المحتويـــات

الصفحـة

الفصل العاشر : أسواق العمل في الدول العربية	1
نظرة عامة	1
تطور الطلب والقدرة المركبة والحمل الأقصى	3
الاختلافات في شبكات الكهرباء بين الدول العربية	3
مشاريع الربط الكهربائي التي اكتملت والمشاريع الجاري تنفيذها	12
تكاليف مشاريع الربط الكهربائي والأساليب المستخدمة لتمويلها	14
المنافع الفنية التي تحققت من مشاريع الربط الكهربائي	15
التطور المستقبلي لمشاريع الربط الكهربائي	22
ملاحق الفصل العاشر : (1/10)-(9/10)	23

الفصل العاشر

الربط الكهربائي بين الدول العربية

نظرة عامة

أولت الدول العربية خلال العقود الماضية اهتماماً كبيراً بقطاع الكهرباء نظراً للمكانة التي يحتلها في التنمية الاقتصادية والاجتماعية، وتمكنت من تحقيق إنجازات ملموسة في إنشاء وتطوير بنية هذا القطاع والخدمات التي يوفرها. وقد بلغ إجمالي الحمل الأقصى[1] في الدول العربية بنهاية عام 2004 حوالي 98 ج.و.، وبلغ إجمالي الاستهلاك[2]، في العام نفسه، حوالي 461 ألف ج.و.س. ولتغطية هذا الطلب على القدرة والطاقة فقد قامت منظومات التوليد في الدول العربية بإنتاج[3] حوالي 533 ألف ج.و.س. من وحدات توليد إجمالي قدراتها المركبة حوالي 120 ج.و.

وتتباين قدرات التوليد المركبة من دولة عربية إلى أخرى، إذ يلاحظ أن إجمالي قدرات التوليد المركبة في دول مجلس التعاون الخليجي قد شكل في نهاية عام 2004 حوالي نصف إجمالي قدرات التوليد المركبة في الدول العربية، وشكل إجمالي قدرات التوليد المركبة في مصر وسورية والأردن والعراق ولبنان حوالي 32 في المائة من إجمالي القدرات المركبة، كما شكل إجمالي قدرات التوليد المركبة في ليبيا وتونس والجزائر والمغرب حوالي 16 في المائة من إجمالي تلك القدرات، وتوزعت باقي قدرات التوليد على باقي الدول العربية بنسب صغيرة متفاوتة، الشكل (1) والملحق (1/10).

وقد اختلف توزيع قدرات التوليد بين الدول العربية من حيث أنه توليد حراري أو توليد كهرومائي أو توليد هوائي[4]. فعلى سبيل المثال، هناك حوالي 2740 م.و.، قدرات توليد كهرومائية في مصر و1528 م.و.، قدرات توليد كهرومائية في سورية، تشكل 15 في المائة و22 في المائة من إجمالي قدرات التوليد المركبة في هاتين الدولتين، بينما لا يوجد أي توليد كهرومائي في دول مجلس التعاون الخليجي. وشكل التوليد الحراري من وحدات التوليد البخارية جزءاً كبيراً من

---

(1) أعلى طلب على الكهرباء في لحظة معينة، ويعبر عنه بالجيجاوات (ج.و.) وهو يساوي مليون كيلووات.

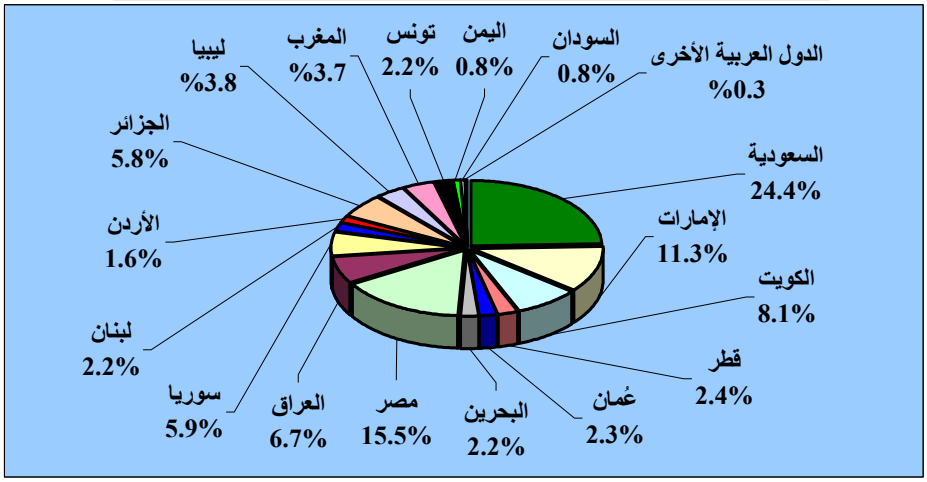
(2) إجمالي الاستهلاك السنوي لكافة الأحمال الموجودة على الشبكة، وهو يساوي حاصل ضرب متوسط القدرة المستهلكة في عدد ساعات الاستهلاك، ويعبر عنه بالجيجاوات ساعة (ج.و.س) وهو يساوي مليون كيلووات ساعة.

(3) الطاقة المطلوب إنتاجها، خلال العام، من وحدات التوليد المختلفة لتلبية الطلب السنوي على الطاقة (الطاقة المستهلكة).

(4) يتمثل التوليد الحراري في توليد الكهرباء من خلال تربينات يتم تشغيلها بواسطة الطاقة الحرارية المولدة عند حرق الوقود أو الغاز أو الفحم. ويتمثل التوليد الكهرومائي في التوليد الكهربائي باستخدام طاقة المياه كنتيجة لاختلاف منسوب المياه أسفل وأعلى السد. ويتمثل التوليد الهوائي في التوليد باستخدام طاقة الرياح.

قدرات التوليد الحراري في دول مثل مصر والكويت وسورية (63 في المائة و93 في المائة و52 في المائة على التوالي)، في حين اعتمدت الجزائر وليبيا على وحدات التوليد الغازية (54 في المائة و55 في المائة على التوالي). أما بالنسبة للتوليد الهوائي فتوجد قدرات صغيرة مركبة في كل من مصر والمغرب، الملحق (2/10).

الشكل (1): التوزيع النسبي لقدرات التوليد المركبة في الدول العربية في نهاية عام 2004



المصدر : البيانات المتوافرة لدى الصندوق العربي للإنماء الاقتصادي والاجتماعي.

والجدير بالذكر أن عدداً من الدول العربية مثل مصر والسعودية والبحرين وسورية وتونس قام بإنشاء محطات توليد تعمل بنظام الدورة المركبة[5]، أو بتحويل محطات غازية لتعمل بنظام الدورة المركبة، وذلك لاستغلال الكفاءة المرتفعة لتلك المحطات لتخفيض تكلفة الوقود.

وتختلف الدول العربية كذلك في عدد من النواحي الفنية بالنسبة لتوليد ونقل الكهرباء. ففي مجال التوليد، يتم استخدام التردد[6] 60 هرتز في السعودية، بينما يتم استخدام التردد 50 هرتز في باقي الدول العربية. وفي مجال النقل يتم استخدام التوتر[7] 500 ك.ف. كأعلى توتر للنقل في مصر، و400 ك.ف. كأعلى توتر للنقل في سورية والأردن وليبيا والسعودية، و300 ك.ف. في الكويت، بينما تستخدم أغلب دول المغرب العربي التوتر 225 ك.ف. كأعلى توتر للنقل.
وتختلف الفترات التي تقع فيها أحمال الذروة في الدول العربية من دولة لأخرى، نتيجة لاختلاف الظروف الجغرافية واختلاف العطلة الأسبوعية في كل دولة، فعلى سبيل المثال يقع الحمل الأقصى في الدول الخليجية خلال فصل الصيف،

(5) تتكون المحطات التي تعمل بنظام الدورة المركبة (الدورة المزدوجة) من تربينات بخارية وتربينات غازية، بحيث تتم الاستفادة من الانبعاثات الصادرة من التربينات الغازية لتدوير التربينات البخارية، دون الحاجة إلى حرق وقود إضافي لتدوير التربينات البخارية.

(6) مصطلح يستخدم في حالة التيار المتردد، وهو يعبر عن عدد الذبذبات في الثانية، وعادة ما تتم الإشارة إلى التردد بالوحدة "هرتز" الذي يمثل ذبذبة في الثانية.

(7) يشير إلى مستوى الجهد (الفولطية) المستخدم، ويعبر عنه بالفولت أو الكيلوفولت (ك.ف.).

وعادة ما يحدث حوالي الساعة الثالثة ظهراً، بينما يقع الحمل الأقصى في بعض دول المغرب العربي خلال فصل الشتاء، وعادة ما يقع خلال المساء. وتقع العطلة الأسبوعية في بعض دول المغرب العربي، مثلاً، يومي السبت والأحد، بينما هي يومي الخميس والجمعة في دول الخليج العربي، مقارنة بباقي الدول العربية التي تعطل فيها المصالح الحكومية يوم الجمعة.

تطور الطلب والقدرة المركبة والحمل الأقصى

شهد عقدا السبعينات والثمانينات زيادة كبيرة في الطلب على الحمل الأقصى والاستهلاك، فعلى سبيل المثال ارتفع إجمالي الحمل الأقصى في الدول العربية من حوالي 4 ج.و. في عام 1970 إلى حوالي 21 ج.و. في عام 1980 ثم إلى حوالي 50 ج.و. في عام 1990، أي بمتوسط زيادة سنوية مقداره حوالي 18 في المائة خلال فترة السبعينات وحوالي 9 في المائة خلال فترة الثمانينات، وبالمثل بالنسبة للطاقة المستهلكة. وقدرت الدراسات التي أجريت في عام 1990 أن إجمالي الحمل الأقصى في الدول العربية سوف يرتفع إلى حوالي 80 ج.و. في عام 2000 وإلى حوالي 137 ج.و. في عام 2010. ولمواجهة هذا النمو في الطلب قدرت الدراسات أن الدول العربية بحاجة إلى استثمار حوالي 21 مليار دولار خلال الفترة 1990 - 2000 وحوالي 42 مليار دولار خلال الفترة 2000 - 2010 لإنشاء محطات توليد جديدة، ناهيك عن الاستثمارات المطلوبة لتوسعة شبكات النقل والتوزيع لمقابلة الزيادة في الطلب على الكهرباء.

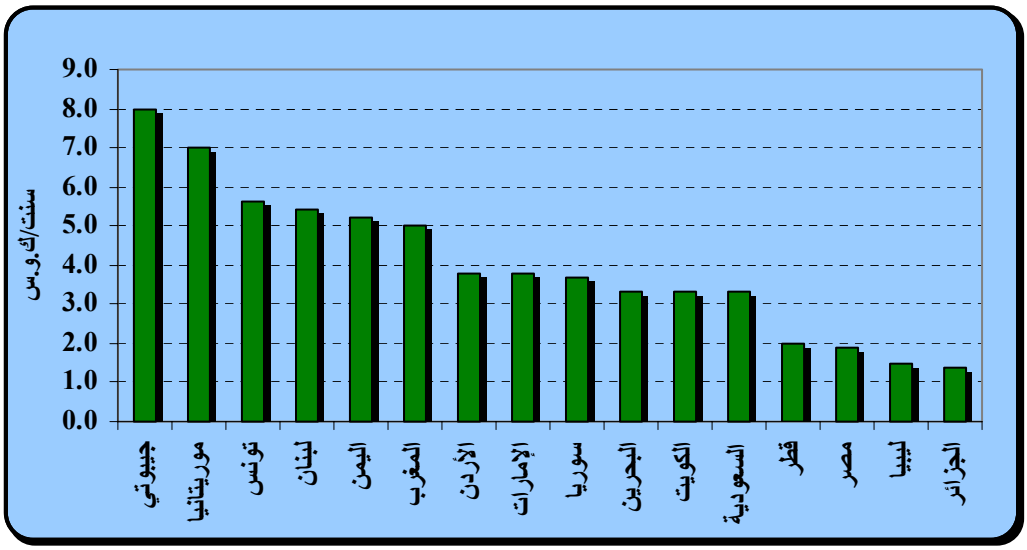
ولعدم قدرة عدد من الدول العربية على توسعة منظومات التوليد والنقل والتوزيع التابعة لها بنفس وتيرة الزيادة نفسها في الطلب على الكهرباء، فقد أدى ذلك إلى القطع المبرمج أو غير المبرمج للكهرباء، ولساعات طويلة من اليوم في بعض الحالات، نتيجة لوجود نقص في قدرات التوليد، وإلى ارتفاع نسبة الفاقد في شبكات النقل والتوزيع نتيجة لارتفاع نسبة التحميل عليها بأكثر من قدراتها التصميمية.

