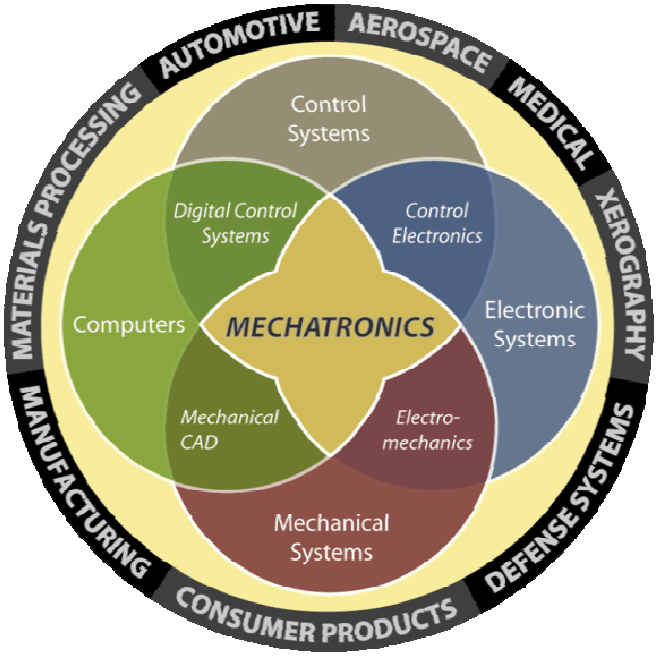
تصميم برنامج حاسوبي باللغة \ Visual C++ \ يدرس نظام ميكاترونكس
لقيادة محرك تحريضي حيث يتم إعادة طاقة الانزلاق فيه إلى الشبكة بطريقة شيربيوس
\ Scherbius Drive For Slip Energy Recovery \

تصميم برنامج حاسوبي باللغة \ Visual C++ \ يدرس نظام ميكاترونكس لقيادة المضخات والمراوح ذات الاستطاعة الكبيرة 10MW
مع إمكانية استرجاع قدرة الانزلاق في المحرك التحريضي

إعداد وتنفيذ المهندس
محمد ربيع عثمان

◄– **تعريف الميكاترونكس:**



أختلف التعريف الهندسي للميكاترونكس منذ أن بدأت وحتى يومنا هذا وذلك بسبب التقدم المستمر لها بشكل يومي، فالميكاترونكس هو العلم الهندسي الذي يربط بين الهندسة الميكانيكية والهندسة الكهربائية وهندسة الحاسب وأنظمة التحكم.

كما عرفها تاكاشي ياماجوشي كان يعمل في مجموعة تاهيشي المحدودة قائلاً " ميكاترونكس هي علم الأسلوب في تصميم المنتجات التي تتصرف بسرعة وتؤدي أداءً دقيقاً ، هذه الخصائص تمكن تحقيقها ليس عن طريق الإدراك الميكانيكي وحده وإنما يستلزم استخدام التحكم والحساسات والإلكترونيات"

ميكاترونكس هي الاستخدام للمتحكمات الصغيرة Microcontrollers والـــــمعالجات الصغرية Microprocessors و الإلكترونيات الرقمية في التصميم وأنظمة التحكم والآلات الذكية Smart Machines. مشتملة على الاستخدام لمجموعة متقدمة جداً من البرامج الهندسية.

◄ - **أهمية أنظمة الميكاترونكس :**

عبَر جون إلتر نائب رئيس البرنامج التخطيطي لشركة زيروكس Xerox ، عن أهمية الميكاترونكس حيث قال: "نحن نحتاج لمصممين قادرين على فهم نظرية التحكم بالشكل الكافي حتى ينفذ التصميم الأفضل" ، فالميكاترونكس هي نتيجة التقدم السريع الآن، ويمكن ملاحظة ميكاترونكس في العديد من الصناعات مثل صناعة المتحكمات في الغسالات، في الأقراص الصلبة ، في أجهزة الكمبيوترات المحمولة، في صناعة الأقراص المضغوطة CD-Rom في أجهزة التحكم المركبة على الصمامات، في أنظمة الـــــ PLC في لوحات التحكم عموماً، ولا ننسى أهم أهداف الميكاترونكس وهي الروبوتات Robotics.

