

الحل الأمثل لتغذية حمولة من مصادر طاقة متجددة باستخدام الطريقة البسيطة وطريقة تابع العضوية الضبابي

الدكتور مسعود صبيح*

(تاريخ الإيداع 9 / 10 / 2011. قُبِلَ للنشر في 18 / 3 / 2012)

□ ملخص □

يعالج هذا البحث موضوع التغذية الكهربائية لقرية نبع الناصرية التي تقع الى الشمال من مدينة تلكلخ بمسافة 10 كم، وإلى جوار سد تل حوش. حمولة القرية تعمل على نوعين من توتر التغذية، توتر متناوب 220 V AC، وتوتر مستمر 24 V DC، تم تغذية هذه الأحمال من خلال مصادر طاقة متجددة (طاقة الرياح والطاقة الشمسية) ومصادر طاقة مساندة (وحدات ديزل ومدخرات) لزيادة موثوقية نظام الطاقة. تهدف هذه الدراسة إلى إيجاد الحل الأمثل لتابع الهدف ممثلاً بتابع الكلفة وكقيمة أصغرية، هذا التابع يخضع لمجموعة معادلات قيود تعبر عن الحمولة واستطاعة الخرج لوحدات التوليد. تم إيجاد الحل الأمثل باستخدام الطريقة البسيطة التقليدية، ومن خلال اعتماد قيم متوسطة لسرعة الرياح، والإشعاع الشمسي بحسب بيانات الأرصاد الجوية، ولكن هذه البيانات تتميز بخاصية عدم الدقة وانعدام إمكانية التحديد المسبق. للتخلص من هذا الإشكال عالجت المسألة باستخدام المنطق الضبابي، استخدام طريقة تابع العضوية للمنطق الضبابي، يجعل قيم بيانات المناخ من إشعاع شمسي وسرعة رياح تتغير بشكل سلس، أو متدرج وهذا يجعل النتائج قريبة جداً الى الواقع العملي، تطبيق المنطق الضبابي في هذه الدراسة يساعد في تحقيق الحجم الاقتصادي لمصادر الطاقة المتجددة وهو يوافق حالة تشغيل أمثل لهذه المصادر عند أقل كلفة ممكنة.

الكلمات المفتاحية: الحل الأمثل - طاقة متجددة، برمجة خطية - تابع عضوية ضبابي.

* أستاذ مساعد في قسم هندسة الطاقة الكهربائية - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية

The Optimum Solution To Supply A Load From Renewable Energy Sources By Using The Simplex Method And The Method Of Fuzzy Membership Function

Dr. Massoud Sabyh *

(Received 9 / 10 / 2011. Accepted 18 / 3 / 2012)

□ ABSTRACT □

This paper addresses the issue of supplying a load to Nabie Alnasria village which is located 10 [kms] to the north of (Tal Kalakh) town and Adjoining the dam of (Tal Hush). The load of the village operates on two types of supply voltages: (220 V AC) and (24 V DC), these loads were supplied by renewable energy sources (Wind and solar energy) beside auxiliary energy sources (Diesel Units and batteries) to enforce reliability of the energy system. The objective of this study is to determine the optimum solution for the target function represented by the cost function or as a minimal value, and this function is a subject to a set of constraints equations that represent the load, and the output capacity of the power generating units. The optimum solution was determined by using the simplex traditional method, then through adopting average values for wind velocity and solar radiation according to the meteorology data available, these data however, are lacking certainty and the possibility to be pre-determined. To eliminate this problem, we handled it by using the fuzzy logic, the use of fuzzy membership method will insure reasonable approximation for the climate data variables (like solar radiation and wind velocity). Application of the fuzzy logic in this study will serve to determine the economic volume for the renewable energy sources which conforms to the optimum operation state for these sources at the least cost possible.

Keywords: The Optimum Solution, Renewable Energy, Linear Programming, Fuzzy Membership Function.

* Associate Professor, Department of Electrical Power Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

مقدمة:

قرية نبع الناصرية المعزولة والتي تقع إلى الشمال من مدينة تللكلخ بمسافة 10[Km] إلى جوار سد نل حوش. تم تقدير حمولة هذه القرية من خلال سيناريو مفترض لمختلف الأحمال المنزلية وأحمال السقاية وفترة تشغيل هذه الأحمال. تصنف هذه الأحمال إلى نموذجين من حيث توتر التغذية، نموذج أول يغذى من الخلايا الكهروضوئية والمدخرات بتوتر 24 V DC والنموذج الثاني يغذى من العنفات الريحية ووحدات الديزل بتوتر 220 V AC. الهدف من البحث إيجاد شروط التشغيل المثالية لنظام القدرة وذلك من خلال إيجاد الحل الأمثل لتابع الهدف ممثلاً بتابع الكلفة لمصادر الطاقة المتجددة (الطاقة الشمسية وطاقة الرياح) ومصادر الطاقة المساندة (المدخرات ووحدات الديزل)، تحديد مصدر الطاقة المناسب لتغذية الحمولة المطلوبة بما يحقق موثوقية العمل وعند أقل قيمة ممكنة لتابع الكلفة باستخدام طريقتين، الطريقة الأولى تمثلت باستخدام الطريقة البسيطة التقليدية، بيانات المناخ المعتمدة من سرعة الرياح والإشعاع الشمسي لتقدير قيم استطاعة الخرج للعنفات الريحية والخلايا الكهروضوئية لصياغة معادلات القيود، تمثل قيم متوسطة لبيانات الأرصاد الجوية لمدة [30Y]، حيث من مساوئ هذه الطريقة أنها تتطلب قيماً محددة للمتغيرات (سرعة رياح وإشعاع شمسي)، وهذا يؤدي لعدم تحديد واقعي لقيم الخرج للعنفات الريحية والخلايا الكهروضوئية. طريقة تابع العضوية الضبابي تمثل الطريقة الثانية، هذه الطريقة عالجت عدم التحديد لبيانات المناخ، وهذه المعالجة تمثلت باستخدام تابع العضوية الضبابي والذي من خلاله يمكن التوصل إلى قيم أكثر واقعية، هذه الواقعية حصلنا عليها من خلال الانتقال التدريجي لقيم عوامل المناخ، على عكس الطريقة الأولى وقد تم الانتقال على شكل قفزات، النظام المطبق يعد من الأنظمة الخبيرة لإعطاء الدعم والمساندة للحصول على خرج العنفات الريحية والخلايا الكهروضوئية بدرجة كبيرة من الدقة والواقعية.

أهمية البحث وأهدافه:

تأتي أهمية البحث من خلال الرغبة في الحصول على الطاقة، والحفاظ على بيئة نظيفة. تعد الطاقات المتجددة على وجه العموم وطاقة الرياح والطاقة الشمسية على وجه الخصوص موضوع هذا البحث طاقة المستقبل، حيث يتم توليد الكهرباء بدون تلوث. ولكن الأهم من ذلك المنهجية الجديدة المتبعة في هذا البحث باستخدام أسلوب إدارة الطاقة، من خلال تطبيق المنطق الضبابي، استخدام تابع العضوية الضبابي ساعد بالحصول على نتائج أكثر دقة وواقعية، بالمقارنة مع الطريقة البسيطة التقليدية.

الأهداف المرجوة من هذا البحث يمكن تلخيصها بالنقاط التالية:

- إيجاد الحل الأمثل لعمل منظومة الطاقة الكهربائية الهجينة (طاقة متجددة وتقليدية) باستخدام الطريقة البسيطة التقليدية.
- إيجاد الحل الأمثل لعمل المنظومة باستخدام تابع العضوية الضبابي بغاية الحصول على نتائج تحاكي الواقع.
- تحديد الحجم الاقتصادي لمصادر الطاقة المتجددة الذي يتوافق مع حالة تشغيل أمثل لهذه المصادر عند أقل كلفة ممكنة.

طرائق البحث ومواده:

جمع المادة العلمية من مراجع وأبحاث لتشكيل أرضية جيدة تساعد بالإحاطة بعناصر البحث، الحصول على بيانات المناخ من سرعة رياح وإشعاع شمسي، لتحديد استطاعة الخرج من مصادر الطاقة المتجددة، تحديد المواصفات الفنية للعتفات الريحية والخلايا الكهروضوئية، يتم من خلالها تقدير الحجم اللازم من كل منها لتغطية الحمولة المطلوبة. تحويل المسألة إلى مسألة برمجة خطية من خلال تشكيل تابع الهدف، وصياغة معادلات القيود ومعالجتها لإيجاد الحل الأمثل ممثلاً بالقيمة الأصغر لتابع الكلفة، أوتابع الهدف، إعداد البرامج الحاسوبية اللازمة لسهولة إسقاط الدراسة على حالات أخرى مشابهة.

الحمولة المطلوبة:

لتخمين أو تقدير القدرة الكهربائية للحمولة يلزم تصنيف مجموعة الأحمال بحسب التطبيقات المختلفة لسكان القرية موضوع الدراسة، كما يلزم أيضاً تحديد الفترة الزمنية لكل حمولة لتخمين تغيرات الحمولة مع الزمن. مواصفات الحمولة ستشمل نوع الحمولة، واستطاعة وعامل الطلب وفترة العمل لكل منها، والقدرة المطلوب تغذيتها مع الأخذ بالاعتبار أن القرية تتكون من خمسين منزلاً. حمولة القرية يمكن تصنيفها حسب توتر التغذية، وذلك كما يلي:

توتر العمل 24 V DC:

هذه الحمولة ستغذى من مولدات الخلايا الشمسية والمدخرات، تتميز باستطاعات منخفضة، خصائص هذه الأحمال لكامل القرية موضحة بالجدول (1).

