محتويات الورقة

١- مقدمة

٢- أهم المزايا الاقتصادية والفنية للربط الكهربائي.
٣- خلفية عامة عن منظومات الكهرباء في الدول العربية.
٤- ربط الشبكات العربية حتى بداية التسعينات.
٥- اختلاف منظومات الكهرباء في الدول العربية.
٦- آفاق الربط لشبكات الكهرباء في الدول العربية.
٧- مشروع الربط السباعي.
أولاً : أجزاء المشروع التي اكتملت والأجزاء الجاري تنفيذها.
ثانياً : تطور الطاقة المتبادلة بين الدول المرتبطة.
ثالثاً : الفوائد التي تحققت من مشروع الربط السباعي.
رابعاً : المعوقات التي تحد من الاستغلال الأمثل للمشروع.
خامساً : الجهود المبذولة لتذليل تلك العقبات.
٨- مشروع الربط المغاربي
أولاً : أجزاء المشروع التي اكتملت والأجزاء الجاري تنفيذها.
ثانياً : تطور الطاقة المتبادلة بين الدول المرتبطة.
ثالثاً : الفوائد التي تحققت من مشروع الربط المغاربي.
رابعاً : المعوقات التي تحد من الاستغلال الأمثل للمشروع.
خامساً : الجهود المبذولة لتذليل تلك العقبات.

٩- مشروع الربط الكهربائي لدول مجلس التعاون الخليجي.
١٠- تكاليف ومنافع مشاريع الربط الكهربائي.
١١- مشاريع الربط الكهربائي الجاري دراستها
١١-١ الربط الكهربائي بين السعودية واليمن.
١١-٢ الربط الكهربائي بين مصر والسعودية.
١١-٣ الربط الكهربائي بين مصر والسودان.
١١-٤ الربط الكهربائي بين اليمن وجيبوتي.
١٢- مشاريع لربط الدول العربية بالدول الأوروبية.
١٣- مشاريع لربط الدول العربية بالدول الأفريقية غير العربية.
١٤- تطور الطلب المستقبلي والاحتياجات الاستثمارية.
١٥- التصور العام للمنظومة بحلول عام ٢٠٢٠.
١٥-١ بعض سمات شبكة الربط بحلول عام ٢٠٢٠.
١٥-٢ تعظيم الاستفادة من مشاريع الربط الحالية والمستقبلية.
١٦- العلاقة بين شبكات الغاز وشبكات الكهرباء.
١٧- الخاتمة.

التعاون العربي في مجال الربط الكهربائي
الإنجازات والمعوقات وتطلعات إلى المستقبل

١- مقدمــة

شهدت العقود الثلاثة الماضية إنجازات كبيرة في مجال تطوير قطاع الكهرباء في الدول العربية، وذلك لمواكبة ارتفاع استهلاك الكهرباء بحوالي عشرين ضعفاً. وعليه قامت الدول العربية بمقابلة هذه المتطلبات من خلال زيادة إجمالي قدرات التوليد إلى حوالي عشرة أمثال ما كانت عليه خلال عام ١٩٧٥، ورفع كفاءة التوليد وتقليل الفاقد في شبكات النقل والتوزيع بصورة ملحوظة.

وشملت الجهود المبذولة خلال الفترة (١٩٧٥-١٩٩٠)، للاستغلال الأمثل لمنظومة الكهرباء، إقامة عدة مشاريع للربط الكهربائي بين الدول العربية. تضمنت هذه المشاريع ربط الشبكة السورية بالشبكتين الأردنية واللبنانية، وربط الشبكة الجزائرية بالشبكتين التونسية والمغربية. إلا أن الفترة (١٩٩٠-٢٠٠٥) شهدت تكثيفاً لهذه الجهود، بهدف الربط على توترات مرتفعة وبقدرات تبادل كبيرة. فعلى صعيد المشرق العربي تحقق حتى الآن ربط مصر بكل من الأردن وسورية وليبيا، ومن المتوقع أن يتم ربط سورية بلبنان على التوتر ٤٠٠ ك.ف.[1] قبل نهاية عام ٢٠٠٦، وربط سورية بتركيا قبل نهاية عام ٢٠٠٧. وعلى صعيد دول المغرب العربي فقد تم ربط ليبيا

[1] ك.ف. هو اختصار كيلوفولت.

بتونس على التوتر ٢٢٠ ك.ف. والمغرب باسبانيا على التوتر ٤٠٠ ك.ف.، ويجرى حالياً تطوير الربط القائم بين تونس والجزائر والمغرب، ليكون أيضاً على التوتر ٤٠٠ ك.ف.

أما بالنسبة لمشروع ربط شبكات الكهرباء لدول مجلس التعاون الخليجي، فقد بدأ العمل في تنفيذه مع بداية عام ٢٠٠٦ بعد توقيع كافة العقود الخاصة به، ومن المتوقع أن يدخل في الخدمة عام ٢٠٠٨. وتقوم الدول العربية كذلك بإجراء دراسات جدوى لعدد من مشاريع الربط الأخرى، منها ربط مصر بالسعودية، وربط مصر بالسودان، وربط اليمن بكل من السعودية وجيبوتي، وغيرها من المشاريع.

وقد حققت مشاريع الربط الكهربائي التي اكتملت عدداً من المنافع الفنية والاقتصادية. تتمثل أهم المنافع الفنية في زيادة اعتمادية الشبكات المرتبطة وتحسين أدائها، وتتمثل أهم المنافع الاقتصادية في الوفر في التكاليف الاقتصادية الناجمة عن التبادل التجاري للطاقة والاستفادة من استثمارات الدول المجاورة في وحدات التوليد لتلبية الطلب على القدرة في أوقات الذروة.

تستعرض هذه الورقة جدوى مشاريع الربط الكهربائي للدول العربية، وبين الدول العربية والدول غير العربية، ثم تنتقل إلى تقييم للمنافع التي تحققت والتي لم تتحقق بعد بالنسبة للمشاريع التي اكتملت ودخلت في الخدمة. وتستعرض الورقة أيضاً بعض المعوقات الفنية التي تواجه مشاريع الربط الكهربائي والجهود التي تبذلها الدول لتلافي تلك المعوقات. وتتناول الورقة

بعد ذلك وضع مشاريع الربط قيد التنفيذ والمشاريع الجاري دراستها، ثم تعرض تصوراً لما سيكون عليه الوضع بالنسبة لمنظومة الربط بحلول عام ٢٠٢٠، وتقترح بعض التوصيات للاستغلال الأمثل لتلك المنظومة.

٢- أهم المزايا الاقتصادية والفنية للربط الكهربائي

تتمثل أهم المزايا الاقتصادية والفنية للربط الكهربائي فيما يلي:

١- يشكل خط الربط قدرة توليد إضافية للشبكات المرتبطة، وهو يسمح بالتالي بتقليل القدرة الاحتياطية[٢] المركبة في كل شبكة، ويؤدي من ثم إلى تخفيض الاستثمارات الرأسمالية اللازمة لتلبية الطلب دون المساس بدرجة الأمان والاعتمادية في الشبكات المرتبطة.

٢- التقليل من الاحتياطي الدوار[٣] مع الحفاظ على نفس مستوى أمان الشبكة، 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.

---

[2] القدرة الاحتياطية تمثل الفرق بين قدرة التوليد المتاحة والحمل الأقصى.

[٣] الاحتياطي الدوار في لحظة ما يمثل الفرق بين إجمالي قدرات وحدات التوليد المتزامنة على الشبكة والحمل الأقصى في تلك اللحظة.

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

٤- الاستفادة من اختلاف أنظمة التوليد عندما يغلب على إحدى الشبكات التوليد المائي، ويغلب على الشبكة الأخرى التوليد الحراري، إذ بالإمكان التقليل من تأثير السنوات التي بها شح في الموارد المائية في الدول التي تعتمد على الطاقة المائية.

٥- الاستفادة 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.

٦- يضاف إلى ما تقدم عدد 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.

وإجمالاً تتمثل المنافع الاقتصادية الرأسمالية لمشاريع الربط 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. وتتمثل المنافع الاقتصادية التشغيلية في الوفورات في تكاليف الوقود والتشغيل والصيانة لوحدات التوليد، نتيجة لتبادل الطاقة الكهربائية.

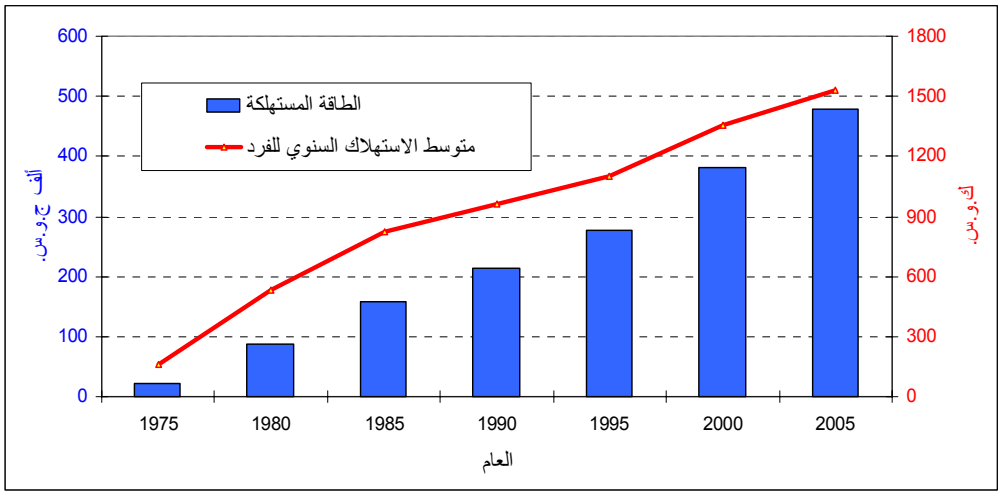
ونظراً لأن الشبكات المرتبطة أكثر اعتمادية من الشبكات غير المرتبطة، يمكن احتساب منفعة إضافية للربط تتمثل في انخفاض الخسائر المادية الناجمة جراء توقف التيار، وبصفة خاصة في قطاع الصناعة، والتي عادة ما يتم احتسابها على أساس دولار/ ك.و.س. من الطاقة غير المزودة.

٣- خلفية عامة عن منظومات الكهرباء في الدول العربية

بلغ إجمالي الطاقة المستهلكة في الدول العربية خلال عام ٢٠٠٥ حوالي ٤٨٠ ألف ج.و.س.[٤]، مقارنة بحوالي ٢٢ ألف ج.و.س. خلال عام ١٩٧٥. جاءت هذه الزيادة نتيجة للزيادة في عدد السكان خلال تلك الفترة من حوالي ١٤٠ مليون إلى حوالي٣١٣ مليون، ولارتفاع متوسط الاستهلاك السنوي للفرد من الكهرباء من حوالي١٦٠ ك.و.س.[٥] إلى حوالي ١٥٣٠ ك.و.س.، وذلك كما هو موضح في الشكل (١) والملحق رقم (١).

[4] ج.و.س. هو اختصار جيجاوات ساعة ويساوي مليون كيلووات ساعة.
[٥] ك.و.س. هو اختصار كيلووات ساعة.

الشكل (١): تطور استهلاك الكهرباء في الدول العربية خلال الفترة (١٩٧٥-٢٠٠٥)



بذلت الدول العربية خلال تلك الفترة جهوداً ضخمة لتطوير قدرات التوليد المركبة لمقابلة الزيادة في الطلب على الكهرباء. على سبيل المثال كان إجمالي قدرات التوليد عام ١٩٧٥ لا يتجاوز ١٣ ج.و.[٦]، وكان إجمالي الإنتاج السنوي حوالي ٤٠ ألف ج.و.س. وقد تمكنت الدول العربية، خلال الثلاثين عاماً الماضية، من زيادة إجمالي قدرات التوليد المركبة إلى حوالي ١٢٤ ج.و.، وقامت بإنتاج حوالي ٥٥٥ ألف ج.و.س. خلال عام ٢٠٠٥. وقد شمل أغلب التوسع في التوليد إضافة وحدات توليد حرارية[٧]، وذلك بهدف تقليل الاعتماد على التوليد الكهرومائي، وفي حالات كثيرة تم مراعاة أن يتم استخدام الغاز الطبيعي كوقود نظراً لأنه أقل تلويثاً للبيئة.

[٦] ج.و. اختصار جيجاوات وهو يساوي مليون كيلووات.

[٧] يتمثل التوليد الحراري في توليد الكهرباء من خلال تربينات يتم تشغيلها بواسطة الطاقة الحرارية المولدة عند حرق لوقود أوالغاز أو الفحم. ويتمثل التوليد الكهرومائي في التوليد الكهربائي باستخدام طاقة مساقط المياه نتيجة ارتفاع منسوب المياه في أعلى السد مقارنة بأسفله. ويتمثل التوليد الهوائي في التوليد باستخدام طاقة الرياح.

وبنهاية عام ٢٠٠٥ كان حوالي نصف إجمالي قدرات التوليد المركبة في الدول العربية موجوداً في دول مجلس التعاون الخليجي، وشكل إجمالي قدرات التوليد المركبة في مصر وسورية والأردن والعراق ولبنان حوالي ٣٢% من إجمالي القدرات المركبة، كما شكل إجمالي قدرات التوليد المركبة في ليبيا وتونس والجزائر والمغرب حوالي ١٦% من إجمالي تلك القدرات، وتوزعت باقي قدرات التوليد على باقي الدول العربية بنسب صغيرة متفاوتة.

ومن أجل تصريف الطاقة من وحدات التوليد التي تمت إضافتها، قامت الدول العربية بإنشاء خطوط نقل وتوزيع جديدة، وقامت أغلب الدول بإنشاء أو تحديث مراكز التحكم الوطنية لديها، وذلك بهدف السيطرة على منظومات التوليد والنقل.

وقطعت الدول العربية أيضاً شوطاً كبيراً في كهربة الريف، فعلى سبيل المثال تجاوزت نسبة القرى المزودة بالكهرباء في عدد كبير من الدول العربية ٩٠%، وإن بقيت هناك دول مثل السودان والمغرب واليمن وغيرها، والتي لم تتجاوز فيها نسبة كهربة الريف ٤٠%.

