مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (31) العدد (5) 2009
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (31) No. (5) 2009

دراسة أثر نمو طلب الطاقة الكهربائية على المجالات الاقتصادية للجهود الاسمية في شبكات نقل القدرة الكهربائية

الدكتور طارق جميل إبراهيم *
الدكتور فيصل سليمان شعبان **

(تاريخ الإيداع 17 / 11 / 2009. قُبِل للنشر في 2009/12/21)

□ ملخّص □

إن اختيار توتر الشبكة الاقتصادي لخطوط نقل القدرة الكهربائية يعتبر من أهم مسائل التصميم، وقيمته تعتمد على الكلفة المنقولة التي تشمل كلفة إنشاء 1km من خطوط النقل و كلفة التجهيزات الكهربائية، و نفقات الاستثمار. لذا فإن اختيار الجهد يجب أن يخضع للاعتبارات الاقتصادية وتطور الطلب على الطاقة الكهربائية الخاصة بكل بلد من البلدان .

يهدف البحث إلى تقديم نموذج رياضي يسمح بتحديد المجالات الاقتصادية للتوترات الاسمية في شبكات نقل القدرة الكهربائية، ودراسة أثر زيادة عامل الطلب على الطاقة الكهربائية على هذه المجالات.

نتائج البحث تبين بوضوح أنه بزيادة عامل الطلب ينزاح المنحني المعبر عن تساوي الكلفة لاستخدام توترين اسميين متجاورين باتجاه يقل فيه المجال الاقتصادي لاستخدام التوتر الاسمي الأدنى، وزيادة المجال الاقتصادي لاستخدام التوتر الاسمي الأعلى بنسبة تتناسب والاستطاعة المنقولة ومسافة النقل .

الكلمات المفتاحية: التوتر الاسمي، عامل الطلب، خط النقل، الكلفة المنقولة، تكاليف استثمار .

* أستاذ – قسم هندسة الطاقة الكهربائية – كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية – جامعة تشرين –اللاذقية – سورية.
** أستاذ مساعد – قسم هندسة الطاقة الكهربائية – كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية – جامعة تشرين –اللاذقية – سورية.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (31) العدد (5) 2009
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (31) No. (5) 2009

Study Effect Growth Demand of Electrical Power on Economical Zones Nominal Voltage Transmission Electrical Networks

Dr. Tarek Ibrahim *
Dr.Faisal Chaaban **

(Received 17 / 11 / 2009. Accepted 21 / 12 / 2009)

□ ABSTRACT □

The choice of economical voltage transmission network counting one from important design questions, and his value depending on the carried cost , which contain on the cost building 1km of transmission lines, and cost electrical equipments, and utilization cost. Therefore choice voltage must standby economical accounts, and evolution electrical energy demand specially for country .

This paper aims to adduction mathematic algorithm to define economical zones for nominal voltages transmission networks, and study increase demand factor on it's.

The results presented clearly show the effect growth demand electrical power on the economical zones. Where the zone proximal voltage reduced and the zone supreme voltage increased according proportion length of individual feeders and loading ..

Key words : nominal voltage, demand factor, carried cost , transmission line , utilization cost.

* **professor, department of electrical power, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.**

** **Associate professor, department of electrical power, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.**

مقدمة:

إن زيادة الطلب على الطاقة الكهربائية نتيجة من نتائج التطور الصناعي والتزايد السكاني ، ويختلف من بلد لآخر، تبعاً لدرجة تطوره والتوسع في مجال الخدمات المقدمة للمواطن، ولتلبية الطلب المتزايد على الطاقة عمدت الحكومات إلى التوسع في بناء الشبكات الكهربائية بمختلف الجهود بما في ذلك قطرنا العربي السوري، لاسيما بعد الحركة التصحيحية المباركة التي قادها القائد الخالد **حافظ الأسد** فتوسعت الشبكات وازدادت محطات التوليد والتحويل على امتداد الوطن ، وباعتبار أن اختيار الجهد الاسمي في الشبكات الكهربائية كما هو معلوم يؤثر بشكل فعال على المعايير الاقتصادية، و كذلك الأمر على المميزات الفنية ، فالتوتر المختار يحدده الطول الأعظمي لشبكات التغذية والحمولة المركبة .

إذا أخذنا بعين الاعتبار ظروف الشبكة الكهربائية المراد دراستها فإن اختيار الجهد الاسمي يشكل العامل الأهم في حسابات التصميم الأولية ، ومع الأخذ بالاعتبار الزيادة في الطلب على الطاقة الكهربائية يتم اختيار الجهد الاسمي الأعلى من بين الجهود المختارة، ،إضافة لذلك يؤخذ بالاعتبار التطور المستقبلي للشبكة الكهربائية (طول الشبكة ، عدد المغذيات) .

