

Содержание

Электротехника, 2022, №8, стр. 2-6

Распределение электрического поля внутри коаксиальных токопроводов 110 кВ с твердой изоляцией

КОВАЛЕВ Д.И., ВАРИВодОВ В.Н., ГОЛУБЕВ Д.В., ВОРОНКОВА Е.М., ЖУЛИКОВ С.С.

Рассмотрены технические решения по разработке линейных и соединительных секций токопроводов 110 кВ с твердой изоляцией. Выполнены расчеты напряженности электрического поля при наличии и отсутствии градирования изоляции, демонстрирующие особенности конструктивных решений для линейных секций. Согласно расчетам, градирование позволяет снизить диапазон распределения напряженности поля почти в 2,5 раза. Для токопроводов 110 кВ такой конструкции установлено, что оптимальное количество слоев равно восьми. Для оценки допустимости максимальной напряженности поля проведена оценка электрической прочности изоляции линейной секции токопроводов в толще изоляции. На основе полученных результатов установлено непревышение предельно-допустимых пороговых значений напряженности поля.

Ключевые слова: коаксиальный токопровод, литая полимерная изоляция, электрическая прочность, градирование.

Technical solutions for the development of linear and connecting sections of 110 kV power lines with solid insulation are considered. Calculations of the electric field strength in the presence and absence of insulation gradation are performed, demonstrating the features of design solutions for linear sections. According to calculations, gradation reduces the range of field strength distribution by almost 2.5 times. For 110 kV current pipelines of this design, it is established that the optimal number of layers is eight. To assess the admissibility of the maximum field strength, an assessment of the electrical insulation strength of the linear section of current pipelines in the insulation thickness was carried out. Based on the results obtained, the non-exceeding of the maximum permissible threshold values of the field strength was established.

Key words: coaxial current line, cast polymer insulation, electrical strength, graduation.

Электротехника, 2022, №8, стр. 7-11

К методике испытаний топливных систем летательных аппаратов при ударе молнии

ЖУЛИКОВ С.С., ХРЕНОВ С.И., ТУРЧАНИНОВА Ю.С., КОПАЕВ Г.В, ГОЛУБЕВ Д.В.

При поражении самолета молнией в результате протекания тока по внешней поверхности топливных баков может возникнуть внутреннее искрение, обусловленное образованием большой разности потенциалов между отдельными ее элементами. При определенных условиях искровые разряды могут стать источником воспламенения паров топлива.

Фрагменты топливных систем самолетов испытываются на прямое воздействие молнии в соответствии с требованиями нормативных документов, при этом минимальная энергия зажигания смеси паров авиационного топлива с воздухом принимается равной 200 мкДж.

При испытаниях фрагментов топливных систем на искрение при прямом ударе молнии возникают проблемы, связанные с применением метода фотографирования, а также обеспечением параметров нормированного импульса тока молнии для образцов больших размеров. При увеличении длины заземляющих токопроводов их индуктивность увеличивается пропорционально длине, что приводит к уменьшению амплитуды испытательного тока. В статье приводятся способы решения данных проблем с применением современных цифровых технологий.

Ключевые слова: топливная система самолета, прямой удар молнии, внутреннее искрение, минимальная энергия зажигания, метод фотографирования, заземляющий токопровод.

When an aircraft is struck by lightning, as a result of current flowing through the outer surface of the fuel tanks, internal sparking may occur due to the formation of a large potential difference between its individual elements. Under certain conditions, spark discharges can become a source of ignition of fuel vapor. Fragments of aircraft fuel systems are tested for direct lightning exposure in accordance with the requirements of regulatory documents, while the minimum ignition energy of a mixture of aviation fuel vapors with air is assumed to be 200 MCJ. When testing fragments of fuel systems for sparking with direct lightning, problems arise related to the use of the photographing method, as well as providing the parameters of the normalized lightning current pulse for large samples. As the length of the grounding conductors increases, their inductance increases in proportion to the length, which leads to a decrease in the amplitude of the test current. The article provides ways to solve these problems using modern digital

technologies.

Key words: aircraft fuel system, direct lightning strike, internal sparking, minimum ignition energy, photographic method, grounding conductor.

