

2-28-2020

CONTROLLING AND FORECASTING THE RELIABILITY OF INTEGRATED CIRCUITS OF RADIO SYSTEMS TRANSMITTING INFORMATION


Abdulaziz M. Nazarov Prof

Tashkent State Technical University, Uzbekistan, nazarov_58@rambler.ru

Dilmurod A. Davronbekov Prof.

Tashkent University of Information Technologies Named after Muhammad Al-Khwarizmi, Uzbekistan, d.davronbekov@gmail.com

Follow this and additional works at: <https://uzjournals.edu.uz/ijctcm>

 Part of the [Complex Fluids Commons](#), [Controls and Control Theory Commons](#), [Industrial Technology Commons](#), and the [Process Control and Systems Commons](#)

Recommended Citation

Nazarov, Abdulaziz M. Prof and Davronbekov, Dilmurod A. Prof. (2020) "CONTROLLING AND FORECASTING THE RELIABILITY OF INTEGRATED CIRCUITS OF RADIO SYSTEMS TRANSMITTING INFORMATION," *Chemical Technology, Control and Management*. Vol. 2020 : Iss. 1 , Article 3. Available at: <https://uzjournals.edu.uz/ijctcm/vol2020/iss1/3>

This Article is brought to you for free and open access by 2030 Uzbekistan Research Online. It has been accepted for inclusion in Chemical Technology, Control and Management by an authorized editor of 2030 Uzbekistan Research Online. For more information, please contact sh.erkinov@edu.uz.



UDC 621.396

**CONTROLLING AND FORECASTING THE RELIABILITY OF INTEGRATED CIRCUITS
OF RADIO SYSTEMS TRANSMITTING INFORMATION**
Nazarov Abdulaziz Muminovich¹, Davronbekov Dilmurod Abduzhalilovich²
¹Tashkent State Technical University

Address: 2 Universitetskaya st., 100095, Tashkent city, Republic of Uzbekistan

E-mail: nazarov_58@rambler.ru, Phone: +998 97 40920209;²Tashkent University of Information Technology

Address: 108 Amir Temur st., 100000, Tashkent city, Republic of Uzbekistan

E-mail: d.davronbekov@tuit.uz, Phone: +998 99 868 3806.

Abstract: The issues of forecasting the reliability of integrated circuits, which are the main element base of modern radio engineering information transmission systems, are considered. Methods of parametric and functional control are described to determine the correspondence of the static and dynamic parameters of microcircuits to the required values. A combined method for determining the operating parameters of microcircuits is also described. The advantage of this method in addition to the two above methods is indicated that it combines the function of controlling the operation of the entire control system. Two approaches for predicting reliability are given, as well as mathematical relationships for calculating the failure rate of integrated circuits. Which assume the identity of the manufacturing operations of the test and predicted chips, and are based on the fact that the reliability of the chips depends on the size of the chip topology, control mode, temperature, and other operating conditions.

Keywords: integrated circuit, reliability, integration level, recovery probability, recovery intensity, parametric control, functional control.

Аннотация: Замонавий ахборот узатиши радиотехник системаларининг асосий элемент базаси бўлган интеграл микросхемалари пухталигини башиорат қилиши масалалари кўриб чиқилган. Микросхемаларнинг статистик ва динамик параметрларини белгиланган қийматларга мос келишини аниқлаш учун параметрик ва функционал усуллар баён қилинган. Шунингдек, микросхемаларни ишчи параметрларини аниқлаб берадиган омехта усул келтирилган. Ушбу усулни юқорида келтирилган икки усулга қўшимча тарзда бутун назорат системаси ишини бошқариши функциясини ўзида мужассам қилиши белгиланган. Микросхемалар пухталигини башиорат қилишига икки ёндашув, шунингдек интеграл микросхемаларни ишдан чиқши интенсивлигини ҳисоблаш учун математик ифодалар келтирилган. Уларда тест ва башиорат қилинаётган микросхемаларни ишлаб чиқши операцияларини мос келиши, шунингдек микросхемалар пухталиги уларнинг топология ўлчамларига, назорат режими, хароратга ва бошқа эксплуатация шароитларига боғлиқлигига асосланиши ҳисобга олинади.

Калим сўзлар: интеграл микросхема, пухталиқ, интеграция даражаси, қайта тикланиши эҳтимоли, қайта тикланиши интенсивлиги, параметрик назорат, функционал назорат.