انطلاقاً من أن اختيار جهد الشبكة يعتبر من أهم مسائل التصميم ، وقيمته تعتمد على نفقات مواد النواقل و فقد القدرة ، و كلفة الخطوط و التجهيزات الكهربائية . لذا فإن اختيار الجهد يجب أن يخضع للاعتبارات الاقتصادية الخاصة بكل بلد من البلدان . ومن هنا كان البحث في وضع طريقة رياضية تسمح بدراسة أثر نمو الطلب للطاقة الكهربائية على المناطق الاقتصادية للجهود الاسمية .

أهمية البحث وأهدافه:

يبحث البحث قضية هامة وجوهرية بالنسبة للشبكات الكهربائية ، متمثلة بتحديد أثر زيادة الطلب على الطاقة الكهربائية كنتيجة حتمية للتطور الصناعي والاجتماعي على المناطق الاقتصادية للتوترات الاسمية لشبكات نقل الطاقة الكهربائية ، وسنسقط البحث على شبكة الـ 66Kv و230Kv نظراً لاستخدامها الواسع على امتداد الشبكة الكهربائية السورية .

طرائق البحث ومواده:

إن العوامل الأساسية المحددة لاختيار الجهود الاسمية لخطوط نقل القدرة الكهربائية، و كما هو معروف، تتمثل بـ : طول الخط ، قدرة تمريره من الاستطاعة الفعلية ، منحني الحمولة السنوية ، الخصائص التقنية ، والاقتصادية للتجهيزات الكهربائية ، و كلفة ضياع القدرة .

الطرق التقريبية المعتمدة لاختيار التوتر الاسمي :

علاقة ستيل [1]:

$$U_n = 4{,}34\sqrt{L + 0{,}016P} \qquad (1)$$

P : الاستطاعة الفعلية المنقولة مقدرة بـ (Mw)،

L : طول خط النقل مقدر بـ (Km)،

U_n : التوتر الاسمي مقدر بـ (Kv) .

علاقة زالسكي [1]:

$$U_n = \sqrt{P + 0{,}015\sqrt{L}} \qquad (2)$$

علاقة إيليرنوفا [2] :

$$U_n = \frac{1000}{\sqrt{500/L + 2500/P}} \qquad (3)$$

وهذه المعادلة تستخدم في دول الاتحاد السوفيتي السابق، وتصلح لجميع الحالات، وفي ألمانيا تستخدم المعادلة التالية [3]:

$$U_n = 3\sqrt{S} + 0.5L \qquad (4)$$

حيث : S : الاستطاعة الظاهرية مقدرة بـ (MV.A) ،

L : مسافة النقل مقدرة بـ (km) .

أما في الولايات المتحدة فتستخدم المعادلة التالية :

$$U_n = 4.34\sqrt{L + 16P} \qquad (5)$$

و في السويد تستخدم المعادلة :

$$U_n = 17\sqrt{\frac{L}{16} + P} \qquad (6)$$

كل من هذه الطرق المذكورة تستخدم لتحديد التوتر الاسمي بشكل أولي (تقريبي) ، ومنها يتضح لدينا أن تحديد التوتر يتم وفق قيمة محددة للاستطاعة الفعلية، ولا تأخذ بعين الاعتبار التطور المستقبلي الذي ينجم عنه زيادة في الطلب على الطاقة الكهربائية . في هذه الحالة، الطريقة المناسبة تتمثل في بناء المناطق الاقتصادية للجهود الاسمية ودراسة أثر زيادة الطلب على هذه المناطق .

إن الكلفة الإجمالية لإنشاء شبكة جديدة، أو لترميم شبكة قديمة تتحدد بالعلاقة التالية [5,4,3,2, 1] :

$$\mathbf{Z = \rho_{norm} . K + K_{an}} \qquad (7)$$

حيث إن :

ρ_{norm} : هي مقلوب المدة النظامية لاستعادة رأس المال T_{ok} ويساوي عادة 0.125،

(K) : المبلغ اللازم لشراء المواد و الأجهزة اللازمة و لتركيبها .يدعى هذا المبلغ برأس المال . و هو يشمل المصاريف (النفقات) اللازمة لأعمال البحث و تحديد مسارات الخطوط و تأمين الأبراج و العوازل و لتركيب الخطوط ..... الخ . بالإضافة إلى نفقات تحضير تتجلى في محولات القدرة و تجهيزات التوزيع الكهربائية و ذلك كما يلي :

$$K = K_L + K_s$$

هنا :

K_L, K_s : كلفة محطة التحويل وكلفة إنشاء واحدة الطول لخط نقل القدرة الكهربائية مقدرة بـ S.P،

(K_{an}) : حسميات الاستثمار السنوية :

$$K_{an} = K_{an}{}^{L} + K_{an}{}^{sub} + K_{an}{}^{A}$$

حيث إن :

$K_{an}{}^{L}$: حسميات لإطفاء (استعادة) رأس المال و الصيانة و الخدمة لخطوط النقل، S.P.