وللأسباب السابق ذكرها، شرعت الدول العربية في خفض النفقات الرأسمالية وتأجيلها من خلال تنفيذ برامج لحفظ الطاقة الكهربائية على جانبي العرض والطلب، وإلى إشراك القطاع الخاص في تمويل التوسعات من خلال تنفيذ ترتيبات البناء والتملك والتشغيل ونقل الملكية (Boot). ولجأت الدول العربية كذلك إلى ربط شبكاتها الكهربائية كأحد الوسائل الأكثر فاعلية لزيادة كفاءة وموثوقية الطاقة الكهربائية والحفاظ عليها.

الاختلافات في شبكات الكهرباء بين الدول العربية

يبين الشكل (2) التباين الكبير بين الدول العربية في تكلفة توليد الكهرباء. ويلاحظ أن تكلفة التوليد في الجزائر وليبيا تمثل أقل التكاليف (حوالي 1.5 سنت لكل كيلووات - ساعة) بفضل توافر الغاز الطبيعي واستعمال التربينات الغازية، بينما تمثل جيبوتي وموريتانيا أعلى تكلفة (حوالي 8 سنتات لكل كيلووات - ساعة) بسبب استخدام و.حدات الديزل التي تحرق زيت الوقود الخفيف المستورد.

الشكل (2): تكاليف التوليد في الدول العربية في نهاية عام 2004



المصدر : بيانات مجمعة من عدة مصادر لعدة سنوات (1997-2003).

وتمتد مجموعة الدول العربية بين خطي الطول 17 غربي جرينتش و60 شرق جرينتش أي بفرق 77 درجة، مما يعني اختلافاً في التوقيت يصل إلى حوالي 4 ساعات فيما بين شرق الوطن العربي وغربه. كما أن هناك اختلافاً في درجات الحرارة بين الدول العربية نظراً لامتدادها بين خط الاستواء وخط العرض 38. إن دراسة منحنيات الحمولة اليومية والأسبوعية والسنوية للدول العربية تؤكد أن هناك فائدة لكافة الدول من ربط شبكاتها والتعاون فيما بينها فيما يخص تبادل الطاقة الكهربائية. فعلى سبيل المثال، إذا أخذنا تونس والجزائر نجد أن أوقات الذروة اليومية تحدث مساءاً في حوالي الساعة السابعة من شهر ديسمبر، وفي المقابل نجد أن الحمل يبلغ أقصاه في دول مجلس التعاون حوالي الساعة الثالثة ظهراً خلال فصل الصيف، ناهيك عن اختلاف التوقيت بين مجموعتي الدول.

الربط الكهربائي كأحد الوسائل الأساسية لترشيد الطاقة

يعتبر الربط الكهربائي أحد الوسائل الهامة لترشيد المنظومات الكهربائية، كما أنه يعتبر أحد أشكال التعاون والتكامل بين الدول العربية في مجال الكهرباء، فهو يساهم في الحد من التكاليف الرأسمالية والتكاليف التشغيلية لإنتاج الكهرباء لمقابلة مستوى معين من الطلب، فضلا عما يؤديه من وفر في استخدام الطاقة الأولية. كما أن للربط فوائد كثيرة تختلف احتياجاتها من الطاقة الكهربائية. وعادة ما يبدأ الربط بين الدول المتجاورة بصورة متواضعة وللتبادل في أوقات معينة، إلا أنه سرعان ما ينمو ويأخذ أشكالاً أكثر تطوراً في ضوء التجربة الفعلية، وبعد اطمئنان الشركاء للنواحي الفنية والاستراتيجية والسياسية، والتأكد من منافع الربط ومردوديته.

أنواع الربط المختلفة وأنواع التبادل المختلفة

تتيح الأنواع المختلفة من الربط للدول المرتبطة درجات متباينة من التبادل والمنافع، كما أنه قد يترتب عليها عدد من القضايا. وبصفة عامة بالإمكان حصر أنواع الربط في الآتي:

الربط المفتوح والربط المقفل[8] : يعاني الربط بقدرات منخفضة من مشاكل عدم الاستقرار العابر[9]، وبالتالي فعادة ما يترك خط الربط مفتوحاً، ولا يتم إقفاله إلا في حالات الطوارئ لتزويد الطاقة الكهربائية المطلوبة للمناطق التي بها عطل. ولقد بدأ الربط بهذا النوع بين دول أوروبا، كما بدأ أيضا على هذا النحو بين تونس والجزائر، وكذلك بين سورية ولبنان، وسوريا والأردن.

الربط المتزامن والربط غير المتزامن[10] : إن المنظومات التي تعمل على نفس التردد ونفس أنظمة التحكم في التردد عادة ما تفضل الربط المتزامن على التيار المتردد. أما إذا ما تم ربط شبكات ذات ترددات مختلفة، أو كانت هناك رغبة في الإبقاء على استقلالية التردد في الشبكات المرتبطة نظرا للاختلاف في تنظيم استقرار التردد، فإن الربط يكون بواسطة التيار المستمر، ويكون الربط غير متزامن.

الربط لتبادل الطاقة والربط لتبادل القدرة : يتمثل الربط لتبادل الطاقة، بين دولتين متجاورتين، في قيام دولة بتصدير طاقة كهربائية أقل تكلفة إلى دولة أخرى مجاورة يكون توليد الكهرباء فيها أعلى تكلفة، وذلك وفق جدول زمني يتم تحديده مسبقاً بين الدولتين. وتستفيد كلتا الدولتين من هذا التبادل إذ تقوم الدولة المصدرة ببيع الكهرباء بسعر أعلى من تكلفة الإنتاج فيها، بينما تحصل الدولة التي تقوم بشراء الكهرباء على طاقة بسعر أقل من تكلفتها المحلية. ويمثل الفرق في تكلفة الكهرباء في الدولتين وفورات مالية من الربط، وعادة ما يتم توزيع تلك الوفورات بالتساوي بين الدولتين. ويمكن أن يتطور التبادل بين الدولتين ليشمل تبادلاً للقدرة أيضاً، وفيه يتم دمج برامج إنشاء محطات التوليد الجديدة في الدولتين في برنامج مشترك، يتم فيه إنشاء بعض محطات التوليد المطلوبة لإحدى الدول في الدولة الثانية، وذلك لوجود مصدر رخيص للطاقة، مثل توافر الغاز الطبيعي أو وجود مصدر للمياه في الدولة الثانية.

وضع ربط الشبكات العربية قبل عام 1990

تتلخص مشاريع الربط الكهربائي التي أقيمت قبل عام 1990 بين الدول العربية، بشكل عام في مشاريع للربط الكهربائي السوري – الأردني – اللبناني ومشاريع للربط الكهربائي التونسي – الجزائري – المغربي. تم الربط

(8) تبقى الشبكتان الكهربائيتان في حالة الربط المفتوح منفصلتين عن بعضهما عن طريق إبقاء القواطع الكهربائية لخطوط الربط مفتوحة، ولا يتم ربط الشبكتين ببعضهما إلا في حالات الضرورة. وتعمل الشبكتان الكهربائيتان في حالة الربط المقفل كشبكة واحدة، وذلك نتيجة لأن القواطع الكهربائية لخطوط الربط تبقى مقفولة. ولا يتم فصل الشبكتين، عن بعضهما، إلا في أوقات الضرورة القصوى.

(9) يستخدم المصطلح للدلالة على تصرف شبكة الكهرباء في اللحظات القليلة التي تلي حدوث خلل في الشبكة، والدلالة على قدرة الشبكة على البقاء متماسكة، وبدون خروج وحدات توليد من الخدمة.

(10) يتم الربط المتزامن عند ربط شبكتين كهربائيتين بواسطة التيار المتردد، الأمر الذي يؤدي في حالة وجود مشكلة على إحدى الشبكتين إلى ظهور المشكلة نفسها على الشبكة المرتبطة بها. ويتم الربط غير المتزامن عند ربط شبكتين كهربائيتين بواسطة التيار المستمر، الأمر الذي يمكن معه تبادل الطاقة بين الشبكتين، كما أن وجود مشكلة على إحدى الشبكتين لا يؤدي إلى ظهور المشكلة نفسها على الشبكة المرتبطة بها.

الكهربائي بين سورية ولبنان منذ عام 1973 عن طريق خط هوائي على التوتر 66 ك.ف.، وبقدرة نقل محدودة، ولم يكن هذا الربط على التوازي بل كان يبقى مفتوحاً ما عدا في الحالات التي تعاني منها إحدى الشبكتين بشكل أساسي. وقد استفادت سورية من هذا الربط لشراء طاقة كهربائية من الشبكة اللبنانية خلال حرب أكتوبر 1973 وحتى عام 1976، ثم أصبحت تبيع الطاقة للبنان بدءاً من عام 1977. وتم تنفيذ خط ربط آخر بين الشبكتين السورية واللبنانية على التوتر 230 ك.ف. بين محطة طرطوس ومحطة البارد. وبالرغم من أن قدرة هذا الخط التصميمية هي حوالي 150 م.و. إلا أن قدرته الفعلية لا تزيد عن 80 م.و. نتيجة لمحدودية سعات المحولات الموجودة في محطتي التحويل على الجانبين السوري واللبناني.

وتم الربط بين سورية والأردن عام 1977 على التوترين 230 ك.ف.، و66 ك.ف. من خلال خطين هوائيين، وكان الربط مفتوحاً. وتصل قدرة خط الربط على التوتر 230 ك.ف. إلى حوالي 80 م.و.، وعلى التوتر 66 ك.ف. إلى حوالي 8 م.و.، وهي قدرات متواضعة للغاية بالنسبة للقدرة المركبة في كلا الدولتين.

أما بالنسبة لدول المغرب العربي، فقد ارتبطت الجزائر بتونس منذ الخمسينات من خلال خطي ربط مفتوحين بطول 90 كم لكل منهما، وبإجمالي قدرة حوالي 112 م.و.، ولم يتم استعمالها حتى عام 1973 إلا في القليل النادر. وبدءاً من عام 1974 أخذت المبادلات بين الدولتين صفة التكرار، وبالتالي تقرر أن يعمل هذان الخطان على التوازي وبصفة مستمرة ابتداءاً من عام 1979. وقد أضيف خطان آخران، أحدهما على التوتر 220 ك.ف. والثاني على التوتر 150 ك.ف.، وبقدرة إجمالية تبلغ 180 م.و.. ومنذ ذلك الحين والشبكتان تعملان على التوازي، إذ لا يتم فصلهما إلا في حالات الضرورة القصوى.

وبالمثل، ارتبطت الشبكتان الجزائرية والمغربية بخطي ربط على التوتر 225 ك.ف. تم تشغيلهما في عامي 1988 و1992، وتبلغ إمكانية التبادل بين الشبكتين حوالي 200 م.و. في الأحوال العادية، يمكن رفعها إلى حوالي 400 م.و. في حالات الطوارئ. وقد وقعت دول المغرب العربي اتفاقيات لتبادل الطاقة بينها، تحدد إجراءات التشغيل في الظروف العادية والطارئة، وتكلفة بيع الكهرباء.

أهم المزايا الاقتصادية والفنية للربط الكهربائي

تتمثل أهم مزايا الربط الكهربائي الاقتصادية والفنية في أنه :

- يسمح بتقليل القدرة الاحتياطية[11] المركبة في كل شبكة، ويؤدي من ثم إلى تخفيض الاستثمارات الرأسمالية اللازمة لتلبية الطلب دون المساس بدرجة الأمان والاعتمادية في الشبكات المرتبطة، وذلك نظراً لأن خط الربط يشكل قدرة توليد إضافية للشبكات المرتبطة.

- يسمح بالتقليل من الاحتياطي الدوار[12] مع الحفاظ على مستوى أمان الشبكة نفسه، ومن ثم تخفيض تكاليف التشغيل، وذلك لأنه بإمكان الشبكات المرتبطة الاستفادة من كامل الاحتياطي الدوار المتوافر في تلك الشبكات، إذ أن احتمال حدوث خلل مفاجئ في آن واحد في أكثر من شبكة هو احتمال ضئيل للغاية.

- يجعل من الشبكات المترابطة شبكة واحدة أكثر اتساعاً ذات توتر أكثر توازناً وذات استقرار ستاتيكي وديناميكي أفضل، إذ أن الشبكة المرتبطة أقدر من الشبكة المنفردة على استعادة استقرارها بعد الاضطرابات أو الحوادث الكبيرة.

- يسمح بالاستفادة من اختلاف أنظمة التوليد عندما يغلب على إحدى شبكات التوليد الكهرومائي، ويغلب على الشبكة الأخرى التوليد الحراري، إذ بالإمكان التقليل من تأثير السنوات التي بها ندرة مائية في الدول التي تعتمد على الطاقة المائية.