◄- **تاريخ الميكاترونكس**

يعود مصطلح الميكاترونكس إلى 1960 في اليابان حيث بدأ استخدامه في إحدى شركات التحكم هناك، ثم بدأ هذا المصطلح في الانتشار بقارة أوروبا، وكان هذا اللفظ يطلق على جهاز كمبيوتر للتحكم بمحرك كهربائي.

في السبعينيات بدأ هذا المصطلح ينتشر بسبب انتشار تكنولوجيا المؤازرة أو التحكم Servo Technology.

في الثمانينات ومع وجود تكنولوجيا المعلومات Information Technology وبدء ظهور المعالجات الصغيرة Microprocessors والمتحكمات الصغيرة Microcontroller واستخدامها في الأعمال الميكانيكية، أصبح عندها المصطلح يأخذ شكلاً موسعاً.

في التسعينات ومع ظهور الاتصالات ، انضمت الاتصالات أيضاً إلى ميكاترونكس، لزيادة الأداء وزيادة التقدم حيث أنها زادت من الفاعلية اللاسلكية للتحكم بالروبوت.

ولازلنا نشهد حتى يومنا هذا ما تقدمه ميكاترونكس لنا يومياً، ويمكنك أن تشهدوا ذلك بوضوح أكثر في سيارات المرسيدس و BMW ، كما أن ميكاترونكس بدأت خدمة مجال الطيران أيضاً وهي واضحة في صناعة الطائرات في طيارة إير باص Air Bus A380 الجديدة، إن ميكاترونكس هي المستقبل بعينه، وهي كما قال دافور هاروفات متخصص فني في معمل فورد للبحوث " إن ميكاترونكس هي خليط من التكنولوجيا و الأساليب، فيهما نساعد في الحصول على منتج أفضل".

❖ **مجالات الميكاترونكس**

- التحكم والتشغيل الآلي Control and Automation
- الرجال الآليين والروبوتات Robotics
- الرسم الهندسي باستخدام الكمبيوتر CAD/CAM
- المادة وتصنيع العمليات والمعالجات Material and Manufacturing Processes
- أنظمة المراقبة والتفتيش Monitoring and Inspection Systems

Study case /1/:

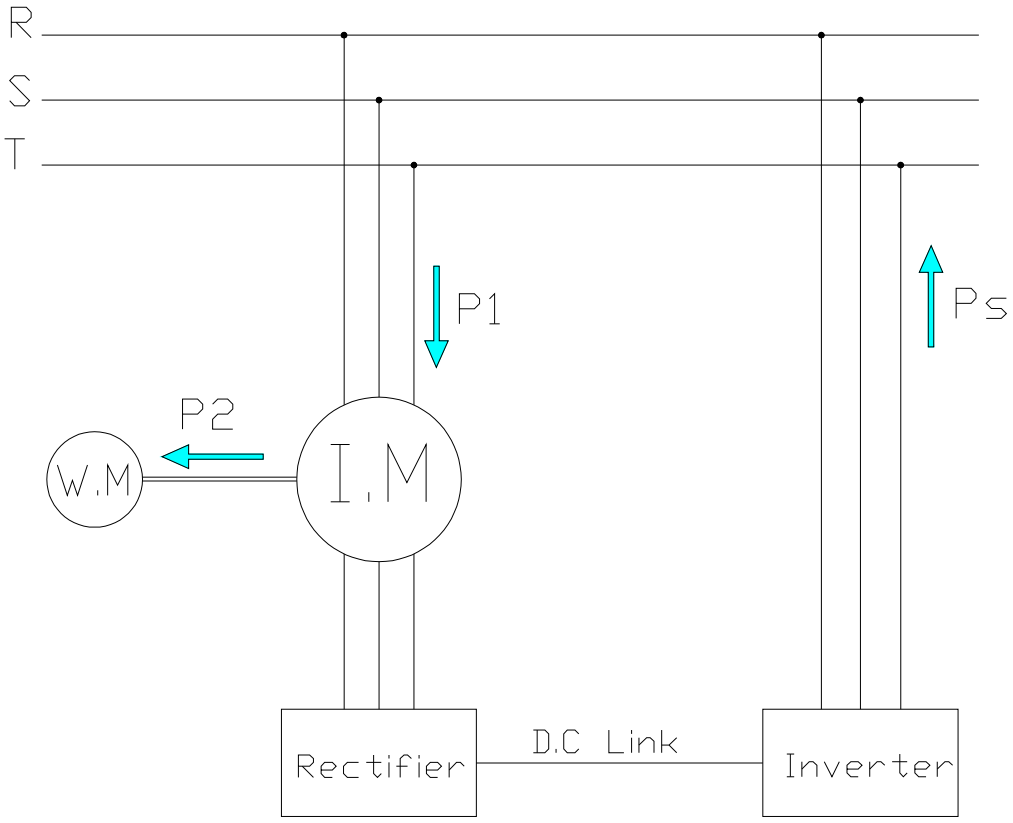
نظام ميكاترونكس لقيادة آلة بمحرك تحريضي يتم التحكم به بطريقة " Scherbius Drive "
من أجل إعادة طاقة الانزلاق " Slip Energy Recovery " إلى الشبكة بواسطة
Converter (AC-DC-AC) ويملك المواصفات التالية:

