

**Методика определения коэффициентов матрицы А-параметров
многополюсника, моделирующего влияние смежной рельсовой цепи**

ТАРАСОВ Е.М., ЖЕЛЕЗНОВ Д.В., ИСАЙЧЕВА А.Г. КОПЕЙКИН С.В.

Рассмотрена методика определения коэффициентов матрицы параметров многополюсника рельсовой линии, оказывающего влияние на смежную рельсовую цепь из-за появления асимметрии рельсовых линий. В зависимости от вида асимметрии влияния могут быть мешающими или опасными, поэтому учет взаимного влияния рельсовых цепей друг на друга является актуальной задачей, так как оно может нарушить безопасность движения поездов. Для более подробного рассмотрения процесса перетоков сигнального тока смежных рельсовых цепей рельсовая линия рассматривается как N-полюсник. На основе уравнений Кирхгофа составлена система уравнений и простыми преобразованиями получена матрица коэффициентов А – параметров многополюсника, моделирующего влияние смежной рельсовой цепи, удобная для составления математических моделей. Выполнено математическое моделирование асимметричной рельсовой цепи, представлены результаты моделирования.

Ключевые слова: многополюсник рельсовой линии, рельсовая цепь, система уравнений, межрельсовая проводимость, асимметрия рельсовой линии.

The article considers the method of determining the coefficients of matrix of the rail line multipole parameters has an effect on the adjacent track circuit due to the appearance of asymmetry of rail lines. Depending on the type of asymmetry affects can be interfering or dangerous, so registration track circuits of mutual influences is urgent task, as they can affect the safety of trains' traffic. For a more detailed discussion of the process of flows of signal current adjacent track circuits, rail line is considered as N-pole. Using Kirchhoff's equations is made up the set of equations and small transformations is obtained matrix of coefficient of A - parameters multipole, simulating the effect of adjacent track circuit, easy to compile mathematical models. Mathematical modeling of asymmetric track circuit is done, the simulation results are presented. *Key words:* rail line multipole, track circuit, set of equations, conduction between rails, rail line asymmetry.

Обеспечение инвариантности в задачах контроля сопротивления рельсовых линий
ТАРАСОВ Е.М., ТЕПЛЯКОВ В.Б., ГУМЕННИКОВ В.Б., ТРЕТЬЯКОВ Г.М., ИСАЙЧЕВА А.Г.

На электрифицированном транспорте рельсовая сеть используется в качестве обратного

провода тяговой сети. Стабилизация сопротивления элементов рельсовой сети тяговому току в пределах рельсовых цепей обеспечивается стыковыми рельсовыми соединителями (СРС), которые подразделяются на приварные, штепсельные, пружинные. В зависимости от вида тяги применяют медные или сталемедные СРС различного сечения, поэтому токопроводность рельсовой линии зависит от конструктивного исполнения рельсовой сети, условий эксплуатации и технического обслуживания рельсовых цепей. Анализ распределения отказов элементов рельсовых цепей показывает, что неисправность стыковых рельсовых соединителей является одной из преобладающих причин отказов РЦ. Например, за 4-й квартал 2016 г. на Куйбышевской железной дороге - филиале ОАО «РЖД» этот показатель составляет 20 %, при этом 57 % приходится на РЦ из общего числа отказов устройств систем железнодорожной автоматики, телемеханики. Из 11 дистанций на двух произошло увеличение отказов по сравнению с 3-м кварталом 2016 г. в том числе по неисправности стыковых рельсовых соединителей. В статье рассматриваются вопросы, связанные с непрерывным мониторингом и диагностированием сопротивления рельсовых линий основанным на принципах инвариантности к возмущающим воздействиям.

Ключевые слова: соединители рельсовые стыковые, сопротивление рельсовой линии, компенсационный канал, инвариантность, проводимость изоляции.

On electrified transport rail network is used as return conductor traction network. Stabilization of resistance elements of the rail network to the traction current within the track circuit is provided by rail bonds (RB), which are divided into types: welded, pinned, spring. Depending on the type of traction is used copper or steel-cooper RB of various cross-sections, so rail line current conductivity depends on constructive rail line fulfillment, operation conditions and maintenance of track circuit. Analysis of the distribution failures of elements track circuits shows that failure of rail bond is a prevailing cause of failure of TC. For example, for the 3rd quarter 2016 to Kuibyshev railway, branch of JSC "Russian Railways", the figure is 20%, while 57% are of the TC the total number of failures of devices of railway automation and telemechanicssystems. From 11 distances two was increase failures in comparison of 3rd quarter 2015, including the failure of rail bond. The article deals with the problems of the continuous monitoring and diagnosis of rail lines conduction based on the principles of invariance to disturbing actions.

Key words: rail bond, rail line conduction, compensation channel, invariance, insulation conductivity.

Прогнозирование показателей энергообеспеченности перевозочного процесса на базе многофакторных моделей

МИТРОФАНОВ А.Н., ТРЕТЬЯКОВ Г.М., КОПЕЙКИН С.В.

