

Содержание

Электротехника, 2024, №10, стр. 2-8

Алгоритм диагностирования автономной дизель-генераторной установки малой мощности

КОЧЕГАНОВ Д.М., СЕРЕБРЯКОВ А.В., СТЕКЛОВ А.С.

Предложен способ диагностирования автономной дизель-генераторной установки на основе использования аппарата искусственных нейронных сетей, который позволяет уменьшить затраты времени на диагностирование без полного обследования объекта диагностирования. Способ позволяет сократить количество проверок для выявления неисправного состояния элемента в среднем на 30%.

Ключевые слова: дизель-генераторная установка, диагностирование неисправностей, искусственные нейронные сети, алгоритм.

A method for diagnosing an autonomous diesel generator set based on the use of artificial neural network apparatus is proposed, which reduces the time spent on diagnosis without a complete examination of the diagnostic object. The method allows you to reduce the number of checks to identify the faulty state of the element by an average of 30%.

Key words: diesel generator set, fault diagnosis, artificial neural networks, algorithm.

Электротехника, 2024, №10, стр. 9-15

Двухагрегатная дизель-генераторная электростанция переменной частоты вращения ХВАТОВ О.С., ДАРЬЕНКОВ А.Б.

Рассмотрена концепция реализации двухагрегатной электростанцией на базе дизельных двигателей с регулируемой частотой вращения и силовых полупроводниковых преобразовательных устройств. обоснована энергетическая целесообразность эксплуатации электростанций такого типа. Предложена бестрансформаторная схемная топология электростанции. На основе сравнительного анализа с альтернативными типами электростанций подтверждены высокие энергетические (топливные) характеристики электростанции, в том числе в зоне среднестатистических нагрузок. Выполнен синтез

структуры силовой схемы и системы автоматического регулирования электростанцией. На основе имитационного моделирования подтверждены показатели качества регулирования в режим параллельной работы генераторных агрегатов.

Ключевые слова: дизель-генераторный агрегат переменной частоты вращения, бестрансформаторная схемная топология, энергетическая эффективность, параллельная работа, имитационное моделирование.

The concept of implementing a two-unit power plant based on diesel engines with variable speed and power semiconductor converter devices is considered. The energy expediency of operating power plants of this type is substantiated. A transformer-free circuit topology of the power plant is proposed. Based on a comparative analysis with alternative types of power plants, high energy (fuel) characteristics of the power plant have been confirmed, including in the zone of average loads. The synthesis of the structure of the power circuit and the automatic control system of the power plant has been performed. Based on simulation modeling, the quality indicators of regulation in parallel operation of generator sets have been confirmed.

Key words: diesel generator set of variable speed, transformer-free circuit topology, energy efficiency, parallel operation, simulation modeling.

Электротехника, 2024, №10, стр. 16-22

Разработка индукторных двигателей для привода аварийной защиты ядерных энергетических установок

СМИРНОВ А.Ю., УЛЬЯНОВ Д.А.

Сопоставлены возможные конструкции бесконтактных двигателей в приводе для перемещения стержней аварийной защиты ядерного реактора и выявлено преимущество индукторных двигателей с электромагнитным возбуждением, как обеспечивающих наибольшую отдачу по моменту при кратковременном увеличении (форсировке) тока. Рассмотрены особенности проектирования индукторных двигателей с электромагнитным возбуждением со стороны статора для кратковременного режима работы. Для предотвращения глубокого насыщения магнитной цепи, приводящего к непродуктивному возрастанию потребляемой мощности и дополнительному нагреву, в методике проектирования предлагается сначала сформировать геометрию магнитной цепи статора, в положении ротора, при котором потокосцепление фазы принимает максимальное

значение, а затем по ней рассчитывать характеристику намагничивания ферромагнитных участков магнитной цепи. Выбор рабочего магнитного потока вблизи участка насыщения этой характеристики позволяет однозначно определить размер зазора между статором и ротором двигателя, и его моментные и энергетические характеристики. Методика распространяется на индукторные двигатели с электромагнитным возбуждением, где требуется кратно форсировать вращающий электромагнитный момент за счёт весьма кратковременного режима работы.

Ключевые слова: ядерный реактор, аварийная защита, индукторный двигатель, синхронный привод, электромагнитное возбуждение, электромагнитные нагрузки.

