

التخزين على نطاق المرافق: عملاق نائم أم مجرد سراب؟

عن كابسارك

مركز الملك عبد الله للدراسات والبحوث البترولية (كابسارك) هو مركز عالمي غير ربحي يجري بحوثاً مستقلة في اقتصاديات وسياسات وتقنيات الطاقة بشتى أنواعها بالإضافة إلى الدراسات البيئية المرتبطة بها. وتتمثل مهمة كابسارك في تعزيز فهم تحديات الطاقة والفرص التي تواجه العالم اليوم وفي المستقبل من خلال بحوث غير منحازة ومستقلة وعالية الجودة لما فيه صالح المجتمع، ويقع كابسارك في الرياض بالمملكة العربية السعودية.

إشعار قانوني

© حقوق النشر 2020 محفوظة لمركز الملك عبدالله للدراسات والبحوث البترولية (كابسارك). لا يجوز استخدام هذا المستند أو أي معلومات أو بيانات أو محتوى يتضمنه دون نسبه بشكل ملائم لكابسارك. كما لا يجوز إعادة إنتاج هذا المستند أو جزء منه دون إذن خطي من كابسارك. ولا ينشأ عن المعلومات الواردة في هذا المستند أي ضمان أو تعهد أو أي مسؤولية قانونية –سواء مباشرة أو غير مباشرة- تجاه دقتها أو اكتمالها أو فائدتها. كما لا يجوز أن يعتبر هذا المستند –أو أي جزء منه- أو أن يفسر كنصيحة أو دعوة لاتخاذ أي قرار. الآراء والأفكار الواردة هنا تخص الباحثين معدي الدراسة، ولا تعكس بالضرورة موقف المركز ووجهة نظره.

من المتوقع أن ينمو الطلب على تخزين الكهرباء بشكل كبير على المدى القريب والمتوسط، وذلك للأسباب التالية: عدد الشبكات الصغيرة المتزايد، والاستخدام المستمر للطاقة المتجددة في قطاع الكهرباء العالمي، والتقدم في التنقل الكهربائي، والتقدم التكنولوجي في قطاع التخزين.

هناك أربعة أنواع رئيسية من تقنيات التخزين متاحة في السوق (الميكانيكية والكهربائية والكهروكيميائية والحرارية)، ومن المتوقع أن يتطور التخزين الكهروكيميائي ليكون أكثر تقنيات التخزين استخداماً وتأثيراً في العقد القادم.

من المتوقع أن تصل سوق التخزين الكهروكيميائية إلى 4 مليار دولار أمريكي بحلول عام 2025، حيث تمثل حصة تقنية أيون-الليثيوم حوالي 22%. بالإضافة إلى التطورات في تقنية البطاريات، من المرجح أن نحصل على تخفيضات إضافية في التكلفة بسبب زيادة الكفاءة في سلسلة إمداد البطاريات.

يعد التخزين تقنية فريدة. فمن الممكن تفعيل أنظمة تخزين الطاقة في أي مكان في سلسلة إمداد توليد الطاقة: في قطاعات التوليد أو النقل أو التوزيع. كما يمكن أن ينافس التخزين أيضاً في أسواق الطاقة والسعة والخدمات الإضافية. ويمكن أن نرى من هذا أن تنظيم تقنية التخزين وصياغة سياساته ليس بالأمر السهل.

حالياً لا توجد سوق متطورة بما يكفي لاستيعاب التخزين وكافة إمكانياته. وقد تم تمويل معظم مشاريع التخزين من خلال الأسهم والمنح الحكومية. إن قلة المشاريع والبيانات المتعلقة بالتخزين تجعل الاقتراض صعباً.

اتخذت العديد من الدول والمرافق خطوات تقدمية لتمكين تفعيل المزيد من وحدات التخزين. تتضمن هذه الخطوات مثلاً السماح للتخزين بالمنافسة في جميع الأسواق، ومراجعة عمليات الربط لتشمل التخزين، وتشجيع التهجين، ومكافأة الأداء (مثل الاستجابة السريعة لتغير الأحمال).

في الجملة، هناك أدلة تشير إلى أن تقنيات التخزين ستحقق ما هو مأمول منها وستكون عنصراً مهماً في مستقبل الطاقة العالمية.

