

Содержание

Электротехника, 2026, №5, стр. 2-6

Влияние геометрических параметров и материала тепловой мишени на распределение тепла под воздействием электронного пучка

ГЛИНСКИЙ А.В., БЕЗБЕРДА А.А., НЕХОРОШЕВ А.В., ЛАНЦЕВ В.А., ГОНЧАРОВ А.Л.

Рассмотрены закономерности распределения тепла в утилизационной мишени при воздействии электронного пучка с учетом различных геометрических параметров. В качестве материала мишени выбран вольфрам, что позволяет минимизировать её размеры. Для оценки теплового поведения мишени разработана математическая модель, на которой исследовано импульсное воздействие электронного пучка. Результаты численного моделирования, сопоставленные с экспериментальными данными, показали, что модель адекватна. Модель позволяет определить оптимальные размеры и материал мишени для применения в системах диагностики электронного луча. Установлено, что оптимальный диаметр мишени, исходя из заданных требований, равен 120 мм, высота – 100 мм.

Ключевые слова: электронный пучок, утилизационная мишень, тепловое распределение, математическое моделирование, геометрические параметры, термическая устойчивость, диагностика.

The patterns of heat distribution in a recycling target under the influence of an electron beam are considered, taking into account various geometric parameters. Tungsten was chosen as the target material, which minimizes its size. To evaluate the thermal behavior of a target, a mathematical model has been developed on which the pulsed effect of an electron beam has been studied. The results of numerical simulation, compared with experimental data, showed that the model is adequate. The model allows us to determine the optimal size and material of the target for use in electron beam diagnostic systems. It is established that the optimal diameter of the target, based on the specified requirements, is 120 mm, height – 100 mm.

Key words: electron beam, recycling target, thermal distribution, mathematical modeling, geometric parameters, thermal stability, diagnostics.

Электротехника, 2026, №5, стр. 7-16

Обеспечение симметричного двуполярного напряжения ± 270 В в перспективных системах электроснабжения постоянного тока

АЛЕКСЕЕВ А.О., ШЕВЦОВ Д.А., ПЕНКИН В.Т., ШИШОВ Д.М., ТРОШИН П.А.

Предложены способы обеспечения симметричного двуполярного выходного напряжения ± 270 В в перспективных системах электроснабжения постоянного тока. Приведены разработанные структурные и схемотехнические решения, результаты имитационного компьютерного моделирования, подтверждающие работоспособность предложенных решений, а также их достоинства и недостатки.

Ключевые слова: летательный аппарат, гибридная силовая установка, ВТСП, перспективные системы электроснабжения, повышенное напряжение ± 270 В, трехфазный корректор коэффициента мощности.

Methods for providing a symmetrical bipolar output voltage of ± 270 V in promising DC power supply systems are proposed. The developed structural and circuit solutions, the results of computer simulation, confirming the operability of the proposed solutions, as well as their advantages and disadvantages are presented.

Key words: aircraft, hybrid power plant, high-power equipment, advanced power supply systems, increased voltage ± 270 V, three-phase power factor corrector.

Электротехника, 2026, №5, стр. 17-24

Зарядное устройство емкостного накопителя энергии с дозирующими конденсаторами и «мягкой» коммутацией силовых транзисторов

ВАНЯЕВ В.В., КОПЕЛОВИЧ Е.А.

Рассмотрены процессы коммутации силовых MOSFET-транзисторов в предложенной схеме зарядного устройства емкостного накопителя энергии на базе полумостового транзисторного преобразователя с дозирующими конденсаторами. Получены основные

расчетные соотношения для выбора параметров элементов снабберных цепей, позволяющих реализовать режим «мягкой» коммутации силовых MOSFET-транзисторов на всем цикле зарядки накопителя при постоянной частоте работы зарядного устройства. Приведены методика расчета параметров элементов снабберных цепей и результаты модельного и натурального эксперимента, подтверждающие ее достоверность.

Ключевые слова: зарядное устройство, емкостной накопитель энергии, дозирующие конденсаторы, «мягкая» коммутация силовых транзисторов, снабберный конденсатор, интервалы зарядки, моделирование, перегрев структуры транзистора.

The switching processes of power MOSFET transistors in the proposed scheme of a charger for a capacitive energy storage device based on a half-bridge transistor converter with metering capacitors are considered. The basic calculation ratios for selecting the parameters of the snubber circuit elements have been obtained, which make it possible to implement the «soft» switching mode of power MOSFET transistors throughout the charging cycle of the drive at a constant frequency of the charger. A method for calculating the parameters of snubber circuit elements and the results of a model and field experiment confirming its reliability are presented.

