



Escola Universitària d'Enginyeria
Tècnica Industrial de Barcelona
Consorci Escola Industrial de Barcelona

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Avantprojecte



“ELABORACIÓ D’UN PROGRAMARI D’ANÀLISI TÈRMIC PER A MÀQUINES ELÈCTRIQUES”

Avantprojecte presentat per a l'assignatura PFC1 del
cinquè quadrimestre de l'especialitat d'electricitat
per:

Rahuet Jané, Jaume

Barcelona, 10 de Gener de 2011

Tutor projecte: Ramon Bargalló Perpiñà
Departament d'Enginyeria Eléctrica (DEE)
Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)

SUMARI

AVANTPROJECTE

1. OBJECTE DEL PROJECTE	1
2. ABAST DEL PROJECTE	2
3. JUSTIFICACIÓ	2
3.1. Justificació del projecte	2
3.2. Justificació de l'ús del esquema equivalent	3
3.3. Justificació del llenguatge de programació utilitzat	4
4. PRESENTACIÓ DE LA SOLUCIÓ	5
4.1. Elecció del motor	5
4.2. Entrada de dades	6
4.3. Sortida	8
5. ESBÓS DEL PROJECTE	10
5.1. Esbós de la memòria	10
5.2. Pressupost	10
5.3. Annexes	10
5.4. Arxius adjunts	10
6. AVALUACIÓ ECONOMICA APROXIMADA DEL PROJECTE	11
7. PLANIFICACIÓ DE TASQUES PER A LA REALITZACIÓ DEL PROJECTE.....	12
8. BIBLIOGRAFIA I WEB GRAFIA	13

ANNEX1 CODI DEL PROGRAMA

1.1.	Inicialització, càrrega de llibreries i inicialització dels components de l'aplicació	1
1.2.	Definició de les variables	9
1.3.	Inici del programa	10
1.4.	Funció trunca	10
1.5.	Funció BitBtn1Click (Càlculs)	11
1.5.1.	Definició de matrius	11
1.5.2.	Carrega de les dades contingudes en les caselles editables del programa i càlcul de les equacions de l'esquema tèrmic equivalent	11
1.5.3.	Les resistivitats es converteixen en conductivitats	18
1.5.4.	Construcció de la matriu de conductivitats	19
1.5.5.	Càrrega de les dades de pèrdues del motor contingudes en les caselles editables	21
1.5.6.	Construcció de la matriu de pèrdues	21
1.5.7.	Preparació de les matrius	22
1.5.8.	Càlcul de la inversa de la matriu de conductivitats	23
1.5.9.	Matriu de sortida de la inversa	30
1.5.10.	Producte de la matriu inversa per la matriu de pèrdues	30
1.5.11.	Suma de la matriu d'increment de temperatura amb la temperatura ambient	31
1.5.12.	Arrodoniment de les dades de sortida	31
1.6.	Funció BitBtn2Click (dimensions per defecte)	32
1.7.	Funció BitBtn3Click (constants per defecte)	33
1.8.	Funció BitBtn4Click (pèrdues motor per defecte)	34
1.9.	Funcions TForm1.ed*Enter (ajudes)	34
1.10.	Funció Image1Click	47
1.11.	Funció BitBtn5Click (Carrega motor)	48
1.12.	Funció BitBtn6Click (Guarda motor)	56

ANNEX2 EXEMPLE DE SORTIDA EN FORMAT .TXT

AVANTPROJECTE

1. OBJECTE DEL PROJECTE

El present document té com a objectiu oferir una visió global del projecte. El projecte té com a objectiu l'elaboració d'un programari que a partir de les dimensions, materials i altres condicions determini la distribució de la temperatura en una màquina elèctrica.

Les màquines que s'inclouran en el programari són les següents:

- Màquina d'inducció, totalment tancada i refrigerada amb ventilació forçada.
- Màquina d'ímants permanents, 4 pols interiors en forma de V.
- Màquina d'ímants permanents, 4 pols exteriors.
- Motor de reluctància commutada.
- Transformador en oli.

És possible que alguna d'aquestes màquines sigui substituïda per una de característiques similars durant l'elaboració del PFC2.

2. ABAST DEL PROJECTE

El projecte té com a objectiu l'elaboració d'un programari d'anàlisi tèrmic de les màquines elèctriques esmentades en l'apartat 1. També l'elaboració d'una guia per al correcte ús del programa.

El programari realitzat es validarà comparant-lo amb altres programes existents en el mercat.

Els esquemes equivalents utilitzats venen donats per treballs anteriors d'altres autors i són corregits, si fos necessari, en la implementació del programa.

3. JUSTIFICACIÓ

3.1. Justificació del projecte.

Les màquines estudiades, durant el seu funcionament, tenen pèrdues en forma de calor. Aquestes pèrdues originen un escalfament en els diversos components de la màquina.

Els components d'una màquina tenen diverses limitacions, entre elles, tenim les limitacions per temperatura. Superar aquestes limitacions pot provocar diversos fenòmens indesitjats: acceleració de l'oxidació, pèrdua de les propietats dielèctriques, pèrdua de les propietats lubricants, deformacions i variacions en les propietats elèctriques dels materials.

Per aquests motius en el disseny d'una màquina elèctrica ens serà necessari analitzar el seu comportament: electromagnètic i tèrmic. En aquest projecte es pretén construir una eina d'anàlisi tèrmic per a una sèrie de màquines.

Les màquines detallades en l'apartat 1 s'han escollit, per ser de les més utilitzades.

3.2. Justificació de l'ús del esquema equivalent.

En l'actualitat disposem de diverses eines d'anàlisi tèrmic fent ús de mètodes numèrics. Aquests mètodes són: el mètode d'elements finits (FEM) i la computació de dinàmica de fluids (CFD).

També és possible analitzar tèrmicament una màquina sense utilitzar mètodes numèrics. Per a analitzar tèrmicament una màquina sense utilitzar mètodes numèrics podem recórrer a l'esquema tèrmic equivalent de la màquina. Aquest serà el nostre cas, analitzarem les diverses màquines fent ús dels seus respectius esquemes equivalents.

Els mètodes numèrics tenen dos avantatges molt clars davant la utilització de l'esquema equivalent: són més precisos i no requereixen un esquema per a cada geometria. Per contra, els mètodes numèrics requereixen més temps de computació i de desenvolupament.

Utilitzarem l'esquema equivalent en regim permanent, ja que, en regim transitori els components de la màquina s'escalfen poc uniformement i l'error és major.

3.3. Justificació del llenguatge de programació utilitzat.

Els programes d'edició valorats per a la edició del programa han sigut els següents:

- Matlab R2007b.
- Scilab 5.2.2
- Delphi 6
- Lazarus 0.9.28.2 beta

El programa Matlab R2007b te avantatges en el moment de fer els càlculs matricials, però te l'inconvenient que no disposa de suficients eines per a l'elaboració de la part visual del programa. Matlab és un programa de pagament i disposa d'unes llibreries pròpies que són necessàries per a l'execució de programes fets amb Matlab.

El programa Scilab 5.2.2 te avantatges en el moment de fer els càlculs matricials, però te l'inconvenient que no disposa de suficients eines per a l'elaboració de la part visual del programa. Scilab és un programa de lliure distribució.

El programa Delphi 6 és laboriós en el moment de fer els càlculs, però te l'avantatge que disposa d'eines suficients per a l'elaboració de la part visual

del programa i és el que s'utilitza en alguna assignatura de la carrera d'enginyeria tècnica elèctrica. Delphi és un programa de pagament.

El programa Lazarus 0.9.28.2 beta és llibre en el moment de fer els càlculs, però té l'avantatge que disposa d'eines suficients per a l'elaboració de la part visual del programa. Lazarus és un programa de lliure distribució.

Per a l'elaboració del programa hem fet ús del llenguatge "Object Pascal" del programa Delphi 6. Tot i que, és possible que el programa en Delphi 6, s'opti per exportar-lo a Lazarus per motius de distribució.

4. PRESENTACIÓ DE LA SOLUCIÓ

Per a poder explicar com serà el programa definitiu, se'n ha fet una versió reduïda d'exemple. Aquesta versió es basa en la implementació de la màquina d'inducció, totalment tancada i refrigerada amb ventilació forçada.

Aquest programa es troba en el CD i s'explica el funcionament en l'annex 1.

4.1. Elecció del motor.

En iniciar el programa la primera imatge que ens apareix és una pantalla en la que tenim un botó per a cada model de màquina. Un click sobre el botó ens dona pas a la pantalla d'entrada de dades.

4.2. Entrada de dades.

L'entrada de dades de la màquina es pot fer per mitjà de 3 mètodes: Carregant la màquina per defecte, entrant les dades en les caselles de dades o carregant una màquina prèviament guardada.

The screenshot shows the 'PFC1' software window with the 'Dimensions motor' tab selected. The interface is organized into several sections for data entry:

- Dimensions del motor:** Includes input fields for D_{se} , D_r , D_{eix} , $Entreferro$, l_m , l_o , l_b , l_e , and n_n .
- Nombre de ranures estatoriques:** Includes an input field for Q_s .
- Dimensions ranures estatoriques:** Includes input fields for h_{1s} , h_{2s} , h_{3s} , h_{4s} , h_{6s} , h_{ys} , b_{1s} , b_{ds} , and S_{slot} .
- Espessor de l'aïllament:** Includes an input field for d_i .
- Dimensions ranures rotòriques:** Includes input fields for h_{1r} , h_{2r} , and h_{4r} .
- Secció del coure:** Includes an input field for S_c .
- Diàmetre exterior de l'estator [m]:** A large input field with a label D_{se} next to it.
- Buttons:** Two buttons at the bottom right: 'Carrega motor' and 'Motor per defecte'.

Figura 4.1: Primera pantalla d'entrada de dades

PFC1

Dimensions motor | Constants | Pèrdues motor | Sortida

Característiques del fluid

LamdaAir

Beta

vi

Pr

Pair

mu

Eficiència del ventilador

nf

Coeficients de contacte

LamdaCont

Coeficients de conductivitat

Lamdalr

Lamdala

Lamdas

LamdaCu

LamdaAl

Lamdai

Lamdav

Fr

factorapilament

Temperatures esperades

wcalor

IncrementdeT1

Gravetat

g

Conductivitat tèrmica de l'aire [W/(m*K)]

Constants per defecte

Figura 4.2: Segona pantalla d'entrada de dades

PFC1

Dimensions motor | Constants | Pèrdues motor | Sortida

Pèrdues del motor

PFeys

PFeds

Pad

Pcus

Pcur

Zona de anotacions

Motor per defecte

Figura 4.3: Tercera pantalla d'entrada de dades

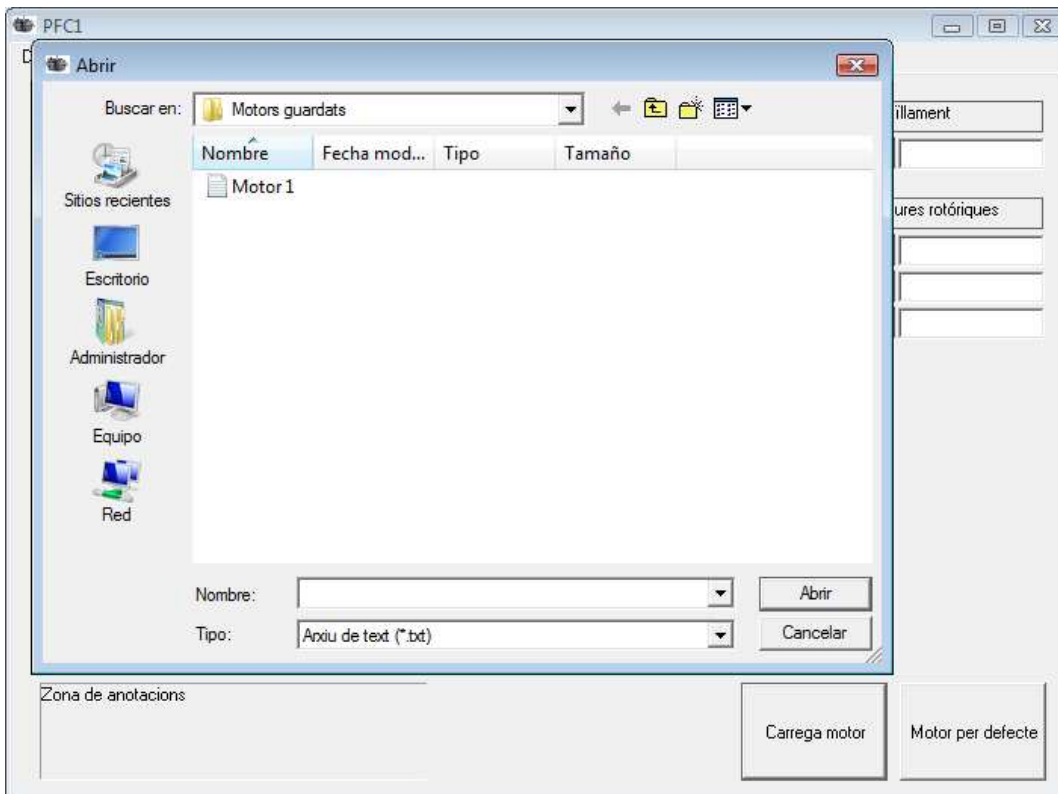


Figura 4.4: Pantalla d'entrada de dades des de arxiu .txt

4.3. Sortida.

Les dades de sortida es mostren en la pantalla sortida, després de prémer el botó calcular. Aquestes dades es poden guardar en un arxiu amb format .txt i es poden imprimir des de l'arxiu creat.

