

УДК 001.891.572

ОБЗОР МЕТОДОВ ФОРМАЛИЗАЦИИ ПРОЦЕДУР ПРОЕКТИРОВАНИЯ**Жвад Ахмед Хашим Халиль***ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф.Морозова»,
Воронеж, e-mail:lavlinsk@rambler.ru*

Проведён анализ современных систем автоматизации проектирования (САПР) с целью выявления их возможностей для проектирования электронной компонентной базы на примере МОП – транзисторов. Учитывались возможности формирования структур МОП – транзисторов, оценка материалов, используемых для технологий создания МОП – транзисторов, возможности оценки специфических параметров МОП – транзисторов. Для этого были разработаны модели в САПР Cadence, Microcap, SIMETRIX, Multisim, Tine, Proteus, CircuitMaker, Workbench и сформированы зависимости, определяемые каждым САПР в отдельности. Модели были созданы на основе эквивалентной схемы МОП – транзистора. Каждая модель имеет свои особенности применительно к конкретной системе автоматизированного проектирования. Зависимости являются результатами работы каждой модели в отдельности. В ходе проведённого анализа были выявлены недостатки существующих САПР и приведена сравнительная таблица по их возможностям. В данной таблице приведены виды анализа эквивалентной схемы МОП-транзистора.

Ключевые слова: метод, формализация процедур проектирования, системы автоматизированного проектирования (САПР), OrCAD Capture Cadence, MICROCAP, SIMETRIX, MULTISIM, Tine, Proteus, CircuitMaker, WORKBENCH

REVIEW OF THE METHODS TO FORMALIZATIONS OF THE DESIGNING PROCEDURES**Jwad Ahmed Hashim Khalil***Voronezh State University of forestry and technologies named after G.F. Morozov, Voronezh,
e-mail: lavlinsk@rambler.ru*

The organized analysis of the modern systems to automations of the designing (CAD) for the reason discovery of their possibilities for designing electronic component bases on example MOS – transistor (or MOSFET - metal-oxide-semiconductor field-effect transistor). They were taken into account possibility of the shaping the structures MOS - transistor, estimation material, used for technology of the creation MOS - transistor, possibility of the estimation specific parameter MOS - transistor. Models were designed for this in CAD Cadence, Microcap, SIMETRIX, Multisim, Tine, Proteus, CircuitMaker, Workbench and is formed to dependencies, defined each CAD separately. The Models were created on base of the equivalent scheme MOS - transistor. Each model has their own particularities with reference to concrete system computer aided design. The dependencies are a result of the work to each models separately. In the course of called on analysis were revealed defect existing CAD and is brought comparative table upon their possibility. In given table are brought types of the analysis of the equivalent scheme MOS - transistor.

Keywords: method, formalization of the design procedures, system computer aided design (CAD)

Основные задачи формализации процедур проектирования МОП – транзисторов для САПР заключаются в следующем [3-5]:

- снизить сложность 3D моделирования в САПР компонентов (модулей) в виде МОП - транзисторов с учётом воспроизведения физических и химических процессов на уровне кристаллических решёток материалов для его отдельных элементов;

- снизить сложность 3D моделирования в САПР компонентов (модулей) в виде МОП - транзисторов из-за многомерности решаемых задач, что требует разработку методов синтеза внутренних и внешних параметров;

- снизить сложность воспроизведения физических явлений в виде процессов, происходящих внутри отдельных элементов МОП - транзистора;

- снизить сложность выбора оптимальных средств 3D моделирования с целью сопоставимости с существующими САПР;

- снизить сложность решения задач синтеза параметров МОП – транзистора из-за различного уровня используемой в них топологии, различий применяемых при их изготовлении технологий, особенностей использования существующих и новых материалов их изготовления (зачастую с новыми параметрами), которые также оказывают своё влияние на конечный результат, а также снизить сложность 3D моделирования с электрическими параметрами изделий ЭКБ.

Методы формализации процедур проектирования МОП – транзисторов с использованием современных САПР

Предлагаемый обзор включает исследование возможностей следующих САПР: OrCAD Capture Cadence, MICROCAP, SIMETRIX, MULTISIM, Tine, Proteus, CircuitMaker, WORKBENCH.

Во всех исследуемых системах автоматизированного проектирования имеется два

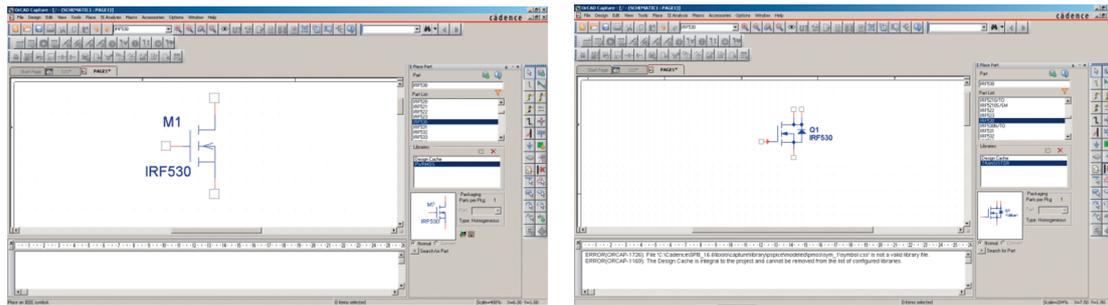


Рис. 1. МОП - транзисторы в виде отдельных компонент в САПР OrCAD Capture Cadence

подхода проектирования МОП – транзисторов: первый – даёт возможность работать лишь с имеющимися компонентами САПР для конкретных уже разработанных библиотек; второй – позволяет изучать зависимости МОП – транзисторов на основе исследования её эквивалентной схемы.

Именно такие подходы с различными САПР были проанализированы и представлены ниже. Так, например, в САПР OrCAD Capture Cadence МОП - транзисторы в виде отдельных компонент представлены на рис. 1.

В этом случае с основными параметрами МОП – транзистора для конкретно выбранного компонента в САПР предоставляются табличные данные (рис. 2).

Subclass Name	Type	Material	Thickness (mil)	Conductivity (ohm-cm)	Dielectric Constant	Loss Tangent	Negative Allowance	Shield	Width (mil)
1	SURFACE	AIR			1	0			
2	TOP_CONDUCTOR	COPPER	1.2	595000	4.5	0			2.95
3	PREPREG	FR-4	0	0	4.5	0.035			
4	VDD PLANE	COPPER	1.2	595000	4.5	0			
5	SHELETCAL	FR-4	0	0	4.5	0.035			
6	VSS PLANE	COPPER	1.2	595000	4.5	0			
7	SHELETCAL	FR-4	0	0	4.5	0.035			
8	BOT_CONDUCTOR	COPPER	1.2	595000	4.5	0			2.95
9	SURFACE	AIR			1	0			

Рис. 2. Табличные данные параметров отдельного компонента МОП – транзистора в САПР OrCAD Capture Cadence

Только применительно к САПР OrCAD Capture Cadence имеется возможность 3D геометрического моделирования выбранного компонента МОП – транзистора (рис.3).

