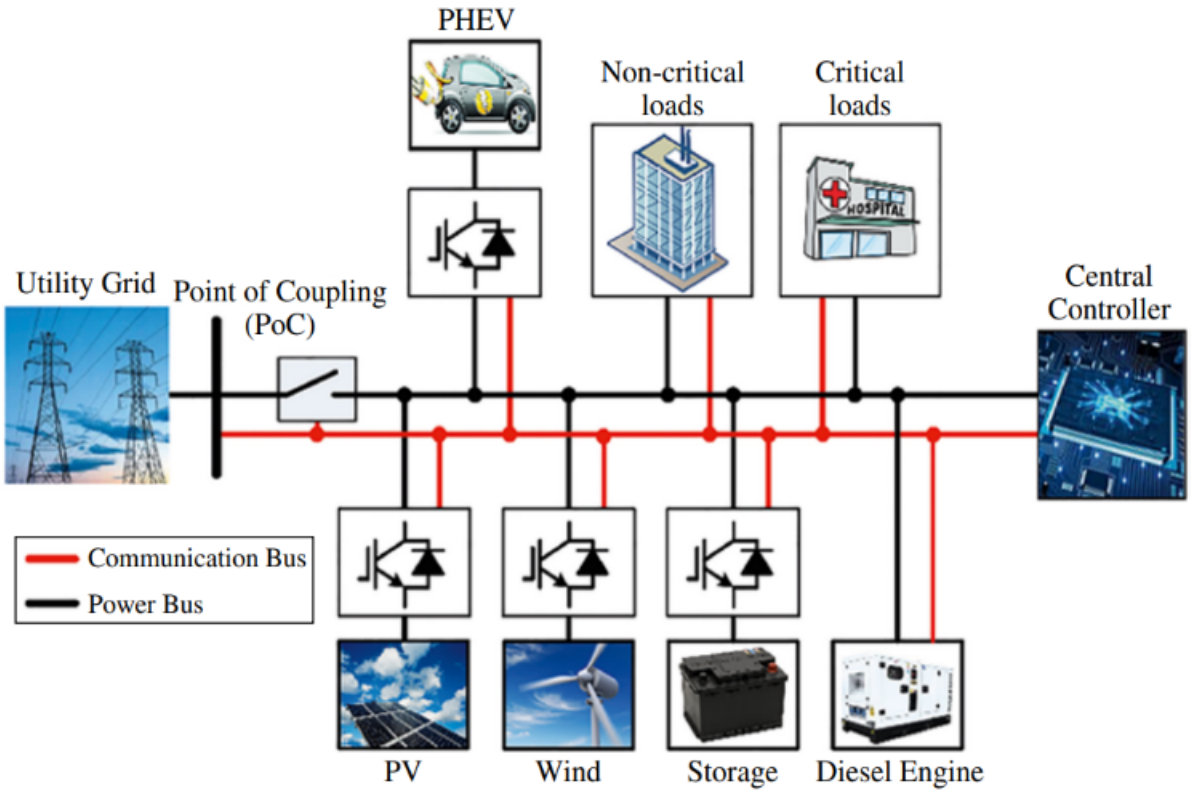
- بعض أنواع الشبكات الميكروية:

AC microgrid, DC microgrid, Multi microgrid

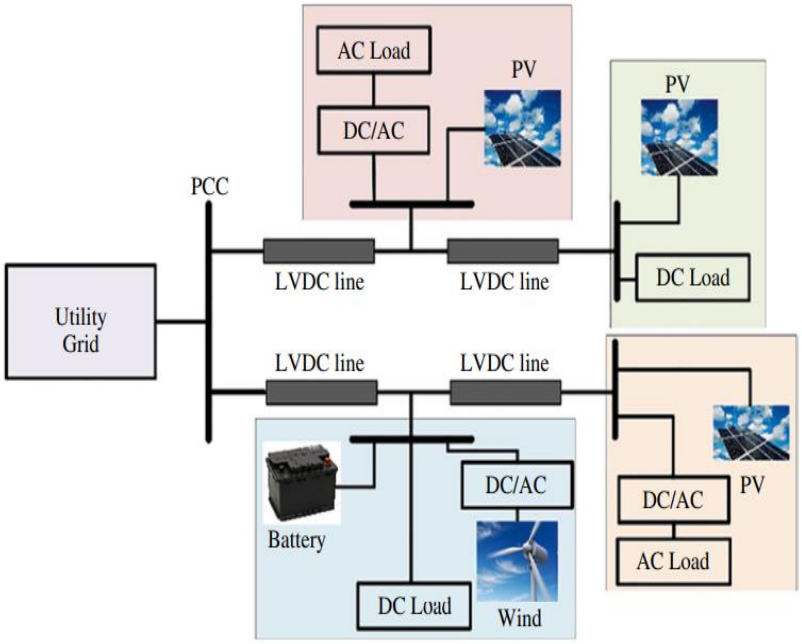
كما هو موضح في الاشكال (3.1), (4.1), (5.1).

- فوائد تطبيق الشبكات الميكروية (التقنية، البيئية، الاقتصادية).

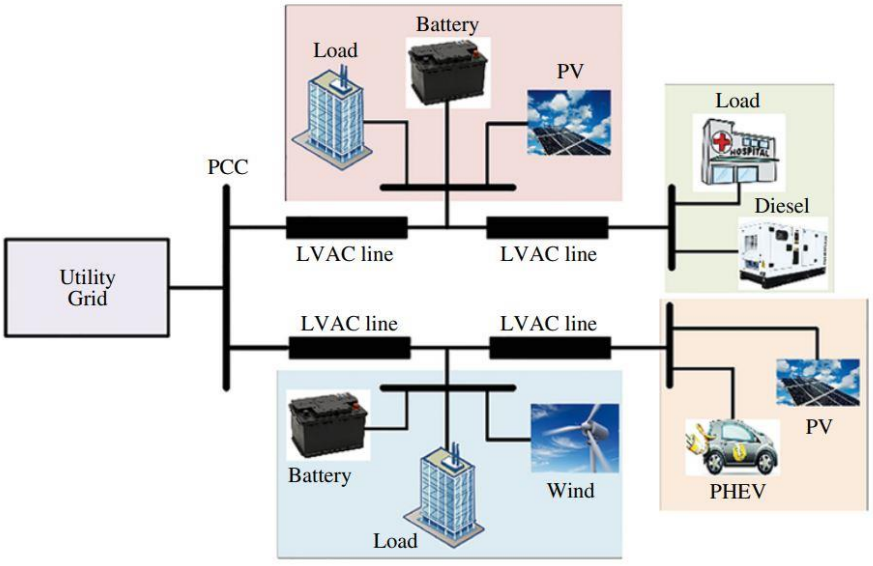
(Shady S., Ellabban, O., Bayhan, Set all. 2021).



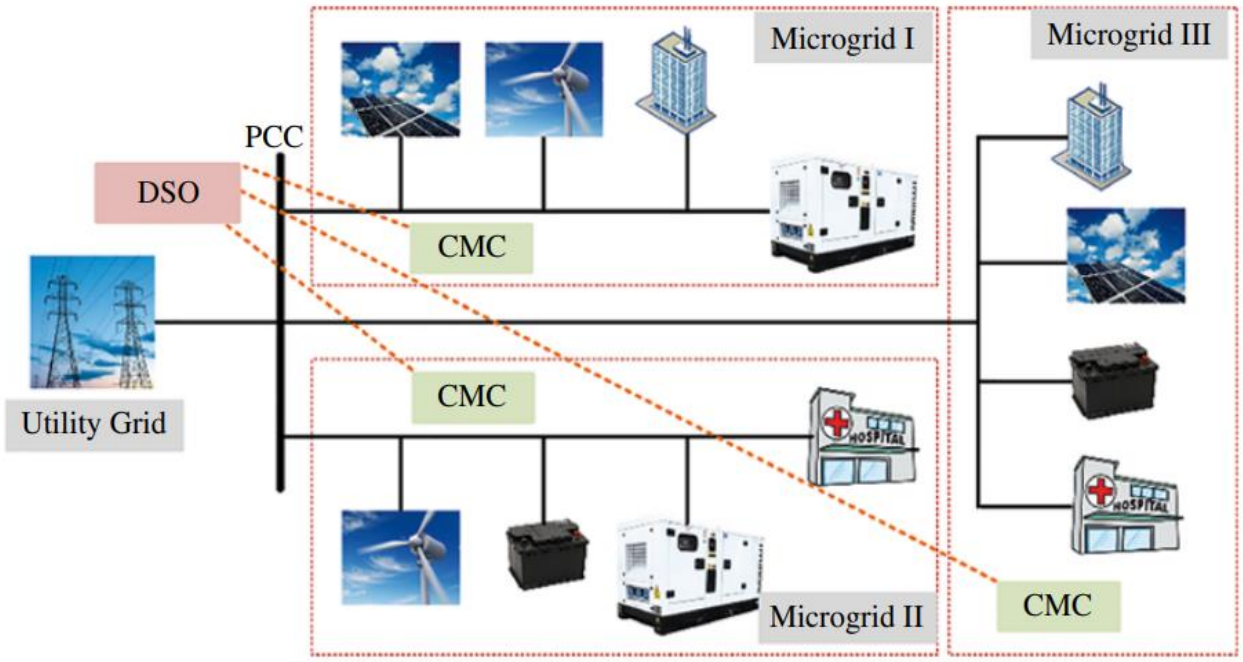
الشكل (2.1) نموذج الشبكة الميكروية



الشكل (3.1) نموذج الشبكة الميكروويةDC



الشكل (4.1) نموذج الشبكة الميكروويةAC



الشكل (5.1) نموذج الشبكات الميكروية المتعددة

2.9.1 الدراسة المرجعية الثانية:

Application of Demand Side Management Techniques in Successive Optimization Procedures

(Communications in dependability and quality management (CDQM) An International Journal .2016)

قدمت هذه الدراسة:

- مفهوم إدارة الطلب على الطاقة DSM: تتضمن إدارة جانب الطلب على الطاقة الأنشطة التي يقوم بها المستخدمون النهائيون لتعديل استهلاكهم بأفضل طريقة ممكنة لكل من المرافق والعملاء.
- عرض تقنيات إدارة الطلب على الطاقة:

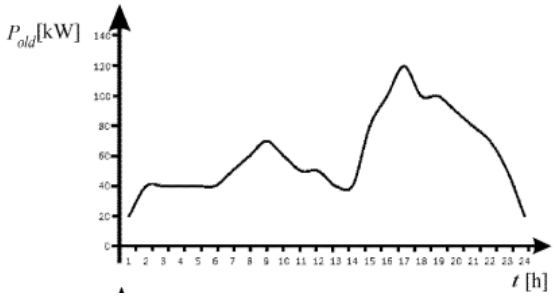
1. تقنية قص الذروة.
2. تقنية تحويل الأحمال.
3. تقنية ملئ الانخفاضات.
4. تقنية الزيادة الإجمالية لاستهلاك الطاقة.
5. تقنية الحفاظ على الطاقة.

- دراسة منحني حمل يومي وعرض نتائج التحسين بعد تطبيق إدارة الطلب على الطاقة.

الاستراتيجية المتبعة:

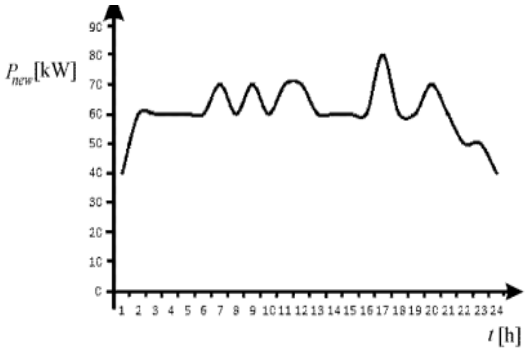
- تم دراسة منحني الحمل اليومي.
- وللتحسين منحني الحمل تم اعتماد تقنيتي قص الذروة وإزاحة الأحمال وذلك باستخدام أداة . MS Excel Solver

النتائج:



الشكل (6.1)

منحني الحمل اليومي قبل تطبيق تقنيات DSM



الشكل (7.1)

منحني الحمل اليومي بعد تطبيق تقنيات DSM

الجدول (1.1) بعض البارامترات المهمة قبل وبعد تطبيق تقنيات DSM

Parameter	Before Applied DSM Techniques	After Applied DSM Techniques
P_{max} [kW]	120	80
Energy per year [kWh/year]	529250	529250
P_{av} [kW]	60,4167	60,4167
$LF=P_{av}/P_{max}$	0,5035	0,7552
Demand Cost *LE*	10512	7008

النتائج:

تم تحسين منحني الحمل وعامل الحمولة وتقليل التكاليف على المستهلكين.

(Janjic, A. & Javor, D, 2016)

3.9.1 الدراسة المرجعية الثالثة:

Autonomous Demand Side Management of a Micro-Grid using Arduino and Multi Agent System

(IEEE, 2016)

قدمت هذه الدراسة:

تنفيذ خوارزمية إدارة الطلب على الطاقة في الشبكة الميكروية عن طريق الاردوينو والنظام المتعدد العملاء.

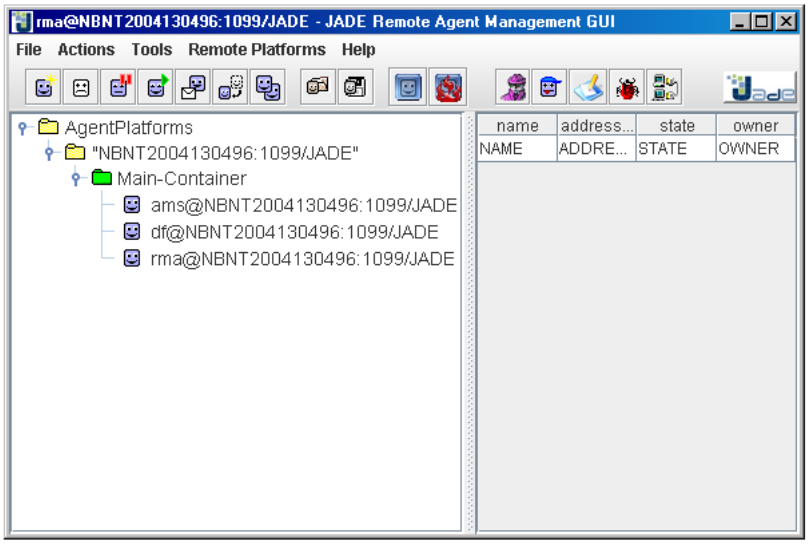
المنهجية المتبعة في هذا البحث:

تحتوي الشبكة الميكروية التي تم اعتمادها على نظامين للطاقة الشمسية الكهروضوئية، ومستهلك محلي وبطارية.
إدارة جانب الطلب تدور حول التخلص من الأحمال غير الضرورية من خلال تنفيذ خوارزمية لإدارة الطلب على الطاقة المعتمدة على تقنية قص الذروة وذلك باستخدام النظام المتعدد العملاء في برنامج Eclipse حيث يتم استشعار المعلومات حول توفر الشبكة وحمل NC من خلال مقاييس الجهد ويتم تقديمها إلى وحدة التحكم الدقيقة.

يحسب برنامج Eclipse توزيع الطاقة الأمثل وينعكس هذا في المتحكم حيث يتم إعطاء رقم محدد للجهاز المادي للتشغيل(LEDs) الذي يدل على الوكيل الذي قام باتخاذ اجراء.

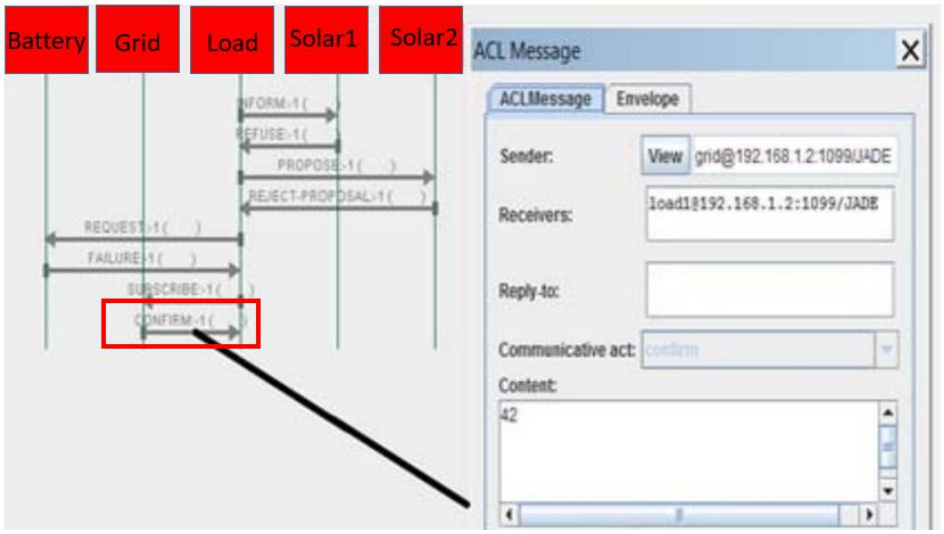
يتم استخدام منصة JADEلتأمين بيئة مناسبة للتواصل بين العملاء.

يوضح الشكل (8.1) منصة JADE قبل إنشاء العملاء.



الشكل (8.1) منصة JADE

تتواصل العملاء مع بعضها البعض في المنصة لأداء المهام المطلوبة منها، يوضح الشكل (9.1) المراسلات التي تمت بين العملاء مع عرض مضمون رسالة عميل الشبكة الموجهة الى عميل الحمل، يوضح فيها قدرته على تزويد الحمل ب 42 KW فقط.



الشكل (9.1) المراسلات بين العملاء ومضمون رسالة عميل الشبكة المرسلة الى عميل الحمل

النتائج:

تم رفع كفاءة الشبكة الميكروية وجعلها أكثر مرونة في التكيف مع تغييرات الاحمال والتغييرات البيئية.

(Raju, L., Muthukumar, P.R, Jagannathan ,S & Gokulakrishnan, S, 2017)

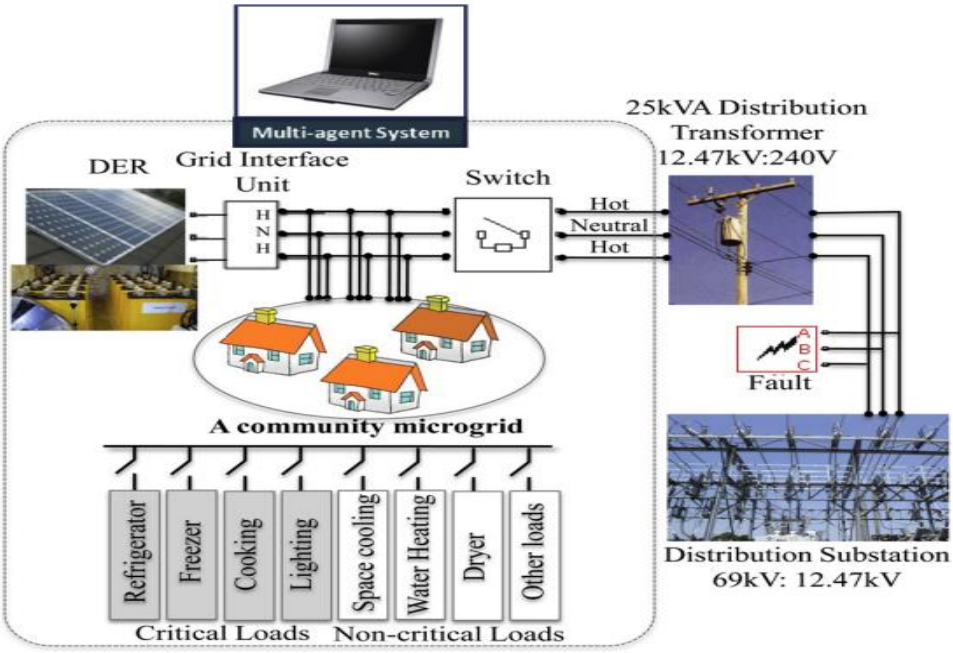
4.9.1 الدراسة المرجعية الرابعة:

Securing critical loads in a PV-based microgrids with a multi-agent system

(Renewable Energy, 2012)

قدمت هذه الدراسة:

استخدام نظام متعدد العملاء لتأمين الاحمال الحرجة اثناء حالة الطوارئ في الشبكة الميكروية الموضحة بالشكل (10.1) عند عملها بوضع الجزيرة.



الشكل (10.1) نموذج الشبكة الميكروية

المنهجية المتبعة:

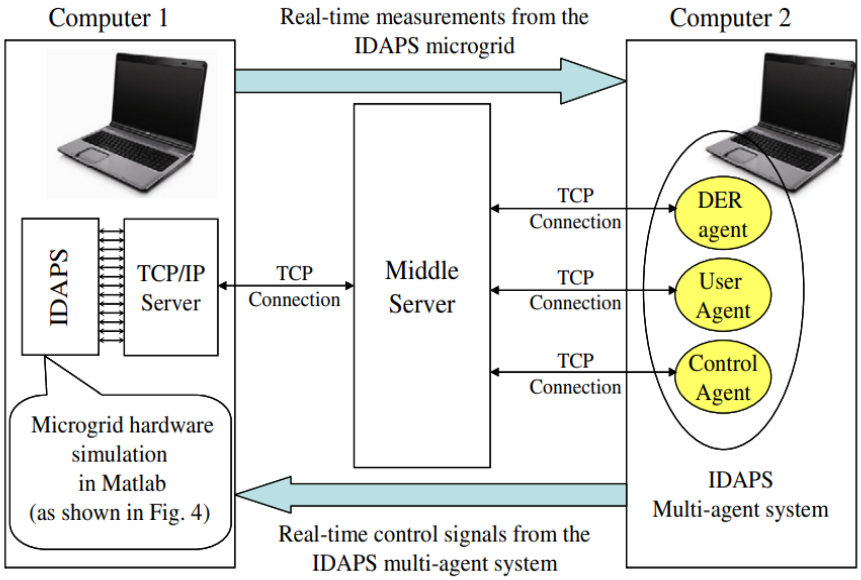
تمت محاكاة النظام الموضح في الشكل لمدة 24 ساعة، بافتراض حدوث انقطاع في الساعة 5 مساءً لمدة 3 ساعات.

يتألف النظام قيد الدراسة من الأنظمة المادية والافتراضية.

النظام المادي هو الشبكة الميكروية - تم تطويره في بيئة MATLAB / Simulink.

النظام الافتراضي هو نظام متعدد العملاء - تم تطويره بلغة برمجة خارجية.

الروابط بين الأنظمة يتم إنشاؤها عبر اتصالات TCP / IP كما هو موضح في الشكل (11.1).



الشكل (11.1) النظام المدروس

حيث تتم معالجة الرسائل المرسلة من نظام متعدد العملاء في الخادم الأوسط وإرسالها إلى خادم TCP / IP الخاص بشبكة microgrid بالتنسيق المناسب.

النتائج:

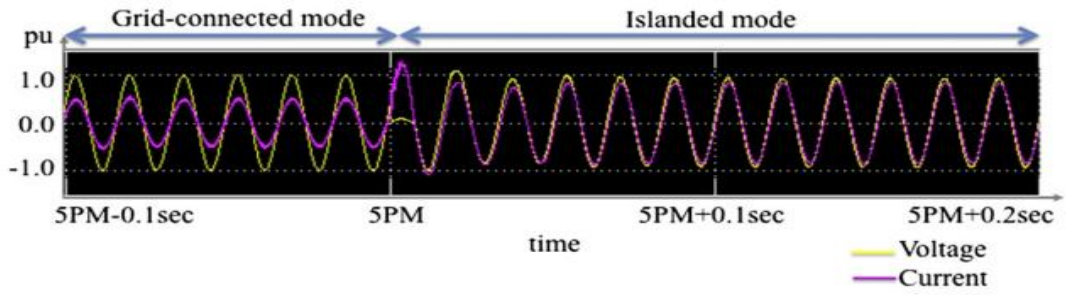
توضح الجداول التالية (2.1) (3.1) بعض التغيرات الناتجة عن تواصل العملاء مع بعضها في حالتي عمل الشبكة بوضع الجزيرة وعند مزامنتها مع الشبكة الرئيسية.

الجدول (3.1) حالة العمل مع الاتصال مع الشبكة

Facts	Updated attributes	Updated value
islandmode	is_island	False
	outageHour	N/A
criticalCB	cl_cb_status	True
noncriticalCB	ncl_cb_status	True
ua_DERcmd	ua_required_power	is set to shut down or reduce, depending on the preference

الجدول (2.1) حالة العمل بوضع الجزيرة

Facts	Updated attributes	Updated value
islandmode	is_island	True
	main_cb_status	False
criticalCB	cl_cb_status	True
noncriticalCB	ncl_cb_status	False
ua_DERcmd	ua_required_power	is set equal to the power required by the critical loads



الشكل (12.1) نتائج المحاكاة على MATLAB

تشير نتائج المحاكاة إلى أن النظام متعدد العملاء المقترح يمكن أن يخفف الحالة العابرة عند الانتقال من الشبكة المتصلة إلى وضع الجزيرة عند اكتشاف الانقطاعات الأولية.

(Pipattanasomporn, M., Feroze, H., Rahman, S, 2012)

5.9 الدراسة المرجعية الخامسة:

Developing A Multi Agent System in JADE for Micro Grids

(IEEE, 2018)

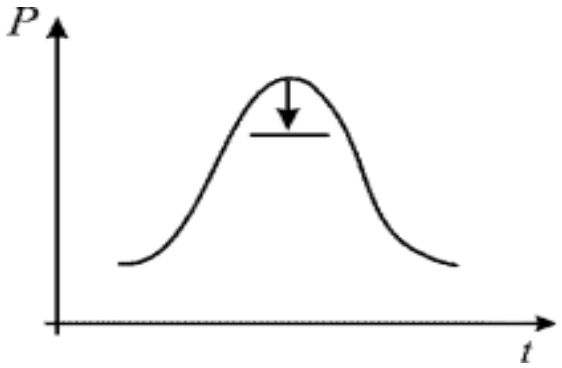
قدمت هذه الدراسة:

تطبيق تقنيات ادارة الطلب على الطاقة بهدف تحسين الكفاءة والتكلفة التشغيلية للشبكة الميكروية.

المنهجية المتبعة:

تم اعتماد تقنية قص الذروة وفقاً للشكل (13.1) لإدارة الطاقة من جهة الحمل.

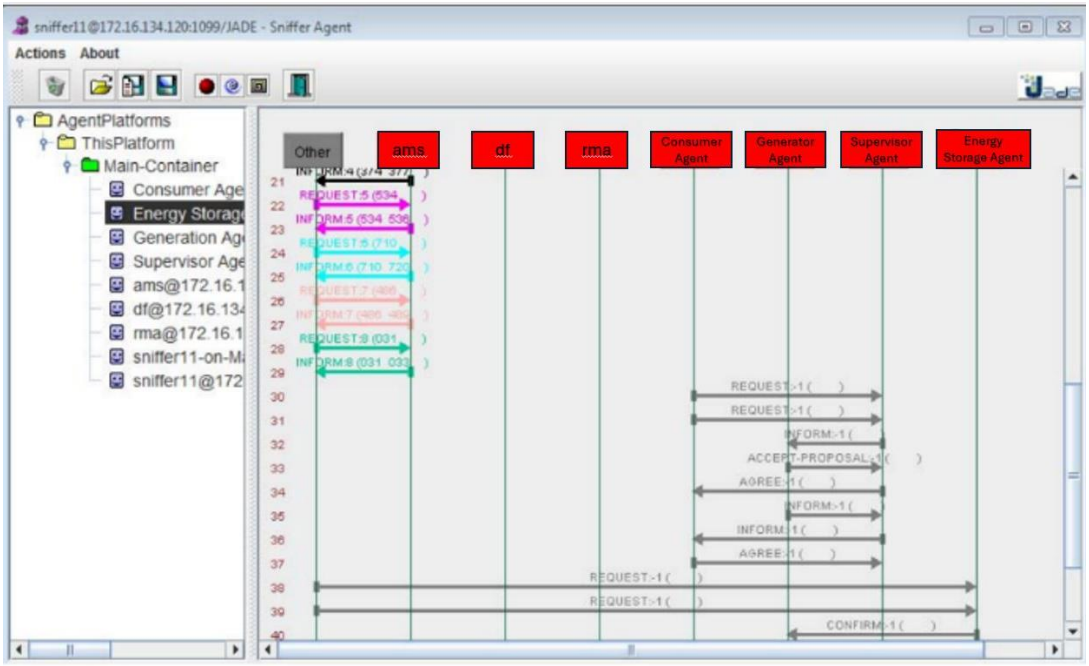
حيث تم تنفيذ خوارزمية لإدارة الطلب على الطاقة تأخذ في الاعتبار جميع الاحتمالات التي يمكن أن تحدث أثناء إدارة الطلب والعرض بين التوليد وجانب المستهلك.



الشكل (13.1) تقنية قص الذروة

تم استخدام أنظمة متعددة العملاء (MAS) حيث تتم محاكاة نموذج العوامل المتعددة المقترح في بيئة تطوير وكيل جافا(JADE) كما في الشكل (14.1).

العملاء في النموذج هم: عميل المشرف(SA) ، وعميل التوليد(GA) ، وعميل المستهلك(CA) ، وعميل تخزين الطاقة(ESA) .



الشكل (14.1) العملاء ضمن منصة JADE

تناول البحث المثال التالي الموضح بالجدول (4.1) عن تفاعل العملاء مع بعضها البعض خلال فترات مختلفة للطلب:

الجدول (4.1)

التوقيت	الطلب kw	العرض الذي يقدمه عميل التوليد GA	السعر $/kw	الاجراءات التي قامت بها العملاء
من 12صباحا ل 6 صباحا	70	120 kw	8	ستتفاعلSA مع CAلتوفير الطاقة وبمجرد موافقتها على ذلك، ستتفاعل مع ESA لتخزين الطاقة
من 6صباحا الى 6 مساءً	150	120 kw	12	سيطلب SAمن CAباستخدام الطاقة المخزنة
من 6 مساءً الى 12 صباحا	100	100 kw	10	سيكون هنالك توازن بين العرض والطلب ويمكن الشراء بعد موافقة المستهلك

النتائج:

- تطبيق تقنيات ادارة الطلب على الطاقة في الشبكة الميكروية ساهمت في الحصول على نتائج أفضل من ناحية تقليل النفقات على المستهلكين وتقليل الطلب في فترات الذروة.
- ول النظام المتعدد العملاء دور كبير في تنسيق العمليات في الشبكة الميكروية.

(Lakhina, U., Elamvazuthi, I., Meriaudeau, F., Ramasamy, G & Jangra, A, 2018)

6.9.1 الدراسة المرجعية السادسة:

Load Shifting Based DSM Strategy for Peak Demand Reduction in a Microgrid

(IEEE, 2020)

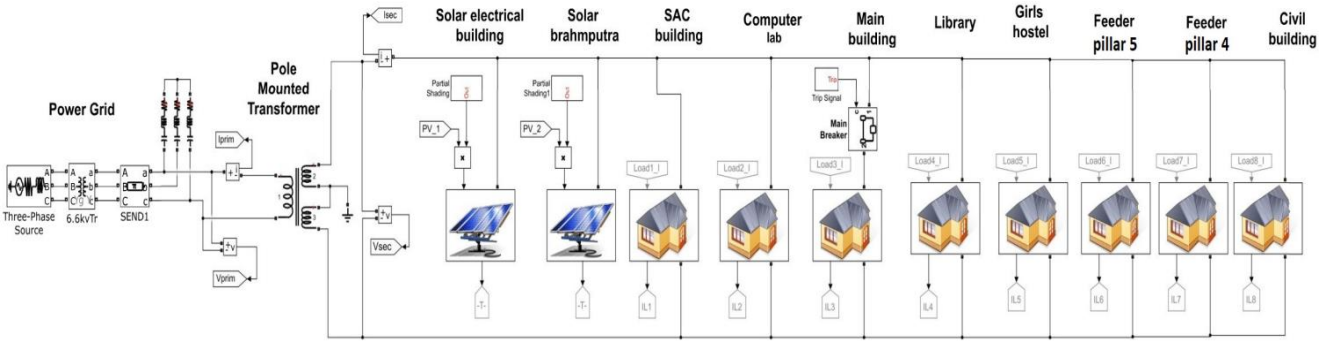
قدمت هذه الدراسة:

تطبيق تقنيات ادارة الطلب على الطاقة في الشبكة الميكروية لتقليل الطلب على الطاقة في فترات الذروة وبالتالي تحسين منحني الحمل اليومي.

المنهجية المتبعة:

تم في هذا البحث تعريف DSM وعرض تقنياته.

تنفيذ نموذج microgrid لتمثيل شبكة الحرم الجامعي في MATLAB كما هو موضح في الشكل (15.1).



الشكل (15.1) نموذج الشبكة الميكروية في MATLAB

تم استخدام 96 نقطة بيانات لتمثيل يوم واحد، أي كل 15 دقيقة يتم استخدام البيانات للتحليل والتي يتم جمعها من العدادات الذكية المثبتة في الحرم الجامعي.

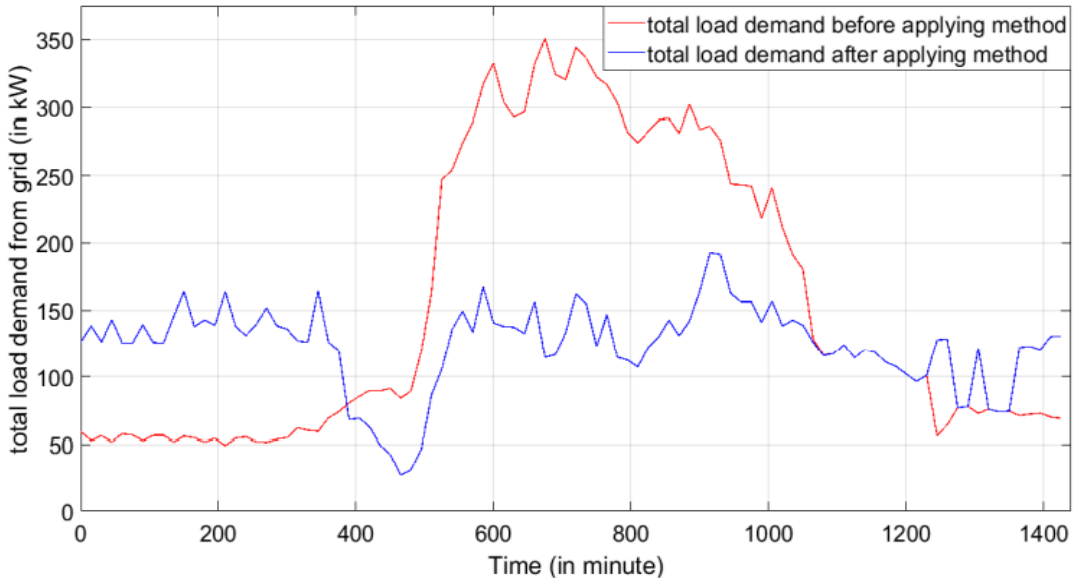
تم تلبية الأحمال من خلال توليد الطاقة الكهروضوئية أولاً ثم يتم حساب الطاقة المطلوبة من الشبكة.