Temperatura del motor	
Carcasa	
Estator(Ferro)	
Estator(Dents)	
Estator(Bobines)	
Aire del entreferro	
Caps de bobina	
Aire en el cap	
Rotor(Bobines)	
Rotor(Ferro)	
Eix	

Temperatura en la carcassa [°C]

Guarda motor Calcula

Figura 4.5: Pantalla de dades de sortida

L'arxiu .txt creat per a mostrar el funcionament del programa es troba en el CD i es mostra en l'annex 2.

En la primera fase del projecte no s'ha descartat la possibilitat de guardar les dades en altres formats, visualment més atractius.

5. ESBÓS DEL PROJECTE

5.1. Esbós de la memòria

La memòria del projecte contindrà les següents parts:

- Resum (Català, Castellà i Anglès)
- Objecte del projecte
- Abast del projecte
- Justificació
- Presentació de la solució
- Comparativa amb altres productes del mercat
- Conclusió
- Bibliografia i web grafia

5.2. Pressupost

5.3. Annexes

- Esquemes tèrmics equivalents
- Explicació del codi del programa
- Guia d'utilització i instal·lació del programa, amb exemples

5.4. Arxius adjunts

- Programa en Matlab/Scilab, amb funcions reduïdes

- Programa en Delphi/Lazarus. Arxiu executable i arxius d'edició del programa

6. AVALUACIÓ ECONOMICA APROXIMADA

DEL PROJECTE

Concepte	Costos associats
Equip informàtic	60€
Recursos humans	8.000€
Material	150€
Total	8.210€

Taula 6.1: Avaluació econòmica aproximada del projecte

Considerem que el programari utilitzat serà de lliure distribució, encara que en la primera fase del projecte s'ha utilitzat programari sota llicència.

7. PLANIFICACIÓ DE TASQUES PER A LA REALITZACIÓ DEL PROJECTE

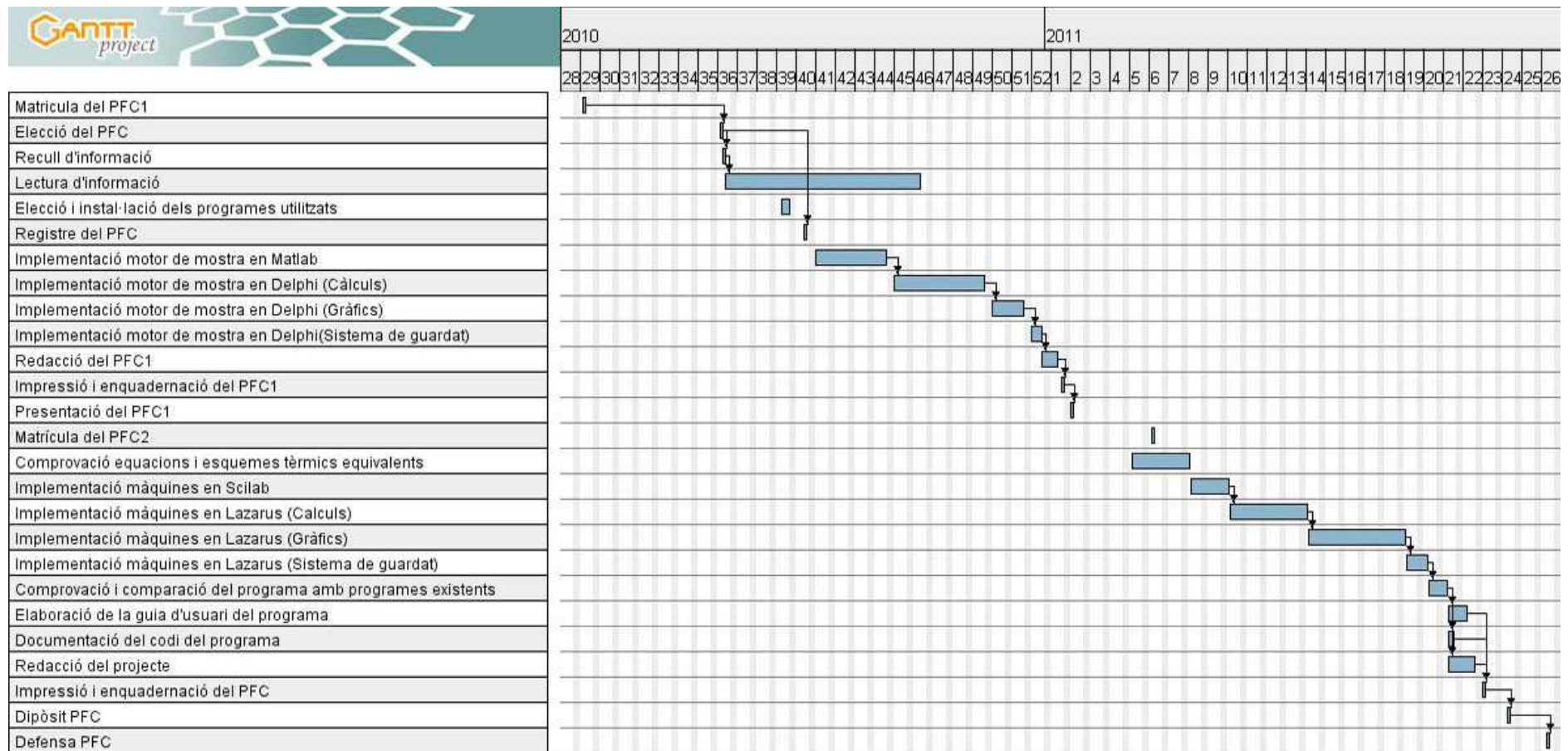


Figura 7.1: Gantt del projecte

8. BIBLIOGRAFIA I WEB GRAFIA

Llibres:

- Pyrhönen, J., Jokinen, T., and Hrabovcova, V. "Design of Rotating Electrical Machines" ED John Wiley & Sons, Ltd. Great Britain, 2008.

Documents dels que contenen els esquemes equivalents escollits:

- Faiz, J., Lucas, C., Rouhani, H. "Lumped thermal model for switched reluctance motor applied to mechanical design optimization" University of Tehran, Tehran, 2006.
- Lindstöm, J. "Thermal Model of a Permanent-Magnet Motor for a Hybrid Electric Vehicle" Chalmers University of Technology, Göteborg, 1999.
- Popova, L., "COMBINED ELECTROMAGNETIC AND THERMAL DESIGN PLATFORM FOR TOTALLY ENCLOSED INDUCTION MACHINES" Master Thesis, Lappeenranta University of Technology, Lappeenranta, 2010.
- Richardson, Z.J., Tang, W.H., Wu, Q.H. "Equivalent heat circuit based power transformer thermal model" IEE Proc. Electr. Power Appl. Vol 149, No 2, 2002.

- Yang, B. "Development of Thermal Models for Permanent-Magnet Traction Motors" Master Thesis, School of Electrical Engineering Royal Institute of Technology, Stockholm, 2009.

Documents diversos:

- Bargalló R. "Exemple motor d'inducció 5.5kW" EUETIB, Espanya.
- Mellor, P.H., Roberts, D., Turner, D.R. "Lumped parameter thermal model for electrical machines of TEFC design" IEE Proc. Vol 138, No 5, 1991.
- Soong W.L. "Thermal Analysis of Electrical Machines : Lumped-Circuit, FE Analysis and Testing" School of Electrical and Electronic Engineering University of Adelaide, Australia, 2008.

Webs:

- <http://www.clubdelphi.com/foros/>(Forum delphi)
- <http://www.delphibasics.co.uk/>(Forum delphi)
- <http://www.delhipages.com/forum/>(Forum delphi)
- <http://es.w3support.net/>(Forum programació)
- <http://www.festra.com/>(Pàgina de delphi basic)
- <http://forums.devshed.com/>(Forum)
- <http://www.enciclopedia.cat/>(Enciclopedia Català)

Programes:

- GanttProject 2.0.10 (Diagrama de Gantt)
- Microsoft Office Word 2007 (Editor de text)
- Matlab R2007b. (Programa matricial)
- Delphi 6 (Compilador en Pascal)

ANNEX 1: CODI DEL

PROGRAMA

A continuació es mostra codi del programa realitzat per al PFC1.

1.1. Inicialització, càrrega de llibreries i inicialització dels components de l'aplicació

```
unit PFC01;
```

```
interface
```

```
uses
```

```
Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,  
Dialogs, Tabs, Menus, ComCtrls, TabNotBk, StdCtrls, Buttons,math,jpeg,  
ExtCtrls;
```

```
type
```

```
TForm1 = class(TForm)  
    TabbedNotebook1: TTabbedNotebook;  
    edDse: TEdit;
```

BitBtn2: TBitBtn;

edlm: TEdit;

edlb: TEdit;

edle: TEdit;

BitBtn1: TBitBtn;

ednn: TEdit;

edh1s: TEdit;

edh2s: TEdit;

edh3s: TEdit;

edh4s: TEdit;

edh6s: TEdit;

edhys: TEdit;

edb1s: TEdit;

edbds: TEdit;

edQs: TEdit;

eddi: TEdit;

edSslot: TEdit;

edentreferro: TEdit;

edDr: TEdit;

edlo: TEdit;

edh1r: TEdit;

edh2r: TEdit;

edh4r: TEdit;

edDeix: TEdit;

BitBtn3: TBitBtn;

edLamdaAir: TEdit;

edBeta: TEdit;

edg: TEdit;

edIncrementdeT1: TEdit;

edvi: TEdit;
edPr: TEdit;
edLamdaCont: TEdit;
edLamdala: TEdit;
edLamdair: TEdit;
edfactorapilament: TEdit;
edLamdai: TEdit;
edLamdav: TEdit;
edFr: TEdit;
edLamdaCu: TEdit;
edSc: TEdit;
edPair: TEdit;
edmu: TEdit;
edwcalor: TEdit;
ednf: TEdit;
edLamdaAl: TEdit;
edLamdas: TEdit;
Textanotacions: TStaticText;
StaticText2: TStaticText;
StaticText3: TStaticText;
StaticText4: TStaticText;
StaticText5: TStaticText;
StaticText6: TStaticText;
StaticText7: TStaticText;
StaticText8: TStaticText;
StaticText9: TStaticText;
StaticText1: TStaticText;
StaticText10: TStaticText;
StaticText11: TStaticText;

StaticText12: TStaticText;
StaticText13: TStaticText;
StaticText14: TStaticText;
StaticText15: TStaticText;
StaticText16: TStaticText;
StaticText17: TStaticText;
StaticText18: TStaticText;
StaticText19: TStaticText;
StaticText20: TStaticText;
StaticText21: TStaticText;
StaticText22: TStaticText;
StaticText23: TStaticText;
StaticText24: TStaticText;
StaticText25: TStaticText;
StaticText26: TStaticText;
StaticText27: TStaticText;
StaticText28: TStaticText;
StaticText29: TStaticText;
StaticText30: TStaticText;
Image1: TImage;
Panel1: TPanel;
OpenDialog1: TOpenDialog;
BitBtn5: TBitBtn;
BitBtn4: TBitBtn;
BitBtn6: TBitBtn;
SaveDialog1: TSaveDialog;
Textanotacions2: TStaticText;
Textanotacions3: TStaticText;
Textanotacions4: TStaticText;

StaticText32: TStaticText;

StaticText33: TStaticText;

StaticText34: TStaticText;

StaticText35: TStaticText;

StaticText36: TStaticText;

StaticText37: TStaticText;

StaticText38: TStaticText;

StaticText39: TStaticText;

StaticText40: TStaticText;

StaticText41: TStaticText;

StaticText42: TStaticText;

StaticText43: TStaticText;

StaticText44: TStaticText;

StaticText45: TStaticText;

StaticText46: TStaticText;

StaticText47: TStaticText;

StaticText48: TStaticText;

StaticText49: TStaticText;

StaticText50: TStaticText;

StaticText51: TStaticText;

StaticText52: TStaticText;

StaticText53: TStaticText;

StaticText54: TStaticText;

StaticText55: TStaticText;

StaticText56: TStaticText;

StaticText57: TStaticText;

edPFeys: TEdit;

edPFeds: TEdit;

edPad: TEdit;

edPcus: TEdit;

edPcur: TEdit;

StaticText58: TStaticText;

StaticText62: TStaticText;

StaticText63: TStaticText;

StaticText64: TStaticText;

StaticText65: TStaticText;

StaticText66: TStaticText;

StaticText67: TStaticText;

StaticText68: TStaticText;

StaticText69: TStaticText;

StaticText70: TStaticText;

StaticText71: TStaticText;

StaticText72: TStaticText;

StaticText73: TStaticText;

StaticText74: TStaticText;

StaticText75: TStaticText;

StaticText76: TStaticText;

StaticText77: TStaticText;

StaticText78: TStaticText;

StaticText79: TStaticText;

StaticText80: TStaticText;

StaticText81: TStaticText;

StaticText82: TStaticText;

StaticText83: TStaticText;

