

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Е.И. Гольдштейн, П.Ф. Коробко

ТЕОРИЯ РЕШЕНИЯ ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКИХ ЗАДАЧ

*Рекомендовано в качестве учебного пособия
Редакционно-издательским советом
Томского политехнического университета*

Издательство
Томского политехнического университета
2009

УДК 608.1(075.8)

ББК 67.404я73

Г63

Гольдштейн Е.И.

Г63 Теория решения изобретательских задач: учебное пособие / Е.И. Гольдштейн, П.Ф. Коробко. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 153 с.

В учебном пособии рассмотрены основные вопросы курса «Теория решения изобретательских задач». Отличием данного пособия является практическая направленность и наличие большого числа конкретных примеров защиты интеллектуальной собственности: авторских свидетельств, патентов на изобретение и патентов на полезную модель.

Разработано в рамках реализации Инновационной образовательной программы ТПУ по направлению «Развитие в университете интегрированной научно-образовательной среды мирового уровня» и предназначено для студентов, обучающихся по техническим направлениям подготовки и специальностям.

УДК 608.1(075.8)

ББК 67.404я73

Рецензенты

Кандидат технических наук, доцент ТУСУРа

Н.И. Кузбных

Кандидат технических наук, доцент ТУСУРа

Л.С. Прищепа

© Гольдштейн Е.И., Коробко П.Ф., 2009

© Томский политехнический университет, 2009

© Оформление. Издательство Томского политехнического университета, 2009

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1. ОБЩИЕ МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ ЗАДАЧ.....	7
1.1. Основные понятия и определения. Критерии и законы развития техники	7
1.2. Классификация инженерных задач. Примеры рутинных (нетворческих) и творческих инженерных задач	12
1.3. Алгоритмические и эвристические методы поиска новых решений.....	22
1.4. Метод проб и ошибок	24
1.5. Системный подход к поиску новых решений	25
1.6. Классификационный подход к поиску новых решений. Морфологический ящик	28
1.7. Методы мозгового штурма (мозговой атаки)	30
1.8. Синтез поисковых стратегий	31
1.9. Методы и средства «настройки» и «регулирования» творческой активности	32
1.10. Специальное информационное обеспечение поисковых инженерных работ	33
1.11. Методы, формы организации и управления поисковой деятельностью	35
2. ЭКСПЕРИМЕНТЫ В ИНЖЕНЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ, ИХ ПРОВЕДЕНИЕ И ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ.....	36
2.1. Классификация и основные этапы проведения экспериментов	36
2.2. Оценка погрешностей экспериментов	38
2.3. Особенности оценки погрешностей алгоритмов обработки информации. Интервальная арифметика	42
2.4. Модели	44
2.5. Особенности обработки результатов экспериментов, представленных не аналоговыми, а дискретными сигналами	47
2.6. Использование интерполяционных процедур при обработке экспериментальных данных	50
2.7. Определение параметров неизвестной схемы по результатам ее экспериментального исследования	55
2.8. Гармонический анализ сигналов, представленных дискретизированными значениями массива мгновенных значений	57
2.9. Параметрические методы спектрального оценивания.....	61
3. ОСОБЕННОСТИ РЕШЕНИЯ ОБЩИХ ИНЖЕНЕРНЫХ ЗАДАЧ В ХОДЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ, ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА И СЕРВИСНОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ НОВЫХ ИЗДЕЛИЙ	65
3.1. Управление проектом	65
3.2. Метрологическое обеспечение процессов решения инженерных задач в ходе управления проектами	68
3.3. Рекомендации по форме представления результатов решения инженерных задач.....	70

4. ВОПРОСЫ РЕШЕНИЯ ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКИХ ЗАДАЧ И ОХРАНЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ РАЗРАБОТЧИКОВ	72
4.1. Результаты решения инженерных задач как объекты интеллектуальной собственности. Защита прав разработчиков на изобретения, полезные модели и промышленные образцы.....	72
4.2. Охрана прав разработчиков на непатентоспособные творческие решения – программы для ЭВМ, базы данных, коммерческие и деловые секреты («ноу-хау»)...	78
4.3. Эвристические методы решения изобретательских задач.....	80
4.4. Общие сведения о специализированных интеллектуальных программных системах для решения изобретательских задач	85
4.5. Семейство интеллектуальных программных систем «Изобретающая машина»	89
5. ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКИХ ЗАДАЧ.....	112
5.1. Решение изобретательских задач, сформулированных в п. 1.2.....	112
5.2. Примеры решения изобретательских задач, использующих новые алгоритмические решения.....	137
6. ИСТОЧНИКИ ИНФОРМАЦИИ	150
6.1. Основная литература.....	150
6.2. Дополнительная литература	151

ВВЕДЕНИЕ

В широко известном словаре С.И. Ожегова [1] можно найти определение: «инженер – специалист с высшим техническим образованием». Однако авторы настоящего учебного пособия не совсем согласны с С.И. Ожеговым. В защиту своего мнения приведем выдержку из книги одного из знаменитых выпускников (а потом – и сотрудника) Томского политехнического университета – академика, доктора технических наук, лауреата государственных премий Алимова О.Д.: «...к инженерам с полным правом могут быть отнесены и люди, не имеющие высшего образования, но постигшие знания о фундаментальных закономерностях природы в результате практики или даже получившие их со своими генами при рождении. Известны яркие примеры инженерных творений по ИНТУИЦИИ (информация – мать интуиции). Они наиболее ярки в творчестве Изобретателей и Рационализаторов – великих Изобретателей, нередко не получивших достаточно предварительного обучения не только в высшей, но даже и в средней школе. Среди них и всемирно известные Эдисон, Форд, один из создателей водородной бомбы академик Ю.Б. Харитон, а также наши российские умельцы: оружейник Калашников, создатель необычайных горно-проходческих машин Яков Гуменник» [2].

Очень кратко и четко понятие инженер объяснил своим слушателям в 1890 г. первый директор Томского Технологического института профессор Зубашев Е.А. [3]: «...Инженеръ, какъ и самое названіе показываетъ – слово «инженеръ» происходитъ отъ французскаго слова s'ingenier – что значить вдумываться, ухитриться – есть руководитель работы. На его обязанности лежитъ обдумать и составить проектъ сооруже́нія или работы и руководить его исполне́ніемъ. Его проектъ долженъ быть, во-первыхъ, теоретически обоснованъ, т. е. въ немъ должна заключаться гарантія его целесообразности и его прочности; во-вторыхъ, онъ долженъ быть практически выполнимъ и, въ-третьихъ, должна быть предусмотрена его экономическая выго́дность...»

Исходя из вышесказанного, можно сформулировать общие требования к инженерам в широком понимании этого слова.

Очень образно об этом сказал в уже цитированной книге [2] О.Д. Алимов: «...Инженер в более широком понимании, в повседневной практике – это ИСКАТЕЛЬ! ТВОРЕЦ! и наш ХРАНИТЕЛЬ!

ИСКАТЕЛЬ того, как устроен и как создавался мир, природа и ее части. В чем сущность протекающих в природе явлений и как их можно

использовать для дела, для нужд человека. Как устроен человек и его творения. Что нужно человеку и природе, и как это возможно осуществить на нашей земле и в конкретных условиях. Как можно выйти в космос и во вселенную, и что полезного можно извлечь из этого. Как можно проникнуть в недра земли и что можно получить полезного из этого. Интересы искателя-инженера поистине не могут быть просто перечислены! При выполнении этих функций инженера и называют ученым! И это определение он носит с полным основанием, в любой области науки и техники, куда забросит его судьба.

Инженер – это ТВОРЕЦ нового необходимого себе, обществу, природе на земле, в недрах земли, в космосе! Поэтому инженер – не только искатель, он – заинтересованная личность, он – творец дела, которому он посвящает свое творчество, самого себя, а зачастую и всю свою жизнь!

ИНЖЕНЕР как ТВОРЕЦ должен знать систему создания нового, полезного. Знать необходимые закономерности, методы, средства и последовательность их использования на всех этапах творчества от идеи и технического задания до ее реализации – до создания полезного продукта.

ИНЖЕНЕР должен быть и нашим хранителем. ХРАНИТЕЛЬ – это почти каждый инженер, обеспечивающий безопасность применения машин, механизмов и инженерных средств во всех областях науки и техники...».

Настоящее учебное пособие посвящено изучению общих методов и средств решения разнообразных инженерных задач, в том числе – на изобретательском уровне. Ясно, что при этом приходится принимать множество решений – простых и сложных, ответственных и важных, и не очень важных. Отметим и то, что полезный эффект от «хороших» решений и «хорошего» их исполнения может быть очень и очень большим, особенно когда решаемая задача многогранна и касается сложных и дорогостоящих экспериментов, например: ядерные исследования, испытание ракетной техники и т. п.

Однако и временные потери и неэффективное расходование финансовых средств – при плохом решении и неграмотном его исполнении – тоже могут быть весьма и весьма большими, разорительными для страны или отдельной отрасли промышленности, отдельного государственного или частного предприятия. Поэтому, как никогда раньше, инженеров надо учить наилучшим (в определенном смысле!) образом решать те или иные инженерные задачи. При этом надо помнить, что способность сделать правильный выбор, то есть реализовать подчиненность всей своей деятельности определенной цели (или совокупности целей) присуще людям в разной степени. «Великие полководцы, выдающиеся политики, гениальные инженеры и ученые, талантливые администраторы отличались

и отличаются прежде всего умением принимать лучшие решения, делать лучший выбор» [4].

Учебное пособие разбито на две части. В первой части (гл. 1, 2 и 3) рассмотрены общие методы решения инженерных задач как рутинных, нетворческих, так и сугубо творческих. Обсуждаются методы проведения экспериментов и обработки полученных при этом результатов. Завершается первая часть пособия кратким анализом всего хода проектирования, организации производства и сервисного сопровождения выпуска нового изделия. Вторая часть учебного пособия (гл. 4 и 5) посвящена вопросам выполнения инженерных задач на изобретательском уровне – когда разрабатываемое изделие не только выполняет должным образом свою целевую функцию, но и обладает патентной чистотой, то есть, кроме удовлетворения требованиям полезности, удовлетворяет еще требованиям мировой новизны.

За основу настоящего пособия была взята работа [5], существенным образом переработанная и дополненная.

Все использованные источники информации представлены в виде двух списков литературы: основного и дополнительного. При ссылках на основной список литературы указывается ее порядковый номер (от 1). При ссылках на дополнительный список литературы указывается ее номер (от 1.1). Цифра перед точкой – номер главы; цифра после точки – номер источника информации к конкретной главе.

№№ рисунков, формул таблиц составлены по общему принципу – вначале номер главы, потом – номер рисунка, формулы, таблицы в этой главе.

Настоящая работа подготовлена и представлена к изданию авторами совместно. П.п. 2.5, 2.6 и 2.7 написаны совместно с аспирантом ТПУ Гуриным Т.С., п.п. 2.8 и 2.9 – с аспирантом ТПУ Радаевым Е.Н.

Авторы благодарят за тщательный просмотр и рецензирование настоящей работы.

1. ОБЩИЕ МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ ЗАДАЧ

1.1. Основные понятия и определения. Критерии и законы развития техники

Рассматриваемые в настоящем учебном пособии инженерные задачи возникают, как правило, в ходе создания новых или усовершенствования уже известных устройств, предназначенных для удовлетворения тех или иных потребностей человека как «атома» человечества в целом. Известно, что в ходе становления самого человека развитие мозга и его

продукта – мышления – привело к разработке первыми людьми орудий труда для изменения и использования естественных продуктов природы. Именно в ходе создания первых каменных орудий труда и «приручения» огня решались первые из многих задач, сегодня относимых нами к числу инженерных (более подробно о различных инженерных задачах мы расскажем в п. 1.2).

Дальше в общем случае будем оперировать с понятием «технический объект» (ТО), подразумевая под этим любые элементы и узлы технических систем (ТС), созданных человеком или автоматом (тоже в свое время созданным человеком!) в ходе решения тех или иных задач по обработке вещества, энергии или информационных сигналов для удовлетворения тех или иных потребностей человека.

И так как любая ТС не действует автономно и имеет определенные связи с другими ТС, то во многих случаях мы имеем комплекс ТС (органично или технологически связанное множество ТС). Поэтому иногда будем оперировать с понятиями «надсистема», понимая под ней такую ТС, в которую конкретный ТО входит как отдельный функциональный элемент или узел.

Характерным примером подсистемы является технологическая линия (комплекс взаимосвязанных машин и приборов, то есть ТО) для выполнения четко определенной последовательности операций преобразования вещества (объекты живой и неживой природы), энергии или информационных сигналов из заданного начального состояния в заданное конечное состояние. В ряде случаев удобно будет оперировать термином «технология», описывая способ, метод или программу указанных выше преобразований.

Для описания любого технического объекта необходимо четко выяснить и представить в достаточно формализованном виде:

1. Потребность (назначение ТО) – какой результат желательно получить и какие особые условия и ограничения при этом нужно учесть.

2. Техническая функция (физическая операция, преобразование, превращение), с помощью которой реализуется потребность.

3. Функциональная структура (связь между отдельными элементами ТО), обеспечивающая выполнение требуемой технической функции. В свою очередь функциональная структура может быть двух видов – конструкторская (описывающая конструктивно-схемные решения ТО) и потоковая (описывающая преобразования веществ, энергии или сигналов).

Таблица 1

Описание технических объектов

№	Наименование ТО	Потребность	Техническая функция	Функциональная структура
1	Светильник накаливания	Освещение помещения	Преобразование электрического тока в световой поток	Нить накаливания; стеклянный баллон
2	Электроплитка	Нагревание объекта, помещенного на электроплитку	Преобразование электрического тока в теплоту	Спираль; токоподводы; огнеупорный элемент;
3	Трансформатор напряжения традиционного принципа действия	Изменение напряжения (тока) для согласования одной электрической цепи с другой	Преобразование электрического тока в магнитный поток и преобразование магнитного потока в ЭДС	Первичная и вторичные обмотки; ферромагнитный сердечник
4	Пьезотрансформатор	Изменение напряжения (тока) для согласования одной электрической цепи с другой	Преобразование электрического тока в электрическое поле; преобразование электрического поля в деформацию (силу); генерация ЭДС в пьезокрестале	Пьезорезонатор (ПР) в виде пластины, стержня или цилиндра; напыленные на ПР электроды
5	Электродвигатель традиционного принципа действия, например, вентильный (бесколлекторный, постоянного тока)	Обеспечение вращения (или поступательного движения)	Преобразование электрического тока в магнитный поле; создание механических усилий (вращающего момента) на валу ротора	Статор из ферромагнитного материала с обмоткой; ротор из магнитомягкого материала с обмоткой; датчик положения якоря; полупроводниковый переключатель
6	Электродвигатель пьезоэлектрический ударного типа	Обеспечение вращения (или поступательного движения)	Преобразование электромеханических колебаний, создаваемых за счет пьезоэффекта, в дискретное перемещение подвижной части	«Статор» и «ротор» на основе пьезорезонаторов; промежуточная опора из износостойкого материала (например алунда), акустически согласованного с пьезорезонатором

Для примера в табл. 1.1 приведено несколько описаний хорошо известных читателю ТО.

Обращаем внимание читателей, что из анализа сведений в табл. 1.1 следует, что одна и та же потребность может реализовываться различным образом (см., например, п. п. 3 и 4, 5 и 6).

Предельно сжатое и формализованное описание того или иного ТО называют техническим решением (ТР). ТР должно в концентрированном виде выражать свойства и особенности конкретного (уже существующего или только создаваемого) ТО, обеспечивающие его функционирование в соответствии с поставленными техническими требованиями. Строгость и точность описания ТР особенно важны при оформлении прав разработчика на его интеллектуальную собственность, что будет детально рассмотрено в п. 4.1.

Создание новых технических объектов невозможно и нецелесообразно без учета накопленного человечеством исторического опыта. Поэтому одним из важных источников информации является история техники, которая представляет на наш суд объективный «слепок» истории становления человеческого общества в виде однажды созданного ТО (даже если соответствующее ТР уже было забыто). Настойчиво рекомендуем читателям познакомиться с историей соответствующего раздела техники – как по историческим очеркам в соответствующих предметных курсах, так и в серьезных публикациях по общим вопросам истории техники, например [1.1].

Только ретроспективный анализ литературы по тому или другому направлению развития техники позволяет выявить тенденции развития данного направления, определить конструктивные особенности последующих поколений ТО и даже предсказать качественные скачки в их развитии, обусловленные переходом к новым физическим принципам действия ТО. Поэтому любой из известных или разрабатываемых ТО должен быть описан и оценен критериями развития ТО:

- функциональными (для чего нужен ТО, как он расширяет наши возможности?);
- технологическими (каким должен быть ТО, как его создать, как и в каких условиях его эксплуатировать?);
- экономическими (сколько будет стоить ТО, какова будет выгода от его внедрения?);
- антропологическими (что мы потеряем с введением в эксплуатацию ТО, каковы будут экологичность, красота, удобство эксплуатации ТО?).

Естественно, что часть критериев описывается количественными показателями (КПД, производительность, цена и т. п.), тогда как другие критерии являются лишь качественными. В этом случае для их оценки

может быть использована система экспертных баллов (оценок) по соответствующей шкале.

Наличие определенных критериев развития технических объектов позволяет выявлять определенные закономерности строения и развития ТО и, в идеальном случае, формулировать законы развития техники (ЗРТ). К сожалению, на сегодня они еще недостаточно обоснованы и, главное, не общепризнанны. Отсылая дотошного читателя к работам [6–10], приведем для примера лишь три ЗРТ.

Первый закон – прогрессивной эволюции техники: в ТО с одинаковой функцией переход от поколения к поколению вызван появлением необходимого научно-технического уровня и социально-экономической целесообразности.

Второй закон – соответствия между функцией и структурой ТО: Каждый элемент ТО или его конструктивный признак имеют хотя бы одну функцию по обеспечению реализации конкретного ТО; поэтому исключение этого элемента или признака приводит к ухудшению какого-либо показателя ТО или прекращению выполнения им своей функции.

Третий закон развития техники называют *антропным принципом*: ТО с функцией обработки материального предмета имеет четыре стадии развития, связанные с последовательной реализацией, с помощью определенных технических средств, четырех фундаментальных функций и последовательным исключением из технологического процесса выполняемых человеком соответствующих функций.

Примеры, иллюстрирующие первый и второй законы развития техники, будут приведены ниже, поэтому пока ограничимся обсуждением третьего закона. Он, по существу, устанавливает связь развития техники с определенными функциями человеческого организма.

На первой стадии реализуется только функция обработки предмета труда (технологическая функция). На второй стадии ТО, наряду с технологической, реализует функцию обеспечения энергией процесса обработки предмета труда (энергетическая функция).

На третьей стадии ТО реализует также функцию управления процессом обработки (появляются автоматы).

На четвертой стадии ТО реализует функцию планирования для себя объема и качества продукции, получаемой в результате обработки предмета труда (полная автоматизация определенного производства).

Возьмем, для примера, банальный случай организации надежного и комфортного для студентов и преподавателей освещения в одной из аудиторий ТПУ.

Технологическая функция здесь может быть выполнена с помощью светильников, включаемых (или выключаемых) студентами или преподавателями.

давателем вручную, с помощью простейшего рубильника, подающего (или не подающего) электрическую энергию к светильникам.

Чтобы освободить человека от такой «непосильной» нагрузки, в помещении можно установить реле времени, поручив ему включение (отключение) светильников в определенные моменты времени. Здесь реле времени выполняет, по существу, энергетическую функцию.

Ну, а если мы вместо реле времени установим фотореле, реагирующее на фактическую освещенность в аудитории, то получим простейшую систему автоматического управления освещением в аудитории (третья стадия).

Однако рассмотренная система будет работать независимо от того, ночь сейчас или день, имеются ли в аудитории студенты или их нет, и т. п. Полная автоматизация управления освещением может быть получена лишь при добавлении каких-либо устройств, фиксирующих, например, наличие в аудитории студентов (четвертая стадия).

Заключая краткое рассмотрение законов развития техники обратим внимание на тот факт, то переход к очередной стадии возможен лишь при достижении необходимого научно-технического уровня (в нашем примере: есть реле времени при переходе на вторую стадию; есть еще и фотореле – при переходе на третью стадию; появились надежные устройства для контроля наличия студентов в аудитории – при переходе на четвертую стадию). И, конечно, разработка, изготовление, установка и организация технического обслуживания той или иной системы должны обосновываться результатами анализа необходимых затрат (в общем случае – результатами оценки социально-экономической целесообразности проведения и внедрения конкретной разработки).

1.2. Классификация инженерных задач. Примеры рутинных (нетворческих) и творческих инженерных задач

В своей профессиональной деятельности инженер должен решать разнообразные задачи, которые в настоящем пособии названы инженерными.

Достаточно большое число таких задач являются нетворческими, четко определенными, рутинными. Рутинная задача в общем случае является формализованной, имеет четкую постановку, определенный метод решения, однозначный и в первом приближении предсказуемый результат. Очевидные, наиболее простые примеры рутинных задач (РЗ): выполнение вычислений по определенному алгоритму или методу; детальная разработка проекта по уже утвержденным рекомендациям; расчеты экономической эффективности по известной методике. РЗ не тре-

буют от инженера особого творчества в процессе их решения, к тому же большинство РЗ хорошо поддаются алгоритмизации с последующим решением на ЭВМ.

Напротив, есть другая группа задач, далее называемых творческими задачами (ЗТ), они отличаются: нетривиальностью хода решения; многозначными в принципе результатами; нечетко сформулированной поначалу постановкой задачи. В математике такие задачи называют нестандартными, подчеркивая отсутствие общих правил их решения.

Среди творческих особое место занимают изобретательские задачи (ИЗ), ориентированные на создание новой, зачастую не имеющей аналогов продукции. Именно в ходе решения изобретательских задач проявляется основное отличие инженерной деятельности от научной, о чем образно сказал один из корифеев науки: «Ученый изучает то, что существует, а инженер-изобретатель создает то, что еще никогда не было».

Методам решения ИЗ будет посвящена четвертая глава настоящего пособия. Естественно, что при этом будут в принципе полезны все сведения, приводимые в первой главе пособия, тогда как отбор таких сведений должен проводиться с учетом специфики конкретной изобретательской задачи. Пока же ограничимся ссылкой на великого физика – А. Эйнштейна, который говорил: «...Без знания нельзя изобретать, как нельзя слагать стихи, не зная языка...» [1.2].

Часть именно этих знаний читатель почерпнет в 1 главе пособия.

Обращаем внимание читателей на размытость границ между РЗ и ЗТ, тем более что многие задачи могут (в зависимости от дополнительных требований технического задания на конкретную разработку, уровня проработанности соответствующего алгоритмического и программного обеспечения, квалификации инженера-разработчика и т. п.) выступать как в роли РЗ, так и в роли ЗТ. Соответствующие примеры приведены ниже в виде сквозных задач, к которым мы будем неоднократно возвращаться в ходе изложения тех или иных вопросов нашего курса.

Задача № 1

Большинству студентов АВТФ, ЭЛТИ, ЭФФ, ФТФ известно, что индуктивность дросселя переменного тока, электромагнитного реле и вообще любого элемента автоматики, выполненного на магнитной системе с достаточно большим немагнитным зазором, определяется по формулам:

$$L = \frac{W^2}{R_{m\Sigma}} = W^2 G_{m\Sigma}; \quad (2.1)$$

$$G_{m\Sigma} = \sum (G_0, G_B, G_P), \quad (2.2)$$

где W – число витков обмотки; $R_{m\Sigma}$ – суммарное магнитное сопротивление магнитной цепи; $G_{m\Sigma}$ – суммарная магнитная проводимость магнитной системы, являющаяся сложной функцией основной проводимости немагнитного зазора G_0 , проводимости рассеяния G_P и проводимости выпучивания G_B .

Определяющей здесь является проводимость G_0 , которая может быть легко рассчитана по формулам

$$G_0 = \frac{\mu_0 S_\delta}{\delta}; \quad \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}, \quad (2.3)$$

если известны: немагнитный зазор δ ; площадь немагнитного зазора S_δ ; магнитная постоянная μ_0 .

В ряде справочных пособий описаны методы, позволяющие при известном зазоре δ и его площади S_δ для магнитной системы известной конфигурации найти проводимости G_B и G_P и, в конце концов – проводимость $G_{m\Sigma}$ [1.3].

Таким образом, очень часто встречающаяся инженерная задача – найти индуктивность электромагнитного элемента автоматики, выполненного на магнитопроводе с известными размерами, в первом приближении решается однозначно, в лоб:

Известны: размеры и конфигурация магнитной системы; число витков	}	находим \rightarrow	<table border="0"> <tr> <td style="vertical-align: middle; font-size: 3em;">}</td> <td style="vertical-align: middle;"> <table border="0"> <tr> <td style="vertical-align: middle;">G_B</td> <td style="vertical-align: middle;">находим $\rightarrow G_{m\Sigma}$ по (2.2);</td> </tr> <tr> <td style="vertical-align: middle;">G_0</td> <td style="vertical-align: middle;">рассчитываем индук-</td> </tr> <tr> <td style="vertical-align: middle;">G_P</td> <td style="vertical-align: middle;">тивность по (2.1)</td> </tr> </table> </td> </tr> </table>	}	<table border="0"> <tr> <td style="vertical-align: middle;">G_B</td> <td style="vertical-align: middle;">находим $\rightarrow G_{m\Sigma}$ по (2.2);</td> </tr> <tr> <td style="vertical-align: middle;">G_0</td> <td style="vertical-align: middle;">рассчитываем индук-</td> </tr> <tr> <td style="vertical-align: middle;">G_P</td> <td style="vertical-align: middle;">тивность по (2.1)</td> </tr> </table>	G_B	находим $\rightarrow G_{m\Sigma}$ по (2.2);	G_0	рассчитываем индук-	G_P	тивность по (2.1)
}	<table border="0"> <tr> <td style="vertical-align: middle;">G_B</td> <td style="vertical-align: middle;">находим $\rightarrow G_{m\Sigma}$ по (2.2);</td> </tr> <tr> <td style="vertical-align: middle;">G_0</td> <td style="vertical-align: middle;">рассчитываем индук-</td> </tr> <tr> <td style="vertical-align: middle;">G_P</td> <td style="vertical-align: middle;">тивность по (2.1)</td> </tr> </table>	G_B	находим $\rightarrow G_{m\Sigma}$ по (2.2);	G_0	рассчитываем индук-	G_P	тивность по (2.1)				
G_B	находим $\rightarrow G_{m\Sigma}$ по (2.2);										
G_0	рассчитываем индук-										
G_P	тивность по (2.1)										

В этом случае мы имеем дело с типично рутинной задачей, которая сравнительно легко может быть решена как вручную, так и с помощью ЭВМ.

Однако если эта же задача будет сформулирована несколько иначе – «необходимо найти зазор δ , обеспечивающий получение вполне определенной индуктивности дросселя $L_{1\text{зад}}$ при известной магнитной системе» то мы получаем типичную творческую задачу. Действительно, проводимости G_B и G_P нелинейно связаны с размером δ , да и сечение немагнитного зазора S_δ нелинейно зависит от δ , поэтому разработчику придется использовать, например, метод «проб и ошибок» – то есть несколько раз, при нескольких зазорах δ' , δ'' ... рассчитывать индуктивности L'_1, L''_1 ... по процедуре (2.1), все время сравнивая L'_1, L''_1 ... с $L_{1\text{зад}}$. Конечно, такой расчет можно организовать и на ЭВМ, но вопросы сходимости процедур расчета и их точности должны дополнительно исследоваться разработчиком.

Задача № 2

Известно, что если отказ хотя бы одного элемента системы приводит к отказу всей этой системы, то такое соединение в логической схеме расчета надежности называют последовательным. При отсутствии резервирования, когда все элементы системы однотипны и подчиняются одному и тому же закону распределения вероятностей безотказной работы $p(t)$, полная вероятность безотказной работы системы из n элементов определяется по формуле

$$P_{noc. n}(t) = P^n(t).$$

Аналогично, при параллельном соединении m элементов (и тех же допущениях)

$$P_{noc. n}(t) = 1 - [1 - p(t)]^m.$$

Ясно, что расчет надежности сколь угодно сложной системы, имеющей только последовательное или параллельное соединение элементов, не представляет творческих трудностей. Поэтому соответствующие задачи будут рутинными.

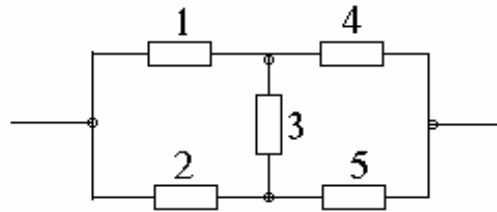


Рис. 1.1

Расчет надежности системы с мостовой структурой из пяти одинаковых по надежности элементов (см. рис. 1.1) является более сложной, но по-прежнему рутинной задачей.

Действительно, используя прямой перебор всех состояний, когда система остается работоспособной (при пяти вариантах отказа по одному элементу, при восьми вариантах отказа двух элементов, при двух вариантах отказа трех элементов) имеем:

$$P_M(t) = p^5(t) + 5p^4(t) [1 - p(t)] + 8p^3(t) [1 - p(t)]^2 + 2p^2(t) [1 - p(t)]^3.$$

Однако, если задача сформулирована по-другому – определить необходимую вероятность безотказной работы каждого элемента при заданной вероятности безотказной работы системы из n (при последовательном соединении), m (при параллельном соединении) и $5^{\text{ти}}$ (при мостовой структуре), то в первых – двух случаях решение по-прежнему очевидно:

$$p_{noc}(t) = [p_{noc. n}(t)]^{1/n}; p_{nap}(t) = 1 - [1 - p_{nap. m}(t)]^{1/m},$$

тогда как в третьем случае задачу «в лоб» не решить, и она переходит в разряд творческих.

Задача № 3

Известно, что одним из путей повышения надежности элемента является его тренировка, то есть испытания в течение определенного времени (пример тренировки ламп накаливания каждый студент может увидеть в районе Томского электролампового завода). После испытаний в систему устанавливаются только те элементы, которые не отказали за время тренировки.

Весьма важно найти оптимальный режим тренировок, то есть такое время t_m , после которого вероятность безотказной работы элемента $p(t)$ в течение заданного времени t была бы максимальной. Так как средняя интенсивность отказов

$$\lambda_{cp} = \frac{1}{t} \int_{t_T}^{t_T+t} \lambda(t) dt ,$$

то, минимизируя λ_{cp} , мы тем самым максимизируем $p(t)$. Для этого берут производную от λ_{cp} по t_m и приравнивают ее нулю

$$\frac{1}{t} [\lambda_{cp}(t + t_m) - \lambda_{cp}(t_T)] = 0 , \tag{2.4}$$

$$\text{откуда } \lambda_{cp}(t + t_m) = \lambda(t_m).$$

Не останавливаясь на исследовании достаточного условия существования минимума λ_{cp} , рассмотрим пути решения уравнения (2.4) при известной зависимости $\lambda(t)$. На рис. 1.2 приведена, для примера, такая зависимость, которую легко построить для конкретного элемента по табличным данным о $\lambda(t)$. Для определения оптимальной величины времени тренировки можно, например, аппроксимировать график $\lambda(t)$ какой-либо аналитической функцией и затем определить $t_{m \cdot opt}$ по формуле (2.4).

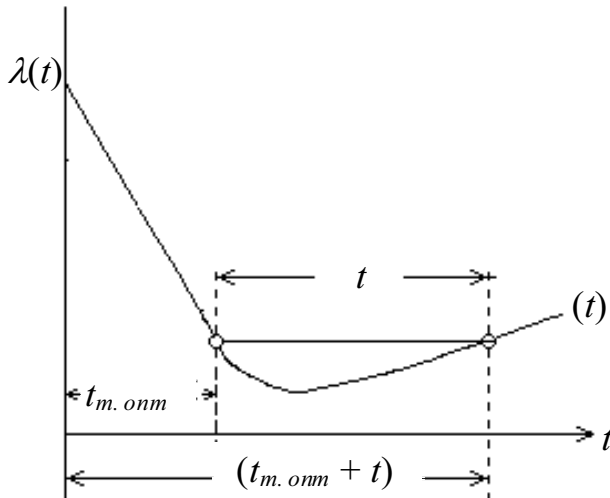


Рис. 1.2. Определение оптимального времени тренировки

Ясно, что такой путь решения задачи делает ее творческой (хотя бы потому, что надо наилучшим образом провести аппроксимацию графика $\lambda(t)$ конкретного элемента).

Задача № 4

Известно, что периодический несинусоидальный сигнал $\varphi(t)$ наилучшим образом может быть описан с помощью дискретного преобразования Фурье суммой постоянной составляющей A_0 и бесконечного ряда кратных гармоник с частотами f_k , амплитудами A_{km} и начальными фазами Ψ_k :

$$\varphi(t) = A_0 + \sum_{k=1}^{\infty} A_{km} \sin(k\omega_1 t + \Psi_k); \quad \omega_1 = 2\pi f_1.$$

Известны ряд хорошо отработанных программ, реализующих дискретное разложение Фурье, причем от пользователя не требуется особых знаний и творчества при использовании этих программ в инженерной практике. Имеем пусть трудоемкую, но типично рутинную задачу, часто встречающуюся при обработке результатов тех или иных экспериментальных исследований.

Задача переходит в разряд творческих и в лоб, к сожалению, не решается, если будет сформулирована несколько иначе: «Найти реально существующие в исследуемом сигнале спектральные составляющие, причем период сигнала неизвестен». В рассматриваемом случае нас, в первую очередь, интересует описание не результирующей функции $\varphi(t)$, а ее истинного спектрального состава. Поэтому задача переходит в разряд творческих и в лоб, к сожалению, не решается.

Задача № 5

Требуется определить вес (G) каждого из трех тел (A , B и C) с максимально возможной точностью на весах, имеющих начальное показание U_0 (это по сути, ошибка измерения, обусловленная неточностью весов).

Решение такой задачи очевидно: надо провести три взвешивания, зафиксировать показания весов Y_A , Y_B , Y_C ; рассчитать «точные» веса каждого из тел

$$G_A = Y_A - Y_0; \quad G_B = Y_B - Y_0; \quad G_C = Y_C - Y_0.$$

Точность взвешивания можно оценить с помощью дисперсии $D(x) = \sigma^2$ (см. п. 2.2) одного взвешивания (одного измерения). Тогда погрешность каждого измерения будет $D(A) = D\{Y_A - Y_0\} = 2\sigma^2$. Аналогично $D(B) = 2\sigma^2$; $D(C) = 2\sigma^2$. Рассмотренная задача, естественно, является рутинной.

Однако если нас не устраивают полученные погрешности измерения – надо думать, творить – искать пути уменьшения погрешностей. В этом случае задача становится скорее творческой, чем рутинной (см. продолжение рассмотрения этого примера в п. 2.2).

Задача № 6

Первые магнитные усилители изготавливались на Ш-образных магнитопроводах (на среднем стержне – обмотка управления; на двух боковых стержнях – рабочие обмотки). Однако такое конструктивное решение достаточно нетехнологично (трудны настройка и регулировка для снижения наводимого переменного тока в цепи управления); существенно осложняются конструкторские задачи по обеспечению хорошего теплового режима обмоток усилителя.

Задача явно творческая и хотя ее решение в принципе известно (например, из курса «Элементы автоматики») – рассмотрение «выхода» на идею новой конструкции магнитного усилителя будет, на наш взгляд, поучительным.

Задача № 7

Выпрямители широко используются в составе ряда систем и устройств автоматики, поэтому задачи уменьшения их массогабаритных показателей и повышения качества выпрямленных напряжений и токов (уменьшение переменных составляющих на выходе выпрямителя) весьма актуальны до сих пор. Как правило, для решения поставленной задачи между выпрямителем и нагрузкой устанавливают сглаживающие индуктивно-емкостные LC-фильтры, масса и габариты которых существенно влияют на технико-экономические показатели выпрямительного устройства в целом. Особенно сильно это проявляется при больших токах и низких напряжениях (случай низкоомной нагрузки выпрямителя), так как при этом требуется недопустимо большая емкость конденсатора сглаживающего фильтра.

Разработка новых схемо-конструкторских решений для выпрямителя с фильтром является, несомненно, задачей творческой и будет нами продолжена в главе 5.

Задача № 8

Одной из проблем, с которой приходится сталкиваться разработчикам простейших систем дистанционного управления, является проблема контроля исправности линии связи и факта получения посланной команды на приемном пункте.

Традиционным является решение, представленное на рис. 1.3.

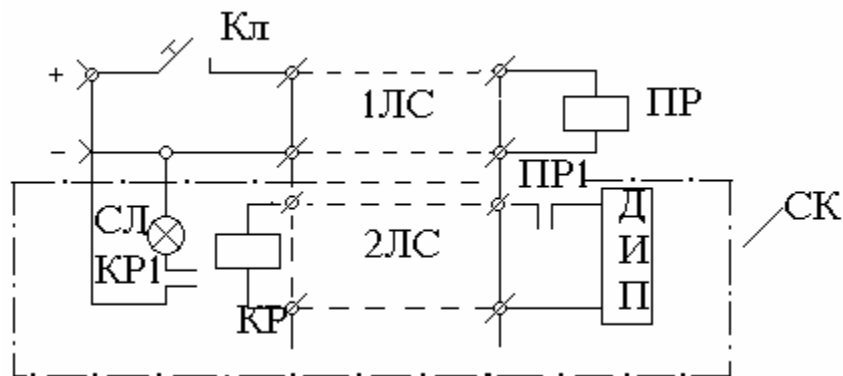


Рис. 1.3

Здесь при нажатом ключе Кл сигнал постоянного тока подается через линию связи 1ЛС к приемному реле ПР. И если этот сигнал «дошел» до ПР – оно срабатывает и через один из своих контактов подает сигнал контроля от дополнительного источника питания ДИП на контрольное реле КР. Сигнальная лампа СЛ извещает: сигнал управления на приемном конце принят. Рассмотренная схема контроля (СК) вполне работоспособна, однако требуется иметь: свободный контакт приемного реле; дополнительный источник питания (ДИП); дополнительную двухпроводную линию связи (2ЛС). Стоит инженерная задача – разработать схемные решения, позволяющие уменьшить суммарные затраты и, главное, исключить необходимость в дополнительных узлах и элементах (2ЛС, ПР1 и ДИП). Задача явно творческая. Ее рассмотрение будет продолжено ниже (см. гл. 5).

Задача № 9

Известны ряд способов (и устройств для их реализации) контроля и диагностирования штанговых поршневых насосов, широко используемых на нефтепромыслах. Однако большинство решений на основе принципов динамометрирования требуют больших затрат на установку и регулярное техническое обслуживание датчиков хода поршня и усилий на штоке насосов. К тому же весьма неточно определяется уравновешенность станка-качалки штанговой насосной установки, что приводит к росту потребляемой насосом активной электрической энергии. Весьма перспективным является переход к контролю и диагностированию таких насосов по тем или иным параметрам ваттметрограмм (зависимостям потребляемой активной насосом мощности от положения поршня) или фазовым кривым (зависимостям скорости изменения этой мощности), но неизвестны наиболее информативные параметры указанных выше решений и, тем более, не найдены решающие правила для

постановки диагнозов «норма», «авария», «уравновешен», «неуравновешен».

В гл. 5 будут рассмотрены несколько примеров решения сформулированной творческой задачи.

Задача № 10

Повышение требований к качеству функционирования технологических процессов, питаемых от источников переменного тока, вызвало необходимость разработки и внедрения на разнообразных производствах с потребителями электроэнергетики переменного тока систем (устройств) бесперебойного электропитания (СБЭ).

Существует два принципиально разных варианта построения СБЭ:

- СБЭ с коммутационным устройством (КУ);
- СБЭ с параллельным подключением источников питания (ИП) к общей нагрузке.

В первом варианте к нагрузке в любой момент времени подключен только один из источников питания. В случае его отказа КУ переключает нагрузку на резервный ИП. Процесс переключения сопровождается кратковременным обесточиванием нагрузки, длительность которого зависит и от качества КУ и от свойств нагрузки.

Во втором варианте одноименные полюсы источников питания объединяются и подключаются к нагрузке. В этом случае КУ исключается из цепи нагрузки и, следовательно, отказ любого из ИП СБЭ не приводит к обесточиванию нагрузки. Однако, наряду с существенным достоинством второго варианта имеет место недостаток: различие источников питания СБЭ, пусть даже незначительное, приводит к возникновению выравнивающих токов, которые из-за низких внутренних сопротивлений ИП могут достигать больших значений (что является недопустимым в любых системах электропитания). Отметим, что первый вариант КУ исключает такие аварийные режимы.

В системах электропитания постоянного тока для исключения выравнивающих токов используются элементы с направленной проводимостью – диод, транзистор, тиристор и т. д. Для систем переменного тока подобные элементы неизвестны.

В связи с вышесказанным стоит творческая (далеко не рутинная!) задача – найти решения, аналогичные СБЭ постоянного тока, для СБЭ переменного тока с параллельным подключением ИП к общей нагрузке. Эта тематика обсуждается ниже, в главе 5.

Задача № 11

Известно, что для защиты от воздействия внешней среды и увеличения механической прочности печатные платы различной электронной аппаратуры заливают эпоксидной смолой. Однако при затвердевании смолы происходит ее усадка (уменьшение объема), вследствие чего происходят повреждения платы – разрывы проводящих дорожек и (или) выводов радиоэлементов. Стоит задача, бесспорно творческая – найти пути устранения отмеченных недостатков при производстве печатных плат.

Завершая рассмотрение нескольких задач, частично рутинных, но в основном – творческих, приведем краткие сведения о детально обсуждаемых в настоящем пособии творческих задачах, в том числе – изобретательских (см. табл. 1.2).

Таблица 1.2

Номер задачи в п. 1.2	Суть задачи	П.п. пособия, где описывается решение		
		Продолжение 1	Продолжение 2	Продолжение 3
1	Найти немагнитный зазор, обеспечивающий получение заданной индуктивности	п. 2.4	–	–
4	Определить спектральные составляющие периодического несинусоидального сигнала при неизвестном периоде сигнала	п. 2.5	–	–
5	Повысить точность взвешивания каждого из трех грузов (тел)	п. 2.2	–	–
6	Повысить технологичность изготовления (в том числе – процесса сборки и настройки) нереверсивного магнитного усилителя	п. 5.1.1	–	–
7	Улучшить технико-экономические показатели источника вторичного электропитания – однофазного выпрямителя со сглаживающим фильтром	п. 5.1.2	п. 5.1.3	
8	Обеспечить контроль исполнения команды «включить» в системе дистанционного управления двухпозиционным объектом при отсутствии «лишней» пары проводов (жил кабеля)	п. 5.1.4	п. 5.1.5	–

Продолжение табл. 1.2

Номер задачи в п. 1.2	Суть задачи	П.п. пособия, где описывается решение		
		Продолжение 1	Продолжение 2	Продолжение 3
9	Разработать способ диагностирования штангового поршневого насоса по ваттметрограмме или фазовой кривой	п. 5.1.7	п. 5.1.8	п. 5.1.9
10	Применительно к требованиям обеспечения бесперебойного электропитания аппаратуры автоматики разработать патентоспособное техническое решение для систем переменного тока	п. 5.1.6	–	–
11	Разработать пути устранения повреждений радиоэлектронных плат в технологическом процессе их изготовления	п. 4.4	–	–

1.3. Алгоритмические и эвристические методы поиска новых решений

Широко известный принцип алгоритмизации, заключающийся в использовании при решении той или иной задачи строгой последовательности четких, однозначных и непротиворечивых указаний – советов, очень полезен при поиске новых решений. При этом, даже если используется перебор нескольких вариантов, все они просматриваются до конца. Ясно, что жесткость алгоритма зачастую вступает в противоречие с желанием ускорить решение задачи, отбросить один или несколько возможных вариантов без детального их рассмотрения.

Так, для примера, при умножении двухзначных чисел 85 на 49 по знакомому со школьных времен алгоритму, мы должны будем проделать в уме ряд операций:

1) запомнить исходные данные; 2) удерживая их в памяти, произвести перемножение ($5 \times 9 = 45$); 3) затем перемножить 8×9 и запомнить результат – 72; 4) найти сумму $45 + 720 = 765$; 5) запомнить новые данные $85 \times 9 = 765$; 6) затем аналогично производим операции перемножения и суммирования ($5 \times 4 = 20$), ($8 \times 4 = 32$), ($20 + 320 = 340$), после чего запоминаем результат 320, удерживая при этом в уме результат 765; 7) окончательно суммируем два промежуточных результата и получаем: $765 + 3400 = 4165$.

Обращает на себя внимание большая загрузка памяти лица, решающего рассматриваемую задачу. И это неслучайно – мы использовали не лучший из известных алгоритмов. Действительно, рассматриваемая задача может быть решена по-другому: $85 \times 49 = (85 \times 50) - 85 = [(85 \times 100) : 2] - 85$. А может быть более эффективным будет третий алгоритм: $85 \times 49 = 85 \times 7 \times 7$?

Другими словами, от использования единого и однозначного алгоритма мы зачастую переходим к использованию других алгоритмов; при этом выбор того или иного алгоритма зависит от конкретных значений перемножаемых цифр и не может быть жестко определен заранее. В таких случаях мы должны обратиться к эвристическим методам, когда определяющее значение имеют ассоциативные способности решающего ту или иную задачу, его интуитивное мышление и способы управления мышлением.

Термин «эвристика» ввел в III веке н.э. греческий математик Папп Александрийский, понимая под эвристикой науку о решении творческих задач. Одним из горячих сторонников эвристических подходов был американский математик Д. Пойа; его работы, например [12, 11], хорошо известны в России. В пору интенсивного привлечения вычислительной техники к решению творческих задач было ряд попыток заставить ЭВМ просматривать не все, а наиболее интересные (по тем или иным эвристическим «признакам») варианты решения задачи. К сожалению, особых успехов эвристическое программирование пока не продемонстрировало, что, на наш взгляд, не случайно. Ведь эвристический метод опирается на ряд алгоритмических приемов, выбор которых нечетким образом зависит от исходных данных.

Зачастую при поиске новых решений используются правила рационального мышления, по существу являющиеся обобщением алгоритмов и эвристик. Хорошим примером определенной системы правил, полезных при поиске новых решений, являются правила Декарта. Из сформулированных им 18-ти правил наиболее интересными и общезначимыми являются:

- (1) *Не спешить с выводами!*
- (2) *Делить затруднения на максимальное число составляющих!*
- (3) *При всех исследованиях (рассуждениях) придерживаться всегда определенного порядка – двигаться от простого к сложному!*
- (4) *Неуклонно составлять (чтобы потом анализировать и обобщать!) подробные перечни возможных решений, не спешить сразу отбрасывать те из них, которые выглядят проигрышными!*

Одним из простейших эвристических методов, направленных на упорядочение хода мышления и поиска решения в сравнительно простых ситуациях является метод элементарных вопросов. Здесь используется набор сравнительно простых и очевидных, но, тем не менее, – важных вопросов типа: что? где? почему? на что похоже; для чего? каким образом? и т. п.

Еще в Риме в 1 веке нашей эры Квинтиллион сформулировал семь вопросов для уточнения любой задачи (см. табл. 1.3)

Таблица 1.3

Вопросы	Кто?	Что?	Где?	Когда?	Чем?	Как?	Почему?
кому на- правле- ны	субъекту	объекту	месту	времени	средству	способу	причина либо цели

Образно сказал о пользе вопросов английский писатель Р. Киплинг:

«Есть у меня шестерка слуг проворных, удалых,
И все что вижу я вокруг все знаю я от них.
Они по знаку моему являются в нужде
Зовут их: *как и почему, кто, что, когда, и где*»

Особенно полезно использовать сопоставление вопросов и ответов на них при решении изобретательских задач (см. главы 4 и 5).

1.4. Метод проб и ошибок

Это наиболее старый (традиционный) метод, суть которого заключается в том, что при решении любой поставленной задачи индивидуум выдвигает те или иные варианты решения задачи и оценивает получаемые результаты. Если вариант не дал ожидаемого варианта – он берет другое решение. Понятно, что оно рождается в результате интуиции и зависит от опыта индивидуума. Решение анализируется и если вариант не дает ожидаемого варианта, то вновь индивидуум ищет решения и так – до получения желаемого варианта. В конце концов, есть предел творческому поиску и индивидуум разочаровавшись, машет рукой на поставленную задачу...

Ясно, что этот стандартный метод решения творческих задач парадоксально неэффективен.

Создатель теории решения изобретательских задач (ТРИЗ) Г.С. Альтшуллер писал: «...Он главный виновник задержки изобретений. Самый страшный враг человечества – это тот нерациональный метод мышления, который именуется «героикой творческого труда», которому поют дифирамбы и который считается столь же неотъемлемым свойством изобретателя, как борода у попа, как облака на небе, как пят-

на на Солнце. Метод проб и ошибок – своеобразный идол творческого труда. Я не очень-то разбираюсь в вероисповеданиях и не знаю бывают ли идолы добрыми. Однако я знаю совершенно точно: из всех самых злых идолов, когда-либо придуманных людьми, метод проб и ошибок самый кровожадный – это злейший враг человечества» [13].

Характерный пример применения метода проб и ошибок – поиск Т. Эдисоном материала для нити электрической лампочки накаливания. Его группой испытывались методом случайного поиска различные материалы и их сплавы, обугленные нити из шерсти, шелка, картона, бумаги, бамбука и т. п. Другими словами, можно говорить о методе Эдисона – «чем труднее задача, тем большее количество людей направляется на поиски подходящего решения – авось повезет!?!»

1.5. Системный подход к поиску новых решений

Необходимость системного подхода к решению любых задач разработки новой техники или технологии покажем на простом примере решения задачи об организации производства электродвигателей.

С точки зрения завода-изготовителя «идеальным» будет двигатель с минимальной трудоемкостью изготовления и с минимальной металлоемкостью (суммарный расход черных металлов и обмоточного провода минимален). Однако с точки зрения потребителей важна не только стоимость электрической машины, но и стоимость ее эксплуатации. Вполне возможно, что при использовании двигателя минимальной стоимости за год-два его эксплуатации будет потеряна та экономия, которую получил покупатель при покупке «идеального» (с позиций изготовителя) двигателя.

В общем случае необходим системный подход, предполагающий рассмотрение ТО как системы, имеющей многообразные связи между элементами ТО. В первом приближении основные идеи системного подхода сводятся к ряду правил [4, 14].

1. Задача создания того или иного ТО должна рассматриваться не изолированно, а с учетом задач использования разрабатываемого ТО в той или иной системе. *Правило иерархичности* требует рассматривать каждый элемент системы тоже как систему, входящую в более широкую надсистему.

2. *Правило целостности* обращает внимание разработчика на тот факт, что свойства системы не сводятся к сумме свойств ее элементов; из свойств элементов нельзя вывести (определить) свойства системы. Иначе – «целое всегда больше суммы составляющих его частей».

3. *Правило структурности* указывает на необходимость описывать систему определением ее структуры – сети связей и отношений систе-

мы; при этом в силу сложности системы для ее полного понимания необходимо построение различных моделей, каждая из которых описывает лишь одну из сторон системы (*правило множественности описания системы*).

4. *Правило взаимозависимости системы и среды* обращает наше внимание на то, что система проявляет свои свойства в процессе взаимодействия со средой, являясь активным элементом взаимодействия.

На рис. 1.5, а приведена, для примера, модель связей сложной системы из 12-ти ТО. Здесь трудно уяснить взаимосвязи различных ТО и возможность упрощения модели. Однако исходя из правила структурности целесообразно искать более удобную (простую, в виде более знакомых нам геометрических фигур) модель. И такая работа будет оправданной. На рис. 1.5, б показана другая из возможных моделей, описывающих нашу систему из 12-ти ТО.