Аннотация: Рассмотрены вопросы прогнозирования надежности интегральных микросхем, которые являются основной элементной базой современных радиотехнических систем передачи информации. Описаны способы параметрического и функционального контроля для определения соответствия статических и динамических параметров микросхем требуемым значениям. Описан комбинированный метод определения рабочих параметров микросхем. Обозначено преимущество данного метода, в дополнении к двум вышеприведенным способам, совмещающего в себе функцию управления работой всей системы контроля. Приведены два подхода при прогнозировании надежности, а также математические соотношения для расчета интенсивности отказов интегральных микросхем, в которых предполагается идентичность операций изготовления тестовой и прогнозируемой микросхем. Обоснована зависимость надёжности микросхем от размеров топологии микросхемы, режима контроля, температуры, а также других условий эксплуатации.

Ключевые слова: интегральная микросхема, надежность, уровень интеграции, вероятность восстановления, интенсивность восстановления, параметрический контроль, функциональный контроль.

Введение

Современное развитие микроэлектроники привело к тому, что интегральные микросхемы (ИМС) стали являться той самой основной элементной базой, на основе которой разрабатываются радиотехнические устройства и системы (РТС). Современная ИМС представляет собой совокупность электрически связанных элементов (резисторов, диодов, транзисторов и др.), которые изготовлены в едином технологическом цикле на единой полупроводниковой основе и выполняет определенные функции обработки или преобразования информации [1, 2].

Сложность интегральных микросхем (или уровень интеграции) определяется количеством элементов, входящих в состав ИМС. По уровню интеграции ИМС делятся на несколько категорий: интегральные схемы с малой степенью интеграции, со средней степенью интеграции, большие и сверхбольшие интегральные схемы (БИС и СБИС) [1, 2, 3].

Степень интеграции описывается соотношением [1, 2]:

$$K_{int} = \lg N, \quad (1)$$

где N – количество элементов на кристалле (как правило, это количество транзисторов).

У ИМС малой степени интеграции $K_{int} < 2$ ($N < 100$), средней степени интеграции $2 < K_{int} < 4$ ($100 < N < 10^4$), у БИС $4 < K_{int} < 5$ ($10^4 < N < 10^6$), у СБИС $K_{int} > 6$ ($N > 10^6$) [1, 2, 3].

В настоящее время в РТС всё большее применение находят ИМС высокого уровня интеграции (БИС и СБИС). Расширение области применения ИМС, переход на цифровую обработку информации, увеличение сложности и функциональных возможностей ИМС приводит к росту требований к ним по надежности. Надежную работу РТС при воздействии различных факторов (климатических, механических и т.д.) можно обеспечить только обеспечением высокого уровня надежности ИМС.

Особенностью современных цифровых ИМС является то, что они, как правило, являются невосстанавливаемыми. Поэтому к ИМС не применимы показатели надежности восстанавливаемых систем - вероятность восстановления, интенсивность восстановления, среднее время восстановления и связанные с ними комплексные показатели надежности - коэффициент готовности, коэффициент использования и коэффициент оперативного использования [4,5].

Интегральные микросхемы (БИС и СБИС), применяемые в современных РТС, характеризуются большим количеством различных параметров и критериев качества [1, 2]. Увеличение номенклатуры производимых ИМС, расширение области их применения, развитие и совершенствование технологий их производства приводит к необходимости разработки новых методов и технических средств контроля ИМС, которые позволяют достоверно определять показатели качества ИМС [5].

Интегральные микросхемы характеризуются статическими и динамическими параметрами. К статическим параметрам относятся: входные и выходные токи и напряжения, напряжения статических помех, пороговые напряжения, потребляемые токи ИМС в состояниях логических «0» и «1».

Динамические параметры включают в себя временные соотношения между входными и выходными сигналами.

Методы исследования и полученные результаты

Для определения соответствия статических и динамических параметров требуемым значениям применяется так называемый параметрический контроль. Параметрический контроль ИМС производится на основе регламентированных методик, по которым определяется соответствие полученных значений техническим условиям, применительно к конкретной ИМС [5, 6].