الجدول (1): خصائص الأحمال التي تعمل عند التوتر 24 V DC، استطاعة الحمولة $P_{L24}[W]$ ، عامل الطلب [%] DF، فترة عمل الحمولة $T_L[h]$ ، الحمولة الفعلية لكامل القرية $P_{T24}[W]$ ، قدرة فعلية للقرية $E_{T24}[Wh]$.

نوع الحمولة 24 V DC	$P_{L24}[W]$	DF	$T_L[h]$	$P_{T24}[W]$	قدرة فعلية للقرية $E_{T24}[Wh]$
1-أحمال الإنارة صالون	36	0.8	7	1440	10080
نوم +1 نوم 2	18	0.5	2	450×2	900×2
مطبخ	18	0.25	6	225	1350
حمام	9	0.2	6	90	540
WC	7	0.2	6	70	420
موزع +1 موزع 2	7	0.25	13	87.5×2	1137.5×2
برندة	11	0.5	6	275	1650
2-كمبيوتر	100	0.5	6	2500	15000
TV-3	100	0.6	8	3000	24000
4-المدارس			5	700	3500
5-أماكن للعبادة			1	400	800
6-مركز الإرشاد الزراعي			6	600	3600
7-مرافق وخدمات أخرى			6	70	350
القدرة المطلوبة $E_{L24}[kWh/day]$					65365

توتر العمل 220 V AC:

أحمال الري والسقاية:

بفرض مساحة الأرض المزروعة [Hectares] 400 ، عدد أفراد الأسرة الواحدة [Persons] 6 وبالتالي عدد أفراد كامل القرية [Persons] 300 ، كمية الماء التي نحتاجها لسقاية الأرض الزراعية تتعلق بمجموعة من العوامل، طبيعة المحاصيل الزراعية، ظروف المناخ، نموذج وشروط التربة وهي طينية خفيفة، جغرافية الأرض والتقنية المتبعة في السقاية، بالإضافة إلى السقاية يوجد احتياجات أخرى للماء حسب الأنشطة الحياتية اليومية. حاجة الشخص من الماء ليوم واحد [Liter/day] 40÷15، وحاجة وحدة المساحة [m²] لري الأرض الزراعية بأسلوب التقيط ليوم واحد [Liter/day] 3 [1]. الحجم الكلي للمياه اللازمة للسقاية مع الاحتياجات الأخرى:

$$T_{wd} = 400 * 10^4 [m^2] * 3 [liter / m^2 / day] + 300 [Pers.] * 30 [l / P / day] = 12009.0 [m^3 / day]$$

باعتبار سعة المضخة أو تدفق الضخ $Q = 33 [m^3 / h]$ ، الزمن اللازم لضخ الكمية السابقة من الماء 363.9[h]، إذا فرضنا فترة العمل لهذه المضخات من الساعة الثامنة صباحا حتى الساعة الثامنة مساء على مدار الساعة، عدد المضخات اللازم لاستخراج ورفع الكمية السابقة من عمق يبلغ تقريبا $H=25[m]$ ، $N_p = 30 [Pumps]$. عمق المياه الجوفية يتراوح ما بين $20 \div 30 [m]$ وبفرض القيمة المتوسطة $25[m]$ والذي يشمل ارتفاع منسوب الضخ لفترات طويلة من العام [2]، الاستطاعة المستهلكة من عمل المضخة الواحدة [3]:

(1)

$$P = ((Q \rho g H) / (\eta_p \eta_m)) * 2.77 * 10^{-6}$$

حيث: $Q = 33 [m^3 / h]$:تدفق المضخة

$$\rho = 1 [g / m^3]$$

$$g = 980 [Cm / Sec.^2]$$

$$H=25[m]: \text{متوسط ارتفاع منسوب الضخ}$$

$$\eta_p = 0.45$$

$$\eta_m = 0.85$$

$$P = ((33 * 1 * 980) / (0.45 * 0.85)) * 2.77 * 10^{-6} = 5.85 [kW]$$

الأحمال التي تعمل عند التوتر 220 V AC ، ستغذى من العنفات الريحية ووحدات الديزل. خصائص هذه الأحمال والقدرة المطلوبة موضحة بالجدول (2)، الخصائص الفنية للوح الشمسي والمدخرة موضحة بالجدول (3).

الجدول(2): خصائص الأحمال التي تعمل عند التوتر 220 V AC ، استطاعة الحمولة $P_{L220}[W]$ ، الحمولة الفعلية لكامل القرية $P_{T220}[W]$ ، قدرة فعلية مطلوبة لكامل القرية $E_{T220}[Wh]$.

نوع الحمولة V AC	$P_{L220}[W]$	DF	$T_L[h]$	$P_{T220}[W]$	$E_{T220}[Wh]$
ثلاجة	200	0.6	24	6000	144000
غسالة	2000	0.25	3	25000	75000
سخان	500	0.3	2	7500	15000
مكواة	1000	0.3	1	15000	15000
سقاية				177000	2124000
			أحمال سكنية لكامل العام $E_{Home}[kWh/Y]$ 90885		
			أحمال السقاية لكامل العام $E_{IRR}[kWh/Y]$ 775260		

الجدول(3): الخصائص الفنية للوح الشمسي والمدخرة.

الخصائص	القيمة	الخصائص	القيمة
النوع	Siemens M110-24 V	تيار يوافق	P_{MAX}
توتر الدارة المفتوحة	$V_{oc} = 43.5[V]$	استطاعة الخرج	$P_{MAX} = 110[W]$
تيار الدارة القصيرة	$I_{sc} = 3.45[A]$	عدد الخلايا التسلسلية	$N_s = 72[Cells]$
توتر يوافق	$V_{MPP} = 35[V]$	مساحة الموديول	Size=130.7*65.2[Cm]
النوع	مدخرة حمضية مستوردة	الجهد والسعة	12[V], 200[Ah]

حجم مولدات القدرة الكهربائية:

*بيانات الموقع المناخية:

إن البيانات المناخية للموقع ممثلاً بالقرية موضوع البحث واللازمة لإجراء الدراسة الفنية هي درجات الحرارة المتوسطة $T_{av}[^{\circ}C]$ ، وأيضاً سرعة الرياح المتوسطة $u_{av}[m/Sec.]$ ، وبحسب بيانات الأرصاد الجوية لثلاثة عقود سابقة تعطى بالجدول(4) [4] .

الجدول(4): متوسط درجات الحرارة وسرعات الرياح لموقع الدراسة.

الشهر	ك2	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	ت1	ت2	ك1
T_{av}	11.0	12.9	16.6	21.5	27.1	30.7	32.5	32.7	31.2	26.6	18.5	12.4
u_{av}	5.4	5.2	5.8	6.8	6.7	6.9	6.2	6.6	8.1	6.4	6.6	5.2

*حجم مولدات الخلايا الكهروضوئية والمدخرات:

مولدات الخلايا الكهروضوئية و المدخرات تغذي الحمولة ذات التوتر 24 V DC ، القدرة المطلوب تغذيتها وبحسب الأحمال وفترة عملها تبلغ $E_{L24} = 65365[Wh/day]$ (انظر الجدول(1))، هي القدرة المطلوب تغذيتها لأحمال كامل القرية والتي تعمل عند التوتر 24 V DC .
*تصحيح الحمولة بسبب الضياعات:

الضياعات ضمن الكابل وأثناء الشحن يقدر بحوالي $R_{Loss} = 5\%$ وبالتالي تصبح قيمة الحمولة:

$$E_{C24} = E_{L24}(R_{Loss} + 1) = 68.63[kWh/day] \quad (2)$$

تصحيح $P_{MAX}, I_{MPP}, I_{sc}, V_{oc}$

إن جهد الخرج يتناقص مع ارتفاع درجة الحرارة وبمعدل $R_{temp} = 0.23\%$ لكل درجة حرارة إضافية عن حرارة العمل الطبيعية والبالغة $[5]25[^\circ C]$ ، أيضا استطاعة الخرج تنقص بمقدار $[6]0.5\%$ من أجل كل درجة إضافية، بحسب بيانات المناخ الموضحة بالجدول (4)، وباعتماد أعلى درجة حرارة للموقع المدروس والبالغة $T_{MAX} = 32.7[^\circ C]$ يمكن أن نكتب:

(3)

$$V_{oc1} = V_{oc}[V] - R_{temp}[V/^\circ C] * N_s[Cells] * (T_{MAX} - T_n)$$

$$V_{oc1} = 43.5 - 0.0023 * 72 * (32.7 - 25) = 42.22[V]$$

استطاعة الخرج الأعظمية:

(4)

$$P_{MAX1} = P_{MPP1} = I_{sc} * V_{oc1} * FF = 107.02[W]$$

حيث: I_{sc} : تيار قصر يبقى ثابتاً

$$FF = (P_{MAX} / V_{oc} I_{sc}) = (110 / (43.4 * 3.45)) = 0.73$$

عامل امتلاء ويعطى بالعلاقة: FF

(5)

$$V_{MPP1} = P_{MAX1} / I_{MPP} = 33.97[V]$$

عدد الموديولات الموصولة على التسلسل والتفرع:

سعة الحمولة

(6)

$$AH_L = E_{C24} / V_s = 68.63[kWh/day] / 24[V] = 2859.58[Ah]$$

التيار اليومي المستجر من مولدات الخلايا الشمسية:

(7)

$$I_{PV} = AH_L / H_r$$

حيث: H_r : الفترة الزمنية المقابلة للحد الأدنى من الإشعاع

(8)

$$I_{PV} = AH_L / H_r = 2859.58 / 5.86 = 487.98[A]$$

عدد الموديولات على التوازي:

(9)

$$N_{PP} = I_{PV} / I_{MPP} = 487.98 / 3.15 = 155 [\text{Modules}]$$

عدد الموديولات على التسلسل حسب جهد النظام $/V_s$:

(10)

$$N_{PS} = V_s / V_{MPP1} = 24 / 33.77 = 1 [\text{Module}]$$

عدد المدخرات:

المدخرات نظام تغذية تقليدي يستخدم كبديل عن الخلايا الكهروضوئية عند غياب الإشعاع الشمسي.