Key words: charger, capacitive energy storage, metering capacitors, "soft" switching of power transistors, snubber capacitor, charging intervals, modeling, overheating of the transistor structure.

Электротехника, 2026, №5, стр. 25-32

Новый механизм проявления геомагнитно-индуцированных токов

СИВОКОНЬ В.П.

Общепринятым подходом к оценке последствий протекания геомагнитно-индуцированных токов (ГИТ) в энергетических системах принято считать изменение режима силового трансформатора, и как следствие, его переход в нелинейный режим. В рамках этого подхода возможны различные механизмы проявления ГИТ: в виде тепловых потерь, приводящих к нагреву элементов конструкции трансформаторов; деградации диэлектрических свойств материалов, используемых в устройствах; генерации высших гармоник тока и т.д. Поскольку при наличии ГИТ силовой

трансформатор рассматривается, как нелинейный элемент, можно предположить, что наряду с генерацией высших гармоник возможны и специфические процессы, в том числе, модуляционные. Для проверки этой гипотезы в качестве модулируемого колебания используются гармоники тока, генерируемые трансформатором.

Модулирующим колебанием выступает геомагнитно-индуцированный ток, источником которого являются геомагнитные пульсации. Наблюдения во время сильной магнитной бури 10-12 мая 2024 г. показали возможность реализации модуляционного механизма проявления ГИТ и впервые позволили зафиксировать в его составе геомагнитные пульсации Pc3. Можно предположить, что более мощные составляющие ГИТ, обусловленные, например, геомагнитными пульсациями Pc5, в сочетании с модуляционными процессами способны модулировать ток, протекающий в первичной обмотке блочного трансформатора, что может сказаться на режиме генерирующей стороны. Экспериментальные данные получены путем бесконтактного мониторинга высоковольтной линии 220 кВ Мутновской ГеоЭС, осуществляемого с помощью предложенного метода.

Ключевые слова: геомагнитно-индуцированные токи, высшие гармоники, геомагнитные пульсации, модуляция.

A generally accepted approach to assessing the effects of geomagnetic-induced currents (GIC) in energy systems is considered to be a change in the current of a power transformer, and as a result, its transition to a nonlinear mode. Within the framework of this approach, various mechanisms of GIC manifestation are possible: in the form of heat losses leading to heating of transformer structural elements; degradation of the dielectric properties of materials used in devices; generation of higher current characteristics, etc. Since, in the presence of GIC, the power transformer is considered as a nonlinear element, it can be assumed that along with the generation of higher harmonics, specific processes, including modulation, are also possible. To test this hypothesis, current harmonics generated by a transformer are used as a modulated oscillation. The modulating oscillation is a geomagnetic-induced current, the source of which is geomagnetic pulsations. Observations during a strong magnetic storm on May 10-12, 2024 they showed the possibility of implementing the modulation mechanism of the GIC manifestation and for the first time made it possible to record geomagnetic pulsations of Pc3 in its composition. It can be assumed that the more powerful components of the GIC, caused, for example, by geomagnetic pulsations of Pc5, in combination with modulation processes,

are capable of modulating the current flowing in the primary winding of a block transformer, which may affect the mode of the generating side. Experimental data were obtained by contactless monitoring of the 220 kV high-voltage line of the Mutnovskaya GEO Power Plant, carried out using the proposed method.

Key words: geomagnetic-induced currents, higher harmonics, geomagnetic pulsations, modulation.

Электротехника, 2026, №5, стр. 33-40

Ранжирование кабельных линий 6–10 кВ для формирования программы реконструкции на основе методов машинного обучения

ТУЛЬСКИЙ В.Н., ВАНИН А.С., БУСЛОВ В.В., ГАБДУШЕВ Д.М.