Для контроля работоспособности ИМС также находят широкое применение функциональный контроль. При функциональном контроле используются следующие компоненты (рис.1): ГЭВВС – генератор эталонных входных и выходных сигналов; БПТИМС – блок подключения тестируемой ИМС; УСПР – устройство сравнения и принятия решений; ЭВхС, ЭВыхС – эталонные входные и выходные сигналы ГЭВВС; ВыхС – выходные сигналы с выхода тестируемой ИМС

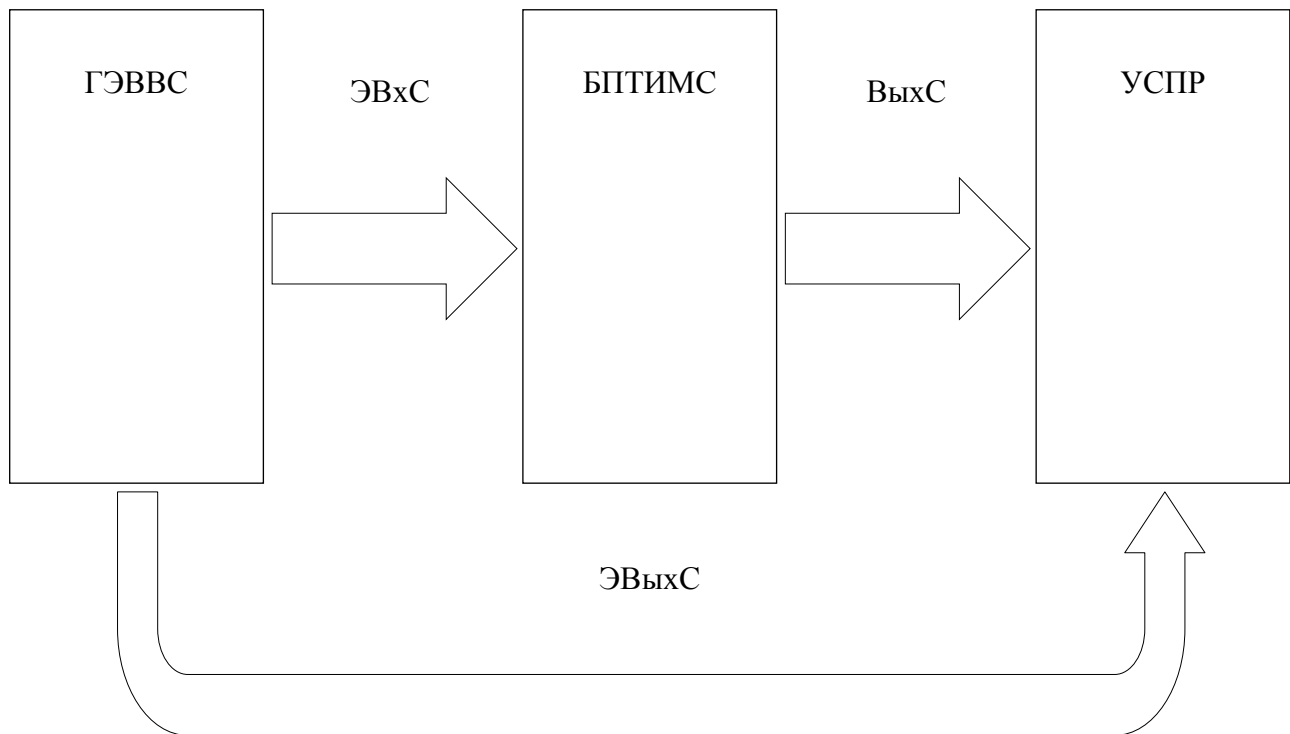


Рис.1. Обобщенная схема функционального контроля.

При функциональном контроле на вход ИМС подается определённый набор входных сигналов и на её выходе формируются выходные сигналы. Далее происходит сравнение выходных сигналов ИМС с эталонными выходными сигналами и в результате принимается решение о работоспособности микросхемы.

Наиболее эффективным является функционально-параметрический контроль, который обеспечивает одновременно измерение и контроль статических и динамических параметров, а также контроль функционирования ИМС [3].

На рис.2. приведена схема метода совмещенного контроля статических и динамических параметров ИМС [3, 7]. В данном методе устройство программного управления совмещает в себе функцию управления работой всей системы контроля, в том числе, прием, хранение команд программы контроля и данных контроля, производит распределение информации по всем блокам и узлам системы.