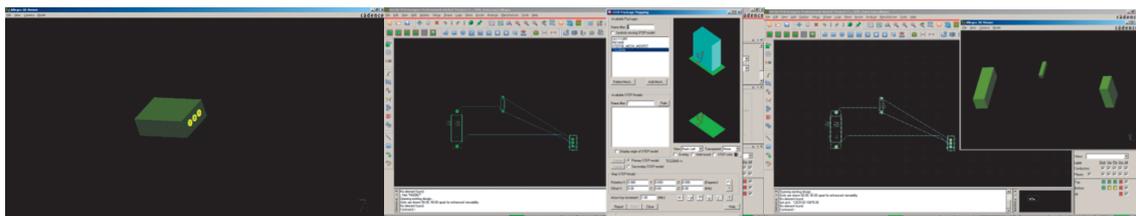


Рис. 3. Прimitives 3D модели МОП – транзисторов в САПР OrCAD Capture Cadence

Второй подход при проектировании МОП – транзисторов представлен в виде модели, основанной на его эквивалентной схеме в САПР OrCAD Capture CIS Cadence (рис. 4).

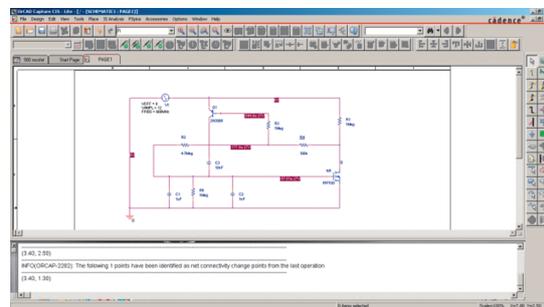


Рис. 4. Модель на основе эквивалентной схемы МОП – транзистора в САПР OrCAD Capture CIS Cadence

Результатами функционирования представленной модели являются: анализ переменного тока от частоты, анализ переходных процессов, анализ Фурье, анализ помех, анализ искажений, анализ температурного диапазона, анализ наиболее неблагоприятного варианта, анализ Монте-Карло (рис. 5) соответственно.

Применительно к САПР MICROCAP используемые подходы представлены на рис. 6 (внешний вид компонента МОП – транзистора и его параметры в табличном виде) и рис. 7 (модель на основе эквивалентной схемы МОП – транзистора и основные зависимости параметров) соответственно.

Результатами функционирования представленной модели являются: анализ переменного тока от частоты, анализ

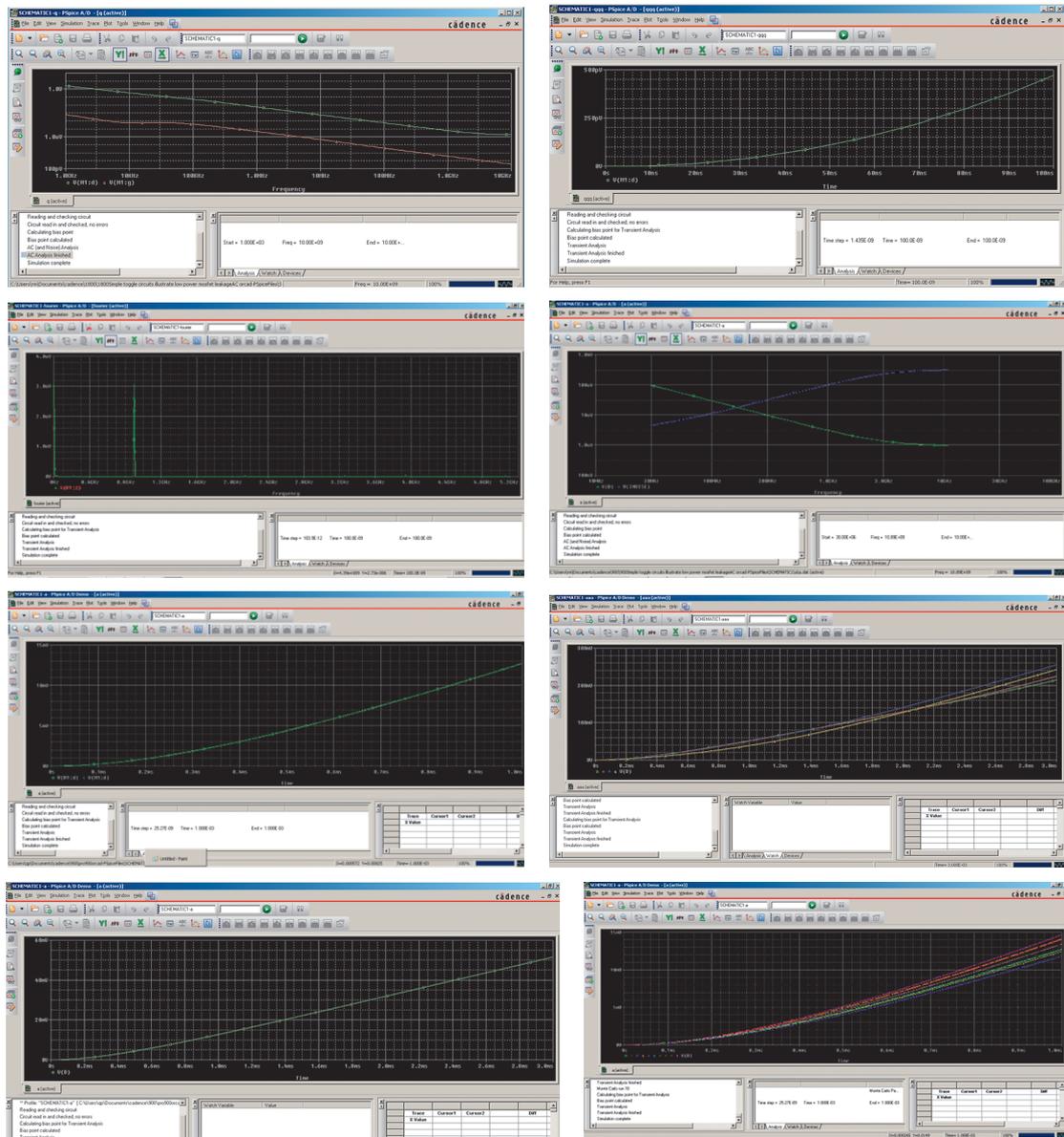


Рис. 5. Зависимости основных параметров для модели МОП – транзистора в САПР OrCAD Capture CIS Cadence

переходных процессов, анализ быстрого преобразования Фурье, анализ помех, анализ искажений, анализ чувствительности,

анализ температурного диапазона, анализ передаточной функции, анализ Монте-Карло (рис. 7) соответственно.