٤- ربط الشبكات العربية حتى بداية التسعينات

كما ذكر سابقاً، يعتبر الربط الكهربائي أحد الوسائل الهامة لتعظيم إستغلال المنظومات الكهربائية، كما أنه يعتبر أحد أشكال التعاون والتكامل العملية بين الدول العربية في مجال الكهرباء، فهو يسهم في الحد من التكاليف الرأسمالية لإنتاج الكهرباء لمقابلة مستوى الطلب في ساعات الذروة،

فضلا عما يؤديه من وفر في استخدام الطاقة الأولية. كما أن للربط فوائد كثيرة تختلف باختلاف أنواع الربط والغرض منه، وسياسات الدول المرتبطة بالنسبة لاعتمادها على الدول الأخرى في تلبية احتياجاتها من الطاقة الكهربائية. عادة ما يبدأ الربط بين البلدان 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 والإستراتيجية والسياسية، والتأكد من منافع الربط ومردوديته. ويوضح الملحق رقم (٢) أنواع الربط وأنواع التبادل المختلفة.

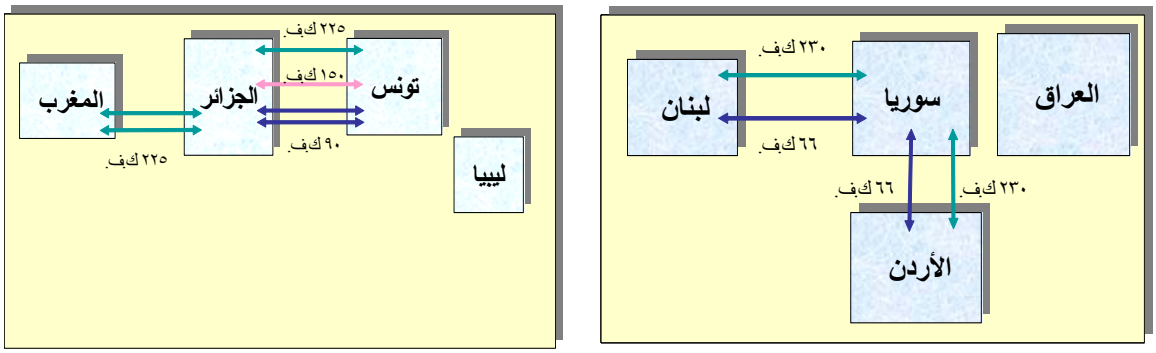
ويمكن تلخيص مشاريع الربط الكهربائي بين الدول العربية، التي أقيمت قبل عام ١٩٩٢، فيما يلي: (١) الربط السوري - الأردني - اللبناني، و(٢) الربط التونسي - الجزائري - المغربي.

تم الربط الكهربائي بين سورية ولبنان منذ عام ١٩٧٣ عن طريق خط هوائي على التوتر ٦٦ 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 ١٩٧٣ وحتى عام ١٩٧٦، ثم أصبحت تبيع الطاقة للبنان بدءاً من عام ١٩٧٧. وتم تنفيذ خط ربط آخر بين الشبكتين السورية واللبنانية على التوتر ٢٣٠ ك.ف. بين محطة طرطوس ومحطة البارد. وبالرغم من أن قدرة هذا الخط التصميمية هي حوالي ١٥٠

م.و.[٨] إلا أن قدرته الفعلية لا تزيد عن ٨٠ م.و. نتيجة لمحدودية سعات المحولات الموجودة في محطتي التحويل على الجانبين السوري واللبناني.

وتم الربط بين سورية والأردن عام ١٩٧٧ على التوترين ٢٣٠ ك.ف.، و٦٦ ك.ف. من خلال خطين هوائيين، وكان الربط مفتوحاً. تصل قدرة خط الربط على التوتر ٢٣٠ ك.ف. إلى حوالي ٨٠ م.و. وعلى التوتر ٦٦ ك.ف. إلى حوالي ٨ م.و.، وهي قدرات متواضعة للغاية بالنسبة للقدرة المركبة في كلا البلدين، وعليه كانت كمية الطاقة السنوية المتبادلة بين البلدين محدودة للغاية، الشكل (٢).

الشكل (٢): وضع الشبكات العربية في بداية التسعينات



المصدر: البيانات المتوافرة لدى الصندوق العربي للإنماء الاقتصادي والاجتماعي.

أما بالنسبة لدول المغرب العربي، فقد ارتبطت شبكتا الجزائر وتونس منذ الخمسينات من خلال خطي ربط مفتوحين بطول ٩٠ كم لكل منهما، وبإجمالي قدرة حوالي ١١٢ م.و.، وحتى عام ١٩٧٣ لم يتم استعمالها إلا نادراً. وبدءاً من عام ١٩٧٤ أخذت المبادلات بين البلدين صفة التكرار،

[٨] م.و. هو اختصار ميجاوات ويساوي ألف كيلووات.

وبالتالي تقرر أن يعمل هذان الخطان على التوازي وبصفة مستمرة ابتداءً من عام ١٩٧٩. وقد أضيف خطان آخران، أحدهما على التوتر ٢٢٠ ك.ف. والثاني على التوتر ١٥٠ ك.ف.، وبقدرة إجمالية تبلغ ١٨٠ م.و. ومنذ ذلك الحين والشبكتان تعملان على التوازي، إذ لا يتم فصلهما إلا في حالات الضرورة القصوى، الشكل (٢).

وبالمثل، ارتبطت الشبكتان الجزائرية والمغربية بخطى ربط على التوتر ٢٢٥ ك.ف. تم تشغيلهما في عامي ١٩٨٨ و١٩٩٢. تبلغ إمكانية التبادل بين الشبكتين المغربية والجزائرية حوالي ٢٠٠ م.و. في الأحوال العادية، يمكن رفعها إلى حوالي ٤٠٠ م.و. في حالات الطوارئ. وقد وقعت تونس والجزائر والمغرب اتفاقيات لتبادل الطاقة. تحدد تلك الاتفاقيات إجراءات التشغيل في الظروف العادية والطارئة، وتكلفة بيع الكهرباء.

ونتيجة لربط شبكات الكهرباء في تونس والجزائر والمغرب، على التوتر ٢٢٠ ك.ف.، تمكنت الدول الثلاث من تحقيق الفوائد التالية:

١- <u>تخفيض الاحتياطي الدوار</u>: لقد أدى الربط بين كل من تونس والجزائر والمغرب إلى تخفيض في كل من الاحتياطي الأولي والاحتياطي الثانوي في كل دولة. على سبيل المثال انخفض إجمالي الاحتياطي الأولي في الدول الثلاث من ١٥٠ م.و. إلى ١٠٠ م.و.، وبالمثل بالنسبة للاحتياطي الثانوي. وقد أدى هذا الانخفاض إلى وفر في التكاليف التشغيلية لوحدات التوليد.

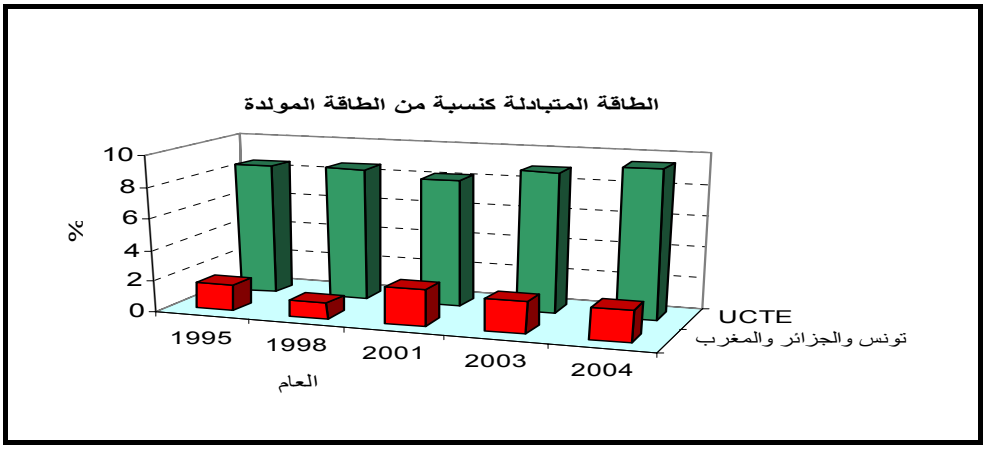
٢- برمجة المبادلات: بالنظر إلى اختلاف العطلات الأسبوعية وأوقات الذروة اليومية في كل من تونس والجزائر والمغرب، حيث هي السبت والأحد في تونس والمغرب والخميس والجمعة في الجزائر، فقد تمت الاستفادة من هذا الوضع لتوفير الوقود في فترات الذروة. وكذلك تمكنت الدول الثلاث من تخطيط المبادلات أثنائها.

٣- تنسيق برامج الصيانة: يتم بصفة منتظمة تنسيق برامج الصيانة لمحطات التوليد وخطوط النقل، وذلك للتوصل إلى الاستغلال الأمثل للاحتياطي في الشبكة المرتبطة. ولقد تمكنت الدول الثلاث من تخطيط المبادلات أثناء توقف المجموعات الرئيسية أو خطوط النقل الهامة.

ولكن، على الرغم من أنه مضى على تجربة ربط شبكات الكهرباء في تونس والجزائر والمغرب حوالي خمسين عاماً، إلا أن حجم التبادل بين الدول الثلاث ظل محدوداً مقارنة بحجم التبادل بين الدول الأوروبية التي تشكل مجموعة الـ UCTE[9]. على سبيل المثال لم يتعد إجمالي الطاقة المتبادلة بين الدول الثلاث ٢% من إجمالي الطاقة المولدة في تلك الدول مقارنة بحوالي ٩% بالنسبة للدول الأوروبية، وذلك كما هو موضح في الشكل (٣). وستناقش الورقة فيما بعد الأسباب التي تؤدي إلى محدودية حجم التبادل.

[9] UCTE هو اختصار Union for the Coordination of the Transmission of Electricity، ويضم الـ UCTE في عضويته ٢٤ دولة أوروبية تمتد من البرتغال غرباً حتى رومانياً شرقاً.

الشكل (٣): مقارنة بين الربط المغاربي والربط الأوروبي



٥- إختلاف منظومات الكهرباء في الدول العربية

تتسم منظومات الكهرباء في العالم العربي بعدة صفات، تجعلها مؤهلة للاستفادة من مشاريع الربط الكهربائي. على سبيل المثال اختلف توزيع قدرات التوليد بين الدول العربية من حيث أنه توليد حراري أو توليد كهرومائي أو توليد هوائي، وذلك كما هو موضح في الملحق رقم (٣)، فعلى سبيل المثال هناك حوالي ٢٧٤٠ م.و. قدرات توليد كهرومائية في مصر و١٥٢٨ م.و. قدرات توليد كهرومائية في سورية، تشكل ١٤% و٢٢% من إجمالي قدرات التوليد المركبة في هاتين الدولتين على التوالي، بينما لا يوجد أي توليد كهرومائي في دول مجلس التعاون الخليجي. وشكل التوليد الحراري من وحدات التوليد البخارية جزءاً كبيراً من قدرات التوليد الحراري في دول مثل الكويت ومصر والأردن (٨٤% و٥٨% و٥٥% على التوالي)، في حين اعتمدت ليبيا والجزائر على وحدات التوليد الغازية (٦٥% و٥٣%

على التوالي). أما بالنسبة للتوليد الهوائي فتوجد قدرات صغيرة مركبة في كل من مصر وتونس والأردن والمغرب.

وتتفاوت الدول العربية أيضاً من حيث استخدامها لأنواع الوقود، وذلك حسب توفره. فعلى سبيل المثال تعتمد البحرين والجزائر على الغاز الطبيعي بصفة أساسية كوقود، إذ ساهمت وحدات التوليد التي تحرق الغاز الطبيعي في توليد حوالي ١٠٠% و٩٩% على التوالي من إجمالي الطاقة الحرارية المولدة في البلدين. وتعتمد سورية وليبيا والسعودية على الغاز الطبيعي كوقود، ولكن بنسب أقل تبلغ حوالي ٥٠%. أما دول مثل السودان وموريتانيا وجيبوتي والأردن فتعتمد بصورة كبيرة على زيت الوقود المستورد. وعليه فإن تكلفة التوليد الحراري في مصر والجزائر مثلاً أقل بكثير من تكلفة التوليد الحراري في السودان وموريتانيا وجيبوتي.

وتمتد مجموعة الدول العربية بين خطي الطول ١٧ غربي جرينتش و٦٠ شرق جرينتش أي بفرق ٧٧ درجة، مما يعني اختلافاً في التوقيت يصل إلى حوالي ٤ ساعات فيما بين شرق الوطن العربي وغربه. كما أن هناك اختلافاً في درجات الحرارة بين الدول العربية نظراً لامتدادها بين خط الاستواء وخط العرض ٣٨. وتؤكد دراسة منحنيات الحمولة اليومية والأسبوعية والسنوية للدول العربية أن هناك فائدة لكافة البلدان العربية من ربط شبكاتها وتبادل الطاقة الكهربائية، وذلك بسبب اختلاف الفترات التي تقع فيها أحمال الذروة في الدول العربية من بلد لآخر، نتيجة لاختلاف الظروف الجغرافية والعطلة الأسبوعية، فعلى سبيل المثال يقع الحمل الأقصى في الدول الخليجية خلال فصل الصيف، 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 مجلس التعاون الخليجي، مقارنة بباقي الدول العربية التي تعطل فيها المصالح الحكومية يوم الجمعة فقط.

٦- آفاق الربط لشبكات الكهرباء في الدول العربية

أجرت الدول العربية، خلال السنوات الخمس عشرة الماضية، عدة دراسات لتحديد جدوى مشاريع الربط. تقدر إجمالي تكلفة الدراسات بحوالي ١٠ 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.

تمثلت أول 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 على التوتر ٥٠٠ ك.ف. في مصر وخط نقل على التوتر ٤٠٠ ك.ف. في الأردن، وربط الخطين من خلال كيبل بحري على التوتر ٤٠٠ ك.ف. عبر خليج العقبة. وقد تم في المراحل الأولية للدراسة بحث ستة بدائل للربط شملت التيار المستمر والتيار المتردد، والتوترات ٢٢٠ ك.ف. و٤٠٠ ك.ف. و٥٠٠

ك.ف. وتراوحت تقديرات التكاليف الاستثمارية لتلك البدائل ما بين ١٥٧ و٢٧١ مليون دولار.

وقد أظهرت الدراسات أن مشروع الربط الكهربائي سيؤدي إلى تقليص تكلفة الاستثمار في محطات التوليد من خلال إلغاء تركيب تربين غازي بقدرة ١٠٠ م.و. في مصر خلال الفترة (١٩٩٣ – ٢٠١٥)، وإلغاء تركيب وحدة توليد بقدرة ١٣٠ م.و. في الأردن خلال الفترة (١٩٩٦ – ٢٠٣٣)، وأن معدل العائد الاقتصادي الداخلي للمشروع يبلغ حوالي ٩,١% و١١,٢% في حالتي تبادل ١٣٠ م.و. و٢٠٠ م.و. على التوالي بين الدولتين. وأظهرت الدراسات كذلك أنه في حالة ربط الأردن بسورية فإن العائد الاقتصادي الداخلي للمشروع يرتفع إلى ١٣,٤% بافتراض تبادل ٤٠٠ م.و. بين الدول الثلاث.