На рис.2 блоки входных воздействий БВВст и БВВд формируют входные сигналы для определения статических и динамических параметров контролируемой ИМС. В блоках контроля и измерения БКИст и БКИд выполняется сравнение сигнала с выхода контролируемой ИМС и измерение его значения. Коммутирующие матрицы КМст и КМд осуществляют электрическую коммутацию блоков БВВ и БКИ. Рабочий мост РМ производит контактирование и согласование уровней тестируемой ИМС [8].

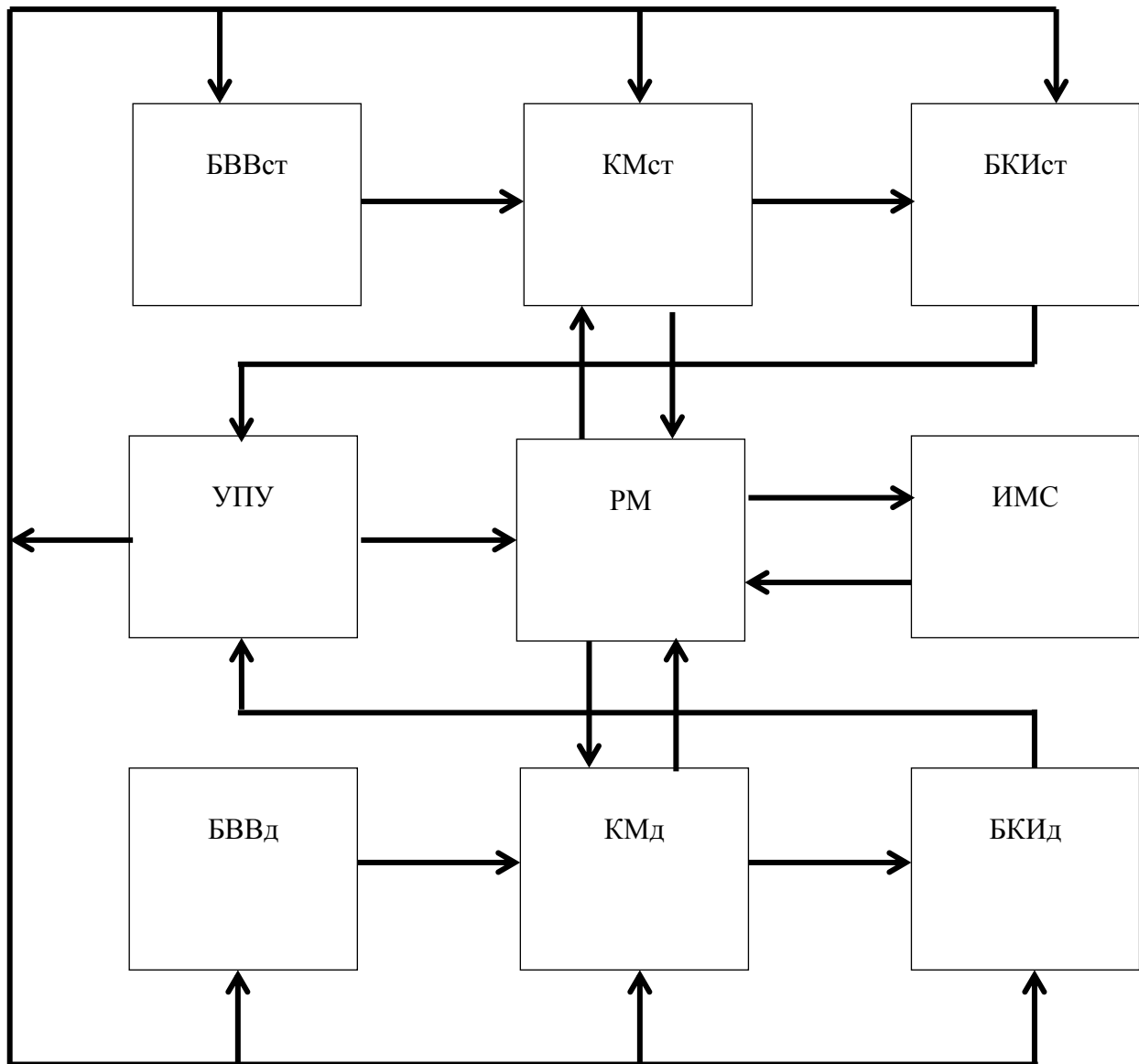


Рис.2. Совмещенный контроль статических и динамических параметров ИМС.

Количественные показатели надежности любой цифровой ИМС определяются схемотехническими, конструктивно-топологическими и технологическими решениями [4, 9, 10].