بمجرد تحديد الطاقة المطلوبة من الشبكة على مدار اليوم، يتم تطبيق خوارزمية DSMالتي تعتمد على تقنية تحويل الحمل.

تم تحويل الأحمال القابلة للتحويل لتلك المؤشرات الزمنية عندما يكون إجمالي الطلب من الشبكة الرئيسية أكبر من 55٪ من ذروة الطلب الإجمالي وملء الانخفاضات في إجمالي الطلب حتى 1.3 متوسط قيمة إجمالي الطلب.

النتائج:

نلاحظ من المنحني الموضح في الشكل (16.1) بعد تطبيق الخوارزمية كيف تم تخفيض الذروة ونقل الطلب على الاستطاعة بحيث تم ملء الانخفاضات



الشكل (16.1) منحنى طلب الحمل قبل وبعد تطبيق الطريقة المقترحة

يوضح الجدول (5.1) التالي بعض نتائج تطبيق تقنيات DSM خلال فترة من 11:15 صباحًا إلى 11:30صباحا، وخلال الفترة من 3:15 مساءً إلى 3:30 مساء.

الجدول (5.1)

النتائج	قبل تطبيق DSM	بعد تطبيق DSM
ذروة الطلب من الشبكة الرئيسية	351 كيلو واط	192.805 كيلوواط
الانحراف المعياري لأجمالي الطلب	105,1706 كيلو واط	31.7836 كيلوواط
متوسط الطلب	154,36 كيلو واط	123.698 كيلوواط

النتائج:

- يصبح منحنى الحمل أكثر أفقية.
- توفر هذه الطريقة إطارًا لجعل الشبكة الصغرية أكثر استدامة باستخدام مصادر متجددة.
- تخفيض استهلاك الطاقة من الشبكة الرئيسية وبالتالي يتم تحقيق تخفيض لاحق في فاتورة الطاقة.

(Prasad, J., Jain, T., Sinha, N., Rai, S. 2020)

10.1 مناهج البحث وأدواته:

- يعتمد هذا البحث على المنهجين الوصفي والتحليلي حيث تم تحديد مكونات الشبكة الميكروية (مصادر توليد، أحمال) وتصنيف الأحمال الى أحمال حرجة وأحمال غير حرجة، ونمذجتها باستخدام بيئة النمذجة والمحاكاةMATLAB/Simulink .
- ثم إنشاء خوارزمية إدارة الطلب على الطاقة القائمة على تقنية قص الذروة (باستخدام نظام المتعدد العملاء المعتمد على منصة JADE ضمن برنامج Eclipse) مع التركيز على أهمية تلبية الأحمال الحرجة، واختبارها عند عدة سيناريوهات مختلفة لتغيير الطاقة المقدمة من قبل مصادر التوليد في الشبكة الميكروية.
- لاختبار مدى استجابة الخوارزمية عند مختلف الحالات، تم استخدام متحكم صغري (ARDUINO UNO) لتحصيل البيانات وارسالها الى الحاسب الذي يضم الخوارزمية المنشأة.

يوضح الشكل (19.1) خوارزمية المنهجية المتبعة للوصول إلى أهداف البحث :



الشكل (17.1) خوارزمية المنهجية المتبعة

11.1 مكونات البحث:

يتكون هذا البحث من الفصول التالية:

الفصل الأول:

وهو الدارسات المرجعية التي تسلط الضوء على أهم الابحاث المنجزة عالمياً والتي بينت المفاهيم المتعلقة بالشبكات الذكية والميكروية والنظام المتعدد العملاء وتقنيات DSM وأهمية تطبيقها في الشبكات الذكية والميكروية.

الفصل الثاني:

تم عرض أهم المفاهيم الموضحة للشبكة الذكية والميكروية وتقنيات إدارة الطلب على الطاقة والنظام المتعدد العملاء.

بالإضافة الى ذلك يتم عرض المعلومات المتعلقة بالمتحكمات بشكل عام و ARDUINO UNOبشكل خاص.

الفصل الثالث:

يعرض هذا الفصل خوارزمية إدارة الطلب على الطاقة التي تم تصميمها، وتطبيقها باستخدام النظام المتعدد العملاء (بالاعتماد على منصة JADE) على شبكة ميكروية مرجعية تم نمذجتها باستخدام بيئة النمذجة والمحاكاةMATLAB/Simulink .

الفصل الرابع:

تنفيذ التطبيق العملي لاختبار مدى استجابة الخوارزمية عند مختلف الحالات، وذلك باستخدام متحكم صغري (ARDUINO UNO) لتحصيل البيانات وارسالها الى الحاسب الذي يضم الخوارزمية المنشأة.

الفصل الخامس:

مناقشة النتائج التي تم التوصل اليها وتقديم التوصيات المستندة الى هذه النتائج.

الفصل الثاني

الدراسة النظرية

Theoretical study

1.2 المقدمة:

تعتبر الشبكات الميكروية نظام كهربائي مصغر بحد ذاته، حيث يمكن لهذه الأنظمة المصغرة أن تعمل بشكل منفصل عن الشبكة الرئيسية، يتطلب ذلك استراتيجية للتحكم وإدارة الطاقة وكل ما يتعلق بجودة التغذية الكهربائية للمستهلك، يتم عبر الشبكات الميكروية الاستفادة القصوى من مصادر الطاقة المحلية وبالتالي تحقيق اقتصادية مثلى للطاقة الكهربائية.

نقدم في هذا الفصل مفهوم الشبكات الذكية وبالتالي الميكروية كإحدى تطبيقاتها، كما تقدم مستويات التحكم في الشبكات الميكروية بالإضافة الى تقديم المفاهيم النظرية والرياضية لنظم إدارة الطلب على الطاقة الكهربائية وطرق تطبيقها باستخدام نظم العملاء المتعددين.

2.2 الشبكات الذكية والميكروية وهيكلتها:

1.2.2 تعريف الشبكة الذكية:

تعرف الشبكات الذكية بأنها الشبكات الكهربائية التقليدية بعد إدخال تقانات الحساسات الذكية والتحكم المتقدم بالإضافة إلى إدماج وسائط الاتصالات بكافة أشكالها ويتم ذلك ضمن مستويات النقل والتوزيع الكهربائي. (Pipattanasomporn,M., Feroze,H. and Rahman, 2009)

2.2.2 المهام التي تقوم بها الشبكات الذكية:

- توفر العدادات الذكية لمراقبة وتحديد التعرفة الملائمة حسب ثمن الاستخدام.
- إدارة جهة الطلب (مستهلكي الطاقة) أو أنماط استهلاكهم واستجابتهم للطلب.
- وضع التعرفة الملائمة حسب الزمن الفعلي للاستخدام.
- إدارة ذات كفاءة عالية لمصادر الطاقة مثل محطات القوى ومصادر الطاقة المتجددة الطاقة الشمسية وطاقة الرياح.

3.2.2 مكونات الشبكة الذكية:

تتكون الشبكة الذكية من مجموعة من التجهيزات والبرامج، نذكر أهمها:

- **أجهزة القياس الدقيقة:** تلك الأجهزة المستخدمة في التنبؤ عن حدوث انقطاعات الكهرباء المختلفة بسبب التحميل الزائد ومن ثم العمل على التنسيق بين جهة الإمداد وجهة الطلب بغية تلافي حدوث تلك الانقطاعات وتوقف الخدمة الكهربائية.
- **أنظمة الاتصالات المتقدمة:** استخدام أنظمة اتصالات متقدمة تسمح بتخزين ونقل إشارات المعلومات المتوفرة عن الشبكة الكهربائية لضمان التحكم في أجزائها ومكوناتها كما يمكن أعادة المنظومة إلى حالة الاستقرار في حال حدوث اي أعطال مفاجئة أو زيادة أحمال غير متوقعة.
- **تخزين الطاقة من المصادر المتجددة:** نظراً لكون الطاقة المنتجة من مصادر الطاقة المتجددة ذات طبيعة متغيرة فلا بد من وجود أنظمة تخزين ذات كفاءة عالية ويمكن الاعتماد عليها في خفض مستويات الأحمال القصوى وتمكين المستهلك من تجنب الانقطاعات المفاجئة وتسهم في خفض إنتاج الطاقة الكهربائية.
- **التنبؤات الدقيقة لأحوال الطقس:** يؤدي التوقع الدقيق لأحوال الطقس ودرجات الحرارة الى الاستفادة من الطاقة المتجددة وزيادة وثوقيه الشبكة.
- **الحساسات:** مهمتها استشعار المشكلات الخطيرة التي قد تطرأ في مكونات الشبكة وثم تقوم بتحديد أماكنها بدقة يتم علاجها وتلافيها قبل أن تؤثر على أداء الشبكة.
- **عدادات ذكية:** للتحكم في استهلاك الطاقة الكهربائية التي يمكن التحكم من خلالها عن بعد وفتح وغلق الاجهزة المنزلية والمساهمة في تخفيض الأحمال وارتفاع الطلب خلال فترة الصيف ويساعد المستهلكين في عملية ترشيد الاستهلاك.

(Morello,R.,Set all.(2017))

4.2.2 خصائص الشبكة الذكية:

تتميز الشبكة الذكية عن الشبكات التقليدية بجملة من الخصائص، نذكر أهمها:

- زيادة استخدام تقنيات التحكم والمعلومات الرقمية.
- التشغيل الأمثل لشبكات واستغلال المصادر بشكل يضمن سلامتها.
- ضم جميع مصادر الطاقة المختلفة بما في ذلك مصادر الشبكة.
- توحيد إدارة استجابة الطلب وجهة الطلب وكفاءة الطاقة.
- إيجاد تقنيات ذاتية متداخلة ذات زمن حقيقي للعدادات والاتصالات والتوزيع.
- ربط الأجهزة الذكية والمعدات لدى المستهلك في النظام الكهربائي.
- دمج تقنيات تخزين الطاقة وتقليص حمل الذروة بما في ذلك العربات المتنقلة ذات التشغيل الذاتي وكذلك التكييف بواسطة التخزين الحراري وتقنيات أخرى.
- توفير معلومات منضبطة وفي الوقت المناسب مع خيارات التحكم لدى المستهلكين.
- إيجاد وتطوير مرجعيات قياسية لعمليات التشغيل المتداخلة والمتشابكة.

5.2.2 مبررات التوجه الى الشبكة الذكية:

- عدم قدرة أنظمة التحكم والقياس والبرمجيات في الشبكات القائمة على استيعاب مصادر توليد متغيرة لا يمكن التنبؤ بحجم توليدها، كمصادر الطاقة المتجددة، أو حتى استيعابها دون مصادر تخزين كهربائية.

لا يمكن التعامل مع أنماط مستمرة ومتغيرة دون أنظمة قادرة على التنبؤ ووضع حلول للاستهلاك المتزامن.((Vijayapriya1,T.and Kothari,D.P (2011)

6.2.2 أهم مفاهيم الشبكة الذكية:

تتميز الشبكات الذكية بأنها ثنائية الاتجاه في كلٍّ من الاتصال وتدفق الطاقة وبالتالي يترتب على هذا المفهوم عدداً من الخصائص أهمها:

أولاً- الطلب المتفاعل:

يستطيع المستهلك من خلال الطلب المتفاعل أن يضبط استهلاكه تفاعلياً مع السعر الديناميكي الذي يتغير كل ساعة عن طريقين:

- كبح استهلاكه طوعاً عن طريق آلية محددة سلفاً.
- منح الشبكة الكهربائية الذكية القدرة على التحكم في هامش محدد من الاستهلاك.

تتمثل الطريقة التقليدية للاستجابة لذروة الطلب في النظام الكهربائي التقليدي في زيادة الإنتاج أما الآن عن طريق الشبكة الذكية تستطيع البرمجيات التنبؤ بالطلب وقت الذروة وبالتالي الاستجابة المسبقة لهذه الزيادة.((Vijayapriya1,T.and Kothari,D.P (2011)

ثانياً- قابلية التشغيل البيني:

- تفتح الشبكة الذكية آفاقاً لتبادل المعلومات والسيطرة البينية ضمن أطراف متفق عليها بين مجموعة من مشتغلي الشبكات الكهربائية المرتبطين ببعضهم.
- الاستجابة الديناميكية الذاتية لحدث ما كزيادة في الأحمال في شبكة أخرى مرتبطة يمكن اكتشافها ومعالجتها آنياً عن طريق نظام الرصد شبكة الاتصال الممتدة.

تستطيع البرمجيات الذكية أن تجدَ حلولاً أكثرَ فاعلية للاستجابة بما يجنب تعتيم الشبكة الجزئي أو الكامل.((Vijayapriya1,T.and Kothari,D.P (2011)

- **ثالثاً- المستهلك المنتج:**

- أصبح المستهلك الذي يملك مصدر توليد للطاقة قادراً على بيع الفائض على عموم الشبكة (بسبب قدرة الشبكة على تبادل الطاقة الكهربائية والمعلومات في كلا الاتجاهين) يمكن تسمية ذلك بمصطلح **"المستهلك المنتج"** وهو يملك ألواحاً شمسية أو بطارية لتخزين طاقة الكهربائية.
- يتيح بيع الطاقة الكهربائية وقت الذروة فرصة للمستهلك لتحقيق عائد أفضل على الاستثمار.

(Vijayapriya1,T.and Kothari,D.P (2011))

رابعاً- المعالجة الذاتية (Self-healing):

- تعد القدرة على الاستجابة للاضطرابات في الشبكة ومعالجتها ذاتياً تطوراً جوهرياً في عمل الشبكة.
- تعتمد الشبكة القائمة على الاستجابة للمتغيرات عن طريق التحكم في حجم التوليد او اقفال بعض الأحمال الكبيرة.
- يميز عمل الشبكة الكهربائية الذكية هو قدرتها على التنبؤ بالمخاطر.

يتم ذلك على مستويات عدة من التحكم بالمولدات الكهربائية الى الاجهزة المنزلية الذكية عن طريق تحريك ممنهج واشارات كابحة للاستهلاك مما يجنب الشبكة الاقفال المتقطع او الاقفال التام. (Vijayapriya1,T.and Kothari,D.P (2011))

8.2.2 العوامل المساعدة للترقية للشبكة الكهربائية الذكية:

هنالك عدة أسباب أدت لتحول الشبكات التقليدية الى شبكات أكثر ذكاءً:

أولاً- التقدم التقني في مجالات الاتصال، والأتمتة، والبرمجيات:

ان التقدم الهائل الحاصل في مجال تكنلوجيا المعلومات والاتصالات وكذلك الأمر في مجال الاتمتة والبرمجيات الذكية، دفع مراكز البحث والتطوير للأنظمة الكهربائية الى الوصول الى دمج تقني بين هذين المجالين للوصول الى نظام كهربائي متقدم ذو صبغة ذكية.

ثانياً- التقدم التقني في مجال التخزين الكهربائي:

إن تقنية تخزين الطاقة الكهربائية ذات السعات الكبيرة لا تزال في مرحلة أولية، بهدف:

- تخزين الطاقة لاستخدامها وقت الذروة.
- زيادة موثوقية الشبكة باستخدامها وقت الاضطراب في الشبكة.
- استخدامها في تعزيز كفاءة الطاقة الكهربائية المقدمة من حيث المحافظة على مطال الجهد والتردد ثابتين.

- يعتبر التخزين عنصر مكمل لمصادر الطاقة المتجددة متغيرة الإنتاج بين الأوقات المختلفة وكذلك عندما يصعب التنبؤ بقدراتها التوليدية.
- إن قدرة الشبكة الذكية على التنبؤ بمقدار حجم التخزين الآني وكذلك التحكم الذاتي، يعزز فوائد التخزين.

ثالثاً- إضافة مصادر الطاقة المتجددة للشبكة:

- إن إضافة مصادر مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح إلى الشبكة عامل مساعد لتسريع الترقية إلى الشبكة الكهربائية الذكية.
- البرمجيات الذكية قادرة على الحد من التأثير السلبي للتغير والعشوائية في تغيرات الطاقة المولدة من مصادر الطاقة المتجددة.

9.2.2 عناصر الشبكة الكهربائية الذكية:

1- أجهزة القياس وأنظمة إدارة المعلومات:

تنقسم أجهزة القياس وأنظمة إدارة المعلومات إلى قسمين:

1.1 قسم يتعلق بخطوط التوتر العالي:

- وحدات قياس الطور(Phase measure unit):

يعد من أهم الأجهزة المتطورة في منظومة الشبكة الكهربائية الذكية نظام مطور لجهاز قياس فرق التوتر في الشبكة التقليدية مع بعض الفروقات الجوهرية، فبينما يقاس فقط فرق الجهد في الشبكة التقليدية، يقيس الجهاز المطور منحنى الطور، أيضا هذا التطور الملاحظ جاء لقدرة الجهاز المطور على إجراء قياسات بنسبة تصل إلى 60 قراءة في الثانية، بينما الجهاز التقليدي لا تتعدى هذه القدرة **4** قراءات بالثانية **ويرتبط** هذا الجهاز بالأقمار الصناعية لتحقيق القياس المتزامن بين مجموعة من أجهزة قياس الطور المتصلة تحت بنية نظام الرصد لشبكة الاتصال الممتدة.

- نظام الرصد لشبكة الاتصال الممتدة(Extended Network Monitoring System):

يُعرف بأنه بنية إدارة وتحليل المعلومات المتزامنة القادمة من أجهزة قياس الطور الموجودة في أماكن مختلفة من الشبكة والمتصلة عبر الأقمار الصناعية التام لها او Wide Wi-Fi .

(Vijayapriya1,T. and Kothari,D.P (2011))

2.1 قسم يتعلق بالمستهلك والتوزيع:

- **الحساسات الذكية:**

❖ وهي أجهزة لقياس كمية الكهرباء المستهلكة، وبعثها إلى بنية القياس المتقدمة بغرض تحليل المعلومات والفوترة وبعثها إلى المستهلك بغرض الإحاطة وإمكانية تعديل السلوك الاستهلاكي.

❖ تقوم بإخبار المستهلك بالسعر الديناميكي وإيصال معلومات إلى الأجهزة المنزلية الذكية لغرض تعظيم فائدة المستهلك الاقتصادية.

❖ هي أجهزة ثنائية الاتصال، حيث يتم الاتصال عن طريقها بالمستهلك بواسطة شبكة الإنترنت المنزلية وتصل المعلومات للمستهلك في جهاز الحاسب أو الهواتف الذكية التي يستطيع من خلالها التحكم في نمط عمل هذه الأجهزة المنزلية.

- **بنية القياس المتقدمة:**

❖ هي نظام اتصال ثنائي الاتجاه ما بين مشغل الشبكة والمستهلك، لجمع وتحليل البيانات على مستوى مجموعة من المستهلكين.

❖ يعمل هذا النظام كوسيط بين البرمجيات عند مشغل الشبكة والحساسات الذكية.

❖ يستطيع اكتشاف انقطاع الشبكة عن المستهلك، حتى قبل قيامه بالاتصال للإبلاغ عن شكوى.

❖ التحدي فهو في التكلفة الباهظة لبنية القياس هذه، وكيف يستطيع التطور في التقنيات المختلفة تخفيضها.

2- البرمجيات الذكية:

- هي الأنظمة البرمجية القادرة على التعامل مع مسائل معقدة، وعشوائية ومتغيرة مع البيئة.

- من المسائل المعقدة التي يجب أن تتعامل معها البرمجيات: المعالجة الذاتية والطلب المتفاعل والسعر الديناميكي، والتنظيم الذاتي، والتنبؤ بقدرة مصادر الطاقة الشمسية وطاقة الرياح على التوليد، والتعامل مع التنبؤ بشحن السيارة الكهربائية.
- يجب على أنظمة تشمل المراقبة، والتعظيم، والتنبؤ، وصناعة القرار والتحكم والسيطرة، أن تتكامل فيما بينها، وهذا هو التحدي الأكبر لتطويرها.

3.2 الشبكات الميكروية Microgrids:

إن التطبيق الأهم لاستخدام التقنيات الذكية في النظام الكهربائي الحديث لابد أن يظهر في تطوير هيكلية هذا النظام حيث تساعد الأدوات الذكية والبرمجيات المتقدمة في تقديم الحلول عند تقسيم النظام الكهربائي الى عدة أنظمة كهربائية مصغرة تسمى الشبكات الميكروية.

نقدم فيما يلي المفاهيم النظرية الخاصة بهذا التطبيق.

1.3.2 الشبكة الميكروية:

كما حددتها وزارة الطاقة الأمريكية، هي "مجموعة من الأحمال المترابطة وموارد الطاقة الموزعة (DERs)ضمن حدود كهربائية محددة بوضوح، تعمل ككيان واحد يمكن التحكم فيه فيما يتعلق بالشبكة ويمكنها الاتصال والانفصال عن الشبكة لتمكينها من العمل في كلا الوضعين المتصلين بالشبكة أو الجزيرة. (Parhizi, S., Set all. 2015)

وفقًا لهذا التعريف، يمكن اعتبار تركيبات التوليد الموزع DERsبمثابة شبكة صغيرة إذا كانت تستوفي الخصائص التالية:

يجب أن يكون لها حدود كهربائية محددة بوضوح، وأن يكون لديها وحدة تحكم رئيسية من أجل التحكم في DERs والأحمال وإدارتها كشبكة.(Percis, E.S., Set all. 2016)

ويجب أن تتجاوز قدرة التوليد المثبتة ذروة الحمل الحرج وبالتالي يمكن فصلها عن الشبكة الرئيسية، وعملها في وضع الجزيرة، وتزويد الأحمال الحرجة المحلية.(Bayhan, S. 2018)

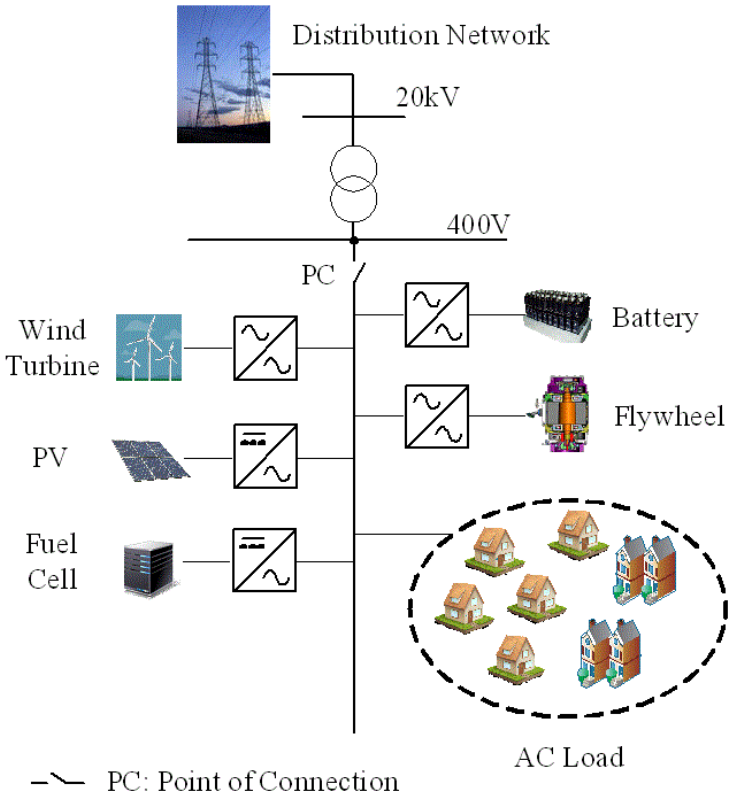
2.3.2 المزايا الرئيسية وهيكلية الشبكة الميكروية:

يمكن أن تعمل الشبكة الميكروية في أوضاع متصلة بالشبكة أو منفصلة عنها، بالإضافة الى إمكانية توليد وتوزيع وتنظيم تدفق الطاقة للمستهلكين المحليين علاوة على ذلك تختلف الشبكات الميكروية تمامًا عن مصادر الطاقة غير المنقطعة ومولدات الديزل الاحتياطية والتي تُعرف بالتوليد الاحتياطي، حيث يمكنها توفير الطاقة للأحمال المحلية عند انقطاع مصدر الطاقة الرئيسي من شبكة الرئيسية.

أصبحت الشبكات الميكروية في الوقت الحاضر موضوعًا شائعًا نظرًا لمزاياها التي تشمل زيادة الموثوقية والكفاءة العالية ومستوى اختراق عالٍ لمصادر الطاقة المتجددة.

يوضح الشكل (1.2) الهيكل المبسط ومكونات الشبكة الميكروية.

(Gupta, A., Doolla, S., and Chatterjee, K. 2018).



الشكل (1.2) الهيكل المبسط ومكونات الشبكة الميكروية

يمكن أن نلاحظ من الشكل السابق أن الشبكة الميكروية تتكون من وحدات توليد موزعة مختلفة (DGs)، وأنظمة تخزين الطاقة (ESS)، والأحمال، وأنظمة التحكم، والمفاتيح الذكية، وأجهزة الحماية، وطبقات الاتصالات.

يمكن تقسيم الأحمال في الشبكة الميكروية إلى فئتين: حرجة وغير الحرجة.

يجب توفير الأحمال الحرجة باستمرار لضمان أمن الطاقة لمثل هذه الأحمال بينما يمكن تقليص الأحمال غير الحرجة أو تأجيلها وفقًا للطاقة المتوفرة في الشبكة الميكروية.

حيث DGs هي مصدر الطاقة الأساسي في الشبكة الميكروية لتزويدها الأحمال.

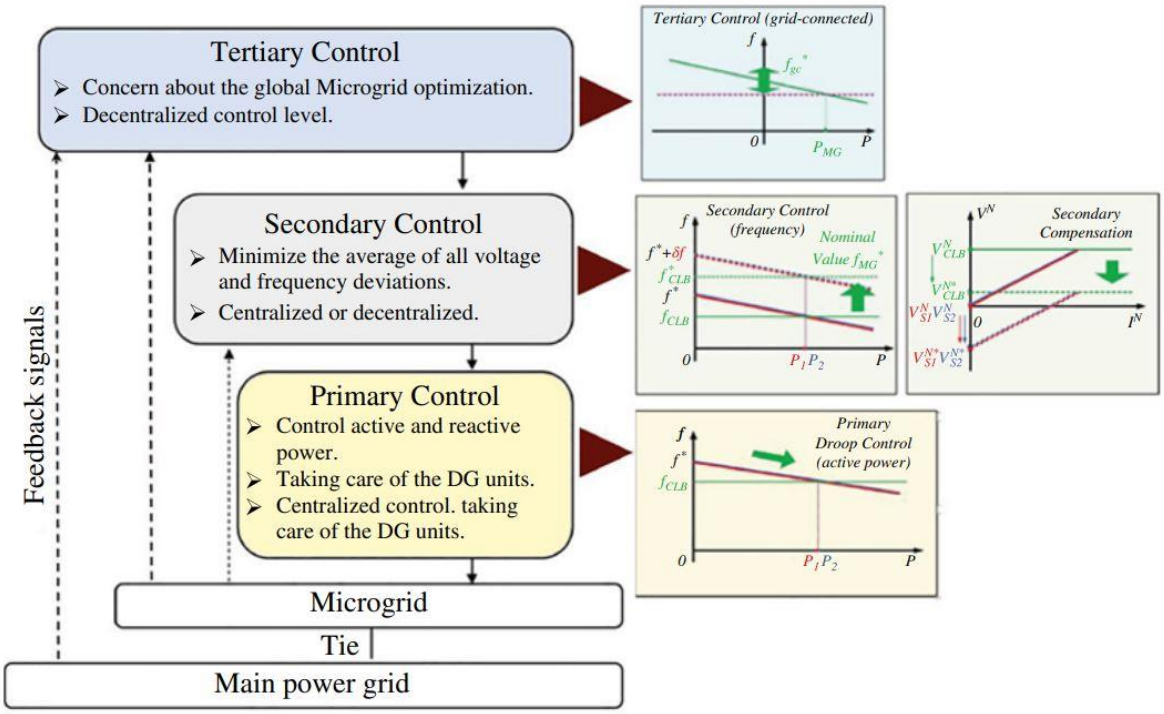
يعتمد اختيار المولدات الرئيسية كالطاقة الكهروضوئية، وطاقة الرياح، ومولدات الديزل، والتوربينات الصغيرة على الموقع الجغرافي للشبكة الميكروية حيث تلعب ESS أيضًا دورًا حاسمًا في الشبكة الميكروية لضمان كفاية توليد الشبكة الصغيرة خاصة عندما تعمل الشبكة الميكروية في وضع الجزيرة، بالإضافة إلى هذه المكونات، تعد القواطع الذكية وأجهزة الحماية مهمة لإدارة الاتصال بين DGs وESSs والأحمال وشبكة الطاقة الرئيسية علاوة على ذلك يقوم القاطع الموجود عند نقطة الربط المشترك(PC) بتنفيذ عملية عزل الشبكة الميكروية عن طريق فصلها عن الشبكة الرئيسية حيث تُستخدم أنظمة التحكم والاتصالات لإدارة جميع مكونات الشبكة الميكروية بشكل متناغم لضمان استقرار النظام.

3.3.2 التحكم في الشبكات الميكروية:

كما ذكرنا سابقاً أن الشبكات الميكروية تشكل أنظمة كهربائية مصغرة يمكنها أن تعمل بشكل مستقل عن النظام الكهربائي الرئيسي، وبالتالي لابد أن يطبق عليها كافة سويات التحكم المستخدمة في النظام الكهربائي.

تقسم عمليات التحكم في الشبكة الميكروية الى سويات تحكم خاصة بالمنابع الكهربائية وسويات أخرى تطبق في مركز التحكم المركزي للشبكة الميكروية MGCC، يوضح الشكل(2.2)الهيكل الهرمي لمستويات التحكم في الشبكة الميكروية.

يطبق التحكم الأولي Primary Controllerعلى كافة منابع الطاقة الكهربائية ويدعى Micro source Controller (MC).



الشكل (2.2) الهيكل الهرمي لمستويات للتحكم في الشبكة الميكروية

1.3.3.2 مستوى التحكم الأولي (Primary control level):

يعمل مستوى هذا التحكم على متغيرات النظام كالجهد والتردد للتأكد من أن هذه المتغيرات تتبع قيمها المرجعية وفقاً لنظم العالمية IEEE.

ومن تقنيات التحكم المعتمدة في المستوى الأول، تقنية Droop Control التي تستخدم للتحكم في حجم الطاقة المنتجة من محطات الطاقة الكهربائية وتعمل هذه التقنية على تحسين كفاءة الأنظمة الكهربائية وضمان توافر الطاقة بشكل مستقر وفعال.

2.3.3.2 مستوى التحكم الثانوي (Secondary control level):

يتم استخدام التحكم الثانوي للتعامل مع انحرافات الجهد والتردد في الشبكة الميكروية والتي لا يمكن إلغاؤها عبر التحكم الأولي.

يمكن تصنيف هيكلية التحكم الثانوي الى تحكم مركزي أو تحكم اللامركزي.

يتطلب أسلوب التحكم المركزي وسيلة اتصال واسعة النطاق بين وحدات التوليد الموزع ووحدة التحكم المركزية MGCC.

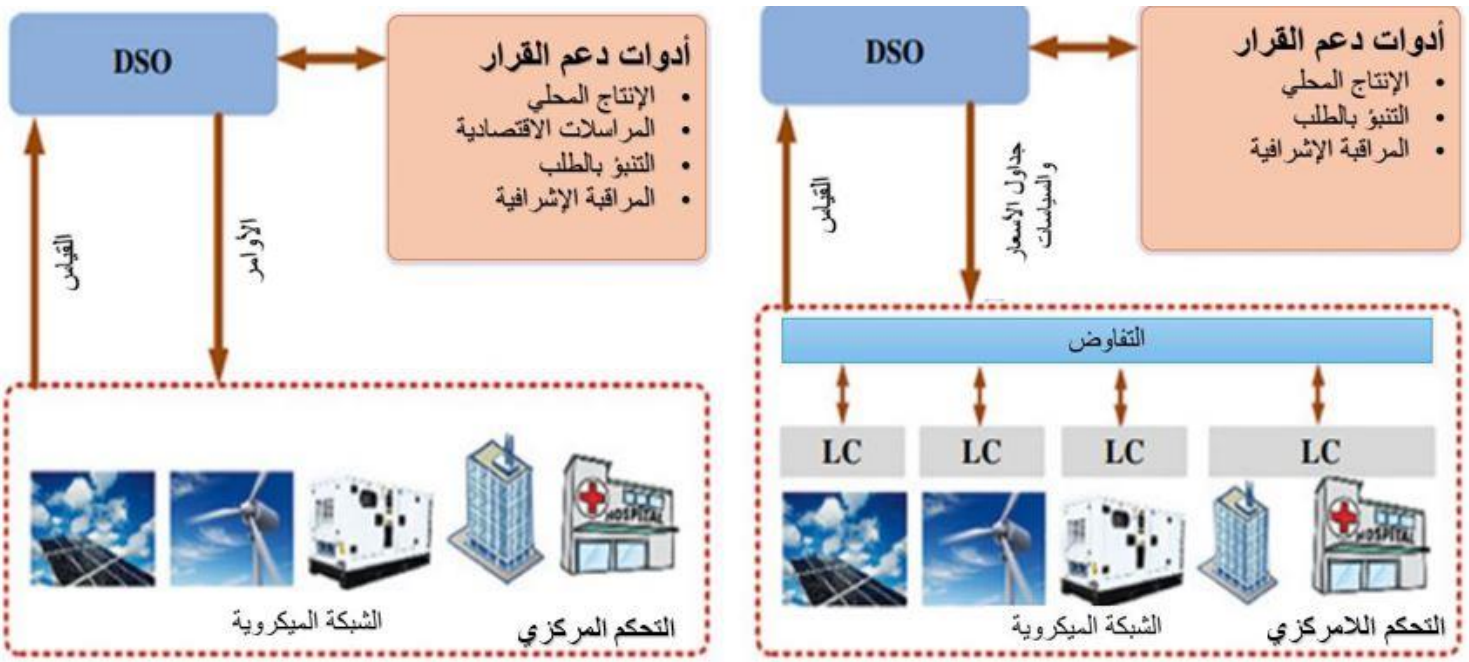
كما يمكن أن تملك كل وحدة توليد التحكم الثانوي الخاص بها بالإضافة الى التحكم الأولي وبالتالي نحصل على نهج التحكم الثانوي اللامركزي.

يوضح الشكل (3.2) الهيكل العام لنهج التحكم المركزي واللامركزي وفي كلا النهجين، تتوفر بعض الوظائف الأساسية مركزياً، مثل الإنتاج المحلي والتنبؤ بالطلب والمراقبة الإشرافية.

يعتمد اختيار الأسلوب المناسب للتحكم في الشبكة الميكروية على أهداف وخصائص الشبكة الميكروية.

علاوةً على ذلك، تعد الموارد المتاحة (الأفراد والمعدات) معياراً مهماً لتحديد نهج التحكم بين المركزية واللامركزية.

(Shady S., Ellabban, O., Bayhan, Set all. 2021).



الشكل (3.2) الهيكل العام لنهج التحكم المركزي واللامركزي

3.3.3.2 مستوى التحكم الثالثي (Tertiary control level):

يعد المستوى الثالثي أعلى مستوى من التحكم في الشبكات الميكروية ويهدف إلى إدارة تدفق الطاقة بين الوحدات لتحسين أداء عمل الشبكة الميكروية.