В статье приведены результаты построения модели показателя энергообеспеченности перевозочного процесса- «расход электроэнергии на тягу (право)» на основании идентификации его с фактическими производственно-экономическими показателями на примере одного из филиалов компании ОАО «РЖД». Исследования проводились на основании составленной базы данных помесечных фактических значений показателей за длительный период с 2007 года по 2016 гг. Представлена методика и результаты статистических исследований показателя «расход электроэнергии на тягу (право)» во взаимосвязи с двадцатью показателями в том числе «участковая скорость», «средний вес поезда», «расходы по перевозкам». В методике изложены положения по выбору факторов для многофакторной модели и устранения последствий мультиколлинеарности и на основании использования результатов кластерного анализа и построения дендограмм. Предложены варианты построения многофакторных моделей для прогнозирования и управления показателем «расход электроэнергии на тягу (право)» для задач управления и риск-менеджмента. В качестве математического аппарата построения многофакторных моделей использовался аппарат линейных регрессионных уравнений. Построение дендограмм и получение коэффициентов регрессионных уравнений осуществлялось в программе Statistica. При использовании многофакторной модели достигнуто улучшение точности прогнозирования показателя «расход электроэнергии на тягу (право)», измеряемого MAPE – оценкой, с 15% до уровня не хуже 6%.

Ключевые слова: перевозочный процесс, производственно-экономические показатели транспортной компании, энергообеспеченность, расход электроэнергии на тягу, прогнозирование, идентификация, модели управления, корреляция, кластерный анализ.

The results of constructing a model of the process of transportation energy supply indicator - "flow of electric energy for traction (plan)" on the basis of its identification with the actual production and economic indicators on the example of one of the branches of OJSC "Russian Railways". Researches was made on the base of compiled database monthly actual values over a long period from 2007 to 2016. It is shown the technique and the results of statistical studies of the indicator "flow of electric energy for traction (plan)" in conjunction with the twenty indicators including "service speed", "average weight of the train", "carriage flow". The

methodology lists points for selection factors of multifactor model and eliminates the consequences of multicollinearity, and based on use of the results of cluster analysis and construction of dendrogram. It is represented the variant of construction of multifactor model for prediction and control of the indicator "flow of electric energy for traction (plan)" for the control tasks and risk-management. As mathematical tool of construction of multifactor models was used tool of linear regression equations. Construction of dendrogram and obtaining regression equation coefficients was carried out in the program Statistica. By use the multifactor model achieved improving the prediction accuracy indicator "flow of electric energy for traction (plan)" measured MAPE - assessment, from 15% to a level of worth than 6%.

Key words: the process of transportation, production and economic indicators of Railway Company, energy supply, flow of electricity for traction, prediction, models of control, correlation, cluster analysis.

Адаптивное подавление помех в приемных устройствах автоматической локомотивной сигнализации

ЗАСОВ В.А., ЖЕЛЕЗНОВ Д.В., МИТРОФАНОВ А.Н., БЕЛОНОГОВ А.С.

В условиях априорной неопределенности характеристик помех для повышения помехозащищенности систем автоматической локомотивной сигнализации непрерывного типа (АЛСН) в приемниках сигналов АЛСН целесообразно применять методы адаптивного подавления помех. Цель статьи - исследование возможностей одного из методов адаптивной обработки сигналов – адаптивной фильтрации (АФ) помех – для повышения помехоустойчивости приема сигналов АЛСН. Для достижения поставленной цели решены следующие задачи: разработана математическая модель принимаемых сигналов на входах приемных устройств АЛСН, обоснованы функциональная схема и алгоритм адаптации базового и модифицированного многоканальных адаптивных фильтров для приемных устройств АЛСН, выполнено компьютерное моделирование работы адаптивных фильтров, подтверждающее достоверность полученных результатов и эффективность таких фильтров для подавления помех. Отличительной особенностью предложенных фильтров, существенно расширяющей их функциональные возможности, является использование в алгоритмах адаптации априорной информации о наличии пауз в сигналах АЛСН.

Ключевые слова: автоматическая локомотивная сигнализация, подавление помех, математическая модель, адаптивные фильтры, алгоритм адаптации, компьютерное моделирование

In condition of prior uncertainty characteristics of noise to increase noise-proof system of automatic continuous cab signaling (ACCS) at signal receiver ACCS appropriate to apply methods of adaptive noise cancellation. The aim is to study the possibilities of one of the adaptive signal processing techniques - adaptive filtering (AF) noise – to increase noise immunity receiving signals ACCS. To achieve this aim is solved the following tasks: developed the mathematical model of received signals at the input of receivers ACCS, proved functional circuit and algorithm adaptation of basic and modified multichannel adaptive filters to receivers ACCS, produced by computer modeling of the considered adaptive filters, confirming the accuracy of the results and their effectiveness for noise cancellation. Distinguishing feature of offered for noise cancellation of signals ACCS adaptive filters, significantly expanding its functionalities, is the use of adaptive algorithm of prior information about interval in signals ACCS.

Key words: automatic cab signaling, noise cancellation, mathematical model, adaptive filters, adaptive algorithm, computer simulation.