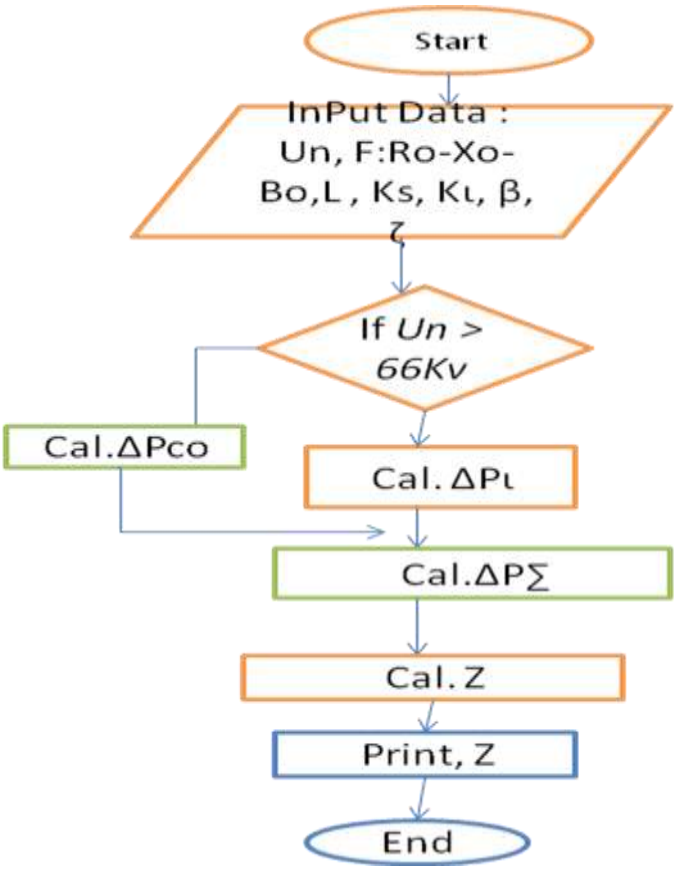
K_{an}^{sub} : حسميات لإطفاء (استعادة) رأس المال و الصيانة و الخدمة لمحطات التحويل، S.P.

K_{an}^{A} : ثمن القدرة الكهربائية الضائعة، والتي تشمل الضياع الحراري وضياع الكورونا، S.P .

إن أفضل المترادفات المقارنة مع بعضها البعض هي تلك التي تتميز بالمؤشرات الاقتصادية الأصغرية $K_{an\,min}$، K_{min} معاً ، و ذلك عند تحقيق جميع الشروط الفنية المطلوبة لتغذية الأحمال .

لتحديد المناطق الاقتصادية للجهود الاسمية في شبكات نقل الطاقة الكهربائية في حالتين (أخذ عامل زيادة الطلب على الطاقة الكهربائية بالحسبان و عدم أخذه بالحسبان)، وسنعتمد في ذلك على الكلفة المنقولة المبينة بالعلاقة (7) .

الآلية الرياضية لتحديد أثر عامل الطلب على المناطق الاقتصادية للتوترات الاسمية: لتحديد أثر عامل الطلب على المناطق الاقتصادية للتوترات الاسمية تم وضع آلية رياضية متضمنة خطوات أو مراحل للحصول على المناطق الاقتصادية للجهود الاسمية في شبكات نقل القدرة الكهربائية عند حالتين من العمل، الأولى تتمثل بالأخذ بالحسبان عامل الطلب على الطاقة الكهربائية، والثانية بدونها، وعلى أساس هذه الآلية تم وضع برنامج حاسوبي لحساب الكلفة المنقولة في خطوط نقل القدرة الكهربائية، والتي من خلالها نحدد مناطق تساوي الكلفة عند جهدين اسميين متجاورين، والشكل (1) يبين لنا المخطط الصندوقي لعمل البرنامج.