The possible designs of contactless motors in the drive for switching the rods of emergency protection of a nuclear reactor are compared and the advantage of inductor motors with electromagnetic excitation is revealed as providing the greatest moment return with a short-term increase (boost) of current. The design features of inductor motors with electromagnetic excitation from the stator side for short-term operation are considered. To prevent deep saturation of the magnetic circuit, which leads to an unproductive increase in power consumption and additional heating, the design technique proposes first to form the geometry of the magnetic circuit of the stator, in the rotor position, at which the flow coupling of the phase takes the maximum value, and then use it to calculate the magnetization characteristic of ferromagnetic sections of the magnetic circuit. The choice of the working magnetic flux near the site of this characteristic allows you to uniquely determine the size of the gap between the stator and the rotor of the engine, and its torque and energy characteristics. The technique applies to inductor motors with electromagnetic excitation, where it is required to force the rotating electromagnetic torque multiple times due to a very short-term operation mode.

Key words: nuclear reactor, emergency protection, inductor motor, synchronous drive, electromagnetic excitation, electromagnetic loads.

Электротехника, 2024, №10, стр. 23-27

Моделирование и анализ геометрических параметров линейного генератора с постоянными магнитами для преобразования волновой энергии

КУРКИН А.А., КРАЛИН Ал.А., ТИТОВ Д.Ю., КРЮКОВ Е.В., ПЕТУХОВ Я.И., КРАЛИН Ан.А.

Статья посвящена моделированию конструкции цилиндрического линейного генератора с

постоянными магнитами в составе преобразователя волновой энергии. Модель разработана в среде мультифизического моделирования *COMSOL Multiphysics* как двумерная осесимметричная с использованием метода конечных элементов. Проведено исследование влияния геометрических размеров генератора на максимальное значение ЭДС методом численного моделирования. На основе проведенных исследований определены оптимальные параметры генератора: ширина магнита, ширина немагнитной вставки, ширина и высота паза, ширина зубца статора.

Ключевые слова: линейный генератор, метод конечных элементов, компьютерное моделирование, COMSOL Multiphysics.

The article is devoted to modeling the design of a cylindrical linear generator with permanent magnets as part of a wave energy converter. The model was developed in the multiphysical modeling environment of COMSOL Multiphysics as a two-dimensional axisymmetric using the finite element method. The influence of the geometric dimensions of the generator on the maximum EMF value was studied by numerical modeling. Based on the conducted research, the optimal parameters of the generator were determined: the width of the magnet, the width of the non-magnetic insert, the width and height of the groove, the width of the stator tooth.

Key words: linear generator, finite element method, computer modeling, COMSOL Multiphysics.

Электротехника, 2024, №10, стр. 28-34

Особенности работы источника вторичного электропитания на базе последовательного резонансного инвертора

ВАНЯЕВ В.В., СОКОЛОВ В.В., ДАРЬЕНКОВ А.Б., КОПЕЛОВИЧ Е.А., БЕРДНИКОВ И.Е., СЛУЗОВ А.П., СМИРНОВА А.В.

Рассмотрены особенности работы транзисторного последовательного полумостового резонансного инвертора с одним конденсатором в режиме источника вторичного электропитания (ИВЭ). С помощью математических моделей ИВЭ установлена зависимость вида и параметров внешней характеристики от добротности его силового контура, а также выявлена связь между соотношением емкостей этого контура и выходным напряжением на холостом ходу. Результаты исследований могут быть использованы при разработке ИВЭ для потребителей с неравномерным энергопотреблением и токовыми перегрузками вплоть до короткого замыкания.

Ключевые слова: источник вторичного электропитания, резонансный инвертор, внешняя характеристика, добротность силового контура, режим холостого хода, функции регрессии.

The features of operation of a transistor serial half-bridge resonant inverter with one capacitor in the mode of a secondary power supply (IVE) are considered. Using mathematical models of the IVE, the dependence of the type and parameters of the external characteristic on the quality factor of its power circuit is established, and the relationship between the ratio of the capacitances of this circuit and the output voltage at idle is revealed. The research results can be used in the development of IVE for consumers with uneven energy consumption and current overloads up to a short circuit.

Key words: secondary power supply source, resonant inverter, external characteristic, Q-factor of the power circuit, idle mode, regression functions.