خلفية عن ورشة العمل

يمكن استخدام تخزين الطاقة في كل أجزاء سلسلة الإمداد الكهربائية: في قطاعات التوليد والنقل والتوزيع. كما يمكنها المنافسة في أسواق الطاقة والسعة والأسواق الإضافية، إن هذا التنوع يجعل تخزين الطاقة تقنية يصعب تنظيمها. تقف هذه التحديات التنظيمية، إلى جانب الآثار القانونية والمالية، في طريق استخدام التخزين على نطاق أوسع وبشكل أسرع. والجدير بالذكر أن أنواع التحديات التي تواجه تخزين الطاقة في المرافق المتكاملة عمودياً تختلف عن التحديات في بيئة السوق.

كل ما ذكر أعلاه لا يشكل إلا جزءاً يسيراً من الاعتبارات المتعلقة باستخدام تخزين الطاقة. وعلى ضوء ذلك، تم تنظيم ورشة العمل هذه لمناقشة هذه المواضيع ومحاولة استشراف مستقبل تطور تقنية تخزين الطاقة.

تمتلك المملكة العربية السعودية، كما هو الحال في دول أخرى، خططاً طموحة لتركيب سعة كبيرة من الطاقة المتجددة بحلول عام 2040. إلا أنه يمكن أن تؤدي سعة عالية من الطاقة المتجددة في نظام الكهرباء إلى عدم استقرار الشبكة. وتعد تقنية تخزين الطاقة أحد الخيارات التي يمكن أن تحل هذه التحديات.

يلعب تخزين الطاقة دوراً في استقرار الشبكة من خلال التكامل مع مصادر الطاقة المتجددة، وبالإضافة إلى ذلك يمكن أن يساهم تخزين الطاقة في الأهداف البيئية، بما في ذلك دعم مفهوم "الاقتصاد الدائري للكربون"، الذي اقترحه المملكة العربية السعودية في رئاستها لمجموعة العشرين. يشتمل الاقتصاد الدائري للكربون على أربعة مبادئ لإدارة انبعاثات الكربون: الخفض وإعادة الاستخدام وإعادة التدوير والإزالة. يمكن أن يساهم تخزين الطاقة في "الخفض" ويمكنه زيادة استخدام الطاقة المتجددة إلى أقصى حد. لم يكن التخزين تنافسياً من حيث التكلفة في السابق، ولكن العديد من التطورات في الأسواق والتقنيات ساهمت الآن في جعل التخزين – على نطاق المرافق – أكثر تنافسية.

تقنيات وتكاليف التخزين

تعزى التحسينات التي شهدتها تقنيات تخزين الطاقة إلى جهود البحث والتطوير في القطاع الخاص. فقد قامت شركة تسلا (Tesla) بوضع أهداف واضحة لإنتاج سيارة كهربائية تكلف 25,000 دولار في غضون سنتين إلى ثلاث سنوات مع زيادة في المدى بنسبة 50٪ تقريبًا. كما تدعي شركة كوانتوم سكيب (Quantum Scape) أن كثافات الطاقة التي تصل إلى 500 واط في الساعة لكل كيلوغرام (Wh / kg) ستكون ممكنة مع الجيل القادم من تقنية الليثيوم-المعدن (الكثافات الحالية تبلغ حوالي 300 واط في الساعة لكل كيلوغرام). ومن المتوقع أن تبلغ سوق التخزين الكهروكيميائي 4 مليار دولار بحلول عام 2025، مع احتفاظ تقنيات الليثيوم أيون بحصة تبلغ حوالي 22٪. ومع أن محركات نمو تخزين الطاقة لا تقتصر بالضرورة على تقنية الليثيوم-أيون، ولكن التعاضد فيما بين تطوير بطاريات الليثيوم أيون لصناعات المركبات الكهربائية (EV) والتطبيقات الثابتة ستزيد من نطاق استخدام الليثيوم-أيون أكثر من التقنيات الأخرى.

بالإضافة إلى التطورات التي تحدث في تقنيات البطاريات، من المرجح أن تنجم تخفيضات إضافية في التكاليف عن طريق مكاسب الكفاءة في سلسلة إمداد البطاريات. تعتبر سلسلة توريد تخزين الطاقة معقدة وتتضمن أصحاب مصلحة متنوعين. ولذلك نرى أن هناك تحديات في الاتفاق على المعايير، وتحولات مستمرة في استخدام المواد مع هذا التعدد. وإذا جمعنا العوامل السابقة بتحديات تعدين المواد الخام، لا يكون من الغريب أن نرى تنوعاً كبيراً في التكاليف الرأسمالية في صناعة تخزين الكهرباء. ومع نضوج سلاسل التوريد وسلاسل القيمة للتخزين، سيؤدي التوسع في التصنيع إلى خفض التكلفة - كما شهدت صناعة توليد الطاقة الشمسية الكهروضوئية (PV) منذ ما يقرب من 20 عامًا.

