

системы, имеющие большую точность и полноту в отыскании релевантной информации, и услужливые технологии, позволяющие сделать Веб более доступным.

Список литературы

1. A unified ontology-based web page model for improving accessibility / R. R. Fayzrakhmanov [et al.] // Proc. of the 19th

international conference on World Wide Web. – 2010. – P. 1087–1088.

2. Haralick R. M. Document image understanding: geometric and logical layout // Proc. of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. – 1994. – P. 385–390.

3. Cascading Style Sheets Level 2 Revision 1 (CSS 2.1) Specification / B. Bos [et al.] // World Wide Web Consortium. 2009. – URL: <http://www.w3.org/TR/2009/CR-CSS2-20090908/> (дата обращения: 20.01.2011).

R. A. Fayzrakhmanov, Doctor of Economics, Professor, Perm State Technical University

E. V. Dolgova, Doctor of Economics, Associate Professor, Perm State Technical University

R. R. Fayzrakhmanov, Postgraduate Student, Perm State Technical University

Modeling of Information Representation in the Tasks of Web Page Processing and Web Information Extraction

The Web page processing and Web information extraction are described. The main Web page models based on visual representation, such as geometrical and logical ones, are introduced and formally described. Advantages of the models for Web page processing and Web information extraction are shown.

Key words: Web page processing, Web information extraction, process modeling, geometrical model, logical model.

УДК 621.512.011.56

Ю. Ф. Рубцов, кандидат технических наук, Пермский государственный технический университет

Д. Ю. Рубцов, ОАО «Научно-исследовательский институт управляющих машин и систем», Пермь

ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫЕ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАБОЧЕГО МЕСТА ИСПЫТАНИЙ ДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА ЭДУ-133

Рассматривается методика расчета предельно допустимых погрешностей измерительных каналов автоматизированного рабочего места испытаний тягового двигателя ЭДУ-133. Представлены исходные данные для расчета предельно допустимых погрешностей при испытаниях тягового двигателя постоянного тока ЭДУ-133.

Ключевые слова: методика, погрешность, параметры, компонент, канал, измерение.

Автоматизированное рабочее место испытаний режимных параметров (АРМИ-РП) тягового двигателя постоянного тока ЭДУ-133 предназначено для проведения приемочных, периодических и приемо-сдаточных испытаний, для обработки и хранения результатов испытаний. Разные задачи испытаний требуют различной точности, что, в свою очередь, делает задачу определения предельно допустимых погрешностей измерительных каналов при проведении испытаний электрических двигателей постоянного тока актуальной.

Необходимую точность измерения устанавливаем, нормируя значение предельно допустимой погрешности измерения [1]. Принцип нормирования состоит в том, чтобы предельно допустимая погрешность не оказывала существенного влияния на достоверность результатов измерений при испытаниях. Характеристики погрешностей измерительных каналов (ИК) автоматизированного рабочего места испытаний режимных и других испытательных параметров (АРМИ-РП) нормируются путем установления

предела допускаемой относительной погрешности ИК в предусмотренных рабочих условиях применения при доверительной вероятности 0,95. Допустимые погрешности измерения испытательных параметров испытуемого двигателя (ИД) ЭДУ-133, входящие в состав АРМИ-РП, должны удовлетворять требованиям, указанным в табл. 1 и 2. Метрологические характеристики (МХ) АРМИ-РП нормируются без выделения составляющих (основной и дополнительной погрешности ИК-параметров).

Таблица 1. Предельно допустимые погрешности ИК-параметров с прямым измерением

Наименование класса параметров	Погрешность, %
Напряжение постоянного тока	0,3/0,8
Постоянный ток	0,5/1,0
Сопротивления изоляции	2,5
Температура	2,0
Частота вращения	1,0
Виброскорость	6,0

Таблица 2. Предельно допустимые погрешности ИК-параметров с косвенным измерением

Наименование класса параметров	Погрешность, %
КПД	2,5
Сопротивление обмоток	0,5

При расчетах все погрешности компонентов ИК считаются независимыми. Измерения с многократными наблюдениями считаются равнозначными с нормальным законом распределения. Систематические погрешности считаются равномерно распределенными по их доверительным интервалам.

На компоненты ИК АРМИ-РП основная и дополнительная погрешности задаются предельно допустимыми значениями, т. е. интервалами. Систематическая и случайная составляющие погрешности не выделены, поэтому нормируется общий предел допускаемой относительной погрешности ИК, и в связи с отсутствием исходных данных все погрешности компонентов считаются систематическими [2].

Измерения испытательных параметров проводятся в статических режимах (максимальная частота измерений составляет несколько секунд) и динамические характеристики измерений не нормируются.