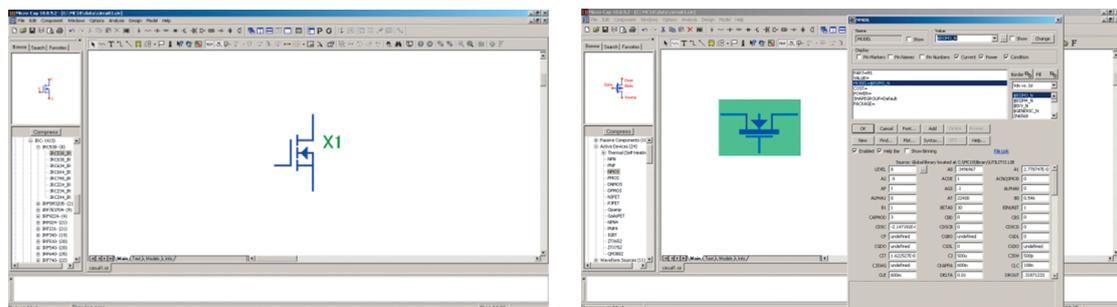


Рис. 6. Внешний вид компонента МОП – транзистора и его параметры в табличном виде в САПР MICROCAP

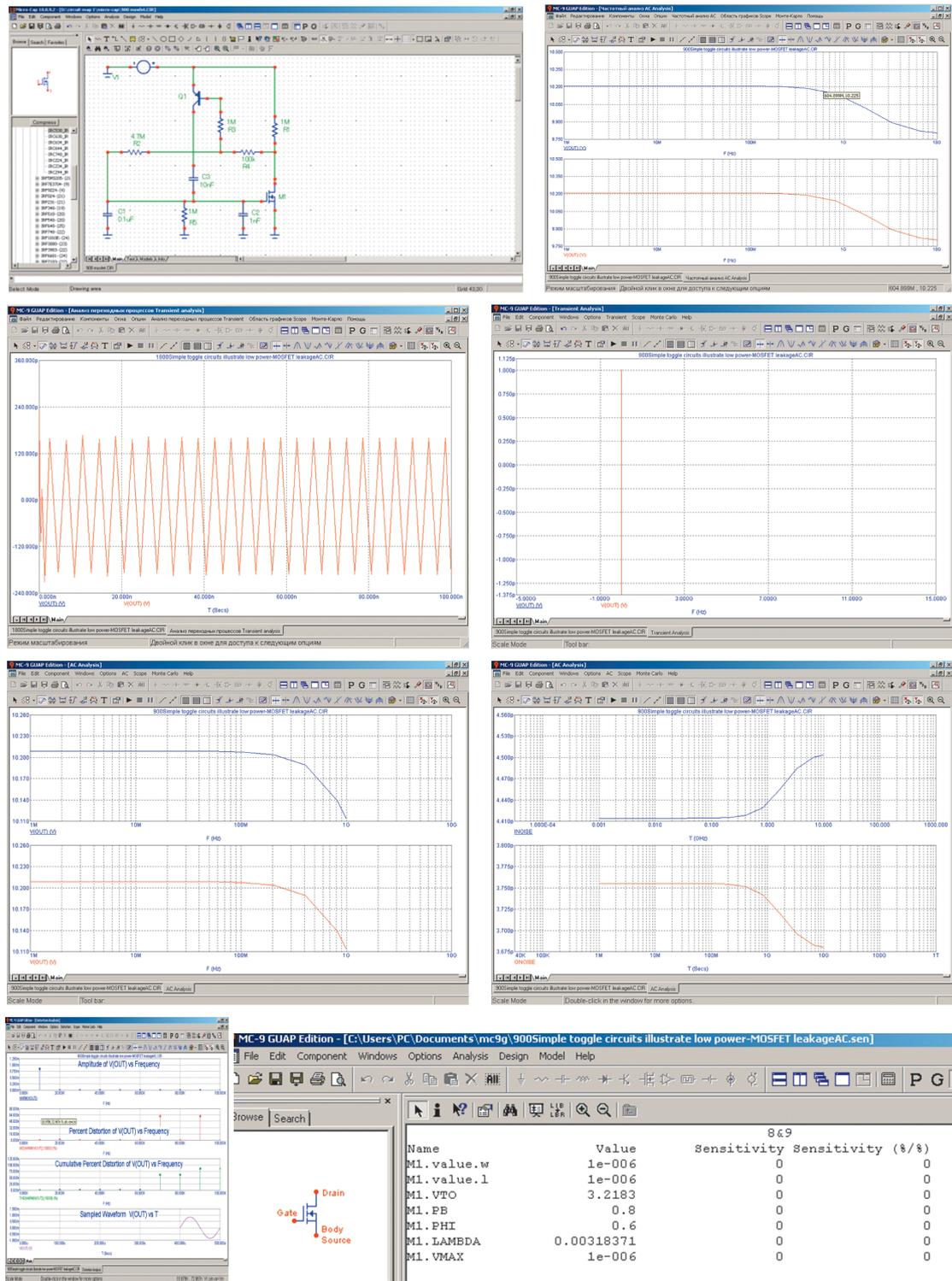


Рис. 7. Модель на основе эквивалентной схемы МОП – транзистора и основные зависимости параметров в САПР MICROCAP

Применительно к САПР SIMETRIX используемые подходы представлены на рис. 8 (внешний вид компонента МОП – транзистора и его параметры в табличном виде) и рис. 9 (модель на основе эквивалентной

схемы МОП – транзистора и основные зависимости параметров) соответственно.

Результатами функционирования представленной модели являются: анализ переменного тока от частоты (АЧХ), анализ пе-

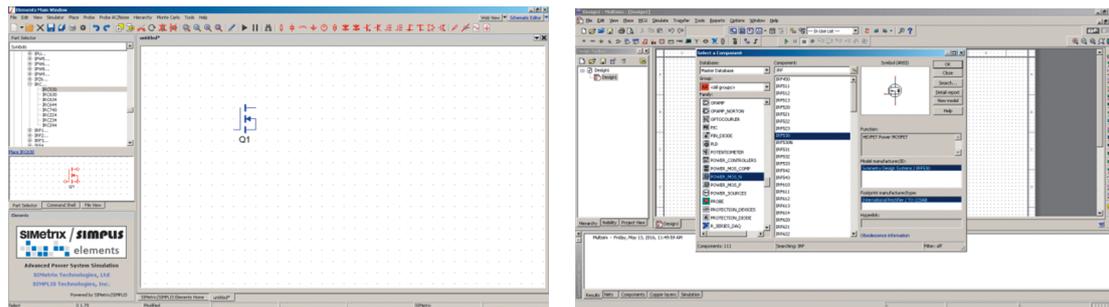


Рис. 8. Внешний вид компонента МОП – транзистора и его параметры в табличном виде в САПР SIMETRIX

