

УДК 629.31

**ПОСТРОЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ
ТЯГОВОГО АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ
МОБИЛЬНОЙ МАШИНЫ ПО ПАСПОРТНЫМ ДАННЫМ
CONSTRUCTION OF THE MECHANICAL
CHARACTERISTICS OF THE TRACTION ASYNCHRONOUS
ELECTRIC MOTOR OF THE MOBILE MACHINE USING
PASSPORT DATA**

Атаманов Ю.Е., к.т.н., доцент,
Плищ В.Н., ст. преподаватель,
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Беларусь
Atamanov Y.E., Ph.D.in Engineering, Associate Professor,
Plische V.N., senior lecturer,
Belarusian national technical University,
Minsk, Belarus

В работе предложен алгоритм построения механической характеристики тягового асинхронного электродвигателя с использованием координат характерных точек

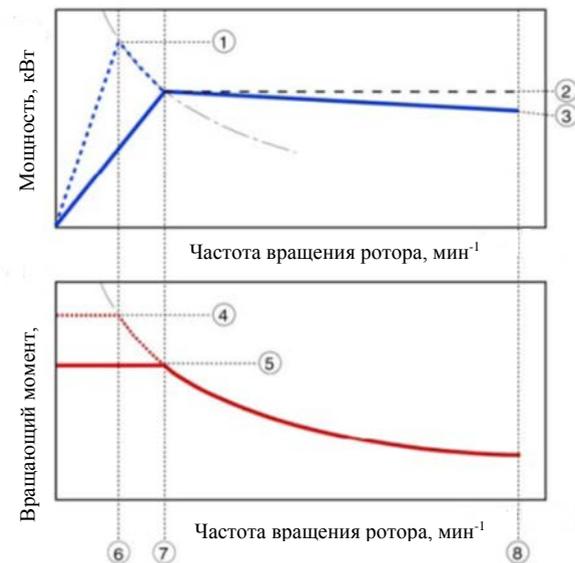
The paper proposes an algorithm for constructing the mechanical characteristics of the traction induction motor using the coordinates of the characteristic points

ВВЕДЕНИЕ

Для исследования на механико-математических моделях динамики электропривода мобильных машин (электробуса, троллейбуса, трактора и т.п.) необходимо построить механическую характеристику тягового электродвигателя, т.е. получить зависимость вращающего момента электродвигателя от частоты вращения ротора $M_{эд}=f(n_{эд})$ или угловой скорости $M_{эд}=f(\omega_{эд})$. При этом не учитываются переходные процессы в электрических машинах [1]. В настоящее время в качестве тяговых двигателей на мобильных машинах применяют асинхронные электродвигатели. Однако расчет и построение характеристики асинхронного электродвигателя – довольно сложный процесс. В работе предлагается упрощенный алгоритм построения этой характеристики.

ПОСТРОЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЯГОВОГО АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ МОБИЛЬНОЙ МАШИНЫ ПО ПАСПОРТНЫМ ДАННЫМ

На рис. 1 приведена принципиальная характеристика асинхронного тягового электродвигателя.



1 – максимальная выходная мощность; 2 – вращающий момент; 3 – действительная выходная мощность; 4 – максимальный момент; 5 – номинальный момент; 6 – частота вращения ротора при максимальном моменте; 7 – номинальная частота вращения; 8 – максимальная частота вращения ротора

Рисунок 1 – Принципиальная характеристика асинхронного электродвигателя

Алгоритм построения характеристики тягового асинхронного электродвигателя по паспортным данным с использованием характерных точек рассмотрим на примере электродвигателя Rexroth size 312, который применяется на тракторах. Основные данные, необходимые для построения механической характеристики электродвигателя представлены в табл. 1.

Таблица 1

Наименование параметра	Значение
Номинальный крутящий момент M_n (Н·м)	1100
Номинальная частота вращения n_n (мин ⁻¹)	850
Номинальная мощность P_n (кВт)	97,9
Максимальный крутящий момент M_{max} (Н·м)	2750
Максимальная частота вращения n_{max} (мин ⁻¹)	3400

В табл. 2–приведены частота вращения ротора и вращающий момент электродвигателя, снятые непосредственно на тракторе.

Таблица 2

$n_{эд}, об/мин$	0	297	506	746	820	905	1217	1617	2051
$M_{эд}, Н.м$	210	210	151	105	95	87	645	485	373

Сначала воспроизведем характеристику тягового асинхронного электродвигателя по данным табл. 2, используя аппроксимацию этих данных приемлемой функцией при изменении частоты вращения ротора от 297 мин⁻¹ до 2051 мин⁻¹.

Нанесем данные по вращающему моменту электродвигателя от частоты вращения его ротора, приведенные в табл. 2, на график, рис.2.