Электротехника, 2024, №10, стр. 35-40

Разработка и исследование экспериментального образца энергоустановки на основе водородных топливных элементов

ЛОСКУТОВ А.Б., ШАЛУХО А.В., ЛИПУЖИН И.А., БЕДРЕТДИНОВ Р.Ш., ШУВАЛОВА Ю.Н.

Представлена структура и результаты исследований экспериментального образца энергоустановки на основе двух водородных топливных элементов с полимерной протонообменной мембранной мощностью 1 кВт с различающимися вольт-амперными характеристиками и расходом водорода. На основе анализа существующих технологий выбрана оптимальная конфигурация энергоустановки, предложены алгоритмы системы управления для эффективного распределения мощности между топливными элементами (равномерное и последовательное распределение мощности). Разработана Simulink-модель энергоустановки и выполнено моделирование режимов работы системы.

Результаты моделирования подтвердили перспективность принятых решений. Проведены экспериментальные исследования алгоритмов системы управления. Результаты экспериментов показали, что для экономии водорода наиболее эффективным является алгоритм последовательного распределения мощности.

Ключевые слова: экспериментальная установка, электрохимический генератор,

водородные топливные элементы, алгоритмы управления, последовательное и равномерное распределение мощности.

The structure and research results of an experimental sample of a power plant based on two hydrogen fuel cells with a polymer proton exchange membrane capacity of 1 kW with different volt-ampere characteristics and hydrogen consumption are presented. Based on the analysis of existing technologies, the optimal configuration of the power plant was selected, control system algorithms for efficient power distribution between fuel cells (uniform and consistent power distribution) were proposed. A Simulink model of the power plant has been developed and simulation of the operating modes of the system has been performed. The simulation results confirmed the prospects of the decisions taken. Experimental studies of control system algorithms have been carried out. The experimental results showed that the sequential power distribution algorithm is the most effective for saving hydrogen.

Key words: experimental setup, electrochemical generator, hydrogen fuel cells, control algorithms, consistent and uniform power distribution.

Электротехника, 2024, №10, стр. 41-48

Разработка и исследование твердотельного трансформатора низкого напряжения
ЧИВЕНКОВ А.И., СОСНИНА Е.Н., ЛИПУЖИН И.А., ТРОФИМОВ И.М., АЛЕШИН Д.А.

Рассмотрены схмотехническое решение и результаты исследований опытного образца твердотельного трансформатора низкого напряжения на основе управляемого полупроводникового AC/DC/AC-преобразователя. Устройство позволяет подключать к сети одновременно два разнохарактерных источника переменного и постоянного напряжения, обеспечивая надежность электроснабжения, а также повышать качество электроэнергии, передаваемой потребителю. Приведены структурная и принципиальная электрическая схемы опытного образца, его конструкция и технические характеристики. Рассмотрены система управления и алгоритм работы устройства, а также принцип действия его основных узлов: активного выпрямителя, двухканального конвертора, автономного инвертора напряжения и ёмкостного накопителя звена постоянного тока. Приведены результаты экспериментальных исследований опытного образца твердотельного трансформатора низкого напряжения, позволивших определить допустимый диапазон входного напряжения источников питания, подключаемых к устройству, а также способность устройства обеспечить стабилизацию и симметрирование выходного напряжения.

Ключевые слова: распределенная энергетика, твердотельный трансформатор, полупроводниковый преобразователь, активный инвертор напряжения, двухканальный конвертор, активный выпрямитель, система управления.

The circuit design and research results of a prototype solid-state low voltage transformer based on a controlled semiconductor AC/DC/AC converter are considered. The device allows you to connect two different sources of alternating and constant voltage to the network simultaneously, ensuring the reliability of power supply, as well as improving the quality of electricity transmitted to the consumer. The structural and electrical schematic diagrams of the prototype, its design and technical characteristics are given. The control system and the algorithm of operation of the device are considered, as well as the principle of operation of its main components: an active rectifier, a two-channel converter, an autonomous voltage inverter and a capacitive storage unit of direct current. The results of experimental studies of a prototype solid-state low voltage transformer are presented, which made it possible to determine the permissible input voltage range of power supplies connected to the device, as well as the ability of the device to ensure stabilization and symmetry of the output voltage.

Key words: distributed energy, solid-state transformer, semiconductor converter, active voltage inverter, two-channel converter, active rectifier, control system.

