ROYAUME DU MAROC

OFFICE MAROCAIN DE LA PROPRIETE INDUSTRIELLE ET COMMERCIALE
---

(19)

المملكة المغربية
المكتب المغربي للملكية الصناعية و التجارية

(12) BREVET D'INVENTION

(11) N° de publication :
MA 65031 B1

(43) Date de publication :
29.11.2024

(51) Cl. internationale :
F03D 1/02; F03D 1/04; H02K 7/18; F03D 9/25; F03D 80/60

(21) N° Dépôt :
65031

(22) Date de Dépôt :
28.09.2022

(30) Données de Priorité :
28.09.2021 US 17487537

(86) Données relatives à la demande internationale selon le PCT:
PCT/US2022/077136 28.09.2022

(71) Demandeur(s) :
KINRG, INC., 839 Bestgate Road, Suite 400, Annapolis, MD 21401 (US)

(72) Inventeur(s) :
SANKAR, Lakshmi

(74) Mandataire :
CABINET DIANI

(54) Titre : **ÉOLIENNE À ÉTAGES MULTIPLES**

(57) Abrégé : Un extracteur d'énergie éolienne à étages multiples comprend un tunnel et au moins deux turbines. Le tunnel est circulaire dans une section transversale et présente un axe horizontal, des première et seconde extrémités ouvertes, et une longueur qui est supérieure à un diamètre du tunnel. Le diamètre du tunnel augmente progressivement de la première extrémité ouverte à la seconde extrémité ouverte. Les turbines sont disposées dans une relation espacée dans le tunnel et coaxiales avec celui-ci. Chacune comprend un rotor ayant une pluralité de pales s'étendant radialement, un dispositif de commande relié au rotor, et un moteur relié au dispositif de commande. Les dispositifs de commande viennent en prise indépendamment et se dégagent de leurs rotors respectifs en fonction d'une vitesse du vent circulant à travers le tunnel de la première extrémité ouverte à la seconde. À son tour, lorsqu'un rotor est mis en prise, le moteur fournit de l'énergie à un générateur qui est relié à celui-ci.

توربين رياح متعدد المراحل

الملخـص

يتعلق الاختراع الحالي بمستخلص طاقة رياح متعدد المراحل يشتمل على نفق وتوربينيْن اثنين على الأقل. ويكون النفق دائرياً في مقطع عرضي وله محور أفقي، طرفين مفتوحين أول وثان، ويكون طول النفق أكبر من قطره. ويزداد قطر النفق تدريجياً من الطرف المفتوح الأول إلى الطرف المفتوح الثاني. ويتم ترتيب التوربينات في علاقة متباعدة داخل النفق وبشكل متحد المحور معه. ويشتمل كل منهما على عضو دوار يحتوي على مجموعة الشفرات الممتدة شعاعياً، وحدة تحكم متصلة بالعضو الدوار، ومحرك متصل بوحدة التحكم. وتقوم وحدات التحكم بربط وفك الأعضاء الدوارة الخاصة بها بشكل مستقل وفقاً لسرعة رياح تنتقل من خلال النفق من الطرف المفتوح الأول إلى الطرف المفتوح الثاني. وبدوره، عندما يتم ربط العضو الدوار، فإن المحرك يوفر الطاقة لمولد متصل به.

الشكل 1

الوصف الكامل للاختراع

توربين رياح متعدد المراحل

الفن السابق:

يتعلق الكشف الحالي بشكل عام بالتوربينات، وبشكل أكثر تحديدًا بتوربينات الرياح.

إن توربينات الرياح التي تتضمن ميزات الاستخلاص بمرحلة واحدة معروفة جيدًا في الصناعة. وتستخدم توربينات الرياح ذات المحور الأفقي التقليدية، التوربينات ذات الحركة المائية، والتوربينات التناوبية أعضاء دوارة توربينية فردية مما يؤدي إلى معدلات استخلاص طاقة تعادل حوالي 40% إلى 50% من الطاقة المتاحة. ويتم إهدار أي طاقة غير مستخدمة. ومن ناحية أخرى، تستخدم المحركات التوربينية الغازية والبخارية توربينات متعددة المراحل لاستخلاص الطاقة. والنتيجة هي أن الطاقة المتبقية التي تنتقل من مرحلة عضو دوار أول يتم استخلاصها أيضاً، مما يزيد من إجمالي معدل استخلاص الطاقة.

المشكلة أو القصور في الفن السابق:

بالإضافة إلى عيوب التوربينات أحادية المرحلة، فإن المسافة بين الأعضاء الدوارة في التوربينات متعددة المراحل لها تأثير على معدلات الاستخلاص. وبشكل عام، عندما ينتقل أنبوب التيار (أي حزمة من الخطوط الانسيابية التي تدخل وتخرج من التوربين) عبر التوربين، تتمدد الخطوط الانسيابية مما يؤدي إلى انخفاض السرعة في أنبوب التيار. وبالتالي، فإن الأعضاء الدوارة المتباعدة جدًا تعيق الكفاءة. وعلاوة على ذلك، تؤدي الأعضاء الدوارة القريبة جدًا من بعضها البعض إلى حدوث تداخلات داخل أنبوب التيار، مما يؤدي إلى فقدان إنتاج الطاقة بالإضافة إلى الاهتزازات الناجمة عن تفاعلات تأثير الشفرة.

وهناك مشكلة أخرى تتعلق بتوربينات الرياح وهي الاستخلاص المنخفض للطاقة عند سرعات الرياح المنخفضة. وعند سرعات الرياح العالية بما فيه الكفاية، ستنتج جميع الأعضاء الدوارة طاقة مفيدة. ومع ذلك، عند سرعات الرياح المنخفضة، يمتص توربين المرحلة الأولى الجزء الأكبر من الطاقة المتوفرة، مما يؤدي إلى سرعة رياح متبقية قد تكون أصغر من أن تدفع المراحل الدوارة اللاحقة، وبالتالي تقليل كفاءة التوربينات.

وبناءً على ذلك، هناك حاجة إلى استخلاص طاقة الرياح بشكل أكثر كفاءة مما يقلل أو يتغلب على العيوب المذكورة أعلاه والتي تنشأ أثناء عمليات استخلاص طاقة الرياح المعروفة. وعلى وجه التحديد، هناك حاجة إلى توربينات تستخرج المزيد من الطاقة، وتأخذ في الاعتبار

أنبوب التيار الممتد، وتدير مراحل التوربينات بشكل مناسب أثناء سرعات الرياح العالية والمنخفضة.