StaticText84: TStaticText;

procedure BitBtn1Click(Sender: TObject);

```
procedure BitBtn2Click(Sender: TObject);
procedure BitBtn3Click(Sender: TObject);
procedure edDseEnter(Sender: TObject);
procedure edDrEnter(Sender: TObject);
procedure edentreferroEnter(Sender: TObject);
procedure edDeixEnter(Sender: TObject);
procedure edImEnter(Sender: TObject);
procedure edloEnter(Sender: TObject);
procedure edlbEnter(Sender: TObject);
procedure edleEnter(Sender: TObject);
procedure ednnEnter(Sender: TObject);
procedure edh1sEnter(Sender: TObject);
procedure edh2sEnter(Sender: TObject);
procedure edh3sEnter(Sender: TObject);
procedure edh4sEnter(Sender: TObject);
procedure edh6sEnter(Sender: TObject);
procedure edhysEnter(Sender: TObject);
procedure edb1sEnter(Sender: TObject);
procedure edbdsEnter(Sender: TObject);
procedure edQsEnter(Sender: TObject);
procedure eddiEnter(Sender: TObject);
procedure edSslotEnter(Sender: TObject);
procedure edh1rEnter(Sender: TObject);
procedure edh2rEnter(Sender: TObject);
procedure edh4rEnter(Sender: TObject);
procedure edScEnter(Sender: TObject);
procedure Image1Click(Sender: TObject);
procedure BitBtn5Click(Sender: TObject);
procedure BitBtn6Click(Sender: TObject);
```

```
procedure BitBtn4Click(Sender: TObject);
procedure edLamdaAirEnter(Sender: TObject);
procedure edBetaEnter(Sender: TObject);
procedure edviEnter(Sender: TObject);
procedure edPrEnter(Sender: TObject);
procedure edPairEnter(Sender: TObject);
procedure edmuEnter(Sender: TObject);
procedure ednfEnter(Sender: TObject);
procedure edLamdaContEnter(Sender: TObject);
procedure edLamdalrEnter(Sender: TObject);
procedure edLamdalaEnter(Sender: TObject);
procedure edLamdasEnter(Sender: TObject);
procedure edLamdaCuEnter(Sender: TObject);
procedure edLamdaAlEnter(Sender: TObject);
procedure edLamdaiEnter(Sender: TObject);
procedure edLamdavEnter(Sender: TObject);
procedure edFrEnter(Sender: TObject);
procedure edfactorapilamentEnter(Sender: TObject);
procedure edwcalorEnter(Sender: TObject);
procedure edIncrementdeT1Enter(Sender: TObject);
procedure edgEnter(Sender: TObject);
procedure edPFfeysEnter(Sender: TObject);
procedure edPFedsEnter(Sender: TObject);
procedure edPadEnter(Sender: TObject);
procedure edPcusEnter(Sender: TObject);
procedure edPcurEnter(Sender: TObject);
procedure StaticText75Click(Sender: TObject);
procedure StaticText76Click(Sender: TObject);
procedure StaticText77Click(Sender: TObject);
```

```

procedure StaticText78Click(Sender: TObject);
procedure StaticText79Click(Sender: TObject);
procedure StaticText80Click(Sender: TObject);
procedure StaticText81Click(Sender: TObject);
procedure StaticText82Click(Sender: TObject);
procedure StaticText83Click(Sender: TObject);
procedure StaticText84Click(Sender: TObject);

private
public
end;

```

1.2. Definició de les variables

```

var
  Form1: TForm1;
  Dse,r1min,rframe,Dframe,LamdaAir,Beta,g,IncrementdeT1,vi,Ra,Pr,lm,lb,le,
  lframe,Sframe,Lamda1,R1,LamdaCont,R2,Lamdala,h1s,h2s,h3s,h4s,h6s,P,nn,
  Ds,hys,Dys,r2min,R3,Lamdair,factorapilament,R4,R5,R6,b1s,bds,tauu,r3min,
  R7,Qs,R8,R9,R10,R11,Lamdai,Lamdav,Fr,di,Sslot,r4min,R12,LamdaCu,Sc,R13,
  R14,R15,entreferro,Pair,Dr,r5min,v,mu,Re,Ta,Fg,Tam,Nur,Lamda2r,R16,R17,R18,
  lo,wcalor,R19,rt,R20,r6min,R21,lendcap,S1,h1r,h2r,h4r,Dring,r8min,wr,nf,vf,
  Lamda3r,R22,S2,R23,S3,R24,S4,R25,r7min,S5,R26,Deix,r9min,S6,R27,
  LamdaAl,R28,R29,R30,R31,R32,R33,R34,R35,Lamdas,R36,R37,g12,g17,
  g110,g11,g23,g24,g25,g27,g22,g34,g35,g37,g33,g45,g46,g44,g58,g55,g67,
  g66,g78,g79,g77,g89,g88,g910,g99,g1010,PFeys,PFeds,Pad,Pcus,Pcur:real;

  Perdues:array[1..10,1..1]of real;
  T:array[1..10,1..1] of real;

```

```
Producte:array[1..10,1..10] of real;  
i,j,i2,j2,f,c,f0,f1,f2,f3,f4,f5,c1,c2,c3,c4,c5:integer;  
  
imageclick:boolean;
```

1.3. Inici del programa

implementation

```
{ $R *.dfm }
```

1.4. Funció trunca

A continuació es mostra la funció trunca. Aquesta funció redueix en nombre de decimals a 10 i retorna el nombre.

```
function Trunca (var x:real;cant:byte):real;  
var  
  a,d:real;  
  i:byte;  
begin  
  a:=frac(x);  
  for i:=1 to cant do  
    a:= a * 10;  
    d:=int(a);  
  for i:=1 to cant do  
    d:=d * 1/10;  
  a:=int(x);  
  Trunca:=a + d
```

```
end;
```

1.5. Funció BitBtn1Click (Càlculs)

A continuació es mostra la funció BitBtn1Click. Aquesta funció s'activa en pulsar el botó Calcula. I realitza tots els càlculs.

1.5.1. Definició de matrius

```
procedure TForm1.BitBtn1Click(Sender: TObject);  
var  
  n:integer;  
  A:array[1..20,1..20] of real;  
  Azeros:array[1..20,1..20] of integer;  
  B:array[1..20,1..20] of real;  
  Bzeros:array[1..20,1..20] of integer;  
  X:array[1..20,1..20] of real;  
  Xzeros:array[1..20,1..20] of integer;  
  Z:array[1..20,1..20] of real;  
  Zzeros:array[1..20,1..20] of integer;  
  GTemp:array[1..20,1..20] of real;  
  GTempinv:array[1..20,1..20] of real;
```

1.5.2. Carrega de les dades contingudes en les caselles editables del programa i càlcul de les equacions de l'esquema tèrmic equivalent.

```
begin  
  {RESISTÈNCIES TÈRMiques}  
  {Dse:=0.174;}
```

```

Dse:=StrTofloat(edDse.Text);
r1min:=Dse/2;
rframe:=r1min+0.02;
Dframe:=rframe*2;
{LamdaAir:=0.026;}
LamdaAir:=StrTofloat(edLamdaAir.Text);
{Beta:=1/313;}
Beta:=StrTofloat(edBeta.Text);
{g:=9.813;}
g:=StrTofloat(edg.Text);
{IncrementdeT1:=40;}
IncrementdeT1:=StrTofloat(edIncrementdeT1.Text);
{vi:=16*Exp(-6*Ln(10));}
vi:=StrTofloat(edvi.Text);
Ra:=g*Beta*IncrementdeT1*Dframe/Exp(2*Ln(vi));
{Pr:=0.708;}
Pr:=StrTofloat(edPr.Text);
{lm:=0.09;}
lm:=StrTofloat(edlm.Text);
{lb:=0.025;}
lb:=StrTofloat(edlb.Text);
{le:=0.12;}
le:=StrTofloat(edle.Text);
lframe:=(lm+lb/3)+le/3;
Sframe:=pi*Exp(2*Ln(rframe))+2*pi*rframe*lframe;

Lamda1:=LamdaAir/Dframe*Exp(2*Ln((1.36*0.518*Exp(1/6*Ln(Ra)))/((Exp((8/27
)*Ln(1+Exp((9/16)*Ln(0.559/Pr)))))))));
R1:=1/(2*Lamda1*1.51*Sframe);

```



```

{LamdaCont:=400;}
LamdaCont:=StrTofloat(edLamdaCont.Text);
R2:=1/(pi*LamdaCont*le*r1min);
{Lamdala:=4;}
Lamdala:=StrTofloat(edLamdala.Text);
{h1s:=0.00105;}
h1s:=StrTofloat(edh1s.Text);
{h2s:=0.00376;}
h2s:=StrTofloat(edh2s.Text);
{h3s:=0;}
h3s:=StrTofloat(edh3s.Text);
{h4s:=0.01269;}
h4s:=StrTofloat(edh4s.Text);
{h6s:=0;}
h6s:=StrTofloat(edh6s.Text);
{P:=5500;no utilitzat}
{nn:=2870;}
nn:=StrTofloat(ednn.Text);
{entreferro:=0.0005;}
entreferro:=StrTofloat(edentreferro.Text);
{Dr:=0.089;}
Dr:=StrTofloat(edDr.Text);
Ds:=Dr+2*entreferro;
{hys:=0.0245;}
hys:=StrTofloat(edhys.Text);
Dys:=Ds+2*(h1s+h2s+h3s+h4s+h6s)+hys;
r2min:=(Dys-hys)/2;
R3:=le/(pi*6*Lamdala*(Exp(2*Ln(r1min))-Exp(2*Ln(r2min))));
{Lamdalr:=39;}

```

```

Lamdalr:=StrTofloat(edLamdalr.Text);
{factorapilament:=0.97;}
factorapilament:=StrTofloat(edfactorapilament.Text);
R4:=-1*(Exp(2*Ln(r1min))+Exp(2*Ln(r2min))-
4*Exp(2*Ln(r1min))*Exp(2*Ln(r2min))*Ln(r1min/r2min)/(Exp(2*Ln(r1min))-
Exp(2*Ln(r2min))))/(4*pi*Lamdalr*le*factorapilament*(Exp(2*Ln(r1min))-
Exp(2*Ln(r2min))));
R5:=(1-2*Exp(2*Ln(r2min))*Ln(r1min/r2min)/(Exp(2*Ln(r1min))-
Exp(2*Ln(r2min))))/(2*pi*Lamdalr*le*factorapilament);
R6:=(-1+2*Exp(2*Ln(r1min))*Ln(r1min/r2min)/(Exp(2*Ln(r1min))-
Exp(2*Ln(r2min))))/(2*pi*Lamdalr*le*factorapilament);
{b1s:=0.00272;}
b1s:=StrTofloat(edb1s.Text);
{bds:=0.00517;}
bds:=StrTofloat(edbds.Text);
tauu:=b1s+bds;
r3min:=Ds/2;
R7:=le*tauu/(pi*6*Lamdala*bds*(Exp(2*Ln(r2min))-Exp(2*Ln(r3min))));
{Qs:=24;}
Qs:=StrTofloat(edQs.Text);
R8:=(pi*bds*(Exp(2*Ln(r2min))-
Exp(2*Ln(r3min))))/(Lamdalr*le*factorapilament*tauu*Exp(2*Ln(Qs))*(Exp(2*Ln(
r2min))-Exp(2*Ln(r3min))));
R9:=(-tauu*(Exp(2*Ln(r2min))+Exp(2*Ln(r3min))-
4*Exp(2*Ln(r3min))*Exp(2*Ln(r2min))*Ln(r2min/r3min)/(Exp(2*Ln(r2min))-
Exp(2*Ln(r3min))))) / (4*pi*Lamdalr*le*factorapilament*bds*(Exp(2*Ln(r2min))-
Exp(2*Ln(r3min))));
R10:=tauu*(1-2*Exp(2*Ln(r3min))*Ln(r2min/r3min)/(Exp(2*Ln(r2min))-
Exp(2*Ln(r3min))))/(2*pi*Lamdalr*le*factorapilament*bds);

```

```

R11:=tauu*(-1+2*Exp(2*Ln(r3min))*Ln(r2min/r3min)/(Exp(2*Ln(r2min))-
Exp(2*Ln(r3min))))/(2*pi*Lamdai*le*factorapilament*bd);
{Lamdai:=0.8;}
Lamdai:=StrTofloat(edLamdai.Text);
{Lamdav:=0.8;}
Lamdav:=StrTofloat(edLamdav.Text);
{Fr:=2.5;}
Fr:=StrTofloat(edFr.Text);
{di:=0.0005;}
di:=StrTofloat(eddi.Text);
{Sslot:=0.000143;}
Sslot:=StrTofloat(edSslot.Text);
r4min:=Exp(1/2*Ln(Sslot/pi));
R12:=2*di/(pi*Lamdai*le*r4min*Qs)+1/(2*pi*Lamdav*le*Fr*Qs);
{LamdaCu:=400;}
LamdaCu:=StrTofloat(edLamdaCu.Text);
{Sc:=55.6101*Exp(-6*Ln(10));}
Sc:=StrTofloat(edSc.Text);
R13:=le/(pi*6*LamdaCu*Sc*Qs);
R14:=4*di/(pi*Lamdai*le*r4min*Qs)+1/(pi*Lamdav*le*Fr*Qs);
R15:=1/(pi*Lamdav*le*Fr*Qs);
{Pair:=1.146;}
Pair:=StrTofloat(edPair.Text);
r5min:=Dr/2;
v:=2*pi*r5min*nn/60;
{mu:=1.8673*Exp(-5*Ln(10));}
mu:=StrTofloat(edmu.Text);
Re:=Pair*v*entreferro/mu;
Ta:=Exp(2*Ln(Re))*2*entreferro/Dr;