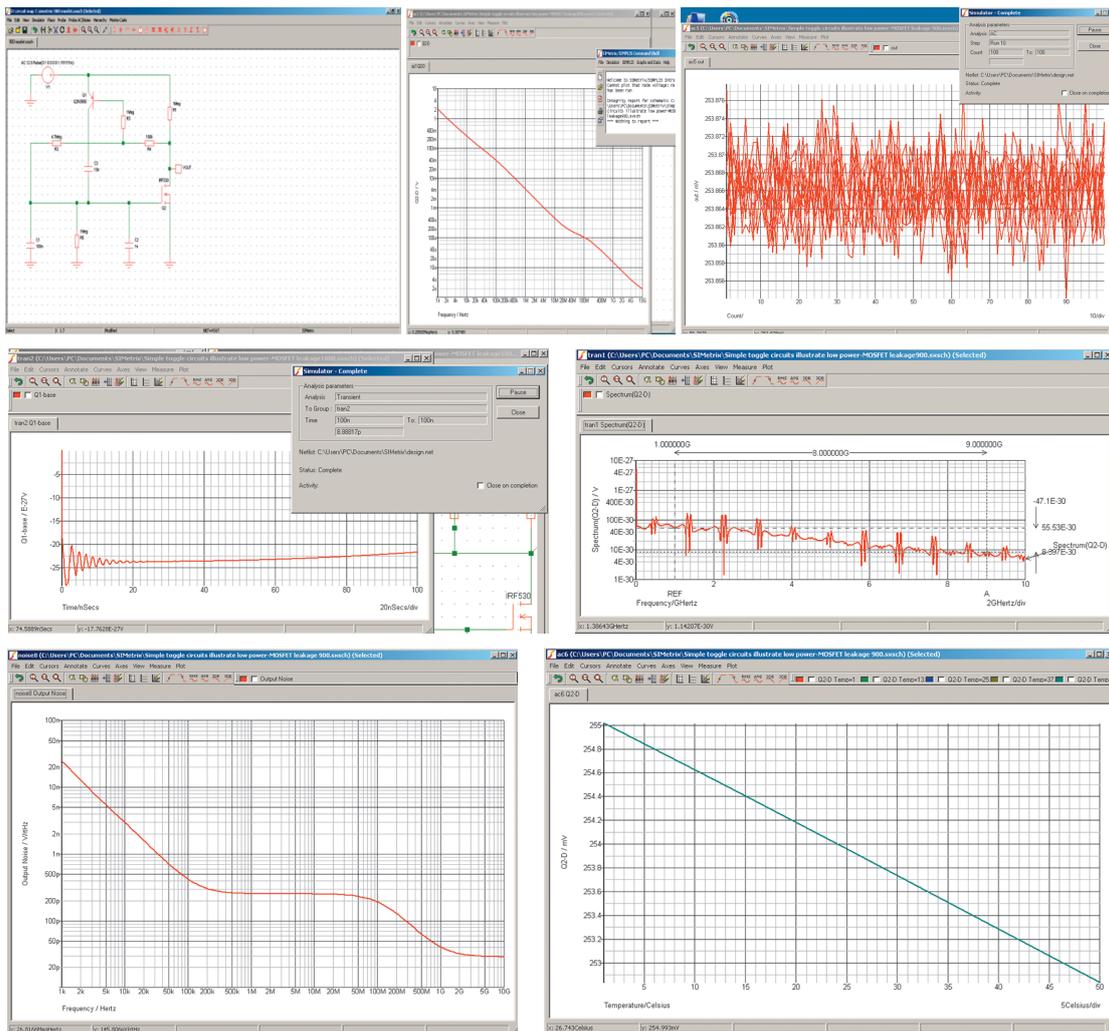


Рис. 9. Модель на основе эквивалентной схемы МОП – транзистора и основные зависимости параметров в САПР SIMETRIX

реходных процессов, анализ Фурье, анализ помех, анализ температурного диапазона, анализ методом Monte-Carlo (рис. 9) соответственно.

Применительно к САПР MULTISIM используемые подходы представлены на рис. 10 (внешний вид компонента МОП – транзистора и его параметры в табличном виде).

Применительно к САПР Tine используемые подходы представлены на рис. 11 (модель на основе эквивалентной схемы МОП – транзистора и основные зависимости параметров).

Результатами функционирования представленной модели являются: анализ переменного тока от частоты, анализ переход-

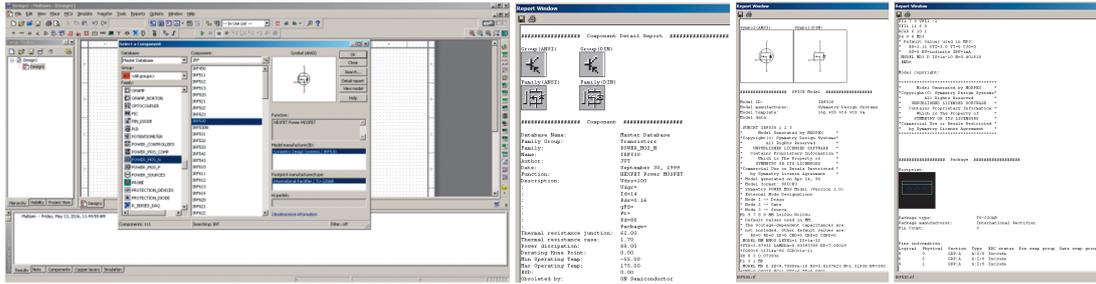


Рис. 10. Внешний вид компонента МОП – транзистора и его параметры в табличном виде в САПР MULTISIM