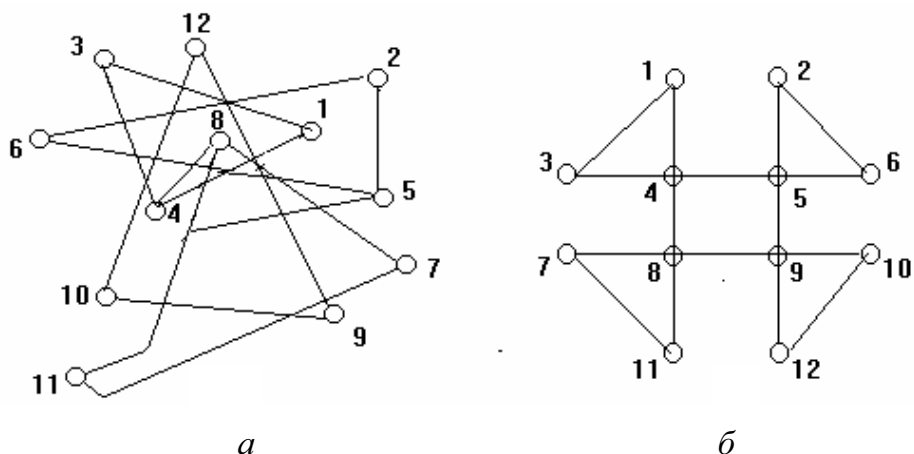


Рис. 1.5. Две модели для одной и той же системы из 12-ти ТО

В развитие всего вышесказанного рассмотрим применение системного подхода при функционально-стоимостном анализе (ФСА), под которым понимают один из методов организации производственной, инженерной или хозяйственной деятельности, базирующийся на процедурах, позволяющих повысить творческий потенциал и эффективность работы участников упомянутой деятельности. Суть ФСА состоит в комплексном технико-экономическом исследовании функций и параметров тех или иных объектов (изделий, материалов, продуктов труда, технологических процессов, производственных и управленческих структур и т. п.) с целью минимизации затрат при сохранении или, лучше, повышении качества исполнения ими своих функций и увеличения их полезности для потребителей.

Другими словами – ФСА решает задачу достижения оптимального соотношения между потребительскими свойствами исследуемой системы и затратами на реализацию этих свойств. В литературе даны подробные рекомендации по проведению ФСА в тех или иных отраслях промышленности. В большинстве случаев используются 7 основных этапов ФСА:

- На подготовительном, информационном, аналитических этапах проводится функционально-стоимостная диагностика объекта; уточняются решаемые задачи и рассматриваются различные варианты их решения.
- На творческом этапе решаются поставленные задачи; проверяется эффективность их решения.
- На исследовательском этапе уточняются, при необходимости, все или часть принятых решений
- На этапах оформления разработки рекомендаций и внедрения ведется реализация предлагаемых решений и документируются полученные результаты

Нетрудно заметить, что ФСА занимается именно сложной системой «изделие – его потребитель – расход энергии и исходных материалов – и т. д.». При этом во взаимосвязи используются различные виды системного анализа:

- 1) компонентный (объект рассматривается как система, состоящая из подсистем и, в свою очередь, входящая в надсистему);
- 2) структурный (определяются связи между компонентами системы);
- 3) параметрический (устанавливает качественные пределы развития объекта на основе выявления технических и физических противоречий);
- 4) генетический (исследование объекта на соответствие законам развития технических систем по результатам рассмотрения истории развития объекта, конструкции, технологии изготовления, серийности выпуска, требуемых материалов и т. п.)

1.6. Классификационный подход к поиску новых решений. Морфологический ящик

Классифицирование является одним из важнейших компонентов творческой деятельности и может дать толчок развитию исследований в соответствующей области знаний (напомним, например, периодическую систему элементов Менделеева Д.Н.).

Под классификацией, в общем случае, понимается разбиение множества объектов на подмножества по любым признакам. Так, например, среди физиков была популярна классификация зануд, предложенная Л. Ландау еще в студенческие годы. «Первый класс – гнусы (грубияны, скандалисты, драчуны. Второй – моралинники (выделяют «продукт» морали – моралин). Третий – постники (с недовольным, постным лицом). Четвертые – обидчивые (всегда на кого-либо в обиде)» [1.4].

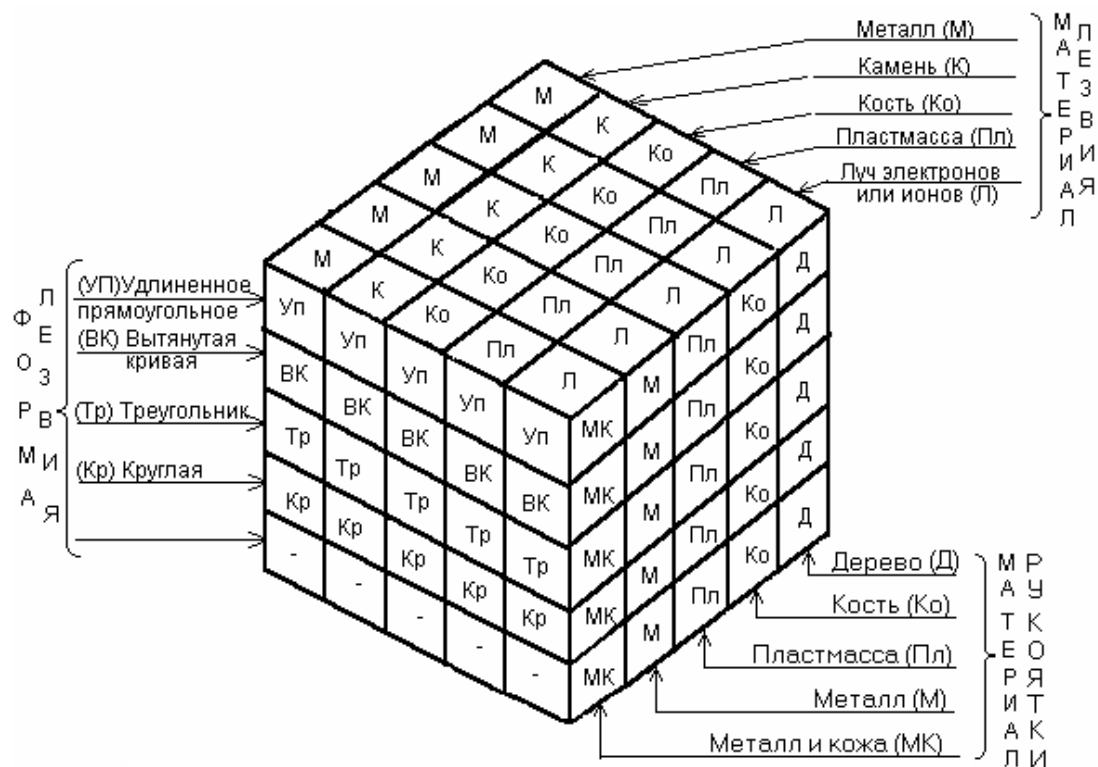


Рис. 1.6. Морфологический ящик для выбора ТР изделия
«нож для пищевых продуктов»

При поиске новых решений полезно проникнуть в морфологию (состав и структуру) того или иного ТО или группы ТО в системе. Термин «морфология» в науку ввел Иоганн Гете в ходе изучения формы и строения растений и животных. Он говорил: «...Морфология делает своим главным предметом то, что в других науках трактуется при случае и мимоходом, собирая то, что там рассеяно...» В тридцатые годы XX века

швейцарский (потом – американский) астроном Ф. Цвикки предложил использовать морфологический анализ при выборе лучшего конструктивного решения из ряда анализируемых. В 1942 году он продемонстрировал плодотворность использования комбинаторики при поиске новых ТР для ракет. Он же дал рекомендации о порядке проведения морфологического анализа на основе морфологического ящика. Такой ящик приведен на рис. 1.6. Продемонстрируем его использование для решения сравнительно простой задачи – выбрать перспективный вариант изделия «нож для пищевых продуктов». При этом в принципе можно получить

$$5 \times 5 \times 4 = 100$$

возможных комбинаций, среди которых по тем или иным критериям найдется и наиболее перспективное (на момент проведения анализа, с учетом наличия конкретных материалов, их себестоимости и т. п.!) решение.

На рис. 1.7 из [15] в компактной форме приведены особенности, достоинства и недостатки морфологического анализа.

В работах [7, 16] приведено несколько примеров поиска улучшенного ТР с помощью морфологического метода.

В нашем случае даже при беглом анализе просматривается перспективность решения с минимальным разнообразием исходных материалов (М – М или Пл – Пл или Ко – Ко), однако окончательный выбор требует проведения детальной проработки технико-экономических обоснований того или иного варианта.



Рис. 1.7. Морфологический ящик

1.7. Методы мозгового штурма (мозговой атаки)

В ходе решения различных творческих задач неоднократно отмечалась плодотворность коллективных обсуждений той или иной проблемы, появление в этом случае цепной реакции идей, приводящая к интеллектуальному «взрыву».

Именно поэтому в одном из американских руководств по методу мозгового штурма (ММШ) говорится: «99 % Ваших конструктивных идей возникает подобно электрической искре при контакте с мыслями других людей». До сегодня феномен ММШ должным образом не объяснен, но хорошая эффективность этого эвристического метода предопределила его широкое использование на практике.

Впервые ММШ четко определил, использовал и описал в своих публикациях американский рекламщик, репортер, учитель, морской офицер А. Осборн в ходе усовершенствования метода «проб и ошибок» (этот метод, кстати, неосознанно используется и рядом наших студентов, не желающих серьезно изучить методику решения той или иной задачи и надеющихся «на авось»).

Брейнсторминг (мозговой штурм), предложенный Осборном, возводит «бестолковость» поисков в принцип, но компенсирует это количественным путем – задачу штурмуют группой; часть решающих (фантазеры) предлагают идеи, зачастую фантастические; затем «аналитики» (скептики) анализируют идеи и отбирают из них перспективные. Сегодня общепризнано, что ММШ являются весьма универсальными, позволяющими рассматривать любые проблемы или затруднения в сфере человеческой деятельности.

Наиболее прост и очевиден прямой метод мозгового штурма (ПММШ), требующий перед началом обсуждения четкой формулировки двух моментов: 1 – «что желательно получить в итоге обсуждения»; 2 – «что мешает получению желаемого». Творческая группа должна составлять 5–12 человек, но ... в нее не должны включаться прирожденные скептики и критиканы. Не более половины числа участников должны быть прямыми специалистами по решаемой задаче; остальные члены группы должны быть из числа специалистов-смежников (конструкторы, экономисты и т. д.); в группу должны входить «люди со стороны», не имеющие никакого отношения к обсуждаемым вопросам; желательно в группу включать и женщин, т. к. они зачастую оригинально мыслят и стимулируют дух соревнования среди мужчин.

1.8. Синтез поисковых стратегий

Под поисковой стратегией обычно понимают конкретную программу действий конкретного индивидуального или коллективного разработчика нового ТО [10]. Естественно, что приступая к решению тех или иных задач мы должны заранее ознакомиться со всем многообразием методов поиска новых решений (см. п.п. 1.2–1.5).

Однако оптимальный выбор методики поиски в каждом конкретном случае весьма затруднителен; он требует умения априорно оценить трудность решения конкретной задачи с учетом сильных и слабых сторон самих разработчиков. Во многих случаях оптимальной стратегией поиска будет такая, при которой используются различные компоненты и методы технологии поиска.

В 1961 году в США вышла книга У. Гордона «Синектика: развитие творческого воображения». Здесь слово синектика в переводе с греческого означает совмещение разнородных элементов. По существу синектика – тот же мозговой штурм, но в нем действуют синекторы – специально обученные инженеры-разработчики с высоким творческим потенциалом.

Если мозговой штурм используется при решении одной, разовой, задачи и группа собирается как сборная из специалистов и совсем посторонних лиц, то, напротив, «синектика» предполагает объединение только самых – самых знающих специалистов на постоянной основе. Судя по статьям в зарубежной печати и небольшому числу отечественных работ, синектор обычно использует при решении творческих задач четыре типа аналогий:

- прямую (например – использовать законы, «подсмотренные» у живых организмов);
- личную (разработчик должен попытаться отождествлять себя с объектом, характеристики которого надо улучшить);
- символическую (передать сущность объекта в метафоре, образно отражающую одну из его сущностей; пример «стекло – невидимая стена»);
- фантастическую (не учитывать, на первых порах, реальные ограничения).

Обучение «на синектора» должно быть сугубо индивидуальным, обычно – в форме стажировки у уже опытного синектора. При этом особое внимание должно быть уделено отработке навыков и умений: *работать* с соответствующими базами данных; системно *использовать* эвристические и компьютерные методы поиска новых решений; *понимать* особенности психологии инженерного труда; *претворять* в жизнь

принципы повышения производительности инженеров-разработчиков новой техники (см. п. 3.2).

И самое главное – как никто другой синектор должен «прислушиваться» к советам здравого смысла, исходя из памятки XIX века для инженеров:

«... ни одна инструкция не может предусмотреть всего, что должен делать инженер, поэтому господа-инженеры в своей деятельности должны руководствоваться здравым смыслом, сообразно чести и достоинству инженерного звания».

Уже в наше время написано:

«Здравый смысл – это и есть тот фундамент, который всегда необходим [1.5].

Лучше не скажешь!

1.9. Методы и средства «настройки» и «регулирования» творческой активности

Успехи в решении различных инженерных задач существенно зависят от творческой активности решающего эти задачи. К сожалению, при приеме в вузы творческие способности экзаменуемых зачастую не проверяются, да и вообще отсутствуют общепризнанные критерии разделения людей на «творческих» и «нетворческих». Только в процессе определенной профессиональной деятельности можно попытаться сделать это разделение! Более разработанными являются критерии отнесения конкретного человека именно к нетворческим личностям. Известны такие характеристики нетворческого человека:

- избегает риска;
- не верит в собственную изобретательность;
- не изучает свои недостатки;
- склонен бросать начатое дело, не закончив его;
- предпочитает традиционные подходы, не ценит творческий подход в других людях;
- подвержен стрессам;
- довольствуется своим статусом-кво, упускает возможности его изменить;
- слишком серьезно относится к возникающим идеям, предпочитая стандартные решения;
- подавляет свои эмоции;
- не способен учиться на собственных ошибках.

Авторы настоящего пособия считают, что все читатели – студенты ТПУ являются людьми творческими, поэтому им будут небезынтересны методы и средства повышения их творческой активности.

Эффективность нашей интеллектуальной деятельности очень тесно связана с психофизиологическими факторами, в частности, с нашим физическим состоянием. Неслучайно еще в древней Греции на громадной скале были высечены слова «...хочешь быть умным – бегай», а Аристотель создал школу перипатетиков, то есть гуляющих, так как такая форма занятий, по его мнению, наиболее продуктивна.

Известна тесная связь умственной деятельности с процессами дыхания; в момент концентрации внимания мы обычно задерживаем дыхание. Не случайно у йогов создана целая «школа» дыхания.

Активность умственной деятельности сильно зависит от питания, от состава используемых при еде продуктов. В некоторых случаях (под наблюдением врачей!) полезно профилактическое голодание.

Эффективность умственной деятельности также очень зависит от эмоционального состояния человека. Особенно полезны положительные эмоции – радость бытия, успешное решение предыдущей задачи, похвалы окружающих и т. п.

При проведении мозгового штурма (см. п. 1.6) полезны повышенное эмоциональное возбуждение, отсутствие критики, доброжелательное отношение экспертов при обсуждении тех или иных предложений участников штурма.

Исходя из вышесказанного, методы и средства регулирования творческой активности (настройки творческой активности) делятся на психологические, физиологические и комплексные (психофизиологические).

Так, например, в методе мозгового штурма используется коллективная форма психологической настройки. При решении изобретательских задач в процессе «раскачки» представлений об объекте незаметно подключают к процессу поиска подсознание; по существу мы имеем здесь дело с индивидуальной психологической настройкой. А если перед мозговой атакой еще организовать час танца или прогулок по лесу – получим психофизиологическую настройку, безусловно улучшающую качество решения обсуждаемых задач.

1.10. Специальное информационное обеспечение поисковых инженерных работ

Как следует из 1-го закона развития техники (см. п. 1.1), качественные скачки в развитии ТО возможны лишь при наличии определенных условий, в частности – соответствующего научно-технического уровня. Поэтому решение любой инженерной задачи, особенно изобретатель-

ской, надо начинать с анализа соответствующей научно-технической информации. Другими словами, знание работ своих предшественников, критическое рассмотрение всего комплекса информации по рассматриваемой инженерной проблеме является принципиально необходимым.

Однако с развитием наук растут Гималаи библиотек и книг в них, поиск нужной информации становится, как говорил советский физик Вавилов С.И.: «поиском крупинки золота в массе песка». Поэтому сегодня, как никогда, справедливы слова известного русского поэта Брюсова В.Я.: «Знание состоит не столько в запасе сведений, сколько в умении найти нужные сведения в книгах».

В общем случае многообразие и специфика решения именно инженерных задач, когда очень часто на начальном этапе работы даже неизвестны отрасли знаний, откуда нам понадобятся те или иные сведения, делают необходимым создание специального информационного обеспечения – фактографического, методического и программного.

Фактографическое информационное обеспечение должно, по меньшей мере, включать фонды пяти видов:

- фонд физических явлений и эффектов;
- фонд примеров разрешения технических противоречий;
- фонд оптимальных примеров решения рутинных задач;
- фонд примеров решения «стандартных» изобретательских задач;
- фонд дополнительной информации (об использовании химических объектов и биологических явлениях; по примерам с использованием новых материалов; с авторскими и предметными указателями в определенной области решения поисковых задач).

С примерами фактографического информационного обеспечения можно познакомиться в работах [1.6, 1.7, 1.8].

Методическое информационное обеспечение по методам поиска новых технических решений весьма обширно и интенсивно растет из года в год. Из наиболее фундаментальных отметим работы [8, 15, 1.7, 1.8].

Под программным информационным обеспечением при расширительном толковании понятия «программа» понимают блок-схемы всех методик поиска, имеющих более или менее фиксированную структуру связей его отдельных процедур. Как пример ориентированной на человека программы случайного поиска, укажем на списки контрольных вопросов Пойа [12, 11]. Достаточно алгоритмический характер имеют различные алгоритмы Альтшуллера Г.С. (см. главу 4).

1.11. Методы, формы организации и управления поисковой деятельностью

В СССР и потом, России использовались разнообразные формы (а значит – и методы) управления работами по разработке новой техники и повышению технико-экономических показателей уже выпускаемой научно-технической продукции.

Из чисто административных органов на большинстве предприятий обычно имелись бюро рационализации и изобретательности (БРИЗ), отдел научно-технической информации (ОНТИ), патентный отдел (ПО), отдел управления качеством (ОУК); в отдельных случаях часть этих отделов упразднено, но соответствующие группы обычно имеются в одном из подразделений при главном инженере предприятия.

Из общественных органов, регулирующих и стимулирующих творческую поисковую деятельность сотрудников того или иного предприятия, обычно имелись первичные организации общества рационализаторов и изобретателей, а также научно-технического общества соответствующей профессиональной направленности.

Сегодня часть этих подразделений и общественных организаций, занимающихся инженерным творчеством, фактически упразднены. Но по мере преодоления экономического кризиса вопросы научно-технического творчества инженерной прослойки производителей несомненно вновь оживут, а знания по технологии решения инженерных задач будут востребованы.

2. ЭКСПЕРИМЕНТЫ В ИНЖЕНЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ, ИХ ПРОВЕДЕНИЕ И ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ

2.1. Классификация и основные этапы проведения экспериментов

В подавляющем большинстве случаев решение инженерных задач связано с проведением и обработкой результатов экспериментальных исследований, выполняемых в ходе той или иной инженерной разработки на всех ее этапах – начиная с уточнения задачи и создания ее физической или математической модели и вплоть до испытаний опытного образца в лабораторных или, еще лучше, в рабочих условиях эксплуатации подобных изделия. Так, например, в авиационной промышленности до 70 % средств, выделенных на разработку, уходит на финансирование экспериментально-доводочных работ. И это вполне объяснимо. Любая теория, не подкреплённая результатами экспериментальных исследований, остается вещью в себе, не востребуется практикой. Образно сказал, и лучше не скажешь об этом, известный физик П.Л. Капица: *«Любовь – это хорошая вещь, но золотой браслет остается навсегда..., теория – это хорошая вещь, но правильный эксперимент остается навсегда»* [2.1, стр. 148].

Под термином «инженерный эксперимент» обычно понимается «отрезок информационного обмена, на котором определяются или существенно уточняются качественные характеристики объекта или же происходит определение количественных характеристик в условиях их существенной неопределенности».

Различают, в общем случае, два вида экспериментальных исследований: наблюдение и эксперимент. Если условия проведения исследований создаются естественным путем и инженеру неподвластны – имеем дело с наблюдением. Именно так надо называть проверку функционирования того или иного образца новой техники в эксплуатации в полевых условиях, при изменении температуры окружающей среды, влажности, наличии тех или иных осадков (снег, дождь), перевозке на различных транспортных средствах (изменяются условия тряски, вибрации, давления окружающей среды) и т. п.

Ясно, что при этом не удастся должным образом зафиксировать условия проведения испытаний. К наблюдениям также относят многие исследования в интересах, например, вулканологии, метеорологии, сельского хозяйства.

При проведении испытаний уже рассмотренного выше образца (измерительный прибор, источник питания, стабилизатор напряжения,

система измерения уровня жидкости в баке и т. п.) в лабораторных условиях многие параметры, характеризующие окружающую среду (температура, освещенность, давление и т. п.) могут быть строго измерены и зафиксированы, однако вряд ли можно легко оценить электромагнитную обстановку (наличие мешающих электрических и магнитных полей), уровень нестабильности напряжения и частоты питающей сети, наличие импульсных помех и т. п.). В этом случае, строго говоря, мы имеем дело с наблюдением.

Классическим примером именно наблюдения является случай проведения исследований в поле для оценки влияния качества семян и обработки почвы на урожайность – ведь при этом погода изменяется непредсказуемым, а главное – не воспроизводимым образом.

Однако при проведении таких исследований в теплице, когда подавляющее число факторов, существенно влияющих на урожайность, может быть достаточно точно зафиксировано и, в определенных пределах, изменяемо (например, включением дополнительного обогрева, освещения или полива) мы имеем дело с экспериментом.

Заключая, фиксируем, что под экспериментом понимается изучение процесса или явления при точно учитываемых условиях его проведения, когда имеется возможность следить за ходом исследований и, при необходимости, воспроизвести его любое число раз при тех же условиях.

Различают три типа экспериментов – поисковые, исследовательские, проверочные (технологические).

Поисковые и исследовательские эксперименты обычно проводятся на основе детерминированных законов, то есть без учета вероятностных изменений условий экспериментов и параметров используемых измерительных средств. Напротив, третий тип экспериментов решает задачу выяснения влияния вероятностных факторов (обусловленных, например, не строго соблюдаемым технологическим процессом, влиянием временного и температурного дрейфа параметров изделия и т. п.), то есть, на основе вероятностных законов.

Любой эксперимент, какова бы не была задача его проведения, может быть натурным или модельным, пассивным (без вмешательства в ход исследуемого процесса) или активным (когда эксперимент проводится по определенному плану, предусматривающему определенные воздействия на работу изучаемого изделия или ход обследуемого технологического процесса).

Далее основное внимание уделим именно активному эксперименту, как наиболее информативному.

Основные этапы проведения экспериментов могут быть представлены структурной схемой, приведенной на рис. 2.1.

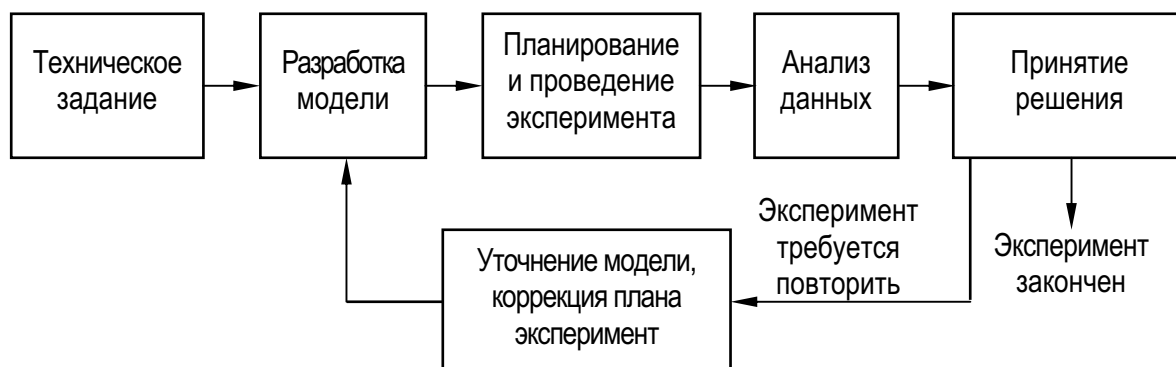


Рис. 2.1. Основные этапы проведения эксперимента

Здесь и далее под моделью понимают реализацию исследуемого процесса или разрабатываемого изделия в упрощенном виде, однако с сохранением наиболее существенных, важных и характерных особенностей процесса или изделия.

На этапе планирования и проведения эксперимента разрабатывается план проведения эксперимента, выбирается необходимое аппаратное, программное и (или) программно-аппаратное обеспечение, решается вопрос о путях обработки результатов экспериментов и оценки его достоверности.

Под анализом данных понимают:

- проведение математической обработки полученных при эксперименте результатов (выявление погрешностей, оценка достоверности полученной при экспериментах информации и т. п.);
- статистический анализ результатов экспериментов;
- представление полученных результатов в удобном (по наглядности и информативности) виде.

На этапе уточнения модели, если принимается решение о необходимости продолжения эксперимента, корректируется модель и план проведения исследований с ее помощью, изменяется аппаратное (приборное) обеспечение и т. д.

2.2. Оценка погрешностей экспериментов

Как уже указывалось в п. 2.1, при анализе результатов экспериментов и в ходе принятия решения «закончить или повторить эксперимент вновь по уточненной программе или на основе откорректированной модели» весьма важно уметь оценить погрешности экспериментов и причины появления этих погрешностей.

В настоящее время в распоряжении инженера имеется большое число программ статистического анализа, поэтому зачастую экспери-

ментатору не приходится тратить много времени и сил на работу по оценке погрешностей экспериментов. Однако надо очень внимательно подходить к истолкованию результатов, полученных с помощью того или иного программного продукта статистического анализа.

Различают абсолютную (Δ) и относительную (δ) погрешности

$$\Delta = X_{из} - X_{ис}; \delta = \frac{\Delta}{X_{ис}} 100 \%, \quad (2.1)$$

определяемые по истинному значению контролируемой величины ($X_{ис}$) и результату измерения ($X_{из}$).

В свою очередь, абсолютная погрешность может рассматриваться как сумма систематической погрешности Δ_c и случайной погрешности $\Delta_{сл}$

$$\Delta = \Delta_c + \Delta_{сл}, \quad (2.2)$$

поэтому точный результат измерения X_m представляется в виде:

$$X_m = X_{из} \pm \Delta_c. \quad (2.3)$$

Если было произведено « n » независимых наблюдений одного и того же известного (точного) значения измеряемой величины и получены результаты X_1, X_2, \dots, X_n , то:

$$\Delta_c \cong \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - x_{ис}). \quad (2.4)$$

Средняя квадратичная ошибка (СКО) измерений находится через квадраты отклонения каждого наблюдения по известной формуле:

$$\text{СКО} \cong \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x_{ис})^2}{n}}. \quad (2.5)$$

Однако, если $X_{ис}$ неизвестно, то найти оценку Δ_c по формуле (2.4) невозможно. В этом случае по постулату Гаусса наиболее вероятным значением искомой величины является среднее арифметическое полученных при эксперименте X_i результатов:

$$X_{ис} \cong \bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i. \quad (2.6)$$

Следует обратить внимание читателя на тот факт, что постулат Гаусса строго соответствует лишь нормальному закону распределения случайных ошибок, что на практике, особенно при малом числе измерений, не выполняется. Уместно здесь привести шутливое высказывание из [2.2, стр. 351]: «Каждый верит в экспоненциальный закон ошибок: экспериментатор – потому, что думает, что этот закон может быть доказан математиком, а математик – потому, что верит, что этот закон установлен наблюдателями». Наиболее вероятное значение меры точности

связано с дисперсией нормального распределения известным выражением:

$$h = \frac{1}{\sigma\sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{(2/(n-1)) \cdot \sum_{i=1}^n (\bar{X} - X_i)}}. \quad (2.7)$$

Поэтому средняя квадратичная ошибка (σ) серии измерений находится по формуле:

$$\sigma = \sqrt{(1/(n-1)) \sum_{i=1}^n (\bar{X} - X_i)^2}. \quad (2.8)$$

Для случая « n » равноточных измерений средняя квадратичная ошибка арифметической средней найдется по формуле:

$$\sigma_m = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}. \quad (2.9)$$

Легко видеть, что средняя арифметическая измерений имеет среднюю квадратичную ошибку, значительно меньшую, чем каждое измерение в отдельности. Отсюда следует известная рекомендация – «повторять измерения, по возможности, несколько раз»!

Для определения возможных пределов изменения измеряемой величины (при уже рассчитанных X , σ и σ_m) обычно используют правило трех сигм. Оно гласит: «с вероятностью, близкой к единице (точнее – 0,9973), случайная величина, подчиняющаяся нормальному закону распределения, не выходит за пределы интервала [$\bar{X} - 3\sigma$, $\bar{X} + 3\sigma$]».

Поэтому окончательный, результат измерения может быть записан в виде:

$$X_{ис} = \bar{X} \pm \Delta_{сл}; \Delta_{сл} = 3\sigma. \quad (2.10)$$

Заканчивая рассмотрение самого простого случая обработки экспериментальных данных отметим, что мы, исходя из положений классической статистики считали, что рассматриваемые экспериментальные данные подчиняются гауссовскому распределению, поэтому использовался естественный критерий оптимальности оценок – минимум дисперсии. В виде примера рассмотрим из часто встречающихся на практике задач – определение наиболее вероятного значения величины N и средней квадратичной ошибки σ_n по результатам измерений n величин ($x, y, z \dots l$), их наивероятнейших значений ($x_0, y_0, z_0 \dots l_0$) и соответствующих средних квадратичных ошибок ($\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z \dots \sigma_l$). При $N = \varphi(x, y, z, \dots l)$ наиболее вероятным значением N будет $N_0 = \varphi(x_0, y_0, z_0 \dots l_0)$. Средняя квадратичная ошибка измеряемой величины N будет равна

$$\sigma_N = \sqrt{\left(\frac{\partial \varphi}{\partial x}\right)^2 \sigma_x^2 + \left(\frac{\partial \varphi}{\partial y}\right)^2 \sigma_y^2 + \dots + \left(\frac{\partial \varphi}{\partial l}\right)^2 \sigma_l^2}.$$

В ряде случаев может оказаться полезным (см. приведенное ниже решение задачи № 6) использование связи дисперсии – математического ожидания квадрата разности случайной величины и ее математического ожидания со средней квадратичной ошибкой

$$D(x) = \sigma^2 \quad (2.11)$$

и связь дисперсии суммы независимых случайных величин с дисперсиями каждого из слагаемых

$$D(x + y) = D(x) + D(y) = \sigma_x^2 + \sigma_y^2. \quad (2.12)$$

Задача № 6 (продолжение 1)

Продолжая решение задачи № 6 из п. 1.2, проведем взвешивание рассматриваемых в п. 1.2 трех тел по простейшему многофакторному плану, представленному в табл. 2.1, где «+» означает присутствие тела на весах «-», – отсутствие тела на весах; Y_i – результат i -го измерения.

Таблица 2.1

A	B	C	Y_i
+	-	-	Y_1
-	+	-	Y_2
-	-	+	Y_3
+	+	-	Y_4

И так как

$$Y_1 = G_C + Y_0; Y_4 = G_A + G_B + G_C + Y_0,$$

$$Y_2 = G_A + Y_0; Y_3 = G_B + Y_0;$$

$$Y_3 = G_B + Y_0; Y_4 = G_A + G_B + G_C + Y_0,$$

$$\text{то } Y_1 + Y_3 = (G_C + G_B) + 2Y_0; Y_2 + Y_4 = 2G_A + (G_C + G_B) + 2Y_0;$$

$$(G_C + G_B) = Y_1 + Y_3 - 2Y_0; Y_2 + Y_4 = 2G_A + Y_1 + Y_3.$$

Окончательно:

$$G_A = 0,5(Y_2 + Y_4 - Y_1 - Y_3); D(A) = 2; 0,5(Y_2 + Y_4 - Y_1 - Y_3)\sigma^2 = \sigma^2(Y_2 + Y_4 Y_1 - Y_3).$$

Видим, что переход к другому плану экспериментов позволил вдвое повысить точность измерения веса тела A , B и C (по сравнению с результатами решения этой же задачи в п. 1.2), тогда как число экспериментов осталось прежним. Дальнейшее повышение точности взвешивания

вания этих же трех тел может быть обеспечено переходом к трехфакторному эксперименту с большим числом взвешиваний (см. табл. 2.2)

Таблица 2.2

A	B	C	Y_i
+	-	-	Y_1
-	+	-	Y_2
-	-	+	Y_3
+	+	-	Y_4
+	+	+	Y_5
+	-	+	Y_6
-	+	+	Y_7
-	-	-	Y_8

(а) $Y_1 = G_A + Y_O$; $Y_4 = G_A + G_B + Y_O$; (г)

(б) $Y_2 = G_B + Y_O$; $Y_6 = G_A + G_C + Y_O$; (д)

(в) $Y_3 = G_C + Y_O$; $Y_8 = G_C + G_B + Y_O$; (е)

(ж) $Y_5 = G_A + G_C + G_B + Y_O$;

(з) $Y_8 = Y_O$.

Решая совместно, получим

Из (ж) и (з): $Y_5 = G_A + G_C + G_B + Y_8$; (и)

Из (б) и (в): $G_B + G_C + 2Y_O = Y_2 + Y_3$;

$G_B + G_C = Y_2 + Y_3 - 2Y_O$; (к)

Из (а): $Y_O = Y_1 - G_A$; (л)

Из (и) и (к): $Y_5 = G_A + Y_2 + Y_3 + Y_8 - 2Y_O$; (м)

Из (л) и (м): $Y_5 = G_A + Y_2 + Y_3 + Y_8 - 2Y_1 + 2G_A$.

Окончательно получим:

$$3G_A = Y_5 - Y_2 - Y_3 - Y_8; G_A = \frac{1}{3} (Y_5 - Y_2 - Y_3 - Y_8);$$

$$D(A) = 2\sigma^2 \frac{1}{3} (Y_5 - Y_2 - Y_3 - Y_8) = \sigma^2 \left[\frac{2}{3} (Y_5 - Y_2 - Y_3 - Y_8) \right]. \quad (2.13)$$

Видим, что точность измерений повысилась, но ... за счет увеличения числа экспериментов («за все надо платить!»).

2.3. Особенности оценки погрешностей алгоритмов обработки информации. Интервальная арифметика

2.3.1. В общей постановке, если эксперимент рассматривать как процесс преобразования измерительной информации, содержание этого процесса описывается алгоритмом преобразования, включающим:

а) преобразование измерительного сигнала и его представление совокупностью экспериментальных данных;

б) преобразование данных, полученных при эксперименте, а также ряда сведений об особенностях схемы, используемых приборах и т. п.

Стремление к повышению точности измерений обуславливает тенденцию сужения аппаратной и расширения вычислительной частей алгоритма. Одновременно, как следствие, наблюдается сокращение этапа обработки данных за счет усложнения средств измерений.

В ряде работ, например [2.3] достаточно подробно, безотносительно конкретных особенностей различных алгоритмов, рассмотрены основные их погрешности. Различают три основные погрешности алгоритмов: методическую (МП), наследственную (НП) и погрешность округления (ПО).

Методическая погрешность обусловлена отличием конкретного алгоритма от идеального.

Наследственная погрешность учитывает результирующее влияние входных данных, то есть в первую очередь погрешности тех или иных датчиков, формирующих сигналы на входе алгоритмов.

Анализ реальных систем измерения тех или иных параметров и большого числа разнообразных алгоритмов позволили установить, что в подавляющем числе случаев преобладает наследственная погрешность, а посему основное внимание надо уделять именно устройствам согласования датчиков с системой обработки информации и совершенствованию самих датчиков.

Однако определенные резервы уменьшения результирующей погрешности алгоритмов могут быть реализованы при изменении порядка проведения тех или иных расчетных операций и удачном выборе основного расчетного выражения, реализуемого в алгоритме. Проиллюстрируем сказанное на сверхпростом примере расчета площади кругового кольца с внутренним радиусом $r = 1,750$ и толщиной $h = 0,005$ при одинаковых абсолютных погрешностях исходных данных

$$\Delta r = 0,0005 = \Delta h.$$

Площадь S можно рассчитать по любой из двух:

$$S_1 = \pi[(r + h)^2 - r^2]; S_2 = \pi(2r + h)h.$$

Соответствующие расчеты показывают, что абсолютная погрешность величины $\left(\frac{S_1}{\pi}\right) - 0,0055$, тогда как для $\left(\frac{S_2}{\pi}\right)$ получим абсолютную погрешность $< 0,0018$, то есть в три раза меньше.

Отсюда следует хорошо известный, но иногда забываемый читателями этого пособия совет: формулы для вычислений в алгоритме надо стараться преобразовать к такому виду, чтобы в них не было вычитания близких величин. Для рассматриваемого примера это было далеко не так: мы имели $(1,755)^2$ и $(1,75)^2$.

2.3.2. Как уже отмечалось, для применения классических статистических методов обработки экспериментальных данных необходимо выполнение довольно строгих условий, в частности – наличие статистической однородности данных; уверенности, что вероятностное распределение подчиняется нормальному закону и т. д. В связи с отмеченными затруднениями развиваются методы интервальной арифметики, когда «число» заменяется «интервалом». Для интервального анализа основным понятием является интервал

$$A = [a, b] \text{ при } a < b.$$

Подробное изложение интервальной арифметики [17, 2.3] выходит за пределы задач, решаемых в учебном пособии, однако для знакомства в первом приближении достаточно знания основных положений этой арифметики:

интервальное сложение $[a, b] + [c, d] = [a + c, b + d]$;

интервальное умножение $[a, b] \times [c, d] = \left\{ \begin{array}{l} \min(ac, ad, bc, bd); \\ \max(ac, ad, bc, bd) \end{array} \right\}$

интервальное деление $[a, b] : [cd] = [ab] \times [1/d, 1/c]$.

Надо обратить внимание, что для интервалов вычитание не обратное сложению, а деление – не обратное интервальному умножению!

Рассмотрим простейший пример использования интервальной арифметики для получения оценок систематической погрешности при прямых измерениях с многократными наблюдениями. Если результаты наблюдений представить в виде интервалов

$$A_i = [x_i - \Delta, x_i + \Delta]; i = 1, 2 \dots n,$$

то среднее значение « n » наблюдений можно записать в виде

$$A_{cp} = \frac{1}{n} \sum [x_i - \Delta, x_i + \Delta] = [\bar{X} - \Delta, \bar{X} + \Delta].$$

В данном случае мы сразу получили осторожную, завышенную (но зато надежную!) оценку результатов экспериментов (измерений). Другими словами, интервальные методы можно рассматривать как формализацию известного способа «арифметического» суммирования погрешностей.

2.4. Модели

При любых активных экспериментах необходима модель исследуемого процесса, системы или устройства – физическая или математическая – максимально полно отражающая присущие исследуемому объекту особенности и «удобная» (приспособленная) для проведения планируемых исследований.

Так, например, при отработке конструкции мощного асинхронного двигателя (АСД) его физическая модель может быть выполнена в виде менее мощного (а значит и меньших габаритов и металлоемкости) двигателя, но сконструированного так, чтобы основные параметры АСД (число оборотов; число пар полюсов; сопротивления и постоянные времени в относительных единицах и т. п.) были близки параметрам мощного АСД. При этом в пазы статора, вблизи подшипников, в обмотки статора и ротора и т. д. должны быть помещены датчики для контроля температурного режима; на валу АСД должен быть установлен датчик числа оборотов ротора и т. д.

В принципе для исследования того же АСД может быть использована его математическая модель (аналоговая или цифровая) достаточно точно описывающая те или иные процессы в реальном двигателе. Уже здесь, при моделировании даже отдельного устройства, проявляются сложности построения модели – должны быть известны математические описания всех или большинства процессов, происходящих в обследуемом изделии (для АСД – электромагнитных механических, тепловых, акустических и т. п.).

Еще большие трудности встают при разработке модели сложного технологического процесса, отличающегося, как правило, большим числом входных и выходных переменных; совокупностью большого числа отдельных объектов управления, реализованных на различных по физике явлений и принципу действия элементах; нестационарностью статистических и динамических процессов, зависимостью выходных переменных в настоящий момент времени от состояния системы в предыдущие моменты времени; отсутствием должного числа измерительных преобразователей для непрерывного контроля выходных параметров технологического процесса.

В связи с указанными трудностями и многообразием требований в инженерной практике используется большое разнообразие моделей:

- по применяемым законам – детерминированные, вероятностные, комбинированные;
- по способу получения – теоретические, экспериментальные, смешанные;
- по назначению – дискриптивные (описательные), оптимизационные, многокритериальные, игровые.

В ряде профилирующих дисциплин рассматриваются методы построения моделей: на основе анализа размерностей и теории подобия; на основе имитационного моделирования; на основе теории факторного эксперимента и т. д.

Один из возможных подходов, использующий теорию подобия и показывающий возможность получения характерных соотношений, описывающих предмет исследования в безразмерных комбинациях определяющих его величину использован в [1.3]. С его помощью решим приведенную в п. 1.2 творческую задачу № 1.

Задача 1 (продолжение 1)

Выше уже были показаны трудности решения задачи по определению немагнитного зазора, обеспечивающего получение вполне определенной индуктивности L_3 дросселя.

Взяв за основу приведенные в задаче № 1 расчетные выражения для заданной индуктивности дросселя L_3 и проводимостей G_O , G_Σ

$$L_3 = W^2 G_\Sigma; \quad G_0 = \frac{\mu_0 a b k_c}{\delta},$$

При переходе к безразмерным параметрам геометрии магнитной системы дросселя

$$x = c/a; \quad y = \frac{c}{a}; \quad z = h/a; \quad k_l = l_c/a \text{ получим}$$

$$K_\phi = \frac{G_\Sigma}{G_0} = f(\delta'', x, y, z); \quad \delta'' = \frac{\delta}{l_c} = \frac{\delta}{a k_{lc}}.$$

Здесь:

K_ϕ – безразмерный коэффициент фиктивного зазора;

δ'' – относительный немагнитный зазор;

a, b, c, d – размеры магнитной системы;

l_c – длина средней силовой линии.

Получаем $L_3 = W^2 \mu_0 K_C(x/k_{lc}) \cdot (K_\phi/\delta')$; $(\delta'/k_\phi) = (L_3 / \mu_0 K_C x/k_l)$.

При заданных (выбранных) значениях L_3 ; $\mu_0 = 4\pi 10^{-7}$ Гн/м; K_C – коэффициент заполнения сердечника ферромагнитным материалом; x, y, z, k_l справа в формуле имеем вполне определенное числовое значение, что позволяет найти требуемое значение (δ'/k_ϕ) по соответствующим аналитическим выражениям или расчетным графикам $(\delta'/k_\phi) = \varphi(\delta')$. Для примера, на рис. 2.2 приведено заимствованное из [1.3] семейство указанных зависимостей. Определив (δ'/k_ϕ) находим δ' и, наконец, искомый зазор

$$\delta = \delta' l_c.$$

Задача решена!

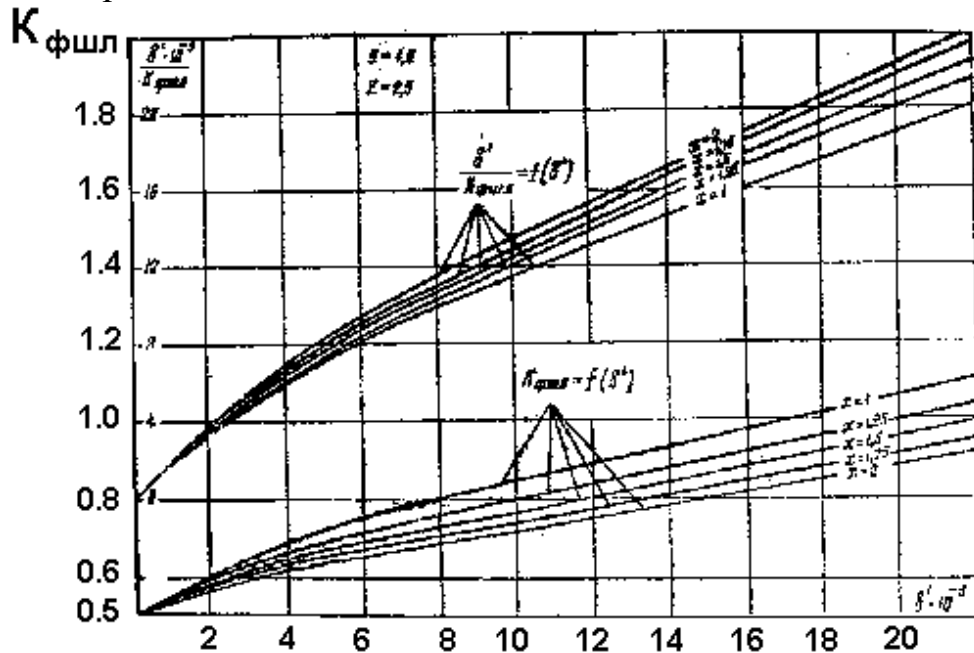


Рис. 2.2. Графики учета выпучивания и рассеяния в магнитных системах на сердечниках типа «ШЛ»

2.5. Особенности обработки результатов экспериментов, представленных не аналоговыми, а дискретными сигналами

Подавляющее большинство современных измерительных систем и приборов являются цифровыми, то есть оперируют с дискретными сигналами. На рис. 2.3 приведен пример дискретного сигнала $a(t_j)$, соответствующего некоторому аналоговому сигналу (показанному пунктиром) $a_a(t)$.

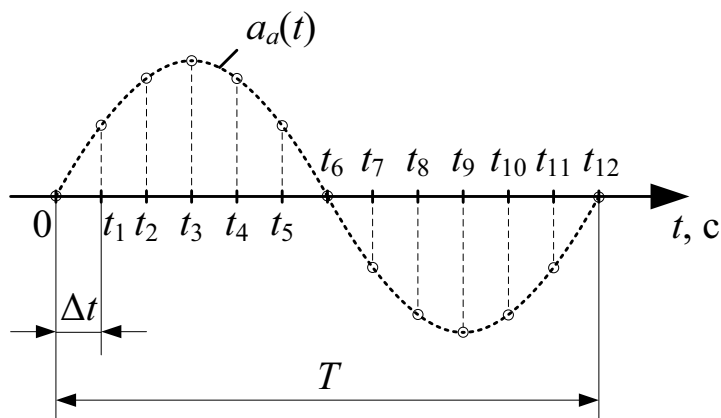


Рис. 2.3. Аналоговый и дискретный сигналы

Здесь шаг дискретизации Δt связан с периодом сигнала T и числом отсчетов на периоде N очевидным образом

$$\Delta t = \frac{T}{N}. \quad (2.14)$$

Множество дискретных значений аналогового сигнала называется решетчатой функцией и может быть записано в виде

$$a(t_j) \Big|_{j=1}^N = a(t_1), a(t_2), \dots, a(t_j), \dots, a(t_N). \quad (2.15)$$

В нашем примере: $N = 12$; $a(t_1) = a(\Delta t)$; $a(t_N) = a(t_{N-1} + \Delta t)$.

Применительно к задачам обработки дискретизированных сигналов в ТПУ была предложена дискретизированная электротехника (ДЭ), являющаяся развитием традиционной теоретической электротехники (ТОЭ), и занимающаяся обработкой информации, имеющейся в массивах мгновенных значений (ММЗ) периодических токов и напряжений в электрических цепях.

В табл. 2.3 приведены некоторые из описанных в [19] процедур ДЭ и соответствующие им, «базовые», формулы традиционной электротехники.

Таблица 2.3

№	Определяемая физическая величина	Формула традиционной электротехники	Процедуры ДЭ
(2.16)	Мгновенная мощность, [Вт]	$p(t) = i(t) \cdot u(t)$	$p(t_j) \Big _{j=1}^N = [i(t_1) \cdot u(t_1)], [i(t_2) \cdot u(t_2)], \dots, [i(t_N) \cdot u(t_N)]$
(2.17)	Активная (средняя за период) мощность, [Вт]	$P = \sum_{k=0}^{\infty} U_k \cdot I_k \cdot \cos \varphi_k$	$P = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N p(t_j) \Big _{j=1}^N$
(2.18)	Действующие значения напряжения, [В] тока, [А]	$U = \left[\frac{1}{T} \int_0^T u^2(t) dt \right]^{0.5}$ $I = \left[\frac{1}{T} \int_0^T i^2(t) dt \right]^{0.5}$	$U' = \left[\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N u^2(t_j) \Big _{j=1}^N \right]^{0.5}$ $I' = \left[\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N i^2(t_j) \Big _{j=1}^N \right]^{0.5}$
(2.19)	Полная мощность, [В·А]	$S = U \cdot I$	$S = U' \cdot I'$
(2.20)	Реактивная мощность, [вар]	$Q = \sum_{k=1}^{\infty} U_k \cdot I_k \cdot \sin \varphi_k$	$Q_c = \frac{1}{4\pi} \sum_{j=1}^N \{ [u(t_j) - u(t_{j+1})] \cdot [i(t_j) + i(t_{j+1})] \Big _{j=1}^N$
(2.21)		$Q' = \sum_{k=1}^{\infty} k \cdot U_k \cdot I_k \cdot \sin \varphi_k$	
<p>Примечания:</p> <p>$U_k, I_k, \cos \varphi_k$ – действующие значения k-тых гармоник напряжения и тока, косинус между ними;</p> <p>(2.20) – традиционная формула реактивной мощности Q;</p> <p>(2.21) – формула приведенной реактивной мощности Маевского, дающая такие же результаты как и формула реактивной мощности сдвига Q_c.</p>			

Для иллюстрации использования процедур ДЭ рассмотрим пример обработки двух ММЗ, представленных своими отсчетами в табл. 2.4.

Таблица 2.4

j	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
t, c	0	0,0017	0,0033	0,005	0,0067	0,0083	0,01	0,0117	0,013	0,015	0,016	0,02	0,1
$u(t), B$	0	160	277,13	320	277,13	160	0	-160	-277,	-320	-277	-160	0
$i(t), A$	3,83	0	3,83	6,63	7,65	6,63	3,83	0	-3,83	-6,63	-7,65	6,63	3,8

На рис. 2.4 по данным из табл. 2.4 построены осциллограммы $u(t_j)$, $i(t_j)$, $p(t_j)$.

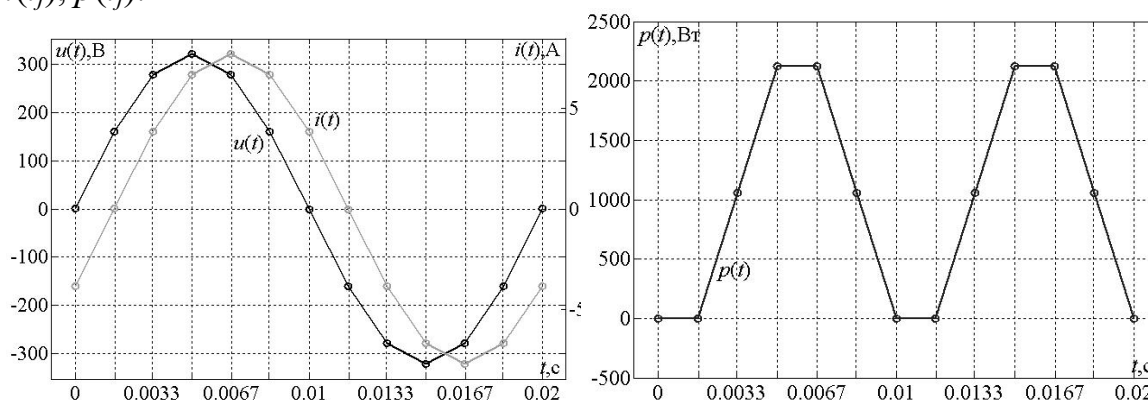


Рис. 2.4. Осциллограммы тока, напряжения, мгновенной мощности

В табл. 2.5 и на рис. 2.5 приведены результаты расчетов по процедурам из табл. 2.3 при $N = 12$.