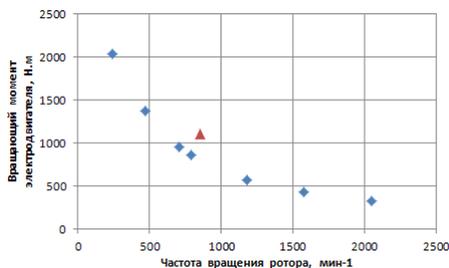


Рисунок 2 – Зависимость вращающего момента электродвигателя от частоты вращения ротора

Точка, соответствующая номинальному вращающему моменту (табл. 1) отмечена на рисунке треугольным маркером. Результаты исследований показали, что данные табл. 2 лучше всего аппроксимируются полиномом четвертой степени. Результаты воспроизведения характеристики электродвигателя полиномом показаны на рис.3 с нанесенными характерными точками.

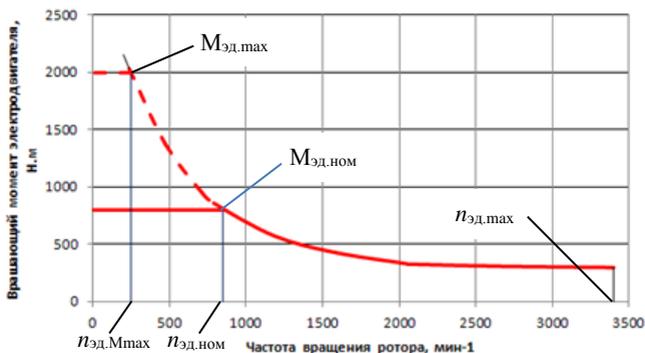


Рисунок 3 – Зависимость вращающего момента от частоты вращения ротора

В точке номинального момента ($n_{эд}=850 \text{ мин}^{-1}$) электродвигатель развивает мощность равную $P_{эд,ном} = 71,064 \text{ кВт}$. В диапазоне частот вращения ротора от 850 мин^{-1} до максимальной частоты вращения ротора 3400 мин^{-1} мощность электродвигателя почти постоянна. Однако слегка понижается с $71,064 \text{ кВт}$ при частоте 850 мин^{-1} до $67,68 \text{ кВт}$ при частоте 3400 мин^{-1} . Вращающий момент электродвигателя в начале характеристики практически мгновенно достигает номинального значения $M_{эд,ном} = 798,3681 \text{ Н·м}$ и остается постоянным в диапазоне частоты вращения ротора от 0 мин^{-1} до 850 мин^{-1} . С возрастанием частоты вращения ротора от 850 мин^{-1} до 3400 мин^{-1} вращающий момент изменяется по кривой при постоянной мощности.

Следовательно, изменение вращающего момента электродвигателя в диапазоне частот вращения ротора от нуля до

максимальных значений можно представить тремя участками: I участок от $n_{эд}=0$ мин⁻¹ до n_{Mmax} (частота вращения при максимальном моменте, когда двигатель переходит на криволинейную характеристику, значение ее пока не известно), на котором вращающий момент равен максимальному моменту $M_{эд,max}$, принятому для расчета; II участок - от n_{Mmax} до $n_{ном}$ имеет криволинейную зависимость, по которой вращающий момент уменьшается с $M_{эд,max}$ до $M_{эд,ном}$; III участок - от $n_{ном}$ до n_{max} , на котором мощность электродвигателя постоянна $P_{эд} = const$, а вращающий момент определяется по формуле $M_{эд} = P_{эд}/(\pi n_{эд}/30)$.

Теперь построим характеристику электродвигателя, воспользовавшись координатами характерных точек:

- номинальная мощность $P_{ном} = 82,048$ при $n_{ном} = 933,08$ мин⁻¹;
- максимальный момент $M_{max} = 2102$ Н·м;
- максимальная частота вращения вала, $n_{max} = 3400$ мин⁻¹

и сравним ее с действительной характеристикой, рис. 3.

Расчет и построение искомой характеристики начинаем с воспроизведения изменения мощности электродвигателя в зависимости от частоты вращения ротора. Построить эту зависимость для третьего участка не представляет никакой трудности. Поэтому подробнее рассмотрим зависимость мощности от частоты вращения на первых двух участках.

На первом участке вращающий момент постоянный, а мощность изменяется по линейной зависимости $P_{эд} = M_{эд,max} \pi n_{эд}/30$ (кривая 2 на рис. 4). Второй криволинейный участок воспроизведем, воспользовавшись зависимостью

$$P_{эд} = P_{ном} \left(1 - e^{-\frac{5}{n_{ном}} n_{эд}} \right). \quad (1)$$

На рис. 4 второй участок представлен кривой 3.

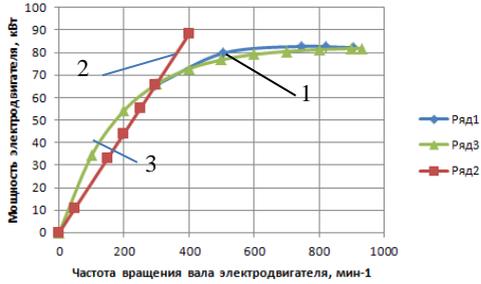


Рисунок 4 – Изменение мощности от частоты вращения на первых двух участках характеристики

Для сравнения на график нанесена кривая 1, соответствующая реальной характеристике, рис. 3. Из сравнения представленных кривых можно заключить, что изменение мощности электродвигателя на втором участке хорошо воспроизводится предлагаемой зависимостью (1).