وفي عام ١٩٨٨ قامت دول مجلس التعاون الخليجي بإجراء دراسة 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 ٣٠% من أقصى حمل في السنة المحددة لإكمال المشروع (عام ١٩٩٥). وقد تمت دراسة أربعة بدائل للربط ، صممت جميعها لإتاحة الدرجة المطلوبة من الاعتمادية (Reliability) المحددة في الدراسة. وتم اختيار بديل ترتبط فيه شبكات الكهرباء في كل من الكويت والبحرين وقطر والإمارات وعمان على التيار المتردد ٥٠ هرتز، ويتم ربطها بالشبكة السعودية من خلال أجهزة تحويل للتردد يتم تركيبها في المملكة.

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 ٥,١ ج.و.

وتعتبر دراسة الجدوى التي أجريت خلال الفترة ١٩٨٦ - ١٩٩٠ 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. ويتضمن الملحق رقم (٤) المنافع التي تم حسابها نتيجة للربط الكهربائي لدول المشرق العربي.

وبمقارنة المنافع المتوقعة بالتكاليف المقدرة لمشاريع الربط المختلفة، بينت الدراسة أن هناك جدوى لربط سورية ولبنان والأردن والعراق على التوتر ٤٠٠ ك.ف.، 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 لأن العائد الاقتصادي لهذين المشروعين ضئيل للغاية.

وعليه، قامت كل من مصر والأردن وسورية والعراق وتركيا بدراسة جدوى مشروع لربط شبكات الكهرباء بها. وتم في هذه الدراسة مقارنة سبعة بدائل للربط الكهربائي. 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 ٤٠٠ ك.ف. وبقدرة تبادل تبلغ ٣٠٠ م.و.، وربط العراق بتركيا بخطوط على نفس التوتر، ولكن بقدرة تبادل تبلغ ٤٠٠ م.و.، ويتم في المرحلة الثانية تقوية شبكة الربط لمضاعفة قدرة الخطوط.

تتمثل منافع هذا المشروع في تخفيض قدرات التوليد المطلوبة في الدول الخمس نتيجة للربط. وقد بينت الدراسة أن مصر سوف تتمكن من توفير قدرات توليد تبلغ حوالي٥٠٠ م.و.، وأن العراق وسورية وتركيا والأردن ولبنان سوف تتمكن من توفير قدرات توليد إضافية مجموعها حوالي ١٦٠٠ م.و. والجدير بالذكر أن هذه الوفورات لا تتضمن الوفورات التي تم تحقيقها نتيجة لربط الشبكة الأردنية بالشبكة المصرية.

أما بالنسبة للدول العربية في شمال أفريقيا التي تشمل مصر وليبيا وتونس والجزائر والمغرب، فقد قامت تلك الدول بإجراء عدة دراسات لربط شبكات الكهرباء فيها. قامت مصر وليبيا، على سبيل المثال، في بداية التسعينات بإجراء دراسة جدوى لربط شبكتي الكهرباء فيهما بخطوط نقل على التوتر ٢٢٠ 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.

أجريت الدراسات الفنية لعدد من البدائل المتاحة لتوتر خطوط الربط وقدراتها، وتم اختيار بديل خط الربط على التوتر ٢٢٠ ك.ف. في المرحلة الأولى، على أن يؤجل الربط على التوتر ٤٠٠ ك.ف. أو ٥٠٠ ك.ف. إلى ما بعد رفع توتر خطوط النقل الداخلية في ليبيا إلى ٤٠٠ ك.ف.

وبالنظر إلى أنه كان قد تم ربط شبكات الكهرباء في تونس والجزائر والمغرب، على التوترات ٩٠ ك.ف. و١٥٠ ك.ف. و٢٢٠ ك.ف. منذ بداية السبعينات، فإن مشاريع الربط الكهربائي بين ليبيا وتونس والجزائر والمغرب، خلال السنوات العشر الأخيرة، تمثلت في ربط ليبيا بتونس على التوتر ٢٢٠ ك.ف. وتدعيم خطوط الربط بين تونس والجزائر والمغرب.

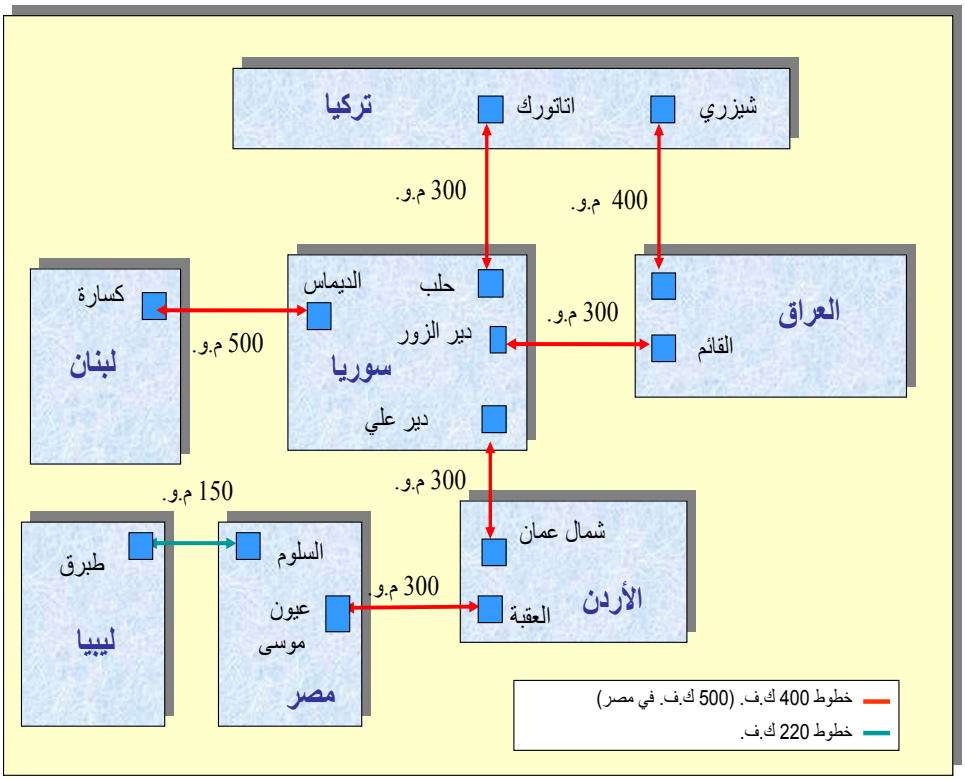
بدراسة منحنيات الأحمال للدول الأربع، لعامي ٢٠١٠ و٢٠٢٠، يلاحظ أنه في عام ٢٠١٠، يقل الحمل الأقصى المجمّع عن إجمالي الحمل الأقصى في الدول الأربع بمقدار حوالي ١٢٥٠ م.و.، وبمقدار حوالي ٢٧٥٠ م.و. عام ٢٠٢٠. وقد بينت الدراسات أن الربط الكهربائي لتلك الدول سوف يساهم في تخفيض القدرات الجديدة المركبة بحوالي ٢٥٠٠ م.و. عام ٢٠١٠ وبحوالي ٤٢٠٠ م.و. عام ٢٠٢٠.

ونستعرض فيما يلي موقف المشاريع التي دخلت في الخدمة وتلك الجاري تنفيذها:

٧-مشروع الربط السباعي (EIJLLST Project)

يتضمن هذا المشروع ربط شبكات الكهرباء في مصر والعراق والأردن ولبنان وليبيا وسورية وتركيا، وذلك كما هو موضح في الشكل (٤). وقد بدأ هذا المشروع كربط خماسي بين مصر والعراق والأردن وسورية وتركيا، ثم انضمت إليه لبنان عن طريق ربطها بسورية بخط نقل على التوتر ٥٠٠ ك.ف. بقدرة حوالي ٥٠٠ م.و.، ليصبح الربط سداسياً، ثم انضمت إليه ليبيا بعد ذلك ليصبح سباعياً. وعليه يعرف هذا المشروع الآن بالربط السباعي (EIJLLST) الذي يمثل الحرف الأول من اسم كل من الدول السبع.

الشكل (٤): المخطط العام لمشروع الربط السباعي



أولاً: أجزاء المشروع التي اكتملت والأجزاء الجاري تنفيذها

تم تشغيل خط الربط المصري – الليبي، على التوتر ٢٢٠ ك.ف.، عام ١٩٩٨. بقدرة حوالي ١٥٠ م.و.، وتم تشغيل خط الربط المصري – الأردني على التوتر ٤٠٠/٥٠٠ ك.ف. خلال العام ذاته بقدرة حوالي ٣٠٠ م.و.، وتم عام ٢٠٠١ ربط الأردن بسورية على التوتر ٤٠٠ ك.ف. بخط نقل بقدرة حوالي ٣٠٠ م.و.

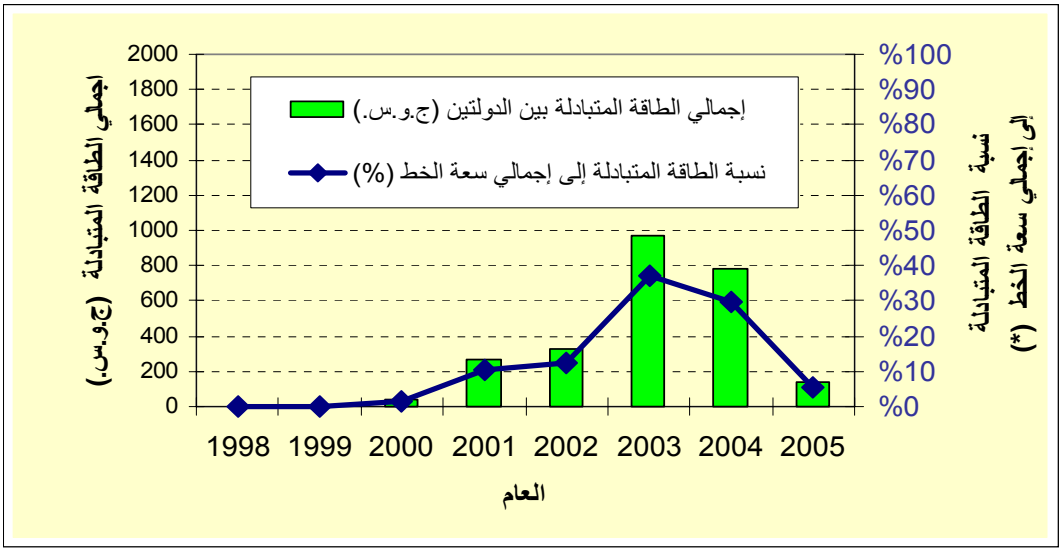
ويجرى حالياً ربط الشبكة السورية بالشبكتين اللبنانية والتركية على التوتر ٤٠٠ ك.ف.، ومن المتوقع أن يتم تشغيل مشروع الربط السوري – اللبناني خلال عام ٢٠٠٦، والربط السوري التركي خلال عام ٢٠٠٧. ومن المتوقع أن يتم الانتهاء من تنفيذ وتشغيل خطوط النقل الكهربائي على التوتر ٤٠٠ ك.ف. اللازمة لربط العراق بكل من سورية وتركيا في وقت لاحق.

ثانياً: تطورالطاقة المتبادلة بين الدول المرتبطة

قامت مصر بتزويد الأردن بطاقة كهربائية خلال كافة سنوات تشغيل المشروع، وقد ارتفعت كمية الطاقة المصدرة بصورة مضطردة خلال الفترة (١٩٩٩-٢٠٠٣) لتبلغ حوالي ٩٧٢ج.و.س. عام ٢٠٠٣، مثلت حوالي ٨% من إجمالي الطلب على الطاقة في الأردن في ذلك العام، وحوالي ٤٠% من سعة الخط . وقد شهد العامان ٢٠٠٤ و٢٠٠٥ انخفاضاً ملحوظاً في إجمالي الطاقة المصدرة من مصر إلى الأردن، إذ بلغ حوالي ٧٨٦ ج.و.س. عام

٢٠٠٤ وحوالي ٧١ ج.و.س. عام ٢٠٠٥، وذلك كما هو موضح في الشكل (٤) والملحق رقم (٥).

الشكل (٥): الربط الكهربائي بين مصر والأردن



(*) تم تقدير سعة الخط على أساس أن أقصى قدرة للتبادل، مع الحفاظ على إتزان الشبكة الأردنية، هي ٣٠٠ م.و.

المصدر: الشركة القابضة لكهرباء مصر وشركة الكهرباء الوطنية بالأردن.

وترجع أسباب الارتفاع والانخفاض في التبادل بين البلدين إلى الأمور التالية:

١- أن الأردن قام خلال الفترة (٢٠٠٢-٢٠٠٤) بتحويل وحدات التوليد الخمس الموجودة في العقبة لتعمل على الغاز الطبيعي المصري. وقد استلزم ذلك إخراج هذه الوحدات من الخدمة تباعاً لإجراء عملية التبديل. ونظراً لأن القدرة المركبة في محطة العقبة تمثل حوالي نصف قدرة التوليد المتاحة في الأردن، فقد استلزم ذلك قيام الشبكة الأردنية باستجرار كميات كبيرة من الطاقة من الشبكة المصرية خلال فترة توقف تلك الوحدات.

٢- أن الأردن قام عام ٢٠٠٥ باستيراد أغلب احتياجاته من الشبكة السورية بدلاً من الشبكة المصرية، وذلك لحصوله على أسعار أفضل للطاقة.

أما بالنسبة للربط السوري – الأردني، فيوضح الجدول (١) تطور حجم الطاقة المتبادلة بين البلدين خلال الفترة (٢٠٠١-٢٠٠٥).

الجدول (١): تطور حجم الطاقة المتبادلة بين سورية والأردن خلال الفترة (٢٠٠١ – ٢٠٠٥)

السنـــــة	طاقة مرسلة من سورية إلى الأردن	طاقة مرسلة من الأردن إلى سورية	صافي الطاقة المرسلة من سورية إلى الأردن
٢٠٠١	١١٥	١١٥	-
٢٠٠٢	١١١	١١١	-
٢٠٠٣	١١٧	١١٧	-
٢٠٠٤	١٢٥	١١٥	١٠
٢٠٠٥	٣٤٠	١٠١	٢٣٩

المصدر: المؤسسة العامة لتوليد ونقل الطاقة الكهربائية، سورية.