الشكل (1) : المخطط الصندوقي لبرنامج حساب الكلفة الكلية لخطوط نقل القدرة الكهربائية

الآلية الرياضية لدراسة أثر نمو طلب الطاقة الكهربائية على المناطق الاقتصادية للتوترات الاسمية في شبكات نقل القدرة نعبر عنها بالخطوات التالية :

الخطوة الأولى : و تشمل إدخال المعطيات الأولية المتمثلة بـ : الجهد الاسمي Un (Kv) ، مقطع النواقل AC- (mm^2) ، طول الخط L (Km) ، كلفة إنشاء 1Km من الخط ، سعر الـ KWh ، كلفة إنشاء محطة التحويل، عدد النواقل في الطور الواحد n ، نصف قطر الناقلR، وأيضاً معامل زيادة الحمولة ζ، وتبعاً لهذه الخطوة، وضعنا جدولاً يبين المعطيات الأولية لخط نقل يعمل بالتوتر 66Kv ، وآخر يعمل بالتوتر 230 Kv .

الجدول (1) : المعطيات الأساسية للتوترين 66 – 230Kv*

المعطيات الأساسية		الجهد الاسمي ، Kv	
		66	230
AC – 240/40	r_0,Ω/km	0.121	-
	x_o,Ω/km	0.435	-
	b_o,Ω^{-1}/km	$2.6*10^{-6}$	-
	عدد النواقل في الطور الواحد،n	**1**	-
	نصف قطر الناقل ، R	10.8 mm	
AC – 380/70	r_0,Ω/km	–	0.075
	x_o,Ω/km	–	0.42
	b_o,Ω^{-1}/km	–	$2.7*10^{-6}$
	عدد النواقل في الطورالواحد،n	–	1
	نصف قطر الناقل ، R	13.3 mm	
كلفة إنشاء 1km من خط النقل ، مليون ل. س		3.5	5.5
كلفة إنشاء محطة التحويل 230 / 66 Kv، مليون ليرة سورية		829	
سعر 1kw.h ، ليرة سورية،S.P		2.5	2
عامل نمو الطلب على الطاقة الكهربائية ζ، %		0 - 8	

الخطوة الثانية : و تتضمن حساب الضياعات الحرارية في خط النقل وفق العلاقة:

$$\Delta P = \frac{P^2}{U_n^2 \cdot \cos\varphi^2} \cdot r_o \cdot L \qquad (8)$$

حيث إن :

P – الاستطاعة الفعلية المنقولة بالـ Mw، r_o – المقاومة الفعلية لواحدة الطول، Ω/km ،

U_n – التوتر الاسمي ، Kv ، Cos φ – عامل الاستطاعة ، L – مسافة النقل، km .

الخطوة الثالثة: و تشمل حساب ضياعات الكورونا ΔP_{cor} في 1 Km .

* المعطيات المدرجة بالجدول مأخوذة من منشورات وإحصائيات وزارة الكهرباء . [6]

ΔP_{cor} – ضياع الكورونا عند الجهد (*230 Kv*) السنوي ، ويتم تحديده بالعلاقة التالية [2]:

$$\Delta P_{cor} = \frac{0.18}{\delta}\sqrt{\frac{R}{D}}\,(U_{ph}-U_{cr})^2 \qquad (9)$$

حيث إن :

D، R : المسافة بين النواقل ، ونصف قطر الناقل، mm.

U_{ph} : توتر الطور، Kv.

U_{cr} : الجهد الحرج و يحسب بالعلاقة :

$$U_{cr} = 84.6.m.\delta.R.\log\frac{D}{R}$$

حيث أن:

m – عامل يحسب بالعلاقة $m = m_1 . m_2$ ؛

m_1 – عامل حالة سطح الناقل ، وقيمته تتراوح بالمجال (0.85 ÷ 0.82) ؛

m_2 – عامل الطقس، وقيمته تتراوح بالمجال (1 ÷ 0.8) .

δ – الكثافة النسبية للهواء ، وتعطى بالعلاقة التالية : $\delta = \frac{0.386.P}{273+t}$

هنا P – الضغط الجوي ويقاس بالـ مليمتر زئبقي ،t– درجة الحرارة. عند ظروف نظامية فإن كثافة الهواء النسبية $\delta = 1$.

لكي تعمل خطوط النقل الكهربائية بشكل طبيعي، يجب أن يكون الضياع على الكورونا أقل ما يمكن ، لذلك يتم اختيار أقل قطر لنواقل الشبكات الهوائية حسب المعايير الدولية بحيث تحقق ضياعاً أقل ما يمكن للكورونا.

الخطوة الرابعة: حساب الضياعات الكلية (الضياعات الحرارية وضياعات الكورونا) في خط النقل عند جهدين اسميين متجاورين .

