مراقبة مزارع الرياح مركزياً وأثرها في تخفيض تكاليف التشغيل والصيانة

م. عبد الحميد حواص *

1 – مقدمة

يرجع الانتشار المستمر لمنظومات طاقة الرياح في السنوات الأخيرة إلى الانخفاض الواضح في تكاليف الإنتاج كنتيجة طبيعية للتنافس القوي بين الشركات المنتجة، والتي بدأت في السنوات الأخيرة في التصنيع بشكل متلاحق، والسعي المستمر من قبل هذه الشركات لتخفيض تكاليف الإنتاج بهدف المحافظة على موقعها في السوق، وكذلك كنتيجة للتطور في تصنيع منظومات أكبر حجما الأمر الذي ساهم في خفض التكلفة النوعية لمنظومة التحويل، والتي هي عبارة عن العلاقة بين كلفة المنظومة وبين الطاقة السنوية عند المتوسط السنوي لسرعة الرياح في الموقع.

فعلى سبيل المثال انخفضت التكلفة النوعية لمنظومات تحويل طاقة الرياح ذات الأقطار التي تتراوح ما بين 22 و 32 متر من 0.58 يورو لكل كيلو وات ساعة في سنة 1990 إلى 0.41 يورو/كيلو وات ساعة في سنة 1994ف [1]، كما انخفضت قيمة التكلفة النوعية للمنظومات الأكبر حجماً والتي تتراوح أقطارها بين 32 و 45 متر إلى 0.25 يورو/ كيلو وات ساعة وذلك في سنة 1995ف [1]. والجدير بالذكر أن هذه التكاليف النوعية تشمل تكلفة المنظومة فقط ولا تشمل تكاليف المشروع الأخرى مثل الإنشاءات والتركيب والربط بالشبكة وأعمال الصيانة وقيمة الأرض المقام عليها المشروع.

وكنتيجة لهذا الانخفاض فقد سعت العديد من دول العالم إلى وضع استراتيجيات تقضي بإدخال مصدر طاقة الرياح كأحد البدائل الاستراتيجية للمساهمة في توفير الطاقة عن طريق تركيب منظومات طاقة الرياح بشكل مركزي أو لا مركزي، حيث بلغ إجمالي القدرة المركبة في العالم حوالي 19212 ميغاوات سنة 2001 تتوزع بين 36 دولة [2]. وتحتل ألمانيا المرتبة الأولى بقدرة مركبة بلغت 6916 ميغاوات، كما أن بعض الدول العربية مثل مصر والمغرب وتونس بدأت منذ عدة سنوات في استغلال هذا المصدر، وقد بلغت القدرة المركبة بكل منها على التوالي سنة 2001: 68 و 54 و 11 ميغاوات.

* مركز دراسات الطاقة الشمسية

2- الأعطال والعيوب لمنظومات طاقة الرياح

أوضحت دراسة أجريت في سنة 2000 لعدد من مزارع للرياح بألمانيا اشتملت على 1,151 منظومة طاقة رياح مختلفة بقدرة إجمالية قدرها 640 ميغاوات، استهدفت تحديد الأعطال التي تتعرض لها منظومات طاقة الرياح، أن نسبة الأعطال إلى عدد المنظومات قد بلغ 36.9%. قسمت هذه الأعطال إلى أعطال ناجمة عن تلف بعض أجزاء المنظومة واستبدالها بقطع جديدة وقد بلغت نسبتها 25.1%، وأعطال ناجمة عن تدني أداء المنظومة نتيجة عدم القيام بأعمال الصيانة المبكرة، الأمر الذي يتطلب القيام بأعمال الصيانة للأجزاء المعطوبة دون الحاجة إلى قطع جديدة، كانت نسبتها 11.8%.

الجدول رقم (1) يوضح أنواع هذه المنظومات أو مكوناتها التي تم تغييرها أو صيانتها وعدد الساعات التي استغرقت للقيام بهذه الأعمال.