ويلاحظ من الجدول ما يلي:

١- أن حجم التبادل السنوي بين البلدين كان محدوداً حتى عام ٢٠٠٤، إذ لم يتجاوز ١٢٥ ج.و.س.، وأنه كان تبادلاً عينياً حيث كان صافي الطاقة المتبادلة بين البلدين صفراً في نهاية كل عام.

٢- أن الأردن قام باستيراد صافي طاقة من سورية خلال عام ٢٠٠٥ تقدر بحوالي ٢٣٩ ج.و.س. لتلبية احتياجاته. تأتي هذه الزيادة بعد قيام الدولتين، في منتصف عام ٢٠٠٤، بتوقيع اتفاقية لتبادل الطاقة بينهما، وقد أتت هذه الزيادة على حساب الطاقة المستوردة من الشبكة المصرية، كما ذكر سابقاً.

وبالمثل، يوضح الجدول (٢) تطور حجم التبادل بين مصر وليبيا خلال الفترة (١٩٩٨-٢٠٠٥). ومنه يلاحظ أن كمية الطاقة المتبادلة بين البلدين صغيرة نسبياً، وذلك لضعف قدرة خط الربط بين البلدين. ويوضح الجدول أيضاً أن نسبة الطاقة المباعة إلى إجمالي الطاقة المتبادلة بين البلدين لم تتعد ١٠% خلال كافة فترات تشغيل المشروع، ومثل التبادل العيني حوالي ٩٠% من حجم الطاقة المتبادلة .

الجدول (٢): تطور حجم الطاقة المتبادلة بين مصر وليبيا خلال الفترة (١٩٩٨-٢٠٠٥)

	طاقة مرسلة من مصر إلى ليبيا (ج.و.س.)	طاقة مرسلة من ليبيا إلى مصر (ج.و.س.)	إجمالي الطاقة المتبادلة بين الدولتين (ج.و.س.)	نسبة الطاقة المتبادلة إلى إجمالي سعة الخط (%)	إجمالي الطاقة المباعة (ج.و.س.)	نسبة الطاقة المباعة إلى إجمالي الطاقة المتبادلة (%)
١٩٩٨	٤٦	٥٩	١٠٥	١٠,٠	٠	٠
١٩٩٩	٩٦	١١٦	٢١٢	٢٠,٠	٠	٠
٢٠٠٠	١٠١	١٢٧	٢٢٨	٢١,٧	٠	٠
٢٠٠١	١١٢	١٢٨	٢٣٩	٢٢,٨	٠	٠
٢٠٠٢	١١٠	١٣	١٢٢	١١,٦	١	١,١
٢٠٠٣	٩٥	١٤٠	٢٣٥	٢٢,٤	١٧	٧,١
٢٠٠٤	٢١٣	٨٧	٢٩٩	٢٨,٥	٩	٢,٨
٢٠٠٥	١١٢	١٠٣	٢١٦	٢٩,٩	١٠	٤,٩

المصدر: الشركة القابضة لكهرباء مصر.

ثالثاً: الفوائد التي تحققت من مشروع الربط السباعي

بالرغم من صغر قيمة الطاقة المتبادلة بين مصر والأردن وسورية وليبيا، إلا أن المشروع كانت له عدة فوائد فنية واقتصادية، من أهمها:

١- تمكنت الدول الأربع، كل على حده، من تخفيض الاحتياطي الدوار الساخن إلى النصف، فعلى سبيل المثال، وكنتيجة للربط مع باقي الدول، تمكنت مصر من تخفيض احتياطيها الدوار الساخن من حوالي ٤٨٠ م.و. إلى حوالي ٢٢٠ م.و.، وتمكنت سورية والأردن وليبيا من تخفيض الاحتياطي الدوار الساخن بنفس النسبة تقريباً، مما أدى إلى وفر كبير في تكاليف التشغيل والصيانة.

٢- ساهمت شبكات الكهرباء في الدول الأربع في تخفيض حجم التأثيرات على شبكات الكهرباء في إحدى الدول، نتيجة لخروج وحدة (أو وحدات) توليد في تلك الدولة، وذلك بالمساهمة في تغطية العجز في التوليد بواسطة الدول الأخرى المرتبطة. ويتضمن الملحق رقم (٦) بياناً ببعض الحالات التي ساهم فيها مشروع الربط السباعي في تقليل حدة التأثيرات على شبكات الدول المرتبطة. فعلى سبيل المثال عند خروج وحدة توليد من الشبكة المصرية بحمل ٤٦٠ م.و.، ساهمت الشبكة الليبية بحوالي ١٠٠ م.و. والشبكة الأردنية بحوالي ١٨٠ م.و.، والشبكة المصرية بحدود ١٨٠ م.و. بواسطة الاحتياطي الدوار، أي أن الشبكتين الأردنية والليبية غطتا حوالي ٦٠% من العجز الآني في الشبكة المصرية.

٣- تمكنت الأردن من إخراج وحدات توليد محطة توليد العقبة من الخدمة، لتحويلها من حرق زيت الوقود إلى حرق الغاز الطبيعي، دون الحاجة إلى إجراء فصل للأحمال في الأردن، وذلك بالاستعانة بالقدرة والطاقة المستوردة من الشبكة المصرية لتعويض النقص في القدرة والطاقة المنتجة من وحدات التوليد الموجودة في محطة العقبة.

٤- تحسنت اعتمادية الشبكات المرتبطة بدرجة ملحوظة. على سبيل المثال انخفضت احتمالية فقد الأحمال في الأردن من حوالي ١٩ ساعة/ سنة قبل الربط إلى حوالي٧ ساعات/ سنة بعد الربط ، وبنسب أقل في باقي الدول المرتبطة.

٥- تم تحسين مستوى التردد في الشبكة الليبية، بعد ربطها مع الشبكة المصرية، إذ انخفضت الانحرافات في التردد بصورة كبيرة بعد الربط.

٦- استفادت مصر والأردن وسورية من عملية بيع وشراء الطاقة إذ حصلت كل من مصر وسورية على موارد إضافية نتيجة لبيع الكهرباء، وتمكنت الأردن من شراء طاقة رخيصة من مصر وسورية.

٧- قامت مصر بتوفير تكلفة إنشاء وحدة توليد غازية بقدرة ١٠٠ م.و. وقامت الأردن بتوفير تكلفة إنشاء وحدة توليد بقدرة ١٣٠ م.و. لتلبية أحمال الذروة.

٨- استفادت الأردن مادياً من جراء تبادل الطاقة بين الشبكتين المصرية والسورية، وذلك نظير تحصيلها رسوم مرور للطاقة عبر أراضيها.

رابعاً: المعوقات التي تحد من الاستغلال الأمثل للمشروع

قبل الحديث عن المعوقات التي تحد من الاستغلال الأمثل لمشروع الربط السباعي، قد يكون من المفيد إلقاء الضوء على خصائص شبكات النقل الداخلية في مصر والأردن وسورية وليبيا.

تتوزع محطات التوليد في مصر بصورة جيدة بالقرب من مراكز الأحمال، وتغطي الجمهورية شبكة نقل على التوترين ٥٠٠ ك.ف. و٢٢٠ ك.ف. وبصفة عامة تستطيع الشبكة المصرية تزويد الشبكتين الأردنية والسورية باحتياجاتهما من الطاقة، في حدود قدرة خط الربط المصري – الأردني، بدون أي تحميل إضافي على الشبكة الداخلية المصرية، وبالمثل بالنسبة لاحتياجات الشبكة الليبية.

وفي الأردن، فإن حوالي نصف قدرات التوليد المتاحة تقع في جنوب البلاد (محطة توليد العقبة) بينما تتركز أغلب الأحمال في وسط البلاد حيث توجد العاصمة. وعليه يتم نقل كميات كبيرة من القدرة من جنوب البلاد إلى وسطها على نفس الخطوط على التوتر٤٠٠ ك.ف. التي تنقل الطاقة الكهربائية من مصر إلى الأردن.

أما في سورية، فيلاحظ أن وحدات التوليد في أنحاء البلاد تتوزع بطريقة غير متناسقة مع الأحمال، إذ يقع جزء كبير من وحدات التوليد في المنطقة الوسطى من البلاد بينما تتركز الأحمال في المنطقة الجنوبية. وعليه فهناك عجز كبير في التوليد في المنطقة الجنوبية، يقدر بحوالي ١,٦ ج.و. تتم

تغطيته عن طريق نقل كميات كبيرة من القدرة، بصفة مستمرة، من المنطقة الوسطى إلى المنطقة الجنوبية.

وتعاني شبكة النقل في المنطقة الجنوبية في سورية، كذلك، من ارتفاع في التحميل، مما يؤدي إلى انخفاض في توتر الخطوط. وعليه تقوم الشبكة الأردنية بمساندة الشبكة السورية بتزويدها بقدرة غير فعالة (ردية)[١٠] مقدارها حوالي ٢٠٠ م.ف.أ.ر. لرفع مستوى التوتر إلى الحدود المسموح بها. تمثل هذه القدرة حوالي ٤٠% من قدرة خط الربط بين البلدين، مما يحد من قدرته على نقل قدرة فعالة.

ونظراً لأن أعلى توتر للنقل في الشبكة الليبية هو ٢٢٠ ك.ف.، ولبعد المسافة بين مركزي الثقل في الجماهيرية (طرابلس وبنغازي)، فإن قدرة المنطقة الغربية من البلاد على تصدير قدرة إلى المنطقة الشرقية، ومنها إلى مصر والأردن وسورية، محدودة بسبب انخفاض التوتر على شبكة النقل.

مما سبق، يتضح أن المعوقات التي تحد من أداء مشروع الربط السباعي تتمثل في:

١- أن الشبكة الأردنية، بوضعها الراهن، تمثل عنق زجاجة بالنسبة لنقل الكهرباء من الشبكة المصرية إلى الشبكة السورية، إذ يتم تحديد سقف للقدرة المنقولة عبر الشبكة الأردنية بحوالي ٣٠٠ م.و. منعاً لحدوث انهيار في الشبكة الأردنية في حالة انقطاع خط

(10) القدرة غير الفعالة (Reactive Power) هي قدرة تسري نتيجة لاختلاف مستوى التوتر بين نقطتين في الشبكة، وتتسبب فقط في
تحميل الخطوط.

الربط بين مصر والأردن، وينخفض هذا السقف إلى حوالي ٥٠ م.و. فقط في حالة تشغيل الوحدات الخمس الموجودة في محطة توليد العقبة.

٢- أن قدرة الشبكة السورية على تغذية الشبكتين الأردنية والمصرية محدودة بقدرة شبكة النقل الداخلية السورية، خاصة في المنطقة الجنوبية، إذ أن هناك عجز في التوليد في المنطقة الجنوبية، وانخفاض في توتر الخطوط.

٣- أن قدرة خط النقل الحالية بين مصر وليبيا صغيرة للغاية (لا تتجاوز ١٥٠ م.و.)، وبالتالي فإن قدرة أي من الشبكتين على نجدة الشبكة الأخرى محدودة.

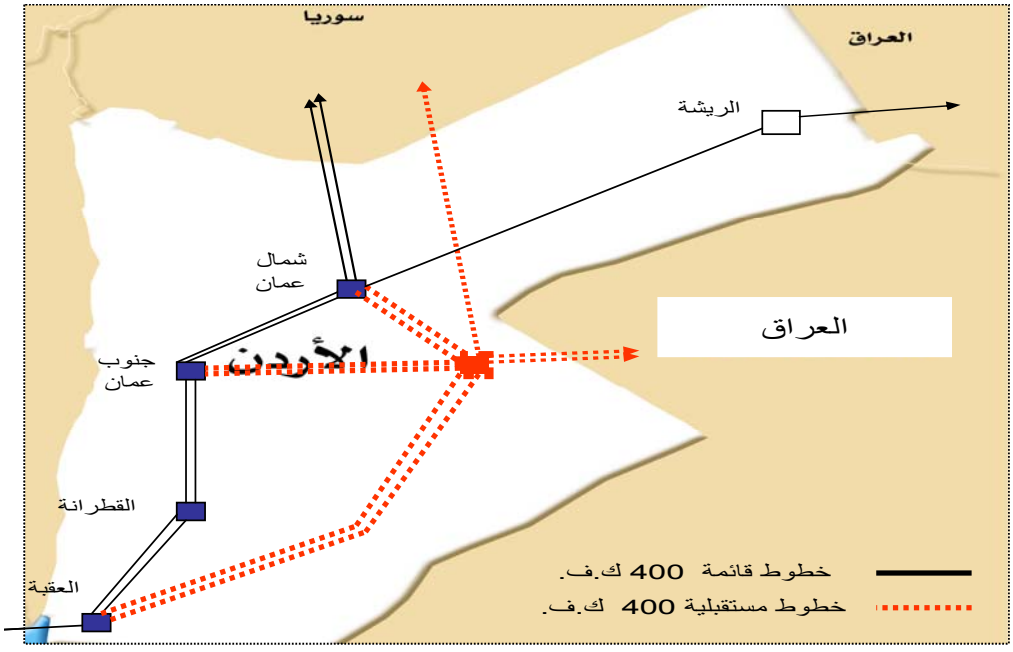
٤- أنه نتيجة لعدم وجود توازن بين قدرات التوليد المركبة في الدول الأربع (٢٠ ج.و. في مصر، ٧ ج.و. في سورية، ٤ ج.و. في ليبيا و٢ ج.و. في الأردن) فإن الشبكة المصرية يقع عليها العبء الأكبر في نجدة شبكات الكهرباء في الدول الثلاث الأخرى، بينما لا يمكن للشبكات الأخرى تقديم مساعدة ملموسة في حال خروج محطة توليد كبيرة في مصر من الخدمة. وعليه تبرز أهمية دخول مشروع الربط السوري – التركي في الخدمة، إذ أن القدرة المركبة في تركيا تبلغ حوالي٢٧ ج.و. ويمكنها أن تصبح مركز ثقل ثاني في المنظومة مما سوف يقلل العبء على الشبكة المصرية.

