مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (30) العدد (4) 2008
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (30) No. (4) 2008

نموذج رياضي وبرنامج لتحديد التعويض الأمثل للاستطاعة الردية في عناصر الشبكات الكهربائية

الدكتور كارلو يوسف مقدسي*

(تاريخ الإيداع 22 / 4 / 2008. قُبِل للنشر في 2008/9/22)

□ الملخّص □

تعتبر مسألة تخفيض ضياعات القدرة الكهربائية إحدى المسائل الهامة والدقيقة في الشبكات الكهربائية. ولمّا كانت عملية تعويض الاستطاعة الردية، إحدى الطرق الفعالة الأساسية المستخدمة لتحقيق هذه الغاية، فإن السؤال الذي يطرح نفسه عند حل هذه المشكلة (القيام بعملية تحسين عامل الاستطاعة)؛ هل نلجأ إلى التعويض الكامل للاستطاعة الردية؟ . يهدف هذا البحث إلى تحديد عامل الاستطاعة الأمثل،الذي يحقق الجدوى الفنية _ الإقتصادية، بالإضافة إلى وضع برنامج يسمح بتحقيق هذه الغاية، الأمر الذي يعتبر مفيداً جداً في مختلف التطبيقات العملية والأنظمة الحاوية على أحمال تحريضية. مع الأخذ بعين الاعتبار أن مستوى التعويض الأمثل يتعلق بعدة عوامل ،مثل: التكاليف الاستثمارية على وسائط التعويض، كلفة ضياعات القدرة ، وكذلك بمنحني الحمولة للشبكة.

الكلمات المفتاحية: عامل الاستطاعة– التعويض الأمثل– المستوى الأمثل للتعويض.

* **أستاذ مساعد – قسم هندسة الطاقة الكهربائية– كلية الهمك– جامعة تشرين– اللاذقية– سورية.**

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (30) العدد (4) 2008
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (30) No. (4) 2008

Modeling and Programming for Determining Optimal Compensation (PF) in the Elements of Electrical Nets

Dr. Carlo Joseph Makdisie*

(Received 22 / 4 / 2008. Accepted 22 / 9 / 2008)

□ ABSTRACT □

Decreasing power losses is one of the most accurate and important matters in electrical networks. The compensation of reactive power is the effective method used to reach the above mentioned goal. But the question is what the compensation level is. This paper aims to determine the optimal power factor which realizes the (technical & economic) conditions, writing a program to achieve the optimal power factor of network loads. Consequently, that is considered very beneficial in its practical applications in various fields and systems that contain reactive loads. But many factors connected with the optimal compensation level must be taken into consideration, such as investing cost of compensators, cost of power losses, and the load chart of the electrical net.

Keywords: Power factor, Optimum compensation, Optimum level of compensation.

* **Associate Professor, Department of Power Engineering, Faculty of Electrical and Mechanical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.**

مقدمة:

تعتبر مسألة تعويض الاستطاعة الردية من المسائل الهامة في الشبكات الكهربائية الحاوية على أحمال تحريضية. وقد يتراءى لبعض الدارسين للوهلة الأولى، أنه من المفروض تحقيق عامل استطاعة مساو للواحد. لكن هل يجب علينا فعلاً تحقيق التعويض الكامل للاستطاعة الردية المستجرة من الأحمال التحريضية؟ وماهو مستوى التعويض المطلوب تحقيقه لعامل الاستطاعة؟

أهمية البحث وأهدافه :

سنبين في هذا العمل من خلال إجراء دراسة تحليلية عملية، أن التعويض الكامل للاستطاعة الردية هو عملية غير مناسبة تماماً من وجهة نظر اقتصادية ، بسبب ارتباط مستوى التعويض الأمثل بعدة عوامل، مثل : نفقات الاستثمار على أجهزة التعويض، كلفة ضياعات الطاقة الكهربائية، منحنيات الحمولة للشبكات الكهربائية. سنقوم بوضع النموذج الرياضي، الذي يسمح بتحديد معامل الاستطاعة الأمثل و كتابة برنامج يحقق النموذج الرياضي المدروس، كما يسمح البرنامج بإنشاء المنحنيات المطلوبة المعبرة عن مستوى التعويض الأمثل .