مع استمرار تطور تقنيات التخزين، ستستمر نماذج الأعمال أيضًا في التطور. وتجدر الإشارة إلى أنه من الأسهل متابعة تطور أنظمة التخزين على النطاق

من المتوقع أن ينمو الطلب على تخزين الكهرباء بشكل كبير على المدى القريب والمتوسط، وذلك للأسباب التالية: تزايد عدد الشبكات الصغيرة، والاستخدام المستمر للطاقة المتجددة في قطاع الكهرباء العالمي، والتقدم في التنقل الكهربائي، والتقدم التكنولوجي في قطاع التخزين نفسه. وستكون خطط الطاقة المتجددة هي المحرك الأكبر للطلب على تخزين الطاقة. وفقًا لسيناريو تحويل الطاقة التابع للوكالة الدولية للطاقة المتجددة (IRENA)، يجب توفير أكثر من 70٪ من قدرة النظام العالمي المطلوبة البالغة 20,000 جيجاواط بواسطة الطاقة الشمسية وطاقة الرياح بحلول عام 2050. مع وجود هذه الحصة الكبيرة من مصادر الطاقة المتجددة في مزيج الطاقة، تصبح مرونة الشبكة مصدر قلق، وتعد تقنية التخزين منافسًا مهمًا في تمكين هذه الطموحات.

هناك أربعة أنواع رئيسية من تقنيات التخزين متاحة في السوق (الميكانيكية والكهربائية والكهروكيميائية والحرارية)، ومن المتوقع أن يصبح التخزين الكهروكيميائي أكثر تقنيات التخزين استخداماً وتأثيراً في العقد القادم. ومن أكثر المواد الكيميائية استخداماً في المجال الكهروكيميائي: الليثيوم-أيون (Li-ion)، الرصاص-الحمض (LA)، وتدفق الأكسدة والاختزال. وبالإضافة إلى ذلك، فإن قيم التكلفة المعيارية للتخزين (LCOS) الحالية لهذه التقنيات ليست تنافسية لجميع التطبيقات في جميع المناطق الجغرافية. على سبيل المثال، يبلغ متوسط قيمة التكلفة المعيارية للتخزين لبطاريات الليثيوم أيون حوالي 0.45 يورو لكل كيلو واط في الساعة (EUR/kWh) ولحمض الرصاص 0.25 يورو لكل كيلو واط في الساعة. ومع ذلك، من المتوقع أن تؤدي التطورات التقنية في الصناعة إلى خفض هذه التكاليف. وبشكل خاص، يتوقع أن تنخفض التكلفة المعيارية للتخزين لبطارية الليثيوم-أيون إلى ما يقارب 0.10 يورو لكل كيلو واط في الساعة.

الكهربائية تقود التطورات في التخزين الثابت على نطاق المرافق. يتوقع العديد من الخبراء أن يلعب إمداد السيارة إلى الشبكة دورًا مهمًا في الشبكات المستقبلية - وربما يؤدي دورًا أكبر من دور البطاريات الثابتة حاليًا.

السكني. مقارنةً بالتخزين على مستوى المرافق، تم انتشار التخزين على النطاق السكني بسرعة أكبر حيث أنه يواجه عددًا أقل من القيود التقنية والتنظيمية. من المحتمل أيضًا أن نرى صناعة بطاريات السيارات

يجب أن يعتمد تخزين الطاقة نماذج التشغيل ذاتها؟ أم ينبغي شراء الطاقة مباشرة؟ يبدو أن الإجابة عن هذا السؤال غير واضحة بالنظر إلى العدد القليل من مشاريع تخزين الطاقة العالمية. ويعود جزء من الغموض إلى عدم كفاية الموضوع حول الإيرادات على المدى البعيد التي قد تنتج عن استخدام تخزين الطاقة.