ويضمن مستوى التحكم هذا أيضًا التشغيل الأمثل للشبكة الميكروية من خلال مراعاة الجوانب الفنية والاقتصادية، كما يمكن أن يكون الهيكل الرئيسي لهذه السيطرة إما مركزيًا أو لا مركزيًا.

نعتمد في هذا البحث على هذا النوع حيث نستخدم النظام المتعدد العملاء لإنجاز التحكم الثالثي في إدارة الطلب على الطاقة.

4.2 نظم وبروتوكولات الاتصال في الشبكات الكهربائية الذكية:

1.4.2 شبكات الاتصالات:

أولا- شبكات HAN,BAN,IAN:

- **الشبكة المنزلية (HAN Home Area Network):**

شبكة داخلية تربط أجهزة المنزل والمبنى، وتستخدم للتحكم في الأجهزة المنزلية مثل الإضاءة والتدفئة والتبريد، وتعتمد على تقنيات الاتصال اللاسلكي والسلكي، وتهدف إلى تحسين كفاءة استهلاك الطاقة داخل المنزل.

- **شبكة المباني (BAN Building Area Network):**

تمتد إلى المباني والمنشآت الكبيرة، وتستخدم للتحكم في أنظمة الإضاءة والتكييف والأمان داخل المباني، وتعتمد على تقنيات الاتصال السلكي واللاسلكي.

- **الشبكة الصناعية (IAN Industrial Area Network):**

تستخدم في البيئات الصناعية والمصانع، وتربط أجهزة الإنتاج والمعدات الصناعية، وتعتمد على تقنيات الاتصال السلكي واللاسلكي.

ثانيا- شبكات NAN, FAN:

1. Neighborhood Area Network (NAN)

2. Field Area Network (FAN)

تربط بين عدة مباني متجاورة أو موجودة في مساحة واحدة، وهي الشبكات التي تربط بين شبكات المستهلكين HAN,LAN,BAN مع الشبكة WAN، وتستطيع تقديم خدمات مثل مراقبة وتحكم توصيل الكهرباء لكل مستخدم نهائي، والاستجابة للطلب وتحسين توزيع الكهرباء.

ثالثا- شبكة (WAN Wide-Area Network):

- تمثل العمود الفقري لشبكة الاتصال في الشبكات الكهربائية، تربط بين الشبكات الأخرى وبين محطات التحويل، والوحدات الطرفية RTU، ووحدات القياس الشعاعية PMU مع مركز التشغيل.
- تحتاج لمعدل نقل بيانات عالي جدا وتغطي مساحات واسعة جداً.

(Kuzlu, M., Pipattanasomporn, M. and Rahman, S .2014)

2.4.2 طرق الاتصالات:

أولا- سلكية:

- خطوط الطاقة(PLC Power line communication) : نقل إشارات عالية التردد من عدة كيلوهرتز إلى عشرات الميجاهرتز عبر خطوط الطاقة الكهربائية.
- الألياف البصرية: لها مزايا مثل المدى الطويل، والنطاق الترددي العالي، ومعدل البيانات العالي، وعدم عرضها للتشويش الكهرومغناطيسي.
- Ethernet: مناسب للاتصال في شبكة WAN بين محطات الطاقة ومراكز التحكم، تتميز هذه الطريقة من الاتصالات بتوفرها العالي وموثوقيتها العالية، يتم أيضًا استخدام الإنترنت في شبكة HAN للاتصال بين عدادات الطاقة الذكية والمركز المنزلي.
- **ثانياً- لاسلكية:**
- تقنيات الخلوي الجيل (G2 - ... G5).
- WiMAXتقنية الوصول العالمي للأمواج الميكروية.
- Wi-Fi Wireless Fidelity),Z Wave),تقنية الاتصال البصري في المسافة الحرة (FSO).

(Abrahamsen, F.E., Ai, Y., and Cheffena, M (7 Jun 2021))

5.2 نظام إدارة الطلب على الطاقة الكهربائية في الشبكات الميكروية

Demand Side Management:

يركز نظام DSM على الاستفادة من تقنيات توفير الطاقة، وتعريفات أسعار الكهرباء، والحوافز النقدية، والسياسات الحكومية، للتخفيف من الطلب على الحمل الأقصى بدلاً من توسيع قدرة التوليد أو تعزيز الشبكة، وللتخفيف من عدم استقرار النظام الناجم عن زيادة الطلب على الكهرباء، يمكن أن يكون الهدف المناسب لأنشطة إدارة الطلب على الطاقة هو تغيير شكل منحنى الطلب على الحمل من خلال خفض الطلب الكلي على الحمل في نظام التوزيع خلال فترات الذروة ونقل هذا الطلب إلى أوقات أكثر ملاءمة

من أجل تقليل تكاليف التخطيط والتشغيل للشبكة، ويتطلب مثل هذا المخطط التوازن في العلاقة بين مشغلي الشبكة والعملاء.

يمكن تغيير أشكال الأحمال التي تشير إلى الطلب اليومي أو الموسمي على الكهرباء للمستهلكين الصناعيين أو التجاريين أو السكنيين بين أوقات الذروة وأوقات خارج الذروة من خلال عدة تقنيات.

(Jamshid,A. and Mohammad-Iman,A., (2013))

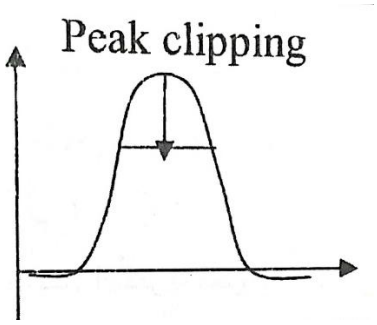
1.5.2 تقنيات DSM الرئيسية:

تتضمن عمليات إدارة الطلب على الطاقة من جانب الحمل عدة تقنيات:

1- قص الذروة (Peak clipping):

تعني تخفيض أقصى حمل في فترات الذروة (خفض الطلب الأعظمي), وهذا يؤدي الى تقليل كل الطلب على الاستطاعة (KW) والطاقة المستهلكة الكلية (KWh).

ويوضح الشكل (4.2)عملية قص ذروة الطلب.(قرضاب,أبو الخير و الأيوبي(2016)).

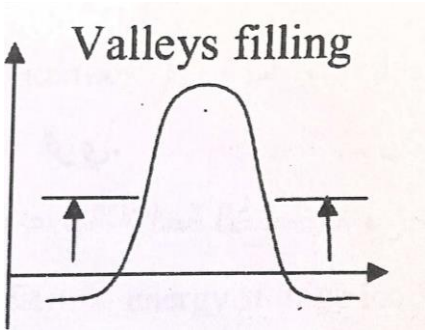


الشكل()منحني الحمل الناتج عن تطبيق تقنية قص الذروة

2- ملئ الأجزاء المنفرجة(Valleys filling):

وهذا يعني إضافة أحمال خارج أوقات الذروة (off-peak periods), أي زيادة الطاقة المستهلكة KWh للنظام ككل.

ويوضح الشكل (5.2)عملية قص ذروة الطلب.(قرضاب,أبو الخير و الأيوبي(2016)).

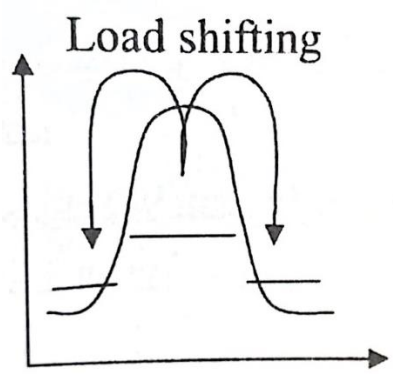


الشكل(5.2)منحني الحمل الناتج عن تطبيق تقنية ملئ الأجزاء المنفرجة

3-إزاحة الحمل (Load shifting):

وهو إزاحة الأحمال من فترات الذروة الى فترات خارج أوقات الذروة و الاستفادة من التسعيرة المنخفضة خارج أوقات الذروة، علماً بأن هذه الطريقة لا تحدث تغيير ملحوظاً في الاستهلاك الكلي للطاقة.

ويوضح الشكل (6.2)عملية قص ذروة الطلب.(قرضاب,أبو الخير و الأيوبي(2016)).

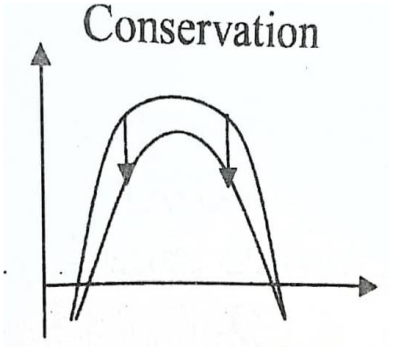


الشكل(6.2)منحني الحمل الناتج عن تطبيق تقنية إزاحة الحمل

4-الترشيد (Conservation):

يعني تقليل الاستهلاك الكلي لذروة الحمل، وأولى الإجراءات العملية لترشيد استهلاك الطاقة تخفيض الضياعات بمختلف أنواعها، الكهربائية والميكانيكية والحرارية.

ويوضح الشكل (7.2)عملية قص ذروة الطلب.(قرضاب,أبو الخير و الأيوبي(2016)).



الشكل(7.2)منحني الحمل الناتج عن تطبيق تقنية الترشيد

6.2 النظام المتعدد العملاء Multi Agent System وطرق تشكيله في الشبكات الميكروية ولغات البرمجة المستخدمة:

النظام المتعدد العملاء (MAS) هو النظام الذي يتكون من مجموعة من العملاء المستقلين التي تعمل في بيئة لتحقيق هدف مشترك، يتم ذلك إما من خلال التعاون أو التنافس، أو مشاركة المعرفة مع بعضهم البعض أو عدم مشاركتها.((Balaji ,P.G. and D.Srinivasan,(July, 2010))

1.6.2 العميل Agent:

العميل هو عبارة عن كيان برمجي مصمم ليتواجد في بيئة معينة ولتحقيق أهداف محددة، والعميل له القدرة على العمل باستقلالية وبناء على معارف يمتلكها إما بشكل مسبق أو يتعلمها من خلال التعامل والتفاعل والتواصل مع بيئته او عملاء آخرين، كأن يغير في بيئته أو يتعاون مع عملاء اخرين لإنجاز مهام مشتركة.((Wiley, J. & Inc, S. (2007))

2.6.2 خصائص العميل:

يمكن أن نستخلص خصائص العميل من طريقة وتركيبة عمل الانسان فيما يخص التعامل مع المشاكل والاحداث التي تحدث في الوسط او البيئة المتواجد فيها وكذا طريقة اتخاذه لقرارته.

وتتركز أهم الخصائص في النقاط التالية:

- **التموضع:** كل عميل يتواجد في أساس بيئة معينة، وله القدرة على التعامل والتفاعل مع بيئته عن طريق مدخلات ومعطيات يحصل عنها انطلاقاً من بيئته نفسها.
- **الاستقلالية:** للعميل استقلالية تامة فيما يخص ذاته واتخاذ قرارته وكيفية تعامله مع الاحداث والعملاء الاخرين المتواجدين معه في نفس البيئة، فهو يتحكم في تصرفاته بدون تدخل طرف آخر، وانما يتخذ قرارته بناءً على حالته الآنية وباستقلالية تامة.
- **الاستباقية:** للعميل القدرة على أخذ زمام المبادرة في الوقت اللازم والمناسب، بناءً على ما يخدم تحقيقه لأهدافه، أي أن له سلوك انتهازي إن صح التعبير.
- **الاستجابة المباشرة:** يجب أن يكون العميل قادراً على الاستجابة الآنية للتطورات والاحداث التي تقع في محيطه، وهذا يتطلب منه ان يبدي الاستجابة والتفاعل في الوقت والمدة المطلوبة.
- **اجتماعي:** للعميل خصائص اجتماعية تتمثل اجمالاً في التواصل والتعامل مع العملاء الاخرين الذين يشاركونه بيئته أو الانسان وايضاً الهجرة من بيئة إلى أخرى في بعض الحالات.((Wiley, J. & Inc, S. (2007))

3.6.2 تصنيف العملاء:

هناك عدة طرق لتصنيف العملاء، ولكن عادة ما نحكم على العميل انطلاقاً من طريقة اتخاذه لقرارته وتفاعله وتأثيره في بيئته والاحداث الجارية فيها، حيث من جهة يتحسس واقعه على طريق الحساسات برمجية أو فيزيائية .

تم تقسيم العملاء في نظام MAS إلى مجموعتين أساسيتين بناءً على إمكانية التفكير لدى العميل كالتالي:

أولا- العميل التفاعلي(Interactive Agent):

عميل لا يفكر ولا يخطط وانما يستجيب للتغيرات الحاصلة في بيئته، حيث يستخلص المعلومات عن طريق الحساسات ويتفاعل معها على أساس قواعد مسبقاً مطبقة لها عن طريق المستندات بناءً على قواعد مسبقة مخزنة لديه، وتضم هذه المجموعة قسمان:

عميل ذو رد فعل بسيط(The agent with a simple reaction): هذا النوع يتفاعل فقط مع الاحداث الآنية بناءً على قواعد معرفة مسبقاً.

أي انه يطبق الحدث الموافق للقاعدة تحقق شرطها في الوقت الآني، ومما يميز هذا النوع من العملاء هي سرعته الكبيرة في التفاعل مع الاحداث.

عميل يتتبع مسار العالم (An agent that tracks the world's path): هذا النوع من العملاء يقوم دائماً بتحديث معلوماته عن بيئته على أساس نوعين من المعلومات، أولاً بناءً على كيفية تطور العالم من حوله، وثانياً بناءً على تغييره هو في العالم.((Wiley, J. & Inc, S. (2007))

ثانيا- العميل المعرفي(Cognitive Agent):

حيث يعتمد على معارفه، وهذا النوع من العملاء يتميز بقيامه بعدة عمليات قبل اتخاذ قراراته على أساس أهدافه.

عميل ذو أهداف(Goal-oriented agent): في كثير من الأحيان يتطلب اتخاذ القرار أكثر من مجرد الإحاطة بالبيئة.

إن هذا العميل يجمع بين الوصف الجيد وهدفه لاتخاذ قراراته، حيث انه يحاول ان يكون نظرة استباقية للمستقبل، فيطرح على نفسه الأسئلة التالية: ماذا سيحدث إذا فعلت هذا الأمر أو هذا الأمر؟ هل سترضيني هذه النتيجة؟

لكن من جهة أخرى، فإن العمليات التي ينفذها هذا النوع من العملاء قبل اتخاذه لقراراته تجعله أبطئ من القسم الأول من العملاء.

عميل يستخدم دالة المنفعة(An agent that uses a utility function): في عديد الأحيان لا يكفينا الالمام بالواقع والأهداف لاتخاذ القرارات الأنسب، فمثلاً عندما تتعدد المسارات المؤدية لنفس الهدف فأيها نختار؟

إن هذا النوع من العملاء يعتمد على دوال تسمى: دوال المنفعة، وهي دوال تحدد أي القرارات أفضل، مثلاً إذا كان هناك أكثر من طريق للوصول البيت فهذه الدالة تمكننا من تحديد الأقصر مثلاً او الأقل خطورة او الأقل تكاليف وهكذا.((Wiley, J. & Inc, S. (2007)

4.6.2 خصائص الأنظمة متعددة العملاء (Multi Agent System):

التفاعل: مستوى تفاعلي عالي فيما يخص التنسيق والتواصل والتنظيم والحل المشترك للمشاكل.

التنسيق: هناك ثلاث اقسام للعملاء من ناحية التنسيق بينها، الأول العملاء المتعاونون، وكما يظهر من الاسم فإن عملاء هذا القسم يتعاونون مع العملاء الآخرين لأداء مهامهم، أما الثاني فهو العملاء المنفردين، ويضم العملاء الذين يعتمدون على أنفسهم فقط للأداء مهامهم، القسم الثالث هم العملاء المتنافسون، ويضم الصفة الباقية وهو التنافس بين العملاء لكن عملية التنسيق بين العملاء تتم عن طريق إما التفاوض أو التحالف.

التواصل: ويعتمد التواصل بين العملاء على ثلاث أعمدة:

- لغة تواصل.
- بروتوكول الاتصال الذي يحدد كيفية الاتصال.
- دلالات الاتصال ونعني بها معنى الذي تتضمنه الرسالة المرسلة من طرف العميل.

نورد فيما يلي المنصة البرمجية اللازمة لبرمجة وإنشاء النظام المتعدد العملاء.

5.6.2 البرمجة على منصة JADE:

Jadeهي اختصار ل Java Agent Development Framework، وهي منصة برمجية مبرمجة و منفذة بالكامل بواسطة لغة البرمجة جافا (Java) بهدف تسهيل تنفيذ الأنظمة متعددة العملاء من خلال طبقة برمجية وسيطة (middleware) ، و بمجموعة من الأدوات الرسومية.

1.5.6.2 مكونات منصة JADE:

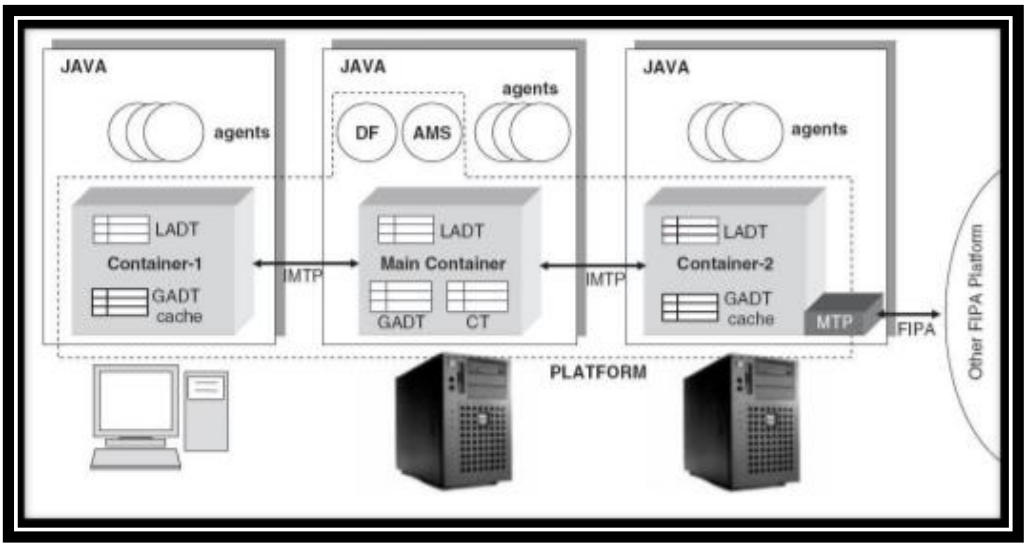
تتكون المنصة Jade من agent containers (عبارة عن حاوية يعيش فيها العملاء) يمكن مشاركتها على الشبكة، حيث تتواجد فيها العملاء، والمنصة توفر كل الخدمات التي تحتاجها لتنفيذ وإدارة العملاء.

هناك container خاصة تسمى: main container، وهي بمثابة الصندوق الجامع للمنصة، هي أول container يتم إنشاؤها وكل باقي containers يتم ربطهم مع

main container عن طريق التسجيل فيها، يوضح الشكل (8.2) التالي العناصر الأساسية للمنصة Jade.((Wiley, J. & Inc, S. (2007))

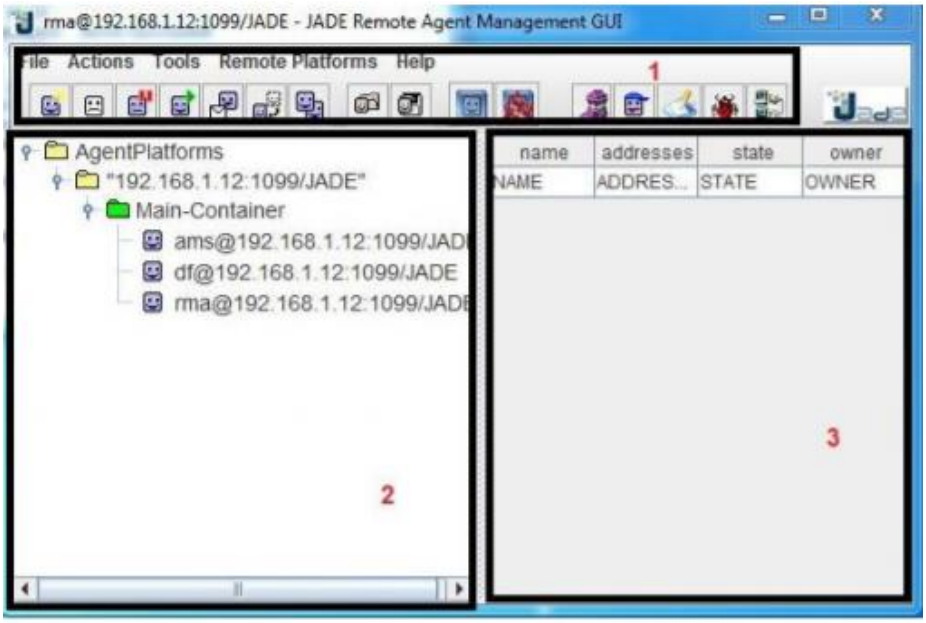
تتماشى المنصة مع معايير FIPA (Foundation for Intelligent Physical Agents)التي هي منظمة توضع معايير لتعزيز التوافق بين الأنظمة متعددة العملاء(Multi-Agent Systems) .

وتهدف إلى تبسيط تطوير هذه الأنظمة.((Bellifemine,F., Poggi.A and Rimassa,G.(2001)



الشكل (8.2) العناصر الأساسية لمنصة JADE

يوضح الشكل (9.2) الواجهة الرسومية للمنصة.((Wiley, J. & Inc, S. (2007)



الشكل (9.2) الواجهة الرسومية للمنصة.

حيث تتألف من عدة أقسام:

القسم الأول: يضم مجموعة الأوامر المتاحة.

القسم الثاني: مخصص لعرض محتوى المنصة من ال containers والعملاء في شكل شجري.

القسم الثالث: عرض معلومات العميل المحدد في القسم الثاني.

تتولى **main container** المسؤوليات الخاصة التالية:

- تسيير جدول الحاويات CT (the container table)وهو الجدول المعبر عن سجل معرفات وعناوين containersالتي تتكون منها المنصة.
- تسيير الجدول الوصفي العام للعملاء GADT (the global agent descriptor table) وهو سجل يضم جميع العملاء الذين تتضمنهم المنصة، ويحوي حالة كل عميل وموقعه.

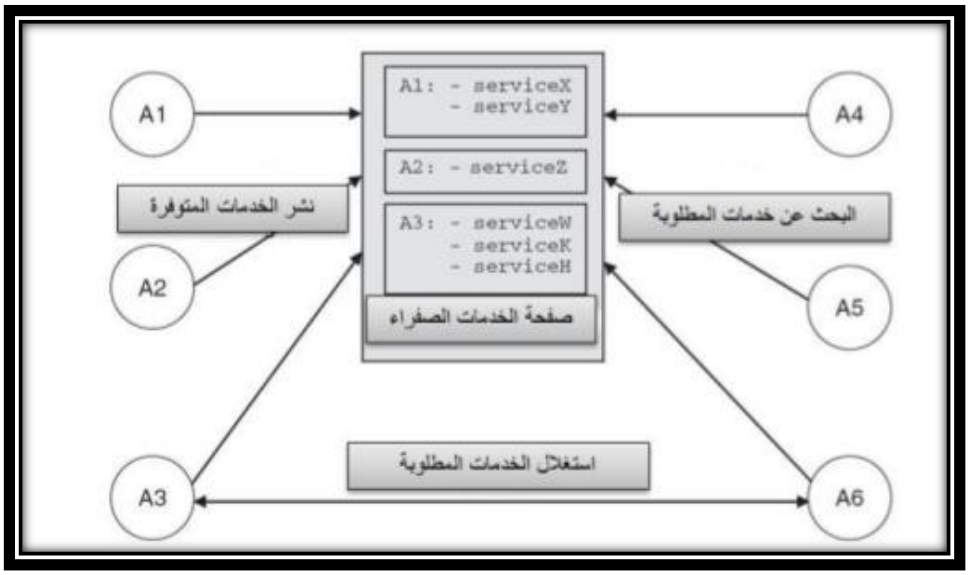
- تسيير العميلين: DF، AMS.

العميل AP (Agent Platform):

هو العميل الذي يوفر البنية الأساسية التي يتواجد فيها العملاء.

العميل DF (Directory Facilitator):

هو عميل خاص يقوم بتسيير الصفحة الصفراء (yellow pages)، وهي 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 (10.2). (Wiley, J. & Inc, S. (2007))



الشكل (10.2) الصفحة الصفراء في منصة JADE

العميل AMS (Agent Management System):

يسمى عميل الإدارة ومهمته إعطاء أسماء وعناوين العملاء حين انشائهم وهو نقطة الجمع بين كل العملاء الذين يريدون التواصل، بالإضافة الى كونه العميل الوحيد المخول بتسيير العمليات على المنصة كإنشاء العملاء أو إنهائهم أو إنهاء container او إنهاء عمل المنصة.

Wiley, J. & Inc, S. (2007)

2.5.6.2 دورة حياة العميل على منصة JADE:

الحالات التي يتنقل بينها العميل على منصة JADE:

يُهيّأ :في هذه الحالة يكون العميل في إطار الانشاء لكنه لم يتم تسجيله مع العميلAMS ، ليس له اسم ولا عنوان ولا يمكنه التواصل مع باقي العملاء.

مفعَّل :في هذه الحالة يكون العميل قد تم تسجيله وحصل على اسم وعنوانه ويمكنه التواصل مع باقي العملاء ويمكنه استغلال الوظائف التي تقدمها المنصة.

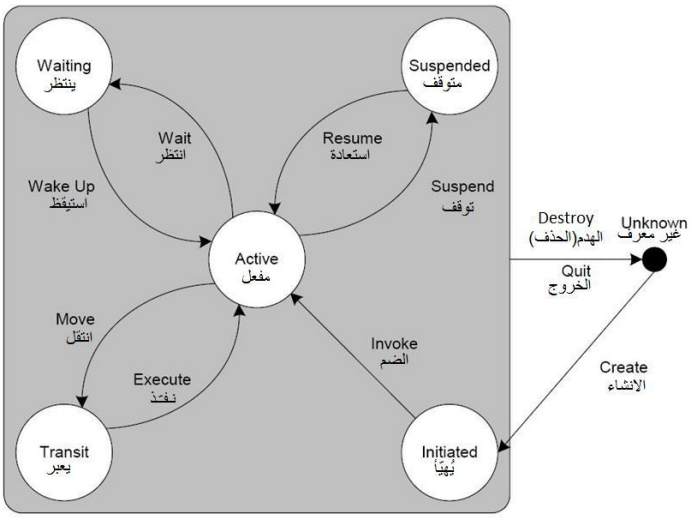
متوقف :العميل حاليا متوقف. كل برامجه الداخلية (متوقفة ولا يوجد اي مهمة) في إطار التنفيذ.

ينتظر :العميل متوقف، ينتظر شيء ما. برامجه الداخلية في حالة نوم وستستيقظ في حال توفرت شروط معينة عادة يستيقظ عند ورود رسالة.

محذوف :يكون العمل قد مات. برامجه الداخلية تمّ تنفيذها والعميل لم يعد مسجلا لدى العميلAMS .

العبور: العميل المتنقل يكون في هذه الحالة عند هجرته من موقع الى لآخر.

المخطط التالي (11.2) يوضح انتقال العميل من حالة الى أخرى(Wiley, J. & Inc, S. (2007)) :



الشكل (11.2) حالات تواجد العميل وانتقاله من حالة لأخرى

3.5.6.2 التواصل بين العملاء على منصة JADE:

تتيح منصة JADE إمكانية لتواصل العملاء عن طريق استعمال المنصة الرسائل كأغراض مستنسخة من الصف ACLMessage،حيث تتضمن الحقول التالية:

المرسل: هذا الحقل يملأ تلقائياً عند الإرسال.

مجموعة مستقبلي الرسالة: الرسالة يمكن ان ترسل لعدة عملاء في نفس الوقت.

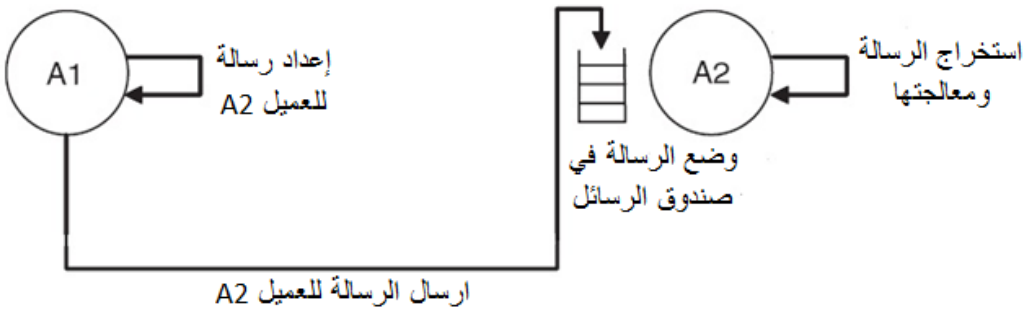
هدف الاتصال: يتواصل العملاء للعديد من الأهداف كإعلام العميل بأمر ما او الرد على استعلام أو طلب خدمة .

محتوى الرسالة.

عند الأرسال يقوم العميل باستدعاء الدالة ( )Agent.send ، وعند الاستقبال يستدعي الدالة ( )Agent.receive.

حيث يملك كل عميل صندوق رسائل يعمل عمل البريد الالكتروني، يخزن فيه الرسائل التي تم استقبالها لغرض معالجتها من قبل العميل كما يبين بالشكل التالي (12.2).

(Wiley, J. & Inc, S. (2007))

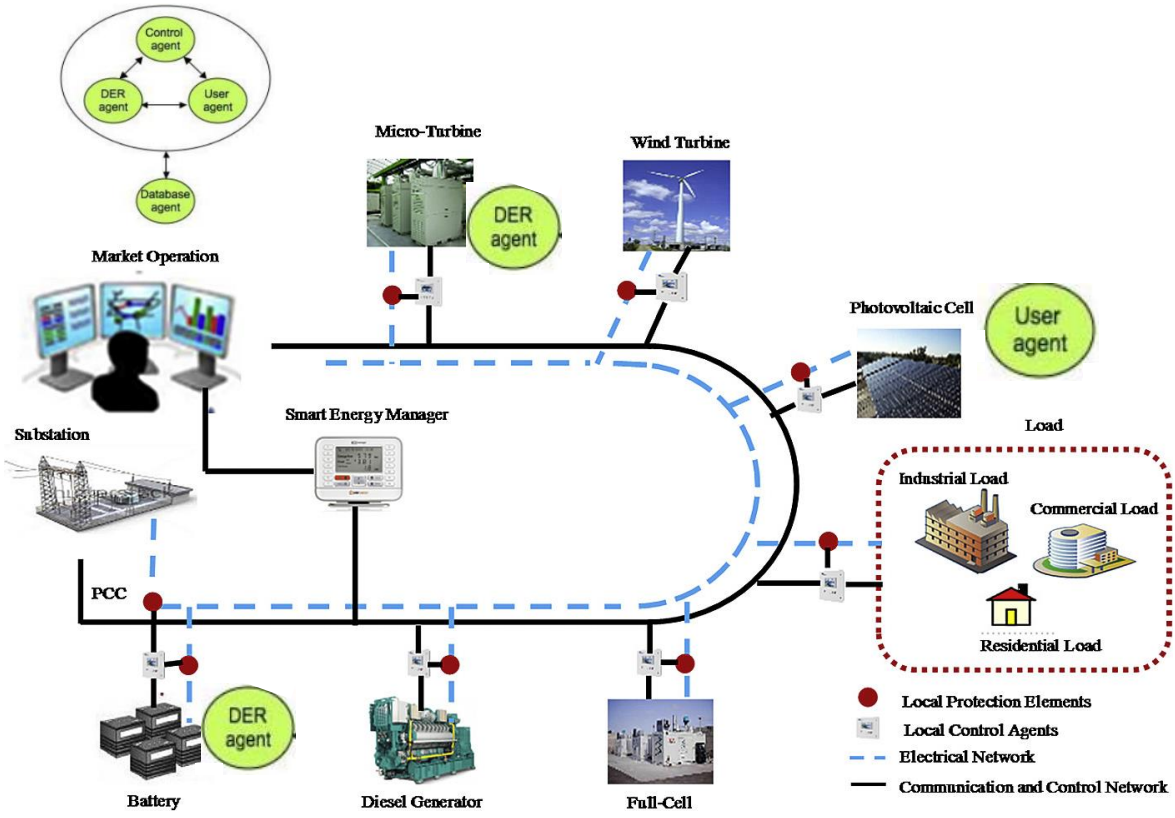


الشكل (12.2) مراسلة العميل A1للعميل A2

6.6.2 تشكيل النظام المتعدد العملاء في الشبكة الميكروية:

يتم التعبير في الشبكة الميكروية عن كل مكون من مكوناتها (أحمال، مصادر توليد، مركز التحكم بالشبكة الميكروية) بعميل.

حيث يتم تحقيق التواصل بين هذه العملاء بالاعتماد على منصة JADE، بهدف تحقيق التوازن بين الطاقة التي توفرها المولدات الموزعة في الشبكة الميكروية الموضحة في الشكل (13.2) ومتطلبات الأحمال ، وذلك في حال عمل الشبكة الميكروية بوضع الجزيرة (حالة الانفصال عن الشبكة الرئيسية) مع التأكيد على ضرورة تلبية الأحمال حرجة.



الشكل (13.2) العملاء التي تعبر عن مكونات الشبكة الميكروية

7.2 استخدام المتحكمات في تحصيل البيانات لاستخدامها في نظام MAS:

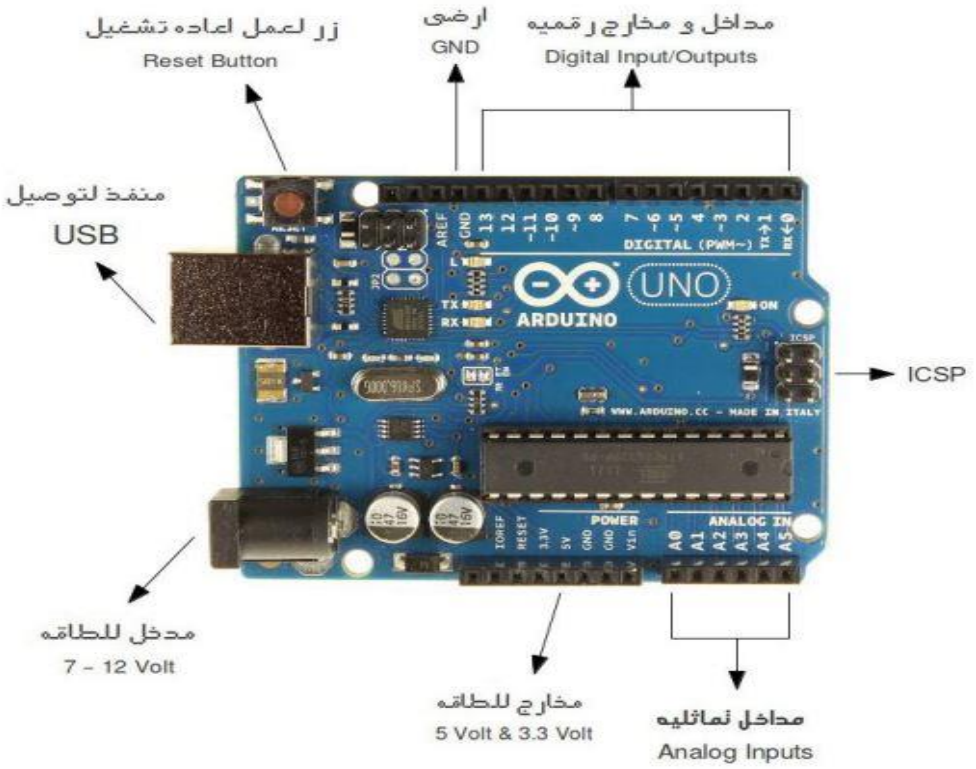
نلجأ عند اختبار النظام المتعدد العملاء بشكل عملي إلى استخدام إشارات حقيقية واردة من وحدات التوليد والأحمال.