الجديد في موضوع الاختراع

بناءً على ما سبق، فإن هدف الاختراع الحالي هو توفير مستخلص طاقة رياح متعدد المراحل والذي يشتمل على نفق وتوربينين اثنين على الأقل. ويكون النفق دائري المقطع، وله محور أفقي، وطرفان مفتوحان أول وثانٍ، وطول أكبر من قطر النفق. ويزداد قطر النفق تدريجياً من الطرف المفتوح الأول إلى الطرف المفتوح الثاني. ويتم ترتيب التوربينات بحيث تكون متباعدة داخل النفق ومتحدة المركز مع النفق. ويشتمل كل منها على عضو دوار يحتوي على مجموعة من الشفرات الممتدة شعاعياً، ووحدة تحكم متصلة بالدوار، ومحرك متصل بوحدة التحكم. وتعمل وحدات التحكم بشكل مستقل على تشغيل وفصل الأعضاء الدوارة الخاصة بها وفقًا لسرعة الرياح التي تنتقل عبر النفق من الطرف المفتوح الأول إلى الطرف الثاني. وبدوره، عندما يتم تشغيل الدوار، يوفر المحرك الطاقة للمولد المتصل به. ويفضل أن يشتمل المحرك على محرك هيدروليكي لتوفير الطاقة للمولد عبر المائع الهيدروليكي. ويتم تشكيل وحدات التحكم لربط الأعضاء الدوارة في تتابع خطي من الطرف المفتوح الأول نحو الطرف المفتوح الثاني بناءً على سرعة الرياح الموجودة داخل النفق. وتقوم وحدات التحكم بفك ارتباط الأعضاء الدوارة بطريقة مماثلة من الطرف المفتوح الثاني نحو الطرف المفتوح الأول بناءً على معدل الأعضاء الدوارة.

وفي أحد التجسيدات، تتوافق المسافة بين التوربينات مع نصف طول شفرات العضو الدوار. فعلى سبيل المثال، قد يكون للنفق قطر أول بطول 22 متر مجاور للطرف المفتوح الأول وقطر ثانٍ بطول 27 متر مجاور للطرف المفتوح الثاني، ويبلغ إجمالي طول النفق 27.5 متر. وفي هذا المثال، يوجد قطر ثابت بين التوربينات الأولى والثانية، وقطر ممتد خطياً بين التوربينات اللاحقة، وقطر ثابت بين التوربينات الطرفية والطرف المفتوح الثاني. ويفضل أن يكون هناك خمسة توربينات في المجموع. وسيحدد طول النفق وسرعة الرياح والعوامل الأخرى ذات الصلة تشكيلة النفق وترتيب التوربينات.

وهناك هدف آخر من الاختراع الحالي وهو توفير نظام توربين الرياح الذي يتضمن برج الرياح، ومستخلص طاقة الرياح الموصوف أعلاه، وحجرة تهوية. ويتم توصيل الحجرة بالطرف الثاني من نفق مستخلص الطاقة ويتم تشكيلها لاستقبال الهواء المضغوط واحتوائه. وتشتمل حجرة التهوية على قناة هواء لها طرف أول متصل بالحجرة وطرف ثان متصل بنظام تبريد لنقل الهواء المضغوط من الحجرة إلى نظام التبريد. ويفضل أن يتم توصيل مخرج عادم بحجرة التهوية لتصريف الهواء المضغوط إلى الغلاف الجوي.

وصف مختصر للرسومات

ستتضح أهداف ومزايا الاختراع الأخرى من خلال دراسة الوصف التالي عند النظر إليه في ضوء الرسومات المرافقة، حيث:

الشكل 1 عبارة عن رسم تخطيطي لنظام توربين رياح وفقاً لأحد تجسيدات الاختراع الحالي؛

الشكل 2 عبارة عن منظر جانبي مقطعي لأحد تجسيدات توربين الرياح وفقاً للاختراع الحالي؛

الشكل 3 عبارة عن رسم تخطيطي للتجسيد الثاني لتوربين الرياح وفقاً للاختراع الحالي؛ و

الشكل 4 عبارة عن مخطط انسيابي لسلسلة من عناصر التحكم في توربين الرياح وفقاً للاختراع الحالي.

الوصف التفصيلي

يتعلق الاختراع الحالي بتوربين رياح متعدد المراحل. ويُظهر الشكل 1 نظام توربين رياح 2 يشتمل على برج 4 مزود بمستخلص طاقة متعدد المراحل 6 والذي يكون متصل بمولد 8 ومراكم 10 وحجرة تهوية عالية الضغط 12. وتتصل حجرة التهوية بنظام تبريد 14. وتنتقل الرياح إلى داخل البرج وتتبلل مما يؤدي إلى سقوطها إلى أسفل البرج وتصبح مضغوطة وتزداد سرعتها. وتنتقل الرياح بعد ذلك عبر الفتحة الأولى 18 لنفق الاستخلاص 16 عبر الفتحة الأولى لبدء استخلاص طاقة الرياح. وعندما تنتقل الرياح عبر النفق وتمر عبر توربينات الرياح 20 المرتبة داخل النفق، يتم استخلاص طاقة الرياح وتزويدها إلى المولد. ويمكن تخزين طاقة الرياح الزائدة في المراكم إذا كان ذلك مرغوباً. ويتم تصريف الهواء عالي الضغط المتبقي من خلال فتحة نفق ثانية 22 إلى حجرة التهوية حيث يتم تخزينه. ويتم بعد ذلك توجيه الهواء عالي الضغط إما إلى نظام التبريد من خلال قناة 24 أو يتم تصريفه من خلال مخرج العادم 26 إلى الغلاف الجوي. وعلى الرغم من أن عدد أنفاق استخلاص الطاقة قد يختلف وفقًا للبيئة وموقع برج الرياح، إلا أنه في أحد التجسيدات المفضلة، يتضمن النظام 40 نفقاً للرياح مع توربينات.

وكما سيتم مناقشته بمزيد من التفصيل أدناه، يشتمل مستخلص الطاقة 6 في هذا التجسيد على ثلاث مراحل توربينية 20، ويتم التحكم في كل منها بشكل مستقل لزيادة كفاءة استخلاص الطاقة من الرياح التي تمر عبر النفق 16. واعتماداً على سرعة الرياح، سيتم تشغيل عضو دوار واحد أو اثنين أو ثلاثة لاستخلاص الطاقة من الرياح. وإذا انخفضت سرعة الرياح إلى ما دون الحد الأدنى، حيث يفضل أن تدور الأعضاء الدوارة بمعدل أقل من 50 دورة في الدقيقة RPM، فسيتم فصل جميع الأعضاء الدوارة الثلاثة عن مصدر الطاقة.