Методика расчета предела допустимой погрешности ИК

В каналах прямых измерений с однократными и многократными наблюдениями в зависимости от

проводимого опыта один и тот же канал может использоваться как для однократных, так и для многократных наблюдений.

Оценка предела допустимой погрешности однократных измерений выполняется в соответствии с Р50.2.038–2004. Предел допустимой относительной погрешности таких измерений δ_1 определяется по формуле

$$\delta_1 = 1,1 \sqrt{\left(\sum_i (\delta_i^2) + \sum_j \delta_{ij}^2 \right)}, \quad (1)$$

где δ_i – предел допустимой основной погрешности i -го компонента канала; δ_{ij} – предел допустимого изменения погрешности компонента i от изменения j -й влияющей величины; \sum_i – знак суммирования по индексу i .

Для канала типа А по составу оборудования (см. рисунок) будем иметь два слагаемых по основной погрешности – погрешность датчика и погрешность АЦП модулей ввода контроллера РХИ или контроллера Simoreg.

Для канала типа Б АЦП осуществляется при преобразовании RS 485 – Ethernet и добавляется третье слагаемое – предел основной погрешности вторичного измерительного преобразователя (РВ 12/ТП или РВ 12/УВ).

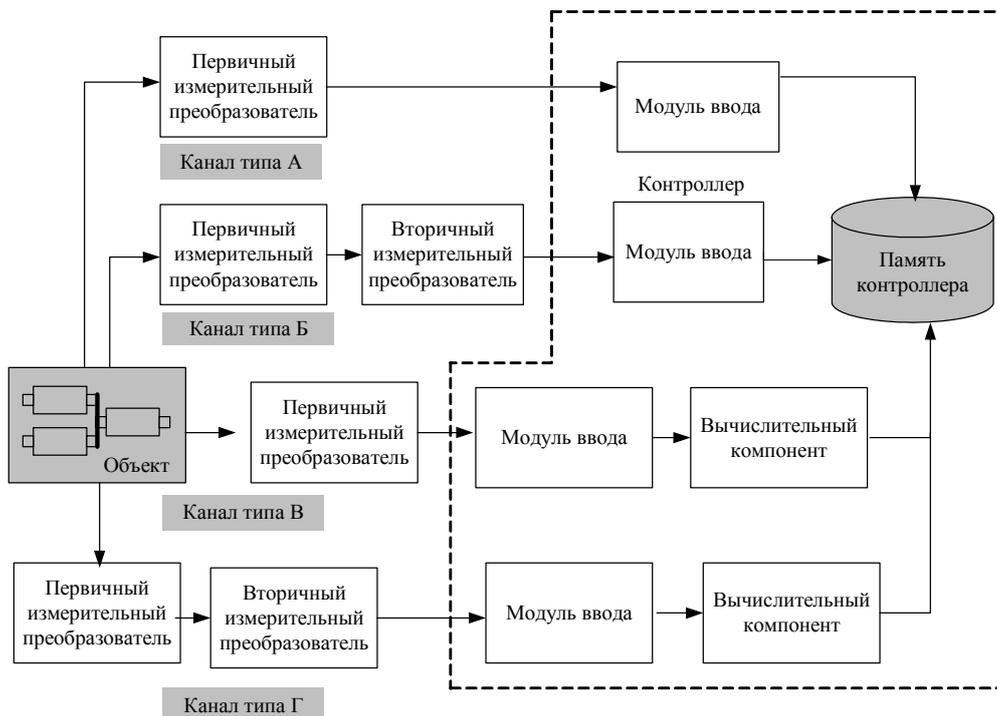


Схема ИК АРМИ-РП

Предел изменения основной погрешности при изменении влияющих величин в заданных границах или метод расчета этого предела описывается в документации на соответствующий компонент. Если в документации на компонент дополнительные составляющие его погрешности не выделяются, то сла-

гаемое $\sum_j \delta_{ij}^2$ будет отсутствовать, а δ_i^2 будет означать общий предел допустимой погрешности этого компонента.