نحن بحاجة في هذه الحالة الى تجهيزات لاستخلاص البيانات، حيث يمكن استخدام المتحكمات لهذا الغرض.

المتحكمات الدقيقة Micro Controllers: هي أشبه بكمبيوتر مصغر قابل للبرمجة عن طريق أوامر برمجية لأداء مجموعة من الوظائف، ومن المتحكمات نجد المتحكمة **ATmega328** التي تحتوي على معالج بسرعة 16 ميجا هرتز وذاكرة كلية تساوي 32 كيلو بايت، والتي يتم برمجتها باستخدام اللوحة الالكترونية **Arduino UNO** الموضحة في الشكل(14.2)والتي توفر منافذ لتوصيل المكونات الالكترونية الى المتحكمة مباشرة عن طريق مجموعة من المداخل والمخارج منها التماثلية ومنها الرقمية، مستخدمةً في كتابة الأوامر البرمجية لغة برمجية مفتوحة المصدر Arduino C ضمن برنامج خاص يسمى:

.(Arduino IDE)Arduino Integrated Development Environment

ويوضح الشكل (15.2) بعض أنواع لوحات ARDUINOوالتي تختلف عن بعضها البعض من ناحية عدد المخارج والمداخل التي تحدد عدد الأجهزة التي يمكن التحكم بها وعدد الحساسات التي يمكن دمجها مع اللوحة وكذلك نوع المتحكمة الدقيقة وسرعة المعالج الموجود بداخله.



الشكل (14.2)Arduino UNO



الشكل (15.2) لوحات المتحكمات الصغرية

8.2 الخاتمة:

تم في هذا الفصل عرض أهم المفاهيم المتعلقة بالشبكات الذكية والميكروية والنظام المتعدد العملاء ومنصة JADE التي تؤمن البيئة المناسبة لتفاعل العملاء والقيام بمهامها، بالإضافة الى عرض بعض أنواع المتحكمات الصغيرة ومنهم Arduino UNO الذي سيتم اعتماده في بحثنا بهدف التحقق من قدرة الخوارزمية على تحقيق التوازن بين التوليد ومتطلبات الأحمال بحالات عشوائية للعرض والطلب.

بناءً على المفاهيم النظرية التي تم ذكرها ستتم عملية التحكم في المستوى الثالثي معتمدين في ذلك على النظام المتعدد العملاء و منصة JADE ,

حيث سيتم إنشاء العملاء التي تعبر عن مكونات الشبكة الميكروية المبسطة التي تم اعتمادها وتحقيق التواصل فيما بينها لتحقيق هدف البحث.

الفصل الثالث

خوارزمية إدارة الطلب على الطاقة – التطبيق على الشبكة الميكروية المدروسة

Demand Side Management Algorithm

Application on studied Micro Grid

1.3 المقدمة:

يتم في هذا الفصل تصميم خوارزمية إدارة الطلب على الطاقة بالاعتماد على تقنية (قص الذروة).

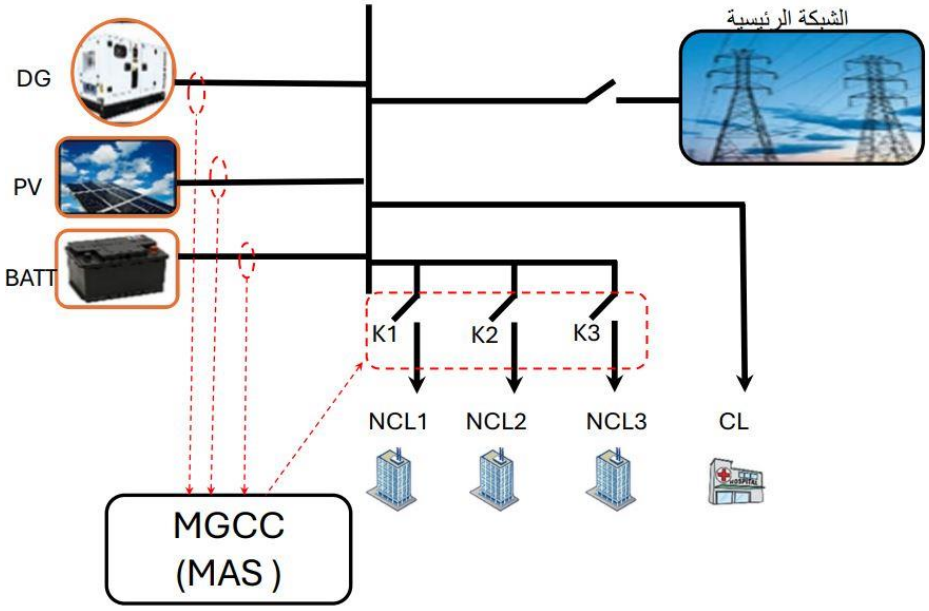
وذلك بهدف تحقيق التوازن بين الطاقة المتوفرة في الشبكة الميكروية من قبل مصادر الطاقة الموزعة والأحمال التي تم تصنيفها الى أحمال حرجة وأحمال غير حرجة مع ضرورة تلبية الأحمال الحرجة.

بعد ذلك تم تطبيق الخوارزمية على شبكة ميكروية مرجعية تم نمذجتها باستخدام بيئةMATLAB وذلك باستخدام النظام المتعدد العملاء.

تم في هذا النظام التعبير عن كل مصدر من مصادر الطاقة بعميل، والأحمال بعملاء وذلك بالاعتماد على منصة JADE في برنامج Eclipse.

2.3 تصميم خوارزمية تابع إدارة الطلب على الطاقة:

يوضح لنا الشكل (1.3) نموذج الشبكة الميكروية التي تم فيها تنفيذ خوارزمية إدارة الطلب على الطاقة.



الشكل (1.3) نموذج الشبكة الميكروية

يتكون نموذج الشبكة الميكروية الموضحة في الشكل (1.3) من:

مصادر التوليد:

Diesel Generator (DG): مولد الديزل

Solar Photovoltaic system(PV): النظام الكهروضوئي

Battery(Batt)**)**: المدخرات

الأحمال:

Critical Load(CL): مجموعة الأحمال الحرجة.

Non-Critical Load(NCL): مجموعة الأحمال غير الحرجة.

تعبر كل من **K1,K2,K3** عن حالة القواطع لمجموعات الأحمال غير الحرجة **NCL1, NCL2, NCL3**.

حيث تم التحكم في هذه القواطع عن طريق إشارات واردة من خرج خوارزمية إدارة الطلب على الطاقة بحيث أن الإشارة (0) تجعل القاطع مفتوح والإشارة (1) تجعل القاطع مغلق.

Microgrid control center (MGCC): مركز التحكم بالشبكة الميكروية**.**

ويوضح الجدول (1.3) القيم الإسمية المعتمدة لمكونات الشبكة والتي ستطرأ عليها التغييرات.

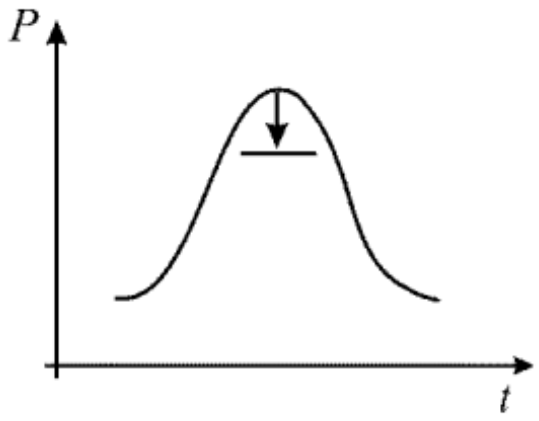
الجدول (1.3) القيم الإسمية لمكونات الشبكة الميكروية

مولد الديزل	DG	160 KW
المدخرة	Battery	40 KWh
النظام الكهروضوئي	PV	20 KW
مجموعة الأحمال الحرجة	CL	160 KW
مجموعات الأحمال غير الحرجة	NCL	(20+20+20) KW

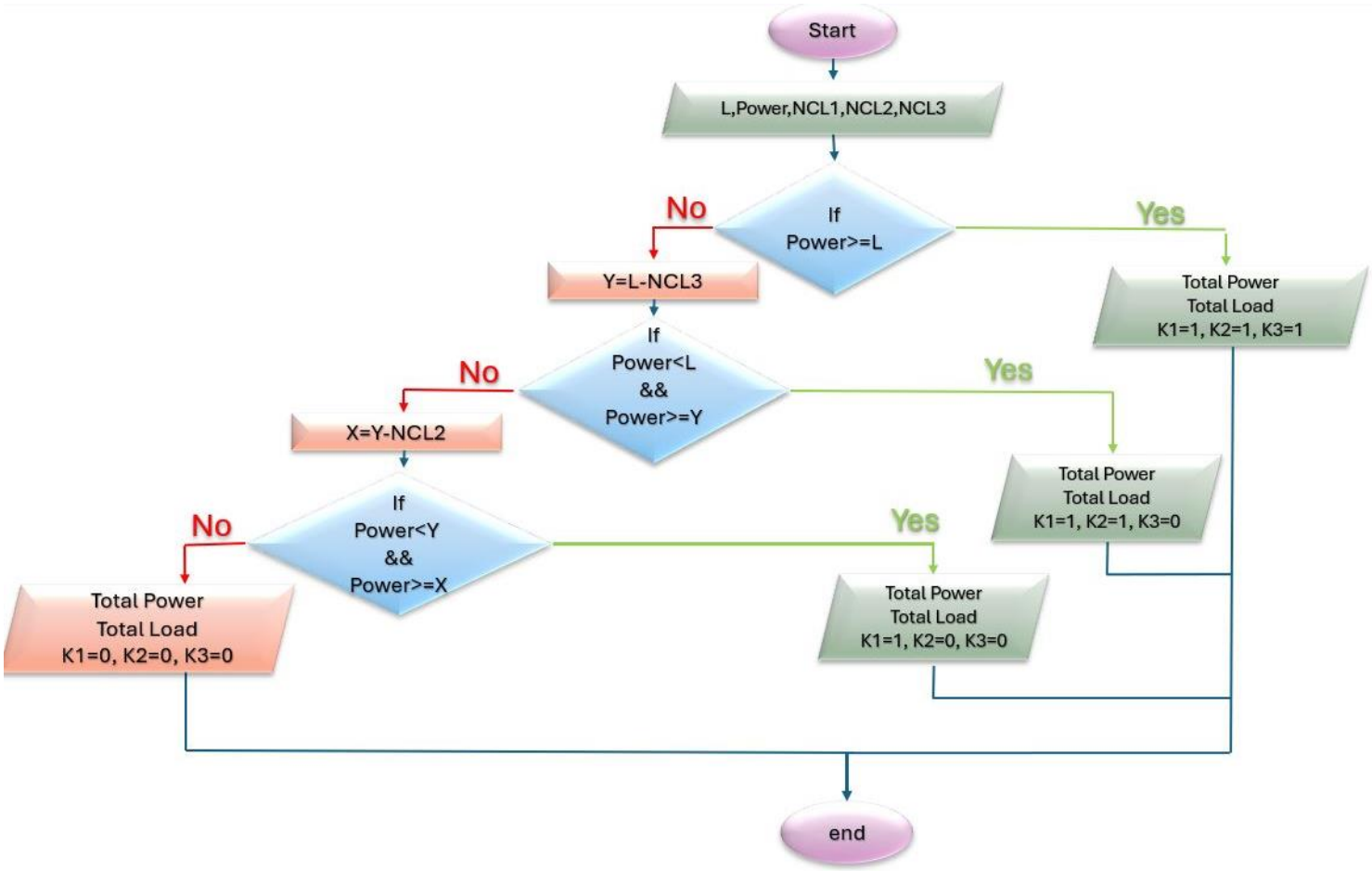
قمنا في هذا البحث بإنشاء مخطط انسيابي يعبر عن تقنية قص الذروة الموضحة في الشكل(2.3) لمنحني الحمل عند وجود عجز في التوليد، حيث تعتبر الخوارزمية حالة القواطع موصولة والشبكة الميكروية تعمل بحالة مستقرة.

تقارن الخوارزمية استطاعة التوليد الكلي(Power) مع قيمة الحمل الكلي (L) بحيث إذا كانت استطاعة التوليد أكبر من قيمة الحمل الكلي أو تساويها سوف تبقى حالة القواطع المسؤولة عن وصل وفصل الأحمال غير الحرجة بحالة التوصيل K1=1,K2=1,K3=1، أما إذا كانت استطاعة التوليد غير قادرة على تلبية احتياجات الأحمال الحرجة وغير الحرجة جميعها، بناءً على قيمة الفرق بين الاستطاعة المولدة والحمل سيتم فصل مجموعة واحدة أو أكثر من مجموعات الأحمال غير الحرجة، بحيث تكون الاستطاعة المتوفرة كافية لتلبية مجموعة الأحمال الحرجة و تلبية قدر المستطاع من مجموعات الأحمال غير الحرجة.

يوضح الشكل (3.3) المخطط الانسيابي لإدارة الطلب على الطاقة.



الشكل(2.3) تقنية قص الذروة

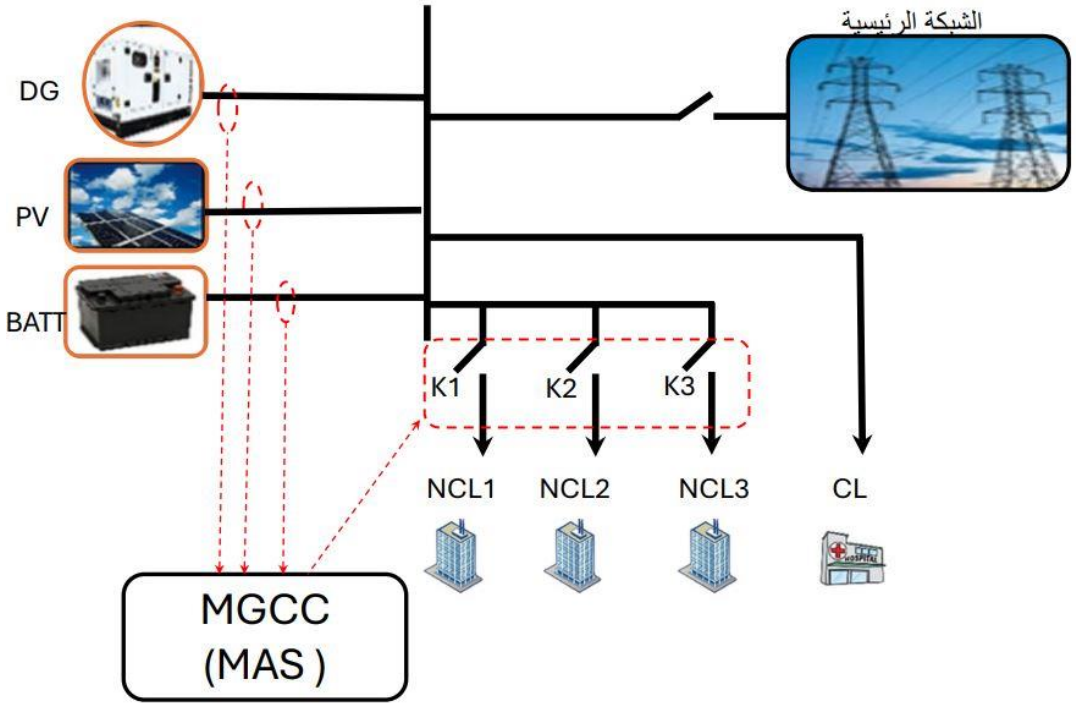


الشكل (3.3) المخطط الانسيابي للخوارزمية المقترحة لإدارة الطلب على الطاقة في الشبكة الميكروية

3.3 تصميم نموذج حاسوبي لإدارة الطلب على الطاقة باستخدام MAS:

كما ذكرنا سابقاً تتألف الشبكة الميكروية الموضحة في الشكل (4.3)، من مولد ديزل مع عنصر تخزين (مدخرة) بالإضافة الى مولد كهروضوئي شمسي ومجموعات الأحمال الحرجة وغير الحرجة ومركز التحكم بالشبكة الميكروية.

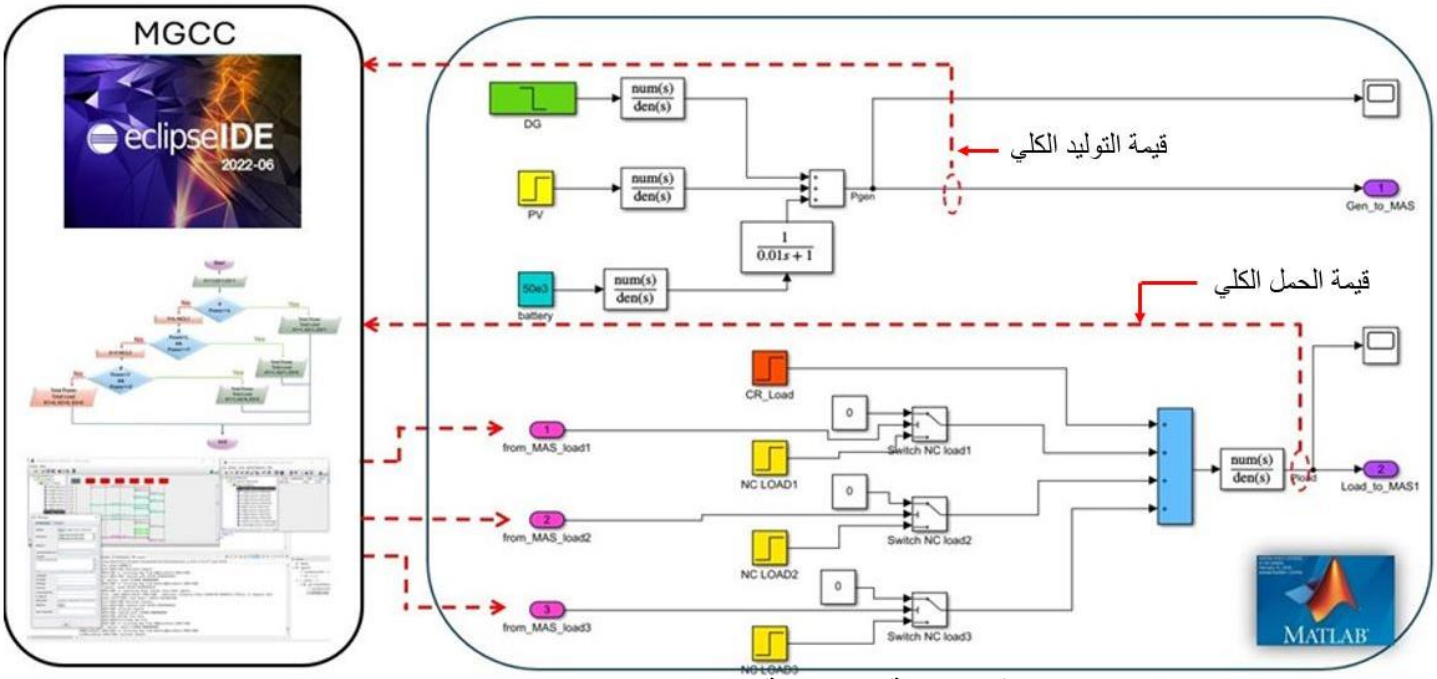
تم استخدام نماذج رياضية مناسبة لهذا النوع من المولدات، حيث يتم بشكل عام استخدام نماذج مبسطة خطية كتوابع نقل مع ثابت زمني ومعامل ربح لمحاكاة أنظمة الطاقة.



الشكل (4.3) نموذج الشبكة الميكروية

يبين الشكل (5.3) نموذج الشبكة الميكروية المتصل مع مركز التحكم المركزي (MGCC) حيث توجد خوارزمية إدارة الطلب على الطاقة.

يتم استقبال الإشارات المعبرة عن كمية التوليد وقيمة الحمل المصنف الى أحمال حرجة وأحمال غير حرجة، نتيجةً لذلك تعطي الخوارزمية الأوامر بفصل مقدار الحمل المناسب لتحقيق التوازن الدائم بين التوليد ومتطلبات الأحمال.



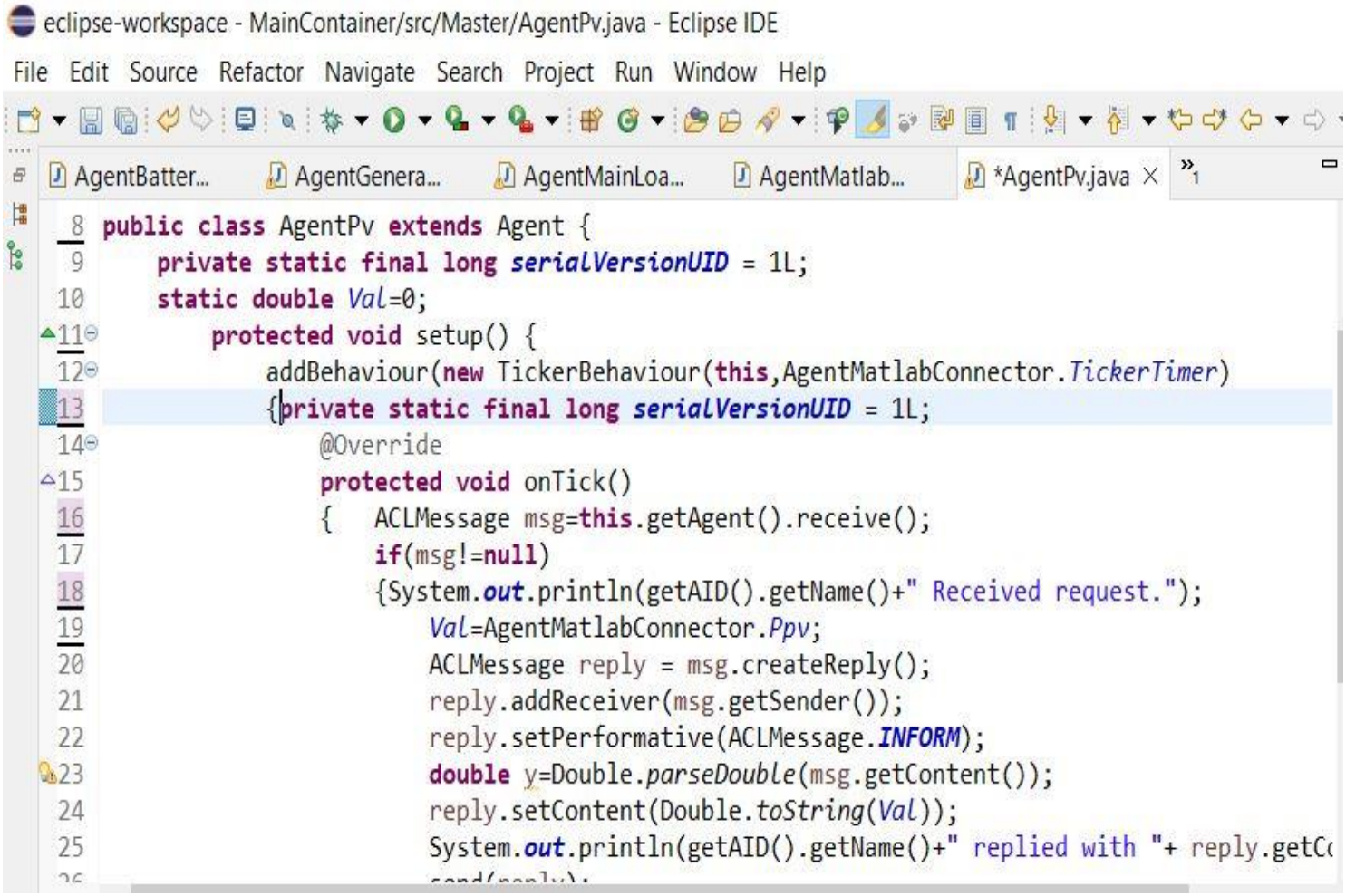
الشكل (5.3) نموذج الشبكة الميكروية المتصل مع مركز التحكم المركزي (MGCC)

1.3.3 إنشاء العملاء المسؤولة عن تنفيذ الخوارزمية: تم تمثيل منابع الطاقة ومجموعات الأحمال غير الحرجة بالإضافة الى مركز التحكم في الشبكة الميكروية بعميل خاص لكل منها في نظام MAS بالاعتماد على منصة JADE.

حيث نبين فيما يلي جزء من الكود المستخدم في إنشاء كل عميل في برنامج Eclipse.

عميل النظام الكهروضوئي PV Agent: يوضح الشكل (6.3) جزء من كود إنشاء العميل وتسميته حيث تم اسناد له قيمة مبدئية (0) قبل البدء بعملية تنفيذ الخوارزمية، حيث يستقبل العميل PV رسالة من عميل مركز التحكم بالشبكة الميكروية MGCC مضمونها قيمة الأحمال الحرجة وغير الحرجة التي

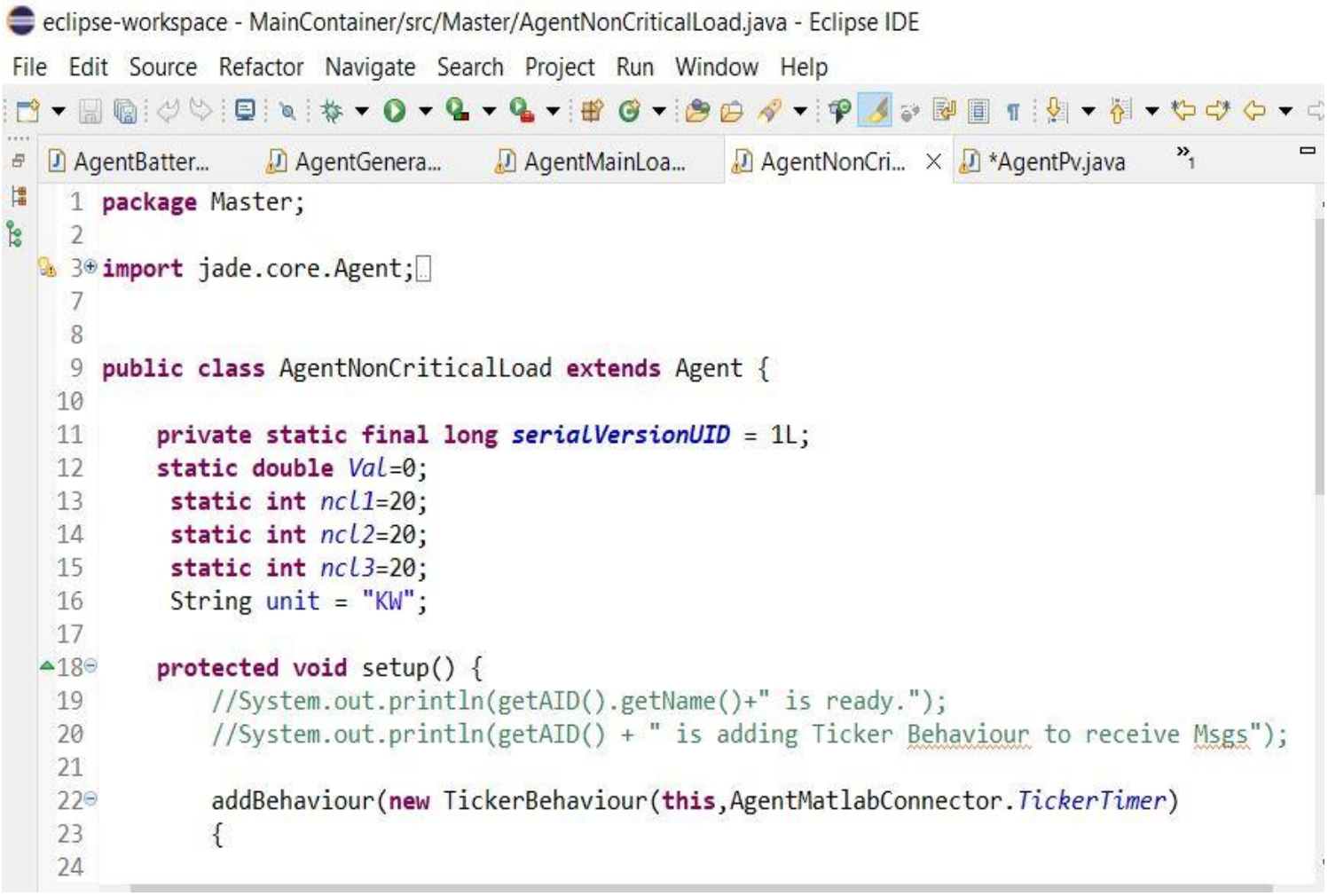
تمت تلبيتها وذلك بالاستعانة بالدالة ()receive، بالتالي سيقوم العميل PV بالرد برسالة مضمونها قيمة الاستطاعة القادر على تقديمها في نفس اللحظة و التي تم الحصول عليها من عميل الاتصال MTC المستخدم لتحقيق الاتصال بين Eclipse و MATLAB و ذلك بالاستعانة بالدالة ()createRebly. وكونها رسالة إعلام فقط لا نحتاج لردٍ عليها، نستخدم النمط INFORMالتحديد نوع رسالة الرد.



الشكل (6.3)الكود البرمجي لعميل النظام الكهروضوئيPV

وبشكل مشابه للكود البرمجي السابق الموضح في الشكل(7.3) يتم إنشاء كل من عميل المدخرة Battery وعميل مولد الديزل DG حيث تقتصر مهمتهم على استقبال قيم الاستطاعة من العميل MTC ثم إرسالها الى عميل مركز التحكم بالشبكة الميكروية MGCC.

عميل مجموعات الأحمال غير الحرجة Ncl Agent: يوضح الشكل(7.3)، جزء من الكود المستخدم في إنشاء العميل Ncl الذي يشابه الكود المستخدم في إنشاء العملاء (DG,Battery,PV) في عملية الإرسال والاستقبال، لكن يختلف في موضوع توضيح أن العميل يحتوي على ثلاث مجموعات من الأحمال غير الحرجة قيمة كل منها 20 KW.

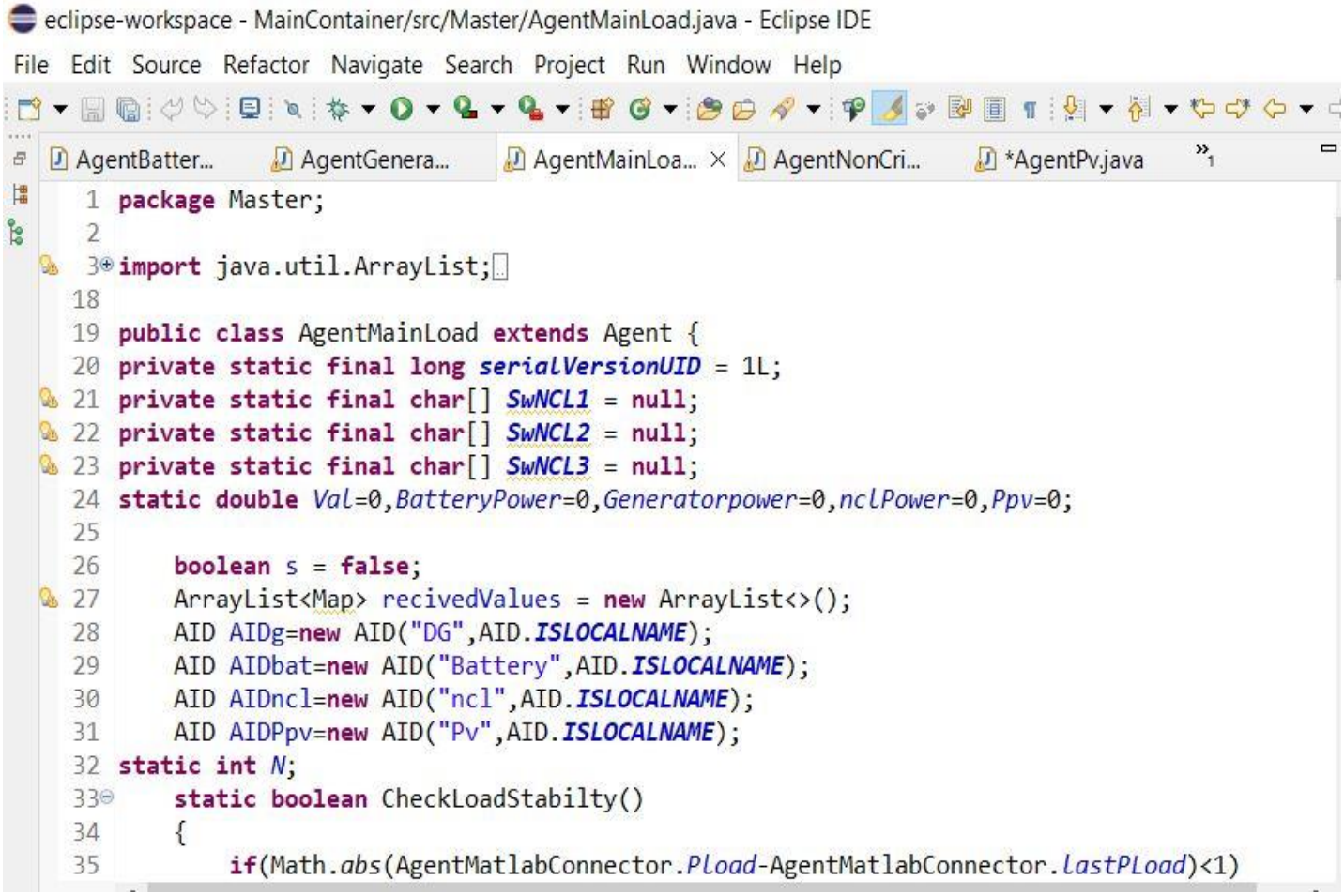


الشكل (7.3)الكود البرمجي لعميل مجموعات الأحمال غير الحرجةNcl

عميل مركز التحكم بالشبكة الميكروية MGCC Agent: يبين الشكل (8.3) جزء من الكود المخصص بتصميم خوارزمية إدارة الطلب على الطاقة في الشبكة الميكروية، حيث يقوم العميل MGCC بداية بإرسال رسالة الى العملاء (DG,Battery,Ncl,PV) يوضح فيها قيمة الأحمال التي تم تلبيتها.

وبالتالي ستقوم العملاء بالرد برسائل تتضمن قيم الاستطاعة المتوفرة، نتيجة لذلك سيقوم العميل بتنفيذ الخوارزمية و تحديد عدد مجموعات الأحمال غير الحرجة الذي سيتم وصلها أو فصلها.

