

УДК 629-33

**УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ГРАФИК ДЛЯ ОТОБРАЖЕНИЯ
ХАРАКТЕРИСТИК ТРАКТОРА С
ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ТРАНСМИССИЕЙ
THE UNIVERSAL GRAPHIC FOR MAPPING OF
CHARACTERISTICS OF THE TRACTOR EQUIPPED WITH
ELECTROMECHANICAL POWER TRAIN**

Ч.И. Жданович, канд. техн. наук, доцент,
Н.В. Калинин, старший преподаватель,
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Беларусь
Zhdanovich C.I., Associate Professor, PhD in Engineering,
Kalinin N.V., Senior Lecturer,
Belorussian National Technical University, Minsk, Belarus

В статье предложен способ построения в Delphi XE универсального графика для отображения зависимостей, полученных при расчёте тягово-скоростных свойств трактора с электромеханической трансмиссией.

The paper considers a dependence for creation of dependences received during calculation of high-speed properties of the tractor equipped with electromechanical power train by means of Delphi XE.

ВВЕДЕНИЕ

Для расчёта момента на роторе тягового асинхронного электродвигателя (ТАД), момента на колёсах и других параметров составлена программа, результаты работы которой представлены в [1, 2 и 3], а расчётные зависимости и их вывод — там же и в [4, 5]. Были построены графические зависимости с использованием компонента TChart и кривых TLineSeries, THorizLineSeries и TPointSeries (работа с графиками описана, например, в [6]).

Далее была добавлена модель для построения тяговой характеристики, что потребовало строить графики силы тяги, силы тяги на крюке и т.д. Число колонок расчётных значений, по которым строятся графики, увеличилось более чем до 70. Чтобы обеспечить возможность проанализировать вообще все возможные зависимости графически, нужно либо создать очень большое количество компонентов Chart с кривыми Series, что потребует

очень много времени и делает программу очень громоздкой и неудобной в использовании, либо каждый раз при возникновении нестандартного случая добавлять Chart с Series и программировать построение графика, на что потребуется время и необходимость вмешательства программиста. Программой предусмотрено сохранение таблицы результатов расчёта в Microsoft Excel, средствами которого можно построить нужный график. Однако это тоже потребует много времени. Покажем, как можно обеспечить пользователю возможность не выходя из программы и не пользуясь Microsoft Excel указать, какую величину нужно отложить по оси x , а какую — по оси y , а также самостоятельно дать название графикам, чтобы затем при использовании ножниц Windows или комбинации клавиш Alt+Print Screen можно было скопировать построенный график и затем вставить его в требуемый документ не используя графические редакторы для изменения подписи осей.

ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ УНИВЕРСАЛЬНОГО ГРАФИКА

Для построения графика используем компонент Chart, положим 4 Series для построения графиков при номинальном режиме работы ТАД [1, 2] и 4 — при предельном. По 4 кривых для каждого режима взяты из расчёта, что в тракторе с электромеханической трансмиссией не более четырёх передач; если число передач меньше четырёх или рассматривается работа только на одной из них, то часть кривых не будет задействована.

Далее дадим возможность пользователю выбирать, какие именно кривые отображать на графике, использовав флажки CheckBox (рисунок 1). Первый флажок запрограммируем так, что если он включён, то соответствующая ему кривая будет отображаться на графике, а если выключен, то не будет:

```
procedure TForm1.CheckBox11Click(Sender: TObject);  
begin Series72.Visible:=CheckBox11.Checked; end;
```

Аналогично и с остальными флажками.

Это в Delphi XE можно сделать и без создания флажков CheckBox, выбрав CheckBoxes в стиле легенды, но тогда в легенде будут отображаться кривые всех графиков: и тех, которые показаны, и тех, которые отключены.

Для подписи всех 8 графиков (четырёх графиков 1-ой группы и четырёх графиков второй группы) используем компонент ValueListEditor (на рисунке 2 видны только 5 из 8 строк) и кнопку "Подписать", которую запрограммируем так:

```
Series71.Title:=ValueListEditor8.Cells[1,1];
Series72.Title:=ValueListEditor8.Cells[1,2];
<...>
Series78.Title:=ValueListEditor8.Cells[1,8];
```

Если часть строк оставить пустыми (подписать не все графики или оси), то программа не выдаст ошибку. Поэтому если нужны только два графика, а не все 8, то подписи можно сделать аналогично рисунку 2.