Voltage phase to phase = 440 volt
Frequency of Network = 50 Hertz
Number of Poles = 4 pole
Y connected wound rotor.
Resistance of Stator = 0.5 ohm .
Resistance of rotor (Compared with Stator) = 0.4 ohm.
Reactance of stator = 1.2 ohm.
Reactance of rotor (Compared with Stator) = 1.2 ohm.
Transformation Ratio = 3.5

المطلوب:

1- حساب عزم المحرك الموافق للسرعة [r.p.m] 1200 عند حقن العاكس "Inverter" لدائر المحرك بالتوتر
$Vr = 15\angle 0^{\circ}$ (فرق الصفحة مقاس بالنسبة لتوتر المنبع)

2- حساب فرق الصفحة والتوتر اللازم حقنه في دائر المحرك بواسطة العاكس لتوليد نفس السرعة [r.p.m]1200
نفس العزم عند نفس السرعة [r.p.m]1200 ومن أجل عامل استطاعة مساو للواحد $\cos\Phi=1$



نظام قيادة شيربيوس لإعادة طاقة الانزلاق للشبكة الكهربائية باستخدام مجوعتي تبديل الكترونية

تفسير معنى الرموز المستخدمة في البرنامج الحاسوبي الأول:

Ul: Voltage phase to phase [volt].
Fr: Frequency of Electrical network [Hz].
P: Number of poles.
n: Engine rotation speed [r.p.m].
n1: Synchronous speed [r.p.m].
Rs: Resistance of Stator.
Rrs: Resistance of rotor (Compared with Stator).
Xs: Reactance of stator.
Xrs: Reactance of rotor (Compared with Stator).
a: Transformation Ratio.
z1: Total resistance for stator and rotor \ Rs+Rrs[ohm] \ .
z2: Total reactance for stator and rotor \ Xs+Xrs[ohm] \ .
z-abs: Absolute value of total impedance for polar complex form.
z-ang: angle value of total impedance for polar complex form.
Slip: Slipping Factor $slip = \frac{n1 \quad n}{n1}$.
fir: Angle between current and voltage.
Irs-abs: Absolute value of current for polar complex form.
Irs-ang: angle value of current for polar complex form.
Vr-abs: Absolute value of injection voltage for polar complex form.
Vr-ang: angle value of injection voltage for polar complex form.
Vrs-abs: Absolute value of injection voltage compared with stator.
Vrs-ang: angle value of injection voltage compared with stator.
Pg: Power of air gap[w].
Ps: Short circuit power[w].
Ws: angular speed of rotation [rad/sec] .
T : Engine torque [n.m].

