التنسيق والتكامل العربى فى مجال التحكم

فى شبكات القوى الكهربائية

د. أحمد القلاى *
م. على ادريس على **
م. حدود عبدالنبى حدود **

مقدمـــــة :

بدأت منظومات الطاقة الكهربائية فى الاقطار العربية كمحطات توليد الطاقة منفصلة تغذى المدن الرئيسية وتبعا للتطور والنمو الاقتصادى للاقطار العربية وزيادة الطلب الكبير على الطاقة ظهرت الحاجة الى زيادة سعة محطات توليد الطاقة ، وبالتالى نقل هذه الطاقة الى مراكز الاحمال التى قد تكون بعيدة عن مواقع المحطات وذلك للاعتبارات الفنية والاقتصادية والى انشاء شبكات القوى من الجهود المختلفة وربط الشبكات المختلفة مع بعضها .

فعلى سبيل المثال بالجماهيرية العظمى كانت المحطات قبل سنة 1969 م عبارة عن محطات صغيرة (ديزل ـ غازية) تغذى احمالا صغيرة ببعض المدن ثم بدأ التطور بأنشاء شبكات النقل جهد 220 ، 66 ك ف وكذلك المحطات البخارية والغازية لتلبى احتياجات التطور السريع فى الطلب على الطاقة .

وتكونت اربع (4) شبكات كهربائية هى :

- شبكة غرب الجماهيرية .
- شبكة شرق الجماهيرية .
- شبكة جنوب الجماهيرية .
- شبكة الكفرة والسرير .

وجارى العمل لربط هذه الشبكات مع بعضها لتكون موحدة فى كامل الجماهيرية . ومثيله هذا التطور فى أقطار الوطن العربى الاخرى ، وعلى الرغم من هذا التطور السريع والكبير لشبكات الكهرباء فى الوطن العربى فإن نصيب المواطن العربى من الكهرباء مازال أقل من نصف المعدل العالمى حيث كان متوسط نصيب الفرد من الكهرباء عام 1989 م حوالى 1200 كيلووات ساعة ، بينما متوسط نصيب الفرد فى العالم حوالى 2500 كيلووات ساعة خلال نفس العام .

ومازالت بعض المناطق فى الوطن العربى تتغذى من محطات منفصلة أو بدون كهرباء على الاطلاق ، ولعل ربط الشبكات الكهربائية للاقطار العربية المجاورة يعمل على الاسراع فى كهربة وتنمية وتطوير المناطق الحدودية للاقطار العربية .

الكثير من شبكات الكهرباء فى العالم اليوم مربوطة بشكل ثابت مع الشبكات المجاورة ، ويجرى تخطيط قدرة التوليد على اساس متكامل ونصف متكامل ، اذ بدأ الاهتمام منذ بداية الستينات فى استغلال اقتصاد الحجم فى التوليد وفؤائد التبادل الاقتصادى للطاقة ليحل محل التوليد مرتفع التكاليف ، لذا فإن ربط منظومات القدرة الكهربائية وسيلة فعالة لتحسين موثوقية واستقرار المنظومة ، وللتقليل من تكاليف التشغيل وللتوفير فى انشاء محطات جديدة ، حيث يسمح الربط لكل منظومة بأن تعمل على احتياطى أقل مما

* كلية الهندسة – جامعة قاريونس ** الشركة العامة للكهرباء

هو مطلوب عادة للتشغيل المنعزل ويعطى ربط منظومات القدرة الفرصة للاشتراك فى الاحتياطى الدوار للمنظومة الموحدة المتكاملة للمساعدة فى توفير القدرة عند الطوارىء كالخروج القصرى لوحدة توليد او زيادة فى الحمل غير عادية ، كما تعطى المنظومة الموحدة مرونة فى التشغيل والتنسيق فى برامج الصيانة المناسبة .

وللوصول الى الميزات والاهداف سالفة الذكر ، لابد من توفير تحكم ومراقبة مركزية لادارة الطاقة حتى نضمن الاشراف والتنسيق العام على المنظومة الموحدة والمتكاملة من حيث برامج التوليد وتبادل الطاقة .