```

```

Fg:=(Exp(4*Ln(pi))*(2*r5min-2.304*entreferro)/(2*r5min-
entreferro))/(1697*(0.0056+0.0571*Exp(2*Ln((2*r5min-
2.304*entreferro)/(2*r5min-entreferro))))*(1-entreferro/(2*r5min)));
Tam:=Ta/Fg;
Nur:=0.128*Exp(0.367*Ln(Tam));
Lamda2r:=Nur*LamdaAir/entreferro;
R16:=tauu/(bds*pi*r3min*le*Lamda2r);
R17:=tauu/((tauu-bds)*pi*r3min*le*Lamda2r);
R18:=1/(pi*r5min*le*Lamda2r);
{lo:=0.025;}
lo:=StrTofloat(edlo.Text);
{wcalor:=1.5;}
wcalor:=StrTofloat(edwcalor.Text);
R19:=lo*wcalor/(Qs*Sc*LamdaCu);
rt:=(r2min+r3min)/2;
R20:=wcalor/(16*Exp(2*Ln(pi))*rt*Fr*Lamdav);
r6min:=Exp(1/2*Ln(Sc/pi))*3.5;
R21:=(wcalor*Exp(2*Ln(r6min)))/(8*pi*Exp(2*Ln(r4min))*lo*Fr*Lamdav*Qs);
lendcap:=lm-le/6+lb/2;
S1:=(2*pi*rframe*lendcap)+(pi*Exp(2*Ln(rframe)));
{h1r:=0.0004;}
h1r:=StrTofloat(edh1r.Text);
{h2r:=0;}
h2r:=StrTofloat(edh2r.Text);
{h4r:=0.01978;}
h4r:=StrTofloat(edh4r.Text);
Dring:=Dr-2*(h1r+(h2r+h4r)/2);
r8min:=Dring/2;
wr:=2*pi*nn/60;

```

```

{nf:=0.5;}
nf:=StrTofloat(ednf.Text);
vf:=r8min*wr*nf;
Lamda3r:=15.5*(0.29*vf+1);
R22:=1/(S1*Lamda3r);
S2:=pi*(Exp(2*Ln(r1min))-Exp(2*Ln(r2min)));
R23:=1/(S2*Lamda3r);
S3:=pi*(Exp(2*Ln(r1min))-Exp(2*Ln(r2min)))-Sslot*Qs;
R24:=1/(S3*Lamda3r);
S4:=2*pi*r6min*(2*pi*rt);
R25:=1/(1.5*S4*Lamda3r);
r7min:=(Dr-2*(h1r+h2r+h4r))/2;
S5:=pi*(Exp(2*Ln(r5min))-Exp(2*Ln(r7min)));
R26:=1/(S5*Lamda3r);
{r9min:=0.009;}
Deix:=StrTofloat(edDeix.Text);
r9min:=Deix/2;
S6:=pi*(Exp(2*Ln(r7min))-Exp(2*Ln(r9min)));
R27:=1/(S6*Lamda3r);
{LamdaAl:=237;}
LamdaAl:=StrTofloat(edLamdaAl.Text);
R28:=le/(6*pi*LamdaAl*(Exp(2*Ln(r5min))-Exp(2*Ln(r8min))));
R29:=-1*(Exp(2*Ln(r5min))+Exp(2*Ln(r8min))-
4*Exp(2*Ln(r5min))*Exp(2*Ln(r8min))*Ln(r5min/r8min)/(Exp(2*Ln(r5min))-
Exp(2*Ln(r8min)))/(4*pi*LamdaAl*le*(Exp(2*Ln(r5min))-Exp(2*Ln(r8min))));
R30:=(1-2*Exp(2*Ln(r8min))*Ln(r5min/r8min)/(Exp(2*Ln(r5min))-
Exp(2*Ln(r8min)))/(2*pi*LamdaAl*le);
R31:=(-1+2*Exp(2*Ln(r5min))*Ln(r5min/r8min)/(Exp(2*Ln(r5min))-
Exp(2*Ln(r8min)))/(2*pi*LamdaAl*le);

```

```

R32:=le/(6*pi*Lamdala*(Exp(2*Ln(r8min))-Exp(2*Ln(r9min))));
R33:=-1*(Exp(2*Ln(r8min))+Exp(2*Ln(r9min))-
(4*Exp(2*Ln(r8min))*Exp(2*Ln(r9min))*Ln(r8min/r9min))/(Exp(2*Ln(r8min))-
Exp(2*Ln(r9min)))/(4*pi*Lamdala*le*factorapilament*(Exp(2*Ln(r8min))-
Exp(2*Ln(r9min))));
R34:=(Exp(2*Ln(r8min))-Exp(2*Ln(r9min)))*(1-
2*Exp(2*Ln(r9min))*Ln(r8min/r9min)/(Exp(2*Ln(r8min))-
Exp(2*Ln(r9min)))/(2*pi*Lamdala*le*Qs*(Exp(2*Ln(r8min))-Exp(2*Ln(r9min))));
R35:=(Exp(2*Ln(r8min))-Exp(2*Ln(r9min)))*(-
1+2*Exp(2*Ln(r9min))*Ln(r8min/r9min)/(Exp(2*Ln(r8min))-
Exp(2*Ln(r9min)))/(2*pi*Lamdala*le*Qs*(Exp(2*Ln(r8min))-Exp(2*Ln(r9min))));
{Lamdas:=40;}
Lamdas:=StrTofloat(edLamdas.Text);
R36:=1/(2*pi*Lamdas*le)+lm/(2*pi*Lamdas*Exp(2*Ln(r9min)));
R37:=1/(4*pi*Lamdas*lb)+lm/(2*pi*Lamdas*Exp(2*Ln(r9min)));

```

1.5.3. Les resistivitats es converteixen en conductivitats

```
{CONDUCTIVITATS TÈRMiques}
```

$$g_{12}:=1/(R_2+R_4+R_5);$$

$$g_{17}:=1/R_{22};$$

$$g_{110}:=1/R_{37};$$

$$g_{11}:=g_{12}+g_{110}+g_{17}+1/R_1;$$

$$g_{23}:=1/(R_4+R_6+R_9+R_{10});$$

$$g_{24}:=1/(R_{14}+R_6+R_4);$$

$$g_{25}:=1/(R_4+R_6+R_{10}+R_{11}+R_{16});$$

$$g_{27}:=1/(R_3+R_{23});$$

$$g_{22}:=g_{12}+g_{23}+g_{27}+g_{24};$$

```

g34:=1/(R8+R12);
g35:=1/(R9+R11+R16);
g37:=1/(R7+R24);
g33:=g23+g34+g37+g35;
g45:=1/(R15+R17);
g46:=1/(R13+R19);
g44:=g24+g34+g45+g46;
g58:=1/(R18+R29+R30);
g55:=g35+g45+g58;
g67:=1/(R20*R21/(R20+R21)+R25);
g66:=g46+g67;
g78:=1/(R26+R28);
g79:=1/(R32+R27);
g77:=g17+g27+g37+g67+g78+g79;
g89:=1/(R29+R31+R33+R34);
g88:=g58+g78+g89;
g910:=1/(R33+R35+R36);
g99:=g89+g910+g79;
g1010:=g910+g110;

```

1.5.4. Construcció de la matriu de conductivitats

{MATRIU DE CONDUCTIVITATS}

```

GTemp[1,1]:=g11;
GTemp[1,2]:=-g12;
GTemp[1,7]:=-g17;
GTemp[1,10]:=-g110;
GTemp[2,1]:=-g12;
GTemp[2,2]:=g22;

```

```
GTemp[2,3]:=-g23;  
GTemp[2,4]:=-g24;  
GTemp[2,7]:=-g27;  
GTemp[3,2]:=-g23;  
GTemp[3,3]:=g33;  
GTemp[3,4]:=-g34;  
GTemp[3,5]:=-g35;  
GTemp[3,7]:=-g37;  
GTemp[4,2]:=-g24;  
GTemp[4,3]:=-g34;  
GTemp[4,4]:=g44;  
GTemp[4,5]:=-g45;  
GTemp[4,6]:=-g46;  
GTemp[5,3]:=-g35;  
GTemp[5,4]:=-g45;  
GTemp[5,5]:=g55;  
GTemp[5,8]:=-g58;  
GTemp[6,4]:=-g46;  
GTemp[6,6]:=g66;  
GTemp[6,7]:=-g67;  
GTemp[7,1]:=-g17;  
GTemp[7,2]:=-g27;  
GTemp[7,3]:=-g37;  
GTemp[7,6]:=-g67;  
GTemp[7,7]:=g77;  
GTemp[7,8]:=-g78;  
GTemp[7,9]:=-g79;  
GTemp[8,5]:=-g58;  
GTemp[8,7]:=-g78;
```



```

GTemp[8,8]:=g88;
GTemp[8,9]:=-g89;
GTemp[9,7]:=-g79;
GTemp[9,8]:=-g89;
GTemp[9,9]:=g99;
GTemp[9,10]:=-g910;
GTemp[10,1]:=-g110;
GTemp[10,9]:=-g910;
GTemp[10,10]:=g1010;

```

1.5.5. Càrrega de les dades de pèrdues del motor contingudes en les caselles editables

```

{PÈRDUES}
{PFeyS:=114.3649;}
PFeyS:=StrTofloat(edPFeyS.Text);
{PFedS:=10.2106;}
PFedS:=StrTofloat(edPFedS.Text);
{Pad:=54.2094;}
Pad:=StrTofloat(edPad.Text);
{Pcus:=198.7597;}
Pcus:=StrTofloat(edPcus.Text);
{Pcur:=144.3874;}
Pcur:=StrTofloat(edPcur.Text);

```

1.5.6. Construcció de la matriu de pèrdues.

```

Perdues[1,1]:=0;
Perdues[2,1]:=PFeyS/2;
Perdues[3,1]:=(PFedS+0.3*Pad)/2;

```

```
Perdues[4,1]:=(Pcus*0.48+0.4*Pad)/2;
```

```
Perdues[5,1]:=0;
```

```
Perdues[6,1]:=0.52*Pcus/2;
```

```
Perdues[7,1]:=0;
```

```
Perdues[8,1]:=Pcur/2;
```

```
Perdues[9,1]:=0.3*Pad/2;
```

```
Perdues[10,1]:=0;
```

1.5.7. Preparació de les matrius

En el PFC el procés d'inversió de la matriu es realitzarà en una funció comuna per a tots els motors. En el PFC1 aquesta funció es mostra a continuació.

En una primera instància es carreguen les matrius i es suprimeixen els valors que pogués haver.

```
{Carga GTemp sobre A}
```

```
n:=10; {Mida matrius}
```

```
for i:=1 to n do begin
```

```
  for j:=1 to n do begin
```

```
    A[i,j]:=0;
```

```
  end;
```

```
end;
```

```
for i:=1 to n do begin
```

```
  for j:=1 to n do begin
```

```
    A[i,j]:=GTemp[i,j];
```

```
  end;
```

```
end;
```

```
{Definim matriu identitat X}
```

```
for i:=1 to n do begin
```

```
  for j:=1 to n do begin
```

```
    X[i,j]:=0;
```

```
  end;
```

```
end;
```

```
for i:=1 to n do begin
```

```
  X[i,i]:=1;
```

```
end;
```

```
{Definim zeros}
```

```
for i:=1 to n do begin
```

```
  for j:=1 to n do begin
```

```
    Azeros[i,j]:=0;
```

```
    Bzeros[i,j]:=0;
```

```
    Xzeros[i,j]:=0;
```

```
    Zzeros[i,j]:=0;
```

```
  end;
```

```
end;
```

1.5.8. Càlcul de la inversa de la matriu de conductivitats

El mètode escollit ha sigut el mètode de Gauss. A continuació s'implementa el mètode de gauss per a la resolució de la matriu inversa, amb la peculiaritat, que per a reduir les xifres del nombre es crida la funció trunca i es guarden els zeros en matrius, on els nombres continguts signifiquen la quantitat de zeros que té un nombre.

```
{inversa}
```

```

for f1:=1 to n-1 do begin
  c1:=f1;
  c3:=f1;
  f4:=f1;
  f0:=f1+1;
  for f5:=f0 to n do begin
    f2:=f5;
    f3:=f5;
    for c5:=1 to n do begin
      c2:=c5;
      c4:=c5;
      if abs(Azeros[f1,c1]+Azeros[f2,c2])>=abs(Azeros[f3,c3]+Azeros[f4,c4]) then
begin
  B[f5,c5]:=(A[f1,c1]*A[f2,c2]-A[f3,c3]*A[f4,c4]*Exp((-Azeros[f1,c1]-
Azeros[f2,c2]+Azeros[f3,c3]+Azeros[f4,c4])*Ln(10)));
  Bzeros[f5,c5]:=Azeros[f1,c1]+Azeros[f2,c2]; end;
      if abs(Azeros[f3,c3]+Azeros[f4,c4])>abs(Azeros[f1,c1]+Azeros[f2,c2]) then
begin
  B[f5,c5]:=(A[f1,c1]*A[f2,c2]*Exp((+Azeros[f1,c1]+Azeros[f2,c2]-
Azeros[f3,c3]-Azeros[f4,c4])*Ln(10))-A[f3,c3]*A[f4,c4]);
  Bzeros[f5,c5]:=Azeros[f3,c3]+Azeros[f4,c4]; end;
      if abs(Azeros[f1,c1]+Xzeros[f2,c2])>=abs(Azeros[f3,c3]+Xzeros[f4,c4]) then
begin
  Z[f5,c5]:=(A[f1,c1]*X[f2,c2]-A[f3,c3]*X[f4,c4]*Exp((-Azeros[f1,c1]-
Xzeros[f2,c2]+Azeros[f3,c3]+Xzeros[f4,c4])*Ln(10)));
  Zzeros[f5,c5]:=Azeros[f1,c1]+Xzeros[f2,c2]; end;
      if abs(Azeros[f3,c3]+Xzeros[f4,c4])>abs(Azeros[f1,c1]+Xzeros[f2,c2]) then
begin