Электротехника, 2024, №10, стр. 49-60

Киберфизический стенд комплексных испытаний интеллектуальных электронных устройств защиты и автоматики

ЛОСКУТОВ А.А., КУЛИКОВ А. Л., ПЕТРОВ И.А., СИМАНОВ А.С.

Надежность и эффективность работы интеллектуальных электронных устройств (ИЭУ) защиты и автоматики является важной задачей, особенно для сложных и больших энергосистем. Поэтому важно выполнять многовариантное тестирование этих устройств в условиях, приближенных к реальным, перед вводом их в эксплуатацию. Это связано с развитием объектов распределенной генерации, электростанций на базе возобновляемых источников энергии и т.д, что приводит к усложнению схемно-режимных ситуаций в сети и режимов работы ИЭУ. Кроме того, полунатурное тестирование необходимо при апробировании работы новых алгоритмов для ИЭУ, а также в условиях использования стандартов обмена данными. Различные устройства для проверки релейной защиты и автоматики имеют существенные функциональные ограничения, особенно для «цифровых

подстанций» и сетей со сложной структурой. Для качественной оценки корректности работы ИЭУ необходимо выполнить динамическое моделирование возможных электрофизических процессов и тестирование в замкнутом цикле. В статье рассмотрен киберфизический стенд, состоящий из четырех ИЭУ, программно-аппаратного комплекса RTDS и RSCAD-модели системы электроснабжения. Выполнен анализ аварийных событий при различных сценариях и отклика ИЭУ защиты на такие события.

Ключевые слова: киберфизический стенд комплексных испытаний, интеллектуальные электронные устройства защиты и автоматики, распределенная генерация, обмен данных по МЭК.

The reliability and efficiency of intelligent electronic protection and automation devices (IEDs) is an important task, especially for complex and large power systems. Therefore, it is important to perform multivariate testing of these devices in conditions close to real ones before putting them into operation. This is due to the development of distributed generation facilities, power plants based on renewable energy sources, etc., which leads to a complication of circuit-mode situations in the network and IED operating modes. In addition, semi-routine testing is necessary when testing the operation of new algorithms for IED, as well as in conditions of using data exchange standards. Various devices for checking relay protection and automation have significant functional limitations, especially for «digital substations» and networks with a complex structure. For a qualitative assessment of the correctness of the IED operation, it is necessary to perform dynamic modeling of possible electrophysical processes and testing in a closed cycle. The article considers a cyberphysical stand consisting of four IEDs, an RTDS hardware and software complex and an RSCAD model of an electric power supply system. The analysis of emergency events under various scenarios and the response of the protection IED to such events has been performed.

Key words: cyberphysical complex test bench, intelligent electronic protection and automation devices, distributed generation, IEC data exchange.

Электротехника, 2024, №10, стр. 61-67

Гармонические искажения тока, потребляемого преобразователями частоты при малых нагрузках

ВАРЛАМОВ Н.С., СУГАКОВ В.Г., ХВАТОВ О.С., МАЛЫШЕВ Ю.С.

Использование преобразователей частоты в групповом электроприводе и судовых электроэнергетических системах с электростанцией на основе двигателей внутреннего

сгорания переменной частоты вращения позволяет снизить стоимость электрооборудования и улучшить массогабаритные показатели. Однако гармонические искажения, генерируемые преобразователями частоты, негативно влияют на качество электрической энергии и приводят к дополнительным потерям в статорных обмотках синхронных генераторов, ухудшению условий коммутации полупроводниковых ключей и другим негативным эффектам. В статье исследуется гармонический состав потребляемого тока для преобразователей частоты со звеном постоянного тока при малых нагрузках по мощности. Исследованы преобразователи частоты различных топологий, мощностей и марок. Приведен спектральный состав тока потребляемого преобразователями частоты при изменении частоты выходного напряжения. Рассмотрено влияние сетевого дросселя и мощности загрузки на гармонический состав потребляемого тока. Показано, что спектральный состав генерируемых искажений индивидуален для каждого преобразователя частоты, но 5-я, 7-я, 11-я, 13-я, 17-я и 19-я гармоники остаются доминирующими, а в режиме долевого нагрузки до 30 % ток, потребляемый преобразователями, обладает значительными гармоническими искажениями.

Ключевые слова: преобразователь частоты, малые нагрузки, гармонические искажения.

