دار المنظومة
DAR ALMANDUMAH
الرواد في قواعد المعلومات العربية

العنوان:	دراسة الضياعات الميكانيكية في المحطات العاملة بنظام توليد طاقة مشتركة شمسية رياحية والمستخدمة لتوليد الطاقة الكهربائية
المؤلف الرئيسي:	سليمان، أنديرا
مؤلفين آخرين:	(مشرف)احمد صلاح ،داود ،Ville, Fabrice
التاريخ الميلادي:	2008
موقع:	اللاذقية
الصفحات:	1 - 108
رقم MD:	590006
نوع المحتوى:	رسائل جامعية
اللغة:	Arabic
الدرجة العلمية:	رسالة ماجستير
الجامعة:	جامعة تشرين
الكلية:	كلية الهندسةالميكانيكيةو الكهربائية
الدولة:	سوريا
قواعد المعلومات:	Dissertations
مواضيع:	الهندسة الميكانيكية ، طاقة الرياح ، الطاقة الشمسية ، توليد الطاقة الكهربائية
رابط:	https://search.mandumah.com/Record/590006

© 2020 دار المنظومة. جميع الحقوق محفوظة.
هذه المادة متاحة بناء على الإتفاق الموقع مع أصحاب حقوق النشر، علما أن جميع حقوق النشر محفوظة. يمكنك تحميل أو طباعة هذه المادة للاستخدام الشخصي فقط، ويمنع النسخ أو التحويل أو النشر عبر أي وسيلة (مثل مواقع الانترنت أو البريد الالكتروني) دون تصريح خطي من أصحاب حقوق النشر أو دار المنظومة.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

المحتويات

العنوان	الصفحة
مقدمة	١
الفصل الأول:	
١-١- مقدمة	٢
١-٢- استثمارات طاقة الرّياح والطاقة الشمسيّة	٣
١-٢-١- الشمس	
١-٢-٢- ميزات الاعتماد على الطاقة الشمسية في توليد الكهرباء	٤
١-٢-٣- استخدامات الطاقة الشمسية	
١-٢-٤- تجارب بعض الدول في مجال استثمار الطاقة الشمسية لتوليد الكهرباء	
١-٢-٥- الرياح	٥
١-٢-٦- أنواع الرياح	
١-٢-٧- ميزات الاعتماد على طاقة الرياح في توليد الكهرباء	٧
١-٢-٨- المناطق الواعدة في القطر العربيّ السوريّ لإقامة محطات الطاقة المتجددة	٨
١-٣ طاقة الرياح في الجمهورية العربية السورية	٩
١-٣-١ المناطق الريحية في سورية	
١-٣-٢ الوضع الحالي لطاقة الرياح في سورية	
الفصل الثاني: دراسة العنفات الرّيحيّة	١١
٢-١- أنواع العنفات الريحيّة واستخداماتها	
٢-١-١- وضع محور الدوران الرئيسي	
٢-١-٢- عدد الأجنحة	١٣
٢-١-٣- حسب زاوية مواجهة الرياح للجناح	١٥
٢-١-٤- وضع الأجنحة بالنسبة إلى اتجاه الرياح	
٢-١-٥- الاتصال بالشبكة	١٦
٢-١-٦- المولد الكهربائي	١٨
٢-٢- أجزاء المنشأة الريحية	١٩
الفصل الثالث: العوامل التصميمية للطاقة الريحية	٢٧
٣-١- الطاقة الكامنة في الرياح	
٣-٢- المفاهيم الأساسيّة لدراسة الطبقة المجاورة لسطح الأرض	٣٠
٣-٣- منظومة توليد الكهرباء من طاقة الرياح (حساب العنفات الريحيّة)	٣٢
الفصل الرابع: الدراسة الحرارية الهندسية لشدّة الاشعاع الشّمسيّ	٣٩
٤-١- مقدّمة	
٤-٢- الأشعّة الشمسيّة	
٤-٣- الزوّايا الشمسيّة	
٤-٤- الإشعاع الشمسي الواصل إلى سطح الأرض	٤٢
٤-٤-١- استنزاف الإشعاع الشمسي أثناء عبوره بالغلاف الجوي	٤٣
٤-٤-٢- مركبات الإشعاع الشمسي المباشر والمنتشر	٤٥
٤-٥- شدة الإشعاع الشمسي الساقط على سطح الأرض	
٤-٦- حسابات شدّة الإشعاع الشمسي	٤٩

المنارة للاستشارات

www.manaraa.com

الفصل الخامس : دراسة وحساب الألواح الكهروشمسيّة ٥١
٥-١- الأجزاء الرئيسيّة لنظام الطاقة الشمسية
٥-١-١- الخلايا الشمسيّة
٥-١-٢- مصفوفة الألواح الشمسية ٥٨
٥-١-٣- نظام تخزين الطاقة الشمسية في البطاريات ٥٩
٥-١-٤- لوحة تحكّم تنظيم الطاقة ٦٠
٥-١-٥- محوّل لتحويل الجهد من مستمر إلى متناوب ٦١
٥-٢- محدّدات المحطة الكهروشمسيّة ٦٢
٥-٣- تطبيقات الخلايا الكهروضوئية ٦٤
٥-٣-١- تطبيقات الخلايا الشمسية في المناطق النائية
٥-٣-٢- تطبيقات الخلايا الكهروضوئية في بعض البلدان النامية ٦٥
٥-٣-٣- استخدام المنظومات الكهروضوئية للربط مع الشبكات الكهربائية ٦٦
الفصل السادس: الدراسة الحسابيّة الريحيّة ٦٧
٦-١- طبيعة المشروع ٦٨
٦-٢- الغاية من البحث ٧٠
٦-٣- خطوات البحث ٧١
٦-٤- أشكال ضياع القدرة بالمسننات ٧٢
أولاً – ضياع التهوية
١- قياس ضياع التهوية تجريبياً ٧٤
٢- تحديد ضياع التهوية حسابياً ٨١
ثانياً – ضياع الطاقة نتيجة انحباس خليط (الزيت – الهواء) بين الأسنان ٨٢
ثالثاً – ضياع الاحتكاك بين الأسنان ٨٣
٦-٥- الضياع الكليّ للطاقة ٨٥
٦-٦- حساب المردود ٨٨
الفصل السابع: الدّراسة الكهروشمسيّة ٩٢
٧-١- مقدّمة ٩٣
٧-٢- القدرة المتولّدة من الألواح الشمسية
١- حساب عدد اللواقط
٢- اختيار نوع اللاقط ٩٤
٣- طريقة ربط الألواح الشمسية ٩٥
٤- حساب مردود المحطة الكهروشمسية ٩٧
٥- حساب المساحة الكلية الفعالة للألواح الشمسية
٧-٣- النموذج الرياضيّ لحساب عدد البطاريّات المستخدمة
نتيجة ٩٨

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

جدول الرموز والمصطلحات

المصطلح	الرمز	الواحدة
درجة الحرارة	T	$^{\circ}C$
سرعة الريح	V	m/s
الطاقة	P	W
الارتفاع	L	m
شدة الإشعاع الشمسي	H_t	kW/m^2
كثافة الهواء	ρ	Kg/m^3
مساحة سطح الدوران	A أو S	m^2
الثابت العام للغازات	R	J/kg.K
قطر المروحة	D	m
معامل الخشونة	Z.	m
عزم الدوران	M_e	N.m
الإشعاع الشمسي المباشر	H_{Bn}	W/m^2
الإشعاع الشمسي النظري	A	W/m^2
الإشعاع الشمسي المبدد	H_d	W/m^2
مردود المحطة الكهروشمسية	η_{st}	
مردود اللوح الشمسي	η_P	
مردود المعرج	η_{inv}	
مردود أجهزة القيادة	η_{bcv}	
جهد نقطة التشغيل	V_m	V
تيار نقطة التشغيل	I_m	A
مساحة الألواح الشمسية	S	m^2
الحمل الكهربائي الكلي	E	kWh/day
السرعة الدورانية	n	rpm
عزم العطالة القطبي	I.	$Kg.\ m^2$
السرعة الزاوية	ω	Rad/s
قطر المسنن	D	mm
عرض المسنن	b	mm
مودول المسنن	m	mm
ضياع الطاقة	p	W
القوة المماسية	F_t	N
سرعة الانزلاق	U	m/s
القوة الناظمية	F_n	N
جهد البطارية	V_B	V

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

دار المنظومة
DAR ALMANDUMAH
الرواد في قواعد المعلومات العربية

العنوان:	دراسة الضياعات الميكانيكية في المحطات العاملة بنظام توليد طاقة مشتركة شمسية رياحية والمستخدمة لتوليد الطاقة الكهربائية
المؤلف الرئيسي:	سليمان، أنديرا
مؤلفين آخرين:	(مشرف)احمد صلاح ،داود ،Ville, Fabrice
التاريخ الميلادي:	2008
موقع:	اللاذقية
الصفحات:	1 - 108
رقم MD:	590006
نوع المحتوى:	رسائل جامعية
اللغة:	Arabic
الدرجة العلمية:	رسالة ماجستير
الجامعة:	جامعة تشرين
الكلية:	كلية الهندسةالميكانيكيةو الكهربائية
الدولة:	سوريا
قواعد المعلومات:	Dissertations
مواضيع:	الهندسة الميكانيكية ، طاقة الرياح ، الطاقة الشمسية ، توليد الطاقة الكهربائية
رابط:	https://search.mandumah.com/Record/590006

© 2020 دار المنظومة. جميع الحقوق محفوظة.
هذه المادة متاحة بناء على الإتفاق الموقع مع أصحاب حقوق النشر، علما أن جميع حقوق النشر محفوظة. يمكنك تحميل أو طباعة هذه المادة للاستخدام الشخصي فقط، ويمنع النسخ أو التحويل أو النشر عبر أي وسيلة (مثل مواقع الانترنت أو البريد الالكتروني) دون تصريح خطي من أصحاب حقوق النشر أو دار المنظومة.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