Электротехника, 2022, №8, стр. 12-17

Физическое моделирование воздействия разрядных явлений из искусственной грозовой ячейки на элементы систем мониторинга энергетических объектов

БЕЛОВА О.С., ТЕМНИКОВ А.Г., ЧЕРНЕНСКИЙ Л.Л., ОРЛОВ А.В., ЛЫСОВ Н.Ю.

Представлены результаты физического моделирования воздействия разрядных явлений из искусственной грозовой ячейки, формируемых с участием конструктивных элементов из диэлектрических и композитных материалов, на элементы систем управления и мониторинга энергетических объектов. Показано, что с увеличением радиуса кривизны вершины модельного иницирующего электрода, контактирующего с поверхностью изоляционной конструкции, амплитуда и крутизна импульса тока стримерной короны, а также амплитуда сигнала, наводимого на плоской антенне, в среднем возрастает в полтора-два раза, нейтрализуемый заряд облака снижается. Во время лидерной и главной стадий разряда выявлено снижение амплитуды тока и величины протекшего заряда с увеличением радиуса кривизны вершины модельного электрода. Найдены зависимости между максимальным значением сигнала, наводимого на антенне, и амплитудой тока разных стадий разряда. С увеличением крутизны импульса тока стримерной и главной стадий разряда между модельным электродом с большим радиусом кривизны и искусственной грозовой ячейкой, амплитуда сигнала, наводимого на антенне, увеличивается.

Ключевые слова: мониторинг энергетических объектов, искусственная грозовая ячейка, диэлектрические и композитные материалы, разрядные явления.

The results of physical modeling of the impact of discharge phenomena from an artificial lightning cell formed with the participation of structural elements made of dielectric and composite materials on the elements of control and monitoring systems of energy facilities are presented. It is shown that with an increase in the radius of curvature of the vertex of the model initiating electrode in contact with the surface of the insulating structure, the amplitude and steepness of the current pulse of the streamer corona, as well as the amplitude of the signal

induced on a flat antenna, on average increases by one and a half to two times, the neutralized charge of the cloud decreases. During the lead and main stages of the discharge, a decrease in the amplitude of the current and the magnitude of the leaked charge was revealed with an increase in the radius of curvature of the vertex of the model electrode. The dependences between the maximum value of the signal induced on the antenna and the amplitude of the current of different stages of discharge are found. With an increase in the steepness of the current pulse of the streamer and main stages of the discharge between a model electrode with a large radius of curvature and an artificial lightning cell, the amplitude of the signal induced on the antenna increases.

Keywords: monitoring of energy facilities, artificial lightning cell, dielectric and composite materials, discharge phenomena.

Электротехника, 2022, №8, стр. 17-21

Спектральные характеристики сигналов, индуцируемых на элементах систем мониторинга энергетических объектов разрядами из искусственной грозовой ячейки
БЕЛОВА О.С., ТЕМНИКОВ А.Г., ЧЕРНЕНСКИЙ Л.Л., КИВШАР Т.К., КОВАЛЕВ Д.И.

Представлены результаты спектрального анализа электромагнитных сигналов, индуцируемых на модельной антенне разрядами из искусственной грозовой ячейки с участием конструктивных элементов из диэлектрических и композитных материалов. Спектральный анализ выполнен на основе базисного вейвлета «Мексиканская шляпа». Исследовано влияние радиуса кривизны вершины иницирующего модельного электрода, контактирующего с поверхностью диэлектрической конструкции, на спектральных состав индуцируемых сигналов. В спектральном составе тока разряда при формировании стримерной короны при большем радиусе кривизны вершины наблюдались в несколько раз большие значения характерных частот. В спектре сигнала, наводимого на антенне, есть более высокие значения характерных частот, чем в спектре тока разряда. Характерные частоты сигнала, регистрируемого антенной, при формировании в электрическом поле искусственной грозовой ячейки стримерной короны и восходящего лидера с иницирующего электрода с малым радиусом кривизны, находящегося в контакте с поверхностью изолятора, были на 20% выше, чем в случае, когда разряд развивался от электрода с большим радиусом кривизны. При формировании главной стадии разряда, средние значения максимальных частот сигнала, наведенного на антенне,

имели близкие значения. Выявлена тенденция к снижению частоты, соответствующей максимальной интенсивности вейвлетного спектра сигнала, с ростом крутизны импульса тока стримерной короны. При анализе возможного воздействия атмосферного электричества и молнии на элементы систем мониторинга и управления энергообъектами необходимо учитывать присутствие в спектре электромагнитного излучения разрядов, развивающихся с конструктивных элементов вблизи поверхности из композитных/диэлектрических материалов, частот до 70-80 МГц.