وكما هو مذكور أعلاه، بالإضافة إلى توربينات الرياح المتصلة بنفق الرياح، توجد حجرة تهوية 12 لتخزين أي هواء عالي الضغط زائد أو متبقي. وتم تضمين حجرة التهوية لأنه بعد المرحلة الأخيرة من التوربين متعدد المراحل، لا يزال هناك قدر كبير من الطاقة الحركية تنتقل من

الفتحة الثانية. وتحتفظ حجرة التهوية بهذا الإمداد الإضافي من الهواء كمصدر مساعد، ويفضل أن يكون ذلك لأنظمة تكييف الهواء التي تعمل على تبريد المباني والوحدات الصناعية القريبة. وسوف يفهم أولئك المتمرسون في التقنية أنه ليس هناك حاجة إلى تضمين حجرة التهوية ونظام تبريد لتوفير تحسينات مقارنةً بالطرق والأنظمة المعروفة لاستخلاص طاقة الرياح.

وفي الرسم التخطيطي في الشكل 1، يدخل الهواء إلى البرج 4 كما هو موصوف أعلاه. واعتمادًا على الظروف المحيطة (درجة الحرارة والرطوبة النسبية)، يمكن حساب ضغط وسرعة تدفق الهواء الداخل إلى كل من الأنفاق 16، بالإضافة إلى معدل التدفق الكتلي $\dot{m}$ بوحدة الكيلوغرام في الثانية عبر كل نفق من الأنفاق. ويمكن تقدير ضغط الركود للهواء في حجرة التهوية ذات الضغط العالي 12 من مبادئ حفظ الطاقة باستخدام المعادلة التالية:

$$\frac{p_1}{\rho}+\frac{V_1^2}{2}-\frac{W}{\dot{m}}=\frac{p_0}{\rho}$$

حيث يكون ضغط الهواء في التوربين الأول 20 هو p_1، وتكون سرعة الرياح التي تمر عبر التوربين هي V_1، تكون الطاقة المستخرجة بالواط بواسطة التوربين هي W، ويكون ضغط الهواء داخل حجرة التهوية هو p_0.

وتفترض هذه المعادلة عدم وجود فقد في اللزوجة وتدفق منخفض السرعة عندما تكون السرعة المحلية أقل بكثير من سرعة الصوت. ومن الناحية العملية، سيكون هناك فقد في اللزوجة في النظام بسبب احتكاك قشرة الجدار، انسداد تدفق الهواء في التضيّقات داخل الأنفاق، أو عوامل أخرى. ومع ذلك فإن ضغط حجرة التهوية أعلى بكثير من الضغط الجوي.

ويكون للهواء المتجمّع في حجرة التهوية مخرجان. ويكون المخرج الأول عبارة عن مخرج العادم 26، الذي يتم التحكم فيه بواسطة صمام تنفيس ضغط (غير موضح) يقوم بإخراج الهواء غير المستخدم إلى الغلاف الجوي. ويكون الثاني عبارة عن قناة هواء 24 تحمل هواء عالي الضغط من الحجرة 12 إلى نظام التبريد 14 لتقليل تكاليف الطاقة لذلك النظام.

وتستخدم أنظمة التبريد عادةً عددًا من المضخات في تشغيلها. فعلى سبيل المثال، تحافظ مضخة واحدة، تُعرف بالضاغط، على تدفق مادة التبريد. ويتم استخدامها لضغط وتسييل مادة التبريد وضخها من خلال لفائف التبريد. وتقوم المضخة الثانية، التي يشار إليها غالبًا بالمروحة، بحمل الهواء المبرد إلى الوحدة الصناعية (على سبيل المثال، مركز البيانات) التي تحتاج إلى التبريد. وتقوم مضخة ثالثة بسحب الهواء، عادة من الغلاف الجوي، وترفع ضغطه بدرجة كافية بحيث يتدفق عبر الفجوات الموجودة بين لفائف التبريد.

وبالنسبة للتجسيد وفقاً للشكل 1، ستحتاج المضخة الثالثة إلى أداء شُغل أقل بشكل ملحوظ، وبالتالي تستهلك طاقة أقل، نظرًا لأن تيار إمداد الهواء الذي يدخل هذه المضخة الثالثة

يكون مسبقاً عند ضغط مرتفع p_0. ونتيجةً لذلك، سيتم تقليل الطاقة اللازمة لتشغيل نظام تكييف الهواء، مما يزوّد وفورات إضافية كبيرة في تشغيل الوحدة الصناعية.

وبالانتقال الآن إلى الشكل 2، سيتم مناقشة مستخلص الطاقة 6 الموضح في الشكل 1 بالتفصيل، حيث يشتمل على نفق أسطواني 16 ذو محور أفقي ح، طرف مفتوح أول 18، طرف مفتوح ثانٍ 22 وثلاث مجموعات من التوربينات 20 مرتبة بين الطرفين، تحتوي كل منها على عضو دوار 28 ذو شفرات 30، ووحدة تحكم 32 متصلة بالعضو الدوار ومحرك هيدرولي 34 متصل بوحدة التحكم. ويتم توصيل كل محرك هيدرولي بمولد ومُراكم، على الرغم من عدم الحاجة إلى تضمين المُراكم لتنفيذ عملية استخلاص الطاقة بشكل مناسب.