Tishreen university Faculty of Mechanical and Electrical Engineering Department Of Mechanical forces Engineering		الجمهورية العربية السورية جامعة تشرين كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية قسم القوى الميكانيكية

دراسة الضّياعات الميكانيكيّة في المحطّات العاملة بنظام توليد طاقة مشتركة شمسيّة رياحيّة والمستخدمة لتوليد الطّاقة الكهربائيّة

رسالة أعدت لنيل درجة الماجستير في هندسة القوى الميكانيكية

إعداد المهندسة أنديرا سليمان

المشرف العلمي
د. صلاح داوود
جامعة تشرين- سورية

المشارك بالإشراف
Dr. Fabrice VILLE
INSA-Lyon-France

اللاذقية ـ ٢٠٠٨

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

دار المنظومة
DAR ALMANDUMAH
الرواد في قواعد المعلومات العربية

العنوان:	دراسة الضياعات الميكانيكية في المحطات العاملة بنظام توليد طاقة مشتركة شمسية رياحية والمستخدمة لتوليد الطاقة الكهربائية
المؤلف الرئيسي:	سليمان، أنديرا
مؤلفين آخرين:	(مشرف)احمد صلاح ،داود ،Ville, Fabrice
التاريخ الميلادي:	2008
موقع:	اللاذقية
الصفحات:	1 - 108
رقم MD:	590006
نوع المحتوى:	رسائل جامعية
اللغة:	Arabic
الدرجة العلمية:	رسالة ماجستير
الجامعة:	جامعة تشرين
الكلية:	كلية الهندسةالميكانيكيةو الكهربائية
الدولة:	سوريا
قواعد المعلومات:	Dissertations
مواضيع:	الهندسة الميكانيكية ، طاقة الرياح ، الطاقة الشمسية ، توليد الطاقة الكهربائية
رابط:	https://search.mandumah.com/Record/590006

© 2020 دار المنظومة. جميع الحقوق محفوظة.
هذه المادة متاحة بناء على الإتفاق الموقع مع أصحاب حقوق النشر، علما أن جميع حقوق النشر محفوظة. يمكنك تحميل أو طباعة هذه المادة للاستخدام الشخصي فقط، ويمنع النسخ أو التحويل أو النشر عبر أي وسيلة (مثل مواقع الانترنت أو البريد الالكتروني) دون تصريح خطي من أصحاب حقوق النشر أو دار المنظومة.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

Tishreen university Faculty of Mechanical and Electrical Engineering Department Of Mechanical forces Engineering		الجمهورية العربية السورية جامعة تشرين كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية قسم القوى الميكانيكية

دراسة الضّياعات الميكانيكيّة في المحطّات العاملة بنظام توليد طاقة مشتركة شمسيّة رياحيّة والمستخدمة لتوليد الطّاقة الكهربائيّة

رسالة أعدت لنيل درجة الماجستير في هندسة القوى الميكانيكية

إعداد المهندسة أنديرا سليمان

المشرف العلمي
د. صلاح داوود
جامعة تشرين- سورية

المشارك بالإشراف
Dr. Fabrice VILLE
INSA-Lyon-France

اللاذقية ـ ٢٠٠٨

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

كلمة شكر وامتنان

عنـــدما أقـــف علـــى حـــصيلة دراســـتي هـــذه لا يـــسعني إلا أن أتقدم بالشـكر الجزيـل والعرفـان بالجميـل للمشرف العلمي :

الدكتـور المهنـدس صـلاح داوود

الذي أشـرف علـى هـذا البحـث لما قدمـه لـي مـن المـساعدة والتـشجيع ، ولـم يبخـل علـي بخبرتـه و نـصائحه ورحابـة صـدره طيلـة ثـلاث سـنوات فكان له الفضل الكبير في إتمام هذا البحث فله مني كل تقدير واحترام وشكر متمنية له ولعائلته الكريمة دوام التوفيق و العافية.

كما أتوجه بالشكر الخاص :

Dr.Fabrice VILLE

من المعهد الوطنـي للعلـوم التطبيقيـة -**INSA** - ليـون – فرنسـا لتعاونـه العلمـي مـن خـلال المـشاركة بالإشـراف علـى هـذا البحـث ، ولمساعدته لـي طيلـة فتـرة عملـي فـي مخبـر INSA مـن خـلال الإشـراف علـى إجـراء التجـارب المتعلقـة بالبحـث ، وتـأمين كافـة مـستلزمات البحـث من مواد وأجهزة ومراجع وأنترنت.

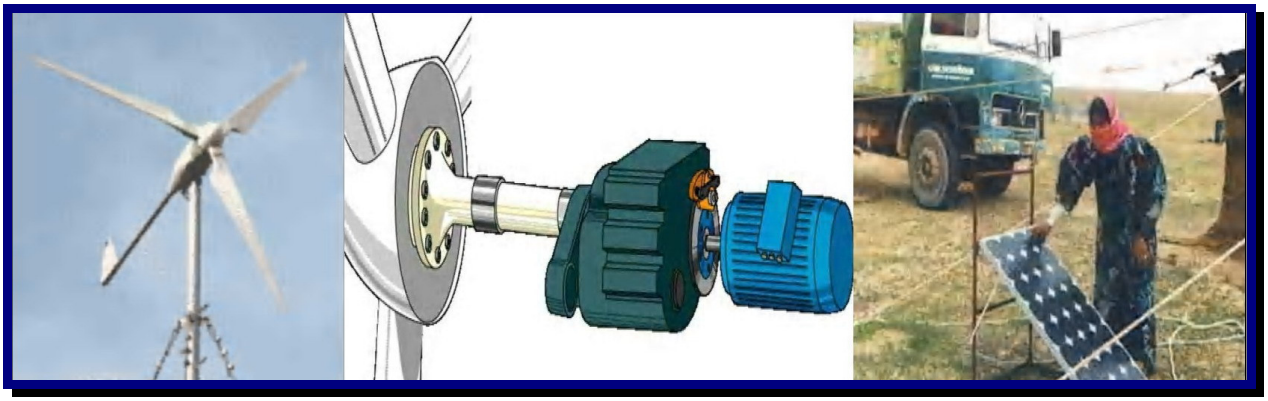
أخيـراً كـل الـشكر إلـى كـل مـن وقـف معـي وقـدم لـي المـساعدة فـي إنجـــاز هـــذا البحـــث مـــن مختلـــف الجامعـــات الـــسورية وأخـص بالـذكر **الـدكتور المهنـدس ياسـر ديـاب** لتعاونـه العلمـي ولإرشاداته القيمة.

وأخص بالـذكر أيـضاً **الـدكتور المهنـدس مـسـعود صبيـح** علـى إرشـاداته القيمة في مجال الطاقة الكهربائية.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

Tishreen university Faculty of Mechanical and Electrical Engineering Department Of Mechanical forces Engineering		الجمهورية العربية السورية جامعة تشرين كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية قسم القوى الميكانيكية

دراسة الضّياعات الميكانيكيّة في المحطّات العاملة بنظام توليد طاقة مشتركة شمسيّة رياحيّة والمستخدمة لتوليد الطّاقة الكهربائيّة



