A.L. Lyashenko, E.K. Grudyaeva

SYNTHESIS OF THE DISTRIBUTED HIGH-PRECISION REGULATOR ACCORDING TO THE INDEX OF OSCILLATION FOR THE SYSTEM WITH THE DISTRIBUTED PARAMETERS

The possibility of use of the device of the expanded frequency characteristics for systems with the distributed parameters is considered. The problem on working out of a technique of synthesis of systems with the distributed parameters by means of the expanded frequency characteristics is formulated and solved. The developed technique allows to make synthesis distributed high-precision regulator on the set index of oscillation.

Systems with the distributed parameters, the expanded frequency characteristics, distributed high-precision regulator, transfer functions of the distributed objects

УДК 28;50

Т. В. Кухарова

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СЛОЖНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

Психическое состояние человека-оператора существенно влияет на технологическую безопасность. Предложен метод определения наличия психического расстройства по результатам измерения параметров кожной электропроводности, позволяющий построить модель наблюдателя психического состояния человека.

Технологическая безопасность, психическое состояние, фазовое пространство человеческого организма, параметры кожной электропроводности, дискриминантный анализ, классифицирующие функции

Современное технологическое оборудование в большой степени механизировано и автоматизировано, однако часть функций и общий контроль любого технологического процесса осуществляются человеком. В связи с этим физическое и психическое состояние человека-оператора существенно влияет на технологическую безопасность.

Особые трудности связаны с определением психического состояния человека, так как психолог при этом в значительной мере использует субъективные представления. Чтобы определить возможность допуска работника к исполнению своих обязанностей, представляется рациональным использовать объективные, но в то же время неинвазивные инструментальные методики оценки психического состояния человека.

Человеческий организм представляет собой сложную, многомерную и нелинейную систему. Состояние человеческого организма характеризуется огромным количеством различных по своей природе параметров: биологических, биохимических, физических, электрофизиологических.

Параметры, зависящие от психического состояния человека (норма или патология), рассматриваем как переменные состояния объекта (человеческого организма), а функции, позволяющие на основе отобранных параметров различить эти состояния – как функции выхода объекта.

Такой подход дает возможность не только диагностировать наличие психического расстройства, но и, при соответствующей постановке эксперимента, определить параметры входных воздействий, переводящие человека в состояние нормы. В качестве входных воздействий на практике могут выступать применяемые для лечения психических патоло-

гий лекарственные средства и манипуляции. Ввиду отсутствия априорной информации о свойствах объекта для построения математической модели планируется эксперимент по определению реакции объекта (организма человека) на заданное изменение входного воздействия (дозы лекарственного препарата). В результате идентификации объекта получим передаточную матрицу, связывающую входные воздействия с функциями выхода. Синтез регулятора планируется осуществить построением годографов собственных значений передаточной матрицы [1]. Структура разрабатываемой системы управления фазовым пространством человеческого организма приведена на рис. 1.

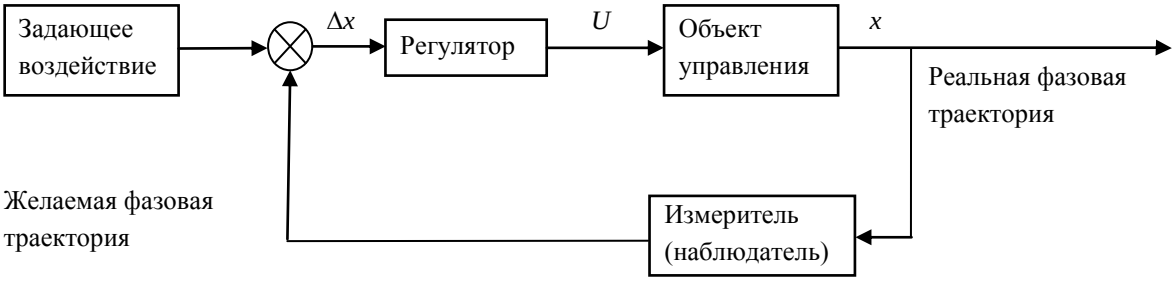

Рис. 1

В качестве переменных состояния объекта выбраны параметры электропроводности, полученные при измерении накожными электродами с помощью АПК «АМСАТ-КОВЕРТ».