طريقة البحث ومواده:

تعتمد طريقة البحث على مقارنة كلفة وسائط التعويض مع كلفة الضياعات الناتجة عن استجرار الاستطاعة الردية التي تدمج بين طريقتي حساب المتغيرات والطريقة التدرجية عند إجراء الدراسة التحليلية للشبكة الكهربائية الموجودة . من المعروف أن سريان الاستطاعة الردية يكون مصحوباً بضياعات في الاستطاعة الفعلية، وضياعات بالقدرة المستجرة في مختلف عناصر الشبكة الكهربائية. ويمكننا التعبير عن ضياع الاستطاعة الفعلية الناتج عن سريان الاستطاعة الردية في عناصر الشبكة المختلفة بالعلاقة التالية:

$$\Delta P = \frac{S^2}{U^2}R = \frac{P^2+Q^2}{U^2}R \quad \Rightarrow$$

$$\Delta P = \frac{Q_p^2}{U^2}R \ldots..(1)$$

إذ :

Q_p الاستطاعة الردية السارية في النظام المدروس(KVAR) .

R المركبة الفعلية لممانعة عناصر الشبكة الكهربائية(Ω).

U توتر الشبكة الكهربائية الاسمي (KV).

عند نقصان الاستطاعة الردية في مركز الاستهلاك (عند الأحمال) إلى القيمة $\mathbf{Q_k}$ ، فإن ضياع الاستطاعة الفعلية سينقص عندئذ بالمقدار المبين بالمعادلة التالية :

$$\delta P = \frac{Q_p^2.R}{U^2} - (Q_p - Q_K)^2.\frac{R}{U^2} \ldots\ldots..(2)$$

يمكننا ان نكتب العلاقة السابقة (2) بشكل آخر كما يلي :

$$\delta P = (2Q_p.Q_K - Q_K^2).\frac{R}{U^2} \ldots\ldots..(3)$$

يتضح لنا من المعادلة (3) ، بأن تخفيض ضياع الاستطاعة الفعلية يتعلق بمستوى تعويض الاستطاعة الردية (أو الحمل الردي)، أي يتعلق بالمقدار $a = \frac{Q_K}{Q_P}$. يمكننا انطلاقاً مما سبق ذكره إعادة كتابة المعادلة (3) بعد الأخذ بالحسبان الافتراض السابق $a = \frac{Q_K}{Q_P}$ بالشكل التالي :

$$\delta P = Q_P^2 \left(2\frac{Q_K}{Q_P} - \frac{Q_K^2}{Q_P^2} \right) . \frac{R}{U^2}$$
$$= Q_P^2 (2a - a^2) \frac{R}{U^2}$$

ومن ذلك نحصل على :

$$\delta P = Q_P^2 . a(2-a) \frac{R}{U^2} \dots\dots (4)$$

بهدف التوضيح نبين على الشكل (1) المستنتج استناداً إلى المعادلات (2) ،(3)،(4) علاقة ضياع الاستطاعة الفعلية لأحد عناصر الشبكة الكهربائية (محول قدرة)، كتابع للمستويات المختلفة لتعويض الاستطاعة الردية . ويتضح من هذا الشكل (1) ، بأنه يمكننا الحصول على أعظم تخفيض لضياع الاستطاعة الفعلية من أجل مستوى تعويض للاستطاعة الردية (a=1)، أي بمعنى آخر أن أكبر تخفيض لضياع الاستطاعة الفعلية يحدث عند التعويض الكلي والكامل للحمل الردي .

أما بالنسبة لمواصفات المحول المستخدم لإجراء المحاكاة في شبكة التوزيع المشار إليها ، فهي التالية :

- 630 KVA -20Kv يستهلك استطاعة ردية في حالة الحمل 43.6 كيلوفاراً وفي حالة اللاحمل 18.8 كيلوفاراً (محول توزيع) . وما سبق ينطبق أيضاً على حالة محرك يمتلك الواصفات التالية: تم إجراء المحاكاة عليه وحصلنا، على نفس المنحني المبين بالشكل1 : Kv-50Hz-Lag PF =0.7 إذ استخدمت مكثفات متصلة دلتا لتحسين عامل الاستطاعة إلى 0.93.

تجدر الإشارة إلى أن، وضع وسائل تعويض إضافية بالإضافة إلى وسائط التنظيم الضرورية يكون مصحوباً بنفقات كبيرة جداً على هذه التجهيزات و عملية استثمارها، بالإضافة إلى كلفة ضياعات القدرة في التجهيزات نفسها. وانطلاقاً من الاعتبارات الآنفة الذكر جميعها ، فإن المستوى الأمثل لتعويض الاستطاعة الردية سيكون أقل من الواحد بالتأكيد (a<1). وتؤول المسألة إلى دراسة الجدوى الاقتصادية التي سنتناولها في الفقرة التالية.