1.2 طرق خفض تكاليف الأعطال

من خلال نتائج الدراسة المشار إليها والموضحة في الجدول رقم (1) يتبين أن الأعطال تنقسم إلى التالي:

1- *انهيار المنظومة:*

بلغت نسبة المنظومات التي تعطلت كليا 2% من

جدول (1) الأعطال والعيوب لمنظومات طاقة الرياح لسنة 2000

لعدد من مزارع الرياح المقامة في ألمانيا [2]

الأجزاء	استبدال أجزاء		صيانة أجزاء	
	عدد القطع التي تم تغييرها	عدد الساعات	عدد الأعطال	عدد الساعات
كامل المنظومة	22	2046	0	0
ريش	27	296	8	575
فرامل الريش	11	274	9	883
فرامل ميكانيكية	4	262	2	86
نظام الخطوة	50	1012	12	164
عمود الإدارة	4	60	4	200
صندوق التروس	11	472	5	180
المولد الكهربائي	27	445	11	2039
أجهزة التوجيه	9	268	11	483
أجهزة قياس الرياح	6	46	3	35
المنظمات	40	338	37	1637
المعدات الكهربائية	57	1544	37	1637
المعدات الهيدروليكية	6	255	6	67
مجسات	9	115	8	130
أعطال أخرى	4	42	6	99
المجموع	289	7773	136	8008

عدد المنظومات المركبة. في هذه الحالة يوصى بأن تكون فترة الضمان للمنظومة بأكملها أطول ما يمكن عند التعاقد مع الشركة المصنعة بناء على شروط التعاقد ونسبة الزيادة في التكلفة الناجمة عن الزيادة في فترة الضمان.

2- عدم صلاحية بعض أجزاء المنظومة:

تعطل بعض أجزاء المنظومة واستبدالها بقطع غيار جديدة حيث بلغت نسبتها 25%، والنصيب الأكثر لهذه الأعطال (69.5% من مجموع هذه الأعطال التي وقعت لمنظومات الرياح) يتوزع بين الريش، ونظام الخطوة (Pitch)، والمولد، والمنظم، والمعدات الكهربائية. ولهذا ينصح لتخفيض عدد ساعات الصيانة وتكلفتها باتباع الآتي:

- أن تكون قطع الغيار جاهزة وكذلك الأدوات المناسبة اللازمة لأعمال الصيانة، فعلى سبيل المثال يوصى بأن يكون ما لا يقل عن 4.3% من قطع الغيار لنظام الخطوة بالنسبة لعدد الأنظمة المركبة متوفر سنويا، وهكذا الحال بالنسبة للأجزاء الأخرى كما هو موضح في الجدول رقم (2).

- اتباع سياسة زيادة فترة الضمان لبعض أجزاء التربينة المحتمل تعرضها للأعطال، والتي تكون أسعارها مكلفة مقارنة بالتكلفة الكلية للمنظومة.

- اتباع نظام مراقبة جيد حتى يمكن تدارك الأعطال في بدايتها قبل استفحالها وحدوث انهيار لبعض أجزاء المنظومة نتيجة سوء الصيانة أو نتيجة بعض العوامل المناخية مثل هبوب الرياح القوية وبخار الملح المشبع بالأملاح مما يؤدي إلى إتلاف أو تآكل بعض أجزاء المنظومة قبل انتهاء عمرها الزمني، أو لعيوب في التصنيع.

3- تدني الأداء:

العيوب والمشاكل التي أدت إلى التدني في الأداء أقل من الأعطال الناتجة عن تلف بعض الأجزاء إلا أن عدد ساعات توقف المنظومات كان أكبر من عدد الساعات اللازمة لاستبدال الأجزاء التالفة. ويعتبر هذا نتيجة طبيعية، حيث إن الزمن المستهلك في عمليات الكشف عن أسباب هذه الأعطال وتعيين مواضع الخلل

جدول (2) النسبة المئوية لقطع الغيار المستهلكة السنوية إلى عدد منظومات تحويل طاقة الرياح المركبة

الأجزاء	نسبة قطع الغيار المركبة %	الأجزاء	نسبة قطع الغيار المركبة %
ريش	2.3	أجهزة التوجيه	0.7
فواصل الريش	0.96	أجهزة قياس الرياح	0.5
الفواصل الميكانيكية	0.35	المنظمات	3.5
نظام الخطوة	4.3	معدات الكهربائية	5
عمود الإدارة	0.35	معدات الميكانيكية	0.5
صندوق التروس	0.96	أجهزة الإحساس	0.7
المولد الكهربائي	2.3	أعطال أخرى	0.35