- يسمح بالاستفادة من اختلاف أوقات الذروة الفصلية والأسبوعية واليومية، إذ عادة ما تكون أحمال الذروة للشبكة المرتبطة أقل من حاصل جمع أحمال الذروة للشبكات المنفصلة. ويؤدي هذا إلى التقليل من التكاليف التوليدية للكيلووات ساعة خلال أوقات الذروة نظراً لعدم الحاجة إلى تشغيل وحدات التوليد الأقل كفاءة، والتي تستخدم عادة لتلبية أحمال الذروة.

ويضاف إلى ما تقدم عدداً من الآثار البيئية الهامة، وبصفة خاصة تقليل الانبعاثات للغازات العادمة باستخدام وحدات التوليد الأكثر كفاءة، وكذلك تقليل الانبعاثات والغازات الملوثة للبيئة والأمطار الحمضية نتيجة لخفض عدد وحدات التوليد العاملة.

دراسات الجدوى التي أجريت لمشاريع الربط الكهربائي

أجرت الدول العربية، خلال السنوات الخمس عشرة الماضية، عدة دراسات لتحديد جدوى مشاريع الربط. ويقدر إجمالي تكلفة الدراسات بحوالي 10 مليون دولار، تم تمويل أكثر من نصف تكاليفها بواسطة معونات مقدمة من الصندوق العربي للإنماء الاقتصادي والاجتماعي. وقد شملت هذه الدراسات شبكات الكهرباء في دول المشرق العربي ودول المغرب العربي ودول مجلس التعاون الخليجي واليمن.

(11) القدرة الاحتياطية تمثل الفرق بين قدرة التوليد المتاحة والحمل الأقصى.
(12) الاحتياطي الدوار في لحظة ما يمثل الفرق بين إجمالي قدرات وحدات التوليد المتزامنة على الشبكة والحمل الأقصى في تلك اللحظة.

تمثلت أولى تلك الدراسات في الدراسة التي أجريت في منتصف الثمانينات لتحديد جدوى ربط شبكة الكهرباء المصرية بشبكة الكهرباء الأردنية، وذلك عن طريق إنشاء خط نقل مفرد الدارة[13] على التوتر 500 ك.ف. في مصر وخط نقل على التوتر 400 ك.ف. في الأردن، وربط الخطين من خلال كيبل بحري على التوتر 400 ك.ف. لعبور خليج العقبة. وقد تمت في المراحل الأولية للدراسة دراسة ستة بدائل للربط شملت التيار المستمر والتيار المتردد، والتوترات 220 ك.ف. و400 ك.ف. و500 ك.ف. وتراوحت تقديرات التكاليف الاستثمارية لتلك البدائل ما بين 157 و271 مليون دولار. وتم استبعاد بديل الربط على التوتر 220 ك.ف. لأن أقصى قدرة تبادل يسمح بها هي 450 م.و. في حين كان الهدف من الدراسة تحقيق قدرة تبادل بحدود 600 م.و. بحيث يمكن لمصر استجرار 600 م.و. من الشبكة الأردنية والشبكات المرتبطة بها، تمثل قدرة أكبر وحدة توليد في الشبكة المصرية، ويمكن للشبكة الأردنية استجرار 120 م.و. من مصر، تمثل قدرة أكبر وحدة توليد في الشبكة الأردنية. وقد تم في المراحل التالية للدراسة اختيار أحد البدائل التي تستخدم التيار المتردد في المرحلة الأولى للمشروع، على أن يتم في مرحلة لاحقة، وبعد ارتفاع الأحمال على الكيبل البحري ، تحويله إلى خط نقل مزدوج الدارة[14] يعمل على التيار المستمر. وعليه، فقد تم تصنيع أربعة نواقل للكيبل البحري، يتم استخدام ثلاثة منها في المرحلة الأولى، ويتم استخدام الناقل الرابع عندما يتم تعديل النظام ليعمل على التيار المستمر.

وقد أظهرت الدراسات أنه نتيجة لمشروع الربط الكهربائي تقل تكلفة الاستثمار في محطات التوليد من خلال إلغاء تركيب تربين غازي بقدرة 100 م.و. في مصر خلال الفترة (1993 – 2015)، وإلغاء تركيب وحدة توليد بقدرة 130 م.و. في الأردن خلال الفترة (1996 – 2033)، وأن معدل العائد الاقتصادي الداخلي للمشروع يبلغ حوالي 9.1 في المائة في حالة تبادل 130 م.و. و11.2 في المائة في حالة تبادل 200 م.و. بين الدولتين. وأظهرت الدراسات كذلك أنه في حالة ربط الأردن بسوريا فإن العائد الاقتصادي الداخلي للمشروع يرتفع إلى 13.4 في المائة بافتراض تبادل 400 م.و. بين الدول الثلاث.

المراحل التي تمر بها دراسات الجدوى لمشاريع الربط الكهربائي

عادة ما تتألف دراسات الجدوى لمشاريع الربط الكهربائي بين دولتين (أو أكثر) من أربع مراحل. يتم في المرحلة الأولى تجميع البيانات عن منظومات الكهرباء في الدول المعنية، بما في ذلك توقعات الأحمال والبرامج المعدة لإنشاء محطات توليد جديدة، ويتم في هذه المرحلة كذلك اختيار أسس تشغيل مشتركة للشبكات مثل نسبة الاحتياطي ونسبة الطاقة غير الملباة. ويتم في المرحلة الثانية إعداد توقعات للطاقة والقدرة الممكن تبادلهما بين الدول على مدار سنوات الدراسة، وتقدير التكلفة المبدئية لكل من البدائل التي تتم دراستها، وتقدير إمكانية كل من هذه البدائل في تبادل القدرة والطاقة المطلوبة. ويكون المنتج النهائي لهذه المرحلة هو تحديد حوالي 4 – 6 بدائل لدراستها بالتفصيل من النواحي الفنية. أما المرحلة الثالثة، فيتم فيها إعداد دراسات فنية تفصيلية لكل بديل، وذلك فيما يخص قدرة المنظومة المرتبطة على البقاء في حالة متزنة في حالة وجود أية أعطال على الشبكة. ويتم في هذه المرحلة تقليص عدد البدائل إلى حوالي بديلين. أما المرحلة الرابعة والأخيرة من الدراسة، فيتم فيها إعداد دراسات اقتصادية لتكلفة البديلين اللذين تم تحديدهما في المرحلة الثالثة من أجل اختيار أفضلهما، ووضع مواصفات للمعدات المطلوبة لتحقيق الربط باستخدام البديل الذي يتم اختياره.

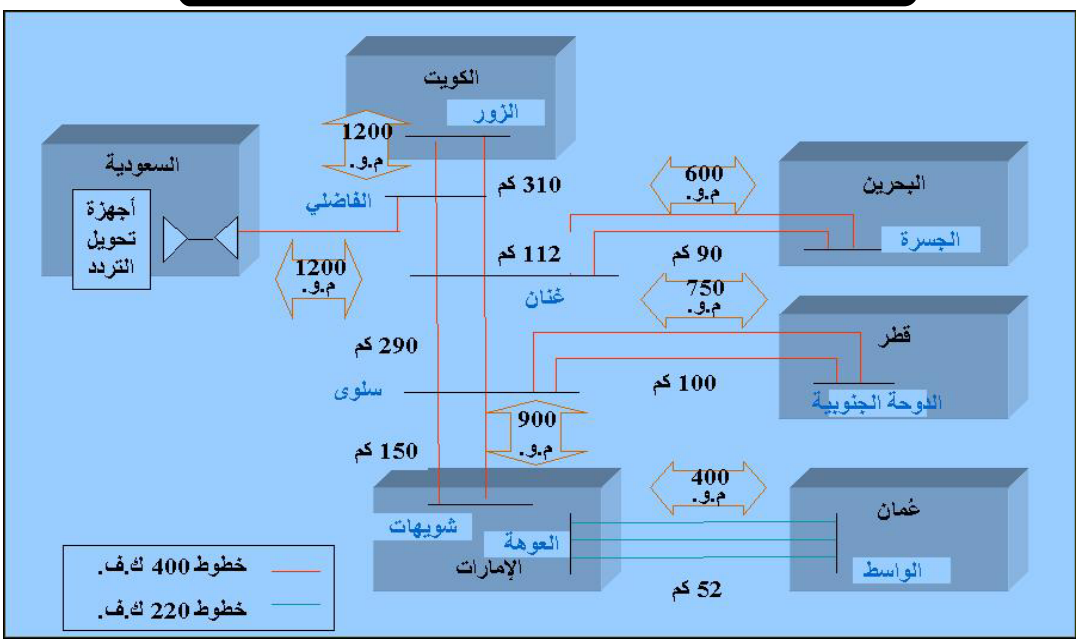
(13) يتم تحميل البرج بناقل كهربائي واحد لكل طور.

(14) يتم تحميل البرج بناقلين كهربائيين لكل طور، وذلك لمضاعفة القدرة الكهربائية المطلوب نقلها. وعادة ما يكون خط النقل مزدوج الدارة أقل تكلفة من خطين كل منهما أحادي الدارة.

وفي دراسة جدوى أخرى في عام 1988، قامت دول مجلس التعاون الخليجي ببحث جدوى مشروع لربط شبكات الكهرباء فيها. وقد تم الاتفاق على أن تكون سعة الربط لكل نظام هي القدرة على استيراد أو تصدير نصف القدرة المركبة لأكبر محطة لإنتاج الكهرباء، على ألا تزيد عن 30 في المائة من أقصى حمل في السنة المحددة لإكمال المشروع (عام 1995). ونظراً لاختلاف تردد التيار في السعودية عن تردد التيار في الدول الخمس الأخرى، فإن الربط ما بين السعودية وأي من الدول الأخرى سيكون غير متزامن.

قد تمت دراسة أربعة بدائل للربط ، صممت جميعها لإتاحة الدرجة المطلوبة من الاعتمادية المحددة في الدراسة. وتم اختيار بديل ترتبط فيه شبكات الكهرباء في كل من الكويت والبحرين وقطر والإمارات وعمان على التيار المتردد 50 هرتز، ويتم ربطها بالشبكة السعودية من خلال أجهزة معدات تحويل للتردد يتم تركيبها في المملكة، الشكل (3).

الشكل (3): المخطط العام لشبكة الربط لدول مجلس التعاون الخليجي



ونظراً لأن الحمل الأقصى في الدول الست يقع خلال فصل الصيف وفي أيام متقاربة، فإن الفوائد الرئيسية للمشروع تتمثل في تخفيض قدرات التوليد المركبة، نتيجة للمشاركة في الاحتياطيات ما بين الأنظمة الكهربائية، وما يتبعها من انخفاض في نفقات التشغيل والصيانة. ومن المتوقع أن يؤدي المشروع إلى تخفيض الحاجة لقدرات التوليد المطلوبة بحوالي 5.1 ج.و.، الملحق (3/10).

وعند دخول المشروع في الخدمة عام 2008، سوف تشكل خطوط الربط قدرة توليد إضافية للدول المرتبطة، فعلى سبيل المثال سوف تشكل القدرة التي يمكن للبحرين إستجرارها من خلال خط الربط حوالي 22 في المائة من قدرة التوليد المطلوبة عام 2008 لتلبية أحمال الذروة، وحوالي 10 في المائة من تلك القدرة عام 2028، الملحق (4/10).

وتعتبر دراسة الجدوى التي أجريت خلال الفترة 1986 - 1990 للربط الكهربائي لكل دول المشرق العربي المرجع الرئيسي للدراسات التي تلتها. استفادت هذه الدراسة من دراسة الربط المصري - الأردني ودراسة الربط الكهربائي لدول مجلس التعاون الخليجي. وقد تم تقييم منافع المشروع على أساس تقديرات متحفظة للوفر الناتج عن تقليل القدرة والاحتياطي الدوار فقط، ولم يتم أخذ المنافع الناجمة عن تبادل الطاقة الكهربائية.