وأثناء انتقال الرياح عبر النفق، ستقوم كل وحدة تحكم 32 بربط كل عضو دوار 28 خاص بها بناءً على سرعة الرياح. وقد يتم تشغيل وحدة التحكم بواسطة المولد أو مصدر طاقة قياسي آخر، غير موضح هنا. وعندما تصل سرعة الرياح إلى العتبة الأولى، ترتبط وحدة التحكم في التوربين الأول 20 بالعضو الدوار المقابل 28 والذي بدوره يزوّد طاقة الرياح للمولد 8 عبر المحرك الهيدرولي 34. وفي حال وجود طاقة زائدة، يتم تخزينها في المُراكم 10. ومع زيادة سرعة الرياح، يتم تشغيل التوربين الثاني بنفس الطريقة، ويتم استخلاص طاقة رياح إضافية. وفي النهاية، عندما تكون سرعة الرياح عالية بما فيه الكفاية، يتم ربط التوربين الثالث، ويتم استخلاص المزيد من الطاقة. وبينما تظل سرعة الرياح عند العتبة أو أعلى منها، ستظل جميع الأعضاء الدوارة الثلاثة قيد التشغيل. ومع انخفاض سرعة الرياح، تقوم وحدات التحكم بفصل الأعضاء الدوارة المعنية بالتتابع عن النظام بدءًا من العضو الدوار أقصى اليمين حتى تصل سرعة الرياح إلى عتبة أقل وتتوقف جميع الأعضاء الدوارة الثلاثة عن العمل. ويمكن إضافة مراحل إضافية بعد العضو الدوار الثالث إذا تم توقع سرعات عالية بما فيه الكفاية. فعلى سبيل المثال، بدلاً من ثلاث مراحل، قد تكون خمس مراحل هي الأفضل إذا كان من المتوقع أن تكون سرعة الهواء عالية بما فيه الكفاية.

وبالإشارة الآن إلى الشكل 3، يتم توضيح رسم تخطيطي وفقاً للتجسيد الثاني لمستخلص طاقة الرياح متعدد المراحل 106. ويحتوي على ذلك نفق أسطواني 116 له طرف مفتوح أول 118 وطرف مفتوح ثاني 122 وخمسة توربينات 120 مرتبة بين كل طرف. وعلى الرغم من عدم توضيحها، فمن المفهوم أن التوربينات 120 تشتمل على العناصر الموضحة في الشكل 2، بما في ذلك الأعضاء الدوارة ذات الشفرات، ووحدة التحكم والمحرك الهيدرولي. ويتصل كل توربين بنفس الطريقة بمولد.

وبالنسبة لهذا التجسيد، يقع التوربين 120 أقصى اليسار (أي التوربين الأول) على مسافة 5.5 متر بعد الطرف المفتوح الأول 118. ويتم ترتيب كل توربين لاحق على مسافة 5.5 متر بعد التوربين السابق. ويبلغ نصف قطر كل توربين 11 مترًا بغض النظر عن قطر النفق، وجميع

التوربينات الخمسة مصممة بحيث تدور شفرات الأعضاء الدوارة بسرعة ثابتة تبلغ 200 دورة في الدقيقة. وسوف يفهم المتمرسين في التقنية أن ترتيبة هذا التجسيد تعتبر أحد الأمثلة على كيفية ترتيب مستخلص طاقة الرياح. وبالنسبة للتجسيدات البديلة، سيختلف عدد التوربينات، المسافة بين كل توربين، عدد الدورات في الدقيقة لشفرات الأعضاء الدوارة بناءً على الاحتياجات والبيئة المحددة للموقع. ويمكن تعديل قياس هذه التشكيلة التي يبلغ قطرها 22 مترًا هندسيًا لاستيعاب الأنفاق ذات القطر الأكبر والأصغر، اعتمادًا على توقعات الأرصاد الجوية لسرعة الرياح ومعدل التدفق الكتلي عند مدخل النفق في موقع معين.

وفي هذا التجسيد، يكون للنفق قطر أولي ثابت $د_1$ من الطرف المفتوح الأول 118 حتى التوربين الثاني 120. ويفضل أن يبلغ هذا القطر 22 مترًا. وبعد ذلك، يكون للنفق قطر ثانٍ D2 يمتد بشكل ثابت وخطي حتى التوربين الخامس، وعند هذه النقطة يبقى قطر النفق $د_3$ ثابتًا حتى الفتحة الثانية 122. ويفضل أن يكون قطر النفق النهائي 13.5 مترًا، ويكون إجمالي طول النفق 27.5 متر. وكما هو مذكور أعلاه، يعد هذا التجسيد أحد الأمثلة، وستختلف الترتيبة الموصوفة أعلاه اعتمادًا على موقع البرج ومستخلص الطاقة.

وتم تحسين التجسيد وفقاً للشكل 3 للحالات التي تختلف فيها سرعة الرياح داخل النفق على مدى واسع، والتي قد تكون بين 15 مترًا في الثانية أو أقل إلى 65 مترًا في الثانية. وعند دمجه مع النظام الموضح في الشكل 1، تبلغ الطاقة المقدرة 50 ميغاواط لكل توربين عند أعلى سرعة رياح تبلغ 65 مترًا في الثانية في النفق، وهو ما يبلغ إجماليه 2 غيغاواط لنظام مكون من 40 نفقًا. ومرة أخرى، إذا كانت ظروف التشغيل (مثل سرعة التوربين، واحتياجات الطاقة) مختلفة، فسيكون من الضروري تعديل التصميم الحالي، وتحديدًا قطر النفق، طول الشفرة، وتباعد العضو الدوار، وعدد الدورات في الدقيقة.

وكما هو مذكور أعلاه، يكون التباعد بين كل مرحلة من مراحل التوربين للتجسيد المحدد وفقاً للشكل 3 هو 5.5 متر، وهو ما يساوي نصف نصف قطر شفرة العضو الدوار. وتزيد هذه المسافة من استخلاص الطاقة في هذه الحالة إلى أقصى. وقد تتطلب التجسيدات المختلفة طولاً مختلفاً بين التوربينات لزيادة استخلاص الطاقة إلى أقصى حد. وإذا كان التباعد بين مراحل التوربين كبيراً جداً، يحدث انخفاض كبير في سرعة التدفق بسبب تمدد أنبوب التيار بعد المرحلة السابقة. وهذا من شأنه أن يؤدي إلى انخفاض إنتاج الطاقة للمراحل اللاحقة. وبدلاً من ذلك، إذا كانت المراحل قريبة جداً، فسيحدث تداخل ديناميكي هوائي معاكس. على سبيل المثال، سيؤثر التنشيط منخفض السرعة من الشفرات المرتبة مسبقاً على المراحل اللاحقة، مما يتسبب في حدوث اهتزازات، ضوضاء وإجهاد. وسيفهم الأشخاص المتمرسون في التقنية أن النسبة من نصف قطر العضو الدوار البالغ 11 متراً إلى المسافة بين الأعضاء الدوارة البالغة 5.5 متر هي الأمثل في

التجسيد وفقاً للشكل 3. وبناءً على الموقع والبيئة المحيطة بالبرج، يجب تغيير نصف قطر العضو الدوار والمسافة بين الأعضاء الدوارة وفقاً لذلك.