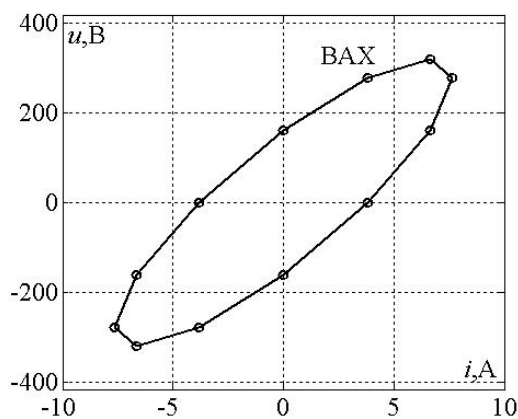


Рис. 2.5. Вольтамперная характеристика (ВАХ) $i(u)$

Таблица 2.5

Определяемая физическая величина	Расчетное значение
Действующее значение напряжения, [В]	226.274
Действующее значение тока, [А]	5.4122
Активная мощность, [Вт]	1060.569
Реактивная мощность, [вар]	584.723

2.6. Использование интерполяционных процедур при обработке экспериментальных данных

2.6.1. Общие сведения

При обработке численных результатов какого-либо математического или физического эксперимента, когда число экспериментальных точек ограничено, широко используется *интерполяция* – восстановление значения функции в промежуточных точках по известным ее значениям в соседних точках. Процедуры интерполяции, обычно, используются для восстановления формы сигнала полученного с помощью аналогоцифрового преобразователя (АЦП) с малой частотой дискретизации. Конечно, можно, в принципе, перейти к использованию АЦП с большой частотой дискретизации – однако это связано с резким его удорожанием. Именно поэтому увеличение числа отсчетов не аппаратным, а программным путем, весьма перспективно.

Известны различные методы интерполяции: линейная, квадратичная, кубическая интерполяции, метод Лагранжа, и, наконец – сплайн-интерполяция. Широко распространены стандартные программные продукты, например, такие как Mathcad и MatLab, поддерживающие различные процедуры интерполяции [2.4].

• Простейшим и часто используемым видом локальной интерполяции является линейная интерполяция. Она состоит в том, что заданные точки $M(x_i, y_i)$ ($i = 0, 1, \dots, n$) соединяются прямолинейными отрезками, и функция $f(x)$ приближается к ломаной с вершинами в данных точках (рис. 2.6).

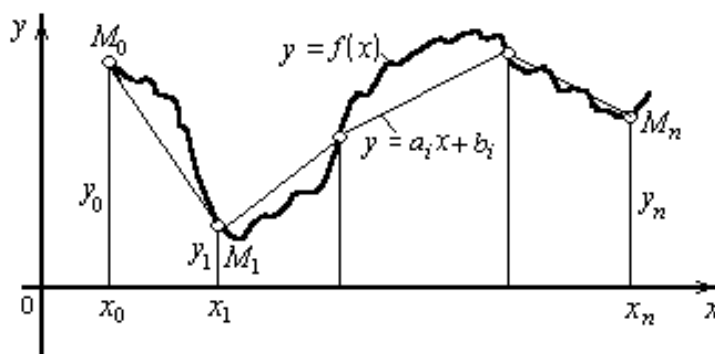


Рис. 2.6. Линейная интерполяция

В общем случае уравнения каждого отрезка ломаной линии разные. Поскольку имеется n интервалов $(x_i, x_i + 1)$, то для каждого из них в качестве уравнения интерполяционного полинома используется уравнение прямой, проходящей через две точки. В частности, для i -го интервала можно написать уравнение прямой, проходящей через точки (x_i, y_i) и $(x_i + 1, y_i + 1)$:

$$\frac{x - x_i}{x_{i+1} - x_i} = \frac{y - y_i}{y_{i+1} - y_i} \quad (2.22)$$

Отсюда

$$y = a_i x + b_i; \quad x_i \leq x \leq x_{i+1}; \quad a_i = \frac{y_{i+1} - y_i}{x_{i+1} - x_i}; \quad b_i = y_i - a_i x_i.$$

Следовательно, при использовании линейной интерполяции сначала нужно определить интервал, в который попадает значение аргумента x , а затем подставить его в формулу (2.22) и найти приближенное значение функций в этой точке.

• В случае квадратичной интерполяции в качестве интерполяционной функции на отрезке $(x_i - 1, x_i + 1)$ принимается квадратный трехчлен, уравнение которого

$$y = a_i x^2 + b_i x + c_i; \quad x_{i-1} \leq x \leq x_{i+1}. \quad (2.23)$$

содержат три неизвестных коэффициента a_i, b_i, c_i . Для определения этих коэффициентов необходимы три уравнения, например – условия прохождения параболы через три точки $(x_i - 1, y_i - 1), (x_i, y_i), (x_i + 1, y_i + 1)$. Эти условия можно записать в виде:

$$\begin{aligned} a_i x_{i-1}^2 + b_i x_{i-1} + c_i &= y_{i-1}; & a_i x_i^2 + b_i x_i + c_i &= y_i; \\ a_i x_{i+1}^2 + b_i x_{i+1} + c_i &= y_{i+1}. \end{aligned} \quad (2.24)$$

Интерполяция для любой точки $x \in [x_0, x_n]$ проводится по трем ближайшим точкам.

• В последние годы интенсивно развивается новый раздел современной вычислительной математики – теория сплайнов. Рассмотренные выше методы локальной интерполяции, по существу, являются простейшим сплайном первой степени (для линейной интерполяции) и второй степени (для квадратичной интерполяции).

Кубическим интерполяционным сплайном, соответствующим данной функции $f(x)$ и данным узлам x_i , называется функция $S(x)$, удовлетворяющая следующим условиям:

- 1) на каждом сегменте $[x_i - 1, x_i], i = 1, 2, \dots, N$ функция $S(x)$ является полиномом третьей степени;
- 2) функция $S(x)$, а также ее первая и вторая производные непрерывны на отрезке $[a, b]$;
- 3) $S(x_i) = f(x_i), i = 0, 1, \dots, N$.

Таким образом на каждом из отрезков $[x_i - 1, x_i], i = 1, 2, \dots, N$ используют функцию $S(x) = S_i(x)$ в виде полинома третьей степени:

$$S_i(x) = a_i + b_i(x - x_{i-1}) + c_i(x - x_{i-1})^2 + d_i(x - x_{i-1})^3; \quad x_{i-1} \leq x \leq x_i \quad (2.25)$$

где a_i, b_i, c_i, d_i – коэффициенты, подлежащие определению на всех n элементарных отрезках. Чтобы система алгебраических уравнений имела решение, нужно, чтобы число уравнений точно равнялось числу неизвестных, поэтому необходимо получить $4n$ уравнений.

Первые $2n$ уравнения получаем из условия, что график функции $S(x)$ должен проходить через заданные точки, т. е. $S_i(x_{i-1}) = y_{i-1}; S_i(x_i) = y_i$.

$$S_i(x_{i-1}) = a_i = y_{i-1};$$

$$S_i(x_i) = a_i + b_i h_i + c_i h_i^2 + d_i h_i^3 = y_i, \text{ где, } h_i = x_i - x_{i-1}; i = 1, 2, \dots, n.$$

Следующие $(2n - 2)$ уравнения вытекают из условия непрерывности первых и вторых производных в узлах интерполяции, т. е. из условий гладкости кривой во всех точках.

$$S'_{i+1}(x_i) = S'_i(x_i); \quad i = 1, 2, \dots, n-1; \quad S''_{i+1}(x_i) = S''_i(x_i); \quad i = 1, 2, \dots, n-1;$$

$$S'_i(x) = b_i + 2c_i(x - x_{i-1}) + 3d_i(x - x_{i-1}); \quad S'_{i+1}(x) = b_{i+1} + 2c_{i+1}(x - x_{i-1}) + 3d_{i+1}(x - x_{i-1}).$$

Приравнивая в каждом внутреннем узле $x = x_i$ значения этих производных, вычисленные в левом и правом от узла интервалах, будем иметь (с учетом $h_i = x_i - x_{i-1}$):

$$b_{i+1} = b_i + 2h_i c_i + 3h_i^2 d_i; \quad i = 1, 2, \dots, n-1;$$

$$S''_i(x) = 2c_i + 6d_i(x - x_{i-1}); \quad S''_{i+1}(x) = 2c_{i+1} + 6d_{i+1}(x - x_i),$$

если $x = x_i$, то

$$c_{i+1} = c_i + 3h_i d_i; \quad i = 1, 2, \dots, n-1.$$

Еще дополнительные уравнения получают из условий нулевой кривизны на концах отрезков и равенства нулю вторых производных в этих точках:

$$S''_1(x_0) = 0; \quad S''_n(x_n) = 0; \quad c_i = 0; \quad 2c_n + 6d_n h_n = 0.$$

В результате составляют систему линейных алгебраических уравнений для определения $4n$ коэффициентов: a_i, b_i, c_i, d_i ($i = 1, 2, \dots, n$).

В программных комплексах, например [2.4], обеспечиваются решение описанной системы уравнений, поэтому пользователь не «замечает» естественные трудности решения тех или иных систем уравнений.

2.6.2. Интерполяция несинусоидального сигнала

Для наглядного примера использования процедур интерполяции рассмотрим несинусоидальный сигнал $a(t)$, представленный ММЗ в табл. 2.6 и 2.7.

Таблица 2.6

j	0	1	2	3	4	5	6	7	8
t, c	0	0,0025	0,005	0,0075	0,01	0,0125	0,015	0,0175	0,02
$a(t)$	-37,2	300	253	247,4	37,2	-300	-253	-247,4	-37,2

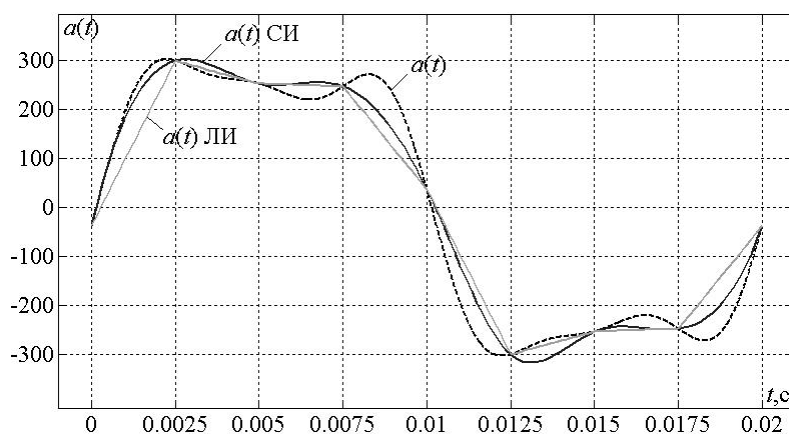
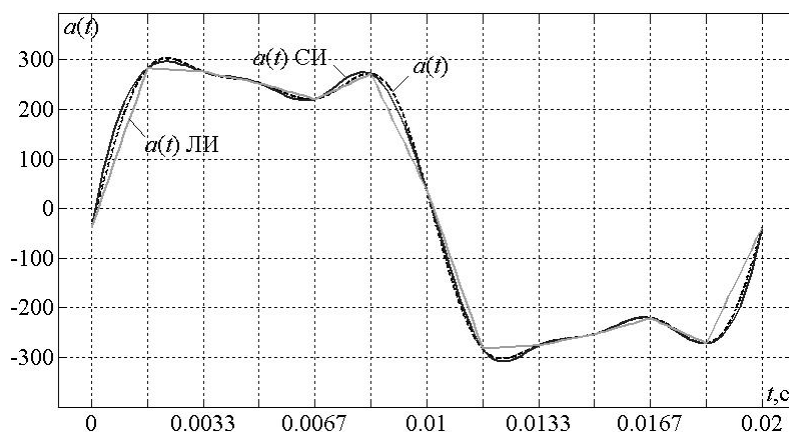
Таблица 2.7

j	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
t, c	0	0,0017	0,0033	0,005	0,0067	0,0083	0,01	0,0117	0,0133	0,015	0,0167	0,0183	0,02
$a(t)$	-37	282,7	275,7	253	220,8	271,5	37,2	-282,7	-275,7	-253	-220,8	-271,5	-37

Сигнал $a(t)$ был оцифрован с помощью АЦП при частотах дискретизации 400 и 600 Гц, что составляет 8 (табл. 2.6) и 12 (табл. 2.7) точек отсчета на периоде сигнала $T = 0,02$ с.

Поставим задачу увеличения числа точек на периоде сигнала до 120 с помощью интерполяции – линейной (ЛИ) и сплайнами (СИ).

Результаты исследования представлены на рис. 2.7 и 2.8 (исходный сигнал $a(t)$ показан пунктиром).

Рис. 2.7. Сигнал $a(t)$ при интерполяции из 8 в 120 точекРис. 2.8. Сигнал $a(t)$ при интерполяции из 12 в 120 точек

«Осциллограммы на рис. 2.7 и 2.8 наглядно свидетельствуют, что увеличению числа отсчетов на периоде способствует увеличению «гладкости» экспериментальных графиков.

2.6.3. Использование интерполяции для повышения точности определения угла сдвига фаз между двумя сигналами, представленными массивами мгновенных значений

Вернемся к рассмотрению результатов эксперимента, уже исследованного нами в п. 2.5, и поставим задачу – найти как можно точнее сдвиг фаз между сигналами напряжения и тока для этого эксперимента (см. рис. 2.9).

Очевидный путь решения сформулированной задачи – найти моменты нулевого перехода осциллограмм напряжения и тока – точные значения времени $t_{n\langle u \rangle}$ и $t_{n\langle i \rangle}$. Тогда сдвиг по фазе можно будет рассчитать по очевидной формуле

$$\phi_{u,i} = (t_{n\langle u \rangle} - t_{n\langle i \rangle}) \cdot \frac{360^\circ}{T}. \quad (2.26)$$

В свою очередь, точное значение периода T может быть найдено аналогичным образом, по моментам нулевого перехода $t_{n\langle u \rangle}$ и $t_{n\langle u \rangle 2}$

$$T = t_{n\langle u \rangle 2} - t_{n\langle u \rangle}. \quad (2.27)$$

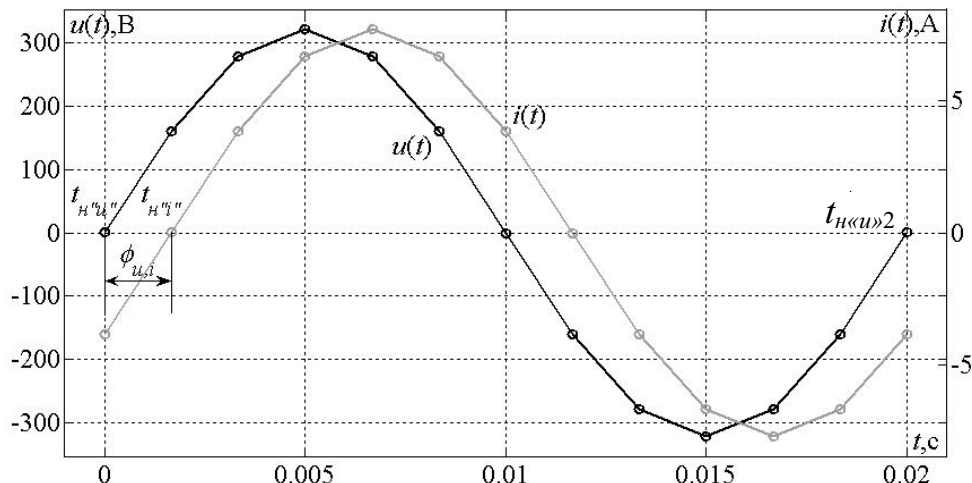


Рис. 2.9. Определение угла сдвига фаз между током и напряжением

С помощью интерполяционных процедур увеличим количество точек и определим, есть ли в этом диапазоне значений время, при котором функции сигналов тока и напряжения будут принимать нулевые значения. Если, после интерполяции, сразу время нулевого перехода не найдено, то оно определяется с помощью уравнения прямой по двум точкам (x_1, y_1) и (x_2, y_2) (см. рис. 2.10).

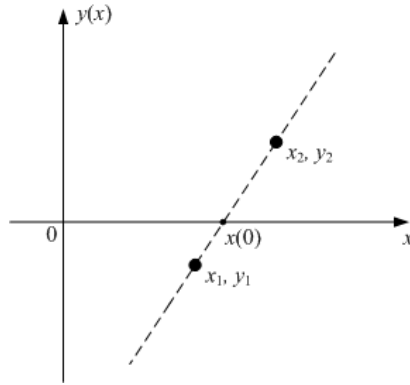


Рис. 2.10. Определение точки перехода через ноль

Для рассматриваемого примера при найденных значениях $t_{n\langle u \rangle}$, $t_{n\langle u \rangle 2}$ и $t_{n\langle i \rangle}$ можно определить период T и фазовый сдвиг между напряжением и током $\phi_{u, i}$

$$T = 0,02 \text{ с};$$

$$|\phi_{u, i}| = (0 - 0,0017) \cdot \frac{360^\circ}{0,02} = 30,6^\circ.$$

2.7. Определение параметров неизвестной схемы по результатам ее экспериментального исследования

2.7.1. Рассматриваем задачу идентификации параметров неизвестного двухполюсника Д (см рис. 2.11) по массивам мгновенных значений тока $i(t_j)$ и напряжения $u(t_j)$, представленным в табл. 2.4.

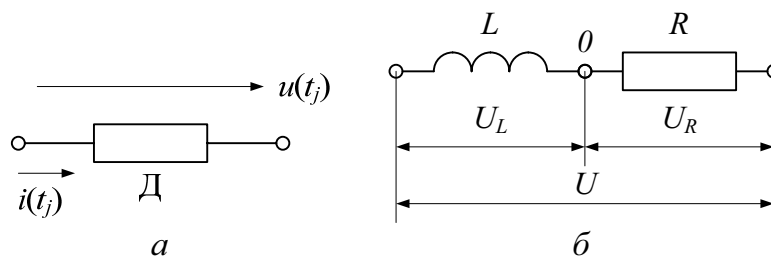


Рис. 2.11. Двухполюсник (а) и его схема замещения (б)

Сразу же обращаем внимание читателей на тот факт, что точка O нам недоступна, соответственно и неизвестны напряжения U_L и U_R . В классической электротехнике поставленная нами задача требует знания четырех величин – действующих значений напряжения и тока (U, I), угла сдвига фаз между ними (φ), круговой частоты $\omega = 2\pi f$. Тогда задача решается элементарно:

$$Z = \frac{U}{I}; \quad R = Z \cdot \cos \varphi; \quad L = \frac{X}{\omega} = \frac{Z \cdot \sin \varphi}{2\pi f}. \quad (2.28)$$

2.7.2. Описанные выше процедуры ДЭ позволяют использовать несколько возможных методик решения поставленной задачи (см. табл. 2.8).

Таблица 2.8

Методика I	1) По $i(t)$ и $u(t)$ рассчитывают $p(t)$ и, затем P ; 2) по $i(t)$ и $u(t)$ строят ВАХ и находят Q_c ; 3) определяют действующее значение тока I ; 4) находят активные и реактивные сопротивления двухполюсника $R = \frac{P}{I^2}; X = \frac{Q_c}{I^2};$ 5) определяют период T по процедуре описанной в п.2.6.3; 6) рассчитывают индуктивность двухполюсника по формулам $L = \frac{X}{\omega} = \frac{X}{2\pi f} = \frac{X}{2\pi} \cdot T.$
Методика II	1) Находят активную и реактивную мощности (см. п. 1 и п.2 методики I); 2) рассчитывают угол сдвига фаз $\operatorname{tg} \varphi = \frac{Q_c}{P}$; 3) по $i(t)$ и $u(t)$ определяют действующие значения тока и напряжения; 4) рассчитывают полное, активное и реактивное сопротивления двухполюсника $Z = \frac{U}{I}$; $R = Z \cdot \cos \varphi$; $X = Z \cdot \sin \varphi$; 5) для определения индуктивности используют п. п. 5) и 6) методики I
Методика III	1) Находят угол сдвига фаз по процедурам, описанным в п. 2.6.3; 2) рассчитывают U , I , Z , R , X по процедурам из методики II; 3) определяют индуктивность по процедурам п.п. 5) и 6) методики I.

В табл. 2.9 приведены результаты идентификации параметров двухполюсника по исходным данным из п. 2.5. Здесь же приведены результаты расчетов по разностным уравнениям (методика IV).

Таблица 2.9

	R , [Ом]	X , [Ом]	L , [Гн]
Расчет по методике I	36,207	19,9619	0,0635
То же по методике II	36,6125	20,1855	0,0643
То же по методике III	36,207	20,9041	0,0665
То же по методике IV:			
• при $t_1 = 0,02\text{с}$ и $t_2 = 0,02167\text{с}$	41,8082	21,8907	0,0697
• при $t_1 = 0,02\text{с}$ и $t_3 = 0,02667\text{с}$	36,207	18,9579	0,0603
• при $t_2 = 0,02167\text{с}$ и $t_3 = 0,02667\text{с}$	36,207	21,8907	0,0697

2.7.3. Кроме описанных выше методик I, II и III в ходе проводимых в ТПУ исследований была предложена еще одна методика (далее методика IV), использующая возможности разностных (дифференциальных) уравнений [2.5].

Рассмотрим такой подход на примере решения сформулированной выше задачи идентификации параметров активно-индуктивной цепи (см. рис. 2.11). Дифференциальное уравнение такой цепи хорошо известно:

$$u(t) = R \cdot i(t) + L \cdot \frac{di}{dt} = R \cdot i(t) + L \cdot i'(t). \quad (2.29)$$

Если имеются экспериментальные данные и массивы мгновенных значений тока и напряжения известны, то ММЗ производной тока $i'(t)$ может быть получен по одной из формул численного дифференцирования, например – по формуле дифференцирования после сглаживания:

$$i'(t_j) = \frac{1}{12 \cdot \Delta t} [i(t_{j-2}) - i(t_{j+2}) - 8i(t_{j-1}) + 8i(t_{j+1})].$$

Один из возможных путей решения уравнения (2.7.3) – использовать «характерные» точки, когда $u(t_j) = 0$ (*a*); или $i(t_j) = 0$ (*б*); или $i'(t_j) = 0$ (*в*).

1. Для момента времени t_1 , когда выполняется условие *a*) получим

$$0 = R \cdot i(t_1) + L \cdot i'(t_1).$$

2. Для момента времени t_2 , когда выполняется условие *б*) имеем

$$u(t_2) = L \cdot i'(t_2).$$

3. Для момента времени t_3 , когда выполняется условие *в*) получим

$$u(t_3) = R \cdot i(t_3).$$

Совместное решение полученных уравнений обеспечивает получение искомых значений параметров двухполюсника.

Значения моментов времени t_1 , t_2 и t_3 (см. табл. 2.9) сравнительно легко найти по процедурам из 2.6.3.

2.8. Гармонический анализ сигналов, представленных дискретизированными значениями массива мгновенных значений

В связи с широким использованием цифровых измерительных систем и приборов, одной из часто встречающихся инженерных задач является определение спектрального состава сигналов тока и напряжения, представленных в виде цифрового массива отсчетов мгновенных значений.

Создатель математической теории периодических процессов Жан Батист Жозеф Фурье в работе «Аналитическая теория теплоты» показал, что всякая периодическая функция, удовлетворяющая некоторым условиям непрерывности, может быть представлена в виде суммы синусоид, периоды которых относятся как ряд целых чисел:

$$\left(\frac{T_k}{T_1} \right) = k; \quad k = 1, 2, 3, \dots \quad (2.30)$$

В инженерной практике преобразования Фурье – дискретное (ДПФ) или быстрое (БПФ) очень широко используются, что объясняется их очевидными достоинствами, в частности – хорошей алгоритмируемостью и наличием большого числа программ для ЭВМ с четкими инструкциями пользователю.

К сожалению, иногда студенты, да и не только студенты, но и недостаточно грамотные инженеры и научные работники, забывают три допущения и условия применимости ДПФ (БПФ).

1. ДПФ ставит своей целью дать наилучшее (в смысле минимума среднеквадратической ошибки) описание анализируемой периодической функции с известным периодом T и не гарантирует, что получаемые в ходе разложения гармоники действительно имеются в анализируемом колебании.

2. Применение ДПФ (как и БПФ) возможно лишь при выполнении условий Дирихле (наличие на конечном интервале конечного числа разрывов первого рода и конечного числа максимумов и минимумов).

3. Период T и дискретность Δt должны быть кратными, то есть число отсчетов N на периоде должно быть целым числом.

Если все указанные условия выполнены – спектральный состав исследуемого периодического сигнала с достаточной для инженерных и научных задач точностью может быть определен по приведенным ниже формулам, если известен период T сигнала $a(t_j)$ и массив эквидистантных значений сигнала при $0 < j < N$:

$$a(t_j) = A_0 + \sum_{k=1}^N Am_k \sin(2\pi k f_1 t_j + \varphi_k \frac{\pi}{180});$$

- постоянная составляющая сигнала $a(t_j)$ определяется по формуле

$$A_0 = \frac{1}{N} \cdot \sum_{j=1}^N a(t_j);$$

- амплитуда синусной и косинусной составляющей k -й гармоники

$$A_k = \frac{2}{N} \sum_{j=1}^N a(t_j) \sin(2\pi k f_1 t_j); \quad B_k = \frac{2}{N} \sum_{j=1}^N a(t_j) \cos(2\pi k f_1 t_j); \quad (2.31)$$

- амплитуда k -й гармоники

$$Am_k = \sqrt{(A_k)^2 + (B_k)^2};$$

- фаза k -й гармоники

$$\varphi = \operatorname{arctg} \left(\frac{B_k}{A_k} \right).$$

Точность выполнения расчетов гармонического анализа обычно оценивается по абсолютной погрешности δa_j ; среднеквадратичному от-

клонению (*CKO*); разности действующих значений (δA), рассчитанных для исходного цифрового массива $a_u(t)$ и массива $a_p(t)$, полученного после операций ДПФ (БПФ):

$$\delta a_i = a_{u_i}(t_j) - a_{p_i}(t_j); CKO = \left[\frac{\sum_{j=1}^N (\delta a_j)^2}{N} \right]^{0,5}; \quad (2.32)$$

$$A_{u_i} = \sqrt{\sum_{j=1}^N a_{u_i}^2(t) / N}; A_p = \sqrt{A_0^2 + 0.5 \sum A m_k^2}; \delta A = A_{u_i} - A_p.$$

Для примера проведем гармонический анализ по Фурье для сигнала $a(t)$, параметры которого представлены в табл. 2.10. Массив мгновенных значений сигнала $a(t_j)$, при $\Delta t = 10^{-4}$ с, представлен в виде осциллограммы за время $t = 0,04$ с ($N = 400$) на рис. 2.12.

Таблица 2.10

f , Гц	$A m$, отн. ед.	φ , градус
50	16	0
100	8	120
150	3	-45

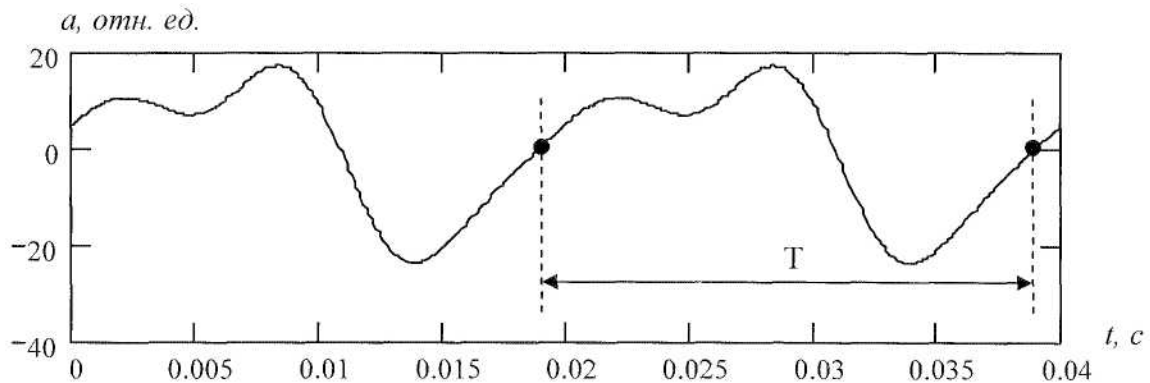


Рис. 2.12. Осциллограмма исследуемого сигнала

В табл. 2.11 представлены результаты гармонического анализа при нескольких возможных значениях неизвестного периода T . Проведем исследование, которое покажет, как зависит результат гармонического анализа от периода сигнала. Правильность расчетов проверим по расчетным значениям *CKO* и δA .

Таблица 2.11

T, c	$Am(f_1), o$ тн. ед.	$Am(f_2),$ отн. ед	$Am(f_3),$ отн. ед	$\varphi(f_1),$ гра- дус	$\varphi(f_2),$ градус	$\varphi(f_3),$ градус	СКО	δA
0,018	17,658	8,904	3,372	0,02	121,414	-50,27	1,459	-0,698
0,019	16,871	8,2	3,366	-0,785	120,462	-46,64	0,712	-0,33
0,02	16	8	3	1,16E-15	120	-45	8,36E-15	-3,55E-15
0,021	15,35	8,051	2,73	2,334	116,692	-32,671	0,907	0,196
0,022	15,092	7,889	3,273	5,249	110,506	-22,41	1,919	0,223

По результатам гармонического анализа рассчитаем массив мгновенных значений $a'(t_j)$ и построим совмещенные осциллограммы (см. рис. 2.13 и 2.14).

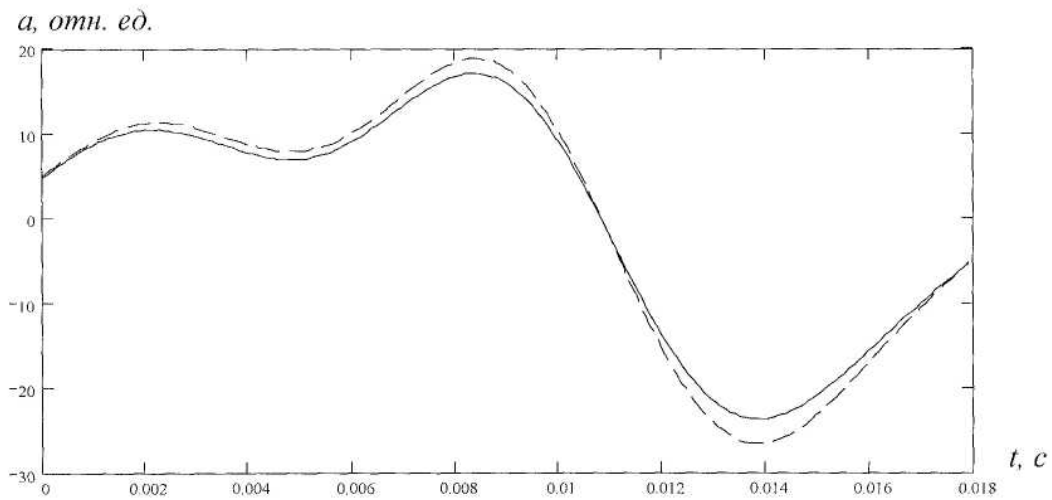


Рис. 2.13. Осциллограммы исходного сигнала $a(t_f)$ (сплошная) и расчетного $a'(t_j)$ (пунктирная) при $T = 0,018 c$

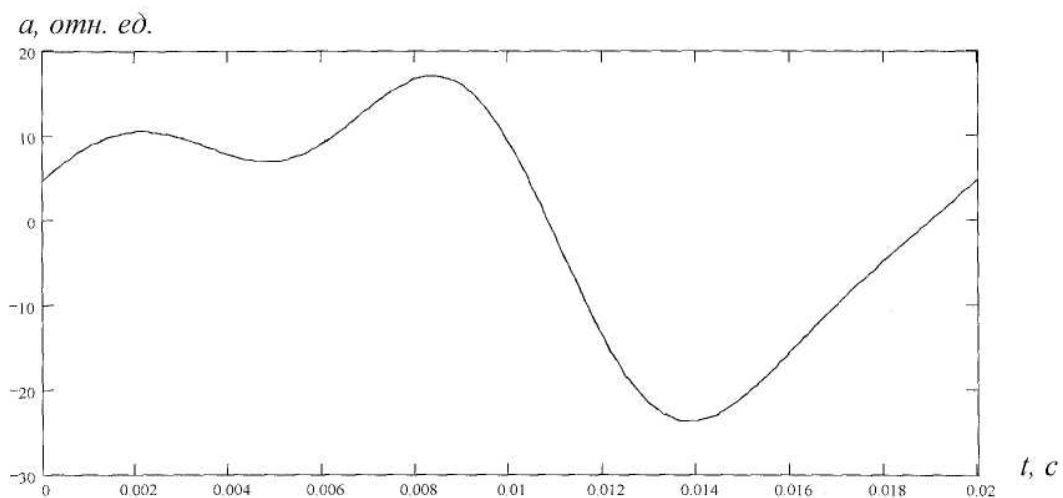


Рис. 2.14. Осциллограммы исходного сигнала $a(t_f)$ (сплошная) и расчетного $a'(t_j)$ (пунктирная) при $T=0,02 c$

Наше простейшее исследование убедительно свидетельствует о росте CKO и δA при неточном знании периода анализируемого сигнала.

2.9. Параметрические методы спектрального оценивания

Как было уже показано выше, использовать классические (непараметрические) методы ДПФ и БПФ можно только тогда, когда нас интересует лишь наилучшее описание результирующей несинусоидальной кривой, известен период сигнала и когда для нас неважно знать – какие реально существующие колебания разных частот имеются в сигнале. Другими словами, если стоит сугубо инженерная задача – определить частоты, амплитуды и фазы спектральных составляющих исследуемого сигнала и нет уверенности, что выполняется условие (2.30) кратности частот (и периодов) спектральных составляющих – должны использоваться параметрические методы спектрального анализа. Ниже будут рассмотрены два таких метода – метод мгновенной спектральной плотности и метод вольтамперной характеристики [19].

2.9.1. Анализ по мгновенной спектральной плотности использует тот факт, что при изменении круговой частоты от $\omega_{НАЧ\ ПРЕРД}$, спектральные плотности – полная $S(\omega_k)$, синусная $S_1(\omega_k)$ и косинусная $S_2(\omega_k)$ – будут экстремальны только при выполнении условия

$$\omega_k = \omega_{факт} \quad (2.33)$$

$$S(\omega) = \sqrt{S_1^2(\omega) + S_2^2(\omega)}; S_1(\omega) = \sum_{j=1}^N a(t_j) \sin(\omega_k t_j); S_2(\omega) = \sum_{j=1}^N a(t_j) \cos(\omega_k t_j). \quad (2.34)$$

Здесь $S_1(\omega)$ и $S_2(\omega)$ – соответственно синусная и косинусная составляющая спектральной плотности; $\omega_k = 2\pi f_k$ – значение круговой частоты, при которой рассчитывается мгновенная спектральная плотность; $t_j = j\Delta t$ – значение соответствующего момента времени при $j = 1 \dots N$; N – длина массива исходного сигнала.

Фиксируя те частоты, при которых наблюдается экстремум $S(\omega)$, мы, тем самым, «прочитываем» частотный состав анализируемого периодического сигнала и находим $\omega_{факт1}$, $\omega_{факт2}$ и т. д.

Амплитуду составляющей частотой f_k находят по формуле

$$Am_k = 2[S(\omega_k)] \frac{1}{N}. \quad (2.35)$$

Модуль фазы k -ой спектральной составляющей находят по формуле

$$|\varphi| = \arctg\left(\frac{S_2(\omega)}{S_1(\omega)}\right). \quad (2.36)$$

Для определения точного значения фазы спектральной составляющей используется приведенное в табл. 2.12 правило точного определения фазы.

Таблица 2.12

Правила точного определения фазы сигнала

$S_1 > 0 \text{ \& } S_2 > 0$ (I квадрант)	$\varphi = \varphi $
$S_1 < 0 \text{ \& } S_2 > 0$ (II квадрант)	$\varphi_k = \varphi + 180$
$S_1 < 0 \text{ \& } S_2 < 0$ (III квадрант)	$\varphi_k = \varphi - 180$
$S_1 > 0 \text{ \& } S_2 < 0$ (IV квадрант)	$\varphi_k = \varphi _p$

Для примера рассмотрим определение спектрального портрета (частота, амплитуды фазы) неизвестного периодического сигнала, представленного осциллограммой на рис. 2.15.

a, отн. ед.

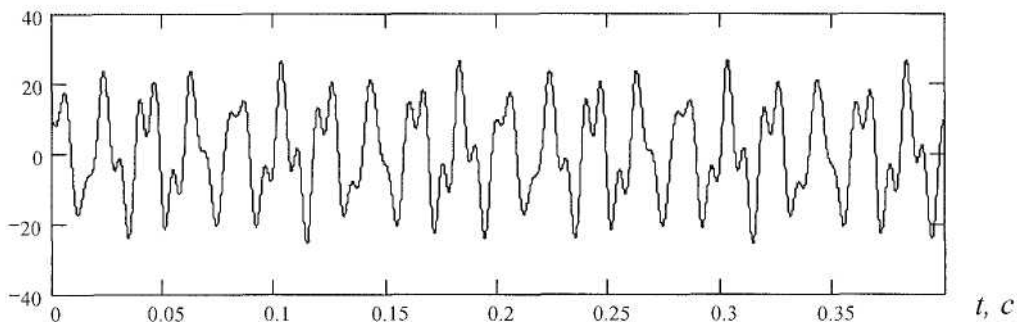
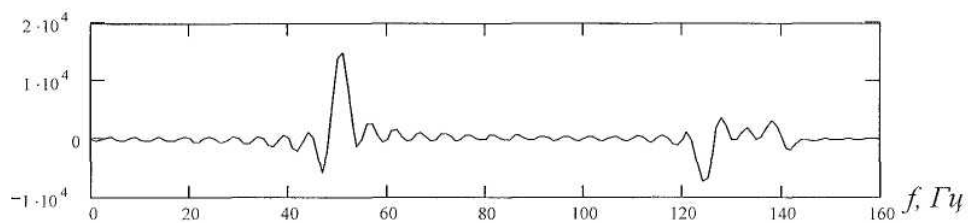


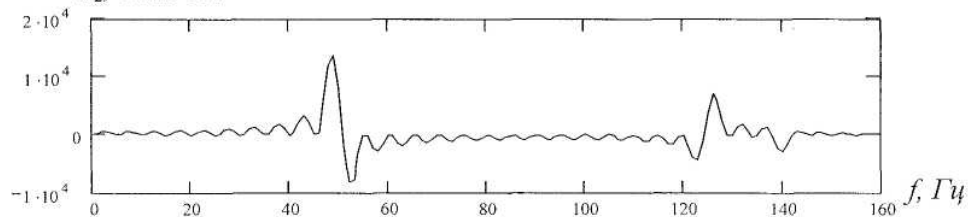
Рис. 2.15. Осциллограмма исследуемого сигнала

На рис. 2.16 и в табл. 2.13 приведены результаты спектрального анализа методом мгновенной спектральной плотности ($\Delta t = 10^{-4}$, $N = 2000$).

S₁, отн. ед.



S₂, отн. ед.



S, отн. ед.

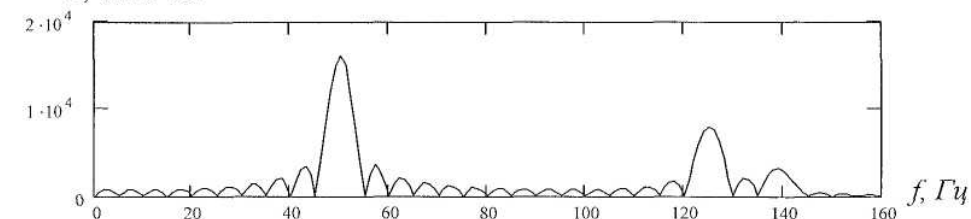


Рис. 2.16. Распределение мгновенной спектральной плотности по частоте

Таблица 2.13

A_m (50 Гц), отн. ед.	A_m (125 Гц), отн. ед.	A_m (140 Гц), отн. ед.	φ (50 Гц), градус	φ (125 Гц), градус	φ (140 Гц), градус	СКО	δA
16	8	3	30	150	-90	2,499E-14	-8,882E-15

Для сопоставления в табл. 2.14 приведены результаты гармонического анализа исходного сигнала рис. 2.15 при известном периоде $T = 0,2$ с.

Таблица 2.14

A_m (50 Гц), отн. ед.	A_m (125 Гц), отн. ед.	A_m (140 Гц), отн. ед.	φ (50 Гц), градус	φ (125 Гц), градус	φ (140 Гц), градус	СКО	δA
16	8	3	30	150	-90	2,499E-14	-8,882E-15

2.9.2. Принцип спектрального анализа на основе ВАХ рассмотрим с помощью рис. 2.17

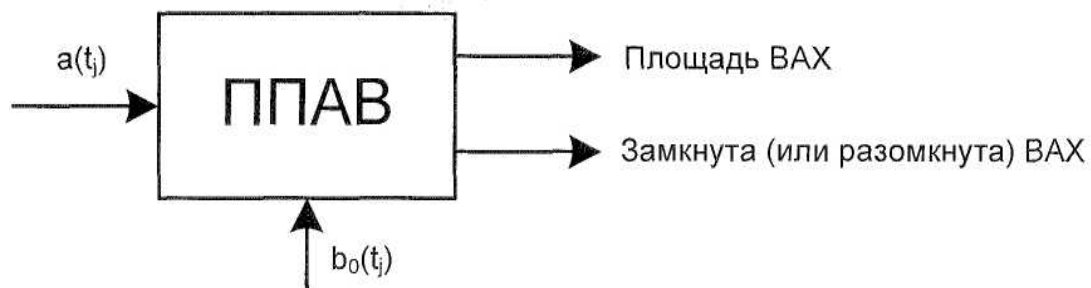


Рис. 2.17. Принцип спектрального анализа с помощью ВАХ

Здесь $a(t_j) = A_0 + \sum_{k=1}^{\infty} A m_k \sin(\omega_k t_j + \varphi_k)$ – анализируемый многочастотный сигнал; $b_0(t_j) = A m \cdot \sin(\omega_0 t_j + \varphi_0)$ – опорный одночастотный сигнал с известными параметрами; ППАВ – программа построения и спектрального анализа ВАХ.

Суть метода заключается в том, что при $\omega_0 \neq \omega_k$ ВАХ разомкнута, а при $\omega_0 = \omega_k$

ВАХ замкнута. То есть для данного метода критерием наличия частотной составляющей в анализируемом сигнале является замкнутость ВАХ.

Для примера на рис. 2.18 приведены результаты построения ВАХ для сигнала из табл. 2.15.

Таблица 2.15

Параметры исследуемого сигнала

Частота, Гц	Амплитуда, А	Фаза, град
50	16	20
100	8	75
150	3	-15

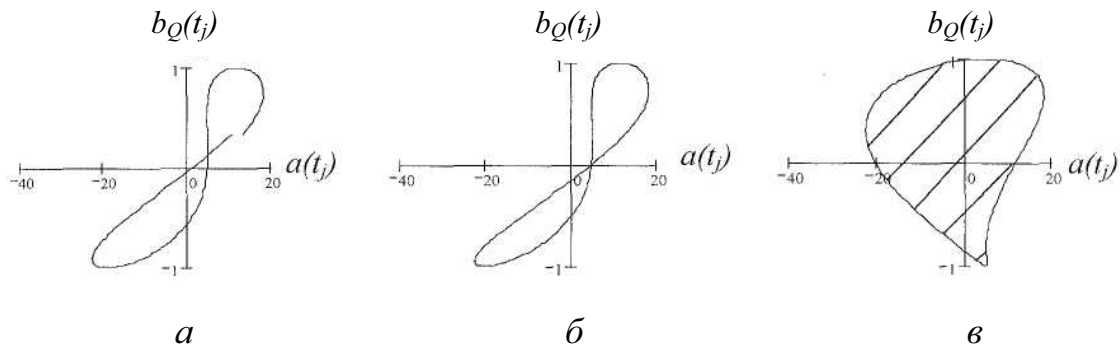


Рис. 2.18. Вольтамперная характеристика сигналов $a(t_j)$ и $b_Q(t_j)$

На рис. 2.18, *а* представлен случай, когда $\omega_0 \neq \omega_k$, и как следствие – ВАХ разомкнута; наоборот, на рис. 2.18, *б* – случай, когда $\omega_0 = \omega_k$ и ВАХ замкнута, что говорит о том, что в анализируемом сигнале имеется составляющая с частотой ω_k .

При изменении фазы опорного сигнала $\varphi_0 = \text{var}(\omega_0 = \text{const})$ добиваемся минимальной (Q') и максимальной (Q'') площадей ВАХ. В нашем случае $Q' = 1,016 \times 10^{-5}$ вар; $Q'' = 0,5 A_{mk} B_{mk} = 7,999$ вар.

При известной амплитуде B_{mk} опорного сигнала по Q'' находим амплитуду соответствующей спектральной составляющей:

$$A_{mk} = \frac{2Q''}{B_{mk}}. \quad (2.37)$$

Изменяя параметры опорного сигнала в диапазоне возможных значений частот и фаз отдельных составляющих анализируемого сигнала $\omega_{\min} \leq \omega_0 \leq \omega_{\max}$; $\Psi_{\min} \leq \varphi_0 \leq \Psi_{\max}$, можно организовать спектральный анализ сигнала $a(t_j)$, т. е. с помощью этого метода можно определить частоту, амплитуду и фазу каждой из составляющих, задав нужный шаг и диапазон нахождения частоты.

Точность измерения, в основном, определяется параметрами опорного сигнала. Исследования показали, что относительная погрешность вычисления амплитуд при $\omega_0 = \omega_k$ составила 2×10^{-5} . Разность между первым и последним значениями массива опорного сигнала, указывающая на смыкаемость вольтамперной характеристики, составила $1,599 \times 10^{-14}$.

3. ОСОБЕННОСТИ РЕШЕНИЯ ОБЩИХ ИНЖЕНЕРНЫХ ЗАДАЧ В ХОДЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ, ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА И СЕРВИСНОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ НОВЫХ ИЗДЕЛИЙ

3.1. Управление проектом

В предыдущих разделах настоящего пособия мы уже рассматривали решение отдельных локальных задач, которые могут встретиться инженеру в ходе его профессиональной деятельности. Однако с точки зрения идеального конечного результата – обеспечения потребности общества в тех или иных новых изделиях с достаточно хорошими технико-экономическими показателями при минимальных затратах труда и средств на их разработку и изготовление – очень важно посмотреть на весь комплекс решаемых инженерных задач во взаимосвязи друг с другом. Отсюда следует, что на практике мы имеем дело со сложной системой, анализ действия которой требует от разработчиков как профессиональных, так и надпрофессиональных знаний, короче – всестороннего системного подхода.

Из известных определений понятия система нам представляется наиболее правильной следующее: [14 с. 32]: «система – это совокупность элементов объединенных между собой для достижения заданной цели» (пример – автомобиль состоит из двигателя, коробки передач, карданного вала, колес, чтобы двигаться по земле).

Действительно, проектирование любого изделия (устройства, той или иной технической системы, программных продуктов и т. п.) является процессом, кладущим начало изменениям в искусственной среде. А поэтому проектирование – сложная деятельность, успех которой зависит от правильного сочетания трех средств познания – искусства, науки, математики. Деятели науки и искусства имеют дело с реальным физическим или символическим миром в том виде, в каком он существует в настоящее время. Напротив, математики оперируют с абстрактными понятиями и отношениями, не зависящими от календарного времени.

Именно вышесказанным можно объяснить необходимость появления синтетической дисциплины, названной «Управление проектами» (менеджмент, направленный на проект). Управление проектом по [20]: «искусство руководства и координации людских и материальных ресурсов на протяжении жизненного цикла проекта путем применения системы современных методов и техники управления для достижения поставленных в проекте задач (результатов) по составу и объему работ (стоимости, времени, качеству, удовлетворению участников и т. п.)».

Из большого числа слагаемых, входящих в управление проектом и определяющих успешное решение поставленных задач, ниже будут рассмотрены только вопросы метрологического обеспечения (см. п. 3.2), условия повышения производительности инженерного труда и, наконец, вопросы оформления результатов инженерных разработок в виде отчетов, статей и т. п. (см. п. 3.3).

При организации работ на любом этапе жизни проекта важно исходить из четко поставленных (для каждого конкретного проекта по своему!) задач и критериев оценки их выполнения.

Очень важно систематически следить за ходом работ и своевременно, при необходимости, вносить те или иные изменения в первоначальный план действий.

В книге [12] Д. Поля сказал: «Умный человек не связывает себя жестким планом... он оставляет ему (плану) некоторую гибкость, принимает во внимание непредвиденные трудности...»

В общем случае следует уделить внимание:

- анализу затрат на проведение работ каждого этапа проекта, соотношению затрат на НИР и ОКР с убытками от принятия неверного решения;
- распределению заданий между отдельными исполнителями строго в соответствии с их квалификацией и трудолюбием;
- отысканию полезных источников информации (см. п. 1.10)
- учету взаимосвязей между ходом работ над проектом и средой (например – временем года и сопутствующими температурами, влажностью, ветрами и т. п.).

При организации работ по решению тех или иных инженерных задач большое внимание должно уделяться вопросам повышения производительности инженерного труда. Неправильно считать (а это, к сожалению, имеет место на практике), что достаточно создать комфортные условия в помещениях, напичкать их современной вычислительной техникой и т. п. – тогда результаты инженерного труда будут улучшаться.

Надо не забывать неперемные условия повышения производительности труда в любых коллективах, которые сформулировал еще в 1911 году ученый и инженер из США Г. Эмерсон [21]. Из указанных в этой работе принципов обеспечения высокой производительности труда особо интересны:

- наличие точно поставленных идеалов или целей;
- господство здравого смысла;
- использование писанных стандартных инструкций;
- применение вознаграждений за производительность;

- справедливое отношение руководителя любого ранга к своему персоналу.

Мы имеем возможность представить на суд читателю (для ознакомления, усвоения и использования в будущей инженерной практике) перевод памятки для сотрудников знаменитой фирмы США «Дженерал-электрик».

В Ы П И С К А

из правил поведения руководящих инженеров фирмы Дженерал-электрик

- 1. Твоя задача проводить общую техническую политику и решать ежедневно возникающие трудности.*
- 2. Будь внимателен к критике и улучшающим предложениям, даже если они непосредственно тебе ничего не дают.*
- 3. Будь внимателен к чужому мнению, если даже оно не верно.*
- 4. Имей бесконечное терпение.*
- 5. Будь вежлив, никогда не раздражайся.*
- 6. Будь кратким.*
- 7. Будь справедлив, особенно с подчиненными.*
- 8. Не делай замечаний подчиненным в присутствии 3-го лица.*
- 9. Всегда благодари персонал за хорошую работу.*
- 10. Никогда не делай того, что могут сделать твои подчиненные, за исключением случаев опасности для жизни.*
- 11. Если то, что делают твои сотрудники, в корне не расходится с твоим мнением, давай им максимальную свободу действия.*
- 12. Выбор и обучение подчиненного всегда более благородная задача, чем выполнение дела самому. Не спорь по мелочам. Мелочи затрудняют общую работу.*
- 13. Не бойся, если твои подчиненные способнее тебя, гордись такими подчиненными.*
- 14. Никогда не используй своей власти до тех пор, пока не использованы все остальные средства, но в этом последнем случае применяй ее в максимально-возможной степени.*
- 15. Если твое распоряжение оказалось ошибочным – признай ошибку.*
- 16. Всегда старайся, во избежание недоразумений, давать распоряжение в письменной форме.*

3.2. Метрологическое обеспечение процессов решения инженерных задач в ходе управления проектами

Понятие «метрологическое обеспечение» определено в ГОСТ 1.25-76: «установление и применение научных и организационных основ, технических средств, правил и норм, необходимых для достижения единства и требуемой точности измерений».

Учет требований метрологического обеспечения (МО) важен на всех этапах жизненного цикла любого проекта – начиная от разработки технического (ТЗ) и кончая сервисным сопровождением эксплуатации того или иного изделия.