АМСАТ (автоматизированная медицинская система анализа терапии) представляет собой комплекс из измерительного устройства, компьютера и измерительно-диагностирующей программы. Ее основное назначение состоит в поиске органов и систем органов с измененной функцией, а также органов и систем с нарушенной вегетативной регуляцией.

«АМСАТ-КОВЕРТ» автоматически последовательно сканирует тело человека импульсами отрицательной и положительной полярностей с использованием трех пар электродов: лобных, ручных и ножных (22 отведения). Схема отведений АПК «АМСАТ-КОВЕРТ» представлена на рис. 2. Напряжение воздействующего на пациента в процессе диагностики электрического тест-сигнала не превышает 1.5 В, сила тока не более 50 мкА, частота следования импульсов 10 Гц, что соответствует требованиям безопасности.

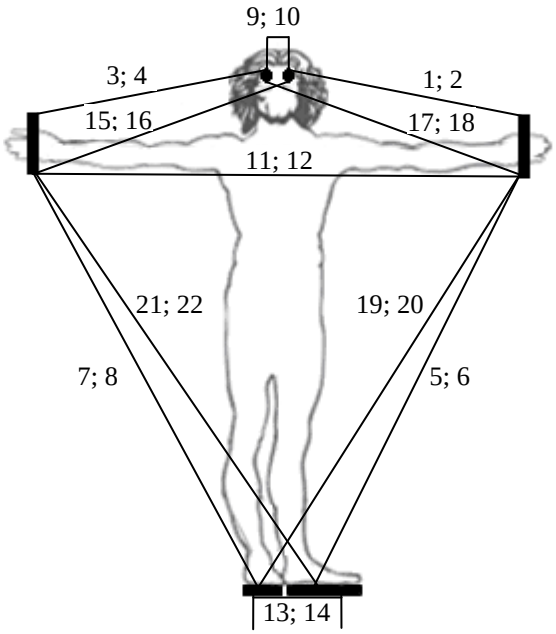

Рис. 2

АМСАТ позволяет измерять от каждого отведения следующие параметры:

– int – показатель проводимости (в условных единицах «шкалы Фолля») – от 0 до 100 единиц;

– pik – емкостная составляющая проводимости («падение стрелки» в терминологии Р. Фолля) в условных единицах;

– базовый фактор отклонения (БФО) – интегральный количественный показатель, включающий в себя обработанные по заложенному в АПК «АМСАТ-КОВЕРТ» математическому алгоритму первичные данные отведения (в процентах отклонения от условной нормы) – от –100 до +100;

– базовый коллоидный сдвиг (БКС) – показатель, рассчитываемый по заложенному в АПК «АМСАТ-КОВЕРТ» математическому алгоритму и характеризующий коллоидное состояние агрегации в организме при влиянии динамических факторов электрических процессов (в условных единицах).

В ходе обследования с помощью АМСАТ проанализированы показатели 458 пациентов ГУ Клиники пограничных состояний СГМА, Ставропольской краевой клинической психиатрической больницы № 1, Новочеркасского филиала Ростовского областного психоневрологического диспансера с различными психическими расстройствами и 132 добровольцев – учащихся и преподавателей Ставропольского государственного университета без явных признаков психической и соматической патологии. Возраст обследованных – от 16 до 81 года, из них 272 мужчины и 318 женщин.

Пациенты с психическими расстройствами представлены тремя основными группами: в первую группу исследования вошли пациенты с клинически верифицированными психическими расстройствами экзогенного происхождения (n = 102); во вторую – пациенты с клинически верифицированными эндогенными психическими расстройствами (n = = 287); в третью – пациенты с клинически верифицированными психогенными невротическими расстройствами (n = 69).

Анализ параметров наблюдений большей частью выполнялся в экспертной среде статистической индукции BCL (А. И. Субетто, 1991) с использованием библиотеки модулей SADQO (В. А. Уткин, 2002, 2003) на языке PASCAL (stand. *.tpu, TP-7, lic. #AACL-ALL114A/15 No.IA117A10262725). В целях разведочного и сравнительного анализа использовались также пакет прикладных программ AtteStat (И. П. Гайдышев, 2001, lic.MicrosoftPartNo. 001-001-0021RU) и статистические приложения лицензионного пакета Excel 2003. Все вычисления выполнены на ПЭВМ IBMPC класса Pentium.

