

Е.Д.Андреев
г.Чебоксары, 1989 г.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ТРИЗ
ДЛЯ РЕШЕНИЯ СХЕМОТЕХНИЧЕСКИХ ЗАДАЧ.

1. Обоснование выбора темы.

Необходимость разработки данной темы возникла по результатам обучения ТРИЗ группы слушателей на Чебоксарском приборостроительном заводе. В силу специфики предприятия в составе группы более половины слушателей были схемотехниками - специалистами в области электронного приборостроения, для которых традиционные учебные задачи, ряд понятий, таких как изделие, инструмент, оперативная зона, ВПР и другие, направленных на действия с, так сказать, "механическими" величинами, не представляли профессионального интереса. В результате активность таких слушателей была невелика.

2. Цель разработки темы.

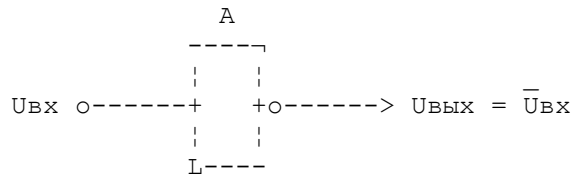
Целью является определение возможности или невозможности применения методов ТРИЗ, сведенных, в частности, в стандарты, для решения схемотехнических задач и, в случае первого, выявления особенностей этого применения.

3. Исходные данные.

В качестве материала для обработки и формулировки обобщений использовались описания изобретений по классам Н 03, G 06, 09, 11 за 1980...1988 г.г., а также общеизвестные сведения из области автоматики, импульсной и вычислительной техники.

4. Рассмотрим применительно к схемотехническим задачам приемы СТРИЗ-77 [1].

Ключевым моментом здесь представляется уточнение веполя и его составляющих, для чего возьмем в качестве примера инвертор электрического сигнала:



Применяя системный подход можно сказать, что дана техническая система для инвертирования сигнала, содержащая источник входного сигнала $U_{вх}$, собственно инвертор А и выходной сигнал $U_{вых}$. Тогда веполь, описывающий ТС, будет иметь вид:

B1 -----> B2 , или тоже самое A -----> UВЫХ

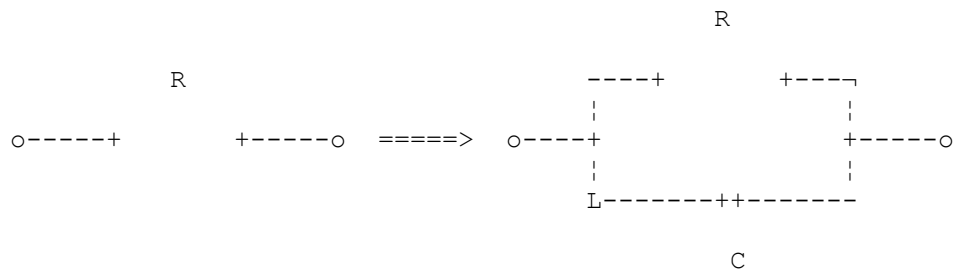
В качестве поля тут выступает источник входного сигнала, первого вещества (инструмента) - сам инвертор, в качестве второго вещества (изделия) - напряжение или импульс выходного сигнала. Как видим, второе вещество предстало в виде электрического сигнала. С подобным допущением, предложенным Н.Н.Хоменко [2], можно согласиться, ведь электрический сигнал тоже материален. Отсюда вытекает, что в схемотехнических задачах вещества в формуле веполя могут обозначать как элементы схемы, так и импульсы (потенциалы); то или иное обозначение присваивается в каждом конкретном случае, соотносясь с ясностью представления технической системы. Полученный веполь заманчиво отнести к эполям: в вещество инвертора введен электрический ток. Однако сделать это чисто не позволяет отсутствие внешнего электрического поля: имеется только электрическое поле входного сигнала, а также нет видимого механического взаимодействия, характерного для эполей, ради которого они, собственно, и синтезируются.