Увеличение физического износа кабельных линий 6–10 кВ делает актуальным прогнозирование отказов и планирования реконструкции линий для обеспечения надёжности распределительных сетей. Цель исследования – разработка метода приоритизации реконструкции кабельных линий на основе эксплуатационных данных с применением алгоритмов машинного обучения. Исследование выполнено на наборе данных по 8198 линиям, включающем аварийную статистику, общие характеристики кабелей, режимные параметры, результаты испытаний. Для прогнозирования протестированы следующие алгоритмы машинного обучения: Logistic Regression, SVM, SVR, RandomForest, GentleBoost, LSBoost, RUSBoost. Предложено использование двух показателей оценки качества прогноза – «Захват отказов» и «Точность отбора», рассчитанных относительно длины сформированного списка кабелей для перекладки. В связи с тем, что эти показатели являются компромиссными (повышение точности отбора может сопровождаться снижением захвата отказов), при выборе наилучшей модели предложено использовать их гармоническое среднее. Модель Random Forest показала наилучшие результаты по качеству прогноза, позволив выявить 6,5, 9,7 и 12,6 % будущих отказов за прогнозный период три года при выборе к перекладке 1, 2 и 3 % совокупной протяженности кабельной сети. Результаты подтверждают эффективность машинного обучения для повышения точности прогнозирования и оптимизации программ реконструкции кабельных линий.

Ключевые слова: распределительные сети, кабельные линии 6–10 кВ, прогнозирование отказов, ранжирование, машинное обучение, цифровая трансформация.

The increase in physical wear of 6–10 kV cable lines makes it relevant to predict failures and plan line reconstruction to ensure the reliability of distribution networks. The purpose of the research is to develop a method for prioritizing cable line reconstruction based on operational data using machine learning algorithms. The study was performed on a dataset of 8,198 lines, including emergency statistics, general cable characteristics, operating parameters, and test results. The following machine learning algorithms have been tested for forecasting: Logistic Regression, SVM, SVR, randomForest, GentleBoost, LSBoost, RUSBoost. It is proposed to use two indicators for assessing the quality of the forecast – «Failure capture» and «Sampling accuracy», calculated relative to the length of the generated list of cables for re-routing. Due to the fact that these indicators are a compromise (an increase in sampling accuracy may be accompanied by a decrease in failure capture), it is proposed to use their harmonic mean when choosing the best model. The Random Forest model showed the best results in terms of forecast quality, making it possible to identify 6,5, 9,7, and 12,6 % of future failures over the forecast period of three years when selecting 1, 2, and 3 % of the total length of the cable network. The results confirm the effectiveness of machine learning to improve forecasting accuracy and optimize cable line reconstruction programs.

Key words: distribution networks, 6–10 kV cable lines, failure prediction, ranking, machine learning, digital transformation.

Электротехника, 2026, №5, стр. 41-48

О традиционном и физико-математическом расчёте магнитного поля электрической машины методом разделения переменных

АФАНАСЬЕВ А.А.

Магнитное поле в электрических машинах могут быть описано на базе граничных физико-математических задач, решаемых методом разделения переменных Фурье. Активная область электрической машины разбивается на совокупность примыкающих друг к другу горизонтальных бесконечных полос и в число источников магнитного поля вводятся намагниченности ферромагнитных участков. Векторы поля на границах горизонтальных полос должны удовлетворять двум известным условиям: скалярные магнитные потенциалы и нормальные составляющие магнитной индукции не претерпевают скачка (разрыва). Если магнитные листы обмоток электрической машины по соображениям удобства расчёта располагаются на границах указанных полос, то магнитные потенциалы на границах будут иметь скачок на величину полного

тока магнитного листа. Горизонтальные полосы содержат однородные элементы расчётной области: ярма сердечников, основания полюсов, зубцовые слои статора и ротора, воздушный зазор. Выполнение граничных условий позволяет определить неизвестные постоянные Фурье, которые содержатся в выражениях для скалярных магнитных потенциалов и магнитных индукций в рассматриваемых полосах.

Предлагаемым аналитическим методом рассчитано магнитное поле в активной области Саяно-Шушенского гидрогенератора.

Ключевые слова: электрическая машина, магнитное поле, метод разделения переменных Фурье, расчет.

The magnetic field in electric machines can be described on the basis of boundary physical and mathematical problems solved by the method of separation of Fourier variables. The active region of an electric machine is divided into a set of horizontal infinite bands adjacent to each other, and the magnetization of ferromagnetic sections is introduced into the number of sources of the magnetic field. The field vectors at the boundaries of the horizontal bands must satisfy two known conditions: scalar magnetic potentials and the normal components of magnetic induction do not undergo a jump (discontinuity). If, for reasons of convenience of calculation, the magnetic sheets of the windings of an electric machine are located at the boundaries of these bands, then the magnetic potentials at the boundaries will have a jump by the amount of the total current of the magnetic sheet. The horizontal stripes contain homogeneous elements of the design area: the yokes of the cores, the bases of the poles, the tooth layers of the stator and rotor, and the air gap. The fulfillment of boundary conditions makes it possible to determine unknown Fourier constants, which are contained in expressions for scalar magnetic potentials and magnetic inductions in the bands under consideration. The proposed analytical method has calculated the magnetic field in the active region of the Sayano-Shushenskoye hydrogenerator.