وبالنسبة للتجسيدات المذكورة أعلاه، عندما تكون سرعة الرياح قبل التوربين منخفضة للغاية، تكون الطاقة المستخلصة من التيار الوارد أقل من الطاقة اللازمة للتغلب على قوى اللزوجة التي تؤثر على الشفرات. ونتيجةً لذلك، يحدث إنتاج سلبي للطاقة، مما يتسبب في دوران الشفرات في اتجاه معاكس. ولذلك هناك حاجة إلى وحدة التحكم لضبط هذه الحالة. على سبيل المثال، عندما يكون هناك انخفاض سريع في عدد الدورات في الدقيقة للعضو الدوار، فهذا مؤشر على أن العضو الدوار لن ينتج طاقة مفيدة. وعندما ينخفض عدد الدورات في الدقيقة للعضو الدوار إلى قيمة أقل من قيمة عتبة، على سبيل المثال قد تكون قيمة العتبة هذه 50 دورة في الدقيقة، فإن وحدة التحكم ستفك العضو الدوار، مما يؤدي إلى عدم استخلاص أي طاقة من العضو الدوار ويكون العضو الدوار قادراً على الدوران بحرية.

وكما ذكر سابقاً، تم تصميم مراحل التوربين لمستخلص طاقة فعال للدوران عند 200 دورة في الدقيقة. وسيتم ضبط حمل الطاقة من كل مرحلة للحفاظ على هذا المعدل. وإذا تسارعت شفرات العضو الدوار، فإن حمل الطاقة (أي الطاقة المستخلصة) من هذا العضو الدوار سيزداد بواسطة وحدة التحكم، مما يسحب المزيد من الطاقة من المولد، مما يؤدي إلى تباطؤ عزم الدوران للدفع الكهربائي المقاوم للعضو الدوار إلى 200 دورة في الدقيقة.

وبالإضافة إلى التغييرات في حجم شفرات العضو الدوار والتباعد بين الأعضاء الدوارة، قد تختلف تشكيلة العضو الدوار اعتماداً على الظروف المحيطة المحددة واستخلاص الطاقة المفضل. على سبيل المثال، يفضل أن يكون للأعضاء الدوارة ذات الشفرات التي يبلغ طولها 11 متراً عمود إدارة يبلغ نصف قطره 0.825 متر. ومع ذلك، ستؤدي شفرة ذات طول مختلف إلى نصف قطر مختلف لعمود الإدارة. وعلاوةً على ذلك، سيختلف طول الوتر والتواء الشفرة من عمود الإدارة إلى الطرف لزيادة إنتاج الطاقة إلى أقصى حد.

وبالإشارة الآن إلى الشكل 4، يتم توضيح تسلسل مفضل لأعضاء دوارة للاقتران والفصل لاستخلاص الطاقة بكفاءة من طاقة الرياح. وتمتد المرحلة الأولى من سرعة رياح تبلغ 15 متر في الثانية إلى 21 متر في الثانية مع تشغيل توربين واحد فقط. وسيتم فصل التوربينات اللاحقة عن المولد، مما يؤدي إلى عدم إنتاج أي طاقة من هذه التوربينات وتكون الأعضاء الدوارة المعنية حرة الدوران. ويتراوح إنتاج الطاقة لهذه المرحلة من 370 كيلوواط للتوربين الفردي في النفق (1.48 ميغاواط لنظام من 40 نفق) بسرعة تبلغ 15 متر في الثانية إلى 1.67 ميغاواط لكل توربين (67.8 ميغاواط من 40 نفق) بسرعة تبلغ 21 متر في الثانية.

ويتم ربط المرحلة الثانية بسرعة رياح تبلغ 22 متر في الثانية. ومن 22 متر في الثانية إلى 31 متر في الثانية، سيتم تشغيل أول توربينين فقط، وسيتم فصل جميع التوربينات الأخرى. ويتراوح إنتاج الطاقة من 1.67 كيلوواط لكل توربين (67.8 ميغاواط لنظام من 40 نفق) بسرعة تبلغ 21 متر في الثانية إلى 5.86 ميغاواط لكل توربين (234 ميغاواط من 40 نفق) بسرعة تبلغ 31 متر في الثانية.

ويتم ربط المرحلة الثالثة بسرعة رياح تبلغ 32 متر في الثانية وتستمر حتى 42 متر في الثانية. وفي هذه المرحلة، سيتم تشغيل التوربينات الثلاثة الأولى فقط، بينما سيتم فصل التوربينات اللاحقة عن المولد. ويتراوح إنتاج الطاقة من 6.4 ميغاواط لكل توربين (256 ميغاواط لنظام من 40 نفق) بسرعة تبلغ 32 متر في الثانية إلى 15 ميغاواط لكل توربين (600 ميغاواط من جميع الأنفاق الأربعين) بسرعة 42 متر في الثانية.

ويتم ربط المرحلة الرابعة بسرعة رياح تبلغ 43 متر في الثانية. ومن 43 متر في الثانية إلى 52 متر في الثانية، سيتم تشغيل التوربينات الأربعة الأولى، بينما يتم فصل المرحلة الخامسة عن المولد. ويتراوح إنتاج الطاقة من 16.2 ميغاواط لكل توربين (648 ميغاواط لنظام من 40 نفق) بسرعة تبلغ 43 متر في الثانية إلى 24.6 ميغاواط لكل توربين (984 ميغاواط من جميع الأنفاق الأربعين) بسرعة تبلغ 52 متر في الثانية.

ويتم ربط المرحلة الخامسة والأخيرة بسرعة رياح تبلغ 53 متر في الثانية ويفضل أن تستمر حتى 65 متر في الثانية. ويستمر إنتاج الطاقة في الارتفاع من 25.6 ميغاواط لكل توربين (1.02 غيغاواط لنظام من 40 نفق) بسرعة تبلغ 53 متر في الثانية إلى 49.5 ميغاواط لكل توربين (2 غيغاواط من جميع الأنفاق الأربعين) بسرعة تبلغ 65 متر في الثانية.

ويفضل تصميم شفرات العضو الدوار لتحمل أحمال هيكلية بسرعة رياح تصل إلى 75 متر في الثانية. ومع ذلك، فإن سرعات الرياح العالية هذه غير مرجحة الحدوث وتعتبر ظروفاً قاسية. ووفقاً لذلك، يفضل إيقاف عمليات تشغيل التوربين عند سرعة تزيد عن 75 متر في الثانية.