Оценка погрешности прямых измерений с многократными наблюдениями осуществляется в соответствии с ГОСТ 8.207–76. Поскольку случайные со-

ставляющие погрешностей средств измерений (СИ) не выделены и нет данных о разбросе результатов наблюдений, то нет возможности оценить среднеквадратическое отклонение результата измерения. Поскольку число равнозначных наблюдений не велико (2 или 3), то для получения верхней оценки предела допустимой погрешности таких наблюдений можно использовать формулу (1). С другой стороны, можно считать погрешность отдельных наблюдений случайной величиной с нормальным законом распределения и доверительным интервалом, определяемым δ_1 . Тогда нижнюю оценку предела допустимой погрешности измерений с многократными наблюдениями δ_m находим по формуле

$$\delta_m = \frac{\delta_1}{n} = 1,1 \frac{\sqrt{\sum_i (\delta_i^2 + \sum_j \delta_{ij}^2)}}{\sqrt{n}}, \quad (2)$$

где δ_1 – погрешность отдельного наблюдения, вычисляемая по формуле (1); n – число наблюдений. Однако при расчете пределов допустимых погрешностей измерений с многократными наблюдениями используется верхняя оценка (1).

Как видим, оценка предела допустимой погрешности каналов прямых измерений получена в условиях недостатка исходных данных. Эта оценка может быть уточнена на этапе опытной эксплуатации АРМИ-РП. Более того, АРМИ-РП позволяет легко встроить в него средства постоянного или периодического расчета погрешности измерений по всем испытательным каналам, а также перейти от однократных измерений к измерениям с многократными наблюдениями (если это будет необходимо).

Оценка погрешности косвенных измерений зависит от конкретного вида функциональных зависимостей измеряемых параметров. Во многих опытах косвенные измерения, в свою очередь, используются в совместных измерениях. А совместные измерения необходимы для определения зависимостей между измеряемыми параметрами путем использования функциональных шкал и построения номограмм в декартовых координатах (характеристики холостого хода, нагрузочной характеристики и т. п.). Все аргументы вычисляемой функции считаются независимыми (нет корреляции их погрешностей). Для расчета погрешности вычислительного компонента используется метод линеаризации. При этом считается, что остаточным слагаемым в разложении функции в ряд Тейлора можно пренебречь.

Основная формула расчета погрешности косвенных измерений для уравнения измерений $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ имеет вид

$$\Delta y = \sqrt{\sum_i \left(\frac{\partial y}{\partial x_i} \right)^2 (\Delta x_i)^2}, \quad (3)$$

где Δ – знак абсолютной погрешности, \sum_i – знак суммирования по i , $\partial y / \partial x_i$ – частная производная функции y по переменной x_i . Кроме этой формулы используются два выведенных из нее аналитических соотношения:

$$y = \sum_i a_i x_i \Rightarrow \Delta y = \sqrt{\sum_i (a_i^2) (\Delta x_i)^2}; \quad (4)$$

$$y = A \prod_i (x_i \wedge k_i) \Rightarrow \delta y = \sqrt{\sum_i (k_i^2) (\delta x_i)^2},$$

где \prod_i – знак произведения по i ; \wedge – знак возведения в степень; δ – знак относительной погрешности.

При измерении с многократными наблюдениями среднеквадратическая погрешность (СКП) усредненного значения величины меньше СКП единичных наблюдений этой же величины на \sqrt{n} , где n – число наблюдений при усреднении. В нашем случае число наблюдений в первом цикле измерений равно трем. С другой стороны, выбирая все время минимальное (а не среднее) значение при втором цикле наблюдений, мы получаем погрешность больше, чем при единичном наблюдении. Для простоты оценок будем считать, что она больше на \sqrt{m} , где m – число наблюдений при втором цикле измерений (для разных пар пластин). Поскольку $n = m = 3$, то получаем:

$$\delta R_u = \sqrt{((\delta U)^2 + (\delta I)^2)}. \quad (5)$$

Значение абсолютной ошибки рассчитывается для сопротивления обмоток при рабочей температуре 115 °С. Это сопротивление берется из описания характеристик двигателя ЭДУ-133. Используя вторую формулу из (4), а также первую формулу из (4) для соотношения $y = T_{обм} + 235$, находим относительную погрешность ИК косвенных измерений величины R_{20} :

$$\delta R_{20} = \sqrt{((\delta U)^2 + (\delta I)^2 + (\delta T_{обм}))^2 \left(\frac{T_{обм}}{(T_{обм} + 235)^2} \right)}.$$

Значения относительной погрешности измерения тока I и напряжения U определяются в соответствии с оценкой предела допускаемой погрешности однократных и многократных измерений.

