

УДК 621.313.2.001

ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДОВ ДИАГНОСТИКИ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ МАШИН ПОСТОЯННОГО ТОКА

Артеменко А.Н., ассистент

Кременчугский государственный политехнический университет имени Михаила Остроградского

39614, Украина, г. Кременчуг, ул. Первомайская, 20

E-mail: saue@polytech.poltava.ua

У даній роботі розглянуті методи визначення як електричних, так і динамічних параметрів машин постійного струму. Складені вимоги до методик визначення параметрів, а також проаналізовані їх недоліки і переваги. Запропонована класифікація методів визначення параметрів машин постійного струму.

Ключові слова: динамічні параметри, двигун постійного струму, постійні часу, частотні характеристики, перехідні характеристики.

The methods of determination of both electric and dynamic parameters of machines of direct current are considered in this work. Made requirement to the methods of determination of parameters, and also their failings and advantages are analysed. Classification of methods of determination of parameters of machines of direct current is offered.

Key words: dynamic parameters, engine of direct current, permanent time, frequency descriptions, transitional descriptions.

Введение. В настоящее время развитие научно-технического прогресса неразрывно связано с проблемой энергоресурсосбережения. Одним из направлений решения данной проблемы является энергосбережение средствами электропривода (ЭП), который входит в состав современного технологического оснащения промышленных предприятий. Это, в свою очередь, предусматривает развитие и разработку новых методов и приборов, направленных на снижение потребления электрической энергии, так и на продолжение жизненного цикла электрических машин и приводов за счет повышения надежности их эксплуатации.

Среди главных составных – электромеханическое оснащение, которое нуждается в решении задачи повышения его надежности, в особенности в послеремонтный период, в первую очередь, необходимо выделить электрические двигатели постоянного тока (ДПТ).

Повышение надежности электромеханического оборудования неразрывно связано с непрерывным контролем параметров технического состояния функционирующих механизмов, то есть проблемой технической диагностики. Опыт показывает, что внедрение средств диагностики состояния является одним из важнейших факторов повышения экономической эффективности использования машин и механизмов в производстве. В современных условиях цель диагностики состоит не столько в выявлении уже возникших, сколько в предупреждении возможных отказов и неисправностей, а также в поддержке оптимальных настроек эксплуатационных характеристик в диапазонах установленных требованиями технологического процесса, в прогнозировании их состояния с целью более полного использования доремонтного и послеремонтного ресурса используемого электротехнического и техно-

логического оборудования. Теория и практика диагностики развиваются на основе реализации принципов работоспособности, универсальности методов и средств, обеспечения высокой оперативности их использования. Эти перечисленные задачи, а также определение реальной работоспособности ЭМ и системы электропривода, в целом решаются с применением эксплуатационного мониторинга. Мониторинг, в свою очередь, подразумевает собой определение состояния (работоспособности), которое напрямую зависит от электромеханических и электромагнитных параметров электрической машины.

Анализ предыдущих исследований. Существующие методы определения параметров весьма разнообразны по методологии применения и способам реализации. Нет единой классификации, которая помогла бы не только не повторять существующие методологии определения параметров, но и усовершенствовать существующие и разрабатывать новые методы.

Цель работы - систематизация и классификация методов определения параметров машин постоянного тока.

Материал и результаты исследования. Так или иначе, каждый из существующих подходов определения параметров ЭМ требует решения двух основных задач: обоснование объема диагностических показателей и техническую реализацию процесса их измерения с достаточной точностью в реальных условиях ремонта и эксплуатации.

В настоящее время, при решении задач послеремонтной диагностики и эксплуатационного мониторинга ЭМ, актуальными являются методы диагностики параметров ЭМ, которые должны удовлетворять следующим требованиям:

– возможность реализации в условиях ремонтного цеха предприятия ли непосредственно на месте экс-

- универсальность по отношению к типу ЭМ;
- оперативность;
- полнота и достаточная точность определяемых параметров.

Существующие методики можно разбить на следующие виды.

1. Методы аналитического определения параметров электрической машины [1].

Данные методы позволяют приближенно определять параметры электрической машины, включая постоянные времени, что не всегда справедливо для электромеханических систем.

2. Методы определения динамических параметров якорной цепи.

В свою очередь, данные методы можно разделить на методы, основанные на экспериментально снятой кривой тока и скорости.

2.1. Методы определения динамических параметров якорной цепи по экспериментальной кривой якорного тока.