يعتبر التنسيق والتكامل العربى فى مجال الطاقة الكهربائية عن طريق ربط الشبكات العربية خطوة استراتيجية ذات فوائد اقتصادية وحضارية لجميع الاقطار العربية ، أصبحت اليوم عملية تفرض نفسها ، ولابد من رصد الامكانات واعداد الدراسات وتقديم المقترحات والخطط والبرامج لتنفيذها خدمة لمصالح افراد الامة ومستقبلها .

الضرورات والمبررات الداعية لربط الشبكات الكهربائية :

رغم ان بعض الشبكات العربية مازالت فى مراحل التطور الا ان عملية الربط ستفرض نفسها فى المستقبل ، حيث تحقق الاهداف الآتية :

1) تغذية بعض المناطق البعيدة عن شبكات بعض الاقطار العربية عن طريق شبكات الاقطار المجاورة بطريقة اقتصادية .

2) مع نقص بعض الفنيين والمهندسين المتخصصين فى الاقطار العربية فأن بناء المحطات العملاقة سيحقق وفرا إقتصاديا ، حيث ستكون هذه المحطات ذات كفاءة عالية ولاتحتاج لعدد كبير من الفنيين لصيانتها .

3) لتلبية احمال مفاجئة وتحسبا لخروج قصرى لاحد المولدات فإن بعض المولدات فى النظام تشغل بأقل من قدرتها الاسمية بمقدار مايسمى الاحتياطى الدوار ، وبالتالى فإن ربط الشبكات العربية يحقق تخفيضا للتكاليف الاستثمارية المطلوبة لانشاء محطات احتياطية فى كل قطر عربى على حدة .

4) يحقق الربط احتياطياً ديناميكياً مما يمكن الاعتماد عليه فى حالة فصل بعض المحطات العاملة فى اى من الاقطار العربية .

5) من المعروف ان الطلب على القدرة الكهربائية فى النظام يتغير كثيرا من ساعة لاخرى خلال اليوم (24 ساعة) ومن يوم الى آخر خلال الاسبوع ومن فصل الى فصل خلال العام ، ونتيجة لاختلاف الوقت والتوقيت واختلاف انماط الحياة والنشاط الاقتصادى فى الاقطار العربية ، فإن ذروة منحنى الاحمال تختلف من قطر لآخر زمنا وقيمة ، عليه فإن الربط يحقق تخفيض تأثير ذورة الاحمال على الشبكات العربية .

6) الاتجاه الحديث لتطور المولدات الكهربائية هو صنع مولدات بقدرات كبيرة ، ولهذه ميزات فى استغلال نوعى افضل للمواد ومردود اكبر ونفقات تأسيس اقل للمحطة ككل ، أضف الى ذلك عامل الخدمة للمحطة اقل ، ولكن استخدام مثل هذه المولدات الكبيرة القدرة فى الشبكة يصطدم بحدود تفرضها متطلبات الاستقرار لنظام القدرة (لايجوز ان يتجاوز قدرة وحدة التوليد 10 ٪ من مجموع القدرات العاملة فعلا فى الشبكة) .

7) مصدر الطاقة الاولية (وقود احفورى ، وقود نووى ، طاقة مائية) يلعب دورا هاما فى تحديد موقع محطات التوليد وفى الوطن العربى يمكن عمل محطات نووية فى العراق او مصر ومحطات مائية على نهر النيل فى السودان .

8) تعمد شركات الكهرباء الى تشغيل محطات التوليد الحديثة الضخمة الاكثر مردودا (24) ساعة فى اليوم اذا كانت بعيدة عن مراكز الاحمال ولاتلجأ الى تشغيل محطات توليد محلية اذا كانت أقل كفاءة ، حيث تعمل عادة على تغذية حمولة الاساسى من المحطات الاكثر اقتصادية (مائية ، نووية ، بخارية) بينما حمولة الذروة تتغذى من المحطات الاقل مردودا (غازية) .

ان جميع النقاط التى ذكرت آنفاً تعتبر اسبابا موضوعية لاستراتيجية ربط الشبكات الكهربائية العربية مع بعضها البعض .