يكون وضع وسائل تعويض إضافية مناسباً من الناحية الاقتصادية إذا كان التأثير الناتج عن تخفيض ضياعات القدرة عند تعويض الاستطاعة الردية، أكبر من النفقات الاستثمارية لوسائل التعويض المستخدمة أو الموضوعة في الخدمة[2]. أي بمعنى أن يكون :

$$\Delta X = \delta P . \tau_p . C_a - Z_K \leq 0 \dots\dots (5)$$

إذ : ΔX مستوى التعويض المطلوب الذي يقارن بين التأثير الناتج عن تخفيض الضياعات عند تعويض الاستطاعة الردية والنفقات الاستثمارية لوسائط التعويض (معامل يعبر عن مستوى التعويض الأمثل للاستطاعة الردية).

τ_p القيمة المتوسطة لزمن الضياع الناتج عن سريان الاستطاعة الردية (Hour /year) .

C_a الكلفة النوعية لضياع القدرة الكهربائية ($/KW.h) .

$Q_K . z_K Z_K$= النفقات الاستثمارية على وسائل التعويض ($/year).

z_K النفقات الاستثمارية النوعية على وسائط التعويض المستخدمة (\$/KVAR .year).

و بغرض تبسيط الدراسة قمنا بإهمال بعض المركبات المؤثرة [2] في عملية تعويض الاستطاعة الردية في المعادلة (5) (مثل رفع مستوى التوتر ، خصائص التمرير....وغيرها).

يمكننا الآن تحديد مستوى التعويض الأمثل للاستطاعة الردية حسابياً، وذلك بتعويض المعادلة (4) في المعادلة (5)، حيث نحصل عندئذ على المعادلة التالية :

$$\Delta X = \frac{Q_p^2 . a(2-a) R . \tau_p . C_a}{U^2} - Q_p . a . Z_k \ldots\ldots\ldots (6)$$

إذا قمنا باشتقاق المعادلة السابقة (6) بالنسبة لمستوى التعويض (a) ؛ ومساواة الناتج للصفر ، فإننا نحصل على المعادلة التالية :

$$\frac{2Q_p^2(1-a) R . \tau_p . C_a}{U^2} - Q_p . Z_k = 0 \ldots\ldots\ldots (7)$$

ويعطي حل هذه المعادلة بالنسبة إلى (a) المعادلة التالية :

$$a = 1 - \frac{Z_K . U^2}{2Q_p . R . \tau_p . C_a} \ldots\ldots\ldots (8)$$

تبين المعادلة (8) إمكانية تحديد المستوى الأمثل لتعويض الاستطاعة الردية $a_{optimum}$ ، الذي يكون عنده أثر التعويض أعظمياً [3] ، مع الانتباه إلى أن المعادلة (8) تؤكد لنا بشكل قاطع صحة الشرط الموضوع (a<1) .

نقوم الآن بضرب البسط والمقام في الطرف الأيمن من المعادلة (8) بالمقدار (Q_p) فنحصل على ما يلي :

$$a = 1 - \frac{Q_p . Z_K . U^2}{2Q_p^2 . R . \tau_p . C_a} \ldots\ldots\ldots (9)$$

وكما هو معروف لدينا ، فإن :

$$\frac{Q_P^2}{U^2} = I_P^2 \quad \ldots\ldots \qquad (9-1)$$

يمكننا بعد تعويض المعادلة (9–1) في المعادلة (9) الحصول على مستوى تعويض الاستطاعة الردية بالشكل التالي :

$$a = 1 - \frac{Q_p . Z_K}{2I_p^2 . R . \tau_p . C_a} \ldots\ldots\ldots (10)$$

و بالأخذ بالحسبان أن :

$$\gamma = \frac{I_p^2 . R}{Q_p}$$

$$\gamma = \frac{\Delta P^{\circlearrowleft}}{Q_P^{\circlearrowleft}} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (11)$$

إذ إنّ : γ هي المكافئ الاقتصادي للاستطاعة الردية (KW/KVAR)،عندئذ ستأخذ المعادلة (10) الشكل التالي :

$$a = 1 - \frac{Z_K}{2 . \gamma . \tau_p . C_a} \ldots\ldots\ldots (12)$$

تعتبر المعادلة السابقة الناتجة (12) علاقة أساسية تسمح لنا بإجراء الدراسة التحليلية لتأثير البارامترات الأولية: Z_K, γ, τ_p, C_a على مستوى التعويض الأمثل بشكل سهل وبسيط [3] .