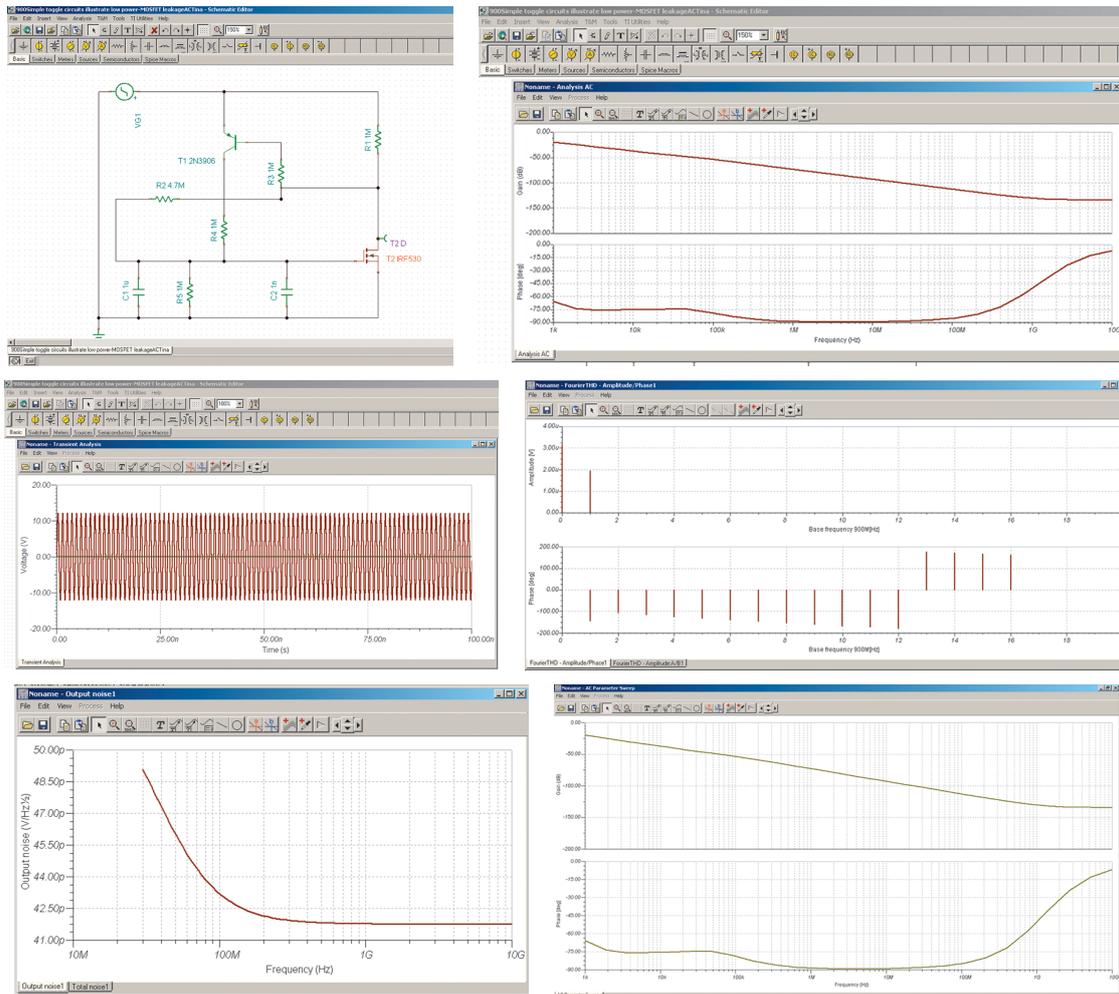


Рис. 11. Модель на основе эквивалентной схемы МОП – транзистора и основные зависимости параметров в САПР TINA

ных процессов, анализ Фурье, анализ помех, анализ диапазона параметров (рис. 11) соответственно.

Применительно к САПР Proteus используемые подходы представлены на рис. 12 (модель на основе эквивалентной схемы МОП – транзистора и основные зависимости параметров).

Результатами функционирования представленной модели являются: анализ переходных процессов, анализ Фурье, анализ помех, анализ диапазона параметров, анализ температурного диапазона (рис. 12) соответственно.

Применительно к САПР CircuitMaker используемые подходы представлены на

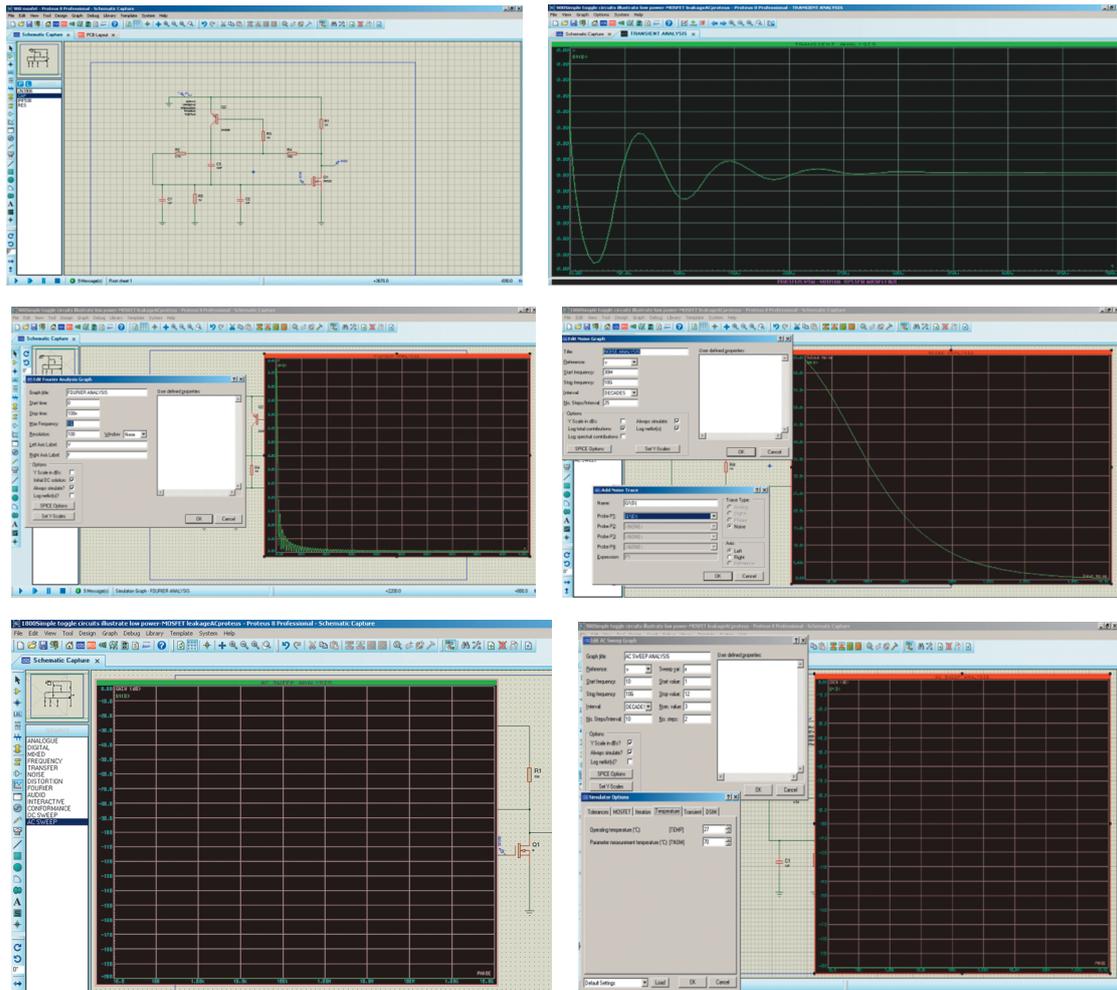


Рис. 12. Модель на основе эквивалентной схемы МОП – транзистора и основные зависимости параметров в САПР Proteus