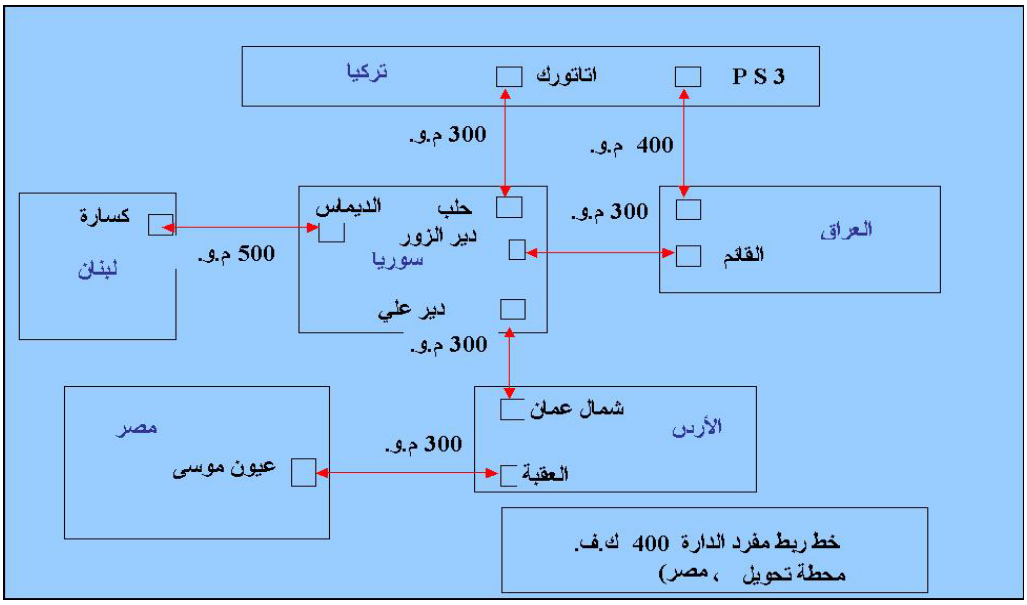
شملت الدراسة شبكات الكهرباء في مصر، الأردن، سورية، العراق، لبنان، البحرين، السعودية، الكويت، قطر، عُمان، الإمارات واليمن، وتم فيها تقسيم تلك الدول إلى خمس مجموعات هي (1) المجموعة الشمالية والتي تضم لبنان وسورية والأردن والعراق، (2) مصر، (3) اليمن، (4) السعودية، (5) دول مجلس التعاون الخليجي (بما فيها السعودية).

وقد تم في الدراسة افتراض أن التكلفة الاستثمارية لوحدات التوليد البخارية بقدرة 150 م.و.هي 800 دولار/ ك.و.، وأن التكلفة الاستثمارية للوحدات بقدرات 300 م.و. و600 م.و. هي 720 و650 دولار/ ك.و. على التوالي. وتم افتراض تكاليف مشابهة للوحدات الغازية ووحدات الدورة المركبة. وبينت الدراسة، لكل دولة، قدرات التوليد المطلوبة في أعوام محددة لتلبية الأحمال في تلك الدولة، في حالة تنفيذ المشروع وفي حالة عدم تنفيذه، الملحق (5/10).

وبمقارنة المنافع المتوقعة بالتكاليف المقدرة لمشاريع الربط المختلفة، بينت الدراسة أن هناك جدوى لربط سوريا ولبنان والأردن والعراق، وأن هناك جدوى لربط شبكات الكهرباء المختلفة في السعودية، وأن هناك جدوى لربط دول مجلس التعاون الخليجي بدول شمال المشرق العربي، بينما لا توجد جدوى من ربط السعودية بمصر أو بربط السعودية باليمن.

وانطلاقاً من الدراسة سابقة الذكر، قامت كل من مصر والأردن وسورية والعراق وتركيا بدراسة جدوى مشروع لربط شبكات الكهرباء في الدول الخمس. وتم في هذه الدراسة بحث وتحليل سبعة بدائل للربط الكهربائي (ثلاثة بدائل باستخدام التيار المتردد وأربعة باستخدام التيار المستمر والتيار المتردد). وخلصت الدراسة إلى أن الاختيار الأنسب هو تحقيق الربط على مرحلتين: يتم في المرحلة الأولى ربط سورية بكل من الأردن وتركيا والعراق بخطوط نقل على التوتر 400 ك.ف. وبقدرة تبادل تبلغ 300 م.و.، وربط العراق بتركيا بخطوط على نفس التوتر، ولكن بقدرة تبادل تبلغ 400 م.و. ويتم في المرحلة الثانية تقوية شبكة الربط لمضاعفة قدرة الخطوط. وقد انضمت لبنان في وقت لاحق للمجموعة، عن طريق ربطها بسورية بخط نقل بقدرة حوالي 500 م.و.، ليصبح الربط سداسياً، الشكل (4).

الشكل (4): المخطط العام لمشروع الربط السداسي



تتمثل منافع هذا المشروع في تخفيض قدرات التوليد المطلوبة في الدول الست نتيجة للربط. وقد بينت الدراسة أنه سوف يمكن لمصر توفير قدرات توليد تبلغ حوالي 500 م.و.، وأنه سوف يمكن للعراق وسوريا وتركيا والأردن ولبنان توفير قدرات توليد إضافية إجمالي قدرتها حوالي 1600 م.و. والجدير بالذكر أن هذه الوفورات لا تتضمن الوفورات التي تم تحقيقها نتيجة لربط الشبكة الأردنية بالشبكة المصرية.

أما بالنسبة للدول العربية الأفريقية فقد قامت مصر وليبيا وتونس والجزائر والمغرب بإجراء عدة دراسات لربط شبكات الكهرباء فيها، حيث قامت مصر وليبيا، على سبيل المثال، في بداية التسعينات بإجراء دراسة جدوى لربط شبكتي الكهرباء فيهما بخطوط نقل على التوتر 220 ك.ف. للاستفادة من اختلاف منحنيات الأحمال وتكلفة الإنتاج، وذلك لتخفيض الاستثمارات في مجال إنشاء وحدات توليد جديدة وتقليل الاحتياطي الدوار بالشبكتين، والتبادل الاقتصادي للطاقة. وقد أجريت الدراسات الفنية لعدد من البدائل المتاحة لتوتر خطوط الربط ، وشملت التوترات 220 ك.ف.، و 400 ك.ف. و500 ك.ف.، وكذلك قدرة خط الربط . وتم اختيار بديل خط الربط على التوتر 220 ك.ف. في المرحلة الأولى، على أن يؤجل الربط على التوتر 400 ك.ف. أو 500 ك.ف. إلى ما بعد رفع توتر خطوط النقل الداخلية في ليبيا إلى 400 ك.ف. بالنظر إلى أنه كان قد تم ربط شبكات الكهرباء في تونس والجزائر والمغرب، على التوترات 90 ك.ف. و150 ك.ف. و220 ك.ف. منذ بداية الثمانينات، فإن مشاريع الربط الكهربائي بين الدول الأربع خلال السنوات العشر الأخيرة تمثلت في ربط ليبيا بتونس على التوتر 220 ك.ف.، وتدعيم خطوط الربط بين تونس والجزائر والمغرب.

وبدراسة منحنيات الأحمال للدول الأربع، لعامي 2010 و2020، يلاحظ أنه في عام 2010، يقل الحمل الأقصى المجمّع عن إجمالي الحمل الأقصى في الدول الأربع بمقدار حوالي 1250 م.و.، وبمقدار حوالي 2750 م.و.عام

2020. وقد بينت الدراسات الفنية أن الربط الكهربائي لتلك الدول سوف يساهم في تخفيض القدرات الجديدة المركبة بحوالي 2500 م.و. عام 2010 وبحوالي 4200 م.و. عام 2020، وسيكون الوفر أساساً في وحدات التوليد البخارية والغازية التي تحرق الغاز الطبيعي، الملحق (6/10).

وأجريت أيضا دراسة جدوى لربط المغرب بأسبانيا من خلال كيبل بحري على التوتر 400 ك.ف. تبلغ قدرة خط الربط حوالي 700 م.و. بصفة مستمرة، يمكن زيادتها إلى 900 م.و. لمدة 20 دقيقة في أوقات الطوارئ. وقد تمت دراسة ثمانية بدائل للربط من خلال كوابل بحرية بأطوال تراوحت ما بين 16 كم.و.36 كم، على أعماق تراوحت ما بين 420 متر و770 متر تحت سطح البحر. تراوحت تكلفة تلك البدائل ما بين 193 مليون و309 مليون دولار، وتم اختيار أقلها سعراً، وهو البديل الذي يتم فيه استخدام كيبل بحري على التيار المتردد، بطول حوالي 20كم وعمق حوالي 600 متر تحت سطح البحر.

مشاريع الربط الكهربائي التي اكتملت والمشاريع الجاري تنفيذها

شهدت الأعوام العشرة الأخيرة اكتمال عدد من مشاريع الربط الكهربائي ودخولها في الخدمة، وهي مشاريع لربط مصر بالأردن والأردن بسورية ومصر بليبيا والمغرب بأسبانيا. ومن المتوقع أن يدخل مشروع الربط السوري-اللبناني في الخدمة بنهاية عام 2005، وأن يدخل مشروع الربط الليبي- التونسي في الخدمة عام 2006، وأن يدخل مشروع الربط السوري - التركي في الخدمة عام 2007 والربط الخليجي عام 2008. أما بالنسبة لربط العراق بكل من سورية وتركيا، فسيتم البدء في هذين المشروعين وفقاً للظروف السياسية في المنطقة.

تم تشغيل الربط الكهربائي بين مصر وليبيا في مايو 1998. وتتكون شبكة الربط من خط هوائي مزدوج الدارة، بطول حوالي 600 كم، على التوتر 220 ك.ف. يربط بين محطتي تحويل العميد في مصر ومحطة تحويل طبرقه في ليبيا، مروراً بمحطة تحويل مرسى مطروح ومحطة تحويل السلوم في مصر. وتبلغ قدرة الخط حوالي 175 م.و. في الحالات العادية وحوالي 300 م.و. في الحالات الاستثنائية. وتشير الدراسات إلى أن هذا الخط ساهم في توفير ما قيمته حوالي 240 م.و. كانت مطلوبه لتدعيم قدرات التوليد في الدولتين. وقد انضمت ليبيا مؤخراً إلى اتفاقية الربط السداسي ليصبح الربط سباعياً.

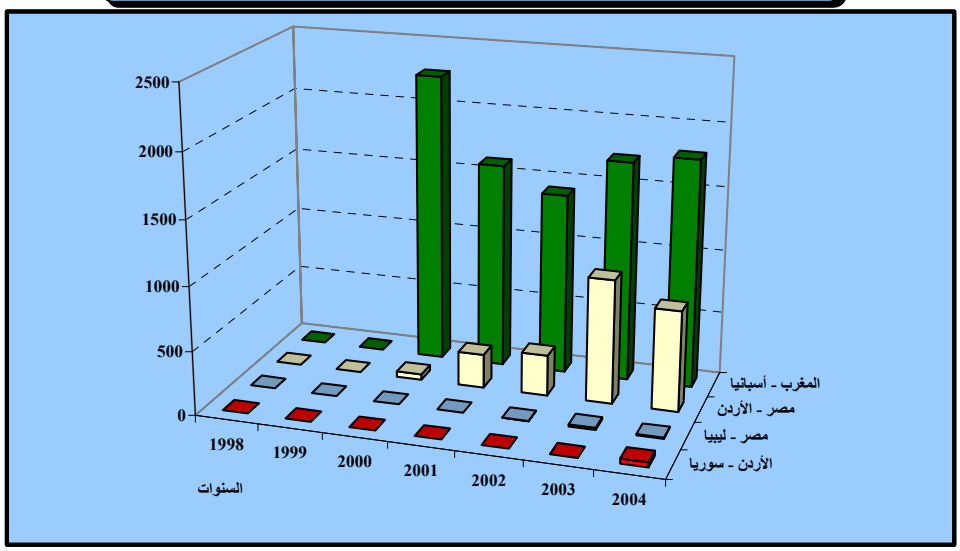
وتم تشغيل الربط الكهربائي بين مصر والأردن بنهاية عام 1998 إلا أنه لم يتم تدشينه رسمياً حتى عام 1999. وتم كذلك الاتفاق على تعرفة لتبادل الطاقة الطارئة، وتعرفة القدرة على المدى القصير، والتي يتم حسابها بواسطة معادلات تعكس تكلفة عناصر الإنتاج، بالإضافة إلى هامش ربح بسيط، وذلك في الفترات المختلفة لليوم الواحد، إذ تم تقسيم ساعات اليوم حسب نمط الأحمال إلى ثلاث فترات. أما بالنسبة للطاقة المتسربة من شركة لأخرى، فيتم إعادة الكمية نفسها من الطاقة المتسربة في أوقات يتفق عليها في لجنة التشغيل الثنائية بين الدولتين. وقد ارتفع إجمالي الطاقة المتبادلة بين الدولتين بصفة مضطردة خلال الفترة (1998 – 2003) وبلغ حوالي 972 ج.و.س. خلال عام 2003، تبلغ حوالي 37 في المائة من الطاقة التصميمية للخط، الملحق (7/10).

وتم في العام 1998 كذلك، تشغيل مشروع ربط المغرب بأسبانيا، ويتم تشغيله بشكل جيد، إذ تقوم الحكومة المغربية باستجرار حوالي 350 م.و. بصفة دائمة من الشبكة الأسبانية، وذلك للاستفادة من رخص تكلفة الكهرباء المستوردة من أوروبا مقارنة بتكلفة التوليد المحلي أو الاستيراد من الجزائر. وتقوم كل من المغرب وأسبانيا بإنشاء كيبل بحري ثان مشابه للكيبل الأول لمضاعفة قدرة التبادل بين الدولتين، الملحق (8/10).