مشروعات الربط الموجودة حاليا بين الاقطار العربية :

رغم التطور السريع والكبير الذى طرأ على الشبكات الكهربائية فى بعض الاقطار العربية الا ان برامج الربط بينهم لاتزال فى مراحلها الاولى واقل من الطموحات بكثير ، وسنستعرض هنا مشروعات الربط بين الاقطار العربية :

1) المغرب ـ الجزائر :

يوجد خط ربط جهد 22 ك ف طوله 25 كم يربط بين وجدة فى المغرب بمغانيا فى الجزائر ، كما يوجد خط ربط على جهد 225 ك ف طوله 43 كم يربط بين وجدة فى المغرب بفزوات فى الجزائر .

2) الجزائر ـ تونس :

هناك ربط كهربائي بين القطرين جهد 90 ك ف وجهد 150 ك ف وجهد 225 ك ف .

3) تونس ـ الجماهيرية :

يوجد خط ربط بين القطرين على جهد 30ك .ف لتغذية المناطق الحدودية .

4) سوريا ـ الاردن ـ لبنان :

هناك ربط كهربائى بين الشبكة السورية والشبكة الاردنية على الجهد 230ك . ف والجهد 66 ك . ف ، وكذلك بين الشبكة السورية والشبكة اللبنانية على الجهد 230 ك . ف . والجهد 66 ك . ف كما هو مبين بالشكل (1)

5) الاردن ـ مصر :

العمل جار لربط مصر والاردن على جهد 500 ك . ف .

الامكانيات المستقبلية فى ربط الشبكات العربية :

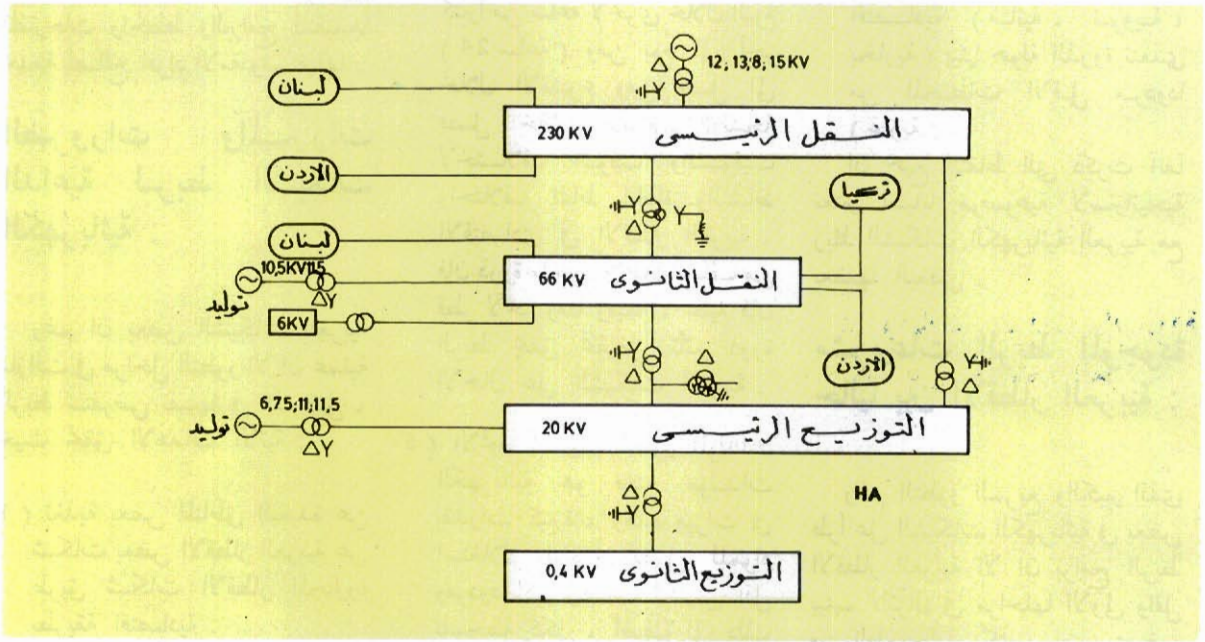
ان اية استراتيجية نبغى وضعها بغرض التنسيق والتكامل فى انظمة القدرة الكهربائية للاقطار العربية ، يجب ان تتضمن ربط الانظمة مع بعضها البعض ويمكن ان يبدأ هذا الربط على مستوى قطرين متجاورين او على مستوى مجموعة اقطار عربية متجاورة ثم يتلو ذلك كخطوة اخيرة ، الربط الشامل لجميع شبكات القوى الكهربائية فى الوطن العربى