والقيام بأعمال الصيانة اللازمة عادة ما يكون أطـــول. كما أن تأهيل وخبرة فريق العمل له دور كبير في خفض فترة القيام بأعمال الصيانة للمنظومة. وعمومـــاً فـــإن 54.4% من العيوب الكهربائية والمنظمات من إجمـــالي الأعطال نتج عنها تدن في الأداء واحتاجت لعمليـــات صيانة فقط، وهو ما يستوجب إعطاء تركيز اكـــثر في عمليات المراقبة للمعدات الكهربائية والمنظمات.

4 – *سيناريو انتقال البيانات عن طريق شبكة الهـــاتف النقال:*

سيناريو نقل البيانات عن طريق شـــبكة الهـــاتف النقال أو بواسطة ربطها مع شبكة الهاتف الرقمية مبـــين في الشكل (1).

في شبكة الهاتف الرقمية تتم عمليـــة الربـــط بالشـــفرة المناسبة عن طريق المســـتخدم وتعتمـــد علـــى نـــوع الاستخدام، فمثلاً لأغراض المحادثة يســـتخدم جـــهاز الهاتف، وفي حالة نقل البيانات يجب استخدام مودم.

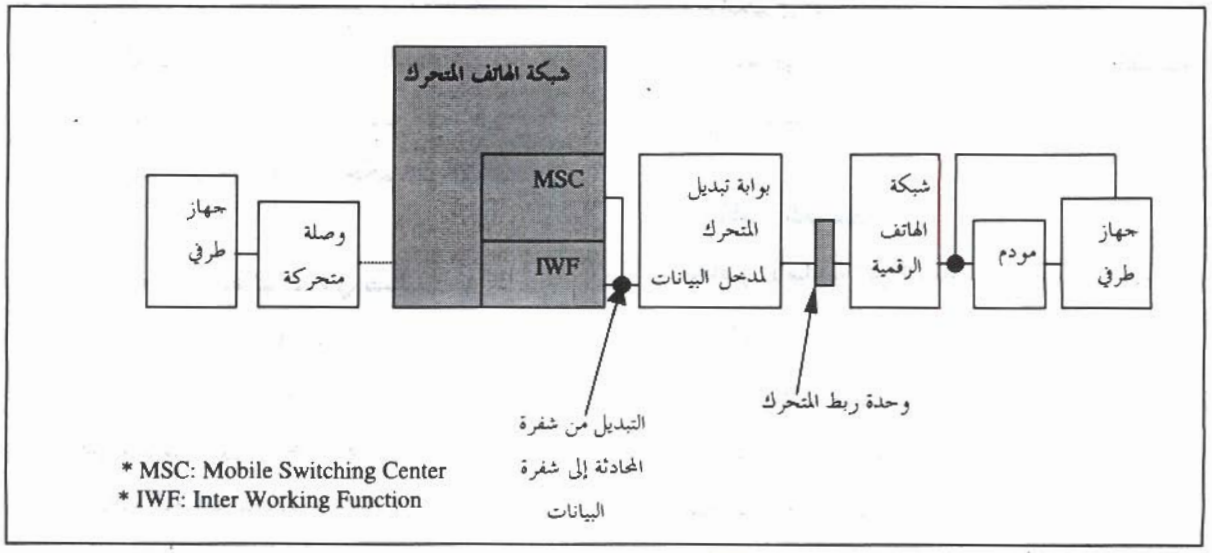
أما في شبكة الهاتف النقال فتحدث هـــذه العمليـــة داخل شبكة ذاتية عن طريق وحدة تبديـــل الشـــفرة (MSC) التي تقوم بتغيير الربط بين شفرة المحادثة وشفرة البيانات، حيث إن الشفرة الخاصة بالمحادثـــة تـــأخذ في وحدة تبديل المتحرك طريقاً آخر يختلف عـــن الشـــفرة الخاصة بنقل البيانات، وذلك كما هو موضح في الشكل (1)، حيث توصل دالة العمل الداخلـــي (IWF) إلى الشفرة المناسبة لنقل البيانات، وتنقل بعد ذلـــك عـــن طريق وحدة ربط الوسيط الذي يقوم بربطها بشـــبكات الهاتف الأخرى سواء كانت محلية أو دولية حتى تصل في النهاية إلى الرقم المطلوب.