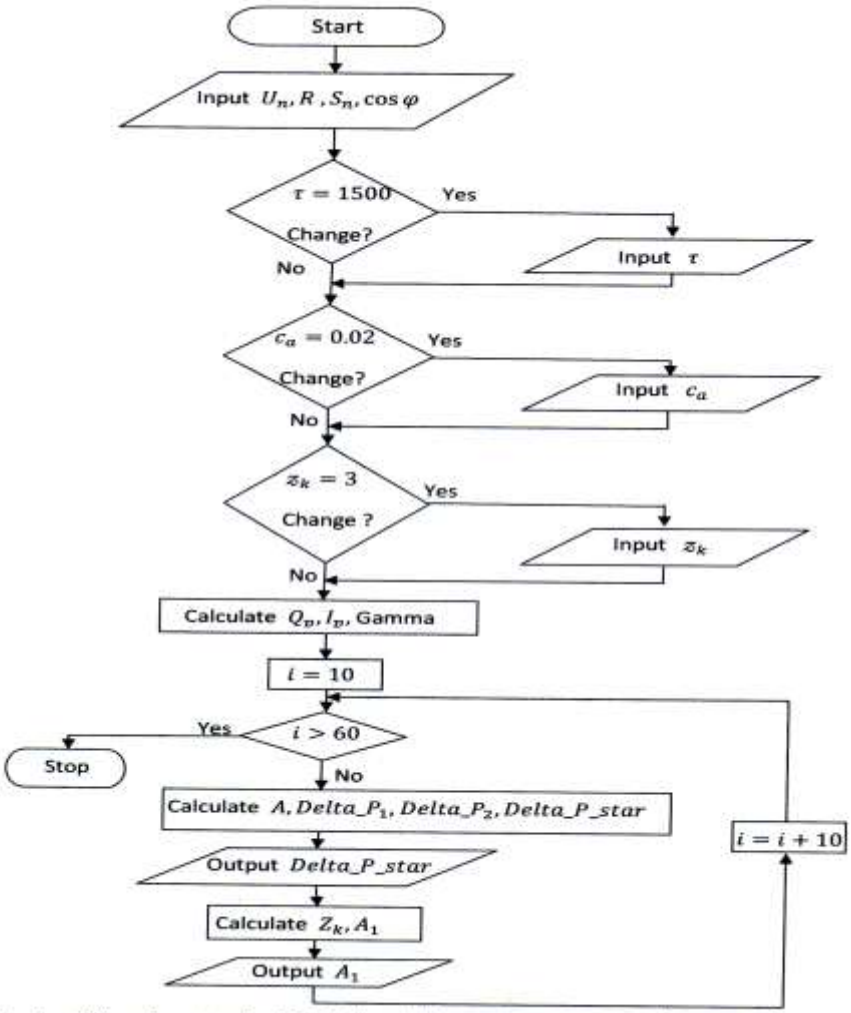
نبين على الشكل (2) المنحنيات المعبرة عن العلاقة $a = f(\gamma)$ من أجل قيم مختلفة للبارمترات Z_K, τ_p, C_a . حيث يتضح لنا من الشكل (2) أنه بزيادة المكافئ الاقتصادي للاستطاعة الردية γ فإن مستوى التعويض سيزداد :

فمثلاً وبحسب الشكل (2) : – عندما تكون $\gamma = 0.08\ KW/KVAR$ ،فإن a=0.73 (المنحني 3) .

– عندما تكون $\gamma = 0.16\ KW/KVAR$ ،فإن a=0.88 (المنحني 2) .

* إذا قبلنا بأن المكافئ الاقتصادي للاستطاعة الردية يساوي $\gamma = 0.08 \div 0.1 \frac{KW}{KVAR}$ [5] ، الأمر الذي يتوافق مع البارامترات المحددة لشبكات التوزيع ذات التوترات (10,20,35)KV ، ومن أجل قيم مختلفة للمعطيات الأولية الأخرى ، فإن مستوى التعويض الأمثل للاستطاعة الردية سيأخذ القيم a=0.37÷0.93 .

سنبين في الشكل (A) الألغوريتم (المخطط الصندوقي) لطريقة حساب البارامترات الداخلة في تحديد معامل الاستطاعة الأمثل . كما نبين على الشكل (B) البرنامج المقترح لتحديد معامل الاستطاعة الأمثل والمكافئ الاقتصادي للاستطاعة الردية ، كذلك يبين الشكل (C) برنامجا لإنشاء المنحنيات وفق البرنامج السابق بعد الأخذ بالاعتبار تغير مستوى تعويض الاستطاعة الردية.