ثم سيرسل النتيجة الى عميل الاتصال مع MATLAB(MTC) لرسم المنحني الذي يعبر عن الحمل و التوليد.

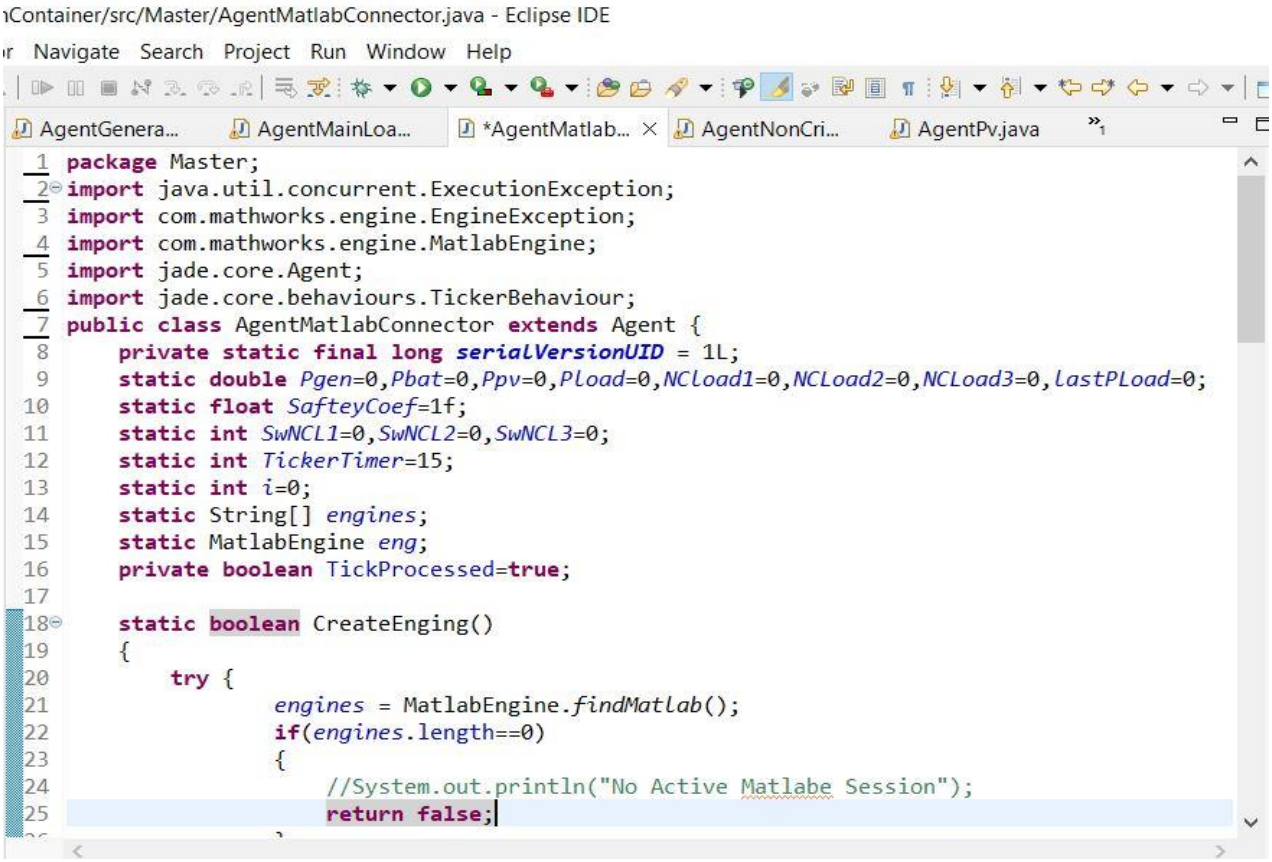


الشكل (8.3)الكود البرمجي لعميل مركز التحكم بالشبكة الميكروية MGCC

العميل المسؤول عن تحقيق الاتصال بين برنامجي MATLABوEclipse (MTC Agent):

يوضح الشكل (9.3) جزء من الكود المخصص في استقبال وإرسال المعلومات من والى برنامج MATLABو ذلك عن طريق الاستعانة بالأداة engine التي تسمح ببناء البرنامج و مشاركته مع MATLAB.

حيث يتم في هذا العميل إنشاء متغير engines لاستقبال قيم التوليد و الأحمال من MATLAB و ارسالها الى العملاء (DG,Battery,Ncl,PV)، ثم يقوم بأخذ نتائج الخوارزمية و إعادة ارسالها الى MATLAB بهدف رسم منحني الحمل و التوليد.



الشكل (9.3)الكود البرمجي للعميل المسؤول عن الاتصال بين MATLAB وEclipse (MTC)

2.3.3 البرنامج المنفذ في بيئة MATLAB:

تم تحقيق الاتصال بين برنامج MATLAB و برنامج Eclipse عن طريق استخدام (engine) و هي عبارة عن أداة برمجية ساعدت في تحويل البرنامج المنفذ على MATLAB الى برنامج مشترك يمكن الوصول إليه من تطبيقات أخرى مثل Python أوJava ،حيث يوضح الشكل(10.3) استخدام الدالة matlab.engine.shareEngine لتحديد ما إذا كانت برنامج MATLAB مشترك أم لا عند استخدامه معEclipse .

Editor - D:\مهم سطح المكتب\VariableJadeExchange.m

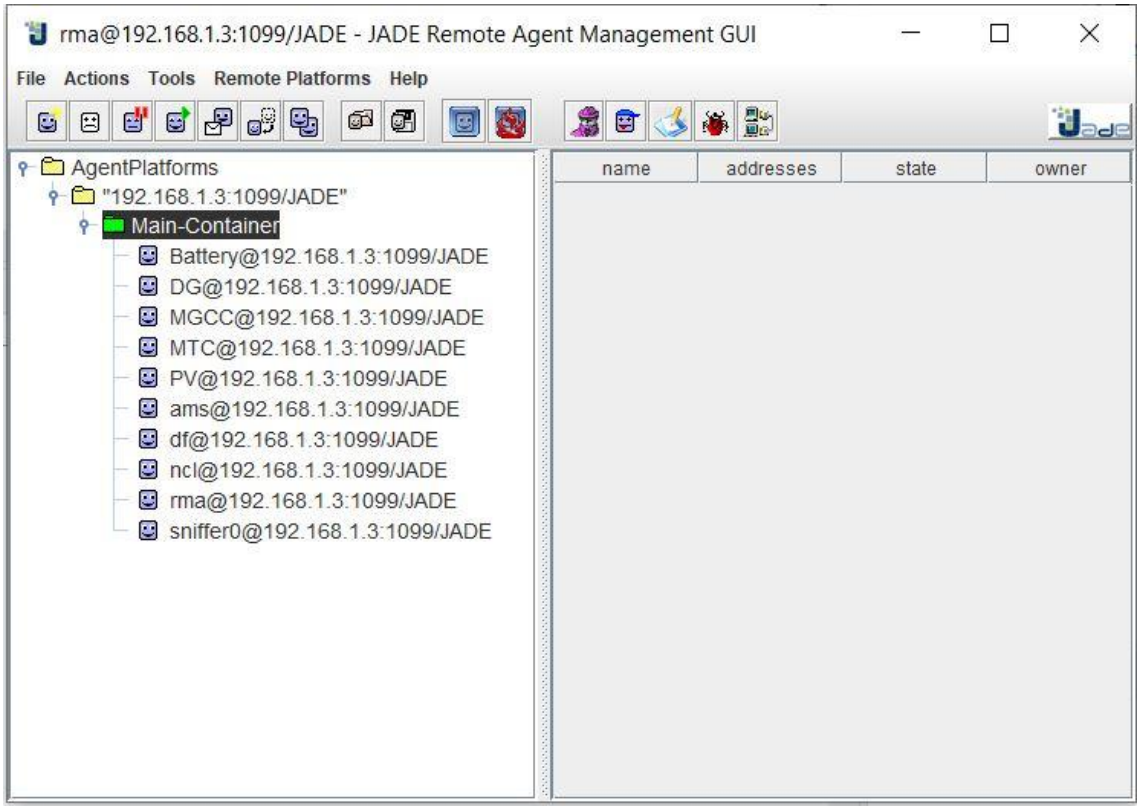
VariableJadeExchange.m

```
clear;
clc;
if matlab.engine.isEngineShared==false
matlab.engine.shareEngine;
end
Ts=0.001;
FinalTime=15;
DG=160000;
PV0=0;
PVs=20000;
Bat0=0;
Bats=40E3;
CRLoad=160000;
NCLoad1=20000;
NCLoad2=20000;
NCLoad3=20000;
global Pgen Pload Pbat Ppv SwNCL1 SwNCL2 SwNCL3 t Ptot;
Pgen=0;Pload=0;Pbat=0;Ppv=0;
SwNCL1=0;
SwNCL2=0;
SwNCL3=0;
t=linspace(0,FinalTime,FinalTime/Ts+1);
yg=[];ypv=[];ybat=[];yl=[];
ug=160000*ones(1,size(t,2));
upv=[PV0*ones(1,5/Ts),PVs*ones(1,(FinalTime-5)/Ts+1)];
ubat=[Bat0*ones(1,10/Ts),Bats*ones(1,(FinalTime-10)/Ts+1)];
ul=160E3*ones(1,size(t,2));
```

الشكل (10.3) جزء من البرنامج المنفذ في MATLAB

4.3 نتائج تطبيق الخوارزمية على الشبكة الميكروية المرجعية:

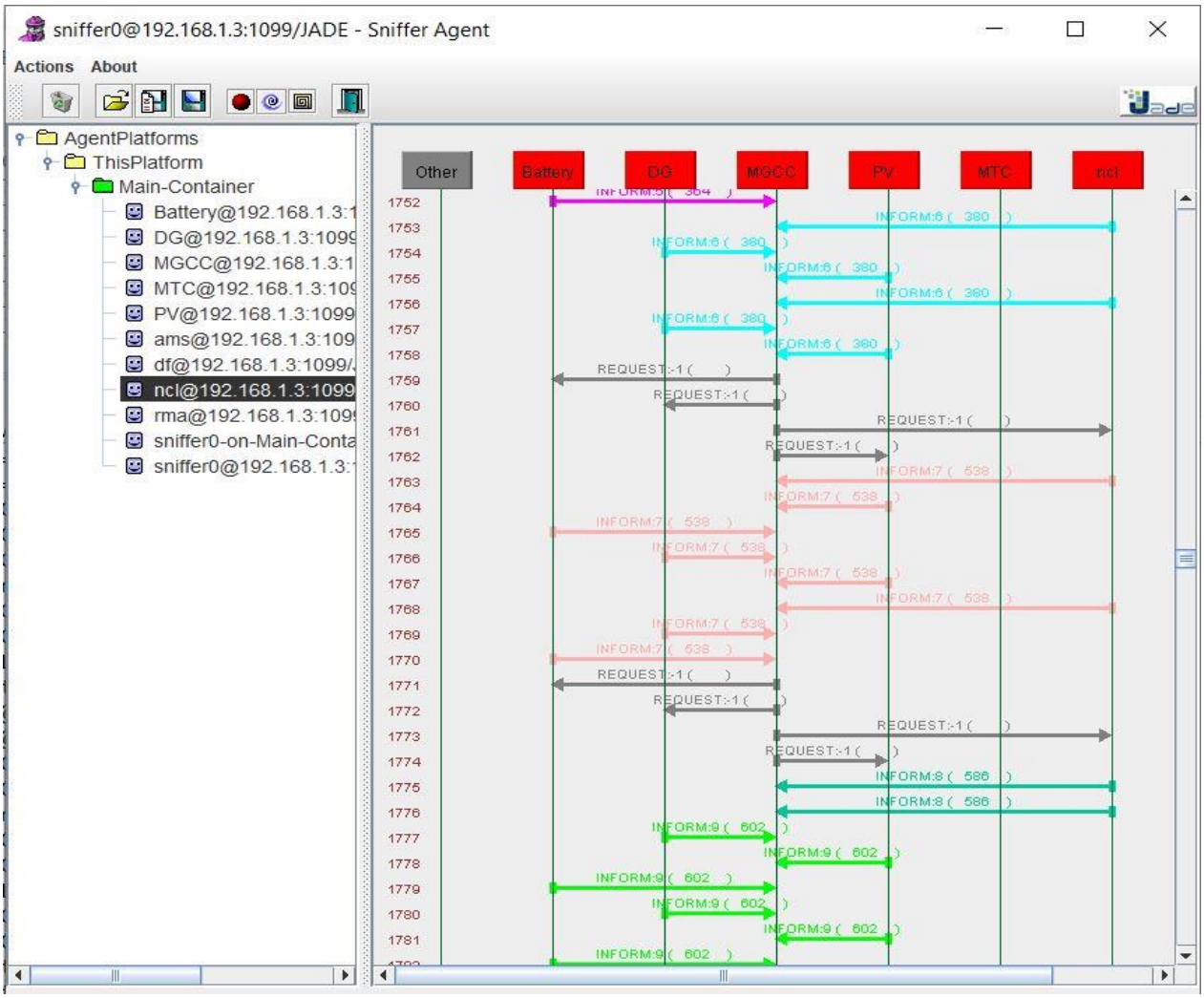
يوضح الشكل(10.3) كافة العملاء السابقين بعد تنفيذها عند بدء تنفيذ الخوارزمية بعد إنشائها باستخدام المنصة JADE.



الشكل (10.3) العملاء على منصة JADE

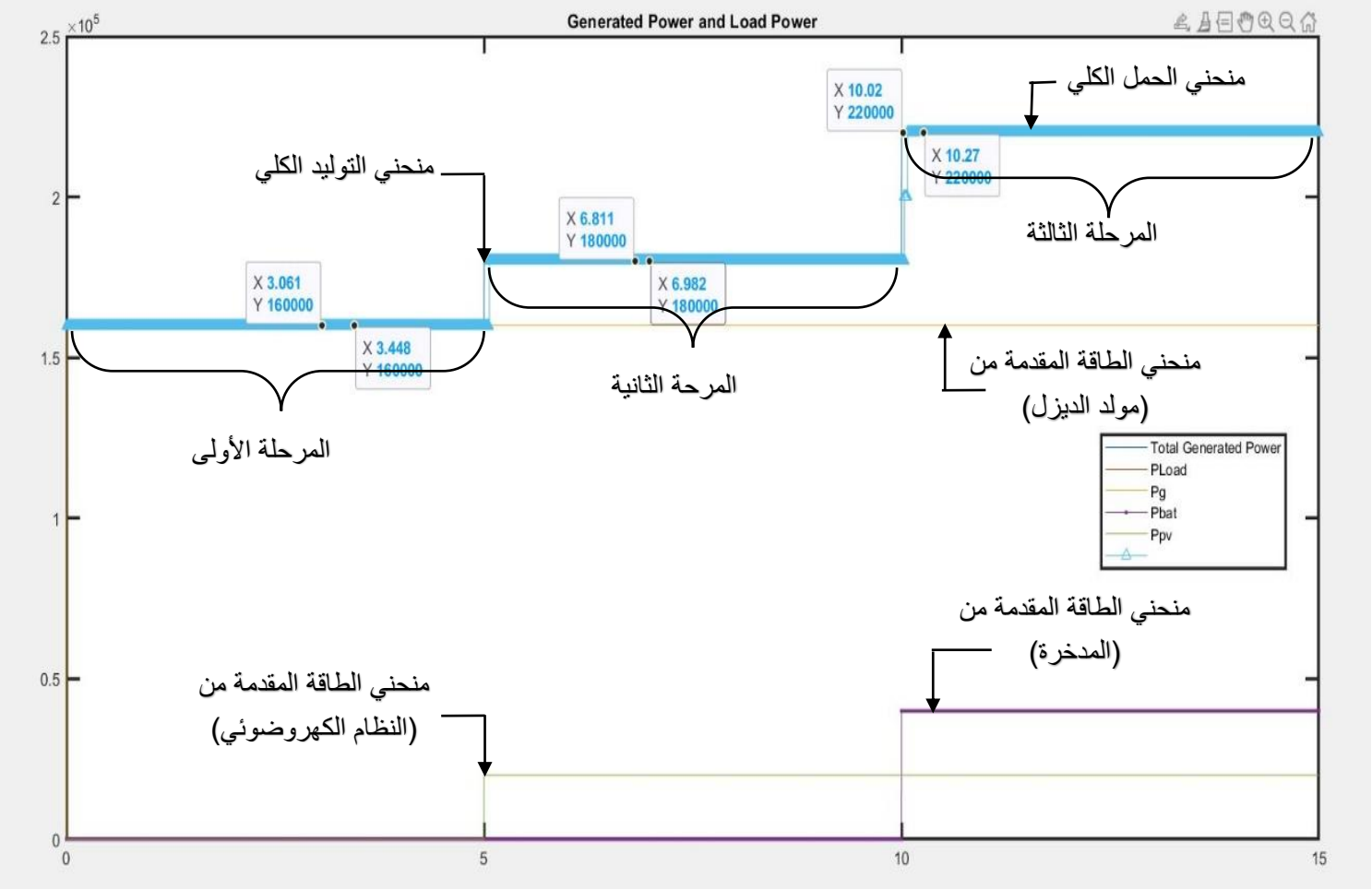
يتبين فيما يلي تطبيق الخوارزمية في بيئة النظام المتعدد العملاء على الشبكة الميكروية المنمذجة في بيئة الماتلاب والمبينة في الشكل(4.3).

حيث توفر المنصة JADE الأداة sniffer التي تساعد على إظهار ومتابعة الرسائل المتبادلة بين العملاء. حيث يوضح الشكل(11.3) واجهة الأداة sniffer التي تظهر عند بدء تنفيذ الخوارزمية مبينةً الرسائل المتبادلة التي تتضمن كمية الأحمال التي تمت تغذيتها وكمية الطاقة التي توفرها مصادر التوليد.



الشكل (11.3) المراسلات بين العملاء على منصة JADE

بناء على القيم المرسلة من MATLABالى Eclipse (قيم الأحمال وقيم التوليد) سيتم تنفيذ الخوارزمية المذكورة سابقا ويوضح الشكل (12.3) منحني التوليد والحمل خلال عملية تنفيذ الخوارزمية. قمنا بتقسيم منحنيات الخرج الى ثلاث مراحل من أجل توضيح قدرة الخوارزمية على الاستجابة لتغيرات التوليد وفصل الأحمال المناسبة لكل مرحلة.



الشكل (12.3) منحني الحمل والتوليد خلال تنفيذ الخوارزمية

من أجل المراحل الثلاثة قمنا بفرض سويات توليد محددة لكل منبع طاقة وبالتالي اختبرنا قدرة الخوارزمية على الاستجابة لتغيرات استطاعة التوليد الكلية.

1.4.3 المرحلة الأولى:

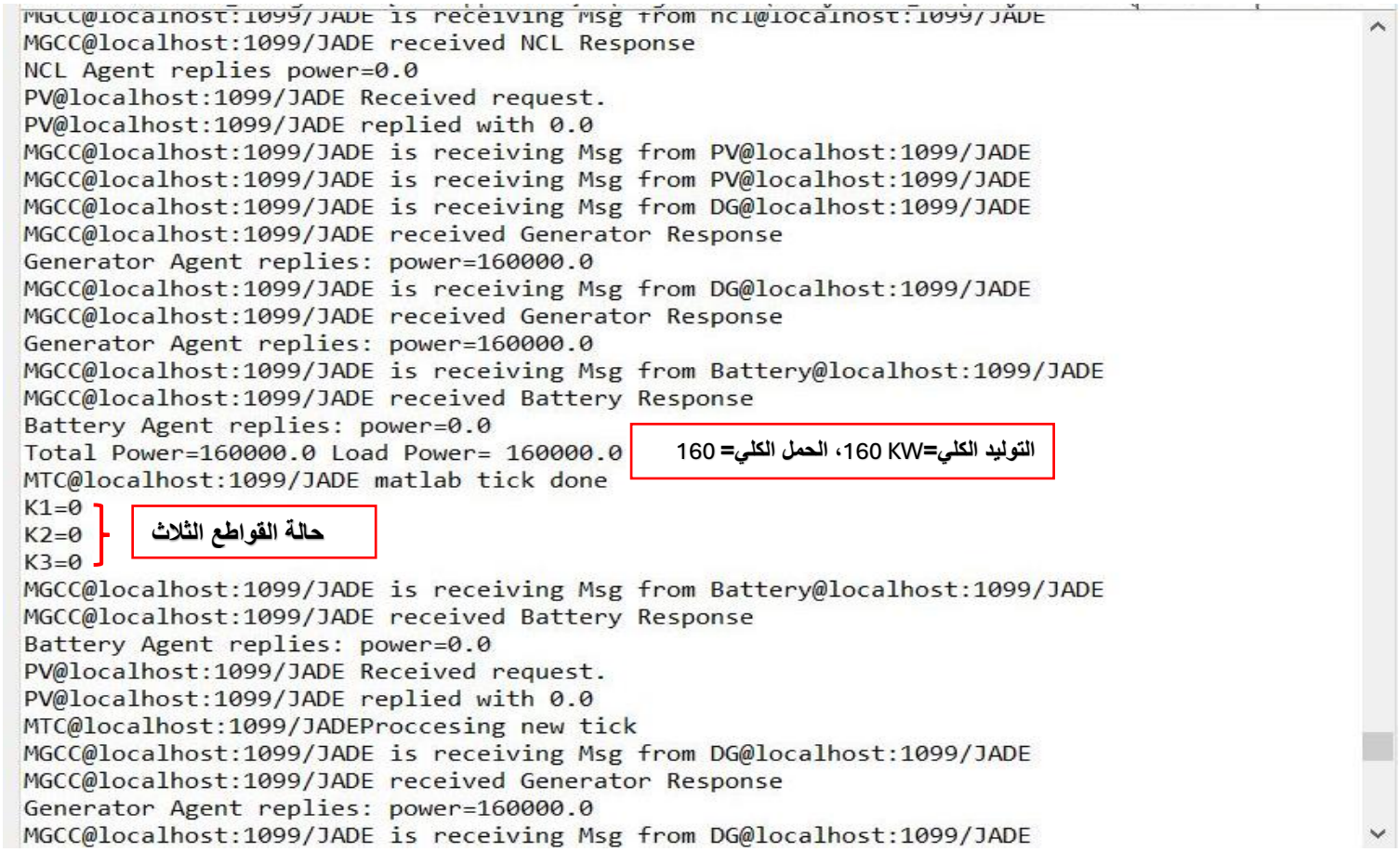
خلال الفترة الزمنية [5-0] sec:

نحتاج الى 220 KW لتغذية الحمل الكلي (الحرج وغير الحرج)، وفي هذه المرحلة تم الحصول على الطاقة من مصدر واحد فقط وهو مولد الديزل وبالتالي تم تلبية الأحمال الحرجة فقط.

حيث بلغت قيمة الطاقة المتوفرة 160 KW، ومتطلبات الأحمال الحرجة 160 KW.

تمت عملية تنفيذ خوارزمية إدارة الطلب على الطاقة في برنامج Eclipse بناءً على معلومات عن قيم الطاقة المتاحة من قبل مصادر الطاقة على تلبيتها ومتطلبات الأحمال المرسلة من قبل برنامج MATLAB.

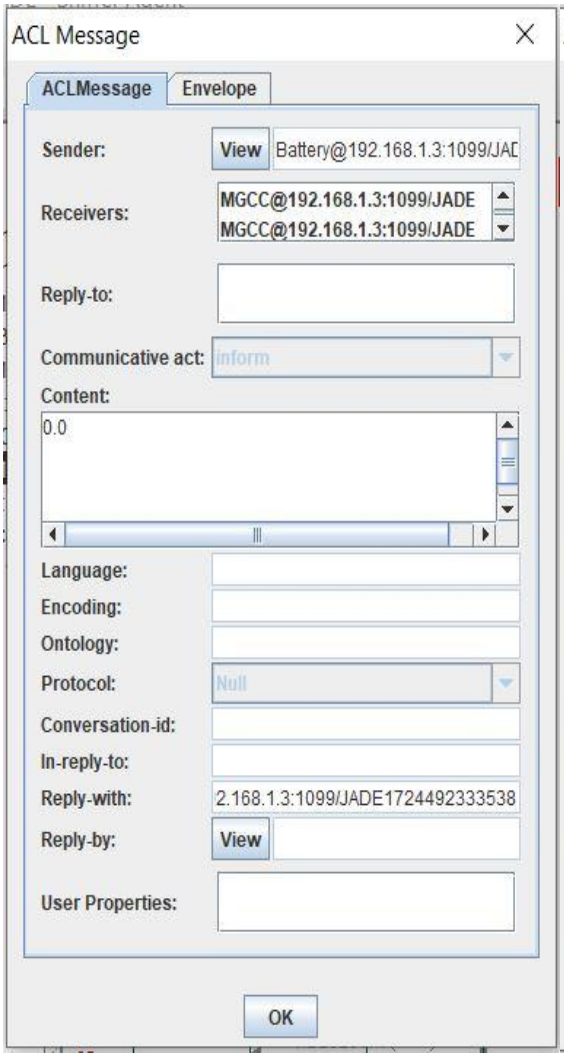
حيث تمثلت النتائج بفصل مجموعات الأحمال غير الحرجة جميعها (NCL1,NCL2,NCL3) وذلك لعدم توفر طاقة كافية لتغذية الأحمال الحرجة وغير الحرجة معاً وثم تم إرسال نتائج تنفيذ الخوارزمية الى برنامج MATLAB، ويوضح الشكل(13.3) عملية تنفيذ الخوارزمية في برنامج Eclipse و الذي يوضح قيم الطاقة المأخوذة من مصادر التوليد و الأحمال التي تمت تغذيتها وتم التعبير عن حالة القواطع المفتوحة بالشكل التالي: K1=0,K2=0,K3=0.



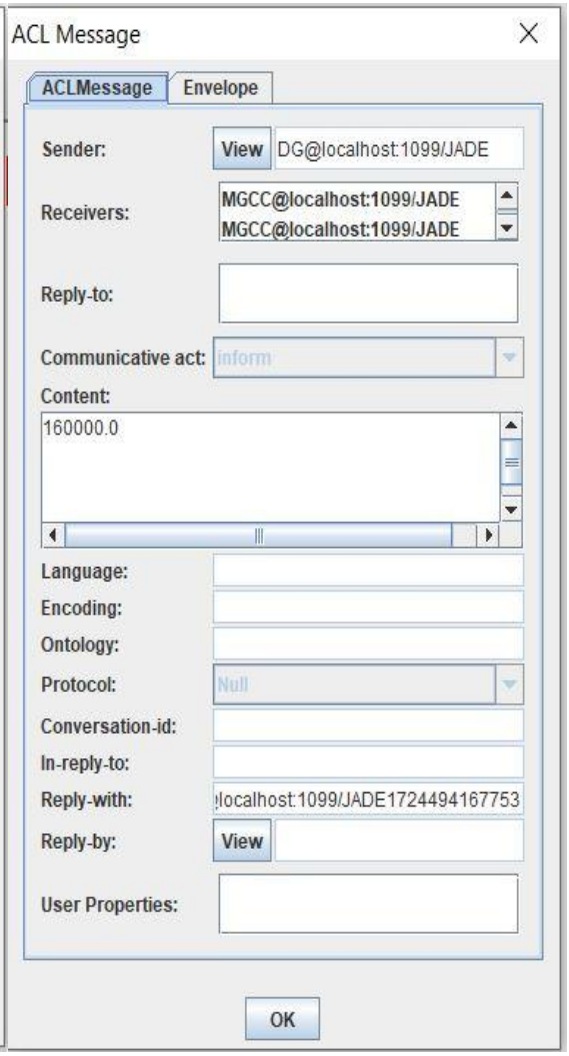
الشكل (13.3) نتائج تنفيذ الخوارزمية خلال المرحلة الأولى

إن مضمون الرسائل التي تم تبادلها بين العملاء في المرحلة الأولى و فقاً للأداة sniffer التي توفرها منصة JADE:

حيث ارسل العميل مولد الديزل(DG) الى العميل MGCC رسالة يعلمه بها عن مقدار الطاقة القادر على تلبيتها في هذه المرحلة و التي بلغت 160 KW، كما هو موضح في الشكل(14.3)، وبين عميل المدخرة (Battery) في رسالته المرسلة الى العميل MGCC عن عدم قدرته على تزويد الأحمال بالطاقة، و تم التعبير عن ذلك باعتماد القيمة(0)، كما هو مبين في الشكل(15.3).

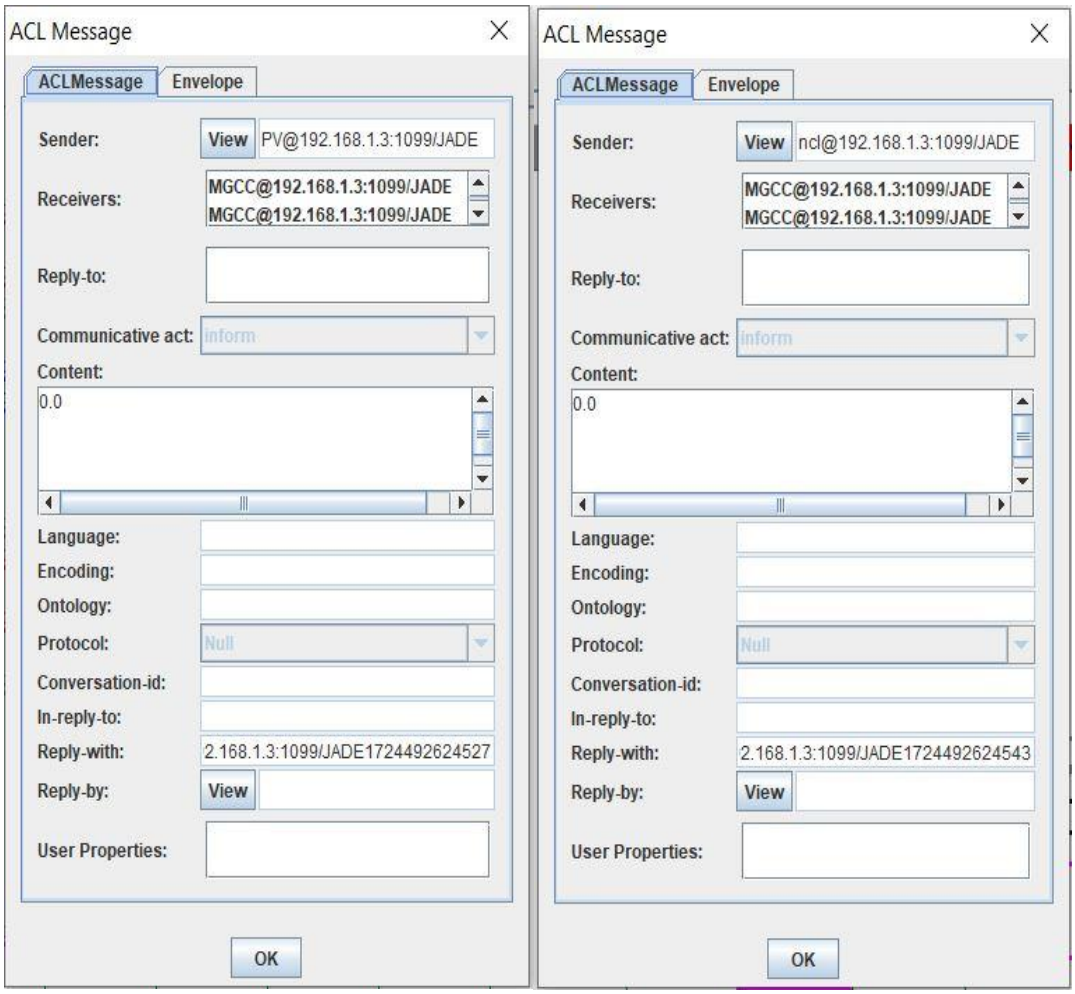


الشكل(14.3) مضمون رسالة العميل مولد الديزل



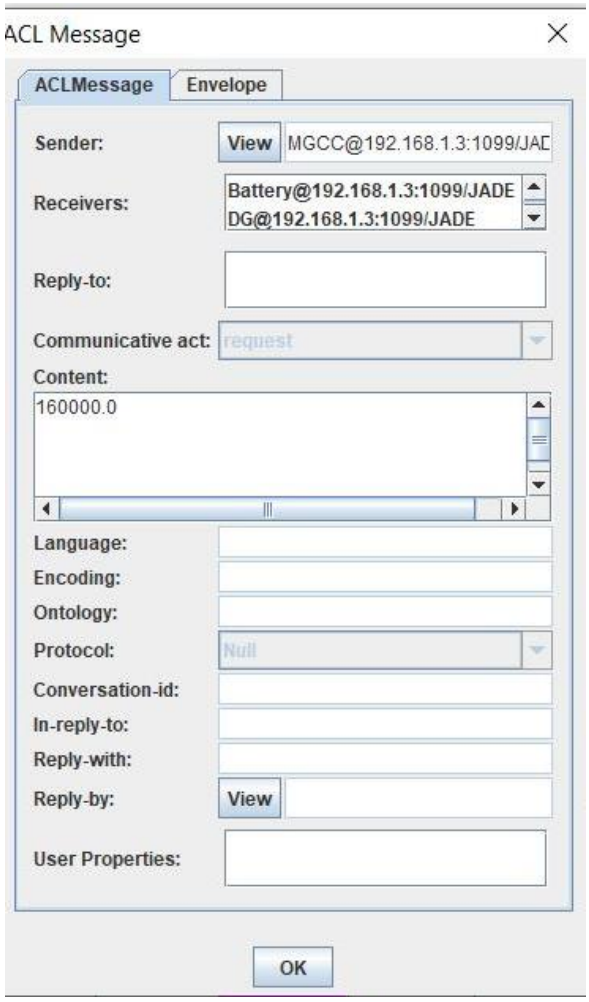
الشكل(15.3) مضمون رسالة العميل المدخرة

تضمنت رسالة عميل Ncl (الحمولة غير الحرجة)المرسلة الى العميل MGCC قيمة مجموعات الأحمال غير الحرجة التي تمت تلبيتها و في هذه الحالة تظهر لنا القيم(0) و ذلك لعدم توفر الطاقة الكافية لتغذية الأحمال غير الحرجة كما هو موضح في الشكل(16.3)، وأيضاً تضمنت رسالة العميل PV المرسلة الى العميل MGCC القيمة (0) كما هو موضح في الشكل(17.3) التي توضح عدم قدرة العميل عاى تزويد الحمل بالطاقة.



الشكل(16.3) مضمون رسالة العميل Ncl **الشكل(17.3) مضمون رسالة العميل PV**

يقوم عميل مركز التحكم بالشكبة الميكروية MGCC بمراسلة عملاء مصادر الطاقة و الأحمال غير الحرجة يعلمهم فيها عن قيمة مجموعة الأحمال التي تمت تلبيتها و التي بلغت 160 KW و التي هي عبارة عن أحمال حرجة فقط كما هو موضح بالشكل(18.3).