Идентификация моделей длинных линий на основе адаптивных фильтров с разностями дробного порядка

ИВАНОВ Д.В., КАЦЮБА О.А., ДУБИНИН А.Е.

Во многих приложениях объекты являются распределенными и описываются уравнениями математической физики. Часто такие объекты описываются моделями с сосредоточенными параметрами. Поэтому повышение точности описания распределенного объекта на основе модели с сосредоточенными параметрами является актуальной задачей. Цель статьи - разработка метода адаптивной идентификации моделей длинных линий на основе уравнений с разностями дробного порядка при наличии помех. Во многих приложениях пространственную координату можно считать постоянной величиной, при этом измерения доступны в начале и конце линии. Для таких случаев передаточная функция объекта представляет собой иррациональную функцию переменной p . Показано, что объект с иррациональной передаточной функцией может быть аппроксимирован уравнениями с разностями дробного порядка. Предложена математическая модель длинной линии в виде нерекурсивного фильтра с разностями дробного порядка. Такой фильтр совмещает преимущества известных рекурсивных и нерекурсивных фильтров - он имеет сравнительно малое число коэффициентов и сохраняет устойчивость при любых ограниченных значениях коэффициентов. На основе рекуррентного метода наименьших квадратов (РМНК), разработан алгоритм адаптивной

идентификации моделей длинных линий с разностями дробного порядка.

Вычислительный эксперимент показал высокую точность предложенной модели по сравнению с известными рекурсивными и нерекурсивными фильтрами. Кроме того, алгоритм идентификации на основе предложенной модели показал более высокую помехозащищенность. Полученные результаты могут найти применение при разработке алгоритмов адаптивной фильтрации для длинных линий (каналов связи, рельсовых цепей, линий электропередач).

Ключевые слова: длинные линии, дискретные системы, параметрическая идентификация, рекуррентный метод наименьших квадратов, разность дробного порядка, нерекурсивный фильтр.

In many applications, the objects are distributed and described by the equations of mathematical physics. Often such objects describe the model with concentrated parameters. In connection with this problem of improving approximate description on the base of the distributed object is actual. The aim is to develop a method of adaptive identification of long-line models on the base of equations with differences of fractional order. In many applications the spatial coordinate can be considered constant ($x = \text{const}$) and measure can be made in the beginning and in the end of line. For such cases, the transfer function of the object is an irrational function of the variable p . The article is shown that the object with irrational transfer function may be approximate by equations with differences of fractional order. It is offered a mathematical model of long line in form of finite impulse-response filter with differences of fractional order. Given filter combines advantages of known infinite impulse-response and finite impulse-response filters: having a relatively small number of coefficients and remains stable in any bounded values of coefficients. On the basis of the recurrent least squares method (RLS) it is designed the algorithm of identifying long lines of models with differences of fractional order. Computer experiment showed high accuracy of the simulation compared to the known IIR (infinite impulse-response) and FIR (finite impulse-response) filters. Moreover the algorithm of identifying on the basis of given model shows higher immunity. The results are useful in the development of the algorithm of adaptive filtration for long-line (communication channels, track circuits, power lines).

Key words: long lines, discrete systems, parametric identification, recursive least squares method, the difference of fractional order, non-recursive filter

Оценивание частоты в трехфазных электрических цепях с автокоррелированными помехами

ИВАНОВ Д.В., КАЦЮБА О.А., ГРИГОРОВСКИЙ Б.К.

Оценивание частоты в трехфазных системах является важным элементом в автоматике энергосистем. В трехфазных системах ни одна из одиночных фаз не может точно охарактеризовать всю систему и ее свойства. Таким образом, для надежной оценки частоты следует учитывать информацию о всех трех фазах. В статье рассматривается вещественный сигнал, полученный с помощью преобразования Кларка, и содержащий информацию о всех трех фазах. Цель статьи - разработка методов адаптивного оценивания частоты трехфазных электрических цепей на основе идентификации параметров авторегрессии второго порядка. Наибольшее распространение в технических приложениях получил метод наименьших квадратов. Однако оценки параметров авторегрессии, полученные с помощью этого метода по наблюдениям с шумом, являются смещенными. Использование таких оценок частоты снижает надежность автоматики энергосистем. Поэтому применение методов для оценки частоты, позволяющих получать несмещенные оценки, является актуальной задачей. В статье, впервые применен алгоритм оценивания частоты на основе метода инструментальных переменных (IV), позволяющий получать несмещенные оценки частоты как при белом шумных, так и при автокоррелированных помехах. Рассмотрены различные вариации алгоритмов на основе метода полных наименьших квадратов для различных классов помех. В работе рассматриваются рекуррентные модификации метода наименьших квадратов (LS), метода инструментальных переменных (IV) и метода полных наименьших квадратов (TLS), позволяющие получать оценку частоты в реальном времени. Вычислительный эксперимент показал, что методы инструментальных переменных и полных наименьших квадратов позволяют получать более точные оценки как для коррелированных, так и некоррелированных помех, по сравнению с методом наименьших квадратов. Полученные результаты могут быть использованы для повышения эффективности диагностики и анализа электрических систем.