Ключевые слова: искусственная грозовая ячейка, диэлектрические и композитные материалы, система мониторинга, разрядные явления, электромагнитный сигнал, спектральный состав, вейвлетный анализ.

The results of spectral analysis of electromagnetic signals induced on a model antenna by discharges from an artificial lightning cell with the participation of structural elements made of dielectric and composite materials are presented. The spectral analysis was performed on the basis of the basic wavelet "Mexican Hat". The influence of the radius of curvature of the vertex of the initiating model electrode in contact with the surface of the dielectric structure on the spectral composition of the induced signals is investigated. In the spectral composition of the discharge current during the formation of a streamer corona with a larger radius of curvature of the vertex, several times higher values of characteristic frequencies were observed. In the spectrum of the signal induced on the antenna, there are higher values of characteristic frequencies than in the spectrum of the discharge current. The characteristic frequencies of the signal recorded by the antenna during the formation of an artificial lightning cell in the electric field of the streamer corona and the ascending leader from the initiating electrode with a small radius of curvature in contact with the insulator surface were 20% higher than in the case when the discharge developed from an electrode with a large radius of curvature. During the formation of the main stage of the discharge, the average values of the maximum frequencies of the signal induced on the antenna had similar values. A tendency to decrease the frequency corresponding to the maximum intensity of the wavelet spectrum of the signal with an increase in the steepness of the streamer corona current pulse is revealed. When analyzing the possible effects of atmospheric electricity and lightning on elements of monitoring and control systems of power facilities, it is necessary to take into account the presence in the electromagnetic radiation spectrum of discharges developing from structural elements near the surface of composite/dielectric materials, frequencies up to 70-80 MHz.

Keywords: artificial lightning cell, dielectric and composite materials, monitoring system, discharge phenomena, electromagnetic signal, spectral composition, wavelet analysis.

Электротехника, 2022, №8, стр. 22-30

Токопроводы с литой изоляцией на номинальное напряжение 35-110кВ и выше

ВАРИВодов В.Н., КОВАЛЕВ Д.И., ГОЛУБЕВ Д.В., ВОРОНКОВА Е.М., КОПАЕВ Г.В.

Рассмотрены особенности конструкции высоковольтных токопроводов, а также их изоляционных систем. Показано, что основной литой изоляцией высоковольтных токопроводов в настоящее время являются эпоксидные компаунды, в том числе в композиции с другими материалами. Определены основные преимущества литой изоляции высоковольтных токопроводов, перед другими видами изоляции. Установлены основные направления развития изоляционных систем токопроводов. Обоснованы ключевые факторы обеспечения электрической прочности рассматриваемых изоляционных систем.

Ключевые слова: токопровод, литая полимерная изоляция, градирование, коаксиальная конструкция, электрическая прочность.

The design features of high-voltage current pipelines, as well as their insulation systems, are considered. It is shown that the main cast insulation of high-voltage current pipelines is currently epoxy compounds, including in composition with other materials. The main advantages of cast insulation of high-voltage current pipelines over other types of insulation are determined. The main directions of development of insulating systems of current pipelines are established. The key factors of ensuring the electrical strength of the considered insulation systems are substantiated.

Key words: conductor, cast polymer insulation, rated voltage, graduation, coaxial design, dielectric strength.

Электротехника, 2022, №8, стр. 31-35

Влияние силлилмочевин на свойства электроизоляционных заливочных композиций

ИВАНОВА К.Ю., КУЗЬМИН М.В., СЕМЕНОВ В.Л.

Рассмотрены возможности улучшения диэлектрических и технологических свойств эпоксиангидридных заливочных композиций для электротехнической промышленности с

выявлением оптимальных соотношений компонентов смеси. Установлено, что введение силлилмочевин улучшает диэлектрические и эксплуатационные характеристики модифицированных компаундов. Экспериментально изучена возможность применения эпоксиангидридного компаунда в качестве состава изоляции для сухих трансформаторов. Проведены исследования адгезии модифицированного эпоксиангидридного компаунда к различным металлам.