1) غرب الجماهيرية ـ شرق تونس :

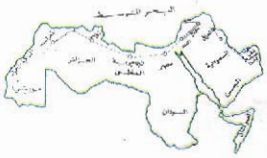
يمكن ربط غرب الجماهيرية بشرق تونس حيث ان مراكز الاحمال فى القطرين قريبة من بعضها .

2) شرق الجماهيرية ـ غرب مصر :

يمكن ربط الشبكة الشرقية



الشكل رقم (1) : مخطط يبين الربط الكهربائى بين نظام القدرة الكهربائية فى سوريا والاردن ولبنان .



للجماهيرية بغرب مصر وعلى جهد 220 ك . ف .

3) العربية السعودية ـ السودان :

توجد امكانية لربط العربية السعودية بالسودان بخط ربط على جهد مستمر يصل بينهما من تحت البحر الاحمر ويمكن ان يكون هذا الربط ذا جدوى اقتصادية اذا تم إنشاء سدود مائية كبيرة على النيل بالسودان كما انه الوسيلة لربط اقطار المشرق العربى باقطار المغرب العربى .

4) السودان ـ مصر :

يعتبر ربط السودان ومصر حاليا عملية غير اقتصادية حيث ان الاحمال فى شمال السودان تتمركز على بعد 900 كم من السد العالى فى مصر بالاضافة الى ان كمية الاحمال فى السودان غير كبيرة ولاتتطلب عملية الربط فى الوقت الحالى ، الا انه مع التطور فى شبكة السودان وزيادة الاستهلاك والاستغلال للطاقة وانشاء المحطات المائية على النيل يصبح الربط ذا جدوى اقتصادية واضحة .

5) الامارات ـ قطر ـ البحرين ـ شرق العربية السعودية :

يمكن ان يحقق الربط للاقطار الاربعة تخفيض سعة احتياطى التوليد المطلوبة فى المنطقة .

6) سوريا ـ العراق :

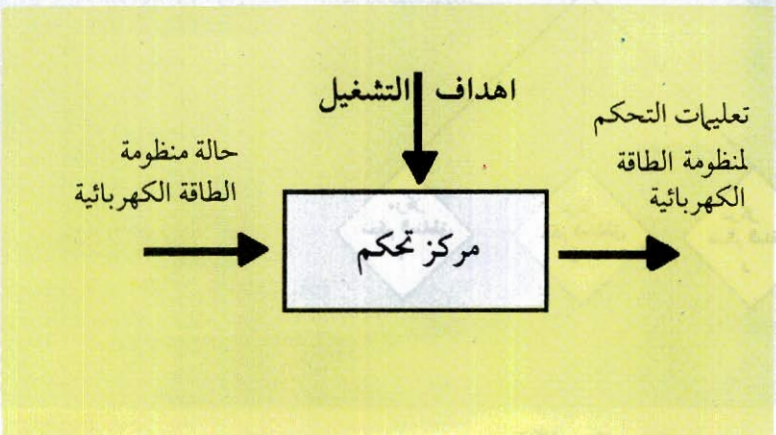
ان وجود خطوط الجهد العالى فى البلدين على الجهد 400 ك . ف يسهل عملية الربط رغم ان مركزى الاحمال فى القطرين متباعدان ولكن يمكن ان يساعد الربط فى حالات النقص الطارىء للتوليد فى اى من القطرين .