The use of frequency converters in a group electric drive and marine electric power systems with a power plant based on internal combustion engines of variable speed makes it possible to reduce the cost of electrical equipment and improve weight and size indicators. However, harmonic distortions generated by frequency converters negatively affect the quality of electrical energy and lead to additional losses in the stator windings of synchronous generators, deterioration of the switching conditions of semiconductor switches and other negative effects. The article examines the harmonic composition of the current consumed for frequency converters with a DC link at low power loads. Six frequency converters of various topologies, capacities and brands have been studied. The spectral composition of the current consumed by frequency converters when the frequency of the output voltage changes is given. The influence of the network choke and the loading power on the harmonic composition of the consumed current is considered. It is shown that the spectral composition of the generated distortions is individual for each frequency converter, but the 5th, 7th, 11th, 13th, 17th and 19th harmonics remain dominant, and in the fractional load mode up to 30% of the current consumed by the converters has significant harmonic distortion.

Key words: frequency converter, low loads, harmonic distortion.

Автономная система электрогенерации с первичным двигателем переменной частоты вращения

ПЛЕХОВ А.С.

Рассмотрена автономная система электрогенерации с приводом от первичного двигателя переменной частоты вращения, предназначенная для ветряных и волновых электростанций (микроЭС), а также для электростанций с двигателями внутреннего сгорания, скорость вращения первичного двигателя которых регулируется в соответствии с потребляемой электрической мощностью для увеличения КПД.

Система генерации содержит преобразовательную систему электрического тока и параметров генерируемой электроэнергии, позволяющую обеспечить заданное напряжение на нагрузке при любой частоте вращения первичного двигателя.

Показана целесообразность использования асинхронной электрической машины в качестве генератора. Применена концепция возбуждения вращающегося поля статора источником тока с частотой, меньшей частоты вращения ротора на заданную величину скольжения, и генерации электрической мощности на частоте тока возбуждения. Разработана функциональная схема системы электрогенерации. Дано математическое описание генераторной установки, разработана имитационная модель асинхронного генератора, приведены результаты вычислительных экспериментов.

Ключевые слова: автономная система электрогенерации, первичный двигатель переменной частоты вращения, полупроводниковые преобразователи, схема управления асинхронным генератором, имитационная модель.

An autonomous electric generation system driven by a variable-speed primary engine is considered, designed for wind and wave power plants (microelectric power plants), as well as for power plants with internal combustion engines, the rotation speed of the primary engine of which is regulated in accordance with the electric power consumed to increase efficiency. The generation system contains a converter system (PS) of electric current and parameters of the generated electricity, which allows to provide a given voltage on the load at any speed of rotation of the primary engine. The expediency of using an asynchronous electric machine as a generator is shown. The concept of excitation of the rotating field of the stator by a current source with a frequency lower than the rotor rotation frequency by a given slip value and generation of electric power at the frequency of the excitation current is applied. A functional diagram of the power generation system has been developed. A mathematical description of the generator set is given,

a simulation model of an asynchronous generator is developed, and the results of computational experiments are presented.

Key words: autonomous power generation system, primary variable speed motor, semiconductor converters, asynchronous generator control circuit, simulation model.

Электротехника, 2024, №10, стр. 74-78

Параллельная работа модулей накопителя энергии на основе литий-ионных аккумуляторных батарей

ДАРЬЕНКОВ А.Б., СЛУЗОВ А.П., БЕРДНИКОВ И.Е., ХРАМОВ А.Е., ШАЛУХО А.В.

Представлены результаты разработки экспериментального образца накопителя энергии модульного типа на основе литий-железо-фосфатных аккумуляторных батарей.

Накопитель предназначен для питания электроприемников промышленного назначения при переменном трехфазном напряжении 380 В и предполагает возможность параллельной работы модулей за счет синхронизации выходных напряжений инверторов, входящих в состав модулей. Представлена структурная схема и описание основных компонентов накопителя. Рассмотрен алгоритм синхронизации инверторов напряжения при параллельной работе. Представлены результаты имитационного моделирования и экспериментальных исследований накопителя.

Ключевые слова: накопитель энергии, литий-ионные аккумуляторы, инвертор напряжения, система управления, параллельная работа.