خامساً: الجهود المبذولة لتذليل تلك المعوقات

من أجل الاستفادة القصوى من المشروع،، وتذليل العقبات التي تحد من الاستغلال الأمثل له، تقوم الدول الأربع المرتبطة بما يلي:

١- تعتزم الحكومة الأردنية تدعيم قدرات شبكة نقل الكهرباء الداخلية على التوتر ٤٠٠ ك.ف. ليمكنها زيادة كمية القدرة الممكن نقلها عبر خطوطها، من خلال إنشاء خطي نقل إضافيين من العقبة إلى عمان، وخطي نقل إضافيين إلى العراق، وخط نقل إضافي إلى سورية، كلها على التوتر ٤٠٠ ك.ف.، وذلك كما هو موضح في الشكل (٦). ويقوم مكتب استشاري متخصص بدراسة جدوى المشروع وإعداد دفاتر الشروط الخاصة به، وذلك تمهيداً للبدء في تنفيذه مع بداية عام ٢٠٠٧.

الشكل (٦): التصور العام لشبكة النقل الأردنية عام ٢٠١٠



المصدر: شركة الكهرباء الوطنية، الأردن.

٢- تقوم سورية حالياً بإنشاء محطة توليد جديدة بقدرة حوالي ٧٥٠ م.و. تعمل بنظام الدورة المركبة[١١] في منطقة دير علي، بالقرب من الحدود السورية الأردنية. وتعتزم أيضاً إضافة وحدتي توليد بخاريتين في محطة توليد تشرين جنوب البلاد. وسيؤدي دخول هذين المشروعين في الخدمة عام ٢٠٠٨ إلى تحسين توزيع سريان الطاقة في الشبكة السورية، وسيؤديان بالتالي إلى زيادة قدرة الشبكة السورية على تزويد الشبكتين الأردنية والمصرية.

٣- تقوم ليبيا حالياً بإنشاء شبكة نقل داخلية على التوتر ٤٠٠ ك.ف. بطول حوالي ٤ آلاف كم تغطي كافة أجزاء الجماهيرية. ومن المتوقع أن ينتهي العمل في إنشاء كافة خطوط الشبكة بحلول عام ٢٠٠٨ . وسوف تؤدي هذه الشبكة إلى تقوية الربط بين الجزئين الغربي والشرقي من البلاد. وتقوم الجماهيرية أيضاً بإنشاء مركز تحكم وطني جديد، من المتوقع أن يدخل في الخدمة قبل نهاية عام ٢٠٠٦. وسيسهم هذا المركز في تنظيم التردد داخل الشبكة الليبية مما سوف يقلل من حجم الطاقة غير المخططة[١٢] التي يتم تبادلها عبر خط الربط المصري – الليبي.

٤- من المتوقع أن تقوم كل من مصر وليبيا بتدعيم الربط الحالي بينهما على التوتر ٢٢٠ ك.ف. بخط إضافي على التوتر ٥٠٠ ك.ف. في مصر و ٤٠٠ ك.ف. في ليبيا، لترتفع قدرة التبادل بين البلدين إلى

[١١] تتكون محطات الدورة المركبة من وحدات توليد غازية ووحدات توليد بخارية. وعادة ما تكون كفاءة محطات الدورة المركبة في حدود ٦٠%، مقارنة بالمحطات الغازية أو البخارية التي تبلغ كفاءتها حوالي ٣٥%.

[12] الطاقة غير المخططة (المتسربة) هي طاقة تسري من شبكة الكهرباء في دولة إلى شبكة الكهرباء في دولة أخرى، ولكنها خارج البرنامج الموضوع لتبادل الطاقة بين الدولتين.

حوالي ٦٠٠ م.و. يقدر العائد الاقتصادي للخط الإضافي بحوالي ١٥%، ومن المتوقع أن يبدأ تنفيذه مع بداية عام ٢٠١٠.

٨- مشروع الربط المغاربي

يشمل هذا المشروع ربط الشبكة الليبية بالشبكة التونسية على التوتر ٢٢٠ ك.ف.، وربط الشبكة التونسية بالشبكة الجزائرية على التوتر ٤٠٠ ك.ف.، وربط الشبكة الجزائرية بالشبكة المغربية على ذات التوتر.

أولاً: أجزاء المشروع التي اكتملت والأجزاء الجاري تنفيذها

تم إنجاز كافة الأعمال الخاصة بالربط الليبي – التونسي وانتهت كافة الدراسات التشغيلية الخاصة به. وقد قامت الدولتان بتشغيل الخط في نهاية عام ٢٠٠٥ إلا أنه ظهرت بعض المشاكل الفنية على المنظومة المرتبطة، وبالتالي تم فصل شبكتي الكهرباء عن بعضهما. وتقوم الدولتان، بالاشتراك مع اتحاد تنسيق شبكات الكهرباء الأوروبية، بدراسة المشكلة لإيجاد حل لها. أما بالنسبة للربط التونسي – الجزائري على التوتر ٤٠٠ ك.ف. فقد اكتملت أعماله، ويتوقع أن يدخل الخدمة قبل نهاية عام ٢٠٠٦.

وبالإضافة إلى الربط القائم بين الجزائر والمغرب، تقوم الدولتان أيضاً بربط شبكات الكهرباء فيهما، وذلك من خلال خط هوائي على التوتر ٤٠٠ ك.ف. يبدأ من مدينة تلمسان في الجزائر وينتهي في مدينة وجدة في المغرب. تبلغ قدرة الخط حوالي ٩٠٠ م.و. ويجرى العمل حالياً في تنفيذه، ويتوقع أن يدخل في الخدمة أيضاً قبل نهاية عام ٢٠٠٦.

ثانياً: تطور الطاقة المتبادلة بين الدول المرتبطة

يوضح الجدول (٣) تطور حجم التبادل التجاري بين تونس والجزائر والمغرب خلال الفترة ١٩٩٥ – ٢٠٠٤، إذ إنخفض إجمالي حجم التبادل بين تونس والجزائر بصورة شبه مضطردة من حوالي ٣١١ ج.و.س. عام ١٩٩٥ إلى حوالي ١٨٣ ج.و.س. عام ٢٠٠٤، وبالمثل انخفض إجمالي التبادل بين الجزائر والمغرب، خلال نفس الفترة، من٤٠٠ ج.و.س. إلى ٢٢٥ ج.و.س. ويلاحظ أيضاً حرص الدول الثلاث على أن يكون صافي التبادل التجاري بينهما حوالي صفراً في نهاية كل عام.

الجدول (٣): تطور حجم الطاقة المتبادلة بين تونس والجزائر والمغرب

السنـــــة	طاقة مرسلة من تونس إلى الجزائر	طاقة مرسلة من الجزائر إلى تونس	إجمالي الطاقة المتبادلة بين الدولتين
١٩٩٥	١٤٠	١٧١	٣١١
١٩٩٨	١٣٠	١٢٧	٢٥٧
٢٠٠١	٨٦	٩٦	١٨٢
٢٠٠٣	٩٠	٩٦	١٨٦
٢٠٠٤	٨٩	٩٤	١٨٣

السنـــــة	طاقة مرسلة من الجزائر إلى المغرب	طاقة مرسلة من المغرب إلى الجزائر	إجمالي الطاقة المتبادلة بين الدولتين
١٩٩٥	٣٢١	٧٩	٤٠٠
١٩٩٨	١٣٦	١٢٥	٢٦١
٢٠٠١	١٠٠	١٢٢	٢٢٢
٢٠٠٣	١١٦	١٣٣	٢٤٩
٢٠٠٤	١٠٣	١٢٢	٢٢٥

المصدر: التقارير السنوية للجنة المغاربية للكهرباء (COMELEC).

ويعزى الانخفاض في حجم التبادل التجاري بين البلدان الثلاث في الأعوام الأخيرة إلى العوامل التالية:

١- تأخر تنفيذ عدد من مشاريع التوليد في الدول الثلاث، مما أدى إلى انخفاض احتياطي التوليد لديهم.

٢- تفضيل المغرب استيراد الطاقة من أسبانيا، لأنها أقل تكلفة من جلبها من الجزائر. فعلى سبيل المثال قامت المغرب، عام ٢٠٠٤، باستجرار حوالي ١٥٠٠ ج.و.س. من أسبانيا مقارنة بحوالي ١٢٠ ج.و.س. من الجزائر.

٣- عدم حاجة الشبكة التونسية لجر طاقة من الشبكة الجزائرية، وذلك بعد دخول مشروع توليد رادس "٢"، الذي تم تنفيذه بنظام البناء والتملك والتشغيل ونقل الملكية (BOOT)، ودخل في الخدمة عام ٢٠٠١.

وعليه تمثل أغلب التبادل التجاري في قيام أحد الدول بجر طاقة من الدولتين الأخرتين في حالة حدوث مشاكل في شبكة إحدى تلك الدول، أو في حالة إجراء صيانة على وحدات التوليد التابعة لها.

ثالثاً: الفوائد التي تحققت من مشروع الربط المغاربي

نتيجة لربط شبكات الكهرباء في تونس والجزائر والمغرب بالشبكة الأسبانية، تمكنت كل من الجزائر وتونس من تحسين استقرار تردد شبكات الكهرباء فيهما، وذلك من خلال ربطهما بالمغرب، ومن ثم أسبانيا وباقي الشبكة الأوروبية. تقوم الشبكة الأوروبية بتنظيم التردد في الشبكتين الجزائرية والتونسية، عند حدوث أي مشاكل فيهما، وذلك من خلال تزويدهما

بطاقة آنية من منظومة كهربائية متكاملة تبلغ إجمالي قدرات التوليد الموجودة بها حوالي ٦٠٠ ج.و.، تفوق إجمالي قدرة التوليد في تونس والجزائر بحوالي ستين ضعفاً.

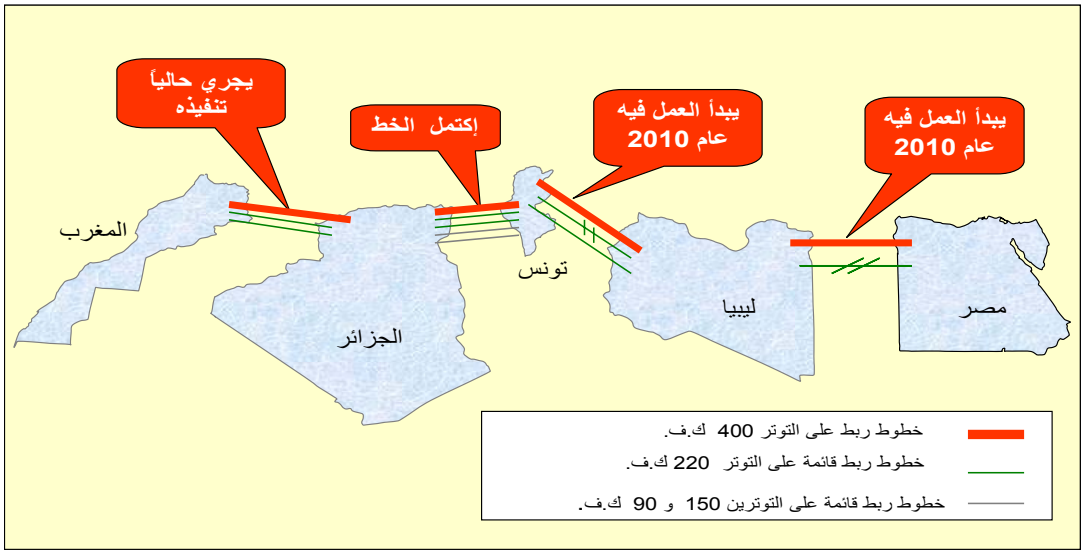
رابعاً: المعوقات التي تحد من الاستغلال الأمثل للمشروع

يعتبر ضعف الشبكات الداخلية في الدول الثلاث أهم معوق للاستخدام الأمثل للمشروع. فعلى سبيل المثال، فإن أقصى قدرة فعلية يمكن للجزائر استجرارها من تونس هي حوالي ١٠٠ م.و.، ومن المغرب حوالي ٢٤٠ م.و.، تمثلان حوالي نصف القدرات الفعلية لخطوط الربط ، وذلك لاعتبارات تتعلق بالشبكات الداخلية في الدول الثلاث.

خامساً: الجهود المبذولة لتذليل تلك المعوقات

تقوم كل من المغرب والجزائر بتقوية شبكات النقل الداخلية وخطوط الربط بينهما تمهيداً لتصدير طاقة كهربائية إلى أوروبا باستخدام الغاز الطبيعي الموجود في الجزائر. بالإضافة إلى ذلك تعتزم مصر وليبيا وتونس، بدءاً من عام ٢٠١٠، إنشاء خطوط للربط بينهم على التوتر ٤٠٠ ك.ف. (٥٠٠ ك.ف. في مصر).

الشكل (٧): المخطط العام لمشروع
الربط الكهربائي لدول المغرب العربي حتى عام ٢٠١٥



وعليه بحلول عام ٢٠١٥، من المتوقع أن يكون المخطط العام لمشروع الربط الكهربائي لدول المغرب العربي (بما فيها مصر) كما هو موضح في الشكل (٧)، وأن تبلغ القدرة المؤكدة للخطوط كما هو موضح في الجدول (٤).