الخطوة الخامسة: حساب الكلفة المنقولة لخط النقل عند الجهدين 230Kv -66 وفق العلاقة (7) التي تأخذ الشكل التالي [5]:

$$Z_{230} = \rho_l.K_{l.230}.l + \rho_{st}.K_{nc(230)} + \frac{((\zeta+1)\cdot P)^2}{230^2.\cos^2\varphi}.r_0.l.\tau.\beta + \Delta P_{c0r.230}\cdot\beta$$

$$Z_{66} = \rho_l.K_{l.66}.l + \rho_{st}.K_{nc(66)} + \frac{((\zeta+1)\cdot P)^2}{66^2.\cos^2\varphi}.r_0.l.\tau.\beta$$

حيث أن : $K_{l.230}$, K_{l66} – كلفة واحدة الطول من خط النقل عند الجهدين 230 Kv , 66 على الترتيب ، وتشمل كلفة الأبراج والعوازل والنواقل والأمراس وأجور النقل وقواعد الارتكاز وغير ذلك ، ليرة سورية .

$K_{st.230}$, $K_{st.66.}$ – كلفة محطة التحويل للجهدين 230 Kv , 66 على الترتيب ، وتشمل كلفة محولات القدرة وخلايا القطع والوصل وأجور النقل والتركيب، وغير ذلك ، وقيمها مدرجة في الجدول(1) .

P – الاستطاعة الفعلية المنقولة ، Mw ،

ζ – عامل زيادة الطلب ،% ، ومن خلال إحصائيات وزارة الكهرباء في السنوات الخمس الأخيرة، تبين أن عامل الطلب قد ازداد بنسبة 8% [6] ،

U_n – الجهد الاسمي ، kv .

r_o – المقاومة الفعلية لواحدة الطول ، Ω/ km

τ – زمن الضياع الأعظمي ويتحدد تبعاً للاستطاعة الأعظمية S_{max} والأصغرية المنقولة في خط النقل، وفقاً لمنحني استمرارالحمولة من خلال العلاقة التالية [3] :

$$\tau = \frac{\int_o^T S^2 dT}{S^2{}_{\max}} \quad ,hour$$

β – ثمن 1kw.h من القدرة الكهربائية الضائعة ، s.p/kwh .

الخطوة السادسة: رسم المخطط البياني الذي يبين الكلفة المنقولة كتابع لتغير الاستطاعة P و امتداد خط النقل L ، وعامل زيادة الطلب عند أحد الجهدين المتجاورين :

Z = f (P, L)

الخطوة السابعة: نكرر الخطوة الرابعة وما يليها لأجل الجهد المتجاور الآخر .

الخطوة الثامنة: نوجد نقاط التقاطع بين المنحنيات البيانية المعبرة عن تغير الكلفة المنقولة كتابع للاستطاعة المنقولة P و الامتداد L لأجل الجهدين المتجاورين في كلتا حالتي العمل مع وبدون إدخال عامل زيادة الطلب على الطاقة الكهربائية. هذه النقاط تمثل حدود اقتصادية لاستخدام كل من الجهدين.

الخطوة التاسعة: نقوم بإسقاط النقاط التي حصلنا عليها في المرحلة السادسة على منحني إحداثيات P=f(L)، ومن ثم نقوم بوصل هذه النقاط لنحصل على المحل الهندسي لتساوي الكلفة عند استخدام كل من الجهدين المتجاورين.

النتائج والمناقشة:

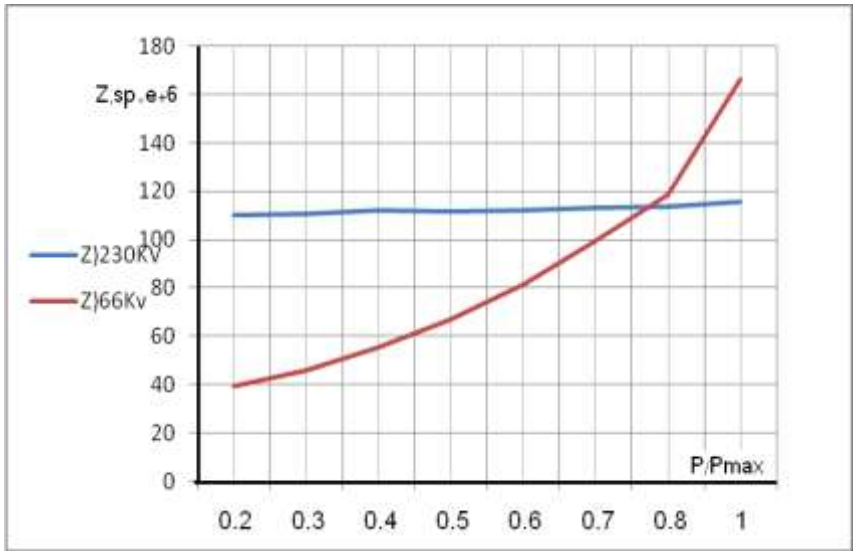
بالاعتماد على البرنامج ومن خلال المعطيات الأولية لكلا الجهدين المدروسين، تم إيجاد العلاقة بين الكلفة المنقولة والبعد عن منبع التغذية L=10 – 150km أي Z=f(L) ، وكذلك تم إيجاد الفارق بين الكلفة عند استخدام الجهد 66Kv والكلفة عند الجهد 230Kv ، وذلك عند استطاعة فعلية مرسلة معطاة كنسبة من P_{max} = 150 Mw. النتائج عند طول L= 10 km وعامل نموالطلب ζ=0% تم إدراجها في الجدول (2).

الجدول (2): قيم الكلفة المنقولة للتوترين 66Kv، 230 Kv كتابع للاستطاعة الفعلية المنقولة عند مسافة نقل L = 10 km ، وعامل نمو طلب على الطاقة ζ=0%.

Pmax = 150 Mwatt , L = 10km, ζ=0%			
P/Pmax	Z)66Kv*e+6	Z)230Kv*e+6	ΔZ=Z)230-Z)66
0.2	39.6	110	70.4
0.3	46.2	110.7	64.5
0.4	55.5	112.2	56.7
0.5	67.4	111.6	44.2
0.6	81.9	112.2	30.3

0.7	99.8	112.9	13.1
0.8	118.9	113.7	-5.2
1	166.4	115.6	-50.8

معطيات الجدول (2) تم إسقاطها على محوري إحداثيات يعبر عن العلاقة بين الكلفة والاستطاعة المنقولة عند مسافة نقل تساوي 10km كما هو مبين على الشكل (1) . من الشكل (1) ينتج لدينا نقطة تساوي الكلفة عند استخدام كل من الجهدين المتجاورين 66Kv، 230 Kv (P=116 Mw , L = 10km) .



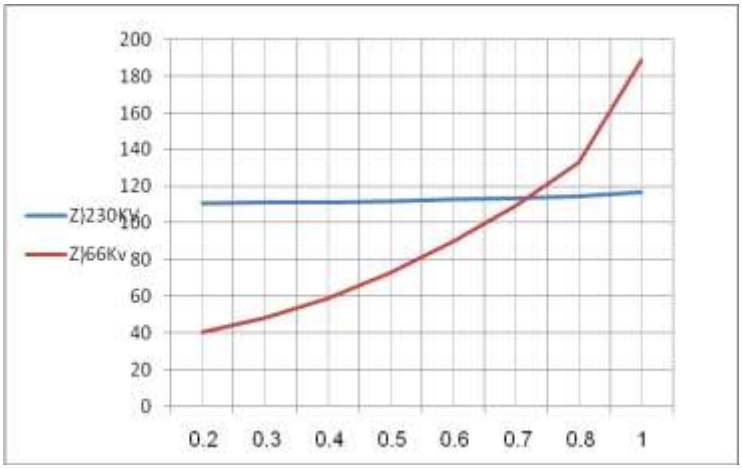
الشكل (1) : العلاقة بين الكلفة المنقولة والاستطاعة المنقولة كنسبة من الاستطاعة الأعظمية للتوترين 66Kv ، 230Kv عند عامل الطلب ζ=0% .

وفي الجدول (3) تم إدراج نتائج العلاقة بين الكلفة عند استخدام الجهد 66Kv والكلفة عند الجهد 230Kv والاستطاعة المرسلة كنسبة من الاستطاعة الأعظمية P_{max} = 150 Mw . النتائج عند طول L= 10 km و عامل الطلب ζ=8%.

الجدول (3) قيم الكلفة المنقولة للتوترين 66Kv، 230 Kv كتابع للاستطاعة الفعلية المنقولة عند مسافة نقل L = 10 km ، وعامل نمو طلب على الطاقة ζ=8%

Pmax = 150 Mwatt , L = 10km, ζ=8%			
P/Pmax	Z)66Kv*e+6	Z)230Kv*e+6	ΔZ=Z)230-Z)66
0.2	40.5	110.5	70
0.3	48.2	110.8	62.6
0.4	59	111.2	52.2
0.5	72.9	111.8	38.9
0.6	89.8	112.5	22.7
0.7	109.6	113.3	3.7
0.8	132.9	114.3	-18.6
1	188.4	116.6	-71.8

كذلك الأمر معطيات الجدول (3) تم إسقاطها على محوري إحداثيات يعبران عن العلاقة بين الكلفة والاستطاعة المنقولة عند مسافة نقل تساوي 10km كما هو مبين على الشكل (2) .