Вся проектно-конструкторская документация проходит метрологическую экспертизу (МЭ) по трем направлениям:

- выбор номенклатуры контролируемых параметров и регламентация требований к точности;
- установление технически и экономически обоснованных предельно допустимых погрешностей;
- подготовка и проведение любых измерений такими методами (и техническими средствами измерения) и в таких условиях, которые гарантируют что фактическая погрешность не выходит за границы предельно допускаемой погрешности.

Известно, что соответствующие нормативные документы требуют иметь следующие разделы:

- наименование и область применения;
- цель, назначение и источники информации;
- технические требования;
- экономические показатели;
- стадии и этапы разработки;
- порядок контроля и приемки.

При необходимости в ТЗ могут быть и приложения.

При МЭ любого ТЗ особое внимание обращают на пункт «технические требования», поэтому инженер-разработчик должен это обязательно учитывать в своей работе над проектом.

Как показывает анализ литературы по МЭ (в том числе соответствующих норм и инструкций) при экспертизе проверяют:

- полноту комплекта представленных документов;
- наличие всех разделов ТЗ;
- полноту и четкость формулирования требований к каждому из контролируемых параметров.

В табл. 3.1 приведено несколько примеров записей из ТЗ и замечания МЭ [3.1, 3.2].

Следует подчеркнуть, что МЭ должна, по возможности, проводиться уже на стадии ТЗ, т. к. только в этом случае суммарные затраты на МЭ всех этапов разработки документации проекта будут минимальными.

Большое внимание следует уделять обеспечению контролепригодности ТО (изделия, системы и т. п.). Должны быть предусмотрены доступ к точкам контроля и разработка, если это необходимо, не стандартизованных средств измерения. Необходимо проверить и точность – все ли параметры (размеры, масса, габариты, давление, сила и т. п.) удобны для контроля (при выходных испытаниях или повседневно, в ходе эксплуатации ТО при сервисных проверках и настройках)?

Таблица 3.1

Записи в ТЗ	Замечания экспертов
1) «Неоднородность измеряемых параметров... не более...»	Необходимо почетче определить, что понимается под неоднородностью
2) «Электрическая изоляция должна быть выполнена по ГОСТ 21657-89»	Запись не конкретна; этот ГОСТ предъявляет лишь общие требования
3) «Номинальное значение напряжения В ... (10 ± 2)»	Надо: «Номинальное значение напряжения (10 ± 2)В»

Анализ большого числа проектно-конструкторских документов показал, что недопустимо часто встречаются ошибки в терминологии, наименованиях и обозначениях физических величин и их единиц. Рекомендуется в ходе разработки еще и еще раз просмотреть и изучить терминологический стандарт в области метрологии – ГОСТ 16.263-70 «ГСИ. Метрология. Термины и определения». Тогда бы не было очень часто встречающихся в технической документации ошибок типа приведенных ниже.

В связи с широким использованием в современных устройствах и системах автоматики аналого-цифровых преобразователей (АЦП) заслуживают внимания вопросы их МО. В литературе, например [3.3], рассмотрены различные аспекты МЭ АЦП.

Таблица 3.2

Неправильно	Правильно
Замер	Измерение
Единицы измерения	Единиц физических величин
Размерность скорости, м/с	Единица скорости м/с (размерность LT^{-1})
Точность ± 0,1 мм	Абсолютная погрешность ± 0,1 мм
Ошибка измерений	Погрешность измерений
«Плотность – величина, определяемая массой единицы объема»	«Плотность – величина, определяемая отношением массы вещества к занимаемому им объему»
Число оборотов, об/мин	Угловая скорость
423 м, 06	423, 06 м

Обращается внимание на особенности трех групп метрологических характеристик АЦП:

- характеристики, описывающие реакцию АЦП на скорость изменения входного сигнала
 - а) при квазипостоянном (постоянном) входном сигнале;
 - б) при изменяющемся во времени входном сигнале;
- характеристики, характеризующие чувствительность тех или иных свойств (параметров) АЦП к влияющим факторам, определяющим дополнительные погрешности АЦП;
- характеристики, описывающие влияние на параметры АЦП подключенных на входе и выходе АЦП устройств.

В зависимости от задач МЭ и требований по точности преобразований «аналог-цифра» или «цифра-аналог» в литературе приводятся подробные рекомендации по созданию специализированных аппаратно-программных средств для аттестации и МЭ АЦП.

3.3. Рекомендации по форме представления результатов решения инженерных задач

Общие требования и правила оформления технической документации, в том числе отчетов по НИР и ОКР приведены в ГОСТах, однако на практике, в зависимости от назначений степени серьезности и важности текстового документа, требований того или иного печатного издания и т. п., зачастую увязывают форму представления результатов решения инженерных задач с требованиями конкретного заказчика на ту или иную инженерную разработку.

В общем случае следует исходить из двух основных групп требований – метрологических и предметных [3.4].

Исходя из метрологических требований, отчет (статья, техническая информация, реклама и т. п.) должен содержать достоверную и подконтрольную для читателя информацию. Поэтому все цифровые массивы должны, по возможности, представляться не для окончательных, а для исходных данных, но ... в сжатой форме.

Предметные требования приводят к необходимости приводимую в отчете информацию дать в максимально полном и доступном виде, чтобы читатель, при желании, имел возможность повторить исследования (хотя бы умозрительно!) вслед за автором. Обязательно надо указывать место проводимых исследований, описать условия эксперимента, сообщить полную информацию об использованных технических и программных средствах. И опять таки (см. метрологические требования) все необходимые данные должны быть приведены в развернутом, а не свернутом виде.

Как правило, статья (отчет и т. п.) должна освещать следующие вопросы:

- тип публикации;
- область исследований;
- общая проблема и ее связь с конкретной проблематикой;

- состояние дел (на основе краткого, но достаточно глубокого анализа всей литературы по проблеме);
- наличие нерешенных до сего времени задач и причин этого положения;
- уточнение и конкретизация решаемой задачи;
- исходные данные, идеализация и основные допущения;
- метод исследования;
- процедура исследования (программа, критерии завершения исследований);
- результаты исследований;
- достоверность полученных результатов и сравнение их с результатами других авторов;
- обсуждение полученных результатов и следующие из них рекомендации;
- перспективы (необходимость, возможности, сложности) продолжения исследований.

При анализе состояния дел по обсуждаемой в статье проблематике надо очень внимательно и ответственно подойти к анализу конкретной ситуации и к критике рассматриваемых в обзоре работ. В связи с обсуждаемым вопросом, следуя за профессором А.А. Любичевым [3.4], выделим эндогенную и экзогенную критики.

Эндогенная критика порождается внутренними свойствами работы, тогда как экзогенная критика использует результаты сопоставления данных с данными других авторов. У студентов и магистрантов, как правило, недостаточно должной эрудиции для экзогенной критики, тогда как качественную эндогенную критику «может проводить всякий человек ... при условии, что он сумеет понять изложение и если он развил свои критические способности» [3.4, с. 18].

Естественно, что в каждом конкретном случае степень выполнения приведенных выше рекомендаций может быть различной. Применительно к научным исследованиям, а также при выполнении тех или иных учебных заданий (курсовые и дипломные проекты, доклады на семинарах и т. п.) можно использовать рекомендации из [3.5, 3.6].

И последний совет читателю. Степень понимания Вашего отчета (статьи, инструкции пользователю и т. п.) очень сильно зависит от четкости Ваших рекомендаций и выводов. Здесь, в частности, следует уделить особое внимание правильности используемых терминов и определений, соответствию единиц измерения нормативам и т. п. В дополнение к рекомендациям из п. 3.2, обращаем внимание читателей на целесообразность использование различных словарей и справочников, дающих четкое определение тем или иным терминам. Кроме уже отмеченных источников нормативной информации такого плана рекомендуем использовать издания типа [3.7], «написанных» для культурных людей и для необразованных неспециалистов».

4. ВОПРОСЫ РЕШЕНИЯ ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКИХ ЗАДАЧ И ОХРАНЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ РАЗРАБОТЧИКОВ

4.1. Результаты решения инженерных задач как объекты интеллектуальной собственности. Защита прав разработчиков на изобретения, полезные модели и промышленные образцы

Интеллектуальная собственность (ИС) – это материально выраженный результат умственного (интеллектуального) труда, дающий его создателю (автору) исключительное право на него.

Объектами интеллектуальной собственности являются творения человеческого разума, человеческого интеллекта. Под интеллектуальной собственностью понимают исключительные права на объекты, относящиеся к результатам творческой деятельности человека, к средствам индивидуализации и необщественные сведения:

- произведения в области литературы, науки и искусства;
- исполнительская деятельность артистов, постановщиков, дирижеров, радио- и телевизионные передачи, звукозаписи и видеозаписи;
- изобретения во всех областях человеческой деятельности, полезные модели, промышленные образцы;
- селекционные достижения;
- научные открытия;
- охраняемые от разглашения (необщедоступные) сведения, технические и технологические знания, производственный и организационный опыт, коммерческая и другая конфиденциальная информация (так называемое ноу-хау);
- товарные знаки и знаки обслуживания;
- наименования мест происхождения товаров, коммерческие обозначения и фирменные наименования;
- программы для электронных вычислительных машин и базы данных;
- топологии интегральных микросхем;
- все другие права, относящиеся к интеллектуальной деятельности в производственной и научной, литературной и художественной областях.

Таким образом, под интеллектуальной собственностью понимают совокупность исключительных прав личного и имущественного характера на результаты интеллектуальной и творческой деятельности, а также на приравненные к ним объекты, установленные законодательством с учетом международных обязательств (см. рис. 4.1).

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СОБСТВЕННОСТЬ И СФЕРЫ ЕЕ ПРАВ



Рис. 4.1

Правовая охрана интеллектуальной собственности в России заложена рядом законодательных актов. Так в Конституции России утверждается: «Интеллектуальная собственность охраняется законом». Это понятие определено в статье 138 части первой Гражданского кодекса России и развивается рядом российских законов 1992–1993 гг. (с изменениями в последующие годы):

- патентным законом РФ № 3517-1 от 23.09.92 (с изменениями от 11.03.2003);
- законом РФ № 3520-1 от 23.09.92 «О товарных знаках, знаках обслуживания и наименованиях мест происхождения товаров» (с изменениями от 11.12.2002);
- законом РФ № 3524-1 от 23.09.92 «О правовой охране программ для ЭВМ и баз данных» (с изменениями от 24.12.2002);

- законом РФ № 3527-1 от 23.09.92 «О правовой охране топологий интегральных полупроводниковых микросхем» (с изменениями от 09.07.2002);
- законом РФ № 5351-1 от 09.07.93 «Об авторском праве и смежных правах» (с изменениями от 19.07.1995, 20.07.2004).

Однако интеллектуальная собственность – лишь образное понятие, пока нет соответствующих документов (патента, свидетельства о регистрации, договора об уступке прав патентообладателя и т. п.). На основе [22, 23,24] ответим на вопрос: что понимается под изобретениями, полезными моделями, промышленными образцами?

- Изобретение – создает материальные объекты или их свойства – не существующие в этом мире и по этой причине также неизвестные.

- **Объектами изобретений** могут являться: устройства (конструкции и изделия); способы (процессы выполнения действий над материальным объектом с помощью, опять таки, материальных объектов); вещества (индивидуальные химические соединения, композиции, в том числе составы, смеси и продукты ядерного превращения); штаммы микроорганизма, культуры клеток растений и животных; применение известных ранее устройств, способов и веществ по новому назначению.

- **К полезным моделям** относятся конструктивное выполнение средств производства и предметов потребления, а также их составных частей.

- Полезная модель охраняется путем регистрации в государственном патентном ведомстве.

- **К промышленным образцам** относится художественно-конструкторское решение изделия, определяющее его общий вид, к примеру, вид газетного киоска, велосипеда вид ковра, ткани и т. д.

- Право на изобретение подтверждает **патент** на изобретение, права на полезную модель – **патент** на полезную модель, права на промышленный образец – **патент** на промышленный образец. Патент выдается Государственным патентным ведомством и является основанием для юридической охраны объекта промышленной собственности.

В [25, 26] подробно расписаны содержание и процедуры подачи заявок на те или иные охранные документы, определяющие права изобретателей. Все делопроизводство ведется Федеральным институтом промышленной собственности (ФИПС). Главная функция института – государственная экспертиза заявок на изобретения, полезные модели, промышленные образцы, товарные знаки и знаки обслуживания, наименования мест происхождения товара и установления соответствия заявленных объектов условиям охраноспособности, а также прием заявок на официальную регистрацию программ для ЭВМ, баз данных, топологий

интегральных микросхем и проверку соответствия этих заявок установленным требованиям.

Заявка должна содержать:

- заявление установленной формы о выдаче патента (свидетельства) с указанием авторов и лиц, на имя которых испрашивается патент, а также их местонахождение или местожительство;
- описание для изобретения или формулу полезной модели – с полнотой раскрытия, достаточной для осуществления; для промышленного образца – включающее перечень его существенных признаков;
- формулу изобретения или формулу полезной модели, выражающую его сущность и полностью основанную на описании;
- фотографии для промышленного образца, отображающие изделие, макет или рисунок, дающие полное детальное представление о внешнем виде изделия;
- чертежи и иные материалы, если они необходимы для понимания и раскрытия сущности изобретения;
- реферат.

По патентному законодательству Российской Федерации по истечении двух месяцев проводится формальная экспертиза заявки; при этом Роспатент классифицирует заявленные изобретения (полезные модели) в соответствии с международной патентной классификацией (МПК). Дело в том, что каждый патент имеет соответствующее обозначение (индекс), отвечающий той или иной области техники. Для разных стран используются свои национальные патентные классификации. Международная патентная классификация регулярно (один раз в пять лет) редактируется с целью проведения ее в соответствии с современным состоянием науки и техники. Так ныне действующий МПК имеет 8 разделов, к примеру – раздел А «Удовлетворение жизненных потребностей человека». Каждый раздел имеет подраздел, в котором сгруппированы близкие классы; например, А41 – одежда. Следующим уровнем МПК являются группы (дробные рубрики), например, в подклассе А41 В «Верхняя одежда; защитная одежда; принадлежности к ним» содержатся следующие основные группы:

1/00 Предметы верхней одежды

3/00 Верхняя одежда

.....

31/00 Подбор особых тканей или материалов для верхней одежды.

Вторая экспертиза, теперь уже по существу, проводится только по заявкам, прошедшим формальную экспертизу с положительным резуль-

татом, при наличии соответствующего ходатайства заявителя и только после оплаты по тарифу соответствующей пошлины.

Непременной частью экспертизы по существу является информационный поиск на основании формулы изобретения (полезной модели). Этот поиск проводится по официальным бюллетеням Патентного ведомства РФ и СССР; при этом также изучается патентная документация ряда стран мира за рубежами России. Кроме того, в ходе информационного поиска при определении уровня техники изучаются: соответствующие печатные издания; депонированные рукописи статей и обзоров; отчеты о НИР, ОКР и другие материалы, находящиеся в органах научно-технической информации; нормативно-техническая документация, диссертации и авторефераты по теме изобретения и т. д.

На основании результатов информационного поиска проводится рассмотрение заявки по существу; при этом обращается особое внимание: на наличие существенных признаков заявленного изобретения, совокупность которых достаточна для получения указанного заявителем технического результата; на соответствие изобретения условиям промышленной применимости; на новизну; на наличие так называемого изобретательского уровня («для специалиста изобретение не следует явным образом из уровня техники»).

Если экспертиза по существу дала положительный результат, патентное ведомство России публикует в официальном бюллетене («Изобретения» и «Полезные модели»): минимально необходимые сведения об авторе; название изобретения; индексы МПК; дату поступления заявки; формулу изобретения.

Ниже, в п.п. 5.1 и 5.2, будут приведены, для примера, формулы и краткие описания нескольких изобретений (патентов, полезных моделей). Их анализ должен помочь читателю уяснить принципиальное отличие изобретений от других решений творческих инженерных задач.

Изобретения обычно связаны с улучшением технических систем (устройств), технологий (способов), конструкционных материалов и веществ. В идеальном случае изобретения решают вопросы создания принципиально новых (пионерных) изделий, технологий, материалов, веществ, штаммов, микроорганизмов.

Главными признаками изобретений являются их новизна и полезность, что является определяющим при признании того или иного решения изобретений.

Заявленное решение признается новым, если до даты приоритета заявки сущность решения не была раскрыта неопределенному числу лиц как в России, так и за рубежом. При этом приоритет устанавливается по дню поступления заявки в патентное ведомство, а новизна опре-

деляется сравнением с объектами того же назначения – аналогом и прототипом. Прототип выбирается среди аналогов заявляемого изобретения по технической сущности и по достигаемым результатам. Естественно, что пионерные изобретения аналогов не имеют.

Под полезностью понимают возможность получения определенных положительных эффектов при внедрении изобретения – или повышение производительности, или уменьшение расхода материалов, или снижение стоимости эксплуатации нового изделия, или улучшение экологической обстановки и т. д.

Особое внимание уделяется формуле изобретения (полезной модели), ибо только они определяют объем правовой охраны, предоставляемой патентом. В связи с этим очень важно правильно выделить в формуле *ограничительную связь* (включающую признаки изобретения, совпадающие с признаками наиболее близкого аналога) и *отличительную часть*, включающую признаки, которые отличают данное изобретение от наиболее близкого аналога.

Как правило, отличительная часть отделяется от ограничительной словосочетанием «отличающийся тем, что». Обращаем внимание читателя на тот факт, что формула изобретения является, по существу, предельным выражением краткого описания технологического объекта (ТО), выделяя то или иное соответствие между функцией и структурой элементов ТО (см. в п. 1.1 – 2-й закон развития техники).

Рассматривая вопросы защиты интеллектуальной собственности инженеров-разработчиков новых технических решений, следует обратить внимание на сложности и трудности грамотного оформления требуемой патентной документации и невозможность их рассмотрения достаточно подробно и доходчиво в учебном пособии.

Однако в своих дерзаниях и поисках не забывайте о том, что не признаются патентоспособными предложения:

а) из изобретений и полезных моделей:

- по научным теориям и математическим методам;
- по методам организации и управления хозяйством;
- по методам выполнения умственных операций;
- по внешнему виду изделий (направленные на удовлетворение эстетических потребностей);
- по топологии интегральных микросхем;
- по алгоритмам и программам для ЭВМ;

б) из заявок на получение патента на промышленный образец:

- по объектам архитектуры и т. п.

В заключение отметим, что до введения в действие ныне действующего патентного законодательства в РФ и ряде других стран разли-

чали, как наиболее значимые изобретения, открытия. Сейчас официальное делопроизводство по открытиям не ведется, однако общественные организации – общественная академия естественных наук и Ассоциация авторов открытий по-прежнему занимаются открытиями и тем или иным образом отмечают их авторов.

4.2. Охрана прав разработчиков на непатентоспособные творческие решения – программы для ЭВМ, базы данных, коммерческие и деловые секреты («ноу-хау»)

Согласно закону о собственности в Российской Федерации, объекты ИС (см. рис. 4.1) делятся на две группы:

- объекты промышленной собственности (изобретения, промышленные образцы, полезные модели);
- все другие объекты ИС, которые охраняются Законом РФ об авторском праве и смежных правах.

Вопросы охраны ИС первой группы уже были рассмотрены в п. 4.1.

Ниже рассмотрим пути защиты прав авторов на непатентоспособные творческие решения исходя из авторского права (касается отношений, возникающих в связи, например, с программами для ЭВМ, баз данных, экспертных систем и т. п.) и смежных прав (тесно примыкают к авторским; субъектами здесь являются исполнители, производители фонограмм и т. п.). К объектам ИС второй группы относятся также так называемые конфиденциальные сведения, раскрывающие основные направления деятельности той или иной фирмы, деловые секреты, «ноу-хау» и т. п.

В уже рассматриваемых выше нормативных документах патентного ведомства РФ [25, 26] приведены правила составления, подачи и рассмотрения заявок на официальную регистрацию: программ для ЭВМ и баз данных; топологий интегральных микросхем.

Регистрация производится путем подачи соответствующей заявки в Роспатент.

При положительном результате рассмотрения заявки Агентство вносит соответствующую Запись в соответствующий Реестр (топологий, программ для ЭВМ или баз данных), выдает заявителю свидетельство и публикует сведения о регистрации в официальном бюллетене Роспатента.

В общем случае к «ноу-хау» относят совокупность научно-технических, организационных и коммерческих знаний, не защищенных охраняемыми документами (патентом на полезную модель, или патентом на изобретение), но не опубликованных в открытой печати.

В отдельных случаях «ноу-хау» является альтернативой патентной форме защиты или дополнением к ней. Впервые термин «ноу-хау» (дословно «знать как» – сокращение фразы «знать как делать») появился в 1916 году в США и постепенно стал использоваться в других странах, в том числе и в России.

В табл. 4.1 приведены примеры применения «ноу-хау» и побудительные к этому причины [4.1, 4.2].

Таблица 4.1

№	Примеры	Причины
1	Технологическая расстановка оборудования; список поставщиков; особенности организации производства (хотя бесспорны эффективность и коммерческая ценность)	Нельзя защитить из-за отсутствия соответствующих правовых норм
2	Любые технические решения	Можно в принципе защитить, но не все критерии охраноспособности выполняются, например – по новизне
3	Решения в области химии, ... электроники (очень быстро обновляются на практике)	За время патентования могут потерять актуальность
4	а) катализатор для изготовления химического вещества б) ПЕПСИ-кола	Нет опасности открыть сущность изобретений при осмотре, а владелец предпочитает сохранить изобретение в секрете
5	Любые решения	Есть сомнения в необходимости патентной защиты
6	Любые решения	У владельца нет средств для оформления патента (например, при патентовании за рубежом)
7	Любые решения	При сочетании патентной защиты с передачей отдельных частных по «ноу-хау»
8	Решения в области технологии	При отсутствии перспектив на коммерческую реализацию

При выборе между патентованием и режимом «ноу-хау» необходимо помнить, что в общем случае засекречивание дешевле патентования и затрудняет плагиат. Но ..., например, переход работников в другую фирму делает сохранение секретности трудновыполнимым делом. Недаром в ряде зарубежных фирм можно встретить лозунг «Служащие, обладающие профессиональными знаниями – это самое ценное «ноу-хау» нашей фирмы». В ряде публикаций встречаются такие советы опытных разработчиков новой техники (технологии):

- При демонстрациях на выставках информация об экспонате не должна быть подробной!
- В описании изобретений старайтесь не указывать оптимальные решения, приводите размытые границы тех или иных параметров изделия или техпроцесса!
- Не начинайте переговоров с другими фирмами до заключения соглашения о конфиденциальности!
- Только патент исключает возможность безвозмездного копирования Вашей разработки конкурентами!

4.3. Эвристические методы решения изобретательских задач

Прежде чем перейти к различным вариантам решения задач, как технических, так и нетехнических рассмотрим уровни возможных вариантов сложности этих задач:

1. Задачи могут отличаться по содержанию требуемых знаний. На первом уровне задача и средства ее решения лежат в пределах одной профессии (одного раздела отрасли). На втором уровне – в пределах одной отрасли (например, машиностроительная решается способом, уже известным в машиностроении, но в другой его отрасли). На третьем уровне – в пределах одной науки (например, механическая задача решается на основе законов механики). На четвертом уровне – за пределами науки – «задачедательницы» (например, механическая задача решается химически). На высших подуровнях пятого уровня – вообще за пределами современной науки (поэтому сначала нужно получить новые научные знания или сделать открытие, а потом применять их к решению изобретательской задачи).

2. Задачи могут отличаться по структуре взаимодействующих факторов. Это можно показать на различиях «структур», например, задач первого и четвертого уровней.

Для задач первого уровня характерно:

- а) небольшое число взаимодействующих элементов.
- б) неизвестных факторов нет или они несущественны;
- в) легкость анализа:
 - элементы, которые могут быть изменены, легко отделяются от элементов, не поддающихся изменениям в условиях задачи;
 - взаимное влияние элементов и возможных изменений легко прослеживается;
- г) некоторое осложнение состоит в том, что часто решение требуется получить в короткое время;

Для задач четвертого уровня характерно:

- а) большое число учитываемых элементов;
- б) значительное число неизвестных факторов;
- в) сложность анализа:
 - трудно отделить элементы, которые могут быть изменены в условиях задачи;
 - трудно построить достаточно полную модель взаимного влияния элементов и возможных изменений;
- г) некоторое упрощение состоит в том, что на поиск решения отводится относительно большое время.

3. Задачи могут отличаться по степени изменения объекта. В задачах первого уровня объект (устройство или способ) практически не изменяется, например, устанавливается новое значение одного параметра. На втором уровне объект незначительно изменяется, например, в деталях. На третьем уровне объект существенно изменяется (например, в важнейших частях), на четвертом – полностью меняется, а на пятом изменяется также и техническая система, в которую входит измененный объект.

Исходя из вышесказанного необходим способ «перевода» изобретательских задач с высших уровней на низшие и превращения тем самым «трудной» задачи в «легкую», например, с помощью быстрого сокращения поискового поля.

4. Природа не выработала эвристических приемов высших порядков! На протяжении всей эволюции мозг человека приспособился лишь к решению задач, соответствующих примерно первому уровню.

Эвристика – в античной философии – «искусство нахождения истины», система логических приемов и методических правил теоретического исследования; метод обучения, способствующий развитию находчивости, активности.

В настоящее время известно достаточно большое количество различных методов, позволяющих решить даже самые сложные технические задачи, в том числе – и изобретательские. Они доступны, понятны и овладение ими – задача каждого грамотного инженера. Если рассматривать их в хронологическом порядке, то, пожалуй, самый древний и самый популярный среди большей части изобретателей – метод проб и ошибок. К сожалению, этот стандартный метод решения изобретательских задач парадоксально неэффективен.

Только в 30–40 годы прошлого века появились уже рассмотренные в главе 1 научно-обоснованные методики – «мозговой штурм», синектика, морфологический анализ, деловые игры и т. д.

В 1946 году бакинский изобретатель Г.С. Альтшуллер начал заниматься анализом патентного фонда технических изобретений. Вскрытые и уточненные им закономерности составили основу, костяк современной теории решения изобретательских задач (ТРИЗ) и ее реализации – алгоритма решения изобретательских задач – (АРИЗ). С его помощью можно не только преодолеть конкретное противоречие, но и проанализировать всю генеалогию технической системы и даже предсказать ее дальнейшее развитие. И это – неслучайно. Ведь любое, даже небольшое изменение в технической системе, направленное на улучшение одной из ее сторон, одновременно приводит к ухудшению другой стороны, к нежелательному эффекту. «Нет худа без добра и добра без худа» – это знает любой изобретатель. В общем случае можно представить противоречие в виде:

$ТП = ПЭ + НЭ$, где ТП – техническое противоречие; ПЭ – положительный эффект; НЭ – нежелательный эффект.

Пока положительный эффект превышает нежелательный ($ПЭ \gg НЭ$), техническое противоречие мало заметно. Когда же ухудшение начинает приближаться к границам допустимого – ТП начинает обостряться.

Разрешить ТП – значит привести техническую систему в такое состояние, при котором ухудшение одной из ее сторон, связанное с данным противоречием, перестает быть недопустимым и угрожающим.

Необходимость разрешения ТП непосредственно вытекает из одного из следствий I-го закона развития техники (см. п. 1.1) – «качественные скачки в технике совершаются лишь в результате накопления в техническом объекте (или технической системе) тех или иных недостатков – технических противоречий».

Указанный выше АРИЗ (в литературе описаны АРИЗ-59, АРИЗ-61... АРИЗ-85) представляет собой комплекс четко сформулированных действий, направленный на решение изобретательских задач путем уточнения и преодоления технических и физических противоречий (ТП и ФП). Для удобства пользования алгоритмом, из него выделена система принципов решения отдельных классов задач, так называемая система стандартов. И АРИЗ и стандарты основаны на выявлении и преодолении противоречия – основного фактора, сдерживающего развитие ТС. Но если АРИЗ построен на последовательном, шаг за шагом, анализе задачи, то в стандартах этап развития пропущен, точнее, он проведен заранее, и потому стандарты содержат уже готовые рекомендации по решению задач. Отметим, что смысл сочетания «изобретательские стандарты» отличается от общепринятого понимания слова «стандарт». Обычно под стандартом имеют в виду нечто неоспоримое, тривиальное, применение того, что уже давно узаконено. Рекомендации изобретательских стан-

дартов, наоборот, ведут к непривычным, нетрадиционным и потому – сильным решениям.

Особенностью АРИЗ является применение вепольного анализа (от слов «вещество» + «поле»), оперирующего с минимальной структурной моделью технической системы из изделия, инструмента и поля (энергетического объекта). Полный веполь может быть полезным, вредным или неэффективным (когда полезное действие осуществляется недостаточно эффективно). В ходе преобразования вепольной модели по определенным правилам отыскиваются наилучшие варианты решения поставленной задачи.

Как Альтшуллером, так и другими изобретателями были проанализированы и отобраны наиболее целесообразные подходы к поискам нового, аккумулирован опыт большого числа изобретателей из разных стран, подготовлены банки данных с известными техническими и физическими противоречиями и примерами их разрешения.

По существу речь идет о специальном информационном обеспечении (см. п. 1.8) для изобретателей. Так, например, в [10] приведены подробные сведения о фонде физических эффектов (ФФЭ), включающем в настоящее время 4400 описаний и ссылок на наиболее информативные источники информации. Сюда входят физические, химические, геометрические, по главным ресурсам, по функциям, по контексту и т. п.

Рассмотрим несколько таких описаний из [10].

Описание № 39 «Магнитодиодный эффект»

Вход 1 – магнитное поле. Магнитная индукция. Увеличение.

Вход 2 – электрический ток. Постоянный. Сила электрического тока.

Выход – электрический ток. Сила электрического тока. Резкое уменьшение.

Объект – полупроводниковый диод.

Сущность: Поле приводит к резкому уменьшению тока через диод

Применение: В устройствах автоматики; ... при создании бесколлекторных двигателей.

Применительно к задачам совершенствования устройств памяти и логических схем представляет определенный интерес: описание эффекта переключения (№ 43); акустомагнитоэлектрического эффекта (№ 63) и т. д.

Выявив наиболее часто встречающиеся ТП и ФП, изобретатели отобрали и предложили различные приемы воздействия на рассматриваемый объект или систему.

В АРИЗ применяются 40 таких приемов и порядка 90 подприемов [27, 28] (с некоторыми из них мы познакомимся ниже).

Разработанный в 1980–1981 гг. А.И. Половинкиным [6, 7] обобщенный эвристический метод (ОЭМ) не только вообрал в себя ряд элементов АРИЗ, но и расширил число используемых информационных массивов. Особый интерес представляет межотраслевой фонд эвристических приемов преобразования объектов (МФПО), содержащий 12 групп таких приемов: 1) преобразование формы; 2) преобразование структуры; 3) преобразование в пространстве; 4) преобразования во времени; 5) преобразование движения и силы; 6) преобразование материала и вещества; 7) приемы дифференциации; 8) количественные изменения; 9) использование профилактических мер; 10) использование резервов; 11) преобразования по аналогии; 12) повышение технологичности.

Из большого числа описанных в [7] и [28] эвристических приемов приведем лишь несколько, чтобы ниже показать плодотворность использования этих приемов на конкретных примерах разработки элементов и устройств автоматики в ТПУ

Таблица 4.2

Приемы из МФЭП	Приемы из АРИЗ
Группа (10) «использование резервов» устранить вредный фактор, например, за счет компенсации его другим вредным фактором	23. Принцип «клин – клином» Устранить вредный фактор за счет сложения с другим вредным фактором
Группа (7) «приемы дифференциации» разделить объект на части, после чего изготавливать ... каждую часть отдельно, а затем выполнять сборку	1. Принцип дробления. Разделить объект на независимые друг от друга части
Группа (6) «Преобразование материала и вещества» ...выполнить элементы из материалов с различающимися характеристиками, дающими нужный эффект (например – с разными коэффициентами термического расширения)	13. Принцип «Наоборот» а) Вместо действия, диктуемого условиями задачи, осуществить обратное действие в) перевернуть объект «вверх ногами»
	19. Принцип импульсного действия Перейти от непрерывного действия к периодическому или импульсному

На основе опыта использования того или иного набора приемов на конкретном предприятии или в определенной области техники целесообразно составить и широко использовать в инженерной практике специализированный фонд эвристических приемов. Разработчикам новой техники может оказаться весьма полезен индивидуальный фонд эвристических приемов, накапливаемых изобретателем «для себя» и наи-

лучшим образом отражающих субъективные особенности творческой личности и круг творческих интересов. Естественно, что сюда конкретный изобретатель включит интересные для него результаты анализа выдающихся изобретений других авторов.

В [28] на основе анализа 25 тысяч различных изобретений составлена матрица технических противоречий – таблица, в вертикальную колонку которой записаны те показатели, которые желательно изменить, а в горизонтальную – показатели, которые изменяются в худшую сторону (если осуществлять желаемое изменение уже известными способами). На пересечении соответствующих показателей приводятся наиболее сильные, из 35-ти рекомендуемых Альтшуллером, эвристические приемы (см. столбец «приемы из АРИЗ» в табл. 4.2).

Часть предлагаемой в [28] таблицы, которая нам понадобится при рассмотрении нескольких задач из п.1.2, приведена ниже (см. табл. 4.3).

4.4. Общие сведения о специализированных интеллектуальных программных системах для решения изобретательских задач

4.4.1. В п.п. 4.1 и 4.2 настоящего раздела мы уже говорили о технических и физических противоречиях (ТП и ФП), разрешение (устранение) которых приводит исследуемую систему в такое состояние, при которой ухудшение одной из ее сторон, связанное с данным ТП или ФП, перестает быть недопустимым или угрожающим. Фактически рассматриваемые выше приемы решения изобретательских задач нейтрализовали те или иные ТП. Естественно, что по мере расширения использования ЭВМ, в научной и инженерной практике появилась идея создания искусственного интеллекта (ИИ) – «сделать ЭВМ думающей и генерирующей новые технические решения».

Однако наблюдавшийся в середине семидесятых годов пик интереса к системам искусственного интеллекта быстро уменьшился. Дело в том, что не была решена проблема базы знаний систем ИИ. Действительно, в мире существует масса специализированных компьютерных экспертных систем, например – медицинской диагностики или поиска полезных ископаемых, но все они – очень узконаправленные, содержащие знания в лучшем случае нескольких специалистов в данной конкретной области. Подразумевалось, что специалиста, знающего все на свете, в природе не существует, поэтому и нельзя создать универсальную базу данных. Однако за последние 15–20 лет положение существенно изменилось – появилось достаточно большое число интеллектуальных программ и даже комплексов программ, решающих за разработчика (точнее – вместе с разработчиком), те или иные задачи и подзадачи, возникающие в ходе разработки новых технических решений.

Таблица 4.3

Что нужно улучшить (увеличить или уменьшить по условиям)	Что ухудшается, если задачу решать традиционным способом					
	23	24	26	1	5	9
	Вредные факторы	Удобство изготовления	Удобство контроля	Вес	Скорость	Продолжительность действия
23 Вредные факторы	–	33, 18, 30	4, 26, 11	19, 22, 23, 24	–	15, 23, 33
26 Удобство контроля	4, 11, 26, 35	6,2; 8,32	–	–	–	–
24 Удобство изготовления	33, 18, 30	–	6,2; 8,32	–	1, 13, 18	27, 1,4
20 Стабильность	14 энергия					
	приемы 13, 19					

Не имея возможности подробно изложить в настоящем учебном пособии основные алгоритмы и, тем более, программы решения изобретательских задач того или иного плана, ограничимся кратким рассмотрением семейства программных систем «ИЗОБРЕТАЮЩАЯ МАШИНА» [29].

4.4.2. В Минске в конце 1980-х годов, после примерно 7 лет экспериментальных работ, по инициативе и под руководством ученого Валерия Цурикова, специалиста ТРИЗ и исследователя, работавшего в области систем искусственного интеллекта, группой энтузиастов был создан пионерский ТРИЗ-софтвар Изобретающая Машина (Invention Machine). К 1991 году было реализовано более 2000 копий (одна из копий была приобретена Томским политехническим институтом и используется в настоящее время в учебном процессе).

В 1992 году Валерий Цуриков выехал в США и основал компанию Invention Machine Corp., при этом программирование новой Windows-версии продолжалось в Минске. 1995 год принес фирме большой успех – был заключен контракт с фирмой Motorola на 3 млн долларов, а в 1996 году фирма Mitsubishi приобрела версию Invention Machine на 18 млн долларов.

В 1997 году ТРИЗ-софтвар Invention Machine вышел в расширенной версии под названием TechOptimizer. Стремительное распространение софтвара TechOptimizer привело к всемирной известности ТРИЗ и сделало фирму Invention Machine Corp. признанным лидером в области CAI – Computer Aided Innovation / Invention.

На начало 2001 года TechOptimizer 3.5 являлся наиболее мощной системой, основанной на ТРИЗ. Инструментальную часть системы представляют четыре подсистемы, основанные на ТРИЗ-моделях: «Principles Module» – реализует А-Матрицу и А-Каталог; «Prediction Module» – реализует ТРИЗ-закономерности развития систем и оригинальные модели трансформации, детализирующие и развивающие модели типа «Стандарты»; «Effects Module» – база знаний технических эффектов; «Feature Transfer Module» – реализует Метод интеграции альтернативных систем.

Исключительно ценной является подсистема «Effects Module». В ней собрано более 4400 (!) эффектов из разных областей знания.

Подсистемы «Product Analysis Module» и «Process Analysis Module» основаны на моделях функционально-стоимостного анализа и помогают правильно формулировать проблемы.

Наконец, подсистема «Internet Assistant Module with Patent Analyzer» впервые дала пользователю возможность доступа к известным патентным и другим фондам через Интернет непосредственно из ТРИЗ-софтвера.

Опыт работы с ИМ весьма важен для студентов ТПУ по следующим причинам:

1) для работы с софтвером TechOptimizer 3.5 требуется предварительное изучение основ ТРИЗ. В этом отношении настоящее учебное пособие дает необходимые знания для работы с ТРИЗ-подсистемами «Principles Module», «Prediction Module», «Effects Module» и «Feature Transfer Module»;

2) существенную помощь пользователю в работе с софтвером TechOptimizer 3.5 окажет знание и понимание заложенной в него стратегии направленного решения инновационных проблем;

3) знание принципов диагностики проблем, стратегии и тактики изобретения и ТРИЗ-закономерностей развития систем поможет пользователям в работе как с подсистемами «Product Analysis Module» и «Process Analysis Module», так и с ТРИЗ-подсистемами.

Следует обратить внимание читателей на новые выдающиеся инструменты фирмы Invention Machine Corp., а именно, системы Knowledgist, CoBrain и Goldfire Intelligence. Все системы являются мощными семантическими процессорами и предназначены для поиска знаний в патентных и других электронных информационных фондах. Например, система Knowledgist может обеспечить пользователю обращение к базам знаний «Effects Module» на естественном языке, при этом с помощью синонимической интерпретации система подберет пользователю наиболее подходящие разделы и примеры.

Системы CoBrain и Goldfire Intelligence чрезвычайно эффективны, например, для быстрого просмотра и анализа патентных фондов с целью поиска аналогов, для прогнозирования развития отрасли или оценки конкурентоспособности продукции.

Таким образом, софтвер фирмы Invention Machine Corp. ориентирован на первое и третье фундаментальные направления развития ТРИЗ-знаний – создание систем обработки знаний для инновационной и изобретательской деятельности, особенно для интеграции с системами поддержки проектирования, управления, научных исследований.

Знание ТРИЗ-закономерностей и моделей развития систем по разделу «Стратегия и тактика изобретения», метода реинвентинга и моделей структурирования оперативной зоны обеспечит Вам необходимую целевую ориентацию при работе с системами Knowledgist, CoBrain и Goldfire Intelligence [15].

4.4.3. Выдающийся теоретик ТРИЗ, ТРИЗ-писатель и педагог Борис Злотин прошел большой творческий путь вместе с основателем ТРИЗ Генрихом Альтшуллером. В 1992 году состоялся переезд Б. Злотина и его школы в США, где с его участием была основана фирма Ideation International Inc. Консалтинговая деятельность Б. Злотина принесла вскоре дальнейшую известность ТРИЗ в США, а вместе с деятельностью фирмы В. Цурикова стала мощным катализатором как применения ТРИЗ, так и быстрого роста числа консалтинговых и обучающих ТРИЗ – фирм в США. Так, ряд других ТРИЗ-специалистов, переехавших вскоре из России в США, приняли участие в воссоздании там в 1996 году международного издания ТРИЗ Journal – ранее единственного ТРИЗ – журнала в СССР, выходившего с 1990 года 1–2 раза в год (для сравнения – по 12 выпусков в год в США!).

Фирма Ideation International Inc., начиная с середины 1990-х годов, выпустила несколько софтверных систем, таких как Problem Formulator, Innovation Situation Questionnaire, Ideator, Improver, Anticipatory Failure Determination (AFD), Knowledge Wizard, Innovation Workbench. Так или иначе все системы семейства ТРИЗSoft фирмы Ideation International Inc. опираются на классические ТРИЗ – модели трансформации, хотя содержат и иные оригинальные инструменты, особенно система AFD, предназначенная для анализа и предупреждения появления системных дефектов. Таким образом, софтвер фирмы Ideation International Inc. ориентирован на второе (и частично, на третье и четвертое) фундаментальное направления развития ТРИЗ – знаний – создание универсальных и специализированных прикладных систем на основе ТРИЗ. Знакомство с

основами классической ТРИЗ по настоящему учебному пособию позволит Вам, при необходимости, быстро освоить большинство из указанных систем фирмы Ideation International Inc.[www.ideationtriz.com]

4.5. Семейство интеллектуальных программных систем ИМ

На сегодня, «Изобретающая машина» (ИМ) представляет собой семейство интеллектуальных программных систем, состоящее из трех компонент:

- Изобретательские ПРИЕМЫ (ИМ-П), решающие проблемы через устранение технических противоречий, возникающих при постановке задачи;
- Изобретательские СТАНДАРТЫ (ИМ-С), решающие проблемы на основе нетрадиционных структурных преобразований в технической системе. Отметим, что комплексное применение стандартов позволяет провести прогноз развития структуры технической системы.
- Научно-технические ЭФФЕКТЫ (ИМ-Э), позволяющие решать задачи через применение физических, химических либо геометрических эффектов. Выход на необходимый эффект осуществляется через анализ уже знакомых нам (см. п. 4.3) вещественно-полевых ресурсов и функций, которые необходимо реализовать для решения задачи.

Каждая из систем (ИМ-П, ИМ-С или ИМ-Э) ведет диалог с пользователем посредством отображения информации на всем поле экрана. Смена содержимого экрана происходит при окончании манипуляций пользователя в активной области кадра экрана. Иницируется такое окончание клавишами <Enter> (движение вперед). <Esc> (движение назад) или <CTRL>+<Enter> (движение вперед из среды редактирования).

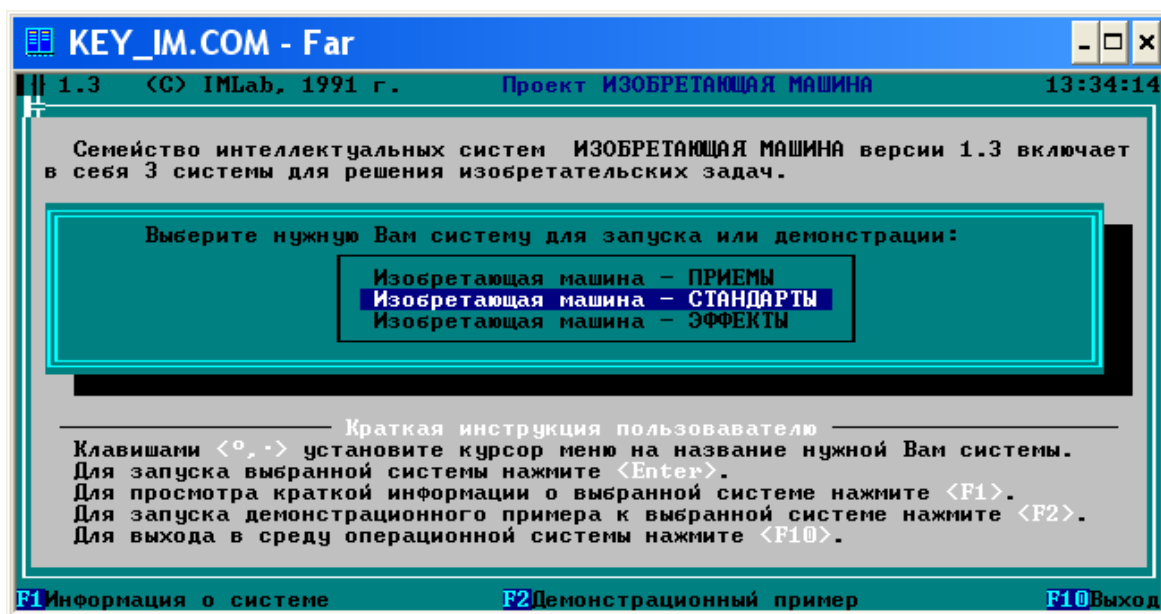
Основные характеристики семейства ИМ:

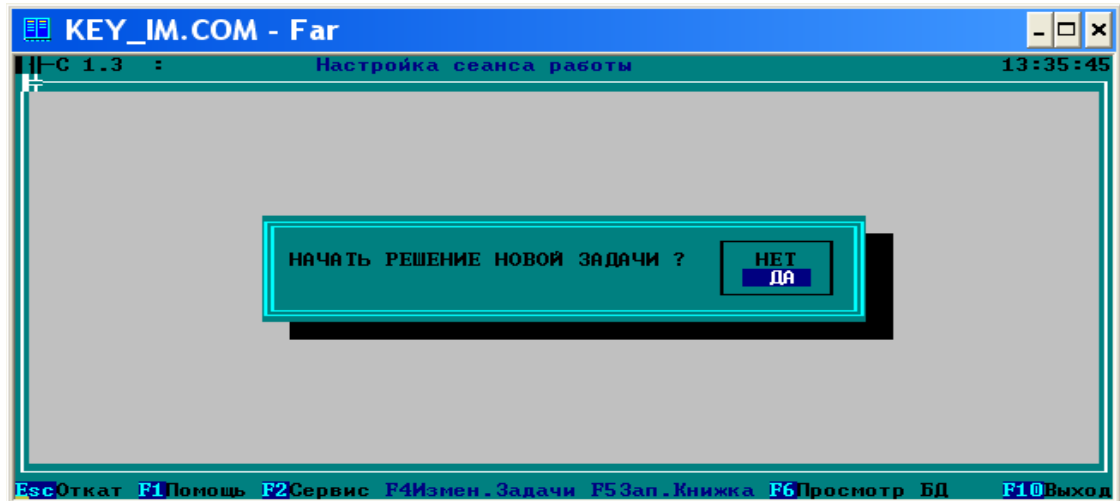
- область техники – любая;
- число категорий ТРИЗ:
 - ИМ-П – 40 приемов разрешения технических противоречий с 90 подприемами;
 - ИМ-С – 76 стандартов для выявления технических решений;
 - ИМ-Э – 1200 научно-технических эффектов;
- база данных содержит наиболее сильные примеры из патентного фонда:
 - ИМ-П – 189 примеров в виде графических иллюстраций;
 - ИМ-С – 294 примера в виде графических иллюстраций;

- ИМ-Э – 975 примеров, из которых 183 в виде графических иллюстраций, а 792 в виде текстовых описаний;
- позволяет восстанавливать содержимое задачи, решаемой в предшествующем сеансе работы системы;
- содержит «Записную книжку» для фиксации полученных решений;
- ведет протокол сеанса работы системы с возможностью его просмотра, редактирования, распечатки, удаления;
- ведет единый протокол в случае решения одной и той же задачи на нескольких системах;
- позволяет вернуться на любой предыдущий шаг решения задачи из текущего шага (движение назад по клавише <Esc>);
- позволяет вернуться на любой предыдущий этап решения задачи из текущего шага (выход на любой пройденный этап через меню этапов, вызываемый по клавише <F4>).

4.5.1 Понятно, что хорошо изучить возможности семейства ИМ можно лишь в ходе непосредственной работы пользователя по решению той или иной изобретательской задачи. Для общего ознакомления рассмотрим решение пользователем конкретной задачи (№ 11 из п.1.2) с помощью ИМ-СТАНДАРТЫ.

Описание решения задачи представлено в виде последовательности отдельных шагов (кадров). Название этапа, к которому относится данный шаг, содержится в тексте названия пункта раздела (кадра).

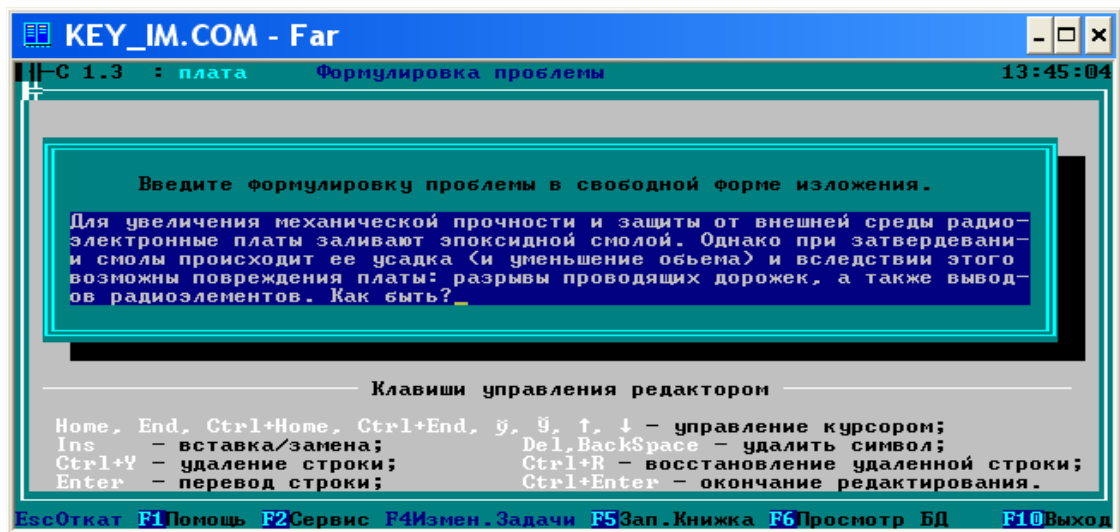




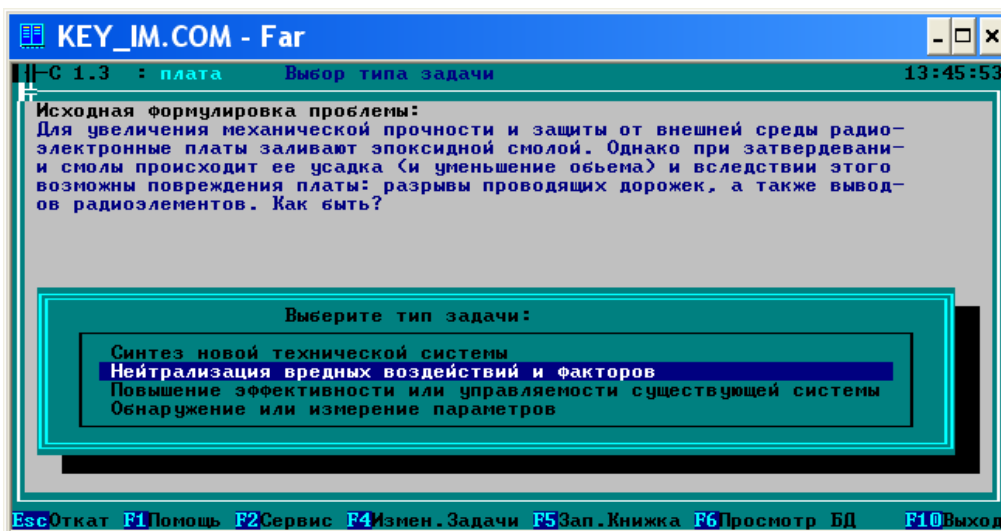
Программа просит ввести имя задачи в произвольной форме



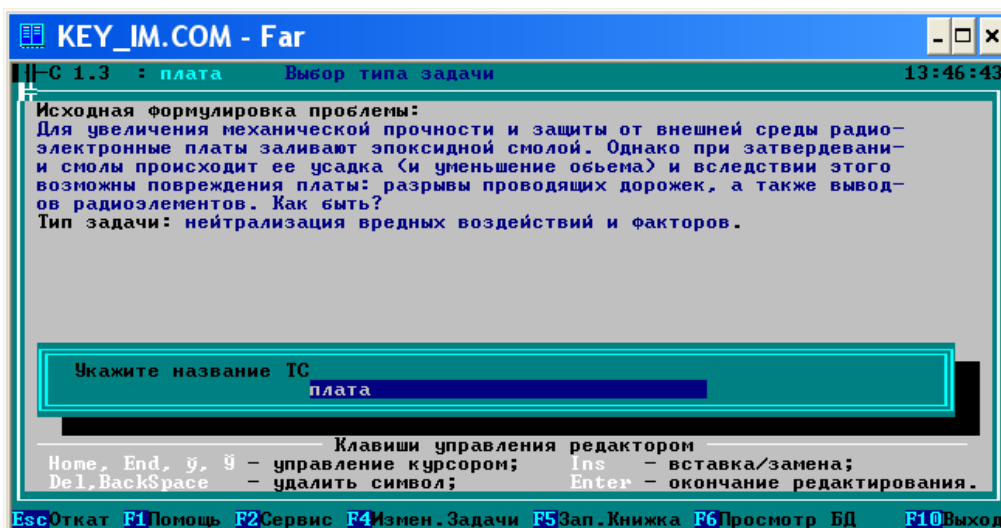
На данном этапе формулируется задача, которая стоит перед пользователем:



Затем ЭВМ просит выбрать тип задачи:

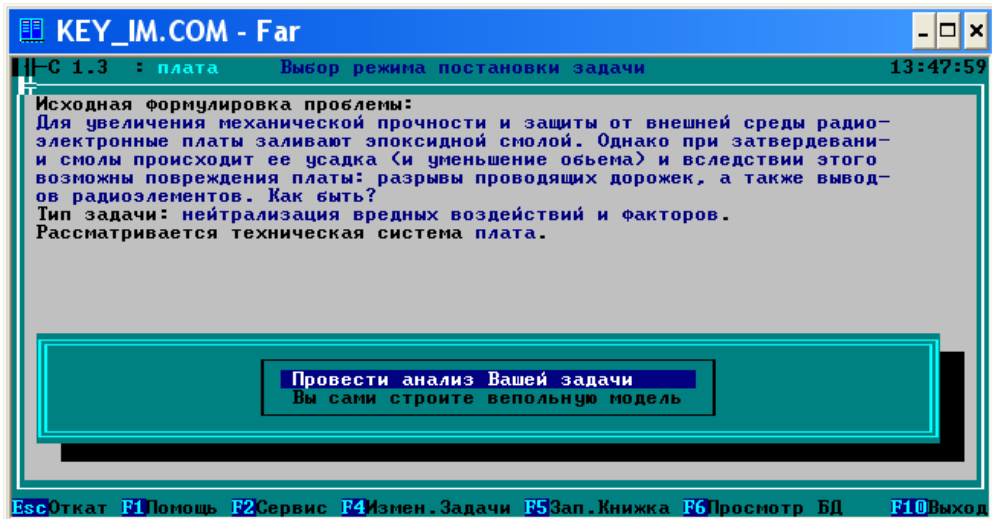


Пользователь выбрал тип задачи: нейтрализация вредных воздействий и факторов.