Ключевые слова: трехфазные цепи, частота, параметрическая идентификация, метод наименьших квадратов, метод инструментальных переменных, автокорреляция.

Estimation of frequency in three-phase systems is an important element in the automation of power systems. In three-phase systems, none of the single phase can accurately describe the system and its properties. Thus, for a reliable assessment should take into account the frequency information for all three phases. The paper deals with a real signal obtained by the transform of Clarke, containing information on all three phases. The aim is to develop an adaptive frequency estimation methods based on the identification parameters of the second order autoregression.

The most widespread in technical applications is the least squares method. However, estimates of the autoregressive parameters obtained by the method of least squares observation noise are biased. Using the biased estimates of frequency reduces the reliability of power systems automation. In this regard, the application of methods for the assessment of frequency enabling to obtain unbiased estimates is an urgent task. In the article, firstly use frequency estimation algorithm based on the method of instrumental variables (IV), allowing to obtain unbiased estimates of frequency both noiseless and autocorrelated noise. It is considered different variations of the algorithms based on the method of least squares to the various classes of noises. The paper discusses the recursive modifications of the method of least squares (LS), the method of instrumental variables (IV) and the method of total least squares (TLS), allowing to obtain real time estimate of frequency. Computer experiment showed that the method of instrumental variables and total least squares produce more accurate estimates for the case of correlated and uncorrelated noise, in comparison of the method of least squares. The results are useful in improve the efficiency of diagnosis and analysis of electrical systems.

Key words: three-phase circuit, frequency, parametric identification, the method of least squares, the method of instrumental variables, autocorrelation.

Декодирование информации о состоянии электротехнических объектов при использовании кодов Рида-Соломона

ДОДОНОВА Н.Л., ХАРЬКОВСКИЙ С.И., ГРИГОРОВСКИЙ Б.К., ДУБИНИН А.Е.

В статье рассматриваются формы обработки цифровой информации на примере кодирования и декодирования управляющего сигнала беспроводных технологий корректирования рабочего цикла автономной электрической сетью. Переданный кодированный сигнал, подвергаясь случайным воздействиям или умышленным атакам, может быть неверно декодирован, что приведет к нарушению (изменению) функционирования системы. В статье смоделированы различные ситуации помех, предложены алгоритмы для имитации групповых и одиночных ошибок, а также алгоритм для имитации ошибок, комбинированных между этими двумя типами для последующей программной реализации. Исследовано влияние типов ошибок на результат декодирования файлов, созданных с использованием сжатия и без него. Предложены варианты представления файлов для кодирования при программной реализации. Кодирование файлов осуществляется с помощью кодов Рида-Соломона, для декодирования используется списочный алгоритм Гурусвами-Судана. Представлено сравнение файлов, полученных после декодирования при разных типах ошибок, смоделированных при

кодировании.

Ключевые слова: управление электрическими сетями, беспроводные технологии, обработка цифровой информации, защита информации, помехоустойчивое кодирование, коды Рида-Соломона, алгоритм Гурусвами-Судана.

In this work we consider the form of digital information processing as an example of coding and decoding control signal of the wireless working cycle correction technology applying autonomous electrical grid. The transmitted coded signal subjected to random influences or intentional attacks, may be decoded incorrectly, leading to disruption (change) of the system functioning. In this work simulated different situations of interference. The algorithms for the simulation of group and single errors, as well as an algorithm to simulate errors, combined between the two types for the subsequent program realization are created. This work describes the study of influence of error types on the result of decoding image files created with and without the use of compression. The work also proposes options for representation of graphic files for encoding in the program realization. Coding of graphic files by using Reed-Solomon codes, decoding files by using Guruswami-Sudan list decoding algorithm. As of the results of a comparison of the files, obtained after the decoding in different types of errors simulated during encoding.

Key words: management of electrical grids, wireless technologies, digital information processing, data protection, error control coding, Reed-Solomon codes, Guruswami-Sudan list decoding algorithm.

Учет электрической связи между тяговыми подстанциями при расчете пропускной способности электрифицированных железных дорог

ГАРАНИН М.А., МИТРОФАНОВ А.Н., ДОБРЫНИН Е.В.

Одним из основных параметров, определяющих эффективность работы железных дорог, является пропускная способность. Основные объемы перевозки грузов и пассажиров на железных дорогах России и большинства других стран осуществляются по электрифицированным участкам. Система тягового электроснабжения (СТЭ) электрифицированных железных дорог, обеспечивая энергией перевозочный процесс, является в то же время элементом, ограничивающим пропуск поездов по участкам. Таким образом, возникает актуальная задача оценки пропускной способности участков железных дорог по условиям энергообеспечения с последующей разработкой мероприятий по усилению «узких» мест в системе электроснабжения. В статье приведены результаты

исследования по совершенствованию модели расчета пропускной способности электрифицированных железных дорог. Проведен анализ зависимости точности расчета пропускной способности от учета электрической связи между тяговыми подстанциями. Разработана модель системы тягового электроснабжения повышенной точности за счет использования процедуры проверки адекватности расчета. Представлены схемы, поясняющие наличие электрической связи. Электрическая связь смежных тяговых подстанций как постоянного, так и переменного токов обеспечивается за счет включенных секционных разъединителей контактной сети и постов секционирования соответствующей межподстанционной зоны. Разработанная модель системы тягового электроснабжения позволяет повысить точность расчета пропускной способности электрифицированных железных дорог.