Таблица 1

Сравнительный анализ возможностей САПР

Название анализа и САПР	Cadence	Tine	Proteus	CircuitMaker	SIMETRIX	WORKBENCH	MICROCAP
Анализ переменного тока	+	+	-	+	+	+	+
Анализ переходных процессов	+	+	+	+	+	+	+
Анализ Фурье	+	+	+	+	+	+	+
Анализ помех	+	+	+	+	+	+	+
Анализ искажений сигнала	+	-	-	-	-	+	+
Анализ диапазона температуры	+	-	+	+	+	+	+
Анализ наиболее неблагоприятного варианта	+	-	-	-	-	-	-
Анализ Монте-Карло	+	-	-	-	+	+	+
Анализ диапазона параметров	-	+	+	+	-	-	-
Анализ коэффициента шума	-	-	-	-	-	+	-
Анализ чувствительности	-	-	-	-	-	+	+
Анализ передаточной функции	-	-	-	-	-	+	+
Анализ длительности траектории	-	-	-	-	-	+	-

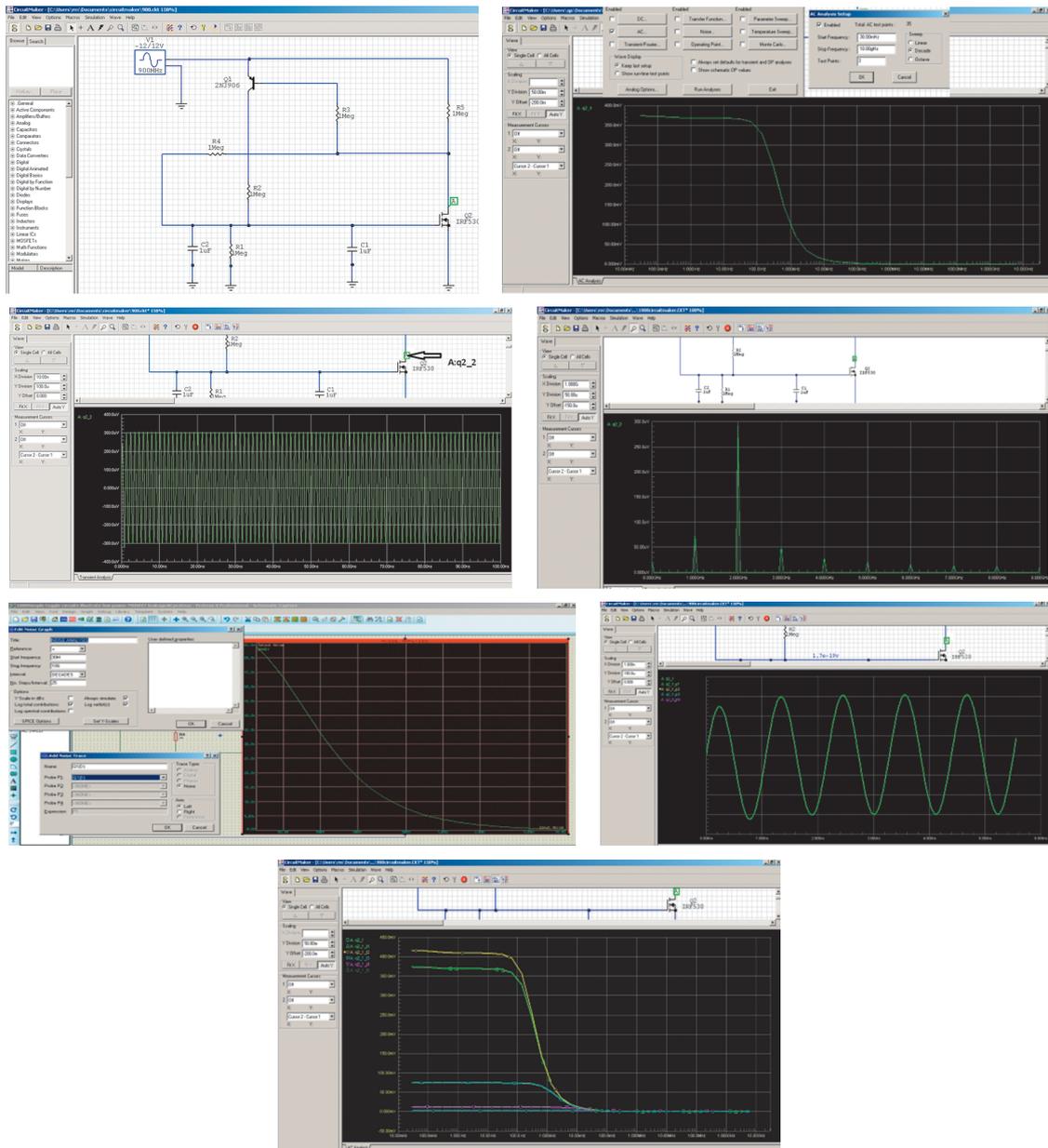


Рис. 13. Модель на основе эквивалентной схемы МОП – транзистора и основные зависимости параметров в SAIP CircuitMaker

рис. 13 (модель на основе эквивалентной схемы МОП – транзистора и основные зависимости параметров).

Результатами функционирования представленной модели являются: анализ переменного тока от частоты, анализ переходных процессов, анализ Фурье, анализ помех, анализ диапазона параметров, анализ температурного диапазона (рис. 13) соответственно.

Применительно к SAIP WORKBENCH используемые подходы представлены на рис. 14 (модель на основе эквивалентной схемы МОП – транзистора и основные зависимости параметров).

Результатами функционирования представленной модели являются: анализ переменного тока от частоты и фазы, анализ переходных процессов, анализ Фурье, анализ помех, анализ коэффициента шума, анализ искажений, анализ чувствительности, анализ температурного диапазона, анализ передаточной функции, анализ Монте-Карло, анализ длительности траектории (рис. 14) соответственно.