Рисунок 1 — Флажки для кривых

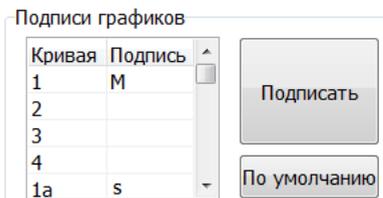


Рисунок 2 — Компоненты для подписи кривых

Подписи осей должны соответствовать изменяемым параметрам. Для этого используем блоки редактора LabeledEdit и кнопки BitBtn (рисунок 3). Пользователь введёт в LabeledEdit название подписей осей, щёлкнет по соответствующей кнопке — и подписи осей будут установлены. Процедура OnClick кнопки "Установить для левой и нижней":

```
Chart15.LeftAxis.Title.Caption:=LabeledEdit12.Text;
Chart15.BottomAxis.Title.Caption:=LabeledEdit13.Text;
```

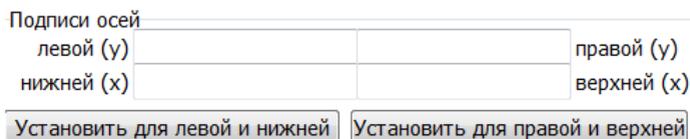


Рисунок 3 — Компоненты для подписи осей графика

Сделаем так, чтобы можно было не только построить значение одного параметра от другого для номинального и предельного

режимов, но и две графические зависимости для какого-либо из режимов по выбору.

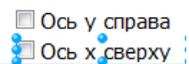


Рисунок 4 — Флажки для осей

Для этого может возникнуть необходимость графики по разным параметрам привязать к разным осям. Для графиков по умолчанию будет левая ось y и нижняя ось x . Чтобы привязать вторую группу графиков к другим осям, положим для второй группы графиков флажки "Ось y справа" и "Ось x сверху" (рисунок 4). Если флажок "Ось y справа" будет включён, то вторая группа графиков (1а-4а) будет привязана к правой оси, а первая (1-4) — к левой. Если флажок будет выключен, то обе группы графиков будут привязаны к левой оси. Запрограммируем флажок "Ось y справа" так:

```

if CheckBox8.Checked then begin
Series75.VertAxis:=ARightAxis;
Series76.VertAxis:=ARightAxis;
Series77.VertAxis:=ARightAxis;
Series78.VertAxis:=ARightAxis;
end else begin
Series75.VertAxis:=ALeftAxis; Series76.VertAxis:=ALeftAxis;
Series77.VertAxis:=ALeftAxis; Series78.VertAxis:=ALeftAxis;
end;

```

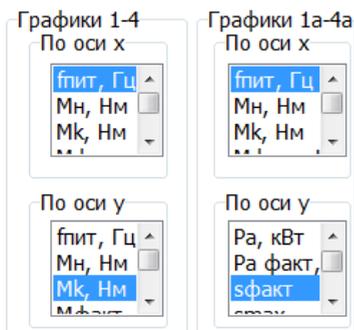


Рисунок 5 — Списки выбора для оси x , второй — для оси y , вторые — для второй (рисунок 5). Таблица результатов расчёта StringGrid3 состоит из множества столбцов (рисунок 6). Перепишем из неё названия столбцов в списки выбора ListBox в процедуре, выполняющей расчёт:

ARightAxis — это привязать к правой оси, а ALeftAxis — к левой [6]; VertAxis — вертикальная ось.

Аналогично запрограммируем и флажок "Ось x сверху" (только там будет: ABottomAxis ATopAxis, HorizAxis).

Используем 4 списка выбора ListBox. Первые два будут для первой группы графиков (первый — для оси x , второй — для оси y),

```

ListBox1.Items.Clear; ListBox2.Items.Clear;

```

```

ListBox3.Items.Clear; ListBox4.Items.Clear;
for itle := 1 to 46 do begin
  ListBox1.Items.Add(StringGrid3.Cells[itle,0]);
  ListBox2.Items.Add(StringGrid3.Cells[itle,0]);
  ListBox3.Items.Add(StringGrid3.Cells[itle,0]);
  ListBox4.Items.Add(StringGrid3.Cells[itle,0]);
end;

```

Исходные данные	Таблица	M=f(vk)	M=f(Pa)	s(v)	КПД	График			
Диапазон	пит, Гц	Mн, Нм	Mк, Нм	Mфакт, Нм	vk, км/ч	Pa, кВт	Pa факт, кВт	sфакт	
1	180	424,400390	11323,0024	424,400390	44,28009104	159995,1778	159995,1778	0,010273972	

Рисунок 6 — Таблица результатов расчёта StringGrid3 (фрагмент).