رسالة أعدت لنيل درجة الماجستير في هندسة القوى الميكانيكية

إعداد المهندسة أنديرا سليمان

المشرف العلمي

د. صلاح داوود

جامعة تشرين- سورية

المشارك بالإشراف

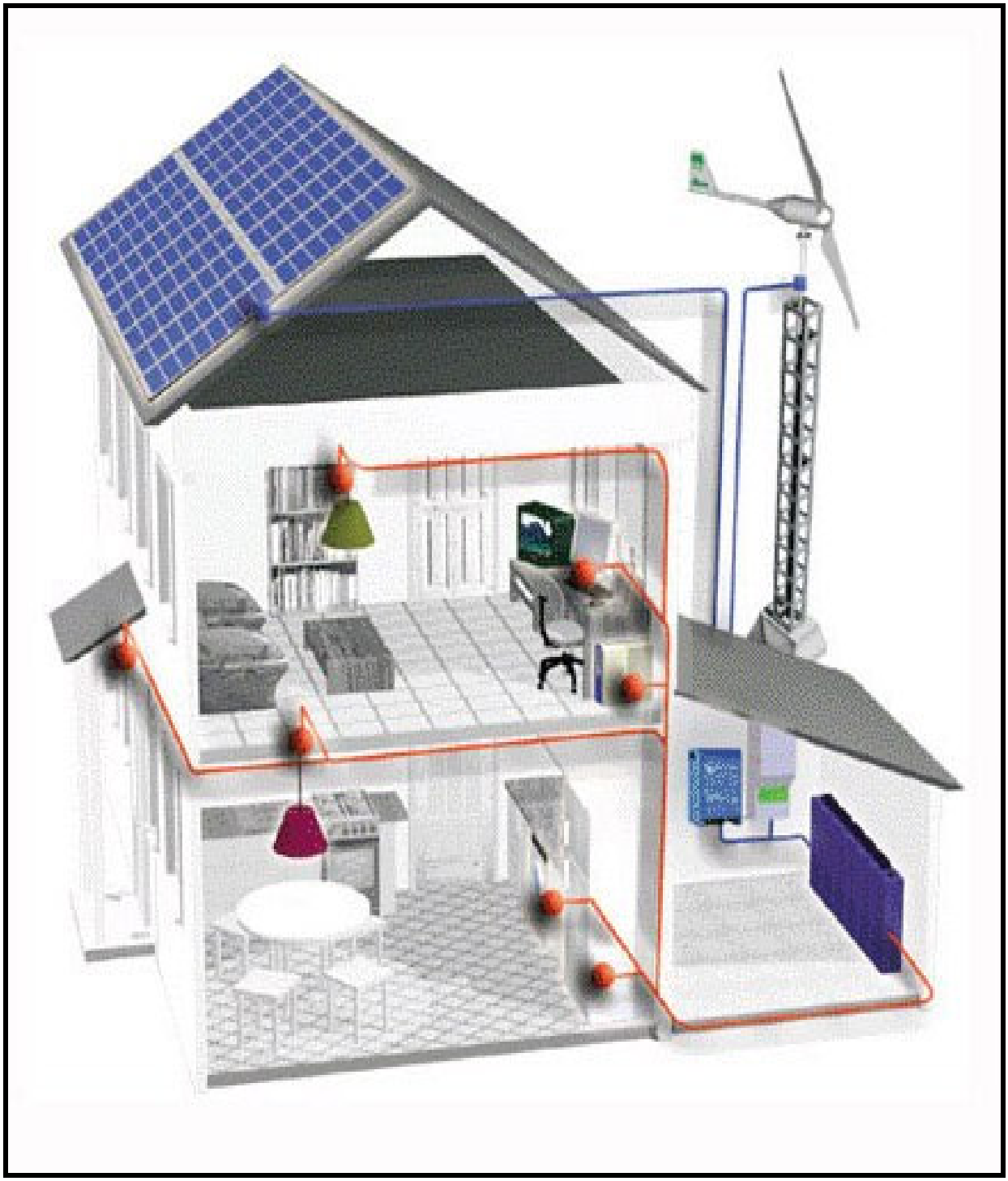
Dr. Fabrice VILLE

INSA-Lyon-France

اللاذقية ـ ٢٠٠٨

المنارة للاستشارات

www.manaraa.com



المنزل المفترض دراسته

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

المحتويات

العنوان	الصفحة
مقدمة	١
الفصل الأول:	
١-١- مقدمة	٢
١-٢- استثمارات طاقة الرّياح والطاقة الشمسيّة	٣
١-٢-١- الشمس	
١-٢-٢- ميزات الاعتماد على الطاقة الشمسية في توليد الكهرباء	٤
١-٢-٣- استخدامات الطاقة الشمسية	
١-٢-٤- تجارب بعض الدول في مجال استثمار الطاقة الشمسية لتوليد الكهرباء	
١-٢-٥- الرياح	٥
١-٢-٦- أنواع الرياح	
١-٢-٧- ميزات الاعتماد على طاقة الرياح في توليد الكهرباء	٧
١-٢-٨- المناطق الواعدة في القطر العربيّ السوريّ لإقامة محطات الطاقة المتجددة	٨
١-٣ طاقة الرياح في الجمهورية العربية السورية	٩
١-٣-١ المناطق الريحية في سورية	
١-٣-٢ الوضع الحالي لطاقة الرياح في سورية	
الفصل الثاني: دراسة العنفات الرّيحيّة	١١
٢-١- أنواع العنفات الريحيّة واستخداماتها	
٢-١-١- وضع محور الدوران الرئيسي	
٢-١-٢- عدد الأجنحة	١٣
٢-١-٣- حسب زاوية مواجهة الرياح للجناح	١٥
٢-١-٤- وضع الأجنحة بالنسبة إلى اتجاه الرياح	
٢-١-٥- الاتصال بالشبكة	١٦
٢-١-٦- المولد الكهربائي	١٨
٢-٢- أجزاء المنشأة الريحية	١٩
الفصل الثالث: العوامل التصميمية للطاقة الريحية	٢٧
٣-١- الطاقة الكامنة في الرياح	
٣-٢- المفاهيم الأساسيّة لدراسة الطبقة المجاورة لسطح الأرض	٣٠
٣-٣- منظومة توليد الكهرباء من طاقة الرياح (حساب العنفات الريحيّة)	٣٢
الفصل الرابع: الدراسة الحرارية الهندسية لشدّة الاشعاع الشّمسيّ	٣٩
٤-١- مقدّمة	
٤-٢- الأشعّة الشمسيّة	
٤-٣- الزوّايا الشمسيّة	
٤-٤- الإشعاع الشمسي الواصل إلى سطح الأرض	٤٢
٤-٤-١- استنزاف الإشعاع الشمسي أثناء عبوره بالغلاف الجوي	٤٣
٤-٤-٢- مركبات الإشعاع الشمسي المباشر والمنتشر	٤٥
٤-٥- شدة الإشعاع الشمسي الساقط على سطح الأرض	
٤-٦- حسابات شدّة الإشعاع الشمسي	٤٩

المنارة للاستشارات

www.manaraa.com

الفصل الخامس : دراسة وحساب الألواح الكهروشمسيّة ٥١
٥-١- الأجزاء الرئيسيّة لنظام الطاقة الشمسية
٥-١-١- الخلايا الشمسيّة
٥-١-٢- مصفوفة الألواح الشمسية ٥٨
٥-١-٣- نظام تخزين الطاقة الشمسية في البطاريات ٥٩
٥-١-٤- لوحة تحكّم تنظيم الطاقة ٦٠
٥-١-٥- محوّل لتحويل الجهد من مستمر إلى متناوب ٦١
٥-٢- محدّدات المحطة الكهروشمسيّة ٦٢
٥-٣- تطبيقات الخلايا الكهروضوئية ٦٤
٥-٣-١- تطبيقات الخلايا الشمسية في المناطق النائية
٥-٣-٢- تطبيقات الخلايا الكهروضوئية في بعض البلدان النامية ٦٥
٥-٣-٣- استخدام المنظومات الكهروضوئية للربط مع الشبكات الكهربائية ٦٦
الفصل السادس: الدراسة الحسابيّة الريحيّة ٦٧
٦-١- طبيعة المشروع ٦٨
٦-٢- الغاية من البحث ٧٠
٦-٣- خطوات البحث ٧١
٦-٤- أشكال ضياع القدرة بالمسننات ٧٢
أولاً – ضياع التهوية
١- قياس ضياع التهوية تجريبياً ٧٤
٢- تحديد ضياع التهوية حسابياً ٨١
ثانياً – ضياع الطاقة نتيجة انحباس خليط (الزيت – الهواء) بين الأسنان ٨٢
ثالثاً – ضياع الاحتكاك بين الأسنان ٨٣
٦-٥- الضياع الكليّ للطاقة ٨٥
٦-٦- حساب المردود ٨٨
الفصل السابع: الدّراسة الكهروشمسيّة ٩٢
٧-١- مقدّمة ٩٣
٧-٢- القدرة المتولّدة من الألواح الشمسية
١- حساب عدد اللواقط
٢- اختيار نوع اللاقط ٩٤
٣- طريقة ربط الألواح الشمسية ٩٥
٤- حساب مردود المحطة الكهروشمسية ٩٧
٥- حساب المساحة الكلية الفعالة للألواح الشمسية
٧-٣- النموذج الرياضيّ لحساب عدد البطاريّات المستخدمة
نتيجة ٩٨

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

مقدمـــــــة :

إنّ الحاجة إلى توفير الطاقة الذي يضغط حاليّاً على المجتمع ، والذي سوف يزداد يوماً بعد يوم، بسبب الاستهلاك المتزايد لطاقة الوقود الاحفوري، والذي يترافق مع النموّ الاقتصاديّ في معظم دول العالم، مما يؤدي إلى انخفاض الاحتياطي العالمي من هذه المادة، وضرورة حماية البيئة من التلوث الناتج عن احتراق الوقود الاحفوريّ ، إضافة إلى ارتفاع أسعاره، والذي وصل سعره إلى مائة وخمسين دولار أمريكي للبرميل الواحد هذا العام، كما أن استغلال الطاقة النووية في توليد الكهرباء محفوف بالمخاطر البيئية، لذلك أصبح محتماً على دول العالم أن تبحث في أمرين :

- **تخفيض ضياعات الطاقة** في الميكانيزمات بشكل عام، وذلك من خلال تخفيض كتلتها، وغير ذلك من العوامل التي تؤدي إلى تخفيض القوى المسببة لهذه الضياعات.

حيث أن ضياع الطاقة بالنقل بالمسنّنات، يرتبط بطريقة التزييت مثل ضياع انحباس خليط (الزيت – الهواء) في قعر الفراغ بين الأسنان، ضياع التهوية وضياع الرشاش، هناك أيضاً ضياع الاحتكاك الذي يرتبط بالحمل المنقول.

- البحث عن **مصادر بديلة للطاقة** تؤمن مصدراً دائماً لها، وبنفس الوقت تحافظ على البيئة من خلال تخفيض الغازات الضارة المنبعثة في الجو.

فالطاقة المتجددة بأنواعها: من طاقة شمسيّة، وطاقة رياح، وطاقة الكتلة الحيوية، وطاقة المساقط المائيّة، والطاقة الحراريّة، وطاقة المدّ والجزر، وغيرها من الطاقات "الطبيعية" تعتبر الأمل في توفير الطّاقة في المستقبل، وهي مفتاح تحسين الظروف المعيشية لسكان الريف، حيث أن تمديد خطوط الطاقة الكهربائية من المدن إلى مناطق الريف عمل مكلف للغاية، وهو ليس في مقدور بلدان نامية كثيرة...