وتم في عام 2001 تدشين مشروع الربط السوري - الأردني، وبذلك أصبحت ليبيا ومصر والأردن وسورية مجموعة كهربائية واحدة. وقد استمر تبادل الطاقة الكهربائية بين الجانبين السوري والأردني على شكل تبادل عيني خلال الفترة 2001 - 2003 إذ اقتصر تبادل الطاقة بين الدولتين خلال تلك الفترة على الطاقة المتسربة[15]. وشهد عام 2004 توقيع عقد تبادل للطاقة الكهربائية بين مؤسستي الكهرباء في الدولتين، تم فيه تحديد تسعيرة تبادل الطاقة الكهربائية بين الجانبين الأردني والسوري، وذلك لتفعيل عملية تبادل الطاقة الكهربائية.

ويوضح الشكل رقم (5) تطور كمية إجمالي الطاقة المتبادلة والمخططة (التبادل التجاري) بين الدول المرتبطة خلال الفترة 1998 - 2004. ويلاحظ من الشكل أن حجم التبادل التجاري بين المغرب وأسبانيا وبين مصر والأردن يفوق بدرجة كبيرة حجم التبادل التجاري بين مصر وليبيا وبين الأردن وسورية. والجدير بالذكر أن التبادل التجاري بين مصر وليبيا لا يمثل سوى حوالي 5 في المائة من إجمالي الطاقة المتبادلة بين الدولتين (المخططة وغير المخططة).

الشكل (5): تطور إجمالي التبادل التجاري بين الدول المرتبطة خلال الفترة 1998-2004



(15) طاقة كهربائية تنتقل من شبكة كهربائية لشبكة أخرى، دون أن يكون هناك مخطط لانتقالها. وعادة ما تتسرب الطاقة نتيجة للخروج المفاجئ لإحدى وحدات التوليد من الخدمة، أو لحدوث خلل كهربائي في إحدى الشبكات.

أما بالنسبة للربط الليبي – التونسي، فقد اكتملت الأعمال فيه في عام 2004، إلا أن تشغيل الخط لم يبدأ بعد، حيث تتم حالياً الاختبارات الكهربائية عليه، لتلبية متطلبات الاتحاد الأوروبي لناقلي الكهرباء، وذلك بالنظر إلى أن ربط الشبكة الليبية بالشبكة التونسية سيؤدي إلى ربط ليبيا ومصر والأردن وسوريا بالشبكة الأوروبية من خلال ربط المغرب بأسبانيا.

وبالمثل شارفت أعمال الربط السوري – اللبناني وأعمال الربط السوري – التركي على الانتهاء. ومن المتوقع أن يتم تشغيل مشروع الربط السوري – اللبناني قبل نهاية عام 2005، إلا أن تشغيل مشروع الربط السوري – التركي سوف يتأخر لعام 2007 لأسباب فنية، لأن هذا الخط يمثل الوصلة الأخيرة في إغلاق الحلقة الكهربائية المتكاملة حول حوض البحر المتوسط ، وبالتالي يجب استكمال عدد من الفحوصات والدراسات قبل تشغيل هذا المشروع.

وفي إطار تدعيم خطوط الربط بين تونس والجزائر والمغرب تقوم الحكومة المغربية بمد شبكة النقل فيها على التوتر 400 ك.ف. إلى الحدود الجزائرية، وهناك مشروع لربط الشبكتين المغربية والجزائرية على ذات التوتر. وتقوم الجزائر كذلك بإنشاء شبكة نقل على التوتر 400 ك.ف. تشمل كافة البلاد، وتقوم الحكومة التونسية بإنشاء خط على التوتر 400 ك.ف. لربط شبكة الكهرباء فيها بالشبكة الجزائرية.

أما بالنسبة للربط الكهربائي لدول مجلس التعاون الخليجي فمن المقرر أن يتم تنفيذ المشروع على ثلاث مراحل، بحيث يتم في المرحلة الأولى ربط شبكات الكهرباء بين الكويت والسعودية والبحرين وقطر، ويتم في المرحلة الثانية ربط شبكة الكهرباء بين الإمارات وعُمان، ويتم في المرحلة الثالثة ربط المنظومتين المتكونتين في المرحلتين الأولى والثانية. وتقوم الإمارات حالياً بتمويل المرحلة الثانية من المشروع من مواردها الذاتية (حوالي 100 مليون دولار)، بينما ستساهم الدول الست في تكاليف المرحلتين الأولى والثالثة من المشروع. تقدر التكاليف الاستثمارية الإجمالية للمرحلتين الأولى والثالثة بحوالي 1.33 مليار دولار، منها حوالي 1.20 مليار دولار للمرحلة الأولى وحوالي 130 مليون دولار للمرحلة الثالثة، وتقدر التكاليف التشغيلية السنوية للمشروع بحوالي 27 مليون دولار.

تكاليف مشاريع الربط الكهربائي والأساليب المستخدمة لتمويلها

بلغت التكلفة الإجمالية لمشاريع الربط الكهربائي التي أنجزت خلال الأعوام العشرة الأخيرة حوالي مليار دولار، منها حوالي 86 مليون دولار لربط شبكة الكهرباء في اليمن، وحوالي 507 مليون دولار لمشروع الربط السداسي وحوالي 218 مليون دولار لمشروع ربط دول المغرب العربي وحوالي 42 مليون دولار لمشروع ربط موريتانيا بالسنغال ومالي وما يتبقى لمشاريع الربط مع أسبانيا وتركيا، الملحق (9/10).

وقد ساهم الصندوق العربي بحوالي 705 مليون دولار أمريكي لتمويل تلك المشاريع، بينما ساهمت الدول العربية بالباقي. وبالإضافة إلى ذلك، ساهم الصندوق العربي بمبلغ حوالي 68 مليون دولار لتقوية شبكات النقل في كل من سورية والمغرب، وذلك كخطوة أولى نحو تنفيذ مشاريع ربط شبكات تلك الدول بشبكات الدول المجاورة. وتمثلت مساهمات الصندوق في شكل قروض ميسرة للدول تبلغ مدد كل منها حوالي خمسة وعشرين عاماً بما فيها فترة الإمهال، وتم توزيع تكلفة المشاريع بين الدول بحيث تتحمل كل دولة تكاليف المشروع الواقعة في أراضيها. فعلى سبيل المثال بالنسبة للربط المصري- الأردني تضمنت تكاليف المشروع بالنسبة للجانب المصري تكاليف إنشاء محطات التحويل وخطوط النقل الواقعة في الأراضي المصرية، بالإضافة إلى نصف تكلفة الكيبل البحري الذي يربط بين البلدين، وبالمثل بالنسبة للأردن.

وبالنسبة لمشروع الربط الخليجي، والجاري تنفيذه، فإن تكلفته تقدر بحوالي 1.4 مليار دولار أمريكي. وقد اتفقت الدول الست على أن يتم تمويله بنسبة 35 في المائة من مصادر الدول الذاتية و65 في المائة عن طريق الاقتراض من البنوك ومؤسسات التمويل الدولية. وسوف يتم توزيع تكاليف المشروع على الدول بنسب تتماشى مع الوفر في الاحتياطي الذي سوف يتحقق في كل دولة نتيجة لتنفيذ المشروع. فعلى سبيل المثال ستكون حصتا السعودية والكويت حوالي 30 في المائة و26 في المائة، على التوالي، من إجمالي تكلفة المشروع، لأنهما ستكونان أكثر دولتين مستفيدتين من المشروع.

أما بالنسبة للمشروعين الخاصين بربط تونس بإيطاليا والجزائر بأسبانيا، واللذين سيتم فيهما استخدام الغاز الطبيعي الليبي والجزائري لتوليد طاقة كهربائية في كل من تونس والجزائر لبيعها لإيطاليا وأسبانيا على التوالي، فقد تم إعداد دراسة الجدوى لهما بحيث يتم إنشاؤهما من قبل القطاع الخاص وبأسلوب البناء والتملك والتشغيل. ويتوقع أن يتمكن المستثمرون من استرداد استثماراتهم عن طريق بيع الطاقة التي يقومون بتوليدها.

المنافع الفنية التي تحققت من مشاريع الربط الكهربائي

ساهمت مشاريع الربط الكهربائي التي دخلت في الخدمة في تحسين أداء منظومات الكهرباء في الدول المرتبطة. فعلى سبيل المثال تمكنت الأردن من إستجرار كميات كبيرة من الطاقة الكهربائية من الشبكة المصرية خلال السنوات 2003 و2004 لتعويض النقص في الشبكة الأردنية، والناتج عن إخراج وحدات التوليد الموجودة في محطة العقبة، وذلك أثناء تحويلها لتعمل على الغاز الطبيعي بدلاً من زيت الوقود الثقيل. وساهمت الشبكة المصرية كذلك في تزويد الشبكة الأردنية بالقدرة الآنية المطلوبة لتعويض الخروج المفاجئ لوحدات توليد في الشبكة الأردنية من الخدمة نتيجة لخلل في تلك الوحدات، والعكس ولكن بنسبة أقل في حالة خروج وحدات توليد من الشبكة المصرية. ومع ربط الشبكة السورية بكل من الشبكتين الأردنية والمصرية، فقد ساهم خط الربط بصورة كبيرة في توفير قدرة كهربائية للشبكة السورية، عن طريق إستجرار قدرة من الشبكة المصرية، وذلك عند حدوث عطل فى وحدات توليد على الشبكة السورية يؤدي إلى خروجها من الخدمة. كما ساهم في تحسين اتزان التردد على الشبكة السورية، وفي تخفيض الاحتياطي الدوار الساخن في كل من الدول الثلاث (مصر والأردن وسورية) بمقدار النصف، مما أدى إلى وفر كبير في تكاليف التشغيل والصيانة.

وتمثلت الفائدة الكبرى للربط المصري - الليبي في قيام مركز التحكم الوطني المصري بالحفاظ على التردد في الشبكة الليبية، عند مستوى مقبول، وذلك لوجود أجهزة وبرامج تحكم في التوليد بالشبكة المصرية، ولعدم وجود تلك الأجهزة حتى الآن في الشبكة الليبية.

وقد حقق الربط الكهربائي بين المغرب وأسبانيا عدة مزايا لشبكات الكهرباء في كل من المغرب والجزائر وتونس يتمثل أهمها في استقرار شبكات تلك الدول نتيجة لربطها مع الشبكة الأسبانية التي تشكل جزءاً من الشبكة الأوروبية. فعلى سبيل المثال عند مقارنة القدرة المركبة في الشبكة المغاربية، والتي بلغ إجماليها حوالي 19 ج.و. عام 2004، بالشبكة الأوروبية، والتي بلغ إجمالي القدرة المركبة فيها حوالي 350 ج.و. في العام نفسه، فإن خروج أكبر وحدة توليد في الشبكة المغاربية من الخدمة يكون تأثيره محدوداً على شبكات الكهرباء في تلك الدول، عند ربطها بالشبكة الأوروبية، مقارنة بعدم ربطها. وبذلك، فإنه في حالة ربط المغرب والجزائر وتونس بأسبانيا، فإن الشبكة الأسبانية تقوم بالمساهمة بنسبة حوالي 85 في المائة من القدرة المطلوبة لتعويض الخروج المفاجئ لوحدات التوليد العاملة في أي من الدول العربية الثلاث، مما يؤدي إلى تخفيض حجم الاحتياطي الدوار المطلوب في تلك الدول بدرجة كبيرة.

المنافع الاقتصادية التي تحققت من مشاريع الربط الكهربائي

بالإضافة إلى المنافع الفنية للربط الكهربائي، فهناك العديد من المنافع الاقتصادية التي تحققت من المشاريع التي دخلت في الخدمة. ويمكن تقسيم هذه المنافع إلى منافع اقتصادية رأسمالية ومنافع اقتصادية تشغيلية. تتمثل المنافع الاقتصادية الرأسمالية في الوفر في التكاليف الاستثمارية نتيجة لتأجيل الحاجة إلى إنشاء محطات توليد جديدة، وذلك لإمكانية الاستفادة من قدرات التوليد الموجودة في دول مرتبطة لتلبية القدرات المطلوبة في أوقات الذروة. ويوضح الجدول رقم (1) قدرات التوليد التي أمكن توفيرها (تأجيلها) نتيجة لمشاريع الربط المكتملة أو الجاري تنفيذها.