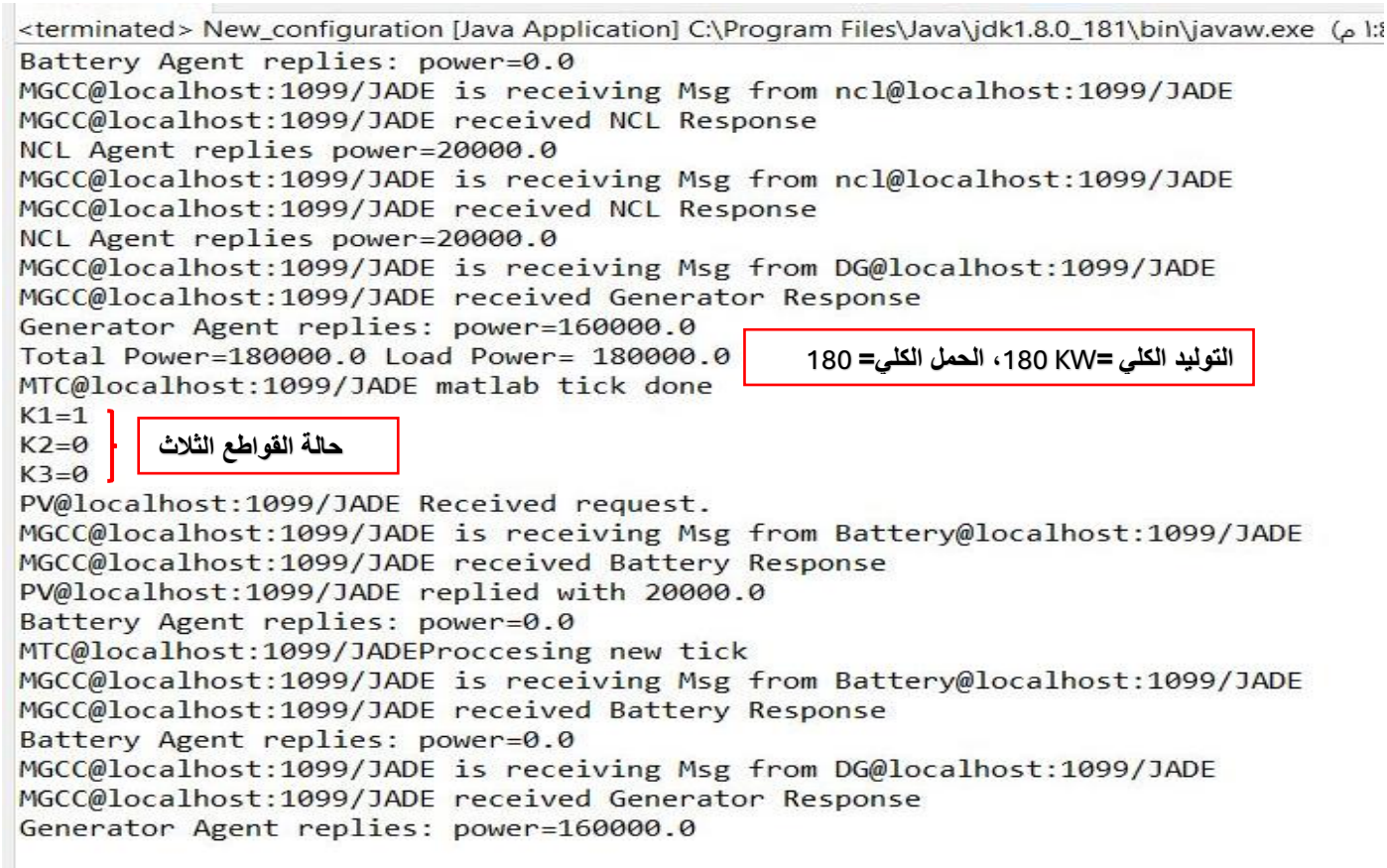
الشكل (18.3) مضمون رسالة العميل MGCC

يقتصر دور العميل MTC (المسؤول عن تحقيق الاتصال بين MATLAB وEclipse) على تحصيل البيانات من MATLAB وإرسالها الى العملاء، ثم إعادة إرسال نتائج الخوارزمية الى MATLAB.

2.4.3 المرحلة الثانية:

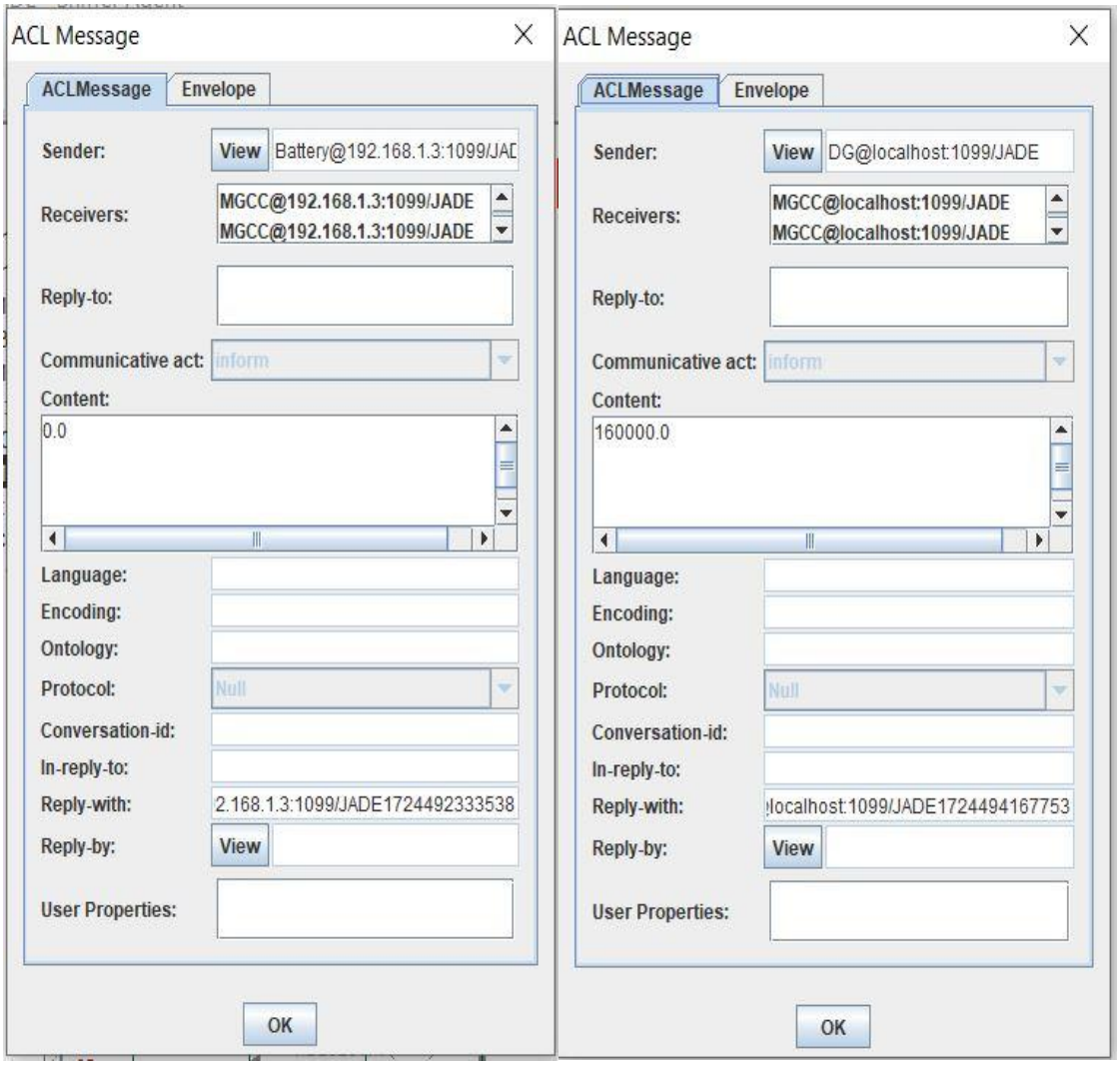
خلال الفترة الزمنية [5-10] sec: تم الحصول على الطاقة من مصدرين مولد الديزل والنظام الكهروضوئي وبالتالي تم تلبية الأحمال الحرجة ومجموعة واحدة فقط من الأحمال غير الحرجة. حيث بلغت قيمة الطاقة المتوفرة 180 KW، ومتطلبات الأحمال (الحرجة وغير الحرجة) 180 KW. تمثلت نتائج تنفيذ الخوارزمية بتوصيل مجموعة واحدة فقط من مجموعات الأحمال غير الحرجة (NCL1)والتي بلغت قيمتها 20 KW وذلك لعدم توفر توليد كافي لتغذية الأحمال الحرجة وغير الحرجة جميعها.

وتم التعبير عن حالة القواطع المفتوحة والمغلقة بالشكل التالي: K1=1,K2=0,K3=0 كما هو موضح في الشكل (19.3).



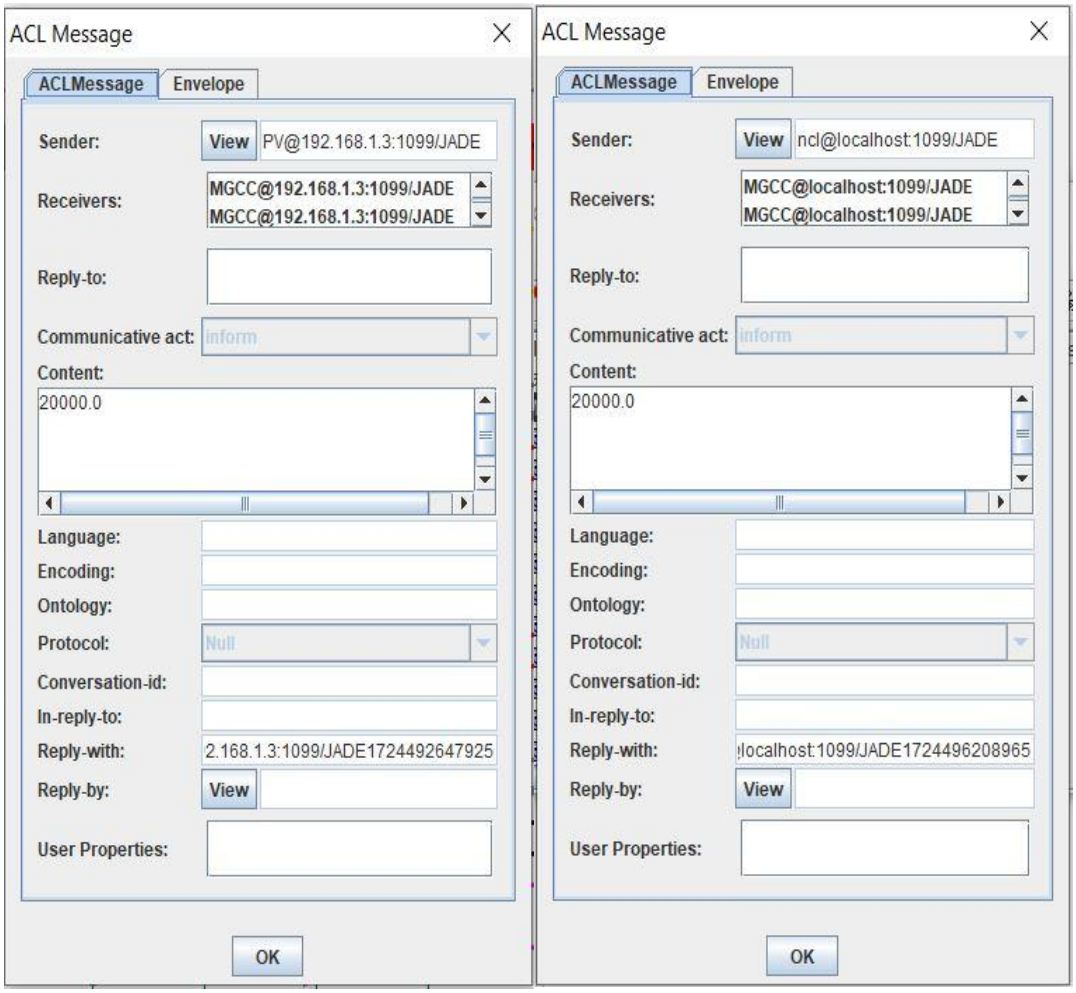
الشكل (19.3) نتائج تنفيذ الخوارزمية خلال المرحلة الثانية

بشكل مماثل للمرحلة الآولى يرسل عميل مولد الديزل الى العميل MGCC رسالة يعلمه بها عن مقدار الطاقة القادر على تأمينها في هذه المرحلة و التي بلغت 160 KW حيث لم يطرأ عليه أي تغيير كما هو موضح في الشكل (20.3)، و تتضمن رسالة عميل المدخرة المرسلة الى العميل MGCC القيمة (0) التي تعبرعن عدم قدرته على تزويد الأحمال بالطاقة كما هو موضح في الشكل(21.3).



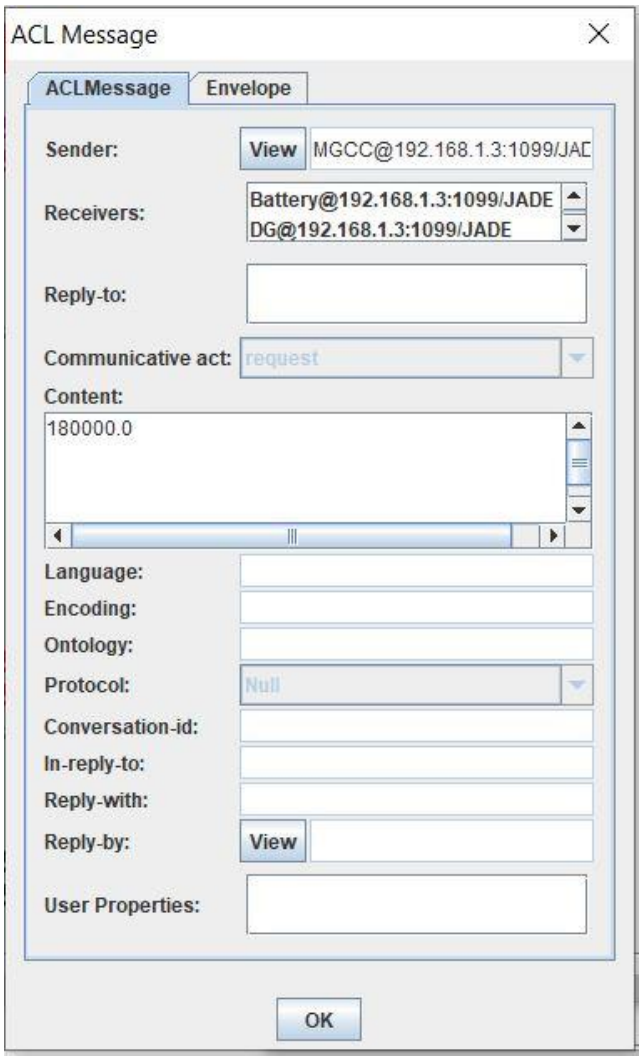
الشكل(20.3) مضمون رسالة عميل مولد الديزل الشكل(21.3) مضمون رسالة عميل المدخرة

يرسل العميل Ncl الى العميل MGCC رسالة يعلمه بها عن تلبية مجموعة واحدة فقط من مجموعات الأحمال غير الحرجة و التي بلغت متطلباتها 20 KW كما هو موضح في الشكل(22.3). ثم يرسل العميل PV رسالة الى العميل MGCC مضمونها قدرته على تأمين 20 KW في هذه المرحلة كما في الشكل(23.3).



الشكل(22.3) مضمون رسالة العميل Ncl **الشكل(23.3) مضمون رسالة العميل PV**

كما نصَّ مضمون رسالة العميل MGCC المرسلة الى عملاء مصادر الطاقة و الأحمال غير الحرجة على قيمة مجموعة الأحمال الحرجة و الغير الحرجة التي تمت تلبيتها و التي بلغت 180 KW كما هو مبين بالشكل(24.3).



الشكل (24.3) مضمون رسالة العميل MGCC

3.4.3 المرحلة الثالثة:

خلال الفترة الزمنية [10-15] sec: تم الحصول على الطاقة من المصادر جميعها مولد الديزل والنظام الكهروضوئي والمدخرات وبالتالي تم تلبية الأحمال الحرجة ومجموعات الأحمال غير الحرجة جميعها، حيث بلغت قيمة الطاقة المتوفرة 220 KW، ومتطلبات الأحمال الحرجة وغير الحرجة 220 KW. بالتالي تمثلت نتائج تنفيذ الخوارزمية بتوصيل مجموعات الأحمال غير الحرجة جميعها (NCL1,NCL2,NCL3) والتي بلغت قيمتها 60 KW وذلك لتوفر طاقة كافية لتغذية الأحمال الحرجة وغير الحرجة جميعها، وتم التعبير عن حالة القواطع المغلقة بالشكل التالي: K1=1,K2=1,K3=1، كما هو موضح في الشكل(25.3).

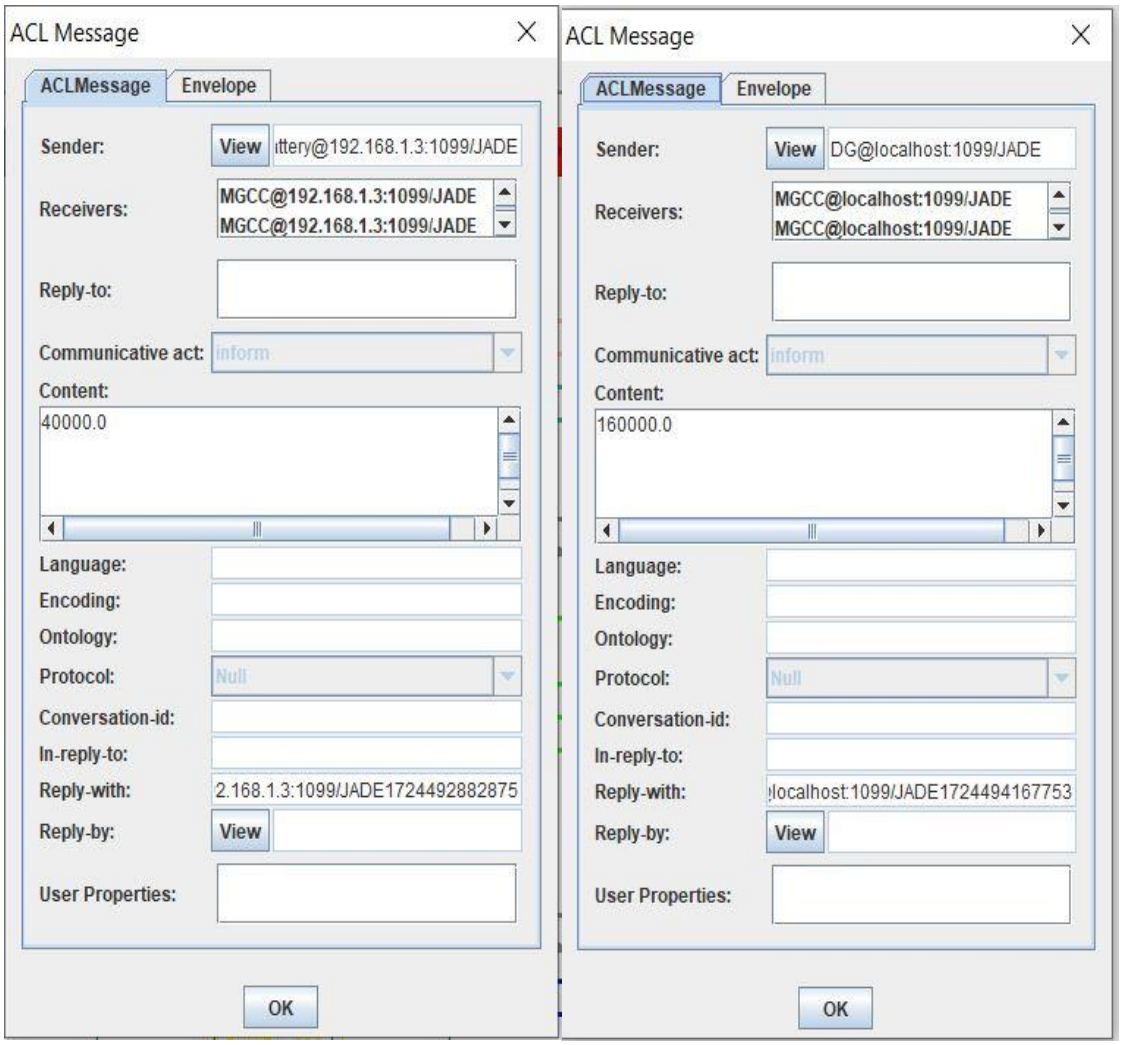
```
NCL Agent replies power=60000.0
MTC@localhost:1099/JADEProccesing new tick
MGCC@localhost:1099/JADE is receiving Msg from DG@localhost:1099/JADE
MGCC@localhost:1099/JADE received Generator Response
PV@localhost:1099/JADE Received request.
Generator Agent replies: power=160000.0
PV@localhost:1099/JADE replied with 20000.0
MGCC@localhost:1099/JADE is receiving Msg from DG@localhost:1099/JADE
MGCC@localhost:1099/JADE received Generator Response
Generator Agent replies: power=160000.0
MGCC@localhost:1099/JADE is receiving Msg from Battery@localhost:1099/JADE
MGCC@localhost:1099/JADE received Battery Response
Battery Agent replies: power=40000.0
Total Power=220000.0 Load Power= 220000.0
MGCC@localhost:1099/JADE is receiving Msg from Battery@localhost:1099/JADE
MGCC@localhost:1099/JADE received Battery Response
Battery Agent replies: power=40000.0
PV@localhost:1099/JADE Received request.
MGCC@localhost:1099/JADE is receiving Msg from PV@localhost:1099/JADE
PV@localhost:1099/JADE replied with 20000.0
MGCC@localhost:1099/JADE is receiving Msg from PV@localhost:1099/JADE
MTC@localhost:1099/JADE matlab tick done
K1=1
K2=1
K3=1
```

الطاقة الكلية=220 KW، الحمل الكلي=220 KW

حالة القواطع الثلاث

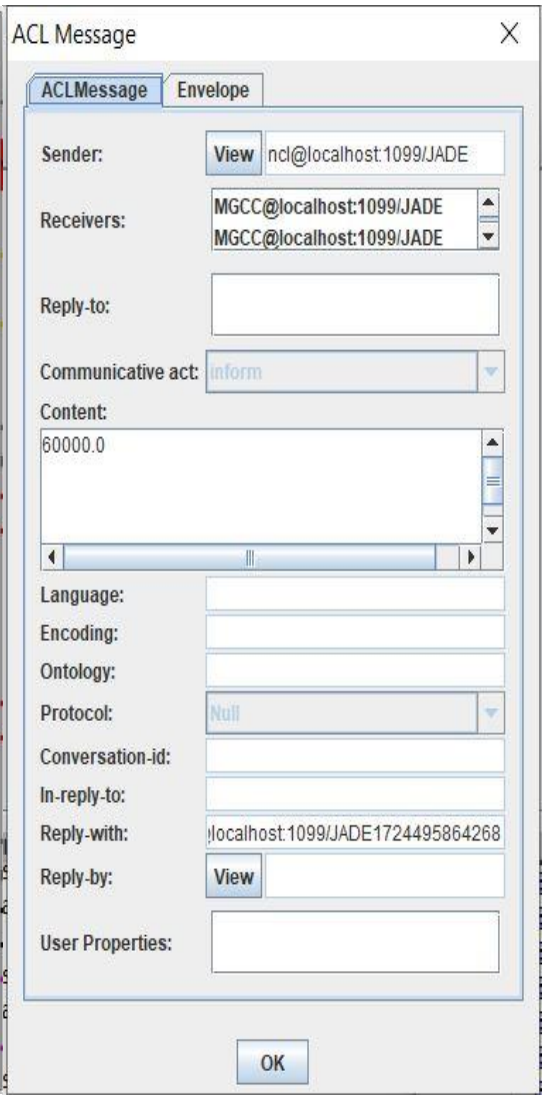
الشكل (25.3) نتائج تنفيذ الخوارزمية خلال المرحلة الثالثة

حيث تضمنت رسالة عميل مولد الديزل المرسلة الى العميل MGCC مقدار الطاقة القادر على تأمينها في هذه اللحظة و التي تبلغ 160 KW كما هو موضح في الشكل(26.3)، و نلاحظ أن عميل المدخرة قادر على تزويد الأحمال بالطاقة و بالتالي، كان مضمون الرسالة المرسلة من قبله الى العميل MGCC مقدار الطاقة القادر على تأمينها و التي بلغت 40 KW في هذه المرحلة كما هو مبين في الشكل(27.3).

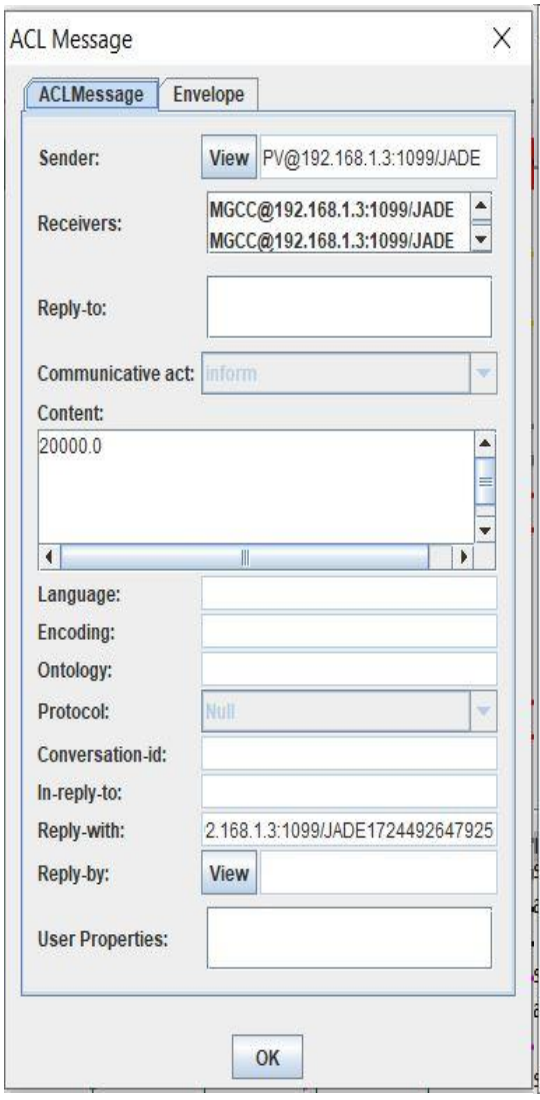


الشكل(26.3) مضمون رسالة عميل مولد الديزل الشكل(27.3) مضمون رسالة عميل المدخرة

كما تضمنت رسالة العميل Ncl المرسلة الى العميل MGCC قيمة مجموعات الأحمال غير الحرجة التي تمت تلبيتها و التي بلغت 60 KW كما هو موضح في الشكل(28.3).كما نصَّ مضمون رسالة العميل PV المرسلة الى العميل MGCC على مقدار الطاقة القادر على تأمينها و التي بلغت 20 KW كما هو مبين في الشكل(29.3).

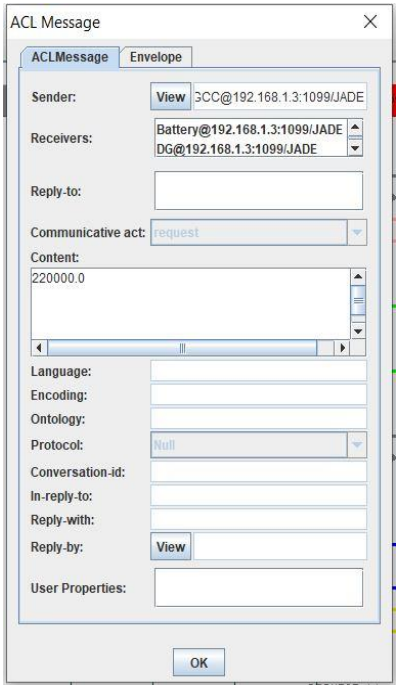


الشكل(28.3) مضمون رسالة العميل Ncl



الشكل(29.3) مضمون رسالة العميل PV

تضمنت رسالة العميل MGCC المرسلة الى عملاء مصادر الطاقة و الأحمال غير الحرجة قيمة مجموعة الأحمال الحرجة و الغير الحرجة التي تمت تلبيتها و التي بلغت 220 KW.



الشكل (30.3) مضمون رسالة العميل MGCC

نجد ان مجموعات الأحمال غير الحرجة (NCL1,NCL2,NCL3) تم توصليها بناءً على قيمة التوليد المتوفر من مصادر التوليد مجتمعة في كل مرحلة، حيث تم تحقيق التوازن بين الطاقة المتوفرة ومتطلبات الأحمال في كل لحظة وهذا أثبت صحة ومرونة وموثوقية الخوارزمية المطبقة في مركز تحكم الشبكة الميكروية.

5.3 الخاتمة:

تم في هذا الفصل تصميم خوارزمية إدارة الطلب على الطاقة في الشبكة الميكروية التي تم نمذجتها باستخدام بيئة MATLAB معتمدين في ذلك على تقنية قص الذروة، وتطبيقها على الشبكة الميكروية باستخدام النظام المتعدد العملاء المعتمد على منصة JADE، حيث قام بالتعبير عن كل مكون من مكونات الشبكة بعميل تفاعلت مع بعضها لتحقيق التوازن بين الطاقة المتوفرة في الشبكة و متطلبات الأحمال.

الفصل الرابع

التطبيق العملي

Practical testing

1.4 المقدمة:

من أجل اختبار خوارزمية إدارة الطلب على الطاقة المبينة سابقاً عملياً، لجأنا الى البحث عن طريقة لتوليد إشارات عشوائية القيمة تعبر عن قيم الطاقة الكهربائية المولدة.

بالتالي عند استجابة الخوارزمية بالشكل الصحيح لحالات توليد عشوائية وإعطاء أمر الفصل لمجموعات الأحمال غير الحرجة بحيث تبقي التوازن بين التوليد والاستهلاك عندئذٍ تكون هذه الخوارزمية صالحة للتطبيق العملي في مركز التحكم MGCC.

قمنا بتأمين إشارات التوليد عن طريق مقسمات جهد(عبارة عن مقاومات متغيرة) تطبق على مداخل متحكم صغري Arduino حيث يقوم هذا المتحكم بإرسال القيم الى النظام MAS ويقوم هذا المتحكم أيضاً باستقبال إشارات خرج الخوارزمية وتحويلها الى القاطع المناسب الذي يقوم بفصل الأحمال.

قمنا في هذا البحث بتعديل العملاء السابقين بحيث تتقبل إشارات الدخل الواردة من المتحكم الصغري، كما تم استخدام المكتبة com.fazecast.jSerialCommلتحقيق الاتصال التسلسلي مع الاردوينو.

يوضح الشكل التالي(1.4) آلية الربط بين Arduino UNO ومنصة JADE في برنامج Eclipse.



الشكل (1.4) آلية الربط المقترحة بين الاردوينو ومنصة JADE

2.4 التطبيق العملي:

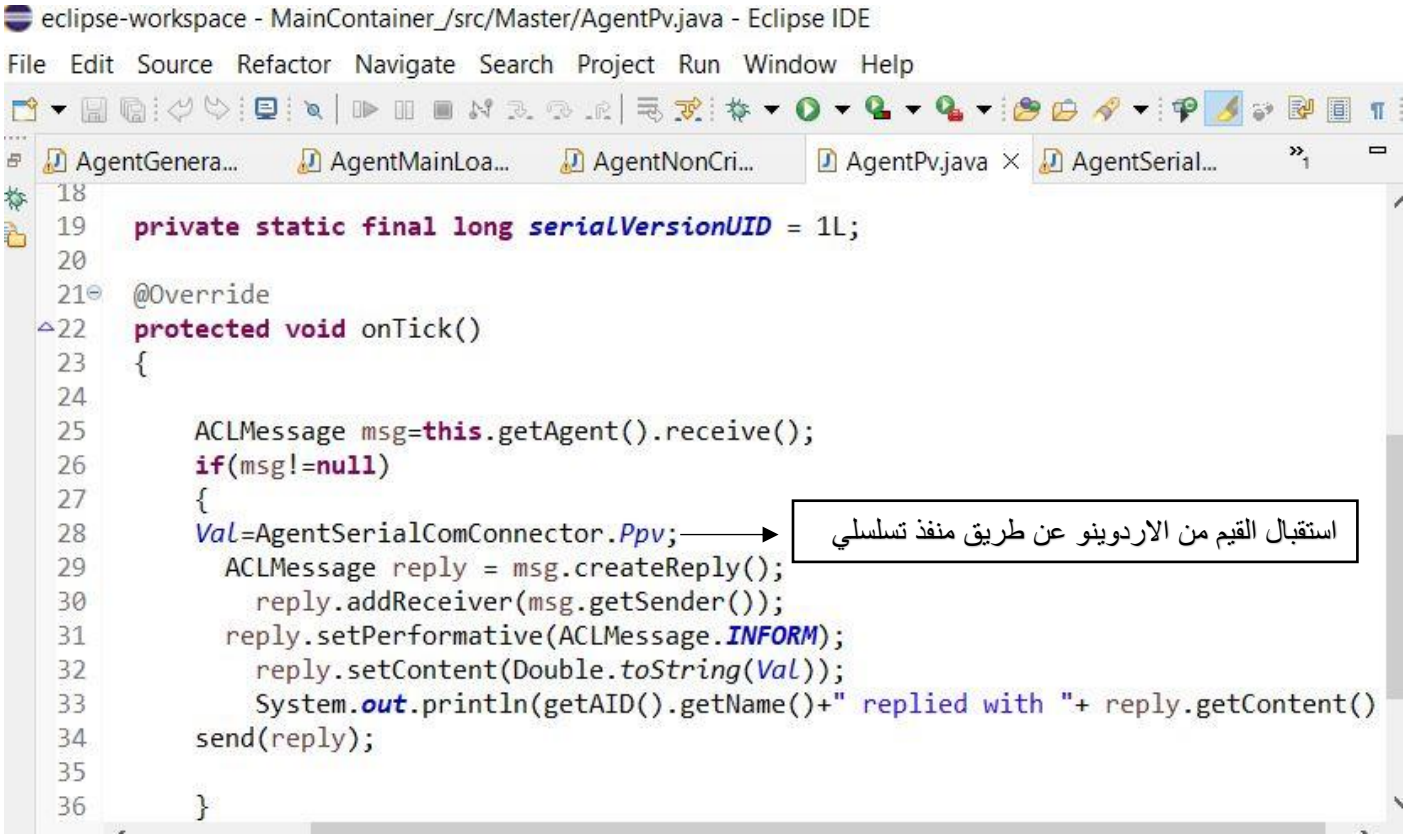
سنقدم فيما يلي التعديلات على العملاء بما يتوافق مع الإشارات المرسلة من المتحكم الصغري وعرض النتائج والرسائل المتبادلة.

1.2.4 إنشاء العملاء المسؤولة عن تنفيذ الخوارزمية:

بالاعتماد على النظام متعدد العملاء المنفذ على منصة JADE في برنامج Eclipse تم تنفيذ خوارزمية إدارة الطلب على الطاقة وذلك بناءً على البيانات المرسلة من المتحكم (قيم التوليد والاحمال).