فالطاقة الشمسية استخدمت في مجالات مختلفة منها: تجفيف الأغذية بحيث يمكن تخزينها لمدة أطول،أعمال الطهو، تسخين مياه المنازل، عمليات ضخ المياه، تحلية مياه البحر، إضافة إلى إنتاج التيّار الكهربائي إما باستخدام الدارة الترموديناميكية، أو بالتحويل المباشر باستخدام الخلايا الكهرضوئية. ويتم أيضاً الاستفادة من الطاقة الريحية، والمائية في تحويل قوة الريح والماء بصورة مباشرة إلى كهرباء. فهذه الطاقات هي مجانية ونظيفة، حيث بلغت نسبة إنتاج الطاقة النظيفة في ألمانيا على سبيل المثال: حوالي ٢٠% من مجمل الطاقة الكهربائية المستهلكة. بالنسبة لبلدنا سورية فإن توفير الطاقات البديلة(شمسية – رياحية) يعتبر الحلّ الأمثل، في ظروف انخفاض كميّة الوقود المنتج، وبسبب الموقع الجغرافيّ لسوريّة من خلال تواجدها على خطوط العرض والطول المناسبة لظروف الطاقات البديلة.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

وفي إطار التعاون العلميّ المشترك بين المعهد الوطني للعلوم التطبيقيّة INSA في ليون بفرنسا، وجامعة تشرين، فقد تم الاتفاق على الإشراف المشترك، لإجراء بحث علميّ لنيل درجة الماجستير بعنوان "دراسة الضيّاعات الميكانيكيّة، في المحطات العاملة بنظام توليد طاقة مشتركة، شمسية – رياحيّة والمستخدمة لتوليد الطاقة الكهربائيّة ". وفقاً لذلك الاتفاق وبمساعدة المشرف المساعد Dr. Fabrice VILLE قمنا في مخابر المعهد بإجراء تجارب لقياس ضياع الطّاقة بالتهوية بالمسنّنات.

يهدف هذا العمل المشترك بين جامعة تشرين وINSA إلى دراسة الضيّاعات في آلية نقل القدرة بالمسننات، والمركّب في الآلة العنفية الريحيّة، بغرض تخفيض هذه الضيّاعات وصولاً إلى مردود أفضل، وذلك من خلال إجراء التّجارب، وتصميم البرامج اللازمة، والاستفادة من برامج موجودة مسبقاً.

اللاذقية ٢٠٠٨

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الفصل الأوّل
وضع الطاقات المتجدّدة في سورية

١ـ ١ مقدمة :

يمثّل سكان الدول النامية حوالي ٨٠% من إجماليّ سكان العالم، وتستهلك هذه الدول حوالي ٢٠٪ من إجماليّ الاستهلاك العالميّ من الطّاقة، وإن الإسراع في التنمية الاقتصاديّة للدول النامية سوف يزيد من معدل استهلاكها للطاقة في المستقبل المنظور. من جانب آخر إن تفاقم مشكلات تلوّث البيئة، خاصة في الدول الصناعية نتيجة لزيادة الاعتماد على الوسائل الصناعية لإنتاج المواد الخام، وباقي السلع المهمّة، قد خلق واقعاً يؤثّر تأثيراً سيئاً على سكان كوكب الأرض، نتيجة لزيادة انبعاثات الغازات الحابسة للحرارة . ومن جانب آخر شكّل النقص الهام في مخزون النفط، والفحم، والغاز الطبيعي، دافعاً رئيساً لاستثمار الطاقات البديلة حيث بينت الدراسات التي أجريت في هذا المجال أن مخزون النفط والغاز الطبيعي في الخليج العربي على سبيل المثال: سيكفي لحوالي ٤٠ عاماً (أجرت هذه الدراسة الإدارة الأمريكية للطاقة DOI) [١] .

إن العوامل السابقة مجتمعة (زيادة استهلاك الطاقة – تلوث البيئة – النقص في مخزون النفط والغاز والفحم) دفعت العالم للبحث عن مصادر جديدة للطاقة مثل الطاقة الشمسيّة، طاقة الرّياح، طاقة الكتلة الحيوية، طاقة المحيطات وغيرها من مصادر الطاقة المتجدّدة .

١ـ٢ استثمارات طاقة الرّياح والطاقة الشمسيّة:

١ – ٢ – ١ – الشمس:

هي عبارة عن كتلة ملتهبة من الغازات التي تزيد درجة حرارة سطحها على (٦٠٠٠ درجة مئوية) لتصل في مركزها إلى (٢٠ مليون درجة مئوية) ، والتي تطلق كميات هائلة من الطاقة تنتقل عبر الفضاء، بصورة موجات كهرطيسية بسرعة تعادل ($٣,١٠^{٥}$ km/s)، ليصل جزء منها إلى سطح الأرض [٢].

<u>الشمس مصدر الطاقة :</u>

الشمس هي مصدر الحياة، كما أنّ الطاقة الشمسية تعتبر المصدر الرئيسيّ للطاقة في كوكب الأرض، ومنها توزّعت وتحوّلت إلى مصادر الطاقة الأخرى، سواء ما كان منها مخزون في طاقة الرّياح، والطاقة الحراريّة في جوف الأرض، والطاقة المولّدة من مساقط المياه، وغيرها من مصادر الطاقة كالفحم الحجريّ، والأخشاب. وتقدّم الشمس نحو(٩٩,٩٧%) من الطاقة إلى الأرض [٢] [٣].

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

فالطاقة الشمسية الواصلة إلى الأرض، تتحول إلى شكلين رئيسيّن: طاقة كيميائية، وطاقة حراريّة، وكل منها يتجلى بعدة مظاهر تؤدي إلى نشوء عدد من الطاقات، وربما كان لهدوء الشمس الزائد دور كبير في إهمال الناس لها ونسيانها، إلا أنّ أزمة الطاقة الحالية والتهديدات المطروحة أمام الحضارة الحديثة في حال نضوب الوقود الاحفوري، أعاد الأذهان للتفكير باستغلال الطاقة الشمسية، واليوم تجري أبحاث جادة لتطوير هذا المصدر الطاقي، ووضعه قيد الاستثمار الفعلي على نطاق واسع، بغية حل أزمة الطاقة المقبلة .

١-٢-٢- ميزات الاعتماد على الطاقة الشمسية في توليد الكهرباء:

١- يُعتبر هذا المصدر من مصادر الطاقة الدائمة أمل الدول النامية في التطوّر، حيث أصبح توفر الطاقة الكهربائية من أهم العوامل الرئيسية لإيجاد البنى الأساسيّة في هذه الدول، وتوفير إمدادات الطاقة اللازمة للمجتمعات الريفيّة المعزولة.

٢- نظم الطاقة الشمسية نظيفة، ولا تضرّ بالبيئة وتتميز بانخفاض تكاليف صيانتها.

٣- لا يتطلب إنتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية مركزية التوليد، بل تنتج الطاقة وتستخدم بنفس المنطقة، وهذا يوفر الكثير من تكاليف النقل والمواصلات.

١-٢-٣- استخدامات الطاقة الشمسية:

إن مجالات استخدام الطاقة الشمسية كبيرة جداً نذكر منها :

- تسخين المياه للاستخدامات المنزلية والصناعية.
- تدفئة وتهوية وتكييف المنازل السكنيّة، والمكاتب، والمصانع.
- توليد الطّاقة الكهربائيّة.
- تجفيف المنتجات الزراعية.
- تركيز الأشعة الشمسية، والحصول على طاقة مركزة للاستخدامات الصناعية.
- تخمير ومعالجة الفضلات العضوية، وإنتاج غاز الميتان.
- استخدامات معقدة في مجال أعمال الفضاء

١-٢-٤- تجارب بعض الدول في مجال استثمار الطاقة الشمسية لتوليد الكهرباء:

١- السعودية:

في شمال غربي الرياض وعلى مقربة من بلدة العينيّة في السعودية، أقيمت أكبر محطّات تجميع الطّاقة الشمسيّة في العالم، وتضمّ هذه المحطة أجهزة ومعدات متقدمة مثلاً لاقطات الأشعة، خلايا الطاقة، مرايا وغيرها، إضافة إلى بطاريات التخزين التي تحول الحرارة المستمدة من أشعّة الشمس إلى قوة كهربائيّة هائلة، وتمد هذه المحطة ثلاث قرى نائية هي: العينية، والجبيلة، والهجرة، بالكهرباء . يضم مشروع القرية الشمسية ١٦٠ مجمعاً شمسياً ينتج (٢٥٠٠ kW) كهرباء، إضافة إلى أجهزة

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

المراقبة والتحكّم. وقد صُمّمت محطة الطاقة الشمسية للعمل، بنظام تشغيل منفرد ومزدوج، ففي النّظام المنفرد تمدّ المجمعات الشمسية نهاراً القرى بالطاقة الكهربائية وتغذّي البطاريات، وفي الليل وأثناء فترات الغيوم تعطي البطاريات القرى ما يلزمها من الطاقة.

وفي التشغيل المزدوج تشارك مولدات الديزل المجمعات الشمسية في إنتاج الطاقة الكهربائية. ويعمل هذا النظام كذلك في حال ارتفاع الحمل الكهربائي عن الحدّ الأعلى لقدرة المحطة وهي (٢٥٠٠ kW) [٤].

٢- مصـــــر :

تمّ في عام ١٩٩٥ إعداد دراسة حول الإمكانات المتاحة في مصر لتوليد الكهرباء من الشمس، وقد أوضحت الدراسات المقدَّمة في مصر أنّ الإمكانات المتاحة تقدّر بحوالي (٣٠ %) من إجمالي الإمكانات المتاحة في دول البحر المتوسّط، ويجري حالياً تنفيذ المحطة الشمسيّة الحراريّة الأولى، لتوليد الكهرباء بمصر بمنطقة الكريمات جنوب الجيزة .

١-٢-٥ - الريـــاح:

عبارة عن هواء متحرّك حركة أفقيّة فوق سطح الأرض أوفي جوّها، وبتعبير آخر هو حركة الهواء الناتجة عن تغير خطوط التيّار الحراريّة في (١٦km) الأولى فوق سطح الأرض، والمسماة بطبقة الجوّ السفلية الملامسة مباشرة لسطح الكرة الأرضيّة [٢] .