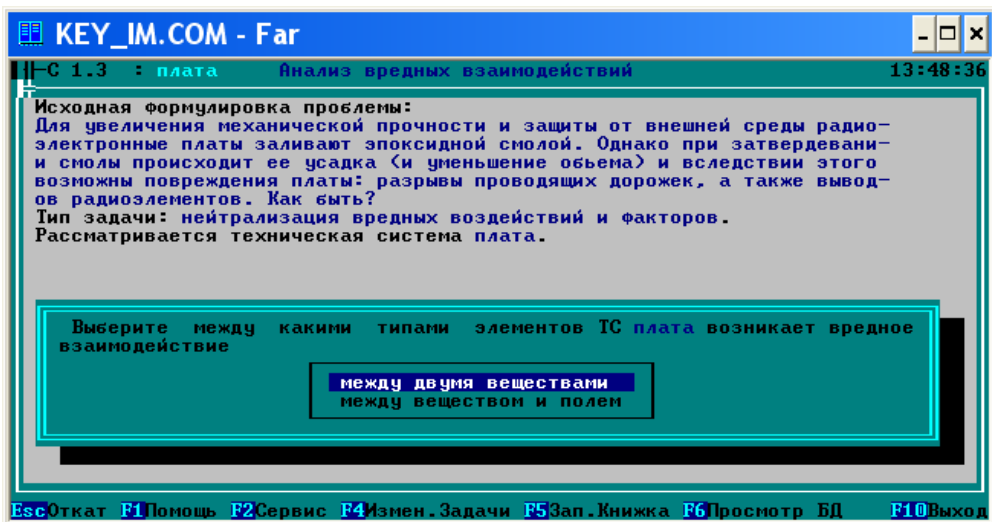


Таким образом, после третьего этапа работы с ИМ имеем. Исходная формулировка проблемы: для увеличения механической прочности и защиты от внешней среды радиоэлектронные платы заливают эпоксидной смолой. Однако, при затвердевании смолы происходит ее усадка (уменьшение объема) и вследствие этого возможны повреждения платы: разрывы проводящих дорожек, а также выводов радиоэлементов. Тип задачи: нейтрализация вредных воздействий и факторов. Рассматривается техническая система – плата.

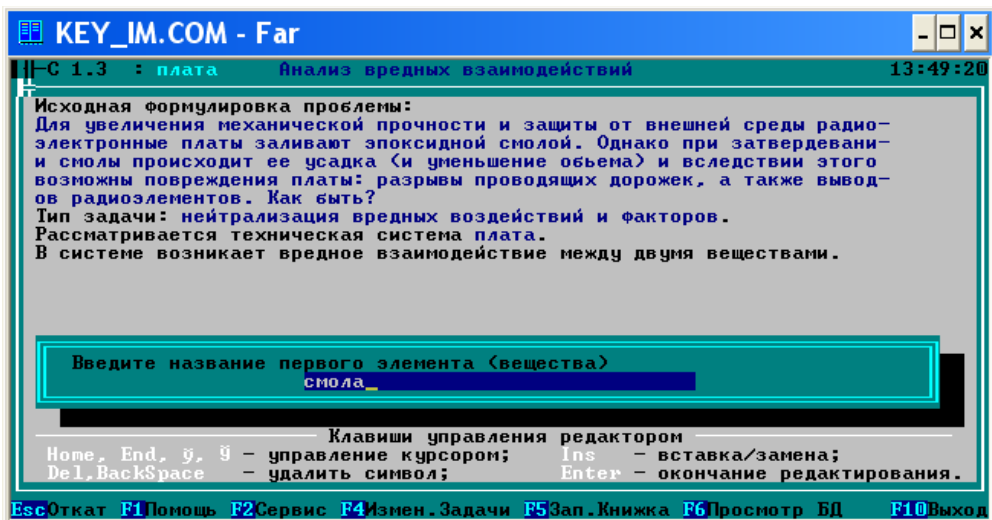
Далее предлагается проведение анализа поставленной задачи.

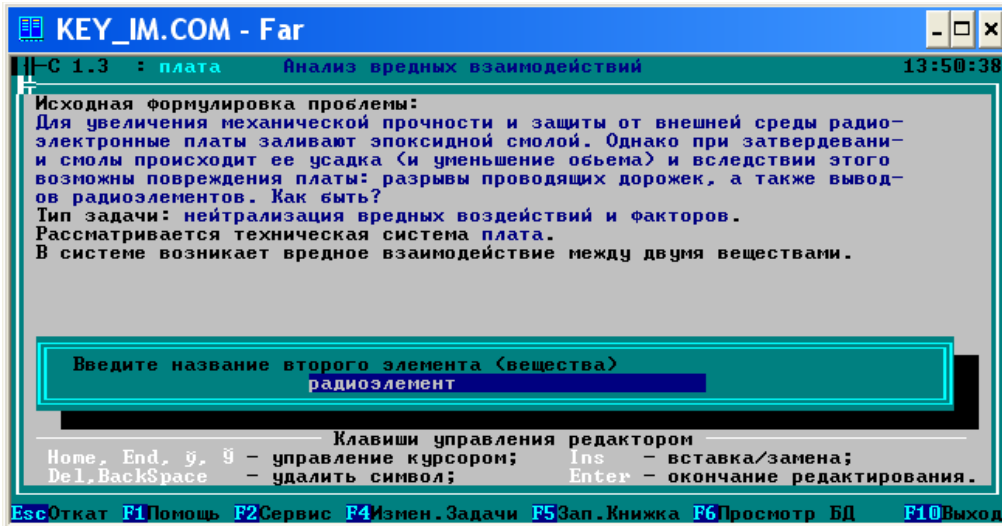


Пользователь отвечает утвердительно – провести анализ задачи.

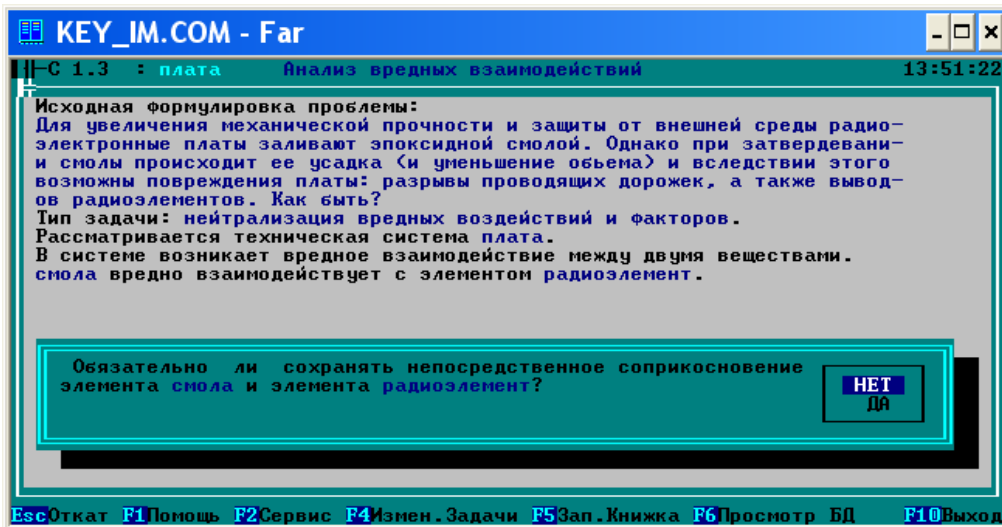


Выбираем – в системе возникает вредное воздействие между двумя веществами.

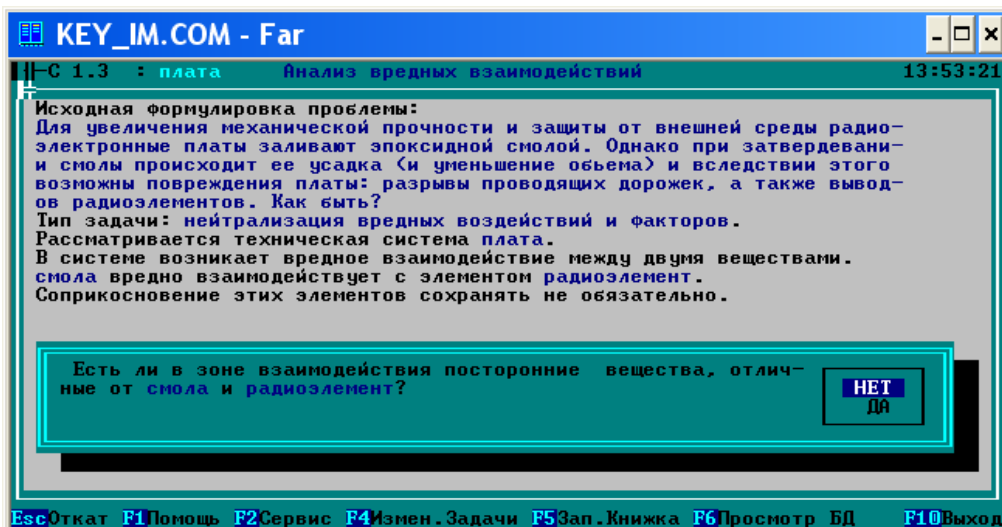




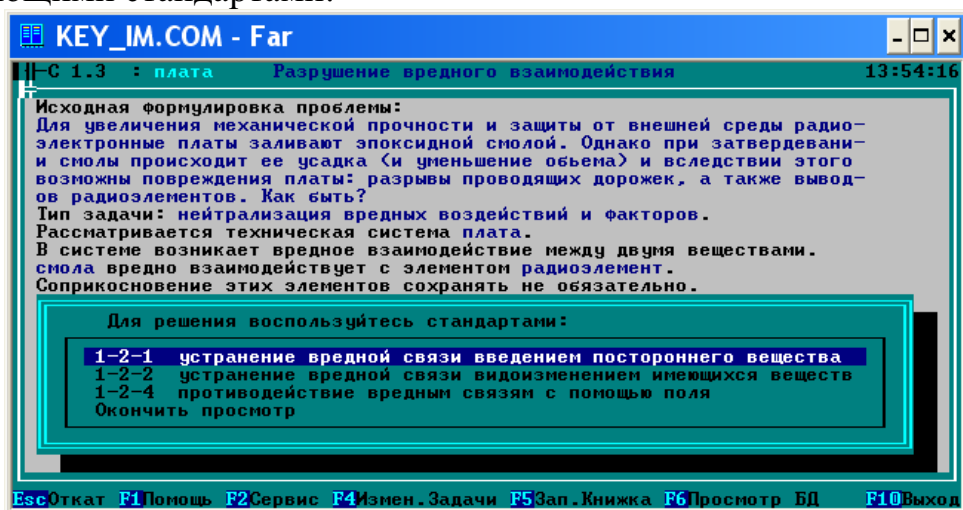
В результате ИМ – напоминает:



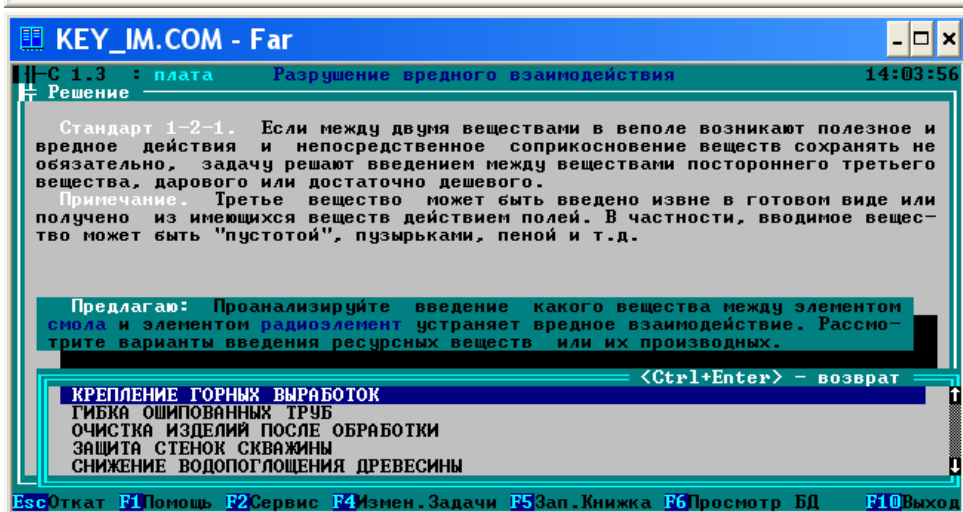
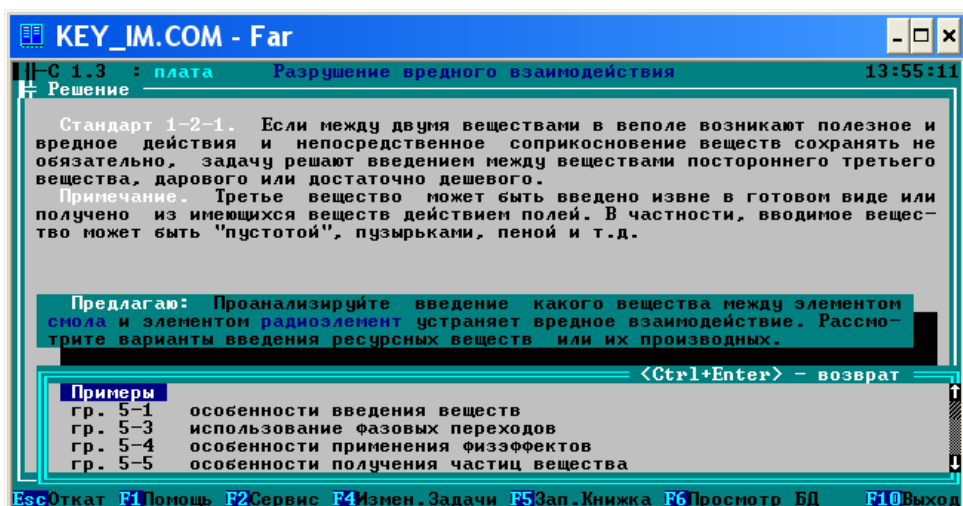
Пользователь отвечает – НЕТ.



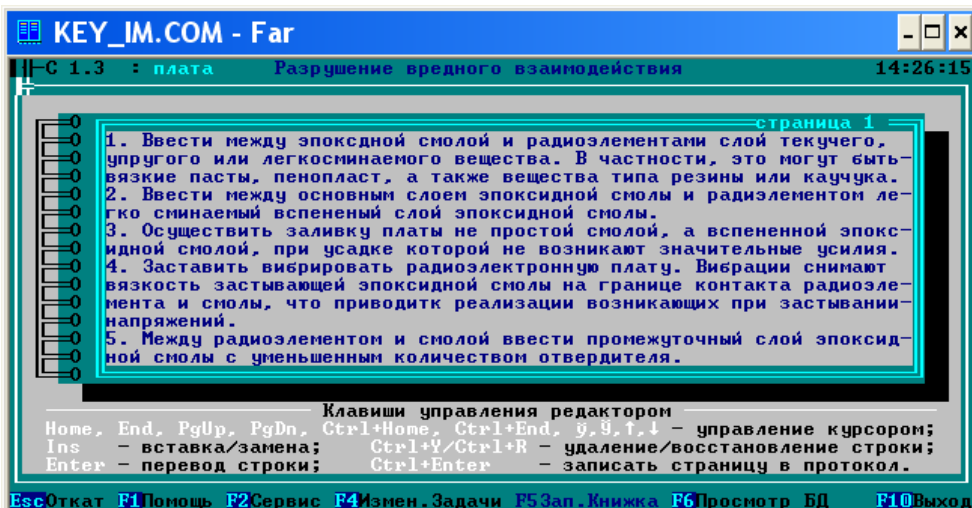
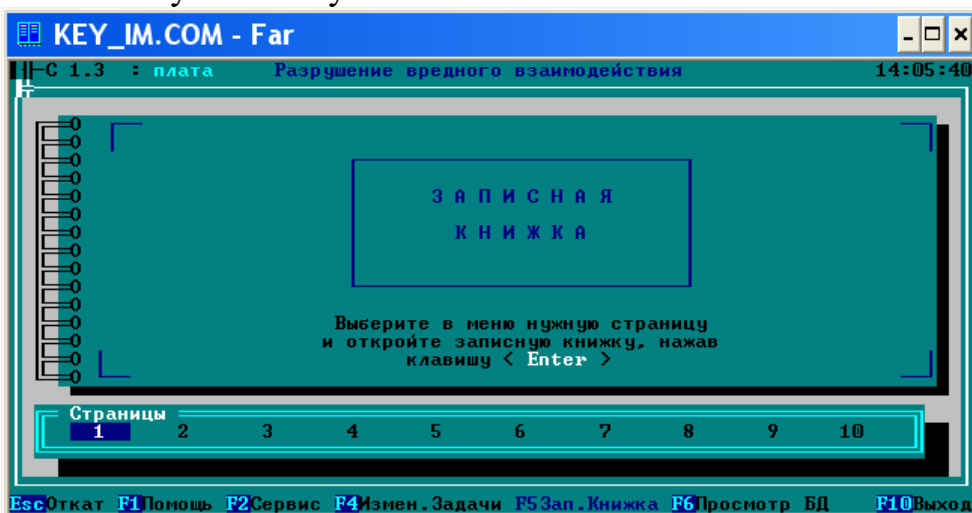
Для решения нашей проблемы ИМ предлагает воспользоваться следующими стандартами:



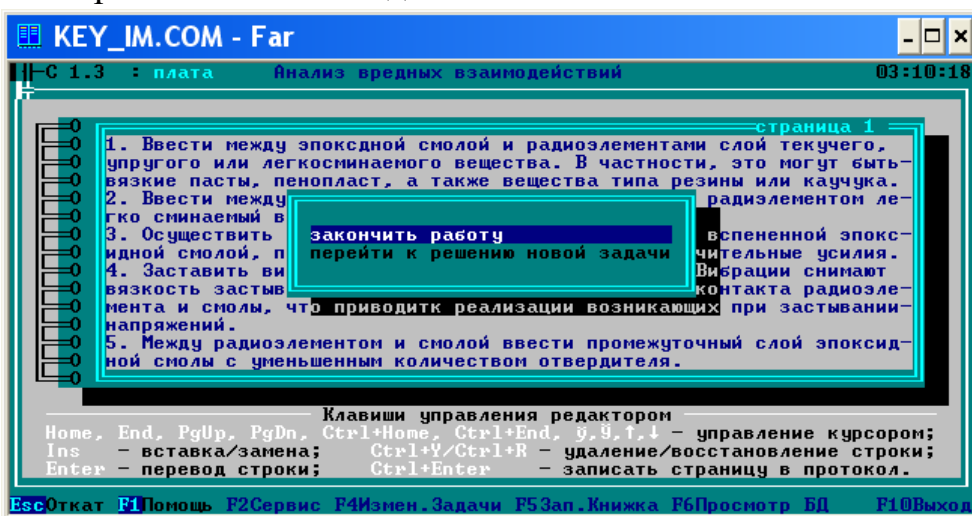
Каждый стандарт определяет примеры взаимодействия между веществами и предлагает различные методы преодоления противоречий. Для чего предлагаются различные примеры разрешения противоречий.



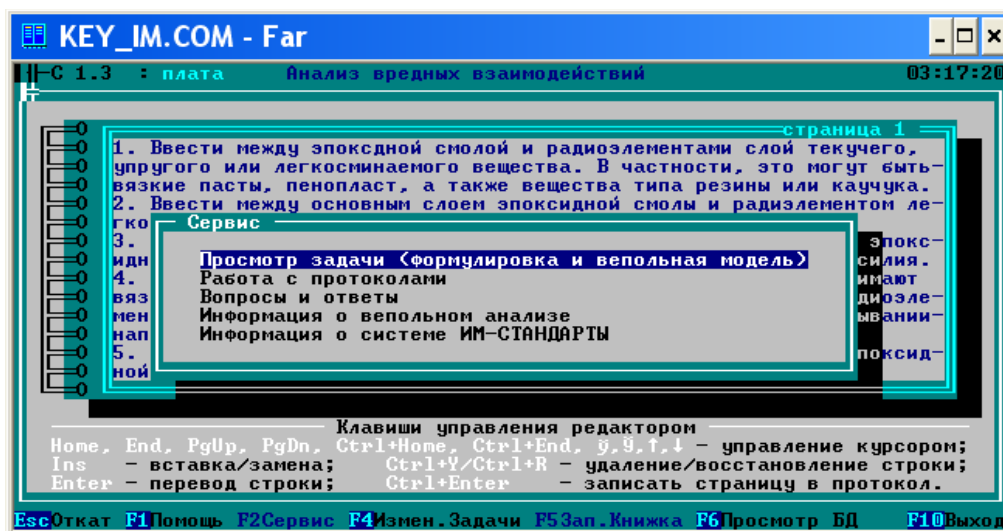
Анализ стандартов предложенных программным продуктом позволяют рекомендовать решения поставленной задачи, которые записываются в «записную книжку»



На этом пользователь может либо закончить работу с ИМ-С, либо перейти к решению новой задачи.



После завершения работы пользователь переходит к редактированию протокола работы с системой ИМ-С (воспользовавшись кнопкой F2 Сервис). Дело в том, что система протоколирует все шаги пользователя, а они могут быть избыточны. В результате редактирования мы получаем протокол вида:



===== ПРОТОКОЛ РАБОТЫ С СИСТЕМОЙ ИМ-С =====

***** ЭТАП: Формулировка проблемы

Для увеличения механической прочности и защиты от внешней среды радиоэлектронные платы заливают эпоксидной смолой. Однако при затвердевании смолы происходит ее усадка (уменьшение объема) и вследствие этого возможны повреждения платы: разрывы проводящих дорожек, а также выводов радиоэлементов. Как быть?

***** ЭТАП: Выбор типа задачи

Тип задачи: нейтрализация вредных воздействий и факторов.
Рассматривается техническая система плата.

***** ЭТАП: Анализ вредных взаимодействий

В системе возникает вредное взаимодействие между двумя веществами. Смола вредно взаимодействует с элементом радиоэлемент. Соприкосновение этих элементов сохранять не обязательно. В зоне взаимодействия отсутствуют посторонние вещества.

***** ЭТАП: Разрушение вредного взаимодействия

Для решения предлагаются следующие стандарты:

- 1-2-1 устранение вредной связи введением постороннего вещества
- 1-2-2 устранение вредной связи видоизменением имеющихся веществ
- 1-2-4 противодействие вредным связям с помощью поля

>>>>> Выбран стандарт:

1-2-1 устранение вредной связи введением постороннего вещества

Предлагаю: Проанализируйте введение какого вещества между элементом смолы и элементом радиоэлемента устраняет вредное взаимодействие. Рассмотрите варианты введения ресурсных веществ или их производных.

----- Появилась новая идея -----

1. Ввести между эпоксидной смолой или радиоэлементами слой текучего, упругого или легкосминаемого вещества. В частности, это могут быть вязкие пасты, пенопласт, а также вещества типа резины или каучика.

>>>>> Выбран стандарт:

5-1-1-1 вместо вещества – введение «пустоты»

Если необходимо ввести в систему вещество, а это запрещено условиями задачи или недопустимо по условиям работы системы, вместо вещества используют «пустоту». Примечание: «Пустотность» изменяется по линии: «пустота» вне объекта -->, «пустота» соприкасается с объектом -->, «пустота» вклинивается в объект -->, «пустота» внутри объекта -->, раздробленная «пустота» -->, сквозная «пустота» -->, капиллярная структура -->, цеолитовая структура -->, «пустота» образуется в результате физического или химического эффекта.

----- Появилась новая идея -----

1. Ввести между эпоксидной смолой или радиоэлементами слой текучего, упругого или легкосминаемого вещества. В частности, это могут быть вязкие пасты, пенопласт, а также вещества типа резины или каучика.

2. Ввести между основным слоем эпоксидной смолы и радиоэлементом легко сминаемый вспененный слой эпоксидной смолы.

3. Осуществлять заливку платы не просто смолой, а вспененной эпоксидной смолой, при усадке которой не возникают значительные усилия.

>>>>> Выбран стандарт:

5-1-1-2 вместо вещества – введение поля

Если необходимо ввести в систему вещество, а это запрещено условиями задачи или недопустимо по условиям работы системы, вместо вещества вводят поле.

----- Появилась новая идея -----

1. Ввести между эпоксидной смолой или радиоэлементами слой текучего, упругого или легкоосминаемого вещества. В частности, это могут быть вязкие пасты, пенопласт, а также вещества типа резины или каучика.

2. Ввести между основным слоем эпоксидной смолы и радиоэлементом легкоосминаемый вспененный слой эпоксидной смолы.

3. Осуществить заливку платы не просто смолой, а вспененной эпоксидной смолой, при усадке которой не возникают значительные усилия.

4. Заставить вибрировать радиоэлектронную плату. Вибрации снижают вязкость застывающей эпоксидной смолы на границе контакта радиоэлемента и смолы, что приводит к реализации возникающих при застывании напряжений.

Дополнительная идея: возможность совместить данную операцию с операцией испытания платы на воздействие вибраций.

>>>>> Выбран стандарт:

1-2-2 устранение вредной связи видоизменением имеющихся веществ.

Предлагаю: Измените, преобразуйте элемент смола или элемент радиоэлемент с целью получения нового вещества, введение которого в зону взаимодействия устраняет вредный эффект. Рассмотрите варианты введения ресурсных веществ или их производных.

>>>>> Выбран стандарт:

5-3-1 замена фазового состояния вещества

Эффективность применения вещества, без введения других веществ, повышается заменой его фазового состояния.

----- Появилась новая идея -----

1. Ввести между эпоксидной смолой или радиоэлементами слой текучего, упругого или легкоосминаемого вещества. В частности, это могут быть вязкие пасты, пенопласт, а также вещества типа резины или каучика.

2. Ввести между основным слоем эпоксидной смолы и радиоэлементом легкоосминаемый вспененный слой эпоксидной смолы.

3. Осуществить заливку платы не просто смолой, а вспененной эпоксидной смолой, при усадке которой не возникают значительные усилия..

4. Заставить вибрировать радиоэлектронную плату. Вибрации снижают вязкость застывающей эпоксидной смолы на границе контакта радиоэлемента и смолы, что приводит к релаксации возникающих при застывании напряжений.

5. Между радиоэлементом и слоем эпоксидной смолы ввести промежуточный слой эпоксидной смолы либо с уменьшенным количеством отвердителя, либо с добавкой пластификатора.

===== ОКОНЧАНИЕ РАБОТЫ С СИСТЕМОЙ ИМ-С =====

Заканчивая краткое рассмотрение возможностей использования семейства интеллектуальных программных систем «Изобретающая машина», подытожим и сделаем несколько выводов.

1. Поставленная задача успешно решена. В результате анализа ее при помощи стандартов получено 5 работоспособных решений.

2. Интересно проследить логику полученных решений. Их анализ показывает, что при решении задачи ИМ-С развивает техническую систему в соответствии с законами развития. Очень четко проявляется закон увеличения степени идеальности технических систем, одно из проявлений которого состоит в том, что требуемые функции должны достигаться без введения в систему дополнительных элементов. Так первоначально было предложено ввести в систему новое вещество, свойства которого удалось достаточно четко сформулировать (решение 1).

Но введение новых веществ с одной стороны решает задачу, а с другой – приводит к ухудшению характеристик технической системы, так как для выполнения одного и того же количества полезных функций требуется большее количество веществ.

В этом плане система ИМ-С совершенно логично выводит на способы введения веществ, не вводя их: использование пены, поля и пр. (решения 2, 3, 4). Полученные решения обеспечивают решение, более приближающееся к идеальному, согласно которому система должна остаться неизменной, а недостаток исчезнуть.

Следующий шаг позволил сформулировать новые преобразования в системе, которые также направлены на повышение идеальности: с недостатками в системе борются имеющиеся вещества. Видоизмененная эпоксидная смола сама может убирать неравномерность усилия (решение 5).

Далее система ИМ-С подсказала, что следует искать поле, которое необходимо для реализации решения 4. Желательно для создания этого поля не использовать какие-то специальные источники, а то, что есть в системе.

Закончив работу с «больным» местом в технической системе и фактически завершив решение поставленной задачи, ИМ-С предложила сделать прогноз.

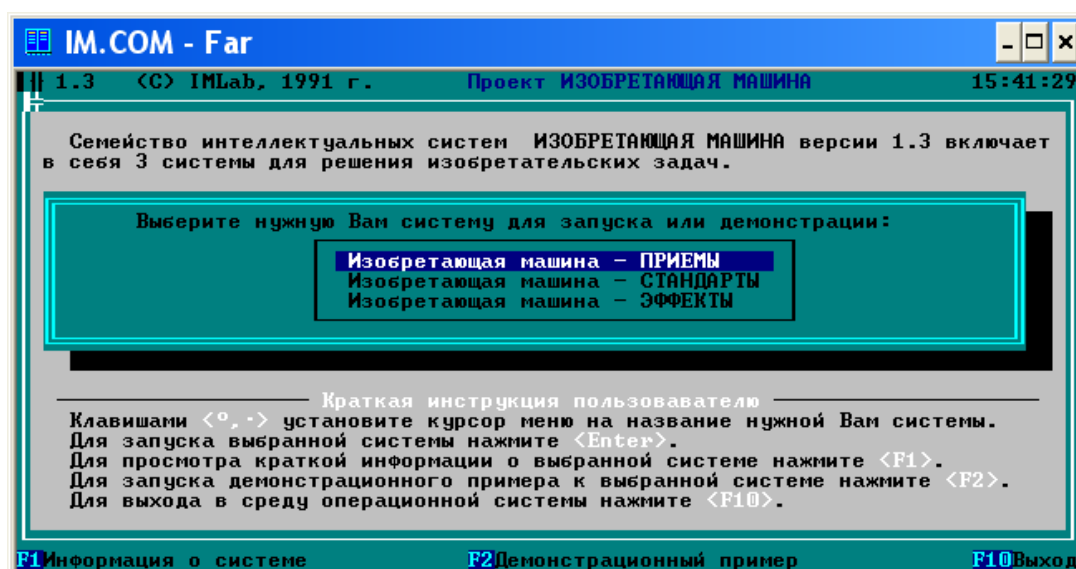
3. В диалоговом режиме были проверены такие характеристики как эффективность управления, степень динамизации, согласование ритмики и пр. Результатом этого этапа является ряд новых идей, которые позволили еще более усовершенствовать рассматриваемую систему.

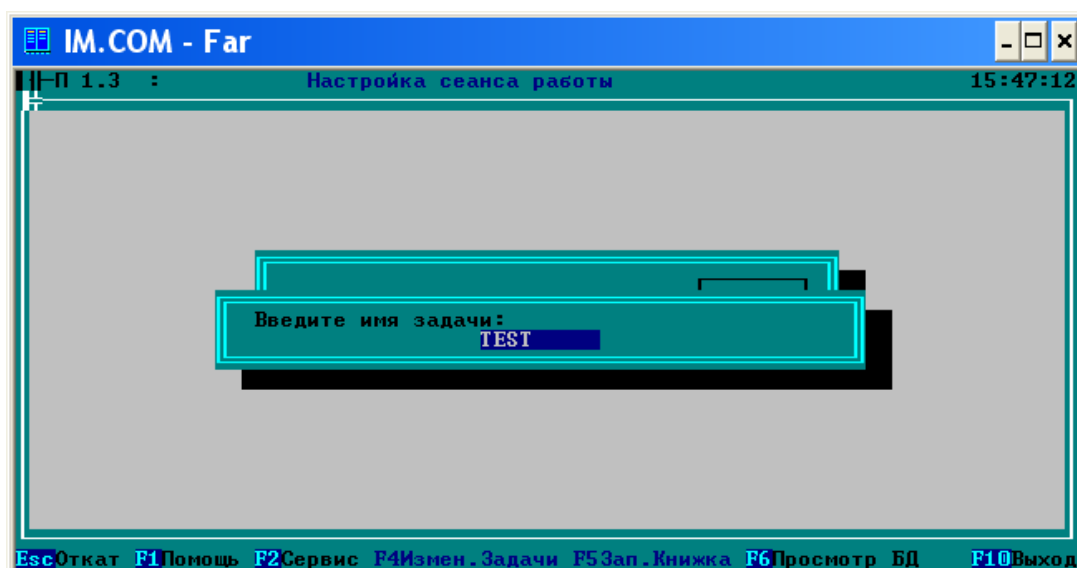
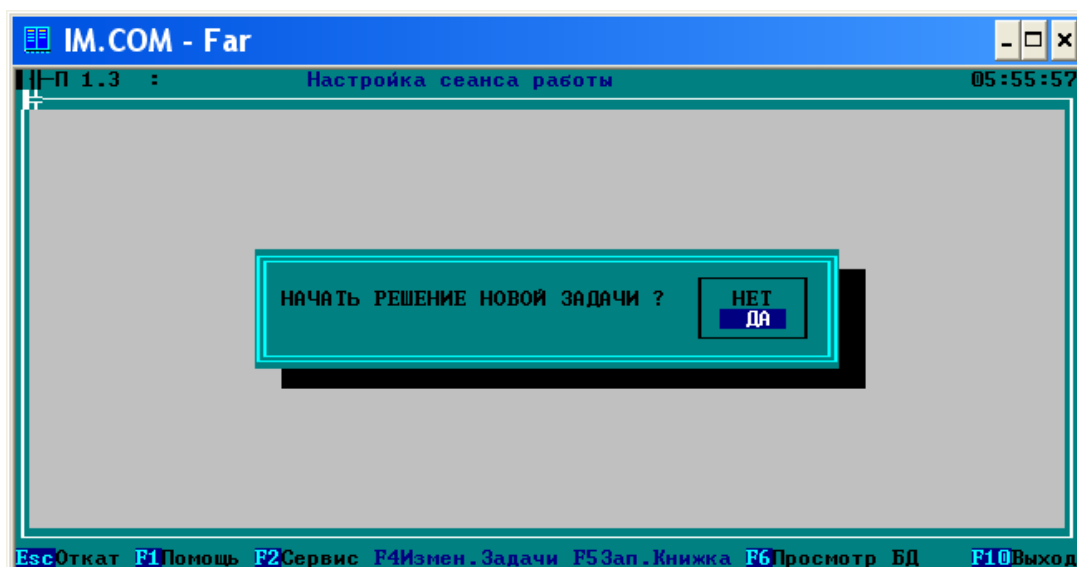
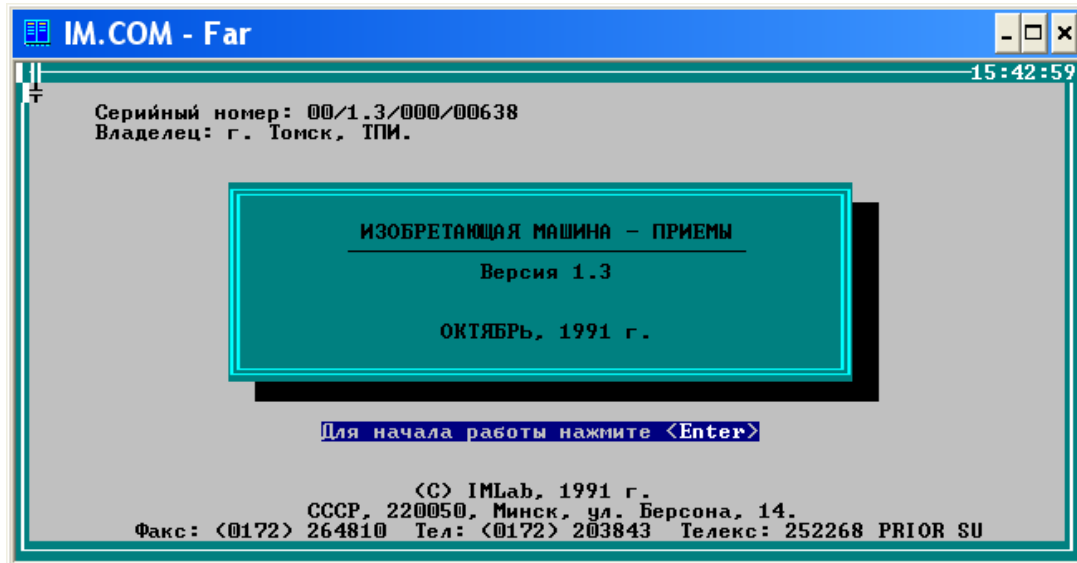
В частности, идея одновременной заливки нескольких плат является весьма перспективной при изготовлении определенной номенклатуры изделий, так как она приводит к снижению массогабаритных характеристик изделия.

Проведенное решение задачи не исключает и дальнейшего развития технической системы. Но для этого нужно проводить анализ выполнения не одной технологической операции, а всего технологического процесса.

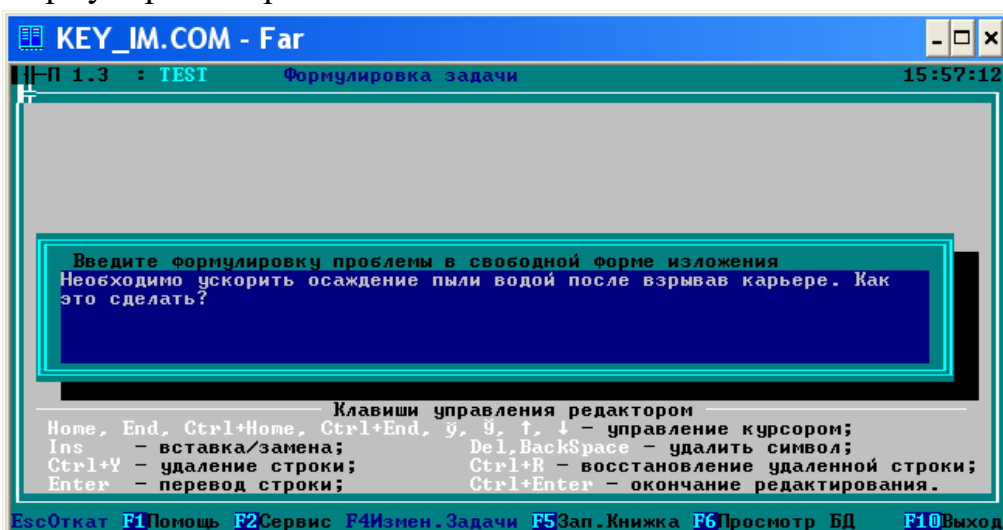
4.5.2 Рассмотрим еще один пример использования ИМ с использованием раздела ИМ-ПРИЕМЫ и для демонстрации решим следующую задачу:

При добыче руды открытым способом после взрыва в карьере повисает облако пыли, из-за которой не могут работать ни люди, не самосвалы. Чтобы ускорить оседание пыли, на дно карьера налили воды в надежде, что она осадит всю пыль. Действительно, пыли стало меньше, но не намного. Большая часть пыли осталась сухой (вероятно потому, что вода осталась на кусках породы). Как осадить всю пыль?

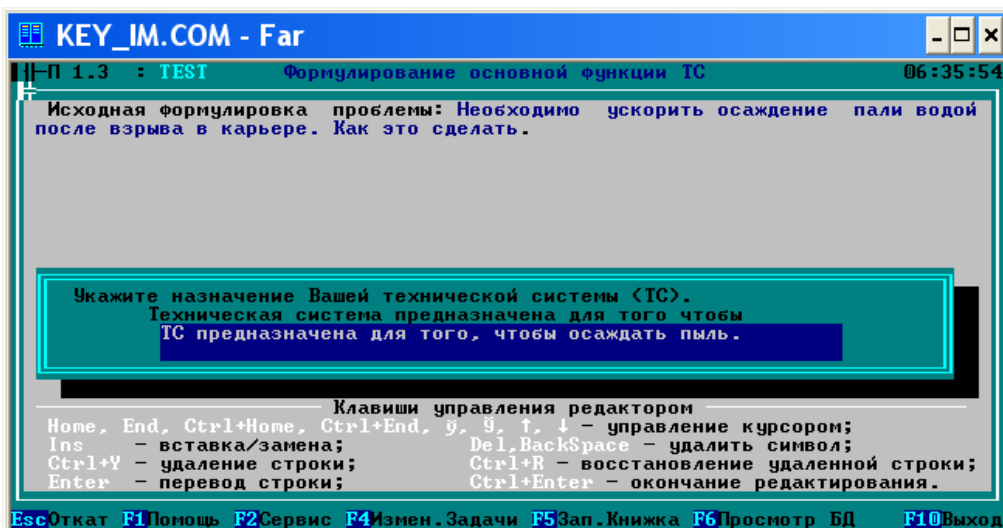




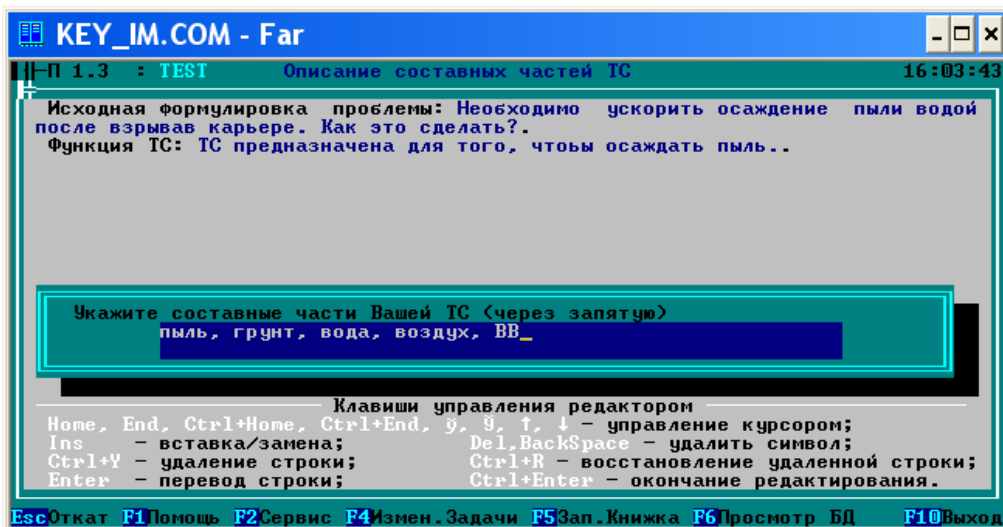
Формулировка проблемы.



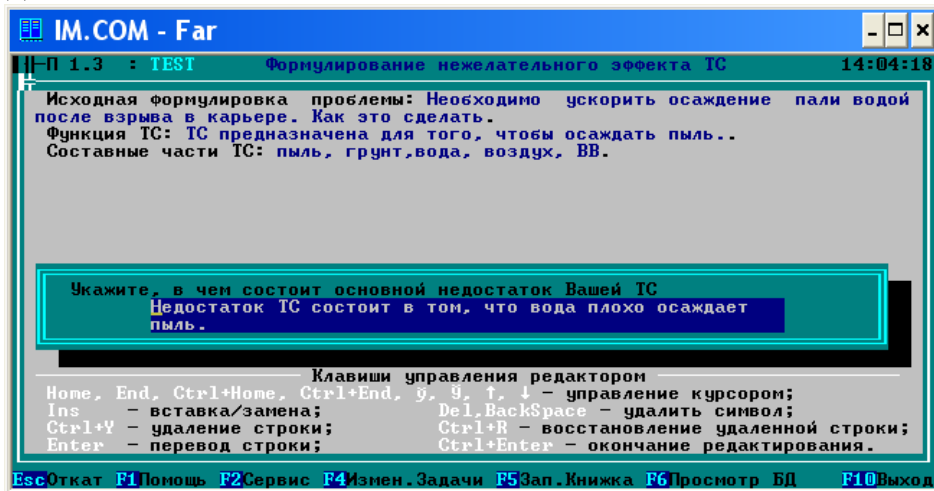
Назначение технической системы.



Состав технической системы.

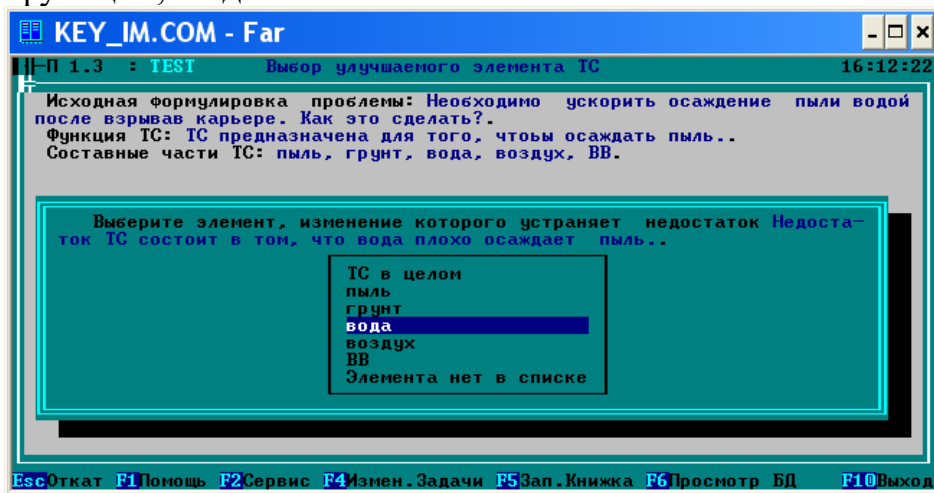


Недостаток технической системы.

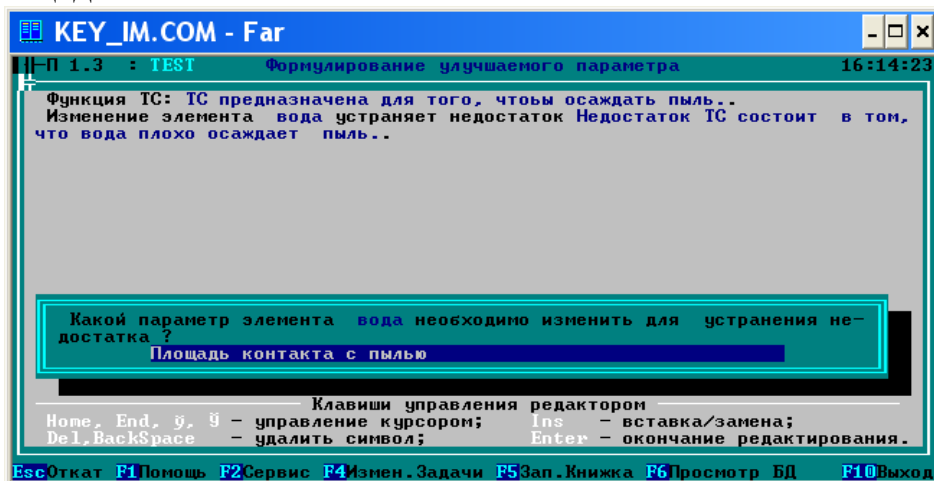


Выбор элемента.

Вода. Комментарий: грунт, пыль и воздух являются природными объектами и изменениям не поддаются, ВВ явно не поможет. Выбирать следует тот элемент, который специально предназначен для выполнения данной функции, но делает это плохо.

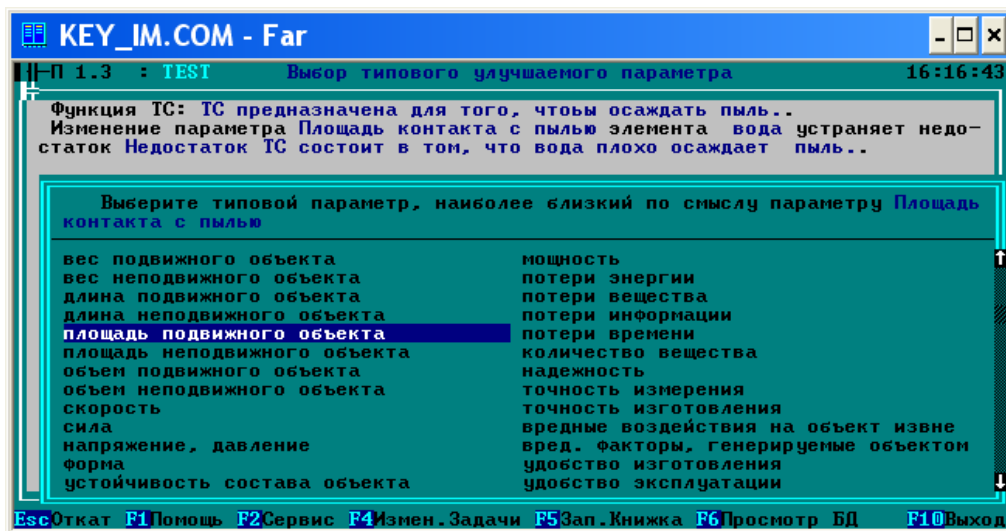


Площадь контакта с пылью.