نظرة على انظمة القدرة الكهربائية فى الوطن العربى ومراكز الاحمال ، يمكن ربط اقطار المشرق العربى على جهد عال مقداره 400 ك . ف يأخذ شكل هلال (قوس) يمتد ليصل الخليج بالبحر المتوسط ويربط اقطار الخليج وشرق السعودية ـ العراق ـ سوريا ـ الاردن ـ لبنان ، اما اقطار الشمال الافريقى فيمكن ربطها بخط موازٍ للبحر المتوسط والبحر الاحمر او نهر النيل على جهد عال مقداره 220 ك . ف لربط المغرب العربى مع مصر والسودان ، ويمكن ربط اليمن مع جيبوتى او الصومال بعد تطور ونمو الشبكات الكهربائية فى هذه الاقطار بخط ربط يصل بينها من تحت البحر الاحمر (مضيق باب المندب)

وتجدر الاشارة هنا الى انه توجد بعض الاعتبارات التى لابد ان نحسب حسابها منذ الآن عند وضع خطط الربط بين الشبكات القطرية ، اذ ان غياب مراكز التحكم على المستوى القطرى او العربى قد يؤدى الى عكس الاهداف المرجوة من عمليات ربط الشبكات ، لذلك ننصح بعدم القيام بالربط الا بعد دراسات كافية لمراكز التحكم القطرية ومركز التحكم العربى واعتبار عملية بناء مركز التحكم العربى الذى يراقب ويتحكم بالتشغيل من الناحية الفنية والاقتصادية عملية ذات افضلية أولية .

الربط ومركز التحكم العربى :

مركز التحكم هو الهيئة او الهيكل التنظيمى لسياسة انتاج وادارة الطاقة فى المنظومات الكهربائية ، والشكل (2) يبين عمل مركز التحكم حيث يتم وضع استراتيجية واهداف التشغيل (تلبية الطلب ، الموثوقية ، الامن ، الاستقرار ، تقليل التكاليف . . . .) لتحقيقها عن طريق برامج معدة فى الحاسوب بمركز التحكم الذى يتلقى المعلومات



شكل رقم (2) مخطط يبين عمل مركز التحكم .

والبيانات والقياسات (حالة المنظومة) عن الشبكة بصفة دورية ومستمرة عن طريق قنوات ومحطات الاتصال المختلفة التى تربط مركز التحكم بمحطات التوليد والتحويل والتوزيع وخطوط الربط ليتم تخزينها ومعالجتها وارسال اشارات وتعليمات التحكم والتشغيل المناسبة للمنظومة متفقة مع اهداف التشغيل فى ظل حالة الشبكة .

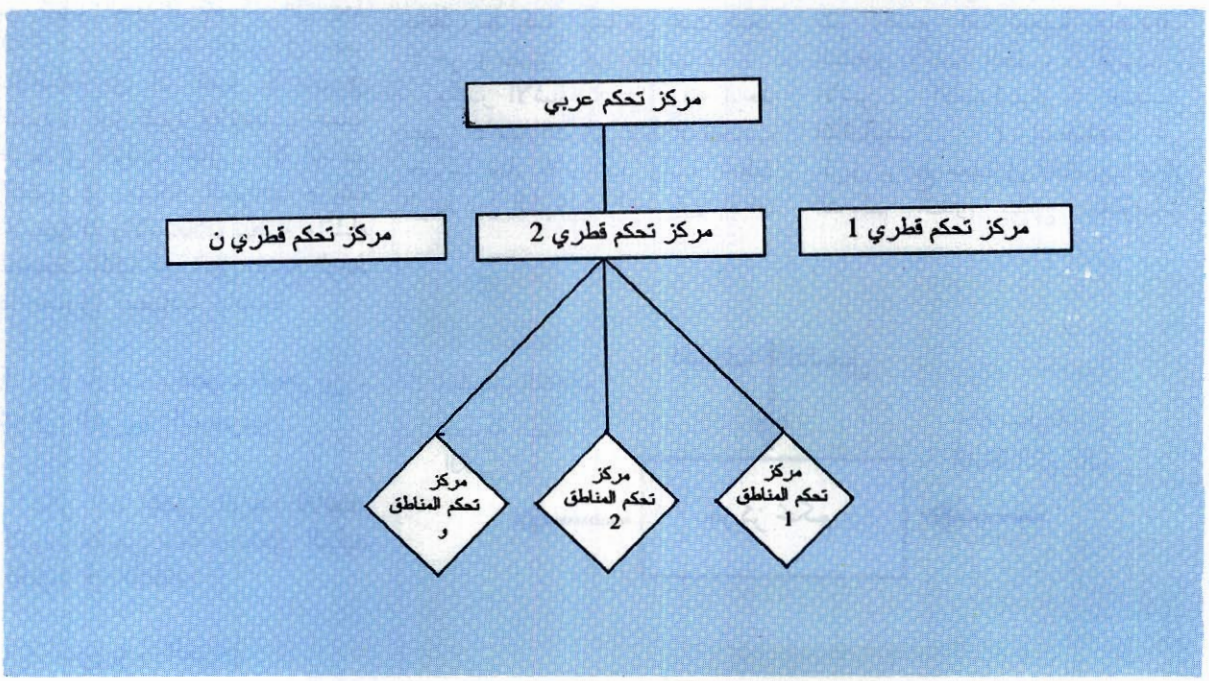
يعتبر وجود مركز للتحكم القطرى عند ربط الشبكات العربية من الضرورات الرئيسية لضمان الاشراف والتنسيق بين المناطق والتشغيل الاقتصادى ولزيادة الموثوقية وأمن واستقرار الشبكة ، عليه فإن انشاء مركز للتحكم القطرى فى الدول التى تخطط لربط شبكاتها هو امر ضرورى ويجب ان يؤخذ فى الحسبان ويدرج ضمن خطة ربط الشبكات العربية ، ليس هذا فحسب بل يجب عند ربط شبكات الاقطار العربية انشاء مركز للتحكم على المستوى العربى (مركز تحكم عربى) للتنسيق مع مراكز التحكم القطرية والاشراف على الشبكة بكاملها حتى يمكن الوصول الى الحد الاقصى من الفوائد والميزات المرجوة من عملية ربط الشبكات العربية ، الشكل (3) يبين الترابط والاتصال بين مراكز التحكم المختلفة .