Key words: electric machine, magnetic field, Fourier variable separation method, calculation.

Электротехника, 2026, №5, стр. 49-58

Коррекция управления бесколлекторным двигателем постоянного тока с учетом влияния дефектов

НИКИТИН Ю.Р., ТРЕФИЛОВ С.А.

Рассмотрена модель бесколлекторного двигателя постоянного тока (БДПТ) с коррекцией управления для исследования влияния изменения сопротивления обмоток, вызванного межвитковым замыканием и повышением температуры, на точность управления. Модель предусматривает коррекцию управления БДПТ при дефектах и повышении температуры, что приводит к изменению параметров двигателя. Влияние на точность управления двигателем осуществляется коррекцией передаточной функции. Выходные параметры БДПТ изменяются в процессе разгона при постоянном ускорении. Для практических задач предлагается использовать корректирующее звено, которое позволяет минимизировать изменение выходных параметров БДПТ, таких как угловая скорость вращения и вращающий момент. Система управления позволяет обнаружить наличие дефектов и сообщить об этом, если деградация параметров достигает определенного порогового значения. Полученные результаты могут быть использованы для построения диагностических систем, нейтрализации влияния внешней среды, изменения настроек параметров БДПТ в системе управления.

Ключевые слова: бесколлекторный двигатель постоянного тока, моделирование, управление, коррекция передаточной функции.

A model of a brushless DC motor (BDCM) with control correction is considered to study the effect of changes in the resistance of windings caused by an inter-turn short circuit and an increase in temperature on control accuracy. The model provides for correction of the BDCM control in case of defects and temperature rise, which leads to a change in engine parameters. The effect on the accuracy of engine control is carried out by correcting the transfer function. The output parameters of the BDCM change during acceleration with constant acceleration. For practical tasks, it is proposed to use a correction link, which minimizes the change in the output parameters of the BDCM, such as the angular velocity of rotation and torque. The control system allows you to detect the presence of defects and report it if the degradation of the parameters reaches a certain threshold value. The obtained results can be used to build diagnostic systems, neutralize the influence of the external environment, and change the settings of the BDCM parameters in the control system.

Key words: brushless DC motor, modeling, control, correction of the transfer function.

Разработка конструкции и модели электромеханического генератора колебаний для исследования виброустойчивости асинхронных двигателей

Смирнов А.Ю., Ермолаев А.И., Плехов А.С., Чернов Е.А.

Статья посвящена разработке генератора механических колебаний, предназначенного для исследования виброустойчивости асинхронных двигателей. Сформулированы технические требования к электромагнитному генератору механических колебаний. Предложена конструкция устройства, основанная на линейном шаговом индукторном двигателе, в котором благодаря неоднократному пересечению зазора между индуктором (статором) и подвижной частью (якорем), обеспечиваются высокие удельные силовые характеристики. На основе сеточных (конечно-элементных) моделей выполнены расчётные исследования электромагнитного генератора для достижения наибольшей крутизны и линейности характеристик развиваемой силы.

Конкретизировано соотношение ширины ферромагнитных колец зубцовой зоны и немагнитных промежутков между ними. Найдено оптимальное соотношение для расстояния между кольцами, равное 0,36 относительно общей длины зубцового деления, обеспечивающее хорошую линейность характеристики силы в зависимости от смещения колец. Показано, что при уменьшении этого соотношения магнитная сила увеличивается на 25–30%, но ее зависимость становится нелинейной.

Ключевые слова: линейный двигатель, генератор механических колебаний, вибрация, зубцовая зона, ферромагнитные кольца, электромагнитная сила, метод конечных элементов.