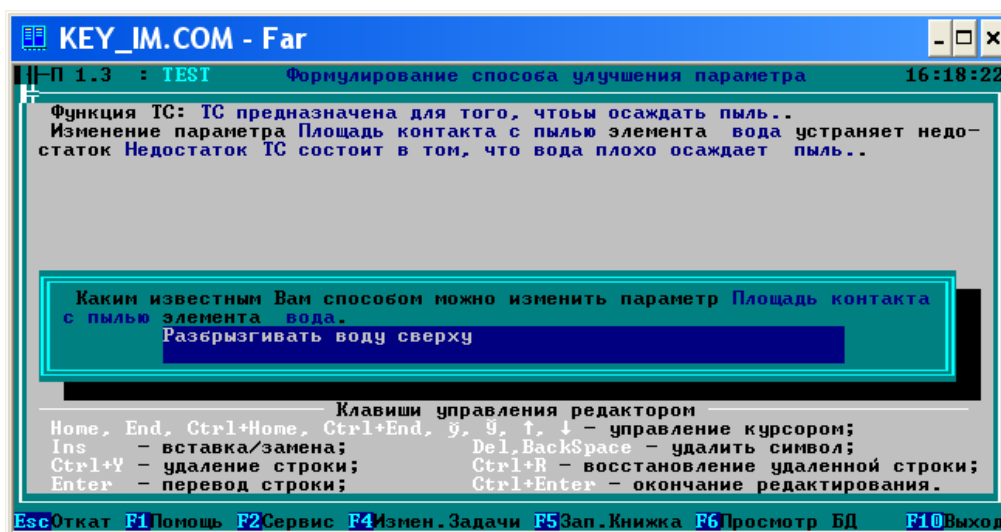
Типовой параметр.

Площадь подвижного объекта. Комментарий: бывают случаи, когда несколько типовых параметров похожи на нужный. В этом случае выбрать самый похожий и решать задачу относительно него. Если паче чаяния, задача не решена, можно вернуться на этот шаг и выбрать другой параметр. Тем самым задача будет представлена машине под несколько иным углом зрения, «поворачивая» задачу разными сторонами, мы повышаем вероятность ее решения.



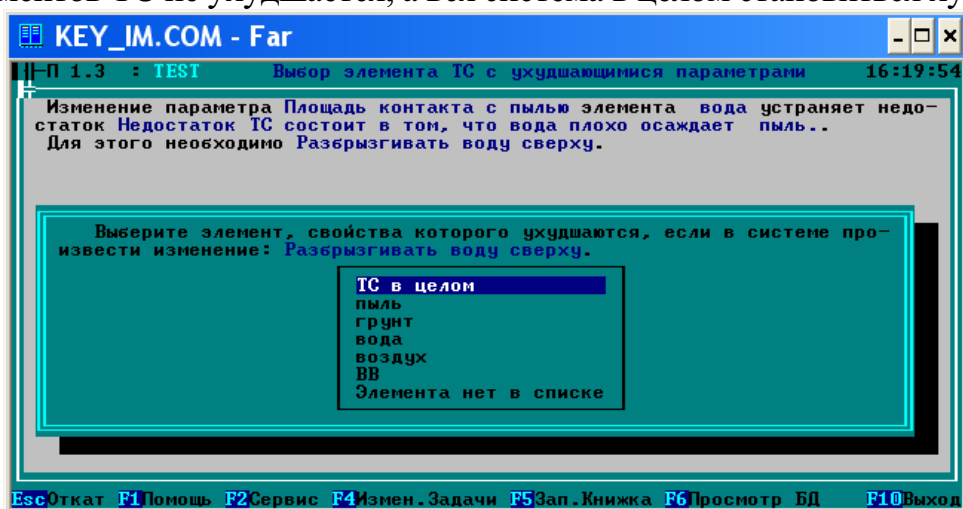
Известный способ устранения недостатка.

Разбрызгивать воду сверху (например, с вертолета или водометами с бортов карьера). Комментарий: надо выбирать самый лучший способ. Если такового нет, указать хоть какой-нибудь, не обращая внимание на то, что из-за кучи недостатков применять ему в голову не придет. Единственное требование – лишь бы он мог устранить данный недостаток.

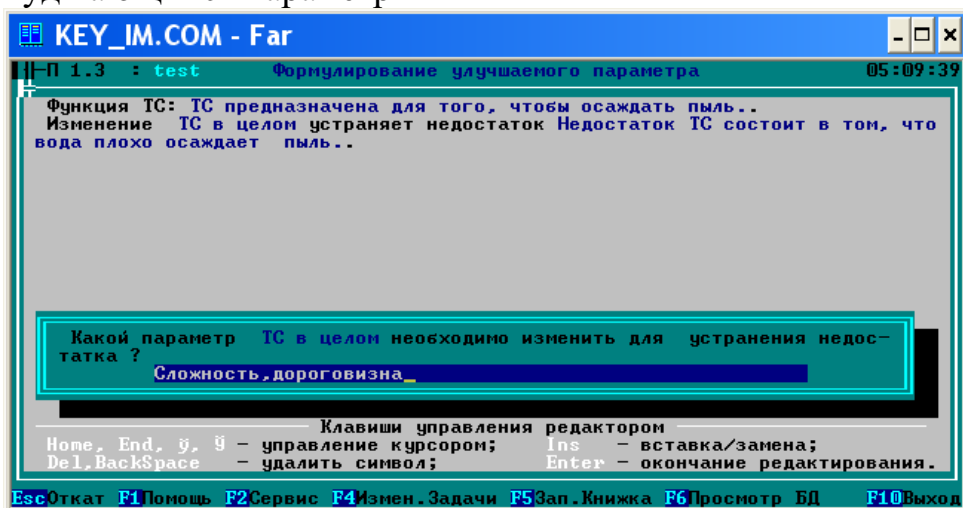


Ухудшающийся элемент.

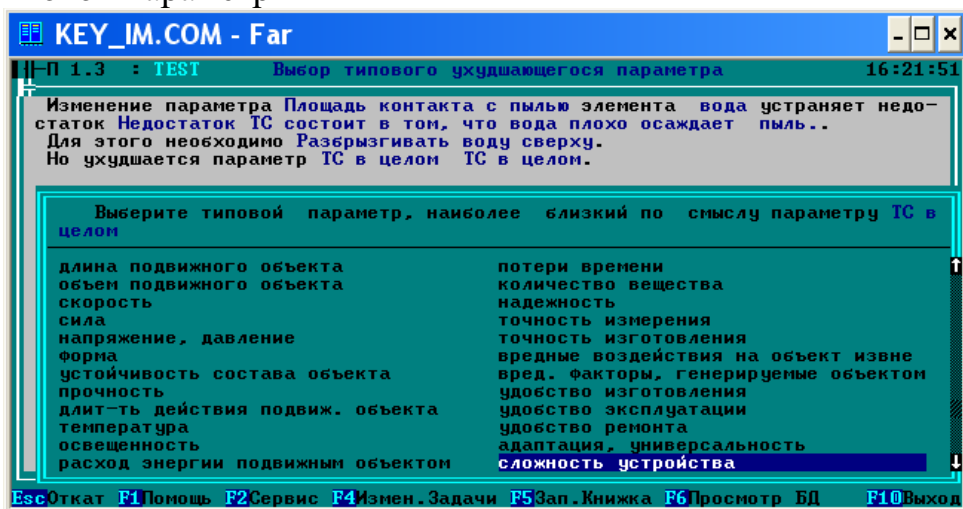
ТС в целом. Комментарий: часто встречающийся случай, когда ни один из элементов ТС не ухудшается, а вся система в целом становится хуже.



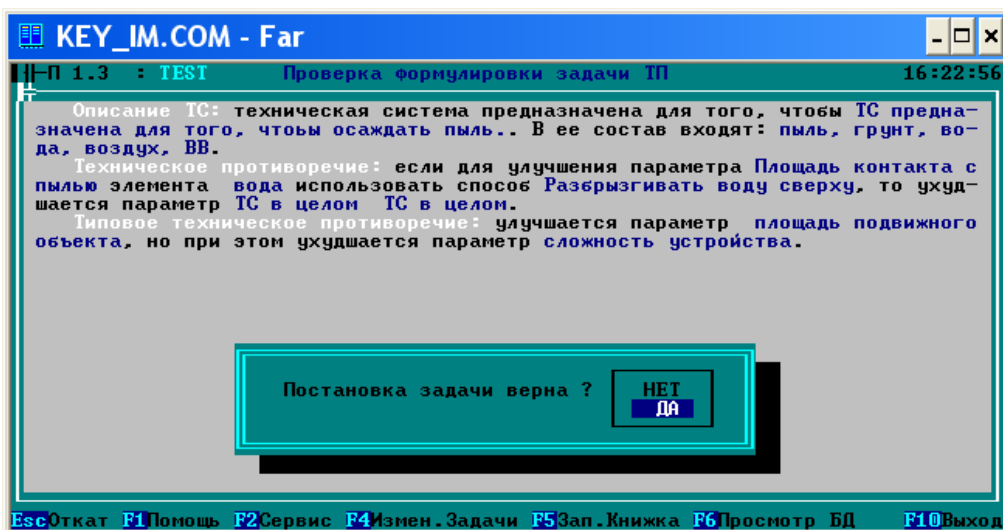
Ухудшающийся параметр



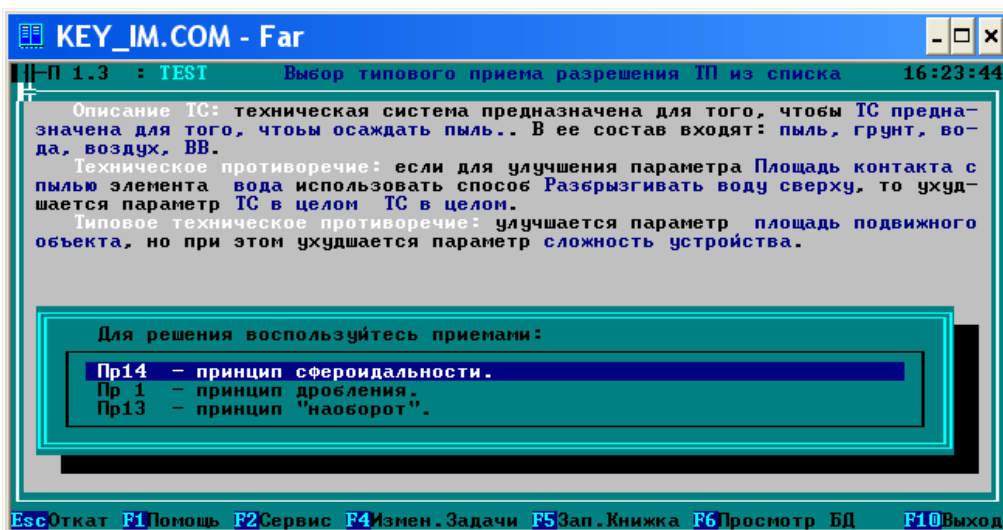
Типовой параметр



Постановка задачи.



Для разрешения технического противоречия: улучшается параметр площадь подвижного объекта, но при этом ухудшается параметр сложность устройства машина предлагает следующие приемы



Бывают 3 случая при решении задач по приемам:

- каждый прием дает свое решение. Поэтому, найдя решение по одному из приемов, не следует прекращать анализ – возможно, другой прием подскажет еще лучшую идею;
- некоторые приемы применить не удастся. Ничего страшного – хоть один прием сработает обязательно. Если не помог ни один, следует слегка видоизменить постановку задачи, указав другие типовые параметры;
- каждый прием в отдельности не дает решения, но 2 приема вместе приводят к ответу. Чтобы показать, как это происходит, начнем решать задачу не с первого по порядку приема, как это вообще-то поло-

жено, а с последнего, и увидим, что принцип «наоборот» вместе с принципом дробления выводит на решение так же, как принцип сфероидальности. Этим также будет продемонстрирована высокая избыточность ИМ – если решение пропущено на одном этапе анализа, ИМ обязательно выведет на него на другом этапе.

Принцип «наоборот».

а) вместо действия, диктуемого условиями задачи, выполнить противоположное действие. Комментарий: посмотреть примеры, затем предложить ту же идею перенести на данную задачу – вместо увеличения площади воды уменьшить ее до упора, т. е. собрать всю воду в шар. Запись в записной книжке (F5):

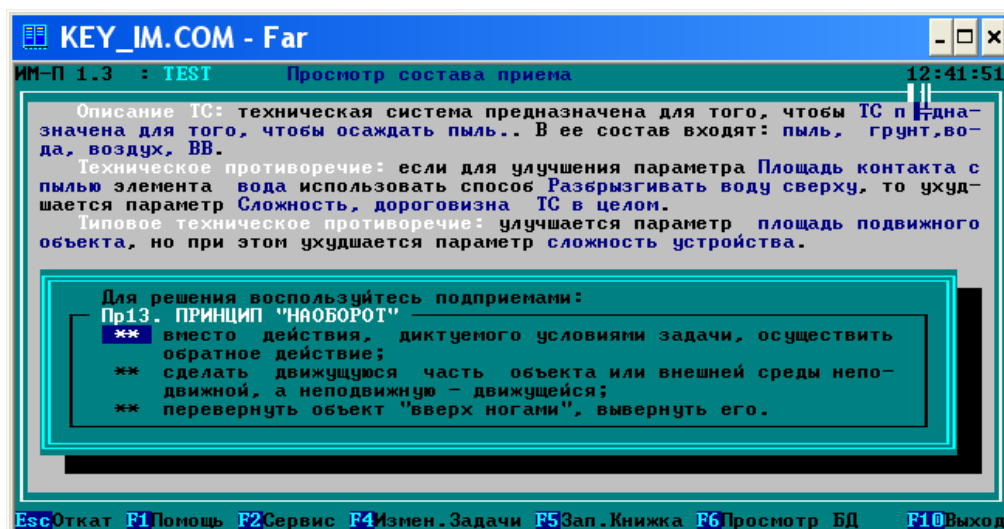
Собрать всю воду, слив ее в большую бочку.

б) сделать движущиеся части объекта неподвижными, и наоборот.

Комментарий: этот подприем использовать не имеет смысла, поскольку и вода, и пыль то неподвижны, то движутся;

в) сделать движущиеся части объекта неподвижными, и наоборот.

Комментарий: этот подприем использовать не имеет смысла, поскольку и вода, и пыль то неподвижны, то движутся.



Комментарий: посмотреть примеры, затем предложить ту же идею перенести на данную задачу – вместо увеличения площади воды уменьшить ее до упора, т. е. собрать всю воду в шар. Запись в записной книжке (F5):

Собрать всю воду, слив ее в большую бочку.

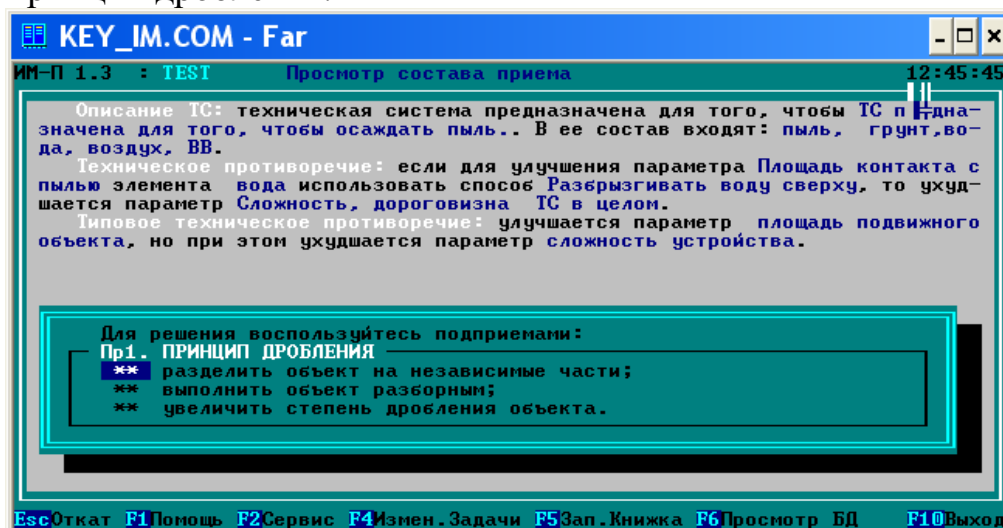
а) сделать движущиеся части объекта неподвижными, и наоборот.

Комментарий: этот подприем использовать не имеет смысла, поскольку и вода, и пыль то неподвижны, то движутся.

б) перевернуть объект, вывернуть его.

Комментарий: посмотреть примеры, затем перенести эту идею на данную задачу: сейчас вода сверху, грунт снизу – надо их поменять местами. Запись в записной книжке: вырыть яму и слить в нее всю воду.

Принцип дробления.



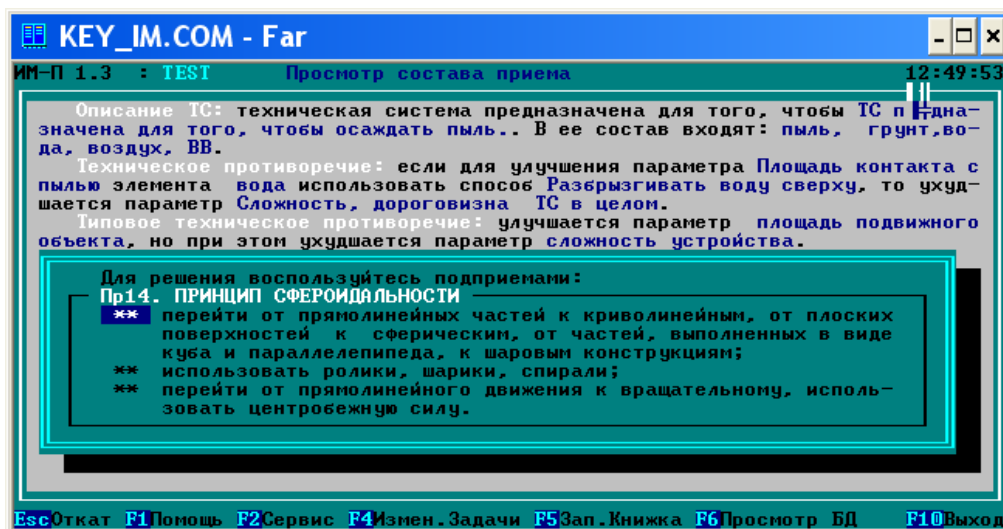
- а) раздробить объект на части.
- б) выполнить объект разборным.
- в) увеличить степень дробления.

Комментарий (по пункту в): надо раздробить воду на капли в виде дождя (это понятно и так, но машина на всякий случай это подсказала).

Теперь получим образ ответа: собрав перед взрывом воду в яме, после взрыва надо превратить ее в рой капель. Как это сделать? Здесь возникает идея.

Заложить под яму с водой; при этом при взрыве струя воды вылетит вверх, разобьется на капли и прольет облако пыли искусственным дождем.

Принцип сфероидальности.



а) Вместо плоских поверхностей использовать сферические.

Комментарий: собрать всю воду в шар.

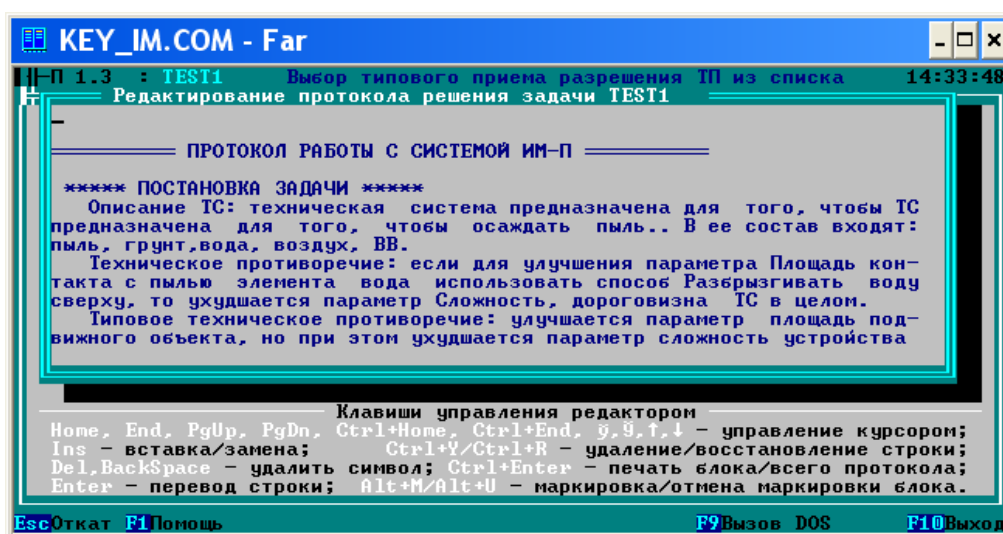
б) Использовать ролики, ШАРИКИ, спирали

Комментарий: разбить воду на мелкие капельки.

Контрольный ответ.

Шпур, в который заложена взрывчатка, забивать не песком, как обычно, а заполнить полиэтиленовыми мешками с водой. То есть ИМ выдала решение с точностью до формы ямы и наличия мешков.

Вся последовательность решения изобретательской задачи фиксируется в форме протокола, в котором отображаются самые главные шаги общения с Изобретающей машиной.



```
KEY_IM.COM - Far
И-П 1.3 : TEST1      Выбор типового приема разрешения ИП из списка      14:33:48
  Редактирование протокола решения задачи TEST1

===== ПРОТОКОЛ РАБОТЫ С СИСТЕМОЙ ИМ-П =====

**** ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ****
Описание ТС: техническая система предназначена для того, чтобы ТС
предназначена для того, чтобы осаждать пыль.. В ее состав входят:
пыль, грунт, вода, воздух, ВВ.
Техническое противоречие: если для улучшения параметра Площадь кон-
такта с пылью элемента вода использовать способ Разбрызгивать воду
сверху, то ухудшается параметр Сложность, дороговизна ТС в целом.
Типовое техническое противоречие: улучшается параметр площадь под-
вижного объекта, но при этом ухудшается параметр сложность устройства

Клaviши управления редактором
Home, End, PgUp, PgDn, Ctrl+Home, Ctrl+End, 9, 9, 7, 7 - управление курсором;
Ins - вставка/замена;      Ctrl+Y/Ctrl+R - удаление/восстановление строки;
Del, BackSpace - удалить символ; Ctrl+Enter - печать блока/всего протокола;
Enter - перевод строки;  Alt+N/Alt+U - маркировка/отмена маркировки блока.

EscОткат  F1Помощь      F9Вызов DOS      F10Выход
```

Общий вид протокола ведения работы с системой ИМ – приемы приведен ниже.

=====ПРОТОКОЛ РАБОТЫ С СИСТЕМОЙ ИМ- ПРИЕМЫ=====

*****ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ*****

Описание ТС: техническая система предназначена для того, чтобы осаждать пыль. В ее состав входят: падь, грунт, вода, воздух, ВВ.

Техническое противоречие: если для улучшения параметра Площадь контакта с пылью элемента вода использовать способ Разбрызгивать воду сверху, то ухудшается параметр Сложность, дороговизна ТС в целом.

Типовое техническое противоречие: улучшается параметр Площадь подвижного объекта, но при этом ухудшается параметр сложность устройства.

*****Предлагаются следующие приемы разрешения противоречия:

ПР14 – принцип сфероидальности.

ПР 1 – принцип дробления.

ПР13 – принцип «наоборот».

*****Выбран следующий прием разрешения ТП:

ПР13 – принцип «наоборот»

** Вместо действия, диктуемыми условиями задачи, осуществить обратное действие;

** сделать движущуюся часть объекта или внешней среды неподвижной, а подвижную – неподвижной;

**перевернуть объект «вверх ногами», вывернуть его.

***** Выбран следующий прием разрешения ТП:

ПР 1 – принцип дробления

**Разделить объект на независимые части;

**выполнить объект разборным;

**увеличить степень дробления объекта.

***** Выбран следующий прием разрешения ТП:

ПР14 – принцип сфероидальности

**перейти от прямолинейных частей к криволинейным, от плоских поверхностей к сферическим, от частей, выполненных в виде куба и параллелепипеда, к шаровым конструкциям;

**использовать ролики, шарики, спирали;

**перейти от прямолинейного движения к вращательному, использовать центробежную силу.

=====ПОЯВИЛАСЬ НОВАЯ ИДЕЯ=====

1. Собрать всю воду и слить ее в большую бочку.
2. Вырыть яму и слить в нее всю воду.
3. Шпур, в который заложена взрывчатка, забивать не песком, как обычно, а заполнить полиэтиленовыми мешками с водой.

Последняя идея, записанная в «записную книжку» ИМ является основополагающей для оформления изобретения.

5. ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКИХ ЗАДАЧ

5.1. Решение изобретательских задач, сформулированных в п. 1.2

Использование описанных в главе 4 «стандартов» и «приемов» позволяет облегчить и существенно ускорить решение творческих задач, сформулированных в п. 1.2 (см. табл. 1.2).

5.1.1. Решение задачи № 6 (продолжение 1)

Для улучшения технологичности изготовления магнитного усилителя («удобство изготовления») без существенного увеличения временных затрат («скорость» или «продолжительность») могут быть использованы приемы 1, 13, 8 или 27, 1, 4 из табл. 4.2. Легко подметить, что прием 1 повторяется в столбце 5 и в столбце 9. Поэтому останавливаемся именно на приеме 1: «Принцип дробления» – разделить объект на независимые друг от друга части.

В нашем случае напрашивается перейти от одного Ш-образного магнитопровода к двум, на каждом из которых разместить обмотку управления и обмотку рабочую, причем обмотки управления включить последовательно – согласно, а обмотки рабочие включить последовательно – встречно.

Мы получили, по существу уже известную читателю двухдроссельную конструкцию магнитного усилителя. Жаль, что не удалось изобрести что-либо новое – но зато мы убедились, что это нам под силу!

Рассмотрим решение только что рассмотренной задачи с помощью приемов из МФЭП (см. табл. 4.2). Здесь напрашивается применить приемы группы 7 – «приемы дифференциации»: разделить объект на части, после чего изготавливать ... каждую часть отдельно, а затем выполнить сборку. Видим, что и МФЭП направляет нас сразу на переход к двухдроссельной конструкции. Таким образом, в данном случае и МФЭП и АРИЗ дают совпадающие советы.

5.1.2. Решение задачи № 7 (продолжение 1)

Для решения поставленной задачи – улучшить технико-экономические показатели выпрямителя в части уменьшения переменной составляющей на выходе (вредный фактор) и уменьшения веса (габаритного объема) источника вторичного электропитания в целом, найдем из таблицы для технических противоречий «Вес – вредные факторы», рекомендуемые АРИЗом приемы «19, 22, 23, 24» (см. табл. 4.2). На основе приведенных там рекомендаций выберем принцип 23 «клин –

клином»: «устранить вредный фактор за счет сложения с другим вредным фактором». Такой же совет-указание, кстати говоря, можно было получить, изучая столбец «Приемы из МФЭП» в табл. 4.2. Действительно, для группы (10) «Использование резервов» там приводится рекомендация ... «устранить вредный фактор, например, за счет его компенсации другим вредным фактором». И в том и в другом случае применительно к задачам сглаживания фильтраций эти советы наталкивают на мысль – использовать в качестве второго вредного фактора эффект появления четных гармоник в цепи постоянного тока ферромагнитного устройства, например, магнитного усилителя. Приходим к идее активного компенсационного сглаживающего фильтра (АКСФ) по схеме рис. 5.1.

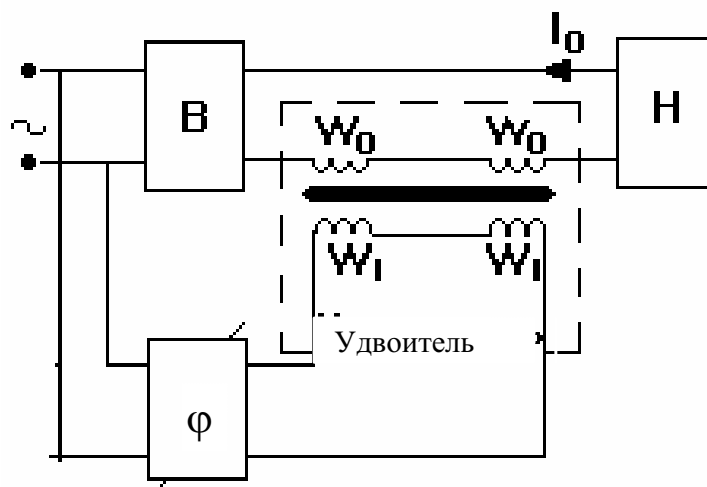


Рис. 5.1. Идея активного компенсационного сглаживающего фильтра

Здесь при питании выпрямителя от сети частотой 50 Гц на его выходе будет преобладающей переменная составляющая частотой 100 Гц (вторая гармоника). Если к этой же сети 50 Гц подключить обмотки W_1 АКСФ, а по выходным обмоткам W_0 пропустить постоянную составляющую выпрямленного тока I_0 , то при одновременном действии постоянной и переменной составляющих индукции на зажимах обмоток W_0 «появляется ЭДС четных гармоник, преобладающей среди которых будет ЭДС удвоенной частоты источника питания АКСФ, т. е. частоты 100 Гц. Таким образом, в цепи нагрузки Н действуют два источника частотой 100 Гц – выпрямитель и АКСФ. И если теперь обеспечить равенство этих ЭДС и сдвиг по фазе их на 180° друг относительно друга – результирующий ток частотой 100 Гц в цепи нагрузки может быть сделан очень-очень малым, в предельном случае – равным нулю. Равенство ЭДС легко обеспечивается соответствующим выбором параметров АКСФ (сечения магнитопровода, числа витков W_1 и W_0). Для обеспечения сдвига на 180° можно включить в цепь питания АКСФ фазосдвигающее устройство ϕ .

Именно в таком виде в свое время один из авторов опубликовал идею АКСФ – поэтому патентное ведомство отказало в выдаче авторского свидетельства, противопоставив заявке публикацию ... самого автора.

Поэтому был рассмотрен другой возможный вариант – добавить еще одну пару обмоток (включенных так же, как и W_0) и нагрузить ее на определенную комплексную нагрузку Z_ϕ , подбором параметров которой и обеспечить требуемый фазовый сдвиг (см. рис. 5.2), попутно удалив фазосдвигающее устройство из цепи питания.

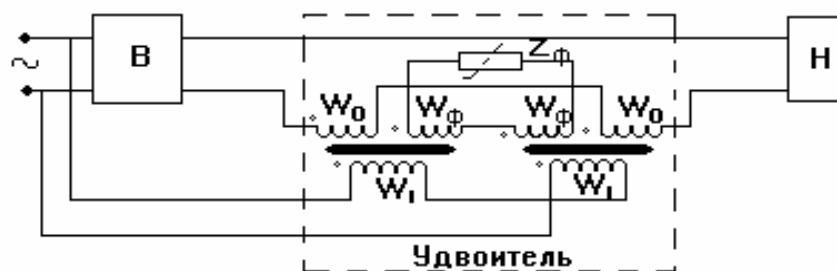


Рис. 5.2. Активный компенсационный сглаживающий фильтр с улучшенными массогабаритными показателями

На рис. 5.3 приведено описание изобретения по авторскому свидетельству № 454650 «Активный сглаживающий фильтр».

5.1.3. Решение задачи № 7 (продолжение 2)

При изучении законов развития техники мы уже обращали внимание (см. п. 1.1), что одна и та же функция может быть выполнена различными конструктивными (схемо-конструктивными) элементами. Отсюда следует, что часто одну и ту же задачу можно выполнить с помощью разных технических решений. Проиллюстрируем сказанное на примере задачи № 7, показав возможность другого решения этой задачи с помощью преобразования однофазной системы питания в двухфазную на основе параметрического генератора. На рис. 5.4 приведено описание изобретения по авторскому свидетельству № 447693 «Стабилизированный выпрямитель».

5.1.4. Решение задачи № 8 (продолжение 1)

Рассматриваемая задача (см. п. 1.2) решалась в одной из организаций России при наличии жестких ограничений – нет свободного контакта реле ПР, нет возможности использовать дополнительный источник питания на пункте приема управляющего сигнала, отсутствуют свободные жилы кабеля для создания второй линии связи.

На основе анализа условий поставленной задачи было принято решение использовать факт резкого изменения индуктивности обмотки приемного реле при изменении положения его якоря. Действительно,

при срабатывании приемного реле (см. рис. 5.5) немагнитный зазор в магнитной цепи реле уменьшается и индуктивность реле растет.



О П И С А Н И Е ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(11) 454650

(61) Зависимое от авт. свидетельства —

(22) Заявлено 25.05.70 (21) 1440362/24-7

с присоединением заявки № —

(32) Приоритет —

Опубликовано 25.12.74. Бюллетень № 47

Дата опубликования описания 20.02.75

(51) М. Кл. Н 02т 1/12

(53) УДК 627.372.542.29
(088.8)

(72) Авторы
изобретения

В. В. Сороковиков и Е. И. Гольдштейн

(71) Заявитель

Томский институт автоматизированных систем управления
и радиоэлектроники

(54) АКТИВНЫЙ СГЛАЖИВАЮЩИЙ ФИЛЬТР

1

Предлагаемое устройство предназначено для сглаживания пульсаций напряжения на низкоомной малоизменяющейся нагрузке, питающейся от выпрямителя.

Известен активный сглаживающий фильтр в цепи нагрузки выпрямителя, содержащий источник компенсирующего напряжения в виде электромагнитного преобразователя частоты, обмотки возбуждения которого подключены к общему с выпрямителем источнику питания через фазосдвигающую цепочку, а выходные обмотки включены последовательно с нагрузкой. Фильтры подобного типа компенсируют лишь основную гармонику выпрямленного напряжения и поэтому используются в комбинации с дополнительными пассивными фильтрами.

Цель изобретения — уменьшение габаритов фильтра.

Достигается это тем, что обмотки возбуждения электромагнитного преобразователя частоты подключаются к источнику питания непосредственно, а дополнительные обмотки преобразователя соединяются с последовательной RC-цепью.

На чертеже приведена схема предлагаемого устройства: вариант с однофазным двухполупериодным выпрямителем (а) и с трехфазным однополупериодным выпрямителем (б).

Нагрузка 1 подключена к выпрямителю 2

2

через дополнительный сглаживающий фильтр 3 и активный сглаживающий фильтр 4. Последний выполнен либо на базе электромагнитного удвоителя частоты (фиг. 1, а), либо на базе электромагнитного утроителя частоты (фиг. 1, б). Обмотки возбуждения 5 подключены к общему с выпрямителем 2 источнику питания. Выходные обмотки 6 включены последовательно в цепь выпрямленного тока.

Дополнительные обмотки 7 подключены к активно-реактивной цепи 8, состоящей из последовательно соединенных резистора и конденсатора. Параметры этой цепи подбираются так, чтобы обеспечить необходимый для компенсации основной гармоники выпрямленного напряжения фазовый сдвиг между напряжением этой гармоники и выходным напряжением электромагнитного преобразователя.

Сглаживание пульсации обусловленных гармониками высшего порядка осуществляет дополнительный пассивный фильтр 3.

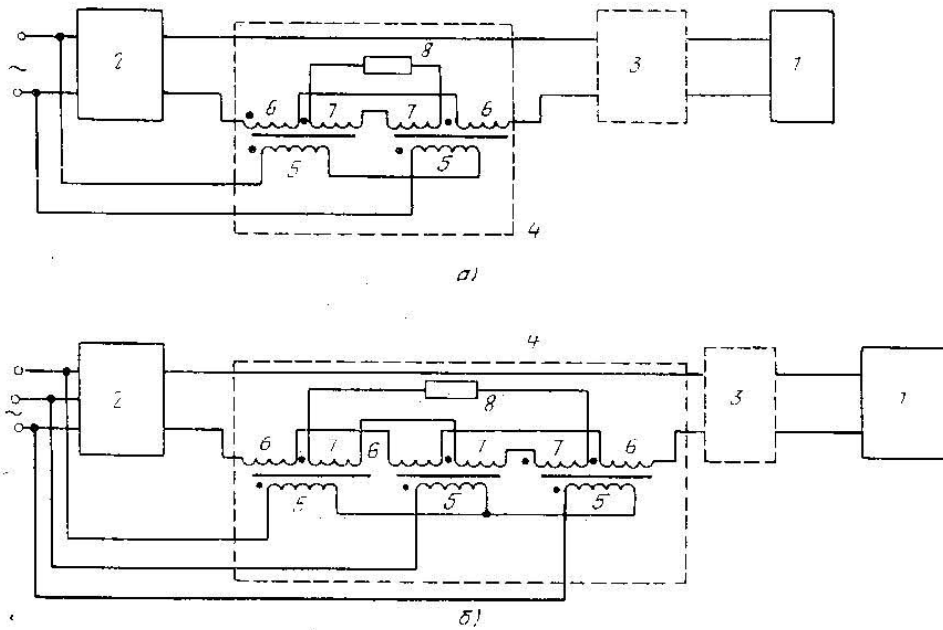
Предмет изобретения

Активный сглаживающий фильтр выпрямленного напряжения, содержащий источник компенсирующего напряжения, выполненный в виде электромагнитного преобразователя частоты, обмотки возбуждения которого подключены к общему с выпрямителем источнику

Рис. 5.3

питания, а выходные обмотки включены последовательно в цепь нагрузки, отличающийся тем, что, с целью уменьшения габаритов,

электромагнитный преобразователь снабжен дополнительной обмоткой, подключенной к последовательной RC-цепочке.



Составитель Ю. Сивак

Редактор А. Бер

Техред Е. Борисова

Корректор З. Тарасова

Заказ 234/15

Изд. № 257

Тираж 722

Подписное

ЦНИИПИ Государственного комитета Совета Министров СССР

по делам изобретений и открытий
Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Типография, пр. Сапунова, 2

Рис. 5.3. (продолжение)

Социалистических
Республик



Государственный комитет
Совета Министров СССР
по делам изобретений
и открытий

О П И С А Н И Е ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(11) 447693

(61) Зависимое от авт. свидетельства № -

(22) Заявлено 22.01.73 (21) 1879911/24-7

с присоединением заявки № -

(32) Приоритет -

Опубликовано 25.10.74, Бюллетень № 39

Дата опубликования описания 08.07.75

(51) М. Кл. G 05 f 1/46

(53) УДК 621.316.722.
.1(088.8)

(72) Авторы
изобретения

Е. И. Гольдштейн, В. А. Власов и В. Н. Станевко

(71) Заявитель

Томский институт автоматизированных систем управления
и радиоэлектроники

(54) СТАБИЛИЗИРОВАННЫЙ ВЫПРЯМИТЕЛЬ

1

Изобретение относится к электрическим источникам питания малой и средней мощности, например, для питания радиоустройств.

Известны стабилизированные выпрямители, в которых нагрузка подключена ко вторичной обмотке силового трансформатора через выпрямительный мост.

Целью изобретения является снижение уровня пульсаций выходного напряжения.

Эта задача решается при помощи общего для двух трансформаторов контура параметрического возбуждения и объединения однополярных клемм двухполупериодных выпрямителей, подключенных к выходным обмоткам трансформаторов.

На фиг. 1 приведена электрическая схема выпрямителя; на фиг. 2 - временные диаграммы напряжений, поясняющие эффект понижения пульсаций напряжения.

Стабилизированный выпрямитель содержит трансформаторы 1 и 2, входные обмотки 3 и 4 которых соединены последовательно согласно. Контур возбуждения образован обмотками 5 и 6, включенными

2

последовательно встречно, и конденсатором 7. Выходные обмотки 8 и 9 подключены к двухполупериодным выпрямителям 10 и 11, выполненным в данном случае по мостовой схеме. Клеммы выпрямителей, имеющие одинаковую полярность, объединены.

При подаче на вход схемы переменного напряжения возбуждаются параметрические колебания в контуре, в результате чего индукции сердечников трансформаторов 1 и 2 сдвигаются на угол $\frac{\pi}{2}$. На тот же угол сдвигаются и все напряжения трансформатора 1 относительно напряжений трансформатора 2. Изменение входного напряжения приводит лишь к незначительному изменению угла между векторами этих индукций при практическом постоянстве их модулей, что и определяет стабилизирующий эффект.

Так как выходные напряжения трансформаторов сдвинуты друг относительно друга на $\frac{\pi}{2}$, объединяя однополярные клеммы двухполупериодных выпрямителей,

Предприятие «Патент», Москва, Г-59, Березковская наб., 24

Рис. 5.4

можно получить выходное напряжение пониженной пульсации с частотой, в 4 раза превышающей частоту сети (см. фиг. 2).

На фиг. 2 приняты следующие обозначения: U_1 - напряжение на выходе выпрямителя 10, U_2 - напряжение на выходе выпрямителя 11 до объединения однополярных клемм, $U_{\text{вых}}$ - выходное напряжение после соединения однополярных клемм.

Трансформаторы 1 и 2 выполнены на идентичных сердечниках. Обмотки 5 и 6 могут быть выполнены с различным количеством витков.

Предмет изобретения

Стабилизированный выпрямитель, содержащий трансформатор, вторичная обмотка которого через выпрямительный мост соединена с выходом, отличающийся тем, что, с целью снижения уровня пульсаций выходного напряжения, выпрямитель снабжен дополнительным трансформатором, вторичная обмотка которого через другой выпрямительный мост подключена к выходу, при этом первичные обмотки обоих трансформаторов соединены последовательно и подключены к питающей сети, а другие вторичные обмотки, соединенные последовательно, подключены к конденсатору.

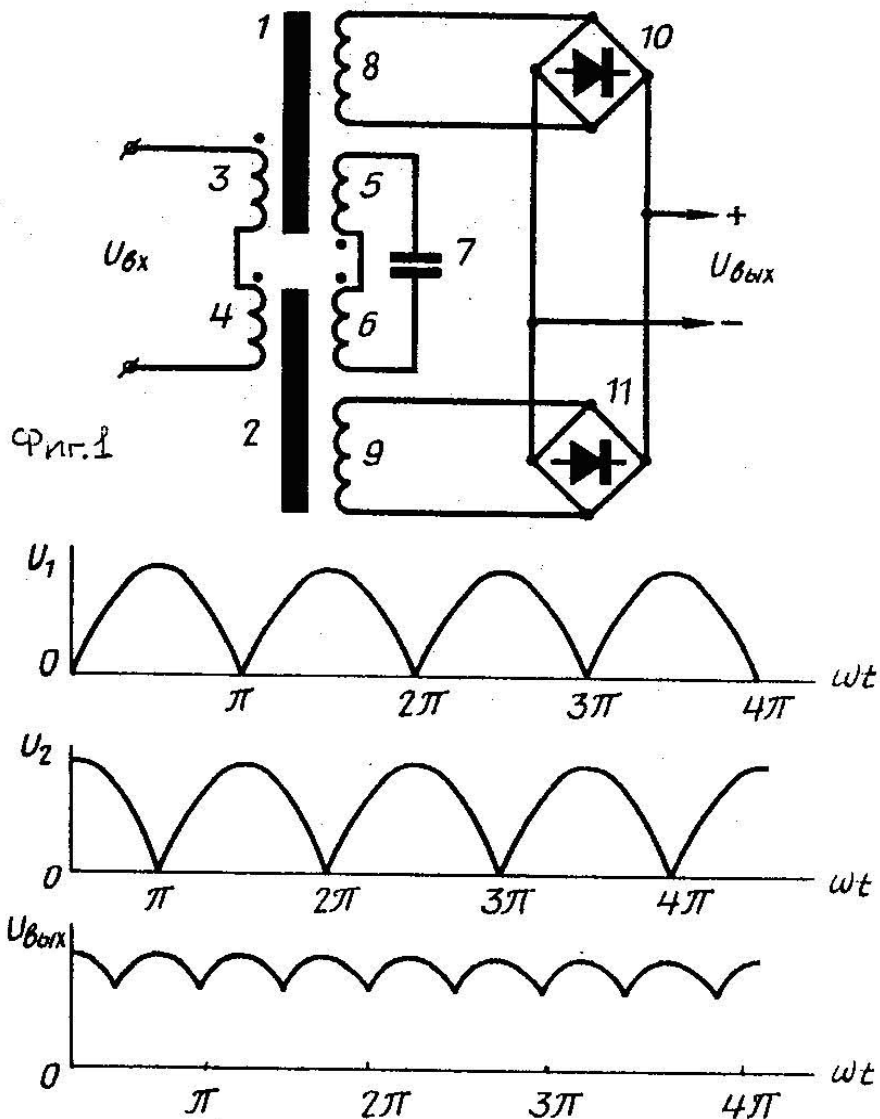


Рис. 5.4 (продолжение)

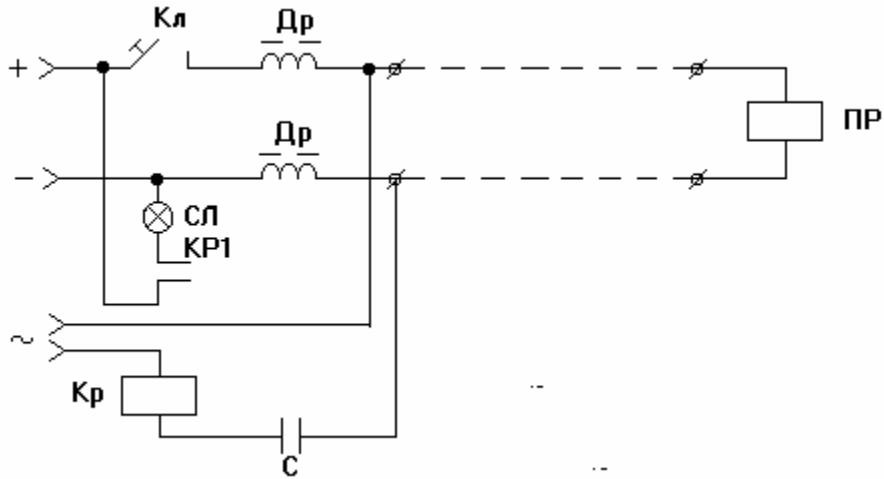


Рис. 5.5

На рис. 5.5 дроссели Др препятствуют замыканию переменного тока через основной источник питания. Конденсатор С препятствует прохождению постоянного тока через обмотку контрольного реле КР. Если сигнал управления «дошел» до приемного конца и ПР сработало, то при этом благодаря уменьшению рабочего зазора индуктивность реле (см. п. 4.2) возрастает, что приводит к уменьшению контрольного тока, реле КР отпускает, погасание СЛ извещает «сигнал прошел, ПР сработало». Визуальное сравнение и анализ схем из п.п. 1.2 и 4.3 убедительно свидетельствует – поставленная инженерная задача решена!

Жаль только, что из-за изобретательской неграмотности разработчика (Гольдштейн Е.И., 1955 г.) это вполне патентоспособное решение не было доведено до заявки на получение авторского свидетельства (патента).

5.1.4. Задача № 8 (продолжение 2)

Рассмотрим еще одно возможное решение инженерной задачи 8 из п. 1.2.

На рис. 5.6 приведено описание изобретения, решающего рассматриваемую творческую инженерную задачу.

Задача № 10 (продолжение 1)

Если решать поставленную в п. 1.2 задачу известными способами, то, естественно, стабильность выходного напряжения, а соответственно и передаваемой от источников питания энергии в аварийных режимах, понизится. Ключевыми в данной проблеме являются слова «стабильность» и «энергия». Здесь стабильность – это тот показатель, который по условиям задачи необходимо улучшать, а энергия – это параметр, который ухудшается при решении задачи известными способами.

Союз Советских
Социалистических
Республик



Комитет по делам
изобретений и открытий
при Совете Министров
СССР

О П И С А Н И Е ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

210923

Зависимое от авт. свидетельства № —

Заявлено 05.X.1966 (№ 1105521/26-24)

с присоединенным заявкой № 1107766/26-24

Приоритет —

Опубликовано 08.II.1968, Бюллетень № 7

Дата опубликования описания 23.IV.1968

Кл. 21с, 47/01

МПК G 05g

УДК 621.398:654.93-531.
.4.002.56(088.8)

Автор
изобретения

Е. И. Гольдштейн

Заявитель

Томский политехнический институт

СИСТЕМА ДИСТАНЦИОННОГО КОНТРОЛЯ ПОЛОЖЕНИЯ ДВУХПОЗИЦИОННОГО ОБЪЕКТА

1

Известна система дистанционного контроля положения двухпозиционного объекта, содержащая в приемном пункте генератор контрольных частот и частотные реле.

Предложенная система отличается от известной тем, что для ее упрощения и повышения надежности работы, она содержит на приемном пункте индуктивный параметрон, в резонансный контур которого через провода линии связи включены параллельно соединенные дощочки конденсаторов, которые в свою очередь последовательно соединены с контактами объектов.

На фиг. 1 и 2 показаны схемы системы дистанционного контроля положения двухпозиционного объекта.

Схема (см. фиг. 1) содержит параметрон 1, линию связи 2, контрольный блок 3 и частотные реле 4.

В качестве генератора частот использован параметрон 1 без подмагничивания постоянным током с периодически изменяющейся индуктивностью. В резонансный контур параметрона включены линия связи 2 и один из конденсаторов 5 контрольного блока 3. При этом возбуждение параметрона возможно лишь при исправной линии связи 2, причем частота колебаний определяется величиной емкости подключенного к схеме конденсатора 5. Соответственно работает одно из частотных реле 4.

2

При изменении положения объектов изменяется величина емкости колебательного контура и, как следствие, параметрон возбуждается на другой частоте.

5 Чтобы обеспечить контроль исправности линии связи, предложена другая схема с параметроном для системы дистанционного управления двухпозиционного объекта (см. фиг. 2). Она содержит параметрон 6, линию связи 7, конденсатор 8, приемные частотные реле 9, добавочное сопротивление 10, ключ 11 управления и контрольные частотные реле 12.

В нормальном состоянии схемы (команда «отключить») в цепь возбуждения параметрона включено добавочное сопротивление 10, обеспечивающее снижение величины напряжения, приложенного к дросселям параметрона. Параметры схемы подобраны так, чтобы в контуре возбуждались колебания частотой f_c . При подаче команды «включить» добавочное сопротивление 10 шунтируется, и возрастает ток возбуждения. Это обеспечивает перевод параметрона в режим второго резонанса, и в контуре возбуждаются колебания частотой $2f_c$.

Конденсатор 8 на приемном пункте обеспечивает включение линии связи 7 в контур параметрона, поэтому обрыв или короткое замыкание в любой точке тракта передачи при-

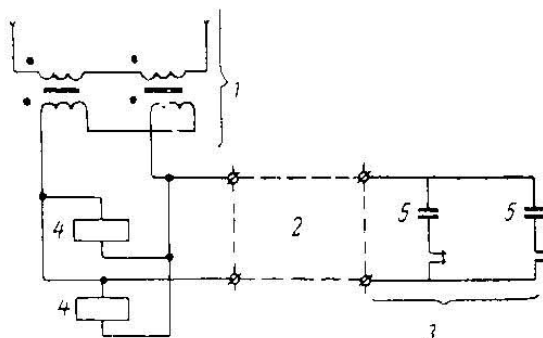
Рис. 5.6

водит к срыву колебаний, что фиксируется контрольным частотным реле 12.

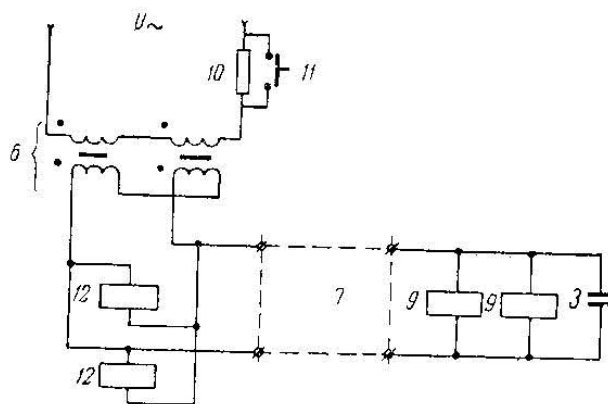
Предмет изобретения

Система дистанционного контроля положения двухпозиционного объекта, содержащая на приемном пункте генератор контрольных частот и частотные реле, а на передающем

пункте контрольный блок, отличающаяся тем, что, с целью упрощения устройства и повышения надежности его работы, оно содержит на приемном пункте индуктивный параметрон, в резонансный контур которого через провода линии связи включены параллельно соединенные цепочки конденсаторов, которые в свою очередь последовательно соединены с контактами объектов.