اعتبارات التحكم والمراقبة لشبكة الارتباط العربية :

من حيث المبدأ يمكن اعتبار كل شبكة قطرية عربية هى حقل التحكم (CONTROL) وبالتالى يمكن تطبيق كافة الدراسات المتعلقة بحسابات التحكم متعددة الحقول لنظام التحكم المركزى ، ويبين الشكل (4) الخطوات الاساسية للتحكم بواسطة الآلى فى حقل تحكم مع اخذ الربط بعين الاعتبار مع حقل تحكم آخر او اكثر .

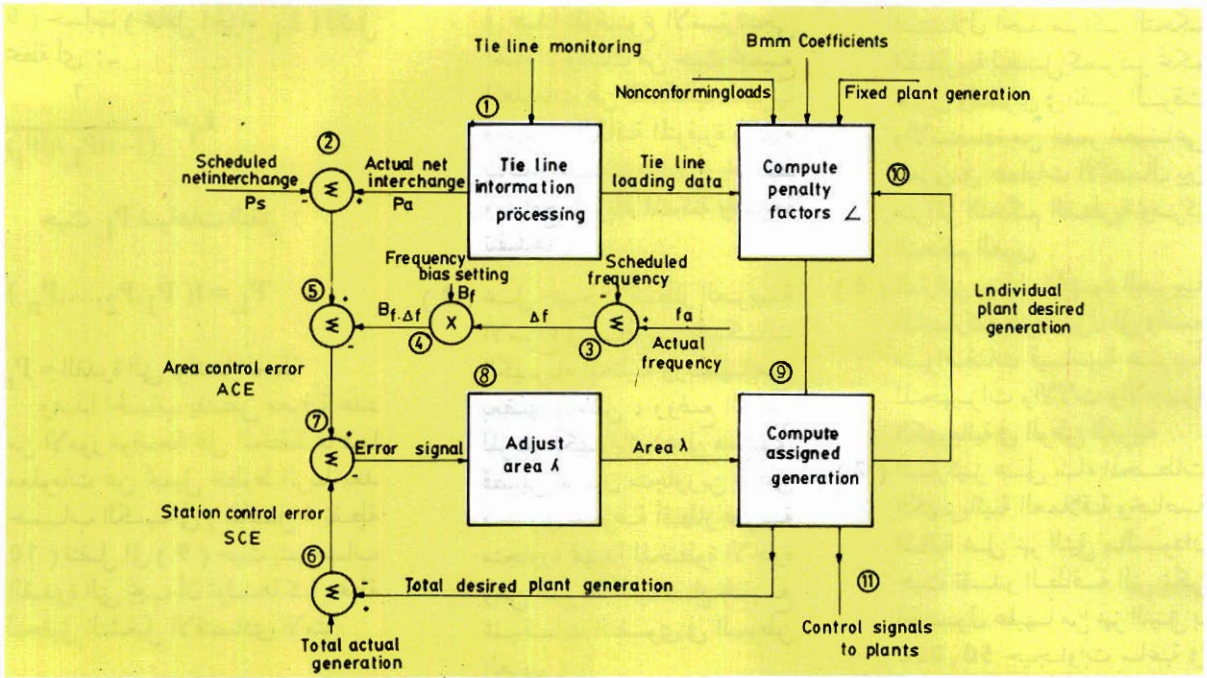
ونوضح الشكل (4) بالنص كما يلى :-

1) تلقى معلومات عن خطوط الربط مع حقول تحكم اخرى من حيث جريان القدرة ، (P_a) هى القدرة الفعلية الجارية على خطوط الربط واذا كانت موجبة (+) فهذا يعنى أن حقل التحكم يعطى قدرة للحقول الاخرى المرتبطة به .



شكل رقم (3)

مخطط يبين كيفية الترابط والاتصال لمراكز التحكم .



شكل رقم (4)

مخطط يوضح تشغيل حقل التحكم بالحاسب الآلى .

2) حساب الكمية ($P_a - P_s$) حيث P_s هى القدرة المرغوب تبادلها (حسب المتفق عليه بين الشبكات القطرية) .

3) حساب الكمية ($f_a - f_s$) حيث f_a هوالتردد الفعلى وf_s التردد المرغوب (أى 50 هرتز)

4) حساب الكمية ($B_f \Delta_f$) حيث B_f معامل التردد المرجعى

و $\Delta_f = (f_a - f_s)$

5) حساب خطأ حقل التحكم

(Area Control Error)

:(ACE)

$$ACE = P_a - P_s - B_f(f_a - f_s)$$

فاذا كان (ACE) سالبا فهذا يعنى أن منطقة التحكم المعنية لاتولد قدرة كافية تمكنها من الوفاء بالتزاماتها من القدرة لمناطق التحكم المرتبطة بها .