من الأمور التي تزيد انتشار التخزين صعوبة كيفية استخدام التخزين. فيعتمد عمر أجهزة التخزين بشكل كبير على كيفية تشغيلها. علاوة على ذلك، فإن الضمانات الممنوحة من قبل مطوري التخزين تحتوي على شروط صارمة حول تشغيل أجهزة التخزين. يمكن لهذه الملاحظات – التي لا تنطبق على مشاريع الطاقة الشمسية – أن تنفر المستثمرين. وفي ظل التحديات التكنولوجية والتنظيمية المذكورة أعلاه، نرى أن معظم مشاريع التخزين تم تمويلها من خلال التمويل المالي المباشر أو المنح الحكومية. يصعب الحصول على التمويل نظراً لقلّة البيانات المرجعية للمشاريع السابقة. كما هو الحال مع مشاريع توليد الطاقة الأخرى، ينظر المقرضون إلى الكفاءة الائتمانية للمرفق والاستقرار السياسي للحكومة المضيفة. على المدى القريب، وحتى تتطور الأسواق وتتغير اللوائح، توفر المرافق المتكاملة عمودياً بيئة أكثر جاذبية للتخزين، حيث أن هذا النوع من المرافق سيكون قادراً على تحصيل جميع الفوائد التي يمكن أن يمنحها تخزين الطاقة للشبكة، بغض النظر عن المكان الذي يستخدم فيه التخزين.

على الرغم من العوائق المذكورة أعلاه، اتخذت العديد من الدول والمرافق خطوات تقدمية لتمكين استخدام تخزين الطاقة. من بين هذه الخطوات السماح لتخزين الطاقة بالمنافسة في جميع الأسواق، ومراجعة عمليات الربط لتشمل التخزين، وتشجيع التهجين، وتحديد أهداف الشراء لمشاريع الطاقة المتجددة والتخزين، وتقديم الإعانات والتخفيضات من خلال برامج تمويل الطاقة الخضراء، ومكافأة الأداء (مثل الاستجابة السريعة لتغير الأحمال). تم تنفيذ هذه الأدوات بشكل أساسي في الولايات المتحدة الأمريكية وأستراليا وألمانيا وإيطاليا. تشمل الأمثلة مشروع بطارية الليثيوم-أيون بقوة 100 ميغاواط

كما هي الحال في تقنيات التخزين، فإن الجوانب التنظيمية والتمويلية تشهد تطوراً أيضاً. إلا أن هذه التطورات ليست سريعة ومستمرة كما يرغب المستثمرون. يعتبر تنظيم وتمويل التخزين على نطاق المرافق من المجالات الجديدة نسبياً، ويتم سن قوانينها وكتابتة قواعدها ومعاييرها أثناء تطويرها.

يعد تخزين الطاقة تقنية فريدة من نوعها. فيمكن تفعيل أنظمة تخزين الطاقة في أي جزء في سلسلة إمداد توليد الطاقة، أي في قطاعات التوليد أو النقل أو التوزيع. ويمكن أن يوفر تخزين الطاقة أيضاً أكثر من خدمة واحدة في كل قطاع، وأكثر من خدمة واحدة في قطاعات مختلفة في الوقت ذاته، وتعرف هذه الخاصية بمصطلح "تكوين القيمة". مع هذا التنوع، يمكن لتقنيات التخزين أن تتنافس في أسواق الطاقة والسعة والخدمات الإضافية. ومن الخصائص الأخرى الفريدة لتقنية تخزين الطاقة هي أنها تحتاج أن تستمد الطاقة من الشبكة للشحن. بمعنى آخر، يعمل التخزين كمزود للطاقة حيناً وكحمل في حين آخر. بالنظر إلى هذه الخصائص، يمكن أن نرى لماذا لا يعد تنظيم التخزين مهمة سهلة.

لا توجد سوق متطورة حالياً بما يكفي لاستيعاب تقنية التخزين بخصائصها المتعددة وتقدير قيمتها. وفي الأسواق التي يشارك فيها التخزين، تقتصر الإيرادات على خدمة واحدة من عدة خدمات. كما أنه لا توجد حالياً أسواق لعدد من الخدمات مثل تجنب تشغيل المولدات الحرارية، وزيادة كفاءة النظام، وإعادة تشغيل وحدة الطاقة ذاتياً. وبالتالي، لا يمكن تعويض مزودي التخزين عن أي من هذه الخدمات. وعلى الرغم من أن التخزين يمكن أن يوفر عدداً من الخدمات عبر سلسلة التوريد الخاصة بتوليد الكهرباء، إلا أنه لن يحصل بالضرورة على تعويض عن هذه الخدمات بسبب قلة الأسواق لها أو القيود التنظيمية. إن مشغلي النظام الكهربائي الحالي معتادون على مر عقود طويلة على نظام توليد نمطي، وتشكل اللوائح الحالية الموروثة تدفقات إيرادات محدودة لمكافأة الأداء.