الكود البرمجي باستخدام لغة
C++

```
#include<iostream.h>
#include<math.h>
void main()

    {

    float Ul,Fr,P,n,n1,Rs,Rrs,Xs,Xrs,N,z1,z2,z_ang1,z_abs,z_ang,slip,fir,
          Irs_abs,Irs_ang,Vrs_abs,Vr_abs,Vr_ang,Pg,Ps,ws,T;
    const float pi=3.14;

    cout<<"\n Enter voltage phase to phase Ul[volt]:";
    cin>>Ul;       cout<<"\n";
    cout<<" Enter electrical network frequency Fr[hertz]:";
    cin>>Fr;       cout<<"\n";
    cout<<" Enter nomber of poles P[pole] :";
    cin>>P;        cout<<"\n";
    cout<<" Enter value of stator resistance Rs[ohm] :";
    cin>>Rs;       cout<<"\n";
    cout<<" Enter value of rotor resistance (compared With stator) Rrs[ohm] :";
    cin>>Rrs;       cout<<"\n";
    cout<<" Enter value of stator reactance Xs[ohm] :";
    cin>>Xs;       cout<<"\n";
    cout<<" Enter value of rotor reactance (compared with stator) Xrs[ohm] :";
    cin>>Xrs;       cout<<"\n";
    cout<<" Enter transformation ratio of engine N :";
    cin>>N;         cout<<"\n";
    cout<<"_____________________________________________________________________\n";
    cout<<"\n Enter rotation speed of engine [r.p.m] :";
    cin>>n;         cout<<"\n";
    cout<<" Enter value of injection voltage by polar form Vr(Absolute,angle)-please \n\n";
    cout<<" (FIRST)Enter absolute value of injection voltage Vr[volt]: ";
    cin>>Vr_abs;   cout<<"\n";
    cout<<" (SECOND)Enter angle value of injection voltage [degree]: ";
    cin>>Vr_ang;   cout<<"\n";
    cout<<" Now we can calculate the injection voltage compared with stator \n\n Vrs[volt]=";
    Vrs_abs=Vr_abs*N;
    cout<<Vrs_abs<<"<"<<Vr_ang<<endl;
    n1=(2*60*Fr)/P;  //synchronous speed
    cout<<"\n Synchronous Speed n1[r.p.m] = "<<n1<<endl;
    slip=(n1-n)/n1;
    cout<<"\n slipping Factor = "<<slip<<endl;
    z1=Rs+(Rrs/slip);
    z2=Xs+Xrs;
    cout<<"\n Equivalent impedance by complex form z[ohm] = z1 + jz2 ="<<z1<<"+j"<<z2<<endl;
    cout<<"\n For conversion to polar form z(Absolute,angle)\n\n";
    z_abs=(sqrt((pow(z1,2))+(pow(z2,2))));
    z_ang1=(atan (z2/z1));
    z_ang=z_ang1*180/pi;
    cout<<" z="<<z_abs<<"<"<<z_ang<<endl;
    Irs_abs=((Vrs_abs/slip)-(Ul/(sqrt(3))))/z_abs;
    Irs_ang=180-z_ang;
    cout<<"\n Irs="<<Irs_abs<<"<"<<Irs_ang<<endl;
    fir=Irs_ang*pi/180;
    Pg=((3*(pow(Irs_abs,2))*Rrs)+(3*Vrs_abs*Irs_abs*cos(fir)))/slip;
    cout<<"\n Power of air_gap Pg[watt]="<<Pg<<endl;
    ws=(2*pi*n1)/60;
    T=Pg/ws;
    cout<<"\n T="<<T<<"[N.m]"<<endl;

    }
```

صفحة النتائج :