6) حساب خطأ تحكم المحطات (Station Control Error)) كما يلى : (SCE) = القدرة الاجمالية الفعلية التى تولدها منطقة التحكم - القدرة المرغوب توليدها .

7) هذه الخطوة هى المفتاح الرئيسى للتحكم بتشغيل شبكة الارتباط ، وفيها تتم المقارنة بين SCE و ACE : (ACE – SCE)

مناقشة الخطوة (7) :

(أ) الحالة الاولى : ACE سالبة SCE سالبة متساويتان

فى هذه الحالة لايوجد اشارة خطأ ، وعلى أى حال ترسل اشارة (كما هو مبين فى الشكل (4) الى محطات توليد منطقة التحكم لزيادة انتاجها . الامر الذى يؤدى الى انقاص SCE ، وبنفس الوقت انقاص قيمة ACE .

(ب) الحالة الثانية :

ACE اكثر سلبية من SCE

فى هذه الحالة تنشأ اشارة خطأ تؤدى الى زيادة للحقل = Incremental Fuel Cost (دينار / ميجاوات . ساعة) ، وهذا بدوره يسبب زيادة توليد المحطات المرغوبة .

8) كل محطة من منطقة التحكم ستتلقى اشارة لزيادة انتاجها ، وذلك وفق مبادىء التشغيل الاقتصادى الامثل المعروفة .

9) حساب (عامل الجزاء L_i) لكل محطة أى :-

$$L_i = \frac{1}{(1-dP_L/dP_i)}$$

حيث P_L ضياعات النقل :

$$P_L = f(P_1, P_2, \ldots, P_n)$$

P_i = القدرة التى تولدها المحطة

وهذا الحساب يقتضى معرفة عدد من الامور موضحة على المخطط بما فيها معلومات عن تحميل خطوط الربط بعد حساب الكمية فى (شكل 4 نقطة 10) تنقل الى (9) حيث يتم حساب القدرة التى يجب أن تولدها كل محطة لتحقيق التشغيل الاقتصادى الامثل .