The article is devoted to the development of a mechanical oscillator designed to study the vibration resistance of asynchronous motors. The technical requirements for an electromagnetic generator of mechanical vibrations are formulated. A device design based on a linear stepper inductor motor is proposed, in which, due to the repeated intersection of the gap between the inductor (stator) and the movable part (armature), high specific power characteristics are provided. Computational studies of an electromagnetic generator have been performed on the basis of grid (finite element) models to achieve the greatest steepness and linearity of the characteristics of the developed force. The ratio of the width of the ferromagnetic rings of the tooth zone and the non-magnetic gaps between them is specified. The optimal ratio for the distance between the rings is found, equal to 0.36 relative to the total length of the tooth division, which ensures good linearity of the force characteristic depending

on the displacement of the rings. It is shown that as this ratio decreases, the magnetic force increases by 25-30%, but its dependence becomes nonlinear.

Key words: linear motor, generator of mechanical vibrations, vibration, tooth zone, ferromagnetic rings, electromagnetic force, finite element method.

Электротехника, 2026, №5, стр. 64-71

Прототип цифровой дифференциальной защиты с улучшенной отстройкой от режимов с глубоким насыщением трансформаторов тока

КУЛИКОВ А.Л., ФЕДОСОВ Д.С., АННЕНКОВ Е.О.

Рассмотрена проблема некорректных срабатываний цифровой дифференциальной защиты, вызванных глубоким насыщением трансформаторов тока, при внешних коротких замыканиях. В качестве альтернативы замене трансформаторов тока предложена модификация алгоритмов защиты с применением дифференциально-фазного органа и блокировки по апериодической составляющей дифференциального тока. Проведено имитационное моделирование в MATLAB Simulink, включающее набор из 800 режимов с разными начальными условиями для каждого из рассмотренных типов защиты, в том числе при различных параметрах источников и трансформаторов тока. Предложенные усовершенствования полностью исключают срабатывания при внешних замыканиях, незначительно увеличивая время срабатывания при внутренних повреждениях. На основе модели создан прототип защиты на платформе NationalInstrumentsCompactRIO, успешно испытанный с использованием устройства РЕТОМ-61. Натурные эксперименты подтвердили эффективность предложения: в 25 опытах с остаточной индукцией трансформаторов тока до 100 % от индукции насыщения прототип работал корректно. Для практической реализации рекомендовано применение устройств защиты с преобразователями тока для измерения апериодической составляющей, например, с датчиками Холла.

Ключевые слова: дифференциальная защита, дифференциально-фазный орган, насыщение трансформатора тока, MATLAB Simulink.

The problem of incorrect operation of digital differential protection caused by deep saturation of current transformers during external short circuits is considered. As an alternative to replacing current transformers, a modification of protection algorithms using a differential-

phase switch and blocking by the aperiodic component of the differential current is proposed. A simulation simulation was performed in MATLAB Simulink, which includes a set of 800 modes with different initial conditions for each of the considered types of protection, including for different parameters of current sources and transformers. The proposed improvements completely eliminate tripping in case of external short circuits, slightly increasing the response time in case of internal damage. Based on the model, a protection prototype based on the Nationalinstmentscompactrio platform has been successfully tested using the RETOM-61 device. Field experiments have confirmed the effectiveness of the proposal: in 25 experiments with residual induction of current transformers up to 100% of saturation induction, the prototype worked correctly. For practical implementation, it is recommended to use protection devices with current converters for measuring the aperiodic component, for example, with Hall sensors.

Key words: differential protection, differential-phase control, saturation of the current transformer, MATLAB Simulink.

Электротехника, 2026, №5, стр. 72-81

Математические методы анализа качества электрической энергии в системах электроснабжения промышленных предприятий

СЕВОСТЬЯНОВ А.А., ФИТАСОВ А.Н.

Формирование интеллектуальных систем электроснабжения и внедрение возобновляемых источников энергии заметно обостряют проблемы, связанные с соблюдением требований к качеству электрической энергии. Для принятия решения о допустимом уровне помех в электрической сети промышленных предприятий и соблюдения требований к электромагнитной совместимости питающей сети и технологических потребителей, предлагается использовать обобщенные показатели, обеспечивающие комплексный анализ параметров питающего напряжения в системе электроснабжения. Применение таких показателей позволит оценить предельные уровни помех для мониторинга качества продукции и качества электрической энергии в реальном времени. В статье приводятся результаты оценки качества электрической энергии, полученные на основании преобразования Кларк, понятия когерентности сигналов и карт Шухарта. Оценка уровня искажения качества электрической энергии выполнена по результатам инструментального обследования системы электроснабжения промышленного предприятия металлургической отрасли. Показано,

что использование обобщенных показателей для определения уровня электромагнитной совместимости позволяет сократить время принятия решения о реализации схемно-технических мероприятий по повышению качества электроэнергии в промышленной сети и исключить индивидуальную оценку показателей, определенных ГОСТ 32144-2013.