1.4 – مبـــدأ العمـــل

باستخدام المراقبة المركزية عن طريـــق اســـتخدام تقنيات شبكة الهاتف النقال يمكن القيام بالمهام التالية:

- *المراقبة والإنـــذار*

عمليات الإنذار والمراقبة تتـــم بشـــكل دوري



شكل (1) سيناريو انتقال البيانات عن طريق شبكة الهاتف المتحرك

بواسطة المجسات القياسية والرقمية المجهز بها منظومات طاقة الرياح مسبقاً بشكل دوري، وعند وصول المنظومة حالة معينة تم برمجتها مسبقاً على أنها الحدود غير المسموح بها ترسل نشرة مكتوبة إلى مركز المراقبة (على شاشة الحاسب) تبين سبب هذا الإنذار ومكانه.

- *قراءة وتجميع البيانات من جهاز تخزين البيانات في الموقع*

يمكن قراءة البيانات المخزنة في قائمة البيانات بالأجهزة بالموقع في أي وقت ممكن وتتم عملية التجميع بانتظام بأحد الطرق الآتية:

- تجميع البيانات من مركز المراقبة يومياً أو أسبوعياً ذاتياً.
- في أي وقت بناء على طلب المستخدم.

2.4 – المواصفات الواجب مراعاتها في عناصر نظام المراقبة والتحكم

أولاً: التشغيل في حالة OFF-LINE بواسطة الاختبار المنفرد

وهي تستخدم عادة لمنظومات تحويل طاقة الرياح لا مركزياً. وتعتمد عملية المراقبة والتحكم على الأسس التالية:

1. ربط أجهزة التحكم الفردي بتسلسل على التوالي كما هو موضح في الشكل (2).
2. قراءة وتجميع المعلومات الضرورية إلى المستوى الأعلى والأدنى. أي أن اتجاه المعلومات يكون من منظومات التحكم الفردي إلى الأساسي ثم إلى التحكم الجزئي ثم إلى التحكم والمراقبة ومن ثم إلى مركز التشغيل والمراقبة والعكس، وذلك كما في شكل (2).
3. الاختبار المستمر لمنظومات التحكم الفردي تحت الظروف الحقيقية دون الإضرار بالمنظومة الرئيسية.
4. إجراء التغيرات والمراقبة مع الأخذ في الاعتبار جميع الظروف الخاصة بالتشغيل.