تم إنشاء العملاء باستخدام لغة JAVAوسنوضح في الأشكال التالية جزء من الكود المستخدم في عملية إنشاء العملاء واسناد المهمات لها حيث طرأت بعض التعديلات على عميل مركز التحكم بالشبكة الميكروية MGCC، وتم إنشاء عميل جديد مسؤول عن ارسال واستقبال المعلومات من والى المتحكم الصغري MC، بالإضافة الى ذلك كان لابد من تغيير العملاء التالية (Ncl,DG,Battery,PV).

عميل النظام الكهروضوئي PV Agent: يوضح الشكل(2.4) جزء من الكود المستخدم في إنشاء العميل PV حيث لا يختلف عن الكود الذي تم عرضه في الفصل السابق الموضح في الشكل(5.3) في عملية الإرسال والاستقبال، لكن الاختلاف يكمن في المصدر الذي قام العميل PV بأخذه قيمته منه.
حيث في الفصل السابق قامت مصادر التوليد بالحصول على قيمة التوليد من برنامج MATLAB و بالتالي الاستعانة بالعميل MTC، أما حالياً تم أخذ قيم التوليد من المتحكم الصغري Arduino و بالتالي الاستعانة بالعميل MC لتحصيل هذه القيم.
و هذا ما نجده أيضاً في كود كل عميل من العملاء التالية (DG,Ncl,Battery).

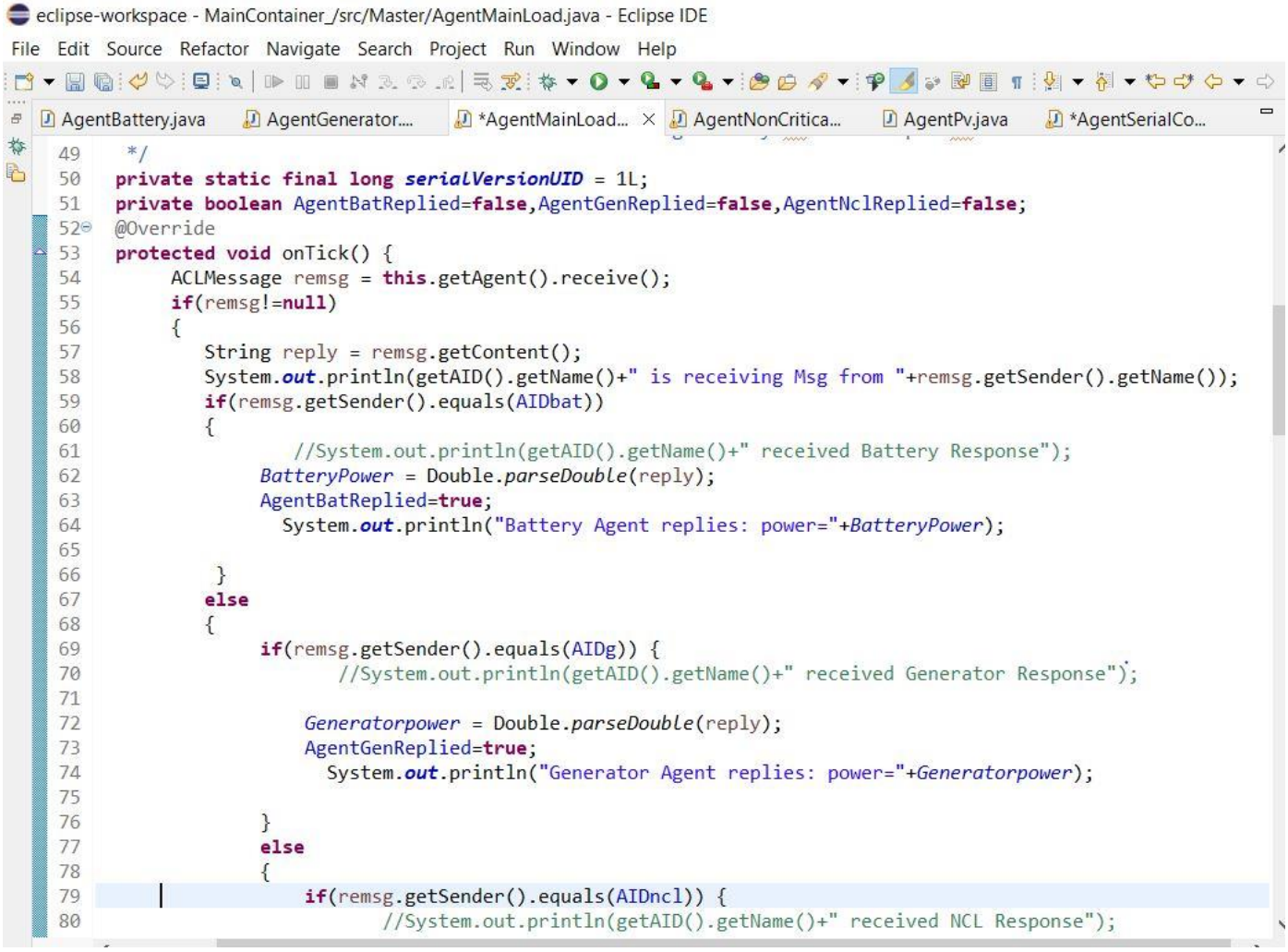


الشكل (2.4)الكود البرمجي لعميل النظام الكهروضوئي PV

عميل مركز التحكم بالشبكة الميكروية MGCC Agent: تم في هذا العميل الموضح في الشكل(3.4)تصميم خوارزمية إدارة الطلب على الطاقة، حيث نجد أن الكود المخصص لإنشاء العميل والقيام بالمراسلات مع العملاء الأخرى بالإضافة الى الجزء المتعلق بتصميم الخوارزمية مشابه لما تم تنفيذه في الفصل السابق والموضح بالشكل(7.3).

إنما الاختلاف يكمن في عمليات التواصل مع العميل MC الجديد المنشأ والمحقق للاتصال بين Eclipse والمتحكم.

حيث يقوم بإرسال نتائج تنفيذ الخوارزمية الى العميل MC.

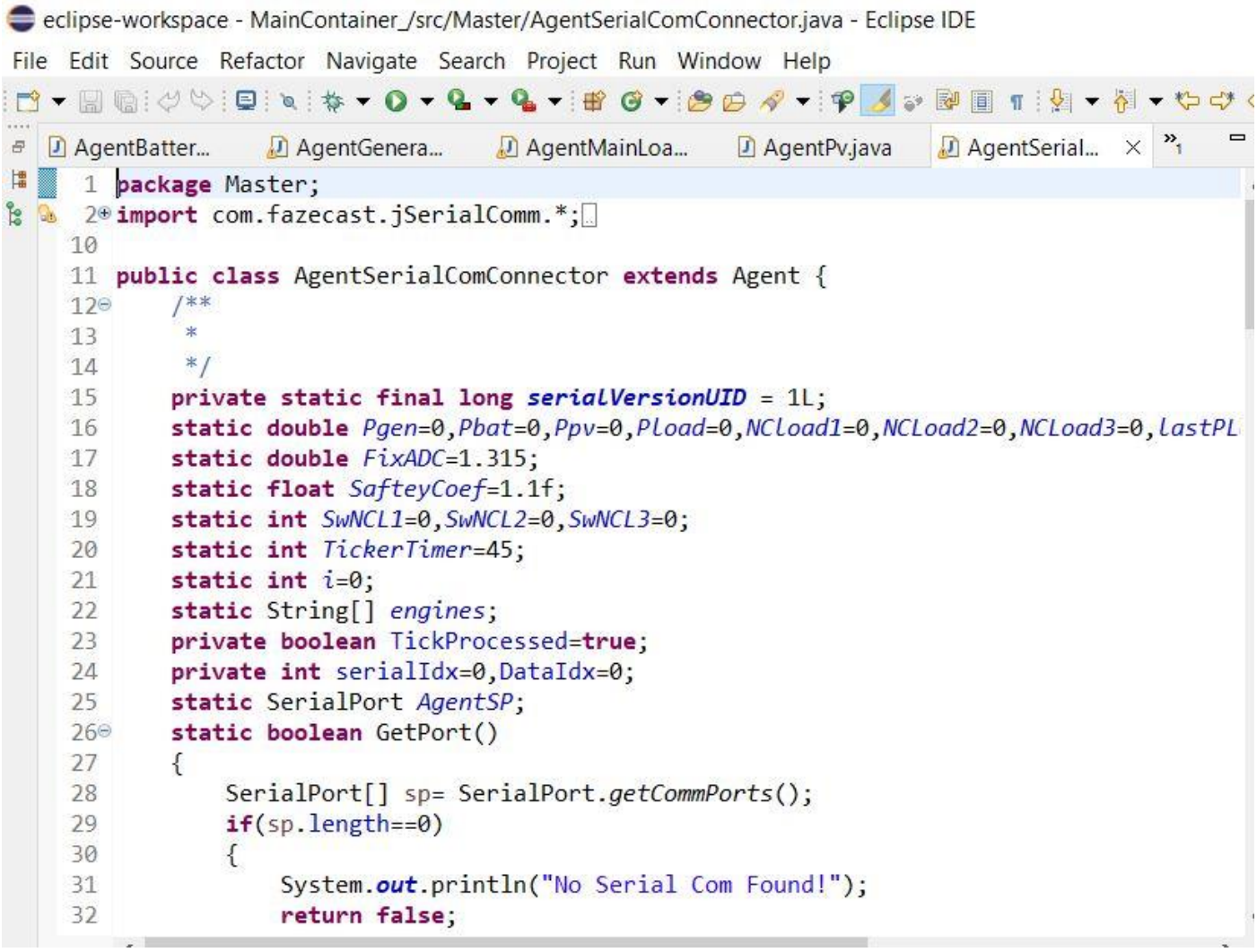


الشكل (3.4)الكود البرمجي لعميل مركز التحكم بالشبكة الميكروية MGCC

عميل المتحكم MC Agent: يوضح الشكل (4.4) جزء من الكود المخصص لإنشاء العميل المصمم لتحقيق الاتصال بين المتحكم وبرنامج Eclipse.

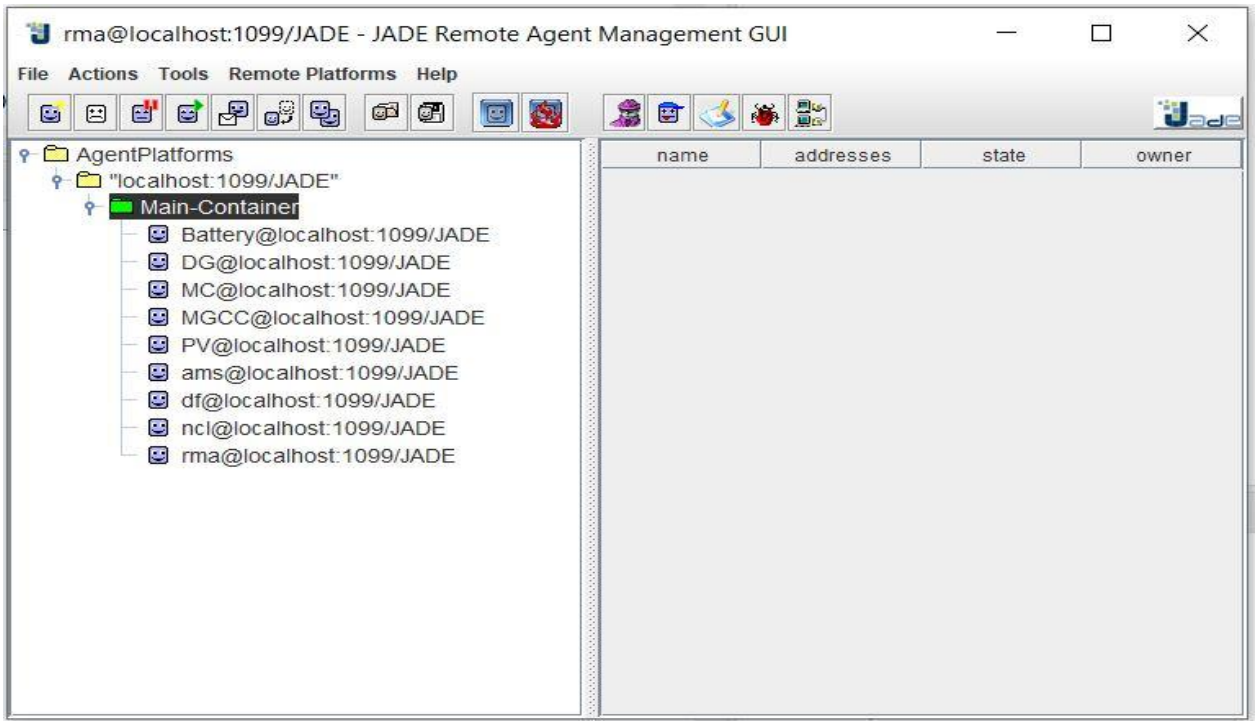
حيث قمنا باستخدام المكتبة com.fazecast.jSerialComm لتحقيق الاتصال.

يقوم العميل بإرسال القيم التوليد والأحمال التي حصل عليها من المتحكم الى العملاء الأخرى بهدف تنفيذ الخوارزمية ثم يعيد نتائج تنفيذ الخوارزمية التي تمثل أوامر الفصل والوصل لمجموعات الأحمال غير الحرجة الى المتحكم.



الشكل (4.4) الكود البرمجي لعميل المتحكم MC

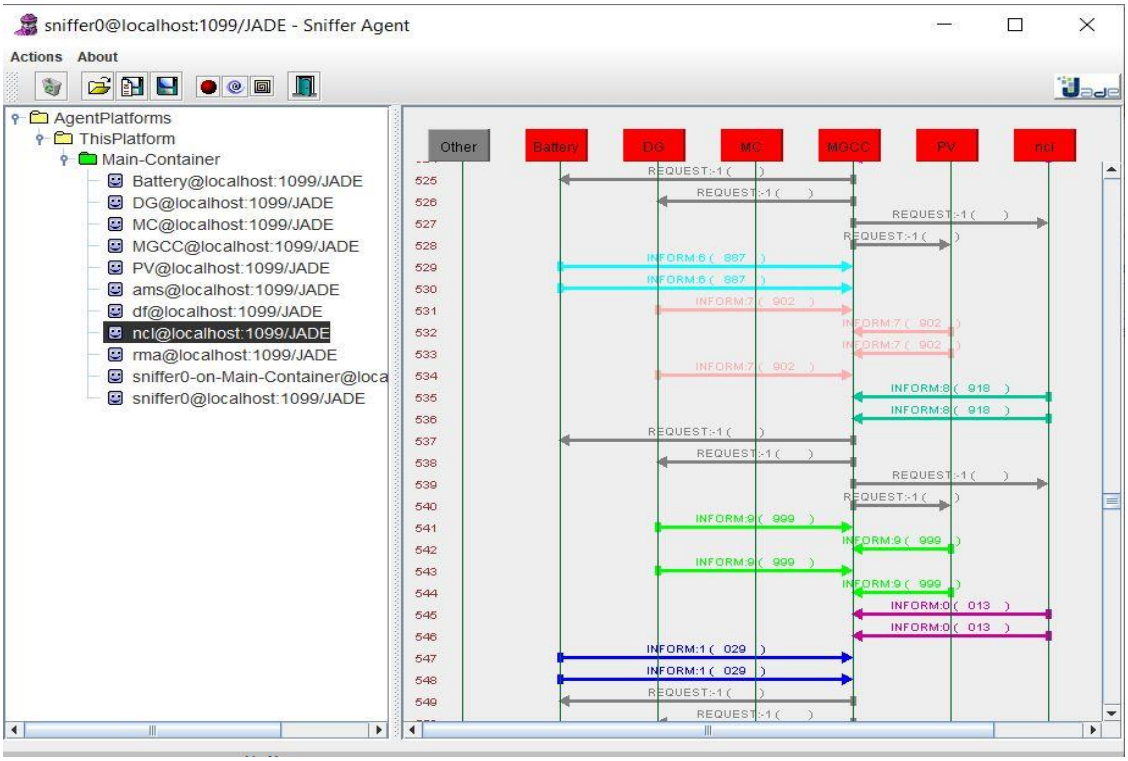
يوضح الشكل (5.4) العملاء المنفذة على منصة Jade لحظة بدء التنفيذ حيث نلاحظ العميل الجديد MCبالإضافة الى العملاء.



الشكل (5.4) العملاء على منصة JADE

بشكل مشابه لما تم عرضه في الفصل السابق، ستتواصل العملاء مع بعضها وتظهر الأداة sniffer المراسلات ومضمون الرسائل كما هو موضح في الشكل(6.4)، حيث ترسل العملاء (DG,Battery,PV) رسائل (مضمونها قيم الطاقة القادرة على توفيرها للأحمال في نفس الحظة و التي تم أخذها من المتحكم) الى العميل MGCC حيث يتم فيه تنفيذ الخوارزمية ،ويرسل العميل Ncl رسالة الى العميل MGCC مضمونها قيمة مجموعة الأحمال غير الحرجة التي تم توصيلها.

يقتصر دور العميل MC على تحصيل البيانات من المتحكم ثم إعادة إرسال نتائج تنفيذ الخوارزمية اليه.



الشكل (6.4) المراسلات بين العملاء على منصة JADE

2.2.4 مكونات دارة الاختبار العملي:

قبل البدء بعملية وصل المتحكم مع نظام MASكان لا بد من تكوين دارة التحكم واختبارها كإجراء مبدئي، لذلك استعنا ببرنامج بروتوس كما يوضح الشكل (7.4).

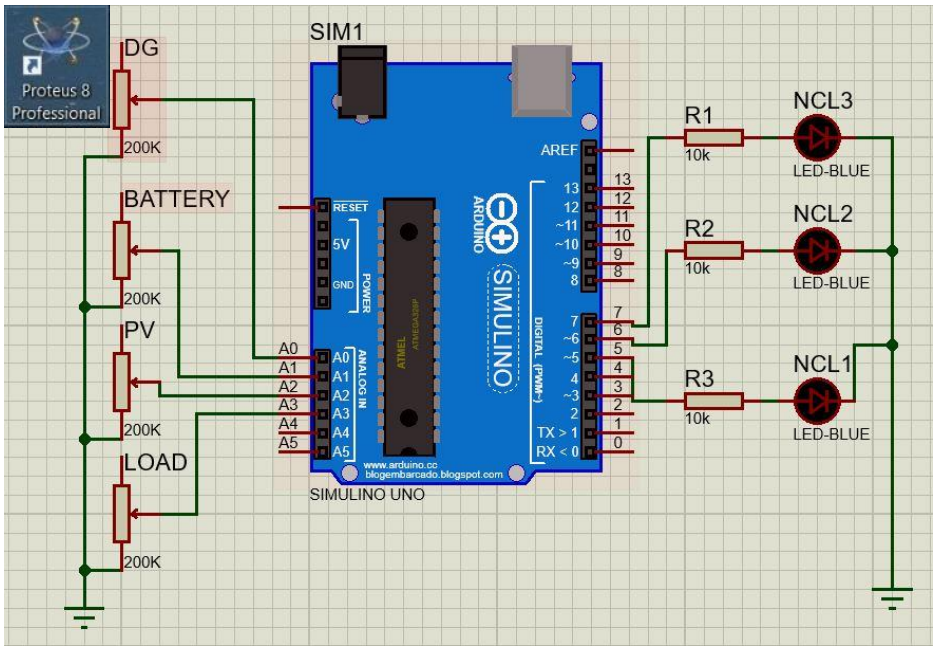
حيث تعبر المقاومات المتغيرة التي تم وصلها الى المداخل التماثلية A0,A1,A2.عن مقسمات الجهد اللازمة لتغيير قيم إشارات التوليد الكهربائي الواردة الى نظام MAS.

قمنا بتوصيل مقسم جهد يعبر عن قيمة الحمل الحرج الى المدخل التماثلي A3.

كما ذكرنا سابقاً إن خرج الخوارزمية هو عمليات فصل وصل الأحمال الحرجة، لذلك حددنا المخارج 7،6،5 من المتحكم الصغري لتكون مخارج الخوارزمية.

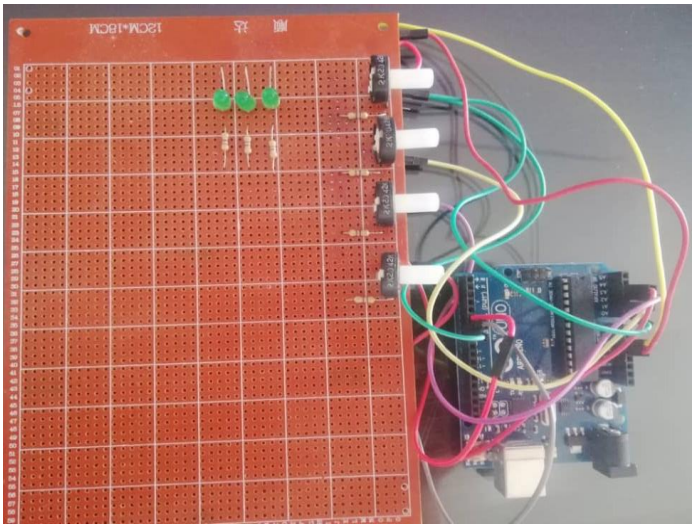
عند التطبيق العملي يتم وصل الاردوينو مع نظام MAS في برنامج Eclipse عبر المنفذ التسلسلي للاردوينو، حيث تم إدخال قيم من مقسمات الجهد على أنها قيم للتوليد ويتم إرسالها بعدئذٍ الى

Eclipse الذي يقوم بالمعالجة وإرسال النتائج عبر المنفذ ليقوم الاردوينو بتحويلها الى المخارج 7،6،5 حسب نتائج تطبيق الخوارزمية التي تنعكس على حالة LEDS.



الشكل (7.4) مكونات الدارة العملية على برنامج بروتوس (دارة اختبار أولية)

يوضح الشكل (8.4) دارة التطبيق العملي قبل الوصل مع Eclipse عبر المنفذ التسلسلي للاردوينو



الشكل (8.4) دارة التطبيق العملي قبل الاختبار والوصل مع MAS

3.2.4 برمجة Arduino UNO:

يتم تكوين البرنامج الخاص ببرمجة المتحكم باستخدام برنامج خاص يسمى Arduino Integrated Development Environment(Arduino IDE) ، باستخدام لغة برمجة مفتوحة المصدر Arduino C.

حيث يوضح الشكل (9.4) جزء من الكود المستخدم في برمجة المتحكم باستخدام البرنامج IDE الذي تم فيه استخدام الأمر ()Serial.write، الذي يقوم بإرسال البيانات المأخوذة من المداخل التماثلية للمتحكم الى برنامج Eclipse (المتمثلة بقيم التوليد ومجموعة الأحمال الحرجة) المعبر عنها بمقاومات متغيرة ذات قيمة (2.2 KΩ)عبر المنفذ USB.

تم استخدام الأمر ()Serial.read، لقراءة البيانات المرسلة من قبل برنامج Eclipse الى المتحكم والتي تمثل نتائج تنفيذ الخوارزمية المتمثلة (بأوامر فصل ووصل مجموعات الأحمال غير الحرجة) المعبر عنها LEDS على مخارج الأردوينو عبر المنفذ USB.

كما تم استخدام المكتبة com.fazecast.jSerialCommلتحقيق الاتصال التسلسلي مع الاردوينو. من أجل تحويل قيم الجهود الناتجة عن التغيير في تعيير المقاومات المتغيرة على مداخل الاردروينو والمرسلة الى Eclipse، الى قيم الاستطاعات المطلوبة من أجل تنفيذ الخوارزمية في MAS، تم اعتماد المعادلة التالية:

استطاعة (المولد او الحمل) في اللحظة الحالية في MAS=(القيمة العظمى للاستطاعة المعتمدة في MAS × قيمة إشارة الدخل المرسلة من قبل الاردوينو وفقاً لتعيير المقاومة المتغيرة)÷(1024)
حيث إن المحول التشابهي الرقمي للمتحكم 10 bits لذلك استخدمنا المجال (1024) كقيمة عشرية. وبناءً على هذه المعادلة تظهر لنا قيم استطاعات (الحمل والتوليد) لما يتوافق مع التغيير العشوائي للمقاومات المتغيرة.

Agents §

```
hi=(byte)((GenPower&0xFF00)>>8);
lo=(byte)(GenPower&0x00FF);
Serial.write(hi);
Serial.write(lo);

hi=(byte)((BatPower&0xFF00)>>8);
lo=(byte)(BatPower&0x00FF);
Serial.write(hi);
Serial.write(lo);

hi=(byte)((PpvPower&0xFF00)>>8);
lo=(byte)(PpvPower &0x00FF);
Serial.write(hi);
Serial.write(lo);

hi=(byte)((LoadPower&0xFF00)>>8);
lo=(byte)(LoadPower&0x00FF);
Serial.write(hi);
Serial.write(lo);

while(Serial.available()>0 && FrameReceived==false)
{
 DataByte=Serial.read();
  switch(SerialIdx)
  {
   case 0:if(DataByte==0x63) SerialIdx++;break;
   case 1:if(DataByte==0x64) SerialIdx++;else SerialIdx=0;break;
   case 2:if(DataByte==0x61) SerialIdx++;else SerialIdx=0;break;
   case 3: SW1=DataByte;SerialIdx++;break;
   case 4: SW2=DataByte;SerialIdx++;break;
   case 5: SW3=DataByte;SerialIdx=0;FrameReceived=true;break;
   default:SerialIdx=0;break;
```

الشكل (9.4) الكود المنفذ باستخدام برنامج IDE

4.2.4 نتائج الاختبارات العملية:

1.4.2.4 المرحلة الأولى:

يبين الجدول التالي القيم الاسمية لمكونات الشبكة الميكروية كما تم ذكره سابقاً

الجدول (1.4) القيم الإسمية لمكونات الشبكة الميكروية

مولد الديزل	DG	160 KW
المدخرة	Battery	40 KWh
النظام الكهروضوئي	PV	20 KW
مجموعة الأحمال الحرجة	CL	160 KW
مجموعات الأحمال غير الحرجة	NCL	(20+20+20) KW

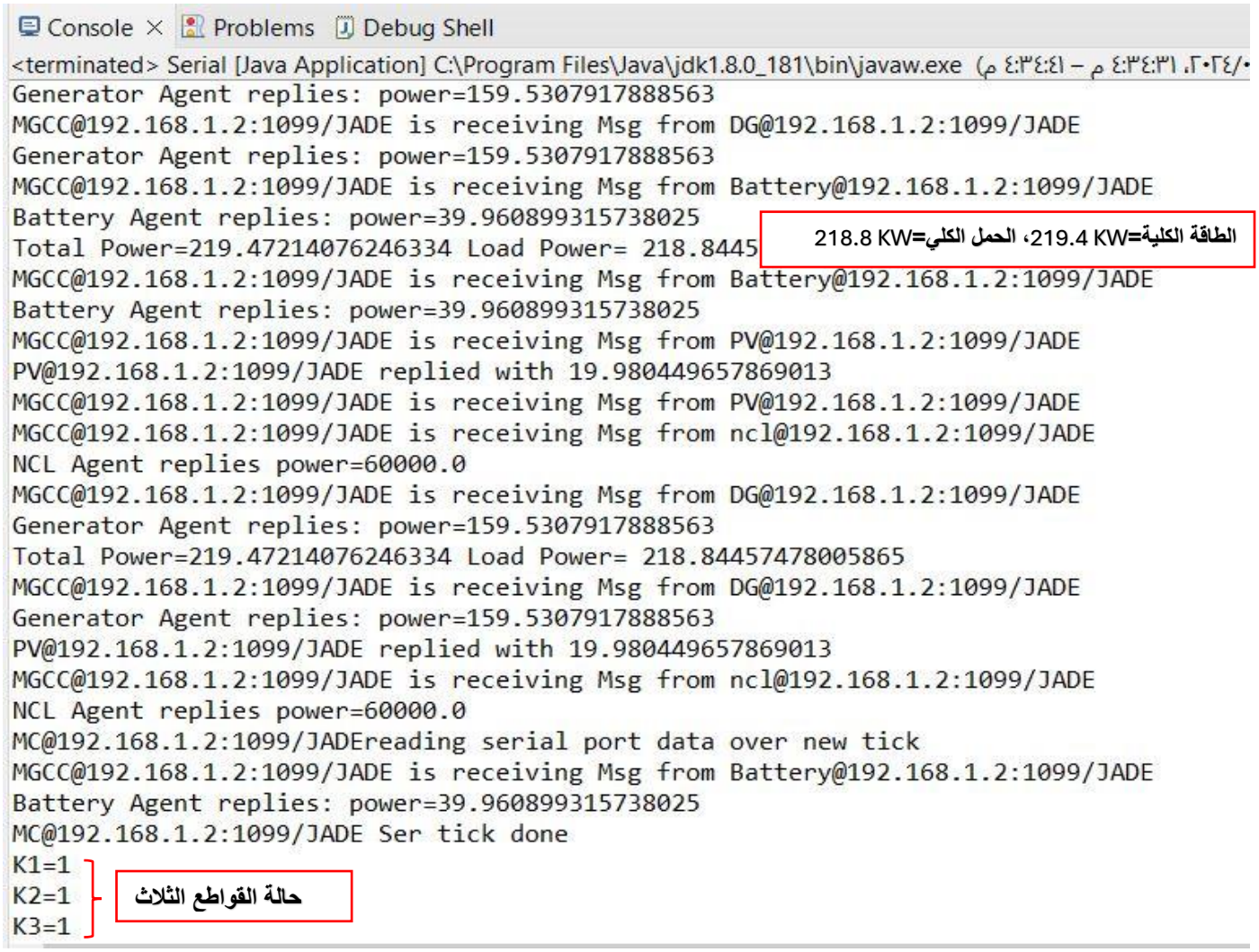
نختبر في هذه المرحلة وجود توليد كهربائي كافي لتغطية كافة الأحمال بقسميها الحرجة وغير الحرجة. قمنا بتعيير مقاومات مقسمات الجهد بحيث تعطي أعلى جهد ممكن 5V ويعتبر هذا أقصى استطاعة توليد ممكنة.

نلاحظ من نتائج الخوارزمية المنفذة في برنامج Eclipse الموضح في الشكل (10.4)، أن أقصى استطاعة توليد بلغت 219.4 KW.

و هي تعبر نظرياً عن مجموع قيم الاستطاعات ≈ (160 KW+40 KW+ 20 KW).

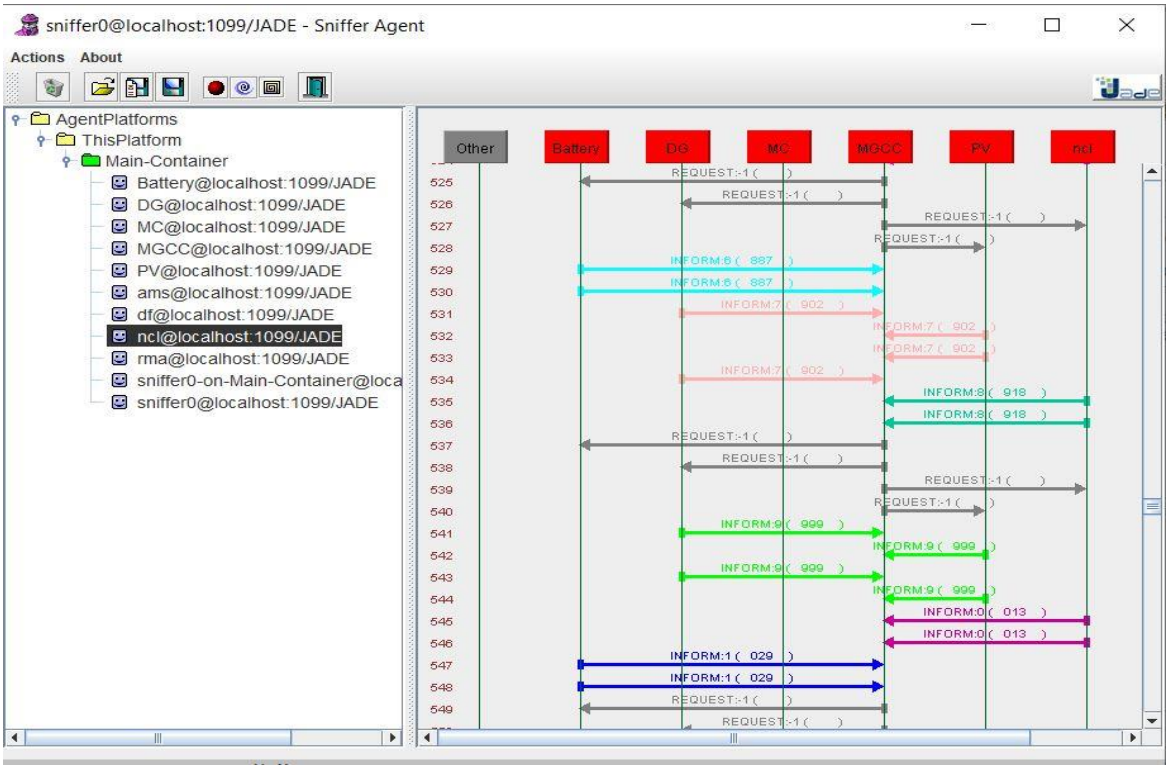
و يعود الفارق الصغير الى دقة مقسم الجهد حيث أن المقاومة المتغيرة لم تصل الى قيمتها النهائية بسبب نوعيتها، لنفس السبب نجد أن قيمة المجموع الكلي للأحمال الحرجة و غير الحرجة وصلت الى 218.8 KW.

نلاحظ أن خرج الخوارزمية قد قررت أن تكون كافة الأحمال غير الحرجة بحالة توصيل و بالتالي التعبير عن القواطع المغلقة بالشكل التالي: K1=1,K2=1,K3=1.