```

```

Z[f5,c5]:=(A[f1,c1]*X[f2,c2]*Exp((+Azeros[f1,c1]+Xzeros[f2,c2]-
Azeros[f3,c3]-Xzeros[f4,c4])*Ln(10))-A[f3,c3]*X[f4,c4]);
Zzeros[f5,c5]:=Azeros[f3,c3]+Xzeros[f4,c4]; end;
end;
for c5:=1 to n do begin
A[f5,c5]:=B[f5,c5];
X[f5,c5]:=Z[f5,c5];
Azeros[f5,c5]:=Bzeros[f5,c5];
Xzeros[f5,c5]:=Zzeros[f5,c5];
{Truncatge inici}
while A[f5,c5]>10 do begin
A[f5,c5]:=A[f5,c5]/10;
Azeros[f5,c5]:=Azeros[f5,c5]+1;
end;
while A[f5,c5]<-10 do begin
A[f5,c5]:=A[f5,c5]/10;
Azeros[f5,c5]:=Azeros[f5,c5]+1;
end;
if A[f5,c5]>0 then begin
while A[f5,c5]<1 do begin
A[f5,c5]:=A[f5,c5]*10;
Azeros[f5,c5]:=Azeros[f5,c5]-1;
end;end;
if A[f5,c5]<0 then begin
while A[f5,c5]>-1 do begin
A[f5,c5]:=A[f5,c5]*10;
Azeros[f5,c5]:=Azeros[f5,c5]-1;
end;end;
A[f5,c5]:=Trunca(A[f5,c5],10);

```

```
while X[f5,c5]>10 do begin
  X[f5,c5]:=X[f5,c5]/10;
  Xzeros[f5,c5]:=Xzeros[f5,c5]+1;
end;
while X[f5,c5]<-10 do begin
  X[f5,c5]:=X[f5,c5]/10;
  Xzeros[f5,c5]:=Xzeros[f5,c5]+1;
end;
if X[f5,c5]>0 then begin
  while X[f5,c5]<1 do begin
    X[f5,c5]:=X[f5,c5]*10;
    Xzeros[f5,c5]:=Xzeros[f5,c5]-1;
  end;end;
if X[f5,c5]<0 then begin
  while X[f5,c5]>-1 do begin
    X[f5,c5]:=X[f5,c5]*10;
    Xzeros[f5,c5]:=Xzeros[f5,c5]-1;
  end;end;
X[f5,c5]:=Trunca(X[f5,c5],10);
{Truncatge fi}
end;
end;
end;

for f1:=n downto 2 do begin
  c1:=f1;
  c3:=f1;
  f4:=f1;
```

```

f0:=f1-1;
for f5:=f0 downto 1 do begin
  f2:=f5;
  f3:=f5;
  for c5:=n downto 1 do begin
    c2:=c5;
    c4:=c5;
    if abs(Azeros[f1,c1]+Azeros[f2,c2])>=abs(Azeros[f3,c3]+Azeros[f4,c4]) then
begin
  B[f5,c5]:=(A[f1,c1]*A[f2,c2]-A[f3,c3]*A[f4,c4]*Exp((-Azeros[f1,c1]-
Azeros[f2,c2]+Azeros[f3,c3]+Azeros[f4,c4])*Ln(10)));
  Bzeros[f5,c5]:=Azeros[f1,c1]+Azeros[f2,c2]; end;
  if abs(Azeros[f3,c3]+Azeros[f4,c4])>abs(Azeros[f1,c1]+Azeros[f2,c2]) then
begin
  B[f5,c5]:=(A[f1,c1]*A[f2,c2]*Exp((+Azeros[f1,c1]+Azeros[f2,c2]-
Azeros[f3,c3]-Azeros[f4,c4])*Ln(10))-A[f3,c3]*A[f4,c4]);
  Bzeros[f5,c5]:=Azeros[f3,c3]+Azeros[f4,c4]; end;
  if abs(Azeros[f1,c1]+Xzeros[f2,c2])>=abs(Azeros[f3,c3]+Xzeros[f4,c4]) then
begin
  Z[f5,c5]:=(A[f1,c1]*X[f2,c2]-A[f3,c3]*X[f4,c4]*Exp((-Azeros[f1,c1]-
Xzeros[f2,c2]+Azeros[f3,c3]+Xzeros[f4,c4])*Ln(10)));
  Zzeros[f5,c5]:=Azeros[f1,c1]+Xzeros[f2,c2]; end;
  if abs(Azeros[f3,c3]+Xzeros[f4,c4])>abs(Azeros[f1,c1]+Xzeros[f2,c2]) then
begin
  Z[f5,c5]:=(A[f1,c1]*X[f2,c2]*Exp((+Azeros[f1,c1]+Xzeros[f2,c2]-
Azeros[f3,c3]-Xzeros[f4,c4])*Ln(10))-A[f3,c3]*X[f4,c4]);
  Zzeros[f5,c5]:=Azeros[f3,c3]+Xzeros[f4,c4]; end;
end;
for c5:=1 to n do begin

```

```
A[f5,c5]:=B[f5,c5];
X[f5,c5]:=Z[f5,c5];
Azeros[f5,c5]:=Bzeros[f5,c5];
Xzeros[f5,c5]:=Zzeros[f5,c5];
{Truncatge inici}
while A[f5,c5]>10 do begin
  A[f5,c5]:=A[f5,c5]/10;
  Azeros[f5,c5]:=Azeros[f5,c5]+1;
end;
while A[f5,c5]<-10 do begin
  A[f5,c5]:=A[f5,c5]/10;
  Azeros[f5,c5]:=Azeros[f5,c5]+1;
end;
if A[f5,c5]>0 then begin
  while A[f5,c5]<1 do begin
    A[f5,c5]:=A[f5,c5]*10;
    Azeros[f5,c5]:=Azeros[f5,c5]-1;
  end;end;
if A[f5,c5]<0 then begin
  while A[f5,c5]>-1 do begin
    A[f5,c5]:=A[f5,c5]*10;
    Azeros[f5,c5]:=Azeros[f5,c5]-1;
  end;end;
A[f5,c5]:=Trunca(A[f5,c5],10);

while X[f5,c5]>10 do begin
  X[f5,c5]:=X[f5,c5]/10;
  Xzeros[f5,c5]:=Xzeros[f5,c5]+1;
end;
```



```

while X[f5,c5]<-10 do begin
  X[f5,c5]:=X[f5,c5]/10;
  Xzeros[f5,c5]:=Xzeros[f5,c5]+1;
end;
if X[f5,c5]>0 then begin
  while X[f5,c5]<1 do begin
    X[f5,c5]:=X[f5,c5]*10;
    Xzeros[f5,c5]:=Xzeros[f5,c5]-1;
  end;end;
if X[f5,c5]<0 then begin
  while X[f5,c5]>-1 do begin
    X[f5,c5]:=X[f5,c5]*10;
    Xzeros[f5,c5]:=Xzeros[f5,c5]-1;
  end;end;
X[f5,c5]:=Trunca(X[f5,c5],10);
{Truncatge fi }
end;
end;
end;

for f1:=1 to n do begin
  f2:=f1;
  f3:=f1;
  c2:=f1;
  for c1:=1 to n do begin
    c3:=c1;
    B[f3,c3]:=A[f1,c1]/A[f2,c2];
    Bzeros[f3,c3]:=Azeros[f1,c1]-Azeros[f2,c2];
    Z[f3,c3]:=X[f1,c1]/A[f2,c2];
  end;
end;
end;

```

```
Zzeros[f3,c3]:=Xzeros[f1,c1]-Azeros[f2,c2];  
end;  
for c3:=1 to n do begin  
  A[f3,c3]:=B[f3,c3];  
  X[f3,c3]:=Z[f3,c3];  
  Azeros[f3,c3]:=Bzeros[f3,c3];  
  Xzeros[f3,c3]:=Zzeros[f3,c3];  
end;  
end;
```

1.5.9. Matriu de sortida de la inversa

En aquest pas s'uneixen la matriu de sortida (X) amb la matriu de zeros (Xzeros), d'aquesta manera la matriu de sortida ja tindrà els zeros que li corresponen.

```
{Carguem X sobre GTempinv}  
for i:=1 to n do begin  
  for j:=1 to n do begin  
    GTempinv[i,j]:=X[i,j]*Exp(Xzeros[i,j]*Ln(10));  
  end;  
end;
```

1.5.10. Producte de la matriu inversa per la matriu de pèrdues

```
{Producte GTempinv*Perdues}  
for i:=1 to 10 do begin  
  Producte[i,1]:=0;end;
```

```

for i:=1 to 10 do begin
  for i2:=1 to 10 do begin
    j2:=i2;
    Producte[i,1]:=Producte[i,1]+GTempinv[i,j2]*Perdues[i2,1];
  end;
end;
end;

```

1.5.11. Suma de la matriu d'increment de temperatura amb la temperatura ambient

```

{Suma GTempinv*Perdues+40}
for i:=1 to 10 do begin
  for j:=1 to 1 do begin
    T[i,1]:= Producte[i,1] + 40;
  end;
end;
end;

```

1.5.12. Arrodoniment de les dades de sortida

```

StaticText75.caption:=floatToStr(RoundTo(T[1,1],-2));
StaticText76.caption:=floatToStr(RoundTo(T[2,1],-2));
StaticText77.caption:=floatToStr(RoundTo(T[3,1],-2));
StaticText78.caption:=floatToStr(RoundTo(T[4,1],-2));
StaticText79.caption:=floatToStr(RoundTo(T[5,1],-2));
StaticText80.caption:=floatToStr(RoundTo(T[6,1],-2));
StaticText81.caption:=floatToStr(RoundTo(T[7,1],-2));
StaticText82.caption:=floatToStr(RoundTo(T[8,1],-2));
StaticText83.caption:=floatToStr(RoundTo(T[9,1],-2));
StaticText84.caption:=floatToStr(RoundTo(T[10,1],-2));
end;

```

1.6. Funció BitBtn2Click (dimensions per defecte)

La funció BitBtn2Click s'activa al pulsar el botó "motor per defecte". Aquesta funció carrega les dades predefinides en les caselles de la pantalla "dimensions del motor".

```
procedure TForm1.BitBtn2Click(Sender: TObject);
begin
  edDse.Text:=floatToStr(0.174);
  edIm.Text:=floatToStr(0.09);
  edIb.Text:=floatToStr(0.025);
  edle.Text:=floatToStr(0.12);
  ednn.Text:=floatToStr(2870);
  edh1s.Text:=floatToStr(0.00105);
  edh2s.Text:=floatToStr(0.00376);
  edh3s.Text:=floatToStr(0);
  edh4s.Text:=floatToStr(0.01269);
  edh6s.Text:=floatToStr(0);
  edhys.Text:=floatToStr(0.0245);
  edb1s.Text:=floatToStr(0.00272);
  edbds.Text:=floatToStr(0.00517);
  edQs.Text:=floatToStr(24);
  eddi.Text:=floatToStr(0.0005);
  edSslot.Text:=floatToStr(0.000143);
  edSc.Text:=floatToStr(55.6101*Exp(-6*Ln(10)));
  edentreferro.Text:=floatToStr(0.0005);
  edDr.Text:=floatToStr(0.089);
  edlo.Text:=floatToStr(0.025);
  edh1r.Text:=floatToStr(0.0004);
```

```
edh2r.Text:=floatToStr(0);  
edh4r.Text:=floatToStr(0.01978);  
edDeix.Text:=floatToStr(0.018);  
end;
```

1.7. Funció BitBtn3Click (constants per defecte)

La funció BitBtn3Click s'activa al pulsar el botó "constants per defecte". Aquesta funció carrega les dades predefinides en les caselles de la pantalla "constants".

```
procedure TForm1.BitBtn3Click(Sender: TObject);  
begin  
    edLamdaAir.Text:=floatToStr(0.026);  
    edBeta.Text:=floatToStr(1/313);  
    edg.Text:=floatToStr(9.813);  
    edIncrementdeT1.Text:=floatToStr(40);  
    edvi.Text:=floatToStr(16*Exp(-6*Ln(10)));  
    edPr.Text:=floatToStr(0.708);  
    edLamdaCont.Text:=floatToStr(400);  
    edLamdala.Text:=floatToStr(4);  
    edLamdair.Text:=floatToStr(39);  
    edfactorapilament.Text:=floatToStr(0.97);  
    edLamdai.Text:=floatToStr(0.8);  
    edLamdav.Text:=floatToStr(0.8);  
    edFr.Text:=floatToStr(2.5);  
    edLamdaCu.Text:=floatToStr(400);  
    edPair.Text:=floatToStr(1.146);
```

```
edmu.Text:=floatToStr(1.8673*Exp(-5*Ln(10)));  
edwcalor.Text:=floatToStr(1.5);  
ednf.Text:=floatToStr(0.5);  
edLamdaAl.Text:=floatToStr(237);  
edLamdass.Text:=floatToStr(40);  
end;
```

1.8. Funció BitBtn4Click (pèrdues motor per defecte)

La funció BitBtn4Click s'activa al pulsar el botó "motor per defecte" de la pantalla "pèrdues motor". Aquesta funció carrega les dades predefinides en les caselles de la pantalla "pèrdues motor".

```
procedure TForm1.BitBtn4Click(Sender: TObject);  
begin  
    edPFeyss.Text:=floatToStr(114.3649);  
    edPFedss.Text:=floatToStr(10.2106);  
    edPads.Text:=floatToStr(54.2094);  
    edPcus.Text:=floatToStr(198.7597);  
    edPcur.Text:=floatToStr(144.3874);  
end;
```