Данные методы базируются на анализе экспериментальной кривой якорного тока, снятой при разгоне привода, и справедливы для линейных систем.

2.2. Методы определения динамических параметров якорной цепи по экспериментальной кривой скорости вращения.

Данные методы базируются на анализе экспериментальной кривой скорости вращения, снятой при

скачкообразном приложении якорного напряжения к цепи двигателя постоянного тока.

3. Методы определения динамических параметров цепи возбуждения.

В общем случае динамика процессов в обмотке возбуждения описывается сложными математическими зависимостями, экспериментальные методы определения динамических параметров носят приближенный характер даже при самом тщательном выполнении вычислений, требующихся при том или ином методе.

4. Методы определения динамических параметров якорной цепи по частотной характеристике.

Динамические параметры якорной цепи могут быть определены по известным частотным характеристикам якорной цепи электродвигателя при неизменном потоке возбуждения.

К недостаткам данных методов можно отнести сложный алгоритм вычислений параметров, что весьма затруднительно для вычисления параметров в реальном времени.

При определении того или иного параметра электрической машины одним из перечисленных методов, необходимы начальные данные (рис. 1). В основном это переходные характеристики (ток, скорость).

Использование одних и тех же начальных данных различными методами расширяет возможности определения параметров двигателя (табл. 1).



Рисунок 1 – Структурная схема методов определения параметров двигателя постоянного тока независимого возбуждения

Таблиця 1 – Методи определения параметров двигателя постоянного тока

Метод определения параметров двигателя постоянного тока	Определяемые параметры	Расчетные формулы
1. Метод, основанный на использовании переходных характеристик якорного тока [3].	$T_3, T_{эм}$	$T_3 = -\frac{\Delta t}{2 \ln C}, T_{эм} = \frac{S}{I_k},$ <p>где Δt – длина интервала разбиваемой оси; C - постоянная времени, зависящая от параметров схемы и способа разбиения оси абсцисс; S – площадь; I_k – ток короткого замыкания.</p> <p>Точность метода не велика из-за большого количества подбора значений коэффициентов.</p>
2. Метод, основанный на использовании переходных характеристик якорного тока, перестроенных в полулוגарифмическом масштабе [1].	$T_3, T_{эм}$	$T_3 = \frac{T_1 T_2}{T_1 + T_2}; T_{эм} = T_1 + T_2.$ <p>Данный метод дает хороший результат, если $T_{эм}$ превышает $4 T_3$.</p>
3. Метод, основанный на использовании переходных характеристик якорного тока при использовании аналитически выведенных соотношений [1].	$T_3, T_{эм}$	<p>Постоянные времена находятся по графикам зависимости $I_{\text{макс}}/I_k$ в функции отношения $T_{эм}/T_3$ [1, рис. 6] и зависимости $I_{\text{макс}}/T_3$ в функции отношения $T_{эм}/T_3$ [1, рис. 7].</p> <p>Точность метода напрямую зависит от точности построения графиков расчетных зависимостей.</p>
4. Метод, основанный на использовании переходных характеристик якорного тока при неподвижном якоре [3].	T_3	$T_3 = \frac{\sum \Delta Q_n}{I_y},$ <p>где $\sum \Delta Q_n$ – сумма элементарных площадей трапеций, на которые разбивается осциллограмма тока якоря.</p> <p>Для каждой системы привода необходимы дополнительные условия для снятия осциллограммы тока и вывода расчетных формул.</p>
5. Метод, основанный на использовании переходных характеристик скорости [3].	$T_3, T_{эм}$	$T_{эм} = \frac{S}{n_{уст}}, T_3 = -\frac{\Delta t}{\ln C},$ <p>где S – площадь, ограниченная кривой скорости и линией $n_{уст}$; Δt – длина интервала разбиваемой оси; C - постоянная времени.</p> <p>При монотонном характере переходного процесса точность определения может быть недостаточной.</p>
6. Метод, основанный на использовании переходных характеристик скорости [1].	ω_n (угловая частота незатухающих колебаний скорости двигателя), ξ (относительный коэффициент затухания колебаний)	$\omega_n = \frac{2\pi}{T\sqrt{1-\xi^2}},$ <p>где T – период колебаний.</p> <p>ξ находится из семейства кривых [1, рис. 14].</p> <p>Для меньшей погрешности необходимо учитывать ряд условий и ограничений, включая диапазон изменения ξ.</p>
7. Метод, основанный на использовании частотных характеристик [1].	ω_n, ξ	$\omega_n = \frac{\omega}{\sqrt{1 - \frac{\cos \varphi}{M}}};$ $\xi = \frac{-\sin \varphi}{2\sqrt{M^2 - M \cos \varphi}}.$ <p>Для большей точности ω_n и ξ необходимо определять на основании измерений при нескольких частотах.</p>