С помощью блока приложений ANOVA-M v.2 квалиметрической среды SADQO (В. А. Уткин, 2002, 2003) были найдены статистические характеристики каждого ряда, образованного показаниями каждого параметра по каждому отведению (всего 88 показателей) для каждой из групп исследования. Получены следующие статистические показатели: максимальное и минимальное значения, вариационный размах, медиана, среднее, стандарт, асимметрия, эксцесс, коэффициент вариации, показатель точности опыта, достоверность последних семи характеристик и наличие отклонения от нормального распределения.

Для проведения дискриминантного анализа отобрано 15 параметров, значимость отличий по которым между основными группами патологий и нормой оказалась наибольшей.

В основу дискриминантного анализа положено представление о возможности для *i*-го объекта *k*-й группы объектов выразить совокупность параметров $x_1, x_2, ..., x_j, ..., x_p$ линейной комбинацией $f_{ik} = u_0 + u_1\mathbf{X}_{i1k} + u_2\mathbf{X}_{i2k} + ... + u_p\mathbf{X}_{ipk}$, которую принято называть канонической дискриминантной функцией.

Коэффициенты u_j находят, зная собственные векторы v_j из min(q – 1, p) собственных векторов $\boldsymbol{V} = \mathbf{W}^{-1} \times \boldsymbol{B}$, где $\boldsymbol{B} = \boldsymbol{T} \times \boldsymbol{W}$; $\boldsymbol{W}$ – матрица с элементами $w_{mn} = \sum_{k=1}^{q}\sum_{i=1}^{r_k}(x_{imk} - \bar{x}_{mk})(x_{ink} - \bar{x}_{nk})$; $\boldsymbol{T}$ – матрица с элементами

$$t_{mn} = \sum_{k=1}^{q}\sum_{i=1}^{r_k}(x_{imk} - \bar{\bar{x}}_{mk})(x_{ink} - \bar{\bar{x}}_{nk});$$

q – число классов или групп; r_k – число объектов в *k*-м классе; p – число параметров, описывающих отдельный объект;

$\bar{x}_{mk} = \sum_{i=1}^{r_k} x_{imk}$, $\bar{x}_{nk} = \sum_{i=1}^{r_k} x_{ink}$ – средние значения *m*-го и *n*-го параметров *k*-го класса соответственно;

$\bar{\bar{x}}_m = \sum_{k=1}^{q}\sum_{i=1}^{r_k} x_{imk}$, $\bar{\bar{x}}_n = \sum_{k=1}^{q}\sum_{i=1}^{r_k} x_{ink}$ – средние значения *m*-го и *n*-го параметров соответственно.

Коэффициенты канонической дискриминантной функции $u_j = v_j \sqrt{(N-q)}$, где $N = \sum_{k=1}^{q} r_k$, а свободный член $u_0 = -\sum_{j=1}^{p} u_j \bar{\bar{x}}_j$.

Относя объекты к тому или иному классу, т. е. при распознавании или диагностике, чаще используют простые классифицирующие функции:

$$h_k = a_{0k} + a_{1k}\mathbf{X}_1 + a_{2k}\mathbf{X}_2 + ... + a_{pk}\mathbf{X}_p \ ,$$

где $a_{jk} = (N-q)\sum_{m=1}^{p} w_{mj}^{-1}\bar{x}_{mk}$, $a_{0k} = -0.5\sum_{j=1}^{p} a_{jk}\,\bar{x}_{jk}$, и считают объект принадлежащим классу с максимальным значением h [2].

Дискриминантный анализ по отобранным параметрам был выполнен отдельно для мужчин и женщин. Использование в качестве параметра возраста обследованного существенно повысило качество распознавания.

Параметры, коэффициенты при которых в полученных классифицирующих функциях оказались наименьшими, были исключены. После получения корреляционной матрицы были также исключены по одному параметру из каждой пары коррелирующих параметров. В результате число параметров было сокращено до 7 без существенного ухудшения качества распознавания. У женщин определяющими оказались следующие параметры: возраст, int 12-го отведения, БФО 7, 12, 21, 22-го отведений и БКС 7-го отведения; у мужчин – возраст, int 7-го отведения, БФО 6, 8, 12, 19-го отведений и БКС 7-го отведения.

Ниже приведены полученные простые классифицирующие функции для определения наличия у человека психического расстройства. Параметр z в классифицирующих функциях обозначает возраст обследованного человека.