Рассмотренная ТС для инвертирования, нетрудно заметить, соответствует ст.1.1.1 : не будет одного из компонентов, например, U_{вых} при коротком замыкании, и ТС распалась, не функционирует.

Еще пример синтеза веполя. При формировании цифро-аналоговым преобразователем ЦАП ступенчатого линейно-меняющегося напряжения на фронтах ступенек в силу ряда причин, вызванных несовершенством элементной базы, образуются выбросы, недопустимые, в частности, при работе в системах индикации. Как видим, условие задачи содержит только одно вещество - ступеньки с выбросами на фронтах. По а.с.1200402 веполь строится добавлением второго вещества - последовательного ключа, играющего роль инструмента и поля, управляющего им. В качестве поля применяется имеющаяся тактовая частота самого ЦАП. Синтезированный веполь работает следующим образом: в момент действия выбросов ключ разомкнут и не пропускает их в следующую схему.

Переход к внутреннему и внешнему комплексным веполям предполагает ответ на вопрос о добавках, который распадается на несколько пунктов:

а) вещество - элемент схемы (диод, резистор и т.д.). Не отрицая возможности внутренней добавки, очевидно, что практическое значение, с точки зрения построения схем, имеют добавки внешние;



б) вещество - сигнал. Используются оба вида добавок. Так

модуляция высокочастотного сигнала сигналом низкой частоты
представляется внутренней добавкой, а импульс начала кадра,

отделенный от видеосигнала - внешней;

в) вещество - фрагмент схемы, структурный "квадрат". Можно добавить как внутрь "квадрата", так и снаружи.

Построение внутреннего комплексного веполья прослеживается в а.с.1285537. Имелось устройство для подключения резервного источника питания к полупроводниковому ОЗУ с целью сохранения информации при аварийном отключении основного источника, представляющее собой веполь: поле основного источника воздействует на устройство, которое в свою очередь воздействует на ОЗУ. Но в веполе появилась слабая связь: сохранность информации не обеспечивалась при появлении помех на входе выбора ОЗУ. Для решения задачи в устройство введена схема блокировки входа выбора ОЗУ в момент подключения резервного источника.

Применение ст.1.1.4, 1.1.5 требует уточнения понятия внешней среды. Обратимся к примерам. Что окружает упоминавшуюся ТС для инвертирования, т.е. является ее внешней средой? В первую очередь - это элементы надсистемы, такие же как и инвертор А или другие, смотря по назначению. Далее - это поля сигналов и питания. Перечисленное может использоваться для придания веполью нужных свойств. Так батарея конденсаторов кроме сглаживания пульсаций напряжения питания способна некоторое время после его отключения поддерживать работу инвертора, а изменение величины напряжения питания можно повысить быстродействие логического элемента. В то же время разложение внешней среды неочевидно, а введение в нее добавок похоже на внешний комплексный веполь, хотя теоретически можно здесь говорить об изменении режима работы надсистемы в целях обеспечения требуемой работы анализируемой ТС. Применение воздуха, окружающего схемотехническую систему, кроме вопросов теплообмена ясно не просматривается и представляется маловероятным, носящим разовый характер. А вот в приведенном выше решении по исключению выбросов на фронтах ступенек АЦП, в качестве вводимого вещества использован ключ, один из множества применяемых в АЦП для переключения сетки R-2R.

Применение стандартов 1.1.6 - 1.1.8 вопросов не вызывает. Действительно, если разовые команды высокого напряжения нужно обработать логически низковольтной микросхемой, то применяют резистивные делители, т.е. избыток поля убирают веществом.