الجدول (٤): القدرة المؤكدة لخطوط الربط لدول المغرب العربي ومصر
بحلول عام ٢٠١٥

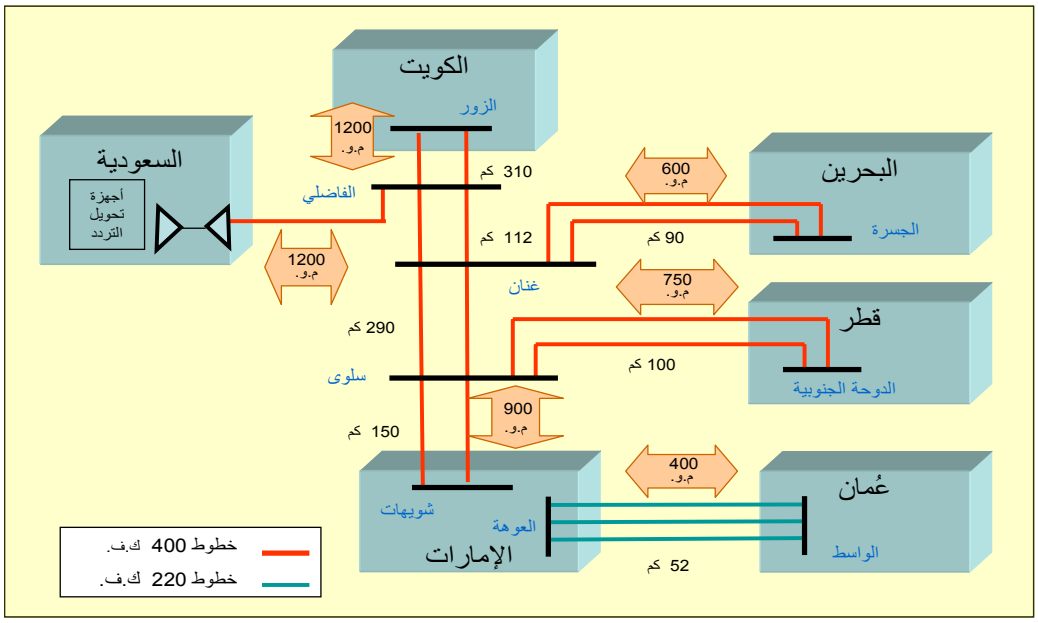
خط الربط	القدرة المؤكدة (م.و.)	
	الوضع الحالي	بحلول عام ٢٠١٥ (*)
مصر – ليبيا	١٥٠	٦٠٠
ليبيا – تونس	٢٠٠	٦٠٠
تونس – الجزائر	١٠٠	٤٥٠
الجزائر – المغرب	٢٤٠	٩٠٠

* ستتم زيادة القدرة المؤكدة عن طريق زيادة عدد الخطوط وتطبيق خطط دفاعية (Implementation of Defence Plans)

٩- مشروع الربط الكهربائي لدول مجلس التعاون الخليجي

يوضح الشكل (٨) المخطط العام لشبكة الربط لدول مجلس التعاون الخليجي. ومن المتوقع أن يتم تنفيذ المشروع على ثلاث مراحل، بحيث يتم في المرحلة الأولى ربط محطة الزور في الكويت بمحطات الفاضلي وغونان وسلوى في المملكة العربية السعودية، وبمحطة الجسرة في البحرين، ومحطة الدوحة الجنوبية في قطر، كل ذلك على التوتر ٤٠٠ ك.ف. تشكل هذه الخطوط الجزء الشمالي من الربط. أما في المرحلة الثانية، فيتم ربط شبكات الإمارات وعمان، التي تشكل الجزء الجنوبي. وفي المرحلة الثالثة، يتم ربط الجزء الشمالي بالجزء الجنوبي.

الشكل (٨): المخطط العام
لشبكة الربط لدول مجلس التعاون الخليجي



وقد وافق قادة دول مجلس التعاون الخليجي على البدء بالإجراءات التنفيذية للمشروع، وتم تكوين هيئة للإشراف على تنفيذه وتشغيله (هيئة الربط الكهربائي لدول مجلس التعاون لدول الخليج العربية). وقامت الهيئة مؤخراً بتوقيع كافة العقود الخاصة بالمشروع. وعليه فمن المتوقع أن يدخل به بأكمله في الخدمة في عام ٢٠٠٨.

١٠- تكاليف ومنافع مشاريع الربط الكهربائي

بلغت التكلفة الإجمالية لمشاريع الربط الكهربائي التي أنجزت خلال الأعوام العشرة الأخيرة حوالي مليار دولار، منها حوالي ٨٦ مليون دولار لربط شبكة الكهرباء في اليمن، وحوالي ٥٥٦ مليون دولار لمشروع الربط السباعي وحوالي ١٥٢ مليون دولار لمشروع ربط دول المغرب العربي، الملحق رقم (٦).

وقد ساهم الصندوق العربي بحوالي ٦٦٦ مليون دولار أمريكي لتمويل تلك المشاريع، أي ما يعادل حوالي ٦٧% من إجمالي تكاليفها،وساهمت الدول العربية بباقي التكاليف. وبالإضافة إلى ذلك، ساهم الصندوق العربي بمبلغ حوالي ٦٨ مليون دولار لتقوية شبكات النقل الداخلية في كل من سورية والمغرب واليمن، وذلك كخطوة أولى نحو تنفيذ مشاريع ربط شبكات تلك الدول بشبكات الدول المجاورة. تمثلت مساهمات الصندوق في شكل قروض بشروط ميسرة للدول تبلغ مدد كل منها حوالي خمسة وعشرين عاماً بما فيها فترة الإمهال، وتم توزيع تكاليف المشاريع بين الدول

بحيث تتحمل كل دولة تكاليف جزء المشروع الواقع 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 ربط دول مجلس التعاون الخليجي، فإن تكلفته تقدر بحوالي ١,٤ مليار دولار أمريكي. وقد اتفقت الدول الست على أن يتم تمويله بنسبة ٣٥% من المصادر الذاتية للدول و٦٥% 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 تنفيذ المشروع. فعلى سبيل المثال يتوقع أن تكون حصتا السعودية والكويت حوالي ٣٠% و٢٦%، على التوالي، من إجمالي تكلفة المشروع، لأنهما ستكونان أكثر دولتين مستفيدتين من المشروع.

تقدر المنافع الاقتصادية الرأسمالية الناجمة عن مشاريع الربط ، على مدى ١٥ عاماً، بحوالي ٣,٧ مليار دولار ناتجة عن تأجيل الحاجة إلى إضافة وحدات توليد بقدرة حوالي ٦,٥ ج.و. وتقدر المنافع الاقتصادية التشغيلية السنوية بحوالي ١٢٠ مليون دولار، وذلك كما هو موضح تفصيلاً في الملحقين رقمي (٨) و (٩).

١١- 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 شبكتي السعودية ومصر، والثالث لربط شبكتي السودان ومصر، والرابع لربط شبكتي جيبوتي واليمن. وفيما يلي نبذة موجزة عن أوضاع تلك الدراسات:

١١-١ الربط الكهربائي بين السعودية واليمن

تنبع أهمية هذا المشروع من وجود احتياطيات كبيرة من الغاز الطبيعي في اليمن يمكن استخدامها لتوليد الطاقة الكهربائية، بتكلفة منخفضة، ومن إمكانية تزويد المنطقة الجنوبية من المملكة العربية السعودية بهذه الطاقة. بالإضافة إلى ذلك، يقع الحمل الأقصى في السعودية خلال فصل الصيف بينما يقع الحمل الأقصى في اليمن خلال فصل الشتاء. وعليه فهناك إمكانية لتبادل الطاقة بين البلدين، على امتداد العام، لتحسين معامل الحمل فيهما. وقد قام مكتب استشاري متخصص بإعادة دراسة جدوى هذا المشروع، في ظل المتغيرات التي طرأت منذ دراسة الجدوى الأولى للمشروع التي أجريت عام ١٩٩٠. وتم التوصل إلى أن هناك جدوى اقتصاديه للربط ، إذ يقدر العائد الاقتصادي للمشروع بحوالي ٤٤%، بناءً فقط على احتساب المنافع الناتجة عن التبادل الاقتصادي للقدرة والطاقة بين البلدين. ويرتفع هذا العائد في حالة احتساب المنافع الناجمة عن التخطيط المشترك لشبكتي الكهرباء في البلدين أو عن زيادة اعتمادية الشبكتين.

وأوضحت الدراسة أيضاً أن التكلفة التقديرية للمشروع هي حوالي ٢٢٥ مليون دولار لإنشاء خط ربط على التوتر ٤٠٠ ك.ف. وبطول حوالي ٣٠٠ كم، بالإضافة إلى أجهزة تحويل التردد من ٦٠ هرتز السعودية إلى ٥٠ هرتز في اليمن، وبالعكس.

ومن المتوقع أن ينتهي الاستشاري من إعداد الدراسة خلال صيف عام ٢٠٠٦، وستقوم الدولتان بعد ذلك بتحديد الخطوات التالية لتنفيذ المشروع الذي يمكنه تحقيق فوائد اقتصادية بدءاً من عام ٢٠٠٩.

٢-١١ الربط الكهربائي بين مصر والسعودية

يهدف المشروع الثاني إلى ربط الشبكة المصرية بالشبكة السعودية، 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 التي أجريت عام ١٩٩٠ قد بينت عدم جدوى هذا المشروع أيضاً، إلا أن ارتفاع الطلب على الكهرباء في شبه جزيرة سيناء وفي الجزء الشمال غربي من السعودية يستوجب إعادة دراسة هذا المشروع. وعليه فقد قامت وزارة المياه والكهرباء في السعودية، مؤخراً، بإعداد الشروط المرجعية للدراسة، ويتوقع أن يتم التعاقد مع مكتب استشاري متخصص لإجراء الدراسة قبل نهاية عام ٢٠٠٦. وسوف يؤدي هذا المشروع، في حالة تنفيذه، إلى ربط دول المشرق العربي ودول المغرب العربي بدول مجلس التعاون الخليجي في مجموعة مترابطة تمثل حوالي ٩٨% من إجمالي قدرات التوليد في الدول العربية.

١١-٣ الربط الكهربائي بين مصر والسودان

تبلغ قدرة التوليد المركبة حالياً في السودان حوالي ١ ج.و. ثلثها من التوليد الكهرومائي. وتعاني الشبكة السودانية من نقص شديد في الإمداد بالكهرباء يترتب عليه انقطاع الكهرباء خلال أغلب ساعات اليوم. وتقوم الحكومة السودانية حالياً بإنشاء محطة توليد ضخمة بقدرة حوالي ١٢٥٠ م.و. كجزء من مشروع سد مروي، ومن المتوقع أن تدخل هذه المحطة بالكامل في الخدمة عام ٢٠٠٩، وستقوم هذه المحطة بتوليد حوالي ٥ آلاف ج.و.س. تمثل زيادة في طاقة التوليد في البلاد بحوالي ١٥٠%. وتعتزم الحكومة السودانية أيضاً تعلية أحد السدود القائمة (سد الروصيوص) مما سيترتب عليه إمكانية زيادة الطاقة المولدة منه سنوياً بحوالي ألف ج.و.س. وبالنظر إلى أن برنامج توسعة شبكات النقل في البلاد لن يتمكن من اللحاق ببرنامج التوسع في منظومة التوليد، فمن المتوقع أن يكون هناك فائض في التوليد في السودان خلال الفترة (٢٠٠٨ – ٢٠١٣)، يتبعه نقص في التوليد بعد عام ٢٠١٣، نتيجة لارتفاع الطلب على الكهرباء في الشبكة الموحدة.

تتمثل فائدة الربط الكهربائي بين مصر والسودان في قيام الشبكة السودانية، خلال الفترة (٢٠٠٨ – ٢٠١٣)، بتغذية الشبكة المصرية لاستغلال الفائض في التوليد في الشبكة السودانية، وقيام الشبكة المصرية، بعد ذلك، بتغذية الشبكة السودانية. وتقوم الدولتان بإجراء دراسة لتقدير العائد الاقتصادي لهذا المشروع. يتم تمويل الدراسة بواسطة معونة فنية مقدمة من البنك الأفريقي للتنمية ضمن مبادرة دول شرق حوض النيل التي تتضمن ربط شبكات الكهرباء في كل من مصر والسودان وأثيوبيا.

١١-٤ الربط الكهربائي بين اليمن وجيبوتي

بينت دراسة ما قبل الجدوى التي أجريت لهذا المشروع عدم جدواه إذا اقتصر الربط على الدولتين المذكورتين أعلاه. وبينت الدراسة أيضاً جدوى المشروع في حالة ربط الشبكة اليمنية بالشبكة الأثيوبية من خلال شبكة الكهرباء في جيبوتي. ومن المتوقع ألا يبدأ العمل في هذا المشروع قبل عام ٢٠١٢.

١٢- مشاريع لربط الدول العربية بالدول الأوروبية

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 ١٤٠٠ م.و.، يتم استهلاك ربعها محلياً، وتصدير الباقي إلى ايطاليا عبر كيبل بحري يستخدم التيار المستمر على التوتر ٣٠٠ ك.ف. ويمتد لمسافة ١٥٠كم يربط تونس بجزيرة صقليه. تقدر تكلفة هذا المشروع بحوالي ٢,٥ 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 ٢٠٠٠ م.و. وسيتم تخصيص حوالي ٨٠٠ 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 تلك الدول. وقد قامت هذه الدول بتكليف عدة مكاتب استشارية متخصصة لإعداد دراسة لتحديد أنسب مستويات للقدرة 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 بحلول عام ٢٠١٠ ستكون مصر والجزائر وليبيا مصدرة للقدرة وستكون تونس والمغرب مستوردة لها، وستظل لبنان مستوردة للقدرة الكهربائية من سورية، وسوف تستفيد كل من الأردن وسورية 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.

١٣- مشاريع لربط الدول العربية بالدول الأفريقية غير العربية

يمثل مشروع ربط جمهورية الكونغو الديمقراطية بمصر واحدا من المشاريع البالغة الطموح، إذ ينطوي على إنشاء محطة كهرومائية 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 ٣٥ ج.و. من هذا المصدر الطبيعي، كما أظهرت أن تكلفة توليد الكيلووات - ساعة ونقله عبر خط يمتد لمسافة ٤٠٠٠ كيلومتر ستكون أقل من ٢ سنت أمريكي عند نهاية الخط. وقد تم النظر في بديلين رئيسيين لتصميم شبكة النقل، يستخدم أحدهما التيار المتردد على التوتر٧٦٥ ك. ف.، ويستخدم الآخر التيار المستمر على التوتر ٨٠٠ ك. ف.

١٤- تطور الطلب المستقبلي والاحتياجات الاستثمارية

من المتوقع أن يستمر الطلب على الكهرباء في الارتفاع بمعدله العالي الحالي خلال الخمس عشرة سنة القادمة، إذ يقدر أن يصل إلى ٦٨٥ ألف ج.و.س. عام ٢٠١٠ وحوالي ٨٦٠ ألف ج.و.س. عام ٢٠١٥. وبالمثل، ينتظر أن يرتفع حمل الذروة إلى حوالي ١٣٧ ج.و. عام ٢٠١٠ وحوالي ١٧٥ ج.و. عام ٢٠١٥. ويتوقع أن يؤدي هذا الحمل، والحاجة إلى استبدال بعض المحطات القديمة، إلى إنشاء محطات توليد جديدة خلال الفترة (٢٠٠٥ – ٢٠٢٠) تصل قدراتها المركبة إلى حوالي ١٢٠ جيجاوات.

واستناداً إلى تقديرات وخطط التوسع في الدول العربية، تقدر الاستثمارات اللازمة للوفاء بهذه الاحتياجات بحوالي ١٠٠ مليار دولار أمريكي، هذا بالإضافة إلى نحو ٦٠ مليار دولار أخرى لتطوير شبكات النقل والتوزيع اللازمة لخدمة المستهلكين الجدد ولتلبية الزيادة في الطلب المحلي. وتعد هذه الاستثمارات طموحة بدرجة كبيرة، وتقتضي توافر التمويل العام والخاص بالإضافة إلى الاستثمار الأجنبي. وتبرز صعوبة توفير هذه الأموال للعديد من الدول العربية.