Производим измерение температуры обмоток. Температуру обмоток определяем, используя формулу формулы (4) с учетом следующих обозначений:

$$T_\Gamma = (235 + T_{cp}) \left(\frac{R_{иг}}{R_{их}} \right) - 235 = x \left(\frac{R_{иг}}{R_{их}} \right) - 235 = y - 235.$$

Для $y = x \left(\frac{R_{их}}{R_{иг}} \right)$ используем вторую формулу из (4), а для $x = 235 + T_{cp}$ и для $T_\Gamma = y - 235$ – первую. Кроме того, используем формулу (5), которая не зависит от температуры, при которой измеряется ток и напряжение. В результате вычислений получаем:

$$\delta T_\Gamma = \sqrt{2(\delta I)^2 + 2(\delta U)^2 + (\delta T_{cp})^2 \left(\frac{T_{cp}}{(T_{cp} + 235)^2} \right)^2 \frac{(T_{cp} + 235) R_{иг}}{235(R_{иг} - R_{их}) + (T_{cp} R_{иг})}}.$$

Определяем подводимую мощность P_1 , КПД η и полезную мощность P_2 . Для подводимой и полезной мощности якоря имеем:

$$P_1 = U_{\text{я}} I_{\text{я}} \Rightarrow \delta P_1 = \sqrt{((\delta U_{\text{я}})^2 + (\delta I_{\text{я}})^2)};$$

$$P_2 = P_1 - P_{\Sigma} \Rightarrow \Delta P_2 = \sqrt{((\Delta P_1)^2 + (\Delta P_{\Sigma})^2)}.$$

И для КПД $\eta = 1 - P_{\Sigma} / P_1 = 1 - x$. Отсюда:

$$\delta \eta = \sqrt{((\delta P_{\Sigma})^2 + (\delta P_1)^2 \left(\frac{1-\eta}{\eta}\right)^2)}.$$

Исходные данные для расчета предельно допустимых погрешностей

В качестве исходных данных для расчета предельно допустимых погрешностей использованы основные параметры двигателя ЭДУ-133.

В соответствии с методикой испытаний двигателя ЭДУ-133 при измерении сопротивления обмоток методом «вольтметра – амперметра» проводят три наблюдения при значениях измерительного тока 5, 7,5 и 10 А. За оценку истинного значения тока берется среднее этих значений – 7,5 А. При этом значении

тока среднее значение испытательного напряжения по оценке заказчика равно 0,1 В. Оно и принимается за оценку истинного значения напряжения. Значения остальных характеристик взяты из описания двигателя ЭДУ-133.

Значения сопротивления обмоток двигателя при температуре 100 °С задаются техническими условиями. Значения сопротивления при средней температуре среды 20 °С и рабочей температуре обмоток работающего двигателя 115 °С определяются по формуле пересчета, взятой из методики испытаний двигателя: $R_{\text{г}} = R_{\text{х}} \left(235 + \frac{T_{\text{г}}}{235 + T_{\text{х}}} \right)$. Индекс «г» обозначает более горячую температуру, а индекс «х» – более холодную. При переходе к более холодной температуре индексы в формуле переставляются. Из двух номинальных режимов двигателя ЭДУ-133 выбран режим с увеличенным током (левый по табл. 3).

В частности, погрешность измерения напряжения – не более 0,2 % (для DSCA-41 она равна 0,05 %). Основная погрешность измерения тока – 0,3 %. При учете влияющих величин использовался средний температурный дрейф, так как диапазон рабочих температур датчиков значительно шире изменения температуры в помещении испытательной станции.

Таблица 3. Исходные данные для расчета МХ ИК

Исходные данные	Номинальный режим		Часовой	Холостой ход
	7,5	175		
Измерительный ток	7,5	175		
Измерительное напряжение	0,1	2		
Сопротивление обмоток якоря при 100 °С / 20 °С / 115 °С	0,014 / 0,01066 / 0,014627			
Сопротивление обмоток ГП при 100 °С / 20 °С / 115 °С	0,008 / 0,00609 / 0,008358			
Сопротивление обмоток ДП при 100 °С / 20 °С / 115 °С	0,009 / 0,00685 / 0,009403			
Ток двигателя	890	577	872	100
Напряжение двигателя	506	780	520	60
Мощность P1	450,34	450,06		
Мощность P2	414			
КПД	92 %			
Ток возбуждения			730	
Напряжение возбуждения			6,65	
Испытательное напряжение (прочность изоляции)	2700			
Ток утечки	1			

В соответствии с предложенной методикой испытаний двигателя ЭДУ-133 при измерении сопротивления обмоток методом «вольтметра – амперметра» проводят три наблюдения при значениях измерительного тока 5, 7,5 и 10 А. За оценку истинного значения тока берется среднее этих значений – 7,5 А. При этом значении тока среднее значение испытательного напряжения по оценке заказчика равно 0,1 В. Оно и принимается за оценку истинного значения напряжения [3]. Значения остальных характеристик берутся из описания двигателя ЭДУ-133.