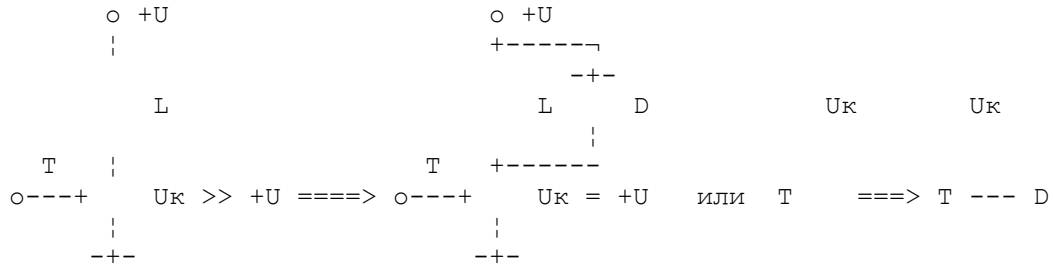
В устройстве для подсчета количества единиц в разрядах параллельного кода каждый разряд поочередно подключается к счетчику и если содержит единицу, то состояние счетчика увеличивается на один. Ясно, что если задать максимальный режим, например, подключить сразу два разряда, то эффективность из-за увеличения быстродействия возрастет, но просто так это не сделать, т.к. счетчик будет работать не достоверно. По а.с.1084797 максимальное действие направлено не на счетчик, а на элементы И, единица на выходе которых соответствует наличию двух единиц в разрядах кода, и состояние счетчика увеличивается сразу на два.

Избирательно-максимальный режим в своем первом варианте с защитой мест, где необходимо минимальное воздействие, похож на пример с резистивными делителями. Во втором случае в качестве вещества, дающего локальное поле максимального воздействия можно рассматривать стролируемый усилитель и т.д.

Перейдем к стандартам на разрушение вредных связей в веполях.
Первым из этой группы стандартом можно описать (а

следовательно, и применять для решения схемотехнических ИЗ) целый ряд известных устройств, таких как межкаскадный разделительный конденсатор, сохраняющий полезное действие по передаче переменной составляющей и убирающий вредное действие постоянной; трансформатор, оптопара - сохраняют электрическую связь и устраняют связь гальваническую, всевозможные фильтры и т.д. Все перечисленные элементы могут рассматриваться как постороннее третье вещество, расположенное между первым (первый каскад) и вторым (второй каскад). Указание стандарта на то, что данное вещество должно быть даровым или достаточно дешевым выполняется, если соотносится стоимость, допустим, разделительного конденсатора со стоимостью аппаратуры. В а.с.1169160 в качестве третьего вещества выступает сумматор, введенный в АЦП в разрыв цепи между зажимом входного сигнала и компаратором; на второй вход сумматора подается сигнал, компенсирующий смещение входного сигнала.

Действие стандарта 1.2.3 иллюстрируется известным решением о защите коллектора транзистора от перенапряжения при работе на индуктивную нагрузку:



Здесь диод D оттягивает вредное действие противо-ЭДС, появляющейся при переходе транзистора T в режим отсечки.

При модуляции тока луча ЭЛТ по катоду, на последний с видеоусилителя поступают импульсы подсвета - нанизанные на так называемый "уровень черного" отрицательные короткие сигналы. Для люминофора экрана ЭЛТ опасно, если амплитуда импульсов подсвета или их длительность чрезмерно возрастают. Введение третьего вещества между выходом видеоусилителя и катодом нежелательно, т.к. в форму импульсов подсвета вносятся искажения. По а.с.1119064, так же как и по стандарту 1.2.4, задача решена введением второго поля - напряжения запирающего, подаваемого на катод при отклонениях в работе видеоусилителя.

Не так ясно обстоят дела со стандартом 1.2.2 и 1.2.5. Если в качестве первого и второго веществ предположить, к слову, усилительные каскады, где выход одного соединен со входом другого, то третьим веществом, являющимся их видоизменением, очевидно, может быть какая-то схема, собранная из элементов имеющихся каскадов или изменением схем каскадов с целью обеспечения новой функции. Такой подход отвечает требованиям ИКР: ничего не ввелось (ввелась "пустота"?), а функция обеспечивается. Например, связь каскадов осуществлялась через диод и потребовалась индикация этой связи. Замена диода на светодиод позволяет выполнить новую функцию, сохраняя старую. (Правда, то ли отсутствие потребности у разработчиков схем, то ли скептицизм ВНИИГПЭ к подобным решениям, но в патентном фонде по указанным классам наблюдается подавляющее преимущество а.с. с

вновь вводимыми элементами).