الشكل (2) : العلاقة بين الكلفة المنقولة والاستطاعة المنقولة كنسبة من الاستطاعة الأعظمية للتوترين 66Kv ، 230Kv عند عامل الطلب ζ=8% .

من الشكل (2) ينتج لدينا نقطة تساوي الكلفة عند استخدام كل من الجهدين المتجاورين 66Kv ،230 Kv، وعامل الطلب ζ =8% (P=108 Mw , L = 10km).

بنفس الآلية السابقة نوجد العلاقة بين الكلفة المنقولة والاستطاعة المنقولة عند مسافات نقل تساوي 50km، 100km و 150km للتوترين 230Kv, 66Kv عند عامل الطلب 8% , 0% = ζ ، ومن خلال النتائج تم الحصول إلى نقاط تساوي الكلفة للتوترين المدروسين، وتم إدراجها في الجدول (4) .

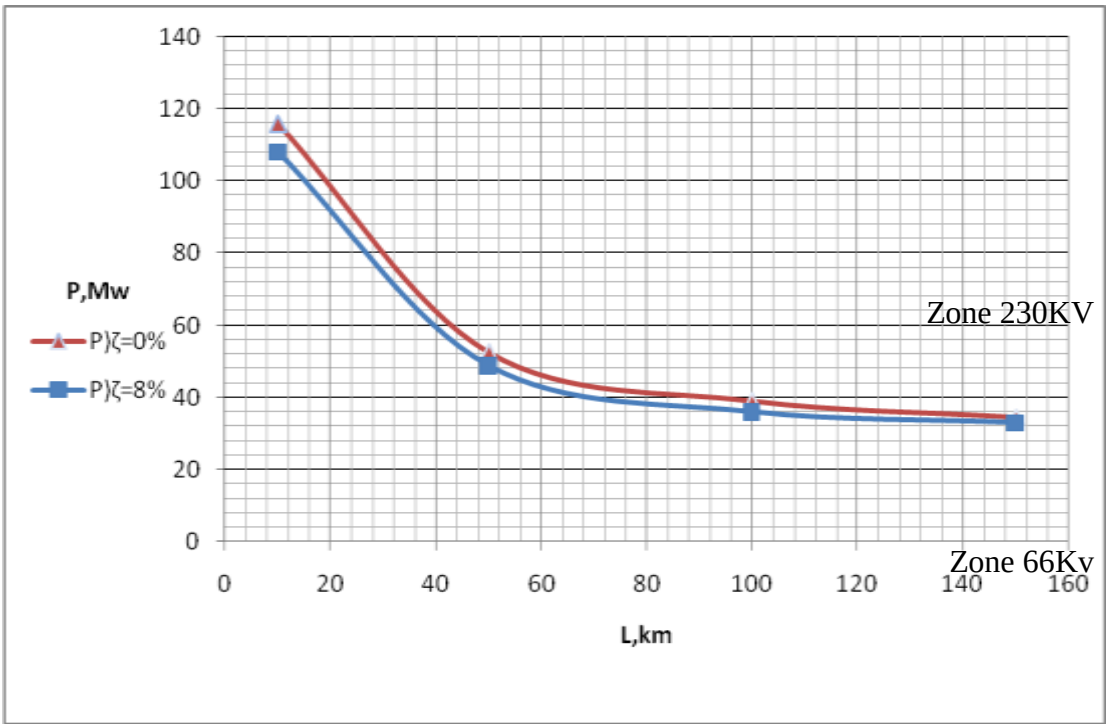
الجدول (4) : إحداثيات النقاط التي تمثل تساوي الكلفة عند استخدام الجهدين 66 Kv – 230

طول خط النقل (Km)		10	50	100	150
الاستطاعة المرسلة، P,Mw	ζ=0%	116	52.5	39	34.5
	ζ=8%	108	48.8	36	33

انطلاقاً من معطيات الجدول (4) فقد تم رسم المنحني البياني الذي يمثل الحد الاقتصادي لاستخدام كلٍ من الجهدين 230Kv , 66Kv عند ζ =0%,8% كتابع P = f(L) كما هو مبين بالشكل (3) . من الشكل (3) يتبين لنا أن النقاط المحددة تحت المنحني فإن مجال قيم L, P تناسب المنطقة الاقتصادية لاستخدام الجهد 66Kv ، والنقاط المحددة فوق المنحني تمثل المنطقة الاقتصادية لاستخدام الجهد 230 Kv ، أما النقاط المشكلة للمنحني فتناسب قيم L,P لأجلها تكون المترادفات متساوية اقتصادياً عند التوترين المدروسين، وفي مثالنا فإن نقاط المنحني تمثل حدود اقتصادية للجهدين 230Kv ,66Kv .