وضّحنا سابقاً أن كلّ الطاقات المتجدّدة (ما عدا طاقة المدّ والجزر) تأتي في النهاية من الشمس، حيث تشعّ الشمس حوالي ($١,٧٤\times١٠^{١٧}$kW/h) من الطاقة إلى الأرض، وأن حوالي % (٢÷١) من طاقة الشمس الصادرة نحو الأرض تتحوّل إلى طاقة رياح [١٧].

نشوء الرياح :

تنجم الرياح عن السخونة غير المتوازنة لسطح الأرض، فالهواء عند خطّ الاستواء أكثر سخونة منه في القطبين، وبما أن الهواء الساخن أخفّ من الهواء البارد، فسيرتفع الهواء الساخن في السماء حتى يصل إلى القطبين الشمالي والجنوبي، حيث يبرد الهواء ويزداد وزنه، فيعاود الهبوط نحو سطح الأرض ليشكل الرياح، تتسارع هذه الرياح من المناطق المجاورة لخطّ الاستواء، لتعبئة الفراغ الناجم عن صعود الهواء الساخن [١٧] .

١-٢-٦- أنواع الرِّياح :

أ- **الرياح العالمية :**

١. **الرياح العليا الجيوستروفية** : هذه الرياح تتشكل بسبب دوران الأرض (قوة كوريوليس)، حيث تقاد بشكل كبير باختلاف الحرارة وبالتالي اختلاف الضغط ، وهي لا تتأثّر بسطح الأرض،

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

وتوجد هذه الرياح في الارتفاعات التي تزيد عن (١٠٠٠m) فوق سطح الأرض، وتقاس سرعة هذه الرياح باستخدام المناطيد الهوائيّة [١٧].

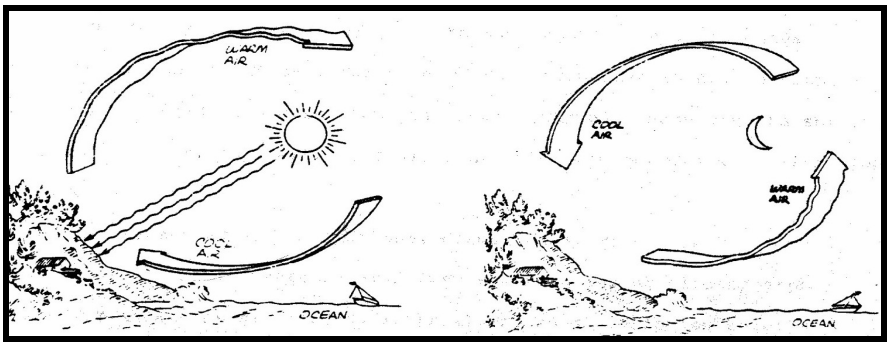
٢. الرياح السطحية : توجد هذه الرياح في الارتفاعات حتى (١٠٠٠m) عن سطح الأرض، وتتأثّر هذه الرياح بسطح الأرض، حيث تصبح بطيئة قرب السطح بسبب الخشونة والعقبات. وفي دراسة الطاقة الناتجة عن الرياح والتعامل معها وتطبيقاتها المختلفة نهتم فقط بالرياح السطحية [١٧].

ب- الرياح المحلية :

١. نسيم البحر : خلال النهار تسخن اليابسة بأشعة الشمس أكثر من البحر، فيرتفع الهواء ويهب إلى البحر، ويخلق ضغطاً منخفضاً في مستوى اليابسة الذي يجذب الهواء البارد من البحر، ويسمى بنسيم البحر، وفي وقت الغسق توجد فترة من الهدوء تتساوى فيها حرارة البحر والأرض. أما في الليل فتهب الرياح بالاتجاه المعاكس لهبوبها في النهار، ويسمى هذا بنسيم البرّ، وتكون سرعات الريح في نسيم البرّ ليلاً أقل منها في نسيم البحر، لأن الاختلاف الحراري بين اليابسة والبحر أقل ليلاً، شكل(١-١) [١٨].

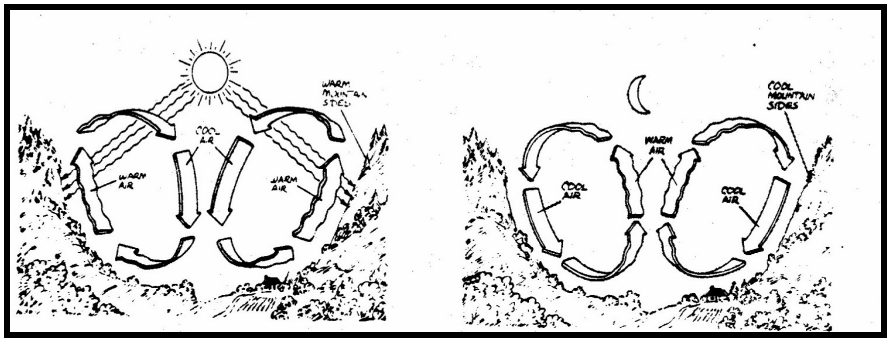
٢. نسيم الجبل : إن مناطق الجبال تعرض أنماط المناخ المهمة والممتعة كثيراً، ومثال على ذلك نسيم الوادي الذي ينشأ عن المنحدرات المواجهة للجنوب (يعني تواجه الشمال في نصف الكرة الجنوبي) فعندما تسخن المنحدرات يسخن الهواء المجاور لها، وتنقص كثافة هذا الهواء فيصعد نحو الأعلى باتجاه السطح الأعلى المجاور للقمة ، وفي الليل يحدث عكس ذلك وينقلب اتجاه الرّيح. شكل(١-٢) .

٣. الرياح الموسميّة : في الحقيقة إن الرياح الموسمية هي شكل واسع النطاق لنسيم البرّ والبحر. وهي رياح فصلية تهبّ في مواسم محددة من السنة، وبشكل دوريّ، وهي معروفة بشكل كبير في جنوب شرق آسيا. تهبّ نتيجة اختلاف الضغط الجويّ ما بين اليابسة والماء في نصفي السنة، لتباين درجة التسخين بين اليابسة والماء، وتتنوع اتجاهات هذه الرياح بين الفصول، لأن طبقات اليابسة تسخن أو تبرد بشكل أسرع من البحر. وهي موسميات صيفية، وموسميات شتوية [٢] .



الشكل (١- ١) يبيّن حركة الرياح أثناء النهار والليل بجوار البحار والمحيطات

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



الشكل (١-٢) يبيّن حركة الرياح أثناء النهار والليل بجوار المناطق الجبلية

١-٢-٧- ميزات الاعتماد على طاقة الرياح في توليد الكهرباء:

١. مصدر نقي للطاقة يؤدي لانخفاض الملوثات الكربونيّة، حيث أن توربينات الرياح تقلل من انبعاثات ثاني أوكسيد الكربون الناتج عن احتراق الوقود، ولا تترك أيّ إشعاعات أو بقايا ضارة، فهي تحافظ على البيئة، ولا تسبب اضطرابات في المناخ .

٢. مصدر متوفّر للطاقة باستمرار لا ينضب، فالرياح منتشرة على نطاق واسع وتوفّر لنا الطاقة أكثر ما يمكننا استخدامه.

٣. طاقة الرياح آمنة : فسجلُّ السلامة والأمان المهنيّ فيها نظيف، والحوادث العرضية القاتلة في صناعة الريح، تعلقت بالتركيب والصيانة فقط، وهي قليلة جداً .

٤. مع توليد الكهرباء من طاقة الرياح ليس هناك ارتفاع مفاجئ للأسعار، كما يحدث بالنسبة للغاز الطبيعي مثلاً، ولأن الرياح منتشرة على نطاق واسع، لا يمكن لدولة أو مجموعة دول، أو سياسات معينة، أن تتدخل فيها كما الآن بالنسبة للنفط.

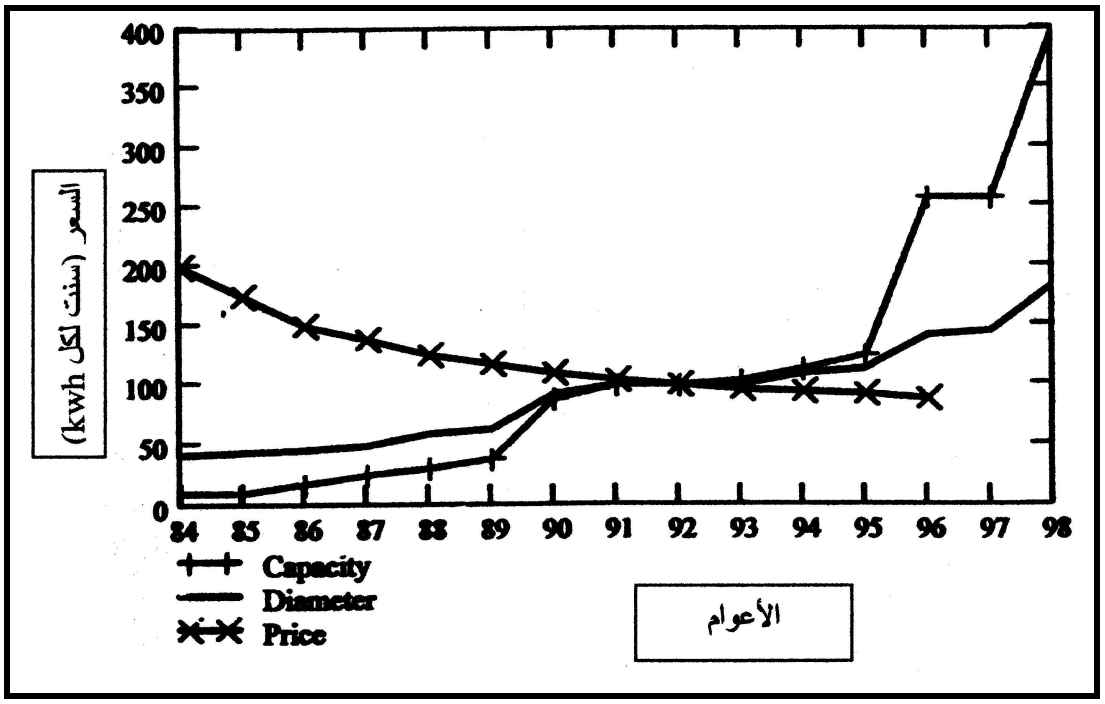
٥. الحاجة إلى مساحات جغرافيّة أقلّ : فعلى سبيل المثال لإنتاج $(١,٢-١,٨)\times١٠^{٦}$ kWh/year نحتاج إلى (٠,٠٠٣٦) هكتار من الأرض، بينما تتطلب الخلايا الشمسية مساحة (١,٤) هكتار لإنتاج نفس كمية الكهرباء بالسنة، بينما تتطلب القوة المائية فيضاناً يعادل مساحة من الأرض تساوي (٢٠٠) هكتار لإنتاج نفس الكمية السابقة بالسنة .