الشكل (A) يبين الألغوريتم المتبع لتحديد الثوابت الداخلة في تحديد مستوى التعويض الأمثل

```
#include<iostream.h>
#include<math.h>
void main()
{
	double
U,R,Qk,Qp,Sn,Cos,A,Delta_P1,Delta_P2,Delta_P_Star,Ip;
	double tp,ca,zk,Zk;
	double o1,o2,o3,A1,Gamma;
	cout<<"Enter Un (in kV) = ";
	cin>>U;
	cout<<"Enter R (in ohm) = ";
	cin>>R;
	cout<<"Enter Sn (in kVA) = ";
	cin>>Sn;
	cout<<"Enter Cos@ = ";
	cin>>Cos;
	Qp=Sn*sin(acos(Cos));
	cout<<"The Value Of tp is 1500 (Hour/Year)
."<<endl;
	cout<<"Do You Want to Change it?"<<endl;
	cout<<"Enter (0) For Yes,Or (1) For No:";
	cin>>o1;
	if(o1==1)
	tp=1500;
	else{
cout<<"Enter tp in (Hour/Year) = ";
			cin>>tp;
	}
	cout<<"The Value Of ca is 0.02 ($/kW.Hour)
."<<endl;
	cout<<"Do You Want to Change it?"<<endl;
	cout<<"Enter (0) For Yes,Or (1) For No:";
	cin>>o2;
	if(o2==1)		ca=0.02;
	else{
	cout<<"Enter ca in ($/kW.Hour) = ";
		cin>>ca;
	}
	cout<<"The Value Of zk is 3 ($/(kVar.Year))
."<<endl;
	cout<<"Do You Want to Change it?"<<endl;
	cout<<"Enter (0) For Yes,Or (1) For No:";
	cin>>o3;
if(o3==1)			zk=3;
```

Part 1

```
else{
		cout<<"Enter zk in ($/(kVar.Year)) = ";
		cin>>zk;
	}
	Ip=sqrt(pow(Qp,2)/pow(U,2));
	Gamma=(pow(Ip,2)*R)/(1000*Qp);
	cout<<Gamma<<endl;
	for(int i=10;i<=60;i=i+10){
		Qk=((100-i)*Qp/100);
		cout<<" Qk = "<<Qk<<endl;
		A=Qk/Qp;
		cout<<"A = "<<A<<endl;
		Delta_P1=pow(Qp,2)*R/pow(U,2);
		Delta_P2=pow(Qp,2)*A*(2-
A)*R/pow(U,2);
		Delta_P_Star=Delta_P2/Delta_P1;
		cout<<"Delta P Star =
"<<Delta_P_Star<<endl;
		Zk=zk*Qk;
		A1=1-Zk/(2*Gamma*tp*ca);
		cout<<"A From Sec Low is
="<<A1<<endl;
	}
}
```

Part 2

*** الشكل (B) يبين برنامجاً بلغة (C++) يعبرعن النموذج الرياضي المقترح لتحديد عامل الاستطاعة الأمثل والمكافئ الاقتصادي للاستطاعة الردية [4]:**

```
U=input('Enter Un (in kV) = ');
R=input('Enter R (in ohm) = ');
Qp=input('Enter Qp (in kVA) = ');
disp('The Value Of tp is 1500 (Hour/Year) .');
disp('Do You Want to Change it?');
o1=input('Enter (0) For Yes,Or (1) For No:');
if o1==1
   tp=1500;
else
   tp=input('Enter tp in (Hour/Year) = ');
end
disp('The Value Of ca is 0.02 ($/kW.Hour) .');
disp('Do You Want to Change it?');
o2=input('Enter (0) For Yes,Or (1) For No:');
if o2==1
   ca=0.02;
else
   ca=input('Enter ca in ($/kW.Hour) = ');
end
disp('The Value Of zk is 3 ($/(kVar.Year)) .');
disp('Do You Want to Change it?');
o3=input('Enter (0) For Yes,Or (1) For No:');
if o3==1
   zk=3;
else
   zk=input('Enter zk in ($/(kVar.Year)) = ');
end
ip=Qp^2/U^2;
Gamma=ip*R/(Qp*1000);
Qk=((100-10)*Qp/100);
A=Qk/Qp;
disp('A = ')
disp(A) Delta_P1=(Qp^2*R)/(U^2);
Delta_P2=(Qp^2)*A*(2-A)*R/(U^2);
Delta_P_Star=Delta_P2/Delta_P1;
disp('Delta P Star = ')
disp(Delta_P_Star)
Zk=zk*Qk;
A1=1-Zk/(2*Gamma*tp*ca);
disp('A From Sec Low is = ')
disp(A1)
x1=0:0.04:A1;
y1=x1.*(2-x1);
Qk=((100-20)*Qp/100);
A=Qk/Qp;
disp('A = ')
disp(A)
```