سعة المدخرات:

(11)

$$\varphi = E_{C24} [\text{Wh/day}] * D [\text{day}] / V_s [V] = 68630 * 2 / 24 = 5719.16 [\text{Ah}]$$

بتصحيح القيمة السابقة بعد أخذ عمق التفريغ DOD ومردود الشحن والتفريغ η_{Bat} بالاعتبار:

(12)

$$\varphi_{cor} = \varphi / (\eta_{Bat} * DOD) = 5719.16 / (0.85 * 0.8) = 8410.52 [\text{Ah}]$$

عدد المدخرات على التسلسل حسب جهد المدخنة المستعملة $/V_b$:

(13)

$$N_{bs} = V_s / V_b = 24 / 12 = 2 [\text{Batteries}]$$

عدد المدخرات على التوازي (سعة المدخنة $C=200[\text{Ah}]$)

(14)

$$N_{bp} = \varphi_{cor} / C = 8410.52 / 200 = 42 [\text{Batteries}]$$

التفريغ اليومي للمدخنة الواحدة:

(15)

$$DD = E_{C24} [\text{Wh/day}] / V_s [V] = 68630 [\text{Wh/day}] / 24 [V] = 2859.58 [\text{Ah/day}]$$

السعة المتاحة تعادل عدد المدخرات على التوازي مضروباً بسعة المدخنة

(16)

$$C_{av} = N_{bp} * C = 42 * 200 = 8400 [\text{Ah}]$$

نسبة التفريغ اليومي للمدخرات

(17)

$$RAT_C = DD / C_{av} = 2859.58 / 8400 = 0.34$$

السعة المتاحة من كافة المدخرات

(18)

$$C_{ap} = C_{av} * 0.8 = 8400 * 0.8 = 6720.0 [\text{Ah}]$$

القدرة الأعظمية المتاحة من كافة المدخرات وهي توافق حالة الشحن التام (Full charging)

(19)

$$E_{CBmax} = C_{ap} * V_s = 6720 * 24 = 161280 [Wh]$$

القيمة المطلوبة لسعة المدخرات بعد أخذ انعدام الإشعاع لمدة يومين:

(20)

$$C_{Demand} = DD * 2 = 2859.58 * 2 = 5719.16 [Ah]$$

نسبة التفريغ من المدخرات في حال غياب الإشعاع الشمسي لمدة يومين:

(21)

$$RAT_D = C_{Demand} / C_{av} = 5719.16 / 8400 = 68\% < 80\%$$

وهذه النسبة تدل على موثوقية عمل النظام.

معادلة التيار-التوتر للموديول:

هذه المعادلة تعطى بالصيغة التالية [6]:

(22)

$$V_g = -I_g * R_{sg} + \frac{1}{\Lambda_g} \ln \left(1 + \frac{(I_{phg} - I_g)}{I_{og}} \right)$$

حيث: $R_{sg} = 1.16 [\Omega]$: مقاومة تسلسلية لصف من الموديولات

$$\Lambda_g = 0.393 \text{ ثابت فيزيائي}$$

$$I_{og} = 1.607 * 10^{-6} \text{ تيار الإشعاع العكسي}$$

$$I_{phg} = 3.45 [A] \text{ تيار مصفوفة الألواح الشمسية}$$

وبالتالي:

$$V_g = -1.16 I_g + \frac{1}{0.393} \ln \left(1 + \frac{(3.45 - I_g)}{1.607 * 10^{-6}} \right)$$

من أجل كامل الموديولات الموصولة على التوازي بعد مضاعفة التيار بعدد الموديولات ($N_{pp} = 155$) لأنها

متناسبة طردا، أما المقاومة فهي متناسبة عكسا.

$$V_{Tg} = -0.007484 I_g + \frac{1}{0.393} \ln \left(1 + \frac{(534.75 - I_g)}{249.085 * 10^{-6}} \right)$$

تم صياغة برنامج حاسوبي لتحديد تغيرات التيار والتوتر لمختلف مستويات الإشعاع، والاستطاعة أو القدرة

الممكن استجراها بشكل لحظي من الخلايا الكهروضوئية.

حجم العنفات الريحية ووحدات الديزل:

مولدات طاقة الرياح تحول طاقة الرياح إلى طاقة كهربائية مفيدة، النموذج المستخدم يمثل توربين رياح ذا محور

أفقي، المواصفات الفنية لوحدة التوليد موضحة بالجدول (5)

الجدول(5):المواصفات الفنية للعنفة الريحية.

الصفة المميزة	القيمة العددية	الصفة المميزة	القيمة العددية
النموذج	محور أفقي	جهد الخرج	$V_{uw} = 220[V]$
المروحة	ثلاث شفرات	السرعة الأولية	$u_c = 3[m/Sec.]$
المولد	متواقت	السرعة الأعظمية	$u_f = 25[m/Sec.]$
الوزن	1200[Kg]	السرعة التصميمية	$u_r = 8[m/Sec.]$
الاستطاعة	$P_{uw} = 10[kW]$	قطر المروحة	12[m]

العلاقة بين السرعة التصميمية لمولدات طاقة الرياح u_r ومتوسط سرعة الرياح u_m يتم باستخدام طريقة الحد الأدنى لمربع القيمة. الشكل العام لهذه المعادلة يعطى بالصيغة التالية:

(23)

$$u_r = b_1 u_m + b_2 u_m^2 + b_3 u_m^3$$

بتشكيل ثلاث معادلات من خلال قيم متوسطة لسرعة الرياح، وقيم مقابلة لسرعة مولدات طاقة الرياح يتم تحديد قيم الثوابت من خلال برنامج حاسوبي، حيث $(b_3 = -0.003, b_2 = 0.033, b_1 = 1.14)$ من الشكل العام للمعادلة المعبرة عن العلاقة بين السرعة التصميمية ومتوسط سرعة الرياح وقيم الثوابت التي تم تحديدها رياضياً والتي تعطى بالصيغة:

$$u_r = 1.14 u_m + 0.033 u_m^2 - 0.003 u_m^3$$

من خلال قيم سرعات الرياح المتوسطة لموقع الدراسة نحصل على القيم المقابلة للسرعات التصميمية، ومن قيمة السرعة التصميمية لمولدة طاقة الرياح والتي تعادل كما ذكرنا في المواصفات الفنية للعنفة الريحية المستخدمة بالقيمة $u_r = 8[m/sec.]$. يمكن إيجاد القيمة المقابلة لسرعة الرياح للموقع المدروس والتي تعادل $u_m = 6.7[m/Sec.]$. إن ارتفاع محور الدوران عن سطح الأرض من أجل القيمة السابقة لسرعة الرياح المتوسطة يعطى بالعلاقة [7].