Расчет предельно допустимых погрешностей ИК ИРМИ-РП по приведенной выше методике и исходным данным выполнен в среде Excel.

Заключение

В процессе проектирования АРМИ РП была разработана методика проверки измерительных каналов,

разработана и аттестована методика выполнения измерений. Предлагаемая методика позволяет делать расчет допустимой погрешности измерительных каналов при проведении испытаний тягового двигателя ЭДУ-133. Результаты расчета метрологических характеристик соответствуют требованиям технического задания с учетом ГОСТ 11828. Из сравнения результатов следует, что требования технического задания на разработку АРМ-РП в определении предельно допустимых погрешностей измерительных каналов выполняются в полном объеме при проведении испытаний тягового двигателя постоянного тока ЭДУ-133. С помощью АРМИ удалось реализовать новые методы метрологических испытаний, повысить точность измерений за счет уменьшения погрешностей преобразования сигналов. Решена важная научно-техническая задача по автоматизации

производства испытаний, внедрение которой увеличило производительность при испытаниях и повысило качество тяговых двигателей постоянного тока ЭДУ-133.

Список литературы

1. АРМ-И ЭДУ-133. Технорабочий проект (00230 316-571-09 МО).
2. АРМ-И ЭДУ-133. Технорабочий проект (00230 316-571-09 ПЗ).
3. Протокол периодических испытаний электродвигателя ЭДУ-133.

Yu. F. Rubtsov, кандидат технических наук, JSC "Perm Research Institute of Controlling Machines and Systems", Perm State Technical University

D. Yu. Rubtsov, Candidate of Technical Sciences, JSC "Perm Research Institute of Controlling Machines and Systems

Maximum Permissible Errors of Measuring Channels of Automated Workstation for Testing ЭДУ-133 DC Motor

This paper considers the methods for calculating the maximum permissible error of workstation measuring channels during tests of operating and other parameters. The initial data for calculating the maximum permissible errors during testing of ЭДУ-133 DC traction motor are presented.

Key words: methods, error, parameters, component, channel, measuring.

УДК 004.9

М. В. Абрамов, Тюменский государственный нефтегазовый университет

В. Р. Цибульский, доктор технических наук, профессор, Институт проблем освоения Севера СО РАН, Тюмень

ПОЛУЧЕНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РЕАКЦИИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВРЕМЕННЫХ КАРДИОЛОГИЧЕСКИХ РЯДОВ НА ОСНОВЕ ДАВЛЕНИЯ

Рассмотрено применение метода получения импульсной передаточной характеристики временного кардиологического ряда по давлению исходя из свойства обратимости свертки. Приведены примеры получения комплексной модели реакции для человека и собаки.

Ключевые слова: временные кардиологические ряды, математическая модель, давление.

На практике определение передаточной функции объекта является весьма трудоемким процессом. Причем передаточная функция является важным инструментом для исследования работы объекта в различных динамических режимах. Чаще всего на практике применяют метод активного эксперимента [1], подавая на вход объекта известные воздействия и наблюдая за реакцией.

Но есть ряд объектов, к которым применение такого метода невозможно. Альтернативой методу активного эксперимента является применение обратных свойств свертки для получения передаточной функции объекта [2]. Авторами в статье [3] была показана возможность применения данного подхода для получения характеристик искажений, вносимых различными заболеваниями и патологиям в работу сердца.

Подобный метод может быть расширен и для применения к другим кардиологическим рядам, например к рядам артериального и центрального венозного давления. Суть метода заключается в том, что сердечно-сосудистую систему можно представить как замкнутый контур, с одной стороны которого – сосуды организма и органы тела, с другой –

сердце (рис. 1). Если разомкнуть данный контур за счет исключения из него сердца, то получится система с одним входом и одним выходом.

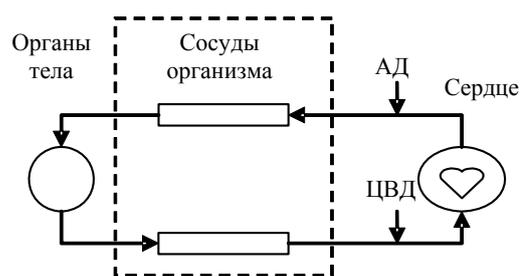


Рис. 1. Структурная схема сердечно-сосудистой системы

Можно предположить, что на вход системы подается сигнал артериального давления, а выход системы генерирует сигнал центрального венозного давления. Если получить передаточную функцию данной разомкнутой системы, то можно прогнозировать поведение сердечно-сосудистой системы, включая обменные процессы в клетках.

Отдельно хотелось бы отметить, что полученная с помощью такого подхода передаточная функция