الشكل (10.4) نتائج تنفيذ الخوارزمية على برنامج Eclipse

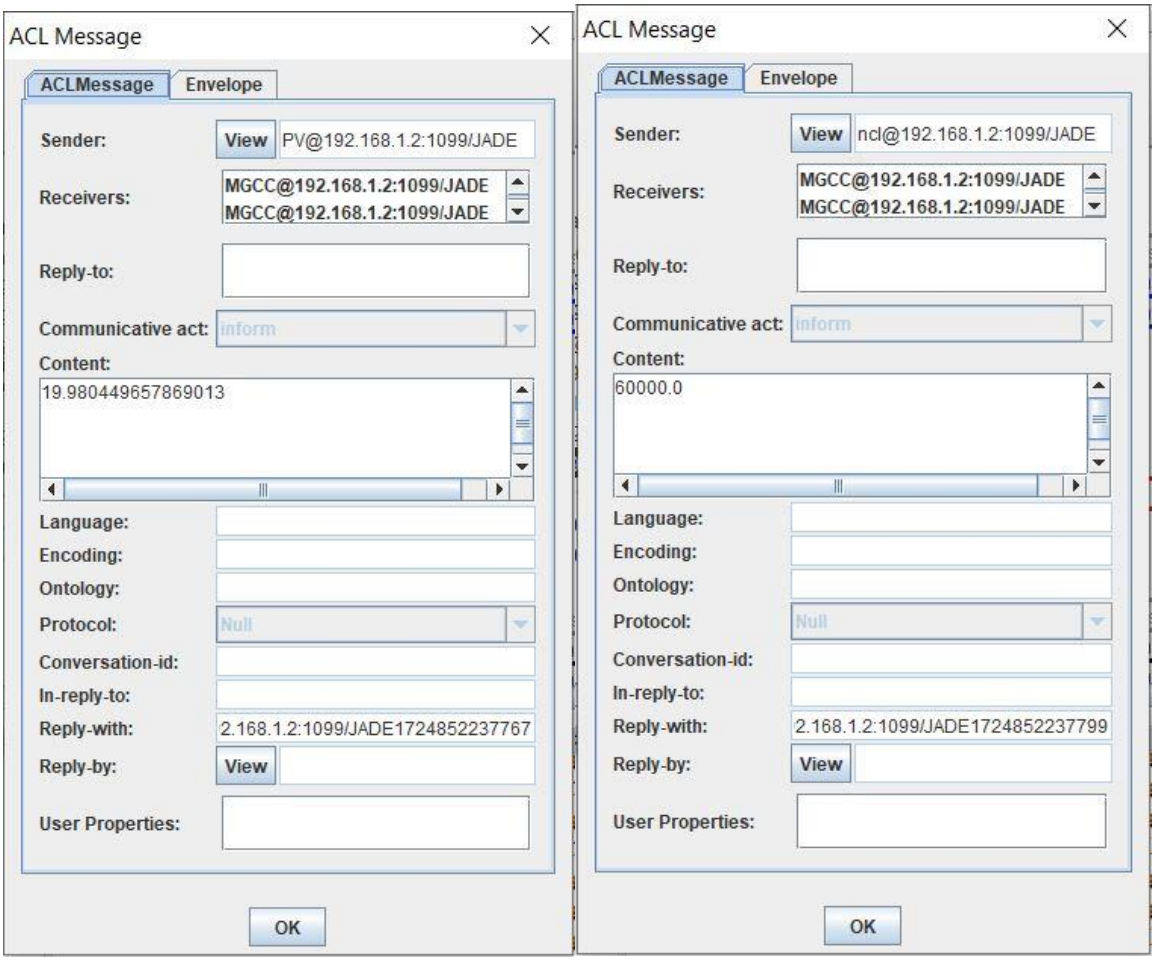
لإظهار الرسائل المتبادلة بين العملاء، قمنا بالخطوات التي تم تطبيقها في الفصل السابق معتمدين على الأداة sniffer التي تم توضيحها سابقاً وبالتالي يوضح الشكل (11.4) المراسلات بين العملاء خلال تنفيذ الخوارزمية.



الشكل (11.4) المراسلات بين العملاء على منصة JADE

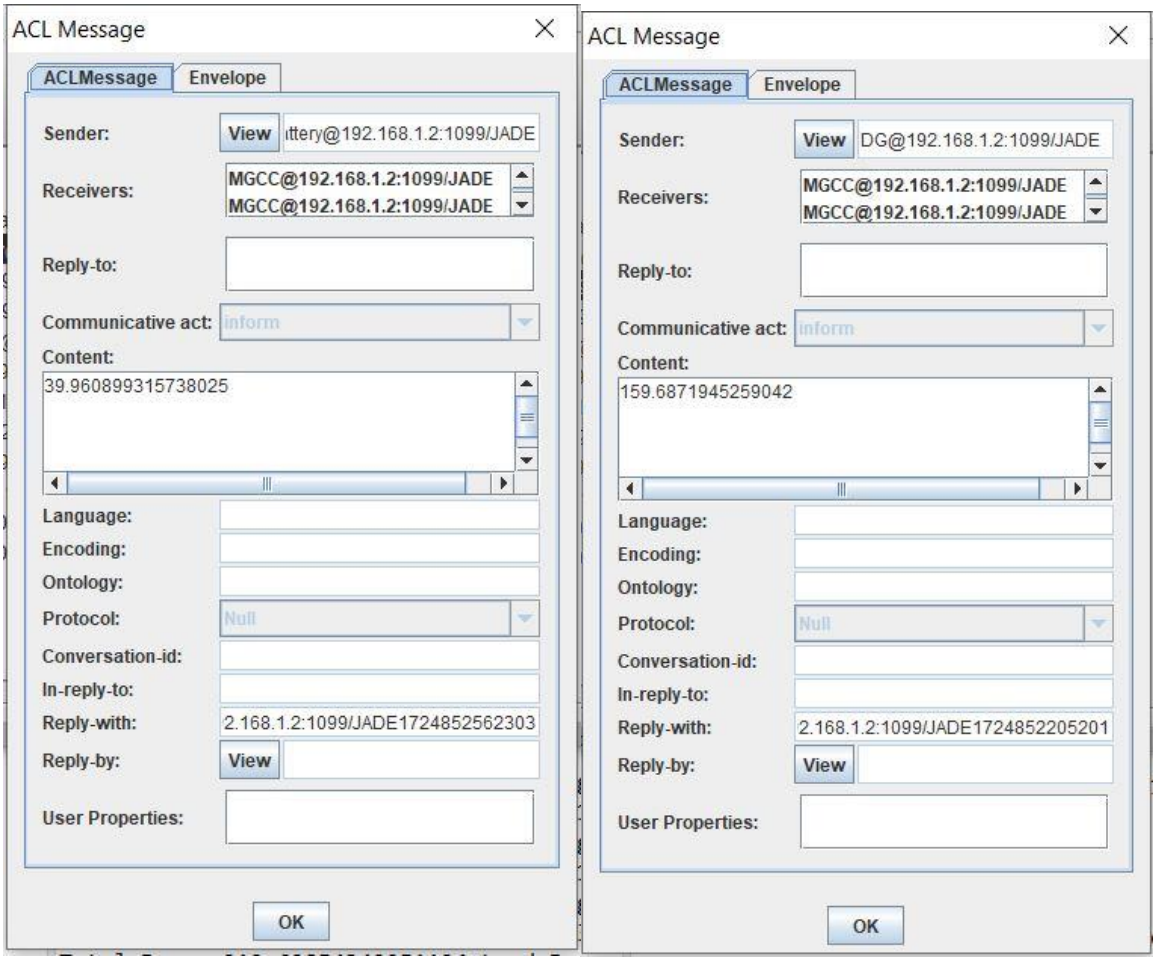
و بشكل مشابه لما تم عرضه في الفصل السابق من مضمون الرسائل المتبادلة بين العملاء، سنقوم بعرض الرسائل التي تم تبادلها و التي تضمنت قيم التوليد و قيم الأحمال التي تمت تلبيتها.

حيث يوضح الشكل (12.4) مضمون رسالة العميل Nclالمرسلة الى عميل MGCC خلال التنفيذ والتي تظهر قيمة المجموعات غير الحرجة التي تم تغذيتها والتي بلغت 60 KW كما يوضح الشكل (13.4) مضمون رسالة العميل PV المرسلة الى عميل MGCC والتي بلغت 19.9 KW.



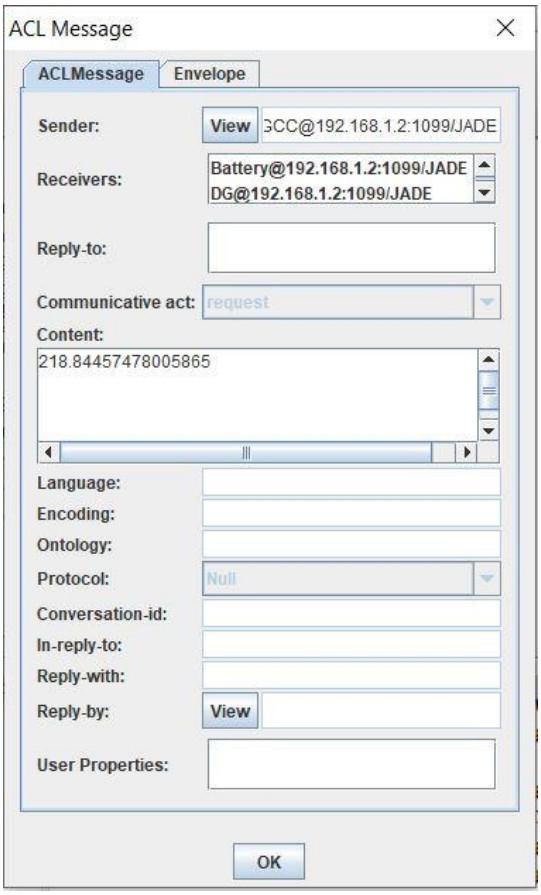
الشكل (12.4) مضمون رسالة Ncl **الشكل (13.4) مضمون رسالة PV**

كما بلغت قيمة استطاعة التوليد التي قام مولد الديزل بتقديمها 159.6 KW والتي تم عرضها في مضمون الرسالة المرسلة من قبله الى العميل MGCC كما هو موضح في الشكل(14.4)، وتضمنت رسالة عميل المدخرة 39.9 KW كما هو مبين في الشكل(15.5).



الشكل (14.4) مضمون رسالة عميل مولد الديزل الشكل (15.4) مضمون رسالة عميل المدخرة

ونبين في الشكل(16.4) مضمون رسالة العميل MGCC الموجهة الى العملاء قيمة المجموع الكلي للأحمال الحرجة وغير الحرجة التي تمت تلبيتها والتي بلغت 218.8 KW.

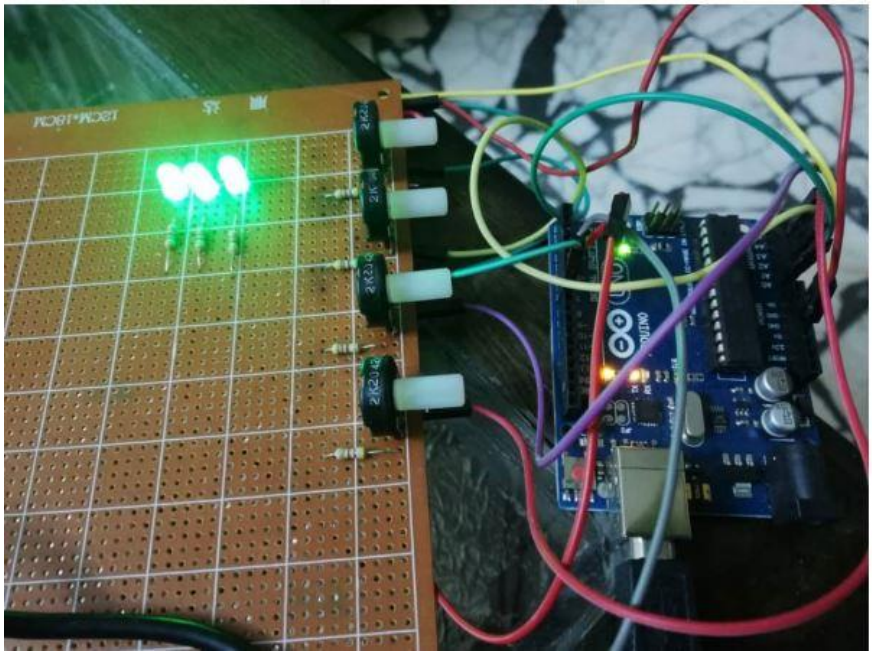


الشكل (16.4) مضمون رسالة عميل مركز التحكم بالشبكة الميكروية

سيتم ارسال نتائج تنفيذ الخوارزمية الى المتحكم الذي سيعبر عن هذه النتائج بأوامر الفصل والوصل LEDSالتي تعبر عن مجموعات الأحمال غير الحرجة.

يوضح الشكل (17.4) نتائج تنفيذ الخوارزمية على المتحكم وتشغيل العناصر الضوئية الثلاثة، ذلك يعبر عن إعطاء الخوارزمية الأمر لوصل قواطع مجموعات الأحمال غير الحرجة الثلاثة أي

.K1=1, K2=1, K3=1



الشكل (17.4) نتائج تنفيذ الخوارزمية في المرحلة الأولى

2.4.2.4 المرحلة الثانية:

يمكن للمدخرة في هذه المرحلة من الاختبار أن تعطي استطاعة قصوى 22 KW عوضاً عن

50 KW وذلك لأسباب معينة، لم نهتم في هذه الاختبارات عن سبب تخفيض قدرة المدخرة على التوليد باعتبار أن إدارة الطلب على الطاقة يتم تطبيقها في مستوى التحكم الثالثي للشبكة الميكروية.

وجدنا أنه من المهم جداً أن نقوم باختبار الخوارزمية عند انخفاض التوليد مهما كان نوعه لإعطاء الخوارزمية المقترحة الموثوقية الكافية.

في هذه المرحلة تم تعيير مقسمات الجهد المعبرة عن مولد الديزل والنظام الكهروضوئي لتوليد أقصى قيمة (قيمة حدية)، بينما تم تعيير مقسم الجهد الخاص بالمدخرة الى منتصف المجال بحيث يعطي تقريباً 2.5 V الى مدخل Arduino.

يوضح الشكل (18.4) عملية تنفيذ خوارزمية إدارة الطلب على الطاقة في برنامج Eclipse بناءً على قيم الطاقة المتوفرة ومتطلبات الأحمال المحصلة من المتحكم.

حيث بلغت قيمة الطاقة المتوفرة من المصادر الثلاث مجتمعة 202 kw، ومتطلبات الأحمال (الحرجة ومجموعتي الأحمال غير الحرجة) 199 KW.

وبناءً على هذه القيم قامت الخوارزمية بإعطاء الأوامر بوصل قاطعي الأحمال غير الحرجة بالإضافة والأمر بفصل مجموعة واحدة من الأحمال غير الحرجة.

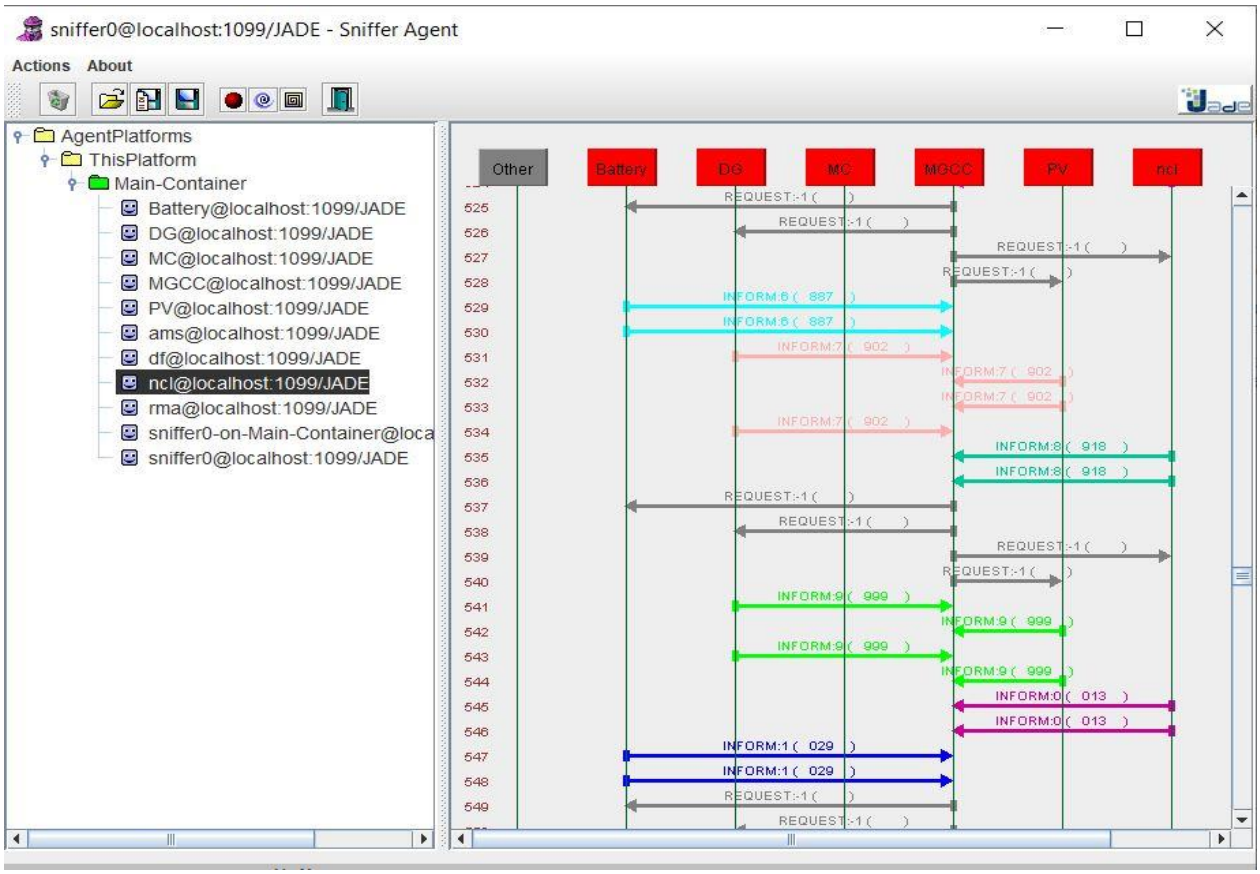
وتم التعبير عن حالة القواطع بالشكل التالي: K1=1,K2=1,K3=0.



الشكل (18.4) نتائج تنفيذ الخوارزمية على برنامج Eclipse

نوضح كما وضحنا سابقاً المراسلات بين العملاء في المنصة JADE.

حيث يبين الشكل (19.4)المراسلات التي حدث بين العملاء للحصول على النتيجة السابقة.



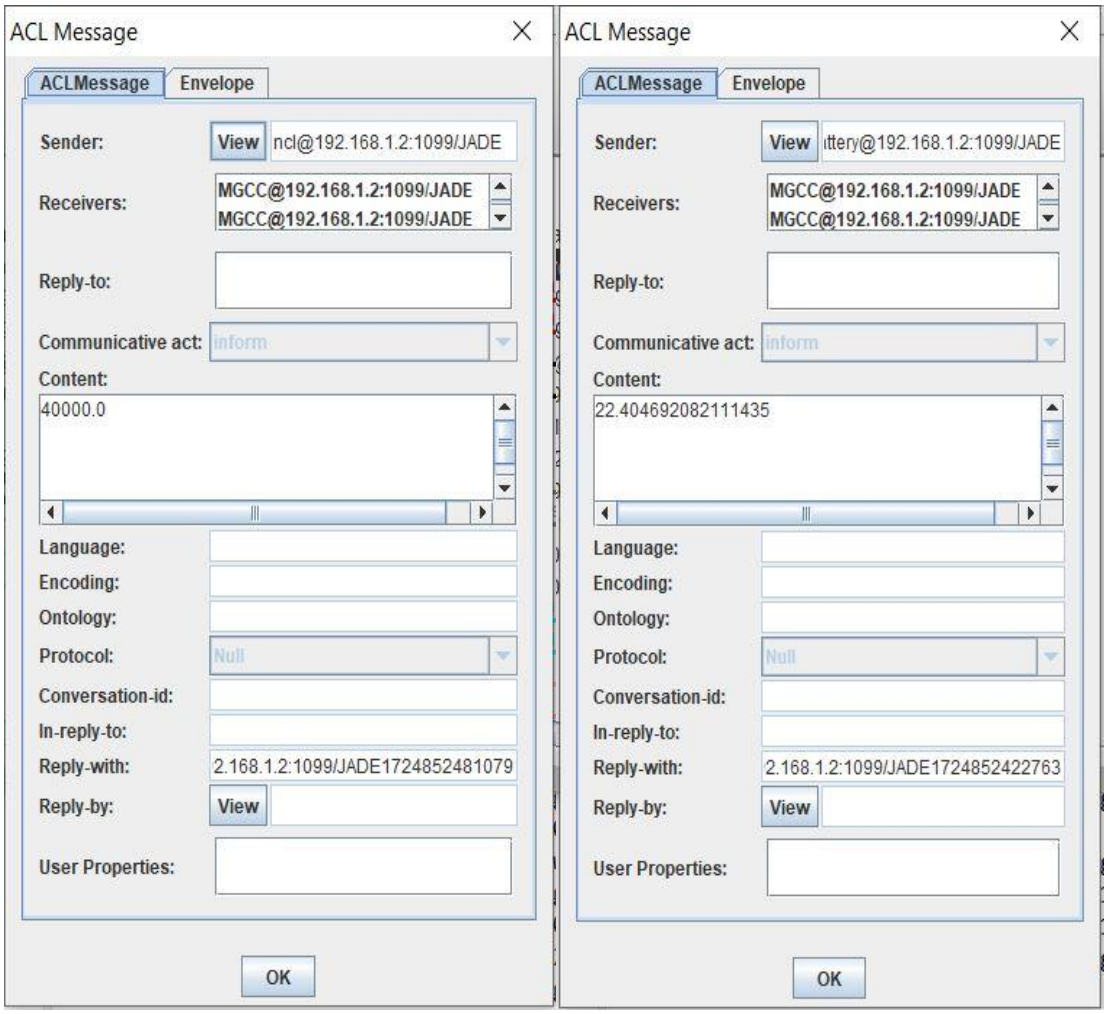
الشكل (19.4) المراسلات بين العملاء على منصة JADE

تضمنت الرسائل المتبادلة بشكل مشابه لما سبق قيم الأحمال التي تمت تلبيتها وقيم استطاعة التوليد المأخوذة من كل مصدر.

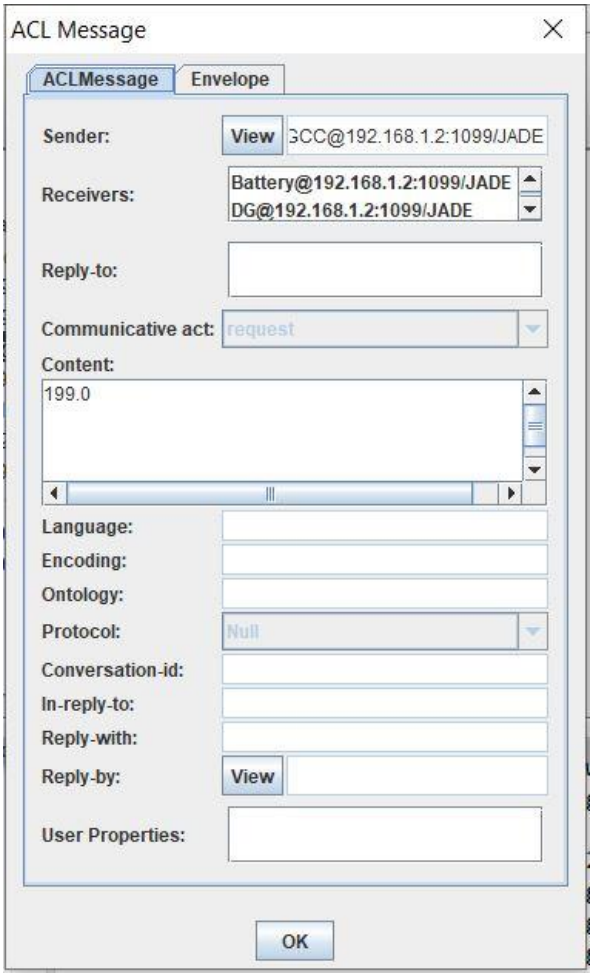
حيث لم يطرأ تغيير على الاستطاعة المأخوذة من مولد الديزل و النظام الكهروضوئي، إنما فقط تم التغيير في قيمة الاستطاعة المأخوذة من المدخرة مقارنةً مع المرحلة السابقة و يوضح الشكل(20.4) مضمون رسالة عميل المدخرة الى عميل مركز التحكم بالشبكة الميكروية الذي يظهر فيه قيمته و التي بلغت 22 KW.

و نتيجة لهذا الانخفاض و اتخاذ الخوارزمية الأمر بفصل مجموعة واحدة من مجموعات الأحمال

الغير حرجة، انخفضت قيمة مجموعات الأحمال غير الحرجة التي تم تغذيتها الى 40 KW كما هو موضح في مضمون رسالة العميل Ncl المبينة في الشكل(21.4)، و بالتالي انخفاض قيمة الحمل الكلي التي تبينه رسالة العميل MGCC الموجهة الى العملاء و الموضحة في الشكل(22.4) الى 199 KW

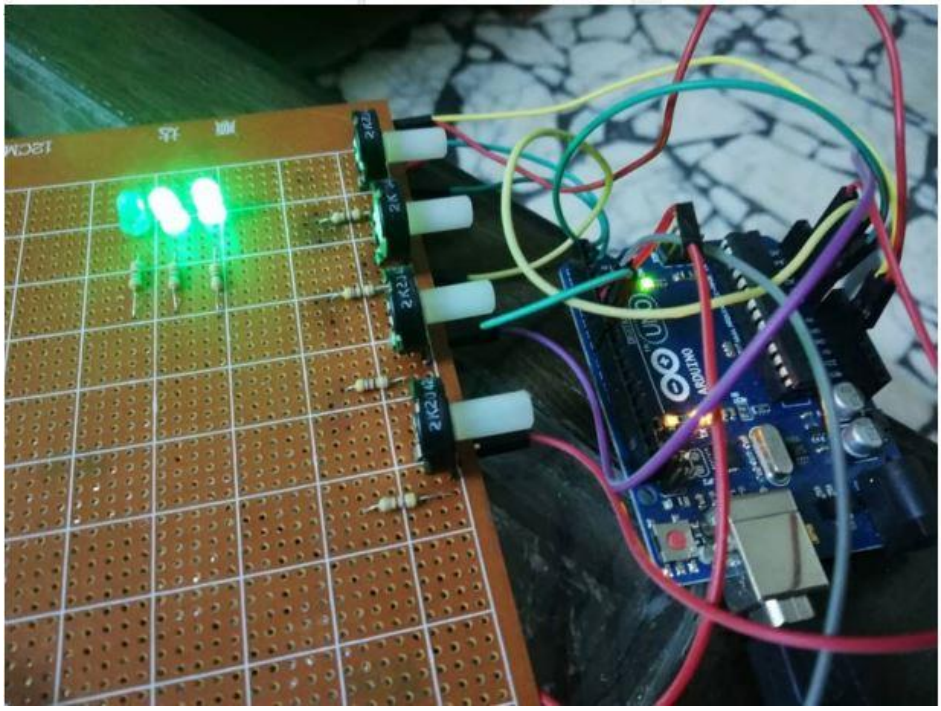


الشكل (20.4) مضمون رسالة المدخرة **الشكل (21.4) مضمون رسالة Ncl**



الشكل (22.4) مضمون رسالة عميل مركز التحكم بالشبكة الميكروية

يوضح الشكل (23.4) نتائج تنفيذ الخوارزمية على المتحكم وتشغيل العناصر الضوئية التي تعبر عن مجموعات الأحمال غير الحرجة التي تم توصليها ، حيث نلاحظ العنصر الضوئي الغير مضاء وهذا يعبر على أن الخوارزمية قامت بإعطاء أوامر الوصل لمجموعتين من الأحمال غير الحرجة وثم الفصل للمجموعة الثالثة أي أن K1=1,K2=1,K3=0.



الشكل (23.4) نتائج تنفيذ الخوارزمية

3.4 الخاتمة:

تم في هذا الفصل اختبار خوارزمية إدارة الطلب على الطاقة التي تم إنشاؤها باستخدام النظام المتعدد العملاء المعتمد على منصة JADE عملياً، وذلك باستخدام المتحكم Arduino UNOحيث تم التحقق من قدرة الخوارزمية على تحقيق التوازن بين الطاقة المتوفرة في الشبكة الميكروية ومتطلبات الأحمال في حالات عشوائية لكل من الطاقة المتوفرة ومتطلبات الأحمال.

الفصل الخامس

النتائج والتوصيات

Results and Recommendations

1.5 النتائج:

1. أثبتت تقنية إدارة الطلب على الطاقة المعتمدة باستخدام MAS فاعليتها في تحقيق التوازن بين الطاقة المتوفرة في الشبكة الميكروية ومتطلبات الأحمال في كل لحظة.

2. ساعد التطبيق العملي باستخدام Arduino UNO على التحقق من نتائج تنفيذ الخوارزمية في حالات مختلفة.

3. ساعد التطبيق العملي باستخدام أنظمة تحصيل البيانات في إنشاء منصة عملية ومخبرية قابلة للتطوير من أجل بقية توابع إدارة الطلب على الطاقة.

2.5 التوصيات:

1. التوجه الى اعتماد أكثر من تقنية من تقنيات إدارة الطلب على الطاقة معاً بناءً على طبيعة الأحمال، بهدف تحسين كفاءة ومرونة الخوارزمية في عملية تزويد الأحمال بالطاقة دون الحاجة لفصل مجموعات منها قدر الإمكان.

2. تصنيف مجموعات الأحمال غير الحرجة بناء على الأولوية مع زيادة عددها والتنوع في متطلباتها بهدف إعطاء عملية إدارة الطلب على الطاقة واقعية أكثر.

3. عند الحاجة الى إجراء تطبيق عملي لاختبار الخوارزمية في حالات عمل مختلفة، يفضل استخدام معدات الكترونية عالية الدقة للحصول على نتائج أفضل بنسب أخطاء قليلة.

Reference المراجع

[1] Pipattanasomporn M, Feroze H & Rahman S. (2009 March). **Multi-agent systems in a distributed smart grid**. In Proceedings of the IEEE Power Engineering Society Power Systems Conference (IEEE-PES. (pp.15–18). IEEE.

[2] Rahman, S., Pipattanasomporn, M. & Teklu, Y. (2007). **Intelligent Distributed Autonomous Power Systems (IDAPS**). In Proc. 2007 the IEEE PES Annual General Meeting, Tampa, Florida, pp:8. IEEE.

[3] Agrawal, P. (2006, June,23). **Overview of DOE Microgrid Activities**. Symposium on Microgrid, Montreal [Online]. Available: http://der.lbl.gov/2006microgrids_files/USA/Presentation_7_Part1_Poonum-agrawal.pdf.

[4] Shady S., Ellabban, O., Bayhan, S., Haitham, A., Blaabjerg, F & Begovic, M.M. (2021). **Smart Grid and Enabling Technologies**. Ltd. Published 2021 by John Wiley & Sons Ltd.

[5] Javor, D & Janjic, A. (2016). **Application of Demand Side Management Techniques in Successive Optimization Procedures**. Communications in dependability and quality management (CDQM) An International Journal. Vol 19. Number 4. (pp:40-51).

[6] Raju, L., Muthukumar, P.R, Jagannathan ,S & Gokulakrishnan, S. (2017). **Autonomous Demand Side Management of a Micro-Grid using Arduino and Multi Agent System,** pp:6. IEEE.

[7] Pipattanasomporn, M., Feroze, H., Rahman, S. (2012). **Securing critical loads in a PV-based microgrid with a multi-agent system**. Renewable Energy.

(PP:166-174).

[8] Lakhina, U., Elamvazuthi, I., Meriaudeau, F., Ramasamy, G & Jangra, A. (2018). **Developing A Multi Agent System in JADE for Micro Grids** .In 4th International Symposium on Robotics and Manufacturing Automation (ROMA). PP:5. IEEE.

[9] Prasad, J., Jain, T., Sinha, N., Rai, S. (2020). **Load Shifting Based DSM Strategy for Peak Demand Reduction in a Microgrid**. P:6. IEEE.

[10] Parhizi, S., Lotfi, H., Khodaei, A., and Bahramirad, S. (2015). **State of the art in research on microgrids**: a review. (PP:890–925). IEEE.

[11] Percis, E.S., Manivannan, S., Nalini, A., and Sahoo, S.K. (2016). **A self-sustained microgrid realized using coordinated control mechanism.** IEEE Region 10 Conference, Singapore (22–25 November 2016). IEEE.

[12] Bayhan, S. (2018). **Predictive load shedding method for islanded AC microgrid with limited generation sources**. IEEE 12th International Conference on Compatibility, Power Electronics and Power Engineering, Doha, Qatar (10–12 April 2018). IEEE.

[13] Gupta, A., Doolla, S., and Chatterjee, K. (2018). **Hybrid AC/DC microgrid: systematic evaluation of control strategies**. IEEE Transactions on Smart Grid 9 (4): (PP:3830–3843). IEEE.

[14] Kuzlu, M., Pipattanasomporn, M., Rahman, S. (2014). **Communication network requirements for major smart grid applications in HAN, NAN and WAN.** Computer Networks. (PP:74–88).

[15] Abrahamsen, F.E., Ai, Y., & Cheffena, M (7 Jun 2021). **Communication Technologies for Smart Grid: A Comprehensive Survey.** P:26.

[16] Wiley, J. & Inc, S. (2007). **Developing Multi-Agent Systems with JADE.**

[17] Vijayapriya1, T., Kothari,D.P (2011). **Smart Grid: An Overview.** P:7.

[18] Morello,R., Mukhopadhyay,S.C., Liu,Z., Slomovitz,D.(2017). **Advances on Sensing Technologies for Smart Cities and Power Grids: A Review.P:16. IEEE**

[19] Abdallah, A. A (2012). **Simply Arduino**. Link: http://noor-book.com/en/est2fx.

[20] Jamshid,A., Mohammad-Iman,A., (2013).**Demand response in smart electricity grids equipped energy sources: a review, Renew Sustain Energy**.

PP:18-64.

[21] Balaji ,P.G. and D.Srinivasan,(July, 2010),**An Introduction to Multi-Agent Systems.** In book: Innovations in Multi-Agent Systems and Applications - 1. PP:1-27.(July, 2010).

[22] Akram, Umer. Rakibuzzaman, S. Mithulananthan, N. (2019) Hybrid energy stoarage system for frequency regulation in microgrids with source and load uncertainties. IET Gener. Transm. Distrib. 13, 5048-5057.

[23] Lee, D-J and Wang, L. (2008). Small- Signal Stability Analysis of an Autonomous Hybrid Renewable Energy Power Generation/Energy Storage System Part I: Time-Domain Simulations. IEEE Trans. Energy Convers. 23, 311-320.

[24] Mahmoud, S. M and Alsunni, F. (2015). Control and Optimization of Distributed Generation Systems. Springer International Publishing, 578.

[25] Senjyu. T. Nakaji, T. Uezat, K. Funabashi, T. (2005). A hybrid power system using alternative energy facilities in isolated island. IEEE Transactions on Energy Conversion, 20, 406 – 414.

[26] Saadat, H. Power System Analysis. (1999) McGraw-Hill, 694.

[27] قرضاب، محمد، هاشم أبو الخير،محمد والأيوبي،محمد صالح. (2016).إدارة الطاقة وكفاءتها: مطبعة جامعة دمشق.

Abstract

The electrical system has recently evolved into a more intelligent, modern, and less centralized system with reduced toxic gas emissions.

Microgrids have become one of the most important applications of smart grids in modern electrical systems due to their ability to operate in both connected and isolated modes from the main grids.

The task of energy management is handled by the Microgrid Central Controller (MGCC).

Energy management in smart grids has been divided into energy management by power generation groups on one hand and energy demand management on the other.

Energy demand management can help reduce the demand on the electrical system during peak times.

In this research, we use a multi-agent system to accomplish the energy demand management process in the microgrid on the JADE platform.

The method was tested by applying it to a model of a microgrid modeled using MATLAB.

Subsequently, the ARDUINO microcontroller was used as a data acquisition system to test the ability of the multi-agent system to respond to real-time changes in the algorithm input values.

Keywords:

Smart grid, Microgrid, Energy demand management, multi-Agent system, Microcontroller.

Syrian Arab Republic
Damascus University
Faculty of Mech. & Elec. Engineering
Department of Electric Power

Demand side Management in Smart Grids using Multi agent System

Master thesis prepared for M.sc Degree in Electrical Power Energies

By:
Eng. Mona Rizk

Supervised by:
Dr. Fouad Salha

Academic year:

2024/2023