Таким образом, при запущенной программе списки ComboBox будут выглядеть аналогично рисунку 5. При этом значения будут одинаковыми; в четвёртом списке несколько сдвинута полоса прокрутки, поэтому отображается на экране более нижняя его часть. Положим на форму кнопки "Графики 1-4" (BitBtn) для построения графиков 1-ой группы и "Графики 1a-4a" — второй. Приведём программу кнопки "Графики 1-4" (BitBtn20Click) и процедуры grstr для построения графика, которую она вызывает. Программа кнопки "Графики 1a-4a" выполнена по тому же алгоритму.

```

Procedure grstr(dnst,xst,ySr:extended);

```

```

begin

```

```

  if dnst=1 then Form1.Series71.AddXY(xst,ySr);

```

```

  if dnst=2 then Form1.Series72.AddXY(xst,ySr);

```

```

  if dnst=3 then Form1.Series73.AddXY(xst,ySr);

```

```

  if dnst=4 then Form1.Series74.AddXY(xst,ySr);

```

{если для абсциссы xst и ординаты ySr для построения графика показано, что они относятся к передаче 1 (номер передачи определяет переменная dnst), то точка строится на первом графике и т.д.; значения передаются из процедуры BitBtn20Click}

```

end;

```

```

procedure TForm1.BitBtn20Click(Sender: TObject);

```

```

  Var grp,grnx,grny,dn:integer; grp1,grp2:extended;

```

```

  itn,itn2:string;

```

{значение itn будет приравниваться имени параметра, выбранного в списке для x; например, если выбрана скорость vk, то itn=vk; аналогично itn2 — для y}

```

begin

```

```

Series71.Clear;   Series72.Clear;           Series73.Clear;
Series74.Clear; {очистка графиков}
itn:=ListBox1.Items.Strings[ListBox1.ItemIndex];
{определяется, какое значение itn выбрано из списка для оси
x}
    for grp := 1 to StringGrid3.ColCount-1 do
        if StringGrid3.Cells[grp,0]=Itn then grnx:=grp;
            {определяется, название какого столбца соответствует
названию выбранного индекса ListBox для оси x, и
присваивается значение переменной grnx его номера}
            itn2:=ListBox2.Items.Strings[ListBox2.ItemIndex];
            {определяется, какое значение выбрано из списка для оси
y}
                for grp := 1 to StringGrid3.ColCount-1 do
                    if StringGrid3.Cells[grp,0]=Itn2 then grny:=grp;
                        {определяется, название какого столбца соответствует
названию выбранного индекса ListBox для оси y, и
присваивается значение переменной grny его номера}
                            for grp:= 1 to StringGrid3.RowCount-1 do
                                begin {цикл выполняется для всех строк таблицы }
                                    dn:=StrToInt(StringGrid3.Cells[0,grp]);
                                    { dn – номер передачи; для каждого расчётного значения
таблицы указано, к какой передаче оно относится}
                                        grp1:=StrToFloat(StringGrid3.Cells[grnx,grp]);
                                        grp2:=StrToFloat(StringGrid3.Cells[grny,grp]);
                                        { grp1 и grp2 – текущие значения для абсциссы и ординаты
точки на графике; grnx и grny – номера столбцов таблицы
StringGrid3, в которых они находятся }
                                            grstr(dn,grp1,grp2);
                                            {в процедуру grstr передаётся номер передачи (dn) и
значения по x (grp1) и по y (grp2); процедура grstr строит
точку на графике по координатам (grp1, grp2) }
                                                end; {конец цикла}
                                end;
                            end;
                    end;
                end;
            end;
        end;
    end;

```

Проведём расчёт для одной передачи. Исходные данные возьмём аналогично [1, 2, 4].

Выставим согласно рисунку 5 значения параметров. Поскольку расчёт производим только для одного диапазона, то будет по одному графику из группы 1–4 и группы 1а–4а. Для графиков по оси *x* откладывается частота, а по оси *y* — момент для графика 1 и скольжение для графика 1а. Если и момент, и скольжение откладывать на нижней оси, то результат будет аналогично рисунку 7: кривая скольжения будет снизу графика, поскольку длина шкалы по *y* рассчитывается исходя из максимального значения

откладываемых по y параметров, т.е. больше 30.000, в то время как скольжение не превысило 0,01.

Включим флажок "Ось y справа" для второй группы графиков. Тогда отсчёт скольжения будет вестись по правой оси от минимального до максимального его значения, а кривая зависимости скольжения от момента будет растянута по всему полю TChart (рисунок 8). Назовём графики согласно рисунку 2.

Проведём теперь расчёт зависимости момента на колёсах от скорости для номинального и предельного режимов работы ТАД. Для этого выберем в списках ListVox соответствующие значения параметров и щёлкнем по кнопкам построения графиков, установим подписи осей и легенды. Поскольку момент и номинального, и предельного режимов работы измеряется в одних и тех же величинах, привяжем оба графика к левой оси y. График представлен на рисунке 9.