Ключевые слова: тяговые подстанции, система тягового электроснабжения, пропускная способность, распределение электрического тока

One of the main parameters, determining effectiveness of railways work, is capacity. The main volumes of freight and passengers on the Russian railways and most other countries are carried out on the electrified section. Traction power supply system (TPSS) electrified railways, providing energy transportation process, and is a restrictive element limiting passage of trains at sections. Against this background, there is an urgent task of estimating the capacity of railways sections on the conditions of power supply with the subsequent development of measures to strengthen the "narrow" places in the electricity system. The article presents the results of the study of improving the model for calculating the capacity of electrified railways. The analysis of dependence of the accuracy of calculation of railway capacity from registration electrical link between traction substations is made. It is developed the model of the traction power supply system of high accuracy by the use of procedure of testing the adequacy of the calculation. It is presented diagrams explaining the presence of electrical link. The electrical link of adjacent traction substations of both direct and alternating current is provided by the inclusion of section disconnectors of contact network and posts the corresponding partitioning between substations zone. The developed model of the traction power supply system can improve the accuracy of calculating the capacity of electrified railways.

Key words: traction substations, traction power supply system, capacity, power distribution.

Моделирование процессов в силовой цепи электровозов ВЛ10 (ВЛ-10У) при последовательном соединении тяговых двигателей

ГОРДЕЕВ И.П., ГАРАНИН М.А., ТАРАСОВ Е.М.

Учет теплового состояния изоляционных конструкций тяговых двигателей локомотивов является новым направлением в моделировании электрических процессов в их силовых цепях. Такой дифференцированный подход к моделированию электрических процессов в силовых цепях локомотивов стал возможным только после того, как были исследованы и учтены в их схемах замещения емкостные составляющие якорных и полюсных обмоток тяговых двигателей локомотивов и их зависимости от температуры. В статье приведены результаты моделирования процессов изменения токов и напряжений в силовых цепях электровозов ВЛ10 (ВЛ-10У) в процессе его трогания с места при последовательном соединении тяговых двигателей с температурой изоляции их якорных и полюсных обмоток равной 20^0 С. Результаты моделирования представлены в виде графических зависимостей токов и напряжений от времени в основных элементах силовой цепи локомотивов.

Ключевые слова: локомотив, силовая цепь, тяговые двигатели, емкостные составляющие, якорная обмотка, температура изоляции, моделирование электрических процессов

The results of modeling of processes of changes in currents and voltages in power circuits of electric locomotives type of VL10 (VL-10w) in the series connection traction motors in cold insulation. Accounting for thermal state of insulation structures of locomotive traction motors is a new direction in the modeling of electrical processes in their power circuits. Such a differentiated approach to the modeling of electrical processes in the power circuits of locomotives became possible only after having been examined and taken into account in their equivalent circuit capacitive components of the anchor pole windings of traction motors of locomotives and their dependence on temperature. In the published article presents the results of modeling of currents and voltages change processes in electric power circuits such as VL10 (VL-10W) in the process of pulling away when series connection traction motors with temperature insulation of their anchor and pole windings equal to 20^0 C. The results of the modeling of these processes presented as graph of voltage and current in time from the main locomotive power circuit elements

Key words: locomotive, power circuit, traction motors, capacitive components, anchor winding, temperature insulation, modeling of electrical processes

Комбинированный подход к оценке технического состояния электротехнического оборудования тягового подвижного состава

БУЛАТОВ А.А., АНДРОНЧЕВ И.К., ЖЕЛЕЗНОВ Д.В., ТЯПУХИН А.П.

В статье рассматривается возможный подход к оценке влияющих факторов на ресурсные параметры электротехнического оборудования электровозов и варианты их состояний. Предложенная схема вариантов состояний может быть реализована в системе технического содержания подвижного состава. Актуальность повышения надежности электронного и электрического оборудования является особенно острой при эксплуатации высокоскоростного подвижного состава при высокой сложности схемных и конструктивных решений. При развитии систем вычислений и их мощности становятся возможными расчеты больших объемов данных и актуализируется задача построения оптимальных вариантов развития состояний сложных технических систем. Снижение затрат на обслуживание и ремонт подвижного состава может быть реализовано при применении необслуживаемых элементов подвижного состава с одновременным усложнением конструкции самого узла или части подвижного состава. В связи с этим появляются новые узлы, состоящих из нескольких элементов с известными показателями надежности и ресурса, но в комплексе имеющие иные характеристики. Рассматривается подход к техническим показателям узлов и элементов, как к статичным значениям некоторых функций. Реализован декомпозиционный подход по комплексному показателю надежности и вариантам планирования объемов ремонта и технического обслуживания в зависимости от вариантов состояний электромеханического узла подвижного состава.