الخاتمة والتوصيات

يعتبر التنسيق والتكامل العربى فى مجال الطاقة الكهربائية عن طريق ربط الشبكات الكهربائية بالوطن العربى ذات فوائد اقتصادية وحضارية لجميع الاقطار العربية ، تعمل على الاسراع فى عملية التطور والنمو الاقتصادى ، ويجب توفير الامكانات للقيام بالدراسات ووضع الخطط والبرامج لتنفيذها باسرع مايمكن كسبا للوقت ولحاقا بالتقدم السريع فى هذا العالم ، ويمكن أن نورد بعض التوصيات فى هذا السياق كالاتى :

(1) توفير الامكانات المالية اللازمة للدراسات ولوضع الاقتراحات والبرامج والخطط لتنفيذ ربط الشبكات العربية من خلال وتحت اشراف مركز التنمية العربية بالجامعة العربية والذى ينبغى أن يكون له الدور الريادى فى هذا الموضوع الاستراتيجى الهام ، وذلك من حيث تجميع المعلومات عن الشبكات العربية ومصادر الطاقة المتوفرة والقيام بالدراسات واقتراح خطط وبرامج الربط الممكنة ومتابعة تنفيذها .

(2) على جميع الاقطار العربية الاسراع فى تطوير شبكات الكهرباء المحلية وربطها مع بعضها البعض ، ووضع البرامج للربط الكهربائى على مستوى قطرين عربيين متجاورين أو على مستوى مجموعة أقطار عربية متجاورة تمهيدا للخطوة الاخيرة وهى الربط الشامل لجميع شبكات القوى فى الوطن العربى .

(3) على جميع الاقطار العربية عند اعداد الخطط المستقبلية لتطوير الشبكة الكهربائية الاخذ فى الاعتبار ظروف الشبكات فى الاقطار المجاورة وخاصة من حيث الجهد العالى ، اذ ينبغى اختيار جهود واحدة قدر الامكان وكلما كان ذلك ممكنا لتسهيل ربط الشبكات .

(4) يمكن ربط شبكات المشرق العربى على جهد عالى 400 ك . ف لربط الخليج بالبحر المتوسط وشبكات المغرب العربى مصر والسودان بخط موازى للبحر المتوسط والبحر الاحمر وعلى جهد 220ك . ف .

(5) استكمال مشاريع مراكز التحكم فى كل قطر عربى وادراج مشروع مركز تحكم عربى ضمن خطة الربط حتى يمكن الوصول الى الحد الاقصى من الفائدة والميزات المرجوة من عملية ربط الشبكات العربية ، وفى هذا الشأن يمكن استغلال احد مراكز التحكم القطرية ليعمل كمركز تحكم عربى وقطرى فى نفس الوقت والاستفادة من القمر الصناعى العربى فى عمليات الاتصال بين مراكز التحكم القطرية ومركز التحكم العربى .

(6) التركيز وبذل الجهود العربية المشتركة للوصول الى وضع مواصفات قياسية عربية للتجهيزات والالات والاجهزة الكهربائية فى الوطن العربية .

(7) التركيز على بناء المحطات الكهربائية العملاقة وخاصة المائية على نهر النيل بالسودان حيث تقدر الطاقة التى يمكن الحصول عليها من نهر النيل بـ 50,000 جيجاوات ساعة فى العام .

(8) التركيز على الربط مع الشبكات الكهربائية للاقطار العربية التى لها برامج ربط كهربائى مع الدول المحيطة بالوطن العربى .

■ ■

المراجع :-

- تقارير مركز التنمية الصناعية - جامعة الدول العربية .

— United Nations,World Energy Supplies, 1973 —1978

— A.J. Wood and B.F wallenberg, "Power Generation,oPeration and Control" , John Wily & Sons, 1984

— I.J. Nagrath and D.P. Kothon "Modern Power SYstem Analysis" , Mc Greaw hill, 1984.

■ ■

قدمت هذه الورقة للندوة الوطنية الأولى للطاقة الكهربائية 12 - 14 الكانون (ديسمبر) 1992.