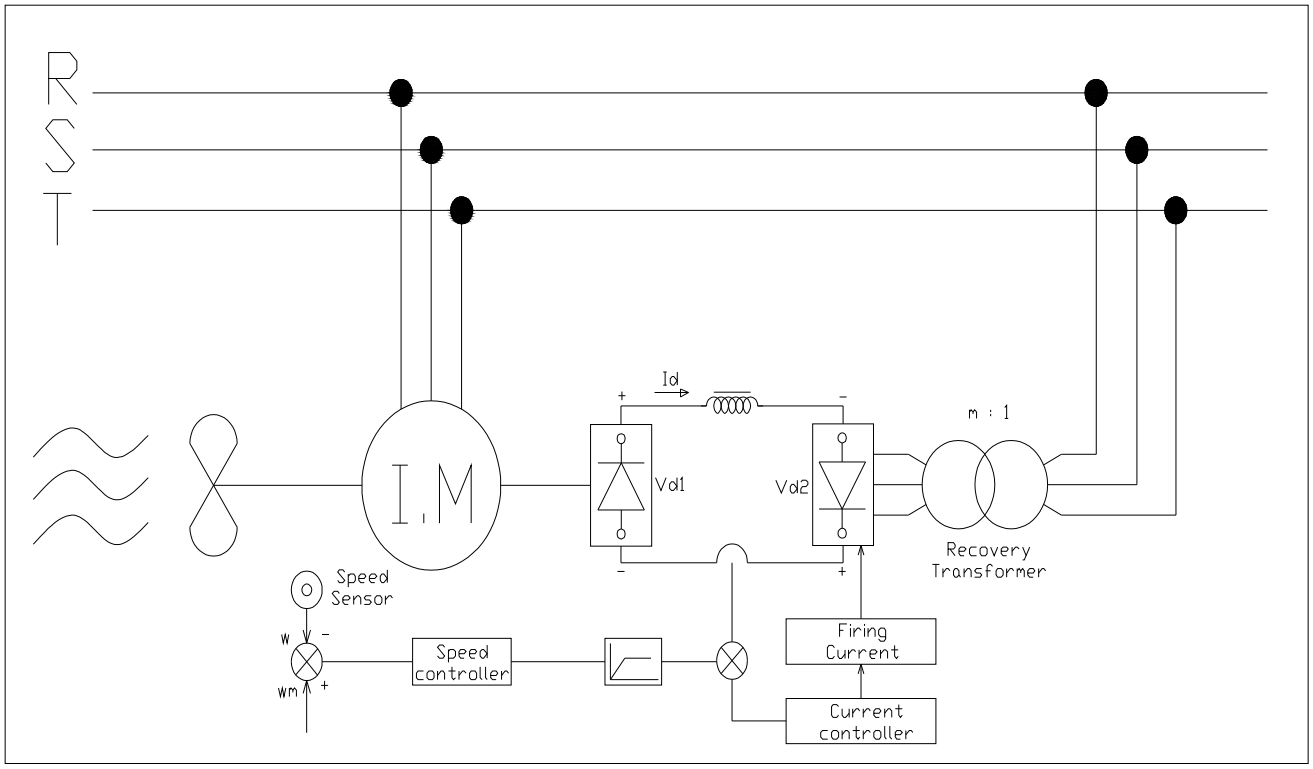
```
Enter voltage phase to phase Ul[volt]:440
Enter electrical network frequency Fr[hertz]:50
Enter nomber of poles P[pole] :4
Enter value of stator resistance Rs[ohm] :0.5
Enter value of rotor resistance (compared With stator) Rrs[ohm] :0.4
Enter value of stator reactance Xs[ohm] :1.2
Enter value of rotor reactance (compared with stator) Xrs[ohm] :1.2
Enter transformation ratio of engine N :3.5

Enter rotation speed of engine [r.p.m] :1200
Enter value of injection voltage by polar form Vr(Absolute,angle)-please
(FIRST)Enter absolute value of injection voltage Vr[volt]: 15
(SECOND)Enter angle value of injection voltage [degree]: 0
Now we can calculate the injection voltage compared with stator
Vrs[volt]=52.5<0
Synchronous Speed n1[r.p.m] = 1500
slipping Factor = 0.2
Equivalent impedance by complex form z[ohm] = z1 + jz2 =2.5+j2.4
For conversion to polar form z(Absolute,angle)
z=3.46554<43.8531
Irs=2.44287<136.147
Power of air_gap Pg[watt]=-1349.85
T=-8.59776[N.m]
Press any key to continue
```

نظام ميكاترونكس لقيادة المضخات والمراوح ذات الاستطاعة الكبيرة 10MW
مع إمكانية استرجاع قدرة الانزلاق في المحرك التحريضي

Study case /2/:

نظام ميكاترونكس لقيادة مضخة نفط بمحرك تحريضي متحكم به بطريقة " Scherbius Drive " من أجل استرجاع طاقة الانزلاق والمواصفات كمايلي:

Voltage phase to phase = 440 volt
Frequency of Network = 50 Hertz
Speed of engine = 970 [r.p.m]
Number of Poles = 6 pole
Y- connected wound rotor.
Resistance of Stator = 0.1 ohm .
Resistance of rotor (Compared with Stator) = 0.08 ohm.
Reactance of stator = 0.3 ohm.
Reactance of rotor (Compared with Stator) = 0.4 ohm.
Transformation Ratio between Stator and rotor = 2.
Range of Speed control Smax = 0.25.
(Firing angle) max = 165 degree.