Остается определить координаты точки пересечения прямой 3 и графика 2, т.е. определить n_{Mmax} . Для этого потребуется решить систему уравнений (2):

$$\begin{cases} P_{\text{эд1}} = P_{\text{ном}} \left(1 - e^{-\frac{5}{n_{\text{ном}}} n_{\text{эд}}} \right); \\ P_{\text{эд2}} = M_{\text{max}} \frac{\pi n_{\text{эд}}}{30}. \end{cases} \quad (2)$$

Решить систему уравнений (2) можно графически, рис. 5.

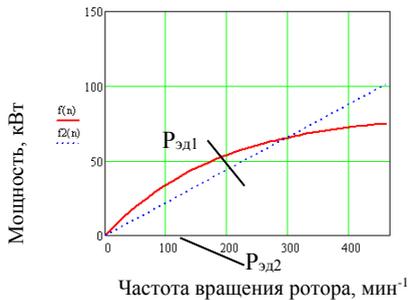


Рисунок 5 – Графическое решение системы уравнений (2)

В результате получили, что $n_{M_{\max}} = 300 \text{ мин}^{-1}$. Реальное значение частоты вращения ротора при максимальном моменте, $n_{M_{\max}} = 298 \text{ мин}^{-1}$. Если графическое решение системы не отвечает требуемой точности, то этот способ используется для отделения корней, т.е. для уменьшения отрезка исследования, а затем система (2) решается любым способом, который предпочитает исследователь.

Чтобы построить график $M_{\text{эд}}=f(n_{\text{эд}})$, необходимо на втором и третьем участках кривой $P_{\text{эд}}=f(n_{\text{эд}})$ воспользоваться зависимостью $M_{\text{эд}} = P_{\text{эд}}/(\pi n_{\text{эд}}/30)$. График $M_{\text{эд}}=f(n_{\text{эд}})$ для первого участка характеристики – прямая, соответствующая принятому значению M_{\max} . На рис. 6 показана искомая характеристика электродвигателя Rexroth size 312, построенная по координатам характерных точек, которая имеет хорошее совпадение с действительной характеристикой рис. 3.

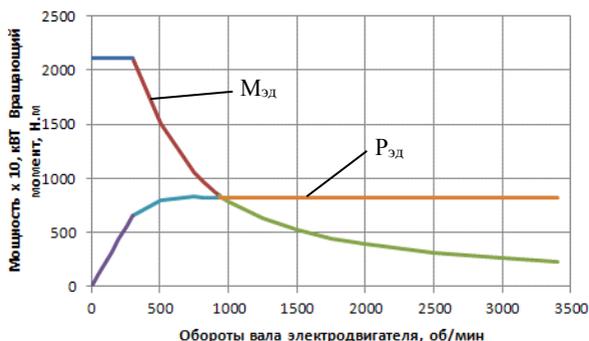


Рисунок 6 – Механическая характеристика электродвигателя Rexroth size 312

При использовании механической характеристики для исследования динамики мобильных машин следует иметь в виду, что при разгоне используется характеристика, показанная на рис. 1 пунктирной линией, а при повышении нагрузки – сплошной линией без выхода на максимальный момент. Механическая характеристика электродвигателя может использоваться и для построения тягово-скоростной характеристики мобильной машины.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложен алгоритм расчета и построения механической характеристики тягового асинхронного электродвигателя. Особенность алгоритма заключается в использовании только координат характерных точек (паспортных данных, представленных в заводской табличке на корпусе электродвигателя). Криволинейный участок характеристики $P_{эд}=f(n_{эд})$ рекомендуется аппроксимировать формулой (1). Для нахождения частоты вращения ротора $n_{Мmax}$ необходимо решить графически или любым математическим методом систему уравнений (2).

ЛИТЕРАТУРА

1. Фираго, Б. И. Теория электропривода / Б.И. Фираго, Л.Б. Павлячик. – 2-е изд. - Минск: Техноперспектива, 2007. – 585 с.

STATE CHANGES IN VIBRATION DIAGNOSTIC AND METHODS OF MODAL ANALYSIS

Bogdan Żółtowski_1, Mariusz Żółtowski_2

UTP University of Technology and Life Sciences_1, bogzol@utp.edu.pl

UTP University of Technology and Life Sciences _2,

mazolto@utp.edu.pl

Abstract. Presented considerations of this work includes selected issues in the area of statistical procedures use in vibration measures study and modal analysis methods to assess the building structures and machines state. The indicated statistical procedures are particularly important in vibration and modal research, where the multidimensionality of diagnostic signals requires a wide application of various statistical procedures at the stage of processing and decision-making. This paper presents the MATLAB program for determination of the Symptoms matrix, software tools for reading and exporting files in the .unv format, the OPTIMUM computer algorithm, the Singular Values Decomposition (SVD) computer algorithm and the state matrix analysis program using the MAC theory.

Keywords: statistical methods, exploitation, diagnostics, redundancy, product life cycle.

SELEKCJA MIAR PROPAGACJI ENERGII W DIAGNOSTYCE DRGANIOWEJ I METODACH ANALIZY MODALNEJ