Продолжение таблицы 1

<p>8. Метод, основанный на использовании переходных характеристик напряжения и тока [1].</p>	<p>$R_{я}, L_{я}, GD^2$</p>	$R_{я} = \frac{U_{уст} - \Delta U_{щ}}{I_{уст}}, L = \frac{\sqrt{\left(\frac{U}{I}\right)^2 - \left(\frac{P}{I^2}\right)^2}}{2\pi f}, GD^2 = \frac{I_{дин} \Delta t 375 k\Phi}{1,03 \Delta n},$ <p>где $\Delta U_{щ}$ – падение напряжения в щетках; $U_{уст}, I_{уст}$ – установившееся значение напряжения и тока якоря; U, I – действующие значения напряжения и тока; f – частота; P – активная мощность; $I_{дин}$ – динамический ток, определяемый по осциллограмме.</p> <p>Данный метод остается в силе и в том случае, когда привод нагружен статическим моментом холостого хода.</p>
<p>9. Метод пространства состояния [2].</p>	<p>$R_{я}, L_{я}, k\Phi, J$</p>	$R_{я} = \left \frac{(i_{n+1} - i_n) - (i_n - i_{n-1})}{(\omega_{n+1} - \omega_n) - (\omega_n - \omega_{n-1})} \right , L = -\frac{R_{я}}{a_{11}}, J = \frac{k\Phi}{a_{21}},$ <p>где $i_{n...}, \omega_{n...}$ – точки на осциллограмме тока и скорости; a_{11}, a_{21} – коэффициенты матрицы.</p> <p>Определение параметров ограничивается интервалом пуска.</p>
<p>10. Параметрический метод [2].</p>	<p>$R_{я}, L_{я}, k\Phi, J$</p>	$\begin{cases} U = L \frac{di_k}{dt} + i_k \cdot R + k\Phi \cdot \omega_k; \\ U = L \frac{di_{k+1}}{dt} + i_{k+1} \cdot R + k\Phi \cdot \omega_{k+1}; \\ U = L \frac{di_{k+2}}{dt} + i_{k+2} \cdot R + k\Phi \cdot \omega_{k+2}, \end{cases}$ <p>где $i_{k...}, \omega_{k...}$ – точки на осциллограмме тока и скорости.</p> <p>Особенностью реализации данного метода является то, что интервал времени между измерениями должен быть разным.</p>
<p>11. Метод, основанный на использовании переходных характеристик тока возбуждения [3].</p>	<p>T_B</p>	$T_B = \frac{S}{1+k},$ <p>где S – площадь осциллограммы, заключенная между линией установившегося значения и кривой тока.</p> <p>Из-за наличия графических построений возрастает значение погрешности.</p>

Выводы. При анализе существующих методов диагностики машин постоянного тока было установлено отсутствие метода, соответствующего вышеперечисленным требованиям. Большинство методов позволяет определить лишь часть параметров электрической машины или величин, связанных с этими параметрами. Прогресс в измерительной технике, обусловленный применением микропроцессорных систем с совершенными методами обработки цифровой информации, позволяет углубленно анализировать энергетические процессы в квазистационарных и переходных режимах. Исследования в данном направлении представляются многообещающими в том отношении, что методы разрешают анализировать во всей совокупности энергопроцессы разнообразных электромеханических узлов и

систем с различной физической природой процессов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ямпольский Д.С., Орлова Т.А., Решмин Б.И. Определение динамических параметров электропривода постоянного тока. – М.: Энергия, 1972. – 56 с.
2. Чорний О.П., Луговой А.В., Родькін Д.Й., Сисюк Г.Ю., Садовой О.В. Моделирование электромеханических систем. – Кременчук, 2001. – 376 с.
3. Справочник по наладке электроустановок. Под ред. Дорофеюка А.С., Хечумяна А.П. – М.: Энергия, 1977. – 560 с.

Стаття надійшла 17.04.2008 р.
Рекомендовано до друку д.т.н., проф.