Для мужчин:

$$\begin{aligned} y_{\text{патологии}} &= 0.33789\ z + 1.238338\ \text{int}7 + \ 0.085821\ \text{БФО}6 - 0.15396\ \text{БФО}8 + \\ &+ 0.073987\ \text{БФО}12\ - 0.08673\ \text{БФО}19 + 0.344825\ \text{БКС}7 - 59.2535; \\ y_{\text{нормы}} &= 0.251424\ z + 1.247304\ \text{int}7 + \ 0.101867\ \text{БФО}6 - 0.16858\ \text{БФО}8 + \\ &+ 0.10543\ \text{БФО}12 - 0.11327\ \text{БФО}19 + 0.290185\ \text{БКС}7 - 59.155. \end{aligned} \qquad (1)$$

Для женщин:

$$\begin{aligned} y_{\text{патологии}} &= 0.370824\ z + 1.719578\ \text{int}12 + 0.052373\ \ \text{БФО}7 - 0.24273\ \text{БФО}12 - \\ &- 0.04169\ \text{БФО}21 + 0.011593\ \text{БФО}22 + 0.230979\ \text{БКС}7 - 83.9861; \\ y_{\text{нормы}} &= 0.279028\ z + 1.683796\ \text{int}12 + 0.051667\ \text{БФО}7 - 0.21791\ \text{БФО}12 - \\ &- 0.08084\ \text{БФО}21 + 0.04825\ \text{БФО}22 + 0.199915\ \text{БКС}7 - 78{,}7749. \end{aligned} \qquad (2)$$

Объект относится к классу, значение классифицирующей функции для которого максимально. Системы уравнений для мужчин (1) и для женщин (2) представляют собой математические модели наблюдателей психического состояния человека, которые допускают простую реализацию на практике.

Качество распознавания составило 79.78 % у мужчин и 83.33 % у женщин.

На основе полученных классифицирующих функций написана программа на языке Pascal, позволяющая по результатам обследования человека с помощью АПК «АМСАТ-КОВЕРТ» быстро, неинвазивно и достаточно точно выявить наличие у человека психического расстройства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Першин И. М. Анализ и синтез систем с распределенными параметрами. Пятигорск: Рекламно-информационное агентство на КМВ, 2007.
2. Уткин В. А. Статистические технологии в медицинских исследованиях / ГНИИК. Пятигорск, 2002.

T. V. Kukharova

ENSURING TECHNOLOGICAL SAFETY OF COMPLEX PRODUCTION PROCESSES

Operator's mental state exerts considerable influence at the technological safety. The method of determination the presence of mental disorder by analysis parameters of skin conductance has proposed, which allows constructing the observer of mental state.

Technological safety, mental state, phase space of human organism, parameters of skin conductance, discriminant analysis, classing functions

УДК 621.396.6.011; 621.37

А. И. Гулин, Ж. А. Сухинец, А. А. Абдулраб

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ АНАЛИЗА ЧАСТОТНЫХ СВОЙСТВ ЦЕПНЫХ *RC*- СТРУКТУР

Рассмотрено применение метода функций преобразования для разработки алгоритмов и анализа RC-структур. Метод позволяет исследовать в общем виде амплитудно-частотные и фазо частотные характеристики по заданным значениям числа плеч, сопротивления, емкости и диапазона изменения частоты.

Цепная структура, функция преобразования, *RC*- структура, фаза, частота, амплитуда, резонанс

Ряд задач теории и практики связан с необходимостью исследований многозвенных измерительных преобразователей (ИП) цепной трехполюсной структуры (ЦТС). Анализ подобных структур при числе плеч $n > 8$ ручными средствами практически не рационален. Необходимо отметить, что к настоящему времени не разработаны методы расчета ЦТС [1], [2] с применением ПЭВМ, во всяком случае, достаточно общих. Так, например, численное решение систем линейных алгебраических уравнений ограничивается рассмотрением частных случаев, применение цепных дробей неудобно из-за сложного алгоритма их преобразования. Матричные методы легко реализуются, но длительность подготовительных работ велика по отношению к машинному времени. Кроме того, матрица содержит большую избыточную информацию. В топологических методах эти затруднения преодолены, но разработанные алгоритмы поиска деревьев графа сложны и состоят из многих операций, что затрудняет процедуру программирования.

Несмотря на широкий интерес специалистов радиоэлектроники в области интегральной схемотехники к использованию наиболее распространенных *RC*-структур, теория таких цепей [3]–[5] с требуемой для практики полнотой не разработана.