Сравнительный анализ возможностей САПР представлен в таблице 1

Все рассмотренные параметры МОП – транзисторов при их моделировании в различных САПР придерживаются одних и тех

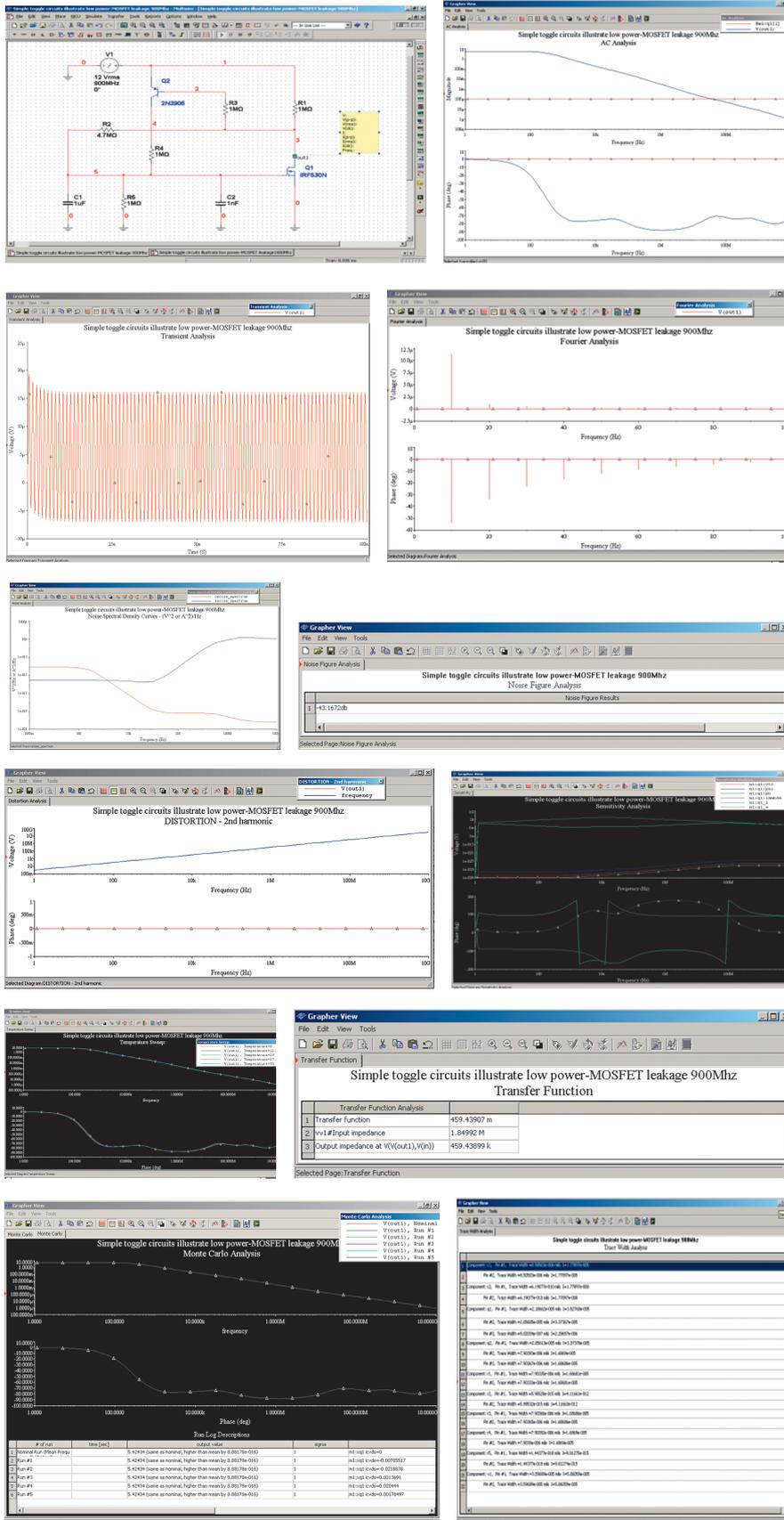


Рис. 14. Модель на основе эквивалентной схемы МОП – транзистора и основные зависимости параметров в CAAP WORKBENCH

же методов формализации процедур проектирования, которые не дают возможности оценивать специфические внутренние и внешние параметры, относящиеся к МОП – транзисторам.

Заключение

Таким образом, выполненный анализ методов формализации процедур проектирования элементов электронной компонентной базы на примере формализации МОП - транзисторов в современных системах автоматизированного проектирования позволил сделать следующие выводы:

формализация процедур проектирования в современных САПР направлена на формирование только электрических параметров: как для отдельных элементов, так и для схем в целом, но не для геометрического моделирования;

нет открытости для формирования новых МОП - транзисторов с новыми пара-

метрами (можно использовать только стандартные компоненты);

модели и параметры транзисторов представлены либо в табличном, либо в схематичном виде;

отсутствует возможность формирования 3D моделей (кроме Cadence, которая представляет данные услуги практически за 100% доплату от стоимости пакета всех модулей) и геометрического моделирования МОП – транзисторов;

существующая формализация процедур проектирования не даёт возможность синтеза новых моделей МОП – транзисторов и его параметров;

существующая формализация процедур проектирования не даёт возможность учитывать новые материалы МОП – транзисторов.

Ввиду проведённого анализа, предлагается на основе использования новых методов информационных технологий, методов

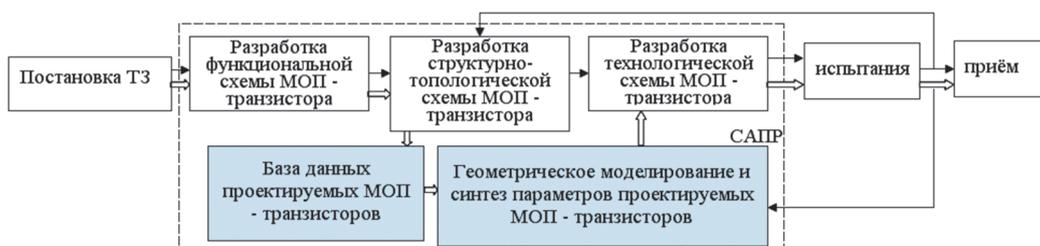


Рис. 15. Упрощённое представление этапов формализации процедур проектирования МОП – транзисторов для САПР