Если первым веществом выбирается электрический сигнал, а

вторым, скажем, транзистор, на который действует этот сигнал, то кроме вопроса о видоизменении требуется ответить, что значит введение между двумя веществами, ведь сигнал на первый взгляд, в отличие от транзистора, существует во времени.

С точки зрения практической схемотехники видоизменением транзистора можно пренебречь, хотя оно не отрицается. Видоизменение сигнала и введение полученного третьего вещества между сигналом и транзистором, по всей вероятности, должно носить временный характер: до начала действия самого сигнала, как вариант, транзистор находится под влиянием некоторой составляющей, обеспечивающий ему необходимый режим работы.

Что касается стандарта 1.2.5, то в схемотехнике, в основном, используются вещества (резисторы, конденсаторы, диоды, микросхемы, а также сигналы, импульсы), не обладающие ферромагнитными свойствами. Более того, идет вытеснение обладающих таковыми: ферритовые ПЗУ заменяются микросхемами памяти, магнитные усилители - полупроводниковыми и т.д. Однако для какого-то круга задач применение стандарта вполне допустимо.

Рассмотрим далее вопросы развития схемотехнических вепольных систем и первым из них - переход к сложным веполям.

Два примера.

Работой операционного устройства микропроцессора управляют микрокоманды МК, поступающие на управляющую шину с регистра МК, снабженного дешифратором, т.е. имеется вепольная система, в которой под действием поля П1 сигнала записи в регистр МК В1, последний выдает код В2 на управляющую шину. Веполь работает, но потребовалось повысить быстродействие (эффективность) системы. По а.с.1164719 команда с дешифратора регистра МК записывается в специальный регистр управляющего кода В3, при этом новую МК можно загружать в регистр МК, не дожидаясь окончания выполнения предыдущей (В4). Таким образом, наряду с полем П1 появилось независимое поле П2 регистра управляющего кода, возбуждающее разряды управляющей шины, несмотря на действия П1.

Устройство задержки аналогового сигнала работает следующим образом: сигнал подается на вход аналого-цифрового преобразователя (АЦП), выходной код которого поразрядно записывается в соответствующие регистры сдвига, старшие разряды которых подключаются к входам цифро-аналогового преобразователя (ЦАП), а выход последнего есть выход устройства. Имеется вепольная система: под действием поля тактовых импульсов (П1), регистры (В1) воздействуют на ЦАП (В2). Недостаток - время задержки задано жестко, не управляется. По а.с.1195434 введено второе поле (П2) распределителя импульсов, которое позволяет подключать к входам ЦАП любые разряды регистров сдвига, обеспечивая таким образом регулировку времени задержки. Данные примеры показывают тенденцию перехода схемотехнических вепольных систем к сложным вепольным системам.

Форсирование веполей.

Стандарт 2.2.1 указывает на замену рабочего поля более управляемым. По линии МАТХЭМ рабочее поле схемотехнического веполя находится в конце ее (электрическое) и является вообще-то достаточно легко управляемым. Тем не менее перспективы стандарта просматриваются внутри обобщающего названия Э-электрическое, в направлении увеличения частоты поля. Действительно, на нынешнем

витке развития происходит замена аналоговых схем цифровыми, а в них - рост тактовой частоты, что дает выигрыш основной

координаты современности - времени. В свою очередь наблюдается повышение эффективности систем при замене электрических полей электромагнитными, в том числе, с ростом частоты, световыми. Так, световые каналы передачи данных обладают значительно большей пропускной способностью по сравнению с традиционными электрическими. Что же дальше? В качестве гипотезы - переход к еще более высокочастотным полям, в область сверхжестких излучений и, вероятно, вновь возврат в начало линии МАТХЭМ, предположительно к управляемому гравитационному полю. А пока еще примеры на проявление стандарта. По а.с.1170592 и а.с.1193799 эффективность генераторов импульсов на базе запираемого тиристора в первом случае и логического элемента во втором, повышена заменой электрического и, соответственно, электромагнитного низкой частоты световыми полями оптронов.