The results of the development of an experimental sample of a modular type energy storage device based on lithium-iron-phosphate batteries are presented. The drive is designed to power industrial electrical receivers at an alternating three-phase voltage of 380 V and assumes the possibility of parallel operation of the modules by synchronizing the output voltages of the inverters included in the modules. A block diagram and description of the main components of the drive are presented. An algorithm for synchronizing voltage inverters in parallel operation is considered. The results of simulation modeling and experimental studies of the drive are presented.

Key words: energy storage, lithium-ion batteries, voltage inverter, control system, parallel operation.

Электротехника, 2024, №10, стр. 79-88

Испытания макетов мощных силовых трансформаторов для проверки их стойкости при коротких замыканиях. Часть 1

ПАНИБРАТЕЦ А.Н., АДЖИЕВ Д.К., ЛАРИН В.С.

Рассмотрены основные принципы и зарубежный опыт (по данным МЭК и CIGRE) разработки, расчетов и испытаний на стойкость при коротких замыканиях масштабных макетов мощных однофазных силовых трансформаторов, а также правила распространения результатов испытаний макета на реальный трансформатор для подтверждения его стойкости. Показана возможность разработки и испытаний таких макетов для подтверждения надежности мощных трансформаторов российского производства.

Ключевые слова: силовые трансформаторы, стойкость при КЗ, масштабные макеты, испытания, расчеты.

The basic principles and foreign experience (according to IEC and CIGRE data) of the development, calculations and tests for short-circuit resistance of large-scale models of powerful single-phase power transformers, as well as the rules for distributing the test results of the layout to a real transformer to confirm its durability are considered. The possibility of developing and testing such models to confirm the reliability of powerful Russian-made transformers is shown.

Key words: power transformers, short circuit resistance, scale models, tests, calculations.

Электротехника, 2024, №10, стр. 89-95

Повышение эффективности распределительных электрических сетей с использованием тиристорных компенсаторов реактивной мощности с интеллектуальной системой управления и передачи данных

КРАСНОПЕРОВ Р.Н., АСТАШЕВ М.Г.

Рассмотрена целесообразность применения в составе интегрируемых в сети устройств компенсации реактивной мощности отдельного регулирования по фазам и применения систем управления, адаптирующих режимы работы в зависимости от параметров нагрузок и уровней напряжения. На примере компенсатора реактивной мощности выполнена оценка эффективности применения интеллектуальных устройств в сетях 0,4 кВ. Данные, собранные в течение двух месяцев, демонстрируют эффективность компенсатора с интеллектуальной системой управления в поддержании стабильного коэффициента

мощности, близкого к единице, и снижении уровня реактивной мощности в сети до минимальных значений. Устройство успешно поддерживает уровни напряжения в допустимых пределах на всех фазах, что подчеркивает его эффективность в снижении колебаний и обеспечении сбалансированных уровней напряжения. Кроме того, устройство обеспечивает повышение эффективности благодаря снижению потерь мощности, способствуя повышению стабильности и надежности распределительной сети. Результаты подтверждают необходимость более широкого внедрения разработанной технологии построения тиристорных компенсаторов реактивной мощности с интеллектуальной системой управления и передачи данных.

Ключевые слова: распределительная электрическая сеть, компенсатор реактивной мощности, система управления, дисбаланс и устойчивость энергосистемы.

The expediency of using separate phase control and control systems adapting operating modes depending on load parameters and voltage levels as part of reactive power compensation devices integrated into the network is considered. Using the example of a reactive power compensator, an assessment of the effectiveness of using intelligent devices in 0.4 kV networks was performed. The data collected over two months demonstrate the effectiveness of the compensator with an intelligent control system in maintaining a stable power factor close to one and reducing the level of reactive power in the network to minimum values. The device successfully maintains voltage levels within acceptable limits in all phases, which emphasizes its effectiveness in reducing fluctuations and ensuring balanced voltage levels. In addition, the device provides increased efficiency by reducing power losses, contributing to increased stability and reliability of the distribution network. The results confirm the need for a wider implementation of the developed technology for building thyristor reactive power compensators with an intelligent control and data transmission system.

Key words: electric distribution network, reactive power compensator, control system, imbalance and stability of the power system.

Электротехника, 2024, №10, стр. 96-98

Авторы номера

Электротехника, 2024, №10, стр. 99-100

Флюр Рашитович ИСМАГИЛОВ

(к 80-летию со дня рождения)