1.9. Funcions TForm1.ed*Enter (ajudes)

Les funcions que es detallen a continuació mostren una ajuda o una imatge de la dada esperada en la casella seleccionada.

```
procedure TForm1.edDseEnter(Sender: TObject);
```

```
begin
    Textanotacions.Caption:='Diàmetre exterior de l'estator [m]';
image1.Picture.LoadFromFile(ExtractFileDir(Application.ExeName)+'\imatges\Dse.jpg');
end;

procedure TForm1.edDrEnter(Sender: TObject);
begin
    Textanotacions.Caption:='Diàmetre exterior del rotor [m]';
image1.Picture.LoadFromFile(ExtractFileDir(Application.ExeName)+'\imatges\Dr.jpg');
end;

procedure TForm1.edentreferroEnter(Sender: TObject);
begin
    Textanotacions.Caption:='Entreferro entre rotor i estator [m]';
image1.Picture.LoadFromFile(ExtractFileDir(Application.ExeName)+'\imatges\entreferro.jpg');
end;

procedure TForm1.edDeixEnter(Sender: TObject);
begin
    Textanotacions.Caption:='Diàmetre del eix [m]';
image1.Picture.LoadFromFile(ExtractFileDir(Application.ExeName)+'\imatges\Deix.jpg');
end;

procedure TForm1.edlmEnter(Sender: TObject);
begin
```

```
Textanotacions.Caption:='Longitud entre el centre del coixinet i el centre del rotor  
[m]';
```

```
image1.Picture.LoadFromFile(ExtractFileDir(Application.ExeName)+'\imatges\lm.jpg  
' );  
end;
```

```
procedure TForm1.edloEnter(Sender: TObject);
```

```
begin
```

```
Textanotacions.Caption:='Part del bobinat que sobresurt de la ranura [m]';  
image1.Picture.LoadFromFile(ExtractFileDir(Application.ExeName)+'\imatges\lo.jpg'  
);  
end;
```

```
procedure TForm1.edlbEnter(Sender: TObject);
```

```
begin
```

```
Textanotacions.Caption:='Longitud del coixinet [m]';  
image1.Picture.LoadFromFile(ExtractFileDir(Application.ExeName)+'\imatges\lb.jpg'  
);  
end;
```

```
procedure TForm1.edleEnter(Sender: TObject);
```

```
begin
```

```
Textanotacions.Caption:='Longitud de l'estator [m]';  
image1.Picture.LoadFromFile(ExtractFileDir(Application.ExeName)+'\imatges\le.jpg'  
);  
end;
```

```
procedure TForm1.ednnEnter(Sender: TObject);
```

```
begin
```



```
Textanotacions.Caption:='Velocitat nominal de gir [rpm]';  
image1.Picture.LoadFromFile(ExtractFileDir(Application.ExeName)+'\imatges\nn.jpg'  
'');  
end;  
  
procedure TForm1.edh1sEnter(Sender: TObject);  
begin  
Textanotacions.Caption:='Dimensió de les dents de l'estator [m]';  
image1.Picture.LoadFromFile(ExtractFileDir(Application.ExeName)+'\imatges\h1s.jp  
g');  
end;  
  
procedure TForm1.edh2sEnter(Sender: TObject);  
begin  
Textanotacions.Caption:='Dimensió de les dents de l'estator [m]';  
image1.Picture.LoadFromFile(ExtractFileDir(Application.ExeName)+'\imatges\h2s.jp  
g');  
end;  
  
procedure TForm1.edh3sEnter(Sender: TObject);  
begin  
Textanotacions.Caption:='Dimensió de les dents de l'estator [m]';  
image1.Picture.LoadFromFile(ExtractFileDir(Application.ExeName)+'\imatges\h3s.jp  
g');  
end;  
  
procedure TForm1.edh4sEnter(Sender: TObject);  
begin  
Textanotacions.Caption:='Dimensió de les dents de l'estator [m]';
```

```
image1.Picture.LoadFromFile(ExtractFileDir(Application.ExeName)+'\imatges\h4s.jp  
g');  
end;
```

```
procedure TForm1.edh6sEnter(Sender: TObject);  
begin  
    Textanotacions.Caption:='Dimensió de les dents de l'estator [m]';  
image1.Picture.LoadFromFile(ExtractFileDir(Application.ExeName)+'\imatges\h6s.jp  
g');  
end;
```

```
procedure TForm1.edhysEnter(Sender: TObject);  
begin  
    Textanotacions.Caption:='Dimensió de les dents de l'estator [m]';  
image1.Picture.LoadFromFile(ExtractFileDir(Application.ExeName)+'\imatges\hys.jp  
g');  
end;
```

```
procedure TForm1.edb1sEnter(Sender: TObject);  
begin  
    Textanotacions.Caption:='Dimensió de les dents de l'estator [m]';  
image1.Picture.LoadFromFile(ExtractFileDir(Application.ExeName)+'\imatges\b1s.jp  
g');  
end;
```

```
procedure TForm1.edbdsEnter(Sender: TObject);  
begin  
    Textanotacions.Caption:='Gruix de les dents de l'estator [m]';
```

```
image1.Picture.LoadFromFile(ExtractFileDir(Application.ExeName)+'\imatges\bds.jpg');  
end;
```

```
procedure TForm1.edQsEnter(Sender: TObject);  
begin  
    Textanotacions.Caption:='Nombre de dents de l'estator';  
    image1.Picture.LoadFromFile(ExtractFileDir(Application.ExeName)+'\imatges\Qs.jpg');  
end;
```

```
procedure TForm1.eddiEnter(Sender: TObject);  
begin  
    Textanotacions.Caption:='Espessor de l'aïllament de les dents de l'estator [m]';  
    image1.Picture.LoadFromFile(ExtractFileDir(Application.ExeName)+'\imatges\di.jpg');  
end;
```

```
procedure TForm1.edSslotEnter(Sender: TObject);  
begin  
    Textanotacions.Caption:='Secció de les dents de l'estator [m2]';  
    image1.Picture.LoadFromFile(ExtractFileDir(Application.ExeName)+'\imatges\Sslot.jpg');  
end;
```

```
procedure TForm1.edh1rEnter(Sender: TObject);  
begin  
    Textanotacions.Caption:='Dimensió de les dents del rotor [m]';
```

```
image1.Picture.LoadFromFile(ExtractFileDir(Application.ExeName)+'\imatges\h1r.jp  
g');  
end;
```

```
procedure TForm1.edh2rEnter(Sender: TObject);  
begin  
    Textanotacions.Caption:='Dimensió de les dents del rotor [m]';  
image1.Picture.LoadFromFile(ExtractFileDir(Application.ExeName)+'\imatges\h1r.jp  
g');  
end;
```

```
procedure TForm1.edh4rEnter(Sender: TObject);  
begin  
    Textanotacions.Caption:='Dimensió de les dents del rotor [m]';  
image1.Picture.LoadFromFile(ExtractFileDir(Application.ExeName)+'\imatges\h1r.jp  
g');  
end;
```

```
procedure TForm1.edScEnter(Sender: TObject);  
begin  
    Textanotacions.Caption:='Secció del coure de les dents de l'estator [m2];  
image1.Picture.LoadFromFile(ExtractFileDir(Application.ExeName)+'\imatges\Sc.jpg  
'');  
end;
```

```
procedure TForm1.edLamdaAirEnter(Sender: TObject);  
begin  
    Textanotacions2.Caption:='Conductivitat tèrmica de l'aire[W/(m*K)'];  
end;
```

```
procedure TForm1.edBetaEnter(Sender: TObject);
```

```
begin
```

```
    Textanotacions2.Caption:='Coeficient d'expansió termal [1/K]';
```

```
end;
```

```
procedure TForm1.edviEnter(Sender: TObject);
```

```
begin
```

```
    Textanotacions2.Caption:='viscositat cinemàtica del fluid [m2/s]';
```

```
end;
```

```
procedure TForm1.edPrEnter(Sender: TObject);
```

```
begin
```

```
    Textanotacions2.Caption:='Número de Prandtl';
```

```
end;
```

```
procedure TForm1.edPairEnter(Sender: TObject);
```

```
begin
```

```
    Textanotacions2.Caption:='Densitat de l'aire [kg/m3]';
```

```
end;
```

```
procedure TForm1.edmuEnter(Sender: TObject);
```

```
begin
```

```
    Textanotacions2.Caption:='Viscositat dinàmica de l'aire [kg/(m*s)]';
```

```
end;
```

```
procedure TForm1.ednfEnter(Sender: TObject);
```

```
begin
```

```
    Textanotacions2.Caption:='Eficiència del ventilador';
```

```
end;
```

```
procedure TForm1.edLamdaContEnter(Sender: TObject);
```

```
begin
```

```
  Textanotacions2.Caption:='Coeficient de contacte entre carcassa i nucli
```

```
[W/(m2*K)]';
```

```
end;
```

```
procedure TForm1.edLamdalrEnter(Sender: TObject);
```

```
begin
```

```
  Textanotacions2.Caption:='Conductivitat tèrmica del ferro del laminat
```

```
[W/(m*K)]';
```

```
end;
```

```
procedure TForm1.edLamdalaEnter(Sender: TObject);
```

```
begin
```

```
  Textanotacions2.Caption:='Conductivitat tèrmica axial del laminat [W/(m*K)]';
```

```
end;
```

```
procedure TForm1.edLamdasEnter(Sender: TObject);
```

```
begin
```

```
  Textanotacions2.Caption:='Conductivitat tèrmica de l'acer de l'eix [W/(m*K)]';
```

```
end;
```

```
procedure TForm1.edLamdaCuEnter(Sender: TObject);
```

```
begin
```

```
  Textanotacions2.Caption:='Conductivitat tèrmica del coure [W/(m*K)]';
```

```
end;
```

```
procedure TForm1.edLamdaAEnter(Sender: TObject);
```

```
begin
```

```
    Textanotacions2.Caption:='Conductivitat tèrmica de l'alumini [W/(m*K)]';
```

```
end;
```

```
procedure TForm1.edLamdaiEnter(Sender: TObject);
```

```
begin
```

```
    Textanotacions2.Caption:='Conductivitat tèrmica lineal de la ranura [W/(m*K)]';
```

```
end;
```

```
procedure TForm1.edLamdavEnter(Sender: TObject);
```

```
begin
```

```
    Textanotacions2.Caption:='Conductivitat tèrmica del vernís [W/(m*K)]';
```

```
end;
```

```
procedure TForm1.edFrEnter(Sender: TObject);
```

```
begin
```

```
    Textanotacions2.Caption:='Factor de conductivitat radial del laminat';
```

```
end;
```

```
procedure TForm1.edfactorapilamentEnter(Sender: TObject);
```

```
begin
```

```
    Textanotacions2.Caption:='Factor d'apilament del laminat ';
```

```
end;
```

```
procedure TForm1.edwcalorEnter(Sender: TObject);
```

```
begin
```

```
    Textanotacions2.Caption:='Relació de temperatura entre el motor i l'ambient ';
```

```
end;
```

```
procedure TForm1.edIncrementdeT1Enter(Sender: TObject);  
begin  
    Textanotacions2.Caption:='Diferencia de temperatura entre superfície i la  
carcassa, suposat constant [K]';  
end;
```

```
procedure TForm1.edgEnter(Sender: TObject);  
begin  
    Textanotacions2.Caption:='Acceleració de la gravetat [m/(s^2)]';  
end;
```

```
procedure TForm1.edPFeyEnter(Sender: TObject);  
begin  
    Textanotacions3.Caption:='Pèrdues en el ferro de l'estator [W]';  
end;
```

```
procedure TForm1.edPFedsEnter(Sender: TObject);  
begin  
    Textanotacions3.Caption:='Pèrdues en les dents de l'estator [W]';  
end;
```

```
procedure TForm1.edPadEnter(Sender: TObject);  
begin  
    Textanotacions3.Caption:='Pèrdues addicionals [W]';  
end;
```

```
procedure TForm1.edPcusEnter(Sender: TObject);  
begin
```



```
Textanotacions3.Caption:='Pèrdues Joule a l'estator [W]';  
end;  
  
procedure TForm1.edPcurEnter(Sender: TObject);  
begin  
    Textanotacions3.Caption:='Pèrdues Joule al rotor [W]';  
end;  
  
procedure TForm1.StaticText75Click(Sender: TObject);  
begin  
    Textanotacions4.Caption:='Temperatura en la carcassa [°C]';  
end;  
  
procedure TForm1.StaticText76Click(Sender: TObject);  
begin  
    Textanotacions4.Caption:='Temperatura en el ferro de l'estator [°C]';  
end;  
  
procedure TForm1.StaticText77Click(Sender: TObject);  
begin  
    Textanotacions4.Caption:='Temperatura en les dents de l'estator [°C]';  
end;  
  
procedure TForm1.StaticText78Click(Sender: TObject);  
begin  
    Textanotacions4.Caption:='Temperatura en les bobines de l'estator [°C]';  
end;  
  
procedure TForm1.StaticText79Click(Sender: TObject);
```

```
begin
  Textanotacions4.Caption:='Temperatura en l'aire de l'entreferro [°C]';
end;

procedure TForm1.StaticText80Click(Sender: TObject);
begin
  Textanotacions4.Caption:='Temperatura en els caps de bobina [°C]';
end;

procedure TForm1.StaticText81Click(Sender: TObject);
begin
  Textanotacions4.Caption:='Temperatura en l'aire del cap [°C]';
end;

procedure TForm1.StaticText82Click(Sender: TObject);
begin
  Textanotacions4.Caption:='Temperatura en les bobines del rotor [°C]';
end;

procedure TForm1.StaticText83Click(Sender: TObject);
begin
  Textanotacions4.Caption:='Temperatura en el ferro del rotor [°C]';
end;

procedure TForm1.StaticText84Click(Sender: TObject);
begin
  Textanotacions4.Caption:='Temperatura en l'eix del rotor [°C]';
end;
```