تفسير معنى الرموز المستخدمة في البرنامج الحاسوبي الثاني:

Ul: Voltage phase to phase [volt].
Fr: Frequency of Electrical network [Hz].
P: Number of poles.
n: Engine rotation speed [r.p.m].
ns: Synchronous speed [r.p.m].
Rs: Resistance of Stator[ohm].
Rrs: Resistance of rotor (Compared with Stator)[ohm].
Xs: Reactance of stator [ohm].
Xrs: Reactance of rotor (Compared with Stator)[ohm].
Smax: Range of Speed control.
Ang_{max}: Maximum angle of Firing control [degree].
N: Transformation Ratio between Stator and rotor.
m: Transformation Ratio between Stator and rotor.
n2: Speed of engine for second order[r.p.m].
a2: Firing angle for second order[degree].
S2:Slipping factor fro second order.
Vd11:Voltage of first thyrestors circuit for second order [volt] .
Vd21:Voltage of second thyrestors circuit for second order [volt] .
Id: Passing Current by equivalent circuit[A].
Td : Engine torque [n.m].
n3: Speed of engine for third order[r.p.m].
S3:Slipping factor fro third order.
Vd13:Voltage of first thyrestors circuit for third order [volt] .
Vd23:Voltage of second thyrestors circuit for third order [volt] .
A,B,C: Parameters for resulted second degree equation.
alpha1: Firing angle for first solution[degree].
alpha2: Firing angle for second solution[degree].
ws: angular speed of rotation [rad/sec] .

الكود البرمجي باستخدام لغة
C++

```
#include<iostream.h>
#include<math.h>
void main()
    {
    double Un,Fr,n,ns,P,Rs,Rrs,Rd,Xs,Xrs,N,Smax,angmax,m,n2,a2,S2,vd11,vd21,
           Rsr,Rr,Id,Td,Tn,Tn05,R,X,S3,n3,ws,vd13,vd23,A,B,C,Sn,delta,delta1,
           alpha1,alpha2,cosa1,cosa2;
    const double pi=3.14159;
    cout<<"\n Enter nominal voltage phase to phase Un[volt]: ";
    cin>>Un;
    cout<<" Enter Frequency of current Fr[Hertz]: ";  cin>>Fr;
    cout<<" Enter nominal Speed of engine n[r.p.m]: ";  cin>>n;
    cout<<" Enter number of poles P[pole] : ";  cin>>P;
    ns=(120*Fr)/P;
    cout<<" Synchronous Speed of engine ns[r.p.m] ="<<ns<<endl;
    cout<<" Enter value of stator resistance Rs[ohm] :";  cin>>Rs;
    cout<<" Enter value of rotor resistance (compared With stator) Rrs[ohm] : ";cin>>Rrs;
    cout<<" Enter value of stator reactance Xs[ohm] :";cin>>Xs;
    cout<<" Enter value of rotor reactance (compared With stator) Xrs [ohm]: ";  cin>>Xrs;
    cout<<" Enter transformation ratio for between stator and rotor N : ";  cin>>N;
    cout<<" Enter range fo speed control Smax : ";  cin>>Smax;
    cout<<" Enter maximum angmax : ";  cin>>angmax;
    m=-((N/Smax)*cos(angmax*pi/180));
    cout<<" Transformation ratio for network voltage to inverter m="<<m<<endl;
    cout<<"---------------------- SECOND ORDER ------------------\n";
    cout<<" Enter nominal Speed of engine for second order n2[r.p.m] = ";  cin>>n2;
    cout<<" Enter a2 = ";  cin>>a2;
    cout<<" Enter Rd = ";  cin>>Rd;
    S2=(ns-n2)/ns;
    cout<<" Slip for n2 is: S2="<<S2<<endl;
    vd11=((3*(sqrt(6)))/pi)*((S2*Un)/(N*(sqrt(3))));
    cout<<" Voltage For First thyrestors circuit Vd11[volt] = "<<vd11<<endl;
    vd21=((3*(sqrt(6)))/pi)*((cos(a2*pi/180)*(Un)/(m*sqrt(3))));
    cout<<" Voltage For second thyrestors circuit Vd21[volt] = "<<vd21<<endl;
    Rsr=Rs*(pow((1/N),2));
    Rr=Rrs*(pow((1/N),2));
    Id=(vd11+vd21)/((2*((S2*Rsr)+Rr))+Rd);
    cout<<" Current passer by equivalent circuit Id[A]= "<<Id<<endl;
```