(24)

$$(u_{22} / u_{11}) = (Z_2 / Z_1)^{0.14}$$

$u_{11} = 6.32[m/Sec]$ قيمة متوسطة سنوية لسرعة الرياح للموقع المدروس (أنظر الجدول(4))

$u_{22} = 6.7[m/Sec.]$ سرعة رياح للموقع المدروس، مقابلة للسرعة التصميمية للعنفة الريحية

$Z_1 = 10[m]$ ارتفاع مأخوذ عنده سرعات الرياح لموقع الدراسة

وبالتالي يصبح ارتفاع محور الدوران $Z_2 = 15.18[m]$. عامل السعة يحسب من العلاقة [7]:

(25)

$$C.F = \frac{EXP[-(\frac{u_c}{c})^k] - EXP[-(\frac{u_r}{c})^k]}{(\frac{u_r}{c})^k - (\frac{u_c}{c})^k} - EXP[-(\frac{u_f}{c})^k] = 0.55$$

حيث: $c = 1.12 u_m = 7.504 [m/sec.]$ عامل قياس

عامل الشكل $k = 0.94 u_m = 2.43 [m/sec.]$

عدد مولدات طاقة الرياح على اعتبار نسبة مساهمة وحدات الديزل تعادل 20%:

(26)

$$0.8 * E_{Tot} = 8760 * C.F * N_w * P_w$$

قدرة مغذاة تعمل بتوتر 220 V AC ، وهي مجموعة القدرة المغذاة للأحمال السكنية $E_{tot} [KWh/Y]$

وأحمال السقاية E_{IRR} سنويا، ويفرض عامل الطلب لأحمال السقاية بعد الأخذ بالاعتبار فصل الشتاء 0.75:

(27)

$$E_{tot} = E_{Home} + E_{IRR} * 0.75 = 673151 [kWh/Y]$$

القدرة المطلوب تغذيتها من قبل العنفات الريحية ووحدات الديزل بشكل يومي وكقيمة وسطية:

(28)

$$E_{C220} = E_{tot} / 365 = 673151 / 365 = 1844 [kWh/day]$$

وبالتالي:

(29)

$$0.8 * 673151 = 8760 * 0.55 * N_w * 10 \Rightarrow N_w = 11 [units]$$

باعتبار استطاعة كل مولدة 10[kw] ، استطاعة الخرج لكل الوحدات:

(30)

$$P_{TW} = 11 * 10 = 110 [kW]$$

هذه الاستطاعة تعادل 80% ، استطاعة الحمولة الكلية:

(31)

$$Load = P_{TW} * 1.25 = 137.5 [kW]$$

الاستطاعة المطلوبة من وحدات الديزل:

(32)

$$P_D = 0.20 Load$$

$$= 0.20 * 137.5 [kW] = 27.5 [kW]$$

استطاعة وحدة الديزل المستخدمة $P_{1D} = 6 [kW]$ ، العدد الكلي للوحدات:

(33)

$$N_D = P_D / P_{1D} = 27.5 / 6 = 5 [Units]$$

النتائج والمناقشة:

كلفة إنتاج واحدة القدرة للخلايا الكهروضوئية والمدخرات:

كلفة شراء الخلايا الكهروضوئية تتبع عدة عوامل من أهمها مادة التصنيع والتقنية المستخدمة، كلفة شراء واحدة الاستطاعة لمنظومة الخلايا الكهروضوئية $C_{1PV} = 2.5[\$/W] = 125[S.P/W]$ ، وبالتالي كلفة شراء وحدة توليد الخلايا الكهروضوئية:

$$(34)$$

$$C_P = P_{module}[W] * C_{1PV}[S.P/W] = 13750[S.P]$$

كلفة الشراء الكلية للخلايا الكهروضوئية:

$$(35)$$

$$= 155 * 1 * 13750 = 2131250[S.P] \quad C_{TP} = N_{PP} * N_{PS} * C_P$$

كلفة الحوامل المعدنية للخلايا الكهروضوئية:

الحوامل المعدنية التي تم تثبيت الخلايا الكهروضوئية عليها مع زاوية ميل باتجاه الجنوب توافق خط العرض لموقع الدراسة، بفرض كلفة الحامل المعدني لوحدة المساحة تعادل $C_{Area} = 250[S.P]$ ، حسب مساحة وحدة توليد الخلايا الكهروضوئية (الموديول) المعطاة بالجدول (3)، تبلغ الكلفة الكلية $C_{stand} = 33015[S.P]$.

منظم الشحن:

منظم الشحن يقوم بحماية المدخرات من تجاوز الحدود المسموح بها لحالتي الشحن والتفريغ، وبذلك يعمل على تأمين أداء آمن للمنظومة بتغذية الأحمال المطلوبة، سعر المنظم $C_{TReg.} = 50000[S.P]$. الكلفة المتغيرة

الكلفة المتغيرة للخلايا الكهروضوئية تمثل مصاريف التشغيل، لكن باعتبار منظومة العمل لا تحوي على أجزاء ميكانيكية متحركة، سوف نحتاج إلى تنظيف الخلايا الشمسية من الغبار المتراكم وصيانة نقاط توصيل خطوط التغذية، مثل هذه الصيانة تقدر بحوالي 1% من الكلفة الأساسية:

$$C_{RPV} = 0.01 * C_{TP} = 0.01 * 2131250 = 21312.50[S.P]$$

الكلفة السنوية للخلايا الكهروضوئية، مع العلم أن معامل استرداد رأس المال [8] $R = (1+i)^n i / (1+i)^n - 1$ ، $i=6\%$ معدل الفائدة، $n=25[Y]$ عمر المنظومة:

$$(36)$$

$$A_{PV} = (C_{TP} + C_{stand} + C_{TReg.}) * R + C_{RPV} = 194025[S.P]$$

كلفة إنتاج واحدة القدرة:

$$(37)$$

$$C_1 = A_{PV}[S.P/Y] / (E_{av}[kWh/day] * 365[day/Y]) = 8.1[S.P/kWh]$$

كلفة إنتاج واحدة القدرة للمدخرات:

الكلفة الثابتة لجيل واحد من المدخرات باعتبار سعر المدخرة الواحدة $C_B = 10350[S.P]$ ، العمر الاقتصادي للمدخرة $6.25[Y]$ ، لذلك سنحتاج إلى أربع مرات تبديل، الكلفة الثابتة الكلية $C_{TB} = 2184802[S.P]$.

الكلفة المتغيرة للمدخرات:

الكلفة المتغيرة للمدخرات أو تكاليف التشغيل تشمل الصيانة من تفقد المحلول الحمضي، معالجة أكسدة نقاط توصيل الكابلات وغيرها، تقدر هذه التكاليف كنسبة من تكاليف الشراء أو التكاليف الثابتة بنسبة 1%:

(38)

$$C_{RB} = 0.01 * C_{TB} = 21848.02[S.P/Y]$$

الكلفة السنوية للمدخرات:

(39)

$$A_B = C_{TB} * R + C_{RB} = 192262.5[S.P/Y]$$

الحمولة التي ستقوم المدخرات بتغذيتها هي الأحمال التي سيتوافق عملها مع فترة غياب الإشعاع الشمسي (فترة الليل) و 80% من الحملية التي من المفروض عملها خلال ساعات السطوع الشمسي، وذلك بفرض وجود ظروف

$$E_{Bday} = 62.002[kWh/day] ، (الخ)، عواصف رملية، الخ،$$

كلفة إنتاج وحدة القدرة:

(40)

$$C_2 = A_B / (E_{Bday} * 365) = 8.5[S.P/kWh]$$

قدرة الحملية الساعية التي تعمل عند التوتر 24 V DC تمثل $L_{24}[Wh]$ ، شدة الإشعاع الشمسي $RAD[W/m^2]$ الموافقة لشهر حزيران، استطاعة الخرج المتاحة للخلايا الكهروضوئية $P_{pv}[W]$ ، حالتي المدخرات من شحن C+ وتفريغ D- ، القدرة الكامنة للمدخرات $E_B[Wh]$ ، موضحة بالجدول (6). يوضح هذا الجدول آلية تغذية الحملية المطلوبة التي تعمل على التوتر 24 V DC ، حسب القيمة التراكمية لمختلف الأحمال نستنتج الحملية الآتية على مدار الوقت $L_{24}[Wh]$ ، من خلال معادلة التيار-التوتر للموديولات يمكن تحديد خرج هذه الموديولات $P_{pv}[W]$ حسب قيم الإشعاع الشمسي $RAD[W/m^2]$ ، وهناك ثلاثة احتمالات لعلاقة خرج الموديولات مع الحملية:

$$L_{24} < P_{pv} \quad -1 \quad \text{تغذية كامل الحملية وشحن المدخرات (C+)}$$

$$L_{24} > P_{pv} \quad -2 \quad \text{تغذية جزء من الحملية وتغطية القسم الباقي من المدخرات (D-)}$$

$$P_{pv} = 0 \quad -3 \quad \text{تغذية كامل الحملية من المدخرات (D-)}$$

للدلالة على موثوقية عمل المنظومة وصول المدخرات الى حالة الشحن التام خلال فترة السطوع

$$E_{CBmax} = 161280[Wh] \text{ الشمسي}$$

الجدول(6):خصائص العمل عند التوتر 24 V DC:

Time	L_{24} [Wh]	RAD [W/m ²]	P_{PV} [W]	C+ D-[Wh]	E_B [Wh]
1	175	0	0	-175	161105
2	175	0	0	-175	160930
3	175	0	0	-175	160755
4	175	0	0	-175	160580
5	575	0	0	-575	160005
6	175	0	0	-175	159830
7	0	48.49	726.33	+726.33	160556
8	0	238.96	3550.0	+3550.0	161280
9	1300	455.34	7058.3	+5758.3	161280
10	1300	652.26	10261.04	+8961	161280
11	1300	807.13	12738.67	+11438	161280
12	1300	905.54	14300.8	+13000	161280
13	1300	939.32	14805	+13505	161280
14	600	905.54	14300.8	+13708	161280
15	0	807.13	12738.67	+12738	161280
16	0	652.26	10261.04	+10261	161280
17	4440	455.34	7058.3	+2618	161280
18	5275	238.96	3550.0	-1725.0	159555
19	7845	48.49	726.33	-7118.7	152436
20	7845	0	0	-7845	144591
21	9145	0	0	-9145	135446
22	8745	0	0	-8745	126701
23	7845	0	0	-7845	118856
24	5675	0	0	-5675	113181

كلفة إنتاج واحدة القدرة للنفقات الريحية ووحدات الديزل:

كلفة شراء وتركيب العنفة الريحية باستطاعة 10[kW] تقدر بحوالي $C_{1W} = 32045[\$]$.