Ключевые слова: электроизоляционные композиции, диэлектрические свойства, эпоксиангидридные компаунды, силлилмочевины, адгезия.

The possibilities of improving the dielectric and technological properties of epoxy anhydride filling compositions for the electrical industry with the identification of optimal ratios of the components of the mixture are considered. It was found that the introduction of silylurea improves the dielectric and operational characteristics of modified compounds. The possibility of using an epoxy anhydride compound as an insulation composition for dry transformers has been experimentally studied. The adhesion of the modified epoxyanhydride compound to various metals has been studied.

Key words: electrical insulating compositions, dielectric properties, epoxy anhydride compounds, silylureas, adhesion.

Электротехника, 2022, №8, стр. 36-40

К анализу усилий в электродинамическом компенсаторе для сильноточных контактных устройств

ЗАЙЦЕВ Ю.М., НИКОЛАЕВ Н.Н., РУССОВА Н.В., СТЕПАНОВ Т.В.

Компенсаторы электродинамических усилий отталкивания замкнутых электрических контактов призваны повышать устойчивость работы коммутационных электрических аппаратов при протекании токов короткого замыкания. Возможности повышения эффективности электродинамических компенсаторов (однопетлевых и двухпетлевых) в их традиционном исполнении весьма ограничены. В рассматриваемом электродинамическом компенсаторе для сильноточных контактов свободный конец входящего в конструкцию компенсатора малоподвижного контакта с контактными накладками загнут на 180 градусов в сторону оси вращения малоподвижного контакта. В результате этого плечо, на котором действует электродинамическое усилие отталкивания контактов, уменьшается,

момент отталкивания контактов также уменьшается, выполнение условия его полной компенсации облегчается. Приведены формулы для расчета дополнительного электродинамического усилия компенсатора и его коэффициента контура. Выполнены расчеты дополнительного электродинамического усилия компенсатора выключателя на номинальный ток 630 А с кратковременно выдерживаемым током 40 кА. При длине загнутой части малоподвижного контакта равной 25 % от общей длины токовой петли результирующее электродинамическое усилие компенсатора увеличивается на 4,69 %, момент, отталкивающий контакты, уменьшается на 25%.

Ключевые слова: сильноточные контактные устройства, малоподвижный контакт, электродинамическое усилие, электродинамический компенсатор, коэффициент контура электродинамических усилий.

Compensators of electrodynamic forces of repulsion of closed electrical contacts are designed to increase the stability of the operation of switching electrical devices during the flow of short-circuit currents. The possibilities of increasing the efficiency of electrodynamic compensators (single-loop and double-loop) in their traditional design are very limited. In the considered electro-dynamic compensator for high-current contacts, the free end of the sedentary contact included in the design of the compensator with contact pads is bent 180 degrees towards the axis of rotation of the sedentary contact. As a result of this, the shoulder on which the electrodynamic force of repulsion of the contacts acts decreases, the moment of repulsion of the contacts also decreases, the fulfillment of the condition of its full compensation is facilitated. Formulas for calculating the additional electrodynamic force of the compensator and its contour coefficient are given. Calculations of the additional electrodynamic force of the switch compensator for a rated current of 630 A with a short-term sustained current of 40 kA are performed. When the length of the bent part of the inactive contact is equal to 25% of the total length of the current loop, the resulting electrodynamic force of the compensator increases by 4.69%, the moment repelling the contacts decreases by 25%.

Key words: high-current contact devices, sedentary contact, electrodynamic force, electrodynamic compensator, contour coefficient of electrodynamic forces.

Структурный анализ электротехнических сигналов при рекуррентном использовании многослойного персептрона

АНДРЕЕВ О.Н., СЛАВУТСКИЙ А.Л., АЛЕКСЕЕВ В.В.