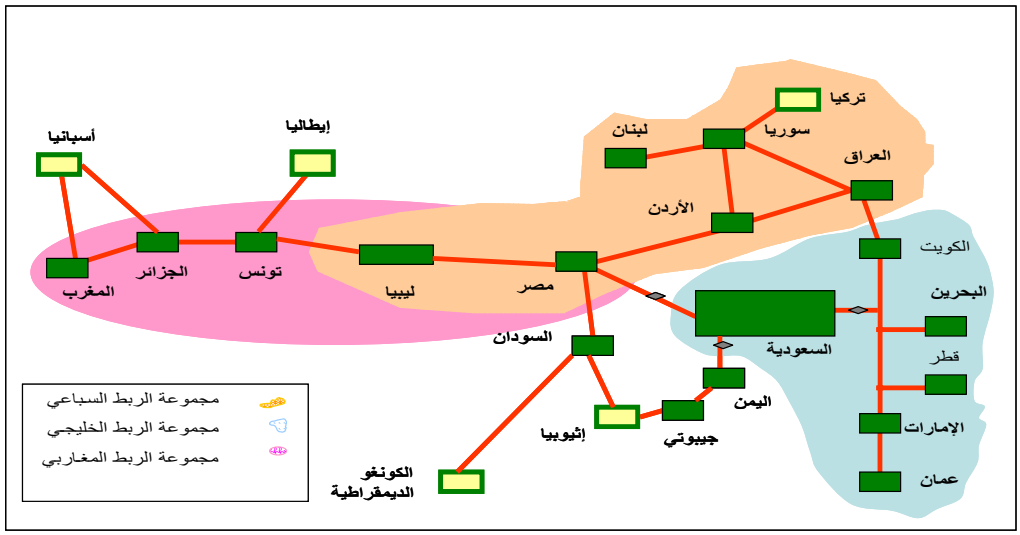
لقد تمكنت الدول العربية خلال الثلاثين عاماً الماضية من رفع كفاءة منظومات التوليد والنقل والتوزيع بصورة كبيرة، وحققت تقدماً كبيراً في ربط شبكات الكهرباء فيما بينها، إلا أن الاستفادة الكاملة من إمكانات شبكات الربط لم تتحقق بعد.

ومن أجل تقليل الاستثمارات المستقبلية المطلوبة خلال السنوات الخمس عشرة المقبلة، قد يكون من المفيد استعراض التصور العام لمنظومة الربط المتوقعة في عام ٢٠٢٠، واقتراح بعض التوصيات للاستغلال الأمثل لتلك المنظومة.

١٥- التصور العام للمنظومة بحلول عام ٢٠٢٠

بحلول عام ٢٠٢٠ 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 ٤٠٠ ك.ف. (٥٠٠ ك.ف. في مصر) قد اكتملت. ومن المتوقع أيضاً قبل عام ٢٠٢٠ أن يتم ربط السعودية بكل من مصر واليمن، وأن يتم ربط السودان بكل من مصر وأثيوبيا والكونغو الديمقراطية، وأن تكون الدول العربية مرتبطة بالشبكة الأوروبية من خلال ربطها بشبكات الكهرباء في كل من تركيا وإيطاليا وأسبانيا، الشكل (٩).

الشكل (٩): التصور المستقبلي لمنظومة الربط الكهربائي كما في عام ٢٠٢٠



١٥-١ بعض سمات شبكة الربط بحلول عام ٢٠٢٠

يتوقع أن تحدث التطورات التالية في منظومات الكهرباء في الدول العربية خلال الخمسة عشر عاماً المقبلة.

١- أن يبلغ إجمالي قدرات التوليد الموجودة على الشبكة العربية المرتبطة حوالي ٢٥٠ ج.و.، تمثل حوالي ثلث القدرات المركبة في شبكة الـ UCTE في ذلك الوقت، وذلك بافتراض أن معدلا النمو في الشبكتين العربية والأوروبية سوف يستمران بنفس الوتيرة التي تحققت خلال الأعوام العشرة الماضية.

٢-أن يكون متوسط تكلفة إنتاج الكهرباء من منظومات الكهرباء في الدول العربية منخفضاً مقارنة بالشبكة الأوروبية، وذلك نظراً لتوفر الغاز

الطبيعي في أغلب تلك الدول، ولتوسعها في إنشاء محطات التوليد التي تعمل بنظام الدورة المركبة والتي تستخدم الغاز الطبيعي كوقود.

٣-أن تنخفض الفوارق في تكلفة الإنتاج بين الدول العربية كنتيجة للتوسع في إقامة خطوط نقل الغاز الطبيعي، مثل مشروع غاز الشرق ومشروع الغاز الخليجي ومشروع الغاز المغاربي.

٤-أن يقع موسم الذروة، في أغلب الدول العربية، في فصل الصيف بدلاً من فصل الشتاء كما هو الحال حالياً في عدد منها، وذلك للتوسع في استخدام أجهزة التكييف.

٥-أن ترتفع سعات خطوط النقل بين الدول العربية بصورة كبيرة نتيجة لتنفيذ المشروعات الجاري دراستها، وبالتالي سوف يصبح من الممكن لأي دولة جر ٥٠٠ م.و. من دوله مجاورة أو غير مجاورة.

ويتوقع أن تتضمن الشبكة العربية المرتبطة، بحلول عام ٢٠٢٠، 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 الكهربائي لدول مجلس التعاون 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.

١٥-٢ تعظيم الاستفادة من مشاريع الربط الحالية والمستقبلية

ومن أجل أن تتمكن الدول العربية من تعظيم الاستفادة من مشاريع الربط الحالية والمستقبلية، قد يكون عليها ما يلي:

١-استكمال منظومة الآلياف الضوئية للشبكات الداخلية وعلى خطوط الربط ، وذلك لسهولة وسرعة نقل البيانات بين مراكز التحكم المختلفة في الدول العربية.

٢-الإسراع في تنفيذ مشروع مركز التحكم التنسيقي الذي يشمل تسع دول عربية وتركيا، وذلك لمراقبة الشبكة المرتبطة وتنشيط حركة التبادل التجاري بين تلك الدول.

٣-التركيز على إنشاء مشاريع لبيع الطاقة الكهربائية للدول الأوروبية. وعليه فمن المتوقع أن يرتفع تحميل مشاريع الكوابل البحرية (تونس - ايطاليا) و(الجزائر - أسبانيا) و(المغرب - أسبانيا) لتصدير الكهرباء لأوروبا، وأن يرتفع الحمل على خطوط الربط (مصر - ليبيا - تونس) و(الجزائر - المغرب) بالتبعية.

٤-تطبيق اقتصاديات السوق من حيث بيع وشراء الكهرباء والغاز بحيث يمكن للمستثمرين الدخول في مجال إنشاء محطات توليد جديدة وبيع إنتاجها للسوق العالمي عبر شبكات الربط.

١٦- العلاقة بين شبكات الغاز وشبكات الكهرباء

بالإضافة إلى مشاريع الربط الكهربائي القائمة والمستقبلية، هناك عدد من الشبكات لنقل الغاز الطبيعي بين الدول العربية، ومن الدول العربية إلى الدول الأوروبية، بعضها مكتمل والبعض الآخر في طور الإنشاء، نذكر منها:

أ- خط غاز الشرق: الذي يبدأ في مصر، ويستخدم لتزويد الأردن وسورية ولبنان وتركيا. وقد اكتمل الجزء الأول من المشروع، والذي يشمل مد أنبوب للغاز من مدينة العريش في مصر إلى مدينة العقبة في الأردن. ومن المتوقع أن ينتهي العمل في الجزء الثاني من المشروع، والذي يشمل مد أنبوب الغاز من مدينة العقبة حتى الحدود الأردنية - السورية خلال عام ٢٠٠٦.

ب- مشروع دولفين: والذي يبدأ من منطقة رأس لفان في قطر، ويستخدم لتزويد الإمارات بالغاز الطبيعي القطري. وقد تم توقيع العقود الخاصة بتنفيذ هذا المشروع، ويتوقع دخوله في الخدمة أيضاً خلال عام ٢٠٠٦.

ج-مشروع خط الغاز المغاربي: والذي يبدأ في منطقة حاسي رمل في الجزائر، ويستخدم لتزويد البرتغال وأسبانيا بالغاز الجزائري. دخل هذا الخط في الخدمة عام ١٩٩٦، وتجري حالياً مضاعفة سعته.

د- مشروع خط الغاز عبر المتوسط: والذي يبدأ أيضاً من منطقة حاسي رمل في الجزائر، ويستخدم لتزويد إيطاليا بالغاز الجزائري. دخل هذا الخط في الخدمة عام ١٩٩٥.

وبالإضافة إلى ذلك هناك دراسات تجرى لمد خط للغاز بين مصر وليبيا وخط آخر للغاز بين ليبيا وتونس.

وعلى الرغم من أن خطوط الغاز يمكن أن تكون منافساً لخطوط الربط الكهربائي، فإن هناك فرقين أساسيين بين الشبكتين، هما:

١-تستخدم شبكات الغاز والكهرباء للإمداد المستمر للطاقة، إلا أن شبكات الكهرباء يمكن أن تستخدم أيضاً للإسعاف اللحظي للشبكات، بينما لا يمكن تحقيق ذلك في شبكات نقل الغاز.

٢-أن هناك استخدامات أخرى لمصادر الطاقة، مثل النقل والتسخين، يتفوق فيها الغاز الطبيعي بصورة كبيرة على الكهرباء.

وبوجود هذين البديلين، إلى جانب بدائل أخرى كإسالة الغاز الطبيعي ثم تصديره، تبرز عدة تساؤلات: على سبيل المثال، بالنسبة للدول الغنية بالغاز، ما هو الحجم والسعر الأمثل لتصدير الكهرباء والغاز لتحقيق الاستفادة القصوى من مصادر الطاقة. وبالمثل، بالنسبة للدول الفقيرة في الغاز، ما هو الحجم الأمثل لاستيراد الكهرباء والغاز لتخفيض إجمالي نفقات الطاقة.

ومن أجل تحديد إستراتيجية شاملة للدول العربية لتحقيق الاستفادة القصوى من شبكات الكهرباء والغاز، فهناك حاجة لإجراء دراسة لتحديد أفضل البدائل لكل دولة، وللدول العربية مجتمعة. ويجرى حالياً إعداد الشروط المرجعية لهذه الدراسة تمهيداً للبدء في تنفيذها.

١٧- الخاتمـــة

شهدت السنوات الخمس عشرة الأخيرة طفرة كبيرة في تنفيذ مشاريع الربط الكهربائي بين الدول العربية، وذلك من ناحية عدد المشاريع أو قدرات التبادل بين المنظومات. 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، وإلى محدودية قدرة الخطوط في بعض الأحيان.

من المتوقع أن تشهد السنوات الخمس عشرة القادمة طفرة كبيرة في منظومة الربط ، من حيث عدد الدول المرتبطة وقدرات التبادل بين تلك الدول، وذلك كنتيجة لاكتمال عدد من المشاريع الجاري تنفيذها أو المخطط إنشائها. ومن المتوقع كذلك أن يسهم ربط الدول العربية مع الشبكة الأوروبية وشبكات الكهرباء في بعض الدول الأفريقية في خلق فرص جديدة لتصدير كميات كبيرة من الطاقة الكهربائية إلى أوروبا.

ومن أجل الاستغلال الأمثل للمنظومة، قدمت الورقة بعض التوصيات الفنية والاقتصادية التي يمكن للدول العربية تطبيقها.

قائمة الملاحق

الملحق رقم (١) : تطور منظومة الكهرباء في الدول العربية خلال الفترة (١٩٧٥ – ٢٠٠٥).

الملحق رقم (٢) : أنواع الربط المختلفة وأنواع التبادل المختلفة.

الملحق رقم (٣) : توزيع قدرات التوليد المركبة في الدول العربية حسب نوع التوليد كما هو في نهاية عام ٢٠٠٥،

الملحق رقم (٤) : المنافع التي تم حسابها نتيجة للربط الكهربائي لدول المشرق العربي.

الملحق رقم (٥) : تطور تبادل الطاقة بين مصر والأردن خلال الفترة (١٩٩٨ – ٢٠٠٥).

الملحق رقم (٦) : بعض الحالات التي ساهم فيها الربط الكهربائي في تخفيض حدة الانقطاعات الكهربائية في الدول الأربع.

الملحق رقم (٧) : تقديرات تكاليف مشاريع الربط الكهربائي.

الملحق رقم (٨) : تقديرات المنافع الاقتصادية الرأسمالية الناجمة عن مشاريع الربط الكهربائي.

الملحق رقم (٩) : تقديرات المنافع الاقتصادية التشغيلية الناجمة عن مشاريع الربط الكهربائي.

ملحق رقم (١): تطور منظومة الكهرباء في الدول العربية خلال الفترة (١٩٧٥ ــ ٢٠٠٥)

السنـــــوات	١٩٧٥	١٩٨٠	١٩٨٥	١٩٩٠	١٩٩٥	٢٠٠٠	٢٠٠١	٢٠٠٢	٢٠٠٣	٢٠٠٤	٢٠٠٥
قدرات التوليد المركبة (ج.و.)	١٣,١	٢٩,٢	٥٢,١	٧٣,٢	٨٣,٦	١٠٢,٠	١٠٥,٨	١١١,٢	١١٥,٧	١٢٠,٠	١٢٣,٦
الحمل الأقصى (ج.و.)	٨,٣	١٩,٣	٣٤,٣	٤٩,٤	٥٨,٩	٧٨,٩	٨٤,٩	٨٩,٢	٩٣,٤	٩٨,٢	١٠١,٩
الطاقة المولدة (ألف ج.و.س.)	٤٠,٤	١٠٢,٦	١٧٠,٧	٢٤٨,٧	٣٢٠,٨	٤٣٦,٦	٤٥٩,١	٤٨٩,٣	٥٠٩,٨	٥٣٣,١	٥٥٤,٨
الطاقة المستهلكة (ألف ج.و.س.)	٢٢,٣	٨٦,٧	١٥٦,٩	٢١٣,٠	٢٧٧,٨	٣٨٠,٢	٤٠٠,٤	٤٢٤,٠	٤٤١,٠	٤٦٠,٨	٤٧٩,٦
عدد السكان (مليون)	١٤١	١٦٣	١٩١	٢٢٢	٢٥٣	٢٨٠	٢٨٧	٢٩٣	٣٠٠	٣٠٦	٣١٣
متوسط استهلاك الفرد (ك.و.س./ السنة)	١٥٨	٥٣٢	٨٢١	٩٥٩	١٠٩٨	١٣٥٨	١٣٩٥	١٤٤٧	١٤٧٠	١٥٠٦	١٥٣٢

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

ملحق رقم (٢): 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:

١- **الربط المفتوح والربط المقفل**: يعاني الربط بقدرات منخفضة من مشاكل عدم الاستقرار العابر، 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 بلدان أوروبا، كما بدأ أيضا على هذا النحو بين تونس والجزائر، وكذلك بين سوريا ولبنان، وسوريا والأردن.