الكلفة الأساسية لمجموع مولدات طاقة الرياح:

(41)

$$C_{TW} = N_W * C_{1W} = 384540[\$]$$

الكلفة المنغيرة أو تكاليف الشغل والصيانة تعادل 2% من مجموع الكلفة الأساسية للنفقات الريحية،

وبالتالي الكلفة السنوية للنفقات الريحية: $R_{TW} = 7690[\$/Y]$

(42)

$$A_W = C_{TW} * R + R_{TW} = 37684[\$/Y]$$

متوسط القدرة المطلوب تغذيتها من العنفات الريحية:

(43)

$$E_W = RAT_W * E_{C220}$$

$$=0.80 * 1844=1475[\text{kWh/day}]$$

كلفة واحدة القدرة المغذاة من العنقات الريحية:

(44)

$$C_3 = A_w / E_w * 365 = 37684 / (1475 * 365) = 0.07 [\$ / kWh] = 3.5 [S.P / kWh]$$

كلفة شراء وحدة توليد الديزل $C_{1D} = 2816 [\$]$ ، الكلفة الكلية:

(45)

$$C_D = N_D * C_{1D} = 14080 [\$]$$

العمر الاقتصادي لوحدة توليد الديزل تقدر بحوالي 8.33 [Y] ، وبذلك سوف نحتاج إلى ثلاثة أجيال من وحدات

الديزل، كلفة الشراء لكل الوحدات اللازمة على مدى العمر الاقتصادي $C_{TD} = 74134 [\$]$.

كلفة الوقود

القدرة المغذاة من قبل وحدات الديزل:

(46)

$$E_D = RAT_D * E_{C220} = 368.8 [kWh / day]$$

الوقود المستهلك لوحدة القدرة $0.3 [liter / kWh]$ ، حجم الوقود اللازم سنويا $F_V = 40383 [liter / Y]$ ، كلفة

الوقود السنوية باعتبار سعر واحدة الحجم $C_{Fuel} = 0.3 [\$ / liter]$ ، تعطى بالقيمة $F_{cost} = 12114 [\$ / Y]$.

تكاليف الصيانة السنوية:

تقدر تكاليف الصيانة 2% من الكلفة الأساسية لوحدات الديزل وبالتالي الكلفة السنوية لإجراءات الصيانة

$R_D = 1482.68 [\$ / Y]$ ، تصبح الكلفة المتغيرة الكلية:

(47)

$$R_{TD} = F_{cost} + R_D = 13596 [\$ / Y]$$

الكلفة السنوية المكافئة لعمل وحدات الديزل:

(48)

$$A_D = C_{TD} * R + R_{TD} = 19378 [\$ / Y]$$

كلفة واحدة القدرة المغذاة من وحدات الديزل:

(49)

$$C_4 = A_D / (E_D * 365) = 19378 / (368.8 * 365) = 0.144 [\$ / kWh] = 7.2 [S.P / kWh]$$

الحمولة المغذاة من العنقات الريحية عند التوتر 220 V AC وهي بقيمة L_{220} ، سرعة الرياح الساعية

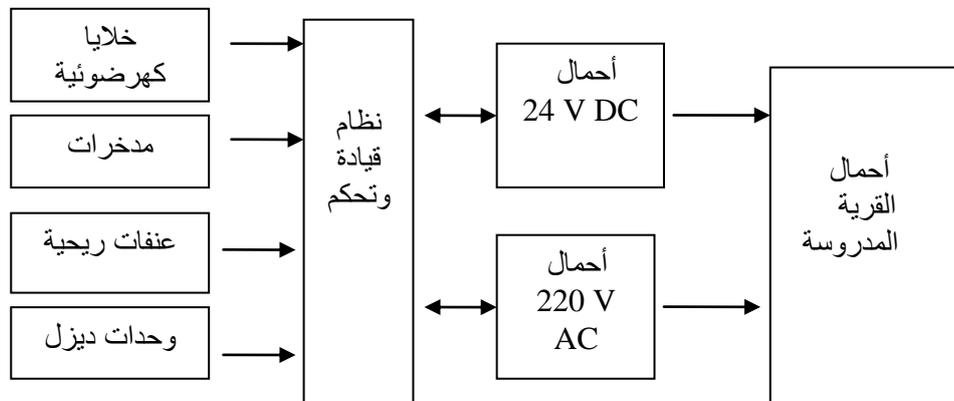
الموافقة لشهر حزيران $V_w [m / Sec.]$ ، خرج العنقات الريحية $P_w [kW]$ ، وخرج وحدات الديزل $P_D [kW]$ ،

موضحة بالجدول (7).

الجدول(7):خصائص العمل عند التوتر 220 V AC

Time	L_{220} [kW]	V_w [m/Sec.]	P_w [KW]	P_D [KW]
1	6	8.2	463.7	27.5
2	6	7.7	383.9	27.5
3	6	7.7	383.9	27.5
4	6	7.3	327.1	27.5
5	6	7.1	301	27.5
6	6	6.9	276.28	27.5
7	6	6.7	252.9	27.5
8	6	6.5	230.9	27.5
9	183	6.5	230.9	27.5
10	183	6.1	190.8	27.5
11	190.5	5.9	172.7	27.5
12	190.5	5.7	164.0	27.5
13	190.5	5.5	164.0	27.5
14	183	5.5	164.0	27.5
15	183	5.9	172	27.5
16	208	6.1	190.0	27.5
17	208	6.4	220.4	27.5
18	208	6.6	241.7	27.5
19	183	6.9	276.2	27.5
20	183	7.0	288.4	27.5
21	21	7.0	288.4	27.5
22	6	7.4	340.8	27.5
23	6	7.8	399.1	27.5
24	6	8.2	463.7	27.5

المخطط الذي يعكس عمل منظومة توليد الطاقة الكهربائية الهجينة المكونة من مولدات طاقة كهربائية لمصادر طاقة متجددة ممثلة بالخلايا الكهروضوئية والعمفات الريحية ومصادر طاقة تقليدية ممثلة بالمدخرات ووحدات الديزل يوضحه الشكل(1).



الشكل(1):مخطط عمل منظومة توليد طاقة كهربائية هجينة ذات نظامي توتر لتغذية الأحمال الكهربائية

إيجاد الحل الأمثل:

لإيجاد شروط التشغيل المثالية لنظام القدرة يعني تحديد مصدر القدرة المناسب الذي يغذي الحمل الآتية عند الحد الأعلى للموثوقية وأقل كلفة ممكنة، وهذا يتحقق بإيجاد الحل الأمثل لتابع الهدف ممثلاً بتابع الكلفة الخاضع لمعادلات القيود.

إن تابع الكلفة ممثلاً بتابع الهدف ومعادلات القيود تعطى بالصيغة التالية:

(50)

$$\text{Objective Function } \min J = \sum_{i=1}^n C_i E_i = C_1 E_1 + C_2 E_2 + C_3 E_3 + C_4 E_4$$

$$E_1 + E_2 \geq L_{24}$$

Subject to

$$E_3 + E_4 \geq L_{220}$$

$$E_1 \leq \text{MAX } E_1$$

$$E_2 \leq \text{MAX } E_2$$

$$E_3 \leq \text{MAX } E_3$$

$$E_4 \leq \text{MAX } E_4$$

حيث: $J[S.P] = \sum_{i=1}^n C_i E_i$:تابع الكلفة يمثل حاصل مجموع جداء كلفة القدرة معطاة بالليرة السورية

$C_i[S.P/kWh]$ بخرج القدرة $E_i[kWh]$ لكل مصدر من مصادر التغذية.