Part 1

```
Delta_P1=(Qp^2*R)/(U^2);
Delta_P2=(Qp^2)*A*(2-A)*R/(U^2);
Delta_P_Star=Delta_P2/Delta_P1;
disp('Delta P Star = ')
disp(Delta_P_Star)
Zk=zk*Qk;
A2=1-Zk/(2*Gamma*tp*ca);
disp('A From Sec Low is = ')
disp(A2)
x2=0:0.04:A2;
y2=x2.*(2-x2);
Qk=((100-30)*Qp/100);
A=Qk/Qp;
disp('A = ')
disp(A)
Delta_P1=(Qp^2*R)/(U^2);
Delta_P2=(Qp^2)*A*(2-A)*R/(U^2);
Delta_P_Star=Delta_P2/Delta_P1;
disp('Delta P Star = ')
disp(Delta_P_Star)
Zk=zk*Qk;
A3=1-Zk/(2*Gamma*tp*ca);
disp('A From Sec Low is = ')
disp(A3)
x3=0:0.04:A3;
y3=x3.*(2-x3);
Qk=((100-40)*Qp/100);
A=Qk/Qp;
disp('A = ')
disp(A)
Delta_P1=(Qp^2*R)/(U^2);
Delta_P2=(Qp^2)*A*(2-A)*R/(U^2);
Delta_P_Star=Delta_P2/Delta_P1;
disp('Delta P Star = ')
disp(Delta_P_Star)
Zk=zk*Qk;
A4=1-Zk/(2*Gamma*tp*ca);
disp('A From Sec Low is = ')
disp(A4)
x4=0:0.04:A4;
y4=x4.*(2-x4);
Qk=((100-50)*Qp/100);
A=Qk/Qp;
disp('A = ')
disp(A)
Delta_P1=(Qp^2*R)/(U^2);
Delta_P2=(Qp^2)*A*(2-A)*R/(U^2);
Delta_P_Star=Delta_P2/Delta_P1;
```

Part 2

```
disp('Delta P Star = ')
disp(Delta_P_Star)
Zk=zk*Qk;
A5=1-Zk/(2*Gamma*tp*ca);
disp('A From Sec Low is = ')
disp(A5)
x5=0:0.04:A5;
y5=x5.*(2-x5);
Qk=((100-60)*Qp/100);
A=Qk/Qp;
disp('A = ')
disp(A)
Delta_P1=(Qp^2*R)/(U^2);
Delta_P2=(Qp^2)*A*(2-A)*R/(U^2);
Delta_P_Star=Delta_P2/Delta_P1;
disp('Delta P Star = ')
disp(Delta_P_Star)
Zk=zk*Qk;
A6=1-Zk/(2*Gamma*tp*ca);
disp('A From Sec Low is = ')
disp(A6)
x6=0:0.04:A6;
y6=x6.*(2-x6);
subplot(2,3,1),plot(x1,y1);
subplot(2,3,2),plot(x2,y2);
subplot(2,3,3),plot(x3,y3);
subplot(2,3,4),plot(x4,y4);
subplot(2,3,5),plot(x5,y5);
subplot(2,3,6),plot(x6,y6);
```

Part 3

***الشكل (C) يبين برنامجاً بلغة (MATLAB) لإنشاء المنحنيات وفقاً للبرنامج السابق مع الأخذ بالحسبان تغير مستوى تعويض الاستطاعة الردية**

```
gamma=Zk/(2*ca*tp);
w1=gamma:0.001:Gamma;
v1=1-Zk./(2*w1*tp*ca);
gamma=Zk/(2*ca*tp);
w2=gamma:0.0001:Gamma;
v2=1-Zk./(2*w2*tp*ca);
gamma=Zk/(2*ca*tp);
w3=gamma:0.0001:Gamma;
v3=1-Zk./(2*w3*tp*ca);
gamma=Zk/(2*ca*tp);
w4=gamma:0.0001:Gamma;
v4=1-Zk./(2*w4*tp*ca);
gamma=Zk/(2*ca*tp);
w5=gamma:0.0001:Gamma;
v5=1-Zk./(2*w5*tp*ca);
gamma=Zk/(2*ca*tp);
w6=gamma:0.0001:Gamma;
v6=1-Zk./(2*w6*tp*ca);
subplot(2,3,1),plot(w1,v1);
subplot(2,3,2),plot(w2,v2);
subplot(2,3,3),plot(w3,v3);
subplot(2,3,4),plot(w4,v4);
subplot(2,3,5),plot(w5,v5);
subplot(2,3,6),plot(w6,v6);
```