Фиг. 1



Фиг. 2

Составитель И. А. Закомолдина

Редактор Л. А. Утехина

Техред Л. Я. Бриккер

Корректоры: О. Б. Тюрист
и З. И. Тарасова

Заказ 680/11

Тираж 530

Подписное

ЦНИИПИ Комитета по делам изобретений и открытий при Совете Министров СССР
Москва, Центр, пр. Серова, д. 4

Типография, пр. Сапунова, 2

Рис. 5.6 (продолжение)

Для решения данной задачи из выделенных Г.С. Альтшуллером [13, 2.8] 35 приемов разрешения технических противоречий можно использовать прием 19 (принцип импульсного действия) или прием 13 (принцип «наоборот»), представленные в табл. 4.2 и соответствующие пересечению строки 20 (стабильность) и столбца 14 (энергия) в табл. 4.3.

Действительно, источник питания переменного тока можно рассматривать как некое устройство, состоящее из двух источников постоянного тока с напряжениями различной полярности. Эти источники коммутируются определенным образом, обеспечивая переменное напряжение на выходе устройства. Задача же защиты ИП постоянного тока от выравнивающих токов уже решена. Таким образом, прием решения поставленной задачи полностью укладывается в принцип импульсного действия, который рекомендует перейти к периодическому или импульсному управлению.

Исходя из этих указаний, разработчики провели детальную проработку и создали патентоспособное решение, основная идея которого состоит в соответствующей коммутации направленных электрических цепей. Протекание тока в этих цепях соответствует полярности напряжения на клеммах источника питания, к которому они подключены. Для этого используются управляемые электрические ключи направленного действия (например, транзисторные), напряжение управления которых зависит только от напряжения источника, что и обеспечивает защиту от выравнивающих токов.

В патенте № 2071626 (см. рис. 5.7) дано подробное описание идеи и ее реализации авторов – сотрудников кафедры автоматики и компьютерных систем ТПУ Агеева Ю.М. и Курганова В.В.



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

КОМИТЕТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО ПАТЕНТАМ
И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ
(РОСПАТЕНТ)

ПАТЕНТ

№ 2071626

на ИЗОБРЕТЕНИЕ
"Система бесперебойного электропитания"

Патентообладатель (лиц): Товарищество с ограниченной
ответственностью "АККО"

Автор (авторы): Агеев Юрий Михайлович и Курганов Василий
Васильевич

Приоритет изобретения

10 августа 1994г.

Дата поступления заявки в Роспатент

10 августа 1994г.

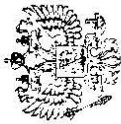
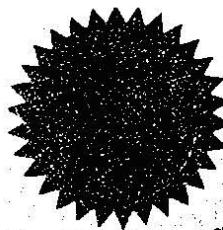
Заявка №

94029834

Зарегистрирован в Государственном
реестре изобретений

10 января 1997г.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ РОСПАТЕНТА



(19) **RU** (11) **2071626** (13) **C1**

(51) **G** H 02 J 9/06, 9/00

Комитет Российской Федерации
по патентам и товарным знакам

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ к патенту Российской Федерации

RU 2071626 C1

2

(21) 94029834/07 (22) 10.08.94
446) 10.01.97 Бюл. № 1
(72) Агеев Ю.М., Курганов В.В.
(71) (73) Товарищество с ограниченной
ответственностью "АККО"

(56) 1. Авторское свидетельство СССР N
1764119, кл. Н 02 J 9/06, 1992. 2. Авторское
свидетельство СССР N 1764119, кл. Н 02 J
9/06, 1992. 3. Авторское свидетельство
СССР N 1690078, кл. Н 02 J 9/00, 1991.

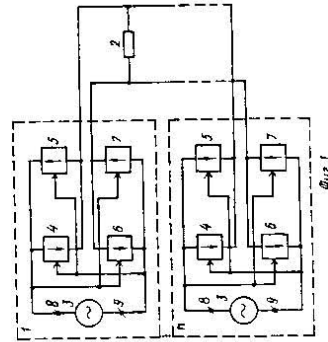
(54) СИСТЕМА БЕСПЕРЕБОЙНОГО
ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ

(57) Использование: в электротехнике, в
электрооборудовании ответственных потреби-
лей переменным током. Сущность: система

содержит n-однофазных синхронных источ-
ников переменного тока, которые через
однонаправленный элемент переменного тока
подключены к нагрузке. Каждый однонап-
равленный элемент выполнен в виде четырех-
разрядных электрических ключей
двух типов. Каждый из разрядных ключей
состоит параллельно и включен между
одним из полюсов источника и нагрузкой.
Их управление осуществляется к
другому полюсу источника. При этом
исключается обратная передача энергии от
нагрузки к источнику при отключении
одного из источников и его выходе из строя.

2. з. п. ф-лы, 2 ил.

RU 2071626 C1



Фиг. 1

Рис. 5.7

Завладеие изобретение относится к области электротехники и может быть использовано для электроснабжения ответственных потребителей переменным током.

Известно устройство гарантированного электроснабжения, содержащее выработчик, вход которого подключен к шинам первичной сети, резервный источник питания, в качестве которого используется гальваническая батарея, схему подзарядки резервного источника питания, разрядный диод, инвертор, стабилизатор постоянного тока и буферный диод /1/. Известен также вариант бесперебойного электроснабжения /2/, в котором в качестве резервного источника электроэнергии используется синхронный двигатель, работающий в генераторном режиме.

Существенным недостатком устройств в первом и втором случаях является невысокая надежность из-за наличия коммутационных элементов, обеспечивающих переключение потребителей с основной системы электроснабжения на резервную и обратно, так как момент коммутации сопровождается индуктивными помехами, отрицательно влияющими на работу потребителя.

Известна система бесперебойного электроснабжения, выполненная в качестве прототипа, содержит синхронные источники переменного тока, каждый из которых содержит последовательные соединенные с источником ЭДС уравнительный трансформатор с шунтирующим ключом и линейный контактор с датчиком включения, выполняющий функцию ономонаправленного элемента, а также многократный элемент ИЛИ и двухходовой элемент И. Выход элемента ИЛИ подключен к управлительному входу шунтирующего ключа, управлительного трансформатора. Один вход элемента И подключен к датчику включения линейного контактора, а другой к выходу элемента ИЛИ. На вход элемента ИЛИ подаются сигналы с датчиков включения линейных контакторов других синхронных источников переменного тока /3/.

Недостаток известной системы бесперебойного электроснабжения заключается в невысокой надежности электроснабжения, так как в качестве ономонаправленного элемента, блокирующего обратную передачу энергии от нагрузки к любому из источников в случае его отключения, используется линейный контактор, имеющий конечное время отключения при снятии с него напряжения. Это обстоятельство позволяет источнику питания после отключения своим низком внутренним

сопротивлением шунтировать нагрузку до момента размыкания контактов линейного контактора, то есть нарушать условия ономонаправленности. Более того, при изменении напряжения на любом из источников питания за счет параллельного включения источников контактор отключеного источника будет подвергаться напряжению других источников во включенном состоянии, и вышедший из строя источник питания замкнет нагрузку своим низким внутренним сопротивлением на длительное время, что для нагрузки равносильно исчезновению напряжения.

Основной задачей, на решение которой направлено предлагаемое изобретение, является повышение надежности системы бесперебойного электроснабжения за счет параллельного подключения к ономонаправленным источникам переменного тока, снабженным ономонаправленными элементами переменного тока, позволяющим исключить обратную передачу энергии от нагрузки к источнику в случае отключения соответствующего источника переменного тока или его выхода из строя к общей нагрузке.

Это достигается тем, что в системе бесперебойного электроснабжения, содержащей ономонаправленные источники переменного тока, каждый из которых содержит последовательно соединенные источник ЭДС и ономонаправленный элемент ономонаправленного тока, а ономонаправленные элементы ономонаправленного тока соединены с шунтирующим ключом и линейным контактором с датчиком включения, выполняющий функцию ономонаправленного элемента, а также многократный элемент ИЛИ и двухходовой элемент И. Выход элемента ИЛИ подключен к управлительному входу шунтирующего ключа, управлительного трансформатора. Один вход элемента И подключен к датчику включения линейного контактора, а другой к выходу элемента ИЛИ. На вход элемента ИЛИ подаются сигналы с датчиков включения линейных контакторов других синхронных источников переменного тока /3/.

Недостаток известной системы бесперебойного электроснабжения заключается в невысокой надежности электроснабжения, так как в качестве ономонаправленного элемента, блокирующего обратную передачу энергии от нагрузки к любому из источников в случае его отключения, используется линейный контактор, имеющий конечное время отключения при снятии с него напряжения. Это обстоятельство позволяет источнику питания после отключения своим низком внутренним

ке, при этом второй вывод резистора подключен к другой клемме источника ЭДС.

При работе источника ЭДС в один полупериод переменного напряжения этого источника в каждой электрической цепи, соединяющей его полюса с нагрузкой, открывается по одному ономонаправленному ключу, через обеспечивается протекание тока через нагрузку в направлении, соответствующем полярности напряжения источника. В другой полупериод открываются два других ономонаправленных ключа, которые обеспечивают протекание тока через нагрузку в противоположном направлении. При работе в ономонаправленных источниках использование в их составе ономонаправленных ключей позволяет исключить протекание выравнивающего тока, возникающего из-за разности амплитуд напряжений источников ЭДС. Более того, при отключении одного из источников ЭДС или его выходе из строя все ключи соответствующего ономонаправленного элемента переходят в закрытое состояние, так как управление ключами ономонаправленного элемента осуществляется только тем источником ЭДС, к полюсам которого он подключен. Эта особенность управления ключами ономонаправленного элемента позволяет повысить надежность системы бесперебойного электроснабжения, а особенно в ситуациях включения/отключения источников ЭДС и их выходов из строя. Сопоставительный анализ заявляемой системы с прототипом показывает, что заявляемая система бесперебойного электроснабжения отличается тем, что каждый ономонаправленный элемент переменного тока выполнен в виде четырех ономонаправленных электрических ключей двух типов, при этом каждые два соответствующих ключа соединены параллельно и включены между одним полюсом источника ЭДС и нагрузкой, а их управлительные входы соединены с другим полюсом этого же источника ЭДС. Каждый из ключей первого типа содержит трансистор n-p-n типа, база которого подсоединена к первому выводу резистора и катоду диода, анод которого соединен с одной из клемм источника ЭДС и эмиттером трансистора, а коллектор трансистора подключен к нагрузке, при этом второй вывод резистора подсоединен к другой клемме источника ЭДС. Каждый из ключей второго типа содержит трансистор p-n-p типа, база которого подсоединена к первому выводу резистора и катоду диода, анод которого соединен с одной из клемм источника ЭДС и эмиттером трансистора, а коллектор трансистора подключен к нагрузке, при этом второй вывод резистора подсоединен к другой клемме источника ЭДС. Каждый из ключей второго типа содержит трансистор p-n-p типа, база которого подсоединена к первому выводу резистора и аноду диода, катод которого соединен с одной из клемм источника ЭДС и эмиттером трансистора, а коллектор трансистора подключен к нагрузке, при этом второй вывод резистора подсоединен к другой клемме источника ЭДС. Каждый из ключей второго типа содержит трансистор p-n-p типа, база которого подсоединена к первому выводу резистора и аноду диода, катод которого соединен с одной из клемм источника ЭДС и эмиттером трансистора, а коллектор трансистора подключен к нагрузке, при этом второй вывод резистора подсоединен к другой клемме источника ЭДС.

ке, при этом второй вывод резистора подключен к другой клемме источника ЭДС.

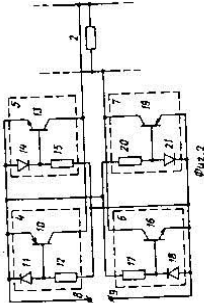
На фиг. 1 представлена функциональная схема системы бесперебойного электроснабжения, а на фиг. 2 принципиальная схема ономонаправленного элемента переменного тока.

Система бесперебойного электроснабжения (фиг. 1) содержит 1, ..., n-ый ономонаправленные источники переменного тока, ономонаправленные выходы которых объединены и подключены к общей нагрузке 2. Каждый из ономонаправленных источников содержит источник ЭДС 3 и ономонаправленный элемент переменного тока, выполненный на ключах 4, 5, 6, 7. Ономонаправленный элемент переменного тока состоит из четырех разнотипных ключей, соединенных параллельно и включенных между клеммами полюсов источника ЭДС 3 и нагрузкой 2 (ключи 4, 5 и 6, 7). Ключи первого типа 5 и 6 (фиг. 2) содержат трансисторы (13, 16) n-p-n типа, база которых подсоединена соответственно к первым выводам резисторов 15, 17 и катодам диодов 14, 18, аноды которых соединены с разнотипными клеммами источника ЭДС 3 и соответственно эмиттерами трансисторов 13, 16, а коллекторы этих трансисторов подсоединены к нагрузке 2, при этом вторые выходы резисторов 15, 17 подсоединены также к разнотипным клеммам источника ЭДС 3. Ключи второго типа 4 и 7 содержат трансисторы (10, 19) p-n-p типа, база которых подсоединена соответственно к первым выводам резисторов 12, 20 и анодам диодов 11, 21, катоды которых соединены с разнотипными клеммами источника ЭДС 3 и эмиттерами трансисторов 10, 19 соответственно, а коллекторы этих трансисторов подсоединены к нагрузке 2, при этом вторые выходы резисторов также к разнотипным клеммам источника ЭДС 3.

Прилип работы устройства следующие. Если электрический потенциал полюса 8 источника ЭДС 3 выше, чем потенциал полюса 9, что соответствует одной полуволне переменного напряжения источника ЭДС 3, то открывается ключи 4 и 6, которые обеспечивают протекание тока по цепи: полюс 8 источника ЭДС 3 - ключ 4 - нагрузка 2 - ключ 6 - полюс 9 источника ЭДС 3. В другом случае, когда электрический потенциал полюса 8 ниже, чем потенциал полюса 9, что соответствует другой полуволне переменного напряжения источника ЭДС 3, открываются ключи 5 и 7 и ток через нагрузку протекает в противоположном направлении: полюс 9

Рис. 5.7. (продолжение)

выход резистора подключен к другой клемме источника ЭДС.



источника ЭДС 3 - ключ 7 - нагрузка 2 - ключ 5 - полюс 8 источника ЭДС 3. В случае отсутствия разности потенциалов на полюсах одного из источников ЭДС 3 в результате его отключения или выхода из строя ключи соответствующего однонаправленного элемента будут находиться в закрытом состоянии.

На фиг. 2 представлен однонаправленный элемент переменного тока. Каждый однонаправленный элемент состоит из четырех управляемых однонаправленных электрических ключей постоянного тока 4, 5, 6, 7, два из которых 5 и 6 выполнены на основе транзисторов 13, 16 п-р-п типа, а два других 4 и 7 на основе транзисторов 10, 19 р-п-р типа. Пары ключей 4, 5 и 6, 7 соединены параллельно и включены между полюсами 8, 9 источника ЭДС 3 и нагрузкой 2.

Принцип работы однонаправленного элемента следующий. Если потенциал полюса 8 источника ЭДС 3 выше, чем потенциал полюса 9, что соответствует одной половине переменного напряжения источника ЭДС 3, то открываются ключи 4 и 6, выполненные на транзисторах 10 р-п-р и 16 п-р-п типа соответственно. Для уменьшения потерь мощности в однонаправленном элементе оба транзистора работают в режиме насыщения. Этот режим обеспечивается заданием соответствующего базового тока транзисторов 10, 16 с помощью резисторов 12, 18. Величина резисторов выбирается из соотношения:

$$R < \frac{E \cdot U}{I} \text{ (Ом)}, \quad (1)$$

где U - величина действующего входного напряжения, [В];

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Система бесперебойного электропитания, содержащая n однофазных синхронных источников переменного тока, каждый из которых содержит последовательно соединенные источник ЭДС и однонаправленный элемент переменного тока, а одноименные выходы однофазных синхронных источников переменного тока объединены и подключены к общей нагрузке, отличающаяся тем, что каждой однонаправленный элемент переменного тока выполнен в виде четырех однонаправленных электрических ключей двух типов, при этом каждая пара разнотипных ключа соединены параллельно и включены между одним полюсом источника ЭДС и нагрузкой, а их управляющие входы соединены с другим полюсом этого же источника ЭДС.

β - статистический коэффициент передачи тока транзистора в схеме с ОЭ;
1 - величина номинального потребляемого тока, [А].

Если же потенциал полюса 8 источника ЭДС 3 ниже, чем потенциал полюса 9, открываются ключи 5 и 7, выполненные на транзисторах 13 р-п-р и 19 р-п-р типа соответственно. Режим работы этих транзисторов аналогичен режиму работы транзисторов 10, 16 ключей 4, 6. Дiodы 11, 14, 18, 21 обеспечивают соответственно защиту транзисторов 10, 13, 16, 19 от пробоя обратным напряжением в закрытом состоянии.

В качестве элементов для построения ключей могут быть использованы кремниевые универсальные низкочастотные мощные транзисторы п-р-п и р-п-р типов, а также кремниевые диоды малой и средней мощности. Резисторы 12, 15, 17, 20 рассчитываются по формуле (1) в зависимости от величины напряжения источника и потребляемого тока. Для уменьшения этих резисторов, то есть уменьшения базовых токов, а следовательно и уменьшения потребляемой однонаправленным элементом мощности могут быть использованы составные транзисторы.

Предлагаемая система бесперебойного электропитания может найти широкое применение для электропитания ответственных потребителей, таких как персональные компьютеры и микропроцессорные системы управления на промышленных предприятиях, где в качестве однофазных синхронных источников ЭДС могут использоваться основная и резервная системы электропитания этих предприятий.

2. Система по п.1, отличающаяся тем, что каждый из ключей первого типа содержит транзистор п-р-п-типа, база которого подсоединена к первому выводу резистора и катоду диода, анод которого соединен с одной из клемм источника ЭДС и эмиттером транзистора, а коллектор транзистора подключен к нагрузке, при этом второй вывод резистора подключен к другой клемме источника ЭДС.

3. Система по п.1, отличающаяся тем, что каждый из ключей второго типа содержит транзистор р-п-р-типа, база которого подсоединена к первому выводу резистора и аноду диода, катод которого соединен с одной из клемм источника ЭДС и эмиттером транзистора, а коллектор транзистора подключен к нагрузке, при этом второй вывод резистора подключен к другой клемме источника ЭДС.

Рис. 5.7. (продолжение)

Заказ № 44 Полное наименование
ВИНИПИ, Рег. ЛП № 040720
113834, ГСП, Москва, Раушская наб., 4/5
121873, Москва, Бережковская наб., 24 стр. 2.
Производственное предприятие «Патент»

5.1.7. Задача № 9 (продолжение 1)

В ходе экспериментальных и теоретических исследований насосных установок разработчики – сотрудники ТПУ – предложили осуществлять диагностирование по ваттметрограммам (см. п. 1.2), используя в качестве информативного признака соотношение между нулевой (a_0) и второй (a_2) гармониками ваттметрограммы (ВМГ) – зависимости активной мощности от хода поршня насоса. На рис. 5.8 приведено описание изобретения к патенту № 2129666.

5.1.8. Задача № 9 (продолжение 2)

На рис. 5.9 приведено описание изобретения к патенту № 2227848, решающего рассматриваемую задачу по-другому, но опять таки, на основе анализа ВМГ.

5.1.9. Задача № 9 (продолжение 3)

На рис. 5.10 приведены извлечения из описания изобретения к патенту № 2204736, решающего задачу диагностирования штанговых насосных установок не по ВМГ, а по так называемым фазовым кривым – зависимостям скорости изменения активной мощности от времени.



(19) **RU**₍₁₁₎ **2129666**₍₁₃₎ **C1**

(51) **6 F 04 B 51/00**

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

к патенту Российской Федерации

(21) 95107615/06
12.05.95

(22)

(46) 27.04.99 Бюл. № 12 (72) Гольдштейн Е.И., Ермакова Е.Н. (71) (73) Кибернетический центр при Томском политехническом университете (56) Атакишев Т.А., Бабаев Р.В., Барьюдин А.А. и др. Электроэнергетика нефтяных и газовых промыслов. – М.: Недра, 1988, с. 221. (98) 634004, Томск, ул. Советская, 84 Кибернетический центр при ТПУ

4) СПОСОБ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ
УРАВНОВЕШЕННОСТИ СТАНКОВ-
КАЧАЛОК ШТАНГОВЫХ НАСОСНЫХ
УСТАНОВОК

(57) Предназначен для использования в области диагностики штанговых насосных установок для предупреждения аварий при использовании этих установок на нефтедобывающих промыслах. Заключается в измерении мгновенных значений тока на входе электродвигателя станка-качалки. Дополнительно измеряют мгновенные значения напряжения, определяют активную мощность, выделяют первую a_1 и вторую a_2 гармоники мощности, а состояние уравновешенности станка-качалки определяют по условию $a_1 < a_2$. Способ отличается высокой достоверностью и простотой реализации. 3 ил.

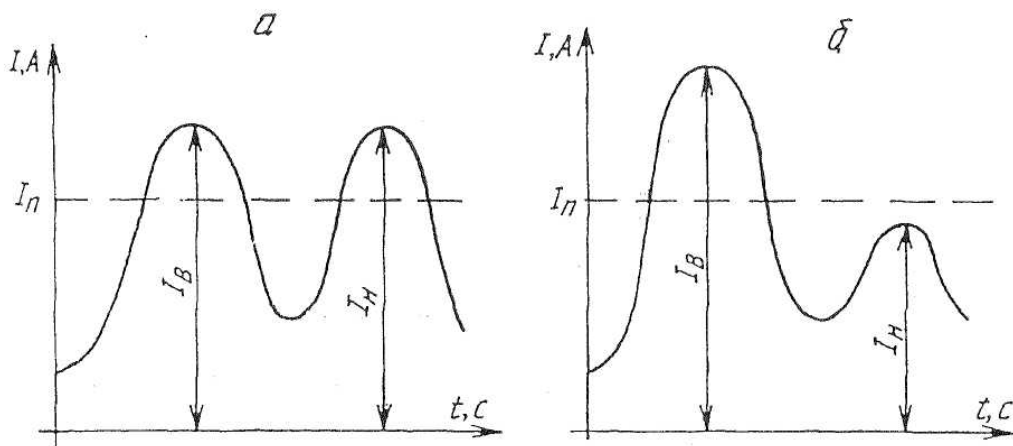


Рис. 5.8

Изобретение относится к области диагностики штанговых насосных установок и может быть использовано для предупреждения аварий при использовании этих установок на нефтедобывающих помывлах.

Станок-качалка является составной частью штанговой насосной установки и при помощи длинной колонны штанг соединяется с плунжером насоса.

Мощность, потребляемая электродвигателем при работе установки, зависит от тангенциальной составляющей усилия, действующего в шатуне станка-качалки вследствие нагрузки на голову балансира. Так как нагрузка при возвратно-поступательном движении плунжера периодически изменяется, то и момент двигателя станка-качалки будет периодически меняться. Такой режим работы установки создает тяжелые условия как для станка-качалки, так и для его электропривода, что сокращает сроки службы оборудования и увеличивает потребление электроэнергии.

Для выравнивания момента нагрузки за цикл качания станок-качалку уравнивают при помощи противовесов, размещаемых на кривошипах или на балансирах. При этом массу противовесов и их расположение подбирают так, чтобы обеспечить наиболее равномерное потребление энергии из электросети за цикл работы. При хорошо уравновешенном станке усилия, действующие на балансиры при ходе вверх и при ходе вниз, одинаковы. Поэтому в случае уравновешенного станка-качалки как при ходе плунжера вверх, так и при ходе вниз, приводной электродвигатель будет иметь одинаковую нагрузку.

На фиг. 1 показаны графики тока электродвигателей при различных степенях уравновешенности станков-качалок.

Из приведенных кривых видно, что для режима нагрузки двигателя станка-качалки характерно периодическое чередование перегрузок и недогрузок, повторяющихся 12–30 раз в минуту. Это соответствует 6–15 ходам плунжера скважинного насоса, т. е. кривая изменения нагрузки электродвигателя в течение одного цикла работы установки имеет два максимума и два минимума тока. Максимумы тока соответст-

вуют средним положениям балансира, минимумы – крайним. Максимумы тока могут достигать значений, соответствующих опрокидывающему моменту двигателя, а минимумы соответствуют его холостому ходу. При хорошо уравновешенном станке-качалке максимальные значения полувольтного графика нагрузки приводного двигателя примерно одинаковы, а при плохом значительно отличаются друг от друга.

Если уравновешивающий груз недостаточен, то амплитуда при ходе штока вверх растет, а при ходе штока вниз падает. Если же уравновешивающий груз лишней, то изменения амплитуды будут происходить в обратном порядке.

В известном способе определения уравновешенности станка-качалки с помощью ампер-клещей определяют максимальные значения тока, при ходе плунжера штанговой установки вверх I_v и вниз I_n и по выражению

$$K = \frac{I_v - I_n}{I_v + I_n} \cdot 100 \%$$

определяют коэффициент неуравновешенности станка-качалки. Станок-качалка считается уравновешенным, если коэффициент разбалансировки не превышает 20%. Недостатком этого метода является значительная инерционность ампер-клещей, что обуславливает погрешность определения параметров уравновешивания. Кроме того, расчет параметров по формулам непосредственно на рабочем месте затруднителен. Предлагаемый способ диагностирования уравновешенности станка-качалки штанговой насосной установки заключается в измерении мгновенных значений тока на входной шине станка-качалки и измеряют мгновенные значения напряжения, определяют активную мощность, выделяют первую a_1 и вторую a_2 гармоники мощности, а состояние уравновешенности станка-качалки определяют по условию

$$a_1 < a_2.$$

Предложенный способ отличается высокой достоверностью и простотой реализации.

На фиг. 1 приведены графики тока электродвигателей уравновешенного и неуравновешенного станка-качалок.

На фиг. 2 приведена блок-схема реализации способа.

На фиг. 3 приведена таблица некоторых экспериментальных данных.

Устройство для реализации способа диагностирования уравновешенности станка-качалки включает перемножающий блок 1, блок 2 выделения гармонических составляющих и блок 3 для сравнения гармоник. Все блоки соединены последовательно.

На вход блока 1 поступают мгновенные значения тока и напряжения, снимаемые с входа двигателя станка-качалки. Здесь производится перемножение этих величин и на выходе блока получаются дискретные значения активной мощности электродвигателя штангового насоса. Для удобства дискретность съема информации выбрана $\Delta t = 0,02$ с. Такой выбор объясняется периодом питающего напряжения сети, что

удовлетворяет требованиям точности и достоверности снятой информации. Блок 1 может быть реализован программно перемножением предварительно оцифрованных значений тока напряжения.

В блоке 2 происходит выделение гармонических составляющих a_1 и a_2 мощности из поступающего с блока 1 массива данных. Блок может быть реализован программно путем разложения мощности в ряд Фурье.

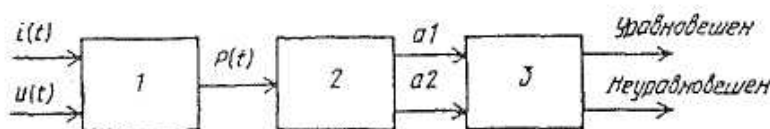
Блок 3 осуществляет сравнение полученных амплитуд гармоник a_1 и a_2 , на основе этого сравнения выдается сигнал об уравновешенности или неуравновешенности станка-качалки. Блок может быть реализован как программно, так и аппаратно.

На фиг. 3 приведена таблица некоторых экспериментальных данных, полученных при обработке реальных ваттметровых программ.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Способ диагностирования уравновешенности станка-качалки штанговой насосной установки, заключающийся в измерении мгновенных значений тока на входе электродвигателя станка-качалки, отличающийся тем, что дополнительно измеря-

ют мгновенные значения напряжения, определяют активную мощность, выделяют первую a_1 вторую a_2 , гармоники мощности, а состояние уравновешенности станка-качалки определяют по условию $a_1 < a_2$



Фиг. 2

№ п/п	Состояние станка-качалки	a_1	a_2	Решающее правило
1 2 3	уравновешен	23,10 22,79 " 4,01	47,16 33,20 39,31	$a_1 < a_2$
4 5 6	неуравновешен	37,12 65,70 5-1 63	14,60 18,48 39,61	$a_1 > a_2$

Фиг. 3



РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ
ЗНАКАМ

(19) RU (11) **2227848** (51) 7 (13) C1
(51) F 04 B 47102,51/00

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

к патенту Российской Федерации

(21) 2002129205/06 (22)
31.10.2002

(24) 31.10.2002 (46) 27.04.2004 Бюл. № 12
(72) Гольдштейн Е.И., Исаченко И.Н.,
Полякова С.В.

(71) (73) Томский политехнический
университет

(56) RU 2129666 C1, 27.04.1999. SU
1224444 A, 15.04.1986. US 5006044 A,
09.04.1991. US 4551730 A, 05.11.1985.
DE 3414727 A, 11.04.1985.

Адрес для переписки: 634034, г. Томск,
пр. Ленина, 30, ТПУ, отдел интеллекту-
альной и промышленной собственности
(54) СПОСОБ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ
УРАВНОВЕШЕННОСТИ СТАНКОВ-
КАЧАЛОК ШТАНГОВЫХ
НАСОСНЫХ УСТАНОВОК

(57) Способ предназначен, для исполь-
зования в области диагностики штанго-
вых насосных установок для предупре-
ждения аварий при эксплуатации этих

установок на нефтедобывающих про-
мыслах. Измеряют мгновенное значе-
ние тока и напряжения на входе элект-
тропривода станка-качалки. Определя-
ют реактивную мощность. Выделяют
первую ($A_1(Q)$) и вторую ($A_2(Q)$) гар-
моники реактивной мощности. Опреде-
ляют их отношение

$$K_{21} = \left[\frac{A_2(Q)}{A_1(Q)} \right]$$

Состояние уравновешенности опре-
деляют по условию:

$$K_{21} \geq K_{21э},$$

где $K_{21э}$ – эталонное значение коэффи-
циента для данной скважины. Способ
диагностирования уравновешенности
станков-качалок штанговых насосных
установок отличается высокой досто-
верностью получаемого результата и
возможностью сравнительно простотой
реализации, 4 ил., 4 табл.

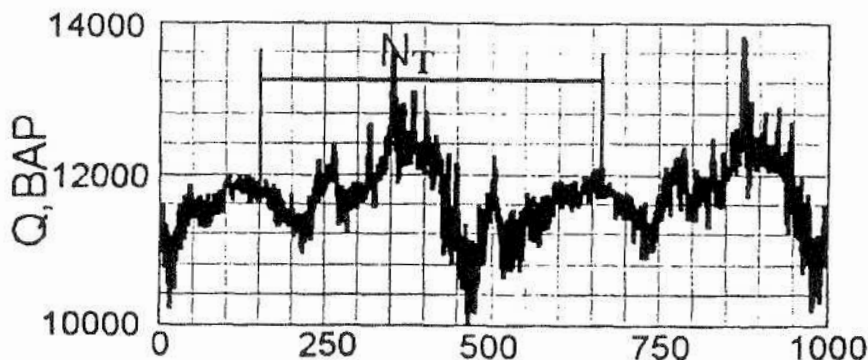


Рис. 5.9

Изобретение относится к области диагностики штанговых насосных установок и может быть использовано для предупреждения аварий при использовании этих установок на нефтедобывающих промыслах.

Известен способ определения уравновешенности станка-качалки (СК) с помощью ампер-клещей [Руководство по эксплуатации скважин штанговыми насосами. Альметьевск: АО "Татнефть", 1992. – 440 с.], согласно которому определяют максимальные значения тока при ходе плунжера штанговой установки вверх $I_в$ и вниз $I_н$ и по выражению (1) находят коэффициент неуравновешенности станка-качалки:

$$K = \frac{I_в - I_н}{I_в + I_н} \cdot 100 \% . \quad (1)$$

Станок-качалка считается уравновешенным, если коэффициент разбалансировки не превышает 5 %.

Недостатком этого способа является значительная инерционность ампер-клещей, что обуславливает погрешность определения параметров уравновешивания и неоднозначность диагноза при сильной разбалансировке СК.

Известен способ диагностирования уравновешенности станка-качалки штанговой насосной установки [по патенту № 2129666, кл. F 04 B 51/00. Гольдштейн Е.И., Ермакова Е.Н. Способ диагностирования уравновешенности станков-качалок штанговых насосных установок], выбранный в качестве прототипа, заключающийся в том, что измеряют мгновенные значения тока и мгновенные значения напряжения на входе электродвигателя станка-качалки, определяют активную мощность, выделяют первую a_1 и вторую a_2 гармоники мощности, а состояние уравновешенности станка-качалки определяют по условию:

$$a_1 < a_2 \quad (2)$$

Недостатком этого способа является известная неопределенность условия (2).

Задачей изобретения является создание простого и точного способа диагностирования уравновешенности СК.

Это достигается тем, что в способе диагностирования уравновешенности станков-качалок штанговых насосных устано-

вок так же, как и в прототипе, измеряют мгновенные значения тока и напряжения на входе электропривода станка-качалки, определяют мощность и выделяют первую и вторую гармоники мощности. Согласно изобретению определяют именно реактивную мощность, выделяют первую ($A_1(Q)$) и вторую ($A_2(Q)$) гармоники реактивной мощности, определяют их отношение:

$$K_{21} = \left[\frac{A_2(Q)}{A_1(Q)} \right], \quad (3)$$

а состояние уравновешенности определяют по условию:

$$\hat{E}_{21} \geq K_{21э}, \quad (4)$$

где $K_{21э}$ – эталонное значение коэффициента для данной скважины.

Мощность, потребляемая электродвигателем при работе установки, зависит от тангенциальной составляющей усилия действующего в шатуне станка-качалки вследствие нагрузки на голову балансира. Так как нагрузка при возвратно-поступательном движении плунжера периодически изменяется, то и момент двигателя станка-качалки будет периодически меняться. Такой режим работы установки создает тяжелые условия, как для станка-качалки, так и для его электропривода, что сокращает сроки службы оборудования и увеличивает потери электроэнергии. Для выравнивания момента нагрузки за цикл качания станка-качалку уравновешивают при помощи противовесов, размещаемых на кривошипах или на балансире.

На фиг. 1 показан график реактивной мощности электродвигателя ($Q(N)$) при работе станка-качалки (варметрограмма – ВАРМГ). Из приведенной кривой видно, что для режима нагрузки двигателя станка-качалки характерно периодическое чередование перегрузок и недогрузок, повторяющихся 12–30 раз в минуту! Это соответствует 6–15 ходам плунжера скважинного насоса, т. е. кривая изменения нагрузки электродвигателя в течение одного цикла работы установки имеет два максимума и два минимума мощности.

Таким образом, станок-качалка представляет собой электромеханическую систему с возможностью уравновешивания и большой динамикой нагрузок в процессе

работы. Суммарный момент на валу электродвигателя имеет форму, из которой можно выделить две основные гармоники: первую и вторую. Реактивная мощность на входе электродвигателя связана с моментом на его валу. В уравновешенном состоянии вторая гармоника реактивной мощности преобладает над первой. Числовые значения отношения второй гармоники к первой для каждой установки индивидуальны и зависят от типа станка-качалки, степени загрузки станка и пр. Но общий вид зависимости отношения второй гармоники реактивной мощности к первой от степени неуравновешенности СК носит одинаковый характер. Именно эту особенность было решено использовать при разработке предлагаемого способа диагностирования уравновешенности.

На фиг. 2 приведены зависимости изменения отношения второй гармоники реактивной мощности к первой от расстояния центра масс противовесов на кривошипе от оси вращения кривошипов (то есть от степени неуравновешенности СК). Данная зависимость имеет ярко выраженный максимум.

Сравнение отношения второй гармоники реактивной мощности к первой (K_{21}) с эталонным значением ($K_{21Э}$) для конкретной установки позволяет сузить область контроля уравновешенного состояния станка-качалки. Ясно, что значение $K_{21Э}$ будет разным для разных конструкций СК, разных нагрузок на шток СК. Поэтому $K_{21Э}$ назначается пользователем при настройке системы контроля уравновешенности.

При экспериментальных исследованиях эталонные значения отношения гармоник реактивной мощности колебались в диапазоне от 1,5 до 6,0 для разных скважин.

Результаты, получаемые предложенным способом, отличаются высокой достоверностью, что подтверждается проведенными исследованиями на 15 реальных нефтяных скважинах, оборудованных ШГНУ, когда во всех случаях был поставлен правильный диагноз об уравновешенности станка-качалки.

Предлагаемый способ отличается возможностью использования сравнительно простотой технологии проведения диагностирования уравновешенности СК и точно-

стью получаемого.... диагноза, то есть, предлагаемый способ диагностирования станков-качалок штанговых насосных установок является точным и простым.

На фиг. 1 показан график реактивной мощности, измеренной на входе электродвигателя при работе станка-качалки.

На фиг. 2 в виде графиков приведена зависимость отношения второй гармоники реактивной мощности к первой от положения груза.

На фиг. 3 приведена функциональная блок-схема способа.

На фиг. 4 приведен пример вольтамперной характеристики (ВАХ).

В табл. 1–4 приведены экспериментальные данные и результаты диагностирования уравновешенности по предлагаемому способу контроля уравновешенности ШГНУ.

Предлагаемый способ диагностирования уравновешенности СК может быть реализован, например, в виде функциональной блок-схемы, которая представлена на фиг. 3, которая содержит: измерительные датчики тока 1 (ДТ) и напряжения 2 (ДН); блок определения реактивной мощности 3 (РМ); блок дискретного преобразования Фурье 4 (БПФ); делитель 5 (Д); блок памяти базы данных 6 (БД); блок сравнения значений K_2 , 7 (С). Выходы датчика тока 1 (ДТ) и датчика напряжения 2 (ДН) связаны с входами блока определения реактивной мощности 3 (РМ), выход которого связан с блоком дискретного преобразования Фурье 4 (БПФ). Выходы блока дискретного преобразования Фурье 4 (БПФ) связаны с входами делителя 5 (Д). Выходы делителя 5 (Д) и блока памяти базы данных 6 (БД) связаны с входами блока сравнения значений 7 (С).

Аппаратно-предложенный способ диагностирования уравновешенности СК может быть реализован, например с помощью датчика тока 1 (ДТ) в виде промышленного прибора КЭИ-0,1 М; датчика напряжения 2 (ДН) в виде промышленного трансформатора напряжения (220/5 V). Блок определения реактивной мощности 3 (РМ) выполняет операции оцифровки сигналов, определение площади вольтамперной характеристики (ВАХ) и значений реактивной мощ-

ности. Для оцифровки сигналов может быть использован аналого-цифровой преобразователь (АЦП) серии MAX 186 (1.2 бит), который имеет 8 аналоговых входов. Для управления АЦП, определения площади ДВАХ и определения реактивной мощности напряжения может быть использован микроконтроллер серии 51 производителя atmel AT89S53. Блоки дискретного преобразования Фурье 4 (БПФ), делитель 5 (Д), блок сравнения 7 (С) могут быть выполнены на этом же микроконтроллере. Для хранения данных по скважинам и временного хранения массивов значений (блок памяти базы данных 6 (БД)) может быть использован блок внешней памяти данных AT25L256 (32 кбайта). Для работы с пользователем могут быть предусмотрены кнопочная клавиатура FT008 (имеющая 8 кнопок, предназначенных для включения питания, запуска измерения, сохранения эталонного значения, номера скважины и т. д.) и сегментный индикатор SCD55100 для вывода диагноза об уравновешенности.

В 2001–2002 г. на нефтяных месторождениях Томской и Тюменской областей на реальных скважинах, оснащенных ШГНУ, были проведены экспериментальные исследования по уравновешиванию станков-качалок.

При этом проводились работы по перемещению противовесов, установленных на кривошипе, и при различном их положении (различной степени неуравновешенности) измерялись значения тока и напряжения, определялась реактивная мощность, выделялись первая и вторая гармоники реактивной мощности. При этом также определялось эталонное значение отношения второй гармоники реактивной мощности к первой для данной установки (Кл_э). Результаты проведенных исследований приведены в табл. 1–4. Здесь реальным скважинам присвоены условные номера 1...4. Данные в таблице расположены так, что большему номеру измерения (№) соответствует большее расстояние от центра масс противовесов до оси вращения кривошипа. В табл. 1–4 курсивом выделены значения, принятые за эталонные для данных установок, жирным шрифтом выделен диагностический параметр.

Рассмотрим работу способа диагностирования уравновешенности станка-качалки по функциональной блок-схеме (фиг. 3) на примере скважины № 1. При этом эталонное значение отношения второй гармоники реактивной мощности к первой для этой скважины составило 3,02 (табл. 1).

Датчик тока 1 (ДТ) и напряжения 2 (ДН) подключаются к входу электропривода станка-качалки. Сигналы с датчика тока 1 (ДТ) и напряжения 2 (ДН) поступают на блок определения реактивной мощности 3 (РМ) (фиг. 3). Ток и напряжение измеряются по параллельным независимым каналам измерения с интервалом дискретизации $\Delta t = 0,001$ с. В блоке определения реактивной мощности заложены операции: оцифровки сигналов тока и напряжения; определения площади ВАХ; определения значений реактивной мощности. Для определения реактивной мощности была использована ее связь с площадью ВАХ $i = \text{cp}(u)$ или $u = \text{cp}(i)$ [Маевский О.А. Энергетические показатели вентильных преобразователей. – М.: Энергия, 1978]:

$$Q = \frac{1}{2\pi} F_{\text{ВАХ}}; \quad (5)$$

где $F_{\text{ВАХ}}$ – площадь вольтамперной характеристики.

После оцифровки определяется площадь вольтамперной характеристики. Пример ВАХ представлен на фиг. 4. Для определения площади ВАХ предлагается использовать одну из известных в математике формул для нахождения площади многоугольника:

$$F_{\text{ВАХ}} = 0,5 - Z[u(t_j) - u(t_{j+1})] \{i(t_j) + i(t_{j+1})\}, \quad (6)$$

где $i(t_j)$, $u(t_j)$ – мгновенные значения тока и напряжения в момент времени t_j – полученные с датчиков тока и напряжения соответственно и оцифрованные; j изменяется в пределах от 0 до $L - 1$; L – число дискретных значений на периоде промышленной частоты 50 Гц, L зависит от интервала дискретизации времени и при $\Delta t = 0,001$ с L равно 20.

Определенные значения реактивной мощности поступают на вход блока дискретного преобразования Фурье 4 (БПФ), где определяются первая и вторая гармо-

ники сигнала реактивной мощности (за период качания станка-качалки – N_j (фиг. 1)).

$$A'_{1(Q)} = \frac{2}{N_T} \sum_{k=0}^{N_T-1} Q_k \sin\left(\frac{2\pi k}{N_T}\right) \quad (7)$$

$$A''_{1(Q)} = \frac{2}{N_T} \sum_{k=0}^{N_T-1} Q_k \cos\left(\frac{2\pi k}{N_T}\right) \quad (8)$$

$$A_{1(Q)} = \sqrt{(A'_{1(Q)})^2 + (A''_{1(Q)})^2} \quad (9)$$

$$A'_{2(Q)} = \frac{2}{N_T} \sum_{k=0}^{N_T-1} Q_k \sin\left(\frac{2\pi k 2}{N_T}\right) \quad (10)$$

$$A''_{2(Q)} = \frac{2}{N_T} \sum_{k=0}^{N_T-1} Q_k \cos\left(\frac{2\pi k 2}{N_T}\right) \quad (11)$$

$$A_{2(Q)} = \sqrt{(A'_{2(Q)})^2 + (A''_{2(Q)})^2} \quad (12)$$

Здесь $A'_{1(Q)}$, $A''_{1(Q)}$ – синусная и косинусная составляющие первой гармоники реактивной мощности? соответственно; $A_{1(Q)}$, $A_{2(Q)}$ синусная и косинусная составляющие второй гармоники реактивной мощности соответственно; $A_1(Q)$, $A_2(Q)$ – первая и вторая гармоники реактивной мощности соответственно; k – индекс переменной изменяется в пределах от 0 до $N_T - 1$; N_T – число значений на периоде качания станка-качалки (зависит от темпа качания конкретной установки) (фиг. 1).

С выхода блока дискретного преобразования Фурье определенные гармоники поступают на вход делителя 5 (Д), где происходит деление второй гармоники реактивной мощности на первую с целью нахождения K_{21} :

$$A_2(Q) / A_1(Q) = K_{21} \quad (13)$$

Результат деления с выхода делителя 5 (Д) поступает на один из входов блока сравнения 7 (С) (фиг. 3). На другой вход блока сравнения поступает эталонное значение отношения гармоник ($(A_2(Q)/A_1(Q))$) Для данной установки и производится сравнение рассчитанного отношения гармоник реактивной мощности с эталонным значением отношения гармоник реактивной мощности для данной установки по формуле 4.

Установка считается уравновешенной при выполнении условия (4). В противном случае установка является неуравновешенной.

Легко видеть (см. табл. 1), что при положениях 1, 3, 4 $K_{21} < K_{21\text{э}}$, поэтому СК неуравновешен, тогда как в положении 2 $K_{21} > K_{21\text{э}}$, станок уравновешен.

Построенная зависимость отношения второй гармоники реактивной мощности к первой от положения груза (степени неуравновешенности) (см. фиг. 2) для скважин № 1 и № 2 показывает, что зависимость отношения второй гармоники реактивной мощности к первой от положения противовесов имеет ярко выраженный максимум.

Из примеров явно следует, что при диагностике уравновешенности СК данным способом нет неопределенности в результате сравнения определенного отношения гармоник реактивной мощности с эталонным значением для данной скважины.

Таким образом, разработанный способ диагностирования уравновешенности станков-качалок штанговых насосных установок прост по технической реализации и практике применения и обладает высокой точностью и достоверностью получаемого результата.

Таблица 1

Скважина №1				
№	$A_{K0>}$ ВАР	$A_{1(O>)}$ ВАР	$A_{2(O<A_1(O>)}$ ВАР	Диагноз
1	227	155	0,68	Неуравновешен
2	101	305	3,02	Уравновешен
3	241	183	0,76	Неуравновешен
4	306	131	0,43	Неуравновешен

Таблица 2

Скважина №2				
№	$A_{1(Q)}$, ВАР	$A_{j(Q)}$, ВАР	$A_{2<O}U_{A_1(O)}$, ВАР	Диагноз
1	115	78	0,68	Неуравновешен
2	69		0,54	Неуравновешен
3	23	43	1,87	Уравновешен
4	55	44	0,80	Неуравновешен
5	165	119	0,72	Неуравновешен

Таблица 3

Скважина №3				
№	$A_{1<O>}$ ВАР	$A_{ВД}>$ ВАР	$A_{эд/A_{о(о)}}$, ВАР	Диагноз
1	321	269	0,84	Неуравновешен
2		300	3,45	Уравновешен
3	405	290	0,72	Неуравновешен

Таблица 4

Скважина №4				
№	$A_{1(Q)}$, ВАР	$A_{ВД}>$ ВАР	$A_{2(Q/A_1(Q))}$, ВАР	Диагноз
1	399	262	0,66	Неуравновешен
2	54	116	2,15	Уравновешен
3	262	135	0,52	Неуравновешен

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Способ диагностирования уравновешенности станков-качалок штанговых насосных установок, заключающийся в измерении мгновенных значений тока и напряжения на входе электропривода станка-качалки, определения мощности, выделения первой и второй гармоники мощности, отличающийся тем, что определяют реактивную мощность, выделяют первую ($A_1(Q)$) и

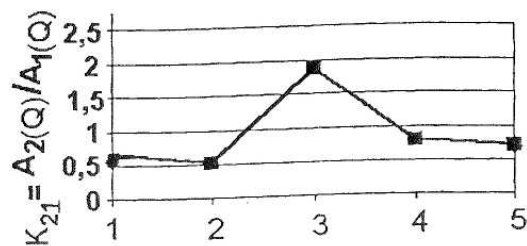
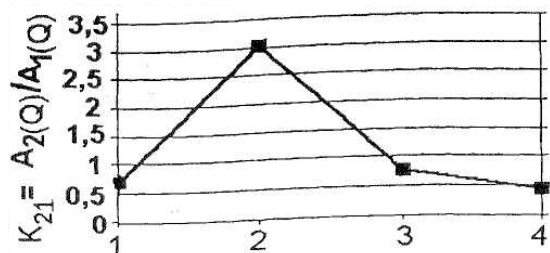
вторую ($A_2(Q)$) гармоники реактивной мощности, определяют их отношение

$$K_{21} = \left[\frac{A_2(Q)}{A_1(Q)} \right],$$

а состояние уравновешенности определяют по условию

$$K_{21} \geq K_{21s},$$

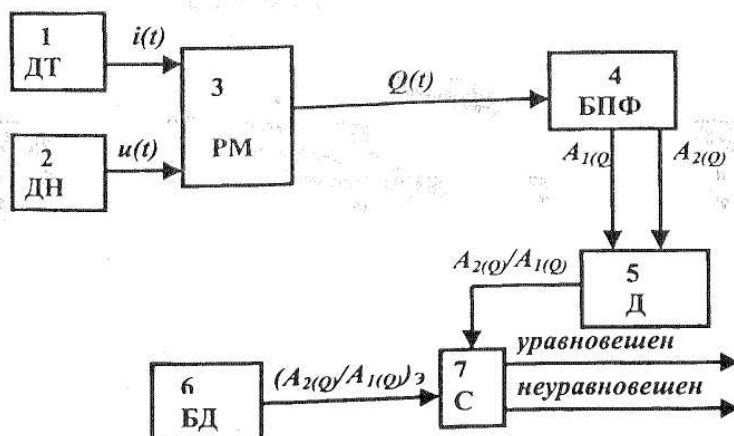
где K_{21s} – эталонное значение коэффициента для данной скважины.



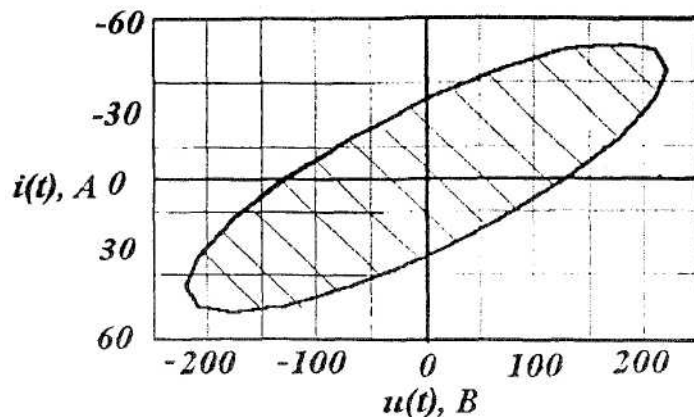
Скважина № 1

Скважина № 2

Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4

Рис. 5.9 (продолжение)



(19) **RU** (11) **2204736** (13) **C2**
(51) **7 F 04 B 51/00**

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

к патенту Российской Федерации

(21) 2001106786/09 (22)
21.02.2001

(23) 2000102748 14.09.2000

(24) 21.02.2001

(46) 20.05.2003 Бюл. № 14 (72) Гольдштейн Е.И., Цапко И.В., Даниленко Т.Г.