Действие стандарта 2.2.2 рассмотрим на примере преобразователя последовательного кода в параллельный, который работает следующим образом: шина, передающая последовательный код - серию импульсов один за другим - подключена к младшему разряду регистра сдвига, в который предварительно записывается единица, выталкиваемая из регистра по окончании приема кода и служащая сигналом к началу анализа адреса, хотя информация о нем содержится в первых по счету разрядах кода. По а.с.1129598 быстрое действие преобразователя увеличивается введением второго регистра сдвига, число разрядов которого соответствует длине адреса. Таким образом, адрес анализируется до окончания приема кода. Эффективность системы повышена за счет дробления инструмента - регистра сдвига - на два. Принцип дробления, параллельности используется широко, особенно там, где требуется быстрое действие.

Разумеется, о физическом дроблении, введении "пустот" в вещество, когда под ним понимается тот же регистр, как правило микросхема, речь не идет. Поэтому, переходя к понятию капиллярно-пористого вещества, отметим, что оно как таковое может составлять материал, например, подложки микросхемы или корпуса ее. Но если говорить о схмотехнике, то здесь смысл "капиллярно-пористости" становится достаточно условным, принимает временной оттенок: в течение длительности сигнала в нем есть паузы, которые могут заполняться другим сигналом. Впрочем, последнее высказывание аналогично по сути следующему справедливому для вещества в общепринятом виде: в течение жизни вещества в нем есть пустоты, которые могут заполняться другим веществом. Разница лишь в длительностях жизни сигнала и вещества: в первом случае промежуток от включения до выключения аппаратуры - часы, во втором - годы. При согласии с предложенным определением, "капиллярность" схмотехнического вещества - сигнала - должна появиться при одновременном уменьшении времени, составляющих сигнал, импульсов и пауз между ними, т.е. при росте частоте сигнала.

Как правило, с данным явлением ведется борьба, но ведь есть принцип обращения вредного в полезное...

Перейдем далее к вопросу увеличения степени динамизации по стандарту 2.2.4, для чего рассмотрим микропроцессор (МП), содержащий блок микропрограммного управления (БМУ), блок памяти микрокоманд (БМП) и операционный блок (ОБ). В таком МП выполнение выбранной в текущем такте микрокоманды (МК)

задерживается до начала следующего такта, соответственно
задерживается и выполнение условных переходов по результатам

выполнения МК. Таким образом, требуется два такта на выполнение условного перехода. Веполь МП можно представить в виде: поле управления БМУ действует на два вещества - БМП и ОБ и внутри такта оно статично. По а.с.1140126 поле управления динамизируется, т.е. становится импульсным, причем перестраивающимся в зависимости от признака перехода в коде МК: три импульса при безусловном переходе и два при условном. Достигнутый эффект - условный переход осуществляется за один такт.

Говоря о динамизации вещества, представим его в виде некоторого устройства для обработки призванного обслужить несколько разнесенных в пространстве источников информации. Чтобы выполнить данное требование, устройство должно стать гибким, путем введения в него, например, мультиплексора, позволяющего входу устройства в разные промежутки времени занимать разное пространственное положение.

Динамизация вещества - сигнала - похожа на динамизацию поля и не вызывает затруднений, как, впрочем, и применение структуризации полей и веществ для повышения эффективности схемотехнических веполей.

Вот два примера. Дана ТС "Электропастух", содержащее электрическое поле, подведенное к проводам ограждения, и объект контроля. Однородное электрическое поле неэкономично, т.к. велики потери на его поддержание в течение длительного времени. Эффективнее, если поле становится неоднородным, подается только в момент контакта объекта контроля с проводом. По а.с.1190477 поле представляет собой серию высоковольтных импульсов на протяжении контакта.