الجدول رقم (1): المنافع الاقتصادية الرأسمالية الناجمة عن مشاريع الربط الكهربائي

المشروع	الوفر في قدرات التوليد المطلوبة (م.و.)	الوفر في التكاليف الاستثمارية (مليون دولار)
الربط المصري – الأردني	230	144
الربط الأردني – السوري	260	170
الربط السوري - اللبناني	150	68
الربط السوري - التركي	70	35
الربط المصري – الليبي	240	125
الربط الليبي – التونسي	110	67
الربط المغربي – الأسباني	300	150
الربط الخليجي	5100	3000

فعلى سبيل المثال، فإن مشروع الربط المصري – الأردني أدى، بالنسبة للجانب الأردني، إلى الاستغناء عام 1996، عن تنفيذ وحدة توليد بخارية بقدرة 130 م.و.، وأدى، بالنسبة للجانب المصري، إلى الاستغناء، عام 1993، عن تنفيذ وحدة توليد غازية بقدرة حوالي 100 م.و. وتم تقدير الوفر في التكاليف الاستثمارية باستخدام الأرقام حوالي 800 ألف دولار/ م.و. وحوالي 400 ألف دولار/ م.و. على التوالي بالنسبة للتكلفة المتوقعة للوحدات البخارية والغازية الجديدة. ويلاحظ أن الجدول لا يتضمن الوفورات في التكاليف الرأسمالية لمشروع ربط العراق بكل من سوريا وتركيا، والتي تقدر بحوالي 1.5 مليار دولار، والناتجة عن الاستغناء عن تركيب وحدات توليد تقدر بحوالي 2500 م.و.

وتتمثل المنافع الاقتصادية التشغيلية لمشاريع الربط الكهربائي في الوفورات في تكاليف الوقود والتشغيل والصيانة لوحدات التوليد، وفي الفائدة المترتبة على زيادة اعتمادية الشبكة بتقدير الخسارة في الاقتصاد ككل من جراء توقف التيار، وبصفة خاصة في قطاع الصناعة، والتي تم حسابها على أساس دولار/ ك.و.س. من الطاقة غير المزودة. ويوضح الجدول رقم (2) الوفورات السنوية التي تم تقديرها لمشاريع الربط الكهربائي المختلفة.

الجدول رقم (2): المنافع الاقتصادية التشغيلية الناجمة عن مشاريع الربط الكهربائي

المشـــــــروع	الوفورات السنوية (مليون دولار)
الربط المصري – الأردني	2.0
الربط الأردنـي – السوري	8.0
الربط السوري - اللبنانـي	7.5
الربط السوري - التركي	1.8
الربط المصـري - الليبـي	1.6
الربط الليبـــي – التونسي	2.5
الربط المغربي – الأسباني	74.8
الربط الخليجي	22.0

وبالنظر إلى حجم التبادل التجاري بين الدول المرتبطة، فإنه يمكن القول بأنه تم تحقيق جزء كبير من الوفورات السنوية المتوقعة لمشروع ربط مصر والأردن ومشروع ربط المغرب وأسبانيا، بينما لم يتم بعد تحقيق إلا جزء قليل من الوفورات المتوقعة لمشروع الربط السوري - الأردني ومشروع الربط المصري - الليبي، مع ملاحظة أن الوفورات التشغيلية التي تم حسابها في دراسات الجدوى بنيت على أساس حوالي 15 دولار/برميل نفط ، وبالتالي فإن الوفورات التشغيلية المتوقع تحقيقها في الوقت الحالي، لو تم الاستخدام الأمثل لتلك المشاريع، تفوق بعدة مرات الوفورات الموضحة في الجدول رقم (2).

مشاريع الربط الكهربائي الجاري دراستها

بالإضافة إلى المشاريع التي سبق ذكرها، هناك أيضا عدة مشاريع للربط الكهربائي يجرى حالياً دراسة جدواها، الأول لربط اليمن بالشبكة الجنوبية للمملكة العربية السعودية، والثاني لربط السعودية بمصر، والثالث لربط السودان بمصر، والرابع لربط جيبوتي باليمن. يهدف المشروع الأول إلى ربط اليمن بالشبكة الجنوبية للسعودية وذلك لتزويد المنطقة الجنوبية في المملكة بالكهرباء من خلال الطاقة التي سيتم توليدها في اليمن من محطة توليد مأرب الغازية التي يتم إنشاؤها للاستفادة من الغاز الطبيعي بتلك المنطقة. والجدير بالذكر أن دراسة الجدوى لربط دول المشرق العربي، والتي كانت قد أجريت في نهاية الثمانينات، كانت قد بينت أن الربط غير مجد اقتصادياً. إلا أن اكتشاف الغاز الطبيعي بكميات كبيرة في اليمن، وارتفاع تكلفة تزويد محطات التوليد الموجودة في الشبكة الجنوبية بالسعودية، استوجب إعادة دراسة هذا المشروع.

ويهدف المشروع الثاني إلى ربط الشبكة المصرية بالشبكة السعودية، إذ تحتوي الشبكتان على أكثر من ثلث إجمالي قدرات التوليد في الدول العربية، وذلك للاستفادة من اختلاف منحنيات الأحمال في الدولتين. وتجري الآن دراسة بديلين للربط ، يبدأ كلاهما من شبه جزيرة سيناء في مصر وينتهي أحدهما عند المدينة المنورة، بينما ينتهي الآخر عند مدينة الرياض. وكانت دراسة الجدوى لربط دول المشرق العربي قد بينت أيضاً عدم جدوى هذا المشروع، إلا أن ارتفاع الطلب على الكهرباء في شبه جزيرة سيناء وفي الجزء الشمالي الغربي من السعودية إستوجب إعادة دراسة هذا المشروع.

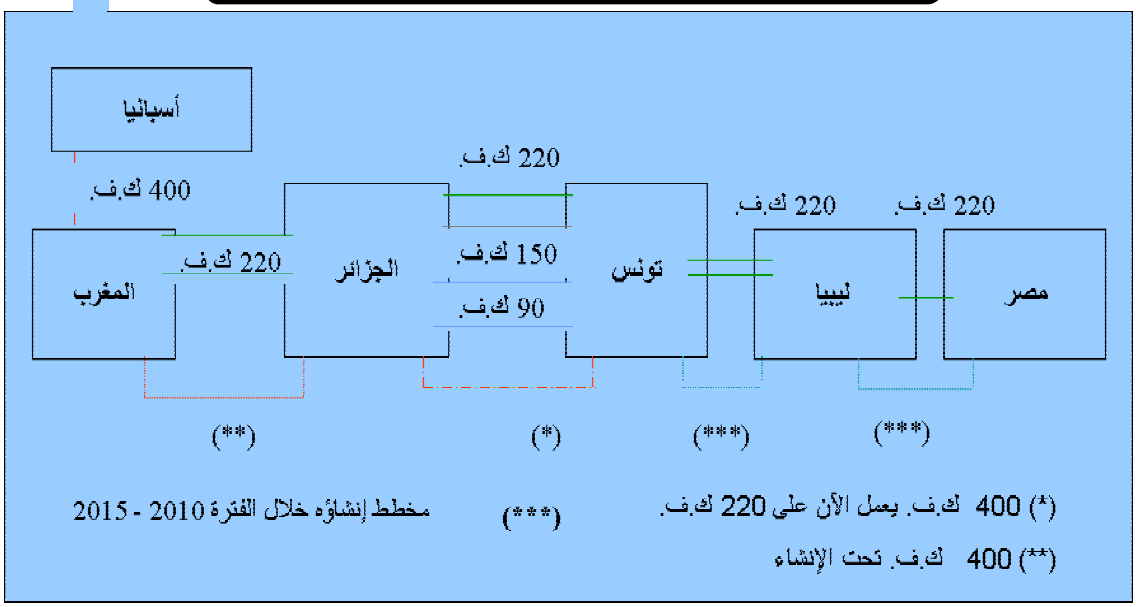
ويهدف المشروع الثالث إلى ربط الشبكة السودانية بالشبكة المصرية، وذلك للاستفادة من الطاقة الكهرومائية التي سيتم توليدها من مشروع سد مروى بالسودان لتزويد الشبكة المصرية خلال السنوات الأولى للربط، ثم تزويد الشبكة السودانية بالطاقة الفائضة من الشبكة المصرية عندما ترتفع الأحمال في السودان بحيث تستهلك كامل الطاقة المنتجة من سد مروى. أما المشروع الرابع، فيهدف إلى ربط جيبوتي باليمن بكيبل بحري يمر عبر منطقة باب المندب. وقد أوضحت دراسة مبدئية أن الربط بين هاتين الدولتين غير مجد اقتصادياً، ولكنه يصبح مجدياً إذا ما أدى إلى الربط بين اليمن وإثيوبيا، من خلال الشبكة الجيبوتية.

بالنظر إلى محدودية قدرة خطوط الربط بين مصر وليبيا وتونس، ولتوفير منظومة قوية تمكن الدول العربية من تصدير طاقة كهربائية إلى أوروبا، قامت الدول الخمس بإعداد دراسة لتحديد جدوى رفع توتر خط الربط بين مصر وليبيا إلى 500 ك.ف. في مصر، وإلى 400 ك.ف. في ليبيا، ورفع توتر خطوط الربط بين ليبيا وتونس والجزائر والمغرب إلى 400 ك.ف..

وتمت دراسة منافع المشروع بناءاً على احتمالين للتشغيل، يتم في الاحتمال الأول افتراض أن منافع المشروع تقتصر على تبادل للطاقة بين الدول الخمس، ويتم في الاحتمال الثاني افتراض أن الدول سوف تتبادل الطاقة والقدرة، بمعنى أنه يمكن بناء محطات التوليد التي كان من المخطط إنشاؤها في إحدى الدول، في دولة أخرى، وذلك للاستفادة من انخفاض تكلفة الوقود في الدولة الأخرى. وقد أوضحت الدراسة أن العائد الاقتصادي الداخلي للربط التونسي الجزائري على التوتر 400 ك.ف. هو حوالي 15 في المائة لو تم تنفيذ المشروع في عام 2005، يرتفع إلى حوالي 27 في المائة لو تم تأجيله لعام 2010. وأوضحت الدراسة كذلك عدم جدوى ربط مصر بليبيا أو ليبيا بتونس على التوترات 500 ك.ف. أو 400 ك.ف. خلال الفترة 2005 – 2015، وذلك لانخفاض العائد الاقتصادي الداخلي لهذين المشروعين.

إلا أنه عند إضافة المنفعة الناتجة عن تقليل تكلفة الطاقة غير الملباة على شبكات الدول الخمس، نتيجة لتنفيذ المشروع، فإن العائد الاقتصادي الداخلي للربط المصري الليبي يرتفع إلى حوالي 11 في المائة بينما يرتفع إلى 51 في المائة للربط الليبي التونسي، ومن ثم يتوقع أن تكون هناك جدوى من إقامة هذين المشروعين خلال الفترة 2010 – 2015، الشكل (6).

الشكل (6): المخطط العام لمشروع الربط الكهربائي لدول المغرب العربي حتى عام 2015



بالإضافة إلى الربط القائم بين المغرب وأسبانيا والربط الجاري تنفيذه بين سورية وتركيا، هناك عدة مشاريع تجرى دراستها لزيادة قدرة الربط بين الدول العربية والدول الأوروبية المطلة على البحر المتوسط . أول هذه المشاريع هو

الربط الكهربائي بين تونس وإيطاليا، والذي يتم فيه إنشاء محطة توليد في تونس تعمل على الغاز الطبيعي المستورد من ليبيا أو الجزائر، وبقدرة حوالي 1400 م.و.، يتم استهلاك ربعها محلياً، وتصدير الباقي إلى إيطاليا عبر كيبل بحري يستخدم التيار المستمر على التوتر 300 ك.ف. ويمتد لمسافة 150كم يربط تونس بجزيرة صقليه. تقدر تكلفة هذا المشروع بحوالي 2.5 مليار دولار. وثاني هذه المشاريع هو الربط الكهربائي بين الجزائر وأسبانيا من خلال كيبل بحري لتزويد أسبانيا بالكهرباء المولدة باستخدام الغاز الطبيعي الجزائري. ومن المتوقع أن يقوم القطاع الخاص بتمويل وتنفيذ هذا المشروع الذي تبلغ قدرته حوالي 2000 م.و. وسيتم تخصيص حوالي 800 م.و. من إجمالي قدرة المحطة لتلبية احتياجات الجزائر من الطاقة، وتصدير القدرة المتبقية من خلال كيبل بحري يعمل على التيار المستمر.