ثانياً: التشغيل في حالة ON-LINE بواسطة الاختبار من مركز التشغيل والمراقبة

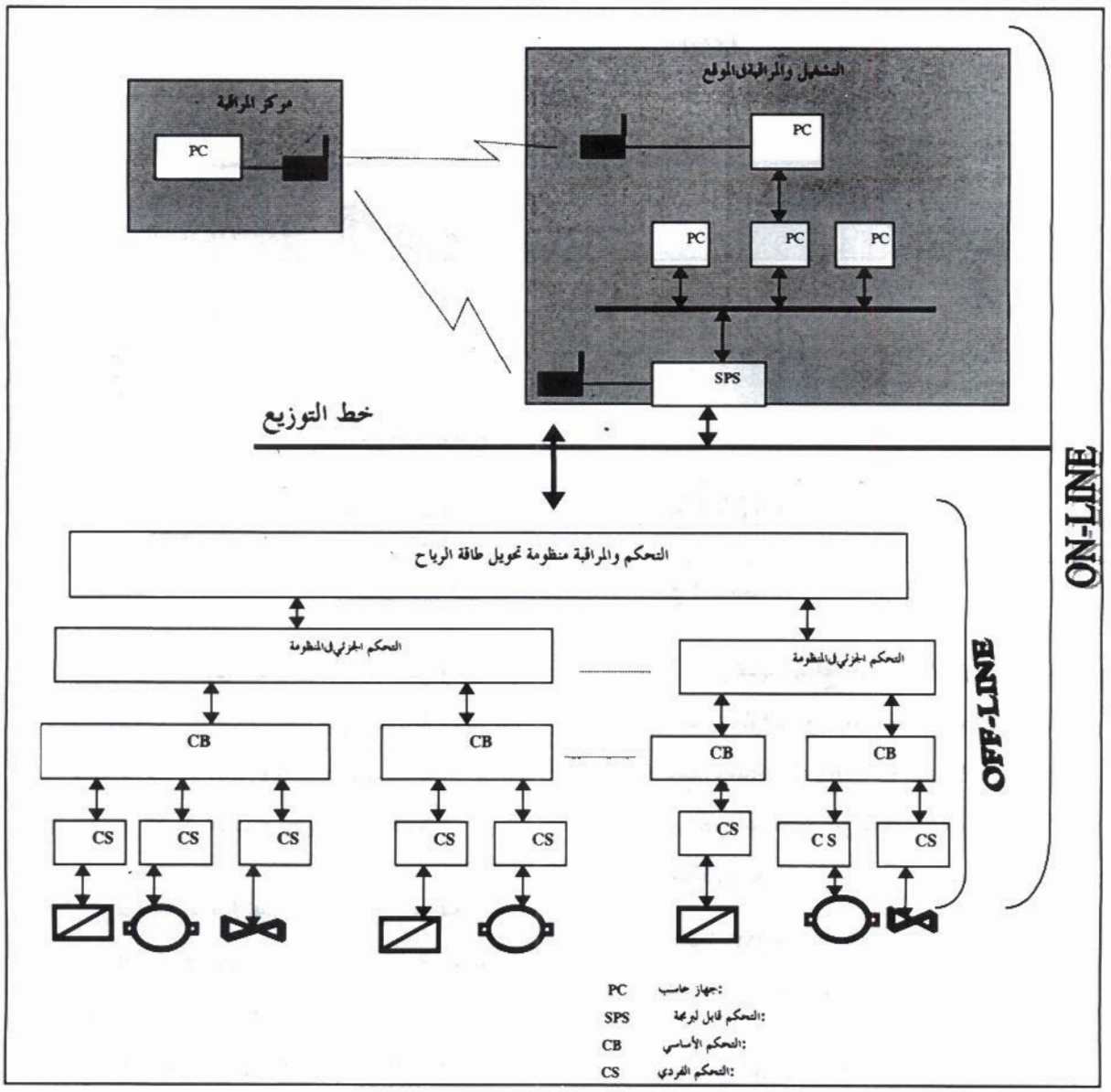
وتعتمد على الأسس التالية:

1. التشغيل في دائرة مغلقة تحت ظروف الدقة العالية بواسطة المقارنة مع القيم القياسية.
2. إجراء التغيرات والمراقبة بدقة أعلى.
3. تشغيل جميع البرامج وأدوات التشغيل.
4. تخفيض الاختبار عن طريق القياس والمقارنة والتحكم في المستهدف.
5. التحكم الذاتي في عمليات التنظيم للمحافظة على المنظومة.

الثا: النظام المستخدم

العناصر الأساسية التي يجب توفرها في النظام المستخدم هي:

1– أن يكون النظام المستخدم قادراً على تحسين أداء المنظومة استاتيكيا وديناميكياً عن طريق معالجة البيانات يدوياً وذاتياً وذلك بمطابقة الداخل والخارج لمنظومة وقيم المنظم وهيكل المنظومة منطقياً.



شكل (2) هيكلية نظام المراقبة والتحكم [6 , 7]

2- مراقبة جميع العمليات التي تحدث مع المنظومة المباشرة وغير المباشرة.