Структурный анализ сигналов является важной составной частью интеллектуальной энергетики. Он подразумевает адаптивный контроль уровня аperiodических, низкочастотных составляющих, уровня гармоник в сигналах для задач релейной защиты и автоматизации, определения места повреждения, мониторинга и диагностики электрических систем. Для обработки сигналов в реальном времени широко используется адаптивная фильтрация и все чаще применяются элементы искусственного интеллекта. В статье для обработки сигналов предлагаются искусственные нейронные сети (ИНС) прямого распространения (многослойный персептрон). Простейшие ИНС могут заменить нейросети с более сложной структурой (сверточные, рекуррентные), но в рамках последовательного рекуррентного алгоритма. Это дает возможность контролировать качество идентификации параметров и обработки сигналов на каждом этапе вычислений. Предлагаемый алгоритм проверен на примере обработки в скользящем временном окне сигнала с нелинейными искажениями при насыщении трансформатора тока. Показано, что амплитуда, частота и фаза сигнала промышленной частоты с высоким уровнем гармоник и аperiodической составляющей может быть выделена с точностью в единицы процентов за время, не превышающее единиц миллисекунд. Для повышения точности на каждом шаге вычислений могут, кроме ИНС, использоваться традиционные методы: усреднение, медианное сглаживание и т.д. Приведенные результаты демонстрируют возможность проведения структурного анализа сигналов в реальном времени.

Ключевые слова: обработка сигналов, структурный анализ, искусственные нейронные сети, нелинейные искажения, фильтрация в реальном времени.

Structural analysis of signals is an important component of smart energy systems. It implies adaptive control of the level of aperiodic, low-frequency components, the level of harmonics in signals for relay protection and automation tasks, determining the location of damage, monitoring and diagnostics of electrical systems. Adaptive filtering is widely used for real-time signal processing and artificial intelligence elements are increasingly being used. In this paper, artificial neural networks (ANN) of direct propagation (multilayer perceptron) are proposed for signal processing. The simplest ANN can replace neural networks with a more complex structure (convolutional, recurrent), but within the framework of a sequential recurrent algorithm. This

makes it possible to control the quality of parameters' identification and signal processing at each stage of calculations. The proposed algorithm is tested on the example of processing in a sliding time window of the signal with nonlinear distortions during saturation of the current transformer. It is shown that the amplitude, frequency and phase of an industrial frequency signal with a high level of harmonics and an aperiodic component can be isolated with an accuracy of units of percent for a time not exceeding units of milliseconds. To increase the accuracy at each step of the calculations, traditional methods can be used, in addition to the ANN: averaging, median smoothing, etc. These results demonstrate the possibility to conduct signals structural analysis in real time.

Key words: signal processing, structural analysis, artificial neural networks, nonlinear distortion, real-time filtering.

Электротехника, 2022, №8, стр. 45-50

Адаптивные методы обеспечения эффективности интеллектуального автоматического повторного включения ЛЭП сверхвысокого напряжения

ИВАНОВ Н.Г., ВОРОБЬЕВ Е.С., АНТОНОВ В.И., НАУМОВ В.А., СОЛДАТОВ А.В.

Эффективность снижения коммутационных перенапряжений при повторном включении протяженных ЛЭП сверхвысокого напряжения достигается интеллектуальным автоматическим повторным включением благодаря прецизионному управлению моментом включения выключателя. Требуемая точность интеллектуального автоматического повторного включения обеспечивается адаптивными алгоритмами управления, учитывающими ряд технологически важных особенностей процесса включения выключателя. Во-первых, момент замыкания электрической цепи, как правило, не совпадает с моментом замыкания контактов выключателя из-за электрического пробоя межконтактного промежутка при сближении контактов. Во-вторых, сам момент замыкания контактов отклоняется от расчетного из-за разброса времени действия привода выключателя. В-третьих, время действия контактной системы выключателя изменяется под влиянием условий окружающей среды и в процессе эксплуатации. В статье излагаются основы учета этих особенностей электромеханических характеристик высоковольтных выключателей в алгоритмах прецизионного управления. Показано, что эффективность интеллектуального автоматического повторного включения обеспечивают адаптивные алгоритмы управления, учитывающие влияние температуры окружающей

среды, запаса энергии в приводе, напряжения питания цепей управления, времени безоперационного простоя, эксплуатационного износа выключателя и динамику изменения электрической прочности межконтактного промежутка в цикле коммутации.

Ключевые слова: линия электропередачи, управляемая коммутация, коммутационные перенапряжения, электромеханические характеристики высоковольтных выключателей, динамика изменения электрической прочности межконтактного промежутка.

The intelligent auto-reclosing achieves an efficient mitigation of switching overvoltages during auto-reclosing cycle of ultra-high voltage power lines by means of precision control of a circuit breaker switching instant. An appropriate accuracy of control is provided by adaptive algorithms that take into account a number of technical specificity of a circuit breaker switching process.

