

УДК 621.317

МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ВЯЗКОСТИ ПО СКОРОСТИ ВРАЩЕНИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

О.Г. Корганова, В.А. Кузнецов

Самарский государственный технический университет
Россия, 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

Рассмотрен метод измерения вязкости по скорости вращения электродвигателя. Показано, что этот метод эффективен при измерении вязкости ньютоновских жидкостей. Получена зависимость скорости вращения вала электродвигателя от значения вязкости. Предложена структурная схема вискозиметра и дано описание основных блоков, входящих в его состав. Рассмотрены методы измерения частоты вращения вала электродвигателя. Показано, что при использовании микроконтроллера для обработки измерительной информации более эффективным является метод измерения вязкости по частоте вращения вала электродвигателя постоянного тока.

Ключевые слова: измерение вязкости, ротационный метод, скорость вращения вала электродвигателя, функция преобразования.

Ротационный способ определения свойств материалов в вязкотекучем состоянии нашел широкое применение при определении показателей качества различных видов готовой продукции. В цеховых и лабораторных условиях контролируется вязкость различных смол, полимерных материалов, мастик, продуктов пищевой промышленности и т. п.

На предприятиях с непрерывным циклом выпуска продукции автоматизация технологических процессов по параметру вязкости выполняется с помощью ротационных вискозиметров [1].

Ротационные вискозиметры могут быть дискретного или непрерывного действия с механическим или электрическим чувствительным элементом.

Специфика исследования жидких сред предъявляет к вискозиметрам особые требования. В том числе вискозиметры должны быть изготовлены таким образом, чтобы обеспечить удобство работы в исследуемой среде, а также необходимую точность измерения вязкости исследуемого материала. Кроме того, необходимо так или иначе решить вопрос стабилизации температуры, от которой зависит вязкость, например путем помещения в термостат исследуемого материала.

При разработке данных приборов основные требования, предъявляемые к вискозиметрам, решаются, если удастся разработать прибор, обладающий значительной простотой и обеспечивающий высокую точность измерения вязкости.

Принцип работы известных ротационных вискозиметров основан на зависимости вращающего момента, который приложен к ротору, погруженному в исследуемую массу, от вязкости этой массы [2].

Крутящий момент, приложенный к ротору, определяется соотношением

Ольга Георгиевна Корганова (к.т.н., доц.), доцент кафедры «Информационно-измерительная техника».

Владимир Андреевич Кузнецов (к.т.н., доц.), доцент кафедры «Информационно-измерительная техника».

$$M_{кр} = Fr, \quad (1)$$

где $M_{кр}$ – крутящий момент на роторе; F – сила, приложенная к ротору; r – радиус ротора.

Сила, приложенная к ротору, для ньютоновских жидкостей определяется законом Ньютона:

$$F = \eta \frac{\omega S}{l}, \quad (2)$$

где ω – угловая скорость вращения ротора; S – рабочая площадь ротора; l – зазор между измерительным цилиндром и ротором.

Подставив соотношение (2) в формулу (1), получим:

$$M_{кр} = \eta \frac{\omega S r}{l} = \gamma \eta \omega, \quad (3)$$

где η – вязкость исследуемой массы; $\gamma = \frac{Sr}{l}$ – постоянная, зависящая от конструкции вискозиметра.

Таким образом, зная значения крутящего момента на роторе, можно определить динамическую вязкость исследуемой массы. При этом скорость вращения ротора обычно поддерживается постоянной:

$$\omega = \text{const.}$$

Определение крутящего момента $M_{кр}$ сопряжено со значительным усложнением схемы вискозиметра, т. к. требуется преобразовать $M_{кр}$ в промежуток времени, затем заполнить его импульсами стабильной частоты и совершить дальнейшие преобразования с целью выразить вязкость η . Эта цепочка преобразователей обладает определенными погрешностями, ухудшающими точностные показатели прибора.

На кафедре «Информационно-измерительная техника» СамГТУ разработан новый тип вискозиметра, в котором не требуется измерять крутящий момент и скорость вращения ротора не поддерживается постоянной, она зависит от вязкости исследуемой массы. Этот метод может быть применен для ньютоновских жидкостей. Большинство жидкостей являются ньютоновскими.

Известно, что у всех типов двигателей постоянного тока и у асинхронных двигателей угловая скорость вращения на холостом ходу самая большая.