Замену однородного вещества веществом неоднородным, с целью повышения эффективности веполя, демонстрируется а.с.1169162 для транзисторного ключа с общим эмиттером, коммутирующим низкоомную емкостную нагрузку. Решением повышается к.п.д. ключа, имеющий невысокое значение из-за того, что на резисторе, ограничивающей ток коллектора, выделяются мощность как при открытом состоянии транзистора, так и в отсечке за счет тока заряда емкости. Введение дополнительного транзистора в цепь коллектора, позволяет значительно снизить ток последнего. Под неоднородностью введенного транзистора подразумевается наличие в нем зон с разным типом проводимости.

Теперь о согласовании ритмики веществ и полей в вепольных системах. О практическом применении стандартов данного подкласса упоминается в работе Н.Н.Хоменко и, действительно, даже беглый взгляд на схемотехнические системы указывает на широкое проявление закономерностей, изложенных в стандартах. Для приема радиосигналов частота колебательного контура приемника (частота изделия) настраивается на частоту передатчика сигнала (частота поля). Еще один транзисторный ключ с общим эмиттером по японской заявке N 57-54024.

Он имеет недостаток в работе схемы защиты от перегрузки: когда с резистора обратной связи (ОС), включенного между эмиттером и общей точкой, сигнал закрывает ключ, то при этом исчезает и сам сигнал ОС, и, если действие управляющего сигнала продолжается, ключ открывается, снова появляется сигнал ОС и т.д., что вызывает перерыв транзистора. Видим, что здесь имеет место рассогласованное действие поля управляющего сигнала и поля

сигнала ОС. По а.с.1188872 согласование достигается переносом резистора ОС в цепь коллектора, что позволяет сохранять сигнал

ОС и при отключении транзистора из-за перегрузки во время действия управляющего сигнала.

Вернемся к подсчету количества единиц в разрядах параллельного кода и, согласившись с а.с.1285477 в том, что если в 8-и разрядном коде 8 единиц, то сосчитать до 8 быстрее, если начать не с одного, а, например, с четырех, увидим, что в паузах между подсчетом единиц в счетчик принудительно записывается число равное $N/2$, где N - число разрядов кода, а сам счетчик выполнен реверсивным и работает в режиме вычитания при числе единиц меньше $N/2$.

Использование подкласса феполей для решения задач электронной схемотехники далеко не столь очевидно и тому есть ряд причин. Во-первых, введение в веполь ферромагнитного вещества (в чистом виде или в форме добавок) порождает вопрос: вместо чего или во что вводить? В микросхему? В сигнал? Во-вторых, замена в веполе электрического поля магнитным означала бы по меньшей мере революцию в схемотехнике, т.к. пока идет как раз обратный процесс. Поэтому схемотехнический феполь представляется лишь гипотетически: имеется источник управляющего магнитного поля, которое через магнитные вентили, по магнитным дорожкам доставляется в определенные точки пространства к магнитным резисторам, уменьшающим амплитуду поля, конденсаторам, накапливающим магнитное поле, магнитным транзисторам, усиливающим это поле и к другим компонентам магнитного схемотехнического устройства. Причем одной из наиболее интересных задач представляется реализация доставки магнитного поля в заданные точки пространства по отсутствующему, согласно ИКР, магнитопроводу. Впрочем, может быть введение ферровещества в тело кристалла микросхемы, окажется так же интересным?

Рассмотрение применения класса стандартов на переход к надсистеме и на микроуровень начнем с примера, показывающего синтез схемотехнической бисистемы. В качестве системы выступает программируемый таймер, на базе которого построен формирователь временных интервалов. В зависимости от кода на входе таймера, меняется длительность импульса на его выходе. Потребовалось уменьшить дискретность изменения импульса. По а.с.1287256 для этого введен второй таймер, работающий на более высокой частоте. Между таймерами есть жесткая связь: второй начинает работать после того, как отработает первый. В соответствии со стандартом 3.1.2 можно прогнозировать развитие данной связи - превращение ее в гибкую - следующим образом: для некоторых случаев, с целью увеличения быстродействия, связь не включается.