وهناك أيضاً دراسة لمشروع للربط المداري المتكامل لدول البحر المتوسط. يهدف هذا المشروع إلى ربط كل الدول الواقعة حول حوض البحر المتوسط بحلقة كهربائية، بحيث يمكن تبادل الكهرباء بين كل هذه الدول. وقد قامت هذه الدول بتكليف عدة مكاتب استشارية متخصصة لإعداد دراسة لتحديد أنسب مستويات القدرة والطاقة الممكن تبادلها لتحقيق أقصى فائدة اقتصادية للربط. وتم في الدراسة حساب الفوائد التشغيلية للربط، والمتمثلة في تخفيض تكلفة الوقود وتكلفة الطاقة غير الملباة، ولم يتم في الدراسة تضمين الوفورات الاستثمارية الناتجة عن تأخير إنشاء وحدات توليد جديدة.

وقد أوضحت الدراسة أنه في عام 2010 ستكون مصر والجزائر وليبيا مصدرة للقدرة وستكون تونس والمغرب مستوردة لها، وأن لبنان ستظل مستوردة للقدرة الكهربائية من سورية، وأن الأردن وسورية سوف تستفيدان من مرور الطاقة الكهربائية خلال أراضيهما بتحصيل رسوم عبور للطاقة. وأوضحت الدراسة كذلك أن حجم التبادل بين مصر والأردن سوف يقترب من القدرة التصميمية الحالية للخط.

ويمثل مشروع ربط جمهورية الكونغو الديمقراطية بمصر واحدا من المشاريع البالغة الطموح، إذ ينطوي على إنشاء محطة للطاقة الكهربائية في جمهورية الكونغو الديمقراطية ونقل الطاقة الكهربائية إلى مصرعبر السودان وجمهورية أفريقيا الوسطى وتشاد، ثم تصدير تلك الطاقة إلى أوروبا عبر الكوابل البحرية التي سيتم إنشاؤها لربط تونس بإيطاليا والجزائر بأسبانيا.

وقد أظهرت الدراسات أن هناك إمكانية لإضافة قدرة توليد تزيد عن 35 ج.و. من هذا المصدر الطبيعي، كما أظهرت أن تكلفة توليد الكيلووات - ساعة ونقله عبر خط يمتد لمسافة 4000 كيلومتر ستكون أقل من 2 سنت أمريكي عند نهاية الخط. وقد تم النظر في بديلين رئيسيين لتصميم شبكة النقل، يستخدم أحدهما التيار المتردد على التوتر 765 ك.ف.، ويستخدم الآخر التيار المستمر على التوتر 800 ك.ف..

ويقوم السودان وأثيوبيا، ضمن مبادرة حوض نهر النيل التي قامت كل من مصر والسودان وأثيوبيا بتوقيعها، بدراسة جدوى مشروع لربط شبكات الكهرباء فيما بينهما. ينطوي المشروع على إنشاء خط نقل بقدرة حوالي 100 م.و. لربط الشبكة الأثيوبية بالشبكة السودانية. ويقوم البنك الدولي بتمويل دراسة الجدوى لهذا المشروع.

ونظراً لأن الحمل الأقصى في جيبوتي يقع خلال فصل الصيف، بينما يقع الحمل الأقصى في أثيوبيا خلال فصل الشتاء، تقوم الدولتان بربط شبكات الكهرباء فيهما من خلال خط ربط على التوتر 220 ك.ف. تبلغ قدرة الخط حوالي 30 م.و. وتبلغ تكلفته حوالي 80 مليون دولار، ويسهم البنك الإفريقي في تمويله.

نحو تحقيق سوق عربية للطاقة

تتميز الطاقة الكهربائية بخاصيتين رئيسيتين. أولاً، أنها موحدة في جميع أنحاء العالم.و.بالتالي يمكن شراؤها وبيعها في أي وقت. وثانياً، أن تخزينها صعب وبالتالي يجب استهلاك كل الطاقة المولدة بمجرد توليدها. وعليه نشأت فكرة إقامة أسواق عالمية للطاقة حيث تقوم دولة ما بالتعاقد مع دولة (أو دول) أخرى لشراء احتياجاتها الآنية من الطاقة عند الحاجة إليها، أو بيع الطاقة الفائضة عن احتياجاتها. ويستلزم نجاح سوق للطاقة وجود عدد من المقومات الأساسية تتمثل في ارتباط شبكات الكهرباء ببعضها، ووجود اتفاقيات لتبادل الطاقة والقدرة بين الدول. وباكتمال عدد من مشاريع الربط الكهربائي وبقرب اكتمال المشاريع الجاري تنفيذها تكون الدول العربية قد قطعت شوطاً كبيراً نحو تحقيق البنية الأساسية لتلك السوق. إلا أن هناك عدداً من الأمور الأخرى اللازم تواجدها لتفعيل حجم السوق. وتتمثل هذه الأمور في فتح الباب أمام القطاع الخاص لتوليد الكهرباء، وفي فصل قطاع النقل عن قطاع التوليد، وفي وجود هيئة مستقلة للرقابة على قطاع الكهرباء، وفي وجود جهات متخصصة تكون مهمتها تنشيط حجم التبادل التجاري، خاصة بين الدول غير المتجاورة.

وبالنظر إلى ما حققته الدول الأوروبية في هذا المجال، نجد أنه تمت خصخصة قطاعي التوليد والتوزيع في أغلب الدول الأوروبية، وتم الإبقاء فقط على قطاع النقل تحت سيطرة الدولة (أو تم إسناد أمر إدارته إلى شركة مستقلة تعطي الأولوية ذاتها لكل شركات التوليد للاستفادة من شبكة النقل). وقامت الدول الأوروبية أيضاً بإنشاء هيئات رقابة مستقلة لا تتبع للجهات الحكومية.

ونحو تحقيق سوق عربية للطاقة، فقد قام عدد من الدول العربية مثل المغرب وتونس والجزائر وعُمان ومصر والبحرين والإمارات بالسماح للقطاع الخاص بإقامة محطات توليد بنظام البناء والتملك والتشغيل ونقل الملكية، إلا أن كامل إنتاج تلك المحطات، في الوقت الراهن، يتم بيعه لشركات الكهرباء الحكومية في تلك الدول. وقامت الأردن بفصل قطاع الكهرباء إلى ثلاثة قطاعات مختلفة للتوليد والنقل والتوزيع، وهناك تجارب مشابهة في عدد من الدول

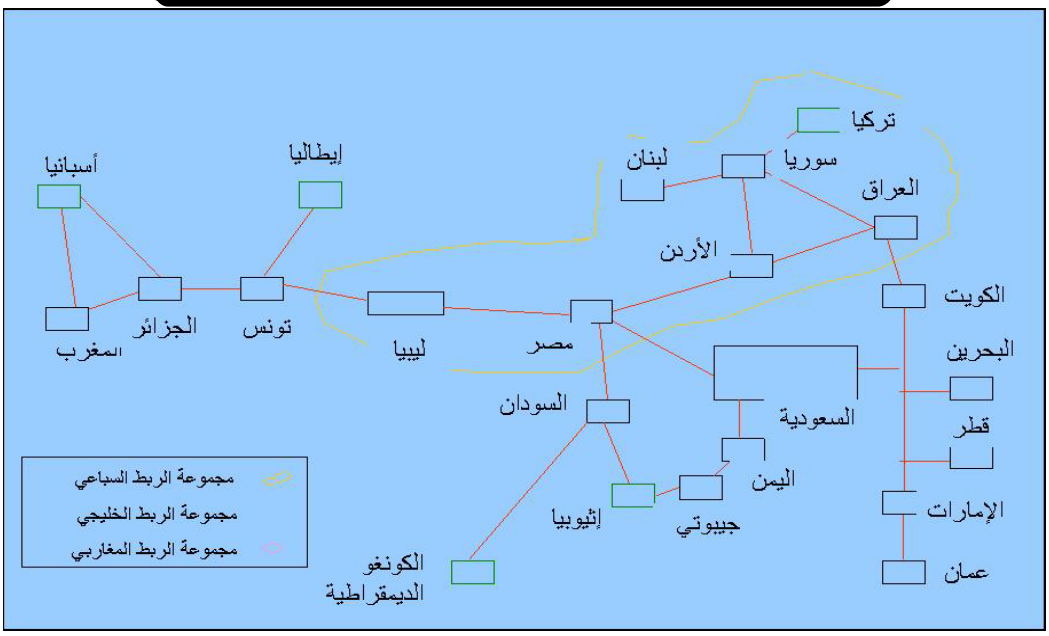
العربية مثل مصر وسورية. أما بالنسبة لإنشاء هيئة مستقلة للرقابة على قطاع الكهرباء، فقد قام عدد من الدول العربية مثل الأردن والسعودية ومصر بإنشاء مثل تلك الهيئات، إلا أن أغلبها مازال يتبع لإشراف وزارة الكهرباء (أو الطاقة) في تلك الدول. وفي محاولة لتنشيط حجم التبادل التجاري بين تسع دول عربية (المغرب، الجزائر، تونس، ليبيا، مصر، الأردن، سورية، لبنان، العراق) وتركيا، فقد قامت تلك الدول بدراسة جدوى إنشاء مركز تحكم تنسيقي يقوم بتجمع كافة البيانات عن شبكات الكهرباء في الدول العربية وتقدير كميات وأوقات الطاقة التي يمكن تبادلها بين تلك الدول وتنظيم ومراقبة عمليات البيع والشراء، وذلك من أجل تعظيم الفوائد من التبادل وضمان الشفافية. وقد قدرت الدراسة أن التكاليف الاستثمارية للمركز ستكون حوالي 20 مليون دولار وأن تكاليفه التشغيلية السنوية ستكون حوالي 6 مليون دولار، في حين أن الوفورات الرأسمالية والوفورات التشغيلية السنوية ستكون حوالي 100 مليون و7 مليون دولار على التوالي، وبالتالي فهناك جدوى اقتصادية لإنشائه. وبينت الدراسة كذلك أن مدينة القاهرة هي أنسب موقع لإقامة المركز.

وبالإضافة إلى تحرير قطاع الكهرباء، فهناك حاجة أيضاً لتحرير أسعار الوقود، إذ أن أغلب الدول العربية تقوم بدعم أسعار الوقود، بصوره المختلفة، وبالتالي فإن التكلفة الفعلية لإنتاج الكهرباء تختلف عن التكلفة الاقتصادية. فعلى سبيل المثال تقوم شركة الكهرباء في مصر بشراء الغاز الطبيعي من شركات النفط الحكومية بسعر حوالي 70 سنت أمريكي/ مليون وحدة حرارية بريطانية، وتقوم شركة الكهرباء في ليبيا بشراء الغاز الطبيعي بسعر حوالي 25 سنت أمريكي/ مليون وحدة حرارية بريطانية، بينما يبلغ السعر الاقتصادي للغاز حوالي 2.5 دولار أمريكي/ مليون وحدة حرارية بريطانية.

التصور المستقبلي لمشاريع الربط الكهربائي

بحلول عام 2020 يتوقع أن تكون مشاريع الربط قد اكتملت حلقاتها بصورة كبيرة، إذ يتوقع أن يتم رفع قدرة خطوط الربط بين دول المشرق العربي من خلال تنفيذ المرحلة الثانية من مشروع الربط الكهربائي بين مصر والأردن والعراق وسورية ولبنان وتركيا. وبالنسبة لدول الربط المغاربي، يتوقع أن تكون كافة المشاريع التي جرت دراستها لرفع توتر خطوط الربط بين تلك الدول إلى 400 ك.ف. (500 ك.ف. في مصر) قد اكتملت. ومن المتوقع أيضاً قبل عام 2020 أن يتم ربط اليمن بكل من السعودية وجيبوتي وأن يتم ربط السودان بكل من أثيوبيا والكونغو الديمقراطية، وأن تكون الدول العربية مرتبطة بالشبكة الأوروبية من خلال ربطها بشبكات الكهرباء في كل من تركيا وإيطاليا وأسبانيا، الشكل (7).

الشكل (7): التصور المستقبلي لمنظومة الربط الكهربائي
كما في عام 2020



وبالإضافة إلى الفوائد التي سوف تتحقق لدول مجلس التعاون الخليجي وليبيا والجزائر من تصدير الكهرباء إلى الدول الأوروبية، سوف تستفيد أيضا كل من مصر والأردن وسورية وتونس من إيرادات رسوم مرور هذه الطاقة عبر أراضيها.

ويتوقع أن تتضمن الشبكة العربية المرتبطة حوالي ألف وحدة توليد وخطوط نقل تتجاوز أطوالها عشرات الآلاف من الكيلومترات، وسوف تكون هناك حاجة ماسة لإدارة هذه المنظومة لضمان استقرارها وتنظيم وتفعيل عملية بيع وشراء الطاقة. وعليه سيتم في مشروع الربط الخليجي إنشاء مركز تحكم في المنطقة الشرقية من السعودية للتحكم في شبكات الدول الست المشاركة في المشروع وتنظيم عملية بيع وشراء الطاقة، كما تعتزم الدول العربية المشتركة في مجموعتي الربط السباعي والربط المغاربي إنشاء مركز تحكم تنسيقي، يكون مقره في القاهرة، لمراقبة خطوط النقل وتنظيم عملية بيع وشراء الطاقة، بحيث تترك مسؤولية تشغيل شبكة الكهرباء في كل دولة لمركز التحكم الوطني فيها.