٦. تأمين فرص عمل كبيرة في الدول النامية، التي تتوافر فيها إمكانات كبيرة لتوليد طاقة من الرياح، مثل الهند والصين .

وقد تطورت تقنية طاقة الرياح خلال العقدين الأخيرين من صناعة للآلات الصغيرة البسيطة، التي لا يُعتمد عليها، إلى تقنية تنافس الأشكال التقليدية المعروفة لتوليد الطاقة. إن تزايد تطّور هذه التقنية من حيث السّعة، بدأ بشكل ملحوظ منذ عام ١٩٩٠، حيث تضاعفت سعة الوحدة العنفيّة من kW ٥٠٠

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

أو ٦٠٠kW إلى ١٥٠٠ kW أي بمقدار ثلاث مرات، والشكل (١-٣) يوضّح التطور الحاصل في السعة، والكلفة، وقطر العنفة .



شكل (١-٣) تطور البارامترات لعنفة الرياح (عام ١٩٩٢ يمثل ١٠٠٪ لكل البارامترات)

وأخيراً اليوم أكثر من٧٩٠٠٠ MW من طاقة الرياح يتمّ استخلاصها في العالم، وبتكلفة قدرها (٣,٥÷٤) سنت لكل ١KWh، وهذا يعني أن الطاقة المتولّدة عن الرياح هي أرخص من الطاقة المتولّدة عن الفحم، والوقود السائل، والوقود النووي، ونظم المولدات التي تعمل بالغاز الطبيعي.

١-٢-٨- المناطق الواعدة في القطر العربيّ السوريّ لإقامة محطات الطاقة المتجددة :

محافظة القنيطرة:

تعتبر محافظة القنيطرة من المناطق الواعدة لإقامة محطات طاقة في سورية، فقد بلغت القيم المسجلة لسرعة الرياح الوسطية على ارتفاع ٧m في هذه المحافظة لعام ١٩٩٧ (١١,١m/s) [٥] .

و السرعة الوسطيّة للرياح على ارتفاع ٥٠m، ولصنف خشونة من النوع ٠ = class تساوي (٩,٤m/s) في عامي ١٩٩٤-١٩٩٣ [٦] ، وهي (١٠,٥m/s) في عامي ١٩٩٦-١٩٩٥ .

إن القيم السابقة وإن لم تغط فترات زمنية طويلة، فهي تشير إلى دلالة كبيرة، وهي أن هذه القيم يمكن أن تعطي استطاعات مستخلصة كبيرة من العنفات الرّيحيّة، حيث نعلم أن معظم العنفات الريحية في

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

العالم، تعطي كامل استطاعتها عند سرعة رياح وسطية تساوي (١٥m/s). إذاً تشكل محافظة القنيطرة مكاناً مناسباً لإنشاء المزارع الريحية المستخدمة في توليد الطاقة الكهربائية .

محافظة حمص :

تعتبر محافظة حمص أيضاً من المناطق ذات شدّات الرياح العالية في القطر ومن القيم المسجلة لسرعة الرياح الوسطية في المحافظة، وهي على مدار الأعوام ١٩٧٩ حتى ١٩٨٩على ارتفاع ٥٠m ولصنف خشونة من النوع ٠ = class تساوي (٦,٩ m/s) [٦] . وتعتبر هذه القيم جيدة لإقامة المزارع الريحية .

تعتبر محافظة حمص أيضاً من المناطق ذات شدّات الإشعاع الشمسي العالية حيث تبلغ شدّة الإشعاع الشمسي الوسطية هي (٦٩٩٨,٩Wh/m^2.day) كما في الجدول (٤-٢).

١-٣ طاقة الرياح في الجمهورية العربية السورية :

١-٣-١- المناطق الريحية في سورية : تهب في سورية الرياح التالية :

١- رياح جنوبية شرقية تهبّ في الربيع والصيف آتية من الصحراء.

٢- رياح شمالية شرقية مصدرها تركيا.

٣- رياح شمالية غربية.

٤- رياح غربية جنوبية آتية من البحر.

١-٣-٢ الوضع الحالي لطاقة الرياح في سورية:

كما أشرنا سابقاً فإن استخدامات طاقة الرياح في سورية محدودة حالياً، إذ لا تتجاوز استطاعة وحدات توليد الكهرباء الريحية (٩٠٠kW)، موزعة على النحو التالي :

١- عنفة ريحية باستطاعة (١٥٠kW) مركبة في مدينة البعث/ محافظة القنيطرة/: وقد باشرت بالإنتاج بتاريخ (١٥/٧/١٩٩٤) وبلغ إنتاجها الكلي حتى نهاية عام /٢٠٠٠ /، ما يعادل (١,٥٩٤×١٠^6 kWh) ويقدر إنتاجها السنوي بحوالي (١٠^6 kWh) .

٢- العنفات الريحية المصنعة في شركة النظم الطليعية : باشرت شركة النظم الطليعية منذ تأسيسها في عام ١٩٩٠، بتصنيع عدد من الوحدات الرّيحيّة، بدءاً من استطاعة (١٥٠W)، وتطورت هذه الصناعة إلى تصنيع عنفات باستطاعة (٥٠kW)، وبموجب عقود وقعت بين هذه الشركة الخاصة، ووزارتي الرّيّ والزراعة تمّ تركيب /١٤/ عنفة، منها/٥/ عنفات باستطاعة /١٠kW/ و/٩/عنفات باستطاعة /٥٠kW/ ، في عدد من السدود التابعة لوزارة الري في حوض البادية، واليرموك، وعدد من الآبار التابعة لوزارة الزراعة في/ تدمر- مصياف - خان أرنبة /،

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

وتستخدم هذه العنفات لتأمين ضخ المياه بشكل رئيسي، كما قامت الشركة بتركيب عدد من العنفات باستطاعة إجمالية (٢٥٠kW) لدى القطاع الخاص .

٣- مشروع المزرعة الريحيّة باستطاعة (٥MW) ، في منطقة السنديانة : بالاستفادة من منحة البرنامج الإنمائي للأمم المتّحدة، وبالتعاون مع مخبر" ريزو"، والمديريّة العامّة للأرصاد الجويّة، تمّ إعداد دراسة جدوى اقتصادية لإقامة مزرعة ريحيّة باستطاعة (٥MW)، في موقع السنديانة في محافظة حمص، تشمل/١٠عنفات / باستطاعة (٥٠٠kW) لكلّ منها، وبإنتاجية تصل إلى (١٢,١×١٠^{٦} kWh/year) .

٤- أطلس الرياح : بالاستفادة من منحة البرنامج الإنمائيّ للأمم المتّحدة، ومن خبرة مخبر "ريزو " الدّنماركيّ، تمّ انجاز أطلس الرياح باللغتين العربيّة والانكليزيّة، وتضمن أطلس الرياح معلومات عن سرعات الرياح مأخوذة من /٦٠/ محطة رياح في القطر، تغطي معظم المناطق المناخيّة في القطر، وهذه المعلومات تتضمن نتائج القياسات الريحيّة لمدة /١٠/ أعوام (١٩٧٩- ١٩٨٩) ويمكن اعتبار هذه المعلومات أساساً لتقدير الطاقة الريحيّة المتاحة، للاستفادة منها في توليد الكهرباء، ووفقاً لهذا الأطلس تمّ إعداد خارطة الرياح في القطر العربيّ السوريّ (الملحق١)، حيث تمّ تقسيم القطر إلى/ ٤/ مناطق ريحية، تبلغ مساحة المنطقة الأولى، والتي تتوفّر فيها سرعة رياح مجدية، وتتراوح بين (٥-١١,٥m/s) حوالي (٥٤×١٠^{٣} km^{٢})، حيث يمكن اعتبار هذه المساحات، كمناطق مرشّحة للدراسات التفصيليّة اللازمة، لاستخدام طاقة الرياح في مجال توليد الكهرباء.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الفصل الثاني
دراسة العنفات الرّيحيّة