إذا أخذنا بعين الاعتبار ظروف الشبكة المراد تغذيتها فإن التوتر الاسمي يشكل العامل الأهم في حسابات التصميم الأولية ، ومع الأخذ بالاعتبار الزيادة في الحمولة نتيجة لزيادة الطلب على الطاقة الكهربائية يتم اختيار التوتر الأعلى من بين التوترات المعتمدة، ولكن هذا الحل هل يناسب جميع الأبعاد عن منبع التغذية؟. نلاحظ من خلال الشكل (3) أنه عند حمولات أكبر من 50Mw, ,أطوال أقل من 100km (10km ، 50km)، وعند عامل تزايد

الطلب بنسبة 8% نلاحظ أن نقاط المنحني تساوي الكلفة بين التوترين 66Kv، 230Kv قد انزاحت نحو الأسفل بنسبة تتراوح بالمجال 7. 6% - 7.%، أما عند حمولات أقل من 50Mw، وأطوال تزيد عن 100km فإن الانزياح يكون بنسبة 4.3%، وبشكل عام يمكن القول، إنه مع زيادة الطلب على الطاقة الكهربائية ينزاح المنحني المعبر عن تساوي الكلفة بين التوترين 66Kv, 230Kv باتجاه الأسفل وبدرجة مختلفة تبعاً للمسافة والاستطاعة المنقولة ، فعلى سبيل المثال عند مسافة L= 40km تنخفض الاستطاعة الممكن نقلها بتوتر 66Kv من 64Mw (ζ =0%) إلى 60Mw (ζ =8%) (انظر الشكل (3)).



الشكل (3) الحدود الاقتصادية لاستخدام الجهدين 230Kv , 66Kv
عند عامل نموالطلبζ 8% , 0%.

الاستنتاجات والتوصيات:

يأخذ تحديد المناطق الاقتصادية للتوترات الاسمية 66 و 230Kv، وتأثير عامل الطلب عليها أهمية كبيرة في بلدنا نظراً للتوسع الكبير في استخدام كلٍ منها كتابع للاستطاعة الفعلية المنقولة وامتداد خط النقل أو بتعبير آخر مسافة النقل، والطرق الموجودة والمستخدمة في مختلف المراجع العلمية تم وضعها بشكل يتناسب وطبيعة الشبكة في بلدانها من هنا كانت الأهمية في وضع مخطط بياني لاستخدام الجهدين وعلاقته بنمو الطلب على الطاقة الكهربائية . يمكن من خلال نتائج التطبيق أن ندون النتائج التالية :

- تم تحديد المناطق الاقتصادية للتوترين 66Kv , 230Kv كتابع للاستطاعة المنقولة و طول الشبكة المغذية عند معامل زيادة الطلب 8% - 0%؛
- مع زيادة الطلب على الطاقة الكهربائية ينزاح المنحني المعبر عن تساوي الكلفة بين توترين متجاورين باتجاه يقل فيه مستوى الاستطاعة التي يمكن نقلها بنسبة تتبع مسافة النقل والاستطاعةالمنقولة.

المراجع:

1. شعبان، مظفر.– *اقتصاديات نظم القدرة الكهربائية* .منشورات جامعة حلب ، 1983، 492.

2. كيراسيمينو، آ.آ.؛ فيدن، ف.ت.–*نقل وتوزيع الطاقة الكهربائية* . روستوف نا دانو، 2006، 718. (الكتاب باللغة الروسية).

3. حلاق، ميشيل .– *تصميم الشبكات الكهربائية (الجزء الأول).* منشورات جامعة حلب،1990،566.

4. LAKERVI, E. ; HOLMES, E.J. *Electricity distribution network design* . Published by: Peter Peregrinus Ltd.,London,United Kingdom,1989,320.

5. كاراتكيفتش، م.آ.*الاستثمارات الأساسية في الشبكات الكهربائية*. الجزء الأول، مينسك، 1992، 146. (الكتاب باللغة الروسية)

6. 12.Aug.2009.http://www..PEDEEE.com/

.