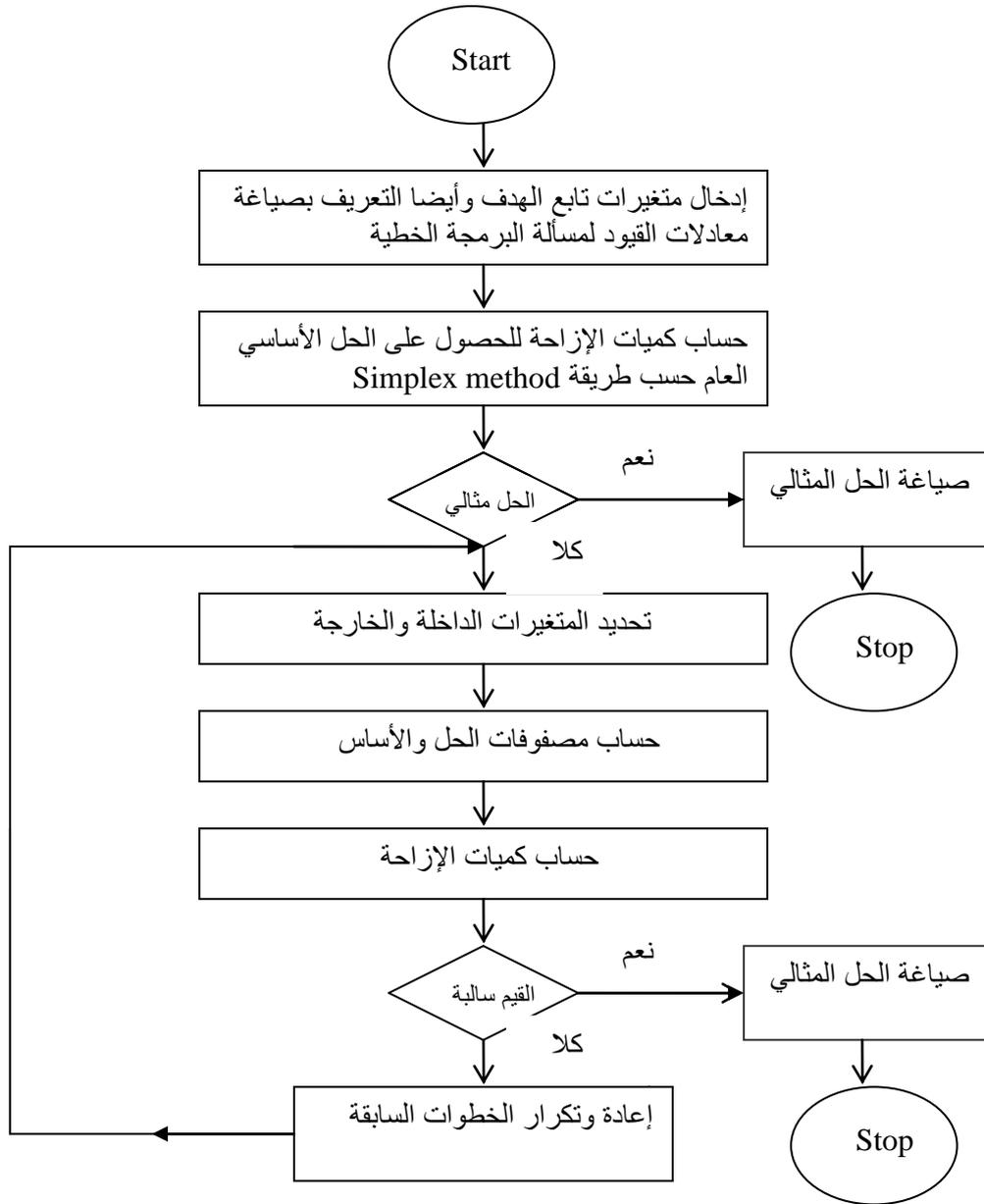
$C_1 E_1, C_2 E_2, C_3 E_3, C_4 E_4$: جداء كلفة القدرة وخرج القدرة للخلايا الكهروضوئية (E_1)،

والمدخرات (E_2)، والعنفات الريحية (E_3)، ووحدات الديزل (E_4) .

لإيجاد الحل الأمثل لتابع الهدف يتم من خلال استخدام الطريقة التقليدية أو الطريقة البسيطة Simplex method، وأيضاً استخدام تقنية تابع العضوية الضبابي Fuzzy membership function والذي سنعالجه تباعاً كما يلي:

الطريقة البسيطة:

إن الطريقة البسيطة Simplex method تعطي الحل الأمثل لتابع الهدف وذلك بأجراء عدد معين من الإعادة والتكرار لتحسين الحل، ثم تحويل النمذجة الرياضية بغاية إيجاد الحل الأمثل بهذه الطريقة إلى برنامج حاسوبي، المخطط الانسيابي موضح بالشكل (2).



الشكل (2): المخطط الانسيابي لحل مسألة البرمجة الخطية بالطريقة البسيطة Simplex method

إن تشكيل تابع الهدف ومعادلات القيود عند كل ساعة ولمدة 24 ساعة، ومن أجل قيم الحمولة واستطاعة الخرج الممكن الحصول عليها من مصادر الطاقة المختلفة خلال الفترة السابقة والموافقة لشهر حزيران، استخدام البرنامج الحاسوبي عند كل ساعة يمكن من خلال ذلك تحديد مصدر التغذية المناسب الذي سيغذي الحمولة المطلوبة والذي يمثل الحل الأمثل، النتائج موضحة بالجدول (8). احتوى هذا الجدول على صيغة تابع الهدف الذي يمثل تابع الكلفة $J[S.P]$ ، ويتشكل هذا التابع من جداء كلفة إنتاج واحدة القدرة لمختلف مصادر التغذية $C_i[S.P/kWh]$ ، ومقدار مساهمة كل مصدر من هذه المصادر من القدرة $E_i[kWh]$ لتغذية الحمولة المطلوبة عند كل ساعة على مدار الوقت، وبما يتفق مع تغيرات الحمولة المطلوبة، هذا الجداء سنحصل من خلاله على الكلفة المستحقة مقدرة بالليرة السورية،

وأحتوى أيضا على معادلات القيود ممثلة بالقدرة المستجرة والتي يجب أن تكون أكبر أو تساوي قيمة حمولة مطلوبة (المعادلتين الأولى والثانية)، والقدرة المتاحة والتي يجب أن تكون أقل أو تساوي القدرة الممكن الحصول عليها من كل مصدر حسب الدراسة الفنية السابقة (المعادلات الثالثة حتى السادسة)، بنتيجة هذه الصيغة وبإدخالها على البرنامج الحاسوبي نحصل على خرج كل وحدة توليد وبالتالي الكلفة الأصغرية المقابلة بحسب قيمة تابع الكلفة الذي ورد في السطر الأخير للجدول.

الجدول (8): صيغة تابع الهدف ومعادلات القيود وخرج وحدات القدرة الموافقة للحل الأمثل بحسب الطريقة البسيطة المقابلة لبيانات المناخ والحمولة الساعية.

$Min J = 8.1E_1 + 4.1E_2 + 3.5E_3 + 7.2E_4$												
Time	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$E_1 + E_2 \geq$	175	175	175	175	575	175	0	0	1300	1300	1300	1300
$E_3 + E_4 \geq$	6	6	6	6	6	6	6	6	183	183	190.5	190.5
$E_1 \leq$	0	0	0	0	0	0	726.3	3550	7058.3	10261	12783	14300
$E_2 \leq$	161250	161105	160930	160755	160580	160005	159830	161556	161280	161280	161280	161280
$E_3 \leq$	364.7	383.9	383.9	327.1	301.0	276.2	252.9	230.9	130.9	190.8	172.7	164.0
$E_4 \leq$	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5
$E_1 =$	0	0	0	0	0	0	0	0	1300	1300	1300	1300
$E_2 =$	175	175	175	175	175	175	0	0	0	0	0	0
$E_3 =$	6	6	6	6	6	6	6	6	183	183	172.7	164.0
$E_4 =$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17.8	26.5
$J[S.P] =$	738.5	738.5	738.5	378.5	738.52	738.5	21.0	21.0	11170	11170	11262	11294
$Min J = 8.1E_1 + 4.1E_2 + 3.5E_3 + 7.2E_4$												
Time	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
$E_1 + E_2 \geq$	1300	600	0	0	4440	5275	7845	7845	9145	7845	7845	5675
$E_3 + E_4 \geq$	190.5	183	183	208	208	208	183	183	21	6	6	6
$E_1 \leq$	14805	14300	12738.6	10261	7058.3	3550	726.3	0	0	0	0	0
$E_2 \leq$	161280	161280	161280	161280	161280	161280	159555	152436	144591	135446	126701	11856
$E_3 \leq$	164.0	164.0	172.0	190.0	220.4	241.7	276.2	288.4	288.4	340.8	399.1	463.7
$E_4 \leq$	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5
$E_1 =$	1300	600	0	0	4440	3550	726.3	0	0	0	0	0
$E_2 =$	0	0	0	0	0	1725	71187	7845	9145	8745	7845	5675
$E_3 =$	164	164	172	190	208	208	183	183	21	6	6	6
$E_4 =$	26.5	19	11	18	0	0	0	0	0	0	0	0
$J[S.P] =$	11294.8	5570.8	681.2	794.6	36692	36555	35710	32805	37568	35875	32185	23288

