Кафедра КТЭИ

Переработка полимеров

Лабораторная работа

"Охлаждение изолированного провода"

Специальность – электроизоляционная, конденсаторная и кабельная техника

2009

Цель лабораторной работы – изучение процесса охлаждения изолированной жилы. Задачей лабораторной работы является исследование влияния параметров технологического режима охлаждения изолированной жилы на процесс охлаждения с применением метода математического моделирования и численных методов.

Цель данной лабораторной работы заключается в определении температурного поля в сечениях проводника и изоляции с целью выбора рационального режима охлаждения, т.е. правильного выбора скорости изолирования V0, длины охлаждающей ванны и температуры воды в секциях охлаждающей ванны.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Vo, м/мин | Ттпж, ˚С | Тиз, ˚С | Rтпж, мм | Rиз, мм | Т1, ˚С | Т2, ˚С | Т3, ˚С |
| 45 | 20 | 250 | 1,825 | 3,3 | 80 | 60 | 20 |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Λи, | Λж, | Ρи, кг/м3 | Ρж, кг/м3 | Си, Дж/кг⋅°С | Сж, Дж/кг⋅°С |
| 370 | 0,18 | 770 | 9210 | 1940 | 305 |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  1,  |  2,  | 3,  |
| 1000 | 1500 | 2000 |

**Теоретические сведения**

Для определения температурного поля в сечении проводника и изоляции существуют несколько моделей, рассмотрим некоторые из них.

**Модель №1**

Геометрия изолированной жилы представлена на рис. 1.

Рис. 1. Геометрия изолированной жилы

Допущения данной модели:

* процесс стационарный;
* теплофизические параметры постоянны;
* диффузией тепла в направлении оси ***z*** можно пренебречь;
* температура жилы не изменяется.

Уравнение энергии будет иметь вид:

 (1)

Граничные условия:

где ***Тпр*** – температура жилы провода; ***Тср*** – температура воды в охлаждающей ванне.

Начальные условия:

где ***Твых*** – температура изоляции на выходе из кабельной головки.

Для решения данной задачи воспользуемся методом конечных разностей. Выберем равномерную сетку по z и r:

Аппроксимируем производные и получим:

 (2)

С учётом выражений (2) выражение (1), граничные и начальные условия будут иметь вид:

 (3)

Преобразуем выражения (3):

, (4)

. (5)

Алгоритм решения данной задачи:

* с учётом начальных условий рассчитываем температуру ***Тi,1***;
* по выражению (4) рассчитываем поле температур для шага по длине j+1;
* по выражению (5) рассчитываем температуры в точка на границе изоляции;
* переходим к следующему шагу по длине ***z*** и повторяем расчёт сначала.

**Модель №2**

Данная модель охлаждения изолированной жилы отличается от предыдущей тем, что температура провода изменяется по длине охлаждающей ванны, а все остальные допущения остаются в силе. Схема разбиения области конечным числом узлов представлена на рис. 2.

Уравнения энергии для изоляции и для жилы соответственно будут иметь вид:

 (6)

Рис. 2. Схема разбиения

Граничные условия:

Начальные условия:

Также как и в предыдущем случае для решения системы дифференциальных уравнений (4) используем метод конечных разностей. Разностные уравнения (использована явная разностная схема) имеют вид:

 (7)

 (8)

 (9)

Алгоритм решения данной задачи:

* с учётом начальных условий рассчитываем температурное поле по выражениям (7) и (8) во внутренних точках областей ***I*** и ***II***;
* по выражениям (9), рассчитывается температура в граничных точках;
* переходим к следующему шагу по длине ***z*** и повторяем расчёт сначала.

В случае решения данной задачи по неявной разностной схеме для каждой из областей на каждом шаге по длине решается система алгебраических уравнений, пересчитываются значения температур на границах и переходят к следующему шагу по длине.

**Модель №3**

Данная модель охлаждения изолированной жилы отличается от предыдущей тем, что отбрасывается допущение о постоянстве теплофизических характеристик материала, а все остальные допущения остаются в силе.

Рис. 3. Зависимость теплофизических характеристик от температуры

Теплофизические характеристики для текущей точки можно определить (ниже приведён пример для теплоемкости ***с***):

При решении задачи методом конечных разностей можно воспользоваться постановкой задачи для модели 2.

Алгоритм решения данной задачи:

* с учётом начальных условий рассчитываем температуру ***Тi,1***;
* по выражениям (5) и (6) рассчитываем температурное поле во внутренних точках областей ***I*** и ***II***;
* по выражениям (7), (8) и (9) рассчитывается температура в точках на границе изоляции и между изоляцией и жилой а также в точке, лежащей в центре жилы;
* пересчитываем значения теплофизических характеристик для каждой точки сечения;
* пересчитываем поле температур в соответствии с выражениями (5), (6), (7), (8) и (9) для этого же сечения и пересчитываем теплофизических характеристики, повторяем расчёт до тех пор пока разность между предыдущими значениями и значениями полученными в текущем расчёте не будет меньше некоторой величины, взятой за погрешность;
* переходим к следующему шагу по длине ***z*** и повторяем расчёт сначала.