يتبع في الصفحة التالية.....

```
cout<<" Current passer by equivalent circuit Id[A]= "<<Id<<endl;
Td=(-vd21*Id)/(S2*2*pi*ns/60);
cout<<" Torque of engine Td[N.m] = "<<Td<<endl;
cout<<"---------------------- THIRD ORDER ------------------\n";
cout<<" Enter nominal Speed of engine for third order n3[r.p.m] :";
cin>>n3;
S3=(ns-n3)/ns;
Sn=(ns-n)/ns;
R=Rs+(Rrs/Sn);
X=Xs+Xrs;
ws=(2*pi*ns)/60;
vd13=((3*(sqrt(6)))/pi)*((S3*Un)/(N*(sqrt(3))));
vd23=((3*(sqrt(6)))/pi)*((Un)/(m*sqrt(3)));
Tn=(Un*Un*Rrs/S3)/((2*pi*ns/60)*((pow(R,2))+(pow(X,2))));
Tn05=0.5*Tn;
A=(pow(vd23,2))/((2*((S3*Rsr)+Rr)+Rd)*S3*ws);
B=(vd13*vd23)/((2*((S3*Rsr)+Rr)+Rd)*S3*ws);
C=-Tn05;
//cout<<"A="<<A<<"\n"<<"B="<<B<<"\n"<<"C="<<C<<endl;
delta=(B*B)-(4*A*C);
delta1=sqrt(delta);
if(delta>0)
    {
     cosa1=(-B+delta1)/(2*A);
     cosa2=(-delta1-B)/(2*A);
    }
if(delta=0)
    {
     cosa1=-(B/(2*A));
     cosa2=cosa1;
    }
alpha1=(acos(cosa1))*180/pi;
alpha2=(acos(cosa2))*180/pi;
cout<<" alpha1="<<alpha1<<endl<<" alpha2="<<alpha2<<endl;
}
```

صفحة النتائج :

```
Enter nominal voltage phase to phase Un[volt]: 440
Enter Frequency of current Fr[Hertz]: 50
Enter nominal Speed of engine n[r.p.m]: 970
Enter number of poles P[pole] : 6
Synchronous Speed of engine ns[r.p.m] =1000
Enter value of stator resistance Rs[ohm] :0.1
Enter value of rotor resistance (compared With stator) Rrs[ohm] : 0.08
Enter value of stator reactance Xs[ohm] :0.3
Enter value of rotor reactance (compared With stator) Xrs [ohm]: 0.4
Enter transformation ratio for between stator and rotor N : 2
Enter range fo speed control Smax : 0.25
Enter maximum angmax : 165
Transformation ratio for network voltage to inverter m=7.7274
---------------------- SECOND ORDER ------------------
Enter nominal Speed of engine for second order n2[r.p.m] = 780
Enter a2 = 140
Enter Rd = 0.01
Slip for n2 is: S2=0.22
Voltage For First thyrestors circuit Vd11[volt] = 65.363
Voltage For second thyrestors circuit Vd21[volt] = -58.9059
Current passer by equivalent circuit Id[A]= 105.854
Torque of engine Td[N.m] = 270.654
---------------------- THIRD ORDER ------------------
Enter nominal Speed of engine for third order n3[r.p.m] :800
alpha1=89.2959
alpha2=141.724
Press any key to continue_
```