Анализ литературных источников показал, что для расчета надежности ИМС в основном применяются два метода [4, 9, 5, 7]:

1) статистический метод, который основан на анализе статистики по отказам ИМС и применении традиционных методов статистической теории надежности;

2) физический или причинно-следственный метод, который основан на изучении физики и механизмов отказов ИМС, взаимосвязи физических явлений в ИМС с их надежностью.

При статистическом методе ИМС рассматривается как функциональный узел, состоящий из разнородных дискретных элементов, т.е. представляет собой совокупность дискретных элементов и компонентов. Предполагается, что интенсивность отказов элементов и компонентов подчиняется экспоненциальному закону. При таком допущении интенсивность отказов ИМС можно определить суммированием интенсивностей отказов её элементов.

Так, в случае, когда ИМС имеет m типов элементов, элементы каждого типа равнонадежны и их отказы происходят одновременно, то общая интенсивность отказов ИМС [4, 9, 6]:

$$\lambda_{\Sigma} = \sum_{j=1}^m \lambda_j, \quad (2)$$

где m – число типов элементов; λ_j – интенсивность отказов элементов j -го типа.

В случае, когда в микросхеме отказы элементов полностью коррелированные и полностью некоррелированные (например, паяные и сварные соединения и т.д.), интенсивность отказов ИМС определяется [4, 9, 10]:

$$\lambda_{\Sigma}(t) = \sum_{j=1}^{m_k} K_{l_k} \lambda_{j_k}(t) + \sum_{j=1}^{m_{\text{э}}} \lambda_{j_{\text{э}}}(t), \quad (3)$$

где $m_k, m_{\text{э}}$ – число типов компонентов (паяные и сварные соединения и т.д.) и элементов; K_{l_k} – число компонентов l -го типа; $\lambda_{j_k}(t), \lambda_{j_{\text{э}}}(t)$ – интенсивность отказов компонентов l -го типа и элементов j -го типа.

Необходимо отметить, что, так как имеются разбросы в значениях интенсивности отказов компонентов и элементов, применение статистического метода расчета надежности не позволяют получить достаточную точность расчета надежности, поэтому данный метод находит ограниченное применение для предварительной, ориентировочного расчета надежности.

Наиболее полно конструктивно-технологические особенности ИМС отражаются при применении физических (причинно-следственных) методов, которые основаны на анализе физических процессов в ИМС и причин отказов ИМС.

Проведенный анализ [4, 9, 5] по причинам отказов в ИМС выявил, что надежность микросхем определяется надежностью внешних соединений, в том числе выводов на корпусе микросхемы, внутренних контактных соединений, площади кристалла ИМС, корпуса микросхемы.

Тогда, в случае экспоненциального закона надежности, когда интенсивность отказов компонентов ИМС постоянна, интенсивность отказов всей ИМС можно представить в виде соотношения [10]:

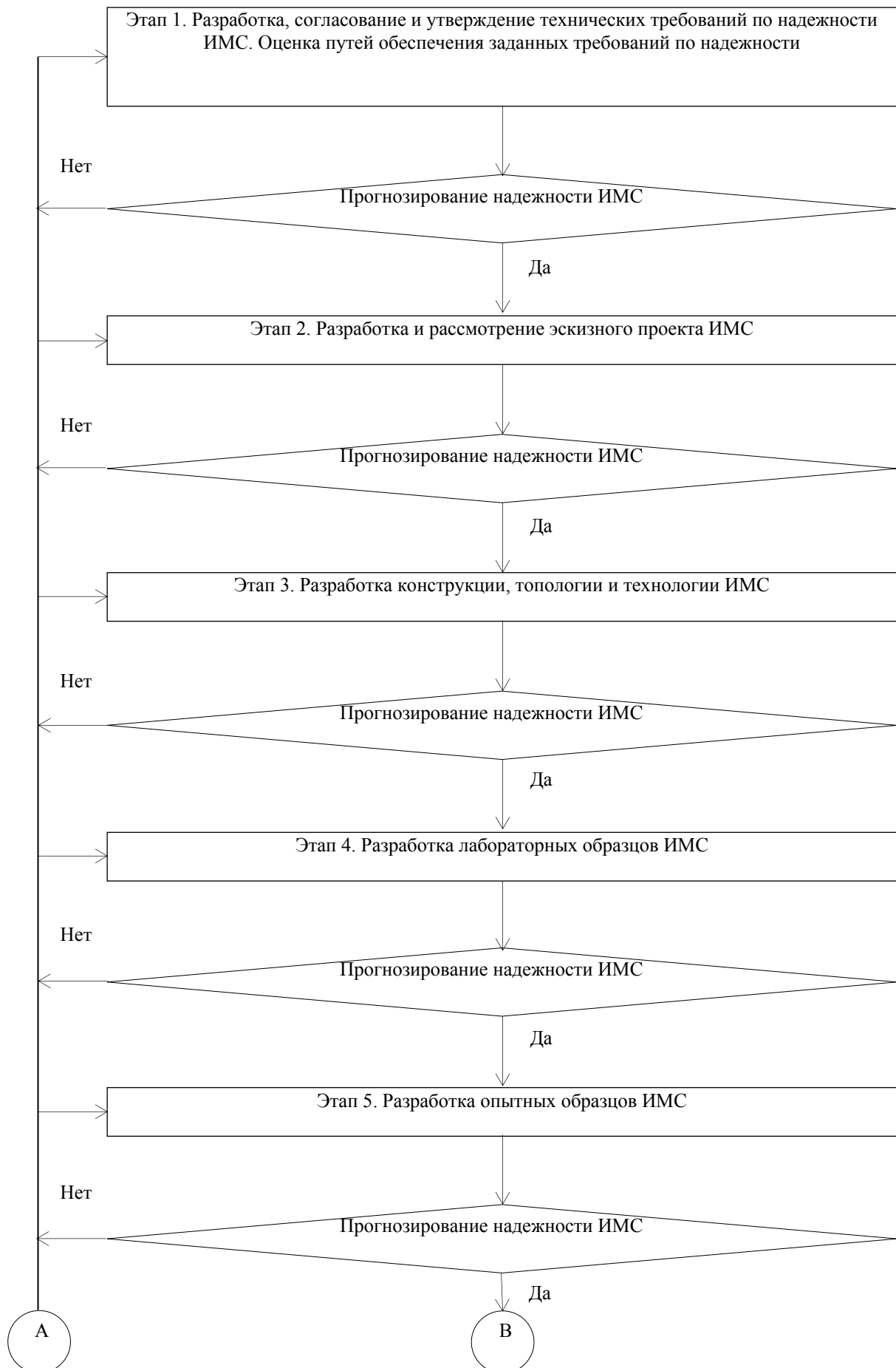
$$\lambda_{\text{ИМС}} = \lambda_{\text{BC}} + \lambda_{\text{KC}} + \lambda_{\text{П}} + \lambda_{\text{К}} \quad (4)$$

Где λ_{BC} – интенсивность отказов внешних соединений; λ_{KC} – интенсивность отказов внутренних контактных соединений; $\lambda_{\text{П}}$ – интенсивность кристалла микросхемы; $\lambda_{\text{К}}$ – интенсивность отказов корпуса ИМС.

Физический метод находит широкое применение для расчета надежности ИМС с учетом качества производства и условий эксплуатации, а также прогнозирования надежности ИМС.

Прогнозирование надежности является неотъемлемой частью процесса по обеспечению надежности ИМС на всех этапах её жизненного цикла. В связи с этим необходимо проводить прогнозирование надежности ИМС на всех этапах (рис.3) [9].

При прогнозировании надежности ИМС наибольшее применение нашли два подхода. При первом предполагается идентичность основных технологических операций изготовления тестовой и прогнозируемой ИМС, а их надежность отличается только числом компонентов ненадежности [4, 9].