وعلى الرغم من أن الوصف أعلاه يتضمن إشارات إلى تجسيدات معينة، إلا أنه يجب أن يكون مفهوماً أن هذه التجسيدات هي مجرد توضيح لمبادئ وتطبيقات الاختراع الحالي. ولذلك ينبغي أن يكون مفهوماً أنه يمكن إدخال تعديلات عديدة على التجسيدات التوضيحية وأنه يمكن وضع ترتيبات أخرى واستخدامها دون الخروج عن جوهر ونطاق الاختراع الحالي.

عناصر الحماية

1- مستخلص طاقة رياح متعدد المراحل، يشتمل على:

(أ) نفق له محور أفقي وطرفين مفتوحين أول وثان، ويكون طول النفق المذكور أكبر من قطر النفق المذكور، ويكون للنفق المذكور مقطع عرضي دائري وقطر يزداد تدريجياً من الطرف المفتوح الأول المذكور إلى الطرف المفتوح الثاني المذكور؛

(ب) توربينيْن اثنين على الأقل مرتبين داخل النفق المذكور وبشكل متحد المحور معه، ويشتمل كل توربين على:

(1) عضو دوار يحتوي على مجموعة الشفرات الممتدة شعاعياً؛

(2) وحدة تحكم متصلة بالعضو الدوار المذكور؛ و

(3) محرك متصل بوحدة التحكم المذكورة؛ و

(ج) مولد متصل بشكل انتقائي بالتوربينات المذكورة، حيث تقوم وحدات التحكم المذكورة بربط وفك الأعضاء الدوارة المذكورة بشكل مستقل في تتابع خطي وفقاً لسرعة رياح محددة مسبقاً من خلال النفق المذكور من الطرف المفتوح الأول المذكور إلى الطرف المفتوح الثاني المذكور لزيادة الطاقة المزوّد بها للمولد المذكور.

2- مستخلص طاقة الرياح متعدد المراحل وفقاً لعنصر الحماية 1، حيث يشتمل المحرك المذكور على محرك هيدرولي لتوفير الطاقة للمولد المذكور عبر مائع هيدرولي.

3- مستخلص طاقة الرياح متعدد المراحل وفقاً لعنصر الحماية 1، حيث يتم تهيئة كل وحدة تحكم لفك العضو الدوار المعني المذكور وفقاً لمعدلات دوران العضو الدوار المحددة مسبقاً في تتابع خطي من الطرف المفتوح الثاني المذكور نحو الطرف المفتوح الأول المذكور.

4- مستخلص طاقة رياح متعدد المراحل وفقاً لعنصر الحماية 3، حيث تتوافق المسافة بين التروبينات المتتالية مع نصف طول شفرات العضو الدوار المذكورة.

5- مستخلص طاقة الرياح متعدد المراحل وفقاً لعنصر الحماية 4، حيث يحتوي التوربينيْن الاثنين على الأقل المذكورين على شفرات عضو دوار لها نفس الطول.

6- مستخلص طاقة الرياح متعدد المراحل وفقاً لعنصر الحماية 5، حيث يشتمل النفق المذكور على خمس توربينات متباعدة، ويكون للنفق المذكور قطر ثابت بين التوربينين الأول والثاني المذكورين، قطر متزايد خطياً بين التوربينين الثاني والخامس المذكورين وقطر ثابت بين توربين خامس وطرف مفتوح ثان للنفق المذكور.

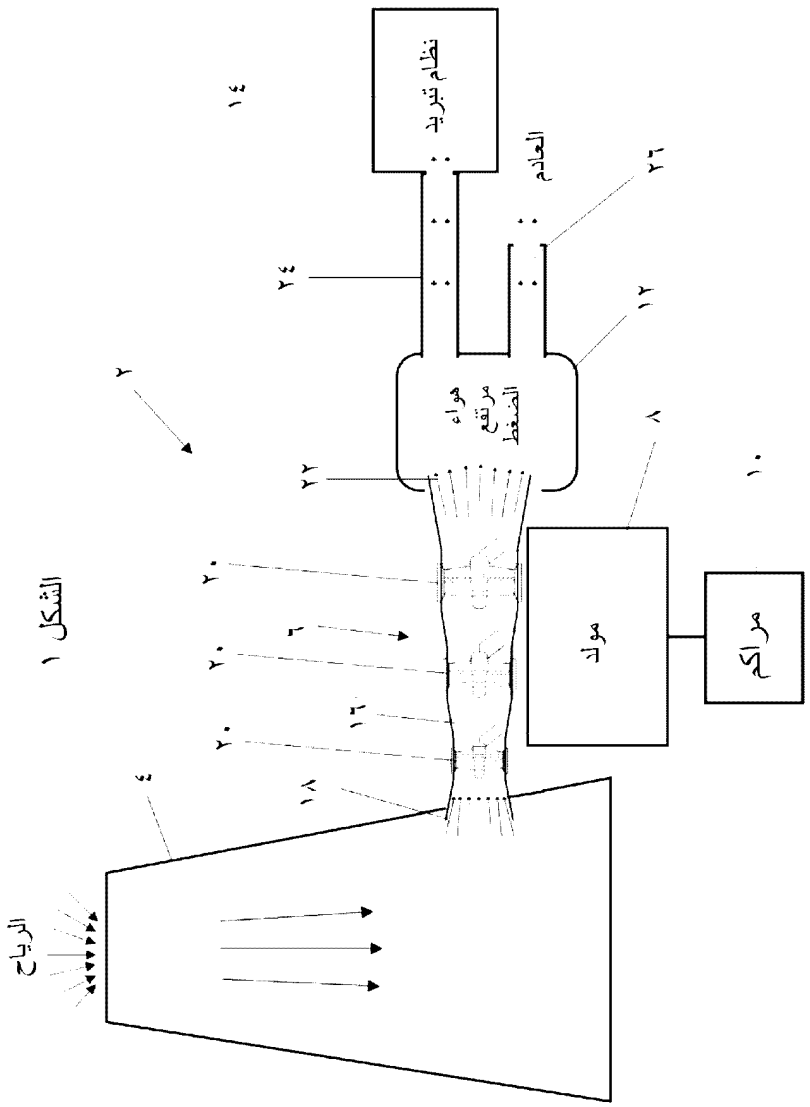
7- مستخلص طاقة الرياح متعدد المراحل وفقاً لعنصر الحماية 4، حيث يكون لكل من التوربينات المذكورة شفرة عضو دوار طولها يتوافق مع قطر النفق المذكور في موقع معين لكل توربين فيه.