الخاتمة

شهدت السنوات العشر الأخيرة طفرة كبيرة في تنفيذ مشاريع الربط الكهربائي بين الدول العربية، وذلك من ناحية عدد المشاريع أو قدرات التبادل بين المنظومات. ومن المتوقع أن تشهد السنوات الخمس عشرة القادمة استكمالاً لمنظومة

الربط بين الدول العربية. وقد ساهمت مشاريع الربط المكتملة بدرجات متفاوتة في تحسين اعتمادية شبكات الكهرباء وفي تقليل التكاليف الاستثمارية للدول المشاركة، إلا أن حجم تبادل الطاقة لم يرتق إلى التوقعات التي استخدمت في دراسات الجدوى لتلك المشاريع. ويعود ذلك أساساً إلى تأخر بعض الدول في توقيع اتفاقيات تجارية تحكم تكلفة الطاقة والقدرة المتبادلة بينها، واكتفاء كل دولة بإعادة طاقة إلى الدولة المجاورة تعادل كمية الطاقة التي تسربت من شبكة الكهرباء للدول المجاورة.

ومع اكتساب الدول ثقة في اعتمادية خطوط الربط، وفي قدرة الدول المجاورة على مساعدتها عند الحاجة لذلك، فمن المتوقع أن تنمو الطاقة المتبادلة بين الدول العربية بصورة كبيرة خلال السنوات المقبلة. ومن المتوقع كذلك أن يساهم ربط الدول العربية مع الشبكة الأوروبية وشبكات الكهرباء في بعض الدول الأفريقية في خلق فرص جديدة لتصدير كميات كبيرة من الطاقة الكهربائية إلى أوروبا.

ملحق (1/10): القدرات الكهربائية المركبة والحمل الأقصى والاستهلاك من الطاقة الكهربائية في الدول العربية كما هو في نهاية عام 2004

الدولـــة	القدرة المركبة (م.و.)	الحمل الأقصى (م.و.)	الطاقة المولدة (ج.و.س.)	الطاقة المستهلكة (ج.و.س.)
الأردن	1888	1498	8308	7635
الإمارات	13550	9570	52417	47084
البحرين	2629	1647	8178	7185
تونس	2607	1824	9547	8848
الجزائر	6978	5671	30548	23271
جيبوتي	118	60	215	180
السعودية	29300	27450	156506	138450
السودان	938	452	1709	1603
سورية	7079	5412	31316	21026
الصومال	66	63	280	266
العراق	8000	6900	34000	32000
عُمان	2750	2720	10836	7949
قطر	2900	2520	11718	10452
الكويت	9763	7850	35639	32174
لبنان	2641	1936	11054	10249
ليبيا	4556	3435	14831	11796
مصر	18572	15180	94186	82495
المغرب	4498	3145	17043	14915
موريتانيا	178	110	550	435
اليمن	1017	792	4235	2832
المجموع	**120028**	**98235**	**533116**	**460845**

المصدر: بيانات الصندوق العربي المستقاة من مصادر وطنية، ومصادر أخرى متعددة.

ملحق (2/10): توزيع قدرات التوليد المركبة في الدول العربية حسب نوع التوليد كما هو في نهاية عام 2004

(م.و.)

الدولـــة	توليـد كهرومائي	توليد حراري				توليـــد هوائـــي	إجمالي قدرة التوليد
		بخاري	غـــازي	دورة مركبة	ديـــزل		
الأردن	12	1098	381	300	97	0	1888
الإمارات	0	4983	8363	0	204	0	13550
البحرين	0	100	1799	700	30	0	2629
تونس	0	1145	1037	364	61	0	2607
الجزائر	275	2740	3791	0	172	0	6978
جيبوتي	0	0	0	0	118	0	118
سورية	0	8343	18789	1410	758	0	29300
السودان	308	286	84	0	260	0	938
سورية	1528	3701	1250	600	0	0	7079
الصومال	0	0	0	0	66	0	66
العراق	2620	3330	1550	0	500	0	8000
عُمان	0	140	2032	0	578	0	2750
قطر	0	0	2890	0	10	0	2900
الكويت	0	9054	709	0	0	0	9763
لبنان	276	1212	283	870	0	0	2641
ليبيا	0	1972	2505	0	79	0	4556
مصر	2740	11699	715	3355	0	63	18572
المغرب	1167	2009	631	450	188	53	4498
موريتانيا	0	0	0	0	178	0	178
اليمن	0	435	0	0	582	0	1017
الإجمالي	**8926**	**52247**	**46809**	**8049**	**3881**	**116**	**120028**

المصدر: بيانات الصندوق العربي المستقاة من مصادر وطنية، ومصادر أخرى متعددة.

ملحق (3/10): حساب المنافع المتوقعة لمشروع الربط الخليجي
(حتى عام 2028)

(ج.و.)

الدولــة	حمل الذروة	قدرة التوليد المطلوبة		الوفـر
		بدون المشروع	مـــع المشروع	
المرحلة الأولى				
الكويت	27.017	30.397	29.066	1.331
السعودية (المنطقة الشرقية)	23.21	26.361	24.752	1.609
البحرين	4989	5.782	5.494	288
قطر	4649	5.427	5.06	367
الإجمالي	**59.865**	**67.967**	**64.372**	**3.595**
سورية				
المرحلتين الأولى والثالثة				
الإمارات	29.358	32.651	31.424	1.227
عُمان	4.558	5.221	4.93	291
إجمالي المرحلتين	**93.781**	**105.839**	**100.726**	**5.113**

المصدر: الدراسة المحدثة لجدوى الربط الكهربائي لدول مجلس التعاون الخليجي، 2003.

ملحق (4/10): مساهمة خطوط الربط في مشروع الربط الكهربائي لدول مجلس التعاون الخليجي في تغطية الطلب على الكهرباء في تلك الدول

الدولـــــة	القدرة القصوى الممكن إستجرارها من خلال خط (خطوط) الربط (م.و.)	2008		2028	
		قدرة التوليد (بدون المشروع)	(قدرة خط (خطوط) الربط) (%)	قدرة التوليد (بدون المشروع)	(قدرة خط (خطوط) الربط) (%)
الكويت	1200	11933	10.0	30.397	3.9
السعودية (المنطقة الشرقية)	1200	15675	7.7	26.361	4.5
البحرين	600	2680	22.4	5.782	10.4
قطر	750	3968	18.9	5.427	13.8
الإمارات	1300	14351	9.1	32.651	4.0
عُمان	400	3078	13.0	5.221	7.7

المصدر: الدراسة المحدثة لجدوى الربط الكهربائي لدول مجلس التعاون الخليجي، 2003.

ملحق (5/10): المنافع التي تم حسابها نتيجة للربط الكهربائي لدول المشرق العربي

(ج.و.)

مؤسسة الكهرباء	القدرات المطلوبة عام 1995		القدرات المطلوبة عام 2005		القدرات المطلوبة عام 2015	
	بـــدون المشـــروع	نتيجة لدخول المشروع في الخدمة	بـــدون المشـــروع	نتيجة لدخول المشروع في الخدمة	بـــدون المشـــروع	نتيجة لدخول المشروع في الخدمة
العراق	12.214	12.214	30.595	30.222	45.96	45.96
الأردن	1.137	1.137	1.874	1.614	2.482	2.192
لبنان	1.868	1.868	2.833	2.483	3.642	3.368
سورية	4.1	4.1	8.09	7.39	13.45	12.45
السعودية (المنطقة الشرقية)	4.112	4.112	5.809	5.359	7.65	7.2
السعودية (المنطقة الوسطى)	0	0	4.089	3.714	6.155	5.68
سورية	8.104	8.104	11.275	10.525	15.825	14.925
السعودية (المنطقة الغربية)	7.897	0	13.513	12.766	21.319	20.172
مصر	11.693	0	20.294	18.994	28.601	27.001
اليمن	500	0	924	0	1.662	1.582
الكويت	0	0	10.776	10.776	16.489	16.189

المصدر: دراسة جدوى ربط الشبكات الكهربائية لدول المشرق العربي، 1992.

ملحق (6/10): المنافع المتوقعة من مشروع الربط الكهربائي
بين ليبيا وتونس والجزائر والمغرب

(م.و.)

المنظومة / السنوات	المغرب		الجزائر		تونس		ليبيا		المجموع		المنظومة الموحدة		الوفر في القدرة المركبة	
	2010	2020	2010	2020	2010	2020	2010	2020	2010	2020	2010	2020	2010	2020
بخارية فحم	1800	4800	4200	8400	0	600	1200	5400	7200	19200	14400	34800	7200-	15600-
بخارية غاز	3000	4800	3600	7500	1500	2700	4500	6900	12600	21900	4800	6000	7800	15900
تربينات غازية	600	1000	1300	2900	1200	1700	1000	2600	4100	8200	2000	4100	2100	4100
كهرومائية	850	850	0	0	0	0	0	0	850	850	1050	1050	200-	200-
المجموع	**6250**	**11450**	**9100**	**18800**	**2700**	**5000**	**6700**	**14900**	**24750**	**50150**	**22250**	**45950**	**2500**	**4200**

المصدر: ندوة الربط الكهربائي بين شبكات الدول العربية، الأمانة العامة لجامعة الدول العربية، 1994.

ملحق (7/10): تطور الطاقة المتبادلة بين مصر والأردن
خلال الفترة 1998 - 2004

(ج.و.س.)

السنة	طاقة مبرمجة			طاقة متسربة		
	من مصر إلى الأردن	من الأردن إلى مصر	صافي الطاقة المرسلة من مصر إلى الأردن	من مصر إلى الأردن	من الأردن إلى مصر	صافي الطاقة المرسلة من مصر إلى الأردن
1998	0	0	0	7.6	7.8	0.2-
1999	0	0	0	44.8	45.6	0.8-
2000	44.5	0	44.5	34	32.2	1.8
2001	266.8	0	266.8	86.4	85.9	0.5
2002	321.8	0	321.8	73.5	73.8	0.3-
2003	972.3	0	972.3	38.2	38.1	0.1
2004	786.9	0	786.9	56.4	75.1	18.7-

المصدر: الشركة الوطنية للكهرباء، الأردن والشركة القابضة لكهرباء مصر.

ملحق (8/10): تطور كمية الطاقة الكهربائية المتبادلة بين المغرب وأسبانيا خلال الفترة (1998 - 2004)

السنـــــة	الطاقة الكهربائية المتبادلة بين المغرب وأسبانيا		
	من أسبانيا إلى المغرب	من المغرب إلى أسبانيا	صافي الطاقة المتبادلة
1998	-	-	-
1999	-	-	-
2000	2268.4	0.2	2268.2
2001	1598.7	12.8	1585.9
2002	1389.3	33.9	1355.4
2003	1582.0	144.0	1438.0
2004	1664.0	129.0	1535.0

المصدر: المكتب الوطني للكهرباء ، المغرب.

ملحق (9/10): إجمالي تكاليف مشاريع الربط الكهربائي التي اكتملت حتى الآن ومصادر تمويلها

المشـــــــــروع	تكلفة المشروع (مليون دولار)	مساهمة الصندوق العربي (مليون دولار)	مساهمة الدول (مليون دولار)
ربط شبكتي الكهرباء في اليمن	86	61	25
ربط دول المشرق العربي			
الربط السداسي			
مصر – الأردن	229	149	80
الأردن – سوريا	144	144	0
سورية – لبنان	33	33	0
سورية – تركيا (*)	101	87	14
المجموع	**507**	**413**	**94**
سورية			
ربط دول المغرب العربي			
الربط المصري – الليبي	49	40	9
الربط الليبي – التونسي	70	67	3
االربط المغربي – الأسباني (**)	99	85	14
المجموع	**218**	**192**	**26**
ربط الدول العربية بالدول الأفريقية			
ربط موريتانيا بالسنغال ومالي (***)	42	39	3
المجموع (****)	**853**	**705**	**148**

* جزء الأعمال الخاص بالشبكة السورية.

** جزء الأعمال الخاص بالشبكة المغربية.

المصدر: بيانات الصندوق العربي المستقاة من مصادر وطنية، ومصادر أخرى متعددة.

**** بعد إضافة تكاليف إجراء المشاريع في أسبانيا وتركيا يكون الإجمالي حوالي مليار دولار.

المصدر: تقارير التقييم المعدة من قبل الصندوق العربي لهذه المشاريع، وتحديث دراسة الوضع الراهن لقطاعات مختارة للطاقة في دول الاسكوا، 2003.