*** الشكل (D) يبين برنامجاً بلغة (MATLAB) لإنشاء علاقة (a=f(γ وفقاً لمستوى الاستطاعة الردية المطلوب تعويضها :**

النتائج والمناقشة:

1- عند القيام بتعويض الاستطاعة الردية في الشبكات الكهربائية . فإنه لا يكون مناسباً من الناحية الاقتصادية إجراء التعويض الكامل أو الكلي، إذ إنّ عامل الاستطاعة الأمثل يعبر عن عامل الاستطاعة المطلوب تحقيقه باستخدام وسائل تعويض، بحيث لا تزيد كلفة هذه الوسائل عن كلفة ضياعات القدرة الناتجة .

2- يتعلق المستوى الأمثل لتعويض الاستطاعة الردية في شبكات التوزيع ، بقيم النفقات الاستثمارية على وسائل التعويض – وبكلفة ضياعات القدرة- وبمنحنيات الحمولة لعناصر الشبكات الكهربائية .

3- يأخذ معامل التعويض الأمثل قيماً a=0.37÷0.93 ، تبعاً للمعطيات الأولية لعناصر الشبكة، ومنحني الحمولة لهذه الشبكة والمستنتجة من المنحنيات المبينة في الشكل (1) و (2).

4- تم وضع برنامج بلغة C++ لتمثيل المنحنيات الناتجة ،يمكن الاستفادة منه للحصول على النتائج المطلوبة لأي عنصر من عناصر نظام القدرة بعد التعويض بالبارامترات الموافقة له.

5- تم وضع برنامج مبسط باستخدام برنامج MATLAB يسمح بإنشاء المنحنيات المطلوبة بعد تعويض البارامترات المطلوبة في البرنامج بقيمها الموافقة.

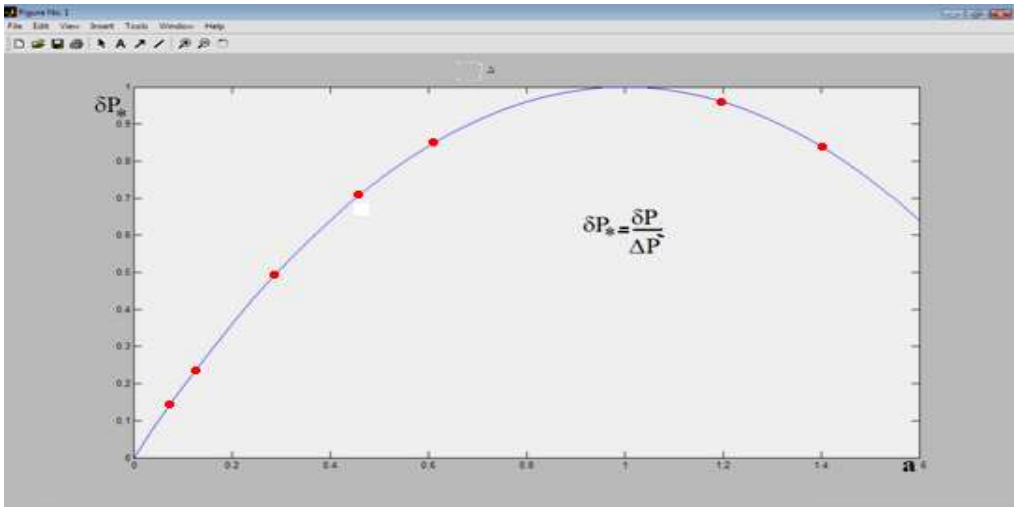
الاستنتاجات والتوصيات :

1- يمكن الاستفادة من النموذج الرياضي المستخدم في هذا العمل لمعرفة مستوى التعويض المطلوب لعناصر الشبكة المختلفة المستهلكة للاستطاعة الردية، الأمر الذي يجعل تطبيقه ممكناً على شبكة كاملة مؤلفة من مجموعة عقد و عناصر .