Ключевые слова: тяговый подвижной состав, техническое содержание, электротехническое оборудование, обслуживание, ремонт, варианты состояний.

The article deals with the possible approach to the assessment influencing factors on the resource parameters of electrical equipment of locomotives and versions of their states. Offered scheme versions of states can be realized as system of the maintenance of rolling stock. The urgency of increasing the reliability of electrical and electronic equipment is particularly acute in the operation of high-speed rolling stock with high complexity circuitry and structural solutions. In developing computing systems and their capacity, are possible calculations of large data volumes and actualized the problem of constructing optimal variants of states of complex technical systems. Reducing the cost of maintenance and repair of rolling stock can be realized by the application of unmanned elements of the rolling stock with the simultaneous complexity of the construction of the node or part of the rolling stock. Therefore, new nodes consist of several

elements with known parameters reliability and a resource, but in combination with other characteristics. It considers the approach to the technical parameters of nodes and elements both static values of certain functions. Implemented decomposition approach for the integrated indicator of reliability and planning for this volume of repair and maintenance, depending on the versions of states electromechanical node of the rolling stock.

Key words: traction rolling stock maintenance, electrical equipment, servicing, repair, version of state

Система визуального контроля коммутационных аппаратов

ДОБРЫНИН В.В., БОШКАРЕВА Т.В., МИТРОФАНОВ С.А., ТАБАКОВ О.В.

В статье рассмотрен вопрос о внедрении автоматизированной системы наблюдения и контроля выполнения процессов переключения коммутационных аппаратов на удаленных контролируемых пунктах. Проблема заключается в поломках коммутационной аппаратуры, периодически возникающих в процессе переключений, которые невозможно оперативно отследить, не присутствуя на месте. Разработана концепция системы визуального контроля удаленных устройств, работающей в автономном режиме, не требующей вмешательства персонала и позволяющей диспетчеру визуально контролировать состояние управляемых им объектов. В сферу контроля входят внешнее состояние аппаратуры и нагрев токоведущих частей. Система предназначена для совместной работы с имеющимися системами телеизмерения и телесигнализации, установленными на объектах управления. Предлагаемая технология дает возможность энергодиспетчеру иметь полную информацию о контролируемом объекте, а обслуживающему персоналу - своевременно реагировать на нештатные ситуации в работе электрооборудования, предупреждать аварии и несчастные случаи.

Ключевые слова: система управления, энергодиспетчер, состояние цепи, телесигнализация, тепловизор, передача изображения, достоверность информации

The article considers the implementation of the automated system of monitoring and control of the implementation of the switching processes of switching devices on remote controlled areas. The problem lies with the switching equipment breakdowns occur in the process of switching that cannot quickly track not being present at the place. It is developed a concept of the system of visual control of remote devices, running in standalone mode, not requiring human intervention, allowing the Manager to visually monitor the state of managed objects. The control zone

includes the external condition of the equipment and heating of current-carrying parts. Visual inspection system is designed to work with existing systems of telemetering and remote signaling installed on the control objects. The technology enables the power dispatcher to have complete information about a controlled object and to respond to the wait staff in emergencies in the electrical equipment, to prevent crashes and accidents.

Key words: control system, dispatcher, the circuit status, signaling, thermographic camera, image transmission, the accuracy of the information

Сопряженное представление параметрической идентификации и стабилизации электрического напряжения

АВСИЕВИЧ А.В., ГРИГОРОВСКИЙ Б.К.

В классе электрических явлений группа инвариантности, представлением которой является группа преобразований, представлена параметрической идентификацией и стабилизацией электрического напряжения. В статье рассмотрены способ стабилизации электрического напряжения на базе сопряженного представления параметрической идентификации, что позволяет связать ее с общей теорией пределов, пространств или групп, глубоко идентифицировать многообразие пространства в рамках современной теорией потенциалов в базовом многообразии принципа инвариантности. Известно несколько способов стабилизации электрического напряжения, причем основными являются параметрический и компенсационный. При параметрическом способе дестабилизирующий фактор непосредственно действует на параметр нелинейного или управляемого элемента, что автоматически в значительной мере ослабляет воздействие дестабилизирующей фактора. В таких стабилизаторах используются нелинейные активные (стабилитроны, барреттеры, термисторы, варисторы, лампочки накаливания) и реактивные сопротивления. У всех перечисленных элементов имеется параметр, зависящий от напряжения, тока или их аналогов.

Ключевые слова: группа, симметрия, инвариантность, преобразование, идентификация, стабилизация, напряжение.

In the class of electrical phenomena invariance group, which representation is a transformation group, is represented by the parametric identification and stabilization of voltage. The paper discusses a method for stabilizing the voltage on the base of conjugate representation of parametric identification, that allows linked to the overall theory of limits, spaces or groups, deeply identify the variety of space within the modern theory of potential in the base of diversity

of invariance principle. It is known several methods for stabilizing the voltage and the main is parametric and compensation. A parametric method destabilizing factor acts directly on the nonlinear parameter or control element that automatically greatly reduces effect of the destabilizing value. In such stabilizers are used nonlinear active (zener diodes, varistors, thermistors, varistors, and incandescent light bulbs) and reactive resistance. All these elements have a parameter that depends on voltage, current, or analogs thereof.