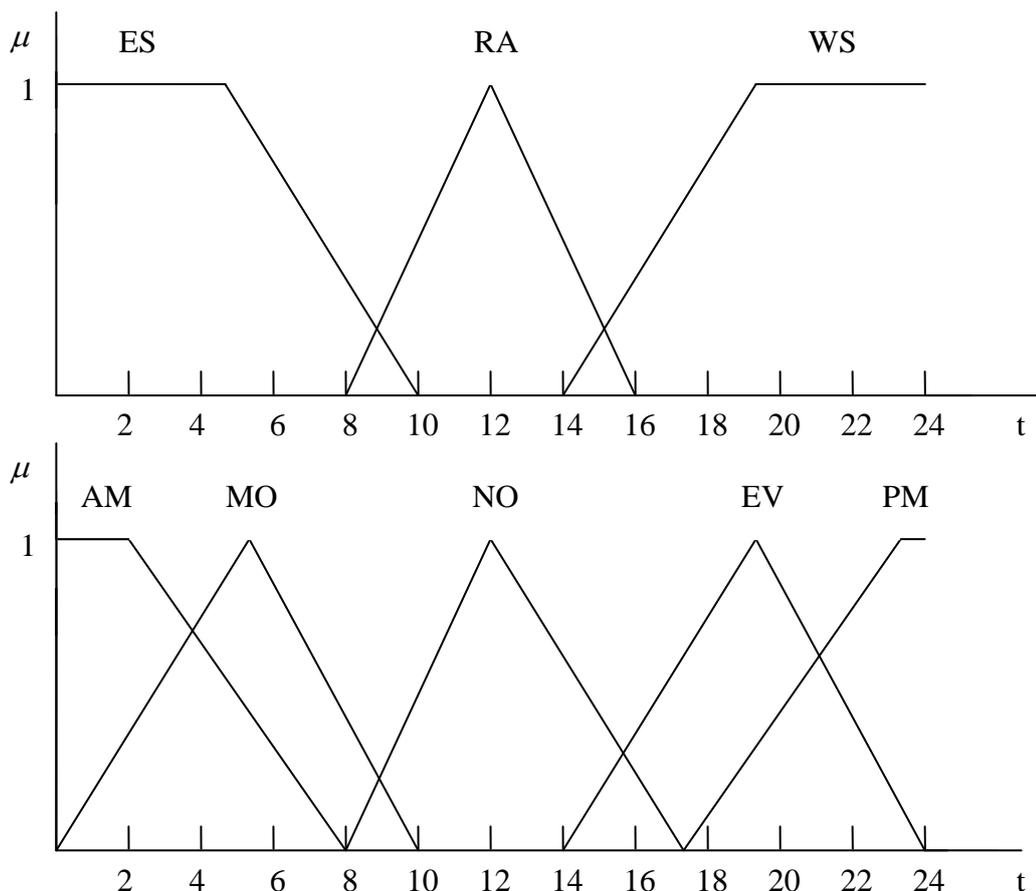
طريقة المنطق الضبابي:

بيانات المناخ من إشعاع شمسي وسرعة رياح تم اعتمادها في الطريقة البسيطة كقيم متوسطة، ولكن هذه القيم يمكن وصفها بهذا الشكل بأنها غير دقيقة وتتصف أيضا بأنها غير محددة، وبالتالي سوف نحصل على قيم غير دقيقة لخرج الخلايا الكهروضوئية والعنفات الريحية، سيتم معالجة عدم الدقة باستخدام تابع العضوية الضبابي وهذا سيحسن من نتائج الحل، إن إقامة قواعد لغوية تساهم في وضع قيم جديدة للمتغيرات المناخية وتوضع ضمن مجموعات ضبابية، القيم العددية الموافقة للتعبير اللغوية موضحة بالجدول (9). هذه القيم تم التوصل إليها من خلال متغيرات عوامل المناخ (سرعة رياح وإشعاع شمسي) والقيم المقابلة لها من استطاعة الخرج لمصادر الطاقة المتجددة (عنفات ريحية وخلايا كهروضوئية)، كل تعبير لغوي تم تمثيله عدديا لمجموعة ضبابية مع حصول تداخل لهذه المجموعات خلال الفترة المدروسة.

جدول (9): قيم عددية موافقة للتعبير اللغوية لخرج الخلايا الكهروضوئية والعنفات الريحية.

تصنيف سرعات الرياح والقيم العددية [kW]		تصنيف الإشعاع الشمسي والقيم العددية لخرج PV [W]	
AM=341.2	بعد منتصف الليل	ES=1963	قبل الشروق
MO=318.6	صباح	RAD=11112	إشعاع الظهيرة
NO=189.9	ظهر	WS=4421	بعد الغروب
EV=276.0	مساء		
PM=314.3	قبل منتصف الليل		

تدرج قيم تابع العضوية مع الزمن لخرج الخلايا الكهروضوئية والعنفات الريحية موضحة بالشكل (3).



الشكل(3): تدرج قيم تابع العضوية لخرج الخلايا الكهروضوئية والعنفات الريحية مع تغير الزمن.

يتم تحديد قيمة الطرف الثاني لمعادلات القيود حسب تابع العضوية (Membership function) وحسب نسبة التحديد (Fuzzy region)، قيم نسبة التحديد تتراوح ضمن المجال (d=15%÷45%)، قيم الطرف الثاني لمعادلات القيود بما يتفق مع الطريقة الكلاسيكية (البسيطة) تتوافق مع تابع عضوية $\mu = 0.0$ ، وقيمة الطرف الثاني بما يتفق مع نسب معينة لنسبة التحديد تتوافق مع تابع عضوية $\mu = 1.0$.

نسبة التحديد تتعلق بطرفي المتراجحة (\geq تؤخذ موجبة) ومن أجل (\leq تؤخذ سالبة)

تحديد الفرق لحالتي الشكل التقليدي والشكل الجديد تعطى بالعلاقة [9].

(51)

$$D_i = ((bx)_i)_{\mu=0} - ((bx)_i)_{\mu=1}$$

تحديد أمثال المتحولات لمعادلات القيود والطرف الثاني لها بشكلها الجديد يتم بحسب نسبة التحديد وقيم الفرق

لحالتي الشكل التقليدي والشكل الجديد:

(52)

$$b'_i = b_i / D_i$$

$$(B'_x)_i = (B_x)_i / D_i$$

إدخال معامل جديد λ وصياغة معادلات القيود مع تابع الهدف بحسب العلاقة التالية [10]:

$$(53)$$

$$\lambda \leq (b_i - E_i) / D_i$$

صياغة المسألة بالشكل الجديد التالي:

Objective

Function

$$(54)$$

$$Max J = \lambda$$

Subject to

$$\lambda \leq b'_i - (B'_x)_i$$

إعادة صياغة المسألة بالشكل التالي:

Objective

Function

$$Max J = \lambda$$

$$(55)$$

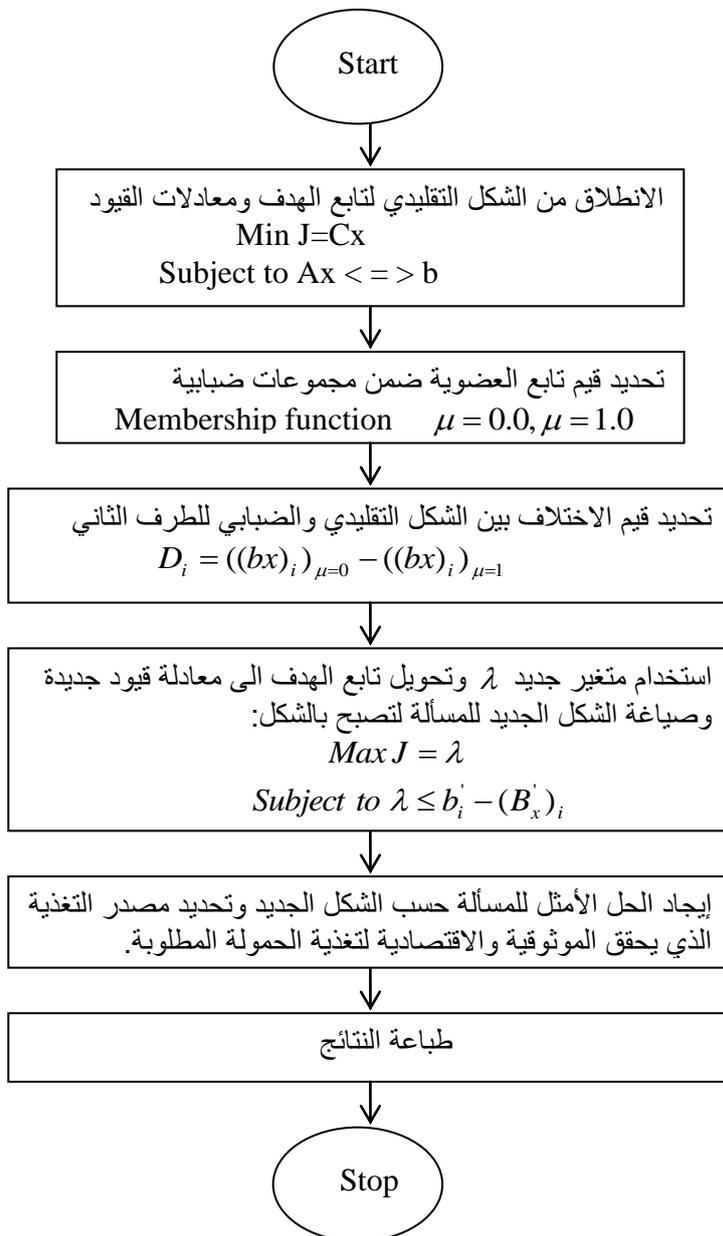
Subject to

$$(B'_x)_i + \lambda \leq b'_i, i = 1, 2, \dots, m$$

لإيجاد الحل الأمثل للشكل الجديد للمسألة تم إعداد البرنامج الحاسوبي للنمذجة السابقة، المخطط الانسيابي موضح بالشكل (4)، نتائج البرنامج تمثل تحديد قدرة الخرج من كل مصدر للطاقة الكهربائية، من المتوقع أن تكون استطاعة الخرج لمصادر الطاقة لتغذية الأحمال الكهربائية المطلوبة أكثر واقعية، وذلك لمحاكاة عوامل المناخ من إشعاع شمسي وسرعة رياح للواقع الفعلي، هذه الواقعية كانت بسبب استخدام تابع العضوية الضبابي، حيث استخدام هذا التابع يعمل على الانتقال التدريجي لتغيرات عوامل المناخ بما يتفق مع الواقع، وليس الانتقال على شكل قفزات كما هو متبع في الطريقة البسيطة.