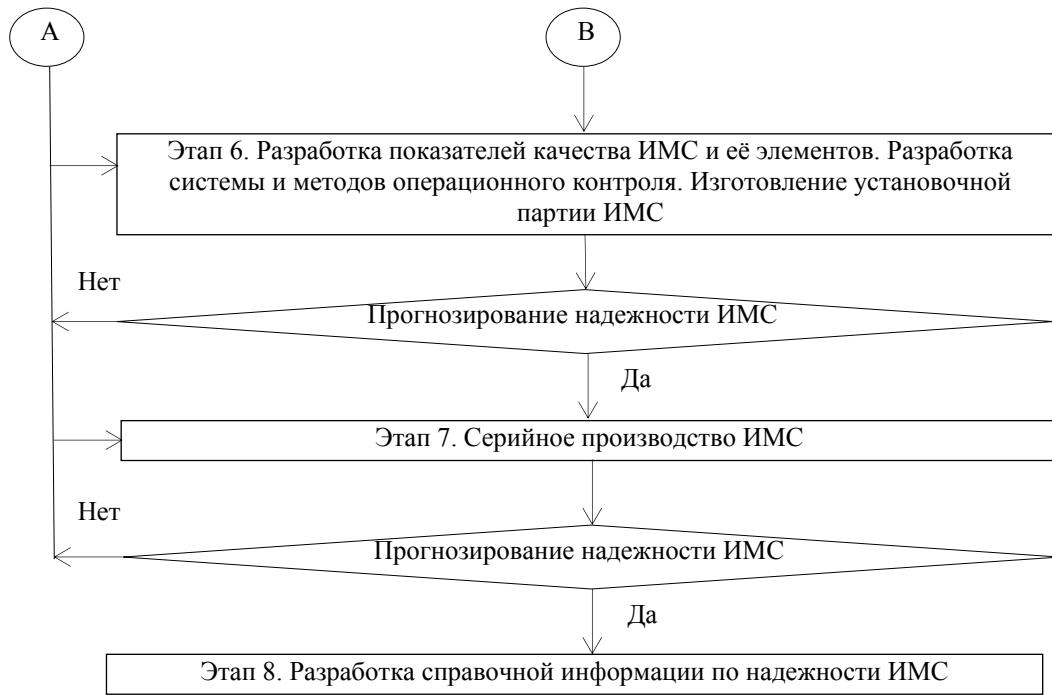


Рис.3. Алгоритм прогнозирования надежности ИМС при разработке.

На основании (4) для первого подхода с учетом указанных условий интенсивность отказов тестовой ИМС [4, 10]:

$$\lambda_{T.ИМС} = \lambda_{BCI} N_{BCO} / \lambda_{KCI} N_{KCO} / \lambda_{KI} N_{KO} / \lambda_{PI} S_{PO}, \quad (5)$$

где N_{BCO} – количество внешних соединений тестируемой ИМС; N_{KCO} – количество внутренних соединений; N_{KO} – усредненное число корпусов на один кристалл; S_{PO} – средняя активная площадь кристалла; λ_{BCI} – интенсивность отказов внешних соединений, приведенная к одному внешнему соединению; λ_{KCI} – интенсивность отказов внутренних соединений, приведенная к одному внутреннему соединению; λ_{KI} – интенсивность отказов корпуса, приведенная к одному корпусу ИМС; λ_{PI} – интенсивность отказов кристалла, приведенная к единице поверхности кристалла.

Необходимо учесть, что при совместном использовании корпусных и бескорпусных ИМС, как правило, $N_{KO} < 1$, а при использовании корпусных ИМС $N_{KO} = 1$ [4].

При втором подходе прогнозирования надежности ИМС основываются на том, что надежность ИМС зависит от геометрических размеров топологии ИМС, режима контроля, температуры, а также других условий эксплуатации. В данном случае интенсивность отказов ИМС для прогнозирования её надежности, для ИМС на основе МДП-технологии, определяется следующим образом [4, 10]:

$$\lambda_{ИМС} = (\lambda_{OK} S_{MET} + \lambda_{Kp.Kp} \alpha_{ЭЦ}) \alpha_T \alpha_{II} + (\lambda_B N_B + \lambda_{MET} S_{MET}) \alpha_{ЭЦ} \alpha_T \alpha_{II} + \lambda_{ДИФ} N_{ДИФ} + \lambda_{Kp} \alpha_{ЭЦ} \chi + \lambda_{ПДФ} S_{Kp} + \lambda_{СТР} S_{Kp} \alpha_{II}, \quad (6)$$

где λ_{OK} – интенсивность отказов ИМС, обусловленная дефектом оксидного слоя под металлизацией; $\lambda_{Kp.Kp}$ – интенсивность отказов ИМС, обусловленная некачественным креплением кристалла к корпусу; λ_B – интенсивность отказов ИМС, обусловленная отказами сварных соединений проводов с контактными площадками; λ_{MET} – интенсивность отказов