Key words: group, symmetry, invariance, transformation, identification, stabilization of the voltage.

Технология и инструментальный программный комплекс проектирования и верификации алгоритмов управления реального времени

ТЮГАШЕВ А.А., ЖЕЛЕЗНОВ Д.В., НИКИЩЕНКОВ С.А.

Рассмотрена комплексная система информационной поддержки проектирования и верификации (СИПР МП) особого вида алгоритмов управления сложным техническим комплексом – макропрограмм интегрального управления. Характерной особенностью современных сложных технических комплексов (в промышленности, энергетике, на транспорте) является наличие в составе данного комплекса ряда подсистем менее высокого уровня, включая выделенную систему управления. При этом современные системы управления строятся на базе цифровых ЭВМ. Логика управления сложным техническим комплексом реализуется специальным программно-алгоритмическим обеспечением (ПАО), важнейшей частью которого являются макропрограммы интегрального управления, координирующие работу подсистем. Ошибки при этом недопустимы, поскольку ПАО относится к критически важным приложениям, сбои в которых могут привести к катастрофическим последствиям, большим материальным потерям, человеческим жертвам. Проектирование, разработка и верификация ПАО, включая многоэтапные испытания и отладку, является весьма сложным и трудоемким процессом. Многие ошибки возникают в силу взаимного недопонимания между отдельными участниками разработки – специалистами по различным подсистемам, проектантами комплекса, программистами. Используемый при создании документации естественный язык не обладает необходимой однозначностью и точностью. Предложена методика проектирования и верификации, позволяющая благодаря применению специальной проблемно-ориентированной нотации сократить число промежуточных этапов при разработке ПАО систем управления реального времени, снизить трудовые и временные затраты при одновременном повышении качества и надежности. СИПР МП

содержит средства визуализации и графического конструирования, автоматизации тестирования, автоматизированной генерации программной документации и т.п. Все модули функционируют под управлением интегрирующей оболочки и формируют интегрированную среду разработки.

Ключевые слова: программно-алгоритмическое обеспечение, верификация, автоматизация испытаний, автоматизация документирования, интегрированная среда разработки.

Paper presents the methodology and specially developed software toolset for design and verification of real-time control algorithms and software. The real-time control algorithm should execute the required actions at right time in accordance with the current situation reflected by checked parameters. This kind of algorithms is an example of 'mission critical' applications. Unfortunately, there are mistakes and errors in these algorithms entailing catastrophes, big material losses, etc. This is why the process of design, development and verification of real-time control algorithms is very time and labor consuming. Verification usually includes many-staged debugging process at special test beds. The reason for appearing of some errors in control algorithms is misunderstanding between the participants of the control system development process – specialists on particular subsystem, system engineers, and programmers. The proposed methodology allowing to exclude the programmers from the process of development of control software and consequently reducing number of errors and labor costs. The main idea is design and use of special visual notation intuitively understandable for system engineers. This feature should allow reducing the number of the errors in the algorithms because of elimination of «broken phone effect» when programmer can misunderstand the program's specification and implement it in wrong software. The toolset consists of special software modules including visualization, construction and verification of onboard real-time control algorithms. All modules executes from the integrated development environment.

Key words: Autonomous control, verification, spacecraft, flight control software, real-time control algorithm, visual builder, integrated development environment, automated generation of documentation.

Электропривод вентиляторов шахтных установок

АБРАМОВ Б.И., ДАЦКОВСКИЙ Л.Х., КУЗЬМИН И.К., ШЕВЫРЁВ Ю.В.

Вентиляторная установка является одной из ответственных и энергоемких установок в производственном процессе современного горнорудного предприятия. В качестве перспективных приводов для вентиляторных установок рассматриваются: частотно-

регулируемый синхронный и асинхронный электропривод с преобразователем частоты на основе автономных инверторов или частотно-регулируемые синхронные электроприводы по схеме «вентильного двигателя». При модернизации электроприводов центробежных вентиляторов с асинхронными двигателями с фазным ротором, ресурс которых еще не выработан, целесообразно применение асинхронного вентильного каскада. В схеме «вентильного двигателя» используется преобразователь с естественной коммутацией с промежуточным звеном постоянного тока. Преобразователи частоты «Robicon» применяются для частотно-регулируемых электродвигателей высокого напряжения. Важным достоинством этих преобразователей является возможность применения их для стандартных двигателей на 6 и 10 кВ.

Ключевые слова: вентиляторная установка, синхронный электродвигатель, асинхронный электродвигатель, вентильный двигатель, частотный преобразователь, асинхронный вентильный каскад, тиристорное пусковое устройство.