1.10. Funció Image1Click

La funció Image1Click s'activa al pulsar sobre la imatge d'ajuda. Aquesta funció fa que s'ampliï o redueixi la imatge.

```
procedure TForm1.Image1Click(Sender: TObject); //Engrandeix/encongeix la
imatge
begin
  If image1.Picture.Graphic<>nil then begin
    If imageclick=False then begin
      Image1.Height:=250;
      Image1.Width:=500;
      Image1.Top:=0;
      Panel1.Top:=215;
      imageclick:=True;
    end
  else begin
      Image1.Height:=65;
      Image1.Width:=130;
      Image1.Top:=0;
      Panel1.Top:=400;
      imageclick:=False;
    end;
  end;
end;
```

1.11. Funció BitBtn5Click (Carrega motor)

La funció BitBtn5Click s'activa al pulsar el botó Carrega motor. Aquesta funció obre un menú de càrrega des de el que es pot carregar les dades d'un motor guardat.

```
procedure TForm1.BitBtn5Click(Sender: TObject); //Carrega motor
var
  F:TextFile;
  S:string;
begin
  Opendialog1.Execute;
  if Opendialog1.FileName<>'' then begin
    AssignFile(F,Opendialog1.FileName);
    Reset(F);
    ReadLn(F,S);
    ReadLn(F,S);
    S:=Stringreplace(S,'Diàmetre exterior de l'estator: ','',[rfReplaceAll]);
    S:=Stringreplace(S,' m','',[rfReplaceAll]);
    edDse.Text:=S;
    ReadLn(F,S);
    S:=Stringreplace(S,'Diàmetre exterior del rotor: ','',[rfReplaceAll]);
    S:=Stringreplace(S,' m','',[rfReplaceAll]);
    edDr.Text:=S;
    ReadLn(F,S);
    S:=Stringreplace(S,'Entreferro entre rotor i estator: ','',[rfReplaceAll]);
    S:=Stringreplace(S,' m','',[rfReplaceAll]);
    edentreferro.Text:=S;
```

```
ReadLn(F,S);
S:=Stringreplace(S,'Diàmetre del eix: ','',[rfReplaceAll]);
S:=Stringreplace(S,' m','',[rfReplaceAll]);
edDeix.Text:=S;
ReadLn(F,S);
S:=Stringreplace(S,'Longitud entre el centre del coixinet i el centre del rotor:
','',[rfReplaceAll]);
S:=Stringreplace(S,' m','',[rfReplaceAll]);
edlm.Text:=S;
ReadLn(F,S);
S:=Stringreplace(S,'Part del bobinat que sobresurt de la ranura:
','',[rfReplaceAll]);
S:=Stringreplace(S,' m','',[rfReplaceAll]);
edlo.Text:=S;
ReadLn(F,S);
S:=Stringreplace(S,'Longitud del coixinet: ','',[rfReplaceAll]);
S:=Stringreplace(S,' m','',[rfReplaceAll]);
edlb.Text:=S;
ReadLn(F,S);
S:=Stringreplace(S,'Longitud del estator: ','',[rfReplaceAll]);
S:=Stringreplace(S,' m','',[rfReplaceAll]);
edle.Text:=S;
ReadLn(F,S);
ReadLn(F,S);
ReadLn(F,S);
S:=Stringreplace(S,'Velocitat nominal de gir: ','',[rfReplaceAll]);
S:=Stringreplace(S,' rpm','',[rfReplaceAll]);
ednn.Text:=S;
ReadLn(F,S);
```

```
ReadLn(F,S);
ReadLn(F,S);
S:=Stringreplace(S,'Nombre de dents de l'estator: ',",[rfReplaceAll]);
edQs.Text:=S;
ReadLn(F,S);
ReadLn(F,S);
ReadLn(F,S);
S:=Stringreplace(S,'Dimensió de les dents de l'estator h1s: ',",[rfReplaceAll]);
S:=Stringreplace(S,' m',",[rfReplaceAll]);
edh1s.Text:=S;
ReadLn(F,S);
S:=Stringreplace(S,'Dimensió de les dents de l'estator h2s: ',",[rfReplaceAll]);
S:=Stringreplace(S,' m',",[rfReplaceAll]);
edh2s.Text:=S;
ReadLn(F,S);
S:=Stringreplace(S,'Dimensió de les dents de l'estator h3s: ',",[rfReplaceAll]);
S:=Stringreplace(S,' m',",[rfReplaceAll]);
edh3s.Text:=S;
ReadLn(F,S);
S:=Stringreplace(S,'Dimensió de les dents de l'estator h4s: ',",[rfReplaceAll]);
S:=Stringreplace(S,' m',",[rfReplaceAll]);
edh4s.Text:=S;
ReadLn(F,S);
S:=Stringreplace(S,'Dimensió de les dents de l'estator h6s: ',",[rfReplaceAll]);
S:=Stringreplace(S,' m',",[rfReplaceAll]);
edh6s.Text:=S;
ReadLn(F,S);
S:=Stringreplace(S,'Dimensió de les dents de l'estator hys: ',",[rfReplaceAll]);
S:=Stringreplace(S,' m',",[rfReplaceAll]);
```

```
edhys.Text:=S;
ReadLn(F,S);
S:=Stringreplace(S,'Dimensió de les dents de l'estator b1s: ','',[rfReplaceAll]);
S:=Stringreplace(S,' m','',[rfReplaceAll]);
edb1s.Text:=S;
ReadLn(F,S);
S:=Stringreplace(S,'Gruix de les dents de l'estator bds: ','',[rfReplaceAll]);
S:=Stringreplace(S,' m','',[rfReplaceAll]);
edbds.Text:=S;
ReadLn(F,S);
S:=Stringreplace(S,'Secció de les dents de l'estator: ','',[rfReplaceAll]);
S:=Stringreplace(S,' m^2','',[rfReplaceAll]);
edSslot.Text:=S;
ReadLn(F,S);
ReadLn(F,S);
ReadLn(F,S);
S:=Stringreplace(S,'Secció del coure de les dents de l'estator: ','',[rfReplaceAll]);
S:=Stringreplace(S,' m^2','',[rfReplaceAll]);
edSc.Text:=S;
ReadLn(F,S);
ReadLn(F,S);
ReadLn(F,S);
S:=Stringreplace(S,'Espessor de l'aïllament de les dents de l'estator:
','',[rfReplaceAll]);
S:=Stringreplace(S,' m','',[rfReplaceAll]);
eddi.Text:=S;
ReadLn(F,S);
ReadLn(F,S);
ReadLn(F,S);
```

```
S:=Stringreplace(S,'Dimensió de les dents del rotor h1r: ','',[rfReplaceAll]);
S:=Stringreplace(S,' m','',[rfReplaceAll]);
edh1r.Text:=S;
ReadLn(F,S);
S:=Stringreplace(S,'Dimensió de les dents del rotor h2r: ','',[rfReplaceAll]);
S:=Stringreplace(S,' m','',[rfReplaceAll]);
edh2r.Text:=S;
ReadLn(F,S);
S:=Stringreplace(S,'Dimensió de les dents del rotor h4r: ','',[rfReplaceAll]);
S:=Stringreplace(S,' m','',[rfReplaceAll]);
edh4r.Text:=S;
ReadLn(F,S);
ReadLn(F,S);
ReadLn(F,S);
S:=Stringreplace(S,'Conductivitat tèrmica de l'aire: ','',[rfReplaceAll]);
S:=Stringreplace(S,' W/(m*K)','',[rfReplaceAll]);
edLamdaAir.Text:=S;
ReadLn(F,S);
S:=Stringreplace(S,'Coeficient d'expansió termal: ','',[rfReplaceAll]);
S:=Stringreplace(S,' 1/K','',[rfReplaceAll]);
edBeta.Text:=S;
ReadLn(F,S);
S:=Stringreplace(S,'viscositat cinemàtica del fluid: ','',[rfReplaceAll]);
S:=Stringreplace(S,' m^2/s','',[rfReplaceAll]);
edvi.Text:=S;
ReadLn(F,S);
S:=Stringreplace(S,'Número de Prandtl: ','',[rfReplaceAll]);
edPr.Text:=S;
ReadLn(F,S);
```



```

S:=Stringreplace(S,'Densitat de l'aire: ','',[rfReplaceAll]);
S:=Stringreplace(S,' kg/m^3','',[rfReplaceAll]);
edPair.Text:=S;
ReadLn(F,S);
S:=Stringreplace(S,'Viscositat dinàmica de l'aire: ','',[rfReplaceAll]);
S:=Stringreplace(S,' kg/(m*s)','',[rfReplaceAll]);
edmu.Text:=S;
ReadLn(F,S);
ReadLn(F,S);
ReadLn(F,S);
S:=Stringreplace(S,'Eficiència del ventilador: ','',[rfReplaceAll]);
ednf.Text:=S;
ReadLn(F,S);
ReadLn(F,S);
ReadLn(F,S);
S:=Stringreplace(S,'Coeficient de contacte entre carcassa i nucli:
','',[rfReplaceAll]);
S:=Stringreplace(S,' W/(m^2*K)','',[rfReplaceAll]);
edLamdaCont.Text:=S;
ReadLn(F,S);
ReadLn(F,S);
ReadLn(F,S);
S:=Stringreplace(S,'Conductivitat tèrmica del ferro del laminat: ','',[rfReplaceAll]);
S:=Stringreplace(S,' W/(m*K)','',[rfReplaceAll]);
edLamdalr.Text:=S;
ReadLn(F,S);
S:=Stringreplace(S,'Conductivitat tèrmica axial del laminat: ','',[rfReplaceAll]);
S:=Stringreplace(S,' W/(m*K)','',[rfReplaceAll]);
edLamdala.Text:=S;

```

```
ReadLn(F,S);
S:=Stringreplace(S,'Conductivitat tèrmica de l'acer de l'eix: ',",[rfReplaceAll]);
S:=Stringreplace(S,' W/(m*K)',",[rfReplaceAll]);
edLamdas.Text:=S;
ReadLn(F,S);
S:=Stringreplace(S,'Conductivitat tèrmica del coure: ',",[rfReplaceAll]);
S:=Stringreplace(S,' W/(m*K)',",[rfReplaceAll]);
edLamdaCu.Text:=S;
ReadLn(F,S);
S:=Stringreplace(S,'Conductivitat tèrmica de l'alumini: ',",[rfReplaceAll]);
S:=Stringreplace(S,' W/(m*K)',",[rfReplaceAll]);
edLamdaAl.Text:=S;
ReadLn(F,S);
S:=Stringreplace(S,'Conductivitat tèrmica lineal de la ranura: ',",[rfReplaceAll]);
S:=Stringreplace(S,' W/(m*K)',",[rfReplaceAll]);
edLamdai.Text:=S;
ReadLn(F,S);
S:=Stringreplace(S,'Conductivitat tèrmica del vernís: ',",[rfReplaceAll]);
S:=Stringreplace(S,' W/(m*K)',",[rfReplaceAll]);
edLamdav.Text:=S;
ReadLn(F,S);
S:=Stringreplace(S,'Factor de conductivitat radial del laminat: ',",[rfReplaceAll]);
edFr.Text:=S;
ReadLn(F,S);
S:=Stringreplace(S,'Factor d'apilament del laminat: ',",[rfReplaceAll]);
edfactorapilament.Text:=S;
ReadLn(F,S);
ReadLn(F,S);
ReadLn(F,S);
```

```

S:=Stringreplace(S,'Relació de temperatura entre el motor i l'ambient:
','",[rfReplaceAll]);
edwcalor.Text:=S;
ReadLn(F,S);
S:=Stringreplace(S,'Diferencia de temperatura entre superfície i la carcassa,
suposat constant: ','',[rfReplaceAll]);
S:=Stringreplace(S,' K','',[rfReplaceAll]);
edIncrementdeT1.Text:=S;
ReadLn(F,S);
ReadLn(F,S);
ReadLn(F,S);
S:=Stringreplace(S,'Acceleració de la gravetat: ','',[rfReplaceAll]);
S:=Stringreplace(S,' m/(s^2)','',[rfReplaceAll]);
edg.Text:=S;
ReadLn(F,S);
ReadLn(F,S);
ReadLn(F,S);
S:=Stringreplace(S,'Pèrdues en el ferro de l'estator: ','',[rfReplaceAll]);
S:=Stringreplace(S,' W','',[rfReplaceAll]);
edPFfeys.Text:=S;
ReadLn(F,S);
S:=Stringreplace(S,'Pèrdues en les dents de l'estator: ','',[rfReplaceAll]);
S:=Stringreplace(S,' W','',[rfReplaceAll]);
edPFeds.Text:=S;
ReadLn(F,S);
S:=Stringreplace(S,'Pèrdues addicionals: ','',[rfReplaceAll]);
S:=Stringreplace(S,' W','',[rfReplaceAll]);
edPad.Text:=S;
ReadLn(F,S);