ИМС, обусловленная дефектами металлизации; $\lambda_{\text{ДИФ}}$ – интенсивность отказов ИМС, обусловленная дефектами процесса диффузии; $\lambda_{\text{КР}}$ – интенсивность отказов ИМС, обусловленная посторонними включениями внутри корпуса; $\lambda_{\text{ПДФ}}$ – интенсивность отказов ИМС, обусловленная поверхностными дефектами; $\lambda_{\text{СТР}}$ – интенсивность отказов ИМС, обусловленная структурными дефектами и включениями в кристалл; $S_{\text{МЕТ}}$ – площадь металлизации; $S_{\text{КР}}$ – площадь кристалла; N_B – число сварных соединений; $N_{\text{ДИФ}}$ – число ступеней диффузии; χ – отношение фактической площади активных элементов и металлизации к числу 0,645; α_H – коэффициент, учитывающий жесткость приемо-сдаточных испытаний ИМС; α_T – коэффициент, учитывающий температурный режим эксплуатации микросхемы; $\alpha_{\text{ЭЦ}}$ – коэффициент, учитывающий прочие условия эксплуатации.

Заклучение

Для контроля и прогнозирования работы интегральных микросхем различного функционального назначения, применяемых в современных радиосистемах передачи и приема информации, характеризующихся большим количеством различных параметров и критериев качества, применяются методы параметрического и функционального контроля, позволяющие определить соответствие статических и динамических параметров микросхем требуемым эксплуатационным значениям. Эффективным методом здесь также является совмещенный функционально-параметрический контроль, обеспечивающий одновременно измерение и контроль параметров, а также контроль общего функционирования микросхемы в разных режимах использования. Предлагаемые для прогнозирования надежности микросхемы два основных подхода отличаются учетом предположения идентичности технологических операций изготовления тестовой и прогнозируемой микросхемы и учетом влияния на надежность микросхемы её топологических размеров, а также и режимов климатических условий.

References:

1. Gaytan V.V. Integral'ny'e mikroshemy'. Strukturny'e resheniya, parametry', nomenklatura: Ucheb.posobie. - Ul'yanovsk: UIGTU, 2006. - 109 s.
2. Ugryumov E. P. Cifrovaya shemotekhnika: ucheb. posobie dlya vuzov. - 3-e izd., pererab. i dop. - SPb.: BHV-Peterburg, 2010. - 816 s.
3. Davronbekov D.A. Metody' ocenki nadejnosti cifrovyy'h e`lementov radiotekhnicheskikh sistem: monografiya. - T.: TATU, 2017. - 168 s.
4. I.YA.Kozy'r'. Kachestvo i nadejnost' integral'ny'h shem. - M.: Vy'ssh. shk., 1987. - 144 s.
5. Davronbekov D.A., Tashmanov E.B. Metody' kontrolya rabotosposobnosti cifrovyy'h IMS RE`A//SHestaya Mejdunarodnaya nauchno-tehnicheskaya konferenciya studentov, aspirantov i molody'h specialistov gosudarstv uchastnikov RSS «Tehnika i tehnologii svyazi»: Trudy'.- Tashkent, 2008. - S.105-107.
6. Davronbekov D., Nurmuhamedov G., Burihodjaev O. Metodika rascheta intensivnosti otkazov cifrovyy'h integral'ny'h mikroshem // SHestaya Mejdunarodnaya nauchno-tehnicheskaya konferenciya studentov, aspirantov i molody'h specialistov gosudarstv uchastnikov RSS «Tehnika i tehnologii svyazi»: Trudy'.- Tashkent, 2008.- S.179-181.
7. Davronbekov D.A. Features Measurement Parameters and Control Functioning of Integrated Chips // 2016 International Conference on Information Science and Communications Technologies, ICISCT 2016.
8. Cifrovaya obrabotka signalov / A. Oppengeym, R. SHafer; per. s angl. S. A. Kuleshova pod red. A. B. Sergienko. - 2-e izd., ispr. – M.: Tehnosfera, 2009. - 856 s.
9. Keydjyan G.A. Prognozirovanie nadejnosti mikroelektronnoy apparatury' na osnove BIS. - M.: Radio i svyaz', 1987. - 152 s., il.
10. Davronbekov D.A. Osobennosti rascheta nadejnosti integral'ny'h mikroshem telekommunikacionnogo oborudovaniya//«Fan, ta`lim va ishlab chikarish integraciyasini ahborot kommunikaciya texnologiyalari asosida rivojlantirish istikbollari» Respublika ilmiy amaliy anjumani: Materiallar tu`plami.- Karshi, 2016. –С. 586-587 В.