Mining fan installation is a responsible and energy-intensive installation in the manufacturing process of modern mining facility. Currently, as promising for fan systems are considered: frequency-controlled asynchronous and synchronous electric drives with frequency converters; frequency-controlled synchronous motors with LCI (Load Commutated Invertor). When upgrading of electric centrifugal fans with asynchronous motors with slip-ring motors, those service life are not yet worked out, it is advisable to use wound-rotor slip recovery systems. In the drive systems with LCI-tyristor converter with DC link and natural commutation is used. The frequency converter on the basis of «Robicon» are used for variable-speed electric high voltage motors/ An important advantage of these converters is the ability to use them for standart 6 and 10 kV.

Key words: Fan installation, synchronous motor, induction motor, LCI motor, frequency converter, wound-rotor slip recovery system, soft starter

Разработка и моделирование линейного электродвигателя для вибрационных технологических машин

МАКАРОВ Л.Н., ДЕНИСОВ В.Н., КУРИЛИН С.П.

Одним из направлений промышленного использования линейных электродвигателей является их применение в приводе рабочих органов вибрационных технологических машин. Разработка таких приводов позволяет создавать оборудование, обладающее наименьшими энергетическими потерями и материальными затратами. В статье

приводятся результаты исследований по обоснованию перспектив применения линейных электродвигателей в качестве привода вибрационных технологических машин. Приведены результаты разработки линейного электродвигателя постоянного тока. Даны описание конструкции электродвигателя и режимов его работы – режима «удержание» и режима «вибрационный». Приведены также основные технические показатели электродвигателя. Для уточнения и проверки данных предварительных расчетов выполнено моделирование электромагнитного поля электродвигателя на базе симметричной постановки задачи для уравнения Пуассона. Результаты расчетов и моделирования свидетельствуют о возможности создания технологичного, дешёвого и надежного электродвигателя для линейного вибрационного электропривода.

Ключевые слова: линейный электродвигатель, режимы работы, вибрационная технологическая машина, электропривод, электромагнитное поле, моделирование.

One of the directions of the industrial use of linear motors is their use in the drive working bodies vibrating technological machines. The development of such drives allows you to create equipment, having the lowest energy losses and material costs. The article presents the results of research on the justification of the application prospects of linear electric motors as drive vibration technology machines. The results of linear DC motor design. The article describes the design of the electric motor and its modes of operation-regime hold on and vibrating mode. Provides the basic technical characteristics of the motor. With a view to clarifying and verifying data, preliminary calculations were done simulation of electromagnetic field of electric motor based on symmetrical setting of task for the Poisson equation. The results of the calculations and simulations show that it is possible to create technological, cheap and reliable motor for linear vibratory actuator.

Key words: linear motor, modes of operation, vibration technology machine, electric drive, electromagnetic field, simulation

Сравнительный анализ эффективности селективно-инвариантных электромеханических систем

ТАРАРЫКИН С.В., ТИХОМИРОВА И.А., КОПЫЛОВА Л.Г.

На примере решения задачи регулирования скорости типового электропривода с одномассовой (жесткой) механической частью выполнен структурно-параметрический синтез и сделана сравнительная оценка эффективности отработки управляющего и возмущающего воздействий различных вариантов электромеханических систем: с

каскадным регулятором тока и скорости, с безынерционным регулятором состояния и динамическим (полиномиальным) регулятором «входа-выхода», а также с объединенным динамическим регулятором, содержащим модель гармонического возмущения момента нагрузки электродвигателя. Исследование проведено методом цифрового моделирования синтезированных систем во временной и частотных областях при ступенчатых и гармонических воздействиях в широком диапазоне частот. Выявлена высокая эффективность селективно-инвариантной системы с внутренней моделью гармонического возмущения, которая обеспечивается не только на частоте настройки модели, но и на других частотах скоростного диапазона электропривода, а также при отработке сложных несинусоидальных возмущений момента нагрузки с широким спектром гармоник. Определены перспективы дальнейшего развития селективно инвариантных систем в направлении достижения заданной степени астатизма и адаптивной настройки модели возмущения на уровень рабочей скорости электропривода.

Ключевые слова: электромеханическая система, компенсация возмущений, селективная инвариантность, внутренняя модель возмущения.

Structural-parametric synthesis of different types of electromechanical systems is implemented by problem solving example of speed control of standard electric drive with single-mass (rigid) mechanical part. These electromechanical systems are the system with current and speed cascade controller, the inertialess state control system, the system with dynamical (polynomial) “input-output” controller and the system with integrated dynamical controller, which contains the model of harmonic disturbance of electric drive load torque. Comparative assessment of control response and disturbance response efficiency in such systems is implemented as well. The given research is implemented by the digital simulation method of synthesized systems in time and frequency domains under step and harmonic disturbances in a wide range of frequencies. High efficiency of selectively invariant system with internal model of harmonic disturbance is discovered. The efficiency is provided not only at model tuning frequency but at other speed range frequencies of electric drive and as effective response on complex non-sinusoidal disturbance of load torque with a wide spectrum of harmonic components. The prospects of further development of selectively invariant systems are determined. These prospects are the achievement of the given astatism degree and the adaptive tuning of disturbance model to operating speed level of electric drive.

Key words: electromechanical system, disturbances compensation, selective invariance, internal model of disturbance.