إيجاد الحل الأمثل للمسألة بشكلها الجديد يمكن من تحديد مصدر التغذية المناسب الذي يغذي الحمولة المطلوبة عند قدر كبير من الواقعية والكلفة الدنيا كما هو موضح بالجدول (10). يحوي هذا الجدول تابع هدف جديد كما ورد في النمذجة الرياضية $MAX J = \lambda$ ، ومجموعة معادلات قيود، معادلات القيود هذه تمثل المعادلات القديمة

المستخدمة بالطريقة البسيطة التقليدية ويضاف لها معادلة تابع الهدف بعد تحويلها لمعادلة قيد، أمثال المتغيرات والطرف الأيمن لهذه المعادلات تحدد حسب قيم نسبة التحديد /d/ المعمول بها والتي تعبر عن درجة الضبابية المستخدمة، يستخدم المتغير الجديد λ ممثلاً بتابع الهدف في صياغة الجانب الأيسر من معادلات القيود بشكلها النهائي، هذا المتغير يساهم في تضيق منطقة الحل بإضافة معادلة جديدة لمعادلات القيود وبالتالي يحسن الحل الناتج بالمقارنة مع الطريقة البسيطة.



الشكل(4): المخطط الانسيابي لحل مسألة البرمجة الخطية بطريقة تابع العضوية الضبابي.

الجدول (10): صيغة تابع الهدف ومعادلات القيود وخرج وحدات القدرة الموافقة للحل الأمثل بحسب طريقة تابع العضوية الضبابي المقابلة لبيانات المناخ والحمولة الساعية والكلفة المقابلة.

$Max J = \lambda$								
Time	1	2	3	4	5	6	7	8
$0.034E_1 + 0.036E_2 + 0.015E_3 + 0.031E_4 + \lambda \leq$	6.666	6.666	6.666	6.666	6.666	6.681	6.666	6.666
$0.038E_1 + 0.038E_2 - \lambda \geq$	6.666	6.666	6.666	6.666	6.670	6.666	0	0
$1.111E_3 + 1.111E_4 - \lambda \geq$	6.666	6.666	6.666	6.666	6.666	6.666	6.666	6.666
$6.666E_1 + \lambda \leq$	0	0	0	0	0	0	6.666	6.666
$0.00004E_2 + \lambda \leq$	6.666	6.666	6.666	6.666	6.666	6.666	6.666	6.666
$0.017E_3 + \lambda \leq$	6.662	6.662	6.662	6.662	6.659	6.591	6.655	6.654
$0.238E_4 + \lambda \leq$	6.547	6.547	6.547	6.547	6.547	6.547	6.547	6.547
$E_1 =$	0	0	0	0	0	0	0	0
$E_2 =$	174.9	174.9	174.9	174.9	575	174.9	0	0
$E_3 =$	6	6	6	6	6	6	6.1	6.1
$E_4 =$	0	0	0	0	0	0	0	0
$J[S.P] =$	738.0	738.0	738.0	738.0	2378.5	738.0	21.3	21.3
Time	9	10	11	12	13	14	15	16
$0.034E_1 + 0.036E_2 + 0.015E_3 + 0.031E_4 + \lambda \leq$	6.666	6.666	6.666	6.666	6.666	6.666	6.666	6.666
$0.038E_1 + 0.038E_2 - \lambda \geq$	6.666	6.666	6.666	6.666	6.666	6.666	0	0
$1.111E_3 + 1.111E_4 - \lambda \geq$	6.687	6.687	6.684	6.591	6.591	6.821	6.678	6.666
$6.666E_1 + \lambda \leq$	6.666	6.666	6.666	6.666	6.666	6.666	6.666	6.666
$0.00004E_2 + \lambda \leq$	6.666	6.666	6.666	6.666	6.666	6.666	6.666	6.666
$0.017E_3 + \lambda \leq$	6.654	6.654	6.642	6.666	6.666	6.666	6.666	6.666
$0.238E_4 + \lambda \leq$	6.547	6.547	6.547	6.547	6.547	6.547	6.547	6.547
$E_1 =$	1307.9	1307.9	1290	1294	1294	601.3	0	0
$E_2 =$	0	0	0	0	0	0	0	0
$E_3 =$	183.08	183.08	171.28	163.9	163.9	164.5	171.79	189.73
$E_4 =$	0	0	20.43	26.6	26.6	18.5	11.22	18.17
$J[S.P] =$	11234	11234	11195	11246	11246	5579	682.04	794.8

$Max J = \lambda$								
Time	17	18	19	20	21	22	23	24
$0.034E_1 + 0.036E_2 + 0.015E_3 + 0.031E_4 + \lambda \leq$	6.666	6.666	6.666	6.666	6.666	6.666	6.666	6.666
$0.038E_1 + 0.038E_2 - \lambda \geq$	6.666	6.667	6.666	6.666	6.670	6.666	6.666	6.667
$1.111E_3 + 1.111E_4 - \lambda \geq$	6.666	6.666	6.678	6.678	6.674	6.666	6.666	6.666
$6.666E_1 + \lambda \leq$	6.666	6.666	9.990	0	0	0	0	0
$0.00004E_2 + \lambda \leq$	6.666	6.666	10.0	6.666	6.666	6.666	6.666	6.666
$0.017E_3 + \lambda \leq$	6.598	6.559	9.971	6.666	6.660	6.656	6.662	6.662
$0.238E_4 + \lambda \leq$	6.547	6.547	6.547	6.547	6.547	6.547	6.547	6.547
$E_1 =$	4397.5	3446.0	730.0	0	0	0	0	0
$E_2 =$	0	177402	7115	7845	9145	8745	8745	5675
$E_3 =$	207.58	211.4	183.2	183.2	21.2	6.1	6.09	6.08
$E_4 =$	12.29	0	0	0	0	0	0	0
$J[S.P] =$	36435.1	35927	35725	32805	37568	35876	32186	23288

الاستنتاجات والتوصيات:

- إن خاصية عدم التحديد لبيانات المناخ من إشعاع شمسي وسرعة رياح واعتماد قيم متوسطة لبيانات سابقة تعطي معادلات قيود غير دقيقة وبالتالي نحصل على نتائج غير دقيقة وغير واقعية في حال تطبيق الطريقة البسيطة.
- تطبيق طريقة تابع العضوية للمنطق الضبابي يجعل قيم بيانات المناخ من إشعاع شمسي وسرعة رياح تتغير بشكل سلس أو متدرج وهذا يجعل النتائج التي تم الحصول عليها قريبة كثيرا إلى الواقع العملي.
- إن تطبيق المنطق الضبابي يساعد في تحديد الحجم الاقتصادي لمصادر الطاقة المتجددة.
- إيجاد الحل الأمثل بالطريقة البسيطة يعطي نتيجة واحدة فقط موافقة لقيم البيانات لعوامل المناخ وقيم الحمولة المطلوب تغذيتها.
- استخدام طريقة المنطق الضبابي يوجد خيارات عديدة للحصول على الحل الأمثل وفقا لنسبة التحديد المعمول بها.
- إن المعالجة المتبعة بهذا البحث لتغذية حمولة من قبل مصادر طاقة متجددة وتقليدية باستخدام تابع هدف ممثلا بتابع الكلفة يعطي ميزة الموثوقية لعمل النظام عند أقل كلفة ممكنة.
- تحويل النمذجة الرياضية لتحديد حجم مصادر الطاقة المتجددة والتقليدية وأيضا تحديد مصدر الطاقة لتغذية الحمولة عند أقل كلفة ممكنة إلى برامج حاسوبية ستساهم في تحسين الحلول الناتجة من جهة وتساعد على إمكانية تطبيقها لحالات أخرى من جهة ثانية.

المراجع

1. FADIA, A., AZIZA, M., Photovoltaic System Supplying Isolated Areas. Electronics Research Institute National Research Center, Cairo, Egypt, 2000, 43-51.
2. منشورات وزارة الري لعام 2000.
3. ZAZI, A., Storage option for Water Pumping PV Systems: Technical and Economical Study. International Solar energy Society, Vol.1, P.1, USA, 2004, 99-106.
4. بيانات الأرصاد الجوية.
5. JAMES, K., Planning and Installing Photovoltaic Systems. The German Solar Energy Society, Berlin Brb, Ecofys 2005, 357.
6. GREEN MARTIN, A., Solar cells, Operating Principles, Technology and System Application, Library of Congress Catalogine in Publication Data, Germany, 2006, 286.
7. MANWell, J., Electrical / Mechanical Option for Variable Speed Wind Turbines. Solar Energy Vol.46, No.1, 2003, 60-68.
8. NEWNAN, D., Engineering Economic Analysis. Engineering Press, San Jose, Calif., 2008, 278.
9. TAKAGI, T., Fuzzy Identification Systems and its Applications to Modeling and Control. IEEE Trans. On Systems, Man, and Cybernetics, Vol. SMC-15, No.1, 2006, 116-132.
10. [10] TANAKA, H., Fuzzy Solution in Fuzzy Linear Programming Problems. IEEE Trans. On Systems, Man, and cybernetics, Vol.14, No.2, 2009, 170-178.