٢- **الربط المتزامن والربط غير المتزامن**: 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.

٣- **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 البلدين وفورات مالية من الربط، وعادة ما يتم توزيع تلك الوفورات بالتساوي بين الدولتين. ويمكن أن يتطور التبادل بين البلدين ليشمل تبادل 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.

ملحق رقم (٣): توزيع قدرات التوليد المركبة في الدول العربية حسب نوع التوليد كما هو في نهاية عام ٢٠٠٥

(م.و.)

الدولة	توليد كهرومائي	توليد حراري				توليد هوائي	إجمالي قدرة التوليد
		بخاري	غازي	دورة مركبة	ديزل		
الأردن	٢	١٠٩٨	٤٨١	٣٠٠	٩٧	١٢	١٩٨٩
الإمارات	٠	٤٩٨٣	٨٣٦٣	٠	٢٠٤	٠	١٣٥٥٠
البحرين	٠	١٠٠	١٠٥٩	٦٩٠	٠	٠	١٨٤٩
تونس	٦٣	١١٤٥	١١٧٢	٨٣٥	٠	٢٠	٣٢٣٤
الجزائر	٢٧٥	٢٧٤٠	٣٥٦٧	٠	١٧١	٠	٦٧٥٣
جيبوتي	٠	٠	٠	٠	١١٨	٠	١١٨
السعودية	٠	١٠٢٩٣	١٧٣٠٢	٢٤٤٥	٩٦٠	٠	٣١٠٠٠
السودان	٣٣٧	١٨٠	٣٢٤	٠	١٢٠	٠	٩٦١
سوريا	١٥٢٨	٣٥٤٧	١٢٥٠	٦٠٠	٠	٠	٦٩٢٥
الصومال	٠	٠	٠	٠	٦٠	٠	٦٠
العراق	٢٦٢٠	٣٣٣٠	١٥٥٠	٠	٥٠٠	٠	٨٠٠٠
عُمان	٠	١٤٠	٢٠٣٢	٠	٥٧٨	٠	٢٧٥٠
قطر	٠	٠	٢٨٩٠	٠	١٠	٠	٢٩٠٠
الكويت	٠	٩٠٥٤	١٧٠٩	٠	٠	٠	١٠٧٦٣
لبنان	٢٧٢	٩٩٥	١٥٠	٩٥٥	٠	٠	٢٣١٢
ليبيا	٠	١٨١٢	٣٣١٣	٠	٧٩	٠	٥١٢٥
مصر	٢٧٤٠	١١٥٣٦	٩٥٦	٤٣٥٤	٠	١٤٠	١٩٧٢٦
المغرب	١٤٩٨	٢٣٨٥	٦١٥	٠	٦٩	٥٤	٤٦٢٠
موريتانيا	٠	٠	٠	٠	١٧٨	٠	١٧٨
اليمن	٠	٤٣٥	٠	٠	٣٤٤	٠	٧٧٩
المجموع	**٩٣٣٥**	**٥٣٧٧٣**	**٤٦٧٣٣**	**١٠١٧٩**	**٣٤٨٨**	**٢٢٦**	**١٢٣٥٩٢**

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

ملحق رقم (٤): المنافع التي تم حسابها نتيجة للربط الكهربائي لدول المشرق العربي

(ج.و.)

مؤسسة الكهرباء	القدرات المطلوبة عام ١٩٩٥		القدرات المطلوبة عام ٢٠٠٥		القدرات المطلوبة عام ٢٠١٥	
	بـــدون المشـــروع	نتيجة لدخول المشروع في الخدمة	بـــدون المشـــروع	نتيجة لدخول المشروع في الخدمة	بـــدون المشـــروع	نتيجة لدخول المشروع في الخدمة
العراق	١٢,٢١٤	١٢,٢١٤	٣٠,٥٩٥	٣٠,٢٢٢	٤٥,٩٦	٤٥,٩٦
الأردن	١,١٣٧	١,١٣٧	١,٨٧٤	١,٦١٤	٢,٤٨٢	٢,١٩٢
لبنان	١,٨٦٨	١,٨٦٨	٢,٨٣٣	٢,٤٨٣	٣,٦٤٢	٣,٣٦٨
سوريا	٤,١	٤,١	٨,٠٩	٧,٣٩	١٣,٤٥	١٢,٤٥
السعودية (المنطقة الشرقية)	٤,١١٢	٤,١١٢	٥,٨٠٩	٥,٣٥٩	٧,٦٥	٧,٢
السعودية (المنطقة لوسطى)	٠	٠	٤,٠٨٩	٣,٧١٤	٦,١٥٥	٥,٦٨
السعودية (المنطقة لجنوبية)	٨,١٠٤	٨,١٠٤	١١,٢٧٥	١٠,٥٢٥	١٥,٨٢٥	١٤,٩٢٥
السعودية (المنطقة الغربية)	٧,٨٩٧	٠	١٣,٥١٣	١٢,٧٦٦	٢١,٣١٩	٢٠,١٧٢
مصر	١١,٦٩٣	٠	٢٠,٢٩٤	١٨,٩٩٤	٢٨,٦٠١	٢٧,٠٠١
اليمن	٥٠٠	٠	٩٢٤	٠	١,٦٦٢	١,٥٨٢
الكويت	٠	٠	١٠,٧٧٦	١٠,٧٧٦	١٦,٤٨٩	١٦,١٨٩

المصدر: دراسة جدوى ربط الشبكات الكهربائية لدول المشرق العربي، ١٩٩٢.

ملحق رقم (٥): تطور تبادل الطاقة بين مصر والأردن خلال الفترة (١٩٩٨ ــ ٢٠٠٥)

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
١٩٩٨	٠	٠	٠	٧,٦	٧,٨	-٠,٢
١٩٩٩	٠	٠	٠	٤٤,٨	٤٥,٦	-٠,٨
٢٠٠٠	٤٤,٥	٠	٤٤,٥	٣٤,٠	٣٢,٢	١,٨
٢٠٠١	٢٦٦,٨	٠	٢٦٦,٨	٨٦,٤	٨٥,٩	٠,٥
٢٠٠٢	٣٢١,٨	٠	٣٢١,٨	٧٣,٥	٧٣,٨	-٠,٣
٢٠٠٣	٩٧٢,٣	٠	٩٧٢,٣	٣٨,٢	٣٨,١	٠,١
٢٠٠٤	٧٨٦,٩	٠	٧٨٦,٩	٥٦,٤	٧٥,١	-١٨,٧
٢٠٠٥						

المصدر: الشركة القابضة لكهرباء مصر وشركة الكهرباء الوطنية بالأردن.

ملحق رقم (٦): بعض الحالات التي ساهم فيها الربط الكهربائي في تخفيض حدة الانقطاعات الكهربائية في الدول الأربع

م	الساعة	التاريخ	وصف الحادث	أقل تردد مسجل بالشبكة وقت الحادث	المنقول على خطوط الربط قبل الحادث		المنقول على خطوط الربط أثناء الحادث	
					ليبيا	الأردن	ليبيا	الأردن
1	0:29:00	2005/05/28	خروج الوحدة (١) بالكريمات بحمل ٤٦٠ م.و.	49.736	وارد (٣٠ م.و.)	صادر (٣٥ م.و.)	وارد (١٣٨ م.و.)	وارد (١٤٩ م.و.)
2	00:17	2005/06/12	خروج الوحدة (١) بعيون موسى بحمل ٢٨٠ م.و.	49.834	صادر (١١ م.و.)	صفر	وارد (٨ م.و.)	وارد (١١٦ م.و.)
3	0:55:00	2005/06/22	خروج الوحدة (١) بالكريمات بحمل ٥٦٠ م.و.	49.77	صادر (٧ م.و.)	وارد (٣ م.و.)	وارد (٥١ م.و.)	وارد (٢١٣ م.و.)
4	0:02:00	2005/07/05	خروج الوحدة (١) ببورسعيد الـ Bootبحمل ٣٤١ م.و.	49.83	صادر (٨ م.و.)	صادر (٨٧ م.و.)	وارد (٩٦ م.و.)	وارد (٣٠ م.و.)
5	0:44:00	2005/07/06	خروج الوحدة (٢) بالكريمات بحمل ٤٩٠ م.و.	49.804	صادر (٣٥ م.و.)	وارد (٧ م.و.)	وارد (١٣٥ م.و.)	وارد (١٠٧ م.و.)
6	0:14:00	2005/07/06	خروج البلوك الثالث بالسد العالي بحمل ٤٧٠ م.و.	49.83	صادر (٣٠ م.و.)	صادر (٤٥ م.و.)	وارد (١٠٠ م.و.)	وارد (١٤٠ م.و.)
7	0:56:00	2005/07/18	خروج الوحدة (١) بسيدي كرير الـBoot بحمل ٣٤١ م.و.	49.89	وارد (١٥ م.و.)	صادر (١٣٥ م.و.)	وارد (٨٠ م.و.)	وارد (٨ م.و.)
8	0:28:00	2005/07/22	خروج الوحدة (٦) بالغرب بحمل ٣٠٠ م.و.	49.93	صادر ١٩ م.و.)	صادر (٩٢ م.و.)	وارد (١٥ م.و.)	وارد (٤ م.و.)
9	15:47:00	2005/06/06	خروج وحدات بمحطة الحسين بالأردن بحمل ٣٣٠ م.و.	49.9	صفر	وارد (٤٩ م.و.)	صفر	صادر (١٠٠ م.و.)
10	15:36:00	2005/07/04	خروج وحدات بمحطة الرحاب بالأردن بحمل ١٠٠ م.و.	49.96	وارد (٥ م.و.)	صادر (٢٢ م.و.)	وارد (١٥ م.و.)	صادر (١١٣ م.و.)
11	20:10:00	2005/06/16	خروج وحدة بمحطة الزارة بسوريا بحمل ٢٢٠ م.و.	49.86	صادر (٢٠ م.و.)	صادر (٨٥ م.و.)	صفر	صادر (٣٢٥ م.و.)
12	9:42:00	2005/06/19	خروج وحدات بسوريا بحمل ٢٥٠ م.و.	49.9	صفر	صادر (١١٠ م.و.)	وارد (١٥ م.و.)	صادر (٢٨٥ م.و.)
13	16:25:00	2005/06/21	خروج وحدات بمحطة الناصرية بسوريا بحمل ٢٠٠ م.و.	49.89	وارد (١٠ م.و.)	صادر (٤٠ م.و.)	وارد (٢٦ م.و.)	صادر (١٥٠ م.و.)
14	17:03:00	2005/07/04	خروج وحدة بمحطة الجندر بسوريا بحمل ١٥٠ م.و.	49.93	وارد (٣ م.و.)	صفر	وارد (١٣ م.و.)	صادر(١٠٠ م.و.)
15	12:14	2005/07/21	فصل إحمال بسوريا بمقدار ٣٧٠ م.و.	50.221	مفصول	صادر (٢١٠ م.و.)	مفصول	وارد (١٠٣ م.و.)

المصدر: الشركة القابضة لكهرباء مصر.

ملحق رقم (٧): تقديرات تكاليف مشاريع الربط الكهربائي

المشـــــــــــروع	تكلفة المشروع (مليون دولار)	مساهمة الصندوق العربي (مليون دولار)	مساهمة الدول (مليون دولار)
ربط شبكتي الكهرباء في اليمن	٨٦	٦١	٢٥
ربط دول المشرق العربي			
الربط السباعي			
مصر – الأردن	٢٢٩	١٤٩	٨٠
الأردن – سوريا	١٤٤	١٤٤	٠
سوريا – لبنان	٣٣	٣٣	٠
سوريا – تركيا (*)	١٠١	٨٧	١٤
مصر - ليبيا	٤٩	٤٠	٩
المجموع	**٥٥٦**	**٤٥٣**	**١٠٣**
ربط دول المغرب العربي			
الربط الليبي – التونسي	٧٠	٦٧	٣
االربط المغربي – الأسباني (**)	٩٩	٨٥	١٤
المجموع	**١٦٩**	**١٥٢**	**١٧**
المجموع (****)	**٨١١**	**٦٦٦**	**١٤٥**

* جزء الأعمال الخاص بالشبكة السورية.
** جزء الأعمال الخاص بالشبكة المغربية.
*** جزء الأعمال الخاص بالشبكة الموريتانية.
**** بعد إضافة تكاليف إجراء المشاريع في أسبانيا وتركيا يكون الإجمالي حوالي مليار دولار.

المصدر: تقارير التقييم المعدة من قبل الصندوق العربي لهذه المشاريع.

ملحق رقم (٨): تقديرات المنافع الاقتصادية الرأسمالية الناجمة

عن مشاريع الربط الكهربائي

المشـــــــروع	الوفر في قدرات التوليد المطلوبة (م.و.)	الوفر في التكاليف الاستثمارية (مليون دولار)
الربط المصري – الأردني	٢٣٠	١٢٠
الربط الأردنـي – السوري	٢٦٠	١٧٠
الربط السـوري - اللبنانـي	١٥٠	٦٨
الربط السوري - التركي	٧٠	٣٥
الربط المصـري – الليبـي	٢٤٠	١٢٥
الربط الليبـــي – التونسي	١١٠	٦٧
الربط المغربي – الأسباني	٣٠٠	١٥٠
الربط الخليجي	٥١٠٠	٣٠٠٠
الإجمالي	**٦٤٦٠**	**٣٧٣٥**

المصدر: تقارير التقييم المعدة من قبل الصندوق العربي لهذه المشاريع.

ملحق رقم (٩): تقديرات المنافع الاقتصادية التشغيلية الناجمة عن مشاريع الربط الكهربائي

المشـــــــروع	الوفورات السنوية (مليون دولار)
الربط المصري – الأردني	٢,٠
الربط الأردنـي – السوري	٨,٠
الربط السـوري - اللبنانـي	٧,٥
الربط السوري - التركي	١,٨
الربط المصـري - الليبـي	١,٦
الربط الليبـــي – التونسي	٢,٥
الربط المغربي – الأسباني	٧٤,٨
الربط الخليجي	٢٢,٠

المصدر: بيانات من شركات الكهرباء في الدول العربية.