(71) (73) Томский политехнический университет

(56) RU 95106555 A1, 27.01.1997. RU 2129666 C1, 27.04.1999. SU 1112145 A, 07.09.1984. SU 1707239 A1, 23.01.1992. SU

1784947 A, 30.12.1992. GB 2260406 A, 14.04.1993.

Адрес для переписки: 634034, г.Томск, пр. Ленина, 30, ТПУ, отдел интеллектуальной и промышленной собственности (54) СПОСОБ ДИАГНОСТИКИ ШТАНГОВЫХ НАСОСНЫХ УСТАНОВОК (ЕГО ВАРИАНТЫ)

(57) Изобретение относится к способам контроля работы насосных установок посредством измерения электрических параметров работы двигателя и может найти применение

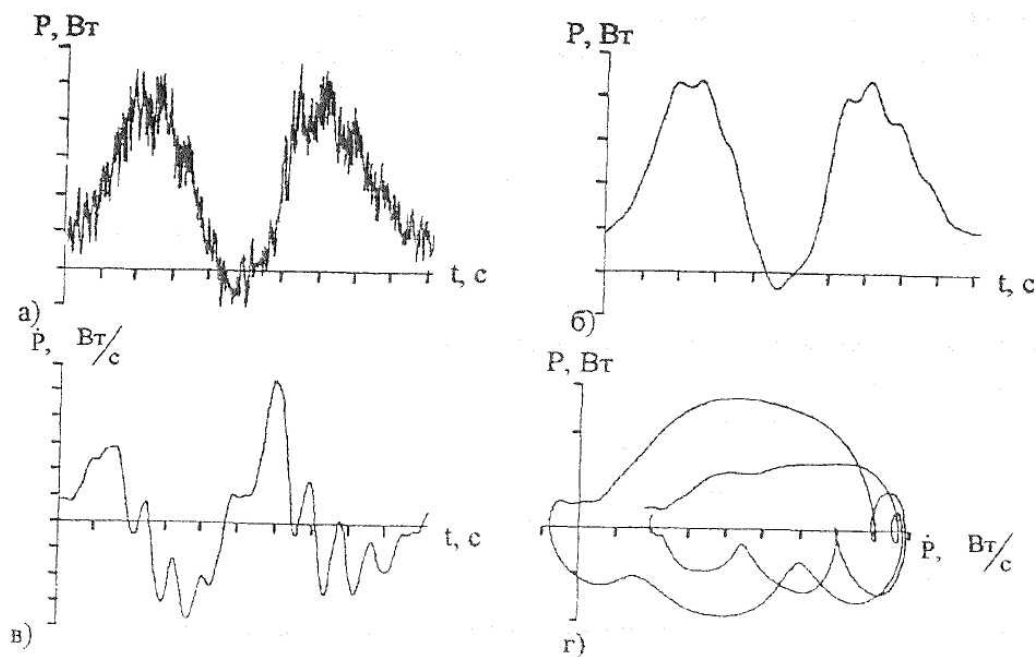


Рис. 5.10

для диагностирования повреждений штанговых глубинных насосных установок в нефтедобывающей промышленности. Техническим результатом является повышение достоверности диагностики состояния штанговых глубинных насосных установок за счет предварительного определения состояния уравновешенности станка-качалки посредством определения точного числа отсчетов на периоде качания станка-качалки. В способе диагностики штанговых насосных установок через дискретные промежутки времени измеряют среднюю активную мощность насосной установки, определяют скорость ее изменения за этот промежуток, строят фазовую кривую, рассчитывают значения диагностических коэффициентов, пропорциональных величине потребляемой мощности для каждой четверти фазовой плоскости в отдельности, и из условий, показывающих отношение Евк-

лидовых расстояний от центра координат фазовой плоскости до каждой точки фазовой кривой, делают вывод о состоянии насосной установки в зависимости от уравновешенности насосной установки. Для этого выделяют первую a_1 и вторую a_2 гармоники закона изменения средней активной мощности, определяют состояние уравновешенности станка-качалки по соотношению между a_1 и a_2 . Первая и вторая гармоники активной мощности рассчитывают с помощью числа отсчетов N на периоде качания станка-качалки, которое находят как сумму отсчетов в каждой четверти фазовой плоскости или путем нахождения суммарного числа отсчетов, обеспечивающих равенство нулю среднего значения скорости изменения средней активной мощности. За счет этого повышают достоверность диагностики состояния штанговых насосных установок. 2 с. п. ф-лы, 2 табл., 5 ил.

5.2. Примеры решения изобретательских задач, использующих новые алгоритмические решения

В п. 3.1, при обсуждении особенностей нашего патентного законодательства, мы уже обращали внимание читателей, что в России защита изобретений и полезных моделей на алгоритмы и модели отсутствует.

Во многих публикациях это положение критикуется (и авторы тоже стоят на таких позициях), однако жизнь требует учиться «обходить» это ограничение. На основе опыта авторов можно утверждать, что вполне патентоспособными являются технические решения, сочетающие элементы алгоритма (например – вычислений и сравнений по модулю) с подробными правилами получения (измерения) цифровой информации и ее дальнейшей обработки («отфильтровывают», «определяют», «выделяют», «разделяют», «рассчитывают» и т. п.).

В статье изобретателя и патентоведа А. Киселева [4.4], тоже проповедуются идеи и пути может обхода незащищенности алгоритмов. Там же приводятся сведения о защите программ через защиту устройства или способа (Program by Object, Program by Process) и сообщается, что недавно в США суд признал патентоспособными ряд заявок, содержащих компьютерные программы. Можно только радоваться за изобретателей США и еще раз посетовать, что наше законодательство отстает по этому вопросу!

Ниже рассмотрены, для примера два изобретения.

5.2.1. В описании изобретения к патенту № 2223509 применительно к задаче контроля показателей качества электроэнергии (ПКЭ) приводится способ измерения мощности искажения в однофазной сети переменного тока по результатам измерения тока и напряжения в этой цепи.

В описаниях патента на изобретения № 2289823 и патента на полезную модель № 51752 приведены сведения о способе определения текущих параметров ЛЭП и устройстве для реализации способа.



(19) RU (11) 2223509 (13) C1

(51) 7 G 01 R 21/06

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ**
к патенту Российской Федерации

1

(21) 2002111484/09 (22) 29.04.2002
(24) 29.04.2002
(46) 10.0(46) 10.02.2004 Бюл. №4
(72) Гольдштейн Е.И., Сулайманов А.О.
(73) Томский политехнический университет
(56) RU 2091802 C1, 27.09.1997. SU 918870
A, 07.04.1982. SU 901928 A, 30.01.1982. US
4692874 A, 08.09.1987.

Адрес для переписки: 634034, г. Томск, пр.
Ленина, 30, ТПУ, отдел интеллектуальной
и промышленной собственности

2

(54) СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ МОЩНОСТИ
ИСКАЖЕНИЯ В ОДНОФАЗНОЙ ЦЕПИ
ПЕРЕМЕННОГО ТОКА (57) Использо-
вание: для реализации измерителей мощности
искажений применительно к задаче контро-
ля показателей качества электроэнергии
(ПКЭ). Технический результат заключается
в определении мощности искажения для
несинусоидальных режимов однофазной
цепи. Способ измерения мощности искаже-
ния в однофазной цепи переменного тока,
закрывающийся в том, что измеряют мгно-
венные значения тока и напряжения, пере-
множают эти значения, затем выделяют
переменную составляющую этого произведе-

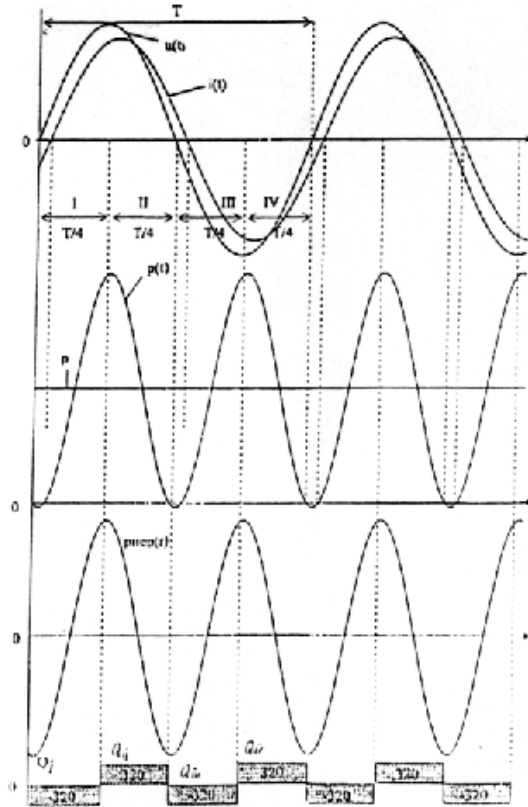
дения и интегрируют полученную пере-
менную составляющую, начиная с момента
перехода напряжения через ноль и в тече-
ние интервалов времени, равных $1/4$ пе-
риода входных сигналов, и определяют
полную реактивную мощность по формуле

$$Q_P = \frac{1}{2}(Q_I + Q_{III}) = \frac{1}{2}(Q_{II} + Q_{IV}),$$

где $Q_I, Q_{II}, Q_{III}, Q_{IV}$ – результаты интег-
рирования на первом, втором, третьем и
четвертом интервалах времени по $1/4$ пе-
риода питающего напряжения каждый, од-
новременно определяют мощность сдвига
как площадь вольтамперной характеристики
описанной мгновенными значениями тока и
напряжения, и определяют мощность иска-
жений по формуле $Q_{II} = Q_P - Q_C$, где Q_{II} –
мощность искажения, Q_P – полная реак-
тивная мощность, Q_C – мощность сдвига.

1 табл., 5 ил.

Изобретение относится к электроизме-
рительной технике и может быть использо-
вано в автоматике и энергетике, например,
для реализации измерителей мощности ис-
кажений применительно к задаче контроля
показателей качества электроэнергии
(ПКЭ).



Фиг. 1а

Вопросы измерения реактивной мощности в несинусоидальных режимах остаются до конца нерешенными и становятся все более актуальными. Рекомендации МЭК, выработанные уже давно и основанные на некотором понимании реактивной мощности и уровне техники того времени, устарели и требуют пересмотра. В то же время задача измерения мощности искажения ранее не была актуальной и интерес к ней появился относительно недавно в связи с ростом требований к качеству питающего напряжения.

Задача изобретения – определение мощности искажения для несинусоидальных режимов однофазной цепи.

Поставленная задача достигается тем, что для определения мощности искажений в однофазной цепи переменного тока, согласно изобретению измеряют мгновенные значения тока и напряжения, перемножают эти значения, затем выделяют переменную составляющую этого произведения и интегрируют ее с момента перехода напряжения через ноль в течение интервалов времени, равных 1/4 периода входных сигнала,

и определяют полную реактивную мощность по формуле

$$Q_P = \frac{1}{2}(Q_I + Q_{III}) = \frac{1}{2}(Q_{II} + Q_{IV}), \quad (1)$$

где Q_I , Q_{II} , Q_{III} , Q_{IV} – результаты-результаты интегрирования на первом, втором, третьем и четвертом интервалах времени по 1/4 периода питающего напряжения каждый, одновременно определяют мощность сдвига как площадь вольтамперной характеристики, описанной мгновенными значениями тока и напряжения, и определяют мощность искажений по формуле

$$Q_{II} = Q_P - Q_C, \quad (2)$$

где Q_{II} – мощность искажения, Q_P – полная реактивная мощность, Q_C – мощность сдвига.

Известно, что реактивная мощность Q_P является общей мерой всего процесса энергообмена, причем реактивная мощность сдвига Q_C обусловлена взаимодействием одноименных гармоник тока и напряжения, а реактивная мощность искажений Q_{II} является мерой

энергообмена от взаимодействия разноименных гармоник напряжения и тока [Зиновьев Г.С. Прямые методы расчета энергетических показателей вентиляльных преобразователей. – Новосибирск: Изд. НГУ, 1990., стр. 33].

$$Q_P = Q_{II} + Q_C \quad (3)$$

Следовательно, мощность искажений можно определить как разницу полной реактивной мощности и мощности сдвига.

В [Маевский О.А. Энергетические показатели вентиляльных преобразователей. – М.: Энергия, 1978 г.] предлагается измерять реактивную мощность как площадь В АХ, описанной мгновенными значениями тока и напряжения. Но полученное при этом значение есть величина обусловленная взаимодействием одноименных гармоник тока и напряжения, т. е. фактически мощность сдвига.

В [Баков Ю.В. Мощность переменного тока. – Иваново: Изд. Ивановского государственного энергетического университета, 1999 г.] показано, что интеграл переменной составляющей мгновенной мощности за 1/4 периода основной частоты является величиной, характеризующей энергообменные процессы в цепи переменного тока. При этом рассматриваются случаи наличия в сигналах тока и напряжения четных или нечетных гармоник. Начало интегрирования предлагается в момент времени $\omega t = 0$. В [А.С. 918870, Кл. G 01 R 21/06, Г.И. Кацман и др. Способ измерения мощности и устройство для его реализации] доказано, что это значение равно реактивной мощности, но только для синусоидальных режимов.

Для общего случая несинусоидального режима, когда в сигналах тока и напряжения присутствуют как четные, так и нечетные гармоники, и при условии, что интегрирование ведется с момента перехода напряжения через ноль справедливо выражение

$$Q_I + Q_{III} = Q_{II} + Q_{IV}, \quad (4)$$

При этом половина этого значения равна значению реактивной мощности Q_P (1).

Реактивную мощность сдвига Q_C как площадь F ВАХ (см. фиг. 2) можно рассчитать, например, по формуле

$$Q_C = k_M F = \frac{\sum_{i=1}^N (I_i + I_{i+1})(U_i - U_{i+1})}{N} k_M, \quad (5)$$

где k_M – масштабный коэффициент; $I_i, I_{i+1}, U_i, U_{i+1}$ – мгновенные значения тока и напряжения в точках $i, i+1$; N – количество точек дискретизации. [И.Н. Бронштейн, К.А. Семендяев, Справочник по математике. – М.: Наука, 1948].

Изобретение дает возможность измерять мощность искажения в однофазных сетях переменного тока, при несинусоидальных режимах, в широком диапазоне токов и напряжений, не зная гармонических входных сигналов.

На фиг. 1а, 1б, 1с показаны кривые тока $i(t)$; напряжения – $u(t)$, мгновенной мощности – $p(t)$; ее переменной составляющей – $p_{nep}(t)$; активной мощности – P ; периоды интегрирования для нахождения Q_P , а также $Q_I, Q_{II}, Q_{III}, Q_{IV}$ для случаев синусоидального режима (1а), несинусоидальных режимов, когда в токе и напряжении присутствуют нечетные гармоники (1б) и четные и нечетные гармоники (1с). На фиг. 2 показаны ВАХ для вышеуказанных примеров.

В таблице приведены вычисленные значения мощностей Q_P, Q_C для этих случаев.

Способ измерения мощности искажения в однофазной цепи переменного тока реализован с помощью устройства (фиг. 3), которое включает в себя первый перемножитель 1 (Перемножитель 1), фильтр низких частот (ФНЧ) 2, первый сумматор 3 (Сумматор 1), ключ 4, первый интегратор 5 (Интегратор 1), второй сумматор 6 (Сумматор 2), блок управления (БУ) 7, первое устройство выборки-хранения 8 (УВХ 1), второе устройство выборки-хранения 9 (УВХ 2), третье устройство выборки-хранения 10 (УВХ 3), четвертое устройство выборки-хранения 11 (УВХ 4), инвертор 12, третий сумматор 13 (Сумматор 3), четвертый сумматор 14 (Сумматор 4), второй перемножитель 15 (Перемножитель 2), второй интегратор 16 (Интегратор 2).

Входные шины устройства подключены ко входам первого перемножителя 1, выход которого соединен со входом фильтра низких частот (ФНЧ) 2 и с вторым входом первого сумматора 3. Выход фильтра

низких частот (ФНЧ) 2 подключен к первому входу первого сумматора 3. Выход первого сумматора 3 подключен ко входу ключа 4, выход которого соединен к входу первого интегратора 5, выход которого связан с первым входом второго сумматора 6. Вход блока управления 7 подключен к одной из входных шин, а его выходы соединены с управляющими входами ключа 4 и первого 8 (УВХ 1), второго 9 (УВХ 2), третьего 10 (УВХ 3), четвертого 11 (УВХ 4) устройств выборки-хранения. Входы устройств выборки-хранения: первого 8 (УВХ 1) и второго 9 (УВХ 2) подключены к входным шинам, а выходы этих устройств – к входам третьего 10 (УВХ 3), четвертого 11 (УВХ 4) устройств выборки-хранения и к входам третьего 13 и четвертого 14 сумматоров. Выход третьего устройства выборки-хранения 10 (УВХ 3) подключен ко входу инвертора 12, выход которого соединен с входом третьего сумматора 13. Выход четвертого устройства выборки-хранения 11 (УВХ 4) подключен к входу четвертого сумматора 14. Выходы третьего 13 и четвертого 14 сумматоров связаны со входами второго перемножителя 15, выход которого соединен со входом второго интегратора 16. Выход второго интегратора 16 связан со входом второго сумматора 6.

В качестве первого 1 и второго 15 перемножителей могут быть выбраны микросхемы 525ПС3. Первый 3, второй 6, третий 13 и четвертый 14 сумматоры могут быть реализованы на операционных усилителях 140УД17А. Ключ 4 может быть реализован на микросхеме 590КН5. Первый 5 и второй 16 интеграторы могут быть реализованы на операционных усилителях 140УД17А. Блок управления 7 может быть реализован на микроконтроллере АТ80С2051. Первое 8, второе 9, третье 10 и четвертое 11 устройства выборки-хранения могут быть реализованы на микросхемах 1100СК2. Инвертор 12 может быть реализован на микросхеме 140УД17А.

Устройство работает следующим образом.

При подаче на входные шины измеренных сигналов тока $i(t)$ и напряжения $u(t)$ (фиг. 1а, 1б, 1с) на выходе первого перемножителя 1 появляется сигнал, пропорциональный мгновенной мощности $p(t)$

(фиг. 1а, 1б, 1с), а на выходе ФНЧ 2 – сигнал, пропорциональный активной мощности P (фиг. 1а, 1б, 1с). В сумматоре 3 происходит выделение переменной составляющей мгновенной мощности $p_{пер}(t)$ (фиг. 1а, 1б, 1с) путем вычитания из сигнала мгновенной мощности значения активной мощности. В первом интеграторе 5 происходит интегрирование переменной составляющей мгновенной мощности на интервале времени замыкания ключа 4. Ключ 4 управляется блоком управления и замыкается на время, равное четверти периода основной частоты, два раза за период, причем первое замыкание начинается с момента перехода напряжения через ноль, второе замыкание – через четверть периода после завершения первого замыкания. На выходе интегратора формируется сигнал, пропорциональный полной реактивной мощности Q_p . Блок управления формирует управляющие сигналы на блоки 4, 8, 9, 10, 11 и реализован в виде микропроцессора. Причем на входы блоков 8, 9 и 10, 11 поступают сигналы длительностью, равной значению периода основной частоты, поделенной на N , где N – количество точек дискретизации. На вход первого УВХ 8 поступает сигнал, пропорциональный входному напряжению, а на вход второго УВХ 9 – сигнал, пропорциональный входному току. В эти блоки записываются и хранятся текущие значения тока и напряжения, которые по следующему сигналу переписываются в блоки 10, 11 и становятся предыдущими значениями. На выходе сумматора 13 получается сигнал, равный разности текущего и предыдущего значений тока, а на выходе 14 – сумма текущего и предыдущего значений напряжения. В блоке 15 эти сигналы перемножаются и подаются на интегратор 16, на выходе которого получается сигнал, пропорциональный мощности сдвига Q_c , который поступает на сумматор 6.

На выходе сумматора 6 получается значение, пропорциональное мощности искажений

$$Q_{и} = Q_p - Q_c$$

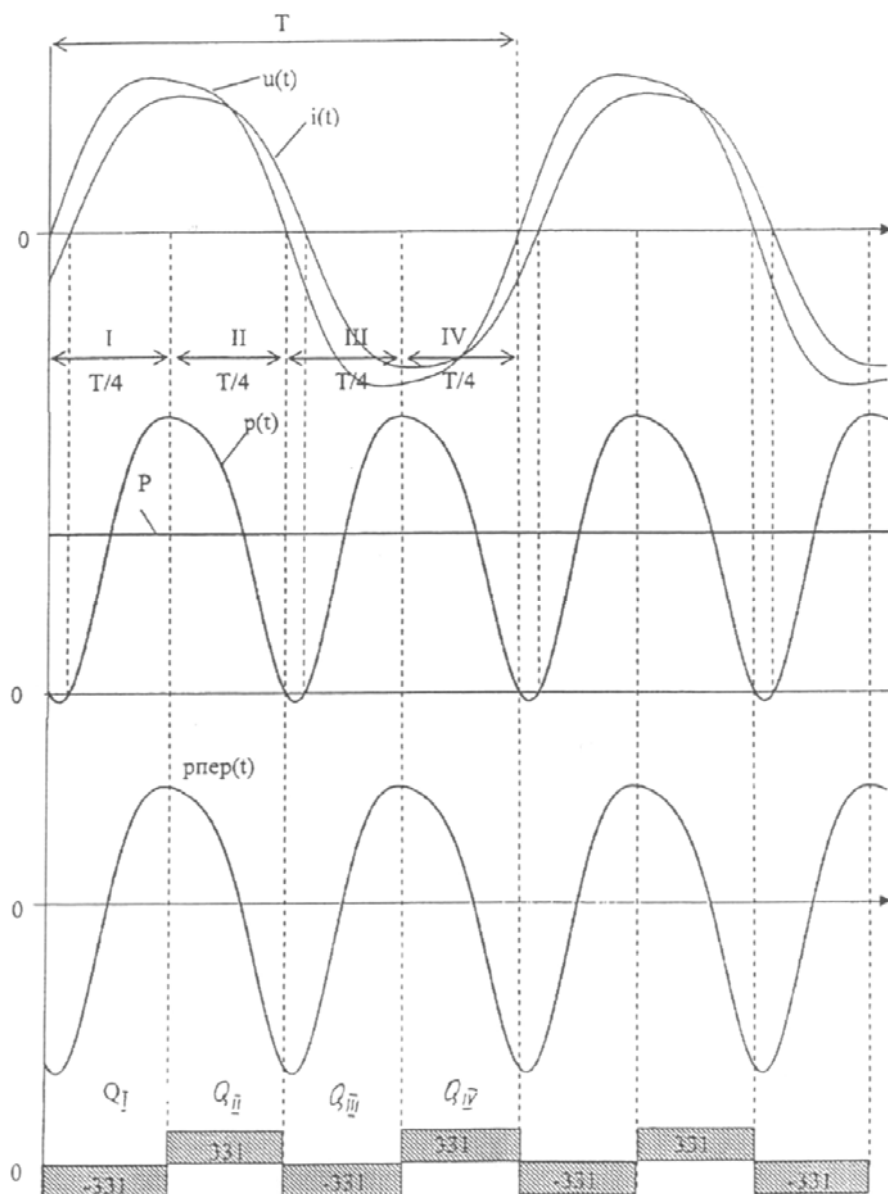
Для примера, при входных сигналах, когда в токе и напряжении присутствует нечетная гармоника (см. абл.) $Q_c = 331$ ВА, $Q_p = 233$ ВА, следовательно, $Q_{и} = 92$ ВА.

Изобретение дает возможность измерять мощность искажений в однофазных сетях переменного тока при несинусоидальных режимах, в широком диапазоне токов и напряжений. При этом степень ис-

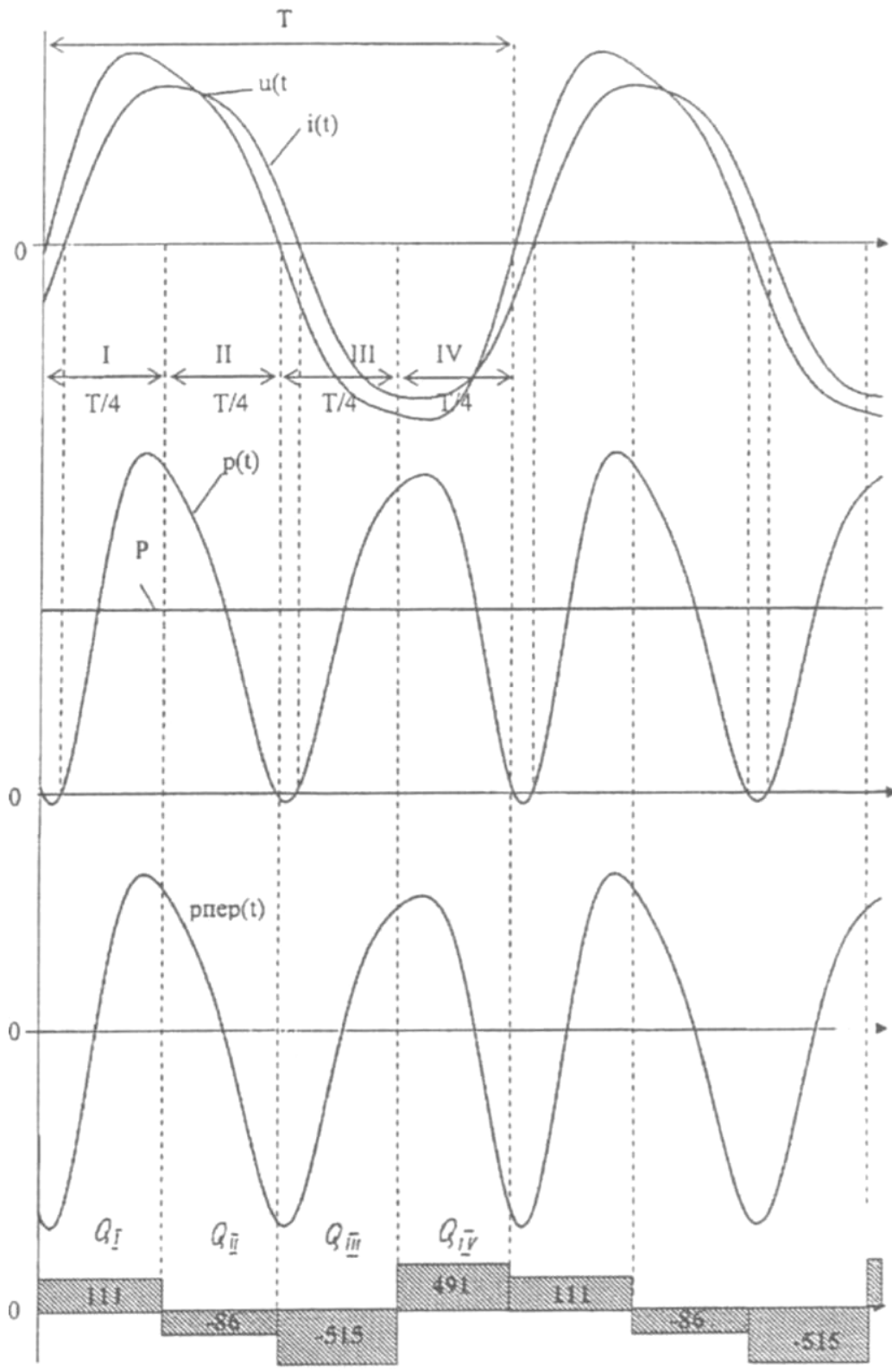
кажений тока и напряжения не вносят погрешность в результат измерения. Это позволяет более полно определять показатели качества электроэнергии.

Способ измерения мощности искажения однофазной цепи переменного тока

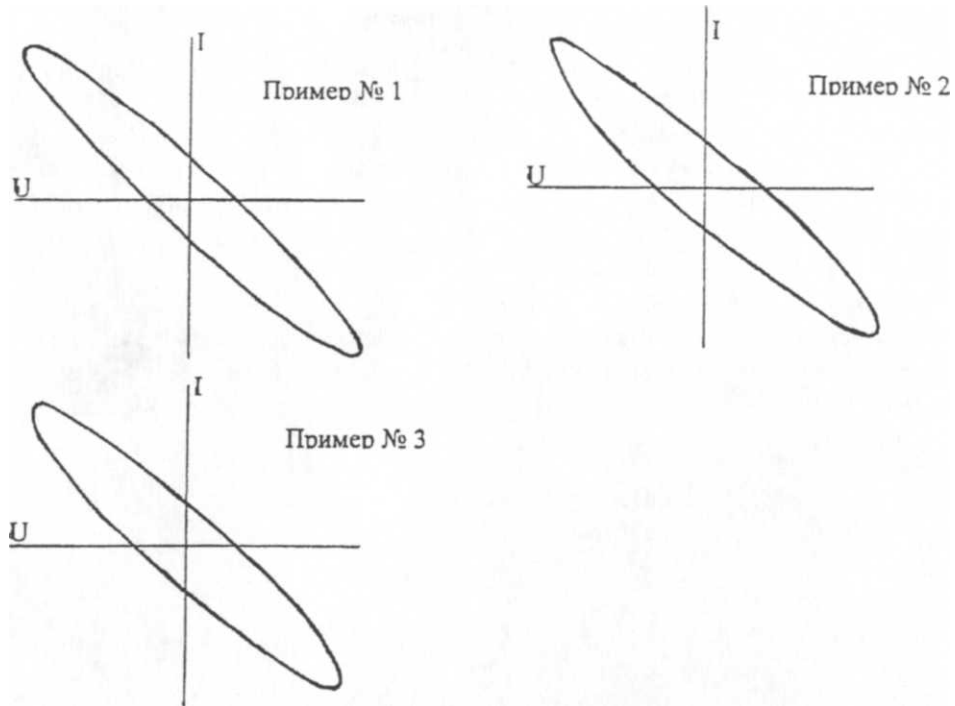
№	Напряжение						Ток						Q_P , ВА	Q_C , ВА	Q_{II} , ВА
	1 гармоника		2 гармоника		3 гармоника		1 гармоника		2 гармоника		3 гармоника				
	Амп. В	Фаза грд.	Амп. В	Фаза грд..	Амп. В	Фаза грд.	Амп. А	Фаза грд.	Амп. А	Фаза грд	Амп. А	Фаза грд.			
1	320	0	0	0	0	0	7,654	15,13	0	0	0	0	320	320	0
2	320	0	0	0	31	15	7,654	15,13	0	0	0,6	54	233	331	-92
3	320	0	31	15	31	15	7,654	15,13	0,676	43,4	0,6	54	313	335	-22



Фиг. 16

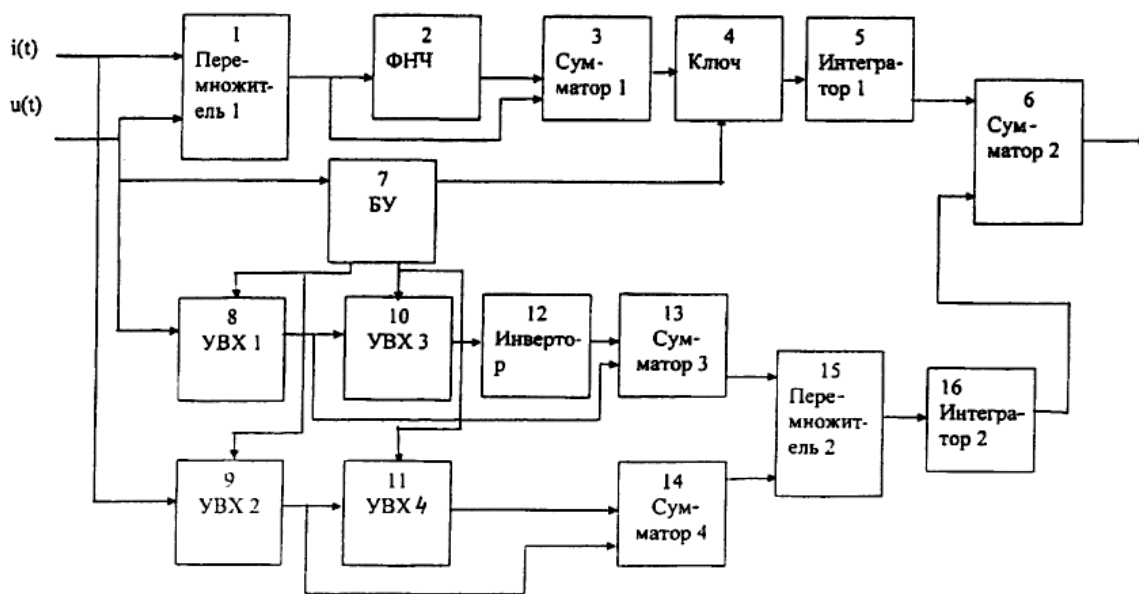


Фиг. 16



Фиг. 2

Рис. 5.14



Фиг. 3

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Способ измерения мощности искажения в однофазной цепи переменного тока, отличающийся тем, что измеряют мгновенные значения тока и напряжения, перемножают эти значения, затем выделяют переменную составляющую этого произведения и интегрируют полученную переменную составляющую, начиная с момента перехода напряжения через ноль и в течение интервалов времени, равных 1/4 периода входных сигналов, определяют полную реактивную мощность по формуле

$$Q_P = \frac{1}{2}(Q_I + Q_{III}) = \frac{1}{2}(Q_{II} + Q_{IV}),$$

где Q_I , Q_{II} , Q_{III} , Q_{IV} – результаты интегрирования на первом, втором, третьем и четвер-

том интервалах времени по 1/4 периода питающего напряжения каждый, одновременно определяют мощность сдвига как площадь вольтамперной характеристики, описанной мгновенными значениями тока и напряжения, и определяют мощность искажений по формуле

$$Q_{II} = Q_P - Q_C,$$

где

Q_{II} – мощность искажения,

Q_P – полная реактивная мощность,

Q_C – мощность сдвига.



РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ к свидетельству Российской Федерации (титulusный лист)

(19) RU (11) 27340 (13) U1

(51) 7 G 01 R 21/00, 22/00

(21) 2002111197/20

(22) 29.04.2002

(24) 29.04.2002

(46) 20.01.2003 Бюл. № 2

(72) Гольдштейн Е.И., Сулайманов А.О.

(71) (73) Томский политехнический университет

Адрес для переписки: 634034, г. Томск, пр. Ленина, 30, ТПУ, отд. интеллектуальной и промышленной собственности

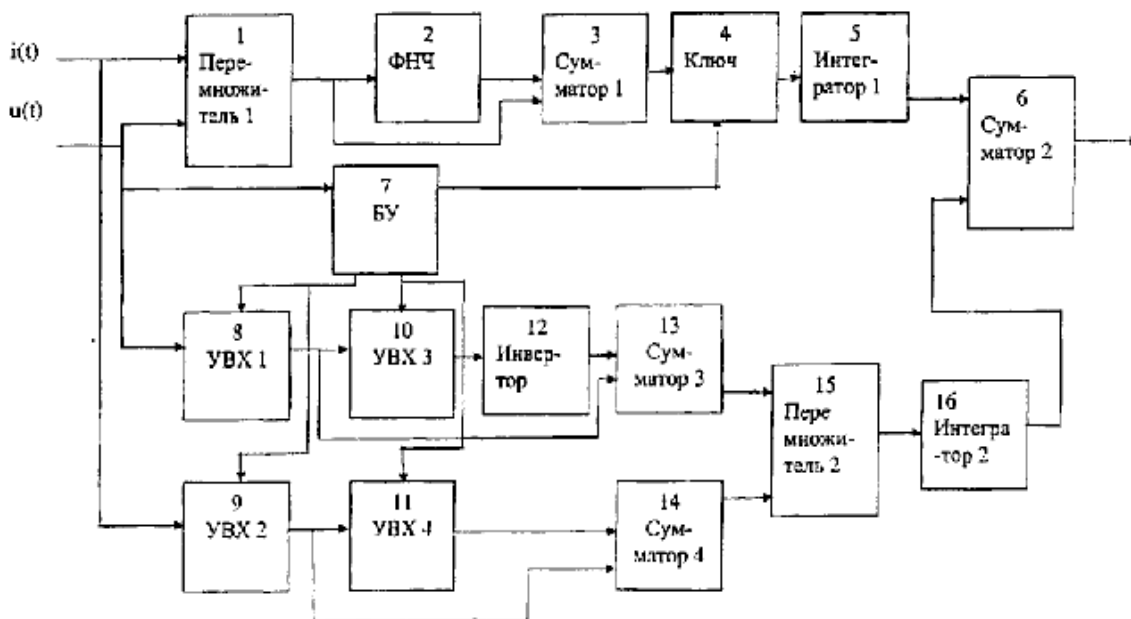
(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ МОЩНОСТИ ИСКАЖЕНИЯ В ОДНОФАЗНОЙ ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

(57) Устройство для измерения мощности искажения в однофазной цепи переменного тока, содержащее первый перемножитель, входы которого подключены к входным шинам, а выход соединен с входом филь-

ра низких частот и с входом первого сумматора, причем выход фильтра низких частот подключен к входу первого сумматора, выход которого подключен к входу ключа, выход которого подсоединен к входу первого интегратора, выход которого связан с входом второго сумматора, а вход блока управления подключен к одной из входных шин, а его выходы соединены с управляющими входами ключа, а также первого, второго, третьего и четвертого устройств выборки-хранения, при чем входы первого и второго устройств выборки-хранения подключены к входным шинам, при этом выход первого устройства выборки-хранения подключен к входу третьего уст-

ройства выборки-хранения и к входу третьего сумматора, а выход второго устройства выборки-хранения подключен к входу четвертого устройства выборки-хранения и к входу четвертого сумматора, кроме того, выход третьего устройства выборки-хранения подключен к входу инвертора, выход которого соединен с входом

третьего сумматора, а выход четвертого устройства выборки-хранения подключен к входу четвертого сумматора, а выходы третьего и четвертого сумматоров связаны с входами второго перемножителя, выход которого соединен с входом второго интегратора, выход которого связан с входом второго сумматора.



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



(19) **RU** (11) **2 289 823** (13) **C1**

(51) МПК

G01R 27/04 (2006.01)

G01R 27/08 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) **ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

(21), (22) Заявка: 2005128428/28, 12.09.2005

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
12.09.2005

(45) Опубликовано: 20.12.2006 Бюл. № 35

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 2002133543 A1, 10.06.2004. RU 27340
U1, 20.01.2003. RU 2085959 A, 27.07.1997. RU
2149489 C1, 20.05.2000. SU 1610541 A1,
30.11.1990. WO 96/12969 A1, 02.05.1996.

Адрес для переписки:

634050, г.Томск, пр. Ленина, 30, Томский
политехнический университет, отдел
интеллектуальной и промышленной
собственности

(72) Автор(ы):

Джумик Дмитрий Валерьевич (RU),
Гольдштейн Ефрем Иосифович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Томский политехнический университет (RU)

(54) СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕКУЩИХ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО РЕЖИМА
ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ЕЕ Г-ОБРАЗНОЙ АДАПТИВНОЙ МОДЕЛИ

(57) Формула изобретения

Способ определения текущих параметров электрического режима линии электропередачи для построения ее Г-образной адаптивной модели, включающий измерение мгновенных значений сигналов напряжений и токов в начале и в конце линии и передачу массивов с конца линии в ее начало по каналу связи, отличающийся тем, что по массивам отсчетов мгновенных значений тока и напряжения в начале $\|u_1(t_j)\|_{j=1}^N$, $\|i_1(t_j)\|_{j=1}^N$ и в конце линии электропередачи $\|u_2(t_j)\|_{j=1}^N$, $\|i_2(t_j)\|_{j=1}^N$, полученным в одни и те же моменты времени $t_j = t_1, t_2, \dots, t_N$, с шагом

$$\Delta t = \frac{T}{N},$$

где T – период сигнала тока (напряжения); N – число отсчетов в периоде, одновременно определяют разности массивов мгновенных значений токов начала и конца линии электропередачи, а также разности массивов мгновенных значений напряжений начала и конца линии электропередачи; сохраняют массив значений каждой из указанных разностей, а также массив мгновенных значений токов начала линии и напряжений конца линии, как текущий и предыдущий; для каждого момента времени определяют разность текущего и предыдущего

го значений разности мгновенных значений напряжений начала и конца линии электропередачи, сумму токов начала линии текущего и предыдущего значений, разность напряжений конца линии текущего и предыдущего значений, а также сумму текущего и предыдущего значений разности мгновенных значений токов начала и конца линии электропередачи; для каждого момента времени перемножают разность текущего и предыдущего значений разности мгновенных значений напряжений начала и конца линии электропередачи с суммой токов начала линии текущего и предыдущего значений; разность напряжений конца линии текущего и предыдущего значений с суммой текущего и предыдущего значений разности мгновенных значений токов начала и конца линии электропередачи; разность мгновенных значений напряжений начала и конца линии электропередачи с мгновенным значением тока в начале линии; а также разность мгновенных значений токов начала и конца линии электропередачи с мгновенным значением напряжения в конце линии; определяют значения потери реактивной мощности и потери активной мощности в продольной и поперечной ветвях моделируемой линии электропередачи; одновременно определяют действующие значения токов в начале линии и действующие значения разности токов начала и конца линии электропередачи; перемножают между собой действующие значения токов в начале линии, а также перемножают между собой действующие значения разности токов начала и конца линии электропередачи; на основании значений потерь реактивной и активной мощностей в продольной и поперечной ветвях моделируемой линии электропередачи и полученных произведений действующих значений токов в начале линии, а также действующих значений разности токов начала и конца линии электропередачи определяют активное и реактивное сопротивления в продольной и поперечной ветвях моделируемой линии электропередачи.

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



(19) **RU** (11)

51 752 (13) **U1**

(51) МПК

G01R 25/00 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

(21), (22) Заявка: 2005128459/22, 12.09.2005

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
12.09.2005

(45) Опубликовано: 27.02.2006 Бюл. № 6

Адрес для переписки:
634050, г.Томск, пр. Ленина, 30, ТПУ, отдел
интеллектуальной и промышленной
собственности

(72) Автор(ы):
Гольдштейн Ефрем Иосифович (RU),
Джумик Дмитрий Валерьевич (RU)

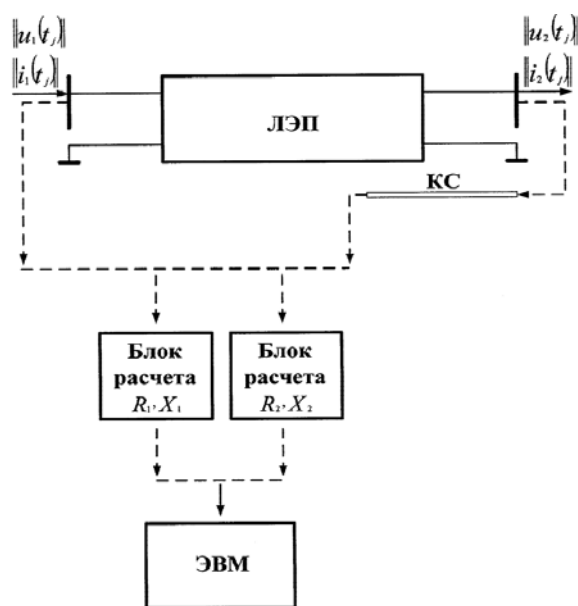
(73) Патентообладатель(и):
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Томский политехнический университет (RU)

(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕКУЩИХ ПАРАМЕТРОВ
ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО РЕЖИМА ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

(57) Формула изобретения

Устройство для определения текущих параметров электрического режима линии электропередачи, отличающееся тем, что содержит два параллельно включенных блока расчета активных и реактивных сопротивлений продольной и поперечной ветвей Г-образной схемы замещения линии электропередачи, входы которых связаны с началом линии электропере-

дачи и ее концом через канал связи, а выходы блоков расчета подключены к ЭВМ, при этом в первом блоке расчета первое и второе устройства выборки и хранения подключены к входу устройства, а к первому устройству выборки-хранения последовательно подключены инвертор, сумматор; ко второму устройству выборки-хранения последовательно подключены сумматор, третье устройство выборки-хранения, четвертое устройство выборки-хранения, второй инвертор, второй сумматор, выход которого связан с перемножителем, к которому последовательно подключены интегратор, перемножитель-делитель, выход которого подключен к ЭВМ, кроме того, вход пятого устройства выборки-хранения подключен к входу устройства, а к выходу пятого устройства выборки-хранения последовательно подключены шестое устройство выборки-хранения, третий сумматор, выход которого связан с первым перемножителем, к каждому устройству выборки-хранения подключен тактовый генератор, входы третьего и пятого устройств выборки-хранения связаны со вторым перемножителем, выход которого связан со вторым интегратором, выход которого соединен со вторым перемножителем-делителем, подключенным к ЭВМ, причем к выходу пятого устройства выборки-хранения подключены третий сумматор и преобразователь действующих значений, выходы которого подключены к третьему перемножителю, связанному с входами первого и второго перемножителей-делителей; другой блок расчета содержит два устройства выборки и хранения, входы которых подключены к входу устройства, при этом к первому устройству выборки-хранения последовательно подключены свой инвертор, сумматор; ко второму устройству выборки-хранения последовательно подключены тот же сумматор, третье устройство выборки-хранения, четвертое устройство выборки-хранения, второй сумматор, выход которого связан с перемножителем, к которому последовательно подключены интегратор, перемножитель-делитель, выход которого подключен к ЭВМ, кроме того, вход пятого устройства выборки-хранения подключен к входу устройства, а к выходу пятого устройства выборки-хранения последовательно подключены шестое устройство выборки-хранения, второй инвертор, третий сумматор, выход которого связан с перемножителем; все устройства выборки-хранения подключены к тактовому генератору, а входы третьего и пятого устройств выборки-хранения связаны со вторым перемножителем, выход которого связан со вторым интегратором, соединенным со вторым перемножителем-делителем, подключенным к ЭВМ, причем третье устройство выборки-хранения связано с преобразователем действующих значений, выходы которого подключены к третьему перемножителю, связанному с входами первого и второго перемножителей-делителей, а к выходу третьего устройства выборки-хранения подключен второй сумматор, к выходу пятого устройства выборки-хранения подключен третий сумматор.



6. ИСТОЧНИКИ ИНФОРМАЦИИ

6.1. Основная литература

1. Ожегов С.И. Словарь русского языка. – М.: Изд-во «Русский язык», 1986.
2. Алимов О.Д. Инженер – искатель – творец – хранитель. Книга 1. – Томск: ИПФ ТПУ, 2001.
3. Зубашев Е.Л. Речь первого директора Томского технологического института на открытии учебных занятий 9.10.1890 г.
4. Перегудов Ф.И., Тарасенко Ф.П. Основы системного анализа. – Томск, 1997.
5. Гольдштейн Е.И., Коробко П.Ф. Технология решения инженерных задач. – Томск: ИПФ ТПУ, 1999
6. Половинкин А.И. Законы строения и развития техники. – Волгоград: ВолгПИ, 1985.
7. Половинкин А.И. Основы инженерного творчества. – М.: Машиностроение, 1988.
8. Шевырев А.В. Технология творческого решения проблем (эвристический подход). В 2-х книгах. – Белгород: Крестьянское дело, 1995.
9. Рапацевич Е.С. Справочник по научно-техническому творчеству. – Минск: Этоним, 1995.
10. Техническое творчество: Теория, методология, практика. Энциклопедический словарь-справочник. – М.: НПО «Информ. системы», 1995.
11. Пойа Д. Как решать задачу. – М.: Учпедгиз, 1960.
12. Пойа Д. Математика и правдоподобные рассуждения. – М.: Советское радио, 1974.
13. Альтшуллер Г.С. Творчество как точная наука. – М.: Советское радио, 1979.
14. Клиланд Д., Кинг В. Системный анализ и целевое управление. – М.: Советское радио, 1974.
15. Орлов Михаил. Основы классической ТРИЗ. – М.: Изд-во Солон-пресс, 2006.
16. Амиров Ю.Д. Основы конструирования. Творчество, стандартизация, экономика. – М.: Изд-во стандартов, 1991.
17. Грановский Е.И. Методы обработки экспериментальных данных при измерениях. – Л.: Энергоатомиздат, 1990.
18. Тюрин Ю.А. Анализ данных на компьютере. – М.: ИНФРА, 1995.
19. Гольдштейн Е.И. и др. Диагностирование электрических цепей. – Томск: Изд-во ТПУ, 2006.
20. Ильин Н.И. и др. Управление проектами. – СПб: Изд-во «Дав Три», 1995.
21. Эмерсон Г. 12 принципов производительности. – М.: Экономика, 1992.
22. Патентный закон Российской Федерации № 3517-1 от 23.09.92 (с изменениями от 11.03.2003).

23. Интеллектуальная собственность: действительность переходного периода и рыночные перспективы / Г.В. Бромберг, Б.С. Розов. – М.: ИНИЦ, 1998. – 208 с.
24. Машкин Б.И. «Справочник для предпринимателей по изобретательству и рационализации». – М.: ИНИЦ Роспатента, 2001. – 188 с.
25. Правила составления, подачи и рассмотрения заявки на выдачу патента на изобретение (утверждены Приказом Роспатента от 06.06.2003 № 83, зарегистрированным в Министерстве юстиции РФ 30.06.2003, рег. № 4852, опубликованным в «Российской газете» 08 октября 2003 г., № 202).
26. ПРАВИЛА составления, подачи и рассмотрения заявки на выдачу патента на полезную модель (утверждены приказом Роспатента от 06.06.2003 № 83, зарегистрированным Министерством юстиции РФ 30.06.2003, рег. № 4845).
27. Голдовский Б.И., Вайнерман М.И. Комплексный метод поиска решений технических проблем. – М.: 1990. – 112 с.
28. Альтшуллер Г. Алгоритм изобретения. – М.: Московский рабочий, 1969.
29. [www. Invention-machine/com](http://www.Invention-machine.com)

6.2. Дополнительная литература

К главе 1

- 1.1. История техники /А.А. Зворыкин и др. – М.: Изд-во соц.-экон. лит., 1962.
- 1.2. Эйнштейн А. Массы вместо единиц // Изобретатель. – 1929, № 1. – С. 4.
- 1.3. Гольдштейн Е.И., Майер А.К. Пассивные сглаживающие фильтры. – Томск: Изд-во ТГУ, 1976.
- 1.4. Бессараб М. Страницы жизни Ландау. – М.: Московский рабочий, 1971.
- 1.5. Хомяков А. Фундаментализм инженерной школы России // Инженер. – 1995. – № 2–3. – С. 1–4
- 1.6. Бородастов Г.В. и др. Указатель физических явлений и эффектов для решения изобретательских задач. – М.: Энергия, 1980.
- 1.7. Чепяле Ю.М. Методы поиска изобретательских идей. – М.: Машиностроение, 1990.
- 1.8. Петрович Н., Цуриков В. Путь к изобретению. – М.: Молодая гвардия, 1986.

К главе 2

- 2.1. Капица П.Л. Эксперимент, теория, практика. – М.: Наука, 1977.
- 2.2. Гутер Р.С. и др. Элементы численного анализа и математической обработки результатов опыта. – М.: Наука, 1970.
- 2.3. Дмитриев В.Г. Применение методов интервального анализа для оценки погрешности алгоритмов ИИС // Измерения, контроль, автоматизация. – 1985. – № 1. – С. 31–40.
- 2.4. Дащенко А.Ф., Кириллов В.Х., Коломиец Л.В., Оробей В.Ф. MATLAB в инженерных и научных расчетах. – Одесса: Астропринт, 2003. – 210 с.
- 2.5. Корн Г., Корн Т. Справочник по высшей математике для научных работников и инженеров. – М: Изд-во «Наука», 1968.

К главе 3

- 3.1. Метрологическая экспертиза технической документации. – М.: Изд-во стандартов, 1992.
- 3.2. Методические указания. Метрологическая экспертиза конструкторской и технической документации. Основные положения и задачи. – М.: МИ 1325–86.
- 3.3. Брагин А.А. и др. Основы метрологического обеспечения аналогово-цифровых преобразователей сигналов. – М.: Изд-во стандартов, 1989.
- 3.4. Любищев А.А. Руководство для начинающих научных работников. – Ульяновск, 1953.
- 3.5. Грановский В.А. О форме представления результатов научных исследований // Стандарты и качество. – 1994. – № 10. – С. 51–52.
- 3.6. Эхо Ю. Практическое руководство для всех, кто пишет... – М.: Металлургия, 1996.
- 3.7. Бреннан Р. Словарь научной грамотности. – М.: Мир, 1997.

К главе 4

- 4.1. Соловьев Э. Коммерческая тайна и ее защита. – М.: Главбух, 1995.
- 4.2. Фейгельсон В.М. Интеллектуальная собственность, недобросовестная конкуренция и «ноу-хау». – М., 1997.
- 4.3. Семейство интеллектуальных систем «Изобретающая машина». Версия 1.3. – Минск: Беларусь, 1991.

Учебное издание

ГОЛЬДШТЕЙН Ефрем Иосифович
КОРОБКО Пётр Фёдорович

ТЕОРИЯ РЕШЕНИЯ ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКИХ ЗАДАЧ

Учебное пособие

Научный редактор
доктор технических наук,
профессор

Ю.В. Хрущёв

Верстка
Дизайн обложки

*В.П. Аршинова
О.Ю. Аршинова
О.А. Дмитриев*

***Отпечатано в редакции авторов в соответствии с качеством
предоставленного оригинал-макета***

Подписано к печати 16.04.09. Формат 60х84/16. Бумага «Снегурочка».


Печать XEROX. Усл. печ. л. 8,9. Уч.-изд. л. 8,05.

Заказ 408-09. Тираж 200 экз.



Томский политехнический университет
Система менеджмента качества
Томского политехнического университета сертифицирована
NATIONAL QUALITY ASSURANCE по стандарту ISO 9001:2008



ИЗДАТЕЛЬСТВО  ТПУ, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30.