Другой пример на синтез бисистемы из разнородных систем. Устройство для ввода информации в ЭВМ производит циклический опрос входных каналов и сравнивает состояние датчика каждого канала с его же состоянием, но в предыдущем цикле. По результатам сравнения в ЭВМ передается адрес канала и направление изменения (из единицы в ноль или наоборот).

Появилась новая потребность: надо знать сколь долго канал находился в измененном положении. По а.с.1285456 устройство для ввода объединилось с анализатором длительности в бисистему, обеспечивая требуемый эффект. Одновременно, согласуясь со стандартом 3.1.4, произведено сокращение вспомогательных частей: имеющиеся в исходной системе мультиплексор, счетчик, распределитель и генератор импульсов вместе с тем работают и на

вновь введенную систему.

Следующее техническое решение относится к генератору

импульсов с милливольтовым напряжением питания. Потребовалось поднять частоту генератора, которая ограничена сверху величиной емкости перехода коллектор-эмиттер используемого транзистора. По а.с.1167703 между эмиттером транзистора и общей точкой включен переход коллектор-эмиттер введенного транзистора. Таким образом, две последовательно включенные "большие" емкости позволили получить одну "маленькую", или другими словами, две подсистемы, обладающие свойством анти-С при объединении сформировали систему, обладающую свойством С. Что касается полисистем, то они в схемотехнике используются, но не часто, в основном в устройствах, требующих повышенной надежности, таких, как резервированные системы управления. Быстрое свертывание би-, полисистем вызвано высокой эффективностью этого приема, достигающей максимума для бисистем, о чем говорится в подробном исследовании В.В.Якунина [3].

Перед тем, как проанализировать действие системного перехода 2, надо уточнить, что такое микроуровень с точки зрения схемотехники. Если взять дискретный элемент схемы - резистор (диод, транзистор...) - микроуровень представляется резистивным слоем, напыленным на основание (вещество полупроводника, примеси). Если взять сигнал, который описывается в первом приближении двумя координатами: амплитудой и длительностью, тогда для амплитуды переход на микроуровень, вероятно, означает уменьшение ее величины, а для длительности - ее. Принимая данные определения, видим такие действия системного перехода 2, как миниатюризация радиоэлектронной аппаратуры за счет перевода типовых фрагментов схем с дискретных элементов на микросхемное исполнение, а дальше - типовых фрагментов с использованием микросхем на БИС-исполнение и т.д.

Видим замену высоковольтных источников питания схем на все более и более низковольтные, а так же возрастание частот задающих генераторов устройств. Приведенные примеры содержат общеизвестные сведения и, конечно же, могут быть неоднократно продолжены. Действие стандартов на обнаружение и измерение систем в схемотехнике проявляется самым широким образом. Так принцип изменения систем с целью исключения необходимости измерения приводит к созданию едва ли не всех систем автоматического управления (САУ). Исходная измерительная система представляет собой, как правило, преобразователь сигнала датчика в сигнал, воспринимаемый оператором. Оператор по результатам полученных измерений выполняет те или иные действия. В дальнейшем, особенно при возрастании числа измеряемых сигналов, система изменяется таким образом, что сама производит управление, т.е. становится автоматической. Попутно отметим: данный принцип отражает существо надпринципа - вытеснение человека автоматом. С другой стороны, переходя как бы на микроуровень, видим, что имеется еще одна измерительная система - датчик, формирующий исходный сигнал для САУ и по стандарту 4.1.1 он должен так измениться, чтобы в нем отпала необходимость. Но если нет исходных сигналов, во что превратится САУ?