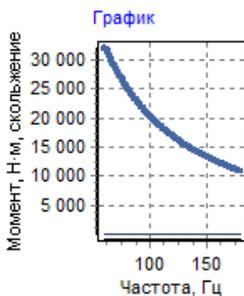


Рисунок 7— График при использовании общей оси y для двух параметров

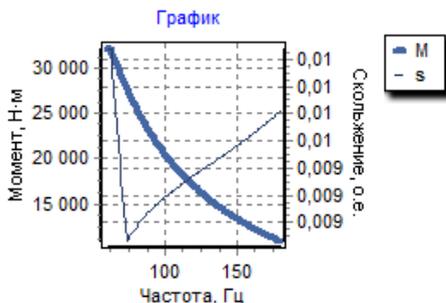


Рисунок 8— График при использовании левой оси y для одного параметра и правой оси y — для другого

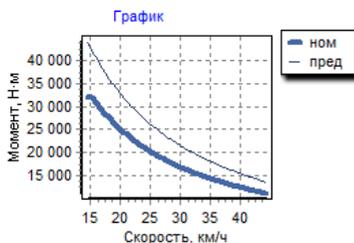


Рисунок 9 — График зависимости момента на колёсах от скорости движения трактора

Следует отметить, что графики аналогично рисунку были построены в [1, 2], но там это выполнялось быстрее по той причине, что для графика зависимости момента от скорости была отдельная вкладка и не требовалось выбирать из списка параметры и подписывать оси: они уже были подписаны. Т.е. если нужно часто строить определённые зависимости, то тогда уже целесообразно создавать отдельную вкладку и график, который можно будет только для их построения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Был предложен способ построения в Delphi универсального графика для отображения зависимостей, полученных при расчёте тягово-скоростных свойств трактора с электромеханической трансмиссией, позволяющий пользователю самому задавать, какой параметр брать по оси x , какой — по оси y , и подписать оси и кривые графика средствами Delphi без необходимости использования Excel и графических редакторов; также дана возможность пользователю построить графики сразу для двух разных зависимостей, привязав их к разным осям.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жданович, Ч. И. Определение передаточных отношений механической части электромеханической трансмиссии трактора / Ч. И. Жданович, Н. В. Калинин // Наука и техника. – 2016. – № 1. – С. 29–36.
2. Жданович, Ч. И. Анализ эффективности использования накопителей энергии на тракторе с электромеханической трансмиссией / Ч. И. Жданович, Н. В. Калинин // Наука и техника. – 2017. – № 1. – С. 73–82.
3. Жданович, Ч. И. Зависимость характеристик трактора с электромеханической трансмиссией от температуры обмоток тягового электродвигателя / Ч.И. Жданович, Н.В. Калинин // Проблемы проектирования и развития тракторов, мобильных машин, городского электротранспорта: материалы Междунар. науч.-техн. конф., посвящ. 60-летию кафедры «Тракторы» БНТУ,

Минск, 23–24 нояб. 2013 г. / редкол.: В. П. Бойков, Ч. И. Жданович. – Минск, 2013. – С. 60–67

4. Жданович, Ч. И. Выбор способа регулирования тягового асинхронного электродвигателя трактора и построение механической характеристики / Ч. И. Жданович, Н. В. Калинин // Наука и техника. – 2015. – № 3. – С. 60–64.

5. Жданович, Ч. И. Определение максимального момента на колесах трактора с электромеханической трансмиссией / Ч. И. Жданович, Н. В. Калинин // Проблемы проектирования и развития тракторов, мобильных машин, городского электротранспорта: материалы Междунар. науч.-техн. конф., посвящ. 60-летию кафедры «Тракторы» БНТУ, Минск, 23–24 нояб. 2013 г. / редкол.: В. П. Бойков, Ч. И. Жданович. – Минск, 2013. – С. 54. – 59.

6. Архангельский, А. Я. Приёмы программирования в Delphi / А. Я. Архангельский. — М.. ООО "Бином-Пресс, 2004. – 848 с.

THE IMPLEMENTATION OF NEW SOFTWARE IN MODAL ANALYSIS BRICKS WALLS DEGRADATION MEASUREMENTS

dr ing. Mariusz ŻÓŁTOWSKI

University of Technology and Life Sciences in Bydgoszcz

mariusz.zoltowski@utp.edu.pl

Abstract - The recommendation of the Polish law shows a need of control the production quality of wall elements which should provide in straight lines diagnostic tools. Requirement of this norm in range establishing the partial coefficients of wall safety of wall treats to settlement the category of works realization on building (A or B). They would support qualification " suitably qualified person controls" straight lines diagnostic methods indispensable the searches of new methods of opinion.

It recognizes the need of improvement the methods of investigation of wall building quality, and construction. In this article wall elements tests were made using the modal analysis and the delimitation of passage function FRF.

Key words: the modal analysis, function of passage the FRF temporary course of trembling's.