يتم تفعيل الطاقة المتجددة عادةً باستخدام نموذج منتج طاقة مستقل (IPP) واتفاقية شراء الطاقة (PPA). هل

على الرغم من أن العديد من التحديات تقف في طريق استخدام تخزين الطاقة، لا يبدو أنها غير قابلة للحل أو لا يمكن التغلب عليها. في الواقع، واجهت الطاقة المتجددة تحديات مماثلة خلال العشرين عامًا الماضية. في الجملة، هناك أدلة تشير بأن تقنيات التخزين ستحقق ما هو مأمول منها وستكون عنصرًا مهمًا في مستقبل الطاقة العالمية.

في جنوب أستراليا، المتكامل مع التوليد المتجدد وأحداث فصل الحمل المنخفض. أدى هذا المشروع إلى توفير 150 مليون دولار أسترالي من مدخرات المستهلكين في أول عامين من التشغيل. وبالمثل، تمكنت منشأة تخزين بقدرة 38 ميجاواط في منطقة كامبانيا في إيطاليا من تخفيف ازدحام الشبكة وتأجيل الاستثمارات في قطاع النقل.

عُقدت ورشة العمل هذه افتراضياً في 24 نوفمبر 2020. وقد ضُمَّت أربعة خبراء لمناقشة الفرص والتحديات الرئيسية المتعلقة باستخدام تخزين الطاقة.

قائمة المثشاركين

هدثام فقيه - مستشار في أعمال الطاقة والمرافق والموارد في شركة Strategy & Middle East

أوليفر إيروين - شريك في تمويل المشاريع في Bracewell (U.K.) LLP

فاتنثي كوركيجيان - شريك في أعمال الطاقة والصناعة في شركة رولاند بيرجر

مايكل تايلور - محلل طاقة أول في الوكالة الدولية للطاقة المتجددة (IRENA)

حول الفريق

عمرو الشرفاء



زميل باحث يعمل على تحولات الطاقة. تشمل اهتماماته البحثية نمذجة أنظمة الطاقة، والطاقة الشمسية الكهروضوئية (PV)، وتصميم وتحسين الشبكات الصغيرة الهجينة. قام بقيادة وتنفيذ العديد من جهود نمذجة الطاقة الوطنية على نطاق التوزيع والمرافق. نشر أكثر من 40 دراسة والعديد من براءات الاختراع، ويحمل شهادة الدكتوراه في الهندسة الكهربائية وماجستير إدارة الأعمال في التمويل.

حول المشروع

تركز تحولات الطاقة بشكل أساسي على التحول إلى مصادر الطاقة منخفضة الكربون في قطاع الطاقة. ويفسر ذلك بالزيادة في استخدام مصادر الطاقة المتجددة والغاز بدلاً من الفحم لتوليد الطاقة. على أي حال، فإن الاستخدام المتزايد لمصادر الطاقة المتجددة المتقطعة ينتج عنه طلباً على توليد للطاقة أكثر مرونة، الذي يعد اليوم في الغالب توليد للطاقة باستخدام الغاز. يؤدي الاستخدام المتزايد للغاز الطبيعي إلى زيادة الضغط على أسعار الغاز العالمية، مما يؤثر بدوره على الاقتصاديات الأساسية لأنواع الوقود الأخرى المستخدمة في قطاع الطاقة.

نظراً للتقدم التكنولوجي ومسارات التكلفة التنافسية لتخزين الطاقة في المستقبل، يمكن أن يساعد ذلك في التخفيف من التقلبات الكبيرة في إمدادات الشبكة. ومع ذلك، لا تزال هناك العديد من التحديات التكنولوجية والتنظيمية تواجه تخزين الطاقة. لذلك يمكن أن يكون لتحول الطاقة آثار متتالية على اقتصاديات قطاع الطاقة. يأتي هذا المشروع في الوقت المناسب وهو ذو صلة بعدد من أصحاب المصلحة الرئيسيين في مجال الطاقة في المملكة، بما في ذلك الشركة السعودية للكهرباء والجهة التنظيمية ووزارة الطاقة.



www.kapsarc.org