8- مستخلص طاقة الرياح متعدد المراحل وفقاً لعنصر الحماية 7، حيث تتوافق المسافة بين التوربينات المتتالية مع نصف طول شفرات العضو الدوار المذكورة.

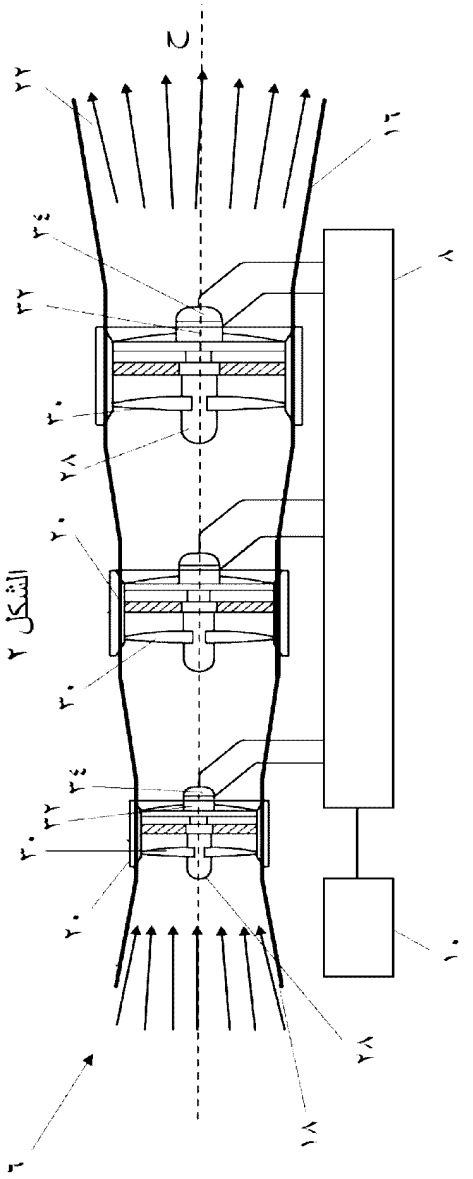
9- نظام توربين رياح، يشتمل على برج رياح، مستخلص طاقة رياح كما هو محدد في عنصر الحماية 4، وحجرة تهوية متصلة بطرف مفتوح ثان للنفق المذكور وتم تشكيله لاستقبال واحتواء الهواء المضغوط من النفق المذكور.

10- نظام توربين الرياح، وفقاً لعنصر الحماية 9، يشتمل أيضاً على قناة duct تحتوي على طرف أول متصل بحجرة التهوية المذكورة وطرف ثان متصل بنظام تبريد لنقل الهواء المضغوط المذكور من حجرة التهوية المذكورة إلى نظام التبريد المذكور.

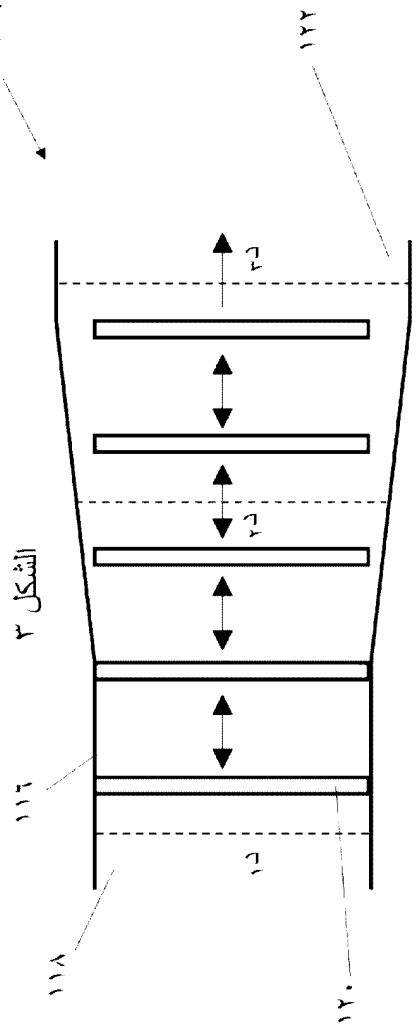
11- نظام توربين الرياح، وفقاً لعنصر الحماية 10، يشتمل أيضاً على مخرج عادم له طرف أول متصل بحجرة التهوية المذكورة وطرف ثان مكشوف لإخراج الهواء المضغوط المذكور إلى الجو.


نظام تبريد
العادم
٢٦
٢٤
١٢
٢
هواء مرتفع الضغط
٨
١٠
٢٢
٢٠
٦
٢٠
١٦
٢٠
١٨
٤
مولد
مراكم
الرياح

الشكل ١



الشكل ٢



الشكل ٣

الشكل ٤

بدء التحكم بالتوربين
تقوم وحدة التحكم بربط مرحلة التوربين الأولى بالطاقة عند سرعة بين ١٥ و٢١ متر في الثانية
تقوم وحدة التحكم بربط مرحلة التوربين الثانية بالطاقة عند سرعة بين ٢٢ و٣١ متر في الثانية
تقوم وحدة التحكم بربط مرحلة التوربين الثالثة بالطاقة عند سرعة بين ٣٢ و٤٢ متر في الثانية
تقوم وحدة التحكم بربط مرحلة التوربين الرابعة بالطاقة عند سرعة بين ٤٣ و٥٢ متر في الثانية
تقوم وحدة التحكم بربط مرحلة التوربين الخامسة والاخيرة بالطاقة عند سرعة ٥٣ متر في الثانية
تقوم وحدة التحكم بفك كل مرحلة من مراحل التوربين عن الطاقة بترتيب عكسي بدءا من المرحلة السادسة عندما تنخفض دورات مرحلة التوربين في الدقيقة إلى أقل من ٥٠
تم فك جميع التوربينات
انتهاء التحكم بالتوربين

MA 65031B1

ROYAUME DU MAROC
OFFICE MAROCAIN DE LA PROPRIETE INDUSTRIELLE ET COMMERCIALE

OMPIC

المملكة المغربية
المكتب المغربي للملكية الصناعية و التجارية

RAPPORT DE RECHERCHE AVEC OPINION SUR LA BREVETABILITE

(Conformément aux articles 43 et 43.2 de la loi 17-97 relative à la protection de la propriété industrielle telle que modifiée et complétée par la loi 23-13)

Renseignements relatifs à la demande	
N° de la demande : 65031	Date de dépôt :25/03/2024 Date d'entrée en phase nationale :28/09/2022
Déposant : KINRG, INC.	Date de priorité: 28/09/2021
Intitulé de l'invention : ÉOLIENNE À ÉTAGES MULTIPLES	

Le présent document est le rapport de recherche avec opinion sur la brevetabilité établi par l'OMPIC conformément aux articles 43 et 43.2, et notifié au déposant conformément à l'article 43.1 de la loi 17-97 relative à la protection de la propriété industrielle telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

Les documents brevets cités dans le rapport de recherche sont téléchargeables à partir du site http://worldwide.espacenet.com, et les documents non brevets sont joints au présent document, s'il y en a lieu.