```

```

S:=Stringreplace(S,'Pèrdues Joule a l'estator: ',",[rfReplaceAll]);
S:=Stringreplace(S,' W',",[rfReplaceAll]);
edPcus.Text:=S;
ReadLn(F,S);
S:=Stringreplace(S,'Pèrdues Joule al rotor: ',",[rfReplaceAll]);
S:=Stringreplace(S,' W',",[rfReplaceAll]);
edPcur.Text:=S;
CloseFile(F);
end;
end;

```

1.12. Funció BitBtn6Click (Guarda motor)

La funció BitBtn6Click s'activa al pulsar el botó "Guarda motor". Aquesta funció obre un menú que ens permet guardar el motor en un arxiu .txt que posteriorment es pot utilitzar per imprimir.

```

procedure TForm1.BitBtn6Click(Sender: TObject); //Guardar motor
var
  F: TextFile;
begin
  Savedialog1.Execute;
  if Savedialog1.FileName<>'' then begin
    AssignFile(F,Savedialog1.FileName);
    Rewrite(F);
    WriteLn(F,'Dimensions del motor');
    Write(F,'Diàmetre exterior de l'estator: ');Write(F,edDse.Text);WriteLn(F,' m');
    Write(F,'Diàmetre exterior del rotor: ');Write(F,edDr.Text);WriteLn(F,' m');
  end;
end;

```

```
Write(F,'Entreferro entre rotor i estator: ');Write(F,edentreferro.Text);WriteLn(F,'
m');
Write(F,'Diàmetre del eix: ');Write(F,edDeix.Text);WriteLn(F,' m');
Write(F,'Longitud entre el centre del coixinet i el centre del rotor:
');Write(F,edlm.Text);WriteLn(F,' m');
Write(F,'Part del bobinat que sobresurt de la ranura:
');Write(F,edlo.Text);WriteLn(F,' m');
Write(F,'Longitud del coixinet: ');Write(F,edlb.Text);WriteLn(F,' m');
Write(F,'Longitud del estator: ');Write(F,edle.Text);WriteLn(F,' m');
WriteLn(F,'');
WriteLn(F,'Velocitat');
Write(F,'Velocitat nominal de gir: ');Write(F,ednn.Text);WriteLn(F,' rpm');
WriteLn(F,'');
WriteLn(F,'Nombre de ranures estatòriques');
Write(F,'Nombre de dents de l'estator: ');WriteLn(F,edQs.Text);
WriteLn(F,'');
WriteLn(F,'Dimensions ranures estatòriques');
Write(F,'Dimensió de les dents de l'estator h1s: ');
Write(F,edh1s.Text);WriteLn(F,' m');
Write(F,'Dimensió de les dents de l'estator h2s: ');
Write(F,edh2s.Text);WriteLn(F,' m');
Write(F,'Dimensió de les dents de l'estator h3s: ');
Write(F,edh3s.Text);WriteLn(F,' m');
Write(F,'Dimensió de les dents de l'estator h4s: ');
Write(F,edh4s.Text);WriteLn(F,' m');
Write(F,'Dimensió de les dents de l'estator h6s: ');
Write(F,edh6s.Text);WriteLn(F,' m');
Write(F,'Dimensió de les dents de l'estator hys: ');
Write(F,edhys.Text);WriteLn(F,' m');
```

```

Write(F,'Dimensió de les dents de l'estator b1s: ');
Write(F,edb1s.Text);WriteLn(F,' m');
Write(F,'Gruix de les dents de l'estator bds: ');Write(F,edbds.Text);WriteLn(F,'
m');
Write(F,'Secció de les dents de l'estator: ');Write(F,edSslot.Text);WriteLn(F,'
m^2');
WriteLn(F,"");
WriteLn(F,'Secció del coure');
Write(F,'Secció del coure de les dents de l'estator: ');
Write(F,edSc.Text);WriteLn(F,' m^2');
WriteLn(F,"");
WriteLn(F,'Espessor de l'aïllament');
Write(F,'Espessor de l'aïllament de les dents de l'estator: ');
Write(F,eddi.Text);WriteLn(F,' m');
WriteLn(F,"");
WriteLn(F,'Dimensions ranures rotòriques');
Write(F,'Dimensió de les dents del rotor h1r: ');Write(F,edh1r.Text);WriteLn(F,'
m');
Write(F,'Dimensió de les dents del rotor h2r: ');Write(F,edh2r.Text);WriteLn(F,'
m');
Write(F,'Dimensió de les dents del rotor h4r: ');Write(F,edh4r.Text);WriteLn(F,'
m');
WriteLn(F,"");
WriteLn(F,'Característiques del fluid');
Write(F,'Conductivitat tèrmica de l'aire: ');Write(F,edLamdaAir.Text);WriteLn(F,'
W/(m*K)');
Write(F,'Coeficient d'expansió termal: ');Write(F,edBeta.Text);WriteLn(F,' 1/K');
Write(F,'viscositat cinemàtica del fluid: ');Write(F,edvi.Text);WriteLn(F,' m^2/s');
Write(F,'Número de Prandtl: ');WriteLn(F,edPr.Text);

```

```

Write(F,'Densitat de l'aire: ');Write(F,edPair.Text);WriteLn(F,' kg/m^3');
Write(F,'Viscositat dinàmica de l'aire: ');Write(F,edmu.Text);WriteLn(F,'
kg/(m*s)');
WriteLn(F,"");
WriteLn(F,'Eficiència del ventilador');
Write(F,'Eficiència del ventilador: ');WriteLn(F,ednf.Text);
WriteLn(F,"");
WriteLn(F,'Coeficients de contacte');
Write(F,'Coeficient de contacte entre carcassa i nucli: ');
Write(F,edLamdaCont.Text);WriteLn(F,' W/(m^2*K)');
WriteLn(F,"");
WriteLn(F,'Coeficients de conductivitat');
Write(F,'Conductivitat tèrmica del ferro del laminat: ');
Write(F,edLamdaIr.Text);WriteLn(F,' W/(m*K)');
Write(F,'Conductivitat tèrmica axial del laminat: ');
Write(F,edLamdala.Text);WriteLn(F,' W/(m*K)');
Write(F,'Conductivitat tèrmica de l'acer de l'eix: ');
Write(F,edLamdas.Text);WriteLn(F,' W/(m*K)');
Write(F,'Conductivitat tèrmica del coure: ');Write(F,edLamdaCu.Text);WriteLn(F,'
W/(m*K)');
Write(F,'Conductivitat tèrmica de l'alumini: ');
Write(F,edLamdaAl.Text);WriteLn(F,' W/(m*K)');
Write(F,'Conductivitat tèrmica lineal de la ranura: ');
Write(F,edLamdai.Text);WriteLn(F,' W/(m*K)');
Write(F,'Conductivitat tèrmica del vernís: ');Write(F,edLamdav.Text);WriteLn(F,'
W/(m*K)');
Write(F,'Factor de conductivitat radial del laminat: ');WriteLn(F,edFr.Text);
Write(F,'Factor d'apilament del laminat: ');WriteLn(F,edfactorapilament.Text);
WriteLn(F,"");

```

```

WriteLn(F,'Temperatures esperades');
Write(F,'Relació de temperatura entre el motor i l'ambient: ');
WriteLn(F,edwcalor.Text);
Write(F,'Diferencia de temperatura entre superfície i la carcassa, suposat
constant: ');Write(F,edIncrementdeT1.Text);WriteLn(F,' K');
WriteLn(F,"");
WriteLn(F,'Gravetat');
Write(F,'Acceleració de la gravetat: ');Write(F,edg.Text);WriteLn(F,' m/(s^2)');
WriteLn(F,"");
WriteLn(F,'Pèrdues motor');
Write(F,'Pèrdues en el ferro de l'estator: ');Write(F,edPFfeys.Text);WriteLn(F,'
W');
Write(F,'Pèrdues en les dents de l'estator: ');Write(F,edPFeds.Text);WriteLn(F,'
W');
Write(F,'Pèrdues addicionals: ');Write(F,edPad.Text);WriteLn(F,' W');
Write(F,'Pèrdues Joule a l'estator: ');Write(F,edPcus.Text);WriteLn(F,' W');
Write(F,'Pèrdues Joule al rotor: ');Write(F,edPcur.Text);WriteLn(F,' W');
WriteLn(F,"");
WriteLn(F,'Temperatura del motor');
Write(F,'Temperatura en la carcassa: ');Write(F,StaticText75.Caption);WriteLn(F,'
°C');
Write(F,'Temperatura en el ferro de l'estator: ');
Write(F,StaticText76.Caption);WriteLn(F,' °C');
Write(F,'Temperatura en les dents de l'estator: ');
Write(F,StaticText77.Caption);WriteLn(F,' °C');
Write(F,'Temperatura en les bobines de l'estator: ');
Write(F,StaticText78.Caption);WriteLn(F,' °C');
Write(F,'Temperatura en l'aire de l'entreferro: ');
Write(F,StaticText79.Caption);WriteLn(F,' °C');

```



```
Write(F,'Temperatura en els caps de bobina: ');
Write(F,StaticText80.Caption);WriteLn(F,' °C');
Write(F,'Temperatura en l'aire del cap: ');
Write(F,StaticText81.Caption);WriteLn(F,' °C');
Write(F,'Temperatura en les bobines del rotor: ');
Write(F,StaticText82.Caption);WriteLn(F,' °C');
Write(F,'Temperatura en el ferro del rotor: ');
Write(F,StaticText83.Caption);WriteLn(F,' °C');
Write(F,'Temperatura en l'eix del rotor: ');
Write(F,StaticText84.Caption);WriteLn(F,' °C');
CloseFile(F);
end;
end;
end.
```


ANNEX 2: EXEMPLE DE

SORTIDA EN FORMAT

.TXT

A continuació es mostra la sortida en format .txt del programa realitzat per al PFC1.

Dimensions del motor

Diàmetre exterior de l'estator: 0,174 m

Diàmetre exterior del rotor: 0,089 m

Entreferro entre rotor i estator: 0,0005 m

Diàmetre del eix: 0,018 m

Longitud entre el centre del coixinet i el centre del rotor: 0,09 m

Part del bobinat que sobresurt de la ranura: 0,025 m

Longitud del coixinet: 0,025 m

Longitud del estator: 0,12 m

Velocitat

Velocitat nominal de gir: 2870 rpm

Nombre de ranures estatòriques

Nombre de dents de l'estator: 24

Dimensions ranures estatòriques

Dimensió de les dents de l'estator h1s: 0,00105 m

Dimensió de les dents de l'estator h2s: 0,00376 m

Dimensió de les dents de l'estator h3s: 0 m

Dimensió de les dents de l'estator h4s: 0,01269 m

Dimensió de les dents de l'estator h6s: 0 m

Dimensió de les dents de l'estator hys: 0,0245 m

Dimensió de les dents de l'estator b1s: 0,00272 m

Gruix de les dents de l'estator bds: 0,00517 m

Secció de les dents de l'estator: 0,000143 m²

Secció del core

Secció del core de les dents de l'estator: 5,56101E-5 m²

Espessor de l'aïllament

Espessor de l'aïllament de les dents de l'estator: 0,0005 m

Dimensions ranures rotòriques

Dimensió de les dents del rotor h1r: 0,0004 m

Dimensió de les dents del rotor h2r: 0 m

Dimensió de les dents del rotor h4r: 0,01978 m

Característiques del fluid

Conductivitat tèrmica de l'aire: $0,026 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$

Coeficient d'expansió termal: $0,00319488817891374 \text{ 1/K}$

viscositat cinemàtica del fluid: $1,6\text{E-}5 \text{ m}^2/\text{s}$

Número de Prandtl: $0,708$

Densitat de l'aire: $1,146 \text{ kg}/\text{m}^3$

Viscositat dinàmica de l'aire: $1,8673\text{E-}5 \text{ kg}/(\text{m}\cdot\text{s})$

Eficiència del ventilador

Eficiència del ventilador: $0,5$

Coeficients de contacte

Coeficient de contacte entre carcassa i nucli: $400 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$

Coeficients de conductivitat

Conductivitat tèrmica del ferro del laminat: $39 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$

Conductivitat tèrmica axial del laminat: $4 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$

Conductivitat tèrmica de l'acer de l'eix: $40 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$

Conductivitat tèrmica del coure: $400 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$

Conductivitat tèrmica de l'alumini: $237 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$

Conductivitat tèrmica lineal de la ranura: $0,8 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$

Conductivitat tèrmica del vernís: $0,8 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$

Factor de conductivitat radial del laminat: $2,5$

Factor d'apilament del laminat: $0,97$

Temperatures esperades

Relació de temperatura entre el motor i l'ambient: $1,5$

Diferència de temperatura entre superfície i la carcassa, suposat constant: 40 K

Gravetat

Acceleració de la gravetat: 9,813 m/(s²)

Pèrdues motor

Pèrdues en el ferro de l'estator: 114,3649 W

Pèrdues en les dents de l'estator: 10,2106 W

Pèrdues addicionals: 54,2094 W

Pèrdues Joule a l'estator: 198,7597 W

Pèrdues Joule al rotor: 144,3874 W

Temperatura del motor

Temperatura en la carcassa: 55,88 °C

Temperatura en el ferro de l'estator: 73,33 °C

Temperatura en les dents de l'estator: 75,4 °C

Temperatura en les bobines de l'estator: 78,28 °C

Temperatura en l'aire de l'entreferro: 106,27 °C

Temperatura en els caps de bobina: 80,76 °C

Temperatura en l'aire del cap: 67,49 °C

Temperatura en les bobines del rotor: 136,75 °C

Temperatura en el ferro del rotor: 136,8 °C

Temperatura en l'eix del rotor: 96,61 °C