رابعاً: صيانة المنظومة

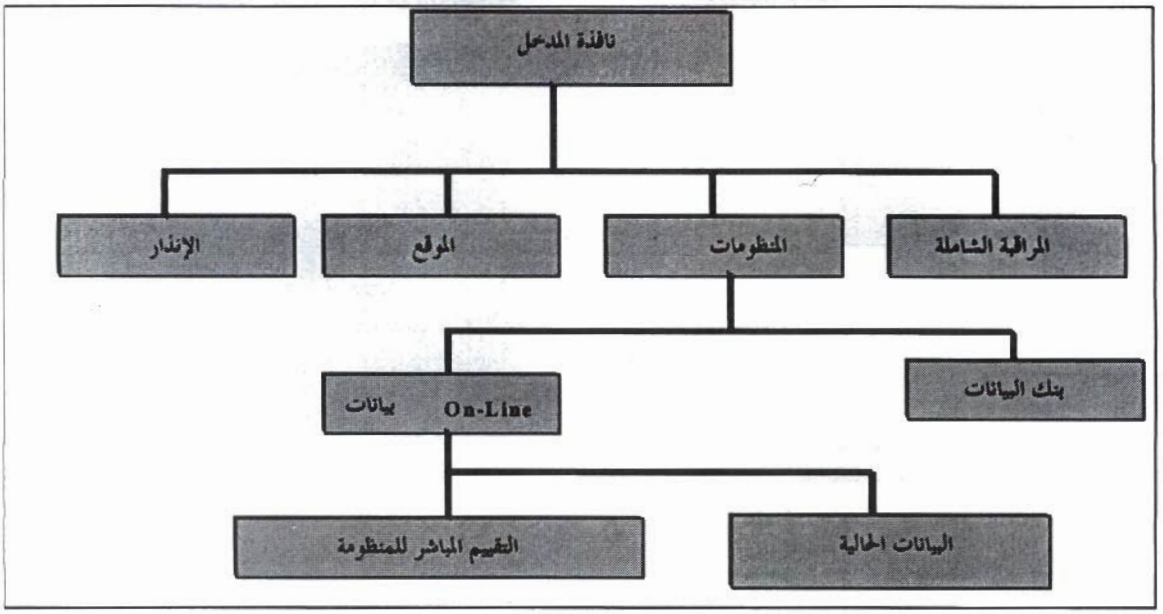
1- تفادي الأخطاء المعروفة مع مرور الوقت (مقارنة القيم الناتجة مع القيم المطلوبة).

2- المحافظة على قدرة التشغيل بعمل الصيانة اللازمة في موعدها وتركيب واستبدال نفس مواصفات الأجزاء المستهلكة.

3- الكشف عن الأسباب التي تؤثر على المنظومة خلال معالجة البيانات ذاتيا أو عن بعد.

خامساً: مركز المراقبة

تتلخص مهام مركز المراقبة في القيام بعمليات



شكل (3) النوافذ الأساسية لبرنامج المراقبة [8]

التنسيق لأعمال الكادر البشري، وتدوين وتوثيق البيانات ووضع استراتيجية التشغيل والصيانة وذلك عن طريق برامج التشغيل وربط معدات المراقبة والتحكم، وكذلك استثمار الخبرات المكتسبة.

5. توظيف شبكة الاتصال المتحرك في المراقبة

أحد الطرق الممكن اتباعها لاستخدام شبكة الهاتف المتحركة في أعمال المراقبة المركزية لمزارع الرياح هي مراقبة كل منظومة تحويل لوحدها وربطها بمركز المراقبة وذلك عن طريق ما يعرف بنظام المراقبة المتحرك النشط Robuster Mobil RMC (Controller)، وهو نظام مراقبة تم تحسينه بتجهيزات عالية لاستخدامه في القيام بمراقبة الآلات الثابتة والمتحركة والحقول الصناعية لتجميع البيانات من مجسات المراقبة الذاتية. ويتكون هذا النظام من المكونات التالية:

1- معدات مركز المراقبة التي تشمل البرامج الخاصة بالاتصال وتحديد الموقع حيث أن المنظومة تشمل نظام تحديد الموقع Global Position Sensor وبرنامج WinCC (Windows Control Center) الذي يمكن المستخدم من برمجة النوافذ للأوامر والأشكال والصور بشكل جيد وسريع.

2- جهاز RMC الذي يوفر إمكانية الربط مع مركز المراقبة عبر شبكة الهاتف المتحرك.

1.5 برامج المراقبة

البرنامج المستخدم في المراقبة يتكون من مجموعة من النوافذ وهي تنقسم كما هو موضح في الشكل (3) حسب وظيفتها، من نافذة المدخل التي تكون بمثابة بوابة الدخول إلى مجموعة من النوافذ، حيث يتم اختيار النوافذ التالية:

نافذة الموقع التي يمكن عن طريقها الإطلاع على خرائط مواقع منظومات تحويل الطاقة أو مزرعة الرياح.