Le présent rapport contient des indications relatives aux éléments suivants :

Partie 1 : Considérations générales
- ☒ Cadre 1 : Base du présent rapport
- ☐ Cadre 2 : Priorité
- ☐ Cadre 3 : Titre et/ou Abrégé tel qu'ils sont définitivement arrêtés

Partie 2 : Rapport de recherche

Partie 3 : Opinion sur la brevetabilité
- ☐ Cadre 4 : Remarques de forme et de clarté
- ☐ Cadre 5 : Défaut d'unité d'invention
- ☐ Cadre 6 : Observations à propos de certaines revendications exclues de la brevetabilité
- ☒ Cadre 7 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle

Examinateur: Mohamed EL KINANI	**Date d'établissement du rapport** : 05/04/2024
Téléphone: **212 5 22 58 64 14/00**	

Partie 1 : Considérations générales

Cadre 1 : base du présent rapport

Les pièces suivantes de la demande servent de base à l'établissement du présent rapport :

- Description
  8 Pages
- Revendications
  1-11
- Planches de dessin
  3 Pages

Partie 2 : Rapport de recherche

Classement de l'objet de la demande :

CIB : H02K7/18, F03D1/04, F03D9/25
CPC : F03D1/02, F03D1/025, F03D1/04

Plateformes et bases de données électroniques de recherche :

EPOQUENET, WPI, ScienceDirect, IEEE, ORBIT

Catégorie*	Documents cités avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	N° des revendications visées
A	US8727698B1 ; SOLAR WIND ENERGY TOWER INC [US] ; 20/05/2014	1-11
A	US8232665B2 ; SATO SHIGERU [JP] ; 31/07/2012	1-11

***Catégories spéciales de documents cités :**

-« **X** » document particulièrement pertinent ; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
-« **Y** » document particulièrement pertinent ; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
-« **A** » document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
-« **P** » documents intercalaires ; Les documents dont la date de publication est située entre la date de dépôt de la demande examinée et la date de priorité revendiquée ou la priorité la plus ancienne s'il y en a plusieurs
-« **E** » Éventuelles demandes de brevet interférentes. Tout document de brevet ayant une date de dépôt ou de priorité antérieure à la date de dépôt de la demande faisant l'objet de la recherche (et non à la date de priorité), mais publié postérieurement à cette date et dont le contenu constituerait un état de la technique pertinent pour la nouveauté

Partie 3 : Opinion sur la brevetabilité

Cadre 7 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle

Nouveauté	Revendications 1-11 Revendications aucune	Oui Non
Activité inventive	Revendications 1-11 Revendications aucune	Oui Non
Application Industrielle	Revendications 1-11 Revendications aucune	Oui Non

Il est fait référence aux documents suivants. Les numéros d'ordre qui leur sont attribués ci-après seront utilisés dans toute la suite de la procédure

D1 : US8727698B1
D2 : US8232665B2

1. Nouveauté

Aucun document de l'état de la technique ne divulgue un un extracteur d'énergie éolienne à étages multiples tel que décrit dans la revendication 1 de la présente demande.

D'où l'objet de la revendication indépendante 1 est nouveau au sens de l'article 26 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

Le même raisonnement s'applique à la revendication de 9 dont l'objet est considéré comme nouveau au sens de l'article 26 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

Par conséquent, l'objet des revendications dépendantes 2-8, 10, 11 est également considéré comme nouveau au sens de l'article 26 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

1. Activité inventive

Le document D1 considéré comme l'état de la technique le plus proche de l'objet de la revendication indépendante 1 divulgue un extracteur d'énergie éolienne à étages multiples, comprenant :

(a) un tunnel ayant un axe horizontal et des première et seconde extrémités ouvertes, une longueur dudit tunnel étant supérieure à un diamètre dudit tunnel, ledit tunnel ayant une section transversale circulaire et un diamètre augmentant progressivement de ladite première extrémité ouverte à ladite seconde extrémité ouverte ;

(b) au moins deux turbines agencées à l'intérieur dudit tunnel et coaxiales avec celui-ci, chaque turbine comprenant :

(1) un rotor ayant une pluralité de pales s'étendant radialement ;

(3) un moteur relié à un dispositif de commande ; et

(c) un générateur relié de manière sélective auxdites turbines, lesdits dispositifs de commande entrant en prise et se dégageant indépendamment desdits rotors en fonction la vitesse de vent à travers ledit tunnel de ladite première extrémité ouverte à ladite deuxième extrémité ouverte pour maximiser la puissance fournie audit générateur.

Par conséquent, l'objet de la revendication 1 diffère de ce dispositif connu en ce que chaque turbine comprend un dispositif de commande connecté audit rotor ; lesdits dispositifs de commande entrant en prise et se dégageant indépendamment desdits rotors en succession linéaire en fonction d'une vitesse de vent prédéterminée à travers ledit tunnel de ladite première extrémité ouverte à ladite une deuxième extrémité ouverte pour maximiser la puissance fournie audit générateur.

Le problème technique objectif que la présente invention tente de résoudre est de fournir un extracteur d'énergie éolienne amélioré.

La combinaison des caractéristiques exposées dans la revendication 1 de la présente demande n'est pas décrite dans l'état de la technique et n'en découle pas de manière évidente.

D'où l'objet de la revendication 1 est considéré comme impliquant une activité inventive au sens de l'article 28 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

Le même raisonnement s'applique à la revendication 9 dont l'objet est considéré comme impliquant une activité inventive au sens de l'article 28 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

Par conséquent, l'objet des revendications dépendantes 2-8, 10, 11 est également considéré comme impliquant une activité inventive au sens de l'article 28 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

1. Application industrielle

L'objet de la présente invention est susceptible d'application industrielle au sens de l'article 29 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13, parce qu'il présente une utilité déterminée, probante et crédible.