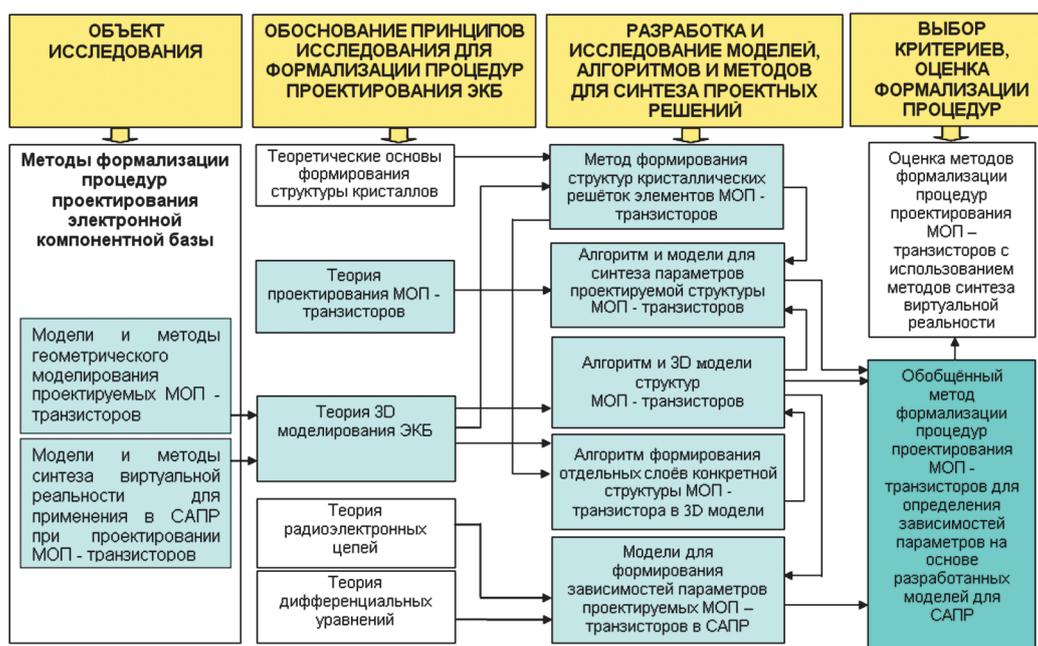


Рис. 16. Задачи и схема исследований

3D геометрического моделирования и синтеза виртуальной реальности устранить выявленные недостатки САПР. При этом также возникает необходимость в формировании методов формализации процедур проектирования для синтеза параметров МОП – транзисторов и алгоритмов разработки компонентов САПР, позволяющих синтезировать различные зависимости параметров при проектировании МОП - транзисторов.

Причинами формализации процедур проектирования МОП – транзисторов для САПР являются:

сложность моделирования математических зависимостей параметров МОП – транзистора воспроизводящих их функционирование;

множественность структур МОП - транзисторов и их элементов;

необходимость учёта структуры материалов МОП - транзисторов на уровне кристаллических решёток;

необходимость учёта физико-технологических процессов для формирования результатов функционирования МОП – транзисторов;

необходимость учёта внешних и внутренних параметров, описывающих физические процессы МОП – транзисторов;

необходимость использования информационных 3D технологий и анализа существующих методов, алгоритмов и моделей проектирования на основе физических процессов, происходящих в МОП - транзисторе.

Ввиду этого предлагается следующее упрощённое представление этапов формализации процедур проектирования МОП – транзисторов для САПР (рис. 15).

Следовательно, рассматриваемые задачи и схему дальнейших исследований можно схематично представить в виде рисунка 16.

Более детальное рассмотрение ключевых вопросов исследования формализации процедур проектирования МОП - транзисторов в САПР и основные результаты такого исследования представлены в работах [1-15].

Список литературы

1. Жвад, А.Х.Х. Алгоритм формализации МОП - транзистора для объектно – ориентированного языка программирования [Текст] / В.В. Лавлинский, А.Х.Х. Жвад // Моделирование систем и процессов. 2016. Т. 9. № 2. С. 5-14.
2. Жвад, А.Х.Х. Анализ математических зависимостей EKV модели для формализации процедур проектирования МОП – транзисторов [Текст] / В.В. Лавлинский, А.Х.Х. Жвад // Моделирование систем и процессов. 2015. Т. 8. № 4. С. 27-33.
3. Жвад, А.Х.Х. Анализ функциональных возможностей САПР MICROCAP на примере схемы МОП-транзистора [Текст] / В.В. Лавлинский, Жвад А.Х.Х. // Моделирование систем и процессов. Научно-технический журнал – Вып. 1. – Воронеж : ВГЛТА, 2014. С. 30-37.
4. Жвад, А.Х.Х. Анализ функциональных возможностей САПР SIMETRIX на примере схемы МОП-транзистора [Текст] / В.В. Лавлинский, Жвад А.Х.Х. // Моделирование систем и процессов. Научно-технический журнал – Вып. 1. – Воронеж : ВГЛТА, 2014. С. 38-43.
5. Жвад, А.Х.Х. Анализ функциональных возможностей САПР WORKBENCH на примере схемы МОП-транзистора [Текст] / В.В. Лавлинский, Жвад А.Х.Х. // Моделирование систем и процессов. Научно-технический журнал – Вып. 1. – Воронеж : ВГЛТА, 2014. С. 43-54.
6. Жвад, А.Х.Х. Метод синтеза виртуальной реальности для формирования 3D модели МОП – транзистора [Текст] / В.В. Лавлинский, А.Х.Х. Жвад, А.Л. Савченко // Моделирование систем и процессов. 2015. Т. 8. № 3. С. 56-59.
7. Жвад, А.Х.Х. Модели формализации МОП - транзисторов на основе объектно - ориентированного языка программирования [Текст] / В.В. Лавлинский, А.Х.Х. Жвад // Моделирование систем и процессов. 2016. Т. 9. № 2. С. 15-20.
8. Жвад, А.Х.Х. Модели формирования электрических параметров МОП – транзисторов для компонентов САПР [Текст] / В.В. Лавлинский, А.Х.Х. Жвад // Моделирование систем и процессов. 2016. Т. 9. № 3. С. 5-7.
9. Жвад, А.Х.Х. Основы формализации процедур проектирования МОП - транзисторов в САПР [Текст] / А.Х.Х. Жвад // Моделирование систем и процессов. 2015. Т. 8. № 4. С. 5-7.
10. Жвад, А.Х.Х. Основы формирования 3D моделей для проектирования современных МОП - транзисторов с использованием синтеза виртуальной реальности [Текст] / В.В. Лавлинский, А.Х.Х. Жвад, А.Л. Савченко // Моделирование систем и процессов. 2015. Т. 8. № 3. С. 59-64.
11. Жвад, А.Х.Х. Проектирование МОП - транзисторов на основе построения 3D моделей синтеза виртуальной реальности [Текст] / В.В. Лавлинский, А.Х.Х. Жвад, А.Л. Савченко // Фундаментальные исследования. 2016. № 1-1. С. 38-42.
12. Жвад, А.Х.Х. Проектирование различных слоёв кристаллической решётки элементов с использованием методов объектно-ориентированного программирования [Текст] / В.В. Лавлинский, Жвад А.Х.Х. // Моделирование систем и процессов. Науч.-техн. журнал – Вып. 2. – Воронеж : ВГЛТА, 2014. С. 16-19.
13. Жвад, А.Х.Х. Трёхмерное моделирование МОП - транзисторов для решения научных и прикладных задач в САПР [Текст] / А.Х.Х. Жвад // Второй международный молодёжный симпозиум «Современные проблемы математики. Методы, модели, приложения» Воронеж: ВГЛУ, 2015. С. 34-43.
14. Жвад, А.Х.Х. Формализация методов моделирования для разработки компонентов САПР с элементами синтеза виртуальной реальности [Текст] / В.В. Лавлинский, А.Х.Х. Жвад, А.Л. Савченко // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2-2. С. 171-179.
15. Жвад, А.Х.Х. Формализованные модели формирования зависимостей отдельных параметров МОП - транзисторов от температуры для компонентов САПР [Текст] / В.В. Лавлинский, А.Х.Х. Жвад // Моделирование систем и процессов. 2016. Т. 9. № 3. С. 8-13.