•نافذة المراقبة الشاملة التي تمكن من الإطلاع ومراقبة جميع المنظومات وتحتوي على معلومات عامة لكل المنظومات وتبين حالة المنظومات إذا ما كانت تعمل أو متوقفة دون الدخول في تفاصيل تحديد أسباب التوقف.

•نافذة الإنذار، وهي حالة المراقبة الذاتية والإخطار بوجود خلل ما عن طريق إرسال جملة مكتوبة تعبر عن سبب العطب.

•نافذة ربط الاتصال بمنظومة محددة، وتستخدم هذه النافذة كمدخل لأحد المنظومات لإجراء المعالجة عليها والإطلاع على البيانات من الموقع عن طريق نافذة قائمة البيانات والمخزنة ببنك المعلومات بمركز المراقبة أو ربط الاتصال المباشر للمنظومة والتي تعتبر بوابة الدخول للنوافذ التالية:

- نافذة البيانات الحالية والتي يتم عن طريقها نقل البيانات من الموقع مباشرة.
- نافذة التقييم المباشر للمنظومة والتي قد تحتوي على نافذة أو أكثر يتم من خلالها التعرف على موضع الخلل في المنظومة ضمن إطار زمني محدد حيث يجب تقليل فترة الربط المباشر في الحد الأدنى. وهذا يتم من خلال التقليل من النوافذ واستعمال نافذة واحدة على أكثر من معلومة.

6 - الخلاصة

تم في هذه الورقة استعراض الأعطال والعيوب التي تحدث لمنظومات تحويل طاقة الرياح، التي يمكن تقليلها باتباع نظام مراقبة جيدا لا يتطلب تجهيزات كبيرة، بناء على دراسة ميدانية، حيث تم التركيز على توظيف شبكة الهاتف المتحرك للقيام بمهام المراقبة، لأنها تعتمد على تجهيزات غير معقدة ولا تحتاج لمد كوابل لمسافات طويلة، إنما تكفي أجهزة صغيرة لا يتعدى حجمها حجم جهاز الإذاعة المسموعة المستخدم في السيارات، ويوفر مراقبة مركزية فعالة وبشكل دوري وبتكاليف قليلة نسبيا مقارنة مع حجم الأضرار المترتبة عن عدم الكشف المبكر عن الأعطال التي تقع لمنظومات تحويل طاقة الرياح.

وللتعريف بهذه الطريقة تم شرح سيناريو انتقال البيانات عبر الشبكة، ومبدأ العمل والمواصفات الواجب توفرها لنظام التحكم والمراقبة الذي يمكن الاعتماد عليه بدون مواجهة أي قصور.

مما سبق نستخلص أنه باتباع المراقبة المركزية لمنظومات تحويل طاقة الرياح ومزارع الرياح يمكن تكوين مركز مراقبة واحد لجميع مزارع الرياح المقامة في نطاق جغرافي كبير، وهذا بدوره يقلل من:

- حجم معدات المراقبة في الموقع.
- حجم معدات الصيانة والكادر البشري.
- سرعة التنسيق والكشف عن الأخطاء الناتجة عن العوامل البشرية أو التقنية.

7 - المراجع

1- "DEWI-Magzin", DEWI, No 8, Wilhemshavn-Germany, 1996.

2- "Neue Energie", Windtech Husum, No 9, Germany, 2001.

3- B. Walke, "Mobilfunkneze und ihre Protokolle", Ban 1,B.G, Teubner, Stuttgurt, 1998.

4- B. Walke, "Mobifunknetze und ihre Protokolle", Ban 2,B.G, Teubner, Stuttgurt, 1998.

5- B. Tilanus, "Information Systems in Logistics and Transportation", Elsevier Science Ltd, 1997.

6- Gerhard Schnell, "Bus-system in der Automatisierungs-technik", Braunschweig/Wiebaden, 1996.

7- M. Reinitzhuber, "Automatisierung energie-technischer Prozesse", Freiberg, 1998.

8- Siemens, "RMC die offene erweiterbare Telematik System-basis", Siemens AG, 1999.