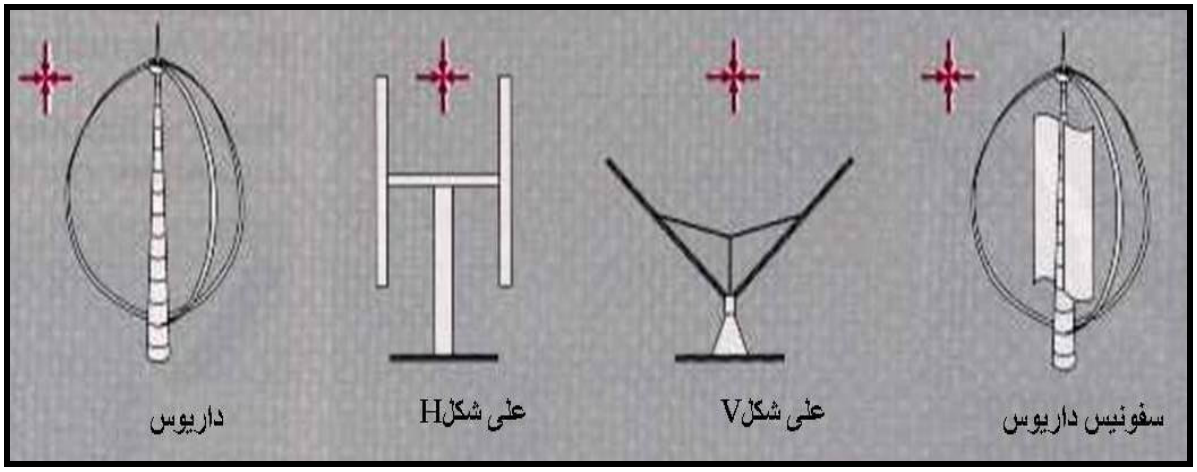
٢-١- أنواع العنفات الريحيّة واستخداماتها [٧]:

تُصنّف العنفات الريحية تبعاً لكيفية استخدامها والتصميم الهندسي لأجزائها إلى ما يلي:

٢-١-١- وضع محور الدوران الرئيسي

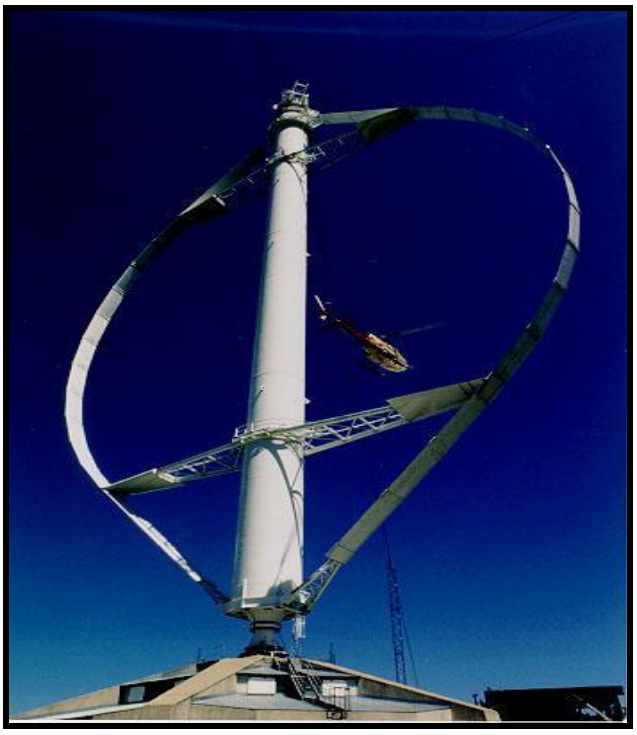
- **محور دوران رأسي:**

يكون مستوى دوران الدوار موازياً لمستوى الأرض، ولهذا لا يحتاج هذا النوع إلى نظام توجيه في اتجاه الرياح، كما أنّ وجود كل الأجزاء في مستوى الأرض، يسهل عملية نقل الطاقة الكهربية، وعملية الصيانة الميكانيكية والكهربية. وهناك عدة أشكال من هذا النوع (الشكل ٢-١- أ)، والشكل (٢-١- ب) يبيّن إحدى العنفات ذات المحور الرأسي.



الشكل (٢-١- أ) نماذج من العنفات ذات المحور الرأسي

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



الشكل (٢-١- ب) يبيّن إحدى العنفات ذات المحور الرأسيّ

- **محور دوران أفقيّ:**

ويكون مستوى دوران الدوار عموديّاً تقريباً على مستوى الأرض وهو الأكثر شيوعاً في الاستخدام إذ يتصف بقدرات عالية (الشكل ٢-٢).

الشكل (٢-٢) عنفة ذات محور دوران أفقي

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

٢-١-٢- عدد الأجنحة :

- **أحادية الجناح:**

يتميز هذا النوع بسرعة دوران الدوار العالية، مما يقلل من نسبة رفع السرعة الدورانية . ويحتاج هذا النوع إلى وضع ثقل في الجهة المقابلة للجناح لعمل اتزان في حالة الدوران. وتصدر عن هذا النـــوع ضوضاء عالية نسبياً مقارنةً بالأنواع الأخرى (الشكل ٢-٣).

وغالبية هذا النوع ذات قدرات صغيرة، وتستخدم عادة كأنظمة منفردة في المناطق البعيدة عن الـــشبكة الكهربائية .

الشكل (٢-٣) عنفة أحادية الجناح

- **ثنائية الأجنحة:**

يتميز هذا النوع بقلة تكلفة الدوار، وخفة وزنه، وسرعة دورانه العالية، مما يقلل من نسبة رفع السرعة الدورانية، وبالتالي يقلل من تكلفة صندوق التروس ، كما يتميز بسهولة تركيب الأجنحـــة، إذ يمكـــن تركيبها وهي على الأرض. ولكن من عيوب هذا النوع زيادة الحمل على العنفـــة الريحيـــة، نتيجـــة لارتفاع سرعة الدوران، وارتفاع نسبة الضوضاء (الشكل ٢-٤).

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الشكل (٢-٤) عنفة ثنائية الأجنحة

- **ثلاثية الأجنحة :**

وهذا النوع هو الشائع الاستخدام نظراً لما يتميز به من اتـزان العـضو الـدّوار، وانخفـاض نـسبة ضوضائه، وانخفاض الحمل الناتج من دوران الدوار (الشكل ٢-٥).

الشكل (٢-٥) عنفة ثلاثية الأجنحة

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

- **متعددة الأجنحة:**

يتميز هذا النوع بالعزوم العالية والسرعة البطيئة، وقدرات محدودة، لذا تستخدم طاقة دورانه كطاقة ميكانيكية (الشكل ٢-٦) .

الشكل (٢-٦) عنفة متعددة الأجنحة

٢-١-٣ حسب زاوية مواجهة الرياح للجناح :

- **زاوية الخطوة المتغيرة :**

ويتميز هذا النوع بالاستفادة الكاملة من سرعات الرياح المتاحة، لهذا يحتاج إلى تصميم خاص للتحكم في هذه الزاوية، مما يزيد من التكلفة.

- **زاوية الخطوة الثابتة :**

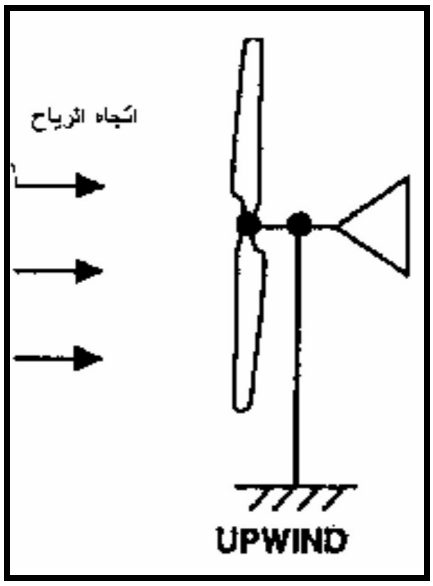
يعتبر هذا النوع الأكثر والأسهل استخداماً، ويتم تثبيت الجناح بزاوية طبقاً لتصميم الجناح الديناميكي الهوائي.

٢-١-٤- وضع الأجنحة بالنسبة إلى اتجاه الرياح :

- **أجنحة أمامية:**

حيث تكون الأجنحة في مقدمة كابينة المروحة، فيكون تأثير الرياح عليها مباشر، وهذا النوع الشائع استخدامه كما بالشكل (٢-٧).

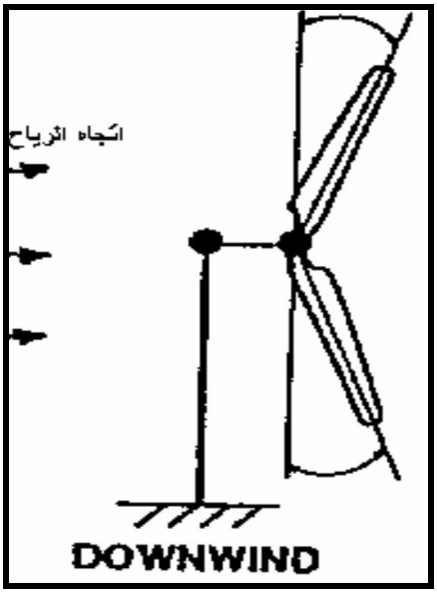
المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



الشكل (٢-٧) نموذج لعنفة ذات أجنحة أمامية

- **أجنحة خلفية :**

حيث تكون الأجنحة في مؤخرة كابينة المروحة، مما يؤثر على خواص الرياح المؤثرة على الأجنحة كما في الشكل (٢-٨).