Firstly, the instant of energizing of electrical circuit usually does not coincide with the instant of contacts touch due to gap breakdown during contacts convergence. Secondly, the contacts touch instant deviates from an estimated value due to the spread of operation time of circuit breaker drive. Thirdly, the operation time of circuit breaker contacts changes due to influence of environmental conditions and during operation. The article outlines the basics of circuit breaker precision control algorithms accounting breaker electromechanical characteristics. It is shown that the efficiency of intelligent auto-reclosing is provided by adaptive control algorithms that take into account the influence of ambient temperature, drive stored energy, supply voltage of control circuits, breaker idle time, operational wear and the dynamics of changes of the electrical strength of contacts gap during switching cycle.

Key words: power lines, controlled switching, switching overvoltages, electromechanical characteristics of high voltage circuit breakers, dynamics of change of dielectric strength.

Электротехника, 2022, №8, стр. 51-55

Термостойкие электроизоляционные лаковые составы на основе циануретанов для электротехнической промышленности

РОГОЖИНА Л.Г., М.В. КУЗЬМИН, СЕМЕНОВ В.Л., АЛЕКСАНДРОВ Р.И.

Исследованы диэлектрические и технологические свойства циануретановых лаковых составов на основе изоцианатсодержащих форполимеров и дициандиамида для электротехнической промышленности. Установлено, что введение дициандиамида улучшает диэлектрические, термические и эксплуатационные характеристики

модифицированных составов. Для циануретановых лаковых составов на основе изоцианатсодержащих форполимеров и дициандиамида проведены испытания физико-механических, физико-химических и диэлектрических свойств, а также адгезионной прочности к различным поверхностям.

Ключевые слова: лаковый состав, диэлектрические свойства, адгезионная прочность, циануретаны, дициандиамид, изоцианатсодержащий форполимер.

Dielectric and technological properties of cyanurethane lacquer compositions based on isocyanate-containing prepolymers and dicyanediamide for electrical industry have been investigated. It has been found that the introduction of dicyanediamide improves the dielectric, thermal and performance characteristics of the modified compositions. For cyanurethane lacquer compositions based on isocyanate-containing prepolymers and dicyanediamide, physical-mechanical, physicochemical and dielectric properties as well as adhesion strength to various surfaces were tested.

Key words: lacquer composition, dielectric properties, adhesion strength, cyanurethanes, dicyanediamide, isocyanate-containing prepolymer.

Электротехника, 2022, №8, стр. 56-63

Релейная защита с превентивными функциями и непрерывной диагностикой для электродвигателей

БУЛЫЧЕВ А.В., ОХОТКИН Г.П.

Рассмотрена релейная защита электродвигателя, обладающая упреждающими функциями, позволяющая оперативно отключать электродвигатель, повреждение в котором неизбежно, но еще не произошло. Новая функция защиты позволит сохранить высокое качество электрической энергии в системе электроснабжения, не допустить разрушения электродвигателя и избежать незапланированных внезапных аварийных остановок технологических процессов. Представлены теоретические обоснования методов превентивного выявления повреждений электродвигателей. Приведены результаты испытаний защиты на физической модели поврежденного электродвигателя, которые подтвердили правомерность теоретических методов построения защиты, допущений и ограничений, принятых при разработке защиты.

Ключевые слова: релейная защита, превентивная защита, упреждающие функции, электродвигатель, механические повреждения, модель нагрева, контроль изоляции.

The relay protection of an electric motor with proactive functions is considered, which allows to quickly turn off the electric motor, damage in which is inevitable, but has not yet occurred. The new protection function will preserve the high quality of electrical energy in the power supply system, prevent the destruction of the electric motor and avoid unplanned sudden emergency stops of technological processes. Theoretical substantiations of methods of preventive detection of damage to electric motors are presented. The results of protection tests on a physical model of a damaged electric motor are presented, which confirmed the validity of theoretical methods for constructing protection, assumptions and restrictions adopted during the development of protection.

Key words: relay protection, preventive protection, proactive functions, electric motor, mechanical damage, heating model, insulation control.

Электротехника, 2022, №7, стр. 58-59

Авторы номера

Электротехника, 2022, №7, стр. 66-67

Георгий Маркович Мустафа

(К 80-летию со дня рождения)