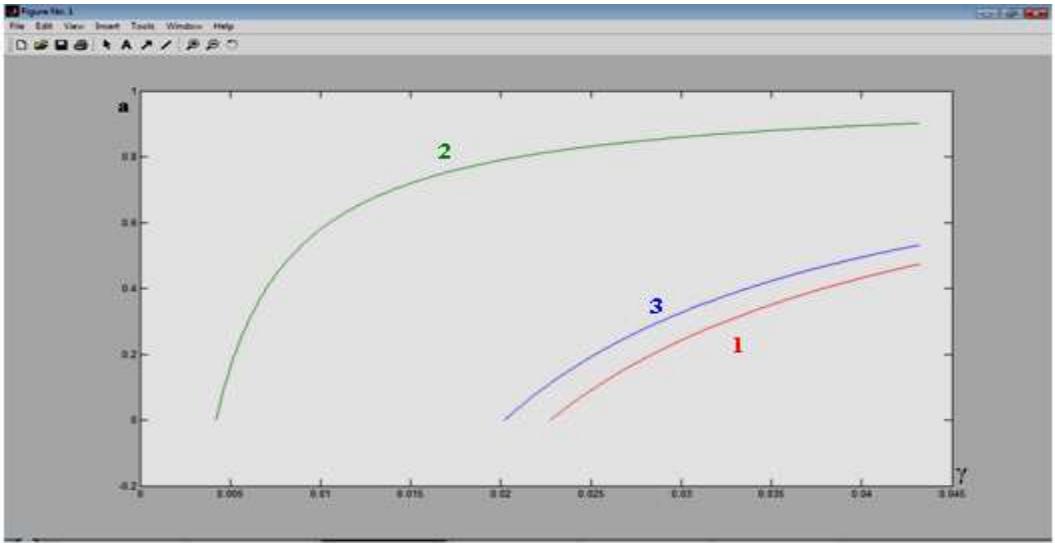
2- يمكن الاستفادة من البرنامج الموضوع بلغة C++ للحصول على التمثيل البياني الذي يبين علاقة ضياعات الاستطاعة الفعلية النسبية بمستوى التعويض الأمثل لأي عنصر من عناصر نظام القدرة بعد التعويض بالبارامترات الموافقة له.

3- يمكن استخدام البرنامج المكتوب في بيئة الـ MATLAB لإنشاء المنحنيات المطلوبة المعبرة عن علاقة مستوى التعويض بالمكافئ الاقتصادي للاستطاعة الردية، بعد تعويض البارامترات المطلوبة في البرنامج بقيمها الموافقة، بالاعتماد على منحني الحمولة .

4- عند القيام بتعويض الأحمال الردية في الشبكات الكهربائية، يجب إجراء دراسة للحمل المراد تعويضه وتحديد مستوى التعويض المطلوب ، ليصار إلى تحقيق الجدوى الفنية – الاقتصادية من عملية التعويض واستخدام وسائط التعويض المطلوبة .



الشكل (1) يبين علاقة ضياع الاستطاعة الفعلية δP_* في عناصر الشبكة الكهربائية
كتابع لمستوى تعويض الاستطاعة الردية: $\delta P_* = f(a)$



الشكل(2) يبين علاقة المستوى الأمثل لتعويض الاستطاعة الردية كتابع للمكافئ الاقتصادي للاستطاعة الردية : $a = f(\gamma)$ في الحالات التالية :

$$\tau_P = 1500\frac{h}{y} \quad , \quad c_2 = 0.02\frac{\$}{KW.h} \quad .Z_K = \frac{3\$}{KVAR.year}.$$

$$\tau_P = 3000\frac{h}{y} \quad , \quad c_2 = 0.03\frac{\$}{KW.h} \quad .Z_K = \frac{1\$}{KVAR.year}$$

$$\tau_P = 2000\frac{h}{y} \quad , \quad c_2 = 0.025\frac{\$}{KW.h} \quad .Z_K = \frac{2.1\ \$}{KVAR.year}$$

ملاحظة : تم في سياق هذا العمل اختيار المعطيات الأولية في المثال التوضيحي (الشكل 2) ، بحيث تكون المنحنيات الحدية (المنحني الأعلى والأدنى)هي (1)و(2)، أما عند إنشاء المنحني (3) فتم أخذ القيم الوسطية للمعطيات الأولية .

المراجع:

1- SINKOV, V.M. & Others. *Reducing of power losses in distribution stations*, Russian reference, 1990.

2- RABINOVICH, M. L. *Guide of industrial factories power supply & its designing calculations*, Russian reference, 1990.

3- SEROMITNIKOV. I. A. *Synchronous & Asynchronous motors systems*, Russian reference, 1994.

4- الدوه جي ، د.صلاح . *كيف تبرمج بلغة C++ والتصميم غرضي التوجه* ، مرجع صادر عن دار شعاع، 2004 .

5- محمد ، د. كاميليا يوسف .مكثفات تحسين معامل القدرة، مرجع صادر عن عن شركة توزيع كهرباء الاسكندرية في مصر، 2005-2004.