Представим себе ситуацию, когда с современного самолета сняли все датчики и попытались совершить полет. Разумеется, ничего путного не выйдет, ведь в зависимости от режимов полета надо увеличивать или уменьшать площадь крыльев, тягу двигателей,

соизмерять величину отклонения штурвала и многое другое, без чего попытка обречена на неудачу. Значит должен измениться

самолет, причем в направлении слияния датчика с исполнительным органом, наподобие самодеформации крыльев с целью увеличения площади при уменьшении скоростного напора воздуха на них и, наоборот, уменьшения площади при возрастании напора. Если прогноз верен, то участь электронных САУ предрешена и еще раз подтверждается закон развития технических систем по S-кривой. На этом закончим исследование печального для схемотехники стандарта и перейдем к следующим.

Нередко бывает затруднительным, в силу каких либо причин, выполнить операцию над объектом измерения непосредственно. Например, сигнал на входе пикового детектора по а.с.1167712 существенно короче по времени, чем требуется для анализа. Однако сигнал оставляет свой "отпечаток" на выходном конденсаторе, который хранит его до окончания анализа, после чего "отпечаток" принудительно стирается (перезаряд конденсатора). В цифровых схемах такое промежуточное хранение до выполнения операции осуществляют элементы памяти - триггеры, а веполы, их содержащие, синтезируются так же в соответствии со стандартом 4.1.2.

Метод перевода измерительной задачи на последовательное обнаружение изменений можно показать на примере аналого-цифрового преобразователя по а.с.1169160. Здесь входное напряжение непрерывно сравнивается с напряжением обратной связи, пропорциональным выходному коду и изменяющимся дискретно до совпадения с заданной точностью с величиной входного напряжения.

На этом, без ущерба для существа темы, закончим анализ применимости стандартов для решения схемотехнических задач. Действительно, синтез, форсирование и направление развития измерительных систем в схемотехнике имеют свои нюансы, но они не носят принципиального характера и обсуждались на примерах стандартов первого и второго классов, а переход измерительных веполей к фепольным вызывает те же поставленные вопросы, что и стандарты пятого класса на введение веществ, полей понятны с учетом их определений, предложенных выше.

В заключении немного о фазовых переходах, физэффектах и экспериментальных стандартах.

Понятие фазы применительно к веществу - элементу схемы - определим как состояние его электрической проводимости, а применительно к веществу - сигналу - как состояние его потенциала. Тогда замену фазового состояния имеющегося вещества можно показать на примере многофункционального регистра путем подачи на него различных условий состояния: передача данных слева направо - одна фаза, справа налево - другая, отключение от внешних цепей данных - третья фаза и т.д. Здесь регистр представляется веществом, способным переходить из одной фазы в другую. Рассмотренные переходы сопровождаются сопутствующими явлениями, которые используются. Так при отключении разрядов регистра от выходной шины, можно обновлять его содержимое без влияния на последующую схему, а сам регистр в этом режиме похож на вещество с двухфазным состоянием, фазы которого взаимодействуют: ячейки памяти управляют состоянием выходных каскадов.

О широте применения физэффектов говорит тот факт, что все используемые в схемотехнике элементы без исключения действуют на принципе того или иного явления. Например, полупроводниковый

диод сам переходит в проводящее состояние при возникновении на его зажимах соответствующего напряжения, а фотодиод - при

воздействии на него световой волны и т.д.

Смысл стандартов на разрушение вышестоящих и достройку нижестоящих уровней становится понятным, если допустить, что речь в них идет не обязательно об ионах и молекулах, а об уровнях вообще: схема устройства, фрагмент схемы, элемент.

5. Выводы, следующие из анализа вышеизложенного.

- методы ТРИЗ и, в частности, вепольный анализ, стандарты в основном применимы для решения изобретательских задач схемотехнического профиля;

- имеются специфические особенности использования методов ТРИЗ, но они не носят противоречивого характера, а имеют частное значение;

- есть предпосылки разработки пакета учебных задач для слушателей-схемотехников, посещающих семинары по ТРИЗ.

Список литературы.

1. Стандарты для решения изобретательских задач СТРИЗ-77.
2. Н.Н.Хоменко. Сводная картотека неприятия ТРИЗ. Минск, 1987 г.
3. В.В.Якунин. Динамика развития и свертывания многоканальных радиоэлектронных систем. Красноярск, 1985 г.