**Расчётная программа**

uses crt;

const rg=0.00185; ri=0.0033;

l1=10; l2=10; l3=7;

tv1=80; tv2=60; tv3=20;

alpha1=1000; alpha2=1500; alpha3=2000; alphav=40;

v0=45; lamdai=0.18; lamdap=370;

roi=770; rop=9210;

ci=1940; cp=305;

tp=20; ti=250;

var t:array [1..50] of double;

t1:array [1..50] of double;

f, f1, f2:text;

n, m, n1, i:integer;

j, l:longint;

q, r, hr1, hr2, hz1, hz2, hz3:double;

procedure vanna (var f:text; l:longint; alpha, tv:real);

begin

for j:=1 to l do

begin

r:=hr1;

for i:=2 to n1–1 do

begin

t1 [i]:=t[i]+lamdap/(cp\*rop\*v0)\*hz1\*(1/r\*((t [i+1] – t [i‑1])/(2\*hr1))+(t [i+1] – 2\*t[i]+t [i‑1])/(hr1\*hr1));

r:=r+hr1;

end;

r:=r+hr2;

t1 [1]:=t1 [2];

for i:=n1+1 to n‑1 do

begin

t1 [i]:=t[i]+lamdai/(ci\*roi\*v0)\*hz1\*(1/r\*((t [i+1] – t [i‑1])/(2\*hr2))+(t [i+1] – 2\*t[i]+t [i‑1])/(hr2\*hr2));

r:=r+hr2;

end;

t1 [n]:=(t1 [n‑1]/hr2+alpha/lamdai\*tv)/(1/hr2+alpha1/lamdai);

t1 [n1]:=(t1 [n1–1]\*lamdap+t1 [n1+1]\*lamdai)/(lamdap+lamdai);

for i:=1 to n do

t[i]:=t1 [i];

if j mod 10000=0 then

begin

for i:=1 to n do

begin

write (f, t[i]:2:2);

write (f, ' ');

end;

writeln(f);

end;

end;

end;

begin

clrscr;

n:=30;

n1:=18;

for i:=1 to n1 do

t[i]:=20;

for i:=n1+1 to n do

t[i]:=250;

hr1:=rg/(n1–1);

hr2:=(ri-rg)/(n-n1–1);

hz1:=0.00001;

assign (f, 'tabl.txt');

rewrite(f);

for i:=1 to n do

begin

write (f, t[i]:2:2);

write (f, ' ');

end;

writeln(f);

l:=round (l1/hz1);

vanna (f, l, alpha1, tv1);

close(f);

assign (f1,'tabl1.txt');

rewrite(f1);

for i:=1 to n do

begin

write (f1, t[i]:2:2);

write (f1,' ');

end;

writeln(f1);

l:=round (l2/hz1);

vanna (f1, l, alpha2, tv2);

close(f1);

assign (f2,'tabl2.txt');

rewrite(f2);

for i:=1 to n do

begin

write (f2, t[i]:2:2);

write (f2,' ');

end;

writeln(f2);

l:=round (l3/hz1);

vanna (f2, l, alpha3, tv3);

close(f2);

end.

**Результаты расчётов**

Рис. 4. Распределение температуры по длине охлаждающих ванн

Рис. 5. Распределение температуры по радиусу кабеля

Рис. 6. Зависимость температуры от скорости изолирования жилы

Рис. 7. Распределение температуры по радиусу для различных скоростей изолирования жилы

Рис. 8. Зависимость средней арифметической температуры от скорости изолирования жилы

Рис. 9. Зависимость температуры от коэффициента теплопроводности

Рис. 10. Распределение температуры по радиусу для различных коэффициентов теплопроводности

Рис. 11. Зависимость средней арифметической температуры от коэффициента теплопроводности

Рис. 12. Зависимость температуры от удельной теплоёмкости

Рис. 13. Распределение температуры по радиусу для различных удельных теплоемкостей

Рис. 14. Зависимость средней арифметической температуры от удельной теплоемкости

Рис. 15. Зависимость температуры от температуры первой охлаждающей ванны

Рис. 16. Распределение температуры по радиусу для различных температур первой ванны

Рис. 17. Зависимость средней арифметической температуры от температуры первой ванны

Рис. 18. Зависимость температуры от температуры второй охлаждающей ванны

Рис. 19. Распределение температуры по радиусу для различных температур второй ванны

Рис. 20. Зависимость средней арифметической температуры от температуры второй ванны

Рис. 21. Зависимость температуры от температуры третьей охлаждающей ванны

Рис. 22. Распределение температуры по радиусу для различных температур третьей ванны

Рис. 23. Зависимость средней арифметической температуры от температуры третьей ванны

Рис. 24. Зависимость средней арифметической температуры от радиуса изоляции

Вывод: в данной лабораторной работе была использована вторая модель для охлаждения изолированного провода. Были построены распределения температур по длине и радиусу провода. Из Рис. 4 видно, что внешние слои охлаждаются быстрей, чем внутренние, т. к. они имеют лучшие условия для охлаждения. Из Рис. 5. видно, что внутренние слои изоляции охлаждаются плохо, это происходит из-за того, что полимер имеет низкую теплопроводность, а следовательно отводить тепло из внутренних слоёв довольно сложно.

Из Рис. 6 и 7 видно, что при увеличении скорости изолирования жилы температура жилы уменьшается, а температура изоляции увеличивается. Это происходит потому, что изоляция не успевает отвести тепло и жила не успевает нагреться от воздействия на неё тепла, отводимого от изоляции.

По графикам 8 и 9 видно, что при увеличении коэффициента теплопроводности температура изоляции падает, т. к. при увеличении теплопроводности полимер быстрее отдаёт тепло.

Из Рис. 11 и 12 видно, что при увеличении теплоемкости температура увеличивается. Это объясняется тем, что с увеличением теплоемкости полимер может дольше сохранять в себе тепло.

По графикам зависимостей температуры от температур в охлаждающих ваннах видно, что при увеличении температур в ваннах, температура на выходе увеличивается, т. к. ухудшаются условия охлаждения.

По рис. 24. видно, что при увеличении толщины изоляции температура на выходе из охлаждающих ванн увеличивается. Это происходит из-за того, что требуется охлаждать больший объём полимера.