С увеличением нагрузки на вал скорость вращения уменьшается, особенно сильно эта зависимость проявляется у двигателей постоянного тока с последовательным возбуждением, у которого механическая характеристика выражается функцией

$$\omega = \frac{k}{M_{кр}}$$

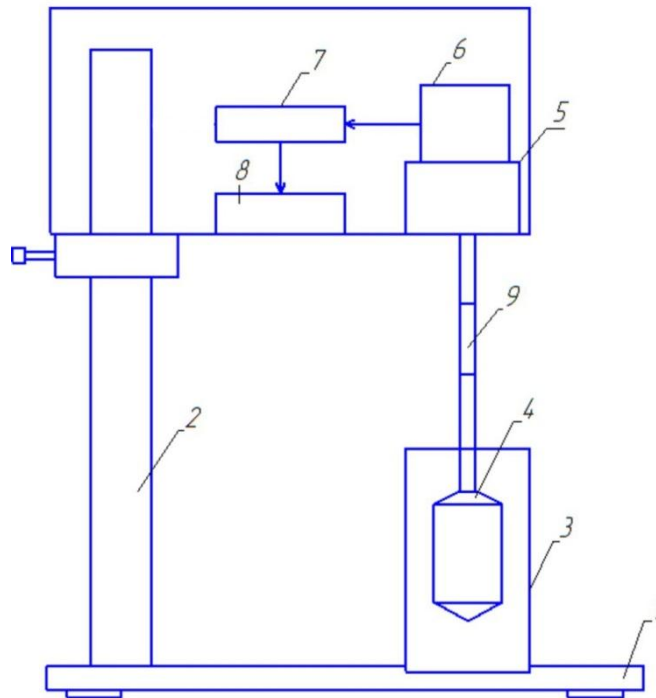
где k – коэффициент, определяемый параметрами электродвигателя.

Это свойство двигателей положено в основу построения вискозиметра нового типа, внешний вид которого и основные узлы приведены на рисунке.

Порядок работы вискозиметра может быть описан следующим образом.

Сначала двигатель включают на холостом ходу, с помощью штока 9 ротор 4 поднят, измеряется угловая скорость вращения ротора на холостом ходу, и это значение измеряется блоком 6 и записывается в блоке 7. Затем ротор 4 опускает-

ся в цилиндр с исследуемой массой, двигатель 5 вновь запускают, и в блоке 6 измеряется, а в блоке 7 записывается значение ω_1 . Блок 7 производит вычисление вязкости η в соответствии с зависимостью 6, после чего блок 8 индицирует значение η .



Внешний вид и основные узлы вискозиметра:

1 – основание; 2 – стойка; 3 – измерительный цилиндр; 4 – ротор;
5 – двигатель; 6 – блок измерения скорости вращения; 7 – вычислительный блок;
8 – индикатор вязкости; 9 – шток

Когда ротор вискозиметра помещается в измерительный цилиндр с исследуемой массой, скорость вращения двигателя ω уменьшается.

Из выражения (3) имеем

$$\eta = \frac{M_{кр}}{\gamma \omega},$$

с учетом (4) получим

$$\eta = \frac{k}{\gamma \omega^2}. \quad (5)$$

Из выражения (5) видно, что вязкость определяется только по одному параметру – скорости вращения вала электродвигателя. Коэффициенты k и γ зависят от конструкции электродвигателя, измерительных параметров ротора и цилиндра и являются постоянными. Так как скорость вращения входит в выражение в квадрате, то это обеспечивает высокую чувствительность метода измерения, что особенно важно при исследовании маловязких жидкостей.

Методы измерения угловой скорости вращения хорошо известны, и этот параметр измеряется с высокой степенью точности.

Скорость вращения может быть определена двумя способами:

– посредством измерения частоты вращения меток, нанесенных на вал двигателя;

– посредством измерения периода вращения вала двигателя.

Режим электродвигателя устанавливается таким, чтобы обеспечить мягкую тормозную характеристику. Тормозная характеристика двигателя $\omega = f(M_T)$ снимается заранее и вводится в память вычислительного блока.

Таким образом, точность работы вискозиметра существенно повышается, а его конструкция упрощается, т. к. исключается необходимость измерения крутящего момента и создания канала преобразования вязкости.

Тормозная характеристика электродвигателя снимается с помощью специальной установки, включающей в себя торсиометр. На этой установке получают зависимость

$$\omega = f(M_T).$$

Для стабилизации температуры исследуемой жидкости используется термостат.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кулаков М.В., Крутоголов В.Д. Ротационные вискозиметры. – М.: Машиностроение, 1984. – 112 с.
2. Корганова О.Г., Кузнецов В.А. Вискозиметр повышенной точности // Тр. XI Междунар. науч.-практ. конф. – Самара: СамГТУ, 2012. – С. 120-124.

Статья поступила в редакцию 25 октября 2014 г.

METHOD OF MEASUREMENT VISCOSITY OF THE MOTOR SPEED

O.G. Korganova, V.A. Kuznetsov

Samara State Technical University
244, Molodogvardeyskaya st., Samara, 443100, Russia

The method of measuring the viscosity of the speed of rotation of the motor. It is shown that this method is effective in measuring the viscosity of Newtonian fluids. The dependence of the speed of rotation of the motor shaft to viscosity. The structural scheme of the viscometer and a description of the main unit which is included in its composition. Methods for measuring the rotational speed of the motor shaft. It is shown that the study of the microcontroller for processing the measuring data is more efficient method of measuring the viscosity shaft speed DC motor.

Keywords: *viscosity measurement, a rotary method, the motor speed, the conversion function.*