Ключевые слова: системы электроснабжения промышленных предприятий, качество электрической энергии, коэффициент взаимной корреляции, пространственный вектор, карты Шухарта.

The formation of intelligent power supply systems and the introduction of renewable energy sources significantly exacerbate the problems associated with compliance with the requirements for the quality of electrical energy. To make a decision on the permissible level of interference in the electrical network of industrial enterprises and compliance with the requirements for electromagnetic compatibility of the supply network and technological consumers, it is proposed to use generalized indicators that provide a comprehensive analysis of the parameters of the supply voltage in the power supply system. The use of such indicators will make it possible to estimate the maximum interference levels for monitoring product quality and electrical energy quality in real time. The article presents the results of evaluating the quality of electrical energy based on the Clark transform, the concept of signal coherence and Schuhart maps. The assessment of the level of distortion of the quality of electrical energy was carried out based on the results of an instrumental examination of the power supply system of an industrial enterprise in the metallurgical industry. It is shown that the use of generalized indicators to determine the level of electromagnetic compatibility makes it possible to reduce the decision-making time on the implementation of circuit-technical measures to improve the quality of electricity in the industrial network and eliminate the individual assessment of the indicators defined by GOST 32144-2013.

Key words: power supply systems of industrial enterprises, quality of electric energy, coefficient of mutual correlation, spatial vector, Schuhart maps.

Электротехника, 2026, №5, стр. 82-87

Демпфирование колебаний ударных инерционных приводов вращательного типа
ГУЛЯЕВ П.В.

Предложена математическая модель инерционного привода в виде системы дифференциальных уравнений, описывающей пьезопровод как устройство с сосредоточенными параметрами. Модель рассматривает пьезоэлемент в виде упругого элемента с внутренним механическим сопротивлением, нагруженного с одного конца инерционной массой и демпфером, с другого – массой и элементом сухого трения. Результаты моделирования показали, что обратный ход вызван колебательным характером переходных процессов в приводе. Оценено влияние на переходный процесс механического сопротивления пьезоэлемента, силы сухого трения, коэффициента демпфирования на свободном конце. Для уменьшения обратного хода предложено использовать демпфирование свободного конца пьезоэлемента или пьезоэлемента в целом. Выполнена практическая реализация некоторых вариантов демпфирования – пассивного демпфирования в вазелиновом масле и густой смазке, и активного электродинамического демпфирования. Подтверждена работоспособность предложенных решений, показано, что демпфирование позволило в пять раз уменьшить обратный ход. Предпочтительным вариантом является демпфирование свободного конца пьезоэлемента; этот вариант демпфирования реализован в конструкции активного электродинамического демпфера с автономной системой регулирования, в которой магнит жестко связан со свободным концом пьезоэлемента, а пара соленоидальных катушек – с винтом привода.

Ключевые слова: инерционный пьезоэлектрический привод, обратный ход, колебания, переходный процесс, моделирование, демпфирование.

A mathematical model of an inertial drive is proposed in the form of a system of differential equations describing a piezoelectric drive as a device with concentrated parameters. The model considers a piezoelectric element as an elastic element with internal mechanical resistance, loaded at one end with an inertial mass and a damper, and at the other with a mass and a dry friction element. The simulation results showed that the reverse stroke is caused by the oscillatory nature of the transients in the drive. The influence of the mechanical resistance of the piezoelectric element, the dry friction force, and the damping coefficient at the free end on the transient process is estimated. To reduce the reverse stroke, it is proposed to use damping of the free end of the piezoelectric element or the piezoelectric element as a whole. The practical implementation of some damping options has been carried out – passive damping in petroleum jelly oil and thick grease, and active electrodynamic damping. The efficiency of the proposed solutions was confirmed, and it was shown that damping made it

possible to reduce the reverse stroke by five times. The preferred option is to dampen the free end of the piezoelectric element; this damping option is implemented in the design of an active electrodynamic damper with an autonomous control system in which a magnet is rigidly connected to the free end of the piezoelectric element, and a pair of solenoid coils to the drive screw.

Key words: inertial piezoelectric drive, reverse gear, oscillations, transient process, modeling, damping.

Электротехника, 2026, №5, стр. 88-89

Авторы номера