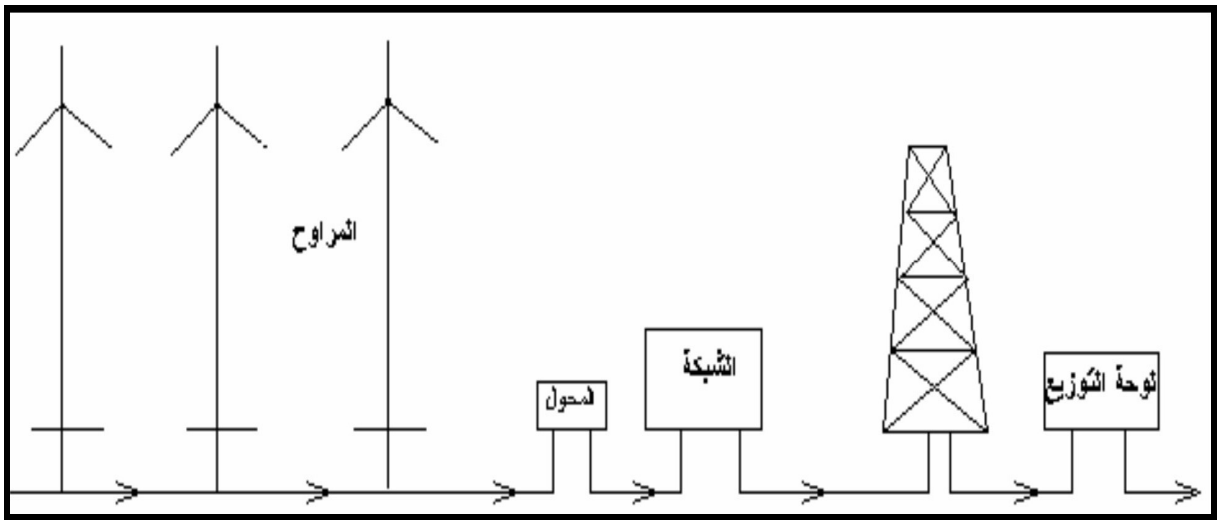
الشكل (٢- ٨) نموذج لعنفة ذات أجنحة خلفية

٢-١-٥- الاتصال بالشبكة :

- **متصلة بالشبكة الكهربائية:**

وهذا النوع هو الشائع الاستخدام، حيث يمكن توصيل أي عدد من العنفات الريحية، بالشبكة الكهربائية كما في الشكل (٢-٩).

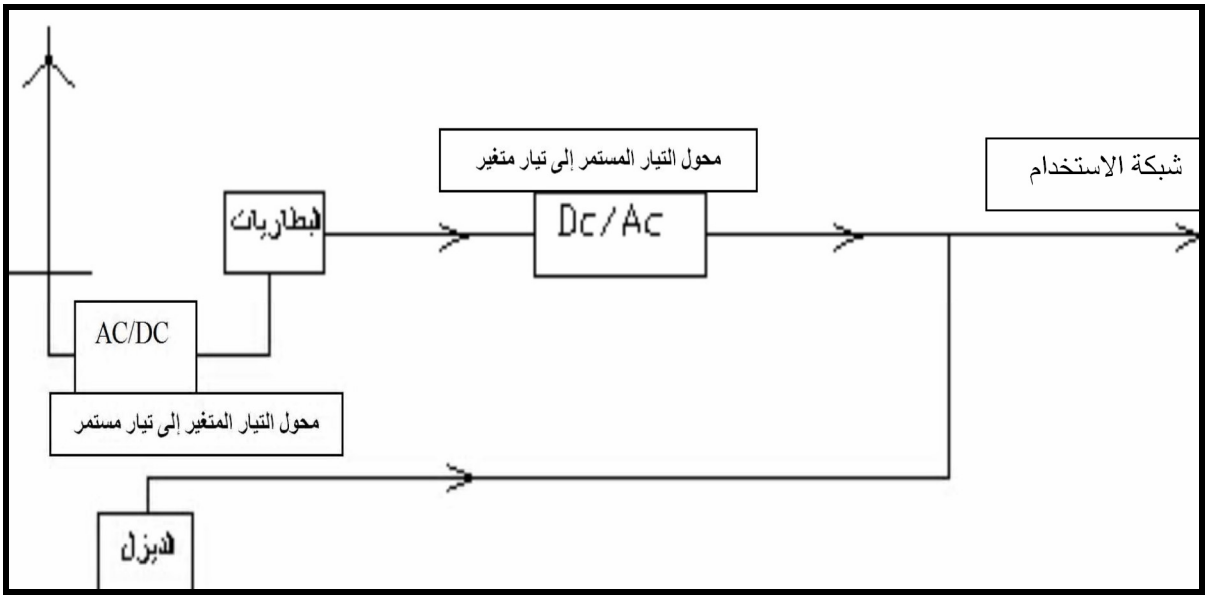
المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



الشكل (٢- ٩) رسم تخطيطي لربط مزرعة الرياح بالشبكة

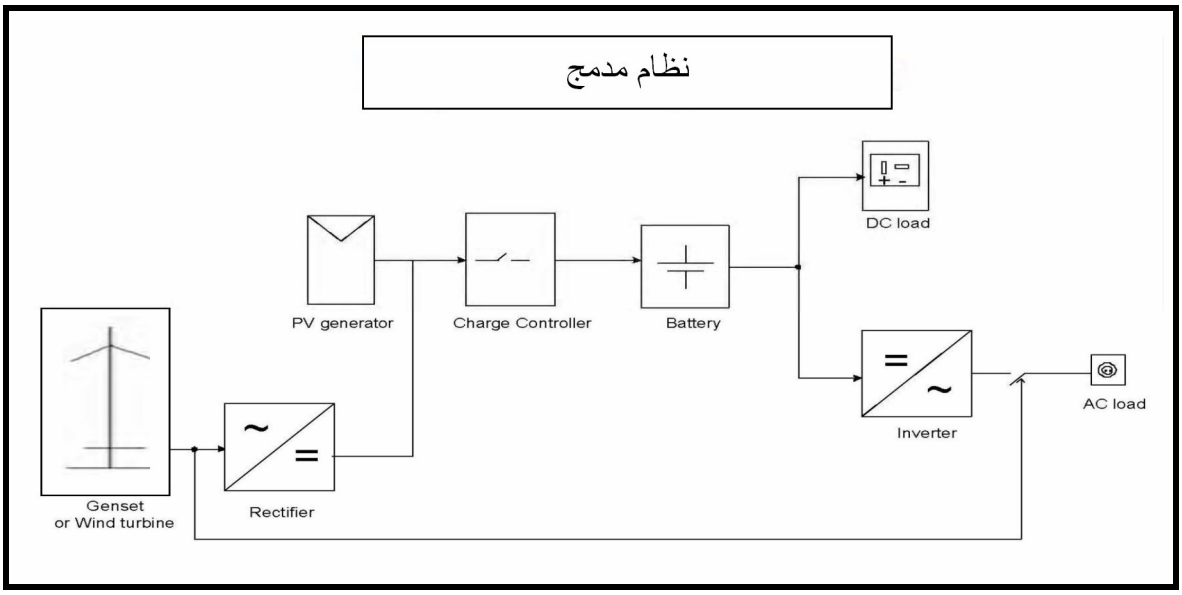
- **منفردة** [٣٢]:

هذا النوع ذو قدرات منخفضة، ويستخدم بجانب مصدر توليد كهربائي آخر، (طاقة متجددة أو طاقة تقليدية) في المناطق المنعزلة عن الشبكة الكهربائية، بغرض تقليل وصعوبة استخدام الوقود التقليدي كما في الشكل (٢-١٠) ، (٢-١١).

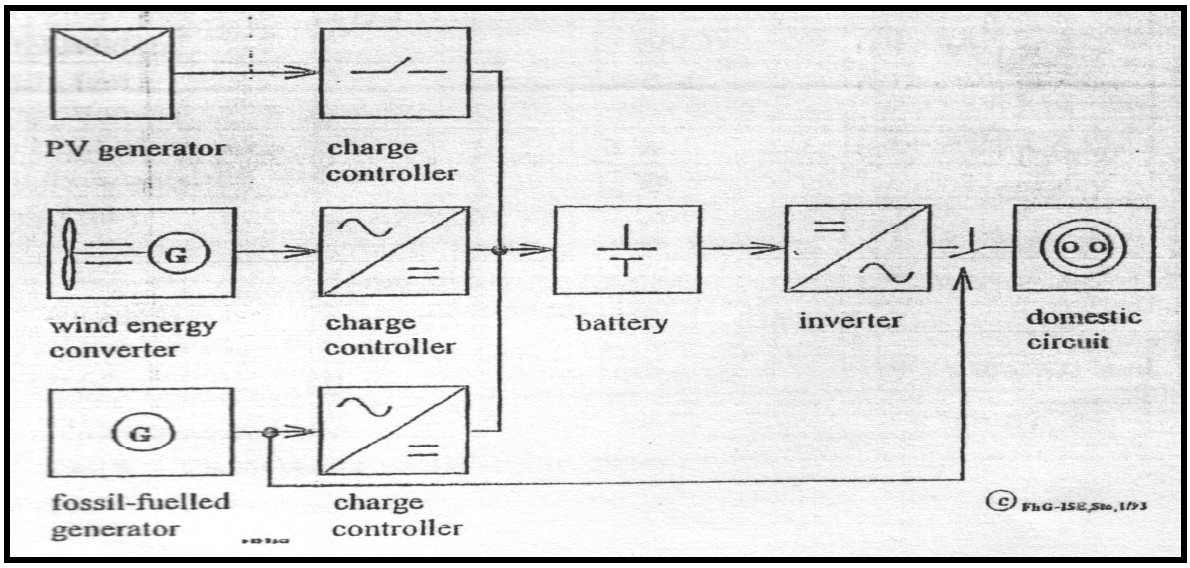


الشكل (٢-١٠) مخطط لربط العنفة الريحية بالأحمال في المناطق المعزولة، والبعيدة عن الشبكة (مع مصدر طاقة تقليدي)

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



الشكل (٢-١١- أ) مخطط لربط العنفة الريحية بالأحمال في المناطق المعزولة، والبعيدة عن الشبكة (مع مصدر طاقة متجدد) [٢٦]



الشكل (٢-١١- ب) مخطط لربط نظام مدمج (ريحي – شمسي – ديزل) بالأحمال في المناطق المعزولة، والبعيدة عن الشبكة [٣٣]

٢-١-٦- المولد الكهربائي:

♠ **مولد حثي:**

يتميز هذا النوع (الشكل٢-١٢) بسهولة ربطه بالشبكة الكهربائية، وإن كان له تأثير واضح على انخفاض معامل القدرة، حيث يتم إثارة ملفاته بالقدرة غير الفعالة من الشبكة، ولا يبدأ في توليد طاقة

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com